

來自宇宙深處的射綫

Г. Б. 日丹諾夫著

科學出版社

0572.1

来自宇宙深处的射线

И. Б. 日丹諾夫 著

孙 鉄 勇 译

科 学 出 版 社

1958

Г. Б. ЖДАНОВ
ЛУЧИ ИЗ МИРОВЫХ ГЛУБИН

Гостехиздат

Москва

1955

內 容 提 要

本書是一本中級讀物，詳細地介紹了自然界最富有興趣的自然現象之一——宇宙射線現象，介紹了它的發現過程，研究過程，它與物質結構和物質變化間的密切關係，並且還正確估計了它在未來的實際應用中的地位。

作者在本書中特別詳細地敘述了研究宇宙射線現象而榮獲斯大林獎金的蘇聯科學家 С. Н. 維爾諾夫，Д. В. 斯科貝爾琴和 А. И. 日丹諾夫等的輝煌發現和不朽功績，以及其在國際上的地位。

來自宇宙深處的射線

原著者	Г. Б. 日丹諾夫
翻譯者	孫 勇
出版者	科學出版社

北京朝陽門大街 117 號

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號

印刷者	中國科學院印刷廠
總經售	新華書店

1958 年 5 月第一版

1959 年 8 月第二次印刷

(京) 2,561—4,060

書號: 1116 印張: 4 3/16

開本: 787×1092 1/32

字數: 88,000

定價: (10) 0.60 元

緒 言

回顧二十世紀上半叶科学所走过的道路，不得不特別指出它在研究物質結構方面的巨大成就。一系列非常有趣的發現，使研究者能够进入原子的深处，並揭露出微觀現象的許多特性。

在这个漫長的、但在邏輯上持續不斷的人類思想成果中，依賴於日益精密和完善的測量儀器，科学的發展與技術的進步，攜手並進，創造了更有效的改造周圍世界的工具。當科學家尋到了影響物質原子核的方法，能够改變其組成成份和特性以後，在這方面就完成了決定性的一步。

然而，在這裡，學者們還不能很好地想像在原子核內部發生的反應的本質和特征。宇宙射線的研究是一種非常有效的揭露物質結構祕密的新方法。宇宙線是眼睛看不見的具有巨大穿透本領的射線，它大約是在40年前發現的，但是對它進行比較詳細的研究，則還是不久以前的事情。就是為了這個緣故，宇宙射線科学最初彷彿只是屬於研究大氣中幾種特殊現象的物理學的次要部門，在最近二十年來，才一躍而變為近代物理學中的首要部門之一。這裡只需指出，在宇宙線的研究中，已經發現了一系列過去從未知道的基本粒子（正電子、介子），並且也觀察到了，已知粒子的許多新的特性及其與宇宙射線高能粒子互相關聯的許多新的現象和新反應，就已足夠說明這個事實。

此外，恰好也就是在宇宙射線中，科學家們認識了那些真

正介乎实物与輻射之間的物質的一些特殊形态;这种物質同时具有实物和輻射的許多物理性質。同时,更确切地証明了輻射的物質特征,列宁關於物質的学說也得到了新的重要論証。在宇宙射線中觀察到的許多反应,是下述事实最显明的例証,即物質的各种形态之間,是可以互相轉变的;在这个过程中,实物粒子經常地变成輻射,而輻射也經常地变成粒子。实物和輻射的对立,現在已經沒有原則上的意义。

从研究原子核和最簡單的基本粒子的观点上看来,宇宙射線是最具兴趣的。

上面的这种論述,並不就等於說在宇宙射線現象的領域內,在我們的面前,已經没有什么謎和問題了。應該指出,就關於这些射線的起源,也还是个远沒有得到解決的問題。

至於宇宙射線在技术方面的应用,在現在还未必可能,但是也不容怀疑,已知的和部分已實現的創造“人工”宇宙射線的方法,一定会給人类帶來一种認識自然以及改造自然的新武器。这情况也將毫無疑問地構成辯証唯物論方面众所周知的論題的新証据,这个論題就是,通过实践,人类能完全証明他們自己的才能,他們將澈底認清周圍世界中的一切現象,並將在适当的条件下重新产生这些現象,使它們为人类自己的目的服务。

在本書中,作者想講一講宇宙射線的基本現象,在过去和在現在是如何展开在学者們面前的;作者还試圖給讀者們介紹一些不只和宇宙射線特性有关、並且还和一般物質粒子有关的近代問題和概念。不管这个問題是多么复杂,但是这个問題的提出是極為迫切的。

