

自然科学学科简介



物理学

(试行本)

科学出版社

自然科学学科简介

物理学

中国科学院物理研究所等编

(试行本)

科学出版社

出版说明

为了向广大干部提供自然科学领域中主要学科的基本情况，以供工作参考，我们组织编写了《自然科学学科简介》。它简单地介绍自然科学主要学科的研究对象，研究目的，在社会主义革命和社会主义建设中的意义，以及当前国内外研究现状等基本情况。

目前，我们暂以试行本的方式出版，以期征求各有关方面的意见，待修改补充后正式出版。

参加《自然科学学科简介（物理学）》编写工作的有中国科学院物理研究所、原子能研究所、吉林物理研究所等单位。

自然科学学科简介

物理学

中国科学院物理研究所等编

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1973年3月第一版 开本：850×1168 1/32

1973年3月第一次印刷 印张：3 11/16

印数：0001—40,500 字数：92,000

统一书号：13031·67

本社书号：150·13—3

定价：0.37元

内部发行

毛主席语录

自然科学是人们争取自由的一种武装。
人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。
人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

我们能够学会我们原来不懂的东西。我们不但善于破坏一个旧世界，我们还将善于建设一个新世界。

Bnt. 188/288 55/30/2

前 言

物理学是研究物质各种基本的、普遍的运动规律的科学,是其他自然科学(化学、生物学等)和技术科学的基础。原来属于物理学的某些分支学科如力学、电子学等,已先后发展为独立的学科,然而物理学仍是一个十分广阔的领域。本书尽量少用专门名词和术语,简单地介绍了物理学的发展史,研究对象、目的,以及各重要分支学科的现况。

本书主要存在以下几方面的缺点:

(1) 各分支学科写的详略相差较大,各篇的详与略并不代表相关学科的重要性的差异。

(2) 由于条件限制,金属物理学、电介质物理学等分支学科没有写进去,因此本简介未能充分地反映物理学的全貌。

(3) 绝大多数篇章是在 1971 年夏季前写成的,内容过于偏重应用方面,而对基础理论课题反映得很不够。

本书暂印试行本以供参考,希望读者对本书提出宝贵意见,以便我们进行修改和增订后,正式发行。

1972 年 11 月

目 录

物理学概述.....	(1)
光学.....	(7)
声学.....	(15)
一、超声学.....	(15)
二、水声学.....	(19)
三、语言声学.....	(22)
四、电声学.....	(25)
五、噪声学.....	(26)
六、次声学.....	(27)
七、其他.....	(28)
原子与分子物理学.....	(30)
固体物理学.....	(31)
一、概述.....	(31)
二、晶体学.....	(35)
三、半导体物理学.....	(40)
四、磁学.....	(49)
五、固体发光学.....	(53)
低温物理学.....	(60)
高压物理学.....	(64)
原子核物理学.....	(68)
一、概述.....	(68)
二、核谱学.....	(71)
三、核反应.....	(73)
四、核裂变物理学.....	(76)
五、中子物理学.....	(77)
“基本粒子”物理学.....	(80)
宇宙线.....	(91)

等离子体物理学.....	(95)
理论物理学.....	(98)
一、概述.....	(98)
二、相对论.....	(99)
三、量子力学和量子场论	(102)
四、热力学及统计物理学	(105)

物 理 学 概 述

(一)

物理学是研究物质各种基本的、普遍的运动规律的科学。它是化学、生物学等其他自然科学和各种工程技术的基础。

马克思曾深刻地指出：“物理学家是在自然过程表现得最确实、最少受干扰的地方考察自然过程的，或者，如有可能，是在保证过程以其纯粹形态进行的条件下从事实验的。”

