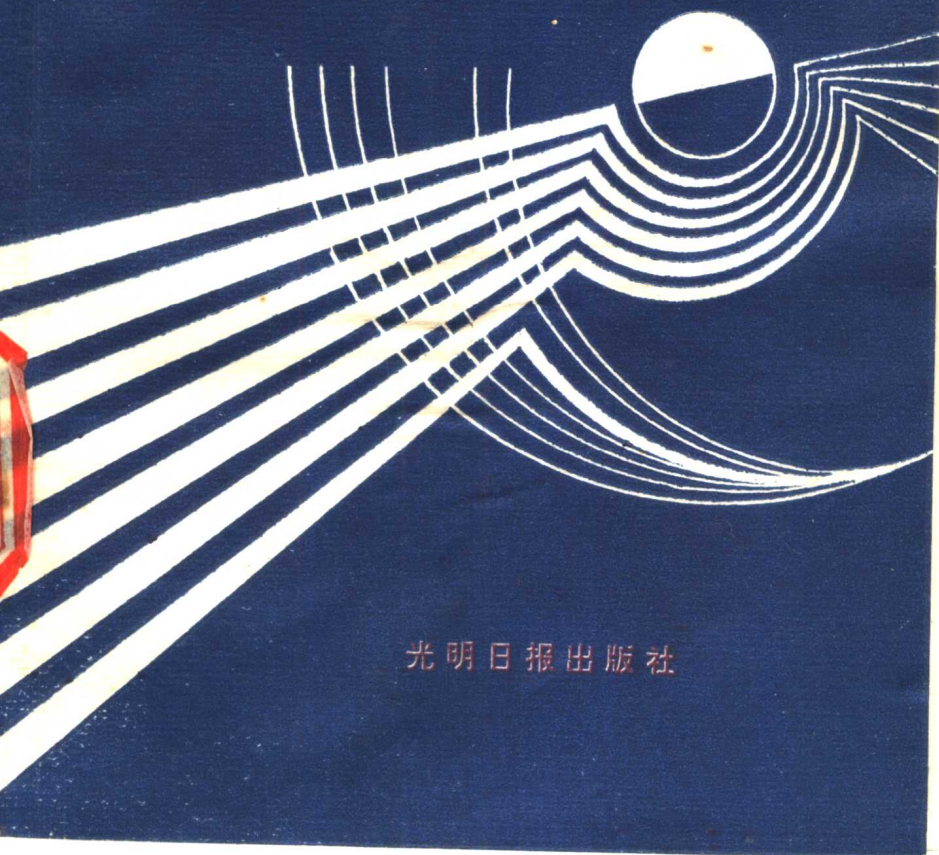


物理学的发展

蔡健光 葛华强 编著



光明日报出版社

物理学的发展

蔡健光 葛华强

光明日报出版社

1990.9.

物理学的发展

蔡健光 葛华强 编著

光明日报出版社出版

新华书店北京发行所发行

广益印刷厂排版印刷

787×1092毫米 32开本 印张: 6.75 字数: 160千字

1990年12月北京第一版第一次印刷

书号: ISBN 7-80014-936-6/G·322 定价: 2.95元

内 容 简 介

《物理学的发展》按照物理学的形成发展的时间顺序，对物理学的各个部分的发展过程作了介绍。史料比较丰富、严谨，对物理学的重要规律的形成，例如万有引力定律，能量守恒与转化定律，光的折射定律，热力学第一、第二定律，麦克斯韦——玻尔兹曼分布律，分子运动论，麦克斯韦电磁场理论，量子论，相对论等都有比较充分的阐述。文章既介绍了古代物理学、经典物理学的发展，又介绍了现代物理学的成就，展望了物理学的发展趋势。本书可供大、中学师生及中等以上文化程度的读者阅读参考。

目 录

一、前言	(1)
二、史前期的物理学	(2)
1. 原始物理观念的积累 (2)	
2. 中国古代在物理学 方面的成就 (3)	
3. 古代希腊、罗马时期的物理学 (11)	
三、中世纪的物理学	(20)
1. 中世纪的早期 (5~11 世纪) (21)	
2. 中世纪后期 (11 世纪末~15 世纪) 欧洲的物理学 (26)	
四、资本主义萌芽时期的科学革命	(29)
1. 在物理学的各个不同领域都有重要发现的达芬奇 (30)	
2. 哥白尼的地动学说 (31)	
3. 伽利略和科学革命 (34)	
五、经典力学的形成	(40)
1. 碰撞问题 (41)	
2. 摆的研究 (46)	
3. 万有引力定 律的确立 (49)	
4. 笛卡儿的《哲学原理》及其机械论的 观点 (50)	
5. 牛顿的《自然哲学之数学原理》和他的世 界观 (53)	
六、光学的发展	(58)
1. 几何光学的进展 (58)	
2. 物理光学的一些发现 (61)	
3. 光本性的学说 (63)	
七、18 世纪对热和电磁现象 的研究	(71)
1. 热现象的研究 (72)	
2. 热质说 (76)	
3. 罗蒙诺	

