

# 物理学与生命科学的互相影响和促进

程民治 朱爱国 王向贤

众所周知，自从达尔文（C. Darwin）于 1859 年发表了被他本人戏称为“魔鬼的圣经”——《物种的起源》一书后，“生物学从此站起来了！”（列宁语）。随后由于包括化学、计算机科学等的影响，尤其是“20 世纪物理学的新思路、新理论、新技术和新方法对生物学的广泛渗入，使生物学发生了‘革命’，导致对生命现象的研究深入到了分子水平上，甚至向量子水平延伸，从而更加深了人们对生命物质基础的认识。”20 世纪末，国际学术界就普遍认为，如果说 20 世纪的主导学科是物理学的话，那么 21 世纪的主导学科将是生命科学。这种主导学科的世纪交错，更充分地说明了物理学与生命科学的历史渊源和它们在整个自然科学中的地位与作用，以及两者之间水乳交融、互相驱动的内在联系。

## 物理学家对生命科学研究的导向

现代物理学家对生命科学的向导作用，主要表现在他们不仅开启了分子生物学研究的历史先河，而且为揭开生命之谜开辟了新的途径。

物理学家在早期分子生物学研究中所取得的伟大成就，首先表现在他们率先提出的关于生物学思想方面的精辟见解，其代表性人物是尼尔斯·玻尔（N. Bohr，以下简称玻尔）、薛定谔（E. Schrödinger）和德尔布吕克（M. Deibüch）。诚如艾伦（G. E. Allen）在他所著的《20 世纪的生命科学》一书中所指出的那样，分子生物学“最初的原动力”来自于一些头脑清醒的物理学家如玻尔、薛定谔以及德尔布吕克等“要寻找难以捉摸的‘生命奥秘’的浪漫性举动。”

著名的物理学家玻尔从青年到晚年，都是“怀着最深切的满足感追随了分子生物学的显著进步。”由于他对理解生命奥秘问题所发生的兴趣如此强烈，最终导致他形成了丰富的生物学思想。而他思考生物学问题的主要依据，则是建立在海森堡（W. K. Heisenberg）的“测不准关系”基础上的“互补原理”。在将这一原理应用到生物学领域中时，玻尔认为，当主体通过“人—仪器”系统的观察手段去研究生理学中的物理、化学问题时，即对其中的分子、原子或亚原子等进行研究时，就要破坏生物的细胞、器官、组织甚至整个生命，这时的生命就成

了“死命”，生命的特征就不复存在。但是，生物的细胞、器官、组织乃至整个生命的规律又不同于它们之中的分子、原子的规律，即不同于物理和化学的规律。所以，生物的这两个方面既互斥又互补，只有把二者统一、结合起来，才是对生命问题的完美描述。正是基于这种认识，玻尔逐步形成了他深邃的生物学思想，即主张应当将机械论和目的论、自主论和分支论、还原论和整体论这些既互斥又互补的关系，应用于生命科学。并认定互补性可以在更广阔的构架内，为彼此截然不同的两种处理方式提供可能，而且两种处理方式都可以向有利的方面转化而不发生任何冲突。

玻尔的学生德尔布吕克，由于深受恩师的生物学思想的启发和影响，驱使他力图建立一种与最终必须对生命进行破坏的还原论方法相平行的生物学。于是，他对一种小小的病毒——噬菌体产生了兴趣。因为德尔布吕克觉得，从实验角度来看，噬菌体至少有两个优点：其一，易于繁殖，在极短的时间和极小的空间内可以得到数以亿计的个体；其二，噬菌体只含有两种生物大分子，蛋白质和核酸，最便于明白无误地搞清在生命复制、世代繁衍的过程中，究竟是蛋白质还是核酸起了遗传信息物质载体的作用。噬菌体是最简单的生命形式，其大小等同于一个基因，所以德尔布吕克认为，该种病毒的复制可看作为基因复制的一种形式，这一观点就意味着：“在每一有机体中，所发现的许多高度复杂和特殊的分子，其起源问题，有一个极大的简单性。”正是紧紧抓住简单性这一特征，德尔布吕克才能从纷繁无比的生命世界中，敏锐地挑出噬菌体作为研究材料，终于找到了通往分子生物学的关键入口，并与生物学家埃利斯（E. L. Ellis）一起，发展了研究噬菌体的实验方法，确立了分析实验结果的数学系统。1934 年以后，德尔布吕克又创立了一个盛极一时的噬菌体学派。其主要成果有：两个噬菌体之间有基因重组现象；基因突变与外界环境的诱导无关，完全是一个自发的随机事件。特别是他们最终证明：正是 DNA 承担了遗传物质载体的角色，这一工作理所当然成为沃森（Watson）、克里克（F. H.

