

最新教学艺术全书

物理教学艺术

(八)

郭雅 主编

吉林摄影出版社

图书在版编目(CIP)数据

最新教学艺术全书/郭雅主编. —长春: 吉林摄影出版社, 2004

ISBN 7-80606-720-6

I. 最… II. 郭… III. 执法工作—中国—汇编
IV. D922.851

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 053253 号

出版发行: 吉林摄影出版社
(长春市人民大街 124 号 130021)

责任编辑: 李乡壮

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京施园印刷厂

版次: 2004 年 3 月第 1 版

书号: ISBN 7-80606-720-5/ D · 201

定价: 399.00 元

目 录

物理学的过去、现在与未来.....	1
对中学物理教学改革的意见和建议.....	3 2
培养学生的创新精神是基础教育改革的方向.....	4 9
在新一轮基础教育课程改革中, 中小学教学 大纲为何改成课程标准.....	6 0
突破物理教学难点的几种方法.....	7 3
我国中学物理教学的传统.....	7 9
例谈物理课的实验导入.....	9 4
跨世纪物理教师怎样履行自己的职责.....	1 0 2
<光的微粒说和波动说>教学设计.....	1 1 2
《光的波粒二象性》教学设计.....	1 1 8
高考物理探索性试题的解题策略.....	1 2 3
"轻绳"拉力做功的分析.....	1 2 7
物理学科创新能力结构分析.....	1 3 1
《电功》说课.....	1 3 5
物理教学中有关提问的一些思考.....	1 4 8
"3+X" 考试带来的思考——高三物理总复习策略.....	1 5 5
"功" 说课.....	1 6 1
《向心力, 向心加速度》说课.....	1 6 9

“电阻的测量”教学设计.....	1 7 6
“楞次定律”的创新教学初探.....	1 8 1
论物理教学中的情感因素.....	1 9 0
将物理学史引入教学中.....	1 9 6
物理课堂教学要适应学生心理特点.....	2 0 1
静电现象的早期研究.....	2 0 2
浅谈课堂教学的活动.....	2 0 5
也谈物理教学中创新能力的培养.....	2 1 1

物理学的过去、现在与未来

文章试图对物理学的发展历史作一透视，从而理解其现状，并进而窥测其未来的前景。我们希望这一看法对于当今从事物理学教学与科研的人士有所助益。由于物理世界的层次化，诸层次之间既可能存在耦合，又可能出现脱耦。因而大量粒子所构成的复杂体系中所涌现的各种层展性质就不能简单地还原成个别粒子所服从的规律。我们根据这一观点并结合物理学的未来前景，讨论了当今物理学研究的若干前沿问题。一切迹象预示着物理学将有光明的前景。

“物理学的过去、现在和未来”是一个非常而且重要的题目，也是一个非常难讲的题目，特别是涉及物理学的未来，结果往往是贻笑大方。这里以历史的透视为主线，提出一些个人不成熟的看法，抛砖引玉，希望得到大家的批评和指正。

1 历史的透视

对物理学的发展历史进行透视，将有助于我们来理解其现状并进而展望其未来。历史很长，不能样样都讲到。我想从牛顿开始，牛顿以前还有很多先驱性的工作，只好从略了。

1.1 经典物理学的盛世(17世纪至19世纪末)

