

走|近|科|学|丛|书|
zoujinkexuecongshu

核能科技

HE NENG KE JI



黄勇◎主编

- ▶ 你会发现原来有趣的科学原理就在身边
- ▶ 学习科学、汲取知识原来也可以这样轻松

轻松阅读的科普读物 / 探索科学奥秘的知识文库



兵器工业出版社



HeNengKeJi

走近科学丛书

核能科技

黄勇◎主编

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书把内容集中在探究核能科技方面,介绍相关背景,普及相关知识,分为:原子弹的诞生、走向核时代、核电与核电站、核反应堆、核隐患与政策、核能的未来等几章,所选内容精当,文字简明,内文配图别具一格,形象生动,非常适合广大少年儿童阅读和课外学习。

图书在版编目(CIP)数据

核能科技 / 黄勇主编. — 北京: 兵器工业出版社, 2012.12

ISBN 978-7-80248-866-3

I. ①核… II. ①黄… III. ①核能—少儿读物 IV. ①TL-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第282999号

核能科技

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-57286172, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟10号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京一鑫印务有限公司

版 次: 2012年12月第1版第1次印刷

印 数: 1-5 000

责任编辑: 许 晶

封面设计: 钟灵工作室

责任印制: 王京华

开 本: 720×1000 1/16

印 张: 10

字 数: 175千字

定 价: 29.80元

目
录

核 能 科 技

第1章

原子弹的诞生

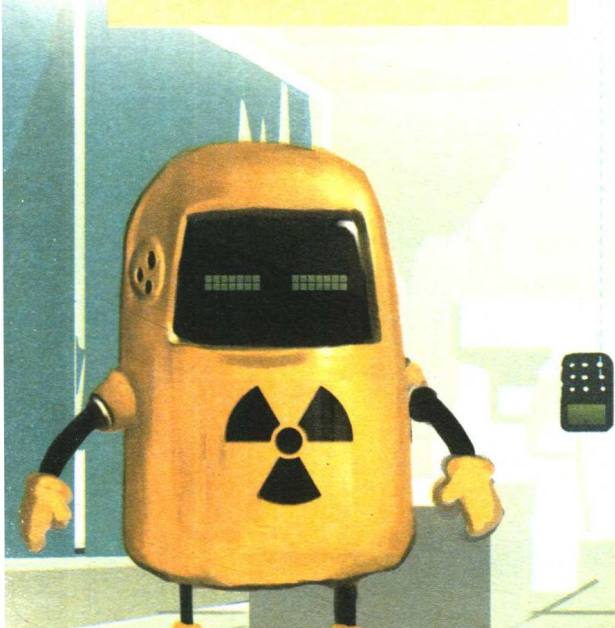
揭开核时代的序幕.....	001
电子的发现.....	004
铀射线的发现.....	006
放射性来源之谜.....	007
铀 X 的奥秘.....	009
原子的发现.....	013
神奇的中子.....	015
原子反应堆.....	017
原子弹爆炸.....	020



第2章

走向核时代

纳粹德国在行动.....	021
氢弹原理的突破.....	026
中国的核武器.....	032
核潜艇.....	041
贫铀弹的发展历程.....	054



第③章

核电与核电站

核电的发展过程	059
世界第一座核电站	071
水上核电站	072
秦山核电站	074
海底核电站	075
太空核电站	078
矛盾与评估	079
三里岛事故	085
切尔诺贝利核灾难 (INES 7) ..	089
福岛第一核电站事故 (INES 4+) ..	092

第④章

核反应堆

核裂变	096
轻水堆和重水堆	097
快中子增殖反应堆	099

高温气冷堆	100
热核聚变	102
激光核聚变	104

第⑤章

核隐患与政策

核走私案	106
拆卸核武器	116
建核坟墓	120
亚洲与世界的核问题	124
防止核扩散	131

第⑥章

核能的未来

核试验转向	134
核爆炸新用	137
新技术探索	140
核武器的发展趋势	142
核医学	148
核能在治理污染方面的应用 ..	150
核能的发展前景	152
核能的安全问题	154



