

物理学：A Source of Power for Man

曹则贤

《现代物理知识》杂志的编辑们计划在 2010 年刊载关于“学物理能做什么”的系列文章，指定我也写一篇凑热闹。这让我想起在 2006 年中央电视台《对话》栏目的某期节目中，主持人也问过我类似的问题，不过问题的表述是：“学物理的人，如果日后不做专门的物理研究，能干什么？”我记得当时我的回答是：“这个问题应该换个问法：‘一个人，如果他学会了物理，还有什么他不能干的？’”

在试图回答“学物理能做什么”之前，我想回答一下“物理学是什么”也许是有益的。记得有一本书《数学是什么》，影响了一代又一代热爱数学的人们。这本书给了一个关于几乎整个数学的框架知识的介绍，但并没有直接回答这个问题，或者说答案就在书中——你读懂了书，就明白了答案。最近，在阅读中我遇到了对“医学是什么”的回答。有本医学书上这么说，医学是一门不确定的科学和什么都可能的艺术。参照上述观点，我对“物理学是什么”的回答是：物理学是一种什么都想理解的渴望，或曰野心！当然，在达成理解的基础上，凭借物理学我们创造。

一、物理学的威力

物理学的本意是关于自然的学问。它的研究对象几乎包含一切事物，具体的与抽象的，如今甚至衍生出社会物理学、金融物理学等应用学科来。从空间来说，它涉及的尺度大小从 10^{-15}m 到整个宇宙（据信因为暴涨的原因约是 465 亿光年，为什么是这么个数据，我确实不懂），分辨率已高达 10^{-11}m ；从时间来说，它涉及的尺度是宇宙的年龄（据信约是 10^{17}s 或 137 亿年），分辨率已经进入 10^{-18}s ，由此可见物理学野心之大。面对这样至大至微的空间与时间尺度，面对宇宙中无穷无尽的、更多是超出人类理解力与想象力的复杂现象，物理学家们从自己的心灵里彻底消除了傲慢，从而变得敬畏自然、谦逊、平和。

物理学的威力之一端在于凭借物理学知识而能获得的预言能力。试举几例。玻尔兹曼凭借其热力学知识和统计学知识，笃信原子论，并基于原子论假设解释热力学。在他 1906 年去世后不久，卢瑟福

于 1909 年给出了原子核模型；1926 年他的学生薛定谔给出了描述微观世界的量子力学方程，他的女学生 Lise Meitner 参与发现了原子核裂变；约在 1986 年人类终于“看见”了原子。1915 年在他自己构造的广义相对论的基础上，爱因斯坦预言光线经过太阳附近会因为太阳的引力而弯曲；1919 年的日全食时观测证实了这一点。1926 年狄拉克根据他自己提出的相对论量子力学方程，预言了正电子的存在，1932 年正电子即被发现。1930 年泡利根据能量守恒定律预言中微子的存在，1956 年中微子被发现。这样的例子还可以继续开列下去。

物理学的威力还表现在它的创造力。对热力学研究导致了蒸汽机的出现，人类从而有了轮船和火车。对摩擦和闪电的理解和对磁铁的理解开启了人类电磁学的研究，其成果是电动机和发电机的发明，此后一直发展到今天的这样一个几乎全靠电力支撑的现代化社会（图 1）。关于电子发射的研究和无线电研究让我们有了电视。磁性材料和半导体的研究为我们带来了取代纸张的新型信息载体，随着存储密度的不断提高，现在一个硬盘可以轻松装得下一个图书馆的存书。过去人们夸奖学问大，用“学富五车”来形容。粗略算一下，五牛车的竹简上所刻的字，在一个 U 盘上的占用空间几乎为零。



图 1 从摩擦生电到电气化时代，是物理学让这一切成为可能

我们居住的地球每天都出现白天和黑夜。黑夜让人恐惧，因此人们渴望光明，渴望拥有自己可以操控的光源。如何获得可靠的、有效的、能满足不断增长的要求的光源，便成了物理学的一大追求。三百多年来，物理学在理解光的本质和创造光明方面创造了一系列奇迹。白炽灯、各种放电灯、发光二极管、激光光源相继问世（图 2），且其功能已经

