

中国大百科全书

(第二版)

24

中国大百科全书出版社

wuhua laodong

物化劳动 materialized labour 已经完成并物化在产品中的对象化的劳动。是劳动的物质形式,是积累起来的劳动。它作为物的要素(生产资料要素)参加劳动过程和价值形成过程,并将已经消耗的部分转移到新产品中去,但不创造新的价值。又称死劳动或过去劳动。

物化劳动是相对于活劳动而言的。在物化劳动形式上,说明劳动已经成为过去。作为一般范畴,物化劳动只是凝结在产品中的劳动;但作为商品生产范畴,物化劳动就是价值。物化劳动作为价值有两种基本的存在形式,即商品和货币。其中,货币是物化劳动的一般存在形式。

在商品生产中,物化劳动的实质内容和存在形式同时起作用,从而起着双重作用:①在产品的生产上,以生产资料的形式出现,一方面作为劳动对象和加工的物质手段起作用;另一方面作为提高劳动生产力的因素起作用。②在产品价值的形成上,作为价值实体起作用,和活劳动所起的作用完全不同。在活劳动的作用下,把已经存在的价值从旧的物化形式转到新的物化形式中,并成为新商品价值的组成部分。物化劳动的重要性在于前者,而不是后者。在劳动过程中,物化劳动作为生产资料,无论采取何种形式,都不创造任何新价值,只是将自己已经具有的旧价值,按照消耗的程度转移到新产品中去,而且,这种转移只有通过活劳动并在创造新价值的同时才能实现。

既然物化劳动不能创造新价值,那么,作为物化劳动集中体现的机器当然也就不能创造价值,而不管这种机器的复杂程度、先进程度和科学含量如何。机器的作用在于提高劳动的生产力,花费同样的活劳动可以生产更多的使用价值,从而可以成为个别资本在竞争中实现更多价值和增加剩余价值的手段。

wujia zhishu

物价指数 price index 反映报告期商品或产品实际平均价格水平与基期平均价格水平相比的相对数。又称价格指数。中国目前编制的价格指数主要有:社会商品零售价格指数、居民消费价格指数、农产品收购价格指数、农村工业品零售价格指数、工农业商品综合比价指数等。

价格指数的编制方法主要有加权综合指数和加权平均指数等形式。

wuli bianhua

物理变化 physical change 物质改变物理性质而不改变化学组成和化学性质的过程。例如,水加热变成水汽或水冷却结冰。水、

水汽和冰的状态,密度、折射率等物理性质都不相同,但它们的化学组成都是 H_2O ,化学性质也没有区别。

wuli dadi celiangxue

物理大地测量学 physical geodesy 利用物理方法测定地球形状及其外部重力场的学科。又称大地重力学。大地测量学的分支。

简史 18世纪中叶以前,人们单纯采用几何大地测量方法测定地球形状。1743年法国A.-C. 克莱罗在其著作《地球形状理论》中,假设地球内部处于静力平衡状态,地球的质量密度分布是从地球质心向外,随距离的增加而减小的;认为在这种假定下地球的外表面应是一个水准椭球,即椭球表面上各点的重力位相等,从而论证了重力值(物理量)和地球扁率(几何量)之间的数学关系。这一论证称为克莱罗定理,奠定用物理方法研究地球形状的理论基础,形成物理大地测量学的核心内容。

19世纪初法国P.-S. 拉普拉斯和德国C.F. 高斯、F.W. 贝塞尔等都认识到椭球面不足以代表地球表面。1849年英国P.S. 斯托克斯提出斯托克斯理论,即在地球的外重力位水准面上给定重力和重力位,已知地球离心力位,可以求出这个外重力位水准面的形状和外部重力位,无须对地球内部物质分布作任何假设。斯托克斯理论是克莱洛定理的发展。1873年J.B. 利斯廷提出用大地水准面代表地球形状,由此可将斯托克斯理论用于研究大地水准面形状,但重力观测值的归算是一个难以解决的问题。1945年苏联M.S. 莫洛坚斯基提出用地面重力观测来确定地球形状的理论,从而回避了长期无法解决的归算问题。但仍然存在资料(重力数据)不足的矛盾。1964年瑞典A. 布耶哈默尔应用重力延拓方法,1969年丹麦T. 克拉鲁普和1973年奥地利H. 莫里茨应用最小二乘拟合推估的方法进行解算,初步解决上述困难。

1957年苏联第一颗人造地球卫星发射成功后,物理大地测量学发展到一个崭新的阶段。其标志是开创卫星重力探测时代,包括根据卫星轨道摄动理论,观测卫星轨道摄动确定低阶位系数;利用卫星海洋雷达测高,确定高精度高分辨率海洋重力场模型和大地水准面模型;GPS技术结合水准测量直接测定大陆大地水准面;21世纪初利用卫星跟踪卫星和卫星重力梯度测量技术,确定全球更高精度和分辨率的静态重力场模型和时变重力场模型。卫星重力探测技术的发展,突破了人们过去获取重力场信息的局限性,使得物理大地测量的研究从局部或区域性扩展到全球,从测定静态地球重力场发展到测定时变重力场,丰富了物理大地测量学的内容。

内容 物理大地测量学主要研究以下内容:①重力位理论。利用重力以及同重力有关的卫星观测资料确定地球形状及其外部重力场的理论基础,主要研究地球重力势函数的数学特性和物理特性。②地球形状及其外部重力场的基本理论。主要研究解算位理论边值问题(如按斯托克斯理论、莫洛坚斯基理论或布耶哈默尔理论等解算),以此推求大地水准面形状或真正地球形状和地球外部重力场。③全球性地球形状。利用全球重力以及同重力有关的卫星观测资料,按确定地球形状及其外部重力场的基本理论,推求以地球质心为中心的平均地球椭球的参数,建立全球大地坐标系,推求全球重力场模型、大地水准面差距、重力异常和重线偏差等。④区域性地球形状。按确定地球形状及其外部重力场的基本理论,采用局部地区的天文、大地和重力资料,将含有地球重力场影响的地面各种大地测量数据(如天文经纬度、方位角、水平角、高度角、距离和水准测量结果)归算到局部大地坐标系中,以此建立国家大地网和国家水准网。利用地面重力资料、卫星测高资料、卫星跟踪卫星数据及其他重力场信息,推求高精度高分辨率区域重力场和大地水准面模型。⑤重力探测技术。研究获取地球重力场信息的技术和方法,包括航空重力测量、卫星雷达测高、卫星跟踪卫星、卫星重力梯度测量等的技术原理和数据处理方法,以及高精度的地面重力测量技术。

用途 物理大地测量学同空间技术、海洋学、地球动力学、地球物理学和地质学等学科有密切的联系。为计算人造地球卫星和远程弹道导弹等空间飞行器的运行轨道,提供精确的地球形状及其外部重力场的的数据;为地球物理学和地质学提供有关地球内部构造和局部特征的信息。

wuli fangzhen

物理仿真 physical simulation 在系统的物理模型上进行试验的技术。物理模型是用几何相似或物理类比方法建立的,可以描述系统的内部特性和试验所必须的环境条件。如风洞试验,是将按比例缩小的飞机模型悬挂在具有亚声速或超声速气流的风洞内,测定飞机的各种气动系数,飞机模型和风洞组成物理模型。又如将飞机的姿态角传感器(陀螺仪)安装在能复现飞机的俯仰、横滚、偏航三个角运动的三自由度飞行仿真转台上,进行飞行控制系统的物理仿真。物理仿真与数学仿真的主要区别在于:①物理仿真系统是真实系统的几何相似物或物理类比物。几何相似是指同一个物理过程(如机械运动过程或电的动态过程等)的不同尺寸系统之间的相似关

系。物理类比是指两种不同的物理过程(如机械运动和电的动态过程等)具有相同的数学描述,它们可以互为仿真实验模型。数学仿真利用系统的数学模型在计算机上实现的运算过程来描述各种物理过程。②物理仿真要求实时,数学仿真可以是实时或非实时的。

wuli haiyangxue

物理海洋学 physical oceanography 运用物理学的理论和方法研究海洋中的力场、热盐结构以及因之而生的各种机械运动的时空变化,并研究海洋中的物质交换、动量交换、能量的交换和转换的学科。海洋物理学的分支。物理海洋学所研究的对象,是人类和生物赖以生存和生活的海洋中的物理环境。这种环境中的物理过程,与地球上的气候和天气的形成和变化、海洋生物的生存和生活、海洋中物质和热量的输送、海岸和海底的侵蚀和变化,以及海洋的交通运输和军事活动等,都有密切的关系。

在物理海洋学的理论研究中,主要是运用流体动力学和热力学的原理,对一些理想化的或经过简化的问题,通过解析求解进行模式化的研究;对于比较复杂的问题,则借助于电子计算机进行数值模拟求解。在解析的和数值的求解手段以外,还可通过模型试验进行研究。由于海洋中的物理现象和过程,具有随机性,故常应用概率统计和随机过程的理论,对现场观测的数据进行分析和处理。

物理海洋学所研究的问题,可概括为海洋热盐结构、海水宏观运动、海-气相互作用和海洋湍流等4个主要方面。

海洋热盐结构 研究海洋水体的热平衡和物质平衡,温度、盐度、压力、密度等的时空变化,铅直断面上的温度和密度分布,海洋中的海水混合、扩散和层结(见海洋层结),锋面和跃层的形成,温度-盐度曲线和水团的生成,水团的边界(锋面)和混合,暖水和冷水间成篦齿状的水平交错排列,海冰的成因和消长,海水的绝热压缩、绝热膨胀和位温,海洋中等熵面的形成及其分布等。

海水宏观运动 研究重力场中海水的非周期性和周期性运动,一般又分为海洋环流、海洋波动和海洋潮汐三种,这是物理海洋学的主要研究对象。

①海洋环流。研究风引起的海流和密度分布不均匀所产生的密度流,大洋环流中流旋的生成和分布,大洋环流西向强化,海流的弯曲和变异,近赤道地区的流系结构,南极绕极流,大洋热盐环流,深海环流和与主跃层的关系,海水的辐散和辐合运动与升降流及朗缪尔环流等的关系,中

尺度涡及其能量转换,冰漂流等特殊的流动现象,海洋对风应力等的反应,以及近岸海区的环流等。

②海洋波动。研究海浪的生成和消长,风浪中的能量,风速、风区、风时与海浪要素之间的关系,海浪谱及其源函数的结构波-波非线性相互作用中的能量转移,海浪折射、绕射和反射,海洋近岸波及其相应的沿岸流和离岸流,海洋中的罗斯比波、陆架拦截波和边缘波,海洋内波、海啸等。

③海洋潮汐。研究引潮力、引潮势和分潮之间的关系(见海洋潮汐),潮汐静力学理论和潮汐动力学理论,潮波方程及其数值解,潮汐分析和推算原理,海平面及其变化,风暴潮,港湾潮汐余流,浅海潮波和海底摩擦对潮流的影响,河口区的潮汐混合,以及潮汐表的制作,各种特殊海域的潮汐,潮流、潮汐和风暴潮的预报等。

海-气相互作用 研究海-气界面分子过程的动量、热量、水汽和其他物质的输送,近海面湍流边界层中的湍流能量方程,湍流的铅直结构,湍流边界层中各种参量的确定及边界层模式,大气与海洋间的动量和能量的传递,及其与风海流和风浪生成的关系,大尺度和中尺度的运动及其相互作用与天气预报及海况预报的关系,海洋对大气的反馈作用对全球大气环流及气候变化的影响等。

海洋湍流 研究在海洋的上混合层、内层和近底边界层中的湍流发生机制,风生漂流和内波场等流速铅直梯度与湍流发生的关系,海洋湍流的谱结构,湍流能量的转换和守恒,海洋湍流的局地相似性,在低纬度和中纬度海域形成温跃层时的表层水和下层水间的混合交换作用,以及由于双扩散等作用所导致的水温阶梯式分布和盐指现象等海洋细微结构。

物理海洋学与海洋科学中的许多分支学科有着密切的关系。如在研究海洋中的热盐结构、海流形成和热盐环流机制时,重要的是要了解海水的温度和盐度的分布和变化,从而了解海水密度的分布和变化,这就需要精确测定海水盐度;要确定海洋中的地转流无运动面的位置时,有时还须参照海洋中溶解氧的分布和含氧量最小的位置(见海水溶解氧)。这说明海流的研究,涉及化学海洋学的内容。某些海洋生物,如海水中的浮游生物,或被海流携至远方,或栖息在某种海流之中,它们有时可用作确定海流分布及其位置的指标,因此物理海洋学的研究,也与生物海洋学发生联系。海岸的形状和海底的地形,会改变和影响海流的方向和速度,起着摩擦阻遏作用,还可导致海流不稳定,因此陆架波和边缘波也发生在近岸海域。但海

底摩擦的强弱和湍流边界层的形成,取决于海底沉积物的性质和分布。海底沉积物可以随海流迁移,故可以利用海洋沉积物的种类和来源,确定海流的来去动向。这些又都是物理海洋学和地质海洋学之间的联系。另外,海水的许多运动,都是由风驱动的,而且海洋对大气有着重要的影响,这就使物理海洋学和海洋气象学之间有密切的关系。河口海岸带水域中的许多现象,都和外海有关。如河口和岸边的潮汐,取决于外海的潮流系统;由外海传入的波浪,可影响海岸的地貌和泥沙运动。因此,河口海岸带的动力学,与物理海洋学也有密切的关系。

推荐书目

NEUMANN G, PIERSON W J. Principles of Physical Oceanography. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1966.