第1章

原子弹的诞生

揭开核时代的序幕

JieKaiHeShiDaiDeXuMu

1 836年，英国科学家法拉第在研究稀薄气体的放电时，发现了一种绚丽的辉光。

后来，物理学家们重做试验也发现了辉光现象，因为它从阴极射出，就称其为“阴极射线”。

1895年，德国物理学家威廉·康拉德·伦琴对阴极射线产生了极大的兴趣，并开展了一系列的研究工作。

一天，伦琴继续在做他的实验。当他把荧光板靠近玻璃管的铝窗时，认为玻璃管内的亮光会影响对荧光板的观察。他就找了一张包照相底片的黑纸，将玻璃管包住，使玻璃内的亮光透不出来。

伦琴操作时发现，当把荧光板靠近玻璃管的铝窗时，荧光板上就发出微弱的亮光；当距离稍远时，荧光板上就不发光。

继而，伦琴换上没有铝窗的玻璃管。按平常的程序，他将玻璃管包好，打开开关，伸手拿起桌面上的荧光板。这时，他发现了一个大为惊讶的现象：荧光板的边缘上发现了局部手骨的影子。

伦琴额上冷汗顿出，一时弄不清





自己是在做实验，还是出现了幻觉。

伦琴毕竟是科学家，绝不会放过这稍纵即逝的奇特发现。于是，他索性将手放在荧光板后面，结果，荧光板上出现了完整的手骨影子。

这是事实，但过去并没有见过这样的报道。

第二天，伦琴集中精力重新思考这一新的发现。

通过缜密地分析后，伦琴认为：它肯定不是阴极射线，因为它能穿透玻璃、遮光的黑纸和人的手掌，其能量是很大的，而阴极射线不可能穿透玻璃，这或许是一种人们未知的射线。

于是，他为了弄清射线的性质，又做了一系列的试验：

用一块木片放在玻璃管和荧光板之间，荧光板发光。

用块铁板放在玻璃管和荧光板之间，荧光板上只剩下微弱的一点亮光；

用一块铅板放在玻璃管和荧光板之间，荧光板无光；

.....

通过试验发现，这种未知的射线能使包在黑纸中的照相底片感光。

伦琴对这一神奇的现象了解得越来越多，但对它产生的原因、性质却知道的很少。这使他预感到这是一个神奇的未知领域，于是，他将这种射线命名为“X射线”。X在数学里时常代表未知数，X光也有未知之光的意思。

1985年12月28日，伦琴在符茨堡大学医学物理学会宣读了《论一种新的射线》的报告，并展示了他夫人的手骨照片。

1896年1月，伦琴关于X射线的第一部专著出版了。

1901年，伦琴荣获诺贝尔物理学奖。

1905年召开的第一次国际放射学会上，正式命名X光为伦琴射线。

伦琴射线是在真空中的波长为 $10^{-10} \sim 10^{-6}$ 厘米的电磁波。它是高速电子受到激发后产生的。

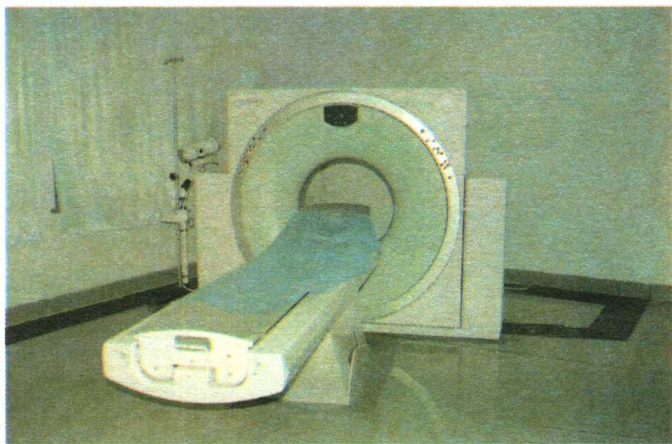
科学发现是伟大的，它为人类文明的进步开辟了道路。但科学家的伟大人格更是科学与社会取得突飞猛进的无比巨大的精神力量。正因为大家看到了X射线的潜在价值，当时，一些商人提出以巨款购买专利，



