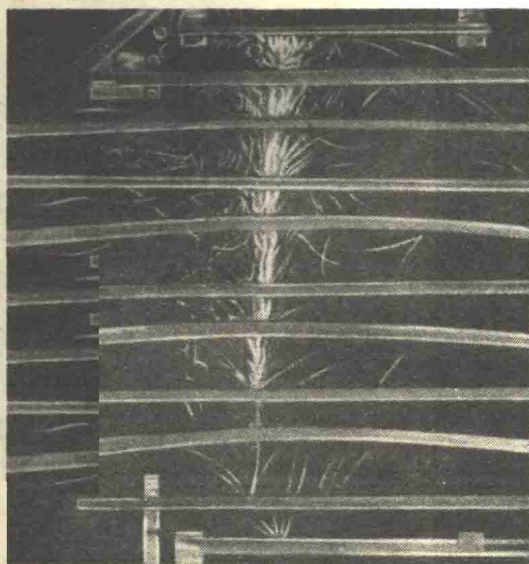


宇宙射綫

Г. Б. 日丹諾夫 著



國防工業出版社

宇 宙 射 綫

Г.Б. 日丹諾夫 著
林德成 李志譽 譯



國防工業出版社

Г.Б.Жданов
КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ
Военное Издательство
Министерства Обороны Союза ССР
Москва—1954

本書系根据苏联軍事出版社
一九五四年俄文版譯出

宇 宙 射 綫

〔苏〕 日丹諾夫 著
林德成 李志嘗 譯

*

國防工業出版社 出版

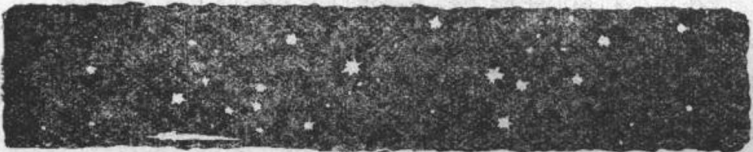
北京市書刊出版業營業許可証出字第074
北京新中印刷厂印刷 新华書店发行

*

787×1092 1/32 • 1印張 • 20,000字
一九五七年六月第一版
一九五七年六月北京第一次印刷
印数: 1—1,700 冊
統一書号: 15034 • 113
定价: (9)0.13 元

目 录

引言.....	1
宇宙射线是怎样发现的?	2
是射线还是带电粒子?	7
在同温层研究的结果.....	12
宇宙射线对物质原子核的作用.....	15
原子核稳定性的“秘密”和介子的自行衰变.....	21
使宇宙射线为现代科学服务.....	26
参考文献.....	30



引 言

生产力发展的历史以及军事技术发展的历史都与力能学的发展有着密切的联系。如果不是大量地使用了某种力能源的话，就不可能想象在现代的军队中会有如此强大的炮兵、空军、装甲部队及机械化部队等。如果不是合理地利用了火药、汽油和煤中所含的能量的话，就不能开动组成现代军事技术装备的那些很复杂的机械。对原子核中强大能源的利用，成为了产生具有巨大破坏力的原子弹和氢弹的基础。

1954年6月苏联建成了第一座工业和农业用的原子能发电站，这是苏联在和平利用原子能事业方面的一个重大的步骤。因而，苏联在和平利用原子能事业方面走到了各资本主义国家的前面。

第一座原子能发电站的开始供电是生产力发展史上的、是人类历史中的一项重大事件。苏联原子能发电站的建成，是人类征服自然的一大胜利，是和平利用原子能实践中的具有决定意义的一个步骤。

苏联学者们一贯注意着关于如何掌握他们已知的最完善、最强大的原子能能源的问题。他们知道，原子能源的发现首先能解决创造性劳动的问题，并能更充分地满足劳动人民的文化 and 物质的需要。但是，在这个领域中的技术发展永远是以力能

学的成就做为基础。

在和平利用原子能問題上，苏联学者获得了巨大的成就，并在着手从技术上适当解决原子能在发展国民經济中的利用問題。这儿的原因首先在于，苏联学者已开始深入到那些决定原子核和其局部能量轉化为其他运动形式——热、光、电的物質运动規律。

