

第一章 自然科学的萌芽和发展



我们把研究自然界各种物质和现象的科学,统称为自然科学。一般来说,自然科学包括物理学、化学、数学、生物学、植物学等学科。人类自然科学的发展经历了一个数千年的漫长的过程。从人类的文明起源开始,自然科学的发展就始终推动着人类文明的进步。16世纪开始,西方开始诞生近代自然科学,20世纪起,自然科学开始进入现代阶段。



1. 了解古代自然科学的发展过程。
2. 了解近代自然科学的发展过程。
3. 了解现代自然科学的发展趋势。

第一节 古代自然科学

一、古代西方的自然科学

西方自然科学发源于古希腊,当时以阿基米德、亚里士多德等古希腊科学家为代表的自然科学发展到一个相当完善的高水平。

当时,古希腊的自然科学家对组成世界的物质的本原持许多不同的观点,相互之间进行了激烈的争论。其中,影响最大的赫拉克利特派认为:万物的本原是火,世界上的一切物质都是由火衍生而来的,最后又都复归于火。原子论派的代表德谟克利特等人则主张世界上的万物都是由原子组成的。



在力学和机械领域,阿基米德达到了相当高的理论水平。当时的欧洲,在工程和日常生活中,经常使用一些简单机械,如螺丝、滑车、杠杆、齿轮等,阿基米德花了许多时间去研究,发现了“杠杆原理”和“力矩”的观念,对于经常使用工具制作机械的阿基米德而言,将理论运用到实际的生活上是轻而易举的。他自己曾说:“给我一个支点,我可以撬起整个地球。”



阿基米德对于机械的研究源自于他在亚历山大城求学时期。有一天阿基米德在久旱的尼罗河边散步,看到农民提水浇地相当费力,经过思考之后他发明了一种利用螺旋作用在水管里旋转而把水吸上来的工具,后世的人叫它为“阿基米德螺旋提水器”,埃及一直到两千年后的现在,还有人使用这种器械。这个工具成了后来螺旋推进器的先祖。

在浮力的相关研究中,阿基米德也做出了出色的成就,浮力定律也因此被称为阿基米德定律。说起浮力定律的来源,还有一个有趣的故事。

相传叙拉古赫农王让工匠替他做了一顶纯金的王冠,做好后,国王疑心工匠在金冠中掺了假,但这顶金冠确与当初交给金匠的纯金一样重,到底工匠有没有捣鬼呢? 既想检验真假又不能破坏王冠,这个问题不仅难倒了国王,也使诸大臣们面面相觑。后来,国王请阿基米德来检验。最初,阿基米德也是冥思苦想而不得要领。一天,他在家洗澡,当他坐进澡盆里时,看到水往外溢,同时感到身体被轻轻托起。他突然悟到可以用测定固体在水中排水量的办法,来确定金冠的比重。他兴奋地跳出澡盆,跑了出去,大声喊着:“尤里卡(意思是“我知道了”)! 尤里卡!”

阿基米德经过了进一步的试验后来到王宫,他把王冠和同等重量的纯金放在盛满水的两个盆里,比较两盆溢出来的水,发现放王冠的盆里溢出来的水比另一盆多。这就说明王冠的体积比相同重量的纯金的体积大,密度不相同。所以证明了王冠里掺进了其他金属。

阿基米德从这次试验中发现了浮力定律(阿基米德原理),并写在他的《浮体论》著作里,也就是物体在液体中所获得的浮力,等于它所排出液体的重量。一直到现代,人们还在利用这个原理计算物体比重和测定船舶载重量等。



二、我国古代的自然科学

从春秋战国时期开始,我国的科学技术长期处于世界的前列,中国也因此名列世界四大文明古国之一。

四大发明之一的指南针,是世界上最早利用磁性指示方向的发明记载。指南针的原型最初见于西汉典籍中的司南勺,后来直到北宋时期,经过历代人们的不断实践改良,逐渐发展成为指南针,并在人类历史上第一次广泛地应用于航海。

造纸术大约发明于公元前2世纪。当时正是中国的东汉时期,人们已经开始在纸上书写文字。东汉和帝时期,蔡伦任中常侍,掌管宫廷御用手工作坊,他系统地研究和总结了前人用麻织纤维造纸的经验,然后利用麻头、碎布、树皮等原料,采用改良的工艺造出了更加优质的纸张,受到汉和帝的赞扬,蔡伦的造纸术从此得以推广,蔡伦也被后人尊为造纸术的发明人。

到了公元600年前后的隋朝,中国人从印章技术中得到启发,发明了雕版印刷术。北宋中期,毕昇为了克服雕版印刷制版时间长的弊端,系统研究和总结了雕版印刷术的经验,经过反复实验改进,于宋仁宗庆历年间(1041—1048)制成了胶泥活字,在人类历史上第一次进行了排版印刷,完成了印刷史上的一次重大革命。

