

# 喇曼和喇曼效应

黄艳华

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

1921年夏,航行在地中海的“纳昆达”号客轮的甲板上摆放着一套简易的科学仪器,旁边站立着一位年轻的学者,他迎着地中海的微风,凝视着深蓝色的海洋.是大自然美丽的景色使他心驰神往了吗?不,此刻,他正聚精会神地思考着这样一个问题:海水的颜色究竟是由于对天空蓝色的反射还是反映了它本身的一种性质呢?他不时俯身用身边的仪器观察着海水……正是对这个貌似简单的问题坚持不懈的研究,几年后,他因光散射问题中的突出贡献获得了诺贝尔物理学奖.他就是著名的印度物理学家喇曼(C.V.Raman).

喇曼对海水颜色的思考缘于著名的英国物理学家瑞利对海水颜色的解释.瑞利定律成功地解释了天空的颜色:阳光被大气中无数分子所散射,由于分子散射中散射光强与波长的四次方成反比,波长越短,散射光越强,经散射后的蓝色光比红色光多,所以天空呈蔚蓝色.进而,瑞利把这一结论推广到液态水时,他下结论说,由于水分子相对气体分子要密集得多,因而相对没有散射,所以“深海的蓝色并不是海水的颜色,只不过是天空蓝色被海水反射所致”.当时的大多数人都对此深信不疑,然而年轻的印度学者喇曼却敢于对权威的解释大胆质疑.通过认真细致的实验和分析,他推翻了这一结论,证明海水的颜色并不是天空的颜色所引起的,而是海水本身的一种性质.

## 不懈的探索者

喇曼 1888年11月7日出生在印度南部的特里奇诺波利.他的父亲是数学和物理学讲师,这使得喇曼从小就受到学术气氛的熏陶.1902年,他进入马德拉斯省立学院,1904年以优异成绩通过文学学士考试,1907年获得文学

硕士学位.

从大学时代起,喇曼就开始了对光学和声学的研究.毕业后,喇曼被财政部录用,他情所独钟的科学研究却一直没有条件开展.一个非常偶然的机会,他走进加尔各答印度科学促进协会,发现宽大的实验室中摆放着许多实验仪器,可是上面却布满了灰尘,显然已经好久无人问津了.这使得一直渴望搞科学研究却苦于没有实验室和设备的喇曼如鱼得水,他喜出望外,立即表示愿到该协会进行研究工作.从此,喇曼通常是在早晨5点半去协会,9点45分返回家中洗澡,接着急急忙忙用过早餐,为了不迟到,他再乘出租车去办公室上班;下午5点下班后,他又直接去协会,然后10点左右返回家中;而节假日,他几乎都是在实验室里度过的.

功夫不负有心人.随着论文一篇篇发表,研究工作也不断地深入,他的研究领域也已逐步扩展到超声波、衍射、气象光学和胶体光学、光电现象、X射线衍射、磁学、电介质和光谱学等学科.

喇曼在物理学上所取得的成就决不是偶然的,这与他的敏锐思维和勤奋工作是分不开的.“每天不浪费、不虚度、不空掷剩余的一点点时间,哪怕只有五六分钟,如果安排得当,也同样可以取得很大的成就.若是游手好闲惯了,即使有天赋,也决不会有所作为.”这是喇曼的座右铭,也是他成功的关键.这段话也真实地反映了每位成功的科技工作者的事业心.

喇曼不仅自己终生从事科学研究,而且非常重视教育,先后培育出几百名杰出的学生.他曾经说过:“科学界老一代的主要作用就是在年轻一代中发现才干和天赋,并提供充分的机会让其显示和发展.”喇曼在科学和教育上都

做出了杰出的贡献,为印度人民赢得了荣誉,因此他在印度享有与圣雄甘地一样的崇高威望。

喇曼既爱好音乐也喜欢鲜花,他还曾经用光谱研究过花朵。出于对玫瑰的特别喜爱,他自己拥有一个占地颇大的玫瑰园。他1970年逝世后遗体焚化于此。

### 喇曼效应的发现

喇曼说过这样一句话:“在科学史上我们常常发现,对某些自然现象的研究,成了一个新的知识领域发展的起始点。”事实上,他所做的光散射研究工作就恰恰如此。

结束地中海航行归国后,带着对海水颜色问题的疑问,喇曼广泛地查阅了文献,他很快就了解到,这个课题的意义远远超过了他工作的初衷。他敏锐的预感到,在这方面如果进行深入的研究,将有可能开拓一个前所未有的非常广阔的新领域。正是这个信念,使这个课题成了喇曼在加尔各答活动的主导。

喇曼的实验大致可分为两个阶段:第一个阶段,实验用光源为阳光;第二个阶段是汞灯的单色光。

1923年4月,喇曼的学生拉玛纳桑将阳光通过紫色滤光片后照射到纯水和纯酒精样品上,然后,从侧面观察样品,出乎意料地观察到了很弱的绿光成分。这实际上是人们第一次观察到光散射中颜色改变的现象。当时人们对此并没有深刻的理解,只是认为这条微弱绿光痕迹来自于杂质发出的荧光。但是喇曼对此却表示怀疑。他与他的学生对几十种精心提纯的液体的散射光进行了观察,发现都有类似的“弱荧光”现象,然而这些样品并不都含有同一杂质。从而否定了这种现象来源于杂质的说法。他们在实验中还进一步发现,这部分改变了颜色的散射光具有偏振性(而荧光是没有偏振性的),因而否定了是荧光的说法。渐渐地,喇曼认识到,入射光经样品散射后,产生颜色变化微弱又带有偏振性的散射光是一种普遍现象。

