

# 挖 掘 与 开 拓<sup>1)</sup>

## ——关于在物理教学中引入物理学史的几点看法

赵 凯 华

(北京大学,北京 100871)

在教学中引入历史和专门研究科学史不是一回事,专门研究历史,要求对史料作详细的考证工作.物理课程中引用史料,则是为教学的目的服务的,既不能平铺直叙地就事论事,也不宜只是津津乐道于一些掌故轶事.是否要和为什么要在物理教学中引入历史?如何引入?这些都是很复杂的问题.美国 MIT 的 French 教授发表过一篇演讲(Pleasure and Danger of Bringing History into Physics Teaching),对这个问题的许多方面包括各种可能的作法中成功的经验和失败的教训等,作了精辟的分析,此讲稿的译文曾发表在《大学物理》杂志上(1986年第2期),想必很多同志已看过.我没有能力全面论述这个问题,只想随便谈几点看法,作为引玉之砖.

### 一、历史与逻辑的统一

这个问题虽属老生常谈,因为它重要,所以

形,这给器件的加工带来很大的方便,可以省去传统的用氢氟酸腐蚀的繁琐工序.该方法已列入国家光学水晶标准.我国水晶年产量已达280t,因此,利用晶体形貌定向可以节省大量的劳动力并降低成本.

4. 根据水晶的结晶习性指导了彩色水晶的研制.根据水晶内部结构与结晶习性有效地确定了茶色水晶掺杂离子的种类和掺杂量,选取了最合理的籽晶切型和生长工艺.茶色水晶从1982年开始研制,于1987年完成中间试验,1987年7月通过中国科学院和江苏省科学技术委员会联合组织的鉴定.彩色水晶生长方法

我还是想说几句.

个体认识活动的逻辑过程与认识发展的历史过程,就其总体和梗概而言,是一致的.教学中学生的难点,往往也是物理学发展史上长期未能克服的困难.历史上关键性的突破和前辈物理学家伟大贡献的精髓,也正是物理教学的重点.分析研究历史与逻辑的这种一致性,对改进我们的教学会有极大的帮助.力学的创立和发展是这方面非常典型的例子.

人们说:力学是物理学的语言.物理学从古代自然哲学脱胎出来而成为一门独立的学科后,什么是它的语言?伽利略认为宇宙之书是用数学语言写成的.笛卡儿说,科学的本质是数学.16和17世纪经典力学的创立和发展的过程,也正是物理科学数学化的过程.科学数学化的要点有二:(1)科学知识的演绎综合,即

1) 本文是作者1990年10月在一次国家教育委员会召开的物理学史与物理教学研讨会上的发言稿,提纲是与陈秉乾、陈熙谋一起讨论的.

于1989年获国家专利,曾在1987年日内瓦召开的第15届国际发明和新技术展览会上获银质奖.新开发的黑茶晶用于制造光泽度标准板,具有高的稳定度,年变化率小于0.3个光泽度单位,于1990年通过国家技术监督局组织的鉴定,属于国际领先水平.

对人工水晶结晶习性与生长规律的研究成果可为研究其他晶体提供借鉴,因为晶体的结晶习性不仅反映了晶体的结构特征,而且还与生长时的物理、化学条件密切相关.将晶体的结晶习性与缺陷联系起来,就为选取最佳生长条件提供科学的理论依据.

