

物理名卷之序

聚焦物理

JU JIAO WU LI

光学发展历程

吉清杨 冯丽 任平君 / 主编

远方出版社

物理名著之旅·聚焦物理

光学发展历程

主编 ~~李~~ 清杨、冯箭、姚平君

远方出版社

责任编辑:李 燕

封面设计:阿 明

物理名著之旅·聚焦物理

光学发展历程

主 编 古清杨、冯丽、任平君
出 版 远方出版社
社 址 呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编 010010
发 行 新华书店
印 刷 北京兴达印刷有限公司
版 次 2005 年 1 月第 1 版
印 次 2005 年 1 月第 1 次印刷
开 本 850×1168 1/32
印 张 760
字 数 4790 千
印 数 5000
标准书号 ISBN 7-80723-004-5/I·2
总 定 价 1660.00 元
本册定价 19.20 元

远方版图书,版权所有,侵权必究。
远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。

目 录

第一章 序 言	(1)
第二章 光学进展	(13)
第一节 前人对光的认识	(13)
第二节 几何光学当代理论的建立与发展	(17)
第三节 激光及相关光学学科的发展	(30)
第四节 量子光学研究	(51)
第五节 信息光学的大发展	(62)
第六节 光本性的研究	(83)
第三章 光学史杰出人物记及成果	(99)
第一节 秦汉到五代的光学	(99)
第二节 阿拉果传奇一生	(101)
第三节 精确折射定律的最早发现者——斯涅耳	(108)
第四节 克里斯蒂安·惠更斯	(112)
第五节 牛 顿	(117)

第六节	十九世纪最伟大的光学家—菲涅尔·····	(139)
第七节	托马斯·杨·····	(145)
第八节	赫兹·····	(151)
第九节	麦克斯韦·····	(154)
第四章	光学史上的诺贝尔·····	(158)
第一节	伦琴·····	(158)
第二节	迈克耳逊·····	(163)
第三节	李普曼·····	(171)
第四节	马可尼、布劳恩·····	(174)
第五节	劳厄·····	(181)
第六节	亨利·布拉格和劳伦斯·布拉格·····	(187)
第七节	爱因斯坦·····	(193)
第八节	尼尔斯·玻尔·····	(202)
第九节	密立根·····	(208)
第十节	路易斯·德布罗意·····	(215)
第十一节	汤斯 巴索夫 普罗霍罗夫·····	(219)
第十二节	伽博·····	(228)
第十三节	布隆姆贝根、肖洛·····	(235)
第十四节	恩斯特·鲁斯卡门、宾尼希和罗雷尔 ·····	(242)

第一章 序 言

《圣经》的书里有这样一句话：崑神说，要有光，就有了光。这句断言把光的全部问题一笔勾销，崑因为这句话的意思是：光亮不过是黑暗的反面，是让人能看见东崑西的环境。可是古希腊人确认为光具有客观现实性，是一种象从水龙头射出的水那样从人们的眼睛射出的东西。我们之所以能看崑见物体就是靠从眼睛里射出的一束这样的光击中了这个物体。这个说法从而解释了为什么我们睁着眼能看见物体但闭着眼却看不见这一事实。不过，在黑暗的地方，为什么我们的眼睛睁得再大也看不见东西呢？

毕达哥拉斯对此提出了一种新的理论：光是由发光体向四面八方射出的一种东西，这种东西碰到障碍物上就立刻被弹开。如果它偶然进入人的眼睛，就叫人感觉到看见使它最后被弹开的那个东西。

这种理论虽然有点符合经验事实，但光的问题根本没有因这种理论而得到解决。科学上的每一样新发现都带来一大堆新问题。就光而言，从发光体发出的光是怎样跃过空间进

入人的眼睛里？光是凉的还是热的？它动不动？它动的有多快？

这就出现了两种理论：

光的粒子说：光是由亿万个光子或“微粒”组成的，光子由发光体向各个方向射出好像一颗不断爆炸的炸弹的碎弹片。

光的波动说：光可以像波那样运动，把它的信息从一个地方带到另一个地方。但是，这种学说的困难在于一个波动并不仅仅是一个波动，因为波的传播需要媒质光能够在真空中传播，那么，真空中有媒质吗？如果有某种物质性的东西充满真空那它就不是真空。这就是说，由于缺少一种媒质好让我们所讲的波能在里面晃动，就得残酷地抛弃这种大有前途的理论？不！哪个科学家也不会这样做。科学家惊人的想像力稍微发挥一下，就很容易地解开了这个问题：宇宙空间充满了一种无处不在、又看不见摸不着的非物质性的媒质——以太。光就是在这种媒质(以太)中传播。