被伦琴断然拒绝。他认为，X射线是天然存在的，只是偶然被自己发现了，怎么能作为私产出卖呢？不久，他就公布了自己的全部研究成果，并参与指导医生进行X射线的医用研究。

X射线的发现，为电子论的创立提供了有力的实验证据，这是科学上的一次大革命。这一发现不仅为现代实验物理学和理论物理学开辟了新的研究途径，而且为普通实用医学和特殊的外科手术提供了价值极高的可靠工具，比如电磁波的提出和X光透视机的使用等，都要归功于X射线的发现。

时至今日，X射线作为一门学科，已经相当古老了，但它并没有退出科学研究的历史舞台。例如，在研究天体演化问题时，X射线分析方法仍



旧是天体物理学家手中的一个相当有力的工具。

值得一提的是，美国特夫茨大学教授 A.M·马克与英国电子工程师 G·N·杭斯菲尔德合作，创造了一种崭新的医疗上的诊断技术——X射线层析图像技术，这就是我们今天所熟悉的“CT”。他们二人也因此而分享了1979年诺贝尔生理学 and 医学奖。

在科学史上，一个重要自然现象的发现，往往会在一个乃至几个科学技术领域中产生一系列连锁反应。因此，它所产生的社会效益将是不可估量的。伦琴的科学发现，为诺贝尔物理学奖金获得者树立了光辉的榜样，并对他们产生了非常深远的影响。

1901年，伦琴荣获首届诺贝尔物理奖。为了纪念这位伟大的科学家，1928年在瑞典斯德哥尔摩召开的国际辐射单位与测量委员会第二次会议上，把射线的计量单位命名为“伦琴”，简称为“伦”。



X射线的发现对科学研究和社会生活都产生了重大影响。由于当时没有人能够解释它的发射机制，因此使它蒙上了一层神秘的色彩。这种神秘的射线不能用肉眼直接观察到，所以一些好奇的理论和实验物理学家提出：这种射线在其他的一些发光场合下，如在磷光过程中是否存在，还是仅仅因为没有测量到而已？

寻找新的X射线的活动又导致了法国物理学家亨利·贝克勒尔对放射性的重要发现，这种性质完全不同于X射线，它是人类第一次接受到的来自原子核深处的信息。

电子的发现

DianZiDeFaXian

X射线的发现，使人们对X射线和放射性的研究轰轰烈烈，形成了强大的冲击波，使人们振聋发聩，令科学家欢欣鼓舞。

在距发现物质放射性不到一年的时间内，又一项伟大的发现震撼了整个科学界。这就是英国物理学家约瑟夫·约翰·汤姆逊于1897年发现的电子。



当时，人们围绕着“阴极射线究竟是什么”这个问题，展开旷日持久的论争。

物理学家们的认识也逐渐分成了两大派：一派以德国物理学家赫兹为代表，认为阴极射线是一种类似的电磁波；一派以英国物理学家克鲁斯克为代表，认为阴极射线是一种带负电的粒子流。

汤姆逊接任第三任卡文迪许实验室主任之后，带领许多年轻的物理学家，对阴极射线进行了多年的研究。



汤姆逊十分赞同克鲁克斯的观点，他认为阴极射线是一种动能极大的微粒子。但是，要进一步弄清阴极射线的本质，就必须称量出阴极射线中一个带负电粒子的重量。

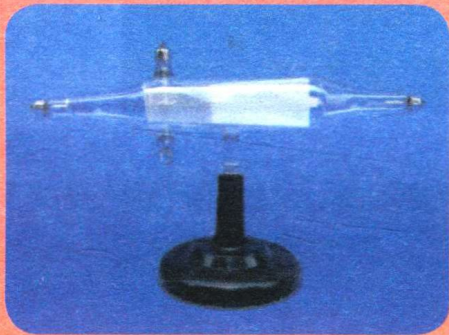
通过大量的试验，收获颇丰。汤姆逊不仅使阴极和射线在磁场中发生了偏转，而且还使它在电场中发生了偏转；他利用电场和磁场来测量这种带电粒子流的偏转程度，从中计算出带电粒子的重量；他还观察到，无论改变放电管中气体的成分，还是改变阴极材料，阴极射线的物理性质都不改变，这说明来源于各种不同物质的阴极射线粒子，都是一样的。