C. Crick) 研究 DNA 结构的一个不可缺少的背景知识。所以, 以德尔布吕克为首的信息学派对噬菌体所做的研究工作, 以及德尔布吕克所明确坚持的“基因是一化学分子”的信念, 成了分子生物学诞生和成熟过程中不可分割的一部分。对此, 诺贝尔颁奖委员会曾高度赞扬道: “德尔布吕克使得对噬菌体的研究从模糊的经验论转变为精确的科学, 他分析和鉴定了生物效应的精确测量的条件, 制定了定量方法, 建立了统计标准, 使得后来的研究成为可能。”另外, 德尔布吕克还与他人合作, 第一次准确完成了细菌的遗传学实验, 并发现细菌可以通过突变成为抗菌素, 以抵抗它们的敌人。

德尔布吕克关于基因之物理特征的观点, 又促使薛定谔写了《生命是什么?》这本书。在 1944 年出版的这本书中, 十分明确地提出了三个问题: 第一, 认为生命有其热力学基础, 可以移植“熵”的概念, 并改造成“负熵”来说明机体的有序性, 还提出“生物赖负熵为生”; 第二, 认为遗传性状以“密码”形式, 通过染色体传递, 遗传的物质基础是有机分子; 第三, 认为生命体系中也有“量子跃迁”现象, 量子力学规律也适用于生命现象。正是薛定谔的这些闪光的思想, 拉开了理论生物物理的另一个发展方向——量子生物学的帷幕。

其次, 物理学家对早期分子生物学的另一个重大贡献, 就是关于生物大分子结构测定方法学的确立。主要以劳伦斯·布拉格 (W. L. Bragg)、肯德鲁 (J. C. Kendrew) 和佩鲁兹 (M. F. Perutz) 等为代表。在这里尤其值得一提的是, 1950 年, 他们 3 人通力合作, 经过对多肽链形状所进行的研究, 提出了最有可能的形状是螺旋结构; 次年, 鲍林 (L. Pauling) 经过探索又宣称蛋白质的结构即为  $\alpha$  螺旋。尽管当时对这两者的初试均未获得成功, 但其意义却十分深远。

现代物理学家在早期开启的分子生物学研究的基础上, 又在如何解释生命现象问题上, 取得了关键性的突破。在 20 世纪 60 年代, 普里高津 (I. Prigogine) 提出的“耗散结构理论”使热学与生命科学融合在一起。80 年代联邦德国科学家艾根 (M. Eigen) 提出的超循环理论“建立了蛋白质和核酸在一个超循环中共同进化的动力学模型”。90 年代美国地球物理学家路易斯·勒曼提出了一种最新颖的“泡沫理论”, 他认为泡沫很可能是万物生命的起

