

科技馆中的现代物理知识

艾全生 陈晓明

我国现代科技馆是改革开放后诞生的科普教育设施，它以生动活泼的展示形式，先进的展览技术，丰富多样的、观众可动手参与的展品，使观众在一种完全开放和娱乐的气氛中体验科学，因此现代科技馆很快成为我国的重要科普设施。按照中国科协网上公布的资料，我国的科技馆数量已近 300 座，在这些科技馆中以物理学为主要内容的基础科学的展示内容占有较大的份量，这是由于科技馆发展历史和物理学的特点所决定的。

历史的回眸

现代科技馆是从博物馆，尤其或者更准确的说是工业技术博物馆发展演变而来，其详细过程与本文无关，就不详细说明，但有“三个人”和“三个馆”起了关键的创建作用，第一个是 1934 年米勒创立的德国慕尼黑的德意志博物馆，又称德意志工业精品与技术博物馆。他将馆内的静态展品装上电动机和按钮变为动态的展品，打破了当时博物馆的静态展示形式，他改造了展览的理念——让展品动起来，并且展品的操作要简明，便于观众操作；得出结果的时间要短（1~3 分钟）；现象要明确和连续；文字叙述不要太多，突出操作说明，这些原则一直到现在都成为科技馆展示的基本原则。

1937 年，法国巴黎大学的物理化学教授让·巴普蒂斯特·佩兰（1926 年诺贝尔物理学奖获得者）创立了巴黎发现宫，它是现代科技馆的首创，它的特点一是遵循了德意志博物馆米勒尽量使展品动起来的原则，为此把大学的一些实验装置经过改造搬进发现宫，成为观众可操作的展品；二是将大学实验室中的演示实验，通过艺术化的再创作变成有趣的科学表演，摆脱了当时工业和技术博物馆只注重实物展品的呆板展示。在深受观众欢迎的众多展品中以物理学的展品居多，尤其是力学、电磁学、光学、声学等方面的展品。一直到现在，巴黎发现宫仍然是世界上著名的科技馆。

1969 年，美国原科罗拉多大学实验物理学家弗兰克·奥本海默教授创立了美国旧金山探索馆，他的办馆特点是：馆内工作人员自己设计和创作展品；展品着重让观众参与并领悟科学的原理；展品通过

观众的反映不断改进。

以上三个馆可以集中反映现代科技馆从产生，到发展、变化，直至最后形成的过程，以上三馆也是世界上公认的现代科技馆的先驱。

物理学与“STS 教育”理念

现代科技馆不以实物收藏为重，而着力反映当代科学技术，以及对人类社会产生的影响；在展示手段上以动态展示为主，展品重在观众的参与，遵循的是“STS 教育”理念，即：科学、技术、社会这三者是密切联系、共同发展的。而物理学作为基础科学的重要组成部分，不仅对基础科学中的化学、生物学、天文学、地学和数学的发展起到了推动作用，而且对技术的发展也起到了至关重要的作用，并通过三次技术革命，大大提高了人类社会的生产力，促进了人类文明社会的发展。

经典物理学的建立和发展促进了第一次和第二次技术革命，从 1600 年英国皇家医生吉尔伯特开始用实验研究物理现象起，在伽利略倡导下，物理学采用近代的系统实验方法，发现许多新的现象和规律，在这个基础上建立起物理学完整的理论体系，即经典物理学，包括经典力学、声学、热力学、分子物理学、统计力学、光学、电磁场论等，标志着人类对物理世界认识的巨大飞跃，有力地推动了以蒸汽机的应用为代表的第一次技术革命和以电力的应用为代表的第二次技术革命。这两次技术革命大大提高了社会生产力，促进了科学与技术的发展，从而推动了社会的进步。

两次技术革命的产生，生产力的提高，社会的进步很自然地促使了作为科学技术社会教育形态的科技馆的诞生，由于现代科技馆的形成和发展是在 20 世纪 30 年代到 60 年代，所以把科学发展和技术革命的成果作为其主要内容就不足为奇了，而作为一种较为完整、成熟的经典物理学也就顺其自然地成为了其展示的主要内容，究其原因大致有以下几点：

