

熊家炯

物理学

物理学是研究物质各种基本的、普遍的运动规律的科学。人们对自然界物理现象进行观察和物理实验，并在观察、实验基础上提出科学假设或物理模型，又通过假设与实验之间反复比较、论证，从而获得对物理世界各种规律的认识。人们又不断地把物理学的成果应用到其它各门学科和各类工程技术领域。所以，物理学是化学、生物学等其它自然科学和各门工程技术科学的基础。

物理学是化学、生物学等其它自然科学和各门工程技术科学的基础。

我们生活在一个丰富多采的物质世界中。日常经验中习以为常的事情里，往往包含着某些深刻的物理学问题。一个随手抛出的卵石的飞行，或一个苹果的下落，就包含着有关天体力学的线索，并且最终涉及对空间和时间本质这样一个基本问题的认识。又如，你在地球上所看到的水滴，为什么只是有限大小？你的电子手表中基本元件是如何工作的？人的舌头为什么能辨味？等等。这些信手举来的事物中都包含着许多物理学问题。

你知道现代科学所知的物理世界在空间和时间的尺度上有多大吗？茫茫宇宙的空间至少 10^{24} 米之大，而我们所知的微观世界——原子核和基本粒子却只有 10^{-14} 米之微，物理世界空间跨越了 10^{40} 倍之多！竟相差43个数量级！

从时间范围看，我们所知的这一部分宇宙的寿命约为100亿年，即 10^{10} 秒，而粒子物理实验表明，一类基本粒子的寿命约为 10^{-23} 秒，两者相差40个数量级！

物理学探索自然奥秘，从认识上说有几个基本发展方向：一是向微观世界发展，从分子、原子、原子核到“基本”粒子，涉及越来越小的时间和空间尺度。二

是探讨大范围的宇宙运动和发展规律，认识大范围的时空结构和物质运动。例如引力理论，天体物理等。60年代以来的发现有类星体、脉冲星、宇宙微波辐射背景等。三是探索更复杂、更高级的物质运动形态，物理学同其它基础自然科学一样，把认识生命和意识等问题作为自己的努力目标。

物理学常分为“经典”和“近代”两部分，这是历史的产物。其实物理学是一个整体，但不断地发展，在某种意义上讲，“近代”物理将永远存在，因为每个时代总会出现与该时代相适应的物理学进展，“近代”物理必将要求随时修改或重新评价过去的某些概念和原理，用近代的观点对物理学进行统一的描述，这是物理学发展的总趋势。

什么是高技术？

八十年代以来，一场以高技术为核心的新的科技革命，首先在美、日、西欧、苏联兴起，后又波及到世界各主要国家和地区，由此揭开了世界科技发展史上新的一页。

什么是高技术 (High Technology)？它还是一个处在发展中的概念，并不简单地指先进技术或尖端技术。它的含义至少包括以下一些意思：高技术是指那些对社会经济发展起极大推动作用的当代尖端技术，更确切些讲，应说是技术群，以这些技术群为基础，支撑新型高技术产业群的形成和发展，而这些高技术和高技术产业群以其强大的活力，引起传统社会生产方式和产业结构的巨大变革，并迅速向经济和社会的各个领域渗透，推动社会生产力的飞跃发展，从而导致人类生活方式以及人们观念的变化。信息技术、生物技术、新材料技术、新能源技术、空间技术、海洋技术等，乃是当前最引人注目的高技术。

关于高技术的说法，并非臆造出来的空谈，而是今天世界科技进步和经济发展中已初露端倪的客观反映。当前，一场争夺高技术优势的竞争正在全球范围内展开，并将日益激化。发达国家和集团，为了争夺在世界经济、军事上的主动地位，竞相制定和实施高技术研究发展计划，以此作为立国之本和新的国策。

1983年美国宣布了“战略防御计划”。这是一个凭借技术优势谋求长远霸权的计划，耗资巨大，动员广泛，几乎涉及当代所有高技术和前沿学科。据说要全部完成该计划，需要突破八个技术领域，每个突破都需要作出至少相当于第二次世界大战时期制造原子弹的“曼哈顿计划”那样的努力。

