



珍藏本

汉译世界学术名著丛书

科学史

下册

〔英〕W. C. 丹皮尔 著



SINCE 1897

商务印书馆

The Commercial Press

第三版

中国科学院图书馆藏

科学史

下册

（现代科学史）

科学出版社

汉译世界学术名著丛书

(珍藏本)

科学史

及其与哲学和宗教的关系

下册

〔英〕W.C.丹皮尔 著

李珩 译

张今 校

商务印书馆

2009年·北京

图书在版编目(CIP)数据

科学史(全二册)/〔英〕丹皮尔(Dampier, W. C.)著;
李珩译. —北京:商务印书馆, 2009

“汉译世界学术名著丛书”(珍藏本)

ISBN 978-7-100-06577-1

I. 科… II. ①丹…②李… III. 自然科学史—世界
IV. N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 022393 号



所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

汉译世界学术名著丛书(珍藏本)

科 学 史

及其与哲学和宗教的关系

(全二册)

〔英〕W. C. 丹皮尔 著

李珩 译

张今 校

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街36号 邮政编码 100710)

商 务 印 书 馆 发 行

北京瑞古冠中印刷厂印刷

ISBN 978-7-100-06577-1

2009年7月第1版

开本 880×1240 1/32

2009年7月北京第1次印刷

印张 26 1/8

定价: 90.00 元

第六章 十九世纪的物理学

科学时代——数学——不可称量的流体——单位——原 200
子论——电流——化学效应——电流的其他性质——光的波
动说——电磁感应——电磁力场——电磁单位——热与能量
守恒——气体运动说——热力学——光谱分析——电波——
化学作用——溶液理论

科学时代



315

如果我们有正当的理由把十九世纪看做是科学时代的开始的话,那么,原因并不仅仅在于,甚至主要不在于,我们对自然的认识在十九世纪中有了迅速的发展。自有人类以来,人们就在研究自然:原始的生活技术就是对物性的片段知识的运用,早期的神话与寓言就是根据当时已有的证据创立的世界和人类起源的理论。但在最近一百年或一百五十年中,人们对于自然的宇宙的整个观念改变了,因为我们认识到人类与其周围的世界,一样服从相同的物理定律与过程,不能与世界分开来考虑,而观察、归纳、演绎与实验的科学方法,不但可应用于纯科学原来的题材,而且在人类思想与行动的各种不同领域里差不多都可应用。

在以前时代的大发明中，我们看见实际生活的需要推动技术家取得进一步的成就：那就是说除了偶然发现所带来的发明之外，需要常在发明之先。但在十九世纪里，我们就看见为了追求纯粹的知识而进行的科学研究，开始走在实际的应用与发明的前面，并且启发了实际的应用和发明。发明出现之后，又为科学研究与工业发展开辟了新的领域。例如，法拉第(Faraday)的电磁实验促成了发电机和其他电磁机器的发明，这些发明又向科学家提出新问题并给予科学家解决这些问题的新力量。麦克斯韦对于电磁波的数学研究，五十年后带来了无线电报与无线电话，这些技术又给物理学家提出了一些新的问题。巴斯德发现发酵、腐朽以及许多疾病都是由于微生物的作用以后，工业、医药与外科方面都取得了极重要的成果。孟德尔(Mendel)在布吕恩修道院里所进行的豌豆遗传的实验带来了系统的植物栽培以及小麦和其他谷类的许多改良品种，并且促使人们认识到某些有关动植物某些特性的遗传的原理。这种知识在今后对人类的福利也许会产生不可计量的影响。总之，科学过去是躲在经验技术的隐蔽角落辛勤工作，当它走到前面传递而且高举火炬的时候，科学时代就可以说已经开始了。

本世纪所特有的各种思想有许多在十九世纪开始的时候就已存在了，因而要划出一个明确的历史界限是不可能的。而且在技术科学的应用上，至今仍在进行的伟大工业革命，也早已开始了。在1769年瓦特得到冷凝器原理专利权的时候，工业革命的主要工具之一蒸汽机已经到了可以应用的阶段。这是一个实用的发明，后来才应用科学的原理去改进它、发展它。但是，使得世界社会情



况发生革命性变化的另一大发明：电报通信，却是纯粹科学研究的结果；这种研究的开端可以追溯到 1786 年伽伐尼 (Galvani) 的工作。反转过来，为了便利海底电信而发明出来的反射镜电流计，对于纯科学也有很大的好处。