在写本書的时候,作者也注意到苏联物理学家們在研究宇宙射線方面所起的作用。維尔諾夫(С. Н. Вернов)、斯科貝

尔琴(Д. В. Скобельцын)、鉄尔列資基(Я. П. Терлецкий)和別的苏联科学家們,因發現了解决宇宙射線領域內重要問題的新方法,而荣获了斯大林獎金。

在敘述过程中,作者一直面向着广大讀者,所以只利用中学物理範圍中的基本知識,並且完全避免了数学方面的計算。

目 录

緒言	1—3
第一章 失敗是新發現的开端	1-10
第二章 不可見射線是如何看見的?	11
§1 第一个記錄不可見射線的方法	12
§2 产生可見云雾的仪器	15
§3 能不能計數單独的电子?	20
§4 不用照相机的照片	24
第三章 是射線还是物質的粒子?	30
§5 可怀疑的密里根假設	30
§6 地球参与測量工作	32
第四章 鉛和大气中的簇射	36
§7 正电子的“出生”和“死亡”	36
§8 綫联簇射是如何生成的?	44
§9 不能証实期望的电子	54
第五章 在宇宙射線和原子核內的介子	60
§10 怎样解釋宇宙射線的巨大穿透本領?	60
§11 比电子重、比質子輕的粒子	62
§12 原子核穩固性的“祕密”与 β 射線和介子的衰变	
問題	64
§13 “宇宙”介子和原子核介子有些什么共同的	
地方?	75
第六章 引起原子核分裂的射線	83
§14 宇宙射線和原子核“星裂”	83
§15 “碎片”原子核	89

§16 “特殊”簇射的答案	92
§17 核級联与广延大气簇射	100
§18 同溫層中的电子-原子核簇射	102
§19 能否說明物質基本粒子的結構?	105
§20 “宇宙炮队”的重炮彈	110
第七章 能不能談到宇宙射線的实际应用呢?	114
§21 人工制造宇宙射線問題	114
§22 宇宙射線是不是能量的新源泉?	117
§23 “宇宙迴旋加速器”的原理	118
§24 近代物質学說中的宇宙射線物理学	124

第一章

失敗是新發現的开端

物理学家和工程师們，在很久以前就遇到了下面这个問題：空气到底能不能够导电？这一个問題的研究，引导出二十世紀中最为重要的許多發現之一。

远在十八世紀时，就已經清楚地查明了与地球絕緣得非常良好的物体，能够把加在它上面的电荷保持得非常長久，並且在無論何种情形下，經由絕緣物体漏去的电荷，通常总比經由四周空气漏去的为多。

逐漸积聚起来的許多事实，使人們對於空气的毫無疑問的絕緣性質發生了怀疑。电弧是如何在空气中燃燒的？为什么有时仅發出星星的火花、有时則爆發出巨大的閃电（圖1）？为什么在高电压（数千伏特左右）下，輸电导線周圍會出現微光？要知道，所有这些現象，並不是什么別的东西，只是空气中各种放电的不同表現而已；換句話說，这些現象恰好証明了电荷是能够經由空气流过的，因此才会引起种种發出閃光和發出声音的效应。显然，在通常的情況下，空气虽是良好的絕緣体，但是在某种条件下，这种性質就會發生改变。例如，大家都非常清楚，只有在充滿潮气的空中才会發生帶有閃电的雷雨。許多實驗室里的試驗也已經使人們注意到，在加有一定电压（数百伏特）的兩金屬薄片（电極）間降低空气压强，可以增大这个空間导电性。在極板中間的空气足够稀薄时，就

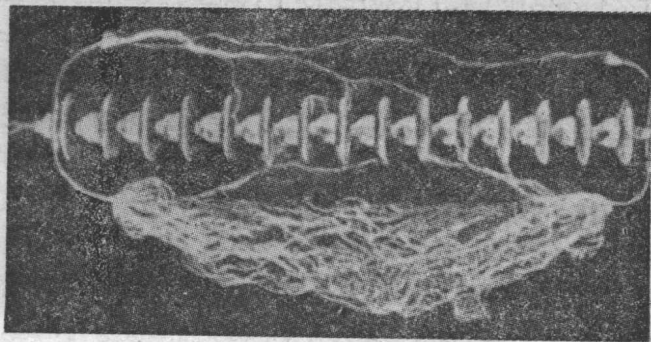
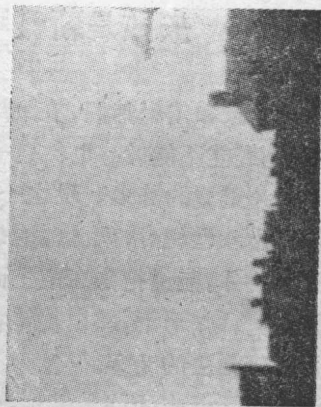
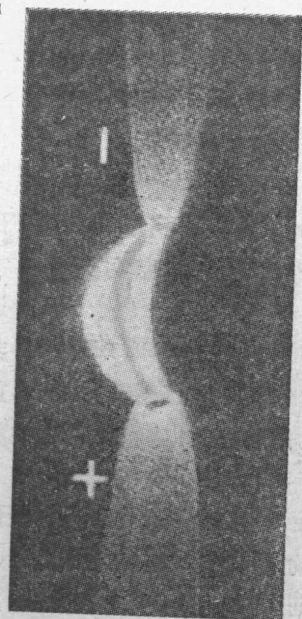


