



争论是物理学发展的动力

沈宏兰

(盐城师院物理系, 江苏 224002)

普朗克曾经说过:“在科学史中,一个新概念从来都不会是一开头就以其完整的最后形式出现,像古希腊神话雅典娜一下子从宙斯的头脑里跳出来那样”。的确,物理学的基本理论是在许多物理学家反复研究和论证的基础上,经过千锤百炼才逐渐形成的。对同一物理问题,由于客观事物的复杂性,研究者看问题角度的不同,思想方法的不同等等,往往同时存在多种不同的看法。这必然导致研究者之间的争论,并促使研究者千方百计地从理论和实践方面寻求解决问题的办法,从而加速了物理学发展的进程。

一、蛙腿论战

1780年的一天,意大利解剖学教授伽伐尼偶然发现:当起电机放电时,在近处用金属解剖刀触动青

蛙的肌肉,它便会抖动起来。这是为什么呢?他想起28年前富兰克林证明了天上的闪电就是静电的实验,于是他将蛙腿趾神经的一端用导线连接到竖在屋顶的孤立的铁杆上,把神经的另一端连接在大地上后,发现当大雷雨来临时,青蛙的肌肉不时地抖动。6年后,伽伐尼用铜钩把青蛙的脊髓钩住吊在公园的铁栏杆附近,他发现:每当青蛙的肌肉碰到铁栏杆时,肌肉就会抖动起来。由于是在晴天观察到这种现象,所以排除了大气中雷雨闪电是引起青蛙肌肉抖动的原因。随后,他发现用各种不同的金属多次重复,总得到相同的结果,只是不同的金属使蛙腿抖动紧缩的程度不同。于是,伽伐尼认为是发现了“动物电”,是青蛙肌体产生的电。当青蛙的神经通

时 S 为正值。而普朗克说法却没有体现出这一点。

3 路易斯和吉布森说法

路易斯和吉布森在普朗克说法的基础上,考虑了某些物质在 $T \rightarrow 0\text{K}$ 时 $S > 0$ 的事实而提出:“如果取 0K 下处于某种晶体状态的某种元素的 $S = 0$,则各种物质的 S 就具有有限的正值,但是 0K 时它们的值可以变成 0 ,完全晶体就是如此。”显然他们把普朗克说法结合在自己的说法中并进一步作了推广。而且还引入了完全晶体的概念,因而比普朗克说法更为完善。这种说法后来被人们认为是热力学第三定律的第一次满意的表述。然而路易斯和吉布森说法却没有对哪些物质在 0K 时为什么会残留有熵这一本质问题给予说明。而西蒙注意到了这个问题,于是他又提出了自己的说法。

4 西蒙说法

西蒙说法概括为“对于热力学系统中每一个达到内部平衡的方面来说,它对系统的熵的贡献一定会随热力学温度同趋于零。”他的这种说法,是从物质内部结构出发,把握事物内在原因之后而提出。因此可以说西蒙的说法是高超的说法。西蒙之后,前面已经提到过的福勒和古根亥姆也深入到物质内部而提出了他们的说法。

5 福勒和古根亥姆说法

福勒和古根亥姆对热力学第三定律倾注了很大的精力来研究。1939年他俩从系统经历一个恒温的内部达到平衡的相变分析而提出“在任何恒温过程中,如果这个过程涉及的仅仅是内部平衡的稳定物相,或者是不受这个过程扰动的冻结物相,则熵变一定会随热力学温度同趋于零;但若过程涉及的是冻结物相,而且这个过程会扰动冻结物相中没有达到平衡的那个方面,那么,熵变将不随热力学温度同趋于零,而是给出负值。”为此他们还举例说明。福勒和古根亥姆说法与西蒙说法一样,在于它揭示了热力学第三定律的本质。

纵观热力学第三定律的创立与发展历程,它与所有的客观规律一样,都经历了一个由浅到深、由初级到高级、由不完善到完善的发展过程;也像所有的科学规律一样,以科学技术发展为动力,应科学技术的发展需要而创立。整个创立过程概括为:理论预言——实验研究——归纳总结——推广完善4个过程。热力学第三定律虽然比热力学第一、第二定律的建立要晚近半个世纪,但它是独立于第一、第二定律的客观规律,而并不像能斯特所认为的那样:“第三定律只不过是第二定律的一个推论,即所谓定理”。尽管如此,热力学第三定律确实是对第二定律一个很大的补充与完善。