有些人看来，科学的实际应用，代表它的主要成就。但这些活动对人类思想的影响虽然很大，却是间接、缓慢和积累的。人类控制物质资源的能力，逐渐地、显然不可避免地扩大开来，主要是靠了应用科学，因此，在一般人眼里，应用科学的重要远远超过于纯科学。事实上，在他们看来，科学的胜利一个接着一个，其结果，显然进展纵然缓慢却是所向无敌的。人类控制自然的能力的扩展似乎没有止境；人们都毫无理由地认为扩大控制自然的能力所用的机械原理，足可以解释整个宇宙的秘奥。

在我们要叙述的这一时期里，主要的倾向，是把动力学的实验与数学方法逐渐推广到物理学的其他学科中去，而且在可能的情形下，并应用到化学和生物学上去。科学的研究，至少在一时期里，和哲学探讨分了家。在整个十九世纪里，多数科学家都有意识地或无意识地抱有一种常识性的见解，以为科学所揭示的物质、它的性质及其间的关系，就是终极的实在，而人的身体就是机械结构，也许偶尔为心灵所控制或影响。许多物理学家在考虑科学的基本概念时，认识到这些意见是便利工作的假设，经不起严格的考察；但在实验室与实际生活中，人们却没有时间来从哲学的角度表示怀疑。

在牛顿与拉瓦锡所奠定的基础上，物理学与化学建立起一座不断发展与和谐一致的大厦。这个成就使人们感觉总的路线已经



一劳永逸地规划好了,此后不会再有什么惊人的新发现了,剩下的工作不过是把科学的度量弄得更加精密,把几个明显的空隙加以填补罢了。事实上,这就是十九世纪末革命性发展前夕以前人们的信念。

数 学

在十九世纪里,出现了许多数学的新科目。其中我们必须提到数论、形论与群论,三角学发展成为多重周期的函数理论,以及一般的函数论。综合与分析的方法创造出一种新的几何学,而许多这样的方法被应用到物理学问题上去,这可能就是后来引导物理科学大踏步前进的推动力中最大的推动力。

数学史的细节不在本书范围之内,这里只想谈谈对物理学主要部门具有特别重要性的几个数学分支的轮廓。

傅立叶(Fourier)在1822年出版的讨论热传导理论的《热的分析理论》一书里,证明一个变数的函数,无论是否连续,都可以展开为那个变数的倍数的正弦级数;这个结果后来被应用到泊松(Poisson)所提出的分析方法上去。高斯(Gauss)发展了拉格朗日和拉普拉斯的研究成果,并把这种成果应用到电学上去。他并且建立了量度误差的理论。

拉格朗日列出运动的微分方程式,使动力学得到极大的进步,哈密顿(William Rowan Hamilton, 1805—1865年)爵士又把这个工作推进了一步。哈密顿用一个系统中的动量与坐标去表示动

203 能,并发现怎样把拉格朗日方程式转化为一组一阶微分方程式去



决定运动^①。他还发明了四元数。

萨卡里(Saccheri)在 1733 年,洛巴捷夫斯基(Lobatchewski)在 1826 年和 1840 年,高斯在 1831 年和 1846 年,波约(Bolyai)在 1832 年分别对欧几里得几何学所依据的一些假定进行了讨论。1854 年,黎曼(Riemann)促使人们普遍注意到非欧几里得几何学,以后凯利(Cayley)、贝尔特腊米(Beltrami)、赫尔姆霍茨(Helmholtz)、克莱因(Klein),怀德海等又做了不少工作。这些作者都指出,我们可以在数学上讨论非欧几里得空间的性质,不管这样的空间是否为感官所认识这个问题有怎样的答案。到爱因斯坦建立了现代的相对性理论的时候,他们的研究才在物理学上变得很重要。

不可称量的流体

热的强度的概念是从人们的感官知觉而来的,温度计帮助我



319

① 设 $p_1, p_2, \dots$ 为动量, $q_1, q_2, \dots$ 为坐标,拉格朗日方程式便是:

$$p_1 = -\partial H / \partial p_1, \dots \text{及 } q_1 = -\partial H / \partial p_1, \dots, \text{这里 } H \text{ 是总能量.}$$

一个力场里的位 ψ 是这样来定义的,使得任何方向的合力都可以用那方向上的位的减少率来量度:

$$F = - \left(i \frac{d\psi}{dx} + j \frac{d\psi}{dy} + k \frac{d\psi}{dz} \right).$$