索夫对热本质的看法 (77) 4. 电学和磁学的发展 (80)

5. 18 世纪物理学发展的一般特征 (86)

八、能量守恒与转化定律的确立…………… (89)

1. 19 世纪中叶前自然科学的发展概况 (89) 2. 能量守恒与转化定律的物理学基础 (91) 3. 迈尔的工作 (94) 4. 焦耳对热功当量的测定 (97) 5. 亥姆霍兹的工作 (100)

九、热力学和分子运动论的发展…………… (103)

1. 卡诺的贡献 (103) 2. 克劳修斯和开耳文对热力学第二定律的研究 (107) 3. 热力学的进展 (113) 4. 19 世纪前半期的气体分子运动论 (114) 5. 19 世纪后半期分子运动论的蓬勃发展 (117) 6. 理想气体的压强公式 (117) 7. 平均自由程的概念及其数值计算 (120) 8. 麦克斯韦——玻尔兹曼分布律 (123) 9. 输运过程的理论 (127) 10. 非理想气体的状态 (133)

十、19 世纪电磁学的发展…………… (138)

1. 电流磁效应的发现 (138) 2. 法拉第的实验研究及其主导思想 (143) 3. 麦克斯韦电磁场学说的确立 (153)

十一、现代物理学的起点…………… (157)

1. 伦琴射线的发现 (158) 2. 电子的发现 (160) 3. 天然放射性现象的发现 (165) 4. 量子论的诞生 (168) 5. 玻尔的原子结构学说 (174) 6. 相对论的提出 (179)

十二、原子核与基本粒子概述…………… (183)

1. 电子和质子 (184) 2. 中子的发现 (186) 3. 阳电子的发现 (188) 4. μ 介子和 π 介子 (191) 5. 奇异粒子和 Z^0 粒子 (195)

十三、物理学的展望…………… (197)

1. 基础理论研究 (198) 2. 应用技术研究 (199)

3. 边缘科学 (200)

十四、我国解放后的物理学的发展概况…………… (201)

一、前 言

物理学是自然科学的重要组成部分。我们回顾物理学的发展，比较系统地了解经典物理学和现代物理学在发展过程中的基本历史线索，了解近代物理学的各个分支学科是怎样兴起和发展的，经典物理学又是怎样发展到现代物理学的，这将有助于掌握物理学发展的内在规律，更好地理解物理学中理论和实验的辩证关系，以及物理学发展和社会生产、科学技术发展的辩证关系，从而加深对物理学知识全面系统地理解。这样不仅对物理学领域的研究工作有好处，对物理学的教学有益处，而且对哲学、自然辩证法工作者来说，也是十分必要的。

物理学的发展经历了很长的时间。本书试把物理学的发展分为若干时期，在每一时期中找出一些只为或主要为这一时期所有的具有表征性特点的事件，加以简要地论述，以期揭示出物理学进展的历史足迹，并从中概括出物理学发展的基本规律。

二、史前期的物理学

1. 原始物理观念的积累

在考察科学概念的形成过程时，首先要结合人类的生产活动来进行。最早的时候，人的活动主要占有自然界现成的产品，例如采集植物、打猎、捕鱼等等。工具的制造扩大了人们占有自然成品的可能性，进而可以对各种物件进行加工，这就使得人们接触到材料的性能问题。各种复合工具（例如带柄的斧、锤）的出现和使用，已经涉及自然规律的运用：在举高重物中积蓄能量、在锐利的刃部集中巨大的压强等等。

工具的发展导致简单机械的出现。首先是解决在举重、运输等劳动过程中人力所不能胜任的工作。于是出现了杠杆与桔槔、滑轮与辘轳等简单机械。

杠杆是人类最早使用的工具之一。在我国先秦时期利用最广的是衡器、桔槔。考古发掘的最早的衡器是长沙附近左家公山上一个楚墓中的天平，杆是木质的，砝码是铜的。木杆长 27 厘米，离杆端 0.7 厘米处有两个铜盘，直径为 4 厘米。砝码共 9 个，以两为单位，它们的重量分别是：4, 1.98, 1, 0.495, 0.26, 0.15, 0.062, 0.043, 0.026。我国古籍中也有关于把杠杆用于取水灌溉的记载。这种装置当时叫做

