

孔脱和他的“孔脱管”实验

童正印

(安徽巢湖地委党校 238000)

奥古斯特·孔脱(August Kundt)是19世纪德国实验物理学家。他一生主要从事声学、光学和气体动力学等方面的实验研究,为物理学的发展作出了许多重要贡献,创造了许多卓有成效的实验方法。以他的名字命名的基础物理实验中的“孔脱管”实验就是孔脱众多创造性实验中的一个。

孔脱1839年出生于德国北部。自小他的父亲就注重培养他的观察、绘画以及模具制作等方面的能力,为他后来从事实验物理研究工作奠定了良好的基础。中学时代的孔脱就对物理学产生了强烈的兴趣,他热衷于制作科学仪器并进行实验,甚至在家中建立起小小的实验室。他几乎在他的小小实验室中度过了他的所有的课余时间。

1859年,孔脱进入莱比锡大学学习自然科学和数学。1861年又进入柏林大学学习天文和数学。当时,著名的海因里希·马古洛斯教授正在柏林大学教授物理。马古洛斯是柏林第一流的科学演讲家,并以精湛的仪器制作技术和超群的实验研究技能著称。他自筹资金购置设备,在家中建立起家庭实验室,专为他的一些得意弟子开放。他还每周二在家中举行一次物理学术讨论会,邀请柏林当地的物理学家以及他的优秀学生参加。孔脱去柏林不久,就去听马古洛斯的学术报告,并被深深地吸引。自此,他经常去听马古洛斯的学术报告,并参加他的家庭学术讨论会。马古洛斯强调观察和实验的重要性引起了孔脱的强烈共鸣,更激发起他从事科学实验研究的欲望。1863年春,孔脱终以优异的成绩,有幸获得了进入马古洛斯家庭实验室进行实验研究的机会,并在马古洛斯指导下攻读博士学位。孔脱紧紧抓住这次良机,勤奋努力,仅用了一年多的时间,于1864年完成了

关于光的退极化的博士论文,获得博士学位,并被任命为马古洛斯的助手,开始了他从事物理实验研究的职业生涯。

1866年,孔脱因发明了测量声速的实验方法而名声大振。1867年他在柏林获得教授资格。1868年任苏黎世联邦工程学院的物理学教授。1869年任维尔茨堡大学物理学教授。1871年,孔脱在《物理年鉴》上发表了四篇关于光的异常色散方面的文章。1872年,他应邀去斯特拉斯堡大学任物理学教授。从1872年到1888年,他一直担任该校物理研究所所长之职,这是他一生中成果最辉煌的时期。其中包括他和助手艾弥尔·瓦尔堡合作,测出了单原子气体的热容比;他和伦琴合作,发现了气体中的法拉第效应。

不仅如此,由于孔脱的不懈努力和领导有方,使斯特拉斯堡大学物理所斐声德国物理学界,成为仅次于亥姆霍兹主持的柏林大学物理所的高产、高质量的研究所。

1888年,当亥姆霍兹离任去新成立的国家物理技术研究所任职时,由于孔脱在德国物理学界所享有的声望,被亥姆霍兹举荐接任他在柏林物理所所长的职务。其后,孔脱一直在柏林工作,直到1894年逝世前不久。

孔脱在实验研究方面极有天赋,加之在马古洛斯手下受到的严格训练,使他不仅能根据需要改装和设计制造各种仪器设备,而且在条件不具备的情况下,能因陋就简、就地取材、克服困难进行实验。导师马古洛斯教授认为孔脱是他最好的学生,称赞孔脱是“一个少见的、有创见的、具有独立思考的人。”

1866年,在获得博士学位仅二年后,年仅二十七岁的孔脱在实验研究方面就取得重大突破,创造了一种测量声音在气体中的传播速度

的实验方法,即今天基础物理实验中的“孔脱管”实验.

