中华文化撷英

物理学

（二）

黄兵明　主编

北京银冠电子出版有限公司

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

中华文化撷英/黄兵明主编．—北京：北京银冠
电子出版有限公司，2003

ISBN 7-900060-29-4
Ⅰ．中…　Ⅱ．黄…　Ⅲ．文化知识－普及读物－中国
Ⅳ．Z228.527
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007295 号

北京银冠电子出版有限公司发行
(北京海淀区增光路 45 号　100037)
全国各地新华书店经销　北京双青印刷厂印刷
开本：787×1092　1/32　印张：512　字数：4 900 千字
2003 年 12 月第 1 版　　2003 年 12 月第 1 次印刷
印数：1～5 00 册
版号：ISBN 7-900060-29-4/Z·03
定价：9998.00 元(1CD,含配套书)

目 录

◎量子理论的发展与建立.....1
◎人造卫星史.....32

◎望远镜小史.....36
◎微波简史.....39
◎物理教学大纲和物理教科书的建设与发展.....41
◎物理实验室的典范——卡文迪什实验室.....62
◎物理学睛空的“两朵乌云”.....65
◎万有引力定律的发现.....71
◎颜色本质的第一次突破.....86
◎圆珠笔是谁发明的.....92
◎原子论的创立.....93

◎ 量子理论的发展与建立

19 世纪末 20 世纪初，物理学处于新旧交替的时期。生产的发展和技术的提高，导致了物理实验上一系列重大发现，使当时的经典物理理论大厦出现了危机.在这世纪之交的转折关头，物理学天空上的“ 两朵乌云 ”揭开了物理学革命的序幕：一朵乌云下降生了量子论，紧接着从另一朵乌云下降生了相对论。量子论和相对论的诞生驱散了乌云，使整个物理学面貌为之一新。

马克思有句名言：“ 历史上有惊人的相似之处。” 现在，正处于新的世纪之交。20 世纪的物理学硕果累累，但也遇到两大困惑——夸克禁闭和对称破性缺。这预示着物理学正面临新的挑战.重温百年前量子论建立与发展的那段历史，也许会使我们受到新的启迪。

一、历史的孕育在 19 世纪末，经典物理学理论已经发展到相当完备的阶段

几个主要部门——力学，热力学和分子运动论，电磁学以及光学，都已经建立了完整的理论体系，在应用上也取得了巨大成果。其主要标志是：物体的机械运动在其速度远小于光速的情况下，严格遵守牛顿力学的规律；电磁现象总结为麦克斯韦方程组；光现

象有光的波动理论，最后也归结为麦克斯韦方程组；热现象有热力学和统计物理的理论。在当时看来，物理学的发展似乎已达到了颠峰。于是，多数物理学家认为物理学的重要定律均已找到，伟大的发现不会再有了，理论已相当完善了。以后的工作无非是在提高实验精度和理论细节上作些补充和修正，使常数测得更精确而已。英国著名物理学家开尔文在一篇瞻望 20 世纪物理学的文章中，就曾谈到：“ 在已经基本建成的科学大厦中，后辈物理学家只要做一些零碎的修补工作就行了。” 然而，正当物理学界沉浸在满足的欢乐之中的时候，从实验上陆续出现了一系列重大发现。如固体比热，黑体辐射，光电效应，原子结构 cdots cdots 这些新现象都涉及物质内部的微观过程，用已经建立起来的经典理论进行解释显得无能为力。特别是关于黑体辐射的实验规律，运用经典理论得出的瑞利-金斯公式，虽然在低频部分与实验结果符合得比较好，但是，随着频率的增加，辐射能量单调地增加，在高频部分趋于无限大，即在紫色一端发散，这一情况被埃伦菲斯特称为“ 紫外灾难 ”；对迈克尔逊-莫雷实验所得出的“ 零结果 ” 更是令人费解，实验结果表明，根本不存在 “ 以太漂移 ”。这引起了物理学家的震惊，反映出经典物理学面临着严峻的挑战。这两件