1985年西欧国家集团宣布了“尤里卡计划”，它包括信息与通讯、机器人、材料、生物、海洋和激光等高新技术领域，这一计划标志着欧洲走向二十一世纪的新战略。

日本根据“科技立国”的国家战略，1986年提出了

“人类新领域研究计划”，它是一个可同美国战略防御计划以及欧洲尤里卡计划相匹敌的高技术发展规划，为期15—20年。此外，他们还制定了“1987—2000年全国综合开发计划”。

苏联自1985年起，决定加速科学技术进步，意图是通过对高技术的大力研究和开发，尽快增强苏联的综合国力，确保美苏“战略均势”。苏联和经互会成员国还共同制定了“到2000年科学技术进步综合纲要”。

各大国政府和集团之所以把制定高技术研究发展计划放在国家战略的高度，是因为哪些国家现在掌握了高技术优势，哪些国家便在即将来到的二十一世纪国际竞争中居于控制地位。在这种国际环境下，我们中国于1986年开始制定高技术研究发展计划，今年为了创造有利于高技术产业形成、发展的环境和条件，我国又拟定了“火炬计划”。

人们预计，今后20年左右，将是世界高技术发展的重大转折时期。高技术将引起社会生产方式的变革，引起产业结构的变化，传统产业走向高技术化，而利用高技术将生产出全新概念的产品。

人们预言，21世纪，人类将从工业时代进入信息时代。与此相关，由于航天技术发展，人类将由地球文明时代进入星际文明时代。还由于空间武器系统的进展，人类将由核时代进入空间时代。

信息时代的特征，是通讯和信息网络的高度发达，信息和通讯技术、电子计算机技术、人工智能技术将取得重大突破；并广泛应用于经济、军事和社会生活各个领域。预示这种前景的演变过程，迄今已在发达国家开始。有人说，信息时代到来的标志是所谓“4A革命”，即办公室自动化、工厂自动化、实验室自动化和家庭自动化。

人类在其发展历史上正在进入一个新的时代，从工业时代走向信息时代，这是科技进步和生产力发展带来的不可逆转的社会进步过程。由此可见，科技进步，尤其是高技术的进步，对人类社会发展正起着空前巨大的作用！由此还可见，随着信息时代的到来，以及星际、空间大门的打开，展现在物理学面前的，将是物理世界的许多未知部分，等待着人们去认识和加以改造！

物理学与高技术

物理学不是一门具体的技术学科，但前面说过，它是各门技术学科的基础。科学发展历史表明，基于物理学的成就，开拓出新兴工业部门，分化出新的工程技术学科。处在当今高技术蓬勃发展的时代，物理学同高技术的关系又将是怎样的？无疑，物理学仍是高技术发展的至关重要的先导与基础学科，反过来，高技术发展将对物理学提出层出不穷的要求，同时也提供强有力的研究条件与手段。愈来愈多的事实说明，现代

科学技术，尤其是高技术已经发展到如此复杂的程度，如果没有物理学、数学、化学、生物学等基础科学对它进行深入研究，是无法取得突破的。

回顾历史，近百年来无线电、原子能、半导体、航天和激光等技术的相继问世，以及相应工业部门的先后形成，无不同物理学的进展以及物理学家的贡献紧密地联系在一起。

以原子能为例，物理学家1932年发现中子，1939年发现中子引起铀核裂变时可释放能量，同时有更多的中子发射，于是，物理学家提出利用“链式反应”来获得原子能的概念。这导致40年代原子弹和原子反应堆的出现，50年代进而出现了氢弹及受控聚变反应堆的设计。今天原子能工业及先进核反应堆技术对世界能源结构乃至高技术群的形成，产生重要影响。