现代物理知识

远超出照明的范畴。20 世纪 60 年代出现的激光，是人类文明史要重重书上一笔的发明。激光可以用于加工制造、医疗、测量、诱导核聚变等等，特别地它还可以用来传输和读取信息。对白炽灯发光效率与温度关系的研究，导致了量子力学的建立；而量子力学，作为 20 世纪两大物理学支柱之一，对人类思想和生产活动所产生的影响是无法估量的，以至于量子变成了过于常用的修饰词。发光二极管属于冷光源，可以被设计出指定的光谱而几乎不发热。冷光源全面承担起照明的任务指日可待。对光的本质的理解，是相对论和量子论得以被构造的原动力之一，这些以及建筑在其上的知识让人类把想象力、探测器甚至足迹送到宇宙的深处。

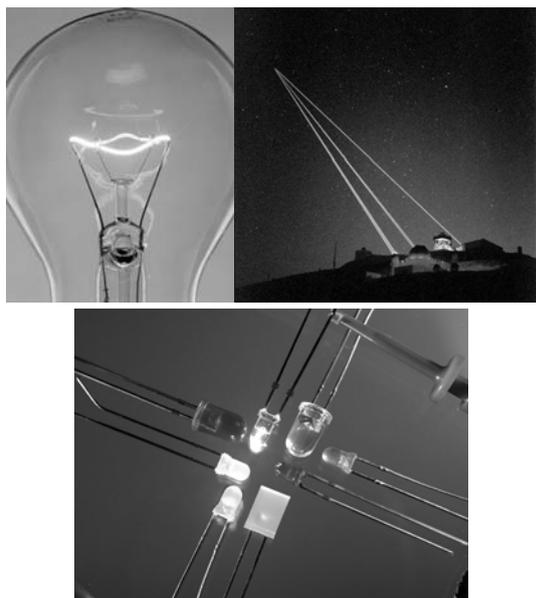


图 2 白炽灯、激光束和发光二极管

物理学改善我们生命的质量。仅就热力学现象的认识所带来的温度的概念和温度测量的实现，就不知道挽救了多少生命。光学成像原理的研究让许多人的视力问题得到精确的校正。X 射线透视让骨骼损伤、肺结核之类的组织变异一目了然，而近些年才普及的 X 射线 CT 扫描、核磁共振等技术则让诊断具有无损、精确、多维等特点（图 3），让发生在颅脑部、椎体部等活检取材不易或不可能的疾病得以快速诊断。此外，分子水平上的药物设计和制造得以实现的关键物理技术是大质量探测范围的质谱仪。在各种物理学设备更多地进入疾病诊断领域的时代，显然对医生进行充分的物理学培训（从设备原理的角度）是必要的。2007 年发生在杭州的记

者到几家医院踢馆的事件，反映的基本事实是，现代医生对其使用的诊断仪器显然缺乏起码的认识。



图 3 X 射线造影和 CT 扫描技术让伤病诊断可视化、量化

物理学的成果无疑还是改变世界形态的主要力量，它改变战争的方式、生产的方式和生活的方式，并最终改变国家和整个人类社会的组织形态。这种改变得以实现的关键之一是通信技术的发展。循着有线广播、电话、电报、微波通信、光通信、互联网的路径（图 4），人类的通信能力迅速加强，从而使得人类的空间距离感迅速缩小。太多的未来的事务将自然而然的是全球性的，而不再局限于某个国家和地区。这里面用到的技术几乎清一色来自物理学的研究，其中的互联网技术最早是要为核物理、粒子物理实验室之间实现快速数据传递而开发的，其实现的物质基础来自半导体科学的成果。2009 年诺贝尔物理学奖授予给在“光纤通信中用到的光在纤维中的传输方面做出突破性进展（for ground breaking achievements concerning the transmission of light in fibers for optical communication）”的物理学家，算是对此论述的一个佐证。航天科技、天文学和天体物理方面的研究则彻底改变了人类对人类—自然关系的认识。