从史前到欧洲文艺复兴，物理学在世界范围内还处在萌芽时期。尔后，物理学的进展可以简单地划分为以下两个时期：

(1) 古典时期：大约从 1550 年到 1887 年。在不到三个半世纪的时间内，物理学逐渐发展成为一门内容丰富并具有系统性和精确性的学科。古典时期的主要成就在于，确立了速度比光的速度小得多的物体和电磁场的宏观运动规律。这里的“宏观”是指人的感官直接地或使用仪器能够观测到的意思。适用于这样一个范围内的物理学，在古典时期之后还一直不停顿地有所发展，人们统称之为古典物理学。

(2) 近代时期：1887 年以后，陆续发现了许多由于微观客体引起的现象。人的感官通过仪器仅仅能够观察到微观客体运动所引起的现象，而一直未能观测到一个个的微观客体。原子、电子、原子核、质子、中子、介子、光子等等都是微观客体。人们通过微观客体所引起的现象，认识到它们的存在、特性及显然有别于宏观物体的运动规律。1905 年爱因斯坦根据古典光学和电磁学中存在的问题，提出了（狭义）相对论，阐明了空间和时间的联系，相对论的运动方程不受速度是否接近光速的限制。于是，古典力学（又叫牛顿力学）成为相对论运动方程的一个特殊情况（参看关于“相

对论”的简介)。1925—1926年出现的量子力学总结了电子的运动规律,并明确了有关微观客体运动的一般概念(参看有关量子力学的简介)。1928年狄喇克提出相对论的量子力学,同时量子场论也开始成长。因之,不少的人认为1887—1928年的四十年是物理学近代时期的第一阶段,或者可以称之为原子物理阶段。这一阶段内的成就为近代物理学奠定了基础。

(二)

古典物理学按照其研究对象所具有的特殊矛盾,大致区分为力学、声学、热学、光学和电磁学。物体的位置的变动和形状的变化都可叫做机械运动,研究物体的机械运动以及这种运动同作用力之间的关系是力学的内容。波动是一种很普遍的运动形式,例如,以石投水产生的水面波是经常看见的一种波动,声音是空气中的疏密变化的波动的效果,研究声波和类似的波动是声学的内容。热运动是组成宏观物体的微观客体(即分子和原子)不停顿地、无规地(即紊乱地)进行着的运动,热运动的强烈程度表现为温度,温度的测量、温度对物体状态的影响、热的产生和传播等是热学研究的内容。热运动的冲击产生机械力,热运动、机械运动和其他形式的运动按照一定数量关系互相转化,对于这类问题的深入研究,后来发展成为热力学。电磁场是物质存在的一种形式,研究电荷、电流、电磁场和它们之间的相互作用是电磁学的内容。电磁场的波动有各种不同的波长(从波峰到邻近的另一个波峰之间的距离叫做波长),电磁波按波长不同,分为好些个波段,需要不同类型的仪器才能察觉。光是人的感官能够直接察觉的电磁波,研究光的产生、传播和它与物质的相互作用是光学的内容。

古典物理的发展是和生产密切联系的,十八世纪和十九世纪初年,蒸汽机的广泛使用促进了热力学的发展,而十九世纪上半期电磁感应的发现导致了影响巨大的工业电气化。在前人大量工作的基础上,1862年麦克斯韦建立了表达电磁场运动规律的微分方程组后,1887年赫芝根据麦克斯韦方程的预见,首先在实验室中

发射出电磁波(无线电波),成为二十世纪电子学技术的起点。

到了十九世纪末叶,古典物理学已经形成了一个完整的体系,但只是一个相对真理,其局限性在以后物理学的发展过程中逐渐暴露出来。然而,古典物理学的确反映了(非相对论的)宏观运动的规律,至今仍在科学和技术领域中起着重要的作用,例如,人造卫星和其他宇宙航行器的运动规律,并未超出古典力学的范围。

(三)