源。我国著名的理论物理学家周光召院士则认为, 在地球刚开始的时候并没有生物, 是混沌的。如此等等, 不一而足。

### 以物理学理论作为奠基的生命科学

各学科之间的相互渗透、相互促进, 乃是现代生命科学的重大特点之一。如化学、数学乃至人文科学, 分别与生物学彼此融合、交叉的结果, 依次产生了生物化学、生物数学和人类生物学。同样, 物理学中形形色色的理论向生命科学中广泛渗透的结果, 使一些新的交叉学科应运而生。其中: 诸如分子和原子物理学、量子力学和基本粒子物理等微观理论, 深刻地影响了 20 世纪生物学的发展, 即要了解生命就要研究它的基因, 了解了基因就可能了解生命。因此, 使人们能够从微观的角度, 来研究生物大分子和分子聚集体 (膜、细胞、组织等) 的结构。于是, 生命科学的一些前沿学科, 如细胞生物学、分子生物学、量子生物学和遗传基因工程等相继兴起, 并加速发展。另一方面, 物理学中处理宏观体系的理论, 譬如热力学、统计力学、耗散结构理论等, 也启发着人们, 了解到生命系统作为有机体最高的存在形式, 还是一个宏观的、开放的、复杂的巨大系统, 极具整体性。因此, 研究生命现象, 仅采用那种机械的无限分割的方法是远远不够的, 还需要用整体的方法, 以系统论、控制论和信息论为其理论基础。于是, 量子生物信息论和生物控制论等也像雨后春笋般地成长起来。此外, 运动与动能、非线性理论、混沌理论又为人类揭开脑科学的奥秘, 提供了必不可少的理论指导。而生物物理学的创立, 则是人类利用物理学知识去揭开生命之谜的一个极其重要的里程碑, 为生命科学和生物工程展示了一个十分亮丽的发展美景。

能量过程是生命系统中的一个基本过程。据此, 热学与生命科学早已紧密地结合在一起。目前工程热物理在生物学领域已经获得的研究成果有: 对生物传热过程的定量描述, 从而在一定程度上解决了医疗工程中提出的最佳“热疗剂量”和超声治疗中温度控制与焦域的描述; 生物工程 (冷冻保存) 中的相变问题也是热物理学的研究对象, 抑制冰晶生长机理的研究已取得成效。从热力学的角度看, 生命系统又是非平衡开放系统, 热力学的基本定律和物理学的非线性理论, 也成了生命科学的基础知识。

将力学用于生命现象的研究, 早在 20 世纪上半

叶就取得了举世瞩目的伟大成就。如在 30 年代，希尔 (A. V. Hill) 将力学方法和生理学、解剖学等方法相结合，研究组织和器官层次上的生命现象，指出重力、超重和失重对细胞、组织、器官均可产生影响，等等。

### 以物理实验等作支撑的生命科学

科学史表明，生命科学的发展与物理学所提供的现代化的实验手段、技术和科学方法论息息相关。其中主要包括：用电的技术进行的生物电的实验研究，为电生理学的创立和发展作出了贡献；X 射线对生物学的突飞猛进所产生的至关重要的影响；利用电子的波动性原理研制成的电子显微镜在生物学的发展中功不可没；核磁共振成像在揭示人体病变组织诊断，以及在高分辨下确定非晶生物大分子的结构中所展示出的神奇功效；X 射线激光全息术的问世，为生物学的研究提供了全新的研究方法和强有力的实验手段；纳米技术和微电子学的兴起为生物学提供了精细、先进的研究途径；放射性核素的发现，奠定了现代核医学技术的基础；物理学中的模型和高精度的定量描述，被广泛地应用于生物学系统之中，其成果卓绝，等等。鉴于篇幅所限，仅从中选择几个典型的案例加以说明。

例如，在 20 世纪生命科学所取得的彪炳史册的伟大成就中，与 X 射线技术的成功运用密切相关的主要有四项。其一，1927 年，马勒 (H. J. Muller) 用 X 射线人工诱发果蝇突变，这是一个被世人所公认的用人工的方法改变基因的事例，由此开辟了遗传学研究和实际应用的新领域。其二，运用阿斯特伯 (W. T. Astbury) 所开创的 X 射线衍射的方法，促使沃森、克里克等人成功地发现了 DNA (脱氧核糖核酸) 分子的双螺旋结构，并根据这一结构，破译了其上的遗传密码。此举不仅标志着分子生物学的诞生，而且人们还依据分子生物学的理论，在 DNA 的复制模式、蛋白质的合成、核糖核酸 (RNA) 的功能、遗传信息的转录和翻译以及遗传密码的获解等方面，取得了累累的硕果。怪不得 DNA 双螺旋结构的发现，被国际科学界誉为 20 世纪最为重大的，能与相对论和量子力学相媲美的科学事件。其三，瑞士科学家用 X 射线晶体成像法，在世界上首次发现了 DNA 关键部位的原子结构，从而为人类从原子角度揭开生命之谜奠定了基础。其四，使用 X 射线激光全息术能够拍摄生物活细胞