在唐代的时候,史书就记载有用硫黄、硝酸钾和木炭制成的火药,到了宋代,火药已用于武器。

中国的四大发明通过丝绸之路传到阿拉伯,又通过阿拉伯人传到欧洲,对人类文明的发展起到了巨大的推动作用。中国的古代科学技术取得了辉煌的成就。

知识之窗

墨子的小孔成像实验

历史上,墨子首先探讨了光与影的关系,他细致地观察了运动物体影像的变化规律,提出了“景不徙”的命题。也就是说,运动着的物体从表观看它的影也是随着物体在运动着,其实这是一种错觉。因为当运动着的物体位置移动后,它前一瞬间所形成的影像已经消失,其位移后所形成的影像已是新形成的,而不是原有的影像运动到新的位置。如果原有的影像不消失,那它就会永远存在于原有的位置,这是不可能的。因此,所看到的影像的运动,只是新旧影像随着物体运动而连续不间断地生灭交替所形成的,并不是影像自身在运动。墨子的这一命题,后来为名家所继承,并由此提出了“飞鸟之影未尝动”的命题。

随之,墨子又探讨了物体的本影和副影的问题。他指出,光源如果不是点光源,由



于从各点发射的光线产生重复照射,物体就会产生本影和副影;如果光源是点光源,则只有本影出现。

接着,墨子又进行了小孔成像的实验。他明确指出,光是直线传播的,物体通过小孔所形成的像是倒像。这是因为光线经过物体再穿过小孔时,由于光的直线传播,物体上方成像于下,物体下部成像于上,故所成的像为倒像。他还探讨了影像的大小与物体的斜正、光源的远近的关系,指出物斜或光源远则影长细,物正或光源近则影短粗,如果是反射光,则影形成于物与光源之间。

特别可贵的是,墨子对平面镜、凹面镜、凸面镜等进行了相当系统的研究,得出了几何光学的一系列基本原理。他指出,平面镜所形成的是大小相同、远近对称的像,但却左右倒换。如果是两个或多个平面镜相向而照射,则会出现重复反射,形成无数的像。凹面镜的成像是在“中”之内形成正像,距“中”远所成的像大,距“中”近所成的像小,在“中”处则像与物一样大;在“中”之外,则形成的是倒像,近“中”像大,远“中”像小。凸面镜则只形成正像,近镜像大,远镜像小。这里的“中”为球面镜之球心,墨子虽尚未能区分球心与焦点的差别,把球心与焦点混淆在一起,但其结论与近现代球面镜成像原理还是基本相符的。



第一节 近代自然科学

一、近代自然科学的诞生

(一)哥白尼提出日心说

在远古年代,人们说,天是由站在地上的擎天神扛在肩上的。“盖天说”由此形成了:地是平的,天是圆的,中间隆起,四周下垂,就像盖在地上的一个半球形的大帐篷。可是以后人们又发现,日月星辰的东升西落是“盖天说”解释不了的,只有在“盖天说”的半个球壳下面再加上半个球壳才对。于是“浑天说”产生了,“浑天说”最初认为地球不是孤零零地悬在空中的,而是浮在水上;后来又有发展,认为地球浮在气中,因此有可能回旋浮动,这就是“地有四游”的朴素地动说的先河。“浑天说”认为全天恒星都布于一个“天球”上,而日月五星则附丽于“天球”上运行。

到公元前6世纪,古希腊学者毕达哥拉斯根据圆是最完美形状的思想,第一次肯定了大地



是球形的。接着,公元前4世纪的另一位学者柏拉图提出,圆周是最完美的图形,天上的物体都有神明,所以它们都应该沿着最完美的圆周做匀速运动。随后,他的学生亚里士多德进一步提出了大地是球形的无可辩驳的事实,首创了“地心说”。亚里士多德说:“宇宙是一个有限的球体,分为天地两层,地球位于宇宙中心,所以日月围绕地球运行,物体总是落向地面。地球之外有九个等距天层,由里到外的排列次序是月球天、水星天、金星天、太阳天、火星天、木星天、土星天、恒星天和原动力天。此外空无一物。各个天层自己都不会运动,是上帝推动了恒星天层,恒星天层才带动了所有的天层。人居住的地球,岿然不动地居于宇宙中心。”

托勒密作为古希腊最后一位大天文学家,全面承袭了亚里士多德的“地心说”。他把亚里士多德的九层天扩大为十一层,把原动力天改为晶莹天,又往外添加了最高天、净火天。他设想,各行星都绕着一个较小的圆周运动,而每个圆的圆心则在以地球为中心的圆周上运动。他把绕地球的那个圆叫“均轮”,每个小圆叫“本轮”,他又设想地球并不恰好在均轮的中心,而偏开一定的距离,均轮是一些偏心圆:日、月、行星除做上述轨道运行外,还与众恒星一起每天绕地球转动一周,从而使计算结果达到了与实测的一致,取得了航海的实用价值。

1473年2月19日,哥白尼诞生于波兰一个富裕商人的家庭。在他10岁那年,瘟疫夺去了他父亲的生命。从那时起,哥白尼一家开始跟随舅父卡施生活。哥白尼18岁那年,舅父把他送进了克拉科夫的雅盖隆大学。克拉科夫的大学是当时东欧传播资产阶级思想文化的重要基地,这里的资产阶级人文主义学派的教授,不满经院哲学的死板教条,在科学上有许多新的见解。在这样的环境下,思想敏锐的哥白尼对天文学和数学产生了极大的兴趣。他钻研数学,阅读了大量古代天文学书籍,钻研了“地心说”和“日心说”,做了许多笔记和计算,并开始用仪器观测天象,头脑里孕育着新的天文体系。