在十九世纪八十年代,不少的人相信物理学的发展已经达到完善的地步,尔后的工作只是把实验和计算做得更精确。这样一个停顿的和骄傲自满的论点是必然要遭到破产的。古典物理学在当时已取得的成绩,使他们忽视了早已存在着多年不能理解的一些实验事实。例如,各种元素的原子发射和吸收的特征光谱线的波长分布,就是古典物理学无法说明的事实之一;还有热辐射现象,即物体无论其化学组成如何,总在不断地发射可见和不可见的电磁波,其发射强度在不同波长上的分布以及它随着温度增加的定量关系,也是用古典物理学的概念和方法不能解释的。此后,古典物理学面对着愈来愈多的新发现的重要现象表现得更加无能为力。它们是:1887年光电效应(在真空中,作为阴极的金属表面被光照射时放出电荷的现象),1885年X射线,1896年放射性元素,1897年测出的有关电子的电荷和质量的数据,1911年原子由原子核和核外电子所组成,1912年X射线在晶体上的衍射花纹,1913年X射线特征谱,1922年原子磁性,1925年标志电子有内部结构的自旋和1927年电子束在晶体上的衍射花纹。所有这些都是涉及微观客体的特性的现象。

在大量事实面前,理论工作者从1900年开始,一步一步地放弃古典物理的概念,他们提出的新的设想,经受了一系列实验的考验。经历了大约四分之一个世纪的时间,逐步阐明了原子结构、电子和电磁辐射场的微观运动规律。这时人们认识到,无论是微观粒子(原子、电子、质子、中子等)或是电磁辐射场的光量子,都具有

波动性的一面和粒子性的一面。另一方面,通过狭义相对论,人们认识到物质的质量(在古典力学运动方程中代表物质的惯性)和能量(代表运动的强度)是并非截然划分的两个属性,质量和能量以一定的关系可以相互转化。这一结论在全部有关的(特别是核物理方面的)实验中得到了充分的考验,尔后成为原子弹、氢弹、原子动力装置等所依据的基本原理。

由于形而上学观点的影响,人们把当时还未发现有内部结构的微观客体,如电子、光子以及构成原子核的质子和中子等错误地称之为基本粒子,这一名词含有不可能再分割的意思。近四十年来,陆续发现许多新类型的基本粒子(例如各种介子)和基本粒子之间的相互转化,显然它们具有内部结构,并且是可以再分割的,这方面的实验和理论分析的研究目前正在不断取得进展(参看有关“‘基本粒子’物理学”的简介)。电子自旋(同地球的自转相类比而定的名称)标志着电子也有内部结构。

(四)

最近四十多年来,物理学比以前有了更迅速的发展,一方面是向认识的深度进军(已在前一节中提到一些),另一方面是向应用的广度发展,二者之间相互影响。

值得注意的是,古典物理学在继续发展,而且和原子物理、核物理之间产生了有机的联系。由于人类生产力进一步提高,古典物理学的一些新的分支学科(如磁流体力学、等离子体物理学、非平衡态热力学等)都有着明显的进展,并和生产斗争直接或间接地发生联系。特别是,使用等离子体装置实现受控热核反应的大规模研究工作,可能在不久的将来出现突破性的成果,从而为动力工业提供一个划时代的新方法(参看有关“等离子体物理学”的简介)。

电子学是从物理学分出来的一门技术科学,其发展的主要趋势之一是使用固体元件,这是根据原子物理学的基本原理来研究固体性能所获得的丰硕成果,一般比较熟悉的是半导体晶体管的多种用途。实际上固体物理的成就远比这些要广阔得多,有关概

况我们将在“固体物理学”、“低温物理学”中简单介绍。电子学发展的另一个主要趋势是充分利用电磁波的各个波段,例如六十年代之初,通过光学、原子物理学和微波电子学三方面的结合,研究工作取得了受激发射光(简称激光)的新成果,并使电子学技术开始扩展到利用光波波段的新水平。这在“光学”和“固体物理学”中将作简单介绍。

