

中国大百科全书

物理学

Ⅱ

新学
新学
新学
PDG

中国大百科全书

物理学Ⅱ

中国大百科全书出版社

北 京

1998. 10



中国大百科全书

中国大百科全书出版社

欲知
能
PDS

本卷主要编辑、出版人员

总 编 辑 姜椿芳 梅 益

副 总 编 辑 周志成

主 任 编 辑 张希康

责 任 编 辑 张云鹗 陈荫民

特 约 编 辑 (按姓氏笔画顺序)

于善瑞 王鼎盛 申本新 包科达

许祖华 许谨诚 阮祖启 汪雪琰

张钟静 陈敖达 陈锡培 陈熙谋

金 今 施义晋 徐为方 徐唯义

高崇寿 唐棣生 董光璧

编 辑 刘东风 吴 宁 周 茵 吴书年

图 片 编 辑 朱星娴

资料核对统一编辑 张友韬

索 引 编 辑 蒋仲英 王小青

装 帧 版 面 设 计 张慈中

责 任 校 对 陈佩兰 姚秀丽 周国信

K

ka

卡 (calorie) 计算热量的单位,用 cal 表示,等于在标准大气压下使 1 克纯水温度升高 1°C 所需的热量。由于水的比热容随温度不同而有微小的差别,所以有各种不同的卡。 15°C 卡定义为使 1 克无空气的纯水在 101.325kPa 恒定压力下,温度从 14.5°C 升高到 15.5°C 所需的热量,其对应的能量值为 4.185J 。同样,还有 4°C 卡、 20°C 卡和平均卡(在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 范围内),均用同样方法加以定义,其对应的能量值分别为 4.2045J 、 4.1816J 和 4.1897J 。除此之外,尚有热化学卡(cal_{th})和国际蒸汽表卡(cal),它们所对应的能量值分别为 4.1840J 和 4.1868J 。一般教科书中都采用 15°C 卡。这是因为它和室温比较接近,使用方便。

大卡或千卡应用于营养学中,以指示食物所能产生的热量。热工学中亦使用大卡。1 大卡 (Cal) 或 1 千卡 (kcal) 等于 1 000 卡。

卡是由于历史原因引入作为量度热量单位的。由于热量本质上是传递的能量,所以在国际单位制中,规定热量的单位为焦耳,而把卡列为暂时与国际单位制并用的单位。

(胡修愚)

Kanu

卡诺, S. (Nicolas Leonard Sadi Carnot 1796~1832) 法国物理学家、工程师。1796 年 6 月 1 日生于巴黎,是数学家 L. 卡诺的长子。1812 年进巴黎查理曼大帝公立中学学习,不久以优异成绩考入

巴黎工艺学院,从师于 S. D. 泊松、J. L. 盖-吕萨克、A.-M. 安培和 D. F. J. 阿喇戈等人。1814 年进工兵学校。1816 年任少尉军官。1819 年在巴黎任职于总参谋部,次年请长假回家,编入预备役,继续从事他所酷爱的自然科学的学习和研究。大概从 1820 年开始,他潜心于蒸汽机的研究。1824 年卡诺发表了名著《谈谈火的动力和能发动这种动力的机器》(*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*)



但当时并没有引起人们的注意,直到他逝世后才引起人们的重视。1827 年,卡诺又被总参谋部召回服役,并将他以上尉身份派往现役部队任军事工程师。在里昂等地经过短期工作后,1828 年卡诺永远辞去了在军队中的职务,回到巴黎继续研究蒸汽机的理论。1830 年卡诺因父亲的关系被推选为贵族院

议员,但他断然拒绝了这个职务,因为他是一个共和主义者,认为职位的世袭不符合共和主义的思想。1832 年因染霍乱病于 8 月 24 日逝世,年仅 36 岁。由于害怕传染,他的随身物件,包括他的著作、手稿,均被焚毁。

在卡诺时代,蒸汽机已获得广泛应用,但效率很低。由于科学家和工程师们对蒸汽机效率这一概念缺乏正确的理解,而没有找到提高热机效率的根本途径。卡诺在 1824 年发表的那篇论文中,提出了一个理想热机模型(后称卡诺可逆热机)。卡诺设想热机由汽缸、活塞以及两个维持在不同温度间的热源组成,以理想气体为工质。此热机的循环分四个阶段。第一阶段工质和高温热源相接触,工质受热等温膨胀。第二阶段工质与热源脱离,绝热地继续膨胀,温度随之降低。第三阶段工质和低温热源相接触,并等温地压缩,向低温热源放出热量。第四阶段工质和低温热源脱离,继续绝热地被压缩,工质温度升高,直至回升到第一阶段开始时的情况,这时工质和热机都回复到各自的初始状态,完成了一个循环。在这个循环过程中,热机对外作了功。这种循环后来被称为卡诺循环,它指出了热机工作过程中最本质的东西:热机必须工作于两个热源之间,一个高温热源供给热量,一个低温热源吸收热量,只有这样才能将高温热源的热量不断地转化为有用的机械功。但是当时卡诺作出这种判断的依据却是错误的,他认为热机动力来源于热质从高温热源向低温热源的流动(见热质说),把热的动力比之于瀑布。他认为:“瀑布的动力与其高度和液体的量有关;而热的动力也与所用的热素(即热质)的量,以及可以称为‘下落的高度’有关,……它就是交换热素的两个物体间的温度差”(《谈谈火的动力和能发动这种动力的机器》)。卡诺在这篇论文中还提出了热机最高效率的概念。他认为在对热机进行的无限改进中,必然存在着一个热动力的极限:在工作于两个给定温度之间的所有热机中,以上述理想可逆热机所产生的动力为最大。这个结论现在被称为卡诺定理。

1878 年卡诺的弟弟公布了一束卡诺去世时幸免被毁的笔记残页。这份笔记表明,卡诺后来已放弃热质说,认识到热不过是改变了形式的运动,并且还明确提出了在自然界中动力在量上不生不灭的思想。

(金尚年)

Kanu dingli

卡诺定理 (Carnot's theorem) 见卡诺循环。

Kanu xunhuan

卡诺循环 (Carnot cycle) 两个绝热过程和两个等温过程组成的循环。1824 年法国工程师 S. 卡诺在研究提高热机效率的过程中,设想了一种热机。假定工作物质只同两个热源(高温热源和低温热源)交换热量,既没有散热也不存在摩擦,这种热机称为卡诺热机。其循环过程称为卡诺循环。卡诺循环的工作物质可以是理想气体,气、液二相系统,磁介质等。循环若是可逆的,就称

为可逆卡诺循环,若是不可逆的,就称为不可逆卡诺循环。通常提到的卡诺循环,是指可逆卡诺循环。

卡诺循环中能量的转换情况可用图1表示。工作物质从高温热源吸收热量 Q_1 ,一部分用于对外作功 A ,一部分热量 Q_2 放给低温热源。因为卡诺循环只同两个热源交换热量,所以可逆卡诺循环是由两个准静态等温过程和两个准静态绝热过程组成的。图2是理想气体可逆卡诺循环的 p - V 图。①等温膨胀,工作物质从温度为 T_1 的热源吸收热量 Q_1 ,由状态 (T_1, V_A) 膨胀到状态 (T_1, V_B) ;②绝热膨胀,由状态 (T_1, V_B) 到状态 (T_2, V_C) ;③等温压缩,由状态 (T_2, V_C) 到状态 (T_2, V_D) ,工质放出热量 Q_2 ;④绝热压缩,由状态 (T_2, V_D) 到状态 (T_1, V_A) ,完成一个循环。在此循环过程中,卡诺热机所作的功为 $A=Q_1-Q_2$,循环的效率

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1},$$

而理想气体卡诺循环的效率则为

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

仅同两个热源的温度有关。

卡诺进一步提出:①在相同的高温热源和相同的低

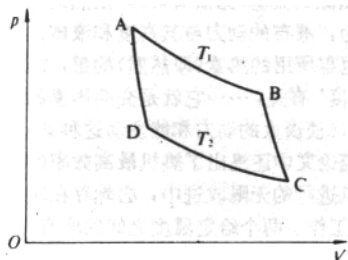


图2 卡诺循环

温热源之间工作的一切可逆热机,其效率都是 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$,

同工作物质无关。②在相同的高温热源和相同的低温热源之间工作的一切不可逆热机,其效率都不可能大于可逆热机的效率。以上两条统称为卡诺定理。卡诺对该定理的证明是根据热质说理论和制造永动机不可能原理作出的。直到开尔文和R.克劳修斯建立了热力学第二定律之后,卡诺定理才得到正确的证明。

卡诺循环和卡诺定理都具有很重要的理论和实践意义,对热力学第二定律的建立起了重要作用。在卡诺定理的基础上还建立了同测温质以及测温属性无关的热力学温标,使温度测量建立在客观的基础上。应用卡诺循环和卡诺定理还可以研究物质的某些性质,例如表面张力同温度的关系、可逆电池的电动势以及饱和蒸气压(见蒸气压)同温度的关系等。B.-P.-E. 克拉珀龙在1834年利用一个无限小的可逆卡诺循环,导出了饱和蒸气压随