POND S, PICKARD G L. Introductory Dynamical Oceanography. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press, 1983.

wuli huaxue

物理化学 physical chemistry 以物理学的原理和实验技术为基础,研究化学体系的性质和行为,发现化学体系的特殊规律并建立新的化学体系的化学分支学科。主要应用热力学、统计物理学和量子力学的基本理论和实验方法,研究化学变化过程的方向性、速率和限度以及与过程相伴随的体系的能量变化,化学反应机理和控制反应的条件,探讨物质结构与其性质间的关系等,是化学学科和化学工艺的基础。

简史 一般认为,物理化学的形成是以1887年德国化学家W.奥斯特瓦尔德和荷兰化学家J.H.范托夫创办德文期刊《物理化学》为起点。从这个时期到20世纪初,物理化学以化学热力学的蓬勃发展为其主要特征。热力学第一定律和热力学第二定律被广泛应用于各种化学体系,特别是溶液体系的研究。出现了许多对化学热力学有重要贡献的理论工作,例如J.W.吉布斯对多相平衡体系的研究和范托夫对化学平衡理论的研究、阿伦尼乌斯电离理论、能斯特热定理,都是在这个时期完成的。1901、1907年G.N.路易斯提出处理非理想体系的逸度和活度概念,以及它们的测定方法之后,化学热力学的全部基础已经趋于完备。同时,M.von 劳厄和W.H.布拉格对X射线晶体结构分析的创造性研究为经典的晶体学向近代结晶化学的发展奠定了基础。S.A.阿伦尼乌斯所提出的化学反应活化能的概念以及M.博登施坦和W.H.能斯特关于链反应的概念,构成了化学动力学的基本框架。

20世纪20~40年代是结构化学快速

发展的时期,这时的物理化学研究已深入到原子和分子的微观世界,从而逐步改变着对分子内部结构的复杂性茫无知的状况。1926年,量子力学研究的兴起,使物理化学界感受到了这一理论的启示。1927年,W.H.海特勒和F.伦敦运用量子力学原理成功地处理了氢分子体系,为1916年路易斯提出的以共享电子对为基础的共价键概念提供了理论基础。1931年L.鲍林和J.C.斯莱特又创造性地把这种处理方法推广到其他双原子分子和多原子分子,并形成了具有普适性的价键理论。1932年,R.S.马利肯和F.H.洪德在处理氢分子的问题时,根据不同的物理模型选用不同的波函数的原则,又进而发展成为分子轨道理论。价键理论和分子轨道理论成为近代化学键理论的基础。鲍林等提出的杂化轨道、氢键和电负性等概念,其物理模型简单明了,不仅适用于简单的化学体系,对结构化学的发展亦起了重要的作用。与此同时,M.波拉尼和H.艾林根据伦敦的计算完成了 $H+H_2$ 二元体系反应势能面的绘制,并提出与反应速率和反应过程相关的过渡态理论。利用这个理论,原则上可以根据参加反应的分子结构数据计算出有关反应的速率。在这个时期,物理化学其他分支的研究工作,如由C.N.欣谢尔伍德和N.N.谢苗诺夫各自代表的两个学派分别发展的自由基链式反应动力学,P.J.W.德拜和E.休克尔的强电解质离子间的相互作用理论,以及电化学中通过电极过程研究而提出的氢超电势理论等,也都或多或少地带有微观的色彩。

第二次世界大战后到60年代期间,物理化学以实验研究手段和测量技术,特别是各种谱学技术的飞跃发展和由此而产生的丰硕成果为其特点。微电子学、高真空技术和计算机技术的突飞猛进,不但使物理化学的传统实验方法和测量技术的准确度、精密度和时间分辨率有很大提高,而且还出现了许多新的谱学技术。如从40年代中期开始,陆续出现的电子自旋共振谱仪、核磁共振谱仪、X射线光电子能谱仪、紫外光电子能谱仪、穆斯堡尔谱仪以及闪光光解、激波管和温度跃升等以能量弛豫为特点的技术相继问世,以及具有时间分辨能力的多种谱学技术、计算机技术及数值方法的问世和不断改进,使得物理化学的研究对象从稳定物种的基态得以进入激发态和其他亚稳态体系的研究领域,光化学首先获得了长足的进步,不仅因为物理光学技术已经相当成熟,而且在描述和解释光子和其他物质微粒的相互作用时,量子力学已经能够胜任。加上人们对光合作用的持久不息的研究热情和对激光技术的应用前景的一致看好,光化学迅速地成长

为在理论上、实验技术上比较成熟的分支学科。与此同时,其他外力或外场作用下化学体系的物理化学研究也随之得到重视和发展。虽然对于相关过程的物理图像或理论解释还不够成熟,但由于和高新技术关系密切,研究热情经久不衰,并且分别形成了不同的学科和研究领域,如等离子体化学、激波化学、声化学、摩擦化学、磁化学等。快速灵敏的检测手段和时间分辨技术的不断更新,改善了研究化学反应机理的条件,提高了研究结论的可靠性。人们不仅可以捕捉到反应过程中出现的那些寿命极短的瞬态中间物种,而且有可能同时获得有关它们的结构和能态等多方面的信息。

先进的仪器设备和检测手段也提高了结构测定的速率与效率,复杂的生物大分子晶体结构的测定,是晶体化学领域的重大突破之一。如青霉素、维生素 B_{12} 、蛋白质、胰岛素的结构测定和脱氧核糖核酸的螺旋体构型的测定陆续获得成功。表面能谱技术的出现和不断完善,使得结构化学研究能够从物体的体相扩展到表面相,有力地推动着固体表面化学和催化剂领域的研究工作不断发展。

20世纪60年代,基于激光器的发明和激光技术的不断改进、大容量高速电子计算机的出现,以及微弱信号检测手段的发展,孕育着物理化学中新的生长点的诞生。70年代以来,分子反应动态学、激光化学和表面结构化学代表着物理化学的前沿阵地。研究对象从一般键合分子扩展到准分子、范德瓦耳斯分子、原子簇、分子簇和非整比化合物。高真空技术、分子束技术和激光技术的结合,在实验中不但能控制化学反应的温度和压力等条件,进而对反应物分子的内部量子态、质点能量和空间取向实行调制,从而可以开展对设定能态的分子或原子间反应机理的研究。随着超短脉冲激光技术的出现,90年代的时间分辨率已经提高到飞秒(10^{-15} 秒)的水平,并有可能在21世纪初发展到阿秒(10^{-18} 秒)的水平。从而派生出态化学(选态化学)、飞秒化学等新的分支学科。

中国物理化学的发展历史,以1949年中华人民共和国建立为界,大致可以分为两个阶段。20世纪30~40年代,尽管当时物质条件较差,中国物理化学家在化学热力学、电化学、胶体和表面化学、分子光谱学、X射线结晶学、量子化学等方面仍然做出过不少高质量的成果,并且培养了许多物理化学方面的人才,为1949年以后的发展奠定了基础。1949年以后的半个多世纪里,中国高等教育事业和科学技术研究得到了空前的重视,除了高等

学校化学系普遍设置了物理化学专业或教研室之外,中国科学院还成立了专门的物理化学研究所,并先后创办了多种以物理化学及其分支学科为主要内容的学术刊物,如《物理化学学报》、《催化学报》等。后来又有计划地分批组建了一批以物理化学前沿分支学科为重点的实验室或研究基地。到20世纪末,中国不仅有了比较完整的物理化学各分支的研究队伍和人才培养基地,而且在结构化学、晶体化学、量子化学、催化科学与技术、电化学、分子反应动态学、光化学、热化学、表面化学和胶体化学等领域都取得了大量高水平的研究成果。

研究内容、方法和特点 随着科学的迅速发展和各门学科之间的相互渗透,物理化学与物理学、无机化学、有机化学之间存在着越来越多的互相重叠的新领域,从而不断地派生出许多新的分支学科,如物理有机化学、生物物理化学、化学物理学等。物理化学还与许多非化学的学科有着密切的联系,如冶金过程物理化学、海洋物理化学。一般公认的物理化学的研究内容大致可以概括为三个方面:

①化学体系的宏观平衡性质。以热力学的三个基本定律为基础,研究宏观化学体系(含有分子数目量级在 10^{23} 左右的体系)在气态、液态、固态、溶解态以及高分散状态的平衡态物理化学性质及其规律性。由于以平衡态为前提,时间不再是变量。属于这方面的物理化学分支学科有化学热力学、化学统计力学、溶液化学、胶体化学和表面化学。

②化学体系的微观结构和性质。以量子力学为理论基础,研究分子、分子簇和晶体的结构,物体的体相中原子和分子的空间结构、表面相的结构,以及结构与物性之间的关系与规律性。属于这方面的物理化学分支学科有结构化学、晶体化学和量子化学。

③化学体系的动态性质。研究由于化学或物理因素的扰动而引起的体系的化学变化过程速率和变化机理。此时,时间是与过程密切相关的重要变量之一。属于这方面的物理化学分支学科有化学动力学、化学动态学、催化科学与技术、光化学、电化学、磁化学、声化学、力化学(以摩擦化学为代表)等。

在理论研究方面,快速大型电子计算机和数值方法的广泛应用,扩展了量子化学在定量计算方面的能力。研究对象不仅涉及大分子,还可用于模拟复杂体系的动态过程。福井谦一提出的前线轨道理论以及R.B.伍德沃德和R.霍夫曼提出的分子轨道对称守恒原理,是量子化学应用于具体化学体系时的重要理论成果。但是仍然没有

达到人们所期望的利用量子化学为基础解决和认识所有化学问题的水平。量子力学基本原理和化学实验的紧密结合将有助于解决这个问题。为此,发展能够应用于复杂分子体系的量子化学计算方法是实现上述目标的前提之一。因而W.科恩以电子密度泛函理论和J.波普尔以量子化学计算方法及模型化学等研究成果获得了1998年的诺贝尔化学奖。

发展趋势 物理学和数学的成就,加上计算机技术的飞速发展,为物理化学的发展提供了新的领域。由于不再局限于方程的解析解、数值方法的应用,使得固体、弹性体和其他非理想体系均已成为物理化学的研究对象,为材料科学与技术的研究增添了新的理论武器,并且更加接近工程实际。20世纪70年代初,I.普里戈金等提出的耗散结构理论,使得物理化学的理论体系由传统的平衡态热力学扩展到全新非平衡态热力学的领域,而对远离平衡的体系稳定性的理解,将有助于人们对于很多实际过程包括生命过程认识的深化。

80年代后期,以扫描隧道显微术为代表的微观显微学的兴起,推动了纳米科学与技术的发展。纳米材料不仅有着极强的应用背景,有关材料的合成、表征、功能和它们的应用研究,往往涉及多种学科和技术,并且和绝大部分的化学领域有着极为密切的关系,为现代化学的发展提供了一个崭新的研究领域。由于纳米尺度的微粒所包含粒子数的量级和经典的物理化学体系偏离甚远,因而适合纳米体系的物理化学理论研究和实验方法的开发,将成为21世纪物理化学中的另一个极具挑战性的新领域。

催化是化学研究中的永久课题之一。在化工生产、能源、农业、生命科学、医药等领域都有及其重要的意义,但至今对于催化作用的原理和大多数催化过程的反应机理仍然存在着疑问,还不能随心所欲地设计出对于某个特殊反应体系具有高效催化作用的催化剂。组合化学方法的应用可以加速有效催化剂的筛选过程,将有助于加速催化理论的发展。

酶催化和仿酶催化研究是催化科学与技术中的新兴领域,它将促进结构化学、合成化学、化学生物学和物理学、生物学和其他技术领域的相互渗透,并将在大幅度提高化工生产率的同时,促使绿色化学目标的实现。

wuli-huaxue liuti lixue

物理-化学流体力学 physico-chemical hydrodynamics 研究流体运动对化学转化或物理化学转化的影响,以及物理、化学因素对流体运动的影响等问题的交叉学

科。它强调运用流体动力学关于黏性流动和湍流等方面的概念、方法和理论来解决若干物理、化学问题,常常涉及具有物理或化学推动力(如浓度差、温度差、表面张力和电场力等)的多相流动体系中的非均质过程,流动中往往伴有质量和热量的传递以及化学反应或物理化学反应。该学科名称是V.G.列维奇于1952年正式提出的,当时主要是基于电化学发展的需要,已成为研究化工、石油、冶金、能源、医药和环保等领域以及自然界许多重要流动和传递过程的一个理论基础。研究内容主要包括分散体系的流动(如气泡、液滴的运动、聚并和破碎),界面和毛细运动(如液膜流动、表面波和射流雾化),电场中的流体运动(如电化学反应器、极谱、电泳和电渗析),以及有化学反应的流动等。此外,微重力场中的流动、晶体的生长和迁移、聚合物和生物流体的流动等亦属于物理-化学流体力学的范畴。由于航空航天等高新技术的推动,该学科又有许多新的研究热点,诸如超声速燃烧、真实气体效应等。

wuli lixue

物理力学 physical mechanics 从物质的微观结构及其运动规律出发,运用近代物理学、物理化学和量子化学等学科的成就,通过分析研究和数值计算阐明介质和材料的宏观性质,并对介质和材料的宏观现象及其运动规律作出微观解释的学科。力学的新分支。物理力学的基础是量子力学、统计物理学、原子物理学和分子物理学。

产生背景 物理力学是20世纪50年代末出现的。首先提出这一名称并对这个学科做了开创性工作的是中国学者钱学森。物理力学产生的背景是:①出现了极端条件下的工程技术问题,如火箭航天技术及原子能应用等,所涉及的温度可高达几千开到几百万开,压力达几万到几百万大气压,应变率达 $10^6 \sim 10^8 \text{ s}^{-1}$ 等。又如在激光、等离子体作用下的物质,要考虑光辐射及电离等作用,介质和材料的性质在此条件下很难用实验方法来直接测定。为了减少耗时费钱的实验工作,需要用微观分析的方法阐明介质和材料的性质。②在一些力学问题中,出现了特征尺度与微观结构的特征尺度可比拟的情况,必须从微观结构分析入手处理宏观问题。③出现一些远离平衡态的力学问题,必须从微观分析出发,以求了解耗散过程的高阶项。④对新材料的需求以及大批新型材料的出现,要求寻找一种从微观理论出发合成具有特殊性能材料的“配方”或预见新型材料力学性能的计算方法。

物理力学之所以出现,一方面是迫切

要求能有一种有效的手段,预知介质和材料在极端条件下的性质及其随状态参量变化的规律;另一方面是近代科学的发展,特别是原子物理、分子物理和统计力学的建立和发展,物质的微观结构及其运动规律已经比较清楚,为从微观状态推算出宏观特性提供了基础和可能。

学科特点 物理力学的特点是:①注重机理分析。物理力学着重于分析问题的机理并借助建立理论模型来解决具体问题。只有进行机理分析而感到资料不够时,才求助于新的实验。②注重运算手段。能直接利用物理力学的成果,而不满足于问题的原则解决,要求作彻底的数值模拟。蒙特卡罗方法、分子动力学方法等模拟手段已经得到了广泛的应用。③注重从微观到宏观。以往的技术科学和绝大多数的基础科学,都是或从宏观到宏观,或从宏观到微观,或从微观到微观,而物理力学则建立在近代物理和近代化学成就之上,运用这些成就,建立起物质宏观性质的微观理论,这也是物理力学建立的主导思想和根本目的。