1. 物理学是研究物质世界最基本的结构、最普遍的运动规律及其相互作用的学科，可以说涉及物质世界的方方面面，内容十分丰富，如：力学、电

现代物理知识

学、热力学、光学、声学等，为其科学普及提供了丰富的内容。

2.长期以来，物理学家在揭示客观世界的过程中形成了一套富有成效的科学思想和科学方法，以及他们对科学真理勇于探索的精神，为证实客观真理的实验手段，这些都成为创作物理学展品的源泉。

3.绝大部分非定量的物理学实验装置，其实验操作较为简单，实验结果也较为快捷，比较符合现代科技馆对展品的要求。

4.物理学中的声、光、电，能直接作用于观众的听觉、视觉，这两者是人类与外界信息交流的主要渠道，因此参观者易于接受这些信息。同时，各种声、光、电现象也容易引起观众的兴趣。

由于以上原因，以经典物理学为主要原理的展品很自然地成为科技馆的重要内容，在展品中占据较大的比重。

问题的提出

上述物理学的普及都集中在经典物理学上，从20世纪30年代到70年代，经过世界各国科技馆的不断创新和努力，已经形成了以力学、声学、光学、电学、磁学、热力学等为主要内容的各类形式多样的展品，然而量子论等代表的现代物理学内容的展品却为数不多。究其原因一是现代物理学形成和发展的时间较晚，从19世纪末到20世纪末仅100年左右的时间；二是现代物理学集中在物质微观领域，其原理不易表达，实验也较为复杂，结果不好表现。

现代物理学通常是指20世纪初开始发展起来的物理学，包括相对论，量子论等，是物理学的一个重要组成部分。相对论和量子论是现代物理学两大支柱。

现代物理学是19世纪末在经典物理学的基础上脱颖而出的，当时经典物理学理论体系趋于完善，一些物理学家认为物理学的发展已结束。但不断发现的新的实验事实动摇了经典物理学的基础。最典型的是电子和放射性的发现，迈克耳逊-莫雷试验的结果动摇了以太的观念以及黑体辐射的实验事实，它们与经典理论的预言严重不符。这些事实彻底否定了经典物理学关于世界由绝对不可分的原子和绝对静止的以太两种“原始物质”构成的观点，使物理学又一次经历了深刻的革命，诞生了现代物理学，并进而产生了爱因斯坦的相对论学说。

谁都未曾预料到，从此量子理论发展异常迅猛，

出现了许多量子理论的科学家，其中不乏诺贝尔物理学奖获得者。

现代物理学采用先进的实验技术对物质结构和特性进行深入研究所得的普遍规律和结论，带动了其他基础学科的研究和发展，有力地促进了信息科学、能源科学、材料科学等其他科学技术的发展，为以原子能、电子计算机、空间技术的应用为主要标志的第三次技术革命开辟了道路。

现代物理学与电子技术一起，成为20世纪科学技术的带头学科。按照“STS教育”的理念，在我国科技馆开展现代物理学的普及已迫在眉睫。

展区设计

据资料显示，美国旧金山探索馆曾经做过一件“黑体辐射”的展品，可算是量子论的代表展品，他们还编排过关于电磁力和弱力统一的小展区。在国内，虽然科技馆界多年来已有不少人在探讨现代物理学的展示内容，但是直到2005年左右，上海科技馆的二期内容才出现了相对论剧场、量子论剧场和模拟回旋加速等展项。

上海科技馆的相对论剧场对相对论作了比较直观的解释。根据相对论原理，随着速度的增加，时间会放慢脚步。一对双胞胎兄弟，哥哥去太空旅行6天，回来却发现弟弟已经老态龙钟，这就是有名的时光旅行的故事。故事的内容很精彩，展现的手法也非常神奇。似隐似无的剧中人物，让人仿佛置身于时间隧道中，又或者在奇妙的梦幻里。这个剧中的双胞胎兄弟是由管理员真人演出的，而其他人物则是通过多层幻影成像技术实现的。

2005年底，作者之一曾有幸受聘到厦门科技馆帮助建立新馆，在做总体策划时，作者建议在该馆的探索发现展区设立现代物理展示内容。根据国内外现代物理学的展示情况和作者对现代物理的了解，提出了一系列关于展示内容和相关的展品的建议。当初的指导思想一是不求多，要求精；二是按照现代科技馆对展品的要求，尽量做成观众可参与的展品；三是配合每件展品增加多媒体的解说，力求全面表达现代物理学的内容和原理。