过铜钩和铁板接通时,就形成了闭合回路,电荷沿着闭合回路通过,从而引起肌肉的抖动。

1791年伽伐尼的论文发表了,伽伐尼所发现的“动物电”和激发“动物电”的方法在当时的欧洲学术界引起巨大的反响,也引起他的好友伏打的注意。1792年,伏打多次重复伽伐尼的青蛙实验发现:用两根不同的金属导线接触蛙腿神经时蛙腿抖动,而用两根相同的金属导线接触蛙腿神经时蛙腿却不抖动。于是伏打认为:伽伐尼的实验现象是对的,但解释是错误的;使蛙腿抖动的电不是由动物肉体产生的,而是由不同金属的接触产生的,蛙腿只不过是记录电流的仪器。

伏打不同意“动物电”的说法,提出了“金属电”(或接触电)的理论,于是展开了一场科学史上有名的“蛙腿论战”。

这场论战分为两派,一派是以伏打为代表的帕维亚大学学派,他们认为伽伐尼电现象是“接触电”产生的一种效应,属于物理学的范畴;另一派是以伽伐尼的侄儿阿尔迪尼为代表的波罗那大学学派,他们坚持“动物电”的观点。理论需要实践证明,两派纷纷做大量实验来证明自己的观点,来否定对方的论据,争论使科学家们都活动起来了,争论促进科学向纵深发展。

伽伐尼改进了自己的实验,他干脆不用金属,而直接剥出一条蛙腿的坐骨神经去接触另一条死青蛙大腿的肌肉,结果后一条蛙腿也会发生收缩现象,这不确凿无疑地证明了动物电的存在吗?联想到在海洋中生活的那些带电的鱼,如电鳗、电鳐等等,不少人接受了“动物电”的观点,伽伐尼在论战中占了上风。

伏打坚信自己从实验中得来的理论,决定用实验证据驳倒伽伐尼,他用各种不同的金属搭配进行了一系列的实验,(甚至用自己的身体做电流计),发现两种不同的金属接触就会出现一个带正电而另一个带负电的现象,并且确定了一个接触顺序:锌、锡、铅、铁、铜、银、金等。不仅如此,伏打还发现,金属间有水存在,接触电就加强了,用稀释的盐水更能使接触电流加强。于是伏打电堆制造出来了。

伏打电堆的发明,折服了欧洲,金属的接触电流为人们所公认。伏打电堆的发明,使人类第一次获得了稳定而持续的电流,为电学研究从静电阶段跃进到动电阶段创造了坚实的基础。后来,美国宾夕法尼亚大学的黑尔博士制成了一种电池,电力足以

熔化大块金属。科学家有了连续的强大的电流,就打开了一系列崭新的科学宫殿的大门,导致了电化学、电磁学等一系列重大发展,开辟了电力应用的广阔天地,使电学研究进入了一个蓬勃发展的新时期。两大学派的“蛙腿论战”谁胜谁负并不重要,重要的是这场论战为推动电学的发展立下了不朽的功绩。

二、热的本性的争论

关于热的本性,自古以来就存在着不同的看法,归纳起来有两类:热质说和热动说。热质说认为热是一种特殊的物质,称为“热质”。热质由没有重量的微细粒子组成,可以从一个物体流向另一个物体,其数量是守恒的。热质的粒子互相排斥,从而使物体带有膨胀的性质。热动说认为,热是组成物质的微观粒子(原子)运动的表现,它可由物体的机械运动转化而来。在18世纪之前的知名学者中,培根、胡克、牛顿、笛卡儿等人主张或倾向于热动说,伽利略、伽桑狄等人主张或倾向于热质说,玻意耳则动摇于两者之间。各大学说各据实验事实,争论不休,难分高低。而从整体上看,热质说的内容与人们直观感觉和常识十分吻合,所以很容易为人们所接受。特别是到了18世纪前半叶,在混合量热的实验中,热会重新分布但热的总量保持不变的事实,引起了人们的注意。这条被称为“热量守恒定律”的量热学基本法则,非常自然地使人们联想到“物质守恒”的概念,人们普遍地接受了热质说,18世纪下半叶成了热质说的鼎盛时代。

1797年,英国的伦福德伯爵到慕尼黑兵工厂监制大炮膛孔工作发现,铜炮在钻了很短时间后,就会发生大量的热,而被钻头从大炮上刮下来的铜屑更热(比沸水还热)。伦福德继续做的(尽量做到在绝热条件下进行)一系列实验使人相信,只要摩擦长时间地持续下去,便可越来越多,甚至无限多地产生出热量来。这一点是热质说怎样也无法解释的。伦福德说:“看来这些实验中,由摩擦产生的热的源泉,是不可穷尽的,毋庸赘言,任何与外界隔绝的物体或物体系统,能够无限制地提供出来的东西,决不可能是具体的物质实体;在我看来,在这些实验被激发出来的热,除了把它看做是‘运动’以外,似乎很难把它看做为其的东西。”