物理力学虽然引用了近代物理和近代化学的许多结果,但它并不完全是统计物理或者物理化学的分支。因为无论是近代物理还是近代化学,都不能完全解决工程技术里所提出的各种具体问题。物理力学所面临的问题要比基础学科里所提出的问题复杂得多,它不能单靠简单的推演方法或者只借助于某一单一学科的成就,而必须尽可能结合实验和运用多学科的成果。

研究内容 物理力学的主要内容有:①平衡现象的研究。如气体、液体、固体的状态方程,各种热力学平衡性质和化学平衡的研究等。对于这类问题,物理力学主要借助统计力学的方法。②非平衡现象的研究。包括四个方面:一是趋向于平衡的过程,如各种化学反应和弛豫现象的研究(包括能量弛豫和化学弛豫);二是偏离平衡状态较小的稳定的非平衡过程,如物质的扩散、热传导、黏性以及热辐射等的研究;三是远离平衡态的问题,如开放系统中所遇到的各种能量耗散过程的研究;四是平衡和非平衡状态下所发生的突变过程,如相变等。解决这些问题要借助于非平衡统计力学和不可逆过程热力学理论。

物理力学的研究工作主要集中在以下四个方面:①高温气体性质。研究气体在高温下的热力学平衡性质(包括状态方程)、输运性质、辐射性质以及和各种动力学过程有关的弛豫现象。②稠密流体性质。主要研究高压气体和各种液体的热力学平衡性质(包括状态方程)、输运性质以及相变行为等。③固体材料性质。利用微观理论

研究材料的弹性、塑性、强度以及本构关系等(见固体力学)。^④激光或等离子体对固体材料的作用机理。研究能量的转换、相变、电离及固体表面结构和性质的改变等。

学科展望 物质的性质及其随状态参量变化规律的知识,无论对科学研究还是工程应用都极为重要。力学本身的发展就一直离不开物性和对物性的研究。近代工程技术和尖端科学技术迅猛发展,特别需要深入研究各种宏观状态下物体内部原子、分子所处的微观状态和相互作用过程,从而认识宏观状态参量扩大后物体的宏观性质和变化规律。因此,物理力学的建立和发展,不但可直接为工程技术提供所需介质和材料的物性,也将为力学和其他学科的发展创造条件。

推荐书目

钱学森. 物理力学讲义. 北京: 科学出版社, 1962.

wuliliang

物理量 physical quantity 物理学中所描述的现象、物体或物质可定性区别和定量确定的属性。简称为量,如长度、质量、时间等。物理量有固定的名称、符号,有时符号带有确定的下标或其他说明性标记。物理量的符号必须用斜体表示,符号后不附加圆点。作为下标的字母如不表示量,则用正体表示。如相对原子量符号用 A_r 表示,其中 A 为斜体,下标 r 为正体。物理量具有明确定义及其物理意义,可用各种方法对它进行测量,测量的结果用数值和物理量单位来表示。每个物理量的单位有一定的量纲。物理量的特点为:①同类量必能相互比较,每一个量必能以量值定量描述;②物理量独立于物理量单位,物理量的定义中不涉及单位;③物理量包括标量、向量和张量。

物理量之间可进行数学运算。两个或两个以上的物理量,只要都属于可相互比较的同类量,则可相加或相减;物理量之间可按代数法则相乘或相除,包括平方、立方或开方。 A 和 B 两个量的乘积和商应满足下列关系:

$$AB = \{A\}\{B\}[A][B]$$

$$A/B = (\{A\}/\{B\}) ([A]/[B])$$

式中的方括号表示所用单位,花括号为其数值。

任一个物理量均可用其量值表示,量值为一个数与选定的物理量单位之积。设物理量为 X ,则 $[X]$ 表示选定的用于表示 X 的单位。在使用这一单位时, X 所具有的数表示为 $\{X\}$,因而 $X = \{X\}[X]$ 。数值的大小决定于所选用的单位,如1千克=1 000克。

物理量中有一类特殊量,其数值是一

个恒定值,这类物理量称为基本物理常数,也可译为基本物理常量,如真空中光速和普朗克常数等。

wuliliang danweizhi

物理量单位制 physical quantity, system of units of 物理学是实验科学,它的理论建立在实验基础上,实验结果均用测量的数值表示。为了定量地表示测量结果,同一类物理量,需要选出特定的量作为单位,这一类中的任何其他量均可用这个单位和

一个数的乘积来表示。这个数就称为该物理量以上述特定的量作为单位时的数值。

各种物理量通过描述自然规律的方程及其定义而彼此相互联系。为了方便,选取一组相互独立的物理量,作为基本量,其他量则根据基本量和有关方程来表示,称为导出量。

物理学在历史上曾建立过多种单位制体系,如《量纲》中所述。1971年后,建立了以7个基本量为基础的国际单位制。国际单位制(SI)的各个基本单位和导出单位

表1 包括SI辅助单位在内的具有专门名称的SI导出单位

量的名称	SI导出单位			导出单位定义
	名称	符号	用SI基本单位和SI导出单位表示	
[平面]角	弧度	rad	1rad=1m/m=1	弧度是一圆内两条半径之间的平面角,这两条半径在圆周上截取的弧长与半径相等
立体角	球面度	sr	1sr=1m ² /m ² =1	球面度是一立体角,其顶点位于球心,而它在圆周上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形面积
频率	赫[兹]	Hz	1Hz=1s ⁻¹	周期为1秒的周期现象的频率
力	牛[顿]	N	1N=1kg·m/s ²	使1千克质量产生1米/秒 ² 加速度的力
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	1Pa=1N/m ²	每平方米面积上1牛的压力
能[量],功,热量	焦[耳]	J	1J=1N·m	1牛力的作用点在力的方向上移动1米距离所做的功
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	1W=1J/s	1秒内给出1焦能量的功率
电荷[量]	库[仑]	C	1C=1A·s	1安电流在1秒内所运送的电量
电压,电动势,电位(电势)	伏[特]	V	1V=1W/A	在流过1安恒定电流的导线内,二点之间所消耗的功率若为1瓦,则两点之间的电位差为1伏
电容	法[拉]	F	1F=1C/V	给电容器充1库电量时,二板极之间出现1伏的电位差,则这个电容器的电容为1法
电阻	欧[姆]	Ω	1Ω=1V/A	在导体两点间加上1伏的恒定电位差,若导体内产生1安的恒定电流,而且导体内不存在其他电动势,则这两点之间的电阻为1欧
电导	西[门子]	S	1S=1Ω ⁻¹	欧姆的负一次方
磁通[量]	韦[伯]	Wb	1Wb=1V·s	让只有一匝的环路中的磁通量在1秒钟内均匀地减小到零,如果因此在环路内产生1伏的电动势,则环路中的磁通量为1韦
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	1T=1Wb/m ²	每平方米内磁通量为1韦的磁通密度
电感	亨[利]	H	1H=1Wb/A	让流过一个闭合回路的电流以1安/秒的速率均匀变化,如果回路中产生1伏的电动势,则这个回路的电感为1亨
摄氏温度	摄氏度	℃	1℃=1K	
光通量	流[明]	lm	1lm=1cd·sr	发光强度为1坎的均匀点光源向单位立体角(球面度内)发射出的光通量
[光]照度	勒[克斯]	lx	1lx=1lm/m ²	每平方米为1流光通量的光照度
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	1Bq=1s ⁻¹	1秒内发生1次自发核转变或跃迁
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	1Gy=1J/kg	授予1千克受照物质以1焦能量的吸收剂量
剂量当量	希[沃特]	Sv	1Sv=1J/kg	

表2 SI基本单位

量的名称	单位名称	单位符号	单位定义
长度	米	m	米是光在真空中在 1/299 792 458 秒的时间间隔内的行程
质量	千克 (公斤)	kg	国际千克原器的质量
时间	秒	s	秒是铯-133原子基态两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 9 192 631 770 周期的持续时间
电流	安[培]	A	在真空中相距 1 米的两无限长而圆截面可忽略的平面直导线内通过一恒定电流, 若这恒定电流使得这两条导线之间每米长度上产生的力等于 2×10^{-7} 牛, 则这个恒定电流的电流强度就是 1 安
热力学温度	开[尔文]	K	开是水三相点热力学温度的 1/273.16
物质的量	摩[尔]	mol	摩是一系统的物质的量, 该系统中所包含的基本单位与 0.012 千克碳-12 的原子数目相等
发光强度	坎[德拉]	cd	坎为一光源在给定方向的发光强度, 该光源发出频率为 540×10^{12} 赫的单色辐射, 且在此方向上的辐射强度为 1/683 瓦每球面度

- 注: 1. 圆括号中的名称, 是它前面的名称的同义词。
2. 无方括号的量的名称与单位名称均为全称, 方括号中的字在不致引起混淆、误解的情况下, 可以省略, 去掉方括号中的字即为名称的简称。
3. 本标准所称的符号, 除特殊指明外, 均指中国法定计量单位中所规定的符号以及国际符号。
4. 人民生活和贸易中, 质量习惯称为重量, 但重量实际上是力的单位。

的定义见表1、表2。

wuliliang lianggang

物理量纲 physical dimension 物理量的属性。以给定量制中基本量的幂的乘积表示某量的表达式, 称为量纲式或量纲积。它定性地表达了导出量与基本量的关系, 对于基本量而言, 其量纲为其自身。物理学研究可以定量地描述各种物理现象, 描述中所采用的各类物理量之间有着密切的关系, 即它们之间具有确定的函数关系。为了准确地描述这些关系, 物理量可分为基本量和导出量, 一切导出量均可从基本量中导出, 由此建立了整个物理量之间函数关系, 这种关系通常称为量制。在物理学发展的历史上, 先后曾建立过各种不同的量制: CGS量制、静电量制、高斯量制等。1971年后, 国际上普遍采用了国际单位制(简称SI), 选定了由7个基本量构成的量制, 导出量均可用这7个基本量导出。7个基本量的量纲分别用长度 L 、质量 M 、时间 T 、电流 I 、温度 θ 、物质的量 N 和光强度 J 表示, 则任一导出量的量纲

$$\dim A = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\delta} \theta^{\epsilon} N^{\zeta} J^{\eta},$$

这是量纲的通式。式中的指数 $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ 称为量纲指数, 全部指数均为零的物理量, 称为无量纲量, 如精细结构常数即为一无量纲量。如速度的量纲 $\dim V = LT^{-1}$, 加速度 a 的量纲 $\dim a = LT^{-2}$ 等。

采用不同的量制, 同一物理量会有不同的量纲。如表示电磁量的量制, 历史上曾有CGSE和CGSM及SI等量制, 对这几种种量制之间, 同一物理量的数值可以进行换算。为了便于文献和书刊中的测量值之间的比较, 多数科学家均采用国际单位制, 但在某些专门领域, 还保留了采用传统因

袭的量制来表示。

wuli liaofa

物理疗法 physical therapy 利用自然或人工物理因子作用于人体以防治疾病的方法。简称理疗。其中放射治疗、针灸治疗等已单列出来。一般认为, 理疗是利用电、磁、声、光、机械力、热等人工物理因素和日光、海水、矿泉、大气等自然界物理因素防治疾病的方法。中国和西方国家各有侧重。中国应用人工物理因素如高频电、低频电、紫外线等治疗手法较多; 治疗对象既有残疾病人, 也有非残疾病人, 如乳腺炎患者等; 治疗方法中常配合应用中国传统的医学理论和方法。西方国家手法治疗较多, 对象以残疾人为主。

物理因素对人体除有局部的直接作用外, 还可以通过神经反射和体液循环间接地调整人体功能。选用物理因素时必须考虑其物理特性, 患者全身状态, 致病原因, 疾病阶段和特点, 合并治疗方法, 甚至心理状态等。

理疗的种类 可按所用物理因素来分类。

自然界物理因素理疗法 有日光疗法、大气疗法、海水疗法、矿泉疗法、高山疗法、溶洞疗法、森林疗法等。

人工物理因素理疗法 有电疗法(包括直流电、低频脉冲电、中频脉冲电、高频电、静电等), 光疗法(包括红外线、可见光、紫外线、激光等), 磁疗法(包括静磁场、高变磁场、脉动磁场等), 超声波疗法, 水疗法(包括湿包裹、盆浴、淋浴、喷射浴、水中运动、水下洗肠等), 传导热疗法(包括蜡疗法、泥疗法、沙浴疗法、中药热敷等), 冷疗法, 冷冻疗法, 手法治疗,

按摩, 负压, 生物反馈和运动等。

不同物理治疗方法的物理特点、治疗作用和适应症(表1)。

作用机理 几种不同的物理因素可具有共同的作用(如红外线、低频电、超短波、按摩都可使局部血管扩张), 也具有各自特殊的作用(如低频电刺激神经肌肉引起相应肌肉收缩, 紫外线照射引起皮肤红斑)。物理因素对人体的作用有三个方面。

直接作用 如超短波作用于肾脏, 可加速肾脏血流, 提高肾小球的滤过功能和肾小管的排泄功能, 故可利尿。低频脉冲电刺激肌肉, 可直接引起肌肉收缩。直流电作用于人体, 使体内离子移动, 产生一过性离子浓度变化。阳极下, 钙、镁离子浓度较正常为大, 故使组织兴奋性下降, 有镇静止痛作用; 阴极下、钾、钠离子浓度较正常大, 使组织兴奋性上升。

对神经系统的作用 物理因素可引起神经反射。

①非条件反射。直流电刺激乳腺部位, 可改善盆腔生殖器官的血流。上背及肩后受物理刺激, 可改善大脑血液循环, 调节大脑皮质功能。一侧肢体受高频电场作用, 可使对侧肢体血管扩张, 血流加速, 肢体温度略升。脾脏区受电刺激, 可影响肾上腺分泌功能, 用于类风湿性关节炎急性期。

②条件反射。高频电疗患者经多次治疗后, 甚至只是放好电极, 不通电, 也可以出现治疗反应。生物反馈疗法, 也是利用条件反射的原理, 把患者本身的自主活动的信息引出, 经电子仪器转换为声或光。以此信号作为条件刺激, 逐渐形成新的条件反射, 使患者能自主地控制一些原来不能控制的活动。

