

自然界中看不见的射线

〔美〕 J.卡斯特纳 著

杨百朋 译

科学出版社

1981

内 容 简 介

本书是介绍天然存在的各种射线的科普读物。书中深入浅出地讨论了放射性同位素所发出的 α 、 β 和 γ 射线和宇宙线的起因，射线对人体的危害，射线的某些应用，以及辐射剂量的测定等。本书可供广大具有中等文化水平的读者阅读。

Jacob Kastner
NATURE'S INVISIBLE RAYS
ERDA, 1975

自然界中看不见的射线

〔美〕J. 卡斯特纳 著

杨百朋 译

责任编辑 吴伯泽

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1981年10月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1981年10月第一次印刷 印张：15/8

印数：0001—7,000 字数：34,000

统一书号：13031·1694

本社书号：2317·13—3

定价：0.22元



科学家们在密执安湖上测量宇宙线

目 录

我们都在同一条船上	(1)
太阳不仅仅是眼睛见到的那样	(5)
巴西坚果和谷物	(11)
澄澈的冷水	(12)
哪些人对辐射感兴趣？为什么？	(14)
辐射会造成哪些损害？	(14)
多少才算过量？	(15)
想知道的有谁？	(16)
你根据什么这样说？	(25)
射线不能感觉到，但能在底片上留下清晰的图象	(26)
实验是很有趣的	(30)
从矿井到月亮	(35)
你完全可以避开它们	(36)
升向高空	(36)
世界上最大的腰带——地球的磁特性	(38)
伊索所说的恶棍	(38)
出现了些什么？	(41)
月亮在发珠光吗？	(43)
结语	(45)
未知的东西可以写满一本书	(45)
你躲不过中微子	(46)

我们都在同一条船上

这条小船上的科学家们并没有钓鱼竿，但是他们仍然想抓住一些东西——偶尔瞥见自然界中的看不见的射线。当然，如果这些射线是看不见的，我们就不可能瞥见它们，但至少我们可以察觉到它们的踪迹，只要有办法制造出恰当的探测仪器。

俗话说：皮厚不知疼。自从地球上有了生物以来，对于有生命的物体来说此话从来不假。除了可见光以外，动植物还经常受到不可见的穿透性射线*的照射。这些射线能够从活细胞的原子中击出电子，从而造成细胞的损坏。这就是说，它们能将细胞的原子转变成离子，从而扰乱细胞的正常功能。

这里我要中断一下，先说明一些事情。许多行业都有他们自己专用的语言。任何一个人想“翻译”出医生的处方时，都能体会到这一点。因此，如果你准备弄懂我将谈到的那些发生在我们周围的事情，并对它们发生兴趣，最好是让我先做些翻译解释。

电子是什么呢？我们都知道，几个原子结合在一起构成分子，它们总是紧紧地聚集在一起，十分牢固，需要从外部施加能量才能迫使它们分开。当原子的排列从比较松散变成比较紧密时，它们便以热或电的形式放出能量。例如当煤燃

*各种射线统称为辐射。

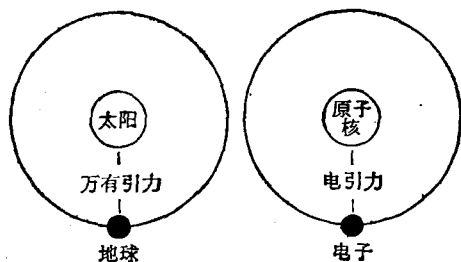
烧时，碳和氧结合在一起，产生出二氧化碳和热量。当然，逆过程也是可以发生的。当原子彼此被分开时，就需要靠外部的能量来完成这项任务。

原子是怎样互相连接的？它们的连键是什么？这要从电的方面来回答。

很多世纪以来，人们就知道当用布摩擦琥珀后，琥珀便带上电，因而可以吸起小草梗或小纸片。一个物体如果被这带电的琥珀所排斥，它就是带有负电，如果被吸引，则它带的是正电。