圖 1 火花、电弧和閃電——電荷通過空氣的現象

會發生放電，甚至在間隔大至數十厘米時，放電現象也仍會發生。

不久，人們就查明了，空氣和其它任何氣體在通常情況下也都能導電，雖然通過的電荷在數量上是非常非常小的。這可由下述事實來

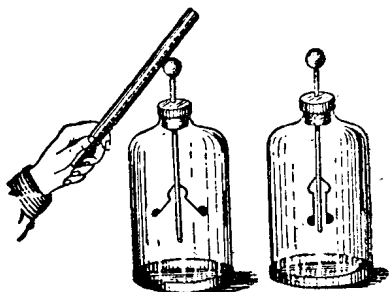


圖2 最簡單的驗電器

證明：圖2中所示的驗電器的兩金屬片，是用極精密的方法與器身絕緣着的，在充電以後數天內，加在它上面的電荷就會漸漸消失而薄片也就下落併合。許多特別精密的實驗都證明了；全部電荷都是經由空氣漏失的，實際上與驗電器薄片和器身間的絕緣物無關。

與此同時，還發現空氣的導電性和早就知道的不可見射線的存在，有着決定性的關係。特別是在1895年初次發現的X射線，能使空氣變成比較優良的導體：充電了的驗電器，在這種射線照射下，就能使它的薄片加速下落。1896年，法國物理學家貝克勒耳（H. Becquerel）發現了一種由鈾發出的穿透本領更大的新射線。空氣在這種射線作用下也能變成導體。不久以後還更發現，有一系列化學元素也和鈾一樣，會放射類似這樣的射線；例如，鐳就是其中的一種，所有這些元素統稱做放射性元素，而放射這些射線的現象本身則稱做放射性。

以後的許多實驗指出，放射性的組成是複雜的。放射性物質能放射帶電粒子：有帶正電的（稱做 α 粒子），也有帶負電的（ β 粒子）；除此以外，這種物質還能放射一種與X射線的

特性和類似的不可見射線。這種不可見射線就稱做 γ 射線。 γ 射線能容易地和 α 及 β 粒子分開來，這乃是由於它的優良的穿透本領（比 X 射線的要大得多），它能穿過像鉛那樣的稠密物質，而 α 和 β 粒子，在通過厚度僅為數個毫米的鉛板後就已經完全吸收掉了。

關於 α 和 β 粒子，必須指出，在科學界直到今天還同樣保持着 α 和 β 射線的名稱：這是由於它們的某些性質（對照相底板的作用，使空氣電離的本領），使人們在最初把 α 和 β 粒子流代替了某些不可見的輻射。正如我們在以後還要看到的，在宇宙射線領域內，高速帶電粒子與輻射間的區別還顯得更為困難。

然而，在 X 射線和放射性射線照射下，空氣會失去它的絕緣特性的這個事實又該如何解釋呢？這早在倫琴（W. C. Röntgen）和貝克勒耳完成他們的發現時，就已經得到了相當簡單的回答。

實驗證明，強烈的 X 射線或 γ 射線能使空氣的分子和一切其它氣體的分子分成帶正電的離子和帶負電的電子。這個過程就稱做電離作用，由於電離作用的結果，在任何兩個帶有不同電荷物體間的空間內，使得帶正電的離子向一邊運動，而電子則向另一邊運動。氣體中的放電現象就是這樣由電離射線引起的。因此，在這些射線照射下，驗電器加速放電的原因，乃是由於空氣在它們的作用下被電離了的緣故（圖 3）。

為了使人深信上述解釋的正確性，還必須作一些進一步的證明：使驗電器充電，驗電器的器身與薄片間的絕緣程度必須足夠良好，並注意在附近空氣中沒有任何電離射線射到驗電器上；這樣，薄片上的電荷就該保持到無限長久。然而這工作卻顯得非常不簡單。那些放射性最強的物質，雖然在數量