这就有了两派彼此抗衡的光的学说：微粒说和波动说。那么，哪一派正确呢？伟大的牛顿支持微粒说。他觉得，波有衍射现象，但光是沿着直线传播的，又有谁见过光拐弯呢？所以他相信微粒说。固然，那时关于光，已知有许多奇妙事实同微粒说是不相容的，可这对于绝顶聪明的牛顿来说，攻克这样的难题还不是小菜一碟？他用粒子说对当时所知的光的一切现象都作了解释，只是稍微牺牲了一点简单性而已。比如，为

了解释某种光学现象,他干脆把光子想像成鸟似的一起一伏的飞翔。虽然波动说在牛顿时代也不乏拥护者,以荷兰物理学家惠更斯为首的波动论者,把他们的主要希望寄托在一个这样的事实上:微粒相碰时,应该彼此弹开,然而实验表明,两束光相遇时,彼此交叉而过,互不影响。不过,波动说要同的微粒说抗衡仅有这一实验作基础能有多大的胜利的希望呢?因为有那么一个天才巨人牛顿站在他们的对立面!

高山为谷,大海为陵。三十年河东,三十年河西。牛顿逝世后,关于光又有了新的实验发现,而新发明的数学方法又为波动说提供了解决困难的有力工具。

波动说的支持者认为,之所以看不到光的衍射现象,是因为光的波长太短,如果障碍物的尺寸与光的波长相差不多,就应能看到光拐弯的现象。并还推测出光不仅有衍射现象,还应有干涉现象。实际上,早在牛顿时代,人们就已经观察到了光的干涉现象。而牛顿却一直提不出真正圆满的说明。看来微粒说要倒霉了。

牛顿死后大约一百年,托马斯·扬在公元 1817 年提出了光是横波的假说,法国的一位土木工程师菲涅尔以此为基础,在 1818 年提交了一篇应征巴黎科学院悬赏征求阐述光折射现象的论文。在这篇文章中,他提出了一整套高度完善的波动说理论,这个理论是哪样的简洁和有力。无论当时那么多复杂漂亮的实验,以及所有已知的光学现象没有一个它解释

不通的。但粒子说并不甘心就这样灰溜溜地退出历史舞台。著名数学家泊松还要做垂死的挣扎。他根据菲涅尔的理论推算出光射到一个不透明的圆板上,在这个圆板的中心应当有一个亮斑——泊松斑。显然谁也没有看到过这种十分荒谬的现象。所以,泊松兴高采烈地宣称他驳倒了菲涅尔的波动理论。然而他高兴的似乎早了点。波动说的支持者用实验的方法证明了圆板的阴影中心确实有这样一个亮斑。这不过是光的一种衍射现象。这真是搬起石头砸自己的脚,如《红楼梦》里所说的,“机关算尽太聪明,反算了卿卿性命”。波动说的理论基础反而由此更加牢固了。但波动说并不就此罢休。它还需要有更进一步的证据去证明微粒说是错的。这就是法国人傅科所做的一个重要实验:测量光在水中的速度。因为两派理论在这一点上有重大分歧:按牛顿的光子说,光在水中的速度应大于光在真空中的速度;而波动说则坚持认为水中的光速一定小于真空中的光速。谁是谁非?科学等待了很久,终于由傅科用实验的方法证明水中的光速恰与波动说预计值相吻合。

遭此一系列的打击,微粒说的照命星陨落了,波动说以胜利者而沾沾自喜时,还没有忘记“宜将胜勇追穷寇,不可沽名学霸王”这一古训。它还要得到更大的支持,要置微粒说于十八层地狱。这就是法拉第对电与磁的研究,使多少有点停滞不前的古老的电磁学出现了复兴。一个新的纪元开始了。到