体液作用 血液、淋巴和内分泌系统在物理治疗中起重要作用。物理因素使血液循环加速, 局部血流增多, 既能改善局部营养代谢, 又可促进有害物质的吸收。淋巴回流增加对消除机能组织的水肿有明显的效果。物理因素还可直接影响内分泌腺的功能, 产生的激素又通过体液循环输送到远隔器官, 起积极的治疗作用。如超短波作用于肾上腺, 可增强肾上腺皮质功能, 实验证明高频电场作用于脑下垂体, 促使肾上腺皮质激素(ACTH)分泌增多, ACTH经体液循环促进了肾上腺皮质激素的分泌。

临床应用 理疗在临床上应用的范围可概括为: ①消除急性或慢性的感染或非感染性炎症; ②缓解或消除不同原因引起的疼痛; ③刺激组织再生, 促进软组织损伤和溃疡的修复; ④促进血液循环, 改善局部营养; 刺激周围神经和肌肉, 改善肢体运动功能; ⑤提高人体的防御能力; ⑥大剂高频电或超声与放射治疗或化学治疗配合有明显杀伤癌细胞的作用; ⑦改善

表 1 物理治疗方法的物理特点、治疗作用和适应症

理疗方法	物理特点	治疗作用机理	临床适应症
直流电疗法	方向恒定的电流	利用电解、电渗、电泳, 改变电极下体内离子浓度	神经、肌肉和血管疾病
低频脉冲电疗法	频率在 10^3 赫以下, 方向恒定的电流	兴奋神经、肌肉组织, 促进局部血循环, 镇痛、镇静和消炎	神经炎症和损伤, 肢体循环障碍, 神经痛, 神经症等
中频正弦电疗法	频率在 $1\sim 10^5$ 赫之间的交变电流	镇痛, 改善循环, 促进渗出吸收和淋巴回流, 调制中频正弦电流可兴奋神经肌肉	神经肌肉损伤, 疼痛综合征, 软组织损伤, 肢体循环障碍, 胃下垂等
高频电疗法	频率在 $10^5\sim 3\times 10^{10}$ 赫之间的交变电流	利用电磁场使人体产生热效应和非热效应, 有镇痛消炎、促进循环、促进再生等作用	急、慢性化脓性炎症, 疼痛综合征, 神经炎, 神经损伤, 肾功能不全, 关节炎等
磁疗法	磁场磁力线	促进循环, 刺激组织生长, 镇痛, 消炎, 抑菌, 降血压	高血压病, 关节炎, 软组织损伤, 疼痛综合征, 神经衰弱, 肠胃炎等
紫外线疗法	波长 $180\sim 400$ 纳米	利用光化学作用, 促进代谢, 促进维生素 D_2 、 D_3 形成, 刺激上皮生长, 提高人体免疫功能, 抑杀细菌	急、慢性化脓性炎症, 皮肤溃疡及皮炎, 疼痛综合征, 佝偻病, 支气管哮喘等
红外线疗法	波长 $760\sim 4\,000$ 纳米	利用辐射热效应, 促进循环、加速渗出吸收, 提高局部代谢, 止痛	软组织损伤, 关节炎, 疼痛综合征, 肌肉痉挛, 纤维组织炎, 骨折或脱位后的软组织水肿等
激光疗法	波长界于红外线和紫外线间, 光纯亮度大, 相干性好	利用热效应和压力效应, 可消炎、止痛、刺激再生, 大剂量可以破坏肿瘤组织	急慢性炎症, 皮肤溃疡, 切除皮肤赘生物, 皮炎, 口腔溃疡, 关节周围炎等
超声波疗法	频率为 $8\times 10^2\sim 10^6$ 赫的声波	利用其机械、热和理化作用可以消肿、止痛, 促进组织再生	软组织损伤, 神经痛, 脑血管意外后遗症, 下腹痛, 关节周围炎、肌腱及腱鞘炎等
温热疗法		利用传导热, 促进局部血液循环和代谢, 消散水肿, 软化瘢痕, 刺激组织再生	软组织损伤, 神经损伤及炎症关节炎, 软组织粘连, 瘢痕疙瘩等

表 2 不同病种理疗方法选择

治疗目的	理疗方法选择	常见病种
消除急性炎症	超短波, 微波, 紫外线, 直流电抗菌药物导入	疖, 痈, 丹毒, 乳腺炎, 盆腔炎, 肺炎等
改善局部血液循环	超短波, 红外线, 蜡疗, 按摩, 低中频电疗, 磁疗	血栓闭塞性脉管炎早期, 雷诺氏病等
治疗软组织损伤	冷疗 (24 小时内), 红外线, 蜡疗, 按摩, 超声波, 中频电疗	肌肉扭伤或挫伤, 肌腱及韧带扭伤等
促进关节活动功能	热疗, 按摩, 水疗, 超声波, 体疗	骨或软组织外伤后关节活动障碍, 关节痉挛, 骨性关节炎, 风湿和类风湿关节炎, 神经系统疾病等
促进组织再生	超短波, 低频电, 紫外线, 碘离子导入, 按摩	神经损伤, 软组织损伤, 慢性溃疡, 褥疮等
镇痛	中频电疗, 间动电磁疗, 按摩, 温热疗法, 直流电止痛药物导入	神经痛, 神经炎, 软组织损伤, 带状疱疹等
松解粘连, 软化瘢痕	超声波, 蜡疗, 按摩, 直流电碘离子导入, 音频电疗, 磁疗	手术后粘连, 早期皮肤增生性瘢痕, 关节挛缩, 烧伤后瘢痕等
调节植物神经功能	直流电, 静电, 按摩, 超短波, 低频电	神经症, 癔病, 更年期综合征
刺激神经肌肉, 治疗下运动神经元性麻痹	低频电, 调制中频电, 按摩, 体疗	面神经麻痹后期, 神经炎, 神经损伤, 废用性肌肉萎缩
治疗恶性肿瘤	大功率短波、微波、超声波可用于恶性肿瘤加温治疗, 是理疗的特殊用法, 多与放射治疗或化学治疗配合	癌及肉瘤

残疾人的功能活动, 提高其代偿能力, 达到最大限度恢复独立生活的目的 (表 2)。理疗尚可用于预防和保健。

wulitu

物理图 physical map 采用分子生物学技术将 DNA 分子标记、基因或克隆直接标定在染色体上的实际位置所绘制的基因组图。物理图是结构基因组学研究的核心内容之一, 可为基因的定位克隆和全基因组测序提供工作框架。物理图与遗传图除了绘制方法不同之外, 在表现的方式上也有很大差别: ①相对物理图。包括限制酶酶切位点图或限制图、重叠群图、细胞图和辐射杂种图, 其中只有辐射杂种图含有位点之间的单位距离。②绝对物理图。即染色体 DNA 的核苷酸排列顺序, 位点之间的距离由碱基对 (bp)、千碱基对 (kbp, 1 000 bp) 和百万碱基对 (Mbp, 1 million bp) 表示。

限制图指一段 DNA 片段上限制酶酶切位点的分布位置, 它不涉及具体的核苷酸排列顺序。不同的限制酶可识别并切割 DNA 分子中不同的核苷酸顺序, 经琼脂糖凝胶电泳后可显示产生的酶切片段。由于给定的 DNA 分子总长是不变的, 当不同的限制酶处理同一 DNA 分子时可产生不同的片段组成, 通过排列对比或选用合适的分子标记与 DNA 限制性片段杂交既可确定限制酶酶切位点的相对位置及其排列次序。采用的限制酶种类越多, 绘制的限制图越精确。

重叠群图指一组由两两相邻重叠的 DNA 克隆依次排列的物理图。当一段大分子 DNA 或整个基因组 DNA 经随机断裂产生许多重叠的片段之后, 可将这些片段进行克隆。从一个选定的克隆出发, 在 DNA 文库中寻找含有与之重叠的其他克隆成员, 并确定它们之间的排列位置。在理想的情况下, 整条染色体可由一个重叠群所覆盖。

细胞图是在染色体荧光原位杂交 (FISH) 基础上发展起来的一种基因组物理图。细胞分裂中期染色体高度收缩形成在显微镜下可区分的特征结构。将特定的 DNA 分子 (基因或 DNA 克隆) 经荧光染料标记后再与变性处理的染色体杂交。变性染色体可释放单链 DNA, 经标记的 DNA 探针可与染色体中同源的 DNA 单链复性形成杂交双链。通过紫外线光源激发, 可显示探针杂交的位置。因染色体高度收缩的原因, 由荧光原位杂交制作的细胞图比较粗放, 但可确证 DNA 标记之间的连锁关系。

辐射杂种图作图原理是基于体细胞杂交中断裂的异源染色体可整合到受体细胞的染色体中, 并随受体细胞染色体的复制传递给子细胞。将人类细胞经低剂量的 X 射线辐射处理, 使染色体发生随机断裂, 然后将处理的人类细胞与中国仓鼠体

细胞融合。断裂的人类染色体片段可整合到小鼠染色体中,经筛选培养基的选择可获得一组含有不同人类染色体片段的辐射杂种细胞系。根据DNA分子标记顺序设计PCR(多聚酶链式反应)引物,采用PCR放大的方法检测同时出现在同一辐射杂种细胞系中的分子标记。非连锁的分子标记有最大的可能彼此分开,紧密连锁的分子标记有最大的可能滞留在同一细胞系。分子标记在染色体上的位置离开越远,其间发生断裂的可能性越高,因而两个标记滞留在同一杂种细胞中的比例可用来估算其间的物理距离。辐射杂种的作图单位为厘镭(centiRay),其定义为DNA分子暴露在N拉德(rad)X射线剂量下两个分子标记之间发生1%断裂的频率。1997年,S.斯蒂瓦特及其合作者发表了一份含有10 478个顺序标签(STS)的人类染色体辐射杂种图。

由于遗传图、重叠群图、细胞图和辐射杂种图绘制的方法不同,因而会产生一些误差和偏离。采用上述图谱中共同使用的分子标记,可在不同的物理图之间进行校对与衔接,由此获得一份更为准确的高密度综合图。2001年国际人类基因组测序联合体公布了一份详尽的人类大分子DNA克隆重叠群图,采用指纹法将372 264个BAC克隆组建了1 447个重叠群。根据其他来源的细胞图和辐射杂种图,通过一致性分子标记将这些重叠群锚定到人类24条染色体上,覆盖了约96%的人类常染色体区域。人类基因组计划的顺序组装就是按这份综合图提供的框架完成的。

wulixing pifubing

物理性皮肤病 physical dermatoses 因物理因素(如温度、光线、放射线及机械损伤等)刺激引起的一组皮肤病变。皮肤与外界接触,高温可造成出汗过多,不利于散热可引起痱子;长期摩擦压迫可使角质层增厚,形成胼胝、鸡眼;日光刺激可引起急性或慢性皮肤损伤。

wulixue

物理学 physics 探讨物质与运动基本规律的科学。内容包括物质结构以及物质运动形式和它们之间的改变与转化。这一定义虽阐明了物理学的主要特征,但没有将它和其他的自然科学分支明确地予以界定。首先应对物质的运动形式加上适当的限制:应该不包括与生命现象有关的运动形式,这样就使物质科学与生命科学区分开来;进而再与涉及化学变化的运动形式加以区分,从而分清物理学与化学的界限。这里所指的物质结构为微观结构。更大尺度的物质聚集态,诸如地层、大气层等属于地球科学的领域;而地球以外的天体,乃至

整个宇宙,属于天文学和宇宙学的领域。当然各种物质结构层次和运动形式之间必然存在相互关联,这就构成了物理学与其他学科相互交叉的领域,诸如物理化学与化学物理、生物物理、地球物理、天体物理与宇宙学等。

物理学是建立在大量实验事实的基础上的。物理实验的特色在于精密而定量的测量,而且应该在可控制和可重复的条件下进行。只有在取得大量可靠数据并总结出经验规律之后,才能建立融会贯通的理论体系。物理学的理论是采用数学形式表达的定量规律。理论一旦建立以后,就要针对特定的问题从理论推导出具体的预言,再通过进一步的实验来证实或证伪。经过实验物理学家和理论物理学家的大量工作和反复印证,物理学的理论才具有较高程度的可信性。随着研究范围的扩大、研究程度的深化和测量精度的提高,又会在新的水平上发现有些现象与原有理论相悖,导致对原有理论的修正和更改,在某些情况下甚至可能推翻原有理论,建立新的理论。实验研究和理论研究是物理学研究的两种主要工作方式。由于计算技术的飞速发展,介乎其间的计算机模拟和仿真也发挥了越来越重要的作用。

下面将大体上按照物理学发展的历史来概述物理学的主要内容。

经典物理学 经典物理学为宏观世界的物理规律。从奠基到19世纪末已基本上完备地建立起来。由于人们生活在宏观尺度的物质世界里,经典物理学的重要性是不言而喻的。现今它仍是物理学的重要组成部分,也构成许多工程技术的理论基础。

经典力学 17世纪经典力学体系的确立是物理学第一次伟大的集成。经典力学实际上是将天上的行星运动(J.开普勒根据天文观测所总结出的行星运动规律)与地面上的落体与抛体运动(伽利略揭示的规律)概括到一个规律里,建立了经典力学。I.牛顿实际上建立了两个定律,一个是运动定律,一个是万有引力定律。运动定律是在力作用下物体怎样运动的规律;万有引力是一切物质之间都存在的一种基本相互作用力。牛顿从物理上把这两个重要的力学规律总结出来的同时,也发展了数学。他也是微积分的发明人之一。由运动定律得出来的运动方程,可用数学方法具体求解。计算行星运动轨道的问题,基本上可按照牛顿定律,加上用数学方法解运动方程即可。根据现在的轨道上行星位置,倒推千百年前或预计千百年后它们的位置都是可行的,从而创立了天体力学。海王星的发现史就充分显示了这一点。按照牛顿定律写出运动方程,若已知粒子的位置和速度的初始条件,原则上就可求出以后任何

时刻的粒子位置和速度。

到19世纪,经典力学新的发展表现为一些科学家重新表述了牛顿定律。新表述的有拉格朗日方程组、哈密顿方程组,形成了分析力学。这些新的表述形式,在不改变实质的条件下,用新的、更简洁的形式来表述牛顿定律。另一个方面,就是将牛顿定律推广到大量质点构成的系统,即首先建立了刚体力学,随后又出现了弹性力学、流体力学等。在这方面,20世纪有更大的发展,特别是流体力学,空气动力学,这些学科与航空技术的发展密切相关,而空气动力学的发展又和喷气技术密切相关,进而经典力学还构成了航空和航天技术的理论基础。机械振动在介质中的传播构成了声波,在19世纪后半叶瑞利建立了声学的基本理论。到20世纪声学研究的频段从可听声($20 \sim 2 \times 10^4$ 赫)扩充到次声($10^{-4} \sim 20$ 赫)和超声($2 \times 10^4 \sim 10^{14}$ 赫),传播的介质也从空气扩充到液体(如海水)和固体,一些交叉学科如建筑声学、语言声学、电声学、水声学、超声学等依次地建立起来。