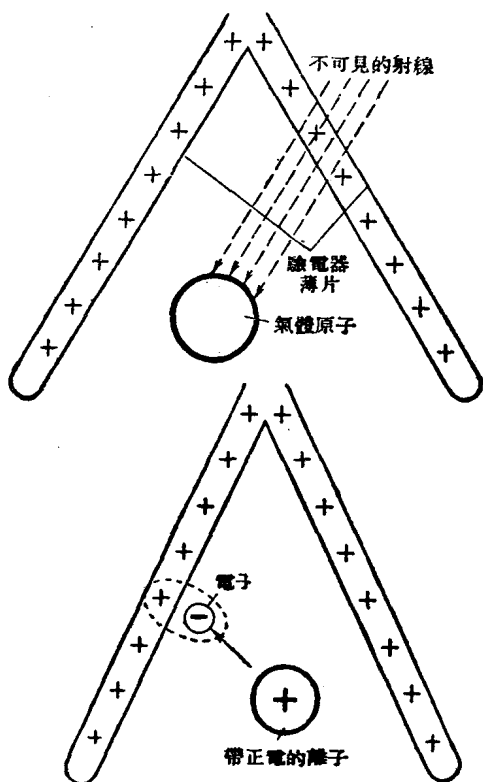


圖3 氣體原子的电离及其在不可見射線作用下驗電器的放電過程

上非常微小，在以前的實驗中也根本沒有显现过，但会出乎意外地从各处——从山岩的石層里、从土壤里、从水里、从空气本身中突然显露出来。研究指出，每隔数小时，从每一平方厘米的金属表面上就平均飞出一个帶电粒子（ α 粒子）。由微量的放射性物質混合物所射出的这样一个粒子，能使十万个空气分子变成离子。

在各处做了許多測量工作后——在冰塊上、在湖上、在大海中、在很高的塔頂上、在終年积雪的山頂上——結果發現，空气的电离程度，虽然比地面上为小，但無論在何处却都还能观察出来。

最后，在1909年，瑞士物理学家高盖尔（Gockel）决定想要完全“制服”这些無处不有的放射性：他帶着仪器，乘气球上昇到高出海平面四千米处。这种事業在当时是很不安全的，但却取得了一定的成就。实际上，一切已知的最能使空气电离的射線，包括 γ 射線在內，事实上早就被厚度仅为一百米的空气層完全吸收掉了，而放射这些射線的重放射性气体也同样不会在地球表面上分佈到这样的高度。那么倒底發現了些什么呢？高盖尔遭遇了完全出乎意料之外的“失敗”。原以为不致受到任何电离作用的影响，他發現驗电器的放电速度反而增大了好几倍！

这个結果是如此令人不解和出乎意料，以致高盖尔的报导受到了怀疑。許多学者决定要重复高盖尔的实验。物理学家赫斯（Hess）和叩尔哈斯特（Kolhörster），在1911到1914年間，曾一次比一次高地乘气球上昇。当气球达到它最大的高度后，学者們就把帶有复杂的自动記錄仪器的探察气球放到更高的大气層——同温層里去。1922年，物理学家密里根（Millikan）和包温（Bowen）曾把外觀如圖4所示的仪器上昇到15.5千米的高空中。結果都發現，在这样高的天空中，空气的电离程度非但没有减小，反而要比海平面处的大数十倍。

由二十世紀初期所具有的知識观点看来，對於这种莫名其妙的現象如何去解釋呢？最初，学者們認為大气本身就能够繼續不断地創造在那时还不知道的、类似於 γ 射線的某种

电离射线，同时由于完全不知的原因，这种射线的强度还随着高度的增加和空气密度的减低而增强。

上述断言促使密里根和别的学者们来研究新射线在物质中的吸收作用。他们在记录仪器的四周包以各种不同厚度的铅壳。结果发现，较薄（约5厘米厚）的铅板就能够非常显著地吸收这种射线。从这里就得出一个结论，这种射线并不具有较大的穿透本领，因此不可能是从某处，从地球外面射来的。

然而铅板内的吸收情形是不能和空气内的情形相互比拟的。关于这一点以后还要作详细的讨论，这里只想提一下，其主要原因在于铅的原子量差不多要比空气的大15倍，因此必须改用原子量与空气很接近的化学物质，例如水来做实验。

1925年夏天，列宁格勒的梅梭夫斯基（МЫСОВСКИЙ）教授和他的学生土未姆（ТУВИМ）首先做了相当可靠的水对宇宙射线的吸收研究。为此，他们把验电器沉到奥涅齐斯基湖中10米深处。结果他们发现，水对电离射线的吸收情形完全符合于空气对它的吸收情形，假如选取相同质量的空气层与水层相比较的话。

