

谈物理学的性质和发展中的特点

彭桓武

(中国科学院理论物理研究所)

物理学是关于物质性质和能量转换的系统知识。为了不断获得这种知识,人们不断创造实现各种特殊条件的设备和测量各种变量的仪器,进行适当的安排、组织,以扩大人们观察实验的范围。所得知识的客观性表现在:“在同样条件下出现同样现象”这个必然重复的事实上。所谓“同样”,系指某些主要因素而言,而忽略了关系不大的其它因素的不同。正确地分出哪些为主要因素,是使知识得以系统化的前提;因为只有抓住那些主要因素,才能对条件和现象进行描述——严格地说是一种近似描述。在近似程度上认为是关系不大的其它非主要因素,可以指外部的,如地球绕太阳转动的问题中其它星球位置的变化;也可以指内部的,如理想气体压力体积温度关系中气体的成分。如果对象简单,条件容易重复,主要因素就容易识别。识别的正确与否,可以为重复的观察实验所判断。这样,这部分知识便容易系统化,发展成为较成熟的科学。反之便差些。

在定量控制的条件下,对发生的现象进行观察实验,积累数据,经过分析、比较,可以总结出经验规律或定律。定律的真理性即在于实践检验时其依据规律实现的可靠程度;一般讲,可靠的、经实践检验过的规律,才称为定律。定律总结概括的范围,便是定律适用的范围。在应用定律作推论时,用到概括范围的内插值时,推论是同样可靠;用到概括范围的外推值时,推论的误差可能增大,外推远了一般需要修改定律。根本的修改办法是,再从更大范围的实验数据,总结出适用范围更大的经验规律或定律。

从不同方面总结出来的定律,在物质的统一中要结合起来使用,这就要求不同定律间彼此相容而不产生矛盾。理论分析有助于考察定律之

间有无矛盾。有时经过理论分析,就能对原来定律外推时如何修改有所启示。譬如带电粒子受电磁力作用,当机械速度高时,牛顿力学应如何修改为相对论力学。有时,理论分析可以暴露矛盾,但原来定律的修改,却需要独立地从新范围的实验中进行总结。譬如牛顿力学和电磁定律结合,表明绕原子核运动的电子很快要掉到核上,这就暴露了矛盾。但是,牛顿力学如何修改为量子力学,则来源于黑体辐射、光电效应、原子光谱等方面的实验,特别是从后者总结出来的经验规律即 Ritz 组合规则。也有这样一种情况,理论分析暴露了矛盾,但需要使用两方面的定律的条件一时不易实现,那么新范围的实验一时便不易产生,定律的结合一时也难发展。譬如前些年量子力学与广义相对论的结合便是如此,近年来情况开始变化,能在量子效应和引力效应都重要的场合下进行观察。

所以,就物理知识的获得而言,实验是开垦者。开垦后进行治理,形成定律,进而各方面结合成为统一的自然世界观[即通常物理著作中所说的世界观(world picture),我们特冠以“自然”二字,以免误会],则称之为理论。这是知识系统化的更高阶段。在已被开垦治理的领域内,进行新的组合应用时,理论可以指导实验,可以在计算机上求工程的最佳设计。但实验或工程设计的实现,则决定于材料生产和加工工艺技术等,决定于能否创造实际实现时所需要的各种条件。譬如根据电磁光学和电动力学理论,可以设计激光加速器,其实现则依赖于激光技术和加速腔加工。新领域的开垦,虽然有时也可以从旧领域中提出要求,但主要是由人们认识能力的工具的新发展所决定。通过开垦、治理积累起来的能具体实现各种条件的本领,包

括知识经验和材料设备等等,标志我们所掌握的科学技术水平,它在继承和交流中创造和发展。说到底,科学技术是通过实现条件而使现象出现,以资利用。现象在一定条件下必然出现这点,既可用于来参加组合,以创造新的条件去探索新的现象,也可用来造福人类。譬如,铀裂变现象导致原子反应堆,高通量堆作固体实验用,功率堆作发电用。