恰巧这时,康普顿发现了X射线散射后,波长变长的效应,喇曼从中得到了重要启示。他认为一小部分散射光把部分能量传递给了液

体分子,所以能量变小了,波长变长了。喇曼把上述理论解释称之为康普顿散射的光学模拟。后来又经过五、六年艰苦曲折的探索,一个精彩而又具有决定意义的实验方案在喇曼心中形成了。

1928年2月28日,喇曼及其助手决定采用单色光作光源进行实验。他们用石英汞灯加上滤光片将蓝光(4358 Å)以外的其他波长的光全部滤掉。当光进入装有液体的容器时,从直视分光镜中可以看到,在散射光(蓝光和绿光)区域里,有两条以上的尖锐亮线,它们决不是入射光或未经滤光汞弧光谱的谱线,很显然,它们是液体分子的产物。

第二天,他们将这一重要发现通知了印度联合出版社,同一天,加尔各答的一家日报报道了这一发现。很快,世界上很多实验室都证实了喇曼的结果。从此,开始了一个崭新的研究领域——喇曼光谱学。喇曼光谱是入射光子和分子相碰撞时,分子的振动能量或转动能量和光子能量叠加的结果。利用喇曼光谱可以把处于红外区的分子能谱转移到可见光区来观测,因此喇曼光谱作为红外光谱的补充,成为研究分子结构的有力工具。

鉴于喇曼在发现这一效应中的突出贡献,人们便将这一散射效应命名为喇曼效应。

1930年喇曼荣获了诺贝尔物理奖,他不仅是印度第一位而且是亚洲第一位获此殊荣的科学家。

### 喇曼效应的广泛应用

60年代以后,激光器研制成功,代替了传统的汞灯,这为喇曼光谱研究创造了有力的条件。激光具有单色性好,功率大,相干性、方向性及偏振性俱佳的优点。另外,分光光栅的应用、先进的电子学和计算机技术等也使喇曼谱仪达到了精密、方便、自动化的水平。由先进的喇曼谱仪可以观察到许多更新的喇曼效应,如共振喇曼散射、受激喇曼散射、相干反斯托克斯喇曼散射、表面增强喇曼散射、时间分辨及空间分辨喇曼散射等等。

喇曼散射是以光子为探针研究物质的微观

# 基础物理教学改革之管见

何德日 何锦昌

(广东中山学院 中山 528403)

物理学来自生产和生活中的现象和问题,也对生产和生活起了显著的促进作用.物理学是现代技术和现代工业的科学基础,不少新技术、新产品都是从物理实验室的研究成果中发展起来的.然而,物理学对生产和人们生活所起的这些重要作用,并未被大多数人所认识.物理学本是工科各专业学生的重要基础课,但一些学生对物理课的重视程度明显不如专业课.其原因主要有如下三方面:第一,物理教学内容太多,陈旧,与实际联系不够,学生抱怨物理难学、没有实用价值.第二,随着科学与技术的发展,新的学科不断涌现,这些新的学科首先同物理学争学时.一些教师过于强调物理内容的完整性,只好在这大大减少了的学时内赶进度,搞满堂灌,学生难以及时消化.第三,受经济大潮影响,一些用人单位只看到眼前利益,物理专业毕业生求职明显困难,使学生感到学物理无用.这些都挫伤了学生学习物理的积极性,削弱了物理学应有的作用和地位.为了搞好物理课的教学,引导学生走出“低潮”,我们在

结构,对样品本身没有损伤,常被用于无损检测;另外,喇曼光谱所反映的是物质内部分子振动能级的信息,对样品结构和成分极为敏感,因此,利用这种标志性可以鉴定物质成分.

80年代末,高温超导研究取得了突破性进展,科学家通过X射线衍射方法很快确定了超导体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 的晶体结构,但究竟为什么它的转变温度可高达92.8K?其中哪些元素起了主要作用呢?具有无损性和标志性的喇曼散射使这一系列问题迎刃而解,并对高温超导的深入研究起了指导作用.

一些年代久远的古画非常珍贵,在其鉴定和修复过程中,任何技术应用于此的前提都是

基础物理教学中作了一些探索和尝试.

## 一、精简经典物理,充实近代物理,在教学中内容中不断注入活力

随着科学技术的突飞猛进,物理学的内容不断完善和膨胀,向学生全面讲述物理内容已是不可能的.一些现行基础物理教材,还是五十年代的苏联模式.过于强调知识的完整性和全面性,从初中、高中到大学三个学段,基本上还是采用从力、热、电、光到近代物理这单一制式.内容显得太多、陈旧、重复,相比之下,近代物理没有占据应有的比重.在科技发达的今天,一些新涌现的课程(例如计算机的各种课程)争走了很大比例学时.面对迅速膨胀的物理学内容,物理教学课时不但不能相应增加,反而大大减少,所以全面讲述物理知识只能造成恶性循环.另一方面,全面讲授物理知识也没有必要.工科物理不是为了培养物理学家,而是为专业技术提供理论基础和研究方法.

对基础物理教学内容的处理,我们把与中学物理重复较多的力学、电学等部分一些章节

无损性,这使具有无损检测功能的喇曼谱仪有了用武之地.科学家曾巧妙地利用喇曼谱的标志性鉴定了古画的年代、真伪和颜料的成分,为高质量修复古画提供了科学的依据.

这仅仅是应用喇曼光谱的几个例子,随着人类科技的进步,喇曼效应得到越来越广泛的应用,目前已远远超出物理、化学的范畴,渗透到生物学、矿物学、材料科学、考古学和工业产品质量控制等各个领域,成为研究分子结构和组态、确定晶体结构的对称性、研究固体中缺陷和杂质、分析矿物夹杂物、环境污染物、催化剂、生物细胞、工业材料疵斑和半导体器件微观结构的有力工具.