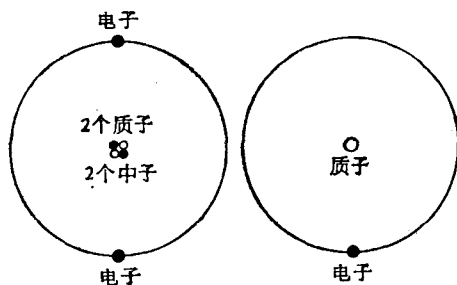
静电和动电(电流)都是由电子(或说带负电的粒子)产生的。当电子固定不动或处于静态时，它们是附在原子上的。它们可以被拉下来，而剩下带正电的原子。有时原子获得过多的电子，这时就变成带负电。当这些原子结合成一个分子时，它们的电子归大家共有。活的细胞就是由这样的分子构成的。

我们回过头来再说原子。如果我们将电子看成是很小的带负电的东西，原子的其余部分就必定要带正电，才能使得电子不致飞走。氢原子是最简单的原子，它的带正电的原子核称为质子。下面的简图是万有引力和静电引力的对比。

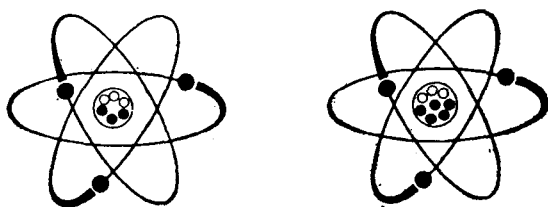


其他原子(比如氧)就要复杂一些,因为它们是由较多的质子和电子(两者数量相同)构成的。原子核中的质子数决定着化学元素的种类,例如,氧有8个质子,而氮有7个。

实际情况还要更复杂一些。绝大多数的原子核还包含有一些中性粒子,因而获得额外的重量,这种粒子就直称为中子。同一化学元素(质子数相同)的两个原子如果仅仅是“胖瘦”(轻重)不同,也就是说,如果仅仅是原子核中的中子数不同,我们便称它们为同位素。同位素一词来源于希腊语,意思是它们在化学元素周期表中处在同一个位置。



一个氦原子(左)和一个氢原子



锂。原子序数3, 原子量6或7, 有3个电子, 3个质子, 3或4个中子

锂。原子序数3, 原子量7, 有3个电子, 3个质子, 4个中子

有些原子非常之重, 以致它们“激动得”足以突然失去一

些重量*。它们可以通过很多途径做到这一点。你应当记住爱因斯坦说过的话：物质(具有重量)和费用能量实际上可以相互转化。因此，很多处在激发态的原子就会放出射线，这些射线由物质粒子和能量束所组成。

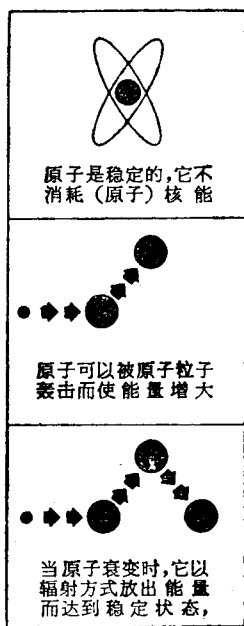
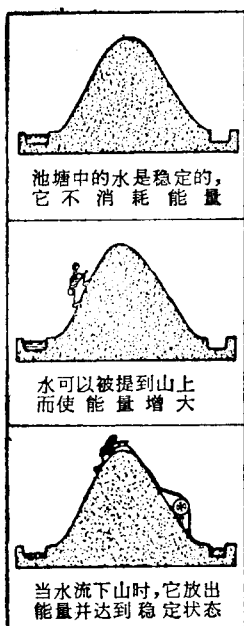
这种不稳定的原子被称为具有辐射活性或放射性原子，那种能量束称为光子**。从原子核里射出的光子，我们称它们为γ射线，当光子是因为核外电子重新排列而产生时，我们称它们为X射线。这好象是说明一个人的原籍——他是英国人还是澳大利亚人？实际上，这并不重要，重要的是这个人的行为怎样。

看不见的致电离辐射千万年来一直是动植物生活环境的一部分，这种辐射就是由这类物质粒子和能量束所组成的。它们对活细胞的干扰一般是如此之小，以致它们根本不被注意。一直到近百年来，人们才认识到，地球上的生物实际上是在不断地被轰击着。