经典电磁学 经典电磁学的研究对象是宏观电磁现象。最初是由经验总结出来的库仑定律,用以表达电荷与电荷间的相互作用力,也表达磁极与磁极之间的相互作用力。然后,发现了电与磁之间的关联,包括:H.C.奥尔斯特的电流磁效应,A.-M.安培的电流与电流之间相互作用的安培定律,以及M.法拉第的电磁感应定律,这样电与磁就联系在一起了。到19世纪中叶,J.C.麦克斯韦提出了统一的电磁场理论,概括了所有的宏观电磁现象的基本规律。其核心思想是:变化的电场能产生磁场;变化着的磁场也能产生电场。在此基础上他提了一套表达电磁现象基本规律的方程组,称为麦克斯韦方程组。麦克斯韦方程组和洛伦兹力构成了经典电动力学的基础。电磁定律与力学规律有一个很大的不同。力学考虑的相互作用,特别是万有引力相互作用,根据牛顿的设想是超距的相互作用,没有力的传递问题(当然用现代观点看,引力也应该有传递问题)。从粒子的超距作用到电磁场的场的相互作用,这在观点上有很大变化,重点从粒子转移到场。麦克斯韦考虑电磁场的相互作用,导致后来电磁波的发现,电场和磁场不断相互作用造成电磁波的传播,H.R.赫兹在实验室中实现了电磁波的发射。电磁波除无线电波外,还包括光波。光学在过去是与电磁学完全分开发展的,到麦克斯韦的电磁理论出现以后,光学变成了电磁学的分支,电学、磁学、光学得到了统一。这在技术上有重要意义,发电机、电动机都是建立在电磁感应基础上的,电磁波的传播导致现代的无

线电技术的出现。电磁学直到现在,在技术上还是起主导作用的学科,因而在基础物理学中电磁学始终保持它的重要地位。

早在认识到光是特定频段的电磁波之前,对光学的研究即已开始。对光的传播、反射、折射等现象的研究导致几何光学的建立。有关光的干涉、衍射和偏振等现象的研究导致物理光学的建立。光学是研究光的产生、传播、性质及与物质相互作用的学科。光学不仅研究可见光,也包括紫外和红外部分。光学方法是研究大至天体,小至微生物以至原子分子极其有效的方法。光谱研究则取得了有关原子与分子结构的信息,为随后发展起来的原子物理学与分子物理学奠定坚实的理论基础。到20世纪,可利用的电磁波的频谱范围又进一步扩大,包含了X射线与 γ 射线等。

经典热学 热学研究热的产生和传导,研究物质处于热状态下的性质和这些性质如何随着热状态的变化而变化。在此基础上开始探索热现象的本质和普遍规律。关于热现象的普遍规律的研究称为热力学。但科学家不满足于单纯在宏观层次上来描述,企图从分子和原子的微观层次上来阐明物理规律。气体动理论便应运而生,阐明了气体物态方程、气体导热性与粘滞性等物性参量的微观基础。显然,1摩尔气体中的分子数高达 10^{23} 的量级,要追踪每一个分子,列出其运动方程来求解,是不可能的。因而只能采用概率和统计的方法,虽丢掉许多细节,但抓住了总的演变趋势,这就是L.玻耳兹曼与J.W.吉布斯所发展的经典统计力学。热力学与统计物理学的发展,促使物理学家接触到具体的物性问题,加强了物理学与化学的联系,建立了物理化学,但传统的热力学与统计物理学只探讨平衡态之间可逆过程。到20世纪,热力学与统计物理学被推广到不可逆过程和非平衡态,与之相应的是涉及凝聚态物质的物理动力学也得到了发展。

向现代物理学的过渡 以相对论和量子力学为标志。

相对论 19世纪的科学家不满足于用麦克斯韦方程组来解释电磁现象,热衷于采用机械模型来说明问题,即使是麦克斯韦本人也不例外。以太被引入作为真空中传播电磁波的介质。A.A.迈克耳孙与F.W.莫雷设计了精巧的实验来验证物体和以太的相对运动,取得了负的结果。A.爱因斯坦提出了狭义相对论(1905),其物理洞见在于摒弃了不必要的以太假设,肯定电磁学的规律对于一切惯性参考系都是成立的,且具有相同的形式,真空中的光速不变,不同惯性系之间的变换关系为洛伦兹变换。大家知道,经典力学对于惯性参考系才成立,而不同惯性系之间的变换关系为伽利

略变换。这样经典力学和经典电磁学之间就存在矛盾。A.爱因斯坦肯定了经典电磁学,而对经典力学作了相应的修正,摒弃了牛顿的绝对的时空观,认为空间、时间与运动有关,并首创性地提出了质量与能量的对等关系,将牛顿力学修正后成功地应用于物体高速运动的情形。

牛顿力学的另一局限性表现在它不能圆满地解释强引力场中物体的运动,这从它无法定量解释水星轨道近日点的进动问题而初露端倪。另一个带根本性的问题是它对万有引力的存在没有任何理论解释。1916年,爱因斯坦创立了广义相对论。这一理论的出发点在于肯定惯性质量与引力质量等同的等效原理,将非惯性参考系中观测到的惯性力与局域的引力等同起来,进而提出一切参考系均有相同的物理规律这一广义相对性原理,而引力被理解为空间弯曲的必然结果。广义相对论成功地预言了一些效应,如强引力场中光线的弯曲,引力场与光谱线频移的关系,并用空间的弯曲很自然地解释了引力的存在。由于广义相对论是针对强引力场和大质量物体而提出来的,因而广泛应用于天体物理学,也构成了现代宇宙学的基础。

量子物理学 相对论如果是消除了经典物理学的内在矛盾并推广其应用范围,量子论则是开启了微观物理学的新天地。在19世纪,化学家J.道尔顿提出了原子论,物理学家也提出由原子—分子微观运动的概念来构筑分子动理论和统计物理学。特别是物理学家L.玻耳兹曼在发展原子—分子运动理论和推动统计物理学的发展上,作出了杰出的贡献。爱因斯坦于1905年提出布朗运动的理论,为分子运动的图像提供了有力的支持。随后,J.B.佩兰的实验观测提供了更加确凿的证据。

在明确了宏观世界之外存在有微观世界后,进一步的问题在于探索微观世界的物理规律。19世纪末的一系列重要发现,对这方面的研究起了很大促进作用:1895年W.K.伦琴发现了X射线,随后X射线成为揭示物质的微观结构的重要工具;1896年H.贝可勒尔发现了放射性,随后居里夫妇发现了强放射性元素镭,E.卢瑟福确认了 α 、 β 、 γ 射线的本质,这些工作拉开了原子核科学研究的序幕。1897年,J.J.汤姆孙发现了电子,随后电子被作为重要的工具应用于研究物质的微观结构,而控制电子的电子元器件则成为现代信息技术的基础。

如果说证实原子与分子的存在意味着揭示物质结构在微小尺度上具有不连续性,那么早期量子论则揭示了能量在微小尺度上的不连续性。1900年,M.普朗克为拟合黑体辐射能量分布的实验数据,在经典物理学的理论无效之后,提出了包括作用量

子 h 的量子论。 h 就是如今大家熟知的普朗克常数。1905年,爱因斯坦根据光电效应存在能量阈值的规律提出了在物理上更明确的具有能量为 $h\nu$ 的光量子这一种基本粒子。1911年,卢瑟福根据金箔对于 α 粒子的大角度散射实验结果,提出了有核的原子模型(见原子结构)。1913年,N.玻尔提出了量子论的原子模型,认为原子中的电子处于确定的轨道上,处于定态,而束缚定态的能量是量子化的,在定态之间的量子跃迁则导致发光。玻尔用这种半经典的量子理论相当成功地解释了氢原子的光谱线系,但对于更复杂的原子光谱问题则遇到了困难。科学家需要发展更全面的量子理论。1924年,L.V.德布罗意正确地提出,正如电磁波具有粒子性质(光子)一样,而具有粒子性质的电子等也应具有波动性。1925~1926年,W.K.海森伯与E.薛定谔分别完成了量子力学的两种表述,即矩阵力学与波动力学,强调了波动与粒子的二象性。电子衍射的实验结果证实了电子具有波动性,而量子力学的理论全面地解读了纷纭繁复的原子光谱实验结果,一举在原则上解决了原子结构的问题,并为阐明化学元素周期表奠定了理论基础。随后P.A.M.狄拉克将非相对论的薛定谔方程推广到(狭义)相对论的情形,建立了狄拉克方程,为量子力学作了重要的补充。这样微观世界的物理规律终于确立。

处理多粒子的量子统计力学在这段时间内也建立起来。微观同类粒子具有不可分辨性,而且粒子还有自旋和宇称,自旋为 $h/2\pi$ 的半奇数的粒子(费米子)服从费米—狄拉克统计;自旋为 $h/2\pi$ 整数倍的粒子(波色子)则服从波色—爱因斯坦统计。这样科学家就掌握了大量微观粒子的统计规律。

现代物理学 量子力学确立之后,物理学进入了现代物理学新的时期。下面就以实验和理论这两条主线,对此作一概括的介绍。

实验技术 20世纪是实验技术突飞猛进的时期。早期卢瑟福的粒子散射实验为随后的原子核物理学与粒子物理学的研究树立了样板。但技术上的改进是多方面的。轰击靶的粒子束有质子、中子、电子、光子和各种离子等。30年代初中子被发现后,由于其散射截面大,容易引起核反应,受到学术界的重视。E.费米及其合作者用中子来轰击周期表中不同元素,发现了一系列的核反应和新的放射性元素。1938年,O.哈恩与L.迈特纳终于发现和确认铀的裂变。随后原子核裂变的链式反应得以实现,导致了核裂变反应堆的问世。随后,轻元素的核聚变提供了另一种核能源。但可控的聚变能的和平利用还要经历漫长的发展过程。

到30年代,科学家开始认识到天然放射性元素发射的粒子能量太低,束流也不够强,在这种情况下发展了加速器技术,早期有高压倍加器和静电加速器,主流是E.O.劳伦斯开创的回旋加速器及其变型。以后加速器的能量要求越来越高,技术越来越精。能量已从早期的兆电子伏量级升高到如今的太电子伏量级。加速器为原子核物理和粒子物理的研究提供了必要的实验保证,发现了几百种粒子。与之并行发展的还有粒子检测技术,从早期的盖革-米勒计数器、云雾室,到照相乳胶、气泡室、火花室和闪烁晶体阵列等。虽然技术的进展十分引人注目,但许多物理实验的基本思路,如通过质子对高能电子的深度非弹性散射来论证质子具有夸克结构,仍然和卢瑟福的原型实验十分相似。加速器与反应堆也被用于非核物理学以至于其他科学的研究,同步辐射和高通量中子源就是例证。

四种基本力的主要特征

力的类型	引力	弱力	电磁力	强力
强度	约 10^{-40}	约 10^{-10}	$\frac{e^2}{\hbar c} \sim \frac{1}{137}$	约1
力程	$r \rightarrow \infty$	$r < 10^{-16} \text{m}$	$r \rightarrow \infty$	$r \text{ 约 } 10^{-15} \sim 10^{-16} \text{m}$
反应速度		$\tau \text{ 约 } 10^{-18} \text{s 直到 } 15 \text{min}$	$\tau \text{ 约 } 10^{-21} \text{s}$	$\tau \text{ 约 } 10^{-23} \text{s}$
规范玻色子	引力子?	中间玻色子	光子	胶子
作用对象	一切物质	强子、轻子	带电及带磁矩粒子	强子、夸克
典型现象	宇宙演化	β 衰变、中微子反应	原子和分子力、安培力	强子的产生
理论	广义相对论	电弱统一理论	量子电动力学	量子色动力学

另一高速发展是基于物理观测技术的天文望远镜。光学望远镜越做越大;由雷达技术推动而发展起来的射电望远镜也朝向巨型发展;依据射电望远镜发展起来的综合孔径技术也反馈到光学望远镜的技术中。新波段(如红外、X射线和 γ 射线)的望远技术得到了发展,带动了新的检测技术的进步。为了超越大气层的吸收和干扰,还将望远镜放到太空中去,如哈勃空间望远镜、钱德拉望远镜、康普顿望远镜等。大量天体谱线红移的数据为宇宙膨胀提供证据,宇宙微波背景辐射、脉冲星、类星体、黑洞及 γ 射线暴等重大发现,为理论天体物理和宇宙学提供了大量数据,使星体和宇宙成为检验物理理论的庞大实验室。现代高能物理学(包括部分原子核物理)及天体物理学已经成为大科学的主宰领域。

20世纪20~30年代,光谱学研究为原子物理学的建立奠定了基础。但第二次世界大战中雷达技术的发展又为微波波谱及磁共振的研究提供了机遇。50年代初,首先在微波频段实现了受激发射,随后转移到光学频段,导致激光器的问世。激光技术引起了光学和光谱学的一场革命,促进了量子光学的诞生,影响十分深远。应该指出,早在1917年爱因斯坦就提出了受激

发射的理论,而实验室中的实现却延迟到40年之后。激光技术引入物理实验室,为小型精巧的实验研究提供了机会。

X射线衍射和由之派生的电子衍射与中子衍射,导致了晶体结构分析的发展。它为凝聚态物理和材料科学奠定基础,亦大大地促进了化学、生物学和矿物学的研究。电子显微术超越了光学显微术的分辨极限,并实现了原子尺度的成像。80年代以后,扫描隧道显微术发展成为类型繁多的显微探针技术,不仅实现了原子尺度的成像,还实现了多种原子尺度的测量和控制技术,充分显示了微加工实验技术富有很大的生命力。

为消除热运动对凝聚态物质中许多现象的干扰,将试样冷却到低温下进行研究成为重要的手段。现代低温技术始于氦的液化(4.2K),进一步采取稀释致冷可以达到mK的温度,再进行核退磁致冷,可以

