

物理通报

庆祝出版30周年

物理是一种文化

郝柏林

(复旦大学物理系和理论生命科学研究中心 200433;中国科学院理论物理研究所 100190)

(收稿日期:2012-05-22)

说明:本文基于作者 2011 年 12 月 13 日在澳门举行的两岸四地物理教学研讨会上的发言,删去了可能涉及版权的图片,内容也略有增减.

当 19 世纪后半叶物理学从西方传入中国时, metaphysics 已经被翻译成形而上学,于是有人把 physics 称为“形而下学”. 不过后来还是从日本译文借回来源于中国的“物理”一词. 日文翻译是受到庄子《知北游》中一段话的启示:“天地有大美而不言, 万物有成理而不说. 夫圣人者原天地之美,而达万物之理.”原来我们物理工作者就是探求世间万物的道理,追溯自然之美的圣人!

其实物理二字在中国文化中源远流长. 李政道先生多次引用杜甫的诗句“细推物理须行乐,何用浮名绊此身”,那涵义是比较宽广的.《淮南子·览冥训》说“耳目之察,不足以分物理”;耳听是虚,眼见也不一定是实,必须要有仪器观测和理论思维,才能深入事物的本质. 近代爱国华侨领袖陈嘉庚先生,为了不占耕地而把自己的坟墓修建在填海而成的小岛上. 厦门集美鳌园陈嘉庚墓园的石刻浮雕反映了先生的教育观念,特别是墓碑背面有一幅对联说“海潜空飞齐物理以



图:颐和园万寿山铜亭出口处的牌坊(作者摄)

归一,天造地设合人力而成三”,更是融合了老子“一生二、二生三、三生万物,地法天、天法道、道法自然”的思想. 在北京颐和园万寿山铜亭出口处,一幅对联的下联说“物含妙理总堪寻”,也是鼓励人们去探究事物的道理(见图).

物理学是讲道理的学问

物理学其实很简单,它只有很少几条大道理. 这些大道理不能够证明或推导,只能从实验中总结概括出来,它们的各种推论要受到实践检验. 学习物理学,就是要学会用少数大道理,讲明白许多小道理. 物理学教导我们寻根溯源,追求真理. 物理学帮助我们不盲从、不迷信.

物理学又是方法论. 它训练我们从事实和数据出发,去发现问题,解决问题. 物理学教我们分清主次,善于抓住主要矛盾,不被细节引入歧途. 物理学还教我们做到“心中有数”. 但是,要特别注意,不要把中学物理变成算术习题集. 要启发学生们自己去提出问题、想清道理. 举一个小例子. 有一个常见的问题是:一个人要在平面镜里看见自己的全身,那镜子至少要多高? 标准答案是人身高的一半. 如果有一个学生说,镜子可以更短,只要把它倾斜一些. 这答案是对还是错? 我看应当给这个学生加分.

在日常生活中可以提出许多问题. 例如,为什么在地球上谁也没有见过像足球那么大的雨滴? 参天乔木到底可以长多高? 电子计算机最快可以算多快? 电子元件最小可以做多小? 为什么从前修铁路要在钢轨间留下缝隙? 为什么现在又把许多条钢轨焊接到一起? 只要抓住一个现象,连续问几个为什么,许多物理学家也会回答不出来. 善于观察现象、提出问题,思考和寻求解决途径,这比死记硬背标准答案重要多了.

物理学是一门历史科学. 一部《普通物理学》的目录,就是一份物理学史提纲. 历史和逻辑的一致

作者简介:郝柏林(1934 -),中国科学院院士,主要从事理论物理、计算物理、非线性科学和理论生命科学研究.

性,在物理学的发展中表现得极为清楚.物理学的发展不断克服着人们的保守和偏见.从“热素”学说原子和分子的运动,从能量守恒到宇称破缺,新的物理观念影响着人类对自然和社会现象的认识.一直到 20 世纪初,当时最著名的某些科学家无论如何不能接受原子和分子的存在,而对于现代孩子们,原子和分子好像是与生俱来的自然观念.正如老物理学家普朗克说过那样,新的科学真理向来不靠说服反对者取胜,而要等反对者去世和接受真理的新一代成长起来.物理教学的任务之一就是把真理传授给成长中的新一代人.

物理学是多门自然科学的基础

许多自然科学的学科要经过物理学去“搅和”一番,才最终成熟起来.化学是很好的例证.化学价、化学键、亲和力、周期表、……到 1900 年这些词儿差不多都已经出现,但是说不清背后的原因.一直到量子力学阐明了氢原子、氢分子和原子构造,明白了填满和不满的电子壳层、成键和反键轨道这种种概念,化学才有了坚实的基础,走上独立发展的道路.