根据上述指导思想，从以下几方面考虑，依次设计了各种展品：

现代物理学的三个重要理论 1.相对论，2.量子论（包括光的波粒二象性）；

三个重大的科学发现 1.X射线，2.电子，

3.放射线:

人类探索物质的科学方法及其过程(从大到小)
放大镜——显微镜——电子显微镜——加速器

整个展览力求通过所设展品向观众展示现代物理学的主要内容。

展品及原理

光子号飞船 该展品主要是用来解释爱因斯坦的广义相对论,因为广义相对论原理难以用实验装置进行展示,只能由观众操作后进入光子号观看多媒体展示资料来了解(图1)。

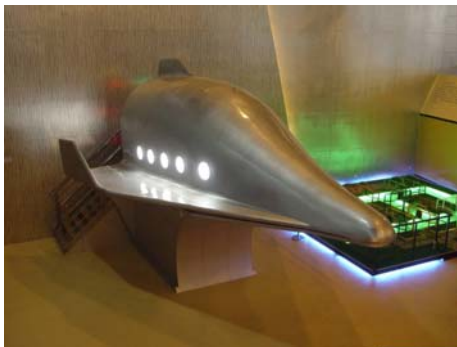


图1 光子号飞船

光电效应 光电效应由德国物理学家赫兹于1887年发现,对发展量子理论起了根本性作用,在光的照射下,使物体中的电子脱出的现象叫作光电效应。光电效应说明光必定是由与波长有关的确定的能量单位(即光子或光量子)所组成。这种解释为爱因斯坦所提出(图2)。

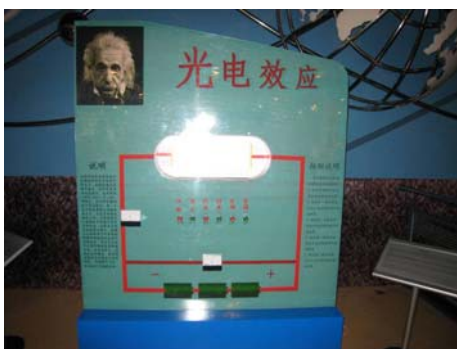


图2 光电效应演示实验

该展品采用模拟手段让观众通过操作,了解光的粒子性,了解电子在光的作用下逸出与光的强度无关,而与光的频率有关,从而证明能量的传递不是连续的。

波粒二象性 通过两个实验演示光的波动性

和粒子性。

1. 光的波动性 光的干涉现象是相同波长的光波相迭加产生明暗交替的条纹(单色光)或彩色相间的条纹(白光)。为使发生干涉的两束光波长完全相同,常将同一光源发出的光分成两束,当这两束光在空间经不同路程再次汇聚时,就会产生干涉现象。当干涉条纹是以接触点为中心的一系列明暗相间的同心圆环,称牛顿环(图3)。光的干涉现象说明了光的波动性。

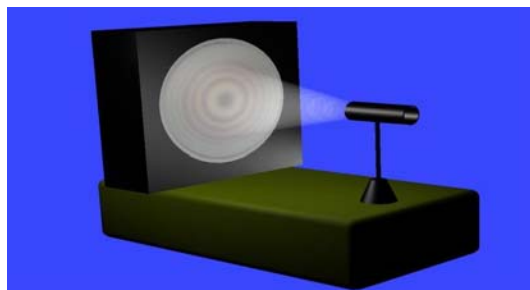


图3 牛顿环演示实验

传统的牛顿环实验装置如图4所示。这里采用的产生彩色干涉环的装置是一凹面镜,是用特殊材料的薄板压制而成,紧贴其表面附一层聚脂薄膜,薄膜靠凹面镜一面镀铝,另一面用粗细适宜的砂纸轻轻研磨,形成散射反射面。