温度改变的克拉珀龙方程。在热工学中,卡诺定理给出了热机效率的极限,并指出了提高热机效率的方向,对提高热机效率具有重要的指导意义。(沈芳)

Kapicha

卡皮察, П. Л. (Петр Леонидович Капица 1894~1984) 苏联物理学家。1894年7月8日

生于喀琅施塔得。1918年毕业于彼得堡工学院,1921年赴英国,在剑桥大学卡文迪什实验室从E.卢瑟福工作。1929年被选为英国皇家学会会员。1930年到1934年担任皇家学会蒙德实验室主任。1934年他回苏联参加一次学术会议后未能再返剑桥,随后在莫斯科筹建物理问题研究所,并担任所长直到1984年4月8日逝世。1939年他当选为苏联科学院院士。



卡皮察发明了脉冲强磁场技术和活塞膨胀机型氮液化器,他以独特的方式排除了技术上的困难,形成自己的风格。这两项发明为在极端条件下(强磁场和极低温)研究物性开辟了道路。他早在1924年已在 2 cm^3 的空间范围内获得了32 T的强磁场。1928年卡皮察还发现,大多数金属的电阻随磁场强度线性上升,这一现象被称为卡皮察线性定律,但直到1957年,才获得较好的解释。

卡皮察在科学上最大的贡献是通过一系列对液态氦的实验,于1937年发现液态氦的超流动性。他发现温度低于2.17 K时流过狭缝的液态氦的流速与压差无关;得出这样的结论:低于2.17 K时,液态氦是超流动的,液体内部以及液体与器壁之间都没有摩擦力。1941年卡皮察还曾发现,当热流经过固体与超流氦的界面时,温度在界面上有一个不连续的跃变。这一现象被称为卡皮察热阻。

40年代后期,卡皮察转向新的研究领域。他曾发明两种高功率的微波发生器,还曾发现电子温度高于 10^6 K 时一种新类型的高压等离子体连续放电。

(管惟炎)

Kapicha rezu

卡皮察热阻 (Kapitza resistance) 1941年苏联物理学家П. Л. 卡皮察发现:当热量从固体通过固体与超流液氦的界面时,界面两侧的温度有一个不连续的跃变。这一由界面引起的热阻被称作卡皮察热阻。在热流量较小时,界面两侧温差与单位面积上的热流成正比,并随温度的下降而迅速增加。卡皮察热阻在极低温下是传热的最大障碍。

现已证实,当热流经超流液氦流向固体时,在界面上也同样出现温度跃变,其大小及与温度的依赖关系大致与卡皮察热阻相似。这一现象称作反向卡皮察热阻。

关于形成卡皮察热阻的机制问题,多年来一直是低温物理领域内的一项重要课题。(管惟炎)

Kawendishi

卡文迪什, H. (Henry Cavendish 1731~1810) 英国物理学家和化学家。1731年10月10日

生于法国尼斯。1749年进剑桥的圣彼得学院求学,未及毕业,于1753年去欧洲大陆。不久回伦敦,在他父亲(是一位实验科学家)的实验室中从事科学研究工作。1760年被选为英国皇家学会会员,他还是法国科学院的外国院士。卡文迪什的一生是在实验室和图书馆里度过的,为了致力于科学,他几乎过着隐居生活,很少与人往来,甚至终身未婚。1810年2月24日在伦敦逝世。



卡文迪什在物理学方面较重大的贡献是1798年所完成的著名实验,被称为卡文迪什实验。在这个实验中他使用了一台灵敏度很高的扭秤,其主要部分是一根松木的水平杆,杆中央用一根金属丝悬吊着。他所用的金属扭丝是39英寸长的镀银铜丝;在长6英尺的松木杆的两端,各固定一个直径为2英寸的铅球摆锤;还用一对直径为12英寸的固定着的铅球来吸引这两个可随木杆摆动的球。卡文迪什根据所观察到的扭秤的摆动周期计算出两个铅球的引力,然后由计算得到的引力推算出地球的质量和密度。他所获得的地球密度为水密度的5.481倍,仅比现在的数值(5.517g/cm^3)略小一点。由这一实验可推算出引力常数 G ,因此使万有引力定律不再是一种概念性的陈述,而是一条定量的适用于地面上一切物体的精确定律了。英国物理学家J.H.坡印廷在《地球》一书中写道:“……卡文迪什实验开创了测量弱力的新时代。”卡文迪什这个实验所用的方法,构思精巧,至今仍可应用,并成为精微测定技术的先河。

在电学方面,卡文迪什独自发现:一对电荷之间的作用力与它们之间的距离平方成反比(参见彩图插页第12页)。后来才由法国物理学家C.A.库仑建立了这一条静电学的基本定律——库仑定律。他也在M.法拉第之先,用实验演示了电容器的电容取决于介于它们两板之间的物质。他还最早建立了电势的概念,由实验认识到在导体表面上的各点相对于大地的电势是相等的。在对导体的一系列实验中,卡文迪什发现:导体两端的电势与通过它的电流成正比。后来,G.S.欧姆在1827年确切地阐明了这个定律。更不平凡的是,当时无法测量电流的强弱,他就把自己的身体当作测量仪器,他用手抓住电极的一端并注意是他的手指还是从手指一直到腕关节或从手指一直到肘全感到电振,从而估计电流的强弱,可惜这些成果当时没有完全发表。约100年后,J.C.麦克斯韦受委托整理卡文迪什留下的大量资料,用了5年时间,麦

克斯韦完成了《亨利·卡文迪什的电学研究》一书出版。

卡文迪什还研究了热的现象。他通过对硫磺、炭、玻璃等的测试,发现了“比热”和“潜热”的真实物理意义。在这方面的研究结果,他生前也都未发表。其中有许多工作和J.布莱克发表的工作相重复。

卡文迪什在应用科学方面也做了不少工作,如他曾为一所位于波费雷特的火药仓库研究了避雷设施,为国家造币厂研究了黄金合金的物理性质,确定最耐磨的黄金合金,以减少金币的磨损消耗。

卡文迪什是一个过惯孤独生活的科学家,晚年在知识界是孤立的,没有形成一个学派。然而,他在英国科学界的地位是I.牛顿以后最高的,有人认为他所具有的数学才能和实验才能可与牛顿媲美。

卡文迪什把自己毕生精力献给了科学事业,一生过着俭朴的生活,逝世后留下的大量财产,大部分给了他的侄子G.卡文迪什,后来他的家族在1871年捐赠了一大笔资金给剑桥大学建立物理实验室。这个实验室在1874年建成,为纪念他而定名为卡文迪什实验室。它在接连若干任杰出的科学家的领导下对近代物理学的发展作出了重大贡献。

参考书目

A. T. Berry, *Henry Cavendish, His Life and Scientific Work*, Hutchinson, London, 1960.

(戴雪文)

Kawendishi shiyanshi

卡文迪什实验室 (Cavendish laboratory)

即英国剑桥大学的物理学系。筹建于1871年,是世界上最有声望的物理学研究和教育的中心之一;对近100年来物理学的发展起过非常出色的作用,前后培养出诺贝尔奖金获得者共达26人。(参见彩图插页第11页)

主持这个实验室的历届教授是:J.C.麦克斯韦(1871~1879)、瑞利(1879~1884)、J.J.汤姆孙(1885~1919)、E.卢瑟福(1919~1937)、W.L.布喇格(1938~1953)、N.F.莫脱(1953~1971)、A.B.皮帕德(1971~1978)、A.H.考克(1979~1984)、S.爱德华(1984~)。

卡文迪什实验室的创建,标志着物理学开始了在实验室中进行系统性实验的时代。它的优良传统是力求在新的领域中作出新的发现。在它100多年的历史中,重要的成就有:汤姆孙发现电子、卢瑟福发现元素的转变、E.V.阿普顿发现电离层、J.查德威克发现中子、W.H.布喇格等发现一些重要的生物分子的结构、M.赖尔等对射电源的普查、A.休伊什等发现脉冲星。

这个实验室另一个优良传统是,实验中所用的关键性实验装置都是由实验人员自己设计和制造。因此,许多非常有价值的物理实验用的仪器和设备,都出自这里,例如,J.J.汤姆孙的阴极射线管、F.W.阿斯顿的质谱仪、C.T.R.威尔逊的云室和P.M.S.布莱克特的自动云室、J.D.考克饶夫和E.T.S.瓦耳顿的高压倍加器、考克饶夫的雷达、赖尔的综合孔径射电望远镜。

以实验为根据的理论探索,在这里同样受到重视,瑞典对声学理论的奠基性工作、F.H.C. 克瑞克和 J.D. 沃森提出脱氧核糖核酸(DNA)分子双螺旋结构导致的遗传学理论的进展、N.F. 莫脱等关于固体物理学理论的系统研究等都是极有影响的理论成就。

