



И. В. 库尔恰托夫是前苏联著名的物理学家,苏联原子核科学和原子核技术工作最早的组织者和领导者。1943年起为苏联科学院院士。1903年1月12日生于车里雅宾斯克州锡姆村。1920年进入克里米亚大学学习。1923年大学毕业。1925年在列宁格勒物理技术研究所工作。从1930年起任该所实验室主任。1943年,他创建苏联科学院第二实验室。1955年,该实验室被改建成规模宏大的科研中心—原子能研究所。他在去世前一直担任该所所长。1960年该所称库尔恰托夫原子能研究所。他于1960年2月7日去世。

库尔恰托夫一生中主要在电介质物理学、半导体物理学、原子核物理学、中子物理学、重核裂变和受控热核反应诸领域从事科研活动,获得了许多重大的科学成果。

#### 在电介质物理学方面的研究

1925年,库尔恰托夫开始从事电介质物理学方面的研究。1926年研究固体的电解和慢电子通过金属箔等问题。1927年研究岩盐晶体中离子迁移率、固体电介质中高电压极化作用和电介质绝缘强度等问题。1928至1929年研究固体的离子导电性和混合导电性、固体电介质的击穿机制、若干盐的单极导电性、击穿和整流机制等问题。

1929年底,他和 П. П. 科别科合作研究酒石酸钾钠极高电容率的现象。1930年他研究酒石酸钾钠的电介质性质和电学性质,发现并研究了该晶体的自发定向作用。他指出:该晶体由自发带电区域所组成;每个区

子而产生一种均匀的、完美无缺的等离子体,形成一个高品质的等离子波。如果要在差拍波加速器和痕迹场加速器中产生一个几米长的等离子波,那么它是十分需要的。

奎巴克大学的马丁小组进行了一个非常像乔希做的实验。这个实验有两个等离子体,一个提供被加速的电子脉冲,另一个用差拍波方法进一步使电子脉冲加速。在开始时,类似于乔希第一个实验过程,使电子加速后的能量大于0.5百万电子伏特。然后,一束激光使一固体靶点火,产生一种高电子密度和高温的等离子体。分离出来的大能量的电子被注入第二台等离子体,电

子以很快的速度在其中运动,被差拍波进一步加速。当研究小组分析来自差拍波区域的电子时,他们记录下电子能量高达2MeV。因为差拍波区域的长度仅仅只有1.5毫米,所以等离子体中应存在一个场强约为每厘米1千万伏特的加速电场。

#### 七

除了为加速粒子设计新工具的原始目的以外,在其他一些领域也看到了此项研究的希望。例如,脉冲星被认为是其中产生了一种强烈的等离子波,在相当短的距离中使粒子加速,得到巨大的能量。

进一步研究差拍波加速器可以

域含有相同方向的电偶极子;整块晶体呈电中性,这是邻近区域带电方向相互交替排列的结果。当加上外电场以后会使弱场区域改变方向,整块晶体就产生大的电矩。1931年他采用短电脉冲作用的方法研究酒石酸钾钠的介电常数,发现:当优质晶体相互良好接触时,它们弱场的微分介电常数可达190,000单位的数值。1932年他做了大量实验研究酒石酸钾钠同晶混合物和酒石酸铵盐的物理性质;研究过酒石酸钾钠内产生的效应跟其结晶方向的关系和长时间的电场作用对晶体效应的影响。他详细地研究过酒石酸钾钠的自发极化机制,发现:厚度比较大的酒石酸钾钠晶体极化率比较高。阐明了该晶体极化率(单极性)非对称性的起因。他分析了大量实验资料后得出结论:酒石酸钾钠电体中的内场 $E = E_0 + \gamma P$ ,式中系数 $\gamma$ 近似等于 $4/3\pi$ 。他测定了酒石酸钾钠电体的居里点,发现了它的下居里点,研究了它在居里点范围内的性质和高于居里点的行为。他还发现:在酒石酸钾钠电体自发定向区域之外的电场力跟经典的德拜公式和赫尔维格-德拜公式相同。他对纯酒石酸钾钠转化为固溶体和具有铁电体性质的复杂化合