我们不想详细讨论历史，主要考虑那些还在用的

物理学知识。

第一次综合(统一)是17世纪牛顿力学构成了体系。可以说,这是物理学第一次伟大的综合。牛顿力学实际上是将天上的行星运动与地上的苹果下坠概括到一个规律里面去了,建立了经典力学。至于苹果下坠启发了牛顿的故事究竟有无历史根据是另一回事,但它说明了人们对于形象思维的偏爱。牛顿实际上建立了两个定律,一个是运动定律,一个是万有引力定律。运动定律就是在力作用下物体怎样运动的规律;万有引力是一种特定的物体之间存在的基本相互作用力。牛顿将两个定律结合起来运用,因为行星的运动或者地球上的抛物体运动都离不开万有引力的影响。牛顿从物理上把这两个重要的力学规律总结出来的同时,也发展了数学。他也是微积分的发明人。他用微积分来解决力学问题。由运动定律得出来的运动方程,可以用数学方法把它具体解出来。这体现了牛顿力学的威力,它具有解决具体问题的能力。假如你要计算行星运动的轨道,基本上可以按照牛顿所给出来的物理规律,加上用数学方法解运动方程就行了。根据现在的轨道上行星位置,倒推千百年前或预计千百年后它们的位置都是轻而易举的,从而开拓了天体力学这一学科。海王星的发现史就充分显示了这

一点。人们发现天王星的轨道偏离了牛顿定律的要求，问题在哪里呢？结果认为牛顿定律正确无误，而是在天王星轨道外面还有一颗星，对它造成影响，并估计出这个星球的位置。果然在预计的位置附近发现了这颗星，命名为海王星。这表示牛顿定律是很成功的。按照牛顿定律写出运动方程，若已知初始条件位置和速度，原则上就可以求出以后任何时刻的粒子位置。

到 19 世纪，经典力学新的发展表现为一些科学家重新表述了牛顿定律。重新表述有拉格朗日 (Lagrange) 方程组、哈密顿 (Hamilton) 方程组。这些重新表述形式不一，实质并没有改变。在不改变实质的条件下，用新的、更简洁的形式来表述牛顿定律。这是一个方面。

另一个方面，就是将牛顿定律推广到连续介质的力学问题中去，就出现了弹性力学、流体力学等。在这一方面，20 世纪有更大的发展，特别是流体力学，空气动力学和航空技术的发展密切相关，而气动力学的发展又和喷气技术密切相关，进而牛顿力学还构成了航天技术的理论基础。因此我们说牛顿定律到现在为止还是非常重要的，牛顿定律还是我们大学课程中不可缺少的一个组成部分。当然，其表述方法应随时

代发展而有所不同。读者如果有兴趣，不妨去翻一翻牛顿当年的表述。牛顿关于力学研究的成果，写在一本叫《自然哲学的数学原理》(简称《原理》)的巨著中。只要稍微翻一下这本书，就会发现它非常难懂。牛顿的一个重要贡献是从万有引力定律和运动定律把行星运动的轨道推了出来。我们现在学理论力学时，行星运动的椭圆轨道问题是不太难的，解微分方程就可以求出来。但牛顿在《原理》里，没有用他的微积分，更没有用解微分方程的方法，他纯粹是用几何方法把椭圆轨道推出来的。现代科学家就不一定能看懂他这一套东西。举个例子来说，费曼(R Feynman)，有名的理论物理学家，他写过一本书，他说他自己对现代数学比牛顿强得多，但对17世纪牛顿当时熟悉的几何学他就不一定能全部掌握，他花了好些时间，想用牛顿的思路把椭圆轨道全部证出来，结果，中间还是有些环节证不出来，最后他不得已调整了一下方法，没有完全依照牛顿的证法，但基本上还是用几何方法把这个问题证明出来了。科学理论的表达是随时代变化的。现在来看，牛顿运动定律的关键问题，譬如行星运动是椭圆轨道，现在应有可能在普通物理中讲了，因为简单的微分方程已经可以用计算机求解了。由于计算机的发展，也许今后在普通物理中讲牛