再看半导体。1949年物理学家发明了半导体晶体管，这是物理学家认识和掌握了半导体中电子运动规律并成功地加以利用的结果。这一突破的意义，远不止在于发明者获得诺贝尔物理学奖金，而在于它打开了此后电子技术和电子工业的整个发展时代的序幕。1960年前后兴起晶体管集成电路，1967年大规模集成电路问题，1977年超大规模集成电路诞生。从1950年至1980年的三十年中，依赖物理知识的深化和工艺技术的进步，使晶体管的图形尺寸（线宽）缩小了1000倍！今天的超大规模集成电路芯片上，在一根头发丝粗细的横截面积上，可以制备40个左右的晶体管，预期到本世纪末，一平方厘米芯片上，可望集成1亿至10亿个元件。中世纪欧洲的一些经院哲学家们曾为“一根针尖上能站得下多少天使”这样的问题争论不休，他们的争论毕竟是神话，而现今科学创造却是活生生的现实！

这里，不妨请你停下想想：四十年前，半导体还不过是物理学家实验室里研究的对象啊！而今天经过从晶体管到集成电路，微电子技术以空前的速度和规模发展，直至为信息技术等高技术群打下基石，人们是不会忘记物理学的功绩的。

这里，不妨再提一个问题，微电子技术下一步将如何发展？它对物理学提出了什么要求？对这个问题的回答，恰好能够进一步说明物理学同高技术的关系。

过去四十年，建立在半导体器件基础上的微电子技术，由于不断提高集成度和小型化，使得信息处理能力和电子计算机容量不断增长，大体上能满足社会的需要。但是，随着信息时代的来临，要求处理的信息量的增长速度，变得越来越大，势必超过微电子技术所能提供的信息处理能力的增长速度。信息技术中一个重要指标是数据处理率（目前美国数据处理率达到每秒10亿次），人们已看到，半导体器件基础上的微电子技术，由于已接近它的物理上和技术上的极限，大幅度提高其数据处理率受到了限制。因此，问题必然又回到

来,向物理学提出了任务:要求物理学家探索新原理、新效应,从而制造出新的能满足更高信息处理能力要求的器件。

事实上,许多物理学家近年来已经在实验室里开始了研究这类问题的努力,并且,不同的人从不同的出发点,正在进行多途径的探索。例如:

针对超大规模电路中图形尺寸不断缩小这一事实,物理学家注意到集中研究尺度小于 1000Å 的“微结构”中的物理过程;研究表明,在这样小的尺度下,现有半导体物理的一些概念已不能适用,因为表征大尺寸半导体性质的某些基本量,例如载流子平均自由程、掺杂原子的平均间距等,已同“微结构”中图形尺寸达到同一数量级。凡事都有一个量的限度,出现这种情况后,便不能把小尺度“微结构”看成宏观均匀的对象,原来适用于大尺寸下的概念和物理定律,必然要加以修改。以研究小尺度下的物理过程为目标,已出现“人工微结构物理”这一新领域。微电子技术的下一步进展,希望能从微结构物理的进展中找到出路,这是人们翘首以盼的。

信息处理量的猛烈增长,刺激着另一个重要方向——“光子学”的兴起。光子学类似于电子学,差别在于信息的载体不是电子,而是光子。人们设想以光信号来代替电信号作为信息交换的公共载体。在光子学中,光源是某种半导体激光器或发光二极管,传输介质是超纯玻璃光导纤维。普通光源不能迅速地进行调制以承载大量信息,相干单色光则消除了这种障碍。不过,光子学还处在草创阶段,真正实现光集成电路和光计算机,恐怕还有相当长的路要走。目前,由电子学和光子学形成交叉共生关系的“光电子学”,倒是应运而生。在光电子学中,信息的传输纯粹由光子完成,信息的产生、处理和存贮等功能,则由光子和电子联合起来完成。容易想到,发展光电子学及光子学这类精巧而复杂的系统,形形色色的物理、材料和工艺问题,需要一一加以征服。

还有一种途径是,利用1962年发现的约瑟夫逊效应,作成超导开关器件,进而制成超导电子计算机,预期其开关速度比现有电子器件快 $10-100$ 倍,功率消耗为后者的千分之一。美国IBM公司从70年代开始这一研究,由于困难于1983年曾一度宣布停止研究,后来又继续开展这一工作。这种起伏在科技发展道路上并非罕见。

