



学生应知学科知识

近代物理知识

董源 主编

# 目 录

微型“太阳系” .....	1
电子的发现 .....	5
质子的发现 .....	8
中子的发现 .....	10
介子理论 .....	11
“窃能贼”中微子 .....	13
黑体辐射 .....	18
光电效应 .....	23
普朗克的突破 .....	27
德布罗意的联想 .....	32
爱因斯坦的发展 .....	41
卢瑟福模型 .....	59
玻尔模型 .....	65
矩阵力学 .....	78
波动力学 .....	82
测不准原理 .....	85
爱因斯坦与玻尔之争 .....	92
阿基米德定律 .....	101
万有引力定律 .....	103
弹性碰撞问题 .....	118
当这两个物体开始相向运动时 .....	119
动量守恒定律 .....	125
机械能守恒定律 .....	132
力学的应用 .....	139
现代火箭 .....	143

## 微型“太阳系”

在汤姆逊发现电子的前一年，物理学上还有一个重大的发现，那就是法国物理学家贝克勒尔和比埃尔·居里、居里夫人发现了元素的天然放射性现象。

首先是伦琴发现了 X 射线，证明阴极射线照射玻璃管壁的时候，不仅产生了绿色的荧光，而且会产生一种穿透力很强的 X 射线，X 射线使很多科学家发生兴趣，除汤姆逊之外，贝克勒尔也是其中之一。他很想知道，X 射线同荧光究竟有什么关系。比如，荧光物质在受到太阳光照射发出荧光的同时，是否也会放出 X 射线呢？

贝克勒尔弄来了很多荧光物质，他选择了含铀矿石。试验方法也很简单：含铀矿石下面放一张用黑纸严密包着的照相底片，含铀矿石经太阳光照射后发出荧光，如果底片“安然无恙”，那就表明没有 X 射线放出；如果底片感光了，那就说明经太阳光照射的含铀矿石也能发出 X 射线。

1896 年春天贝克勒尔开始试验。事情不巧，那几天天气不好，总是阴雨，不见阳光，他只好把准备好的含铀矿石和黑纸包着的底片一起放到抽屉里。

几天之后，雨过天晴，贝克勒尔在正式进行试验之前，决定先把几张底片拿出冲洗，看看是否漏光失效。冲洗的结果使他大吃一惊，底片居然感光了，而且感光部分的形状正好同含铀矿石的形状完全一致。黑纸没有漏光，含铀矿石也没有受到阳光照射，那么，是谁使底片感光的呢？

经过多次反复实验，证明使底片感光的是含铀矿石中的铀元素放出来的一种看不见的射线，这种射线的穿透力比 X 射线还强，而且不管外界条件如何改变，它总是不断地放出这种射线。

就这样，贝克勒尔虽然没有完成他预想的试验，但却意外地取得了一项有助于其他科学家更接近于了解原子究竟是什么的发现。人们把物质的这种自发地放出射线的现象叫做放射性现象，而铀就是人类找到的第一种放射性物质。

这项发现引起了另外两位法国青年物理学家比埃尔·居里和居里夫人的注意。他们深入地研究了铀的放射性现象，发现含钍的化合物也有放射性。

在提炼纯铀的过程中，他们又发现作为原料的沥青铀矿的放射性比铀和钍强得多。这说明，铀矿石中除了含有放射性铀之外，一定还含有其他放射性比铀、钍更强的元素。

经过两年的努力，一种放射性比铀强 400 倍的新元素找到了，取名叫做钋。以后又经过 4 年的艰辛劳动，从 30 多吨铀矿石中，提炼到了 0.1 克另一种新元素——镭的化合物，镭的放射性比铀强几百万倍！放射性的发现告诉我们原子是可以分割的，且有自己的内部结构。

从放射性元素放射出来的射线究竟是什么呢？它们看不见、摸不着，不断地放射，似乎永不停息。

出生在新西兰的英国物理学家卢瑟福解开了这个谜。他让放射性元素发出的射线通过很强的磁场，结果分成了三部分，原来它是由三种射线组成的。

第一种射线根本不受磁场的影响，笔直向前，说明它不是带电的粒子，而是一种像光一样的能量波，卢瑟

福把它叫做  $\gamma$  射线， $\gamma$  射线的穿透力很强。

第二种射线会在磁场中偏转，偏转得比较厉害，偏转的方向与阴极射线相同，说明它是由带负电的粒子组成的。进一步的研究证明，这种射线就是同阴极射线一样的速度很高的电子流，卢瑟福把它叫做  $\beta$  射线。 $\beta$  射线的穿透能力比较强，能穿透大约半毫米厚的铝片。