顿定律时，就可以在课堂上把行星运动椭圆轨道的一些基本概念说清楚了。在这里也可以说，教学问题与现代科技发展是息息相关的。

第二次综合是麦克斯韦的电磁学。大家都知道，最初是库仑定律，用以表达电荷与电荷间的相互作用力，也表达磁极与磁极之间的相互作用力。然后电与磁之间的关联被发现了：奥斯特的电流磁效应，安培发现的电流与电流之间相互作用的规律，然后是法拉弟的电磁感应定律，这样电与磁就连通成为一体了。最后，19世纪中叶，麦克斯韦提出了统一的电磁场理论。电磁定律与力学规律有一个很大的不同。力学考虑的相互作用，特别是万有引力相互作用，根据牛顿的设想，是超距的相互作用，没有力的传递问题(当然用现代观点看，引力也应该有传递问题)。现在从粒子的超距作用改成电磁场的场的相互作用，这在观点上有很大变化，重点从粒子转移到场。麦克斯韦考虑电磁场的相互作用，导致电磁波，电场与磁场不断相互作用造成电磁波的传播，后来赫芝在实验室中证实电磁波的发射。另外，电磁波不但包括无线电波，实际上包括很宽的频谱，很重要的一部分就是光波。光学在过去是与电磁学完全分开发展的，到了麦克斯韦的电磁理论出来以后，光学也变成了电磁学的一个

分支了，在这里，电学、磁学、光学得到了统一。这在技术上有重要意义，发电机、电动机几乎都是建立在电磁感应的基础上的，电磁波的传播导致现代的无线电技术。电磁学直到现在，在技术上还是起主导作用的一门学科，故在基础物理学中电磁学始终保持它的重要地位。

第三次综合是从热学开始的，涉及到宏观与微观两个层次。根据热学研究总结出热力学的两大基本规律：第一定律，即能量守恒律；第二定律，即熵恒增律。但科学家不满足于单纯在宏观层次上来描述，还想追根问底，企图从分子和原子的微观层次上来阐明物理规律。气体分子动理学便应运而生，用以阐述气体物态方程、气体导热性与粘滞性等物性参量的微观基础。进一步就是玻尔兹曼与吉布斯所发展的经典统计力学。热力学与统计物理的发展，促使物理学家接触到具体的物性问题，加强了物理学与化学的联系，建立了物理化学这一门交叉学科。

1.2 转折与突破(19世纪至20世纪初)

正是由于经典物理学取得了非凡的成就，给人们印象太深刻了，遂使有些科学家产生了错觉，认为巨大发现的时代业已过去。这种悲观的论点在上世纪末相当流行。具有典型意义的据称是著名物理学家迈克

耳孙(A A Michelson)说过的一段话，“当然无法绝然肯定物理科学不再会有像过去那么惊人的奇迹，但非常可能的是大部分宏伟的基本原理业已确立，而今后的进展仅在于将这些原理严格地应用于我们所关注的现象上。在这里测量科学的重要性就显示出来了——一定量的结果比定性的结果更为可贵。一位卓越的物理学家曾经说过，物理科学未来的真理将在小数点六位数字上求索”，(1898年芝加哥大学导学手册)。值得注意，这类悲观论点，在20世纪科学的重大发展之后，又在本世纪末重新问世。具有代表性的是美国资深科学记者霍根(J. Horgan)访问许多知名学者之后，写出了《科学的终结》一书，在断章取义地引述若干科学家的谈话之后，得出了荒谬的结论，不仅是物理学走向了穷途末路，而是一切自然科学都到了散场的地步，堪称为上一世纪末悲观论点变本加厉的新版本，其命运必将重蹈前者的覆辙。

富有洞见的是英国著名物理学家凯尔文(L. Kelvin)于1900年所作的演说。他在对19世纪物理学的成就表示满意的同时，提出了“在物理学晴朗天空的远处，还有两朵令人不安的乌云”。这两朵乌云指的是：其一实验察觉不到物体和以太的相对运动；其二是气体多原子分子的低温比热不符合能量均