这个实验室是“天才的苗圃”,注重人才的培养。30年代之前,英国、美国的著名物理学家大多出于这个实验室。其他各国来这里深造或工作过的物理学家,比比皆是,其中有中国物理学家霍秉权、张文裕、李国鼎、周长宁等,中华人民共和国成立后来这里工作、进修或学习的中国学者已近10名。

卡文迪什实验室的研究作风强调独立性。对于学生也要求自行选择课题,自行装置仪器和安排实验。有些成果是由学生阶段的人做出的。B.D. 约瑟夫森发展超导节的理论、J. 贝尔最先注意到脉冲星的信号,当时他们都是研究生。

卡文迪什实验室首先注意到,随着物理实验规模的变大,研究组织应向集团性发展。1938年, W. L. 布喇格将整个实验室按课题分组,形成一些有确定研究方面的工作集团。这种科学研究的组织管理形式,为以后的许多物理研究机构所仿效。

1967年后,实验室迁到剑桥西区。新址由四个相连的建筑物构成,卢瑟福楼供高能物理和天体物理研究用,莫脱楼供固体物理研究用,布喇格楼中包括大学生物理实验室、图书馆和附属工厂,另一个建筑是计算机房。现在实验室有研究人员100多人,研究生约150人;每年经费约300余万英镑。

卡文迪什实验室既是从事科研的有名实验室,也是进行物理学教学的好课堂。在实验室旧址的顶层阁楼上,是训练物理学系学生的实验室,不少有名的物理学家在这里接受物理学的基本训练。主持这项工作的 G. F. C. 西勒,自1902年起在这里讲授物理,直到1946年80岁的时候。

(方励之)

Kai'erwen

开尔文 (Lord Kelvin 1824~1907) 19世纪英国卓越的物理学家。原名 W. 汤姆孙(William Thomson), 1824年6月26日生于爱尔兰的贝尔法斯特, 1907年12月17日在苏格兰的内瑟霍尔逝世。由于装设大西洋海底电缆有功, 英国政府于1866年封他为爵士, 后又于1892年封他为男爵, 称为开尔文男爵, 以后他就改名为开尔文。

1846年开尔文被选为格拉斯哥大学自然哲学教授, 自然哲学在当时是物理学的别名。开尔文担任教授53年之久, 到1899年才退休。1904年



他出任格拉斯哥大学校长, 直到逝世为止。

开尔文的科学活动是多方面的。他对物理学的主要贡献在电磁学和热力学方面。那时电磁学刚刚开始发展。逐步应用于工业而出现了电机工程, 开尔文在工程应用上作出了重要的贡献。热力学情况却是先有工业, 而后才有理论。从18世纪到19世纪初, 在工业方面已经有了蒸汽机的广泛应用, 然而到19世纪中叶以后, 热力学才发展起来。开尔文是热力学的主要奠基者之一。

现在分6个方面扼要地叙述开尔文在科学上的主要贡献。

① 电磁学。开尔文在静电和静磁学的理论方面, 在交流电方面, 特别是关于莱顿瓶的放电振荡性。静电绝对测量和电磁测量方面, 大气电学方面等, 都作出了重要的贡献。电像法是开尔文发明的一种很有效的解决电学问题的方法。

② 热力学。开尔文在1848年提出、在1854年修改的绝对热力学温标, 是现在科学上的标准温标。1954年国际会议确定这一标准温标, 恰好在100年之后。开尔文是热力学第二定律的两个主要奠基人之一(另一人是 R. 克劳修斯)。他关于第二定律的说法是: “不可能从单一热源取热使之完全变为有用的功而不产生其他影响”(1851), 是公认的热力学第二定律的标准说法。开尔文从热力学第二定律断言, 能量耗散是普遍的趋势。

在热力学方面还应该提两件事。一件事是开尔文从理论研究上预言一种新的温差电效应, 后来叫做汤姆孙效应, 这是当电流在温度不均匀的导体上通过时导体吸收热量的效应。另一件事是开尔文和 J. P. 焦耳合作的多孔塞实验, 研究气体通过多孔塞后温度改变的现象, 在理论上是为了研究实际气体与理想气体的差别, 在实用上后来成为制造液态空气工业的重要方法(见焦耳-汤姆孙效应)。

③ 海底电缆。装设大西洋海底电缆是开尔文最出名的一项工作。当时由于电缆太长, 信号减弱很严重。1855年开尔文研究电缆中信号传播的情况, 得出了信号传播速度减慢与电缆长度平方成正比的规律。1851年开始有第一条海底电缆, 装设在英国与法国相隔的海峡中。1856年新成立的大西洋电报公司筹划装设横过大西洋的海底电缆, 并委任开尔文负责这项工作。经过两年的努力, 几经周折, 终于安装成功。除了在工程的设计和制造上花费了很大的力量之外, 开尔文的科学研究对此也起了不小的作用。

④ 电工仪器。开尔文为了成功地装设海底电缆, 用了很大的力量来研究电工仪器。例如他发明的镜式电流计可提高仪器测量的灵敏度。虹吸记录器可自动记录电报信号。开尔文在电工仪器上的主要贡献是建立电磁量的精确单位标准和设计各种精密测量的仪器, 包括绝对静电计、开尔文电桥、圆转电流计等。根据他的建议, 1861年英国科学协会设立了一个电学标准委员会, 为近代电学单位标准奠定了基础。

在改进电工仪器的工作中,他让大学生参加,作为一种实验实习。这样,他就把教学、科学研究、工业在一定程度上结合起来了。开尔文在教学上很注意培养学生的实际工作能力,他在格拉斯哥大学建立了英国第一个为学生用的物理实验室。

开尔文还改进了航海用的罗盘和测海底深度的仪器。1870年他买了一艘126吨的快艇,常常用来航行。在航行中他很注意水流的情况和潮汐的性质,这推动了他在这方面的理论研究。他发明了测潮汐的仪器,潮汐分析器和潮汐预报器。他曾经研究过用回转仪在航海中指向,但由于效果不太好,仍然沿用磁针罗盘,回转仪在航海中的应用是在很久以后的事。

⑥波动和涡流、以太学说。开尔文在波动和涡流方面作出了许多理论贡献。有许多是他在自己的快艇上的观察中受到启发的。他进行这方面的研究,包括对弹性固体的研究,目的之一是为了航海事业的发展,另一个目的是发展他对世界万物的机械观。企图通过这方面的研究把电磁现象和光现象的完整理论在牛顿经典力学的骨架上建造起来。因此他很热心于以太理论,把假想的以太当作一种实际存在的物质加以研究,以求能充分地解释电磁现象和光现象作为以太的某种运动形式。这种机械观的失败使他说出“19世纪乌云”那样的话。这是他在1900年一篇名为《遮盖在热和光的动力理论上的19世纪乌云》的演说中讲的。他说的“乌云”有两片,一片是以太理论的困难,一片是能量均分定理的困难。这两个困难到20世纪都得到了解决,以太理论的困难是由狭义相对论消除的,能量均分定理的困难是量子论解决的。

他也意识到,以太不过是人的主观想象。他在1890年说:“我想现在我们必须感觉到,以太、电、有重物三者联合在一起,不过是我们缺乏知识和能力,不能超越目前物理学的限度去思考的一种结果,而不是自然界的真实。”

⑦地球的年龄。开尔文从地面散热的快慢估计出,假如没有其他热的来源的话,地球从液态到达现在状况的时间不能比一亿年长。这个时间比地质学家和生物学家的估计短得多。开尔文与地质学家和生物学家为了地球年龄问题有过长期的争论,地质学家从岩石形成的年代,生物学家从生命发展的历史,都认为开尔文估计的年限太短,但是又无法驳倒他的理论。后来,到1896年发现了放射性物质,出现了热的新来源,开尔文的估计不成立了,这问题才解决。

从以上简单的介绍,可以看到,开尔文科学工作的一个重要特点是理论应用于工程。开尔文的思想很丰富,数学能力很强,在物理学的各个方面都开辟了许多新的道路。他在当时科学界享有极高的名望,受到英国本国和欧美各国科学家的推崇。他的科学观点可以引用1860年5月他在伦敦皇家研究所关于大气电学的讲演中对现象与本质问题的话来说明:

“常常提出这样的问题,人们是否只管事实和现象,

而放弃追究隐藏在现象后面的物质的最终性质呢?这是一个必然由纯正哲学者回答的问题,它不属于自然哲学的范围。但是近许多年来世界上看到从这个屋子的实验结果中所发生的,在实验科学史上未曾有过的一连串的令人惊奇的发现。这些发现必然把人们的知识引导到这样一个阶段,将使无生物世界的规律表现出每一现象基本上与所有全体现象相连,而无穷尽的多样化的运用规律所达到的统一性将被认为是创造性智慧的产物。”