哈密顿算子:

$$\left(i \frac{d}{dx} + j \frac{d}{dy} + k \frac{d}{dz} \right)$$

可写为 ∇ , 于是前一方程式变为:

$$F = -\nabla \psi.$$

运算符号 ∇ 使我们得以量出 ψ 在三个垂直方向的每一方向上的增长率,而使由此求得的三个向量合成为一。

们去测量它。阿蒙顿(Amontons)利用水银改进了早期的温度计,华伦海特(Fahrenheit)、列奥弥尔(Réaumur)与摄尔絮斯(Celsius)各自确立了标度。热的传播及辐射、对流和传导三者的区别,以及热量的概念,都是后来的研究课题。虽然最敏锐的自然哲学家,如牛顿、波义耳与卡文迪什等倾向于认为热是物体质点的颤动,但在还没有同我们的能量观念相当的确定概念以前,他们的意见是不能发展的。要前进一步就需要把热看做是一种可测度的量,由一物体传到另一物体时,数量仍然维持不变。在这个观念的指导下进行实验,就需要对热的性质给予确定而适合的表述。于是就有一种学说应运而起。这一学说认为热是微妙的,既不可见而又无重量的流体,在物体的质点间极其自由地流通。



204

布莱克(Joseph Black, 1728—1799 年)澄清了把热和温度两种概念混淆起来的看法,分别称之为热的分量与强度。他从蒸馏酒厂得到启发,研究了冰融为水及水化为汽的状态变化。他发现这些变化里大量的热被吸收,而温度却不改变。他说这些热成了“潜热”。他以为热流体或“热质”与冰结合而成水,成为“准化合物”,热质再与水化合而成汽。他的量度说明,融解一定量的冰为水所需的热量与把同量的水加热到华氏 140° 所需的热量相等,但真正的数字是华氏 143° 。他还低估了汽化的潜热,把 967°F 误为 810° 。但这种测量要十分精确是很难的。布莱克又创立了比热的理论来解释为什么使不同物质发生相同的温度变化所需的热量是不同的,后来他的学生伊尔文(Irvine)详细地测定了一些物质的比热。这样他就创立了热量测定的方法,即量热术。热质说或热的流体说一直引导科学前进,到 1840 至 1850 年间,赫尔姆霍茨与焦

耳才证明热功等价,确立了热是运动的一种方式的观念。

另一类似的流体说,或者说敌对的两流体说,引导了电的现象的研究者前进。要解释由于摩擦而带电的两个物体为什么彼此相引或相斥,可以假定电是与热相似的一种物质,是一种可加减的量。但在电的早期历史中,我们清楚地认识到有两种不同而且相反的电。玻璃与丝摩擦所生的电,可被硬橡胶与毛皮摩擦所生的电中和。为了解释这些结果,流体说假设有两种性质相反的流体或者有一种流体,它在比常量多或少时,就引起带电的状态。我们现在还在使用正电、负电等适合于单流质说的许多术语,虽然我们已知电不是连续的流体而是微粒的结构,这是我们在后面要说明的。当人们用起电机产生出比较大量的电,再贮蓄在来顿瓶(一个内外都贴上锡箔的玻璃瓶)一类电容器中的时候,就给实验带来很大方便。格雷(Stephen Gray, 1729 年)、杜费伊(du Fay, 1733 年)与普里斯特列(Priestley, 1767 年)首先分清了导体与绝缘体,这两术语则是德扎古利埃(Desaguliers, 1740 年)所定出的。



人们一注意到电瓶放电的火花与声响,也就马上认识到它们 205
与雷电相似,因而也就疑心这两种现象性质一样。怎样才能证明两者性质相同呢?怎样才能使天上的雷公服从物理学定律呢?富兰克林(Benjamin Franklin, 1706—1790 年)对这个问题似乎入了迷。他留下的许多信札里都描绘了不少来顿瓶放电的实验,并提到天电有熔化金属、撕破物质等效应。

在带电体尖端的放电作用的启发下,达利巴德(d'Alibard)与其他法国人产生了把闪电传导下来的念头。1752 年,他们在马里

地方装置了一根高 40 呎的铁竿,要“决定带有闪电的云是否带电的问题”。当电云在竿上经过时,竿下端即发生火花。这个实验在其他国家也重复做过,而且完全成功——事实上,圣彼得堡的里曼(Riehmann)教授竟因为在屋上装置铁竿引导雷电而当场被击毙!同时富兰克林则用风筝安全地进行了同样的实验。