了1872年麦克斯韦终于完成了他的鸿篇巨制《电磁学通论》这部电磁理论的经典著作，他把法拉第那种表面上似乎很神秘的见解化成人们所能接受的两组微分方程——麦克斯韦方程组，方程简洁、完美、整齐，不仅解决了当时所知的所有的电磁学问题，概括了所有的电磁现象，而且他根据这四个方程推导出应当存在电磁波这种东西，这种波应当按光速传播，而且具有光的一切物理性质。这就是说，光是电磁波的一种，波动说的所有高超的理论都毫无例外地包含在新的电磁方程中。而这个方程组的另一个丰功伟绩是把数百年来物理学家苦苦创造的数百种以太模型统一成了一种——电磁以太。

然而，话还不能说得太绝。要想使麦克斯韦的这个看起来是崑那么美妙的学说被人们所接受，必须用实验的方法产生出麦克斯韦所假设的电磁波来。否则，只能看成是一种很有趣的假说。这可是一件十分难办的事情。困难主要还不在于产生电磁波，而在于怎样证明电磁波当真产生了。一年年过去了，并没有探测到这种波，物理学家们对麦克斯韦的见解是否正确开始有了疑虑。在流言蜚语中，麦克斯韦死了。

在他逝世的七年后，德国人赫兹历经三年终于于1888年在一系列的辉煌实验中探测到了电磁波。这些实验到处受人的欢呼，被认为在磐石般的实验事实上，出色地证实了麦克斯韦理论崑的正确性。这可不是一个贫乏无味的理论，它不仅具有不可估量的崑商业价值，而且还使人们不得不相信无线电

波同光波是一样的,不同的只是频率。在可见光的两端还存在着大量的不可见光:比紫光频率高的有紫外线、X射线、 γ 射线;比红光频率低的有红外线和各种无线电波等。到此,光是一种波,已经用数学上精美优雅致永远不变的图式严格固定了。光的所有细节经过几代人的努力被揭露的详细无遗并被丝毫不差地纳入了庄严的数学定律中。

波动说胜利了。他们以雷霆万钧之力压倒了不幸的微粒说。他们确有理由自豪:宏伟的宇宙受已知方程支配,光的一切现象在理论上都可以预言,并按已知的定律由原因庄严地进行到结果。拓荒者的工作已经完成,没有丝毫基本的东西尚待发现,现在只是扩展已有的知识的细节问题。

微粒说死了。它已丧失了一切生存的理由。

光阴似箭,日月如梭。时间就这样一天天的过去了。物理学家们在自家的田园里“采菊东篱下,悠然见南山”。虽然少数具有近乎先知先觉能力的人对天边漂来的几朵乌云而察觉到远方的风暴暗中趋进,但是他们的警告对打乱一般人的镇静无忧不大起作用。

就在赫兹寻找麦克斯韦的电磁波的实验中,他注意到了—一个奇妙的事实:用紫外光照到实验装置上,电磁波出来的稍微容易些。但这种现象与证实电磁波的存在相比,就太微不足道了。他不能领会到,这恰是哪天边的几朵乌云之一。令人遗憾。

科学没有永恒的理论。一个理论所预言的论据常常被实验所推翻。任何一个理论都有它的逐渐发展和成功的时期，经过这个时期以后，它就会很快地衰落。差不多科学上的重大进步都是由于旧理论遇到了危机通过尽力寻找解决困难的方法而产生的。为了使我们的这个故事能够继续下去，我们必须想像一下在严寒的冬天人们最美好的希望是坐在熊熊的炉火旁。这是因为炉火能放出某种看不见的、给人以热的感觉的射线——实际上是辐射出电磁波。在科学上称这种现象为热辐射。这是自然界中的一件很平常的事。但人们在寻找这种现象的基本规律时却遇到了一点麻烦。这一种现象需要用两个定律来描述。物理学家都有一个寻求普遍定律的嗜好。他们一旦发现同一现象可以用几个定律在不同方面进行描述时，便立即尝试将这些定律合成单一的普遍定律，使之能同时概括所有的方面。

