



# 喇曼效应的发现

## —纪念喇曼诞生一百周年—

郭奕玲

一百年前的1888年，著名物理学家钱德拉塞卡拉·文卡塔·喇曼诞生于印度南部的特里奇诺波利。今年正逢以他的名字命名的喇曼效应发现六十周年。1930年，喇曼由于这项发现荣获诺贝尔物理奖，他是亚洲第一位获得这一荣誉的科学家。作为第三世界的科学前辈，我们纪念他的一百周年诞辰，有着特殊的意义。

喇曼是印度国内培养的物理学家，父亲是一位大学数学、物理教授，自幼对他进行科学启蒙教育，培养他对音乐和乐器的爱好。他天资出众，十六岁大学毕业，以第一名获物理学金奖。十九岁又以优异成绩获硕士学位。1906年，他仅十八岁，就在英国著名科学杂志《自然》发表了论文，是关于光的衍射效应的。由于生病，喇曼失去了去英国某个著名大学作博士论文的机会。独立前的印度，如果没有取得英国的博士学位，就没有资格在科学文化界任职。但会计行业是唯一的例外，不需先到英国受训。于是喇曼就投考财政部以谋求职业，结果获得第一名，被授予总会计助理的职务。喇曼在财政部工作很出色，担负的责任也越来越重，但他并不想沉浸在官场之中。他念念不忘自己的科学目标，把业余时间全部用于继续研究声学 and 乐器理论。加尔各答有一所学术机构，叫印度科学教育协会，里面有实验室，喇曼就在这里开展他的声学和光学研究。经过十年的努力，喇曼在没有高级科研人员指导的条件下，靠自己的努力作出了一系列成果，也发表了许多论文。1917年加尔各答大学破例邀请他担任物理学教授，使他从此能专心致力于科学研究。他在加尔各答大学任教十六年期间，仍在印度科学教育协会进行实验，不断有学生、教师和访问学者到这里来向他学习、与他合作，逐渐形成了以他为核心的学术团体。许多人在他的榜样和成就的激励下，走上了科学研究的道路。其中有著名的物理学家沙哈（1893—1956）和玻色（1894—1974）。加尔各答也随之发展成为印度的科学研究中心。

1921年夏天，航行在地中海的客轮“纳昆达”号

(S. S. Narkunda)上，有一位印度学者正在甲板上用简便的光学仪器俯身对海面进行观测。他对海水的深蓝色着了迷，一心要追究海水颜色的来源。

这位印度学者就是喇曼。他正在去英国的途中，是代表了印度的最高学府——加尔各答大学，到牛津参加英联邦的大学会议，还准备去英国皇家学会发表演讲。这时他才33岁。

对喇曼来说，海水的蓝色并没有什么稀罕。他上学的马德拉斯大学，面对本加尔（Bengal）海湾，每天都可以看到海湾里变幻的海水色彩。事实上，他早在十六岁（1904年）时，就已熟悉著名物理学家瑞利用分子散射中散射光强与波长四次方成反比的定律（也叫瑞利定律）对蔚蓝色天空所作的解释。不知道是由于从小就养成的对自然奥秘刨根问底的个性，还是由于研究光散射问题时查阅文献中的深入思考，他注意到瑞利的一段话值得商榷，瑞利说：

“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。”

瑞利对海水蓝色的论述一直是喇曼关心的问题。他决心进行实地考察。于是，喇曼在启程去英国时，行装里准备了一套实验装置：几只尼科尔棱镜、小望远镜、狭缝，甚至还有一片光栅。望远镜两头装上尼科尔棱镜当起偏器和检偏器，随时都可以进行实验。他用尼科尔棱镜观察沿布儒斯特角从海面反射的光线，即可消去来自天空的蓝光。这样看到的光应该就是海水自身的颜色。结果证明，由此看到的是比天空还更深的蓝色。他又用光栅分析海水的颜色，发现海水光谱的最大值比天空光谱的最大值更偏蓝。可见，海水的颜色并非天空颜色引起的，而是海水本身的一种性质。喇曼认为这一定是起因于水分子对光的散射。他在回程的轮船上写了两篇论文，讨论这一现象，论文在中途停靠时先后寄往英国，发表在伦敦的两家杂志上。

喇曼返回印度后，立即在科学教育协会开展一系列的实验和理论研究，探索各种透明媒质中光散射的规律。许多人参加了这些研究。这些人大多是学校的

教师，他们在休假日来到科学教育协会，和喇曼一起或在喇曼的指导下进行光散射或其他实验，对喇曼的研究发挥了积极作用。七年间他们共发表了大约五、六十篇论文。

他们先是考察各种媒质分子散射时所遵循的规律，选取不同的分子结构、不同的物态、不同的压强和温度，甚至在临界点发生相变时进行散射实验。1922年，喇曼写了一本小册子总结了这项研究，题名《光的分子衍射》，书中系统地说明了自己的看法。在最后一章中，他提到用量子理论分析散射现象，认为进一步实验有可能鉴别经典电磁理论和光量子碰撞理论孰是孰非。

1923年4月，他的学生之一拉玛纳桑第一次观察到了光散射中颜色改变的现象。实验是以太阳作光源，经紫色滤光片后照射盛有纯水或纯酒精的烧瓶，然后从侧面观察，却出乎意料地观察到了很弱的绿色成份。拉玛纳桑不理解这一现象，把它看成是由于杂质造成的二次辐射，和荧光类似。因此，在论文中称之为“弱荧光”。然而喇曼不相信这是杂质造成的现象。如果真是杂质的荧光，在仔细提纯的样品中，应该能消除这一效应。