第三种射线也会在磁场的影响下偏转，但偏转的程度不如  $\beta$  射线大，偏转的方向与  $\beta$  射线正好相反，这说明它是一种带正电的粒子流，卢瑟福称它为  $\alpha$  射线。 $\alpha$  射线的穿透能力最小。一张纸片就可以把它挡住，1/50 毫米的铝片它也穿不过去。

卢瑟福对  $\alpha$  射线特别感兴趣。通过深入研究，他发现  $\alpha$  射线是带有两个正电荷的粒子流，粒子的质量几乎等于氦原子的质量，很可能就是氦原子的正离子，即失去了两个电子的氦原子。

原子不像人们原先所想象的那么简单，它不仅是可以分割的，而且内部结构一定挺复杂。

卢瑟福的老师汤姆逊第一个发现了电子。原子里含有电子，那么原子的其他部分又是什么呢？

汤姆逊根据自己的实践经验，又借鉴了别人的研究成果，认定一个原子不可能仅仅由电子组成，因为不然的话，这些电子会“同性相斥”而全部散射开来，宇宙间也就除了看不见的电子之外什么也不存在了。

我们平时看到的物质原子全都是中性的，不带电。那么，原子的其他部分必然带有正电，以便与电子所带的负电相平衡。原子中每个电子所带的每个负电荷，必然在原子的其他部分中存在着一个与之相对应的正电荷。

那么这些正电荷又在原子的哪个部分呢？它们在原子中是怎样分布的呢？

1904年，汤姆逊根据元素化学性质的周期性，反复推敲出了一个“葡萄干蛋糕式”的原子模型。他认为，原子中带正电的部分是均匀地分布在原子球体之中的，而带负电的电子则在这个球体之中运动，就像一块蛋糕里夹着一些葡萄干一样。这个设想非常简单，但是设想是不是事实，还需要通过实践来检验。这项使命后来落到了汤姆逊的学生卢瑟福身上。

原子本身已微不可见，它的内部结构当然更加难以把握。卢瑟福和他的助手首先发明了一种“计数管”，可以数出通过 $\alpha$ 粒子的数目； $\alpha$ 粒子打到硫化锌荧光屏上，还会闪现一下亮光。

根据汤姆逊的原子模型， $\alpha$ 粒子通过“葡萄干蛋糕式”的原子时只能产生很小的偏转，因为在 $\alpha$ 粒子进入原子之前，中性的原子不会对它起作用；进入原子后，电子的质量只有 $\alpha$ 粒子的 $1/7000$ ， $\alpha$ 粒子同电子相撞，犹如一个大铁球同一个小玻璃球相撞一样，影响甚微。至于正电荷，由于它们均匀分布在原子中，力量分散，对 $\alpha$ 粒子的偏转也不会产生多大的影响。

卢瑟福开始是相信汤姆逊模型的，他想用实验来加以证实。实验装置很简单：用 $\alpha$ 粒子作“炮弹”，一片极薄的金属箔片作靶子，靶子后面是用来记录打靶结果的荧光屏。如果原子的内部结构真像汤姆逊所说的那样，那么， $\alpha$ 粒子就能几乎不受任何阻碍，轻而易举地穿透金属箔片打到荧光屏上。

但是实验结果使卢瑟福大吃一惊：极少数的 $\alpha$ 粒子撞击金属箔片后的运动方向竟然发生了很大的偏转，有

的甚至干脆被弹射回来。

经过多次观察，卢瑟福得出结论：平均每发射 8000 个  $\alpha$  粒子，就有一个发生大角度的偏转或弹回。他把这种现象叫做  $\alpha$  粒子的散射现象。

事实终于迫使卢瑟福来反对自己的老师了。事实证明，个别  $\alpha$  粒子的大角度偏转或弹回，用汤姆逊模型是无论如何也解释不了的；原子不仅不是非常密实的球体，而且它内部的绝大部分空间是空着的。可以估算出来，原子中带正电的物质只有集中在一个极小极小的核心里， $\alpha$  粒子只有同这个距离它 1/10000 亿厘米、质量比它大许多倍的正电荷核心相遇时，才会发生那么强大的斥力，把  $\alpha$  粒子弹向一边。