这一段话表达了开尔文的理想,他想像一个完善的统一的理论,能把世界的现象包罗无遗。他的意志是坚强的。他在1904年出版的《巴尔的摩讲演集》的序言上关于如何对待困难有这几句话:

“我们都感到,对困难必须正视,不能回避,应当把它放在心里,希望能够解决它。无论如何,每个困难一定有解决的办法,虽然我们可能一生没有能找到。”

开尔文终生不懈地致力于科学事业,他不怕失败,永远保持着乐观的战斗精神。1896年,在纪念他在格拉斯哥大学任教50年的会上,他说过,“我在过去55年里所极力追求的科学发展,可以用‘失败’这个词来标志。我现在不比50年以前当我开始担任教授时知道更多关于电和磁的力,或者关于以太、电与有重物之间的关系,或者关于化学亲合的性质。在失败中必有一些悲伤,但是在科学的追求中,本身包含的必要努力带来很多愉快的斗争,这就使科学家避免了苦闷,而或许还会使他在日常工作中相当快乐。”开尔文的这段话,可以说是对自己的科学生涯的总结。

参考书目

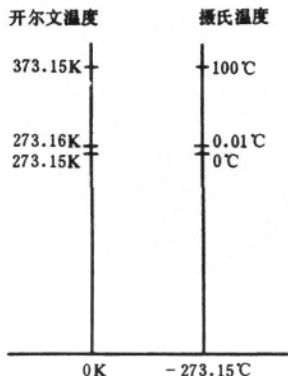
J. G. Crowther, *British Scientists of the Nineteenth Century*, Trubner & Co., London, 1935.

A. Russell, *Lord Kelvin, His Life and Work*, Dodge Publ. Co., New York, 1972.

(王竹溪)

Kel'eren wendu

开尔文温度 (Kelvin temperature) 以绝对零度作为计算起点的温度。即将水三相点的温度准确定义为273.16 K后所得到的温度,过去也曾称为绝对温度。开尔文温度常用符号 T 表示,其单位为开尔文,定义



开尔文温度和摄氏温度对照示意图

为水三相点温度的 $1/273.16$ ，常用符号 K 表示。开尔文温度和人们习惯使用的摄氏温度相差一个常数 273.15 ，即 $T = t + 273.15$ (t 是摄氏温度的符号)。例如，用摄氏温度表示的水三相点温度为 0.01°C ，而用开尔文温度表示则为 273.16K 。开尔文温度与摄氏温度的区别只是计算温度的起点不同，即零点不同，彼此相差一个常数，可以相互换算。这两者之间的区别不能够与热力学温度和国际实用温标温度之间的区别相混淆，后两者间的区别是定义上的差别。热力学温度可以表示成开尔文温度；同样，国际实用温标温度也可以表示成开尔文温度。当然，它们也都可以表示成摄氏温度。 (李汭溪)

Kalmolin-Angneis

开默林-昂内斯, H. (Heike Kamerlingh-Onnes 1853~1926) 荷兰物理学家，1853年9月21日生于格罗宁根，1870年进格罗宁根大学学习，次年去德国海德堡受学于 R. W. 本生和 G. R. 基尔霍夫。回国后于1879年在格罗宁根大学获博士学位。1882年任莱顿大学实验物理学教授。他创建的莱顿实验室，是世界著名的低温研究中心之一。开默林-昂内斯在莱顿任教42年，1923年退休。他于1926年2月21日在莱顿逝世。后人为了纪念他，把莱顿实验室改以他的姓氏命名。

开默林-昂内斯在低温物理领域有一系列重要贡献。这一研究领域是从1877年 L. 凯莱特和 R. 皮克泰特液化空气开始的。1906年开默林-昂内斯又一次液化氢气成功。1908年他将最后一个被认为是永久气体的氦气液化了。从而最后使气体、液体之间的绝对界线消失。

开默林-昂内斯十分重视实验物理学中的定量测量。他在就任莱顿实验物理学教授时曾以“定量研究对物理学的意义”为题发表演说，提出每个物理实验室必须以“测量出真知”作为自己的座右铭。以这一思想作为指导，他在液化了氢和氦以后，把研究工作转向系统地测量电阻随温度的变化关系。1911年他发现纯的水银样品在低温 $4.22\sim 4.27\text{K}$ 时电阻消失，接着又发现其他一些金属也有这样的现象。他把这种现象称为超导电性。他的这一发现，开辟了一个崭新的物理领域。

在发现金属超导电性以后，开默林-昂内斯满怀希望着手绕制强磁体。但出乎他的意料，超导体在通上不太大的电流后，超导电性就立即消失。经过细致的研究，他进一步发现了超导体的临界电流和临界磁场。由于对低温物理所作出的杰出贡献，开默林-昂内斯获得1913年诺贝尔物理学奖。 (曹泽培)

Kaipule dingliu

开普勒定律 (Kepler's laws) 描述行星运动的基本定律。J. 开普勒在分析了第谷的大量观察所得的数据，在 N. 哥白尼关于太阳系学说的思想指引下，于1609和1619年分两次发表了这些定律。

① 开普勒第一定律(轨道定律)。所有行星分别在

大小不同的椭圆轨道上围绕太阳运动，而太阳位于这些椭圆的一个焦点上。

② 开普勒第二定律(面积定律)。每一行星的矢径(太阳中心和行星中心的连线)在相等时间内扫过相等的面积。

③ 开普勒第三定律(周期定律)。行星绕太阳运动周期的二次方和其椭圆轨道的长半轴的三次方成正比。

I. 牛顿正是在这三个定律的基础上发现了万有引力定律，从而奠定了天体力学的基础。

开普勒定律只在太阳不动的假定下才正确。事实上，讨论太阳系中某一行星绕太阳运动时，如果不考虑其他行星的引力作用，只考虑该行星和太阳之间万有引力作用，问题成为太阳和该行星组成一个孤立系统的二体问题。在这样的二体问题中，就不能把太阳看作是静止的，而应看作太阳和行星都将围绕它们的公共质心而运动。计算中须用折合质量 $\mu = Mm/(M+m)$ 来代替行星的质量 m ，式中 M 为太阳的质量。这时开普勒第三定律将被修正为：行星绕太阳运动的周期的二次方和其椭圆轨道的长半轴的三次方成正比，和 $(M+m)$ 成反比。即行星运动的周期还依赖于行星的质量。然而，太阳系中最大的行星——木星的质量也仅是太阳质量的 $\frac{1}{1047}$ ，则 $M+m = \frac{1048}{1047}M$ ，它和 M 的值相差很小。开普勒定律虽是近似的，但其近似程度很高。 (叶开沅 俞焕然)

Kangpudun

康普顿, A. H. (Arthur Holly Compton 1892~1962) 美国物理学家，1892年9月10日生于俄亥俄州的伍斯特。1916年在普林斯顿大学得博士学位，后在



明尼苏达大学任教，1920年起任圣路易斯华盛顿大学物理系主任，1923年起任芝加哥大学物理系教授，1945年起任华盛顿大学校长，1953~1961年改任自然科学史教授，1962年在加利福尼亚大学(伯克利)预定的系统讲演，但讲了两次后，于3月15日逝世。

1917~1919年，康普顿做了两个有意义的工作。一个是用实验确定了X射线强度与散射角度的关系，为解释观察到的现象，他提出电子半径为 $1.85 \times 10^{-10}\text{cm}$ 的假设；另一个是根据磁性晶体的反射X射线强度确定了磁化效应，并预料到铁磁性起源于电子的内禀磁矩，后为他的学生于1930年证实。

康普顿的最大贡献是1920年通过实验发现X射线被晶体散射后，散射波中除原波长的波外，还出现波长增大的波，这现象以后被称为康普顿效应。1919~1920年间，康普顿作为访问学者到英国，在卡文迪什实验室工作，得 J. J. 汤姆孙和 E. 卢瑟福的指导，以及与聚集在他周

围的年轻科学家的交往,他受益非浅。在这里,他进行了 γ 射线的散射试验,并试图用经典理论来解释实验结果,但得不出合理的结论。回国后他用单色X射线和布喇格晶体光谱仪作实验,并从不同角度在靶周围测量X射线的波长变化,终于发现康普顿效应。1922年他采用光子(能量为 $h\nu$,动量为 $h\nu/c$)和自由电子(质量为 m_0 ,能量和动量都忽略不计)的简单碰撞的理论,对这个效应提出了正确的解释。为此,他获得了1927年的诺贝尔物理学奖(与C. T. R. 威耳孙分享)。中国物理学家吴有训在康普顿实验室中又做了大量实验,排除了一些人对这一结果的怀疑。以后电子的 h/m_0c 这个值被命名为康普顿波长。这个实验不仅证实光的波粒二象性,也直接证实了微观系统同样遵循能量守恒和动量守恒定律。