达到 μK 的量级。现发展起来的激光冷却,再加上蒸发致冷,可使原子气体达到 μK 以下的温度。低温物性的研究取得许多重要的成果:金属与合金的超导电性, ^4He 和 ^3He 液体的超流动性,多种非常规的超导电性和高温超导电性[如有机化合物、重费米子、铜氧化物超导电性的超导转变温度已高于液体氧的温度(77K)]。1995年起又在 μK 温度以下观测到碱金属气体原子的玻色-爱因斯坦凝聚,随后相位相干的原子束得到了实验演示,即所谓原子波激射器。

其他一些极端条件如高压技术也受到科学界的重视。利用压砧-圆筒装置可获得高达8吉帕的静态高压,可用来人造金刚石。金刚石钻室技术可在微区内产生直到260吉帕的静态高压,成为高压物理学研究的主要工具。利用爆炸可获得数百到数千吉帕的动态高压,1996年利用高温下的动态高压技术观测到液态氢从绝缘体到金属的转变,成为实测到金属氢的首例。高压技术可模拟地层深处与行星内部的条件,对于地球科学和行星研究颇有意义。

强磁场技术也是物性研究的重要手段。恒定的强磁场可以用介质冷却的电磁铁或超导线圈来产生,单独使用可达10~20特

的量级,混合使用可达30特以上。可用脉冲方法产生50~200特脉冲强磁场,而爆炸法则可高达1300特。

激光超短脉冲技术则提供瞬态过程的物理和化学的信息,时间间隔可以压缩到飞(10^{-15})秒的量级。亦可以利用超短脉冲的光场产生瞬态的强电场与强磁场来模拟天体物理的一些条件。

晶体纯度和完整性对物性有重要的影响,促使固体制备技术诸如单晶拉制、区熔提纯、控制掺杂的进步。这些技术已成功地应用于光学材料和半导体材料的制备中。1947年,晶体管的发明可以说是20世纪中物理学家所作出的取得最大经济效益的一项成就。70年代后,在超高真空技术下的结构与能谱测试手段相继问世,开拓了表面物理学的新领域。以分子束外延为标志的当代薄膜与异质结制备技术的开发,引起量子纳米结构(量子阱、量子线、量子点等)的研究热潮,并向磁性材料(巨磁阻效应)和超导体方面延伸。许多新的物理效应的发现,诸如整数与分数量子霍尔效应、介观量子输运等,显示了凝聚态物理尚有蓬勃发展的新领域。

理论与计算 量子力学建立之后,理论发展的一个方向是深入到更加微小尺度的微观世界中去。首先发展的是原子核结构和动力学理论。虽然核子之间存在强相互作用,但基于平均势场中作有效单粒子运动的壳模型也取得成功。还有强调核的集体行为的液滴模型和复合核模型,也有将单粒子运动和集体运动结合起来的综合模型、核子配对的相互作用玻色子模型等,颇成功地说明原子核的某些性质。

进入更深层的物质结构就到达了粒子物理学的研究领域。20世纪50~60年代,除核子以外,又发现大量的强子(具有强相互作用的粒子),其中多数是不稳定的。1964年,M.盖耳-曼等提出了强子的夸克模型,认为强子并非基本粒子,而是由具有分数电荷($1/3$ 或 $2/3$ 电子电荷)、还具有色荷(红、蓝、绿三种颜色之一)的夸克所构成的。质子的夸克结构已为实验所证实。理论所预言三色六味的各种夸克,均被实验所揭示,最后一种顶夸克是到1995年才被发现的。夸克虽然存在于强子结构中,但独立存在的自由夸克却一直没有被观测到。科学家又提出夸克禁闭模型来说明这一事实。

到20世纪中叶,已明确自然界只有四种基本相互作用,即引力、电磁力、弱力与强力(见表)。其中,引力和电磁力是长程的,而弱力与强力是短程的,限于原子核的范围之内。爱因斯坦晚年致力于统一场论,试图将引力和电磁力统一起来,未取得成功。量子力学建立之后,处理量

子体系与相互作用场的理论(量子场论)得到了发展。首先发展的是处理电磁相互作用的量子场论,即量子电动力学。在40年代末,利用重整化消除了发散的困难,使量子电动力学的理论预言得到了高精度的实验证实。杨振宁等提出了规范场理论为量子场论的进一步发展铺平了道路。随后,处理强相互作用的量子场论、量子色动力学得到了发展。弱相互作用的理论始于E.费米的 β 衰变理论。50年代中期,杨振宁、李政道与吴健雄的工作确证了在弱相互作用中宇称不守恒;60年代末,S.L.格拉肖,S.温伯格与萨拉姆成功地将电磁相互作用与弱相互作用统一起来。在量子场论中,一些粒子被理解为场的激发态,而另一些粒子则成为传递相互作用的玻色子。

进一步探索各种相互作用的统一理论尚在进行之中。大统一理论企图将统一的范围包括强相互作用,尚有待实验的证实。进而将引力包括在内的超大统一理论的设想也被提出。三代夸克与轻子的粒子模型、量子色动力学与电弱统一理论,被统称为粒子物理学的标准模型,概括和预言实验事实取得了非凡的成功。它预言了62种基本粒子,其中60种已被发现,只剩下黑格斯粒子与引力子尚待发现。

但标准模型仍带有唯象性质,它包含十几个参量,而且对粒子的质量不提供理论解释。如何超越标准模型,从更根本的微观模型来解释粒子物理,并将量子力学与广义相对论融合起来,成为对理论物理学家的重大挑战。这方面的努力以超弦理论最引人注目。这一理论极其精巧,也推动了相关数学问题的研究,但尚不完备,但最终如何评价这一理论尚有待于实践来检验。

当代天文学研究的大爆炸理论被称为宇宙学标准模型。按此理论设想,宇宙起源于约140亿年前的一次大爆炸:原先是时空奇点(密度和曲率为无限大),各种相互作用统一在一起。到 10^{-43} 秒,发生了引力与其他相互作用分离的对称性破缺,到 10^{-36} 秒发生强力与其他相互作用分离,到 10^{-10} 秒又发生弱力与电磁力的分离,成为如今四种基本力相互作用并存的世界(见宇宙热历史)。到 10^{-6} 秒时,开始合成强子,到3分钟后形成原子核,逐步形成各种原子,再经过漫长的演化逐步形成各种星系与星体。大爆炸宇宙学是建立在若干天文学观测基础之上的,哈勃定律所描述的宇宙膨胀、3K宇宙微波背景辐射、宇宙原初轻元素(氢、氦)的丰度数据,现已被观测结果所证实。它是言之有据的物理学理论,当然还有许多问题尚有待于澄清。

量子力学建立之后,理论发展的另一

个方向是在于进入较大尺寸的物质体系。将量子力学应用于分子,建立了量子化学;将量子力学与统计物理学应用于固体,建立了固体物理学,随后发展为凝聚态物理学。涉及了这些问题,就需要明确区分量子力学和经典物理学的各自适用的范围。通常的提法是量子力学适用于微观体系,而经典物理学适用于宏观体系,这显然不够精确,因为也存在宏观量子体系。对于特定粒子构成的体系,可采用量子简并温度(即粒子的德布罗意波长等于粒子的平均间距对应的温度):

$$T_0 = \frac{h^2}{3mka^2}$$

来区分。式中 h 是普朗克常数, m 为粒子质量, k 为玻耳兹曼常数, a 为粒子的平均间距。如果温度远大于 T_0 ,则可采用经典物理学的理论方法来处理这一体系,否则采用量子力学的方法。至于 T_0 的高低则取决于粒子的质量和体系中粒子的平均间距 a (或密度)。对于固体和液体 a 约为0.3纳米。对电子系统, T_0 约为 10^5 K,表明处理电子系统的问题离不开量子力学。对于原子核或离子, T_0 为 $(50/A)$ K(A 为原子质量数)。对于轻元素(如氦与氢),在低温下要考虑量子力学的效应。因而,在通常情况下处理大量原子核(或离子)与电子的混合体系,对于电子这一子体系,必须采用量子力学的理论方法,而对于原子核这一子体系,则不妨采用经典物理学的理论方法,凝聚态物理学和量子化学由于大量采用这种混合的处理方案而取得了成效。但这类的电子理论涉及相互作用粒子的多体问题。基于有效场单电子近似的固体能带理论显然很有成效;引入适度的相互作用而发展起来的费米液体理论、巡游电子铁磁性理论和BCS超导理论也成绩斐然;但强关联电子体系(包括高温超导体)仍然是一个难题,对理论物理学家提出了强有力的挑战。

如果仅关注原子(或离子)与分子常温下的位形与动力学问题,采用经典物理学的方法是无可非议的,正如当代液体物理学和软凝聚态物理学所作的那样。如果涉及键合的细节和电子的跃迁,还是需要量子力学。低温下的量子流体(^4He 与 ^3He)突出地体现了量子力学效应。气体中要体现量子力学效应,由于原子间距,简并温度要压得很低。在进入20世纪90年代后,方始观测到这类理论预期的效

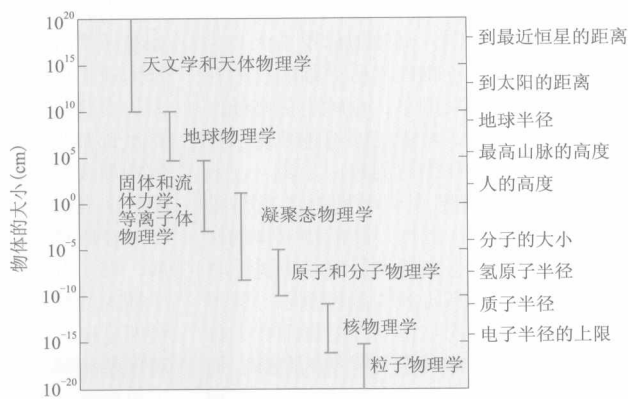
应,原子束光学和玻色-爱因斯坦凝聚都是例证。特高密度下的物质(如中子星),使简并温度高达 10^{10} K,可能使这些星体内部呈现超流性等量子力学效应。

应该指出,当代也是经典物理学复兴的时代。在相变与临界现象领域,研究了具有长程涨落的经典统计体系,呈现了普适性和标度律,发展了重整化群理论。经典动力学系统理论和非线性物理学都取得了长足的进展。像混沌、分形、孤子等概念,在交叉学科中获得了广泛的应用,成为理解复杂性的钥匙,也为解决湍流这个长期悬而未决的难题提供了有意义的线索。

电子计算机的突飞猛进,对于当代物理学产生了异乎寻常的影响。量子化学与凝聚态电子理论的从头计算(ab initio)方案变得切实可行,促进了计算材料科学这门新的交叉学科的发展。分子动理论、蒙特卡罗方法,乃至元胞自动机为物理学的各个分支提供了生动的物理图像和信息。以至于有些科学家认为计算和计算机模拟已成为可与实验和理论并立的科学研究的第三个支柱。

学科分划与发展趋势 当代物理学的研究表明,物质结构在尺度上和能量上都呈现不同的层次。明确了物质结构的不同层次之后,当代物理学的分支学科如何划分的问题,也就迎刃而解(见图)。

最微小(也是能量最高)的层次是粒子物理学(又称为高能物理学),然后是原子核物理学。原子核物理学研究原子核的性质、相互作用和相互转化,它的内部结构与运动,激发态和衰变与裂变特性以及原子核反应,包括核裂变和核聚变过程等。接着就是原子物理学和分子物理学。它们研究原子和分子的结构,原子、分子之间的相互作用,以及原子和分子与光的相互作用。激光器问世之后,这一学科获得了新的生命力。这方面技术的进展,对其他分支学科也产生重大的影响。原子、离子或分子聚集起来构成了气相、液相和固相,不同的聚集相,乃至固液之间的中介相,



物理学不同分支学科与所研究结构的尺度

如液晶、复杂流体与聚合物等软物质。其中凝聚态物质(固相、液相和软物质)构成了凝聚态物理学的研究对象,由于其结构与物性丰富多彩,新现象与新概念层出不穷,又与当代高新技术密切相关,已成为当代物理学中最庞大也是十分活跃的分支学科。另一类气相(由宏观中性的正负带电粒子所构成的)就是等离子体,相应的学科是等离子体物理学。等离子体的研究是在实验室、地球外的空间和星际中并行地发展起来的。电离层的研究,范艾伦带与太阳风的发现表明了必须用等离子体物理学来考虑地球与太阳周围的空间。而受控热核聚变的困难又促使科学家去研究复杂等离子体中各种不稳定性与湍流。这些又和当代流体力学所面临的问题有不少相似性。尽管处理大块物质的固体力学和流体力学已偏离了物理学的主流,但其中仍有不少问题需要物理学家的参与。如流体的湍流与固体的塑性形变与断裂,聚集相的复杂组合构成了岩石、土壤、河流、山脉、湖泊、海洋、大气、地幔与内核等,成为地球物理学的研究对象;而细胞、器官、植物、动物及人体亦构成了生物物理学研究对象。继续扩大物质研究的尺度,就引导到空间物理学和行星物理的领域。进而包括太阳、恒星、星系、星系团,乃至整个宇宙,构成了天体物理学和宇宙学的内容。在这里似乎遗漏了一些传统物理学的分支学科,如光学与声学。它们的部分内容正朝向偏重技术的工程学科转化,而另一部分则和某些结构层次的物理学相结合。如光物理就和原子与分子物理学密不可分,也和凝聚态物理学关系密切;而物理声学则与凝聚态物理学及固体与流体力学密切相关。

从物质结构层次化的图表来看,物理学的主要空白区域突出地显示为图表的底部和顶部。其一是尺度上最微小但能量最高的世界,对应的学科为粒子物理学;其二是宏大的世界,即天体与宇宙,对应的学科为天体物理学和宇宙学。这两者表面看来,是南辕北辙,结果却殊途同归,有合二为一的趋向,奇妙地体现了大与小的辩证统一。粒子物理学所面临的挑战在于探索更加细微尺度下,也就是更高能区物质结构的规律,希望能够超越现有的标准模型,追求相互作用的进一步统一。而宇宙学标准模型则表明早期的宇宙是处于超高能的状态。因而,高能物理学的研究,从某种意义上来说,是对宇宙进行考古学的研究。提高研究的能量范围,就等于追溯到更早期的宇宙。高能物理和天体物理的实验研究都属于大科学的范畴。但大科学亦有大的难处。在冷战时期,巨型加速器成为国力的象征,理所当然地得到