的三维结构全息像，生物样品可完全处于水合物状态，使活细胞能在与原状况相同的生理条件下成像。X 射线激光还能够拍摄限度为 1nm 的“快照”，从而消除了细胞或细胞器布朗运动所产生的模糊性。生物界对此评价说，这对现代生物基因研究是划时代的革命性变化。

又如，同步辐射现已在生命科学中得到了成功的应用。因为借助于同步辐射 X 射线衍射的高分辨率与飞快的速度，可以大大提高生物晶体学的研究水平。比如说，在本世纪乃至更长的时间内，它将使人们有望弄清楚短暂的中间态蛋白质的结构或者酶反应中蛋白质的动力学作用。这里所谓的同步辐射，指的是高能电子在高能加速器中，以接近光速  $c$  做圆周运动时所发出的电磁辐射。鉴于它与通常使用的转靶 X 光机相比较，具有非常高的辐射功率，很强的方向性，极宽且连续的能谱分布 (从红外、可见光、软 X 射线到硬 X 射线，横跨四五个数量级，可利用的能区上限可扩展到 20 ~ 40keV)，这就决定了同步辐射是现代生命科学研究的理想光源，它对生命科学所涉猎的对象之系列特点极具针对性。尤其是同步辐射对生物学中的几大特征显得尤为重要：一是在活体动态探究中，实验时间不可能太长；二是为了防止样品变性，辐射热效应应尽量减弱，为此，光源辐射的方向性必须易于控制；三是生物体内的微量元素可能对生命活动的某些过程产生重要作用，只有用高亮度光源和高灵敏度探测器才能进行观测。基于这些特点，在常规光源下分析生物样品就显得异常困难，甚至有时完全不可能。为了进一步阐述这个问题，可以将同步辐射与常规研究手段作一对比。如果利用 60kW 的转靶 X 光机，采集一套中等规模生物大分子的晶体学数据并获得其精细结构，需要数月乃至一年时间，并且其空间分辨率仅为 3 ~ 5Å。而同步辐射光源的建立可使采集时间缩短到几个小时，其分辨率可提高到 2Å 以上。在此特别值得一提的是，自从北京同步辐射装置 (BSRF) 自 1991 年正式运行并对外开放十几年来，随着其所拥有的涉及到生命科学研究的诸多实验站——EXAFS 实验站、生物光谱学实验站、小角散射实验站、荧光分析实验站的先后相继启动，已经在微观层次上研究生命现象领域内，开展了许多卓有成效的探索工作，并取得了丰硕的成果。实践表明，我国生物晶体学的研究水平及其实力，完全

有资格参与到当前激烈的国际竞争中去。

再如,应用分子涨落的方式对 DNA 与 RNA 的结构和动力学特征所作的量子力学计算,其精确度已达到令人满意的程度。在细胞生理学和神经生物学中,物理方法对于了解生物分子的传输,膜的结构以及在脑、神经和肌肉中的信号过程始终是关键的。通过单跨膜分子通道对离子流进行最新的物理测量,为了解单跨膜分子通道离子流的机理,提供了最重要的直接途径;由于这种机理支配着脑和神经的信号处理过程,所以这种物理测量有可能是揭开大脑之谜的关键途径。