生物学正在经历着类似的过程.生物是物,生物有理.我们只举一个例子.不要以为轮子是人类特有的发明,只有哪吒才会脚踏风火轮行进.生物细胞里就有许多精巧的分子马达.生物化学反应所需能量,储存在一种叫做三磷酸腺苷(ATP)的有机分子的磷酸根里.提供一次能量之后,它变成二磷酸腺苷(ADP).把 ADP 重新变成 ATP 的“充电器”,就是由一批蛋白质组成的分子马达.一台直流电机可以双向运作,供电可以转动,转动可以发电.一个分子马达也可以双向运作,供给 ATP 时发生转动,转动起来可以把 ADP 变成 ATP.大肠杆菌的鞭毛借助蛋白质组成的一个滚柱轴承插在细胞膜里,那是尺寸更大的一个马达.许多生物分子机器,会在热涨落上“冲浪”,不利时暂停片刻,有利时往前跳一步,完成适应某种“目的”的定向运动.

1953 年 DNA 分子双螺旋结构的发现,依据了 X 射线结构分析的成果.1977 年发明的 DNA 化学测序方法,开启了基因组时代的大门^①.投资 30 亿美元、历时 13 年(1990~2003)才基本完成的国际人类基因组计划,在不久的将来依靠新兴的物理测序技术,或许可以在不到两周之内,以低于 1 千美元的

成本完成.多种物理测序方法的原理,例如目前呼声甚高的“纳米孔”技术,来自与测序无关的其他试验领域.人类社会长远未来的生产,将是包含自组装、自复制、自学习、自调控、自诊断、自修复、自动再利用的“生物式”的生产过程.物理学和生物学的互相作用,一定会带来意想不到的科学和技术进步.有志于物理学的年轻人,应当把眼光从“死物”扩展到“活物”.

物理学是技术进步的源泉

每一个时代都有自己的“高新”技术.19 世纪的高新技术如制冷、真空、照明和电机,20 世纪的高新技术如原子能、半导体、激光、计算机和基因工程,它们都诞生在安静的科学实验室里.它们是科学革命的产物,而不是技术革新的后果.“于无声处听惊雷”乃是科学革命的正道,人类的好奇心和并不追求“经济效益”的科学实验起着巨大的推动作用.

电动机没有出现在内燃机制造厂里.18 世纪的蒸汽机、汽船,19 世纪初出现的蒸汽机车,全是“外燃机”.蒸汽动力的传输靠天轴、地轴和皮带轮,距离极为有限.1792 年出现了没有压缩阶段的内燃机.19 世纪初明白了压缩阶段的重要性和卡诺循环分析,热力学开始发展.如何提高内燃机效率,曾是当时的核心技术问题.与这些当时生产中的迫切问题似乎没有任何关联,新的科学和技术革命已经在安静的实验室里萌芽.

1819 年奥斯特(H. C. Orsted)偶然发现电流引起磁针偏转.安培深入研究,发现平行和反平行电流的相吸和相斥.1820 年 9 月,安培在法国科学院做了报告.那时有人反对说,“已知电流和磁铁相吸,已知磁铁和磁铁相吸,所以电流相吸不是新发现”.安培的一位支持者从裤袋中掏出两把铁钥匙说,“已知钥匙和磁铁相吸,已知磁铁和磁铁相吸,但是钥匙和钥匙不相吸”,因此电流和电流相吸相斥是新发现.整个 1830 年代法拉第从事的电磁现象研究,在二三十年后导致了电动机和发电机的发明.1882 在慕尼黑电气展览会上,展出了一条长 57 公里的 2 千伏输电线,在 1891 年法兰克福博览会上就有了长 175 公里的 25 千伏三相交流输电线.天轴、地轴和皮带轮后来只能在一些落后的工厂和老电影里看到了.

^① 可以参看:郝柏林.基因组测序永无止境的根本原因.《科学》杂志,2011 年第 63 卷第 5 期,5~10.

热机研究的一个副产品是真空技术的进步. 真空技术加上日渐成熟的发电技术, 自然导致白炽灯的发明. 1881 年首次由发电厂向伦敦供电, 伦敦的照明街灯改用白炽灯泡, 但是还保持了原来汽灯的外形. 蜡烛和油灯曾是人类的主要照明工具, 一定有不少人研究过改进它们的效率. 但是, 电灯泡没有诞生在蜡烛作坊里. 谁能想到对充有微量水银、钠蒸气或其他元素的玻璃管里五光十色的真空放电研究, 不仅导致了 X 光和放射性的发现, 还最终催生了量子力学.