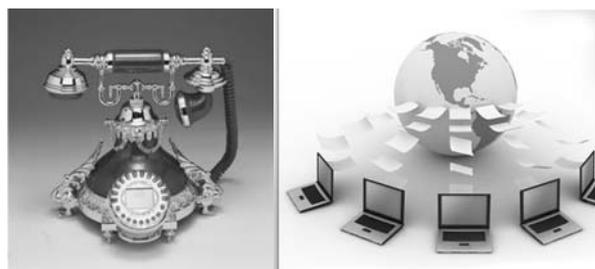


图 4 从电话到互联网，物理学带来的通信技术革命导致人类社会形态的革命

物理学还是攸关人类未来的科学。人类的美好生活伴随着持续增加的能源需求，自然也伴随着对环境不断增加的负担。如何为人类的发展提供可靠

的能源保障？如何理解人类生活与地球自然环境之间的互动关系，如何理解、探测甚至预告自然灾害的发生，以至能有效地避免危害人类之大灾害的发生？解决这些重大问题是物理学的应有之义。以能源问题为例，人类能源问题的解决依靠太阳能的充分高效利用。如何操控太阳光谱，如何高效捕获阳光、如何将光子转化成分离的载流子，如何将电荷引导到电极从而形成太阳能电池，如何提高转化效率，如何储存太阳能电池提供的电力，等等，都要依赖物理学为其提供有效的答案（图5）。相关产业的发展不仅是要解决人类未来可持续发展的长远问题，在短期内它也是大量技术型、知识型工作岗位的提供者。



图5 太阳能电池阵列。仅仅是列出这样的—个太阳能电池所涉及的物理学知识，可能就需要一本厚重的书

二、物理学与人

物理学对其修习者的影响，仅就日常生活而言也是可观的。他们保持着对自然的好奇心，因而有观察生活的习惯并且懂得欣赏。看见一只蝴蝶，他们赞美它的优雅身姿的时候，可能会想到是飞行这种运动要求它的严格镜面对称，而爬行类动物的体型对镜面对称的要求就可以含糊一点。他们可能会想到蝴蝶的斑点是某种非线性动力学过程的结果，它那五彩的颜色可能不是因为装点了某些色素而是因为翅膀上的光子晶体结构，等等（图6）。看到了海边大片的六角石柱，他们会想起 Bernard 不稳定性，知道这是在适当的条件下火热的岩浆倾入冰冷的海水中自发形成的。他们知道为什么它是六边形的，知道这个形状和石头的化学成分与微观结构无关（图6）。他们对周围的世界会因理解而赞美，因不理解加重了好奇，而为了满足好奇心又去探究所以很少表现出很无聊的举动。或者说，他们因为理

解了一小部分世界所以从容，因不理解绝大部分的世界所以大部分时间都显得专注于某些事情。就是猫在家里，他们大多也会修理个灯管、煤气灶或者孩子的电动玩具什么的。这不仅省钱和方便，还让他们在孩子心目中赢得一份尊重。



图6 蝴蝶和六角石柱方阵
物理学家的眼里，它们有更多的神奇内容

文化的最后成果，是人格。物理学与人的交互作用会导致对物理学家人格的塑造。那些真正投入了物理世界的真正的物理学家们，因为有信仰有追求，因为领略一些自然的伟大与神奇，所以他们的外部的动作和内心世界都能显示出一份从容、深邃、祥和（图7）。不是他们刻意追求深邃，而是物理学让浅薄于他们已经成为不可能。