在物理学发展的过程中,有些学科,由于生产斗争的需要和学科发展的内在规律(矛盾的特殊性),脱离物理学,形成了独立学科。古典力学在工程技术和军事技术方面得到巨大的发展之后,形成了一门独立的学科——力学。天文学在早期只有现在称为天体力学的那一部分,当时可以说是物理学的一个分支,后来就独立了。然而,天体物理学可以说仍然是物理学的一个分支学科,它利用各种观测手段积累的数据和物理学的理论原则与方法,研究各种天体以及整个宇宙的运动和发展规律。近十年来,天体物理学领域内一系列的重要发现,如类星体、脉冲星、宇宙背景电磁辐射等,更给物理学工作者提出了新问题,反过来推动物理学的发展。同样,生物物理学是一门重要的边缘科学,日益增多的物理学工作者正在为研究生物高分子(例如胰岛素)的结构、遗传密码等课题而辛勤地劳动。其他边缘学科,例如化学物理学、大气物理学、地球物理学等,都在不断地进展当中反转过来对物理学提出新问题和新要求。物理学是数学的一个重要源泉。物理学使用数学,需要数学,而“**数学是从人的需要中产生的**”^{*},数学中不少分支学科就是直接从物理学的现实世界中抽象出来的。这样的例子很多,例如力是一种向量(有方向和大小的量),从物理学对力进行分析的需要,产生了一门叫做向量分析的数学,后来经过进一步的抽象和发展,就有了线性代数,成为某种独立的东西。后来,在表达量子力学的原理时却恰好需要线性代数这样的纯数学,于是它就被应用于微观世界。同样,微积分和微分方程起初是从古典力学中研究物体的位置和速度随时间变化而产生的,在“**脱离任何个人的特殊经验而独立**”^{*}

^{*} 从这里起,凡加*号者都引自恩格斯《反杜林论》一书。

之后,成为“**从现实世界抽象出来的规律**”*,不再局限于位置、速度和时间的问题,因而可能极其普遍地被应用于科学的各个部门。

物理学中有不少的问题需要进行极端繁复的数字计算,才能得到答案。近二十年来,快速电子计算机的制作成功和日益普及,使过去不可能依靠人力去完成的计算在短时间内得出结果,并且也用于自动控制实验装置,自动收集和分析大量的数据,因而在一些方面促进了物理学的进展。

(五)

十九世纪古典物理学的高度发展是唯物主义压倒中世纪唯心主义的巨大胜利,然而古典时期物理学家的思想方法受到机械唯物主义的束缚,往往堕入形而上学,甚至陷入神学的泥坑之中。一个突出的例子是,牛顿在以万有引力定律阐明了太阳系内部的运动规律之后,十分可笑地倒退到以神的第一推动力来回答行星如何会开始绕日运行的问题。古典时期的终结正是形而上学不可能反映自然界运动和发展的普遍规律的必然结果。

近代时期确立的两个根本认识: 物质的波动-粒子二重性与质量同能量之间的相互转化,宣告了唯物辩证法的伟大胜利和形而上学的破产。形而上学“**在绝对不相容的对立中思维**”*,在他们看来,波动就是波动,粒子就是粒子,对立物的统一是不能理解的。近代物理学的成果为唯物辩证法提供了极好的例证,但是二十世纪知名的物理学家当中,不少人在哲学上是唯心主义的,他们在科学问题上正视实验事实,得出基本上符合唯物辩证法的原理,而在哲学论点上他们往往就陷入到唯心主义的泥坑中去了。

伟大领袖毛主席指示我们说: “**中国应当对于人类有较大的贡献**”。物理学是自然科学和技术科学的基础,因而,我国的物理学工作者的任务十分艰巨。我们一定要认真看书学习,弄通马克思主义、列宁主义、毛泽东思想,掌握唯物辩证法,彻底改造世界观,同时在专业上精益求精,力争在物理学方面赶上和超过国际水平,为世界革命作出贡献。