1930年以后,康普顿的主要研究兴趣转入宇宙线领域,发现了逆康普顿效应。在康普顿效应中,光子把一部分能量转移给电子,散射光的波长变长;而在宇宙空间中,高能电子与低能光子碰撞,产生高能光子,波长反而变短,所以称做逆康普顿效应。这是宇宙X射线的来源之一。这个效应在天体物理中有重要意义。

康普顿的主要著作有:《X射线和电子》(1926)和《X射线的理论和实验》(1935)。(张仲静)

Kangpudun xiaoying

康普顿效应 (Compton effect) 光照射在自由带电粒子上,散射光发生波长改变的现象。在1920年前人们即已发现,用X射线照射物质,可以观察到散射的X射线波长发生了改变。根据经典电磁理论,散射光波长是不会改变的。1923年A. H. 康普顿用光子与静止电子的弹性碰撞解释了散射光波长的改变,得出了波长移动的公式。他还测量了X射线在石墨中散射后波长的改变,测量值与理论推测一致。于是人们称这个效应为康普顿效应。它与光电效应一起成为量子论的重要实验依据。

光子的动量为 $h\nu/c$ 。光子与静止电子碰撞后,一定要把一部分动量给予电子,于是光子动量成为 $h\nu'/c$,而电子发生了反冲。图1表示出光子碰撞前后动量与电子动

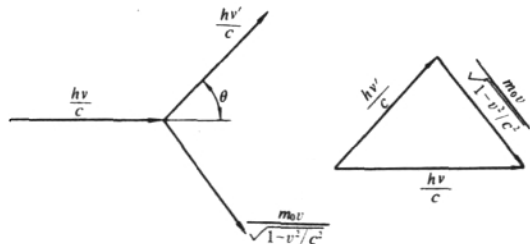


图1 康普顿散射中的动量关系

量的矢量关系。图中 v 表示电子反冲速度,故电子动量为 $m_0v/\sqrt{1-v^2/c^2}$ 。这里 m_0 是电子质量。根据动量守恒定律可得

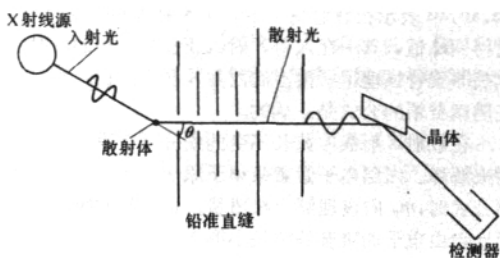


图2 康普顿实验示意图

$$\frac{m_0^2 v^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2 \frac{h^2 \nu \nu'}{c^2} \cos \theta. \quad (1)$$

由能量守恒定律,则可得

$$h\nu + m_0 c^2 = h\nu' + \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \quad (2)$$

解式(1)、式(2),可得

$$\lambda' - \lambda = \lambda_c (1 - \cos \theta). \quad (3)$$

式中 λ 与 λ' 分别为散射前后光波长,而

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0 c}. \quad (4)$$

λ_c 叫康普顿波长,它决定了波长移动的数量级。式(3)表明,散射光波长与散射角 θ 有关,然而总是大于入射光波长。式(3)和式(4)合称康普顿公式。

以电子质量代入(4),可得电子的康普顿波长为 $\lambda_0 = 2.42631 \times 10^{-12} \text{ A}$,所以波长改变是一极小的量。上面的公式也可应用于其他带电粒子与光子的碰撞,此时 m_0 代表粒子质量。如质子的康普顿波长为 $1.32141 \times 10^{-15} \text{ A}$ 。

康普顿的最初实验是观察X射线经过石墨的散射。因为X射线的波长是 A 量级的,散射后波长的改变才是有意义的。X光子能量大,而石墨中价电子受到的束缚弱,可以近似认为是静止的自由电子。

图2是康普顿实验装置的示意图。铅准直缝让散射角为 θ 的光子通过。光波长用晶体衍射方法测定。实验测得散射光波长与散射角 θ 的关系如图3。

图3a表示入射X射线强度与波长的关系。图

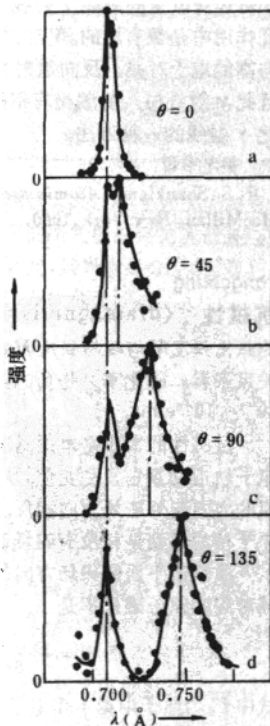


图3 散射光波长与散射角关系

3b, 3c, 3d 表示在散射角 θ 不同时 X 射线的强度分布。此时得两峰值, 其一在入射 X 射线波长处。新的峰对应的波长即康普顿理论所预言的散射 X 射线波长。测量结果证明康普顿的公式是正确的。

在散射 X 射线中波长不变的成分可以用内层电子散射来解释。内层电子紧紧束缚于原子核上, 在应用康普顿公式时, m_0 应该理解为核质量。这时候的康普顿波长要比自由电子的康普顿波长小得多。所以内层电子散射的 X 射线波长不变。

康普顿实验充分证明了爱因斯坦光子说的正确性。所以康普顿效应成为光的量子理论的重要实验依据。又由于公式的推导中, 引用了能量守恒和动量守恒定律, 首次证明微观粒子的运动也遵循这两条基本定律。

进一步的分析表明, 在物质中电子总是在运动的。运动电子与光子弹性碰撞的结果可以使光子动量变小, 也可以使光子动量增加。散射光波长相应地可以增大, 也可以减小。前面的康普顿公式就不适用了, 这时散射光波长的改变应该考虑到多普勒效应。这是广义的康普顿效应。在这个基础上, 人们得到了一些有意义的应用。如当人们观察 X 射线通过物质后的散射强度分布时, 可以发现多普勒效应所造成的强度分布。这就能了解电子在原子与物质中的速度分布。

用单能的 γ 射线照射到铝靶上, 连续改变散射角就可以实现 γ 射线波长的连续变化。用这个方法可得到波长可连续改变的单能 γ 射线。这在研究 γ 射线与核的相互作用中是很有用的。用红宝石激光射入电子加速器中, 与高能电子对撞。反向散射的是波长极短的 γ 射线。而且此 γ 射线与入射激光有相同的偏振。这是获得单能极化 γ 射线的一种方法。

参考书目

R. S. Shankland, *Atomic and Nuclear Physics*, 2nd ed., MacMillan, New York, 1960.

(徐亦庄)

kangcixing

抗磁性 (diamagnetism) 一种弱磁性。物体的磁化强度 M 与磁场强度 H 的方向相反。从 $M = \chi H$ 的关系来看, 磁化率 χ 是负的, 原子磁化率的数量级约为 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{emu}$ 。

抗磁性的本质是电磁感应定律的反映。外加磁场使电子轨道动量矩发生变化, 从而产生了一个附加磁矩, 磁矩的方向与外磁场方向相反。在磁场作用下, 电子围绕原子核的运动是和没有磁场时的运动一样, 但同时叠加了一项轨道平面绕磁场方向的进动, 即拉莫尔进动。与其对应的原子磁化率是

$$\chi = -\frac{Ne^2}{6mc^2} \sum_i \overline{r_i^2}$$

式中 $\overline{r_i^2}$ 为原子中第 i 个电子的轨道均方半径, $\sum_i$ 是对一个原子求和, N 是阿伏伽德罗常数, m 和 e 分别是电子的静质量和电荷, c 为光速。

任何物体在磁场作用下, 都会产生抗磁性效应。但因抗磁性很弱, 若物体具有顺磁性或序磁性(见铁磁性)时, 抗磁性就被掩盖了。因此, 从原子结构来看, 呈现抗磁性的物体是由具有满电子壳层结构的原子、离子或分子组成的, 如惰性气体、食盐、水以及绝大多数有机化合物等。由于迈斯纳效应, 超导体是理想的抗磁体(见超导性)。实际上, 自然界中绝大多数物体都是抗磁性的。

抗磁磁化率与磁场和温度无关。但也有例外, 如石墨、铋等。 (戴礼智 杨应昌)

Kaogongji zhong de wuli zhishi

《考工记》中的物理知识 《考工记》亦称《周礼·冬官考工记》, 中国先秦时期的手工艺专著, 部分地反映了当时中国所达到的科学技术和工艺水平; 作者不详, 战国时期已经流传。郭沫若认为它是春秋末年齐国的官书, 学术界有不同意见, 有的主张战国成书说。《考工记》可能不是一时一人之作, 在流传中有所增益。