另一方面，認識原子核性能这一現代物理学中最困难的課題，要求学者們掌握各种影响原子核的方法。影响原子核最有效的方法之一就是利用宇宙射綫。正是因为这个緣故使得差不多在半世紀前就发现了的，但是当时其性質和性能还是个謎的宇宙射綫，只是在大約近十余年来才成为現代物理学中一个最现实的問題。宇宙射綫与原子核作用的特点在于，它帶給原子核能儲量远远地超过了原子核本身之能儲量的許多倍。結果使原子核本身变成了具有完全另一种性質的新輻射源。关于宇宙射綫的特性，以及关于它对原子核的影响等将在这本小冊子中向讀者們介紹。

宇宙射綫是怎样發現的？

你認真地考虑过“伸手不見五指”这句话嗎？換句話說，人的眼睛要看到某种东西，即使是获得最模糊的影象也好，需“用多少”光呢？正如著名的苏联物理学家 С. И. 瓦維洛夫的實驗証明，习惯于黑暗的眼睛对閃光的灵敏度，可以和現代最精密的仪器，其中如所謂的光电倍增管等比美。

但是当我们用另一种成分的“光”，例如，热射綫（紅外綫）或紫外綫来代替可見光向人們照射时，那么，就是有敏感度比正常眼睛强几千倍的眼睛也是沒用。同时，从物理学观点

来看，可見光和不可見光之間的差別是不大的：这两种現象都是一种以每秒約为三十万公里的高速在空中傳播的高頻电磁場：而問題只是在于，两者的电磁場的振蕩頻率有着少許不同。

如果我們想象有这样一种特殊的波，它由光源向四周傳播就象是某种物体落到水里所引起水面产生的波一样，那么，你就可以得出一幅光的直观物理图象。光波的相隣“波峰”間的距离，也就是所謂的波长，从人类的眼光来看是很小的——这种波长以十分之一微米做为測量单位，同时，这种波长（即与它成反比的电磁場振蕩頻率）就能完全可以决定我們能够看見的光綫的顏色。这就知道了虹的各色之間的轉变，換句話說，可見光的各个波段的轉变，其波长的变化較小，約为 $0.3\sim 0.7$ 微米。

超出这种波段范围以外的任何光波都不能对人类的眼膜起光化作用，这也就是说人失去了視觉。

至于談到紫外綫，也就是最短的光波时，那么，更有效的（对眼睛說来）光綫“指示器”是普通照象底板。十九世紀末叶，学者們利用照象底板和其他观测工具发现了一种性質完全特殊的不可見光綫即所謂的倫琴射綫，以后又发现了放射性射綫。倫琴射綫所特有的而且在实践上又很重要的特性是它能穿过密实的物質，而且完全与这些物質对可見光的透明程度无关。

这是怎么一回事呢？細致的物理測量証明：倫琴射綫的波长比可見光小几千倍，而振蕩頻率相应的比可見光大几千倍。另一方面，可見光的波长超过任何物質的单个原子^①的大小許多倍，而电磁場的振蕩頻率和原子中的外圍电子的振蕩頻率却

① 每个原子是由帶阳电的重核和在核子周圍运动着的輕的阴电子所構成。

大致相等。并且，正是这些电子做为了价电子而决定着该物质的化学性能。

非透明物质中可见光的吸收“机械”是什么样的呢？光波在其传播的路程中碰到物质的原子时，就使原子中联结不牢固的外围电子动摇，为此而消耗了很多的能量，后来就转变成原子（或电子本身）的热运动。只有在一些比较罕见的情况下。当电磁场的振荡频率不同于原子和分子中各电子的振荡频率时，物质才能成为透明体，即是光线无任何变化地或者是仅改变了方向而通过了这种物质，也就是产生了散射而不是吸收。

在这种物质中伦琴射线处于什么形态呢？在这种情况下电磁场振荡频率是那样大，以至于射线和物质相互作用的特性，已不是原子中电子的“动摇”和“激励”了，而是电子的全部被抛出，物理学家一般都把这一过程称为原子和电子的电离作用。要正确地了解这一过程，极其应该注意的不是光波的性质，而是量子辐射的性质。这是因为，任何一种射线的吸收和放射是以个别分量或量子（或称光子）进行的。可见，每一量子的能量严格地与磁场的振荡频率成正比（它和波长成反比）。因此，伦琴射线的通量与可见光不同，好像是相当稀薄的光子通量，其中每个都具有大量的潜在能。此时，要想把这些能量转予各个电子，光子要在电子附近——距离与波长相同，也就是在此情况下距离与原子体积相同——通过。