这时,正在三年级读书的哥白尼收到舅父的来信,要他到意大利学教会法。这对热爱天文学、厌恶教会的哥白尼来说,无疑是晴天霹雳。可当他得知这是为了打击十字骑士团对祖国的侵犯时,就毅然穿起袈裟前住意大利。从1496年秋天起,哥白尼在意大利留学10年。他曾在学术空气更活跃的帕多瓦大学学习。该校天文学教授诺瓦拉对“地心说”表示怀疑,认为宇宙结构可以通过更简单的图式表示出来。哥白尼从诺瓦拉那里进一步熟悉了“地心说”和“日心说”,产生了关于地球自转及行星围绕太阳公转的见解。而且他还学习了医学和解剖学,获得了教会法博士学位。

1506年,哥白尼回到波兰。舅父把他留在自己身边,协助反击十字骑士团。6年后舅父卡施逝世,哥白尼来到波兰东北部的弗隆堡,购置了城堡里七座箭楼中的一座,开始了进



一步的天象观测。

通过长期天象观测和研究,以及对地球大小的精确计算,哥白尼认定了大的太阳绕小的地球转是根本不可能的,只能是小的地球围绕大的太阳转,太阳是宇宙的中心。回到祖国,他通过对木星和土星重合的观察,以及对行星顺行、逆行的研究,进一步认定了太阳是宇宙的中心。因为行星的顺行、逆行是地球和其他行星绕太阳公转的周期不同造成的假象,表面上看起来好像太阳在绕地球转,实际上则是地球和其他行星一起,在绕太阳旋转。就像我们坐在船上,明明是船在走,而却看到岸在走一样。在务卡施身边的日子里,哥白尼曾把他的“日心说”主要观点写成一篇《浅说》,抄赠给一些朋友。他的观点立即引起了欧洲各国的重视,可他不敢把它们全部写出来发表,害怕招致教会的迫害。后来,他还是在踌躇中开始了《天体运行论》一书的写作。

一直到 1543 年,哥白尼终于鼓起了勇气,决定反击“地心说”。他坚定地表示:“我不会在任何人的责难面前退缩下来。”“如果有人对我的设想横加指责,我将不予理睬。我认为他们的判断是粗暴的,为此我完全蔑视。”他把人们长期期待的手稿拿到纽伦堡付印,经过一番周折,《天体运行论》终于艰难地问世了。可当印好的书送到哥白尼手上时,他已经处于生命的最后 1 个小时。

人的天职在勇于探索
真理。

——哥白尼

(二)胡克发明显微镜

公元前 1 世纪的时候,人们就已发现通过球形透明物体去观察微小物体时可以使其放大成像,后来逐渐对球形玻璃表面能使物体放大成像的规律有了认识。

1590 年,荷兰和意大利的眼镜制造者已经造出类似显微镜的放大仪器。1610 年前后,意大利的伽利略和德国的开普勒在研究望远镜的同时,改变物镜和目镜之间的距离,得出合理的显微镜光路结构,当时的光学工匠遂纷纷从事显微镜的制造、推广和改进。

17 世纪中叶,英国的罗伯特·胡克和荷兰的列文虎克都对显微镜的发展作出了卓越的贡献。1665 年前后,胡克在显微镜中加入粗动和微动调焦机构、照明系统和承载标本片的工作台。这些部件经过不断改进,成为现代显微镜的基本组成部分。列文虎克制成单组元放大镜式的高倍显微镜,其中 9 台保存至今。

胡克和列文虎克利用自制的显微镜在动、植物机体微观结构的研究方面取得了杰出的成就。1665 年,胡克用他的显微镜观察软木切片的时候,惊奇地发现其中存在着一个一个“单元”结构复合式显微镜。胡克把它们称为“细胞”。



胡克的显微镜



19世纪,高质量消色差浸液物镜的出现使显微镜观察微细结构的能力大为提高。1827年,阿米奇第一个采用浸液物镜。19世纪70年代,德国人阿贝奠定了显微镜成像的理论基础。这些都促进了显微镜制造和显微观察技术的迅速发展,并为19世纪后半叶包括科赫、巴斯德等在内的生物学家和医学家发现细菌和微生物提供了有力的工具。

在显微镜结构发展的同时,显微观察技术也在不断创新:1850年出现了偏光显微术,1893年出现了干涉显微术,1935年荷兰物理学家泽尔尼克创造了相衬显微术,他为此在1953年被授予诺贝尔物理学奖。

复合式显微镜是詹森制造的第一台复合式显微镜。使用两个凸透镜,一个凸透镜把另外一个所成的像进一步放大,这就是复合式显微镜的基本原理。如果两个凸透镜一个能放大10倍,另一个能放大20倍,那么整个镜片的放大倍数就是 $10 \times 20 = 200$ 倍。不过,詹森时代的复合式显微镜并没有真正显示出它的威力,它们的放大倍数低得可怜,荷兰人列文虎克制造的显微镜让人们大开眼界。列文虎克自幼学习磨制眼镜片的技术,热衷于制造显微镜。他制造的显微镜其实就是一片凸透镜,而不是复合式显微镜。不过,由于他的技艺精湛,磨制的单片显微镜的放大倍数将近300倍,超过了以往任何一种显微镜。