导致新的X射线和 $\gamma$ 射线源的产生。由差拍波加速的电子引入到钨箔上,从而产生X射线。电子也可以注入到一个垂直于电场方向的等离子波中,这些电子在垂直于运动方向上被加速,使它们辐射X射线和 $\gamma$ 射线。

等离子波技术也将为研究电场与等离子体的相互作用提供新的机会。等离子波可以产生特别强大的电场,类似的技术可以产生同样强大的磁场。正象许多领域中的科学研究一样,研究等离子体加速粒子,其最重要的成果可能是完全出乎意料的。

(根据 J. M. 道森原作编译)

## 发现并研究核的同质异能现象

物进行过研究。他的一系列研究为开拓新的科学领域、建立酒石酸钒钠电体的理论奠定了基础。根据他的实验及理论研究,1944年苏联物理学家Б.М. 乌耳及其助手古利德曼发现了一种新型的酒石酸钒钠电体——钒酸钒,它具有极高的铁电性质,从而为现代技术广泛使用新型电介质的研制工作奠定了基础。1954年另一位苏联物理学家Г. А. 斯摩梭斯基又发现了一系列新型的铁电晶体,其中包括同时具有电学和磁学有序的铁磁铁电体,具有模糊相变的铁电体,进一步扩大了铁电体领域。

### 在半导体物理学方面的研究

1931至1932年,库尔恰托夫对半导体物理学进行了研究。他和К. Д. 西涅利尼科夫合作研究具有阻挡层的光电管,精细地确定了这种光电管跟内光电效应的关系。他对半导体金刚砂的电阻进行了测定。发现:金刚砂的实际电阻率比较小,其数值为0.5欧姆。在实验中测得的金刚砂电阻比较高,这实际上是样品颗粒的接触电阻。他应用电子通过阻挡层隧道效应的理论,对自己所获得的实验结果作了圆满的解释。他还研究过金刚砂安全装置中的非线性电流。

### 建造产生快速粒子的装置

从1932年开始,库尔恰托夫的科研工作转向原子核物理学方面。1933年他和助手在列宁格勒物理技术研究所建造了高电压装置,以及能够将质子束加速到350千电子伏特能量的加速管。后来他参加了乌克兰物理技术研究所高电压装置的设计和建造。1939年,在他的领导下,列宁格勒镭研究所建造了苏联第一座回旋加速器。卫国战争期间,他参加了列宁格勒物理技术研究所回旋加速器的建造。这座加速器是当时欧洲功率最大的回旋加速器。当时他研究出一种新的方法,使回旋加速器处于最佳的工作状态,产生了很强的中子流。

1934年底,库尔恰托夫在列宁格勒物理技术研究所开始进行人工放射性的研究。1935年4月,他和Л.В. 梅索夫斯基、Л.И. 鲁西诺夫以及Б.В. 库尔恰托夫一起公布了他们研究溴的人工放射性的结果。库尔恰托夫等把从溴乙烷中分离出的溴经慢中子照射后,发现有三个半衰期的 $\beta$ 放射性同位素。这三个半衰期是:18分钟,4.2小时(这两者在此之前已被费米发现),和新的半衰期:36小时。当时人们已经知道溴只有两个质量数为79和81的稳定同位素。为了解释溴存在第三种放射性同位素,库尔恰托夫当时作了三种推测:1.这是溴的放射性类型之一,在 $(n, 2n)$ 反应中产生;2.第三个半衰期属于溴的第三种稳定同位素,但在研究质谱图时未被人们发现;3.溴的两种放射性同位素之一,具有同质异能态。对此他和助手们作了大量实验研究。1936年3月,他根据获得的实验资料分析时指出:利用中子照射元素,当其原子核俘获中子时能够产生放射性同位素;但未被俘获的飞行中子与从原子核飞出的一个中子相碰撞,即在 $(n, 2n)$ 反应中产生放射性同位素没有得到实验证实。故第一种推测很快就被抛弃。其学生Л.И. 鲁西诺夫利用不同能量的中子进行实验研究时发现:溴在小能量中子照射下,产生了全部三种 $\beta$ 放射性同位素。这种情况说明利用中子与同位素相结合来产生溴的第三种稳定同位素的推测极不可靠,故第二种推测也很快被推翻。1936年库尔恰托夫断定存在一种新的现象:人工放射性核的同质异能性。并假设存在同质异能素核。他指出这是电荷数和质量数均相同的核;它在质谱图上很难辨识,但结构不同。同年12月,魏茨泽克假设:同质异能性核具有处于不同能量状态(基态和激发态)的特点,原子核同质异能性跟亚稳态有关;当激发能不大、且激发态和基态角矩相差不大时,核的 $\gamma$ 跃迁被有力地遏制;核的同质异能态为亚稳激发态。为了证实魏茨泽克的“同质异能性核产生 $\gamma$ 跃迁”的假设,库尔恰托夫及其助手采用了光致反应和化学的方法,证实具有同质异能态的同位素是 $Br^{80}$ ;但在实验中没有发现 $Br^{80}$ 在同质异能转变时产生 $\gamma$ 辐射的现象。1938年,库尔恰托夫在进一步研究溴的放射性实验中,发现了极为重要的半衰期为4.2小时的软电子辐射;这种辐射是由“内转换”的过程决定的;而在此过程中,溴的软、硬电子两种成分的辐射强度大致相等;同质异能态的放电是电子转换的基本途径。他的关于“溴的软电子辐射是内转换的实质”的崭新思想,后来由他在实验中采用测量电子能谱及研究伦琴射线的方法得到了证实。他的关于溴的软电子辐射的实验证实了“核的亚稳态是核同质异能性的基础”的假设。