需要全本请访问 www.ertongbook.com

事被当时物理学界的权威称为“在物理学晴朗的天空的远处还有两朵小小的，令人不安的乌云”。然而就是这两朵小小的乌云，给物理学带来了一场深刻的革命。

下表列出了世纪之交物理学上有重大意义的实验发现：

egin{array}{lll}mbox{年代}& mbox{人物}& mbox{贡献} \1895 & mbox{伦琴} & mbox{发现X射线} \1896 &mbox{贝克勒尔}& mbox{发现放射性}\1896 &mbox{塞曼} & mbox{发现磁场使光谱线分裂}\1897 &mbox{J.J 汤姆生} &mbox{发现电子}\1898 &mbox{卢瑟福} & mbox{发现}alpha.eta mbox{射线}\——1898 &mbox{居里夫妇} &mbox{发现放射性元素钋和镭}\1899--1900 &mbox{卢梅尔和鲁本斯等人} &mbox{发现热辐射能量分布曲线偏离维恩分布率}\--1900 &mbox{维拉德} &mbox{发现了}gammambox{射线}\1901 &mbox{考夫曼} &mbox{发现电子的质量随速度增加}\1902 &mbox{勒那德} &mbox{发现光电效应基本规律}\1902 &mbox{里查森} &mbox{发现热电子发射规律}\1903 &mbox{卢瑟福} &mbox{发现放射性元素的蜕变规律}\end{array}

这些新的物理现象，打破了沉闷的空气，把人们

的注意力引向更深入，更广阔的天地；这一系列新发现，跟经典物理学的理论体系产生了尖锐的矛盾，暴露了经典物理理论中的隐患，指出了经典物理学的局限。物理学只有从观念上，从基本假设上以及从理论体系上来一番彻底的变革，才能适应新的形势。

由于这些新发现，物理学面临大发展的局面：

1.电子的发现，打破了原子不可分的传统观念，开辟了原子研究的崭新领域；

2.放射性的发现，导致了放射 学的研究，为原子核物理学作好必要的准备；

3.以太漂移的探索，使以太理论处于重重矛盾之中。为从根本上抛开以太存在的假设，创立狭义相对论提供了重要依据；

4.黑体辐射的研究导致了普朗克黑体辐射定律的发现.由此提出了能量子假说，为量子理论的建立打响了第一炮。

总之，在世纪之交的年代里，物理学处于新旧交替的阶段。这个时期，是物理学发展史上不平凡的时期。经典理论的完整大厦，与晴朗天空的远方漂浮着两朵乌云，构成了 19 世纪末的画卷；20 世纪初，新现象，新理论如雨后春笋般不断涌现，物理学界思想异常活跃，堪称物理学的黄金时代。这些新现象与经

典理论之间的矛盾，迫使人们冲破原有理论的框架，摆脱经典理论的束缚，在微观理论方面探索新的规律，建立新的理论。

二、旧量子论的建立 20 世纪初，新的实验事实不断发现，经典物理学在解释一些现象时出现了困难，其中表现最为明显和突出的是以下三个问题：

1．黑体辐射问题；

2.光电效应问题；

3.原子稳定性和原子光谱。量子概念就是在对这三个问题进行理论解释作为一种假设而提出的。

2.1 黑体辐射的研究热辐射是 19 世纪发展起来的一门新学科，它的研究得到了热力学和光谱学的支持，同时用到了电磁学和光学的新兴技术，因此发展很快。到 19 世纪末，由这个领域又打开了一个缺口，即关于黑体辐射的研究，导致了量子论的诞生。为了得出和实验相符合的黑体辐射定律，许多物理学家进行了各种尝试。1893 年德国物理学家维恩(Winhelm Wein，1864-1928)提出一个黑体辐射能量分布定律，即维恩公式。这个公式在短波部分与实验中观察到的结果较为符合，但是在长波部分则明显地与实验不符。1900 年英国物理学家瑞利(Rayleigh)和金斯