于是，卢瑟福提出了一个原子结构的模型。这个模型就像一个微型的“太阳系”：“太阳”位于原子的中心，被叫做原子核；电子则像“行星”一样，绕着原子核急速旋转。不同的是在这个微型的“太阳系”里，“太阳”和“行星”都是带电的，“行星”都是一样的大小，支配着“微型太阳系”一切的是强大的电磁力而不是万有引力。

卢瑟福的原子有核结构模型得到了一系列实验的证实，终于成为原子结构的基本观点。

## 电子的发现

电子是人们最早发现的带有单位负电荷的一种基本粒子。英国物理学家汤姆逊是第一个用实验证明电子存在的人，时间是 1897 年。

汤姆逊是一位很有成就的物理学家,他 28 岁就成了英国皇家学会会员,并且担任了有名的卡文迪许实验室主任。

X 射线的发现,特别是它可以穿透生物组织而显示其骨骼影像的能力,给予英国卡文迪许实验室的研究人员以极大激励。汤姆逊倾向于克鲁克斯的观点,认为它是一种带电的原子。

导致 X 射线产生的阴极射线究竟是什么?德国和英国物理学家之间出现了激烈的争论。德国物理学家赫兹于 1892 年宣称阴极射线不可能是粒子,而只能是一种以太波。所有德国物理学家也附和这个观点,但以克鲁克斯为代表的英国物理学家却坚持认为阴极射线是一种带电的粒子流,思路极为敏捷的汤姆逊立即投身到这场事关阴极射线性质的争论之中。

1895 年,法国年轻的物理学家佩兰在他的博士论文中,谈到了测定阴极射线电量的实验。他使阴极射线经过一个小孔进入阴极内的空间,并打到收集电荷的法拉第筒上,静电计显示出带负电;当将阴极射线管放到磁极之间时,阴极射线则发生偏转而不能进入小孔,集电器上的电性立即消失,从而证明电荷正是由阴极射线携带的。佩兰通过他的实验结果明确表示支持阴极射线是带负电的粒子流这一观点,但当时他认为这种粒子是气体离子。对此,坚持阴极射线是以太波的德国物理学家立即反驳,认为即使从阴极射线发出了带负电的粒子,但它同阴极射线路径一致的证据并不充分,所以静电计所显示的电荷不一定是阴极射线传入的。

对于佩兰的实验,汤姆逊也认为给以太说留下了空子,为此,他专门设计了一个巧妙的实验装置,重做佩

兰实验。他将两个有隙缝的同轴圆筒置于一个与放电管连接的玻璃泡中；从阴极 A 出来的阴极射线通过管颈金属塞的隙缝进入该泡；金属塞与阴极 B 连接。这样，阴极射线除非被磁体偏转，不会落到圆筒上。外圆筒接地，内圆筒连接验电器。当阴极射线不落在隙缝时，送至验电器的电荷就是很小的；当阴极射线被磁场偏转落在隙缝时，则有大量的电荷送至验电器。电荷的数量令人惊奇：有时在一秒钟内通过隙缝的负电荷，足能将 1.5 微法电容的电势改变 20 伏特。如果阴极射线被磁场偏转很多，以至超出圆筒的隙缝，则进入圆筒的电荷又将它的数值降到仅有射中目标时的很小一部分。所以，这个实验表明，不管怎样用磁场去扭曲和偏转阴极射线，带负电的粒子又是与阴极射线有着密不可分的联系的。这个实验证明了阴极射线和带负电的粒子在磁场作用下遵循同样路径，由此证实了阴极射线是由带负电荷的粒子组成的，从而结束了这场争论，也为电子的发现奠定了基础。

如何成功地使阴极射线在电场作用下发生偏转？早在 1893 年，赫兹曾做过这种尝试，但失败了。汤姆逊认为，赫兹的失败，主要在于真空度不够高，引起残余气体的电离，静电场建立不起来所致。于是汤姆逊采用阴极射线管装置，通过提高放电管的真空度而取得了成功。通过这个实验和提高放电管真空度，汤姆逊不仅使阴极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，由此进一步证实了阴极射线是带负电的粒子流的结论。