光学显微镜只是光学元件和精密机械元件的组合,它以人眼作为接收器来观察放大的像。后来在显微镜中加入了摄影装置,以感光胶片作为可以记录和存储的接收器。现代又普遍采用光电元件、电视摄像管和光电耦合器等作为显微镜的接收器,配以计算机后构成完整的图像信息采集和处理系统——电脑图像显微成像系统。

(三) 哈维发现血液循环

血液循环是指血液在心脏的推动下,循着心血管系统内按一定方向周而复始地在全身循环流动,其主要功能是完成体内的物质运输。血液循环一旦出现障碍,机体各器官组织就会因新陈代谢不畅而受损。

古希腊医生赫罗菲拉斯在解剖人体时最早发现了血管,并第一个区别了动脉和静脉。而古罗马医学家盖伦纠正了古希腊人认为动脉中充满空气的错误看法,并最早提出了血液运动的理论。但盖伦的理论认为,血液流动以肝脏为中心,在人体内像潮水一样流动之后,便逐渐被身体所吸收。此后1000多年,人们都把这种错误的理论奉为真理。

1543年,执教于意大利帕多瓦大学的比利时医生维萨里,编写出版了《人体构造》一书,指出人的心脏有四个房室,为血液循环理论奠定了基础。

在《人体构造》发表10年后,塞尔维特发现了小循环(肺循环)。

1628年,英国医生哈维出版了《心血运动论》一书。他根据对40种不同动物的解剖观察和实验,得出血液在体内循环不息的结论,并证明心脏的收缩和舒张是血液循环的原动力。哈维还猜想在动脉和静脉之间有一个肉眼看不见的起连接作用的血管网,但由于当时没有显微镜,因此无法证实这一假说。



1661年,在哈维去世4年后,意大利科学家马尔比基用显微镜观察到青蛙肺部动、静脉之间的毛细血管,从而证明了哈维的正确推断。

哈维的发现不是靠思辨和先验的推理,而是一系列的观察与实验,它为此后生理学的发展开辟了一条科学的道路。

二、近代自然科学的发展

(一)物理学的发展

物理学是科学的基础,因此,自然科学的每一次进步,都离不开物理学的进步,近代物理学先后在力学、热学、光学、电磁学等领域取得突破,给人类的自然科学奠定了发展的基石。

1. 开普勒行星运动三定律

开普勒出生在一个德国小市民家庭。他一来到人世间就遭受了不幸,得了一场猩红热病而弄坏了他的双眼。

17岁那年,开普勒进入连蒂宾根大学学习,攻读神学,1591年他获得了神学硕士学位。由于他体弱多病,他的父母认为他只适合做一名牧师,因为这个职业轻松一些。可是开普勒的数学才华非常出众,当他了解到一些有关哥白尼的理论之后,就把当牧师的想法抛得一干二净,最终在奥地利的一所大学里教起了自然科学。

1600年,30岁的开普勒贸然给素不相识的丹麦天文学家第谷写信。他把自己研究天文学的成果和想法告诉了第谷。第谷看后,对开普勒的才华惊叹不已,立即写信邀请他来当自己的助手。但是开普勒来到第谷的身边仅10个月,第谷便去世了。开普勒继承了这位老人留下的非常宝贵的资料,其中包括老人对火星运动的观测。

开普勒就以这些资料为基础,设计了一个天空体系。1604年9月30日,他发现了一颗新星,命名为“开普勒星”。

开普勒在研究行星正多面体理论的时候,碰到了许多难题:他想准确地得到各行星和太阳之间的相对距离,他想找出行星的运动轨迹。他认为圆的轨迹不符合第谷的资料,蛋状的卵形线也不符合,只有椭圆才符合。

一个圆的直径不论在任何位置长度是不变的,但椭圆的直径的长度随其位置的变化而变化。最长的直径叫长轴,最短的直径叫短轴,在长轴上有两个点叫焦点,它们离中心的距离相等。焦点又有这样一个特性:如果从两个焦点向椭圆曲线上同一点各画一条直线,那么这两条直线的总和等于长轴的长度。不管这两条直线画到椭圆曲线上哪一点,这个特性总是成立的。

开普勒发现,第谷观测的火星位置和椭圆轨道不仅符合,而且符合的精确度还很高。并且,太阳位于这椭圆的一个焦点上。他还发现其他行星的轨道也可以画成椭圆,太阳总在一个焦点上。1609年,他在《新天文学》一书中公布了开普勒第一、第二定律,1619年又公布了开普勒第三定律。



开普勒第一定律:所有的行星都分别在大小不同的椭圆轨道上围绕太阳运动,太阳在这些椭圆的一个焦点上。这一定律指出了行星一切可能的位置,这些位置的集合便形成了其轨道线。

