

《21 世纪 100 个科学难题》* 的序言(一)、导言和书目

今年六月,中国科学院与吉林人民出版社在北京正式推出《21 世纪 100 个科学难题》一书。此书中的 100 个难题是由我国 118 位科学家提出并参与编著的。内容涉及到最基础的科学门类和学科,也涉及到交叉学科,及至包括与哲学、经济学交叉的某些难题。这些问题也都是人类对未来认知和探索极富智理性的挑战。

著名科学家周光召院士为此书写了序,诺贝尔奖得主李政道博士写了导言。现将他们二位的序和导言,以及 100 个难题的题目和提出者介绍于后,以供有兴趣的读者参阅。

周光召——序言(一)

受吉林人民出版社委托,《21 世纪 100 个科学难题》编写组 118 位科学家(其中中国科学院院士 25 位)编著了 100 个科学难题,这既在学术上具有重要意义,同时也对倡导中国学者勇于和善于提出科学问题和难题起到了积极的推动作用。

科学发展就是不断地始于问题和终于问题的过程,同时也是科学概念、科学定律和科学理论不断地形成和增长的过程。科学问题,特别是科学难题的提出、确认和解决,构成了科学自身发展的内在动力。1938 年,爱因斯坦在《物理学的进化》中说:“提出一个问题往往比解决一个问题更为重要,因为解决一个问题也许是一个数学上或实验上的技巧。而提出新的问题、新的可能性,从新的角度看旧问题,却需要创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步。”可见,提出科学问题,尤其是提出概念清晰的难题,更能对科学进步起到真正的推动作用。

在世纪之交的伟大历史转折时期,中国 118 位科学家比较系统地提出了 100 个科学难题,这是值得赞扬的。为了使中国科学能尽早地进入世界科学前列,更应提倡中国科学家提出和解决尚未被提出和解决的重大科学问题和难题,乃至以历时长年的韧性埋头开垦古怪离奇的难题,并在解决难题中开创新理论,丰富科学的宝库,以及应用它们去解决中国社会和经济发展中遇到的重大问题。

科学问题和难题往往蕴藏在科学理论与科学

实验之间、不同理论之间的冲突之中,而标志科学前沿、代表科学发展方向的重大科学问题和难题往往出现在科学自身发展的逻辑和社会需求的交汇点上。跨门类科学间及多学科间的交叉产生的科学难题对于科学系统的整体发展,无疑地具有更重大的意义。因此,本书编著的 100 个科学难题就是选自最基本的富有深远意义的门类科学和学科及其交叉学科,如数学科学、物理学、力学、化学、天文学、空间科学、地球科学、生命科学、医学、心理学、认知科学、信息科学,乃至涉及与哲学和经济学交叉的交叉科学和学科。

在 21 世纪里,人类的认识将不断提高,科学将加速纵横分化与综合,因而在纷繁众多的学科前沿领域和人类面临的多种需求中,将不断地生成不同层次、不同类别的各种科学难题。我们中国科学家要善于捕捉具有重大意义的科学难题,创立新的认识论和方法论,有效地解决更多的科学难题。

李政道——导言:展望 21 世纪 科学发展前景

在 19 世纪末至 20 世纪初,物理科学中有两个相当重大的科学发现:一个是迈克尔逊—莫雷(Michelson—Morley)实验,它表明,光顺着地球转动和逆着地球转动的速度是完全一样的;另外一个普朗克(Planck)提出的黑体辐射实验,它表明,热的东西放光时,会有不同的波长。普朗克对波长的分布公式提出了一个猜想,后与实验符合得很好,这个问题用经典的方法是无法解决的。这两个发现,即光顺着地球转动和逆着地球转动的速度一样和热的东西发光的光谱,都很稀奇,当时它们同日常生活并没有什么关系。可是,从第一个发现产生了狭义相对论,从第二个发现产生了量子力学。到 1925 年,对这两个重大科学领域完全了解了,并且由此发展了原子构造、分子构造、核能、激光、半导体、超导体、X 光、超级计算机等等。假如没有狭义相对论和量子力学,这些都不会有。从 1925 年之后,几乎所有的 20 世纪的物质文明都是从这两个物理基础科学的发展衍生的。现在,不光是应用,还在广泛地开发。