光子和电子这样近距离“相遇”的机遇性很小，光子的整个通量几乎可以毫无损耗地穿过很厚的物质，不管它是木头、金属还是人体。

由于光子和原子中的某一个电子相“碰撞”，电子飞开，而原子本身就变成了阳离子。

如果这一过程在空气中（或其他气体中）进行，那么空气

中就会逐渐积聚一些阳电荷和阴电荷。这种电离作用使空气成为了电导体。我們在学校中学习物理課程时，經常学过一种以空气电离作用为原理的仪器——試电器（图1），这种仪器是倫琴射綫很灵敏的指示器。它的作用原理是：电經过电离的空气漏出而使金屬薄片張开和放下。因此，金屬薄片放电的速度可以用来衡量空气和电离作用。

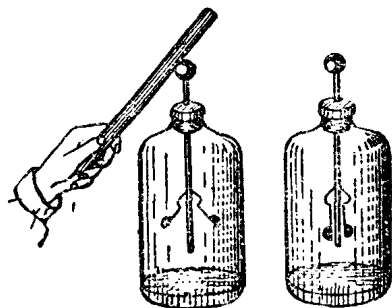


图1 試电器——一种按空气的电离作用而记录短波射綫的最簡單仪器

試电器和另一种更完善的定量測量仪器——靜电計(图2)是发现放射性射綫，特別是 γ 射綫很好的工具。 γ 射綫很象倫琴射綫，但是用人工方法（用倫琴射綫管）不能获得，只有依靠自然方法才能得到。 γ 射綫的来源是一种不稳定的自行分裂的物質（鐳、鈾等）。

在发现倫琴射綫和 γ 射綫几年之后，物理学家們发现了一个难以捉摸的現象。即：甚至在沒有上述的任何一种射綫的某种来源时，在靜电計中也发生了空气电离作用（虽然这种作用很小）。

許多次用靜电計进行的測量，无论是将其放在冰河中、清彻的湖面上和高高的塔上，土壤中和地壳中的放射性“尘埃”放出的很小一部分 γ 射綫好象是都能达到这些地方，致使这些实验毫不改变地获得同一結果。这个結果表明：在任何实验条件下，每个立方厘米大气中每秒鐘所形成的不少于两离子

对①。

企图在地壳的放射性辐射中找到对这个难以理解的现象的解释，物理学家郭克科利、B·盖斯和B·科利赫尔斯杰尔等一个接着一个乘坐气球作了多次飞行，飞行高度直达到九千米。

这些在第一次世界大战（1914~1918年）前不久进行实验所得到的都是一个人们意料之外的结果。原来，空气的电离不但没有随着高度的增加而消减，相反，却是随之显著的增加。恰如最近几次用探测气球进行的测量所表明：空气电离作用随着高度而增加得很厉害，在将近两万米的高空，空气电离作用比正常情况增大到将近200倍。

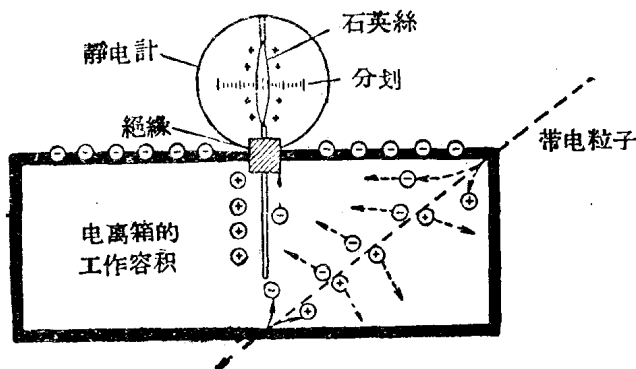


图2 带有电离箱的静电计——为精确测量气体电离作用的仪器。

静电计中石英丝的作用和最简单的试电器中的金属薄片相同

对这个奇怪现象唯一可能完全正确解释（正如以后所得到的证明）是：宇宙向地球不断地放射一种人们以前所不晓得的射线。这种射线具有巨大的穿透力，就是伦琴射线的穿透力也不能和它相比。