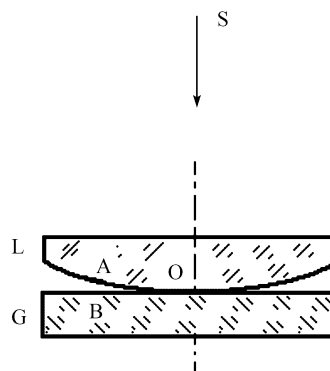


图4 牛顿环装置示意图

将点光源置于凹面镜前,从点光源发出的光射向凹面镜,光分别从膜层表面及底层镀铝反射回来,因从不同层面反射回来的光线存在光程差,反射回来的光会在凹面镜轴线的垂直平面内形成同心的彩色光环(图5)。

2. 光的粒子性 根据量子理论,光子具有动量。光子的动量(P)等于光子的能量(E)除以光速(c),

即 $P_{\text{动}}=E/c$ 。光照射到物体表面并被反射时，会对物体产生压强，这就是“光压”。光压是光的粒子性的典型表现。

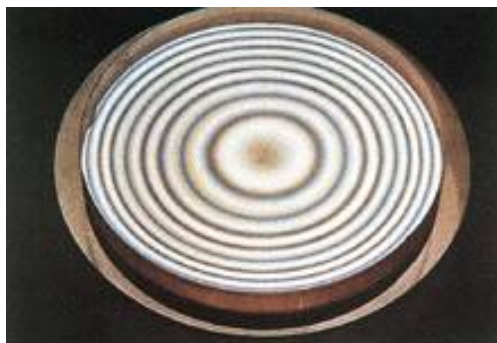


图 5 光的干涉现象产生的条纹

关于光有压力的探索最早可以追溯到 17 世纪。1619 年开普勒的猜想可以作为第一个涉及光压领域的论述，后来有众多实验物理学家试图以实验证明光具有压力。例如 1873 年威廉·克鲁克斯(William Crookes)就设计了辐射计(图 6)。

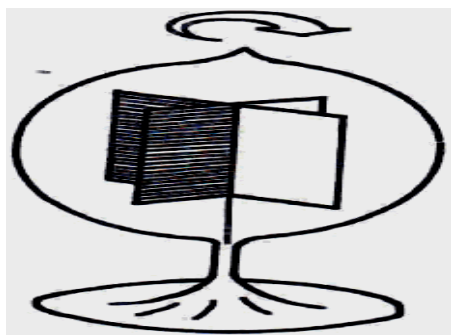


图 6 辐射计

在一个半真空的容器内有这样的四片金属叶片，它们都是一面涂黑，另外一面涂白，然后放置于针尖上。用光源照射它就会使它们开始旋转，克鲁克斯由此认为发现了光压。但实际上，这是空气分子的压力导致。

1899 年，俄国一个名叫彼得·尼古拉耶维奇·列别捷夫的科学家所做的一项划时代的实验证明了光的确能产生压力。图 7 是他的实验装置。列别捷夫的光压实验结果成为光量子学说的基础。

图 8 是利用现代手段重现列别捷夫经典光压实验的展品。观众按动电钮产生强光作用于金属小翼上，小翼受光压的作用发生转动，亲眼目睹光压的存在，从而证明光的粒子性这一科学原理(图 8)。

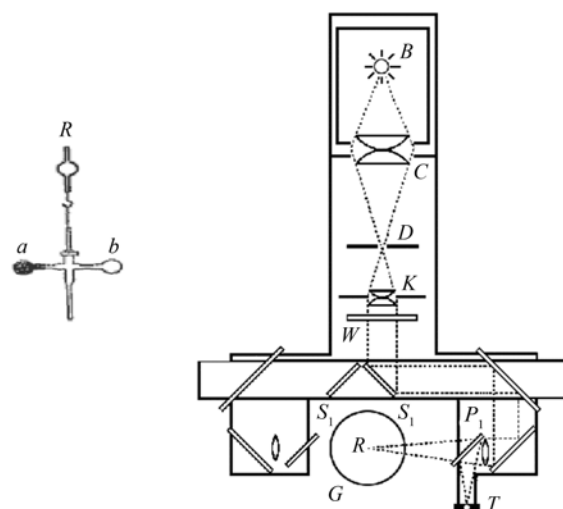
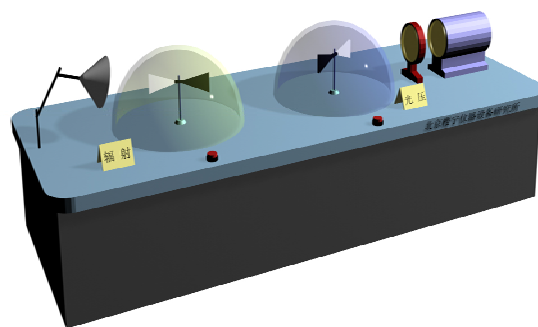