分定理。这两朵乌云迅速导致倾盆大雨，即相对论和量子论的两场物理学的革命。

19 世纪的科学家不满足于用麦克斯韦方程组来解释电磁现象，热衷于采用机械模型来说明问题，即使是大师麦克斯韦本人也不例外。以太被引入作为真空中传播电磁波的媒质。迈克耳孙与莫莱(Morley)设计了精巧的实验来验证物体和以太的相对运动，取得了负的结果。爱因斯坦提出了狭义相对论(1905年)，其物理洞见在于摒弃了不必要的以太假设，进而肯定电磁学的规律对于一切惯性参考系都是成立的，而且具有相同的形式，真空的光速不变，不同惯性系之间的变换关系为洛伦兹变换。我们知道，牛顿力学也是对于惯性参考系才成立，而不同惯性系之间的变换关系为伽利略变换。这样经典力学和经典电磁学之间就存在矛盾。爱因斯坦肯定了经典电磁学，而对经典力学作了相应的修正，摒弃了牛顿的绝对的时空观，认为空间、时间与运动有关，并首创性地提出了质量与能量的对等关系，将牛顿力学修正后成功地应用于高速运动的情形。

牛顿力学的另一局限性表现在它不能圆满地解释强引力场中物体的运动，这从它无法定量地解释水星轨道近日点的进动问题而初露端倪。另一带根本性

的问题是它对万有引力的存在没有任何理论解释。这些缺陷尚有待发展进一步的理论来弥补。1916年，爱因斯坦的广义相对论应运而生。这一理论的出发点在于肯定惯性质量与引力质量等同的等效原理(这已为实验所证实)，将非惯性参考系中观测到的惯性力与局域的引力等同起来。进而提出一切参考系均有相同的物理规律这一广义相对性原理。广义相对论成功地预言了一些效应，如强引力场中光线的弯曲，引力强度与光谱线频移的关系，并用空间的弯曲很自然地解释了引力的存在。由于广义相对论是针对强引力场和大质量物体而提出来的，因而广泛应用于天体物理学，也构成了现代宇宙论的基础。

如果说相对论消除了经典物理学的内在矛盾并推广其应用范围，那么量子论就开启了微观物理学的新天地。在19世纪，化学家道尔顿提出了原子论，物理学家也提出原子-分子微观运动的概念来构筑分子动理学和统计物理学。特别是著名物理学家玻尔兹曼在发展原子-分子运动理论，推动统计物理学的发展上作出了杰出的贡献。但是这些工作受到马赫(E. Mach)与奥斯特瓦尔德(WF. Ostwald)等人从实证论哲学观点的质疑。按照实证论的观点，只有为人们所感知的事物是存在的。而当时由于显微术观测条件

的制约，原子与分子都无法直接看到，因而有关的理论受到实证论者的否定。玻尔兹曼为捍卫原子-分子理论进行了激烈的争辩。爱因斯坦于 1905 年提出布朗运动的理论，为分子运动的图像提供了有力的旁证。随后，佩兰(J. B. Perrin)的实验观测提供了更加确凿的证据。

在明确了宏观世界之外存在有微观世界后，进一步的问题在于探索微观世界的物理规律。上世纪 90 年代中叶后，有一系列重要发现，对这方面的研究起了很大促进作用：1895 年，伦琴发现了 X 射线，随后 X 射线成为揭示物质的微观结构的重要工具；1896 年贝克勒尔发现了放射性，随后居里夫妇发现了强放射性元素镭，卢瑟福确认了 α ， β 射线的本质，这些工作揭开了原子核科学研究的序幕。1897 年，汤姆孙发现了电子，这是最早发现的一种基本粒子，随后也被作为重要的工具应用于研究物质的微观结构，而操纵电子的器件成为现代信息技术的基础。作出这些重大发现的科学家也都获得了新世纪初诺贝尔奖的桂冠。