① 以后就会清楚，空气的电离强度只是与海拔有关。

不論在白昼和黑夜的任何時間，不論在地球的那一个角落和不論在任何气候状况下，这种輻射都能穿透它路程上的任何障碍，其中也包括人体。

幸而，这种輻射的强度不大，据已掌握的所有材料判断，就是在大气以外这种輻射对生物的危害实际上也是微乎其微的。

神秘的輻射，起初被称做“高空輻射”或“超輻射”很快就以宇宙輻射的名字在科学上获得了“公民权”，这个术语强调出这种射线是来自宇宙。

是射线还是带电粒子？

物理学家们在企图了解新发现的射线的性能的时候，起初把它划归于如伦琴射线或鐳的 γ 射线之类的电磁波之列。这种误解的主要论据正是宇宙射线的超凡的穿透力。

的确，如果要分析各种放射性射线的成分时，那么从中不仅可以分析出电磁波，而且还可以分析出带电粒子——轻的阴电子（ β 粒子）或较重的带阳电的粒子（ α 粒子）。

β 粒子，特别是 α 粒子，其穿透力比 γ 射线小许多倍，虽然它们都带有大约相同的能储量^①。问题在于：带电粒子和物质原子中的电子相互作用的距离比起光子和电子相“碰撞”的那种短小距离来要大得很多。这就使得 α 和 β 粒子消耗于物质的原子电离作用的能量要比光子束中能量损失大得很多。但是不能忘记：只有在粒子和射线的能量完全消耗时它们才被完全吸收，然而，要是其最初能储量很大，那么它们也会具有足够大的穿透力。

① 在这种情况下每个量子和光子所带有的能量即是 γ 射线的能量单位。

苏联著名的物理学家 А·В·斯科别列琴在多次实验之后第一次正确地提出“是射线还是粒子”这一问题。1927年斯科别列琴第一次没有用一般的静电计来研究宇宙射线，而采用了维尔逊箱。维尔逊箱是这样一种仪器，利用它不仅可以单纯地记录，而且还可以观察，即使所见不是不可见光本身，那么至少也能见到它和物质相互作用时所留下的迹象。以发明者英国物理学家 G·维尔逊的姓氏为名的这种仪器的构造和工作原理基本上可以用下列方法说明（图3）。

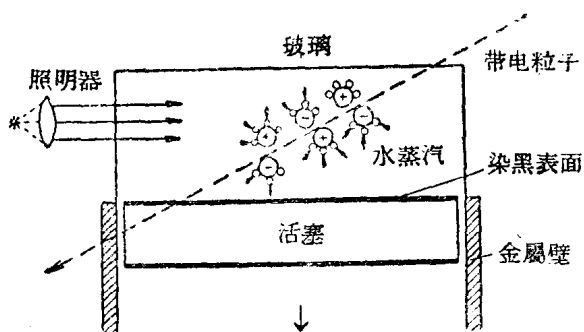


图3 维尔逊箱的作用原理。活塞的下降导致在工作容积中形成过饱和的蒸汽，并沿带电粒子行迹出现小水滴

装有透明玻璃的容器中具有酒精（或其他液体）饱和蒸汽和某种气体的混合物。将活塞下降或用一般的膨胀方法使工作容积内的气体急剧冷却。因之，蒸汽变成“过饱和”状态冷凝成很小的雾状水滴。但是，如果气体和维尔逊箱的整个容积保持理想的纯净时，虽然有过饱和的蒸汽，一般来说，也不会形成雾状水滴。只有当个别的离子在维尔逊箱内出现时，液体的分子开始在离子上沉聚，而蒸汽则凝为小水滴。蒸汽在离子上的这种凝聚现象能够很好地按迹探求任何一个带电粒子的行进

道路。也就是这一粒子在維尔遜箱中沿其路程将气体分子击成了离子。用普通光的强烈光束照射維尔遜箱时，不仅可以觀察到带电粒子的迹象，而且还可以把它們攝成照片。

在斯科別历琴的实验中磁石对維尔遜箱有重要的輔助作用：它使带电粒子（特別是鐳的 β 粒子）曲折并以此来測定粒子的能量。

大家都知道：磁場不仅使帶有电流的导体而且也使带电粒子偏轉^①，并在一般情况下是使它們沿圆弧运动。速度和能量愈大（說得更精确些，冲量——速度和粒子質量的乘积愈大）磁場的偏轉作用就愈弱，粒子行迹和直綫状行迹的差別也就愈小。斯科別历琴在觀察被磁場曲折相当厉害的鐳的 β 粒子时，他第一次在用維尔遜箱攝成的个别照片上发现了一种不知其来源的直綫行迹。要把这种直綫状行迹和宇宙射綫联系起来，并看到宇宙射綫的巨大穿透力能用能量巨大的带电粒子来解釋的可能性，要求学者有銳敏的洞察能力。图4就是一張最近在帶有磁場的維尔遜箱中攝制的照片。在維尔遜箱中还添置了一張鉛制的橫隔板，它用来研究大能量的粒子和物質的相互作用。