同年，密里根做了与梅梭夫斯基及土未姆稍稍不同的实验，也得到了相同的结果。密里根比较了两处高山上的湖水

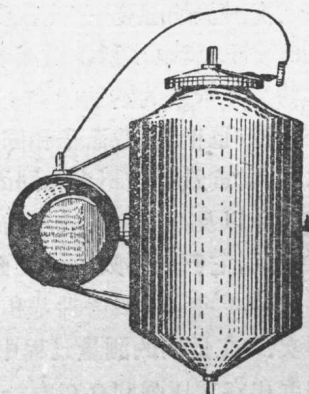


圖4 密里根和包溫的第一架在高空中自动记录不可見射线作用下的空气的电离程度的自动记录仪器

中电离射線的强度(一处拔海 3.5 千米,一处則仅 1.5 千米),結果他發現,就电离射線被吸收的情形來說,位在这兩处湖間的厚約为 2 千米的空气層完全可以代替較高湖中厚为 2 米的水層。計算也指出,截面积相同的 2 千米高的空气柱与 2 米高的水柱,其重量是差不多相同的。在这时,問題就顯得很清楚,空气本身以及高山上的透明潔淨的湖水是不会产生任何放射性射線的,它們只会吸收自上面落下的某种射線。

1926 年,梅梭夫斯基和土未姆还观察到了一个更有趣的事实。在長期的測量过程中,他們首先發現所研究的射線的强度和空气压强間存在有一定的关系。原来,这种射線是与太陽光不相同的,它們不分晝夜,几乎均匀地射向地球表面。然而,把驗电器的指示和气压計的讀数仔細地比較以后,梅梭夫斯基和土未姆就發現,当某地的大气压强增大时,那里的射線强度就会相应地減弱(假定沒有發生較大的温度变化的話)。这个現象就称做气压效应。唯有假定这些神祕射線的来源是处在大气范围之外,上述效应才能簡單地解釋。实际上大气压强的增加,例如增大 1 厘米汞高的压强,就会使观察者头上的空气重量,在每平方厘米面积上增加 13.6 克。

綜合所有上述的實驗看来,必然会做出这样的結論:未知射線的来源是处在地球外面的。为了着重指出它們的来源是位在太空中某处,因此就把它們叫做宇宙射線(从希臘字“Κοσμος”一字来,Κοσμος 意即世界,宇宙)。

从这个最初的結論里,还可断言这些射線的穿透本領,与一切已知射線比較起来,是空前未見的。

要知道任何一种电离射線,它們在穿过大气層时早就完全被吸收掉了,而不像来自太陽的可見光那样,可以很容易地貫穿这厚度巨大的空气層。可見光所攜帶的能量較少,所以

它不能使大多数物質的分子变成离子。因此，当它在物質中穿行时，能量的損耗也就較少，因而甚至如玻璃那样的密度大的物体，對於可見光也是完全可透过的，不要說是气体或更何況是空气了。

但是對於那些不可見射線，例如 X 射線和 γ 射線來說，則完全又是另外一回事；由於它們所具有的能量，比起可見光來要大數千倍之多，因而它們與物質間的相互作用也就要強烈得多，这其中特別是由於物質發生的电离作用；因此它們在物質中的能量損耗也就要大得多。差不多仅在几米厚的空气層里，这些射線就已被完全吸收掉了。

这个事实，在研究各种不同物質对宇宙射線的吸收作用时，就已經屢次被証实了。

已經發現，例如，被 1 厘米厚的鉄板所吸收的电离射線，大約等於重量相同而厚度为 70 米的空气層所吸收的射線，虽然鉄和空气對於可見光的透明程度是完全不可以相互比拟的。然而，如果注意到那些能量最强的已知射線， γ 射線，只在数 10 米厚的空气層內就已經被急剧地吸收掉了，那么宇宙射線能通过許多千米厚的大气層这个事实，迫使物理学家們立刻認為，它們的能量，比地球上已知的穿透本领最大的 γ 射線，还一定要大好几万倍。这个事实完全推翻了將宇宙射線与放射性物質的 α 和 β 粒子相比拟的任何企圖，因为后者的穿透本领甚至比 γ 射線的穿透本领还要小許多倍。

梅梭夫斯基，密里根和其它科学家們的研究工作，標誌着宇宙射線研究的先驅阶段的終結。正如我們以后要看到的，密里根和其他科学家們對於这些射線的本質問題的臆測，虽然是不正确的，但是關於它們的宇宙起源問題却没有引起任何怀疑。在这个时期中研究用的仪器，在我們今天看来，还有