

关于量子场论、聚变能源、理论生物物理的一些想法^{* 1)}

彭 桓 武

(中国科学院理论物理研究所 北京 100080)

在这么多具有创造性的与会者面前,我讲三点各不相干的粗糙想法,希望大家批评指正.

1 量子场论

用经典的微扰法作级数展开遇到发散困难,而量子电动力学用费曼图计算则可得精确到好几位与实验符合的结果.有一年,Atiyah 数学家来京我与她讨论,他表示物理学家搞对了的需要数学家去更好地理解.我体会有如 δ 函数的故事.几年前,我做多体的超越 Hartree-Fock 近似时,曾提出一个新方法,框架我已写入理论物理基础这本书中.多体问题的哈氏量在二次量子化形式下与场论的哈氏量可比,而新方法的特点在于用么正变换逐渐把自共轭的哈氏量对角化,仿此再增加玻色场而将这新方法推广,只用么正变换,便可从根本上避免发散困难的出现.我认为矩阵力学和波动力学可能还有点差别,薛定谔的等价证明,像所有数学证明一样,是有条件的,即

$$U^+ H U = W \text{ (矩阵力学)}$$

$$H U = U W \text{ (波动力学)}$$

等价证明中需用条件 $U(U^+ H U) = (U U^+) H U$,这里交换了两个无穷求和次序,因而是有条件的.我还记得我在都柏林时,曾仔细地抠过纯粹数学文献,想找一个无界算子是否自共轭的判据,而无结果,但么正变换对角化定理则对任何自共轭的无界算子都适用.当然,现在再给量子电动力学一个干净的数学计算已为时过晚,但如能对量子色动力学用么正变换解释囚禁问题或其他重要物理问题则显然是个贡献.

2 聚变能源

受控热核反应已有 50 多年的历史.从 1945 年磁约束开始,1958 年前苏联专家吹嘘只还要 15 年就可实现,我们也同样积极了一番.后来惯性约束问

世,我们也造各种大的和小的激光器.有关单位好几个.前景如何,该怎样抓才符合我国国情?直到近两年我才形成如下的看法,简称为新集成聚变能源的探求,主要包括:

(1) 建立一个包含有关的各种核技术(如离子源中子源造氘烧氘的中子转换器或倍增器等等)和激光技术(如强光聚焦压缩等等)的联合集成小组,研讨各种技术极限(包括采用新措施以提高其极限)和聚变能源新创意.小组成员仍留在原单位,但思想上要摆脱原单位的领域限制或外国的类似限制,每年聚会几次,一次又一次地发明,推翻后再发明,努力大胆拼凑聚变能源的新创意.要考虑到能源的安全、可靠、经济和可持续发展.小组每年举行一次扩大学术活动.几年一届,换届时调整补充部分成员.小组从总体角度带动各个局部,理论密切联系实际,设想与实验和工程考虑相结合,使创意逐步提高,最终化为概念设计.

(2) 随着上面的集成研讨,所需的实验可依现在各单位的条件招标进行.产生概念设计后至生产产业,则需抽调适当人员另行扩大组织进行.

(3) 在上面的集成中允许利用核裂变或嬗变中子注入以加热,但核聚变应是能源的主要来源.

(4) 如数届都不能产生新聚变能源的概念设计,总会在中子源和激光方面产生些副产品.所以随时都要注意有开发前途的副产品.

3 生物物理

对理论物理学家(如薛定谔)而言,生物物理的核心问题就是“生命是什么”.这在遗传学层次已由薛定谔提出的非周期晶体模型回答.根据量子力学,非周期晶体的能级间隔较室温能量 kT 大很多倍,

* 2000 - 08 - 25 收到初稿,2000 - 09 - 28 修回

1) 1999 年 10 月在“跨世纪物理学前沿问题高级研讨会”上的特邀报告

这便对遗传的稳定性给予说明.后来 X 射线衍射实验证实了这个模型,并产生了分子生物学.但在生物个体这个层次又该如何回答这个问题“生命是什么”呢?从交叉学科的发展来看,我认为,在给一个确切回答前,需先发展下列三个新的交叉学科,即:(1)生物凝聚态的凝聚态物理学;(2)生物化学的化学物理学;(3)生物信息的控制论.而将这三门新交叉学科联合运用,才能对某类生物个体的“生命是什么”作出确切回答.现在我只能简单地提到生物学以下的几个特点:

(1)生物化学反应在常温常压下进行,因此反应机制中的各基元反应的活化能都很小,仅为 kT 量级.反应物不是特选的两种,而是自然形成的若干种.又因为生物化学反应多在膜上进行,膜为液体覆盖,因而反应物的趋近和生成物的分开需要特别注意考虑.

(2)生物大分子具有大量的低激发态(这与小分子的转动和原子振动态可比,而电子激发态则为高激发态暂不计)需要认真研究.由于统计处理时不可能各态历经,因而产生差别,这与生物体常表现出个体差异这点一致.又,物理学家常谈结构与性质,而生物学家常谈结构与功能.器件的功能是建立在材料的性质的基础上的.我设想生物大分子的结构具有某种容易发生电荷转移或构象变化这样一种性质,使那些为实现某生物功能的物理和化学的反应或过程能够顺利进行.

(3)生物化学反应多需要酶的参与,酶是个蛋白

质.我记得那年开量子生物物理会时,中国科学院生物物理研究所的王大能对量子理论家提出挑战,要求他们来解释一个特定的酶反应,其中酶与底物结合的结构已很好地测定.像杀猪的现场一样,酶已经将底物钉扎好,用特定的原子来破底物的某一定的化学键.钉扎时酶的构象为与底物结合得好而稍有调整.酶反应的周转率很高.我那时不理解.现在我设想这是由于酶这个大分子的一定的热运动模式所致.这也表明新交叉学科(例如生物化学的化学物理学和生物凝聚态的凝聚态物理学)要联合运用.

(4)细胞中各器件多是纳米尺度,量子效应重要.

(5)最后提一个生物化学的化学物理学和生物信息的控制论要联合运用的例子.大家知道,熵代表无序而生命现象则是有序的.薛定谔在《生命是什么》一书中曾提出过一个吃负熵以维持生命的设想,我初步理解他所指的是新陈代谢时食物带入的熵比排泄物带出的熵要少,但不知有没有人认真作过实际测量.根据现今化学物理学的认识,化学反应是从反应物的一个量子态到生成物的一个量子态,态态的反应截面用量子力学计算.生成物的量子态的初始布居不一定满足热平衡分布.如布居反转还可产生化学激光.布居分布与其热平衡分布之间的偏离,在 Levine 和 Bernstein 的分子反应动力学中用有序度定量表达,这是化学反应产生的负熵.不知哪个更重要.

封面说明

1998年6月,我们在创新工程的支持下启动了单电子器件研究工作,建立了一套常规光刻法制备纳米器件的工艺系统和一套单电子器件的分析测量系统,制备出了多种形式的纳米结构和单电子器件.其中制备的6nm宽的线条金属栅和间距仅为6nm的“纳米电极对”在生物芯片、微电子系统集成等方面有广泛的应用研究前景.封面图为我们从事的单电子晶体管的原理结构及势能能廓分布图.

(中国科学院物理研究所 王太宏)