早在17世纪初,弗朗西斯·培根和其他一些自然哲学家就曾提出测量声速的设想.后来,牛顿在这方面做了一些开创性的工作,但未有重大突破.18和19世纪,通过许多科学家特别是丹尼尔·伯努利、皮埃尔·拉普拉斯、皮埃尔·杜隆以及亨利·勒尼奥等人的努力,在理论上人们已认识到声速(v)、波长(λ)和频率(f)三者之间满足一定的关系:

$$v = \lambda f$$

并且推导出在 0°C 时声音在空气中的传播速度大约为332米/秒的正确结论.然而在孔脱之前,人们一直苦于找不到一种实际测量声速的方法,更没有人能在实验室中演示出纵波波形.

孔脱首先认真分析总结了前人的研究工作,发现前人主要采用两种方法进行声速测量.一种是直接测量,即测量声音从某一点传到一定距离远的另一点所经过的时间来确定声速.这种方法很显然是十分困难,也是不可取的.另一种方法是伯努利提出的间接方法,即通过测出声波的波长和频率求二者之积来计算声速,然而这种间接测量方法到孔脱时为止,只是停留在理论阶段.因此,孔脱决定从伯努利的间接测量方法入手进行研究.

孔脱的这项研究工作受到埃恩斯特·克拉德尼在18世纪80年代发明的沙样技术的启发.克拉德尼是第一位用严格数学方法来分析声音的人.他发明的沙样技术是在金属薄片上布满沙粒或其他细粉,使金属薄片振动,则沙粒集中的节线上产生对称图样(称为克拉德尼图),从而显示出金属薄片的振动情况.孔脱受此启发,选用石松子粉,试图显示一段空气柱中的声振动图形.

孔脱选用一个水平放置的一端封闭的开口玻璃管,在管中均匀布满石松子粉.当声波传入该玻璃管中后,孔脱发现石松子粉在管内形成周期性分布的图形,即孔脱的“粉尘图形”.进一步的研究表明,该图形是由传入该玻璃管中的声波在这一段空气柱中产生的驻波图形,

相邻两波节之间的距离即为声波的半波长.在知道声源频率的情况下,测出声波波长,就可以求出声音在空气中的传播速度.

如果在玻璃管中充有其他气体(或蒸汽),还可以利用同样的方法测出声音在其他气体或蒸汽中的传播速度.孔脱当初分别在三个长为1米,管径分别为1.0厘米或1.5厘米的玻璃管中充以氢气和二氧化碳等三种气体,分别测出声音在其中的传播速度.

孔脱的这个著名的实验彻底解决了几个世纪以来令人束手无策的声速测量问题,同时也首次在实验室中演示出纵波波形.

1868年,孔脱还对这个实验进行了进一步的改进.他利用同一声源在两个装有不同气体(如干燥的空气和其他气体)的玻璃管中同时产生驻波.这样,不仅可以不需要知道声源频率,而由空气中的声速直接比较得出声音在其他气体中的传播速度,而且避免了由于利用不同声源进行不同次实验带来的误差.此外,他还详细分析了可能存在的引起误差的因素,如:玻璃管的尺寸和化学成分、粉末的性质和质量以及不同声音等,并使它们的影响减至最小而达到一种最优组合.针对存在的管内气体的内摩擦以及气体与管壁间的热交换这两个不容忽略的因素,在实验数据处理时,孔脱引入了一个修正项,即将声速乘以 $(1 + \alpha t)^{1/2}$ 其中 α 是空气的膨胀系数,而 t 是测量时的温度.孔脱的实验结果表明 0°C 时声音在空气中的传播速度为332.8米/秒.孔脱的实验方法既简单又容易掌握,其实验结果极为精确,以致于很多年以后,一直被其他人作为声速测量的标准值.孔脱也因此德国及世界物理学界声名卓著.为纪念他的这一杰出贡献,人们把他的实验命名为“孔脱管”实验,至今仍在基础物理实验中沿用.

“孔脱管”实验的发明不仅解决了几个世纪来令人束手无策的声速测量问题,还首次在实验室中演示出纵波波形.更为重要的是,它为孔脱后来进一步进行气体比热研究、验证气体动力学理论找到了有效的方法和突破口.