这种带负电的粒子究竟是原子、分子，还是更小的物质微粒呢？这个问题引起了汤姆逊的深思。为了搞清

这一点，他运用实验去测出阴极射线粒子的电荷与质量的比值，也就是荷质比，从而找到了问题的答案。

汤姆逊发现，无论改变放电管中气体的成分，还是改变阴极材料，阴极射线粒子的荷质比都不变。这表明来自各种不同物质的阴极射线粒子都是一样的，因此这种粒子必定是“建造一切化学元素的物质”，汤姆逊当时把它叫做“微粒”，后来改称“电子”。

至此可以说汤姆逊已发现了一种比原子小的粒子，但是这种粒子的荷质比  $10^7$  约是氢离子荷质比  $10^4$  的 1000 倍。这里有两种可能，可能电荷  $e$  很大，也可能质量  $m$  很小。要想确证这个结论，必须寻找更直接的证据。

1898 年，汤姆逊安排他的研究生汤森德和威尔逊进行测量  $e$  值的实验，随即他自己也亲自参与了这项工作。他们运用云雾法测定阴极射线粒子的电荷同电解中氢离子所带的电荷是同一数量级，从而直接证明了阴极射线粒子的质量只是氢离子的 1%。

## 质子的发现

19 世纪末、20 世纪初，贝克勒尔和居里夫妇发现了放射性现象。卢瑟福仔细研究了射线，证明那是由  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  三种射线组成的。 $\beta$  射线是如同阴极射线的高速电子流， $\gamma$  射线是类似 X 射线的电磁辐射，那么  $\alpha$  射线呢？

通过艰难的探索，卢瑟福证明  $\alpha$  射线是由带正电的粒子组成的，每个  $\alpha$  粒子上的电荷是一个电子的两倍，质量是电子的 7300 倍。接着他又设法让  $\alpha$  粒子吸收电

子，抵消正电荷，结果是一一他得到了氢。

从放射性元素里居然产生了氢元素，这就证明了他和索迪早在 1902 年就提出的理论：放射性是某些元素的原子自然裂变的表现，裂变的结果是使这种元素变成了另一种元素。

1911 年，卢瑟福通过用  $\alpha$  粒子轰击金箔的实验，证明原子中有带正电的原子核存在， $\alpha$  粒子其实就是氢原子的原子核。原子核实在太小了，直径只有  $10^{-13} \sim 10^{-12}$  厘米，不及原子直径的 0.1%。

后来，卢瑟福又用  $\alpha$  粒子去轰击氮原子核，结果得到了氧核和氢核。

人们知道最轻的元素是氢元素，最简单的原子是氢原子。氢原子只有一个电子，绕着只带一个正电荷的原子核旋转。有那么多原子核，它们带的正电荷都是氢原子核电荷的整数倍，质量也差不多是氢原子核质量的整数倍。这样看来，各种各样的原子核不都可以看成是由氢原子核组成的吗？

于是，带一个正电荷的氢原子核就被叫做质子，正因为质子很重要，是构成一切原子核的基本材料，所以科学家们用质子——希腊文中“第一”的意思来命名。

质子带正电的电量与电子所带负电的电量相等，都是一个电荷单位，但它的质量比电子大得多，是电子的 1836 倍。

卢瑟福 1919 年的实验，可以说是人类第一次用人工的方法从原子核中击出了质子。

## 中子的发现

1932年，英国物理学家查德威克宣布发现了一个全新的粒子——中子，这个发现标志着探索原子核的实验工作和核结构的理论研究进入一个新的阶段。

在查德威克发现中子之前，虽然已有迹象表明，存在着一种电子性的粒子，可是当时谁都没有能抛弃常规的旧观念而向前迈进一步。如卢瑟福在用 $\alpha$ 粒子轰击氮的研究过程中，就认为存在着一种电中性粒子，这种粒子不能被束缚在任何容器之中，他想象这种粒子大概是由当时已知的质子和电子结合而成，因为质子带正电荷，电子带负电荷，两者结合就变为电中性。

此后，玻特和贝克发现用 $\alpha$ 粒子轰击铍原子时会产生一种穿透力极强的射线。约里奥·居里夫妇对这种射线进行研究，他们用石蜡把铍板和测量仪器隔开，结果发现当有石蜡插在中间时仪器记录到的效应比中间没有石蜡时要显著得多，也就是观察到石蜡中放射出一种强质子流的放射现象难以解释。