建立欧几里德式的公理化体系：(2) 科学规律的定量表达，即给物理量以严格的定义，并用数学公式表达出它们之间的关系。初学物理的学生，不习惯按照严格的定义去理解和使用“速度”、“加速度”、“力”、“动量”、“动能”等物理概念。这也是历史上一千多年未能突破的问题。我个人认为，这里最关键的观念是“加速度”。建立这个概念，需要有一系列数学概念作为基础。首先，匀速运动是没有加速度的。变速运动中“加速度”的概念建立在“瞬时速度”概念的基础上，这就进一步要求有“变量”、“函数”、“无穷小”和“极限”等一系列概念。古希腊数学家的成就是辉煌的，他们把数学变成一门抽象化的科学，并坚持要演绎证明。这两点都是了不起的，对后世的科学走上数学化的道路起了不可估量的作用。但是，古希腊的数学有局限性，那里没有“无理数”的概念，不会处理“变数”，惧怕“无穷大”、“无穷小”和无穷步骤。亚里士多德认为“无穷”是未完成的、不完美的，因而是不可思议的。毕达哥拉斯派甚至把“有限”和“无限”同善与恶联系起来。一千多年以后伽利略开始研究落体和斜面运动时，并不清楚匀加速运动中位移  $s$ 、速度  $v$  和时间  $t$  的关系。他是用归谬法的逻辑推理，认识到  $v \propto s$  是荒谬的；若假设  $v \propto t$ ，则有  $s \propto t^2$ ，这是符合实验结果的。差不多同时，笛卡儿创立了他的“坐标几何（即解析几何）”，开始有了“变数”和“函数”概念的萌芽，不过不叫“函数”，而叫“曲线”。当时，在伽利略为日心说增添了证据之后，开普勒的天文学已被一般人所接受。但是，如何从运动原理导出他的定律，没有数学的进一步发展是不可想象的。牛顿结合建立力学理论的需要创立微积分时，一直用“流量（fluent）”一词来表示变量间的关系。至于现在通用的“函数（function）”一词，则是稍晚些时候于莱布尼兹引入的。

以上的历史过程告诉我们，牛顿力学形成过程是与数学分析的发展相辅相成的，而微积分里的一些基本概念，最形象地表现在坐标几何的图解中。当前国内外不少普通物理的力学教材，都不约而同地把一些微积分的初步知识

揉进来，而且从  $s-t$  图、 $v-t$  图讲起。我们认为，这是符合历史与逻辑统一的原则的。讲物理，固然不应用大量数学公式掩盖物理图象，但也不要回避必要的数学。把数学和物理结合好了，可以使学生两方面都学活。

## 二、培养提出问题的能力

过去我们教学中的一句常见口号是“培养学生分析问题和解决问题的能力”，不大提“提出问题的能力”。其实对于培养具有创造性的、能独立思考的科学家来说，这后一点尤为重要。在科学史里是不乏这方面的范例的。

在科研中往往有这种情况，一个问题久久不能解决，但是换一个提法，从另一条思路去考虑，便会豁然开朗。18、19 世纪大批数学家们集中精力，解出大量很难解的微分方程，对于线性微分方程还形成了一套系统的求解方法。可是远非所有微分方程的解可用初等函数表示出来，即使用未积出的积分式来表达也未必能行。然而，为什么非要用传统的方式解微分方程不可呢？庞加莱另辟蹊径，把微分方程的解看作是由微分方程本身所定义的积分曲线族，在不求出解的情况下，通过直接考查微分方程的系数及其本身的结构去研究它的解的性质。庞加莱所开拓的这一新领域，称为微分方程的定性理论，至今有着深远的影响。在当前热门的非线性动力学里，许多重要概念，如“分岔”、“极限环”、“庞加莱截面”等，都要归根溯源到庞加莱。

举另一个例子，谈谈狭义相对论的建立。洛伦兹变换发表于 1904 年，而爱因斯坦的狭义相对论发表于 1905 年。但是，除了写《以太和电学理论的历史》的那位 Whittaker 先生外，科学界几乎一致公认，爱因斯坦是相对论的创始人。虽然两人所得的公式是一样的，但他们对问题的提法却大不相同。爱因斯坦从头起提出的问题，就是寻找使电磁学公式能满足的相对性原理，而洛伦兹提出的问题是解决以太漂移问题。洛伦兹把他变换出来的坐标  $(x', y',$