光 学

光学是一门内容十分丰富的学科。特别是近十年来,激光器的出现与发展,使光学研究跃进了一个新的历史阶段。无论是在空间探索方面,还是在军事应用方面,或是在工业生产方面,光学工艺越来越显著地发挥着强有力的作用。它把许多新型的重大科学技术推向新的发展高峰。

在这个“简介”中,不能把光学的内容作全面介绍,只能就其中几个方面扼要地来说明。

1. 光的本性

光是人们最习见的一种自然现象。几个世纪以来,人们关于光的本性的认识,已有过几次的改变。每一次改变,可以说,使人们对于宇宙的物理图象的认识都更加深入一步。早在十七世纪,牛顿认为光是由微小粒子所组成的,光源发射出来的这些微粒粒子就沿着直线来传播,并显示为光。但是这个光的微粒学说却是漏洞很多,不能自圆其说。随着人们对于光的不断的实践研究,到了十九世纪初期,光的波动理论逐渐抬头,就是说,把光看成是一种波动现象。经过百来年的争辩,这种观点占了上风,特别是1865年麦克斯韦提出光的电磁理论对于光的波动性质赋予了明确的概念:光是一种电磁波,光的波动理论有了坚实的基础。但是这种观点也不全面。

本世纪之初,在新的科学实验的基础上,人们开始认识到,光束的能量并不是均匀地分布在整个光束内的,象光的电磁理论所设想的那样,而是光束的能量可以分割成一份一份的“量子”或者称为“光子”。在这个模型中,光束是包含着极多的光子的。光子不仅具有粒子的性质,而且还具有波动的性质。光子的波长与它

的能量成反比。在目前,光子理论对于我们所知道的光的一切现象给出了精确的描述。伟大领袖毛主席教导我们说:“**辩证唯物论的认识论把实践提到第一的地位,认为人的认识一点也不能离开实践,排斥一切否认实践重要性、使认识离开实践的错误理论。**”人们对于光的认识一步一步的深化,就是基于科学实践的,通过“**实践、认识、再实践、再认识**”的过程,逐步进入到高级阶段。在这里,我们自然不能说,人们对于光的本性的认识过程已经完成了。也许还不能认为光子是光的最终组成者,而不过是某种更为深刻的东西的一种表现,这一问题的答案还有待于未来的科学实践。

尽管光的本性相当复杂,但在各种光学现象中,根据需要的不同,可以采取不同的精密程度来进行描述。如果不考虑光的本质问题,仅把光看成是沿着直线传播的光线,并结合反射定律与折射定律,就构成几何光学的内容。把光看成是波动性质的,就是物理光学的范畴。以光子观点来研究光学现象的就是量子光学。

2. 像的形成

研究光的本性的目的之一,就是为了制造出高质量的光学仪器。在目前,光学仪器的种类极为多样,广泛的应用于各个方面。但是它们的共同的基本问题就是如何能够形成高质量的像。为了达到这一目的,所涉及的问题是很多的。伟大领袖毛主席深刻地指出:“**研究任何过程,如果是存在着两个以上矛盾的复杂过程的话,就要用全力找出它的主要矛盾。捉住了这个主要矛盾,一切问题就迎刃而解了。**”在成像过程中的许许多多的问题中,关键问题是透镜的设计,这是决定成像质量的主要因素。近年来,光学透镜设计发生了巨大变化,已发展出一套新型的设计原理。基于这个新原理出现了多种异乎寻常的光学仪器,其中高空照像术与用于生产集成线路的显微照像术就是这些不寻常光学仪器的应用的例子。这个新原理是把传统的几何光学与近代的物理光学的衍射理论结合在一起,并使用了高速计算机。

早期的光学设计是依据几何光学的折射定律的。在十九世纪

末叶与二十世纪初期,几何光学的高度发展,使设计复杂的光学仪器获得了很大成就。所使用的设计方法是光线追踪的方法,也就是说,设计者根据折射定律计算来自物体的光线经过各个透镜的路程,就可以确定像的位置。但是这种设计方法有严重的缺点,一方面是由于计算工作十分繁杂,所费的时日过长;另一方面,所得到的像的质量不够高。