分子功能元件是另一个令人向往的方向。依靠调整和改变材料中分子的结构,来获得预期的物理效应和现象,以实现某种功能。这种分子功能元件耗电微乎其微,体积亦得出奇,元件与元件之间不需要现有集成电路那样纵横密布、层层交叠的连线,所以将具有更高的可靠性。这类新事物的苗头已经出现。

人们一直追求按预定性能要求,设计新材料和新

元件,其中包括设计模拟人脑功能的元件,这是所谓仿生电子学的问题。

可以预见,到下个世纪初,经过物理学以及其他各相关学科的努力,无论是在上面提到或不曾提到的某些方向上,总会有新一代信息技术登上历史舞台,它带来的幻梦般奇迹,也许犹如三十年前人们看到今天超大规模集成电路创造的奇迹一样。

谈到这里,作者认为有必要提到两个最近的事实,用以进一步说明,物理学家在高新技术开发研究过程中,不管他们自觉或不自觉,他们往往在承担着先驱性的工作,这种先驱性工作一旦取得突破,就将带来难以估量的影响。

一个事情是1987年4月,美国物理学会发表了一份题为“定向能武器的科学与技术”的报告。这是由17名物理学家,经过21个月的工作之后写成的,目的是为里根总统的“战略防御计划”提供科学论证。里根要求发展一种武器系统,在对方战略弹道导弹到达美国领土之前将其拦截摧毁,一般认为某种定向能武器(例如激光器或粒子束技术)可能用于此目的。美国物理学家们的报告认为,用于战略防御的定向能武器的可行性研究至少还需10年。这个报告在美国科技界、工程界引起很大争论,而研究这个项目的势头并未减弱,可见,物理学家在其中起着难以取代的作用。

另一个事情是,1986—1987年高温 T_c 超导体的出现。这个突破是由IBM的苏黎世小组两名物理学家率先搞起来的,他们因而获得1987年诺贝尔物理学奖金。在实验室做出液氮温度下工作的超导体,把它变成实用的超导材料还要一些时日,但这项突破必将加速超导技术革命的早日到来,由它波及诸如电力工程、超导电子学、超导体、生物磁学等许多科技领域,它在高技术群的形成过程中可能占有重要地位。

关于先进技术反过来为物理学研究提供条件和工具这一点,不打算多费篇幅介绍了,只想指出一些重大事实就足以说明。

同步辐射光源、微微秒脉冲激光技术;将大大扩展人们对物质世界的研究范围。分子束外延技术,在真空条件下,把分子、原子当作“砖石”,用来造成各种“建筑物”,是微结构物理、光电子学、光子学制作样品的有力手段。量子霍尔效应(获1985年诺贝尔奖),特别是分数量子霍尔效应的发现,就是靠这种技术提供样品的。再就是扫描隧道显微镜(获1986年诺贝尔奖),其长远影响之巨大,恐怕目前还难以估量。

结 语

物理学的任务,在于了解物质的基本组成以及它们之间的相互作用,揭示其运动规律,从而加以利用。物理学之所以重要,不仅因为它提供了其它自然科学和各部门技术科学得以建立在其上的基本概念和理论体

高能天体物理前沿与瞭



(上)

方励之

高能天体物理起源

很容易确定天体物理诞生的日子,也很容易确定现代宇宙学诞生的日子。前者由基尔霍夫的太阳光谱观测确定,后者由爱因斯坦发表第一个宇宙解确定。但是,很难确定高能天体物理诞生的日子。也许可以作为高能天体物理诞生标志的是巴德和兹威基于1934年发表的一篇文章,题目为《超新星和宇宙线》,文章很短,照录如下:

在每个星系(星云)中每几百年要发生一次超新星爆发。一个超新星寿命大约是二十天,当它们绝对亮度极大时,可高达 $M_v = -14^m$ 。超新星的可见辐射 L_v 大约为我们太阳辐射的 10^7 倍,即 $L_v = 3.78 \times 10^{44}$ 尔格/秒。计算指出,总辐射(包括可见的和不可见的在内)数量大约是 $L_t = 10^7 L_v = 3.78 \times 10^{51}$ 尔格/秒。所以,超新星在它的寿命中发射的总能量为 $E_t \geq 10^7 L_v = 3.78 \times 10^{58}$ 尔格。如果超新星最初是十分普通的质量为 $M < 10^3$ 克的恒星,则 E_t/c^2 与它本身的 M 同数量级。在超新星过程中,大块的物质湮灭了。此外,还可以设想,宇宙线是由超新星产生的。假定在每个星云中每一千年左右有一颗超新星出现,则在地球上所观测到的

系,而且还在于基于物理学原理,可以发展出一代又一代新的物理技术。新一代技术的出现,又导致新兴工业的形成和发展。

今天,高技术的洪流正在世界范围内逐渐形成,它对未来世界的经济、技术、军事、政治等方面将产生深远影响,直至引起社会生产方式、人类生活方式以及人们观念的改变。

世界高技术发展进程中,对物理学将提出层出不穷的研究课题,而物理学的研究成果将源源不断地在高技术中得到应用。越来越多的有远见的企业家事业家已经看到,物理学人才在今天的经济-技术结构中将起不可缺少的作用。

宇宙线强度的数量级应为 $\rho = 2 \times 10^{-7}$ 尔格/厘米²·秒。观测值约为 $\rho = 3 \times 10^{-7}$ 尔格/厘米²·秒。作为存照,我们还提出这样的观点:超新星是表示从普通星到中子星的过渡。所谓中子星,就是星体的最终阶段,它完全由挤得极紧的中子构成。

巴德和兹威基的这篇短文几乎覆盖了现今高能天体物理学的全部课题。即:超新星;超新星爆发与星系;引力坍缩与致密星(中子星、黑洞);宇宙线。

高能天体物理的真正发展是六十年代以来的事。因为,直到六十年代才具备了研究高能天体物理的必要条件:理论条件及观测条件。理论条件主要是建立了恒星演化理论,观测条件主要是空间探测及地下探测的发展。

恒星的演化

恒星有千千万万。恒星的性质主要用两个参数来

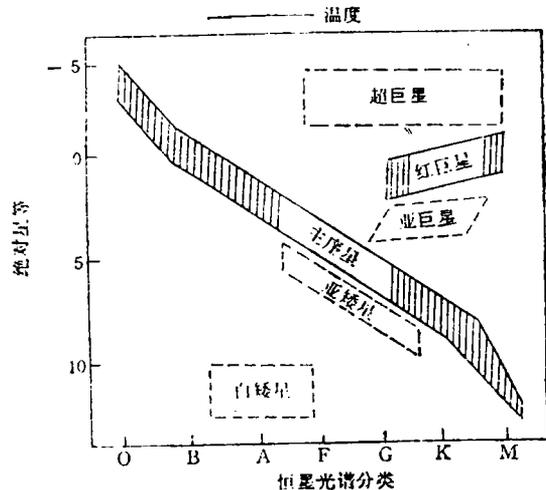


图1 恒星在赫罗图上的分布

表示,一是恒星表面的温度,一是恒星的亮度,或绝对星等。恒星表面温度分布在二、三千度到四、五万度范围中,绝对星等分布在正十数到负五、六等范围。用表面温度作横坐标,绝对星等作纵坐标,每个恒星在这种图上都应一个点。这种图最早是丹麦天文学家赫兹普隆和美国天文学家罗素在1905年到1913年间开始

穷的研究课题,而物理学的研究成果将源源不断地在高技术中得到应用。越来越多的有远见的企业家事业家已经看到,物理学人才在今天的经济-技术结构中将起不可缺少的作用。

人类正在进入以高技术为特征的时代,创造与高技术时代相对应的物理学进展与成就,这是历史赋予今天以及未来的物理学家们的光辉使命。