(J.H.Jeans)又提出一个辐射定律，即瑞利-金斯公式，这个公式在长波部分与观察一致，而在短波(高频)部分则与实验大相径庭，导致了所谓的“紫外灾难”。这个“灾难”使多数物理学家敏锐地看到，经典物理正面临着严重的危机。1900年，才华横溢而又保守谨慎的德国物理学家普朗(Max Planck，1858-1947)为解决黑体辐射问题，大胆地提出了一个革命性的思想：电磁振荡只能以“量子”的形式发生，量子的能量E和频率$ u$之间有一确定的关系：[E=h u] h为一自然的基本常数。

普朗克假定：黑体以$h u$为能量单位不连续地发射和吸收频率为$ u$的辐射，而不是象经典理论所要求的那样可以连续地发射和吸收能量。令人叹为观止的是，普朗克利用这个荒谬绝伦的因素，能够在理论上得到与观察一致的能量-频率关系。普朗克是一名出色的物理学工作者，长期从事热力学的研究工作.自1894年起，他把注意力转向黑体辐射问题.瑞利公式提出后，普朗克试图用“内插法”找到 一个普遍化公式，把代表短波方向的维恩公式和代表长波方向的瑞利-金斯公式综合在一起。很快地，他就找到了：

[frac{8pi h u^{3}}{c^{3}} ullet rac{1}{e^{h u/KT}-1}]

需要全本请访问 www.ertongbook.com

这就是普朗克辐射定律。与维恩公式相比，仅在指数函数后多了一个(-1)。作为理论物理学家，普朗克当然不满足于找到一个经验公式。实验结果越是证明他的公式与实验相符，就越促使他致力于探求这个公式的理论基础。为从理论上推导这一新定律，普朗克以最紧张的工作，经过两三个月的努力，终于在1900 年底用一个能量不连续的谐振子假设，按照玻尔兹曼的统计方法，推出了黑体辐射公式。普朗克解决黑体辐射问题并提出能量子假说的关键，是采用了玻尔兹曼的方法。玻尔兹曼是热力学第二定律的统计解释的提出者。1877 年，玻尔兹曼在讨论能量在分子间的分配问题时，把实际连续可变的能量分成分立的形式加以讨论。普朗克本来一直是玻尔兹曼统计观点的反对者。为此曾与玻尔兹曼进行过论战。然而，当他从热力学的普遍理论出发，无法直接推出新的辐射定律时，他只好“孤注一掷”地使用玻尔兹曼的统计方法了。出乎所有人的意料，这个“孤注一掷”，不仅解决了黑体辐射问题，使一场“灾难”消于无形，更为重要的是，普朗克凭此壮举，揭示了量子论光临的曙光。普朗克的能量子概念，是近代物理学中最重要的概念之一，在物理学发展史上具有划时代的意义。自从 17 世纪以来，“一切自然过程都是连续的”这条

原理，似乎被认为是天经地义的。莱布尼兹和牛顿创立的无限小数量的演算，微积分学的基本精神正体现了这一点；而普朗克的新思想是与经典理论相违背的，它冲破了经典物理传统观念对人们的长期束缚，这就为人们建立新的概念，探索新的理论开拓了一条新路.在这个假设的启发下，许多微观现象得到了正确的解释，并在此基础上建立起一个比较完整的，并成为近代物理学重要支柱之一的量子理论体系。许多物理学家认为：

1900 年不仅是历史书上一个新世纪的开始,也是物理学发展史上一个新纪元的开端。它标志着人类对自然的认识，对客观规律的探索从宏观领域进入微观领域的物理学新时代的开始。另外，同任何新生理论一样，普朗克的量子理论仍须进一步完善。在普朗克的理论中，他只考虑器壁上振子是量子化的，而对空腔内的电磁辐射，普朗克认为它仍是连续的，只有当它们与器壁振子能量交换时，其能量才显示出不连续性。至于电磁波在空间传播过程中如何分布，普朗克亦未说明。而年轻的爱因斯坦，则在普朗克理论的基础上，为量子理论的发展打开了新的局面。