* 此书的策划、发起者和责任编辑是吉林人民出版社的范青萍女士;书的组编组负责人是中国科学院的李喜先研究员。

关于 21 世纪的科学发现,我主要想讲讲物理学的前景,我不敢讲其它的科学,就是物理学的前景也是我个人的看法。我认为,物理学的发展前景是很好的。为什么呢?因为目前情况正像 20 世纪初出现的情况一样。20 世纪初的两个著名的科学发现,提出了两个科学疑问:即光顺地球转动和逆地球转动时的速度为什么一样?如何解释热的东西发光的光谱?现在,我们同样也有两个疑问:第一,目前我们的物理理论都是对称的,而实验表明有些对称性在弱作用过程中被破坏了(1997 年是吴健雄先生做的宇称不守恒定律实验的 40 周年纪念,她的文章是 40 年前的 2 月 15 日发表的,她是 1997 年 2 月 16 日去世的);另外一个疑问是一半基本粒子是永远独立不出来的。我们现在知道,所有的中子、质子、原子、分子都是由两类基本粒子组成的:一类是夸克,另一类是轻子。一共有 6 种夸克、6 种轻子。可是这 6 种夸克,每一个都不能单独自由行动,从来没有人观察到它们可以自由地存在。我们现在认为理论是对称的,而实验表明对称被破坏,这个疑问被解答为这个破坏来自于真空。什么是真空?真空是没有物质的态,可它仍有作用,有作用就有能量的涨落。这能量的涨落是可以破坏对称的。为什么夸克走不出来呢?这和超导类似。超导是抗磁场的,假如有一块材料没有变成超导前有磁场通过,一变成超导,磁场就被排出来了。假如有一个圆圈,里面有磁场,没变成超导前磁场可以任意进出,一旦变成超导,磁场就走不出来了。我们认为,在真空的涨落中,很可能有单磁子和反单磁子,它们抗量子色动力学的场。我们认为,真空是物理的相对论性的凝聚态,它虽然是没有物质的态,但却是有作用的,也是可以激发的。

相对论的重离子碰撞,通过高能量 100GeV/N 的金核和金核相碰撞后,金核可以相互穿过去,在二核中间产生新的真空,这里面夸克就可以自由行动。这个方面正在研究。这台对撞机建造在 Brookhaven,1999 年就可以造成,总投资约十亿美元。如果真空是可以被激发的,那么粒子的微观世界和宏观的真空就结合起来了。这将是新的发展。

在宇宙中,有一种叫做类星体(quasar)的东西,我们不知道它是什么,它不是普通的星,它的能量来源我们不知道,每个类星体的能量可以是太阳的 10^{15} 倍,这是很大很大的。估计在宇宙里约有 100 万个类星体,其中有 1 000 个我们在仔细研究。这个能量绝对不是核能量。太阳的能量来自核能量,但它比太阳的能量大得多。类星体的发现是在 1961 年,那年发现了两个。最早发现的两个类星体之一,是 3C273,3C 是英国剑桥目录的第三本,273 是其中第 273 星。这个类星体在 1982 年 2 月,一天之内