古代人们仿效人文知识,把自然知识区分为自然哲学和自然历史。随着科学的发展,人们早已按对象把科学分为数学、物理、化学、天文、地理、生物等门学科,而将其较成熟的应用部分分别列为各门技术或工程。科学偏知识,技术重应用,但科学孕育着新的应用,技术改进认识工具。两者互相促进,各学科之间也互相影响。

随着观察实验范围的扩大和深入,物理学也形成若干有密切联系的分支学科,其中比较活跃的分支和研究方向可参考美国1970年物理规划材料“物理的透视”,现择列于表1和表2。

表1 1970年美国物理分支学科中人力分配(%)*

	总人数 36336人	博士以上 16631人	博士以下 19705人
凝聚态物理	21.5	25.5	18.2
原子核物理	9.5	11.0	8.2
光学	9.0	6.7	11.0
基本粒子物理	6.3	8.7	4.3
原子分子电子物理	5.4	6.6	4.4
等离子体流体物理	5.0	6.7	3.5
地球和行星物理	4.0	4.4	3.7
天文	3.1	3.8	2.3
声学	3.0	2.0	3.9
生物中的物理	1.3	1.7	1.0
天体物理和相对论	1.1	1.5	0.8
其它物理	30.7	21.4	38.6

* 表1和表2材料皆取自“Physics in perspective”, National Academy of Sciences, Washington D. C. 1973, Students' Edition.

我个人感觉下列几点似乎代表发展趋势:

1. 化学反应

化学反应是材料制备的基础。利用分子束

表2 研究方向中美国博士分配状况(1970±1)

凝聚态物理 ¹⁾	共 2590	中子物理	115
半导体物理	550	高能核物理	95
磁性	430	核衰变	65
表面物理	340	装置仪器	50
非电子方面 ²⁾	310	重离子核物理	20
电子方面 ³⁾	260	弱作用电磁作用	20
发光	190	天体物理核截面	20
量子光学(激光)	150	基本粒子物理 ⁵⁾	共 1639
晶体学	150	原子分子电子物理	共 425
超流	75	束(原子、分子、离子 ⁴⁾)	130
慢中子物理	75	激光和量子放大器	100
强磁场	60	原子分子光谱	80
光学 ¹⁾	共 350	电子物理	80
激光源	137	气体放电	35
全息、信息贮存	73	等离子体流体物理	共 1190
非线性光学	55	流体等离子体激光合作现象	
光学系统改进设计 ⁶⁾	40		475
信息处理	17	可控热核聚变	410
计量	15	气象、海洋、计算机模拟	210
集成光学 ⁷⁾	11	湍流	65
光频带通讯	2	磁性流体发电	20
声学	共 195	实验室和天体物理中等离	
水声	90	子体和流体	10
噪声、冲击、振动	35	天体物理和相对论	
超声、次声	20		共 300→410 ¹⁰⁾
电声及其仪器	20	理论相对论和天体物理	
乐声、建筑声学	15		50→100
听、说、生物声学	15	广义相对论实验	10→20
化学中的物理	共 2420 + (2550) ⁹⁾	引力辐射	5→10
分子作用动力学	850+(600)	太阳中微子	5→10
分子结构光谱	520+(650)	γ线探测	5→10
凝聚态	460+(825)	数字化成像装置	5→30
表面	290+(275)	十年规划中尚有	
其它	300+(200)	X和γ线高能天文	→75
原子核物理 ^{1),4)}	共 1340	大射电天文	→75
核激发态和动力学	695	红外天文	→60
核理论	260	红外口径合成	→20
		生物中的物理 ¹¹⁾	共 280

- 1) 一般基础研究未计入。
- 2) 包括位错、塑性、断裂、内摩擦、扩散、离子导电、声子晶格振动。
- 3) 包括溶金属、电子电传导、热传导、金属光学性质、能带、等离子体振荡、超导。
- 4) 有140位博士作数据收集和核化学工作,有300位博士从事核技术应用。
- 5) 有300人用计算机设计加速器或作乳胶工作。
- 6) 用计算机设计,用激光源和固态接受器,有大改进。
- 7) 捕获并引导在薄膜内用声、电、光信号操作,为计算机逻辑、调制、扫描或发信号用。
- 8) 包括束箔光谱。
- 9) 括号中为从化学系毕业的博士人数和物理系毕业的博士相当。
- 10) →后数字为十年规划预计达到的人数。
- 11) 研究方向包括分子基础、神经生理、辐照现象、热力学能量平衡模型等,尚未全确定。