这本小册子想使你对这种辐射的本性和数量得到一些知识：它们是从哪里来的？我们怎样测量它们？为什么我们要研究它们？特别是由于长期以来这些问题一直为人们所忽略，我们就更需要对它们有所了解。

*每种化学元素的原子都有一种或几种质子、电子和中子的最优排列，这就是稳定同位素。它们的原子中包含相同数目的质子和电子以及同样多或稍微多一些的中子。原子具有过多的质子或中子时，我们就说它处于“激发态”或不稳定状态。它经过突变后就达到最优同位素排列。

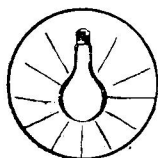
**光子常被称为辐射量子(能包)，它的行为不太象物质小球，而更象一团能量云。X射线和γ射线是高能短波电磁辐射(光子)。只有当这种光子是由原子核发射出时，它们才被称为γ射线。X射线比较一般，当受激的轨道电子放出能量或带电粒子突然改变速度时，都可能产生X射线。



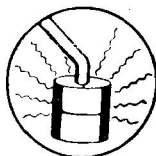
太阳不仅仅是眼睛见到的那样

下页照片中的姑娘正接受着超出她期望的外部辐射的照射。除了她所希望的、能使她皮肤晒得黑红（一种产生在皮内的效应）的紫外光子外，她正在被来自地球以及外层空间的更富有穿透性的辐射所轰击。她并不能感觉这些，因为没有神经末梢深藏在体内。此外，还由于她身体相当健康，可以立即修复好这种类似轻微阳光灼伤的小小的内部损伤，因而几乎没有产生什么持久的后果。

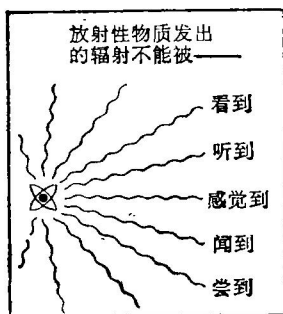
地球上的本底辐射主要由 γ 射线和X射线组成，这些射



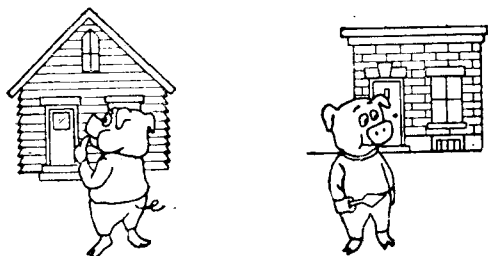
光辐射可以被看见



热辐射可以被感觉到



线大多是由土壤中所含的不稳定的钾*、钍、铀以及其他放射性元素在放射性衰变中产生的。这些元素几乎存在于任何地方的矿物中。这样，住在砖、水泥或花岗岩的房子中便可



能很不利。世界上最有名的天然辐射专家之一、英国里兹的威廉·斯彼尔斯博士指出，砖中的镭所放出的 γ 射线的强度相当于在木屋里所能获得的三倍。

这样的照射水平比公认的人类安全标准小50到100倍。世界上有些地方，象在巴西和印度的一些地区的照射量，确已超过了美国政府的专家们所订的非常低的安全极限。

这些矿物中发出的X射线，使贝克勒耳在1896年发现了天然放射现象**。当时，贝克勒耳正在研究一种铀盐，他在几年前便已发现，在紫外光的影响下，这种铀盐可以发出美妙的辉光。贝克勒耳将一小块这类曝过光的铀盐包在黑纸中，并放到由银片和照相底板迭合在一起组成的“夹心板”附近。他意外地发现照相底板受到了影响，也就是说跑了光，并且不管这块铀盐是否曝过光，情况都一样。于是，他断定铀

*天然钾是由好几个重量不同的成员(同位素)组成的。其中较重的 ^{40}K 是一种不稳定的同位素，当它放射出自身的一部分(一个 β 粒子)后，它便不再是钾，而变成钙的同位素。