能量增加一倍,这是非常稀奇的,不仅能量大,而且可以一天之内增加一倍。宇宙中还有很大能量的来源是我们不知道的。

另一个在宇宙中的大问题是暗物质。从引力我们知道有暗物质存在,可是用光看不见,红外、紫外、X 光都看不见。宇宙里 90% 以上是暗物质。暗物质存在的证明很简单,拿一个星系(galaxy),在距离这星系中心 r 处,量任何星或星际尘埃(dust)、粒子等的速度 u , $M(r)$ 是从星系中心至 r 间的引力质量。按牛顿定理 $\frac{GM(r)}{r^2} = \frac{u^2}{r}$, G 是牛顿引力常数,离 galaxy 非常远。如果 $M(r)$ 不继续增加, u 应该越来越小,可是事实上不然,因任何一个星系的 u 并不减小,这就说明有很多引力质量在里面。NGC3192 不是单独的一个例子,现在已测量的有 967 个星系,所有的都是这样,没有一个例外。这些暗物质是什么我们不知道。所以在宇宙中有 90% 以上的物质我们不知道,有极大的能量来源我们不知道;真空有可能被激发。我们研究这个问题的方法是想制造一个状态,它和当初宇宙开始大爆炸的情况相似。大爆炸开始就是一个激发的真空,制造出这个状态也许可以使测量出它的特性。

在整整 100 年前,汤姆逊(Thompson)发现电子,从那以后影响了我们这世纪的物理思想,即大的是由小的组成的,小的是由更小的组成的,找到了最基本的粒子就知道最大的构造。这个思想不仅影响到物理,还影响到本世纪生物的发展,要知道生命就应研究它的基因(gene),知道基因就可能知道生命。我们现在发现这并不然。小的粒子,是在很广泛的真空中,而真空很复杂,是个凝聚态,是有构造的。也就是微观的粒子和宏观的真空是分不开的,这两个必须同时处理。知道基本粒子就知道真空的观念是不对的。从这个简单化的观点出发不会有暗物质,也不会有类星体这类的东西。我觉得,基因组(genome)也是这样,仅是了解基因并不能解开生命之谜,生命是宏观的。

20 世纪的文明是微观的。我认为,21 世纪微观和宏观应结合成一体。

就如造计算机,是不是越小的集成电路就越好呢?我们可以把集成电路越造越小,小到氢原子,可是我们对氢原子完全不懂,这里不可能再有什么信息。可能 21 世纪的计算机要的是较大的,是个凝聚态的单位,这里的信息才更多。20 世纪是越微小越好,我们觉得小的是操纵一切的;而我猜测,21 世纪将要把微观和宏观整体地联系起来,这不光是影响物理,也许会影响到生命的发展。微观和宏观必须要结合起来,这个结合对应用科技可能会有极大的影响。这些 20 世纪的科学文化发明在 19 世纪末都是很难想象的!没有 20 世纪初基础科学的发展,本世纪的科技应用和开发也没法产生出来。21 世纪也

许会有同样的发展。目前,微观和宏观的冲突已经非常尖锐,靠一个不能解决另一个,把它们联系起来会有一些突破。这个突破会影响科学的将来。

让我们看看 21 世纪的物理学的前景:激发真空,微观和宏观的物理的结合,制造像宇宙开始的状态,了解暗物质,了解类星体的能源,了解 CP 不对称的原理。什么是 CP 不对称呢? 粒子和反粒子,左和右不对称,就是 CP 不对称。因为 CP 不对称,所以我们能够存在。我们都是由质子和电子组成的,我们宇宙里没有很多的反质子和正电子。在大爆炸一开始它们应该是一样的,所以 CP 不对称也是一个很重要的问题。