此外,中子辐射生物效应的研究当今也获得了长足的进展。其具体表现在:从中子诱导的 DNA 损伤及修复、基因组不稳定性、染色体畸变、细胞周期阻滞、细胞凋亡以及中子的相对生物效应等 6 个方面。中子主要来源于反应堆、加速器,以及实验研究和临床上用于治疗恶性肿瘤时用的中子源,是一种能够释放出直接电离粒子或引起核变化的中性粒子。当中子在与组织物质作用过程中产生带电粒子时,有一定能量的次级带电粒子能够引起电离和激发,从而使机体组织受到损伤。因此,即使目前人们对中子辐射损伤的分子机制及特点还不十分清楚,但是,事实上无论是中子治疗、危险度估算、职业人员和公众成员辐射安全标准的制定,还是原子弹爆炸的幸存者癌症发生率的重新估算等研究,中子的生物效应均显得至关重要。不仅如此,核军工、军用核设施操作人员及航空工作人员,有可能暴露在低剂量中子照射下。鉴于辐射损伤诊断的需要,非常值得深入开展中子辐射损伤生物效应的特点、分子病理机制等方面的研究。显而易见,对中子辐射生物效应的研究,已经成了现代生命科学中不可缺少的一部分,具有举足轻重的地位。

#### 生命科学对物理学创造的启迪

如上所述,由于诸多学科的影响,特别是 20 世纪物理学的新思路、新理论、新技术和新方法对生物学的广泛渗入,使生物学发生了“革命”,导致了生物学的发展由进化生物学、实验生物学过渡到了现代分子生物学时期。既然有些著名的学者声称:“物理学和生物学——历史上的姐妹”,那么,有没有由于受到生物学的激励和启迪,而创立的物理学概念或理论呢?回答是肯定的。

譬如,罗伯特·迈耶(R. Mayer)是一位德国

医生,一次,他在一艘驶往印度尼西亚的船上做随船医生,结果在爪哇岛上,迈耶有了重要发现。他观察到热带地区码头工人的血色较浅,比温带地区富氧,因此得出热带地区氧消耗低的结论,也就是说释放较少的热量。并推出直观的结论,即热和机械功是等效的,或者说力同物质一样,也是不可破坏的。迈耶还将自己的这一发现写成《论力的量和质的测定》,后又写成《论无机界的力》发表在《化学和药学年刊》1842 年 5 月号上。迈耶的这一发现引起了亥姆霍兹(H. V. Helmholtz)的高度关注,并在它的启发下,亥姆霍兹于 1847 年 7 月写出了不朽之作《论力的守恒》,论述了他的能量守恒与转化方面的基本思想。同时还指出:“我们必须承认,迈耶不依赖于别人而独立地发现了这个思想,而这个思想使自然科学获得了长足的新进展。”

又如,1827 年,英国植物学家布朗(R. Brown)观察到在水中的花粉或石松子种子在水里的运动是不规则的,这种运动后来被称作布朗运动。由此引发了爱因斯坦(A. Einstein)的创造激情,对布朗运动进行了定量研究,得到了扩散方程。爱因斯坦所创立的关于系统地阐述分子的布朗运动的理论,不仅在现代统计物理的发展上起到了十分重要的作用,而且帮助物理学界接受了在 20 世纪初还处于争议中的物质原子结构的概念。如奥斯特瓦尔德(W. Ostwald)在事实面前不得不改变他原先的态度,并宣称:“原子论的物质理论是有实验确证的。”

#### 21 世纪生命科学对物理学的挑战

虽然物理学特别是 20 世纪的物理学,对生物学的发展产生了巨大的驱动力。但是,对于错综复杂、多角度多层次、神秘莫测的生命现象而言,它所要解决的问题,决非是现有物理学所包容的范围所能应付的。因此,生命科学必将会向当今的物理学提出一系列新的挑战。其中主要包括:

(1) 生命现象和大分子结构之间有着不可分割的联系,即使是同样的大分子,它们的结构形态也不一样,存在着具有活性、有生命现象和不具备活性、无生命现象等重大区别。那么,它们的结构与功能之间到底有着什么样的关系,要想从对物质的认识上去破解这个难题,无疑生命科学家义不容辞,但作为以研究物质运动的普遍性和基本规律为己任的物理学家来说,也负有不可推卸的责任。