$x', t')$  中的  $t'$  叫做“地方时”，并认为它只不过是个数学辅助量，而不是真正的时间。1915年洛伦兹自己说过，这正是他失败的主要原因。1927年，即他临死的前一年，洛伦兹更明确地说道：“对于我，只有真正的时间。我把我的时间变换看作只是启发式的假说。因此，相对论事实上只是爱因斯坦一个人的工作。”应当指出，建立相对论，在观念上最大的障碍，就是要突破牛顿的“绝对时间”，承认时间的相对性。这既需要智慧，又需要勇气，可以和历史上哥白尼创立日心说相比拟。爱因斯坦的伟大之处也正在这里。

### 三、站在当代的高度，设身处地 地考查和评价历史

评价历史，要以当代科学的最新成就为依据。例如，今天批判“热寂说”，就不宜再引用我国或苏联 50 年代教科书上的陈旧论点，而应和大爆炸宇宙模型联系起来。克劳修斯的宇宙模型是静态的，过去批判他的人，也基本上没有跳出静态宇宙模型的框框。其实现在回过头看，道理很简单。宇宙是个自引力系统，这样的系统根本就不可能有平衡态。按照大爆炸宇宙模型，宇宙的演化方向，正好和克劳修斯设想的相反，它是从平衡态一步步向远离平衡态的方向发展的。这样一来，“热寂说”就不攻自破了。

在教学中评价历史，不仅要现代的观点，有时还得设身处地考查当时的历史环境，才能使学产生“身临其境”的感觉，收到良好的教育效果。例如，通常在热学教科书中的历史描述会给学生这样一个印象：伦福德 (Rumford) 镗炮孔时摩擦生热的实验立即驳倒了“热质说”，树立起热动说。这就使下面一系列事实变得不好理解了。伦福德的实验是在 1798 年做的，而焦耳重复这类实验并发表他测得热功当量的结果，却在整整半个世纪以后 (1850 年)。在这段历史时期的中点，1824 年卡诺用热质说的观点论证了他的著名定理。其实这里还有一件平常不大为教科书提及的重要事情，那就是

在 1818 年前后，拉普拉斯和泊松用全微分、偏导数等概念为热质说建立起一套精致的数学分析表达，并由此得到绝热的声速公式，纠正了牛顿等温声速公式的错误。他们的这套数学表述日后为克劳修斯所借鉴，成为现今热力学里的标准数学表述。可见，伦福德的实验绝不标志着热质说的终结，与此相反，热质说的顶峰在 19 世纪上半叶。上面提及的这些历史人物皆非等闲之辈，为什么他们不感到热质理论与摩擦生热的事实有矛盾？原来当时流行的看法是“热质”有两种，一种是自由的，一种是潜伏的，只有前者能对温度计起作用。与摩擦起电的现象类比，他们认为，摩擦能把潜热挤出来，使之自由化。在当时的人们看来，伦福德的实验支持了“热质说”，而不是反对它的。卡诺确曾怀疑过“热质说”，想接受热动说。但是，当时人们对物质微观结构的细节还很不清楚。他不明白，在他的热机的活塞和汽缸这类固体物质中，原子是否接触在一起。若是接触，为什么它们的热振动不因摩擦而衰减？若不接触，它们是怎样固结在一起的？可见，在这样的历史条件下，人们不能立即接受热动说，是无可厚非的。此外，科学的发展有继承性，“热质说”的积极作用并不限于量热学，它在 19 世纪的发展，为热力学的数学表述准备了必要的框架。

许多普通物理教科书，都把布朗运动当作物质微观结构原子性的重要证据之一。这个例证为什么这么重要？这里有一段历史插曲。道尔顿的原子论是于 1803 年提出来的。随着 19 世纪化学计量学中定比定律、倍比定律等几个重大定律的确立，科学界的多数人已接受了原子论。但是，仍有少数重要人物，如奥斯特瓦尔德 (1909 年诺贝尔化学奖获得者) 和坚持实证主义观点的马赫，对原子的存在持怀疑态度。J. J. 汤姆孙 1897 年测出阴极射线粒子 (电子) 的荷质比；爱因斯坦 (1905 年)、斯莫陆绰斯基 (Smoluchowski, 1906 年) 和朗之万 (Langevin, 1908 年) 等发表了他们关于布朗运动的理论工作，证明布朗粒子位移的方均值正比于时间  $t$ ，此结论为皮兰 (Perrin, 1908 年) 的实验所证实。