英国物理学家瑞利和金斯将热辐射的定律合二为一了，并与实验结果相吻合。可是不久却发现在热物体辐射出紫外线时新的定律便告失效。这种荒唐的局面被称为“紫外灾变”。这是上世纪末发生的事。那时候任何人也没有想到，这不仅仅是某一个颇为特殊的定律的灾难，而是摧毁这个定律全部理论基础——经典物理学的灾难。

当一种理论在很顺利地发展时，会突然出现一些出乎意料的阻碍，这种情况在科学上时常发生。所以物理学家对“紫

外灾变”不以为然。麦克斯韦的电磁理论之所以能够成为经典,是因为它有着磐石般的实验基础。这是千真万确、不容置疑的。为了克服这个伟大的理论所面临的这一点点小困难,不少的具有一流头脑的物理学家纷纷放下手头的工作转而为此“仁者见仁,智者见智”。其中德国科学家普朗克脱颖而出。此时,普朗克已年过四十,但他却以从未有过的青春活力和激情疯狂地工作着。以无比的毅力建立了、又推翻了一个又一个理论模式。在懊丧之余,他意识到与其说事实不符合理论,不如说是理论不符合事实。在就是说,如果事实不能被理论说明,那是理论不中用,理论必须新的基础上重建。在这个重大信念的指使下,使他看到了挽救局面的希望。他像狂人般地用了几个星期的时间倾全力攻克这个问题,最后他终于杜撰出一个公式——它纯粹是一些不相关量的偶然结合,而其物理意义又非常不合公认的传统理论,但却奇迹般地实验十分吻合。要精确叙述普朗克的推理论证,需涉及太多的数学抽象概念,但这个理论的精髓却很简单:物体以电磁波的形式放出或吸收的能量都是一捆一捆的。为了方便,他把这种捆称为能“量子”。这一结果是新物理学诞生的壮丽标志,由它要产生天大的事件,也使后人将普朗克称为量子力学之父。但他的那些所谓的能量子在经典的电磁理论中无疑是异教邪说,因为电磁波携带的能量是连续的,而不是一份一份的。因此他感到恐怖万分。他曾十分内疚地说:“经典理论给

了我们这样多有用的东西，因此必须以最大的谨慎对待它，维护它”。而科学界也对他的那个无理论依据的与传统观念格格不入的公式给予了极大的冷漠。以至于在多少年后他还在拼命修改他的学说，使他不至于成为麦克斯韦经典理论的叛徒。

人类只有在某一类事情上做尽一切可以想像的傻事以后，才能在这一类事情上得到一点合理的东西。

一年一年过去了，普朗克的见解过着风雨飘摇的生活。似乎已被他的创始者所抛弃。但是金子总是要发光的。历史在次证明，伟大的需要产生伟大的人物。1905年，伯尔尼的瑞士专利局的某位职员在德国《物理学杂志》第十七期上同时发表了三篇惊世骇俗的文章，其中的一篇为《关于光的产生和转化的一个启发性的观点》中说，按照麦克斯韦的理论，对于一旦纯电磁现象因而也对于光来说，应当把能量看成是一个连续的空间函数，但这个理论会导致和实验相矛盾。如果用光的能量在空间不是连续分布的，而是由能量子组成的，似乎更好一些。这段话意思就是说为了使理论与实验相符，光不仅是成束地被物质所吸收或放出，而且在脱离物质后也必定以某种方式表现的像一个粒子；光粒子这种提法不是反革命复辟吗？是谁有这么大的胆量在波动说一统天下的今天敢重弹微粒说的老调？他就是后来被称为物理学的三个伟人之一——阿耳波特·爱因斯坦。但当时他是何许人也？他不是

学者、教授，而却要复辟光的微粒说，要证明关于电磁现象这个在审美上令人满意的、精心证实了的理论基本上是错误的，真是癡蛤蟆想吃天鵝肉。

科学的探索不是坐软卧车厢，那儿有惟一太平的轨道。科学的远征是在巨浪滔天的大洋上航行，可能要用青春和生命去殉自己的事业。唯有清醒和坚定的人才能达到目的地。爱因斯坦的这种独特非凡的见解是长期思维活动中的一种顿悟，他以巨大的魄力把传统的理性和逻辑框架抛置在一边，经深思和有利的论证，不是轻率浮泛地、而是明确定量地对波动说发起了一次又一次地攻击。表现出是一名威力非凡的斗士，激起越来越多的研究者风从。他们“横扫千军如卷席”，用光的微粒说直接对波动说为图方便而避开不谈的实验事实提出简明的解释。特别是爱因斯坦对光电效应的解释，更是新的光的微粒说——光子说的重大胜利。