“桔槔”。将一根横木支撑在柱子上，使横木一边长一边短，就造成了简单的桔槔，在《庄子》一书中就有这方面的记载。此外还有滑轮，从战国开始，在作战器械，井中提水和四川盐井中广泛运用了滑轮。汉代画像砖和明器陶井模上都有滑轮装置，滑轮的另一种形式是辘轳，据《物原》中记载“史佚始作辘轳”。史佚是周代初期的史官，表明早在公元前一千多年前我国已发明了辘轳，到春秋时辘轳就很流行了。

这些简单机械以及它们的联合使用，就构成了当时的机器的雏形。

生产的发展，工具的改进，人们的活动范围日益扩大，这就使人们有可能在长期实践过程中，从许许多多具体现象中逐渐形成一些抽象的物理概念。

生产的发展也提出了进行抽象思维的要求。要想更好地解决建筑、军事、水利等各方面的具体任务，必须通过现象的外部特征看到它们的内部联系、因果关系，回答“为什么”的问题。这些就是包括物理学概念在内的自然科学概念形成的基础。

2. 中国古代在物理学 方面的成就

我国古代的科学技术成就中，属于物理学或与物理学有关的，可以提出力学、光学和声学等三个方面作一简要介绍。

(1) 力学方面

① 《考工记》一书中的有关记载。这是一本现存的有关我国古代手工业技术规范的书，可能是春秋时代（公元前700~400年）末年的作品。它记述了许多手工业的工艺制作与设施，汇集了至公元前3、4世纪时的工程技术知识。其中包含的力学知识，主要有：关于惯性的记载、滚动摩擦的论述、论箭的飞行与保持稳定，还记述了有关力的测量、斜面受力分析以及材料强度和施工中的一些力学知识。

② 《墨经》中有关力学知识的记载。《墨经》是战国时代以墨翟（公元前490~403年）为首的墨家的代表作，分为“经”与“经说”两大部分。经说是经的注解。前者的内容大多是一些定义性质的条文，后者则带有定律的性质的解释。

《墨经》中的力学知识已不全是实际生产知识的总结和记述，而是对力学现象进行了粗浅的概括，并进行了一些推理论证。诸如，关于时空观念、运动学知识、力的概念、力系平衡的论述，以及斜面、滑轮及其应用，等等。现举一条关于杠杆的理论探讨以兹说明：

经下第25条：“天（衡）而必正，说在得。”

经说：“（衡），加重于一旁，必垂（垂），权重相若也。相衡，则本短标长，两相加焉，重相若，则标必下，标得权也。”

这一条说明了不等臂天平（秤）的平衡关系。可能是墨家探讨杠杆平衡关系的实验总结，说明墨家发现杠杆定律较之古希腊的阿基米德要早二百多年。但并没有阿基米德杠杆定理那样完整和量化。

③ 候风地动仪。这是东汉张衡（公元78—139年）所

制的世界上第一台地震仪。《后汉书张衡列传》上有下面一段记载：“（顺帝）阳嘉元年（即公元132年），复造候风地动仪。以精铜铸成，圆径八尺，合盖隆起，形似酒尊，饰以篆文山龟鸟兽之形。中有都柱，傍行八道，施关发机。外有八龙，首衔铜丸；下有蟾蜍，张口承之。其牙机巧制，皆隐在尊中，覆盖周密无际。如有地动，尊则震，龙机发，吐丸而蟾蜍衔之，振声激扬，伺者因此觉知。虽一龙发机，而七首不动。寻其方面，乃知震之所在。验之以事，合契若神。自书典所记，未之有也。当一龙机发而地不觉动，京师学者咸怪其无征。后数日驿至，果地震陇西。于是皆服其妙。自此以后，乃令史官记地动所从方起”。

显然，这是一种测定震源方向的仪器。可惜，后来这架地动仪失传了。我国考古博物学家王振铎在总结国内外学者复制研究工作的基础上，根据书上的记载和力学原理满意地复制成功了候风地动仪的复原模型，它主要是一个利用了重心很高的“都柱”的不稳平衡。从这个仪器的制造来看，张衡已经利用了力学上的惯性原理，同时他对地震波传播和方向性也一定有所了解。这些在当时来说都是十分了不起的。