交叉碰撞,可以在分子水平深入研究化学反应的过程.与激光技术相结合,反应前用激光激发分子束,反应后用激光引致荧光光谱分析以区别不同的态,将化学反应扩大到态-态化学.希望这有利于化学反应的选择或控制,譬如激光分离同位素及设想中的激光催化某种所需的化学反应(如光合作用)效率的提高等,尚待研究.

2. 材料的结构与性能

材料的性能决定于其结构,即原子核和电子在电磁作用下的量子力学运动状态.随原子的排列和成分不同,结构多样化,性能也多样化,例如金属、半导体、复杂晶体、高分子材料、液晶、复合薄层等的力学、光学、电学、腐蚀性能等等,这还与温度或外加电磁场等有关.由于结构、性能不同,材料有各方面的应用.除对材料的成分和工艺条件严格控制以外,对表面的微观观察研究,对无序结构的理解和对性能的研究,还有低温、高压、强磁场等极端条件的利用,均有助于这内容多采、现象复杂、应用广阔的研究领域(凝聚态)的发展.例如次级发射现象可利用它使像增强,用于夜视,减少X光剂量,增加天文望远镜观测距离.理想的是按性能需要制备材料或器件.

3. 激光

激光发展依然很快,其广泛应用前景可能产生激光工业.新波段、波长可调、脉冲甚短等技术在发展.频率的高稳定度可测地震前的形变;卫星激光导航可定位准到十分之一米;全息照像,由模糊返清晰,滤光膜等都有实用价值.远红外激光与亚毫米微波之间情况如何?作为具有高度信息的新技术,激光容易和其它技术联合使用而开辟新领域,如用偏振激光作高能加速器,或与高能电子束作用产生偏振X或 γ 激光.

4. 生物分子结构与功能

从生物分子结构理解生物化学功能、遗传信息传递、细胞膜和与膜有关的酶、神经生理

等.自组织和复制问题如何理解?是否与远离平衡态时熵定律如何修改有关?对象复杂了,区分主要因素较难.

5. 核能的利用

受控热核反应一直推动高温等离子体的研究,磁场约束和惯性约束两途径均向目标接近.现在,除考虑验证科学实验外,已开始将裂变与聚变一起考虑,如何将加速器、反应堆及等离子体组合得更经济有效.作为地球上人类能源,要求经济安全,并且长远有原料可用,这将为解决能源问题提供较长远的出路.

6. 次核粒子和天体

要对原子核以内和地球以外进行观察实验,必须创造特殊条件.根据量子力学,要分辨空间小尺度(如核子半径 1.4×10^{-13} 厘米),必须提高碰撞粒子的动量至140 MeV/c,这样就使得系统的激发能量高,产生各种不稳定的在一般物质结构中不出现的所谓基本粒子,现象变得复杂起来.关于弱作用衰变,实验虽然更困难些,但理论治理容易些.现已提出的弱作用与电磁作用统一的弱电作用理论(这与当年磁作用与电作用统一为电磁作用相类似),等待在这一代加速器上进行实验,验证中间玻色子的产生.关于强作用,实验很多,理论治理由于近似方法困难而慢些.现提出的量子色动力学尚待发展,以便与实验比较.

粒子物理与宇宙演化,在较通行的宇宙论揣测中有联系,最初几秒钟的宇宙,曾是基本粒子统治的时代.由于射电天文和X, γ 天文扩大了观察手段,发现了背景辐射和脉冲星、类星体等新天体,其引力场较强,有利于新的观察实验.但至今在天体方面理论与观察实验的结合周期比粒子方面的还要长些.

概括上述几点,当前物理学发展似乎有如下特点:就实验说,针对更复杂的结构和过程,创造或采用新技术(包括材料工艺到近似方法),更强调控制和结合,以进行能获得更多联

(下转第146页)