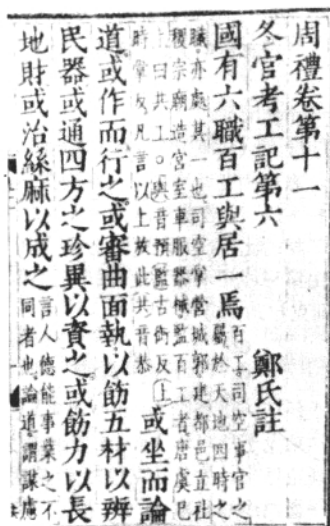
《考工记》开篇叙述“百工之事”的由来和特点, 列举攻木、攻金、攻皮、设色、刮磨和埴埴等 6 类的 30 个工种, 包括了当时官方管理的手工业主要部分。由于原书一度散佚, 西汉重新问世后, 著录见于《汉书·艺文志》的《周官经六篇》, 已有阙文又经过整理, 以致各工种条文详略不等, 叙述次序有所更动; 有 6 个工种仅存名目, 且衍出“铸人为铸”条。所以今本《考工记》约 7 100 字, 实际上记述了 25 个工种的具体内容。书中所阐述的科学道理含有力学、声学 and 热学等方面的物理知识。

《考工记》介绍了木制马车的总体设计, 并在“轮人”、“舆人”和“铸人”条中, 详细记述了木车的四种主要部件轮、盖、舆和辘。文中提出为了车行轻快, 车轮要“微至(圆)”, 轮径不能过小等有利于减小摩擦力的要求。文中列举了直辕牛车上坡费力且车不稳, 上下坡时均不利于牛驾车等缺点, 表明对当时车在斜面上的受力情形已有所认识。文中又指出曲辕马车的种种优点, 以至“马力既竭, 辘犹能一取焉”, 这是对惯性认识的最早记载。“轮人”条记述了“规”(规)、“蒿”、“水”、“县”、“量”和“权”六种检验车轮制作质量的方法, 其中“水之, 以砥(视)其平沈(沉)之均”一法, 体现了浮力知识的应用。“矢人”条讨论了箭干强度对箭飞行轨道的影响, 正确指出箭干“前弱则俛(低), 后弱则翔, 中弱则纤(曲), 中强则扬”; 文中记载了箭羽的设置方法及箭羽对箭在飞行中的稳定作用, 分析了箭羽大小不当的后果; 字里行间反映出已涉及到空气动力学的知识。《考工记》中还有不少技术经验总结的内容与工程力学的知识有关。例如, 堤防和粮仓墙壁的设计, 机械部件如轮辐和凿孔之间的配合, 弓体和其他多种兵器的形制设计和结构特点等等。“匠人”条记载了沟洫水利设施的情形, 就一些渠系水力学问题作了经验性的综述。

《考工记》“凫氏”条是世界上关于制钟技术最早的论述, 详细叙述了编钟的形制和各部分尺度比值, 说明了钟

壁厚薄、钟口形状、钟柄长短等对发声的影响,记载了“钟大而短,则其声疾而短闻;钟小而长,则其声舒而远闻”这两种不同的声学效果。“鞀人”条介绍了几种鼓的形制,记述了鼓形“大而短”及“小而长”的不同声学效果。“磬氏”条叙述了编磬的形制,并指出若音调太高,则磨懿其旁;若音调过低,则磨懿其端。这种调音方法反映出当时人们对音调与振动体长短、宽窄、厚薄之间关系的定性认识。

《考工记》“槩氏”条说:“凡铸金之状,金(铜)与锡;黑浊之气竭,黄白次之;黄白之气竭,青白次之;青白之气竭,青气次之。然后可铸也”,描述了冶铸青铜时观察火候的方法。“轮人”和“弓人”条记载处理木材的火烤法与热学知识有关。



影印长沙观古堂藏明
翻印本《考工记》

此外,《考工记》记述了以水平平的“水地以县”法,“昼参诸日中之景,夜考之极星”的原始测量术和都城、宫室的建筑规范;记载了礼器和多种容器特别是标准量器——鬲的形制;论述了矩、宣、橧、柯和磬折等一整套当时工程上实用的几何角度定义。

《考工记》集中国先秦物理知识在工艺技术上应用之大成,对后世的手工艺制作以及度量衡、建筑等有较大影响。

参考书目

〔清〕戴震:《考工记图》,商务印书馆,上海,1955。

(闻人军)

Kedun-Mudun xiaoying

科顿-穆顿效应 (Cotton-Mouton effect)

见磁光效应。

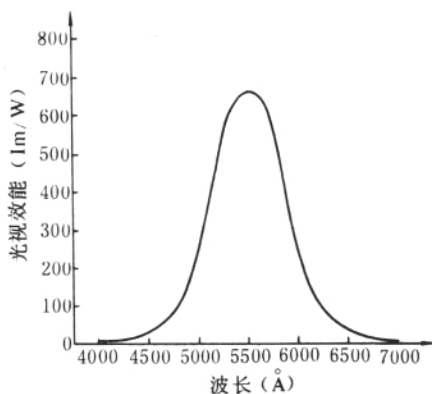
Keli'aolili

科里奥利力 (Coriolis' force) 见惯性力。

kejiauguang

可见光 (visible light) 指波长约在 4 000~7 000 Å 间的电磁波。这个范围的电磁波对人的眼睛能引起视觉。

视觉灵敏度叫光视效能,对不同波长的光是不同的。光视效能的单位是流明/瓦(lm/W)。下图表示出光视效能与波长的关系。



光视效能与波长的关系

可见光中,不同波长的光对眼睛引起的色觉是不同的,可如下表所示:

不同波长的光对眼睛引起的色觉

颜色	波长(Å)	颜色	波长(Å)
红	6 470~7 000	绿	4 912~5 750
橙	5 850~6 470	蓝	4 240~4 912
黄	5 750~5 850	紫	4 000~4 240

可见光的主要天然光源是太阳,主要人工光源是白炽物体(特别是白炽灯)。它们所发射的可见光谱是连续的。气体放电管也发射可见光,其光谱是分立的。常利用各种气体放电管加滤光片作为单色光源。

(徐亦庄)

kenli guocheng

可逆过程 (reversible process) 热力学系统在变化时经历的一种理想过程。一个系统由某一状态出发,经过某一过程达到另一状态,如果存在另一个过程,能使系统回到原来的状态,同时消除了原来过程对外界所引起的一切影响,则原来的过程就称为可逆过程。如果用任何方法都不能使系统和外界完全复原,则原过程称为不可逆过程。无摩擦的准静态过程是可逆过程,若准静态过程中有摩擦阻力存在,则过程就是不可逆的。因而,可逆过程一定是准静态过程;而准静态过程不一定是可逆过程。例如,当气缸与活塞间无摩擦时,在气体准静态膨胀过程中,外界压强等于系统压强;而在准静态压缩的逆过程中,外界压强也必然等于系统压强。这样,系统和外界在准静态压缩过程中的每一个状态都是原来准静

态膨胀过程中状态的重演,因而可认为此过程是可逆过程。若气缸与活塞间有摩擦阻力,在准静态膨胀过程中系统的压强总是大于外界压强,而在准静态压缩过程中,系统的压强又总是小于外界压强。这样,通过相反过程并不能使系统和外界同时复原,则原过程是不可逆的。由于可逆过程中的每个状态都无限接近平衡,同时又没有摩擦,所以是个理想的过程。一切自发的热力学过程如热传导,气体的自由膨胀、扩散等都是不可逆的。

(孙志铭)

Ke'er xiaoying

克尔效应 (Kerr effect) 指与电场二次方成正比的电感应双折射现象。放在电场中的物质,由于其分子受到电力的作用而发生取向(偏转),呈现各向异性,结果产生双折射,即沿两个不同方向物质对光的折射能力有所不同。这一现象是1875年J. 克尔发现的。后人称它为克尔电光效应,或简称克尔效应。

在外电场作用下,液体就成为光学上的单轴晶体,其光轴同电场方向平行。通常的作法是:把液体装在玻璃容器中,外加电场通过平行板电极作用在液体上,光垂直于电场方向通过玻璃容器,以观察克尔效应。这种装置称为克尔盒。这时两个主要折射率 n_o 与 n_e ,分别称为正常与反常折射率。容器中的液体称为正或负双折射物质,取决于 $n_e - n_o$ 值的为正或负。

入射光通过克尔盒后,分裂成两个分别以相速 c/n_o 与 c/n_e 传播的线偏振光(c 是真空中光速),其偏振方向(电矢量方向)分别与外加电场垂直或平行。相速之差引起这两个偏振光之间的相位差 δ 。如果入射光是波长为 λ_o 的单色光,则

$$\delta = \frac{2\pi(n_e - n_o)}{\lambda_o} x,$$

式中 x 是光通过电场作用下媒质的程长,即平行板电极的长度。

克尔由实验发现: $n_e - n_o = B\lambda_o E^2$,这里 E 是电场强度, B 是和材料特性有关的常数,称为克尔常数。克尔常数与绝对温度 T 成反比。用标准的光学方法,可由实验确定出材料的克尔常数。如果 λ_o 以厘米计, E 以静电伏特/厘米计,二硫化碳的克尔常数为 3.226×10^{-7} ,聚乙醛为 -23.00×10^{-7} ,硝基苯为 $+346.0 \times 10^{-7}$ 。