开普勒第二定律:行星与太阳的连线在相等的的时间里扫过相等的面积。该定律归纳了行星运行中速率改变的规律。根据这一定律,我们可以测定各个时刻行星所处的确切位置。

开普勒第三定律:行星公转周期的平方与它距太阳距离的立方成正比。

开普勒行星三定律的完成,宣布了开普勒天文学体系的成熟,使人们对于行星的运动规律有了一个较为全面的理解,他开创了天文学发展的新阶段。

椭圆彻底摧毁了神圣不可侵犯的圆运动,废除了两千多年来人们的旧观念,从此,开普勒的天文学观点被许多天文学家所接受。

2. 牛顿万有引力定律和经典力学的确立

牛顿从对天体运动规律的具体分析中得出了普遍的万有引力定律。这个定律的内容是任何两个质点之间存在着相互吸引力,其大小和它们的质量的乘积成正比,和它们之间的距离的平方成反比,其方向则沿两个质点的连线方向。

根据万有引力定律,牛顿不仅解释了开普勒行星运动三定律,而且可以推出某些和开普勒定律不符的情况。例如,牛顿说明了月球运动的重要特点,以及其他行星、彗星的运动特点。

1685年,牛顿充分应用数学工具,采用质点的概念,克服了计算上的困难,证明了一个由具有引力的物质组成的球体吸引它外边的物体时,就好像所有的质量都集中在它的中心一样。有了这个证明,把太阳、行星、地球、月球都当成一个质点看待的简化方法就显得很合理了。这一成就扫除了困难,于是他努力把天体的力和地球上的重力联系起来,他利用皮卡尔测量地球大小所得的新的数值,再回到月球运动计算的老问题上。

计算结果:月球的向心加速度与地面上物体的重力加速度之比正好等于地球半径的平方与月球到地心距离的平方比,从而证实了万有引力定律。

在经典力学方面,牛顿总结前人的经验,提出了“力”“质量”和“动量”的明确定义,并把他们与伽利略所提出的“加速度”联系起来,概括总结出了机械运动的牛顿三定律。

牛顿第一定律:每个物体继续保持其静止或沿一直线做等速运动的状态,除非有力加于其上迫使它改变这种状态。

牛顿第二定律:运动的改变和所加的动力成正比,并且发生在所加的力的那个直线方向上。

牛顿第三定律:每一个作用总是有一个相等的反作用和它相对抗,或者说,两物体彼此之间的相互作用永远相等,并且各自指向其对方。

牛顿运动三定律构成了经典力学的基础,为经典物理学的建立提供了基本定理。牛顿



对万有引力的发现、三大运动定律的提出和微积分的创立,使得他被称为经典物理学领域最杰出的科学巨人。

3. 能量守恒和热力学三大定律的创立

在18世纪末19世纪初,随着蒸汽机在生产中的广泛应用,人们越来越关注热和功的转化问题。于是,热力学应运而生。

1798年,汤普生通过实验否定了热质的存在。德国医生、物理学家迈尔在1841年至1843年间提出了热与机械运动之间相互转化的观点,这是热力学第一定律的第一次提出。焦耳设计实验测定了电热当量和热功当量,用实验确定了热力学第一定律,补充了迈尔的论证。

热力学第一定律表述为:如果一个系统与环境孤立,那么它的内能将不会发生变化。引申得到,体系的内能变化等于它从环境吸收的热量与环境在其之上做功的总和。

1824年,法国陆军工程师卡诺设想了一个既不向外做功又没有摩擦的理想热机。通过对热和功在这个热机内两个温度不同的热源之间的简单循环(即卡诺循环)的研究,得出结论:热机必须在两个热源之间工作,热机的效率只取决于热源的温差,热机效率即使在理想状态下也不可能达到100%,即热量不能完全转化为功。

1850年,克劳修斯在卡诺的基础上统一了能量守恒和转化定律与卡诺原理,指出:一个自动运作的机器,不可能把热从低温物体移到高温物体而不发生任何变化,这就是热力学第二定律。

热力学第二定律有多种说法,最流行的有克劳修斯的表述:“热量由低温物体传给高温物体而不引起其他变化是不可能的。”还有开尔文的表述:“从单一热源取出热使之完全变为功,而不发生其他变化是不可能的。”

随着低温技术的发展,人们不断向低温极限冲击,但越是接近绝对零度,温度的降低越困难。1906年,德国物理化学家能斯特在观察低温现象和化学反应中发现热定理,1912年,能斯特又将这一规律表述为绝对零度不可能达到原理:“不可能使一个物体冷却到绝对温度的零度。”这就是热力学第三定律。

根据热力学第三定律,在绝对零度下一切物质皆停止运动。绝对零度虽然不能达到,但可以无限趋近。

能量守恒和热力学三大定律的创立,揭示了热、力、电和化学等各种运动形式之间的转化和统一性,使自然界的运动形式达到空前的综合和统一。

4. 对光的波粒二象性的认识

人类对光的认识,是从太阳光、火光等可见光开始的,人们从观察日光照射物体成影的现象中得出:光的一种基本性质是光的直线传播。表明光的直线传播的另一个事实是针孔成像。关于针孔成像的记载,在我国先秦时代的《墨经》上就有翔实的记载,比古希腊的欧几