④ 记里鼓和指南车。这是三国时魏人马钧根据以前的记载模仿制成的两种利用各种齿轮的复合运动传动的自动机构。记里鼓是利用原动齿轮带动大小不同的一套从轮，使车轮转动把车行的里数自动地表示出来的一种装置。指南车是利用一套能自动离合的齿轮系统的定向装置，使得立在车上的一个木制人像的手永远指着固定的方向。关于这两种装置的结构，在刘仙洲教授著的《中国机械工程发明史》第一编第五章中有较详细的介绍。

(2) 光学方面

关于光学知识的记载以《墨经》经下中的八条(16~23)最为系统。其内容涉及影子生成的道理,本影和半影,由物体与光源的相对位置确定影子的大小,光的直线传播实验,光的反射性和平面镜成像,凹面镜成像,凸面镜成像等。它已触及了几何光学很大一部分,从时间上看要比古希腊欧几里德的《反射光学》早一百多年,所以,《墨经》中的光学条文,不仅是我国最早的光学著作,也是世界古代科技史上难得的和较全面的光学著作。

经下第16条:“景不徙,说在改为。”

经说:“景:光至,景亡;若在,尽古息。”这一条是论述影的生成。各家的解释在这一点上没有分歧。然而细致地推敲起来,又各有不同的见解。主要是对于经说中的“若在”指的是“影在”,还是“物在”,有不同的理解。

经下第22条:“鉴(注),景一小而易,一大而正,说在中之外,内。”

经说:“鉴:分鉴;中之内,鉴者近中,则所鉴大,景亦大;远中,则所鉴小,景亦小,而必正,起于中缘正而长其直也。中之外,鉴者近中,则所鉴大,景亦大;远中,则所鉴小,景亦小,而必易,合于中而长其直也。”

这一条讲的是凹面镜成像的规律。钱临照先生对此有很好的解释。他特别指出,当时不是用一个光源和纸屏进行观察,而是人脸本身为物,以眼为屏,所以在“一小而易”和“一大而正”之间不能发现“一大而易”的情况。他并从而推断,经文中所说的“中”,是指从镜面的曲率中心到其焦点之间的一段区域,而不是一个点。

(3) 声学方面

据文献记载和考古的发现，在周朝以前已经有了各种乐器（管、弦和打击乐器），而且很早就制定了有科学根据的乐律，即各音之间有频率的简单整数比的关系，或是说有一定的音程。乐律学有丰富的物理声学内容，它的产生和发展，是物理声学史中重要组成部分。

《吕氏春秋》上记载有“昔黄帝令伶伦作为律，伶伦自大夏之西，乃之阮隃之阴，取竹于峽溪之谷，以生空窍厚均者，断两节间，其长三寸九分而吹之，以为黄钟之宫，吹曰舍少。次制十二筒，以之阮隃之下，听凤凰之鸣，以别十二律”。这种属于传说性质的东西，当然不能完全凭信。但是早在公元前六世纪有个叫伶州鸠的乐官曾把十二律的名称一一列举，并把它们的出现和周武王伐纣（前 1066）的时间联系起来。因此，在这之前肯定就有了系统的乐律了。

关于定“律”的方法，早在公元前四世纪就以“三分损益法”定出了五度相生律。

具体是以黄钟的弦长为 $81(3^4)$ 作为宫音，然后依次乘以 $4/3$ 和 $2/3$ 得到五音：

$$\text{宫音弦长} = 3^4 = 81,$$

$$\text{征音弦长} = 81 \times \left(1 + \frac{1}{3}\right) = 108,$$

$$\text{商音弦长} = 108 \times \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 72,$$

$$\text{羽音弦长} = 72 \times \left(1 + \frac{1}{3}\right) = 96,$$

$$\text{角音弦长} = 96 \times \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 64.$$

这样，若以征音（主音）为1，则各音的频率比是：征：羽：宫：商：角 = $1:9/8:4/3:3/2:27/16$ 。而且按宫征商羽角的次序排列时，相邻二音间的音程是 $3/2$ 和 $3/4$ ，即简单的整数比。可见，这时对于弦长与频率间的关系已经有了一定的认识。

只有五个音对于演奏来说显然是不够的。所以后来又增加了两个变音（变宫、变征）和其它一些半音，使得在一个八度（倍频程）内共有12个音，这就构成了所谓十二律。

在声学方面除了乐律之外，还有关于共鸣的知识也是值得提出的。我国古籍中多次记载了物体的共振和声音的共鸣现象。《墨子·备穴篇》记述了利用空气柱的共鸣作侦破敌军挖洞攻城的方法。《庄子·徐无鬼》中也有共鸣现象及其解释的记载：“鼓宫则宫鸣，鼓角则角应，音律同矣。”这些记载表明当时人们不仅发现了基音共振现象，而能够用“音律同矣”去解释它。可以说是世界上最早关于共鸣现象的认识。在公元三世纪时张华（232~300）在了解共振、共鸣现象的基础上，还进一步掌握了消除共鸣的科学方法。南北朝宋人刘敬叔（390~470）所著《异苑》中有这样的记载：“晋中朝时，蜀有人蓄铜藻盘，晨夕恒鸣如人扣，乃问张华。华曰：‘此盘与洛钟宫商相谐，宫中朝暮撞钟，故声相应。可键令轻，则韵乖，鸣自止也。’依其言，即不复鸣。”