(2) 在当今我们这个日趋走向人工智能化的社

会，彻底揭开大脑的奥秘，已迫在眉睫。但现有的理论和假说，还远远不能合理地解释信息在人脑和神经系统中，究竟是怎样传递、储存、组织和处理的。而要最终揭开这个谜底，如果仅仅依靠实验是达不到目的的，也许还有待于在理论物理学方面取得重大突破。

(3) 生物的物质结构、能量利用和信息量，会随着个体和系统的发育之进展，变得越来越复杂、越来越精密和越来越大。这对物理学而言是一个新问题，尤其是给量子力学和热力学增加了不少难度。当然，生物物理学可以选取生物在其分子水平上为切入点，来探讨这些问题。一方面要深入研究亚分子水平，如电子、质子、离子、自由基、各种作用力等的运动规律及其如何影响分子；另一方面要在分子水平上找出生命活动的规律，探求生物大分子如何有组织、有秩序的活动，以及如何影响和带动亚细胞、细胞、器官以至整体各层次生命的活动。但是，由于生物体是一个开放的系统，它所涉及的问题非常复杂，不仅要经常与外界交换物质、能量和信息、焓和熵；而且其可逆过程与不可逆过程又交叉在一起。因此，生物物理学只有借助于物理学的研究，才能阐明诸如此类的问题。

(4) 只有微电子学、纳米电子学和纳米生物学获得长足的发展，人们才有可能做到：用分子机器对生命物质进行切割和分析，使对生命物质的认识延伸到分子水平上；用遗传工程技术改变基因组成；用计算机显示和辅助设计，获得全新的蛋白质，提出新的分子设计方案；得心应手地从事分子水平的遗传机制和遗传工程机制的研究，探索人的神经和大脑思维过程和查清人类基因图谱，基因与疾病的对应关系，等等。

(5) 鉴于生命现象有高等与低等之分，生物功能具有多种多样化。因此，要揭示生命的本质，需要物理学与生物学从根本意义上融为一体。在物理学方面，尤其是像对生物大分子和细胞这样的复杂体系的力学和统计处理，需要再上一个台阶，获得新的突破。

#### 物理学与生物学联姻的美好前景

毋庸置疑，在本世纪中，生物学将一如既往地同发展着的化学、数学、计算机科学保持着千丝万缕的联系，继续设计出符合生物特性的实验方法，去探索人类生命的奥秘。同样，物理学与生命科学

在更高层次上的联姻，也必将未来科学发展的趋势，甚至这两者的融合，将从单纯由物理学提供理论依据、实验方法与手段的初级阶段，过渡到直接面对与生物学重大问题相联结的高级阶段，进而使它们在相互渗透、彼此交叉中获得互利互惠。

当今，在生命科学中仍然有许许多多不解之谜，需要求助于物理学和化学等学科。例如，目前关于人体网络（physical network）问题，仍然是广大数学物理学家密切关注的一个热点问题。虽然在 20 世纪末，通过有序系统的理论物理学应用于脑功能研究的典型特性获得了成功，从而发现了学科间有着重大意义的最佳协同性。但是，要从这种涉及神经科学、统计物理、计算机科学、机器人学和人工智能学的最佳协同关系中，获取有关处理脑器官故障所需要的知识，还有待于科学家们日后的不懈努力。又如，量子力学与高速电子计算机的有机结合，通过对计算生物大分子的局部电子结构，可以在量子水平上研究遗传、变异、衰老、癌变等生命现象，这必将导致生命科学在理论上取得突破性的进展。再则，要研究生命的本质，必然要追溯到生命的物质性质。这就使得 X 射线显微技术、激光显微术、微电子技术等在探索生命物质性质中，能够大显身手。另外，发展分子活化分析、扫描核子微探针、扫描探针显微学、加速器质谱、正电子湮没、高分辨 X 射线能谱仪等现代核分析技术，也将为生命科学提供更强有力的研究手段。