里得的记载既早又详细。

光为什么直线传播,光的本性怎样?一直到17世纪后半叶,牛顿和惠更斯对光的本性作解释时,发生了原则分歧。

牛顿认为光是一种微粒流,微粒从光源飞出来,均匀介质内按力学定律做等速直线运动,他以这种观点解释了反射定律,并以光在介质中的传播速度比在真空中快来解释折射定律。微粒说很自然地解释了光的直线传播性。但是这种假说不能说明光线在相交时互不相扰的性质,也不能说明由他自己发现的牛顿环现象:把曲率半径大的凸透镜放在平玻璃板上,在透镜与玻璃板接触点处出现明暗相间的同心环,即牛顿环。

惠更斯是光的微粒说的反对者,他创立了波动说,于1690年在《论光》一书中写道:“光同声一样,是以球形波面传播的,这种波同把石子投在平静的水面上时所看到的波相似。”他从声现象与光现象的许多类似出发,认为必须把光振动看成是在一种特殊的介质以太中传播的弹性脉动,而这种特殊的介质充满宇宙的全部空间。惠更斯的波动说只是粗略地指出光的波动性,惠更斯关于光波的概念是很不完全的,他始终没有提到光波在空间上的周期性。

1860年,麦克斯韦在理论研究发现,振动着的电荷或迅速交变的电流都会引起其周围电磁场以波的形式向外传播,而且传播速度与光速相同,从而提出光是电磁波的假说。1888年德国物理学家赫兹用实验证明了电磁波的存在,从此奠定了光的电磁理论。这理论能够说明光的传播、干涉、衍射、偏振等许多现象。电磁波包括无线电波、微波、红外光、可见光、紫外光、X光和 γ 光。它们所不同的是波长,或者说是频率各不相同而已。看来波动说已达到尽善尽美的境地。

但是,在19世纪末和20世纪初,当人们研究深入到光与物质的相互作用这一领域时,却发现许多问题是无法用波动说加以解释的,其中最著名的难点是黑体辐射能谱,所谓黑体,是能全部吸收外来电磁辐射而毫无反射的理想物体。例如,在一空腔表面上开一个小孔(或细缝),则因任何辐射进入小孔后,在腔内进行多次反射和吸收,很难再从小孔透出,犹如被小孔全部吸收,所以这个小孔十分近似于黑体的表面。黑体发出的辐射就叫黑体辐射,一个温度均匀的空腔表面上一小孔(如炼钢炉上的小孔)发出的辐射,很接近于同温度下的黑体辐射。在黑体辐射中存在各种波长的电磁波,能量按波长的分布仅与黑体的温度有关。

1905年,爱因斯坦假设:光是由一群光子组成,频率为 ν 的光子,它的能量等于 $h\nu$, h 为普朗克常数,当每个光子的能量超过某一数值 $h\nu_0$ 时,就能从被照金属中释放一个电子,所以光子能量越大(即波长越短),电子的速度越大,而光子越多(即光越强),电子数目就越多,光电效应是光子与电子相碰,所以能即时放出电子,所有这些都与实验完全相符。

爱因斯坦最早注意到了物质的波粒二象性。由于波粒二象性被证明是自然界中一切物质运动的最基本的量子特性,因此,爱因斯坦的这一发现甚至比他的相对论更为重要。

1909年,爱因斯坦严格证明了辐射,即光子具有波粒二象性,并指出了已被实验验证的



普朗克辐射公式同时包含了辐射的这两种对立的属性。

光的波粒二象性的发现是爱因斯坦对量子理论所作出的最大贡献,它首次揭示了光的量子特性,即光不仅具有波动性,同时也具有粒子性。正是光的波粒二象性概念进一步引导德布罗意提出物质波假说,将光子的波粒二象性赋予了所有物质粒子,并最终促使薛定谔建立了量子理论的波动力学形式。

5. 电磁学的辉煌成就

1820年,奥斯特发现电流的磁效应,揭示了电与磁联系的一个方面之后,不少物理学家探索磁是否也能产生电,曾经进行过很多实验。

1831年,英国科学家法拉第发现第一块磁铁穿过一个闭合线路时,线路内就会有电流产生,这个效应叫电磁感应。法拉第发现的电磁感应定律,不仅成为指导电机制造的理论,开辟了电力革命的轨迹,而且是现代电磁学的基础。法拉第的电磁感应定律是他的一项最伟大的贡献。

1864年,英国的另一位科学家麦克斯韦提出“涡旋电场”和“位移电流”概念,从而统一了电场和磁场。随后把电磁场普遍规律概括为四个方程,用麦克斯韦方程组概括了全部电磁现象。更进一步,麦克斯韦根据麦克斯韦方程组,预言了电磁波的存在,并且提出了光也是一种电磁波的假设,这些预言和假说后来均被一一证实。在麦克斯韦的努力下,电磁学的大厦完美地建立起来。

6. 爱因斯坦创立相对论

相对论是关于时空和引力的理论,由爱因斯坦创立,依其研究对象的不同可分为狭义相对论和广义相对论。相对论和量子力学的提出给物理学带来了革命性的变化,它们共同奠定了近代物理学的基础。