在以后的两年中，喇曼的另一名学生 K. S. 克利希南观测了经过提纯的 65 种液体的散射光，证明都有类似的“弱荧光”，而且他还发现，颜色改变了的散射光是部分偏振的。众所周知，荧光是一种自然光，不具偏振性。由此证明，这种波长变化的现象不是荧光效应。

喇曼和他的学生们想了许多办法研究这一现象。他们试图把散射光拍成照片，以便比较，可惜没有成功。他们用互补的滤光片，用大望远镜的目镜配短焦距透镜将太阳聚焦，试验样品由液体扩展到固体，坚持进行各种试验。

与此同时，喇曼也在追寻理论上的解释。1924年喇曼到美国访问，正值不久前 A. H. 康普顿发现 X 射线散射后波长变长的效应，而怀疑者正在挑起一场争论。喇曼显然从康普顿的发现得到了重要启示，后来他把自己的发现看成是“康普顿效应的光学对应”。喇曼也经历了和康普顿类似的曲折，经过六、七年的探索，才在 1928 年初作出明确的结论。

喇曼这时已经认识到颜色变化比较弱，又带偏振性的散射光是一种普遍现象。他参照康普顿效应中的命名：“变线”，把这种新辐射称为：“变散射”（modified scattering）。喇曼又进一步改进了滤光的方法，在蓝-紫滤光片前再加一道铀玻璃，使入射的太阳光只能通过更窄的波段，再用目测分光镜观察散射光，竟发现展现的光谱在变散射和不变的人射光之间，隔有一道暗区。

就在 1928 年 2 月 28 日下午，喇曼决定采用单色光作光源，做了一个非常漂亮的有判决意义的实验。

下面摘引一段喇曼在 3 月 16 日向公众讲演中的说明：

“我们用的是石英水银灯，加上滤光片可以完全有效地挡掉比靛线  $4358 \text{ \AA}$  更长的可见光谱线。当这盏灯发出的光进入盛有无尘液体的容器时，从目测分光镜看散射光，可以看到，在蓝光和绿光的区域里，有两根以上的尖锐亮线，这些亮线在入射光的光谱或在未经滤光的汞弧光谱中是找不到的，可见它们是液体分子的产物”。

喇曼的讲演全文发表在他自己创办的《印度物理期刊》（Indian Journal of Physics）上，文中附有石脑油的散射光谱照片。这篇历史性文献全面阐述了新辐射的特点。每一条入射谱线都有相应的变散射线。一般情况，变散射线的频率比入射线低，偶而也观察到比入射线高的，但强度更弱。

不久，人们开始把这一种新发现的现象称为喇曼效应。1930年，美国光谱学家 R. W. 武德对频率变低的变散射线取名为斯托克斯线；频率变高的为反斯托克斯线。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，是研究分子结构的有力武器。

喇曼发现反常散射的消息传遍世界，引起了强烈反响，许多实验室相继重复，证实并发展了他的结果。1928年关于喇曼效应的论文就发表了 57 篇之多。两年后喇曼荣获诺贝尔物理奖，成为亚洲第一位获得这一荣誉的科学家。科学界著名人士对他的发现给予很高的评价。

1928年武德在《自然》杂志上写道：“喇曼教授光辉而又惊人的发现……打开了研究分子结构的崭新领域。……我已对这一发现的每一细节作了检验，……显然，这一非常漂亮的发现，是喇曼持久和耐心研究光散射的结果。它成了量子理论最有说服力的证据之一。”

我们从喇曼的一生可以得到许多有益的启示。喇曼是印度人民的骄傲，也为第三世界的科学家作出了榜样，他大半生处于独立前的印度，竟取得了如此突出的成就，实在令人钦佩。特别是喇曼一直立足于印度国内，发愤图强，艰苦创业，建立了有特色的科学研究中心，走到了世界的前列。他的经验很值得我们学习和借鉴。印度和中国有许多相近之处。廿世纪初两国都在社会动乱之中，都有一批学者本着科学救国的志向奋斗在初创的科学事业上。他们肩负着双重任务，既要自己在科学上做出成绩，又要创建机构，培养人才。1934年，喇曼和其他学者一起创建了印度科学院，并亲任院长。1947年，又创建喇曼研究所。他在发展印度的科学事业上立下了丰功伟绩。如果把喇曼、玻色、沙哈等印度学者和胡刚复、吴有训、叶企孙等

中国学者的经历加以比较，可以发现他们之间有许多相似之处。

喇曼抓住分子散射这一课题是很有眼力的。他当然不可能在 1921 年前就预见到后来发现的反常散射，他的认识也只能是逐步发展的，但是在他持续多年的努力中，显然贯穿着一个思想，这就是：针对理论的薄弱环节，坚持不懈地进行基础研究。

喇曼很重视发掘人才，从印度科学教育协会到喇曼研究所，在他的周围总是不断涌现着一批批赋有才华的学生和合作者。就以光散射这一课题统计，在三十年中间，前后就有 66 名学者从他的实验室发表了

377 篇论文。喇曼有句名言：“科学界老的一代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扩展。”他对学生谆谆善诱，深受学生敬仰和爱戴。

喇曼爱好音乐，也很爱鲜花异石。他研究金刚石的结构，耗去了他所得奖金的大部分。晚年致力于对花卉进行光谱分析。在他八十寿辰时，出版了他的专集：《视觉生理学》。

喇曼喜爱玫瑰胜于一切，拥有一座玫瑰花园。喇曼教授 1970 年逝世享年 82 岁，按照他生前的意愿火葬于他的花园里。