书 目

序号	21 世纪 100 个科学难题题目	难题的提出、编著者	
1.	对深层物质结构的探索	黄 涛	
2.	协调相对论和量子论的困难	董光壁	
3.	引力波探测	胡恩科	
4.	质子自旋“危机”及其实验探索	孙祖训	
5.	力学的世纪难题——湍流	周 恒	
6.	金属微粒中的量子尺寸效应和超导电性	金 铎 徐力方	
7.	高温超导电性	张裕恒	
8.	固体的破坏	白以龙	
9.	宇宙结构的形成与星系的起源	马 驎	
10.	太阳中微子之谜	彭秋和	
11.	活动星系核的能源和演化	周又元	
12.	星际分子云和恒星的形成	杨 戟	
13.	宇宙常数问题	俞允强	
14.	太阳活动的起源	汪景琇	
15.	磁元的争辨	艾国祥 邓元勇	
16.	黑洞的证认	卢炬甫	
17.	宇宙论中的暗物质问题	何祚庠	
18.	地外文明与太空移居	卞毓麟	
19.	寻找地外理性生命	南仁东	
20.	星系演化的途径	邹振隆	
21.	最终解决人类能源问题的课题	霍裕平	
22.	未来的空间太阳能发电	徐建中 陈焕章 张世铮	
23.	太阳风的起源及其加速机制	涂传诒	
24.	日冕加热和太阳风加速	胡友秋	
25.	表面张力梯度驱动对流	胡文端	
26.	磁层亚暴和磁暴的整体过程	刘振兴 濮祖荫 沈 超	
27.	富勒烯化学	顾镇南 施祖进	
28.	单原子识别与分子设计和合成	白春礼 王 琛	
29.	室温有机超导体	朱道本	
30.	催化的高选择性合成	王 东	
31.	原子簇物质	孔繁敦	
32.	非线性光学聚合物实用化的若干问题	叶 成	
33.	分子工程学	郭国霖 桂琳琳 唐有祺	
34.	分子元件的单原子加工和自组装		朱清时
35.	可持续发展对化学的挑战		朱清时
36.	地球科学中的非线性和复杂性		刘式达
37.	地球构造运动驱动机制的反演		王 仁
38.	人类对全球环境变化影响的预测		符淙斌
39.	气候系统动力学		黄荣辉
40.	自然控制论		曾庆存
41.	地震成因与地球内部流体	徐常芳	刘若新
42.	地球的自转运动及其与地球各圈层的相互作用	叶淑华	郑大伟
43.	现今岩石圈构造解析中的若干难题	马宗晋	杜品仁
44.	生物多样性保护		马克平
45.	细胞凋亡		赵永同
46.	生物学的理论大综合:遗传、发育和进化的统一		王亚辉
47.	分子识别、化学信息学和化学反应智能化问题	宋心琦 周金渭	周福添
48.	人能否在地球以外长期生存		魏金河
49.	脑神经系统动力学		裴留庆
50.	生命,人的思维、意识、目的等的物理学基础		徐京华
51.	探索生命的遗传语言		彭守礼
52.	疯牛病——中心法则——Affinsen 原理		丁达夫
53.	分子进化的驱动力与分子进化理论		张亚平
54.	脑的计算模型能带我们走多远		顾凡及
55.	如何控制化学反应的方向(反应通道)		朱起鹤
56.	未来的认知神经科学能否给意识以新的解释		沈 政
57.	地球演化的统一理论:“两均论”与“两非论”	欧阳自远	张福勤
58.	有机体信息系统的演化在物种生存、适应过程中的作用		马原野
59.	脑的选择性自适应		郭爱克
60.	脑与行为的自组织		周昌乐
61.	思维与智能的本质		冯嘉礼
62.	人脑如何组织其信息存贮		黄秉宪
63.	脑与免疫功能		范少光
64.	生命起源、细胞的起源和进化研究		李靖炎
65.	生命的起源与蛋白质		刘次全
66.	RNA 与生命起源		张 静
67.	注意的脑机制		吴新年
68.	智力的起源		赵南元
69.	细胞如何调控基因组的有序活动		郝 水
70.	人脑是怎样认知外界视觉世界的		寿天德
71.	重力的植物细胞生理学问题		刘承宽
72.	中心法则的空白——从新生肽到蛋白质		王志珍
73.	“JUNK”DNA 有什么功能		陈润生
74.	统一医学		李福利
75.	意识和思维动力学		李福利
76.	人类疾病与基因		方福德
77.	生命起源中的对称性破缺		王文清
78.	精神与免疫		林文娟
79.	改善老年性认知功能障碍的心理药理学策略		管林初