相对论极大地改变了人类对宇宙和自然的“常识性”观念,提出了“同时的相对性”“四维时空”“弯曲时空”等全新的概念。不过近年来,人们对于物理理论的分类有了一种新的认识——以其理论是否决定论——来划分经典与非经典的物理学,即“非经典的=量子的”。在这个意义下,相对论仍然是一种经典的理论。

爱因斯坦在他1905年的论文《论动体的电动力学》中介绍了其狭义相对论。狭义相对论建立在狭义相对性原理和光速不变原理之上。

在狭义相对论提出以前,人们认为时间和空间是各自独立的绝对的存在。而爱因斯坦的相对论首次提出了时空的概念,它认为时间和空间各自都不是绝对的,而绝对的是一个它们的整体——时空,在时空中运动的观者可以建立“自己的”参照系,可以定义“自己的”时间和空间(即对四维时空做“3+1分解”),而不同的观者所定义的时间和空间可以是不同的。

在爱因斯坦以前,人们广泛地关注于麦克斯韦方程组在伽利略变换下不协变的问题,也有人注意过爱因斯坦提出狭义相对论所基于的实验(如光程差实验等),也有人推导出了与



爱因斯坦类似的数学表达式(如洛伦兹变换),但只有爱因斯坦将这些因素与经典物理的时空观结合起来提出了狭义相对论,并极大地改变了我们的时空观。在这一点上,狭义相对论是革命性的。

1915年左右,爱因斯坦在发表的一系列论文中给出了广义相对论最初的形式。广义相对论原理:任何物理规律都应该用与参考系无关的物理量表示出来。用几何语言描述,即任何在物理规律中出现的时空量都应当为该时空的度规或者由其导出的物理量。

如果说到了20世纪初,狭义相对论因为经典物理原来固有的矛盾、大量的新实验及广泛的关注而呼之欲出的话,那么广义相对论的提出则在某种意义上是“理论走在了实验前面”的一次实践。

爱因斯坦的相对论直接和间接地催生了量子力学的诞生,也为研究微观世界的高速运动确立了全新的数学模型。相对论的伟大意义在人类历史上是革命性的,爱因斯坦也成为人类历史上最伟大的科学家。

成功=艰苦的劳动+
正确的方法+少谈空话。

——爱因斯坦

(二)化学的发展

从远古时期对火的探索,到古代的炼金术和炼丹术,再到近代门类繁多的化学工业,人类的化学知识得到迅速发展,化学作为一门独立的学科也随之诞生。

1. 探索燃烧的奥秘

人类在原始社会便学会了用火,但在很长时间里却不知道燃烧是怎么一回事。后来,德国医生施塔尔提出“燃素论”,说物质的燃烧是由于物质在燃烧过程中放出“燃素”的缘故。燃素学说曾在化学史上统治了100多年。随着氧气的发现,燃素学说逐步被动摇并最终被推翻。1774年8月1日,英国化学家普利亚斯特把氧化汞放在试管内用聚光镜来加热,得到一种气体,蜡烛在里面的燃烧火焰比在空气中明亮,而把将要熄灭的木片放到里面又重新燃烧发光。他把这种气体叫做脱燃素空气,实际上就是氧气。普利亚斯用新获得的气体对动物呼吸进行了实验,他发现,当把一只老鼠放入一瓶新制备的脱燃素空气中时,老鼠过得十分舒适。他又亲自试验,用玻璃管吸入这种气体,感觉十分轻快舒畅,他想将来这也许会成为有益而时髦的奢侈品。差不多在同时,舍勒也独自制备了这种使燃烧更旺的气体。虽然普利斯特和舍勒同时发现了氧气,但他们都没有进一步揭开燃烧的秘密,最后揭开燃烧奥秘的是法国化学家拉瓦锡。

1743年8月26日,拉瓦锡出生于法国巴黎,1761年进入索尔蓬纳学院学习法律,同时对化学产生了浓厚的兴趣。他的重大贡献是把天平引入化学研究,并证明:化学反应前后,参加反应的物质总质量一定等于产物的总质量。这就是著名的质量守恒定律。还有一个最重要的科学贡献是证明了空气是混合物,氧气占 $1/5$,并证明了水、二氧化碳都不是元素,而是化合物。他研究了燃烧机理,从而确定了氧化燃烧的科学理论,推翻了统治化学理论达



100 多年的燃素学说。拉瓦锡认为：燃烧只是物质与氧进行化学反应的现象，根本不存在燃素，燃素只不过是人们对燃烧现象不了解而臆造出来的。

2. 道尔顿的原子论

物质是由原子构成的这一猜想，虽然早就提出来了，但一直到了 18 世纪，尤其是 18 世纪后半期至 19 世纪中期，工业兴起，科学迅速发展，人们通过生产实践和大量化学、物理学实验，才加深了对原子的认识。

把原子学说第一次从推测转变为科学概念的，应归功于英国一个教会学校的化学教员，他就是道尔顿。

道尔顿首先研究了法国化学家普鲁斯特于 1806 年发现的有趣结论：参与化学反应的物质质量都成一定的整数比（定比定律）。例如，1 克氢和 8 克氧化合成 9 克水，假如不按这个一定的比例，多余的就要剩下而不参加化合。道尔顿自己又发现：当两种元素所组成的化合物具有两种以上时，在这些化合物中，如果一种元素的量是一定的，那么与它化合的另一种元素的量总是成倍数地变化的（倍比定律）。