1799年,21岁的戴维完成了一个独创性的实验。他把两块冰在真空中相互摩擦,实验中冰在摩擦中慢慢融化为水,然后温度上升。在此过程中“热质”不可能从外边跑进去,冰融化时吸收潜热,而不

现代物理知识

是潜热从冰里被挤出来。戴维由此断言：“热质是不存在的”，热现象的直接原因是运动，它的转化定律和运动转化定律一样，同样是正确的。

尽管伦福德和戴维的实验和提出的论据如此充分，但并没有结束热质说的历史。直到19世纪中叶，焦耳重复了摩擦生热实验，并发表了他测得热功当量的精确结果（要产生一磅水升高 1°F 的热量，需要花费相当于772磅重物下降1英尺所作的机械功，即 $J = 4.154\text{J} \cdot \text{cal}^{-1}$ ，半个世纪前，伦福特测得的值是 $5.058\text{J} \cdot \text{cal}^{-1}$ ）。能量守恒定律得以建立之后，热质说才彻底抛弃，热动说得以确立。

尽管热质说是错误的，然而在热质说观点的指导下，物理学也取得了一系列非常重要的发现。例如，布莱克发现了“比热”和“潜热”，瓦特据布莱克的理论改进了蒸汽机；拉普拉斯和泊松从热质说出发找到了气体定压比热与定容比热之比同声速之间的关系；傅立叶根据热质流动的观点建立了热传导理论；卡诺创立了关于理想热机的理论，得出了关于热机效率的卡诺定理。正如恩格斯在《自然辩证法》中所说，他们的这些工作，“为正确的见解开拓了道路。”

纵观历史，热动说与热质说的争论，不仅使热学理论在“热质说”这个错误的躯壳内继续发展着其积极的一面，而且也促使了热概念的完善，更促进了能量守恒定律的确立（热功当量的测定不仅是确立热动说关键的一步，也是确立能量守恒定律的实验基础。所以，史学家们称伦福德、戴维是发现能量守恒定律的先驱）。热动说确立后把人们引入了一个新的领域，开始从微观粒子的层次上认识热运动的本质。沿着这一方向所进行的研究的结果，使人们形成了今天的这一概念：热是大量微观粒子的杂乱运动。

三、光的本性的争论

早在17世纪，人们就开始了光的本性的争论，并逐渐形成了关于光的本性的两种学说，一种是以牛顿为代表的微粒说，另一种是以惠更斯为代表的波动说，两种学说都可以解释光的反射和折射现象，但对折射现象的分析得出了截然相反的结论，微粒说得出密媒质中的光速大于疏媒质中的光速。由于当时实验条件的限制，无法在实验室中用测得的光速来进行判断，以致两派之争十分激烈。由于波动说本身不够完善（如惠更斯原理虽然能成功地解释光的反射和折射，但他既未考虑到波面上各点之间的相互干涉，又把光看成纵波；比起微粒说来缺乏数学的完美性等），加之牛顿本身具有权威性，使得

在19世纪以前，微粒说一直占着统治地位。

1802年，托马斯·杨提出了著名的干涉原理，首次成功地进行了光的双缝干涉实验，并对牛顿环等薄膜的干涉现象作出了合理的解释，第一个用实验方法测出了红光和紫光的波长。1808年，马吕斯发现了光的偏振现象。1814—1815年间，菲涅耳进行了“菲涅耳双镜”实验，其后创建了以“惠更斯—菲涅耳原理”为基础的光衍射理论，并依据波动理论出色地解释了光的直线传播现象，1821年菲涅耳以光的横波性理论圆满地解释了偏振现象。一系列实验事实使愈来愈多的科学家站到了光的波动说一边。1849年，斐索在实验中首先测出了光速，1862年，傅科在实验室中首先测出了光在介质（水）中的速度小于在空气中的速度，由此波动说得到了判决性的实验确证。因此19世纪前半叶，波动说在关于光的本性的争论中上升为统治地位。

但是，波动理论是把光看成连续介质中的机械性振动，这就必须假设存在一种传递振动的“以太”媒质，因为光速很大，故“以太”的弹性很大而密度却很小，但是“以太”媒质的存在始终没有得到实验的证实。

1845年，法拉第发现了偏振光的振动面在磁场中发生旋转，1856年韦伯发现光在真空中的速度等于电流强度的电磁单位与静电单位的比值，这些表示光和电磁之间存在联系。1865年，麦克斯韦创立了电磁场理论，推算了电磁波在真空中是以光速传播的，于是他大胆断言：“光是一种波长极短的电磁波”。到了1888年，赫兹用实验证实了电磁波的存在，建立了光的电磁理论，从而使光的波动说摆脱了机械波观点的桎梏，从菲涅耳等人的弹性以太中的波动说里解放出来，这是人类认识光的本性从表象到实质的历史性进步。