这时查德威克也一直在进行铍辐射的研究，他敏锐地觉察到铍辐射决不是 $\gamma$ 辐射，很可能就是卢瑟福早先预言的，也是他多年寻找的中子辐射。于是对这种射线进行更细致的研究，并使用了各种记录快速粒子的方法，结果在1932年取得令人信服的证据。证明这种中性粒子确实存在，而且其质量与质子的质量相等，这种粒子并不是卢瑟福所假设的那种质子和电子的复合粒子，而是一种全新的粒子。除了不带电荷外，其基本性质与卢瑟

福提出的质子几乎一样，查德威克便把这种粒子命名为中子。

中子发现后不久，伊凡宁柯和海森伯都提出了原子核是由质子和中子构成的假说，这个假说成功地解释了核的角动量及其统计性质，说明了同位素的存在，并且使人们对原子核的结构有了新的认识。

## 介子理论

介子是在探索核力性质时提出的。

由于原子核一般很稳定，这表明核子，即质子和中子之间结合得很紧。但中子不带电，而质子又互相排斥，这种结合力究竟从何而来？而且，这种力只存在于核内，在核外部无作用。为了解释核力的这种特殊性质，日本物理学家汤川秀树提出一种大胆设想：如果利用各种已知的粒子都不能解释核力的话，那么这里面很可能就隐居着新的粒子。于是他模仿电磁作用力的传递机制，对核力的来源提出一个理论——介子理论。

汤川幼时没有任何可能成为物理学家的迹象，他对文学深感兴趣，是什么因素使汤川弃文转向物理学呢？他在晚年回忆说，当他还在中学时，使他走上研究物理学道路的一个重要因素，是人们在日本人中间找到了一位伟大的物理学家——长冈半太郎。汤川把长冈视为楷模。

长冈在决定从事物理学研究之前也犹豫过，他也怀疑过东方人在研究自然科学方面的能力。但当他了解到东方人特别是中国人在过去对科学的贡献曾远远领先于

欧洲之后，便毅然决定做一名职业物理学家。长冈曾说：“我如果不能进入先进的研究者行列，并对某一个学术领域做出贡献，那么生而为人就毫无意义。”长冈后来成为磁学、光谱学和原子物理学的一位著名科学家。所有这些，都促使汤川下决心为物理学献身。

汤川是在日本接受全部教育的，而且大部分是在京都读书。在一定程度上，他又是自学成才的。因为当时在日本没有专门研究量子力学的人，以至连懂得这个理论而能够开这门课的人也没有。于是他和他的同学朝永振一郎一起学习量子力学，一部分是从原始论文上学，一部分则是从书本上学。相互帮助，共同切磋。

针对核力的解释，汤川探讨了与核力场有关的量子特征。他认为，作为核力及 $\beta$ 衰变的媒介存在的新粒子具有有限的静止质量，而他作出这个推理时，所用的理论只不过略超出一点测不准原理和相对论。他估计，该粒子的静止质量大约是电子质量的200倍。把这种粒子称为介子正是表示其质量介于质子与电子之间。

介子理论起初并没有引起很大轰动，因为那时还没有人看到与汤川的假设相类似的粒子。然而1936年，美国的安德森和尼德迈耶尔在研究宇宙线中发现了一种质量为电子207倍的带电粒子，称为 $\mu$ 介子，于是汤川的介子理论开始受到人们的重视。

可是，当初在宇宙线中发现的这种介子平均寿命很长，比汤川理论所预言的要大许多倍。为解决这一困难，日本的谷川、坂田和井上及美国的贝特和马沙克，各自独立地提出了一个假设，即观察到的 $\mu$ 介子是汤川介子的衰变产物，而尚没有人观察到汤川介子。直至1947年，美国的鲍威尔等人在宇宙线中发现了另一种粒子，

认定是汤川所预言的介子，被命名为  $\pi$  介子。

从 40 年代末到 50 年代末，人们又陆续发现了一些新的基本粒子。这些新粒子都有一种奇特的性质，就是它们都产生得快，衰变得慢。这表明它们在产生过程中起作用的是类似核力的强相互作用，而在衰变过程中却受支配于  $\beta$  衰变时出现的那种弱相互作用，两者相差  $10^{13}$  倍。这种情况颇令人费解，因此人们把这些新粒子统称为奇异粒子。其中有 1947 年发现的比  $\pi$  介子重的  $K^{\pi}$  子，比质子、中子重的兰姆达超子和西格马超子；1954 年发现的克西超子。