# J/ $\psi$ 粒子的发现

许国材

(广东教育学院物理系, 广州 510303)

林木欣

(华南师范大学物理系, 广州 510631)

本文回顾了 J/ $\psi$  粒子的发现过程, 分析了这项发现对粒子物理学发展的重大意义, 并对发现 J 粒子的产生实验、发现  $\psi$  粒子的形成实验及发现  $\gamma$  粒子的实验进行了简要的评述。

1974年11月11日, 美国两个实验室同时宣布独立地发现了一个新粒子。在当时已发现的粒子中, 这是质量最大的强子共振态, 它的寿命比一般强子共振态大三个数量级。这个发现使粒子物理学家感到震惊, 并强烈地推动了实验和理论的发展。在粒子物理学界中, 这个事件被称为“十一月革命”。

## 一、J 粒子的发现<sup>[1]</sup>

在美国纽约布鲁克海文国家实验室(BNL)发现 J 粒子的, 是华裔美籍物理学家丁肇中(1936—)为首的马萨诸塞理工学院(MIT)小组。1962年丁肇中在密执安大学获得博士学位后, 以福特基金会研究员的身份到欧洲核子研究中心(CERN)工作。1965年, 他回美国哥伦比亚大学任教, 并在哈佛大学的剑桥电子

这一定量的结果立即说服了奥斯特瓦尔德, 他于1909年在他所著的《普通化学概论(Grundriss der allgemeinen Chemie)》第四版序言中写道: “我现在相信, 我们最近已获得有关物质是离散的, 或具有颗粒本性的实验证据, 这是原子假设徒然寻找了数百甚至上千年的。一方面, 气体离子的分离和计数实验使 J. J. 汤姆孙长期而光辉的研究获得成功的荣誉; 另一方面, 由许多研究者, 其中起决定性作用的是 J. 皮兰, 确证了布朗运动与动理学的要求相符。这些成

加速器(CEA)上进行光子同靶核碰撞产生  $e^+e^-$  对的实验。1966年, 他到汉堡的德国电子同步加速器(DESY)上进行  $e^+e^-$  对产生截面的测量, 用以检验量子电动力学。他们观察到明显偏离量子电动力学的效应, 认为这是由于重光子  $\rho_-$  的强作用而引起的。此后, 他们的注意逐渐转到通过检测  $e^+e^-$  对来研究重光子的性质。1969年, 丁肇中转到 MIT 工作, 仍继续从事这项研究。

所谓重光子是指量子数与光子的量子数相同的介子, 即其  $J^{PC} = 1^{--}$ 。因为这些介子的自旋  $J = 1$ , 它们也被称为矢量介子。它们的空间反演宇称  $P$  和电荷共轭宇称  $C$  均取负号。当时已发现的重光子有:  $\rho(770)$ ,  $\omega(783)$  及  $\phi(1020)$ 。它们的质量为  $M_\rho = (769 \pm 3) \text{MeV}$ ,  $M_\omega = (782.6 \pm 0.2) \text{MeV}$ ,  $M_\phi = (1019.5 \pm 0.1) \text{MeV}$ 。它们都是可以通过强作用衰变的强子共

就使那位最谨慎的科学家认为, 现在来谈论物质原子性的实验证明, 已变得合法了。于是, 原子假设已上升到成熟的科学理论的地位, 可以作为我们《普通化学》知识现状的导论, 在教科书上占有一席之地了。”是什么力量使这位固执的学者突然信服了? 在那个时候, 关于原子内部结构的深入研究刚刚开始, 原子的具体图象还是不大清楚的。我想是确凿的实验数据和严谨的科学理论的定量符合, 给与了人们以信心。