19 世纪中叶, 当电磁现象的研究开始“转化”为生产力时, 麦克斯韦却在自己的书房和实验室里, 比照流体运动, 试图把从安培到法拉第的试验结果加以数学概括. 在 1873 年出版的集大成的两卷专著《论电和磁》^② 中, 他甚至没有使用现在人们习以为常的矢量表示(事实上, 他当时热衷于后来并不成功的四元数), 而是为 20 个变量写下了 20 个方程. 他清楚意识到这些方程的重要性, 专门用大写英文字母(A), (B), ……为它们编号, 而书中其他公式都用数字排序. 要从这样繁琐的公式中看出来, 存在着以光速传播的电磁波, 确实需要有一个天才的头脑, 而更重要的是赫兹在 1888 年用试验证实了电磁波的存在. 赫兹用来检验电磁波折射规律的那个 1 吨多重的沥青三棱镜, 至今还陈放在德国卡尔斯鲁大学物理系.



图: 发明无线电报后不到 10 年的军用移动电台(引自 1906 年出版的一本英文书)

电磁波很快被用于无线电通讯. 同在 1895 年, 意大利的马可尼和俄国的波波夫分别独立地发明了无线电报^③. 1906 年出版的一本讲述无线电报技术的英文书^④ (见图) 曾经没有偏见地提到这两个人的贡献. 然而, 随后的发展却清楚反映了环境和社会的

差别. 马可尼到英国去寻求资本支持, 成立了马可尼公司, 他同布劳恩一起获得 1909 年的诺贝尔物理学奖. 波波夫后来做了彼得堡电工学院的院长. 1905 年彼得堡城防司令召见波波夫, 要他制止学生的革命活动, 被波波夫拒绝. 几天后, 他因脑出血去世.

无线电技术最初并没有自己的元器件, 都是临时利用各种物理效应(莱顿瓶放电、金属细粉检波、平板电容器). 后来才有了专门为无线电服务的真空管工业. 第二次世界大战期间的美国军队, 装备了清一色的 6J5 金属壳电子管, 整流、检波、低放、中放、高放都用它, 坏了可以随便抓一个插上. 为了适应超高频的要求, 管子做得越来越小(见图), 连管脚之间的寄生电容都会导致信号漏失. 然而, 真正解决的新器件来自半导体, 可半导体器件并没有出现在电子管厂里.

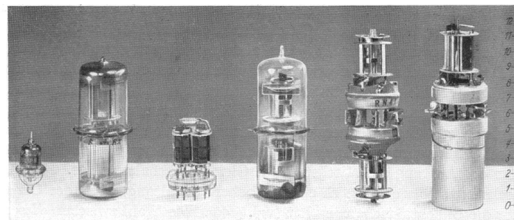


Abb. 165. Photo von Gegentaktverstärkerröhren, welche aus zwei Elektroden-systemen bestehen, die parallel (dritte von links) und koaxial angeordnet sind. Ganz links eine Knopptode. Rechts cm-Skala.

图: 电子管越做越小(引自 1939 年出版的一本德文著作)

有一种流传颇广的说法: 科学“转化”为生产力的速度越来越快. 在一本印量巨大的书里^⑤ 举半导体为例, 说“1948 年发现半导体, 1954 年生产出半导体收音机”, 这是无视历史事实的杜造. 从 1811 年发现硅、1850 年把硫化银电阻随温度上升而降低作为半导体的判据、1886 年发现锗, 到 1930 年代量子理论对固体电子性质的解释、1947 年发明点接触晶体管、1950 年发明结型晶体管, 还没有到半导体收音机, 已经跨越了近 140 年.

我们花了不少笔墨概述物理学史上的一些事件, 特别是前文给“转化”二字加上引号, 是因为中国传统文化的弱点, 至今还在限制着现代科学的发展. 科学与技术不是一回事. 科学, 特别是物理学, 不断扩展着人类的世界观、方法论和自然观; 科学的内容与作用远远多于“生产力”. 中国有着把科学与技术

② James Clerk Maxwell. A Treatise on Electricity and Magnetism. MacMillan & Co., Publisher to the University of Oxford, London, 1873.

③ 可以参看: 郝柏林. 究竟是谁发明了无线电? 《物理通报》, 1992 年第 2 期, 39~40 页.

④ Gustav Eichhorn. Wireless Telegraphy. Charles Griffin & Co., London, 1906.

⑤ 马锡冠等. 现代科学技术基础知识(干部选读). 中共中央党校出版社, 1999.

混为一谈、以技术涵盖科学的古老传统. 简单、机械的理论和实践观, 一直在妨碍着学者们安心致志、长期坚持地做出事情. 正是急功近利的科学技术政策, 阻碍着我国的工业生产立足于自己的基础研究成果. 我们必须从文化层面上考察物理教育, 从教育入手来改变状况.