1892年2月，汤姆逊经过一番开创性的研究，得出了人们盼望已久的“称量”结果：阴极射线粒子的速度为10万千米/秒；它的质量只有氢原子质量的 $1/1840$ ；它带的电荷量与法拉第电解定律计算出的数值基本相同。

于是，汤姆逊采用了1874年英国物理学家斯通尼提出的名词——电子，把阴极射线的带负电的粒子命名为“电子”。

从此，电子作为电的不连续性结构的最小粒子而被科学界承认了。

汤姆逊的研究工作，在1897年4月底第一次公开报告，可能因材料和观点过于先进，没有被人们所接受。



后来，便引起了极大的反响和震动，如同石破天惊。

继而，物理学家们通过大量的试验，又测量出在光电效应和放射性蜕变中获得的带负电粒子的电荷和质量，在不同的情况下，却得出了相同的数值。

这些大量的事实足以证明，自然界存在比原子更小的粒子。

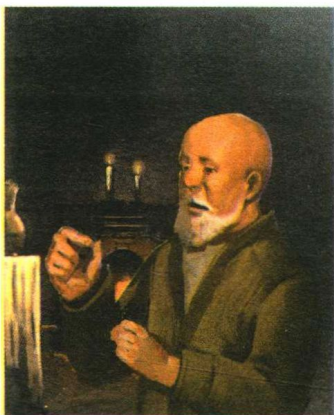
现在人们已经清楚：电子是世界上最轻的运动粒子之一。大约1024个电子合起来，其重量也不足1克的 $1/1000$ 。然而，无数个电子汇集成的电流，却能以接近光速的速度运动，成为新时代的动力源，为生产



自动化开辟了道路。

铀射线的发现

YouSheXianDeFaXian



自从伦琴发现X射线之后，这“X”便吸引了不少物理学家去探索、揭秘。

法国物理学家贝克勒耳就是一位对“X”十分着迷的人。

为了揭示“X”的秘密，检验荧光物质是不是也能发射X射线，就找来了许多荧光物质做实验。

贝克勒耳把照相底片小心地包在可见光不能透过的黑纸里，同时又在外面放上了荧光物质铀盐，然后摆在强烈的阳光下照射。

几小时之后，将底片冲出来一看，居然在底片上发现了一块和铀盐形状相同的黑斑。

几经重复实验，结果都相同。

对此，他初步得出结论：铀盐被太阳光照射之后，会发射X射线，X射线使照相底片感光了！

第二天，他又重新做起实验来。

等他一切准备好后，到室外一看满天阴云，不得不扫兴地把包好了的底片和铀盐一起放进了抽屉里。

过去了几天后，他又要做新的实验，只好把那底片取出来。“底片有没有变化呢？”他冲出底片一看，大为吃惊：没有阳光照射，铀盐也没有发出荧光，在不见“天日”的抽屉里，照相底片居然感光了！