反过来，物理学的概念、理论和方法等也会在生命科学的运用中经受考验，同样会促进物理学各个子学科的发展。如在生命现象中的各个层次上无不包含热效应，这就为热物理学用于研究生命问题，提供了一个很大的平台。其中在分子层次上的热休克蛋白的基因表达与调控，细胞层次上膜的结构、相变、损伤、稳定等无一不与热现象相关联；在组织与生物个体层次上，工程热物理已经在肿瘤的高低温度治疗、组织与器官的冷冻保存、作物的低温保鲜等方面得到了应用，今后应在精确定量方面作进一步的深入探讨。无疑，对生命系统中热现象的研究，也必将促进热物理学中的新概念、新理论和新技术的探索、创立和发明。这不仅会导致构建一个真正独立的生物热物理学科，而且也会使热物理学的各个子学科得到长足的发展。

# 光源技术漫谈

张小威

人们最早利用的光源有两个：太阳和火。一个是天然的，一个是人工的。因为自转，地球表面平均有一半时间是处于黑暗当中。人类用火除了取暖和加热食物之外，另一项重要的用途就是照明。因为有了照明，人类就能够扩大可利用的时间和空间了。

太阳的能量是来自其中心的核聚变，太阳光是来自太阳表面六千度的黑体辐射。人类对太阳理解到这个程度不过是最近这一百年里的事情。鉴于太阳发光与火发光的类似性，火光也可以认为是一种黑体辐射现象。什么是火？为什么高温物体要发光、会发光呢？对这类好似常识的问题，贴切的回答并不常见（图 1）。对于火，人们往往是引用燃烧来偷换概念；对热物体的发光，人们则多是套用普朗克辐射法则来搪塞。但是燃烧和发光是两个事情，普朗克法则也只是说明了在某个温度下物体发光的光谱分布，并没有解释为什么高温物体会发光、要发光的机理。

现代生活中对光源需求很大。据统计，世界上发电量的三分之一消费在照明上。科研中涉及到光源的领域也很多。一般讲“光源技术”是指在可见光波段的发光技术。但是从物理学的大分类上看，光源技术应该覆盖从电波到 X 射线所有波段的电磁波源。



图 1 燃烧——最原始的光源。不完全燃烧产生的微碳粒的黑体辐射是光源的机理

最早的人工光源无疑是火。用火照明的光源叫灯。因此汉字的“灯”为火字边。如何能让灯光更明亮、更省油些呢？人类自古以来就没有停止过探索。让火苗大些、灯捻多些是最简单的调亮办法。加上反光镜、提高燃烧温度等等就属于比较高等的办法了。两千年前汉代宫灯的构造，就是利用金属表面对光的反射，把烛光的一部分反射到用光的一侧（图 2）。利用明火照明的方法世界各地都是一样的，一直持续到 19 世纪法拉第的时代。法拉第在他的《蜡烛的化学史》中解释了蜡烛燃烧的原理，也合理地说明了火是什么、以及烛火为什么能发光。



物理学中另一个由生物学激励、前景美好的领域，就是利用大自然的神奇设计来制造新材料。例如表面再生能力，可以模拟荷叶效应，得到非常好的抗污特性，或者通过模仿海豚的皮肤，并在表面涂上多聚糖，从而减少表面的流体阻力。另一个例子是复制我们自身听觉系统的细微细胞，构造高灵敏度机电传感器。除此之外，对物理学家而言，更具诱惑力的一个研究课题是发展关于细胞生物学的物理方法，用这些方法可以精确测量细胞或组织中细胞膜的物理性质，以及细胞是怎样展现物理材料的性质的，诸如弹性、机械力、受环境的影响并加

以适应等问题。

总而言之，物理学与生命科学在更高、更深层次上的喜结良缘，必将在新的世纪中取得更加丰硕的成果，其中分别于 1999 年及 2000 年先后启动的“**BIO-X**”计划与“人类基因组计划（HCP）”，就是两个极好的例证；而且极有可能在 21 世纪中，引发一场新的科学革命，从而有望使“生物学与物理学的统一”，获得划时代的伟大成就。

（安徽巢湖学院物理与电子科学系 238000）

本文获“我心目中的现代物理”征文三等奖