图 7 产生光压的实验装置



(a) 展品



(b) 示意图

图 8 验证光压的实验展品

X 射线的发现 伦琴于 1895 年发现了 X 射线，并为此获得 1900 年第一个诺贝尔物理学奖。后来，X 射线被广泛应用于晶体结构的分析以及医学和工业等领域。对于促进 20 世纪的物理学以至整个科学技术的发展产生了巨大而深远的影响。

该展品通过模拟的手段让观众看到 X 射线下的图像(图 9)，从而了解到 X 射线的重要特性——穿透性。



图9 X射线模拟展品

电子的发现 1897年汤姆生通过发现电子获得诺贝尔物理奖。他从事的研究对物理学的发展有重要影响。例如：研究阴极射线导致了电子的发现，研究正（离子）射线，导致了质谱仪的发明和同位素的研究；研究原子模型，为卢瑟福发现原子核和玻尔发展原子理论开辟了道路。

该展品展示了阴极射线的磁效应和机械效应（图10）。示磁效应演示了阴极射线在磁场内发生偏转的现象，说明阴极射线是从阴极发射出的带电微粒流。示机械效应演示了阴极射线使物体发生机械运动的现象，说明阴极射线具有动量和能量。展品在演示时，圆片电极发射阴极射线，投射到涂有荧光物质的翼轮上，翼轮受阴极射线照射的一面便发出荧光，小翼轮顺着阴极射线运动的方向滚动，到达另一极时阴极射线改变运动方向，翼轮的运动方向也随之改变。这说明阴极射线是一束微粒流，具有一定的动量和能量，并能把它传递给受照射的物体。

展品针对物理学内容的阴极射线磁效应和机械效应，合二者为一体，制作成一件展品，使观众在动手操作展品的时候，通过观察和对比，了解到阴极射线的产生、在磁场内发生偏转以及具有的动量和能量，从而掌握相应的物理学知识。

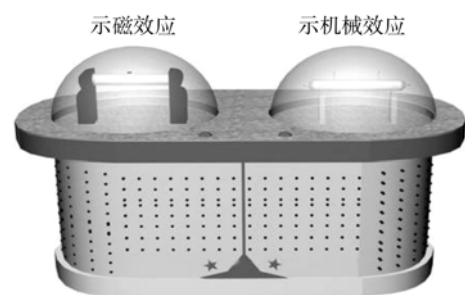
放射线的发现 1895年X射线的发现，1896年放射性的发现和1897年电子的发现，被并称19世纪末物理实验的“三大发现”，标志着现代物理学的开端。

众所周知，整个地球、乃至整个宇宙的一切自然物质，实际上都是由103种天然元素（不包括人造元素）组成的。在103种天然元素中，有一族元素具有放射性特点，被称为“放射性元素族”，所谓“放射性元素”，是指这些元素的原子核不稳定，在

自然界的自然状态下不断地进行核衰变，在衰变过程中放射出 α 、 β 、 γ 三种射线和有放射性特点的惰性气体氡气。



(a) 实验展品



(b) 实验示意图

图10 “阴极射线”演示实验

我们人类和一切生命所赖以生存的地球的成分中始终存在着天然的放射性物质。放射性元素被广泛利用在许多方面（原子核电站、空间技术、医疗技术、同位素技术等）为人类服务。展品通过实物射线探测器对不同的建筑材料放射性的探测观察（图11），揭示地球上的一切自然物质中都含有不同数量的天然放射性元素。使观众认识到自然界本来存在的放射性辐射并不可怕，只要我们能够正确地认识它和科学的应用它，就绝不会危害人类的身心健康。