贝克勒耳心里觉得非常奇怪：看来不需要阳光，铀盐也可以发出射



线，这种射线能穿透黑纸使照相底片感光。或许这是一种新射线。

贝克勒耳决定再做几次实验，来揭开抽屉里的秘密。

对此，贝克勒耳精心设计了一系列的实验，对铀盐晶体采取了不同的“侍候”方式：加热；冷却；研成粉末；在酸里“洗澡”。结果发现，只要有铀元素存在，就有神奇的贯穿辐射！

于是，贝克勒耳宣布，铀盐会自发地放射出射线，这是一种新的、由原子自身产生的射线。他把这种天然放射线称为“铀射线”。

就这样，贝克勒耳在人类科技史上第一个发现了一种天然放射性物质——铀，最早观察到铀原子自发蜕变的放射性现象。

放射性来源之谜 >>>

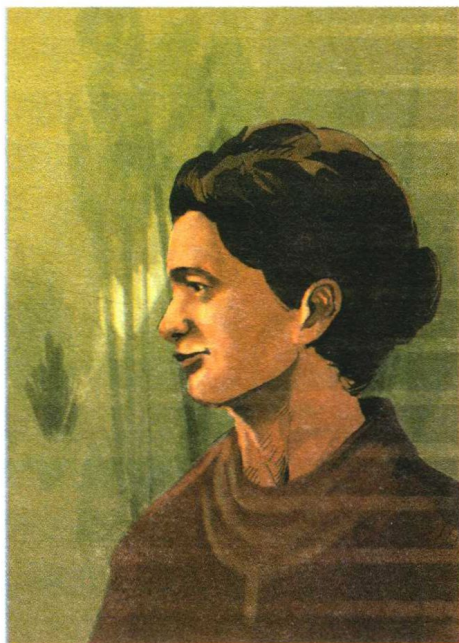
FangSheXingLaiYuanZhiMi

贝克勒耳的重大发现，很快引起了比埃尔·居里和他的夫人玛丽·居里的兴趣。

居里夫人反复思考：造成这种奇迹的原理是什么呢？她决心解开这个未知之谜。

迷恋是事业成功的动力。居里夫人如同着了迷似的，整天把自己关在实验室里拼命地工作。

经过一段时间，居里夫人得出这样的结论：铀的辐射同含铀化合物的化学组成没有关系，也不是由光照或温度等外界条件决定的。她认为，这种辐射是原子的特性，并建议将这种辐射现象叫做“放射性”。





接着，居里夫人检验了当时已知的各种元素，她发现除铀之外，含有钍的化合物也可以释放贝克勒耳射线，因此，她把铀和钍叫做“放射性元素”。

居里夫人再接再厉，通过进一步测试，发现沥青铀矿石的放射性非常强。

“这是偶然的吗？”她在问自己。

结果，她重复上百次实验，都得出了同样的结果。

于是，居里夫人高瞻远瞩作出了一个大胆的猜想：沥青铀矿中含有放射性极强的元素！

继而，居里夫妇携手合作，首先从沥青铀矿中入手，把一切已知元素分离出来，然后再测量每种元素的放射性，经过逐一淘汰、范围逐渐缩小。终于在 1898 年 7 月，他们发现了一种新的放射性元素，居里夫人给它起了个名字：钋 (pō)。钋的拉丁文名为 Polonium，由拉丁文波兰国名 Polonia 一词的词头构成，用来纪念她的祖国波兰。

之后，他们又废寝忘食地捕获另一种新元素。

1898 年 12 月 26 日，他们再次宣布发现了新元素——镭。

然而，这要拿出实物来作为证据，凭口白说，不足为信。

不过，要从沥青铀矿中提取镭这等于是大海里捞针。

要知道，沥青铀矿中镭的含量极少，大约只有矿石总量的百万分之一。这样的含量，要从中提取镭的困难是可想而知的。

百折不挠是科学家们的可贵品质。居里夫妇对此投入了极大的精力，从 1898 年一直工作到 1902 年，经过几万次的提炼，处理了 30 多吨矿石残渣，终于得到了 0.1 克的镭盐，并测出了它的相对原子质量是 225。

镭，宣告诞生了！

镭的奇迹般的发现，揭开了原子核物理的第一页。



铀X的奥秘

YouXDeAoMi



工蜕变和人工放射性的发现都是物理学界的重大事件，核反应产生的众多新化学元素为化学的发展，特别是微量元素和放射性化学元素的辨认和分离提供了动力，给化学家们提供了施展才能的天地。德国化学家哈恩就是其中重要的一位科学家。