图7 狄拉克（左）与费曼（右）在交谈

还是那句话，文化的最后成果，是人格。检视一下一些伟大物理学家的言行，我常常会为他们的

人格魅力所感动。因为他们的事业是究问自然的追求，是为了整个人类的智慧与幸福，这常常让他们的身上有了神性的光芒，他们的作品里也时常会表现“个人对着整个人类的精神与心灵言说（man speaks to the spirit and heart of mankind，引自 Carl Gustav Jung）”的意境。德国哲学家康德也是一位伟大的物理学家，最先提出了星云假说（nebular hypothesis）。康德曾说出过思想史上最气势磅礴的名言之一：“有两种东西，我对它们的思考越是经常和持久，它们越是以崭新的、不断增长的惊奇和敬畏充满我的心灵，这就是我头顶的星空和内心的道德律令（原文见 *Kritik der practischen Vernunft*, p.288）。”这样的气势自然来自他的事业追求的本质与习惯：仰望苍穹同时内省。第谷（Tycho Brahe）对行星运动的不断观察导致了开普勒三定律的发现，这使得牛顿力学的出现成为必然。后人为第谷所立的、采“仰望苍穹”姿势的纪念雕像（图 8），与其说是对其事业的描摹，勿宁说是对其内心世界的写照。一个真正的物理学家，怀着造福人类的理想究问自然的奥秘，其内心采仰望苍穹的姿态恐怕是一种必然。那些把 Facing Up 理解为仰脸去贴达官贵人屁股者，倘若头上也顶个物理学家的名衔，怕也只是个幌子，当不得真的。

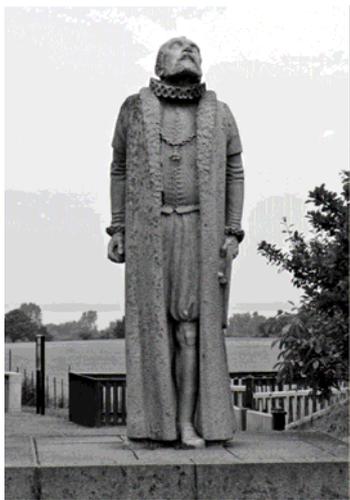


图 8 第谷的雕像：仰望苍穹

三、物理学习与职业

在说了那么多大而化之的泛泛之论以后，也许回到具体的小事上或许更有说服力。我大学本科期间（1982~1987）的同班同学，虽然至今还没人对物

理学有什么实质性的贡献（惭愧！），但是在几乎所有人的身上都可以看到曾经的物理学训练对我们的事业和生活的正面影响。除了一些人成为物理学教授、化学教授、高科技公司主管之类（属于应有之义）以外，还有人成了心理学教授、眼科专家、银行行长。无疑地，哪怕仅仅是五年的大学物理课程都让我们终生受用不尽。说物理学知识有助于任何一项事业并不为过。

然而，具体到某个人，学物理到底能做什么？Well，学学看吧，等你学会一些你就能明白了。再说，在未来由技术全面支撑的现代化社会里，你反正得掌握一定的物理学知识，不是吗？

（中国科学院物理研究所 100190）

1. 取《物理学：A source of power for man》这样一个题目，是想说物理学是掌握了物理学知识的个人之力量源泉，也是掌握了物理学知识的整个人类之力量源泉，但用中文想表达清楚，题目就显得太长了。若取“物理学的威力”这个题目，一来“威力”太显刚猛，二来威力不足以和 power 对等。英文的 power 有能力、精神（spirit）以及神性(divinity)等意思，而这才是本文想表达的。

2. 本文所用图片来自互联网，所有权及名誉归原作者。



作者简介

曹则贤，中国科学院物理研究所研究员，中科院“百人计划”入选者。主要研究领域包括低温等离子体、薄膜生长机理、新材料探索、纳米结构发光、空间材料科学等。

封底照片说明

去年北京时间 10 月 9 日 19 时 31 分，美国宇航局的“半人马座”上面级火箭及“牧羊人”月球坑观测与传感卫星先后撞击月球南极附近的一个陨石坑。这次撞击的主要科学目标：研究测绘和了解月球表面的情况；探测未来可能的月球着陆点；勘察月球表面永久阴影区的水资源，验证克莱门汀和月球勘探者探测器对月球水冰资源的探测结果。

从 2006 年开始，欧洲空间局、印度、中国、日本、美国的月球探测器接连撞向月球，特别是这次美国双击月球，更是把撞击月球活动推向一个新的高潮，受到人们的普遍关注。

（李 之）