1.2 光电效应的研究

1905 年,爱因斯坦针对经典理论解释光电效应所

遇到的困难，发表了他的著名论文：《关于光的产生和转化的一个试探性观点》。在这篇论文中，爱因斯坦总结了光学发展中微粒说和波动说长期争论的历史，揭示了经典理论的困境，在普朗克能量子假说的基础上，提出了一个崭新的观点——光量子假说。爱因斯坦从经验事实出发，阐明了能量子存在的客观性。他指出，19 世纪中期，光的波动说与电磁理论取得了绝对性的胜利，但在光的产生与转化的瞬时现象中，光的波动说与经验事实不相符。爱因斯坦注意到：如果假定黑体空腔中的电磁辐射有粒子性，即假定辐射能量由大小为$h u$的量子组成，就能理解普朗克的奇怪的黑体辐射定律的某些方面，而光是电磁波，可以看作由光量子组成。他在文中写道：“在我看来，如果假定光的能量在空间的分布是不连续的，就可以更好地理解黑体辐射、光致发光、紫外线产生阴极射线(即光电效应)，以及其他有关光的产生和转化的现象的各种观测结果。根据这一假设，从点光源发射出来的光束的能量在传播过程中将不是连续分布在越来越大的空间中，而是由一个数目有限的局限于空间各点的能量子所组成。这些能量子在运动中不再分散，只能整个地被吸收或产生。”

爱因斯坦早已意识到量子概念必然会引起物理

学基本理论的变革。不过，在普朗克看来，电磁场在本质上还是连续的波。在这里，爱因斯坦明确指出，光的能量不仅在辐射时是一份一份的，即量子化的，而且在传播过程中以及在与物质相互作用过程中也是一份一份的。这就是说，电磁场能量本身是量子化的，辐射场也不是连续的，而是由一个个集中存在的，不可分割的能量子组成的。爱因斯坦把这一个个能量子称为“光量子”，1926 年被美国物理学家路易斯定名为‘光子“。

同时，爱因斯坦从维恩公式有效范围内的辐射熵的讨论中，得到了光量子的能量表达式：

[E=h u]

爱因斯坦认为，当光照到金属表面时，能量为$h u$的光子与电子之间发生了能量交换。电子全部吸收了光子的能量，从而具有了能量$E=h u$，但要使电子从金属表面逸出，则须克服金属表面对它的吸引力，损失掉一部分能量，即电子须克服吸引力而做功W(逸出功).根据能量转化和守恒定律可知，剩下的一部分能量就成为离开表面时的动能：

[E_{k}=h u-W(ox{W和材料有关})]

这就是爱因斯坦的光电方程.依据爱因斯坦的光量子假说和光电方程，便可以非常出色地解释光电效

应的实验结果。

从上式可以看到，电子逸出金属表面的速度(动能)，只与光的频率和所用材料有关而与光的强度无关；当所用光的频率低于某一特定值时，即$h u$小于W时，无论光强多大，电子都不会逸出金属表面。1923 年,美国物理学家康普顿通过 X 射线在物质中的散射实验，进一步证实了光量子的存在，为爱因斯坦的理论提供了有力的证据。

爱因斯坦所以能得出光电方程，并对光电效应进行了正确的解释，主要是由于他对黑体辐射现象的深入理解，得到了普朗克能量子假说的启发，再加上他的坚实的知识基础和创新的精神。爱因斯坦提出光量子假说和光电方程，又的确是非常大胆的，因为在当时还没有足够的实验事实来支持他的理论，尽管理论与已有的实际观测结果并无矛盾.爱因斯坦非常谨慎，所以称之为”试探性观点“。但如果我们比较详细地回顾一下光电效应的发现史，就会更加佩服爱因斯坦的胆略。光量子理论在揭示自然规律时的重要意义不仅在于对光电效应作出了正确的解释，还表现在它使人们重新认识了光的粒子性，从而对光的本性的认识产生了一个飞跃，揭示了光既有波动性又有微粒性的双重特性，为光的波粒二象性的提出作了准备。

这种特性具体表现在，作为一个”粒子“的光量子的能量E，它是与电磁波的频率$ u$不可分割地联系在一起。具体地说，在光的衍射与干涉现象中，光主要表现出波动性；而在光电效应一类现象中则主要表现出粒子性。1909 年爱因斯坦一次学术讨论会上说，理论物理学发展的下一阶段，将会出现关于光的新理论，这个理论将把光的波动说与微粒说统一起来。