哈恩早在大学读书时，就对刚刚由居里夫人发展起来的放射化学很感兴趣。他在为化学家拉姆赛当助手时曾成功地分离出钚的一种同位素。1905年，哈恩又在卢瑟福的指导下工作过。在返回德国的几年后，他在柏林的凯撒·威廉研究院内建立了自己的化学研究所，并与女物理学家迈特纳建立了很好的合作关系。他们将最新的物理思想和最新的化学方法融合在一起，长期从事核反应后所产生元素的辨认、分离和理论分析工作。

费米的研究小组在研究被中子轰击过的铀的成分时，曾怀疑有比铀更重的元素——超铀元素在核反应中产生。不久，约里奥·居里小组怀疑在核反应产物中存在着轻元素。迈特纳和哈恩立即着手研究这个复杂的问题。哈恩集中精力用化学的方法去分析经过中子轰击过的铀材料的成分，在最初的实验结果中，他也怀疑有超铀元素存在。



正当他们的工作日益紧张时，迈特纳的人身安全受到了威胁。她是持奥地利护照的犹太人，当纳粹德国占领奥地利后，她失去了国籍，成



为纳粹迫害的对象。在朋友的帮助下，她离开了曾工作过 30 年的柏林实验室，经荷兰到瑞典斯德哥尔摩的诺贝尔物理研究所继续从事研究工作。



迈特纳离开后，哈恩和他的助手史特拉斯曼继续在柏林的实验室分析被中子照射过的铀材料，并不断将结果通报给迈特纳。哈恩首先发现在产物中有像镭一样的元素，约里奥在此之前也宣称得到了同样的结果。根据传统的理论，这种现象无法得到解释。这

一切都发生在 1938 年圣诞节的前夕，哈恩感到重要的是尽快发表自己的工作报告。他采取了不一般的措施，打电话给他的朋友，斯普林格出版社的经理保罗·罗兹保德博士，请求他在最近一期的《自然科学》杂志上留下一栏，以便发表一个非常紧急的消息。罗兹保德同意了。于是，这篇注明 1938 年 12 月 22 日的文章，就从哈恩的办公桌上送到邮局去了。哈恩后来在回忆这段往事时说：“当文章送往邮局之后，我又感到这一事件是不可能的，以至于想把文章从邮箱里拿出来。”

1938 年的圣诞节，对于迈特纳来说是极不寻常的。过去，她总是喜欢把她的外甥弗里施接到柏林，与她一起欢度圣诞节，并讨论物理问题。如今，在研究工作最重要的时刻，她却被迫离开实验室。弗里施在她的影响下，也成为一名出色的物理学家。他从 1934 年就流亡国外，在哥本哈根的玻尔研究所工作。为了保持过去的传统，迈特纳邀请弗里施到瑞典的一个小镇孔古尔过节。就在这时，她收到了哈恩寄给她的内容最为丰富而又令人费解的“圣诞卡”。哈恩肯定地告诉她，他在被中子照射过的铀材料中发现了钡的同位素。他希望迈特纳能做一些计算，从物理上找出这一现象的原因，并发表它。

哈恩的这个发现如果不是实验上的错误，那么就意味着铀元素可能分裂成两块了，因为钡的原子量只有铀的一半左右。迈特纳相信哈恩的



结果是不会错的，而当时物理学家们认为原子核是不可能获得足够的能量而分裂成两块。读罢哈恩寄来的“圣诞卡”，迈特纳和弗里施在瑞典一片寒冷的雪地里进行了很长时间的讨论和计算，终于在理论上对这一现象作出了圆满的解释。

弗里施当时在玻尔研究所工作，迈特纳也与玻尔研究所有相当紧密的联系，两个人都很熟悉玻尔和他的同事们在核物理方面的工作。他们想到了由伽莫夫提出的并在玻尔研究所发展起来的原子核的液滴模型。如果原子核真像液滴那样，那么它就有可能缓慢地变成一个椭球，然后分成两块。由于原子核中的质子是带电的，如果带电的粒子多到一定的程度，巨大的电磁斥力就有可能使原子核自发地或在外界不强的影响下分裂成两块。迈特纳和弗里施通过简单计算，发现铀核中的质子数正好能够产生这种现象。