尤为值得一提的是，1959 年我国著名物理学家王淦昌在前苏联杜布纳联合原子核研究所，利用 10GeV 的质子同步稳相加速器和他们自己制造的 24L 丙烷气泡室，从 4 万张照片中发现了反西格马负超子，从而引起物理学界新的轰动。

### “窃能贼”中微子

$\beta$  衰变是指原子核自发地放射出  $\beta$  粒子或俘获一个轨道电子而发生的转变。在研究  $\beta$  衰变的初期，人们在实验上遇到一个难以理解的事实，那就是电子所带走的能量，总比原子核放出的能量要少得多，而且这个能量值每次都不相等。换句话说，原子核所释放的能量有一部分“失窃”了。

围绕着这一桩“窃能”案，物理学家们展开了一场激烈的争论和“破案”工作。

有些大胆的物理学家甚至是物理学权威对  $\beta$  衰变中

能量是否仍然守恒提出了疑问。如著名的丹麦物理学家玻尔认为，能量守恒定律只是在许多次衰变过程中在平均的意义上才有效，而并非在每一次衰变中都能成立。又如量子力学创始人之一的奥地利物理学家薛定谔也对这种能量守恒只是一条统计定律的说法，表示十分赞赏。

在此之前，德国物理学家索末菲在他那本著名的《原子结构和光谱线》一书中，也曾考虑放弃能量守恒定律的严格确实性。他说：“因此，对于必须应用的波动理论的最温和的修正，是不能承认能量定理对于单个辐射现象是适用的，并且承认它仅仅在很多过程取平均时才是适用的。”

物理学权威们对能量守恒定律表示了怀疑。能量守恒定律在 $\beta$ 衰变中被破坏和不适用了。这种看法引起了物理学界思想的极大混乱，要是这个定律真的被推翻了，整个物理学的宏伟大厦和精巧建筑会毁于一旦。

这种怀疑和看法，后来被验证是错误的。那么，这些物理学权威们为什么要去怀疑能量守恒定律，提出能量守恒定律不适用的看法呢？产生这种情况是有其原因的。

早在爱因斯坦提出光量子概念，即把光看作是由一份份独立的能量子——光量子组成的这一崭新概念时，就没有得到有关物理学权威的承认。他们认为光量子说很难被接受，因为它与传统的波动说是那样格格不入，且无法解释光的干涉等波动所特有的效应。

在他们看来，光量子说虽有某些特定的实验根据，实际上不过是早已被推翻了的微粒说在新形式下的复活；而波动说虽然在个别实验的解释上遇到困难，但支持它的实验事实却比支持光量子说的多得多，新观点怎

么能与经过千锤百炼、近乎炉火纯青的旧理论相匹敌呢？但是，作为光量子说重要实验根据的光电效应又该怎样用传统的波动说来解释呢？为了“拯救”物理学，这些权威们作了一个异乎大胆的然而又是十分错误的选择，那就是不坚持能量和动量守恒的普遍适用性。因为这样就提供了用传统的波动说“解释光电效应唯一的可能性”，可是他们的这个选择最后是失败了。

基于不承认光量子说这样一个保守的原因，他们为着保持辐射的经典的波动理论，于是对 $\beta$ 衰变中能量守恒问题再次提出了疑问。有的权威声称：“在原子理论的现阶段，我们可以说，无论是从经验上还是从理论上都没有理由坚持在 $\beta$ 衰变中能量一定守恒。原子的稳定性迫使我们放弃的也许正是能量平衡的观念。”其结果是在 $\beta$ 衰变能量“失窃”案的侦破中，同样导致了失败。

就在这样一个紧要关头，有一位年轻的物理学家泡利却非同凡响，提出了自己的崭新见解。他预言：能量守恒定律是有效的；在 $\beta$ 衰变过程中放出了一个难以探测到的中性粒子，而这中性粒子在不知不觉中带走了原子核释放的能量。

1930年12月，泡利向在杜宾根参加放射性工作会议的人们写了一封信。就在这封信中，泡利叙述了他所预言的中性粒子，并给此新粒子取名为“中子”。有了这个预言中的新粒子， $\beta$ 衰变中能量守恒的困难就可迎刃而解，这个“窃能”案也就可以破了。

泡利的这个预言太新奇了，立即引起了当时在哥本哈根的意大利物理学家费密的注意和欣赏。他运用泡利的观点，成功地解释了原子核的 $\beta$ 衰变，提出了一种新的自然力——弱相互作用理论。费密还给那个“窃能贼”