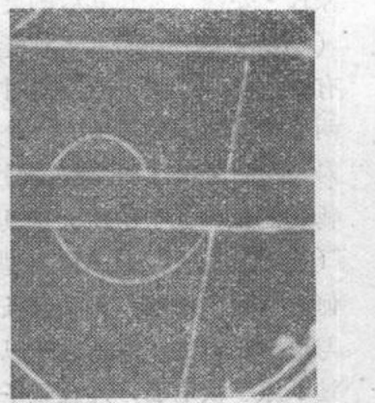


图4 在装有鉛板的維尔遜箱中攝制的带电粒子照片。粒子行迹的曲折决定于磁場的作用。

在这兒我們必須离开本題，向讀者介紹一下物理学家們在

① 这一现象是所有电动机的工作原理。

研究各种“元素”粒子（其中也包括带电粒子）时对能量测量所惯用的单位。电子伏就是这种单位，电子伏等于任何带电子的粒子在电位差为一伏特的电场上经过所得的能量。

例如，市电通过电灯灯丝的每一个电子，都在其路程中产生120电子伏的能量。一个用这一单位所计量的镭的 β 粒子的能量有几兆电子伏。斯科别历琴第一次以自己的实验表明：宇宙射线所结合的带电粒子，其能量至少也得用兆电子伏来计量^①。

以后其他物理学家们用更完善的维尔逊箱和更强的磁场所进行的一些实验又得出了更出人意料之外的发现。美国物理学家K·安捷尔逊和其后的英国物理学家布列克特及欧克阿林尼（于1933年）在研究各种能量的带电粒子的时候，发现了一个有趣的现象，图5就是这种现象的一个例子。从同一点上放出两个质量相同的粒子，一个带阴电荷，而一个带阳电荷，正如对类似行迹的多次精确测量所表明的一样，带阴电的粒子就是物质的任一原子中所大量具有的普通电子。而且第二个粒子（称为阳电子）是一种类型完全不明的粒子，这种粒子以前任何时候在“地球”实验室条件下都没有见到过。以后才清楚，与电子成对的阳电子之所以能出现，由于能量很大的 γ 量子通过了原子核电场，并且量子本身完全消失，变成两个新的带电粒子^②。

另一方面，电子和阳电子以高速在其他原子核旁驶过，都有其特有的阻尼现象而为放出新的 γ 量子 and 光子损失一部分能量。

① 为了比较起见我们指出：原子弹爆炸时，物质的每个原子所产生的能量不超过200兆电子伏。

② 现在物理学家把这种过程称做电子-阳电子对的诞生。

第二个过程^①生成了很大的能量，例如在实验室用电子型
倫琴射綫管中发生的現象，虽然这儿获得的光子能量要比在宇
宙射綫中小得多，可是它的能量已不是用几千，而是用几兆电
子伏来計量了。

因而确定：能量大的 γ 射綫能产生电子(与阳电子成对)，
然而电子也能以同样的“成績”，說得更精确些，就是以同样的
可能性产生 γ 射綫。因此大气中总是有着带电粒子和光子的混