库尔恰托夫关于原子核同质异能现象的发现和研究,曾被物理学界一致公认为重大的科学功绩。他和助手在研究核的同质异能素过程中所获得原子核基态与激发态的实验资料,以及有关电磁转化的实验资料,是建立现代原子核结构模型的重要基础之一。他们所研究的原子核同质异能性的实验方法,也是现代获得原子核最低激发状态资料的主要方法之一。

### 在中子物理学方面的研究

从1934年起,库尔恰托夫开始在中子物理学方面进行研究。他将装有氢和铍的细颈玻璃管作为中子源的主要工具。列宁格勒镭研究所为他提供氘、铍源。1935年他跟Л. А. 阿尔齐莫维奇等合作首先清楚地证实了质子俘获中子,并且获得了俘获截面的第一个数值。这项工作对于研究氘核结构的理论有着极其重要的科学意义。他做了大量的实验,研究中子在各种不同介质中的散射和吸收的问题。他曾预言:强烈吸收中子的物质,应是慢中子强烈的散射体。他还跟Л. А. 阿尔齐莫维奇等合作利用银研

究了热中子的散射。他发现：慢中子的有效散射截面至少是俘获截面的  $1/20$ 。他测定了慢中子在不同元素中的吸收系数，发现了中子选择性吸收的现象。他还进行了由快中子和慢中子所引起时，的核反应的实验研究，其中有锂、硼、金、钷、钷和铪的原子核跟中子的反应。他在中子物理学方面的一系列研究，对建立核反应和核动力结构的理论起了极为重要的作用。

### 在重核裂变方面的研究

从 1939 年起，库尔恰托夫开始进行重核裂变方面的研究。他在列宁格勒物理技术研究所首先研究了在快中子内产生链式反应的可能性。研究了不同原子核的非弹性散射截面，并对  $U^{238}$  的非弹性散射截面作了估算。1940 年他拟定了实现链式反应的规划，其中有利用重氢、氦、碳和氧测定慢中子的俘获截面。1940 年 11 月他阐明了在铀和重水混合物中进行链式反应。铀 238 裂变所产生的中子的作用，以及在铀和重水混合物中实现链式反应的条件。次年，他得出“在慢中子中能够进行链式反应”的结论，并估算了铀和减速剂所组成系统的临界质量。1943 年他在莫斯科北郊创建苏联科学院第二实验室。他在这里开展了大规模的原子能研究，特别是实现链式核反应方面的研究。同年他领导掌握核能的研究工作。当时他提出要在测定铀和减速剂的原子核常数，建立铀和减速剂的栅格反应堆，建立宏观的实验理论三个方面同时开展工作。他认为在技术上最有希望解决的是建立铀-石墨增殖系统。在他的直接领导下，铀-石墨栅格的指数律实验，以及获得大量高纯度铀和石墨的实验昼夜不停地进行着。1943 年他和助手完成了具有纯减速剂的指数律实验；测定了中子的慢化长度和扩散长度等重要数据；还测定了裂变过程中再生中子的数目，裂变截面及其随能量的变化规律。同时，他还