他们在计算中又发现了一个更重要的问题：原子核分裂成两块后，它们将由于巨大的电磁斥力而相互高速飞离，而且带有 2 亿电子伏特的动能。迈特纳和弗里施认真地考虑了这个能量的来源。由于入射中子的能量是很小的，唯一可能的能量来源只能来自于原子核的内部。迈特纳对原子核质量的经验公式很熟悉，立即计算出反应后产物的总质量比反应前总质量少了相当于质子质量的 $1/5$ 。按照爱因斯坦著名的质能公式： $E=mc^2$ (E 为能量， m 为质量， c 为真空中的光速)，2 亿电子伏特正好相当于 $1/5$ 个质子质量的等价能量。迈特纳和弗里施不但证明了原子核的分裂，更重要的是，他们创造性地应用和证明了爱因斯坦的质量能量公式，从而揭示出人类也可以将物质的部分质量直接转换为巨大的、并能被人类直接利用的能量，这是爱因斯坦当年所没有考虑到的。迈特纳与弗里施的工作，是将不同的物理学思想融合在一起，然后去解释新现象的典范。

当弗里施回到哥本哈根时，玻尔正准备上船去美国讲学。弗里施用几分钟的时间向玻尔报告了这一发现，玻尔拍了一下自己的前额，大声说：“太漂亮了，事情应该就是这样！我们怎么那么久没有发现这一点呢！”



玻尔是当时杰出的物理学大师，能够得到他的赞许，弗里施想必会心情激动，勇气倍增。于是，他立即在研究所里用电离室研究中子轰击铀时产生的碎片，发现了碎片产生的很强的信号，从而以物理实验证实了铀的分裂。他从一位在哥本哈根访问的美国生物学家那里借来了细菌分裂时的“裂变”一词，以描述原子核的分裂。通过长途电话与迈特纳讨论了几次后，弗里施将这一发现写成论文，寄给英国的《自然》杂志。1939年2月11日，论文正式在《自然》杂志上发表。

当这个消息传到美国华盛顿时，乔治·华盛顿大学与卡耐基研究院正联合召开一个物理学会会议。会议结束之前，几所美国大学的科学家们对铀原子核进行连续4昼夜的分裂实验，都得到了肯定的结果，并将其发表在2月15日的《物理评论》杂志。

当年卢瑟福用 α 粒子不仅打破了氮原子，而且也打破了许多人对世界的认识，这不免又燃起了几百年来人们已经遗忘了的对世界末日的恐惧。新型的核反应能够放出惊人的巨大能量，这个现象引起科学界的巨大震惊。有的人欢欣鼓舞，认为这是开辟了世界能源的新领域；有的人则极为恐惧不安，害怕这一科研成果会被战争狂人用来屠杀人类，制造灾难性的武器。哈恩本人也感到不安，大声疾呼：“这是违背上帝的意志的。”但是，当时的这类发现与日常生活很少有关系。根据物理学家复杂的研究结果而形成了对世界“真实本质”的一些概念，按照一般人的想法，这完全是科学家们个人的事情，甚至连科学家们自己都没有指望能从他们的发现中得到什么实际结果。例如，卢瑟福就曾断言，人类在任何时候都将不能利用蕴藏在原子中的能量。这种错误的见解，卢瑟福直到死还固执地坚持着。

铀核裂变能够释放出巨大的能量，并且同时放出2~3个中子，这就表明原子核有可能发生裂变链式反应。1939年9月初，玻尔和他的合作者惠勒从理论上阐述了原子核裂变反应过程，并指出能引起这一反应的最适宜的核素就是铀-235，这就找到了人类打开原子弹奥秘的“金钥匙”。

从此，人类正式进入了核时代。