为了克服这些困难,近年来,在设计光学透镜方面使用了计算机。计算机不仅使光学设计实现自动化从而大大地加快了设计速度,并且也十分有效地提高了像的质量。这样,计算机就使透镜设计进入了一个新阶段,制造出了质量极高的近代光学仪器,其功能接近于物理学所预期的最高水平。

计算机究竟怎样来起作用呢?这里只能简略地谈谈。

从物理光学的波动理论来说,物体任何一点所发来的光,经过光学系统后,由于光波的衍射作用,都不会形成同样完善的一点,最多只能形成有限大小的衍射图形。如果光学仪器的口径为圆孔,这衍射图形的中心为一亮点,外围还有一系列亮度很弱的圆环。换句话说,由于光波的衍射效应,物体任一点所成的像都会发生某种畸变。因此,即使透镜组没有像差,光的衍射作用也会降低像的质量。所以,在设计高质量的近代光学仪器时,对这个问题必须加以考虑。在使用计算机以前的年代中,这一问题是无法解决的。但在使用计算机之后,有了解决的办法。计算机以其独特的计算本领能够有效地来控制各种有关设计参数,从而使衍射中心的亮点尽可能的变小以减少物像的畸变。这样就使物象的质量大大提高。这种高度复杂的计算工作是以前所作不到的。事实上,计算机在计算光波衍射问题方面已发展成为一个新的方向,这一发展对于光学设计是一个重大变化。在使用计算机之前,人们都是把光学设计看成是一种纯技术工作,但是最近发展起来的计算机光学设计已与基础学科发生了内在联系,使光学设计发生了质的变化,可以说,这是光学中的一大成就。

3. 光的分解

从发光体(例如太阳)发出来的光,并不是一种简单均匀的东西,而是某种复杂的混合体。所谓混合体,指的是可以把它分解为各种不同的颜色以及红外线与紫外线。光谱学就是研究这种光分解的一门科学。光的分解在理论上和在应用上都有重大价值。从理论上来说,从光所携带的讯息中,可以使人们精确地来理解原子世界的运动规律,因而它是研究物质结构的富有成效的方法。从实用上来讲,它在天文学中可以确定行星、恒星、银河的组成成分,因而是人们认识宇宙的最好手段。在实验室中,它能代替麻烦的化学分析来测定各种物质中的各种元素的微小含量。在化学反应中,还能有效地控制反应过程。因此一百多年来,光谱学一直在不停顿的发展,近来在空间科学中更占有重要地位。

在这里容易看出,为了更好的发挥其功能,我们所需要的是不断地来提高光分解的精细程度,如换成科学术语来说,就是不断地来提高光谱仪器的分辨本领。自十九世纪初期以来一直到今日,分辨本领的提高一直是光谱学工作者的首要目的。其间经过了几个重要的发展,如光栅光谱仪,迈克耳孙干涉仪,法布里-珀罗干涉仪,大稜镜光谱仪等。这些仪器现在都广泛地应用于高分辨光谱学中,并发挥了应有的作用。但是,这些仪器的分辨本领的进一步的提高,由于技术和理论的原因,却受到了限制。因此在一个时期内,分辨本领的改进是不显著的。最近十年来,一种新型的光的分解技术出现了,这种新型技术所提供的分辨本领比起分辨本领已经很高的法布里-珀罗干涉仪与大型光栅光谱仪还要高得多,这就是傅立叶光谱学。傅立叶光谱学开拓了超高分辨光谱学的研究领域,它在光度学与光谱学的测量中达到了前所未有的准确性与精细性,它的发展前途很大,特别是在光谱的红外区域。

傅立叶光谱学原理的基本内容早在1880年迈克耳孙创造他的干涉仪的时代就作了某种描述,不过他本人并未理解到其中深刻的含意,此后也就为人遗忘了。到了本世纪的五十年代,又有