在某些晶体中还观察到和电场一次幂成正比的双折射现象,称为泡克耳斯效应。有时泡克耳斯效应掩盖了克尔效应。但在立方晶系或非晶态材料中则只有克尔效应。

克尔效应的主要应用是光电转换。把克尔盒放在两只相互正交的偏振器之间就成为克尔快门,其开关时间约为 10^{-9} s。它已用于激光调制器。

参考书目

F. A. Jenkins and H. E. White, *Fundamentals of Optics*, 4th ed., McGraw-Hill, New York, 1976.

(绝家善)

Kelani

克拉尼, E. F. F. (Ernst Florenz Friedrich Chladni 1756~1827) 德国物理学家。1756年11月30日生于维滕贝格。1782年在莱比锡大学毕业。他对声学的基础理论做出了开创性的工作,被誉为“现代声学之父”。克拉尼是最先用数学方法分析声波的人。1787年他改进了伽利略的方法研究金属板的振动。他在金属板上撒上细沙代替灰尘,用小提琴弦代替铰子使金属板振动,则细沙停留在节线上,形成对称的美丽图案,即著名的克拉尼图形(参见彩图插页第35页),使人感到极大兴趣。该试验曾于1809年给拿破仑一世表演过。他还利用教堂中的大风琴管,内装不同气体,测量管的振动频率,从而首次得出不同气体中的声速。他还研究过陨石,确认陨石是天外飞来的,甚至假定陨石是未知星球的样品。1827年4月3日在布雷斯劳(今波兰弗罗茨瓦夫)逝世。

(汪德昭)

Kelapolong fangcheng

克拉珀龙方程 (Clapeyron's equation)

两相平衡时,表达相变温度与蒸气压强关系的方程。某物质处于两相平衡时,若蒸气压强为 p ,热力学温度为 T ,第一相和第二相的比容(即体积)分别为 v_1 和 v_2 ,单位质量的物质由第一相经准静态过程转变为第二相的相变潜热为 I_{12} ,则克拉珀龙方程为

$$\frac{dp}{dT} = \frac{I_{12}}{T(v_2 - v_1)}.$$

此方程适用于任何一级相变(见相和相变)过程。先由B.-P.-E.克拉珀龙于1834年从热质说导出,后为R.克劳修斯由热力学理论导出,故又称克拉珀龙-克劳修斯方程。该方程将相平衡曲线的斜率 dp/dT 、相变潜热 I_{12} 、相变温度 T 及相变时物质比容的变化 $v_2 - v_1$ 联系起来。由此可以讨论相变过程的许多问题。例如,由于水由液相变成固相时比容增大(多数物质的情况与此相反),以致 dp/dT 为负值,因而冰的熔点随压强增大而降低,这种情况可以说明冰在压力下易于熔化的现象。

(聂宜如)

Kelatyln-Gedeng fangcheng

克莱因-戈登方程 (Klein-Gordon equation) 见场方程。

Kelaoxiusi

克劳修斯, R. (Rudolph Clausius 1822~1888) 德国物理学家,热力学的奠基人之一。1822年1月2日生于普鲁士的克斯林(今波兰科沙林)的一个知识分子家庭,1840年入柏林大学,1847年在哈雷大学得主修数学和物理的哲学博士学位。1850年克劳修斯发表了著名论文《论热的动力以及由此推出的关于热学本身的诸定律》从而知名于学术界。1855年任苏黎世工业大学教授,1867年返回德国任维尔茨堡大学教授,1869年起任波恩大学教授。1888年8月24日在波恩逝世。

在 1850 年的那篇论文中,克劳修斯首先从当时 J. R. 焦耳用实验方法确立的热功当量出发,提出一个基本定理:在一切只由热产生功的情况,必有和所产生的功成正比的热量被消耗掉,反之,消耗同样数量的功也就会产生同样数量的热。接着他用理想气体为例进行分析和讨论,批判了热质说的两种错误的基本思想,即宇宙中的热量是守恒的和物质内部的热量是物质状态函数。对传统的关于潜热和自由热的概念,提出了自己的见解,认为:自由热是决定物质温度的因素,而且是组成物质的那些微粒的活力(动能),而潜热则是已经转化为内功的不再存在的热。内功和分子的组态有关,从而是物质状态函数;而外功却和变化的过程有关。他并就理想气体的情形写出



$$dQ = dU + pdV$$

这个热力学第一定律的表达式。

克劳修斯在这篇论文的第二部分,重新论证了 S. 卡诺在 1824 年的论断——工作于两个温度间的一切理想热机,有同样多的热量转移而得到同样多的功,且与工作物质无关,在这循环过程中热量并未消失。热量没有消失显然与热的功当量矛盾,但卡诺论断的第一部分仍然成立,否则就会导致在不发生任何其他变化的情况下,热将从温度低的物体转移到温度高的物体,而这是和热的行为相矛盾的。这就是一般教科书中的热力学第二定律的克劳修斯说法——热不能自发地从低温物体向高温物体转移——的来源。

在 1854 年发表的《力学的热理论的第二定律的另一形式》一文中,他证明在一个可逆循环过程中

$$\oint \frac{dQ}{T} = 0,$$

从而引入了一个新的后来定名为熵的状态参量,1865 年他发表《力学的热理论的主要方程之便于应用的形式》一文,这时他才把这状态参量叫作熵(Entropie),并且说明这个词的希腊文原意为“变换”。在这篇论文的最后他还写着:

① 宇宙的能量是常数,

② 宇宙的熵趋于一最大值。

后一结论就是所谓“热寂说”的起源。

克劳修斯在气体分子运动论的主要贡献是:他解决了根据这个理论计算出的分子速度和气体扩散现象所显示的速度二者之间的矛盾,这在当时是大家都关心的一个有争论的问题。他从分析气体分子间的相互碰撞入手,引入在单位时间内所发生的碰撞数和分子的自由程两个概念。虽然他在分析中假定了分子具有相同的速率,但他的这个工作开辟了研究气体的输运现象的道路。

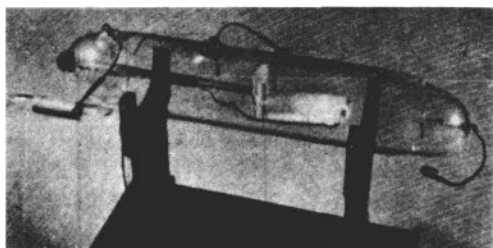
(何成钧)

Kelukesl

克鲁克斯, W. (William Crookes 1832~1919)

英国物理学家、化学家。1832 年 6 月 17 日生于伦敦。1848 年进伦敦皇家化学学院攻读化学,1855 年任切斯特师范学院化学讲师。他继承了大笔父产后,便在自己的私人实验室中悉心从事科学研究。由于研究成果广泛而卓越,1863 年被选为英国皇家学会会员,1913~1915 年任该会会长。1919 年 4 月 4 日于伦敦逝世。

克鲁克斯在 1861 年 3 月利用光谱仪分析硒矿废渣时,发现了异常明亮的绿色光谱线,数月后确定作为一种新



克鲁克斯的热辐射计和演示阴极射线的放电管

元素,并命名为铯。这是他早年的重要贡献之一。他对真空放电现象进行过仔细研究,研制成一种高真空放电管,发现并研究了其中的暗区,因而以他的姓氏命名为克鲁克斯管和克鲁克斯暗区。他通过研究阴极射线的运动,它们在磁场下的偏转和荧光效应而确定阴极射线是一种高速运动的带负电的微粒粒子流。克鲁克斯管为 1895 年 X 射线的发现和 1897 年电子的发现提供了基本实验条件。1896 年以后他以极大的兴趣研究了放射性现象并论述了元素起源问题。他所发明的闪烁镜等实验仪器和防护射线的特种玻璃,对于这一领域的研究工作贡献很大。克鲁克斯还研究过稀土元素及其光谱、空气中固氮等问题,发明了辐射计。

(田卫东)

kelou

刻漏 (clepsydra)

或称漏壶,中国古代的漏水



图1 兴平县1958年出土的西汉刻漏

计时器。《周礼·夏官》(约公元5世纪成书)中记载有:“挈壶氏,挈挈壶以令军井,……凡军事,县(悬)壶以序聚(析)。……皆以水火守之,分以日夜。”“序聚(析)”是说根据漏壶的标示按时敲木梆报时的意思。“水火”操作是控制水温的措施。图1是现存最古三只刻漏实物之一,其形制与图2类似。图2中壶盖上的长方孔应是插“箭”的口,“箭”是用竹木制成指示水深的标尺,上面的刻度即标志时间,下端装在一个浮