道尔顿把化学的质量守恒定律、当量定律、定组成定律、倍比定律和他发现的气体分压定律联系起来思考。他想自然界为什么会有如此神奇的数量关系呢？是原子吗？原子在自然界中存在吗？如果确实存在，那就应根据原子理论来解释物质的一切性质和各种变化规律。在化学上，化学原子理论应当是物质结构的真正理论。道尔顿为解开这个谜，全面地研究了在他之前有关原子的一切学说和资料，经过顽强的努力，最后他得到这样的结论：“同一种元素的原子（极小的、化学变化中不可再分的微粒）彼此之间是相同的，但不同元素的原子则不同。原子是有重量的，原子不可再分，也无法称量，但我们可以求得它们的相对重量，即把最轻的原子——氢的原子量规定为 1，就可以求得其他元素的相对原子量。”道尔顿还公布了他的原子量表，这也是世界上第一张原子量表。由于道尔顿的原子论成功地解释了质量守恒定律、当量定律、定组成定律、倍比定律和气体分压定律，全面深刻地说明各种化学现象，因此很快得到了科学界的确认。

3. 化学元素周期律的发现

18 世纪，在拉瓦锡的化学教科书中已经出现了第一张《元素表》，19 世纪初由于引入原子量的概念，化学家们把主要注意力集中在确定各元素原子量之间相互关系的规律上。到 19 世纪中叶以后，人类已经发现了 60 多种化学元素。如何才能把这些杂乱无章的化学元素理出个头绪来呢？最早研究化学元素分类的是德贝莱纳，他注意到每三种相似的化学元素可列为一类，同类中居中的元素的原子量约为其他两种元素原子量的平均数，且性质也介于两种元素的性质之间。这个发现是周期律发现的先导。

1834 年 2 月 7 日，门捷列夫诞生于西伯利亚的托波尔斯克。在担任彼得堡大学教授时，为了讲好无机化学课，他研究了世界上各种介绍化学元素的资料，对当时已知的 63 种化学



元素的原子量、物理和化学性质都有详细的了解。他把元素的名称、化学式、原子量、化学性质、物理性质及主要化合物都写得清清楚楚,每个元素写一张卡片,这样只要拿起一张,该元素的一切情况就可一目了然。后来,他按原子量递增顺序把所有元素排成几行,再把各行中性质相似的元素上下对起来,这时各种元素之间的联系就表现出来了。元素排成了纵横交错的行列,每一横行元素也随着原子量的增大而呈现出有规律的变化。有些元素原子量和它们的性质不符,他大胆地修正了当时测错的原子量;有些元素之间性质差别太大,他便大胆地预言可能是尚未发现的化学元素,并为这些元素留下空位。他在金属锌和非金属砷之间留下两个空位,分别把这两种未发现的元素起名“类铝”和“类硅”;在钙、钛之间留了一个空位,起名叫“类硼”。所有这一切都是在 1869 年 3 月 1 日完成的,即所谓“伟大的一天”。门捷列夫认为,他预言中的元素只要有一种能被发现,就是周期律的伟大胜利。

门捷列夫用周期律预言的 3 种元素,在他活着的时候就都一一被发现了。首先是法国化学家布瓦萨德朗在 1874 年 2 月从闪锌矿中利用光谱法发现了预言的类铝,为纪念他的法兰西祖国而把这一新元素定名为镓。没过多久,瑞典化学家尼尔松发现了门捷列夫预言的类硼,定名为钪。在 1886 年,德国化学家文克勒发现门捷列夫预言的第三种元素类硅并命名为锗。这三种新元素的发现使周期律获得了普遍的承认。

元素周期律的发现是一个重要的里程碑,它促使无机化学研究的兴起,并对整个化学的发展起了推动作用,为以后的化学发展指出了研究方向,激发了人们探索新元素的热情。但由于当时科学技术的局限,使得门捷列夫周期律也有一些不足,如周期表只能判断元素性质递变的大体

没有加倍的勤奋,就
既没有才能,也没有天才。
——门捷列夫

走向,它只是一个粗略的近似规律;又如,周期表是按元素原子量顺序排列的,门捷列夫还对个别元素原子量作了修订,但他当时还未认识到造成元素性质周期性变化的根本原因。

(三)生物学的发展

近代生物学中,影响最大的莫过于细胞学说、达尔文的进化论和基因学说。

1. 细胞学说的创立

1665 年,罗伯特·胡克用显微镜观察软木片时,发现许多小室,他把这种小室称为细胞。此后,荷兰、意大利和英国的一些生物学家相继发现同样的现象。

19 世纪 30 年代,布朗在兰科植物叶片表皮细胞中发现了细胞核,特别是 1938 年至 1939 年,德国人施莱登和施旺几乎同时得出结论,提出了细胞学说。

细胞学说的核心有 4 点:

- (1)所有的植物和动物组织由细胞构成。
- (2)所有的细胞来自其他的细胞,不是由于细胞分裂就是细胞融合。
- (3)卵和精子是细胞。