在风筝主杆的顶端装上一根很尖的铁丝,约比风筝的木架高出一呎余。在麻绳的下端与手接近之处系上一根丝带,丝带与麻绳连接之处可系一把钥匙。当雷雨要来的时候,把风筝放出,执绳的人必须站在门或窗内,或在什么遮蔽下,免使丝带潮湿;同时须注意不让麻绳碰到门或窗的格子。雷云一经过风筝的上空,尖的铁丝就可从雷云吸引电火,使风筝和整根麻绳带电,麻绳另一端的纤维都向四周张开,若将手指接近,就会被其吸引。当风筝与麻绳都被雨湿,而能自由传导电火时,你若将手指接近,便会看见大量的电由钥匙流出。从这把钥匙那里可以给小瓶蓄电;由此得来的电火可使酒精燃烧,并用来进行别的有关电的实验;而这些实验平常是靠摩擦小球或小管来做的,这样就完全证明这种电的物质和天空的闪电是同样的。

十八世纪时,人们进行了许多次加热于电气石等矿石与晶体而生电的实验,而且电鳗一类电鱼能给人以麻痹性打击的现象,也再度引起人们的注意。有人考察了它们的电器官,弄清它们给予人的打击的确是电的现象所致。



电力和磁力的研究开始于十八世纪末年。米歇尔和法国军事工程师库仑(Coulomb)先后在 1750 年左右和 1784 年发明了所谓扭秤,即一条轻的水平铁片,在中点上系上一根长铁丝,挂在一个玻璃匣内。库仑把一个带电的球放在铁片的一端,再拿一个带电的球与它接近,这铁片即会扭转。他又拿一块磁铁换替铁片,再用另一磁铁和它接近也可使磁铁的一极扭转。他用这个方法发现电力和磁力都随着距离平方的增加而减少,证明这些力量和牛顿证明的引力有同样的关系。他还发现电力与电荷量成正比,因而可以用电力来量度电荷。这个有关电力的定律还先后由普利斯特列和卡文迪什用另外的方法发现过^①。他们用实验证明任何形状的闭合带电导体里面都没有电力,所以球体内也没有电。牛顿过去用数学方法证明,如果平方反比的定律有效,一个由具有引力的物质构成的均匀球壳对于其内部的一个物体没有力的作用,而且任何别的力的定律都不会有这个结果;同样的研究也适用于电力。

力的定律既然成立,数学家就把静电学的课题拿过去,导出一系列周密的关系,在可以与观察结果比较的情况下,都证明与观察结果完全符合。导体表面电荷的分布,导体附近的电力与电位,导体与绝缘体的各种排列的电容量等,在高斯、泊松与格林的巧妙的手中,都证明可以用数学方法处理。

电是一种无重量、不可压缩的流体的学说和电是一个确定的量的观念是一致的,虽然在研究上并不是必不可少的,事实上却提



^① Sir P. Hartog, "The Newer Views of Priestley and Lavoisier", *Annals of Science*, August 1941, 引用 A. N. Meldrum 等人的著作。

出一个便于说明和研究这些现象的方便的面面。

更有历史意义的是人们的注意转向电力。与引力相同,电似乎也越过空间而作用于远处。数学家看来这不需要进一步的解释,但物理学家很快就开始推测这个空间的性质。因为这个空间竟然能传播两种表面上不同的力。我们以后会知道,这就引起了现今叫做“场物理学”的现代理论。

单 位

重量与度量单位繁多,人们过去就感到十分不方便,至今仍然如此。法国人首先创立了合逻辑的、方便的十进制来代替这些繁多的单位。1791年,法国国民议会接受了一份专门委员会的报告,1799年完成了必需的量度标准,并决定采用;1812年决定自由使用,1820年强迫施行。

长度的基本单位是米,原来定为通过巴黎的地球经圈一象限的一千万分之一。但实际上,一米的长是等于摄氏零度时某一条金属棒两点间的距离。后来大地测量的精确度增高,知道米长并不恰好等于地球的经圈的一个象限的若干整分,但不加以改正。容量的单位是立特或升,应当是每边一分米($\frac{1}{10}$ 米)的立方体,但以其不易量度,1901年规定为一公斤(千克)的纯水在一大气压及摄氏四度(在这温度下水的密度最大)下的容积。

质量的单位是千克或公斤,原来规定为每边一分米的纯水在摄氏四度下的质量,但现在则等于1799年勒费贝-纪诺(Lefèvre-Ginneau)与法布隆尼(Fabroni)所制定的铂铱合金标准衡器的质



量。他们的工作的精确度可从吉洛姆(Guillaume)在 1927 年所定的最新立特值去判断,即一立特值等于 1000.028 立方厘米。

时间的单位是秒,定为平均太阳日的 $1/86400$,所谓平均太阳日是把太阳中心第一次过子午线和接连第二次过子午线之间的时间作为一年计算出来的平均时间^①。

1822年,傅立叶在他的《热的理论》里指出副量或导来量按基本量来表示时,有某些量纲。假设以 L 表长度, M 表质量, T 表时间,则速度 v (即在单位时间内所经过的长度)的量纲为 L/T 或 LT^{-1} 。加速度是单位时间内速度的变化,其量纲为 v/T ,即 L/T^2 。或 LT^{-2} 。力是质量与加速度的乘积,或 MLT^{-2} ;功是 ML^2T^{-2} 。高斯由这些动力单位导出电与磁的单位,以后还要提到。