**贝克勒耳因发现铀的放射现象而获得1903年的诺贝尔物理学奖。



贝克勒耳

可以产生有穿透能力的射线，这种穿透性射线类似于一年前伦琴所发现的X射线*。伦琴是把电子射入金属靶子，从而人为地产生出X射线的**。

继贝克勒耳的发现之后，人们很快就了解到，铀或钍这一类重金属的原子都在非常缓慢地、但是不停顿地分裂着，并且放出 α 射线***及 β 射线****，同时还有X射线。

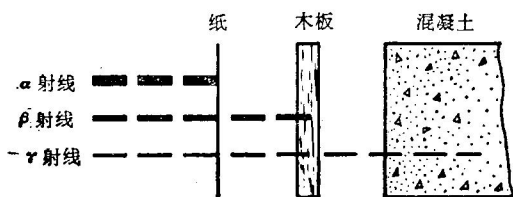
从外层空间来的那些外部照射可以归因于从不间断的带电粒子雨(宇宙射线)，这些粒子时时刻刻以接近光速的速度从各个方向落到我们这个星球上。这些粒子就是失去了电子的普通原子，即原子核，其中绝大部分是氢原子核(质子)。

*伦琴因发现X射线而获得1901年的诺贝尔物理学奖。

**由机器产生的X射线被特称为伦琴射线。

*** α 射线是 α 粒子流，这种粒子带正电，由2个中子和2个质子组成(实际是氦核)。 α 辐射在三种普通的辐射(α 、 β 和 γ)中穿透性最小。它很微弱，可以被一张纸挡住，只有当吸入或咽下以后才有危险。

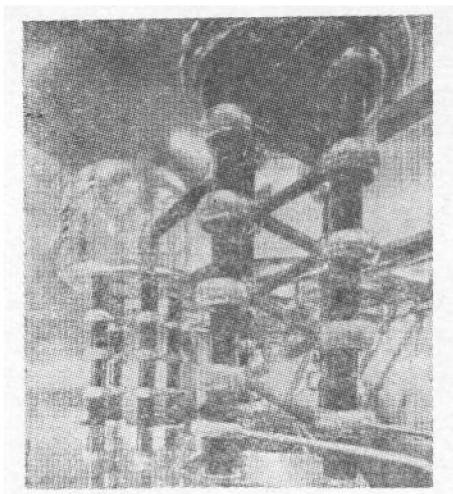
**** β 射线是 β 粒子流，当其电性为负时，它是电子流，当电性为正时，是正电子流。



α , β 和 γ 射线的穿透性

使得宇宙射线有别于其他辐射并在现代物理学的发展中占有重要地位的原因，就是这种射线中的粒子各自具有巨大的能量。在发现宇宙射线之前，已知的最高能粒子是放射性原子天然衰变时所放出的粒子。

为什么目前物理学家对这类高能粒子感兴趣呢？因为这些粒子具有将原子核轰碎成小片的能力。人们希望通过研究这种粉碎过程的细节，能搞清楚使核子结合在一起的作用力。实际上，在人造设备研制出之前，科学家便已在观察宇宙射线与大气中的氧、氮原子核的碰撞情况。这类天然出现



伊利诺斯州国立阿贡实验室里的这种考克饶夫-瓦尔顿发电机是第一部粒子加速器或原子粉碎器

的“碎片”便是照射到那位正在进行日光浴的姑娘身上的绝大部分辐射的起因。这种辐射大部分是光子(电磁辐射),其能量范围相当大;还有一小部分是高能中子^{*},但这部分很重要。

这些中子在大气分子中间来闯去,直到所有的粒子都具有同样的能量,这就等于说,它们最后都达到了同一温度,这时,这种低速粒子就很容易被氮原子俘获,而形成放射性碳(碳14)或放射性超重氢,即氚(³H)^{**}。这些同位素的衰变对外部照射起的作用很小,因为它们的辐射不具有穿透

^{*}中子比质子稍重的不带电粒子。单独的中子是不稳定的,会衰变成一个电子和一个质子,其半衰期约13分钟。中子能维持原子反应堆中的链式反应。半衰期是指放射性物质中有一半原子衰变成其他原子所需的时间。