物理教育是文化教育

文化需要沉淀和积累, 而中国的传统文化里缺少从事科学试验、演绎推理、证实排伪的精神. 公元前三世纪, 东西方文化发展分道扬镳. 马其顿大帝国的后继者之一, 埃及的托勒密一世国王在公元前290年下令在亚历山大城建立规模巨大的图书馆. 这里曾是世界上唯一的科学研究中心. 秦始皇统一中国之前4年, 欧几里得诞生在希腊, 他在亚历山大图书馆里度过最富创造力的年华, 因而在西方科学史中被称为“亚历山大的欧几里德”. 公元前213年, 秦始皇下令焚书和废私学(那时没有公立学校)、敢议《诗》、《书》者诛. 焚书的第二年, 秦始皇又在骊山背后, 把460多位知识分子挖个坑埋掉, 用强权统一思想, 禁止学术自由. 我们至今还在感受着这次文化发展“分岔”的影响.

两千多年来, 多少代优秀的中国知识分子把毕生精力用于遣词造句和诠释前贤. 中国历史上没有过像布鲁诺^⑥那样的科学殉道者. 我们崇敬的科学家如张衡、郭守敬、徐光启, 都首先是政府官员, 才能掌握做出一些科学建树的资源 and 条件. “以农立国”的泱泱中华, 难道就没有过聪明的农村少年, 仔细观察过鸡蛋孵化小鸡的全过程? 这类被师长们视为离经叛道的活动, 自然不会在文献中留下记录. 相形之下, 胚胎学和解剖学研究在西方科学思想的发展上起过多么巨大的作用! 我们引以为荣的四大发明, 全是技术. 这本来没有什么奇怪, 各个民族的早期发明都以技术居多. 然而, 与四大发明有关的科学概念, 磁极、磁力线和磁场、燃烧和爆炸的化学与物理, 引爆和爆轰的理论, 没有一个诞生在中国.

魏晋时代的清谈之风, 当时还有过抵制政治迫害的积极意义. 后人忘其所以, 乐此不疲. 有人以中国文化的“整体”和“综合”傲视西方科学的分析传统, 有人热衷于从《周易》里寻求现代科学问题的答案. 其实, 对自然界的分析研究没有做过多少贡献的人, 并无资格侈谈整体和综合. 《周易》充其量只是“人类幼年时期的天才创造”(马克思评希腊神话

语), 少数爱好者继续研读, 本来无可厚非; 用以误导学子, 则理应坚决反对. 清谈误国、清谈误事、清谈误人. 中华文化背景下的教育工作者, 更要注意通过物理学来培育年轻人的现代实证方法和科学精神.

向中学物理老师们致敬!

物理是一门艺术. 同音乐、绘画一样, 物理学, 或广而言之自然科学有着不同背景、不同深度的大量欣赏者和爱好者, 这是现代人文化素养的一个重要方面. 同乐师、画匠一样, 社会需要相当多专业的物理工作者和物理教育家. 同音乐家和画家一样, 社会还需要有所发现、有所发明的物理学家, 在推动整个人类的科学技术进步方面, 做出中华民族应有的贡献. 培养所有这些素养和人才都是物理学教育和物理学教师的使命.

最后, 我利用这个机会, 简单地说一下自己怎样喜欢上了物理学.

作为一所建立了师范班的河北省立中学的学生干部, 我在17~18岁时就做好了献身中等教育事业的思想准备. 后来因为偶然机遇上了大学, 有幸从事从小就喜欢的理论物理研究. 然而, 我的许多少年伙伴在教育战线奋斗终生. 我自己在感情上也一直是中学物理教师队伍的一员. 我喜欢起物理, 有三个原因. 第一是读书. 在抗日战争时期的“陪都”重庆上小学时, 父亲买了一套32册草纸印刷的《少年自然科学丛书》; 后来在北京男四中又有个好图书馆, 初一上半年就读了几本天文科普书. 天文和物理都引起我的兴趣. 第二, 我初中时就是个无线电爱好者, 经常到北平什刹海晓市去寻觅零件, 做矿石收音机, 还玩过前面提到过的美国军用的6J5真空管. 然而, 最重要的原因是, 中学时期遇到了几位非常好的物理老师. 我的高中物理老师李直钧, 早年毕业于清华大学航空系, 却一生执教中学物理, 还在草场胡同创办了直钧小学(后改称草场小学). 他洪钟般的声音至今在耳边回响, “我的学生, 物理就得比别人好”! “我要有十分力气, 我只能用七分教你们, 剩下那三分我还要自己读书呢”. 到了80岁, 他还在孜孜不倦地钻研德文, 说“我的德文还没有过关”. 在这样的精神感召下, 选学了物理的可不只我一个人!

对中华文化的复兴和中华民族的崛起, 两岸四地的物理教育工作者一定会做出自己的贡献. 我感谢大家, 祝福各位!

^⑥ G. Bruno(1548~1600), 因坚持哥白尼日心学说被罗马教廷烧死.