国家的支持。冷战以后,情况显然有所不同,需要考虑这类基础科学研究的社会效益问题。今后的出路在于走国际合作的道路。对这两个前沿学科现今是机遇和挑战并存。

除了这两个很明显的前沿外,还存在一个在各个结构层次上,朝复杂物质展开的前沿问题。固体物理早期所研究的多半是简单的物质,进一步研究中方始接触到比较复杂的物质,当中蕴涵有许多尚待发展、挖掘的物性。元素半导体硅研究得最清楚,应用得最广泛;然后是复杂一点的砷化镓化合物半导体;更进一步就涉及结构更复杂的聚合物半导体。聚合物半导体研究十分引人注目,已能做出了聚合物晶体管。由聚合物想到了人的大脑问题,大脑思维复杂程度远远超过现代大型计算机。故从简单物质的研究到复杂物质的研究的发展过程中,物理学应该是大有用武之地的。可以认定,物理学的前沿,应包括探讨不同结构层次上复杂物质的结构与物性。

统一性与多样性 物理学家惯用的一个观点是还原论。所谓还原论就是将世界分成许多小的部分,每一部分研究清楚了,最后拼起来问题就得到解决。尽管有许多物理学家抱有这类观点,但现在来看问题并不这么简单,基本规律知道了,具体规律是不是就一定能够推出来,这个问题一直是有争议的。应该看到,物质结构存在不同的层次,层次与层次之间是有关联的,有耦合的,因此需要理解更深层次的一些规律。如固体的导电问题,牵涉到电子在固体中的行为问题,如果把电子在固体中的行为搞清楚,那么对固体为什么导电,为什么有的是半导体、有的是金属、有的是超导体这一类问题,就都可以得到解释。这就有利于推动人们去研究导电现象,以及利用这些现象制出晶体管,制造集成电路来,制造超导的约瑟夫森结来为人类服务。这就说明层次与层次之间存在耦合现象。另一方面,层次与层次之间也存在脱耦现象。所谓脱耦现象,就是下一个层次的现象对上个层次未必有重要关系。如粒子物理有一个重要的发现,就是1995年发现了顶夸克,这对粒子物理是件大事,因为设想的几种夸克,包括最后一种顶夸克也都被发现。但是,顶夸克的发现对固体物理或凝聚态物理没有可以观察到的影响。这表明层次跟层次之间,在某些情况下存在脱耦。就是说粒子物理的进一步发展,对于本身,对理解粒子的性质和宇宙早期的问题具有极大的重要性,对于原子核理论也具有一定的重要性。但它的发展,对理解相隔了好几个层次的物质,就丧失了重要性。再如原子核的壳结构对遗传一般说来看不出有太大的影响。这就是层次

之间既存在耦合,又存在脱耦,而且大量粒子构成的体系往往涌现新的规律。

再来看看另一个所谓的层论的观点。如果仅知道两三个或四五个粒子的规律,这并不能说明 10^{20} 或 10^{24} 个粒子的集体的规律。在每一种复杂的层次上,会有完全新的性质出现,而且对这些新的性质的研究,其基本性并不亚于其他研究。也就是说,物质结构存在不同的层次,而层次跟层次之间,往往到上一个层次就有新的规律出现。对这些新的规律的研究,其本身也具有基本性。重要的是要认识到各个层次之间既有耦合,也存在脱耦。并非是探究清楚最微观层次的规律,就可以把世界上的问题全部解决。

尽管由于物质结构层次化的结果,使得当今的物理学家很难精通、也不必要精通物理学的各个分支。但是物质结构在概念上是有其统一性的。类似的概念会在不同的层次上出现。如壳层结构,既可以在原子核的结构中存在,也可以在原子结构中存在。

物理学与其他自然科学的关系 物理学作为严格的、定量的自然科学的基础学科之一,一直在科学技术的发展中发挥着重要的作用。过去如此,现在和将来亦复如是。这里首先讨论物理学与其他自然科学的关系,进而再论述物理学与现代技术的关系。

数学 物理学与数学的关系密切,源远流长。历史上有许多著名科学家如牛顿、L.欧拉、C.F.高斯等,对于这两门科学都作出重要贡献。此风一直延伸到19世纪末、20世纪初。当时的一些大数学家如H.庞加莱、M.D.克利因、D.希尔伯特等,尽管学术倾向不尽相同,但都精通理论物理。到20世纪前期,数学与物理学开始有分道扬镳的趋势,但仍有不少有名的数学家如H.外尔、J.冯·诺伊曼、A.N.科尔莫戈罗夫等还对理论物理甚至于具体的物理问题感兴趣而且作出贡献。总的来看,抽象数学之风日益鼎盛,到20世纪中叶因布尔巴基学派的问世而达到新的水平高度。

转机的出现,一方面是来自理论物理学的新发展。20世纪50年代初,杨振宁等提出的规范场论,赋予了微分几何中像纤维丛这一类相当抽象的概念也具有具体的物理内容。1990年作为数学界最高荣誉的菲尔兹奖破天荒地授予从事超弦理论研究的理论物理学家威顿,表明两大学科在重新靠拢。另一方面是电子计算机发展的结果。计算技术高速发展,不仅技术上成果累累,理论上也有其重要意义。过去物理学所乐道的是运动方程式的可积问题,特别是可以将物理解以解析函数来表示(如谐振子、二体运动等),显示出对于运动状态高度精确的可预测性。但可积问题只是

少数特殊情况，多数的问题是无可积的，由于数学上求解困难，只有数值计算的结果，因而对于这类问题的物理本质理解不透。计算技术的进展大大地促进了这一领域的发展，为现代非线性物理这一新学科分支奠定了基础。

天文学 物理学与天文学的关系更是密不可分，可追溯到早期的开普勒与牛顿。到当代提供天文学信息的已从可见光扩展到从无线电波到X射线宽广的电磁波频段，必然采用现代物理所提供的各种探测手段。而宇宙空间提供了地球上实验室所不具备的极端条件，如高温、高压、高能粒子、强引力等，构成了检验物理学理论理想的实验室。因此，几乎所有的广义相对论的证据都来自天文观测。正电子和 μ 子都是首先在宇宙线研究中观测到的，为粒子物理学的创建作出了贡献。H.A. 贝特的热核反应理论首先是为解释太阳能问题而提出的。L.D. 朗道、J.R. 奥本海默等人的中子星理论由A. 海威什与J. 贝尔发现了脉冲星而得到证实。而现代宇宙论的标准模型大爆炸理论，是完全建立在粒子物理理论基础上的。从20世纪70年代以来，诺贝尔物理奖不仅授予物理学家，也授予天文学家，这也是天文学与现代物理学密不可分的一个标志。

化学 物理学与化学息息相关。热力学、统计物理和量子力学都在化学中得到重要应用。19世纪J.W. 吉布斯的工作横跨了这两个学科。20世纪的P.J.W. 德拜、L. 昂萨格也复如是。但是，在物理学与化学之间也存在阻碍理解的壁垒。经典物理学几乎将所有涉及具体材料的物性问题让给了化学，它本身只关心较理想化的简单系统。量子力学诞生后，固体物理学得到发展，情况就有很大的改变，但思维的惯性仍然存在。物理学家看到包括许多苯环的复杂分子结构式，往往望而生畏；同时又不满足甚至轻视从大量实验结果总结出来的经验规律。另外，概念与术语上的差异也是一个现实问题。如谈到固体的电子结构，化学家习用由量子化学导来的化学键；而物理学家则立论于以固体物理学引入的能带。随着固体物理学发展为凝聚态物理学，研究的对象日益深入到更加复杂的物质结构的层次。就超导体而言，从合金超导体到氧化物和有机超导体，都反映了结构复杂化的趋势，化学家的配合与参与愈加重要。凝聚态物理学的概念和方法促进了液晶科学、高分子科学和分子膜科学的日趋成熟，导致了软物质科学的建立。另一方面，化学反应动力学这一化学的基本问题，也得到了分子束、激光等实验技术的推动。它和量子力学、统计物理、原子物理、分子物理等理论分析的配合，成为当今化学

发展的前沿领域。在原子、分子和大块凝聚态物质之间新开辟的研究领域，即团簇，得到物理学界和化学界的共同关注。

生物学 从聚合物和复杂结构的分子再前进一步就到达生物大分子，接触到分子生物学的核心问题。从19世纪起，生物学家在生物遗传方面进行了大量的研究工作，他们在前人所得规律的基础上于20世纪提出了基因的假设。当时对基因的物质基础问题，仍是一个疑问和挑战。在40年代，物理学家M. 德尔布吕克和E. 薛定谔对生命的基本问题，提出了遗传密码存储于非周期晶体的观点，并在薛定谔的《生命是什么？》中进行了阐述。几乎同时，英国剑桥大学的卡文迪什实验室在布拉格的领导之下，开展了对肌红蛋白和血红蛋白的X射线结构分析，持续时间超过25年，为此J.C. 肯德鲁与M.F. 佩鲁兹于1962共同获得诺贝尔化学奖，推动了对生物大分子结构的物理学研究。美国化学家L. 鲍林利用他熟悉的化学知识，利用搭模型的方法，解决了 α 螺旋的晶体结构。受德尔布吕克与薛定谔的影响，生物学家J.D. 沃森与物理学家F.H.C. 克里克，在晶体学家R.E. 富兰克林与M. 威尔金斯的X射线衍射图的启发下，采用搭模型的捷径，在卡文迪什实验室定出了DNA的晶体结构，揭示了遗传密码的本质，这是20世纪生物科学的最重大的突破。人类的基因组测序的工作业已完成，如何利用这些珍贵的资料来发展生物学是当前生物学家面临的重大的挑战。显然这需要物理学家的参与。当今生物物理学家是大有可为的。随着单分子操纵与探测技术的发展，已经可以对细胞与分子层次的生化功能过程进行实时单分子探测和实验，为生命科学从定性走向定量以来革命性进展。单分子研究、DNA动力学模型、神经系统物理学、亚细胞结构物理学、生物物理学复杂系统、生物分子结构与动力学、生物纳米技术与表面科学等，代表了21世纪物理学与应用生物物理的发展全貌。

地球科学 20世纪地球科学的重大突破在于板块理论的确立。1945年以后，物理学家P.M.S. 布莱克特倡导岩石磁学的研究，形成了古磁学这一新的交叉学科。后来，在大西洋脊附近的古磁学研究中揭示了洋脊扩展的时序，为板块理论的确立奠定了基础。板块运动的驱动力问题，又涉及下地幔的缓慢对流问题，是非线性科学中的一个课题。地球的内核也存在着许多挑战性的疑难问题，诸如地球磁场的产生及其反转等。大气物理学是气象学与物理学相接触的领域，两者存在强烈的相互作用。气象学中有重要意义的洛伦兹涡旋，以及气象学家E.N. 洛伦兹为探讨长期天气预报的可能性而导出的洛伦兹方程，在现代非

线性科学中扮演重要的角色。

物理学与技术的关系 物理学一直和现代技术有密切关系。一般而论，它与技术的关系存在两种基本模式：其一是由于生产实践的需要而创建了技术（如蒸汽机等热机技术），然后提高到理论上来（建立了热力学），再反馈到技术中去，促进技术的进步。其二是先在实验室中揭示基本规律，建立完整的理论，再在生产中发展全新的技术部门。19世纪电磁学的发展，提供了这一模式的范例，创建了现代的电机工程与无线电技术。在当今世界中，上述的两种模式都还在起作用。从物理学的角度来看，第二类模式的重要性越发明显。

经典物理学已经孕育出一系列的工程技术，诸如建立在经典力学基础上的机械工程、土木建筑工程和航空航天工程，建立在经典电磁学基础上的电机工程、无线电工程和电子工程，建立在热力学上的有动力工程和工程热物理。下面就现代物理学的基础研究在信息、材料、能源等当代技术中所起的突出作用，作一概略的叙述。

①信息技术。信息技术在现代工业中的地位，日趋重要。计算技术、通信技术和控制技术已经从根本上改变了当代社会的面貌。

信息技术的物理基础首先体现在电子学的建立。第一代信息技术所用的电子器件是真空电子管。早在19世纪末，J.J. 汤姆孙在阴极射线的研究中发现了电子，随后L.F. 李查孙通过热电子发射的基础研究，对于发展真空电子管技术起了关键作用。应该说真空电子管技术的重要性已经减弱，但有些地方仍然未被取代，如雷达技术中磁控管与速调管，电视技术中显像管等。第二代信息技术所用电子器件中则是半导体晶体管。

1947年贝尔实验室的J. 巴丁、W.H. 布拉坦与W.B. 肖克莱发明了晶体管标志着信息时代的开始。他们的发明是基于量子力学的固体能带理论启发下进行的，又有坚实的材料研究作为基础。随即发展了一系列半导体器件，建立了半导体工业。从离散的半导体器件到将有源器件和无源元件合为一体，即集成电路，又是一个飞跃，这是在50年代末实现的。而后集成电路向微型化方向发展，集成度约以每两年翻一倍的摩尔定律在增长。在40年代中建成的第一台大型电子计算机ENIAC，使用了18 000个真空管，1 500个继电器，几十万枚电阻器与电容器，自重30吨，耗电200千瓦。而今天一台笔记本电脑的性能完全可以超过它，显示了半导体技术对电子计算机发展的决定性影响。

集成电路的微型化基本上是采用工艺手段使电路的几何尺寸缩小。最关键的是

光刻技术;多种物理手段,如紫外线、电子束和X射线(包括同步辐射),用来减小刻线的细度。工业生产上已达到0.12微米左右,实验室中却由亚微米向纳米推进。但微型化必然存在物理的极限。研究表明,到了几十纳米的量级,量子限制效应即已凸现出来。原来半导体器件工作的原理就不再适用。十多年以后,可能需要用全新的技术来取代业已成熟半导体芯片工艺。量子阱、量子线、量子点等这类呈现新的物理效应的器件,都已受到重视。

芯片性能的提高,取决于电路的运算速率和能耗的降低。用高迁移率的量子阱来代替常规的硅器件,在物理上是可行的。对于以砷化镓为基质的集成电路的研制工作也早已在进行。但砷化镓材料的质量控制比硅要困难得多,一系列工艺技术尚难于达到硅的水平,因而要用砷化镓集成电路来取代硅还不现实。