约在 1870 年,达成一项国际协议,一致同意采用一项科学的量度系统,以厘米(1/100 米)、克(1/1000 公斤)和秒三者作为基本单位,这就是常说的厘米、克、秒(C. G. S)制。



325

原 子 论

208

前几章内,我们已将德谟克利特时代以来的原子哲学叙述过了。这个哲学经亚里士多德驳斥后,在中世纪陷于停止状态,直到文艺复兴以后,才重新活跃起来。伽利略赞同这个哲学,伽桑狄用伊壁鸠鲁与卢克莱修的语言重新加以叙述;波义耳与牛顿在他们关于化学与物理学的思辨见解中也用了它。从那时以后它又被搁

^① 关于单位的定义,参看 *Report of the National Physical Laboratory for 1928*.

置,虽然它仍然渗透在科学思想中。

到了十九世纪初年,它被人重新提出,以解释固、液、气物质三态的物理性质,以及化学变化上的定量事实。

推翻燃素说以后,人们对物质的三态或三相有了更清楚的认识。物质虽然有三态,我们通常认识最清楚的总是其中一态,如我们认识最清楚的水经常是液体;但水可变为三态中的任何一态,如冷凝则为冰,蒸发则为汽。随着这种认识的进步,人们开始研究化学化合定律。气体的化合定律,最容易发现,因此,气体就不再是一种神秘的、半灵魂的实体,而与其他物体发生关系了。

根据精密分析的结果,人们,尤其是拉瓦锡、普鲁斯特(Proust)与李希特(Richter)等发现一个化合物始终丝毫不差地由同量的成分所组成(在当时达到的精度下),这个定量化合的观念,在新化学的体系中起了重要作用,虽然它和贝尔托莱(Berthollet)的有分量的见解是不相合的。水不论是怎样得来的,总是氢与氧按 1 与 8 的比例而合成的。因此我们得到化合重的观念,如以氢的化合重为 1,则氧的化合重为 8。两种元素以多种方式化合成多种化合物时,一化合物中两种成分的比例与另一化合物中两种成分的比例,常有简单的关系:在一化合物中 14 分氮与 8 分氧化合,在另一化合物中则与 16 分氧化合,恰为前者的两倍。可是在同位素发现后,这种定量化合的概念稍有改变,以后还要谈到。

约翰·道尔顿(J. Dalton, 1766—1844 年)是威斯特摩兰(Westmorland)一个手机织工的儿子,在他做小学教员的稀少闲暇里,学得一些数学与物理学的知识。他在曼彻斯特得着一个教书的位置,开始他对气体的实验。他看到气体的性质最好用原子



论去解释^①,后来他把这种观念应用到化学上去,指出可以把化合的现象解释为具有确定重量的相异质点的结合,而每一元素的质点都有其特定的重量。他说^②:

物体有三种不同的区分或三态,特别引起哲学的化学家的注意,即弹性流体、液体与固体三词所代表的状态;我们所熟悉的很有名的例子是水,它在某些情况下,可以具有三种状态。在蒸汽,我们看见它是完全弹性的流体,在水,是完全的液体,在冰,是完全的固体。这些观察结果默默地引到一个似乎得到公认的结论:凡有相当大小的物体,不管它是液体或固体,都是由无数极微小的质点或原子所组成,他们为一种引力所束缚,这种引力因情况不同而有强弱的差异。……

化学的分解与合成不过是把这些质点分开或联合。物质的新创或毁灭是不在化学作用的能力范围之内的。我们想要创造或毁灭一个氢的质点,和在太阳系里增加一颗新的或毁灭一颗固有的行星,一样的不可能。我们所能做到的改变,只是把黏着状态下或化合状态下的质点分开,以及把原来分离的质点联合起来而已。

在一切化学研究里,人们都正确地认为,弄清化合物中简单成分的相对重量,是一个重要的目标。不过,不幸的是,过



① *The Absorption of Gases by Water*, Manchester Memoirs, 2nd Series, Vol. 1. 1803, p. 271.

② John Dalton, *New Systems of Chemical Philosophy*, Manchester, 1808 and 1810. Reprinted in the *Cambridge Readings in Science*, p. 93.