（4）关于物质和运动的概念

① 物质观。关于物质的构成，中国古代有多种说法，如“五行说”，“八卦说”，“元气说”以及墨家提出的“原子论”。这里仅介绍先秦时期两种物质观。

关于“五行说”。这一学说始于夏朝，流行于商朝，到了西周发展为“五行元素说”。西周末年，太史官史伯在总结前

人思想以后说：“夫和实物，同则不继，以他平他谓之和，故能丰长而物生之，若以同裨同，乃尽弃矣。故先王以土与金、木、水、火杂以成百物”。（《国语·郑语》）这里已十分明确的把水、火、木、金、土五种基本物质当成组成世界万物的原始材料。更加清楚地表明中国古代原始五行说，实际上就是最早的关于物质组成的假说。它不仅具有朴素的元素概念，并具有物质相互转化的观念。

我国原始五行说发展到了春秋时代，又出现了五行相生相克的学说，即

木生火，火生土，土生金，金生水，水生木；

木克土，土克水，水克火，火克金，金克木。

显然它是由实践经验抽象出来的。五行依一定的相生次序而相生；又依一定的相克次序而相征服。这种关系深刻地揭示了组成世界的五种基本物质元素在相互转化的复杂变换过程中，生成和消失的速率是受控的，在量上是互补的，因而元素的种类和总量不增不减，物质守恒。

关于“阴阳八卦说”。这一学说起源于殷周之际，实际上也是一种原始的元素论。它从人们生活经常接触的自然界中选取了八种东西作为说明世界上其他多种东西的根源。所谓八卦，即用八种符号来表示八种自然现象，而这八卦是由阳爻（音姚 yao）用“—”表示和阴爻用“- -”表示，阳爻和阳爻排列为八卦，再由八卦排列为64卦。八卦分别是三乾、☰坤、☳震、☶巽（xùn）、☵坎、☲离、☱艮、☴兑等，它们分别表示天、地、雷、风、水、火、山、泽。由于阴阳的排列 2^3 即可得八卦，同理再由八卦排列为 8^2 ，即可得64卦。世界就是在阴阳两种对抗物质势力运动推动下孳生着、

发展着。这是一种十分朴素的万物生成的唯物主义观念。

然而，这两个本来独立发展的、具有唯物主义色彩的物质学说，到后来经邹衍之手，加以歪曲比附，推演到人事和社会历史上去，使其被蒙上了浓厚的迷信色彩，走上了唯心主义的玄学途径，失去了作为说明世界的一种初级认识作用。

② 运动观念。在我国古代，人们把运动理解为一般变化，其中包括产生和消灭，数量增减和性质变化，以及位置移动。对于位置的移动，《墨经》中有专门的论述，并对“运动”和“静止”的观念下了定义：经上：“动，或（域）徙（徙）也。”意思是说，凡物之动，乃其所处的位置的变化。经说：“动，偏祭（际）徙（徙）者，户枢免瑟。”这里补充说明转动也是运动；经上：“止，以久也”。“久”即时间，意思是说，静止，是指某物体在某一时间限以上处于空间中同一位置，即物体在某一位置上停留一段时间，这就是静止状态。经说：“无久之不止，当牛非马，若夫（矢）过楹。有久之不止，当马非马，若人过梁。”这里墨家进一步说明静止与运动的关系：把静止分为“无久之不止”与“有久之不止”两种情形。前者讲的是运动飞快的物体，使人感觉不到在空间某一位置有停留的时间；后者讲的是运动缓慢的物体，使人能够感觉到它在空间停留一段时间（静止）。除墨家外，先秦时期，许多学者都提出过关于运动和静止的辩证命题。如惠施的“日方中方睨，物方生方死。”公孙龙的“镞矢之疾而有不行不止之时”；“飞鸟之影未尝动也”。等等。

除去以上列举的力学、光学、声学 and 物质与运动等四个方面之外，在这一时代中，我国还有许多其它的物理学方面的成就，例如磁现象和静电现象、气象知识等等，不再一一