研究和发展了无限栅格增殖系数的理论和有限尺寸非均匀反应堆(其核燃料作成块状，并以有规则的栅格状分布在慢化剂中，从而核燃料对中子成非均匀介质)的理论。经过几年奋斗，他们于 1946 年 12 月 26 日建成了苏联和欧洲第一座铀-石墨反应堆(可以积累钷)。后来他还直接参加了更大功率原子核反应堆的设计和建造。在他的领导下，前苏联在原子技术和原子工业领域取得了巨大成就。1949 年 9 月 22 日，苏联爆炸了第一颗原子弹(用钷 239 作为核装料的钷弹)；1953 年 8 月 12 日在北极圈内弗兰格尔岛上成功地进行了用飞机运载的氢弹爆炸；1954 年在奥布宁斯克市建成了世界上第一座功率为 5000kW 的原子能发电站，并于同年 6 月 27 日开始发电。

### 在受控热核反应方面的研究

在库尔恰托夫的领导下，苏联在 50 年代初开始进行受控热核反应方面的研究。为了获得和研究高温等离子体，苏联科学院原子能研究所在短期内建成了一座最重大的装置之一——“奥格拉”装置。在此装置上他研究了等离子体的特性。当时最重要的问题是质子在磁俘获器中的寿命问题。1959 年初他研究了磁性离子在磁俘获器内轨迹漂移方位的条件。同年测定了分子离子在到达磁性管道壁消失之前的自由程长度  $l$ ；并且采用多种方法测得  $l$  的数值大致相同。他在质子能量为 50 千电子伏的条件下，测定了质子在氩和氦中电荷交换截面的数值。他研究出质子通过磁俘获器“塞子”时或者到达云室壁产生附加损失的三种原因：首先，奥格拉装置的实验条件离开绝热磁俘获器理论所要求的绝热条件相差太远。他发现：在磁俘获器内通过一定时间的离子不仅会在电荷交换过程中消失，且在通过磁俘获器“塞子”时也会消失。当时由 A.H. 季霍诺夫所领导的研究小组，借助于电子计算机进行了计算，证实在非绝热性的实验条件下会产生这种附加损失。他们还利用奥格拉的电子模型也证实了这点。其次，分子离子通过磁性管道时受到了磁俘获器的磁扰(磁场发生迅猛变化且出现得非常突然)。这一点，他的助手曾在另一台称为“奥格伦卡”的装置(奥格拉装置的雏型)上进行了研究。他们定量地测定了磁扰达到何种程度时，才能观测到这种附加损失的现象。第三，当时他们对等离子体的特性还不清楚。库尔恰托夫为此曾进行了实验研究。他将能量为 200 千电子伏的快速氢分子离子注入奥格拉装置，对磁俘获器内均匀等离子体的结构进行了研究。

库尔恰托夫一生发表论文 80 多篇；出版的著作有：《酒石酸钾钠晶体》(1933 年)；《电子现象》(与他人合作)(1935)；《物理学教程·分子物理学》(与他人合作)(1935)；《原子核的碎裂》(1935)；《在苏联发展原子能的若干问题》(1956)；《在气体放电中产生热核反应的可能性》(1956)；《在科学和技术中的核辐射》(1958)和《库尔恰托夫著作选集》(共 3 卷，1982)。他于 1957 年荣获列宁奖金，三次荣获苏联社会主义劳动英雄称号，四次荣获国家奖金。

### ● 简讯 ●

#### 华东师大连续三年订阅

#### 《现代物理知识》杂志

华东师大物理系选择《现代物理知识》杂志作为教学参考书。连续三年集体订阅，做到人手一册。他们表示为办好《现代物理知识》杂志多出力。