1.3 玻尔理论

普朗克和爱因斯坦的工作在物理学史上有其重要的地位，但使量子理论产生深远影响的是玻尔。1913 年，丹麦物理学家及 20 世纪主要科学思想家尼尔斯。玻尔再一次级其漂亮地利用了普朗克理论。他从卢瑟福的有核模型，普朗克的能量子概念以及光谱学的成就出发，得到了在相当准确度上，自然实际服从的许多分立的并稳定的能量级和光谱频率的”怪异的“规则。从而成功地解决了原子有核结构的稳定性问题，并出色地解释了氢原子的光谱。后来，依万士(E.J.Evans)的氢光谱实验证实了玻尔关于匹克林(Pickering)谱线的预见.莫塞莱(H.G.J.Moseley)测定各种元素的 X 射线标识谱线，证明它们具有确定的规律性，为卢瑟福和玻尔的原子理论提供了有力证据。

1911 年，英国物理学家卢瑟福在$alpha$粒散射实验的基础上，提出了原子的有核模型这个模型无疑是符合事实的。但是，一个严峻而急迫的难题，挡住了卢瑟福模型进一步发展的道路，那就是它还缺少一个理论支柱。因为，如果按照经典理论和卢瑟福模型，原子将不会稳定存在，并且原子光谱也将是连续变化的.而事实上，原子是稳定的，光谱则是分立的。

丹麦物理学家玻尔(N.Bohr，1885---1962)是卢瑟福的学生，他坚信卢瑟福的有核原子模型是符合客观事实的。当然，他也很了解这个模型所面临的困难。玻尔认为，要解决原子的稳定性问题，”只有量子假说是摆脱困难的唯一出路。“ 也就是说，要描述原子现象，就必须对经典概念进行一番彻底的改造。但是摆在玻尔面前的是重重困难，问题十分棘手。在此之前，为了解决原子模型的稳定性问题，一些物理学家曾试图将普朗克的量子假设引入到种种原子模型中，但均未获成功。但是他们的工作，给了玻尔很大的启发.玻尔决定把量子概念引入到卢瑟福的有核原子模型中。1913 年初，正当玻尔苦思冥想之际，他的一位朋友汉森向他介绍了氢光谱的巴尔末公式和斯塔克的著作。他立即认识到这个公式与卢瑟福的核模型之间应当存在着密切的关系.他仔细地分析和研究了当

时已知的大量光谱数据和经验公式，特别是巴尔末公式，受到了很大的启示。同时他从斯塔克的著作中学习了价电子跃迁产生辐射的理论。这样，光谱学和原子结构，这原先互不相干的两门学科，被玻尔看到了它们的内在联系。光谱学中大量的实验数据和经验公式，为原子结构提供了十分有用的信息.玻尔抓住光谱学的线索，使他的原子理论发展到一个决定性阶段.玻尔在这些基础上，深思了这些问题和前人的设想，分析了原子儿光谱之间的矛盾，巧妙地把普朗克，爱因斯坦和卢瑟福的思想结合起来，创造性地将光的量子理论引入到原子结构中来，从原子具有稳定性以及分立的线状光谱这两个经验事实出发，建立了新的原子结构模型。1913 年玻尔写出了伟大的三部曲：名为《原子与分子结构》——I.II.III 的三篇论文.在这三篇论文中，玻尔提出了与经典理论相违背的两个极为重要的假设，它们是：定态假设和跃迁假设.为了具体确定定态的能量数值，玻尔提出了量子化条件，即电子的角动量J只能是h的整数倍.在这里他运用了在以后经典量子论中一直起指导作用的”对应原理“.玻尔的原子结构模型取得了巨大的成功，较好地了解决原子的稳定性问题，并且成功地解释了氢光谱的巴尔末公式，对氢原子和尖氢离子光谱的波长分

需要全本请访问 www.ertongbook.com