体上,随水面升降。

由水面下降显示时刻的漏壶属沉漏一类。沉漏的水压随水面而降低,流速很难均匀化,以致箭的分度不易准确。约在汉代发明了浮漏,从一个漏壶流出的水,流入一个直柱形容器,箭在其中便逐渐上浮。只要流注均匀,箭



图2 明万历丁未(1607)刻本
《三才图会》中的漏壶图

刻便可均匀上升,计时易于精确,为了得到均匀水流,自东汉起就采用复式漏壶,从一个漏壶向第二个漏壶注水,重叠使用二级以至六级,最后的漏壶才把水注入放置浮箭的壶。这种方法使添水操作的断续性得以平滑。(参见彩图插页第3页)

宋天圣八年(1030)燕肃(生卒不详)发明“莲花漏”,精度大为提高。其法是使漏壶水面总保持漫溢高度,从而使水压稳定而流速不变。沈括承袭这一成果,于熙宁七年(1074)在司天监制成玉壶浮漏(图3),还写了一篇呈皇帝的《浮漏议》,这是现存关于刻漏的最详尽的也是最高水平的文献,全文完整地收存在《宋史·天文志》中。

在燕肃和沈括的刻漏中,影响水流的两个主要原因互相补偿:一是水的粘滞性。当温度升高时,粘滞度便减小,水流变快;二是水面高度。当温度升高时表面张力减小,漫溢水面便微微降低,水压随之降低而水流变慢。适当选择结构尺寸,就可以使两个相反的变化近于完全抵

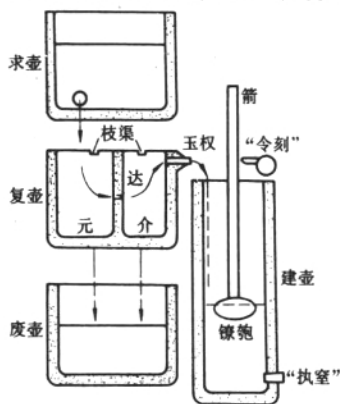


图3 沈括玉壶浮漏原理图

消,达到最佳效果,即是水流受温度变化的影响极小,刻漏更为准确;可说是世界上最精密的漏水计时器。沈括在《梦溪笔谈》中宣称,他用自己的刻漏证明了古代人从天文观察中得出的“冬至日行速,夏至日行迟”的结论。

还有一种重要的漏水计时器是秤漏,即不用箭尺而用秤称量流水的积重而记时,由北魏(5世纪中)道士李兰首创。宋孙逢吉所著《职官分纪》中有详细记载。它的稳流方式全然异于漫流,一个铜盆漂浮在一个木桶——水柜的中央,一个环形木板——“水拍”漂浮在铜盆周围的水面上;木板上架设虹吸管——“渴乌”,把铜盆中的水引入秤钩上挂的水桶。铜盆中水量的增减对其中水面相对于虹吸管的高度影响不大。添水时要留心不使气泡进入虹吸管。大桶的水热容量大,有平滑温度起伏的效用(图4)。实验证明,这种秤漏的精度并不比沈括的浮漏差很多。

古代使用精密漏壶的场合几乎都是天文观测,例如测定冬至、夏至和日月食的太阳方位。因此要求漏壶提供守时服务的时间不过数日,数日之间气温的变化不会很大,而且精密漏壶都置于密室,因此温度的影响并不严重。好的漏壶与当时的方位测量在精度上是可以匹配的。

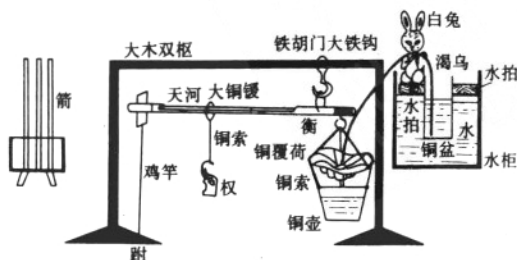


图4 秤漏原理图

在隋炀帝时代,称漏曾供皇帝出行之用。旅行中,利用车载或人抬。水拍可以抑制水的荡溅,秤的悬挂系统自然下垂,也较为能适应颠簸。

世界上其他国家古代也发明并发展了漏水计时技术。现存最古的实物是埃及公元前14世纪所制,在盛水容器底有一小孔,水从孔下泄而水面渐低,内侧壁上有刻



图5 古希腊的漏壶

度,以水面所对刻度标示时间。公元前3世纪希腊人法庭上计时,即用漏壶(clepsydra)。后来罗马人加以改进,使漏水进入一圆柱筒,筒内浮子匀速上升,推动齿轮机构,转动指针示时。伽利略作落体实验,也用漏水计时。在欧洲和阿拉伯这种计时装置一直用到16世纪。

参考书目

中国天文学史整理研究小组:《中国天文学史》,科学出版社,北京,1981。

中华书局编辑部编:《历代天文律历等志汇编》,中华书局,北京,1976。

李志超等:《刻漏精度的实验研究》,《浮漏议》考释,《中国科学技术大学学报》,增刊,1982。

(李志超)

kongjian guangxue

空间光学 (space optics) 在高层大气中和大气外层空间利用光学设备对空间和地球进行观测与研究的一个应用学科分支(对地观测见光学遥感)。

研究对象 具体来说,对地球观测,主要是利用仪器通过可见光和红外大气窗口探测并记录云层、大气、陆地和海洋的一些物理特征,从而研究它们的状况和变化规律。在民用上解决资源勘查(包括矿藏、农业、林业和渔业等)、气象、地理、测绘、地质的科学问题,在军事上为侦察、空间防御等服务;对空间(天体)观测和研究,主要是利用不同波段及不同类型的光学设备,接收来自天体的可见光、红外线、紫外线和软X射线,探测它们的存在,测定它们的位置,研究它们的结构,探索它们的运动和演化规律。例如,对太阳观测主要是研究太阳的结构、动力学过程、化学成分及太阳活动的长期变化和快速变化;对太阳系内的行星、彗星以及对银河系的恒星等天体的紫外

线谱、反照率和散射的观测,确定它们的大气组成,从而建立其大气模型。

人们从地面对空间观测过渡到从空间对地对天体观测,从而摆脱大气带来的种种限制,是科学上的一大进展。众所周知,地球周围存在着稠密的大气层,恰恰是这层大气,多年来限制着人们从地面和低空间对天空的观测和研究。太阳是强大的辐射体,它的辐射度最大值处于波长为0.47微米处,而辐射能的46%在0.40~0.70微米可见光谱段。当太阳光经过大气层时,由于大气的种种作用,使它的能量衰减,投射到地面的太阳光的短波部分被截止在0.3微米处,X射线和γ射线就更难到达地面,在红外波段上,波长越长吸收越强。同时,即使在大气窗口可见光3000~7000埃和近红外几个波段的太阳光也还要受到大气的折射和湍流的影响,致使光学仪器的空间分辨率大大下降。

在空间对空观测和研究超越了大气层这个屏障,实现了可见光、红外线、紫外线、X射线和γ射线全电磁波段探测,提高了测量精度。例如,据估计美空间望远镜只有2.4米的口径,其分辨率比地面5米口径的海尔(Haier)望远镜高十倍;此外,还可进行全天时的巡天观测。

发展简史 空间光学历史如果从20世纪40年代发射探空火箭和发送气球算起,至今才不过40多年,然而它的发展是十分引人注目的。在1946年利用V-2火箭发射摄谱仪探测来自空间的紫外线;1957年苏联发射了第一颗人造卫星。人造卫星的发射标志着空间时代的到来。自此,空间光学开始了蓬勃发展的时期。60年代以后,美国相继发射持续对整个太阳观测的轨道太阳观测台(OSO)系列,苏联发射了一系列天文卫星(主要有“预报号”卫星系列),欧洲空间局也发射了特德-1A(TD-1A)卫星。不过它们所带有的光学设备大都工作在紫外和X射线波段。从60年代中期到70年代初,美国共发射了3个轨道天文台(OAO),其中OAO-3上装有一架口径91厘米的卡塞格伦式紫外望远镜,工作波段为1000~4000埃,空间分辨率为5角秒。1973年美国发射了载人天空实验室,上面的阿波罗望远镜装置是一组观测太阳的光学设备,它的发射使从空间对太阳的观测发展到一个新的阶段。美国1978年发射的第二颗高能天文台(HEAO),它装有一架大型掠射X射线望远镜,口径为0.6米,焦距为3.4米,分辨率为1~2角秒。还有四种可更换的探测器:高分辨率成像器、晶体分光计、成像正比计数器、固体分光计。1983年1月26日世界上第一颗红外天文卫星发射成功,这颗卫星是由荷兰、美国和英国联合研制的,它装有一架口径为60厘米的红外望远镜,其灵敏度比至今所使用的同类仪器高得多。

测量仪器 总的看来,至今在红外波段使用的空间光学系统主要是红外望远镜。如上述第一颗红外天文卫星装的红外望远镜,它采用的是一个相当紧凑的双反射镜式的卡塞格伦光学系统,反射镜及支架采用重量轻、