早在 1872 年，莫斯科大学教授斯托列托夫就发现了光电效应。赫兹在证实电磁波的哪个实验中所注意到的那种奇特效应就是光电效应，后来，他的学生又对这种效应做的大量研究，发现了光电效应的实验规律。这种成为现今电影、电视等基础的效应如同“紫外灾变”一样使光的波动说感到为难；伟大麦克斯韦的经典电磁理论在这些事实面前显的是那样的苍白无力。用爱因斯坦的光子解释这些事情如同探囊取物。

不过,由于波动说同麦克斯韦的电磁理论结成的美满的策略性婚姻而阵地强固,要恢复已失去的荣誉,复活的微粒说并不能实现速战速决。从而使得物理学战云密布,烽火四起。

波动说的武装力量是雄厚的,如光的干涉、衍射,水中光速的测量等。这些实验成为在对微粒说的斗争中波动说武库里最有力的进攻性武器。微粒说若对这些固若金汤的城堡发动任何进攻是注定要失败的。但新的微粒说是狡猾的,他们探寻到了那些因波动说感到太苍凉、险恶而无人问津、耕垦的荒原。在这个不毛之地上探到了丰富的黄金矿脉,并用来生产出许多新式武器来抵御波动说。其中威力最大、最惹人瞩目的仍属光电效应。美国的密立根 1915 年十分精密而完整地证实了光电效应方程,终于使的爱因斯坦获得了 1921 年的诺贝尔物理奖,两年后,密立根因他的精密测量极其出色地证实了爱因斯坦的见解也获得了这项殊荣。光子说的又一新式武器是 1923 年美国的物理学家康普顿利用英国物理学家威尔逊发明的云雾室成功地观察到了光子与电子碰撞现象,从而使他们二人合得 1928 年的诺贝尔物理奖。

流光如水,硝烟弥漫了四分之一世纪,战斗沦为了堑壕战。光子不能夺取波动的固有领土,波动也不能蹂躏光子的疆域。只好画出一个三八线,各自安安生生地守住自己的阵地。科学的原野分属了两个交战的阵营,前景即不是速见分晓,也不是合理的妥协。战争的惟一牺牲品是以太。无论对

阵营的哪一方，它都成为多余。这个令十九世纪最优秀的科学家绞尽脑汁、耗尽心血的东西终于从物理学中绝迹了。而它的掘墓人仍是那位在1905年德国《物理学杂志》第十七期上同时发表了三篇惊世骇俗的文章爱因斯坦。遗憾的是他却并没有因《论动体的电动力学》而获得诺贝尔物理学奖金。

科学对这样的局面并不陌生：一个学说适用于一组事实，而另一组学说能解释另一组事实。但是，在以前的事实中，所以出现这种局面，总有个理由好像说得通。例如，麦克斯韦方程不适用于万有引力，这并没有引起不安，因为在那个阶段上，谁也没料想到会发现电和引力有什么关联。但是现在物理学眼前却是个全新的局面：同一个实体——光——既是波又是微粒。为了解释干涉、衍射，光必须是波；而光电效应又使它成为粒子。这种剪不断、理还乱的两难局面叫每一个真正物理学家坐卧不安、心惊肉跳：光居然是两种如此矛盾的东西，真不够意思。科学中暗藏着这样一种未澄清的二象性，侵蚀了它的要害部位，这是同物理学的一切理想和传统都格格不入的。然而，两方各自如山的铁证又是那样无隙可击。物理学家心中的那种苦啊，令人惨不忍睹。他们也只能随遇而安，带着一副愁眉苦脸四处徘徊，悲叹他们在星期一、三、五必须把光看成是波，而在星期二、四、六又必须将光看成是粒子。那么，星期天呢？他们干脆就祈求上天保佑了。