^{**}氮14俘获一个中子变成氮15,氮15在较短的时间内射出一个质子变成碳14。某些重氮原子破碎成氚和其他轻原子。

性。但是，当处于气体状态时，这些物质却可被人们吸入或吞下，就像酒和烟一样，如果接收量大，便会造成危险。这就向我们提出了一个不可回避的问题，就是关于从食物和饮料中接受放射性物质的问题。

巴西坚果和谷物

当科学家们提出由食物中的天然放射性引起的内部照射问题时，他们马上想到巴西，这不仅是因为巴西及印度的某些特定地区的泥土中 γ 放射性特别强，而且还因巴西坚果的放射性也非常强——约为普通水果的一万四千倍。当然，巴西坚果是独特的，与普通坚果大不相同。谷类的放射性也同样相对地高——大约是含天然放射性浓度最低的水果的500至600倍。下列的表格很清楚地指出，高级的丰厚食物很有

食物中 α 放射性比较表

食 物 种 类	相对放射性强度
巴西坚果	1400
谷物	60
茶叶	40
肝和腰子	15
面粉	14
花生和花生油	12
巧克力	8
饼干	2
牛奶(浓缩的)	1—2
鱼	1—2
乳酪和鸡蛋	0.9
蔬菜	0.7
肉	0.5
水果	0.1

理由值得我們考虑舍弃。

实际上这一表格只涉及食物中的 α 放射性，并没有谈及放射性鉀的含量。一切有助于肌肉生长的食物都含鉀。为了维持生命，我们必须食用鉀。最近的调查指出，对于绝大多数人，肌肉中的放射性鉀所产生的内部照射为体内其他放射性物质（如放射性鐳，碳14，氚等）中任一种所产生内部照射的10—20倍。

只要科学家们关心存留在人体内的放射性物质对人本身的内部照射问题，就不能不去研究人类的食物链。他们需要顺着这样的线索：地球的放射性化学物质被动植物所吸收，而这些动植物又被人吃下。这样的机制造成了化学物质在我们器官中的淀积、分布或转移。已经发现，就像巴西坚果那样，很多动物和植物中存留有比其他动植物多得多的某些化学物质，这样就为某种特定的放射性元素进入人体打开了一条特殊的通道。

例如，已经发现，在人的食物链中鐳的浓度并不是处处相同的。曾经研究过大量的哺乳动物——老鼠、大鼠、兔子、狗、猪以至于人——他们所吃进去的鐳约有1—10%存留在体内，主要是留在骨骼内，只有少量留在软骨和甲状腺中。

一个明显的转移的例子是聚积在北极驯鹿的器官内的放射性铅，这种动物是某些爱斯基摩人的主要食物，于是，在这些人的骨头内就发现了这种铅元素，而且浓度很高。

澄澈的冷水

绝大多数人相信澄澈的冷水是纯净的，只有我的几个朋友除外，他们认为它会浸蚀水管。井水里同样含有某些其他东西。二十年前，在美国中西部，由于发现某些城市供应的

饮用水中含有很高的天然放射性，便开始进行了一系列研究。1955年发现，这些放射性来自镭。这些镭与其他比较普通的钙盐、镁盐等等一道从土壤溶解入水里。

例如，在伊利诺斯州乔利埃特的一些深井中，水内含镭量为芝加哥湖水的300倍。因此，终于对全美国的水样都进行了分析。

缅因州的井水含镭量为向美国首都华盛顿供水的波托马克河水含镭量的3000倍。缅因州水中的放射性与伦萨斯州及科罗拉多州或捷克的雅希莫夫的某些泉水比较起来时，又确实不算太高。这些地方的水中的放射性浓度比较起来要大10,000倍。

很值得注意的是，有将近50年的时间，水中含有这样多的镭一直被当作是一宗贵重的财宝，镭和钍被当作药物用来治疗各种各样的疾病。幸运的是，这种做法只持续了一代人，因为很多医生了解到镭在化学上与天然钙非常相似，它要在人们的骨内积集而造成严重危害。但是世界上仍有好多地方宣扬用有放射性的矿泉洗澡的好处。若干年前，我买了一瓶米兰的



十九世纪初关于药物镭的广告