现代物理学展区 整个展区包含了人类探索物质的科学方法及其发展过程，即：放大镜——显微镜——电子显微镜——加速器（图12）。

物质的构成之谜一直是人们探索的重要课题，探索的过程是曲折复杂而且艰难的。这一课题成果的取得一方面得益于科学知识的积累；另一方面得益于实验方法的改进和突破。展示探索物质构成之谜的研究方法和实验的演变过程，不仅可以向观众

普及科学知识,更能够让观众体会到人类探索客观世界过程中的科学精神、科学思想和科学方法,从而达到科技馆的教育目的,这是现代物理学展区布展的设计思想。



图 11 射线探测仪(展品)

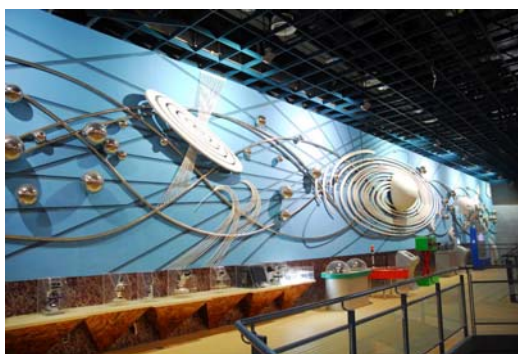


图 12 现代物理学展区

我们的祖先在古代就提出了“五行”、“太极”等观点;古希腊人提出水、火、空气和泥土是构成万物的基本元素。由于科学技术的落后,古人的认识只能停留在猜想上。

人类深入了解物质结构和分子结构,得益于显微镜的发明和改进。1671年,荷兰人列文虎克发明了光学显微镜,虽然与观察分子层次的物质结构还相差很远,但为研究物质结构提供了非常重要的思想方法。1932年卢斯卡和克诺尔制造出了世界上第一台电子显微镜,成为研究分子结构的有力工具。1981年,国际商用公司位于瑞士的苏黎世实验室里,罗雷尔和宾宁发明了可“看见”原子的显微镜,即扫描隧道显微镜。这一成果终于使人们直观地“看”到了原子、分子的真面目,也为纳米技术的出现奠定了基础。

但无论显微技术如何高明,也解决不了原子内

部结构的问题,进一步研究原子内部的结构必须依赖新的实验方法。自从汤姆孙发现了电子,就揭开了研究原子内部结构的序幕。1919年卢瑟福用粒子轰击氮原子,打出了质子,由此人们开始认识到利用实验加速粒子向原子轰击是研究原子核结构的关键。1931年美国普林斯顿大学的范德格拉夫发明了一种能有稳定输出的高压发生器,建造了第一台加速器。1932年欧内斯特·劳伦斯在美国伯克利大学建造了第一台回旋加速器。借助加速粒子轰击(或对撞)的方法,科学家基本认识了原子结构、原子核结构。这种研究方法的意义不仅仅在于发现了原子的结构,更重要的是提供了一种研究物质微观结构的思想方法,在物质结构的探索历程中具有划时代的重要意义。

该展项与其他展项的不同之处在于该展项是由一系列展品组合而成,任何一件单独展品都不能够达到展示和教育效果,这也是科技馆展览设计创新的一项有益尝试。当前,科技馆展品设计的发展趋势已经开始强调以“故事线、知识链”来连接展品,使展品不再像以前一样都是独立的,而要尽可能地以“组”来展示,提高观众的兴趣,从而达到更好的教育效果。

“物理乃万物之理”。物理的创新与发现对科学技术的进步起着举足轻重的作用。现代物理促进了100多年来科学技术的飞速发展,彻底改变了我们的生活。

科技馆是面向公众弘扬科学精神,普及科技知识,传播科学思想和科学方法的重要阵地,是实施科教兴国战略、建设社会主义先进文化的重要基础设施,对促进公众科学文化素质的提高有着独特的、不可替代的作用。希望通过本文能够引起读者对于科技馆的关注,以及对科技馆普及现代物理知识的关注,让更多的人对现代物理知识产生兴趣。虽然现在国内科技馆中展示现代物理知识的展品并不多,但是随着科技馆事业的不断发展,必然会出现更多、更好的展示现代物理知识的展品,这也是作为一名科技馆工作者努力的方向。

(中国科技馆 100029)

本文获“我心目中的现代物理”征文优秀奖