然而，光的波动说无法解释光电效应的实验事实。1905年，爱因斯坦提出了光子假说，圆满地解释了光电效应，康普顿效应也有力地证实了光子理论。因此，光的粒子性又以新的形式出现了，一系列实验表明光具有波粒二象性。人们从微粒说和波动说的争论开始到波粒二象性的确立，是认识上的伟大飞跃。在这长达几个世纪的过程中，一系列重大的研究和发现很多都直接或间接地来源于光的本性的争论，有力地促进了现代物理的发展。

各种争论的史实告诉我们，不同学派的争论，使物理学的发展呈现出生机勃勃的景象。在争论中，

热力学第一定律的建立及其伟大历史作用

王 长 荣

(湖北民族学院物理系 恩施 445000)

一、历史渊源与科学背景

人类使用热能为自己服务有着悠久的历史,火的发明和利用是人类支配自然力的伟大开端,是人类文明进步的里程碑。中国古代就对火(热)的本性进行了探讨,殷商时期形成的“五行说”一金、木、水、火、土,就把火(热)看成是构成宇宙万物的五种元素之一。北宋时刘昼更明确指出:“金性苞水,木性藏火,故炼金则水出,钻木而生火。”古希腊米利都学派的那拉克西曼德(Anaximander,约公元前611—547)把火看成是与土、水、气并列的一种原素,它们都是由某种原始物质形成的世界四大主要元素。恩培多克勒(Empedocles,约公元前500—430)更明确提出四元素学说,认为万物都是水、火、土、气四元素在不同数量上不同比例的配合,与我国的五行说十分相似。但是人类对热的本质的认识却是很晚的事情。18世纪中期,苏格兰科学家布莱克等人提出了热质说。这种理论认为,热是由一种特殊的没有重量的流体物质,即热质(热素)所组成,并用以较圆满地解释了诸如由热传导从而导致热平衡、相变潜热和量热学等热现象,因而这种学说为当时一些著名科学家所接受,成为十八世纪热力学占统治地位的理论。

但任何一种学说和理论,都必须接受实践的检验。1798年和1799年,伦福德(C. Rumford 1753—1814)和戴维(H. Davy, 1778—1829)先后以金属钻屑实验和两块冰在真空容器中摩擦融化的实例,对热质说进行反驳,无可争辩的事实,迫使人们去寻找更新的理论。

十九世纪以来,热之唯动说渐渐地为更多的人所注意。特别是英国化学家和物理学家克鲁克斯(M. Crookes, 1832—1919)所做的风车叶轮旋转实验,证明了热的本质就是分子无规则运动的结论。热动说较好地解释了热质说无法解释的现象,如摩

擦生热等。使人们对热的本质的认识大大地进了一步。戴维以冰块摩擦生热融化为例而写成的名为《论热、光及光的复合》的论文,为热功相当提供了有相当说服力的实例,激励着更多的人去探讨这一问题。

二、相关学科的支持与准备

在热力学第一定律形成之前,自然科学的发展在很多方面为能量守恒和转化定律奠定了基础,在不同的方面为定律的建立作好了前期的准备,主要体现在以下几个方面:

1. 物理学方面

机械能守恒是能量守恒定律在机械运动中的特殊情况,早在力学形成之初便有了能量守恒的萌芽,十七世纪已构成了明确的运动不灭思想,几百年来,永动机未能造成的事实,也从反面提供了能量守恒的例证。1835年哈密顿原理的提出,致使机械能守恒已经成为力学中的基本内容。十九世纪二、三十年代,电磁学规律陆续发现,人们自然对电与磁、电与热,电与化学等关系密切注视,法拉第(M. Faraday, 1791—1867)的许多工作都涉及能量转化现象,如电磁感应、电化学和光的磁效应等等,他所发表的论文,明确表达了他对“力”(即现代的能量,下同)的统一性和等价性基本概念的理解,而塞贝克于1821年发现的温差电现象则是“自然力”互相转化的又一重要例论。

2. 生物学与化学方面

在当时,拉瓦锡(A. L. Lavoisier, 1743—1794)和拉普拉斯(P. S. M. Laplace, 1749—1827)早已证明某一化学反应过程所放出的热量等于它的逆反应过程所吸收的热量,李比希(J. Liebig, 1803—1873)设想动物的体热和它的机械活动的能量,可能来自食物的化学能。莫尔(F. Mohr, 1806—1879)则进一步理解为不同形式的“力”都是“机械力”的表

各学派都有自己的独创的见解、风格和思想,通过争论,各种思想得以广泛的传播,而相互诤难又促进了

各种学术思想的交流和自我完善,推动了物理学向纵深发展。所以说,争论是物理学发展的动力。