如果说证实原子与分子的存在就意味着揭示物质结构在微小尺度上具有不连续性，那么早期量子论则揭示了能量在微小尺度上的不连续性。1900 年，普

朗克为拟合黑体能量分布的实验数据，在经典物理学的理论无效之后，挺而走险，提出了包括作用量子 h 的量子论。随后，1905年，爱因斯坦根据光电效应存在能量阈值的规律提出了在物理上更明确的具有能量为 $h\nu$ 的光子这一种基本粒子。1911年，卢瑟福根据金箔对于 α 粒子的散射实验结果，提出了有核的原子模型：正电荷集中在原子核这一微小区域之内，而外围则为电子所环绕。1913年，玻尔提出了量子论的原子模型，认为原子中的电子处于确定的轨道上，处于定态，在定态之间的量子跃迁则导致发光。玻尔用这种半经典的量子理论相当满意地解释了氢原子的线系光谱，面对着更复杂的原子光谱问题就遇到了困难。科学家需要改弦易辙，发展更全面的量子理论。1924年，德布罗意正确地指出，正如电磁波也具有粒子性质(光子)，而具有粒子性质的电子等也将具有波动性。1925-1926年，海森伯与薛定谔分别完成了量子力学的两种表述，矩阵力学与波动力学，强调了波动与粒子的二象性。电子衍射的实验结果证实了电子具有波动性，而量子力学的理论全面地解读了纷纭繁复的原子光谱实验结果，一举解决了原子结构的问题。随后狄拉克将非相对论的薛定谔方程推广到(狭义)相对论的情形，建立了狄拉克方程，为量子力学作了

重要的补充。这样，微观世界的物理规律终于确立。

2 当代情景

在量子力学确立之后，物理学进入了新的时期，这里统称为当代物理学。由于当代情景错综复杂，头绪繁多，难以用甚短的篇幅来进行概括。下面就以实验和理论这两条主线，对此作一粗略的介绍。

2.1 实验技术

20 世纪是实验技术突飞猛进的时期。早期卢瑟福的 α 粒子散射实验为随后的核物理与粒子物理的研究树立了样板。但技术上的改进是多方面的。轰击的粒子束有质子、中子、电子和各种离子等。30 年代初，中子被发现后，由于其散射截面大，容易引起核反应，受到学术界的重视。费米及其合作者系统地用中子来轰击周期表中不同元素，发现了一系列的核反应和新的放射性元素。1938 年，哈恩 (O. Hahn) 与迈特纳 (L. Meitner) 终于发现和确认铀的裂变。随后原子核裂变的链式反应得以实现，导致了裂变反应堆的问世。它为实验技术提供了新的手段，又为裂变能的军事与和平利用鸣锣开道。随后，轻元素的聚变提供了另一种核能源。聚变能的爆炸式的军事应用于 50 年代初即已实现，但可控的和平利用却经历了漫长的发展过程。两种方法，磁约束与惯性约束，虽则取得不

少科学成果，但作为能源，尚处于得失相抵 (breakeven) 的前夕，要点火尚需继续努力。

到 30 年代，科学家开始认识到天然放射性元素发射的粒子能量太低，束流也不够强，不能适应实验物理学的要求。在这种情况下，加速器技术就应运而生。早期有高压倍加器和静电加速器，主流是劳伦斯开创的回旋加速器及其变型。以后加速器的能量愈做愈高，技术愈来愈精。能量已从早期的 MeV 量级升高到如今的 TeV 量级。一代代的加速器为核物理和粒子物理的研究立下了汗马功劳，发现了几百种粒子。与之并行发展的还有粒子检测技术，从早期的盖革计数器、云雾室，到照相乳胶、气泡室、火花室和闪烁晶体列阵等。虽然技术的进展十分引人注目，但许多物理实验的基本思路，例如通过质子对高能电子的深度非弹性散射来论证质子具有夸克结构，仍然和卢瑟福的原型实验十分相似。值得注意，加速器与反应堆也被用于非核物理学以至于其他科学的研究，同步辐射和高通量中子源就是例证。

另一高速发展的物理科学领域是天体物理学。光学望远镜愈做愈大；射电望远镜是在第二次世界大战中由雷达技术推动而发展起来的，也朝向巨型发展；而依据射电望远镜发展起来的综合孔径技术也反馈