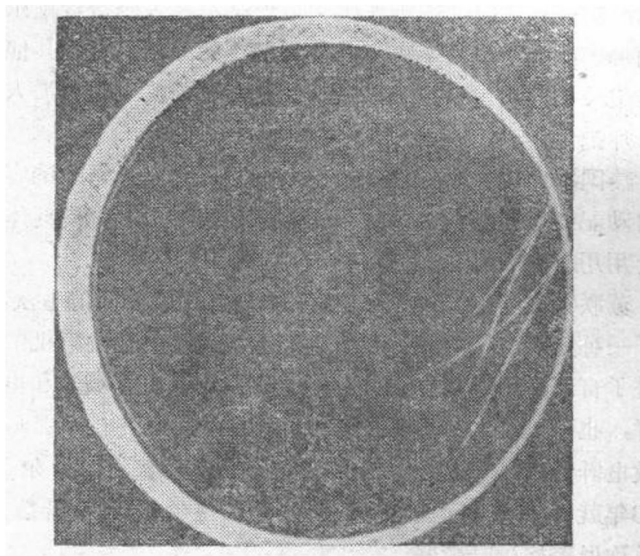


图 5 在維尔逊箱中攝制的表明光子变为—对異名的带电粒子
(电子和阳电子)之过程的照片

合流。那么在大气边缘的原始宇宙射綫或如一般所称的一次宇
宙射綫是什么样的呢？

① 这个过程称做阻尼輻射。

在同溫层研究的結果

看样子要回答上面提出的問題只有一个方法——飞到足够的高空并在那儿来研究一下一次宇宙射綫的样子。这儿所說的足够高空應該是：在此高度下，在視察者的头頂上的空气层是按照大气全厚中的成分百分比所組成并且在那儿能用水銀測压計来測空气的压力。这也就是說要达到海拔3万米的高空。很显然，不仅在那时（三十年代），就是現在人們帶着維尔遜箱跑到那样的高空也是不可能的^①。解决的办法只有用其他更簡單的記錄仪器来代替維尔遜箱，使全部仪器的工作不需人来参加，并把它开到同溫层。

美国物理学家曾經使用装有电离箱（也就是密閉的容器）的自动記錄靜电計做为这种仪器；电离箱有效容积內气体的电离作用用靜电計測量。

苏联物理学家 C·H·維尔諾夫应用了更聪明的方法，他用了一种无綫电探测器，也就是装有自动无綫电发射机的装置代替了自动記錄装置。在这种情况下，无綫电探测器和电离箱一样，也可以装备一些更灵敏的仪器。这儿所指的就是应用气体放电計数器。气体放电計数器是德国物理学家盖格尔还在1913年就发明的，因而經常把它称为盖格尔-苗列拉計数器或简单称做盖格尔計数器。

盖格尔-苗列拉計数器的构造和工作原理，很容易从图6上看懂。計数器有阴极，就是一个內表面涂有导电层的金屬或玻璃制成的圓柱形外壳。沿着圓柱外壳的中心綫拉有一条金屬絲，它与阴极之間构成很大的（ ~ 1000 伏）正电电位。計数器

① 只是在最近几年才能把一些自动工作箱开到这样高的高空。

密閉着的工作容积內充有一种压力較小的特殊成分的气体。金屬絲的电压的选擇大大低于計数器中自行放电的电压。在一个带电粒子通过了計数器时，此时在其工作容积中就出現了几对离子，由于距金屬絲很近的电場的加速作用，使得发生了非常短促的无声放电現象。根据这种放电而产生的金屬絲电压的跳动（脉冲）可以用特殊的无綫电装置来放大，然后通过无綫电发射机发送出去。

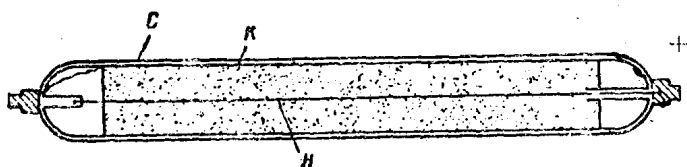


图 6 气体放电計数器的构造

C—玻璃壳；K—阴极；H—金屬絲。

这样，盖格尔計数器和維尔遜箱一样，对带电粒子具有很高的灵敏度。盖格尔計数器和一般只能記錄同时或順序通过电离箱的粒子群的电离箱不同，它能单个地計算带电粒子。

但是計数器到任何时候也代替不了維尔遜箱，因为維尔遜箱是以磁場来使粒子偏轉的，这样不仅可以記錄而且还可以測定粒子的能量。然而事实上維尔諾夫和米里根在自己的实验中还是利用了磁場，但不是人造的磁場，而是自然磁場，这就是說他們利用了影响指南針指針的地球磁場。

我們回忆一下：磁場对电流（或运动电荷）的偏轉作用愈强，电流的方向和磁力綫方向間的角度就愈大。我們画一个带有磁場力綫的地球（图 7），假設，某种带电粒子自宇宙向地球运动。显然，这种粒子在地磁极附近是不会受到任何偏轉作用，但是，在靠近赤道时却受到了最大的偏轉作用。