激光器的发明导致了光子学作为信息技术的另一物理支柱。早在1917年,爱因斯坦就认识到两能级的辐射中必须引入与受激吸收相对应的受激发射。但由于在热平衡态,在高能级上的粒子数小于低能级上的粒子数,因而受激发射为受激吸收所掩盖。50年代初C.H.汤斯及A.M.普罗霍罗夫与N.G.巴索夫分别使氦分子束实现了粒子数反转,观察到微波的受激发射。1958年,汤斯与A.L.肖洛提出了利用法布里·珀罗干涉仪作为腔体实现光的受激发射的激光器的设想。1960年,T.H.梅曼制出了第一台红宝石激光器,为光子学揭开了序幕。激光器一经问世,首先想到的重要应用就是光通信,因为高频的光波具有更大通信容量。但早期的进展都令人沮丧。激光器问世15周年时,虽然在测距、加工、准直、计量等方面取得了重要的成果,唯独光通信仍然停滞不前。在贝尔实验室,由于科学家的远见卓识和锲而不舍,研制出了低损耗的光纤,研制出稳定可靠、寿命超过一万小时的半导体激光器。这样就使光通信走出实验室成为一种重要的现代通信手段。光子学的发展,人们设想用光计算机来取代电子计算机。光的传播速度快,光的信息处理是并行式,对图像的处理应有其突出的优越性。光计算机的基本元件是高速的光双稳态元件,量子阱就是一个候选者。应该指出,光计算机尚处于探索的阶段,离实用还有相当的距离。当然,在电子计算机中采用部分的光学部件,如用于存储信息的光盘业已大量应用。

铁磁性或亚铁磁性物质构成的磁存储器一直是计算机的重要配件。但传统的电子器件只是应用了电荷的输运,而忽略了自旋的输运。1988年A.费特等在铁磁与非铁磁金属多层膜中发现了巨磁电阻效应,

自旋输运问题取得了突破。几年后自旋阀问世,用于硬盘的读出磁头。另外,隧道磁电阻效应作为可擦除的磁随机存储器也可能获得更大规模的应用,从自旋电子学基础研究脱颖而出的这项新技术,受到科技界的普遍关注。操纵自旋输运比操纵电荷输运所需的能耗更小。再有如何将自旋极化的电流注入半导体,如何获得居里点高于室温的铁磁半导体等研究,在信息技术中的可能应用有远大的前景。

1962年,B.D.约瑟夫森提出了超导电子对的隧道效应并获得实验的证实后,电子学又产生了一个新分支,即超导电子学。两个或更多个约瑟夫森结可以组成超导量子干涉器件。SQUID除在实验室中作为精密测量磁场的仪器外,在地质探矿和测量人体的微弱磁性方面都有重要的应用。超导体也用于微波技术,可以作为高Q谐振腔的材料。而约瑟夫森结也可用于探测微波、毫米波和亚毫米波。SQUID也可作为门电路,用于计算机的逻辑元件。

1949年,C.E.香农创立的信息论是建立在经典统计物理的基础上的,它提供了现代信息技术的理论基础。到20世纪的90年代,科学家发展了量子信息理论。基于量子力学的叠加原理,量子位(qubit)同时是既为0又为1,与经典位(0与1中选取一种)截然不同。许多实验已演示了少数量子位的实现。量子信息的发展将是本世纪中值得关注的一件事,将来能否发展为重要实用技术还很难说。但至少在某些特殊的信息技术领域中可能有用,如量子密码学就已经接近于实用化。

②材料技术。材料技术的核心为新材料的研制和传统材料性能的提高。20世纪初,基于热力学的复相平衡规律的应用,为研究材料相图与相结构提供了依据,进而相变动力学理论得到了发展。到30年代,固体能带理论提供了理解材料电子性质的依据,晶体的位错理论为理解金属的塑性提供了依据。到40年代,物理金属学或金属物理学得以建立。对于锗、硅等半导体的研究,揭开了材料技术的新篇章。区熔提纯、单晶制备、外延生长、掺杂工艺等方法相继问世,彻底变革了材料工艺的面貌。这方面的研究工作,除了在半导体器件上开花结果外,也促使材料科学在定量化、微观化和现代化方面迈出了一大步。

对金属材料行之有效的多种研究方法也成功地向陶瓷材料的领域延拓。铁氧体与铁电体等新型功能材料也丰富了陶瓷学的内涵。到60年代,物理陶瓷学趋于成熟。

金属、半导体和陶瓷共同点较多:以晶态为主,辅以非晶态的玻璃。而以高分子为主的有机材料的发展途径和研究工具与无机材料有较大的差异。高分子科学的

研究始于20世纪。通过H.施陶丁格、W.库恩与P.J.弗洛里等化学家的努力,高分子科学也趋于成熟。到20世纪70年代,液晶物理学受到物理学家的关注。随后,P.-G.德·热纳等人又将临界现象的标度律引入高分子科学,并关注于胶体或更复杂的系统,如水、油与表面活性剂的混合物等,从而引发了处理软物质的材料科学的诞生,使材料科学朝向一体化方向迈出了一大步。

③能源。能源的取得和利用是工业生产的大事。20世纪物理学的一项重大贡献在于核能的利用。然而,核电事业的发展速度和普及程度并没有达到40~50年代科学界的期望。其原因是多方面的,但核电厂已是工业上的现实。在中国大亚湾、秦山等核电厂的建设,核电的发展已提到了工业发展的议事日程上。如何进一步降低成本,充分而经济地利用核燃料,将是一个重要的研究方向。如果说核裂变能的利用是今天的现实,则核聚变能的研究便是为解决21世纪的能源问题开辟道路。可控热核聚变能的研究,比原来预期要困难得多,但还是在向前推进。在能源和动力方面,可无损耗地传输电流的超导体的广泛应用,也可能导致一场革命。在液氮温区工作的常规超导体所绕成的线圈,已在粒子加速器,磁流体发电装置乃至托卡马克装置等大型实验设备中用来产生强磁场,可节约大量电能;在发电机和电动机上应用超导体,已制成接近实用规模的试验性样机;超导储能、超导输电和磁悬浮列车等的应用前景与开发的值是不言而喻的。自从1987年液氮温区的超导体问世以来,它在强电中的应用前景是最激动人心的。通过15年的努力,这方面应用的物理可行性已得到证实:已经掌握制备长线材的工艺技术,但还需要进一步降低成本。2001年初日本科学家又发现金属间化合物 MgB_2 的 T_c (超导临界温度)为39K,虽然不及氧化物超导体,但加工容易,某些应用有可能后来居上。太阳能的利用也对物理学提出了挑战,如何制出价廉而高效的太阳能电池将是一个关键性的问题。至于更加常规的能源利用,如石油勘探、煤的燃烧、氢能的利用、节能技术等,也有不少涉及物理学的问题有待于进一步研究。

④其他。除了信息、材料、能源技术之外,医疗卫生技术也是物理学发挥作用甚大的领域:诸如X射线透视和层析技术,核磁共振透视与层析技术等,引发了诊断技术的革命;放射线元素和加速器的利用提供了治癌的有效手段。高能物理学是探索微观世界最基本规律——基本粒子及其相互作用的学科领域,涉及大量数据的提取、处理和传输,因而在信息处理和网络技术中发挥了极其关键性的作用。欧洲核

子研究中心 (CERN) 为因特网的诞生作出了贡献, 而中国科学院高能物理研究所也为中国因特网的建立起了关键的作用。20 世纪的 30 年代爱因斯坦与玻尔曾对量子力学的理论解释展开激烈的争议。1935 年爱因斯坦及其合作者曾经提出 EPR 佯谬, 来非难量子力学的流行解释。但 20 世纪 80 年代实验证实了 EPR 态确实存在, 并构成了当今迅速发展中的量子信息技术的基础。一场带哲学意味的争论产生了技术性的后果, 也是始料不及的。这说明在基础科学与技术应用的问题上, 不能采取过于急功近利的态度。

Wulixue

《物理学》*Physika* 古希腊哲学家亚里士多德关于自然哲学的著作。它以运动变化的、物质的自然事物作为研究对象, 论述了自然界的普遍原理和运动发展的规律。全书各卷原先可能是一些独立的专题论著或讲稿, 后来由他的弟子编纂而成。商务印书馆于 1982 年出版了张竹明的中译本。

全书共分 8 卷。前两卷评述以往自然哲学家在自然万物本原问题上的各种不同主张, 并提出了四因说。第 3~7 卷探讨自然物体的运动及与此相关的空间、时间、无限、有限等概念, 最后一卷提出自然万物运动的最终原因, 即第一推动者。

在总结以往自然哲学的基础上, 该书提出: 自然万物应有 4 个原因 (或本原), 即质料、形式、动力和目的。其中形式因最重要, 因为它能使事物从潜能成为现实, 是事物变化的动力和目的。所以四因可以归结为形式因和质料因。

该书提出了比较系统的运动理论。认为运动是事物从潜能变为现实。运动与物体不可分。运动是永恒的, 既无开端, 也无终结。运动在广义上可分为 4 类: 本质 (实体) 的、性质的、数量的和位置的运动。其中位置的运动是最基本的形式。一切运动都以一定的空间位置和时间为前提, 运动和空间、时间是不可分割的。空间并非空无一物的“虚空”, 而是一个被围绕的物体和围绕它的物体之间的“界限”。时间是运动的度量, 它和运动一样也是连续的、永恒的、无限的。又认为永恒的运动必定有永恒的原因, 从而提出一个第一推动者作为整个宇宙永恒运动的根源。这个最高动因是非物质的、自身不动的、超时空的, 又是永恒的、唯一无二的、不可分的、没有任何量的。

Wulixuejia

《物理学家》*The Physicists* 瑞士剧作家 F. 迪伦马特的两幕悲喜剧。写于 1962 年。剧情发生在一个用作疗养院的私人别墅,



《物理学家》剧照

这里接二连三地发生护士小姐被精神病人勒死的事件, 警方于是要求女院长玛蒂尔特“博士小姐”一律改用男看护。在这幢疗养院里, 住着三个物理学家, 一个自称爱因斯坦, 一个自称牛顿, 还有一个莫比乌斯则自比为所罗门。莫比乌斯在将前妻及三个孩子赶走之后, 又在夜晚把临行前向他表白爱情的女护士扼死。三个男看护来了之后, 牛顿与爱因斯坦见势不妙, 分别暴露了自己的真实身份, 原来他们都是各自国家情报机关派来的特务。莫比乌斯不仅制止了双方的决斗, 而且还说服他们停止为政治服务, 不再做毁灭人类的工具。当三人决定永远待在精神病院时, 女院长却突然出现, 宣布她早已掌控一切, 谁也逃不出她的手心。爱因斯坦于是惊呼: “世界落入了一个癫狂的精神病女医生手里。”迪伦马特以其一贯的悲喜剧风格表达了自己对冷战时期欧洲社会的政治与科学之间的关系所作的严肃思考。

wulixueshi

物理学史 *physics, history of* 物理学在历史进程中的发生、发展过程。近代意义的物理学诞生于欧洲 15~17 世纪。人们一般将欧洲历史作为物理学史的社会背景。从远古到公元 5 世纪属古代史时期; 5~13 世纪为黑暗中世纪时期; 14~16 世纪为文艺复兴运动时期; 16~17 世纪为科学革命时期, 以 N. 哥白尼、伽利略、I. 牛顿为代表的近代科学在此时期产生, 从此之后, 科学随各个世纪的更替而发展。近半个世纪, 人们按照物理学史特点, 将其发展大致分期如下: ①从远古到中世纪属古代时期。②从文艺复兴到 19 世纪, 是经典物理学时期。牛顿力学在此时期发展到顶峰, 其时空观、物质观和因果关系影响了光、声、热、电磁的各学科, 甚而影响到物理学以外的自然科学和社会科学。③随着 20 世纪的到

来, 量子论和相对论相继出现; 新的时空观、概率论和不确定度关系等在宇观和微观领域取代牛顿力学的相关概念, 人们称此时期为近代物理学时期。

古代和中世纪的物理学 大约在公元前 4000~前 2000 年间, 在底格里斯河、幼发拉底河、尼罗河、印度河和黄河各流域, 逐渐形成了古代文明的中心。公元前 7 世纪到前 2 世纪, 古代科学在希腊和中国均获得较大的进展。鉴于中国的历史进程与欧洲有别, 有关物理学在中国古代的情形见中国物理学史。

物理学来源于古希腊理性唯物思想。早期的哲学家提出了许多范围广泛的问题, 诸如宇宙秩序的来源、世界多样性和各类变种的起源、如何说明物质和形式、运动和变化之间的关系等。尤其是, 以留基波、德谟克利特为代表, 后又以伊壁鸠鲁和卢克莱修发展的原子论, 以及以爱利亚的芝诺为代表的斯多阿学派主张自然界连续性的观点, 对自然界的结构和运动、变化等作出各自的说明。原子论曾对从 18 世纪起的化学和物理学起着相当大的影响。

古希腊和古罗马的物理学实际上最好的是静力学, 其真正代表人物是阿基米德。他建立了杠杆定律、浮体定律, 发明了后来以他名字命名的螺旋抽水机。更重要的是, 他将欧几里得几何学和逻辑推理用于解决物理问题, 这为经典物理学的兴起在方法上提供了一个榜样。至于亚里士多德的物理学, 实质上大部分是由错误判断、逻辑集合而成的几个概念。他将宇宙分成天上的和地上的两种截然不同的领域, 将运动分为“自然的”和“非自然的”两类, “非自然运动”需要恒常的外因等。今天看来, 奇怪的是, 占有整个中世纪的形而上学不是阿基米德的物理学, 而是亚里士多德的物理学。这不仅与宗教的需要有关, 大概亦与亚里士多德论证问题的巧妙方式有关。此外, 泰利斯观察到琥珀吸引现象; 毕达哥拉斯可能知道某些音程的数字比例; 欧几里得探讨了凹面镜的反射现象; 托勒玫发现光线入射角和折射角成比例, 他构建的洋葱式宇宙模式 (托勒玫体系) 对中世纪影响颇大。

随着古希腊和古罗马文明的衰落, 中世纪时期, 慑于社会压力、政治迫害和早期教会神父的反理智偏见, 剩下少数的科学家和哲学家流向东方。他们的大量科学经典传进阿拉伯国家, 被译成阿拉伯文而被保存下来。但在物理学方面, 唯有光学在阿拉伯得以发展。这个时期相当于中国的隋唐和宋初。阿尔·哈增发展了光反射和折射知识, 对眼睛的构造作出了解剖研究, 创立了至今仍被沿用的一些术语, 如“角