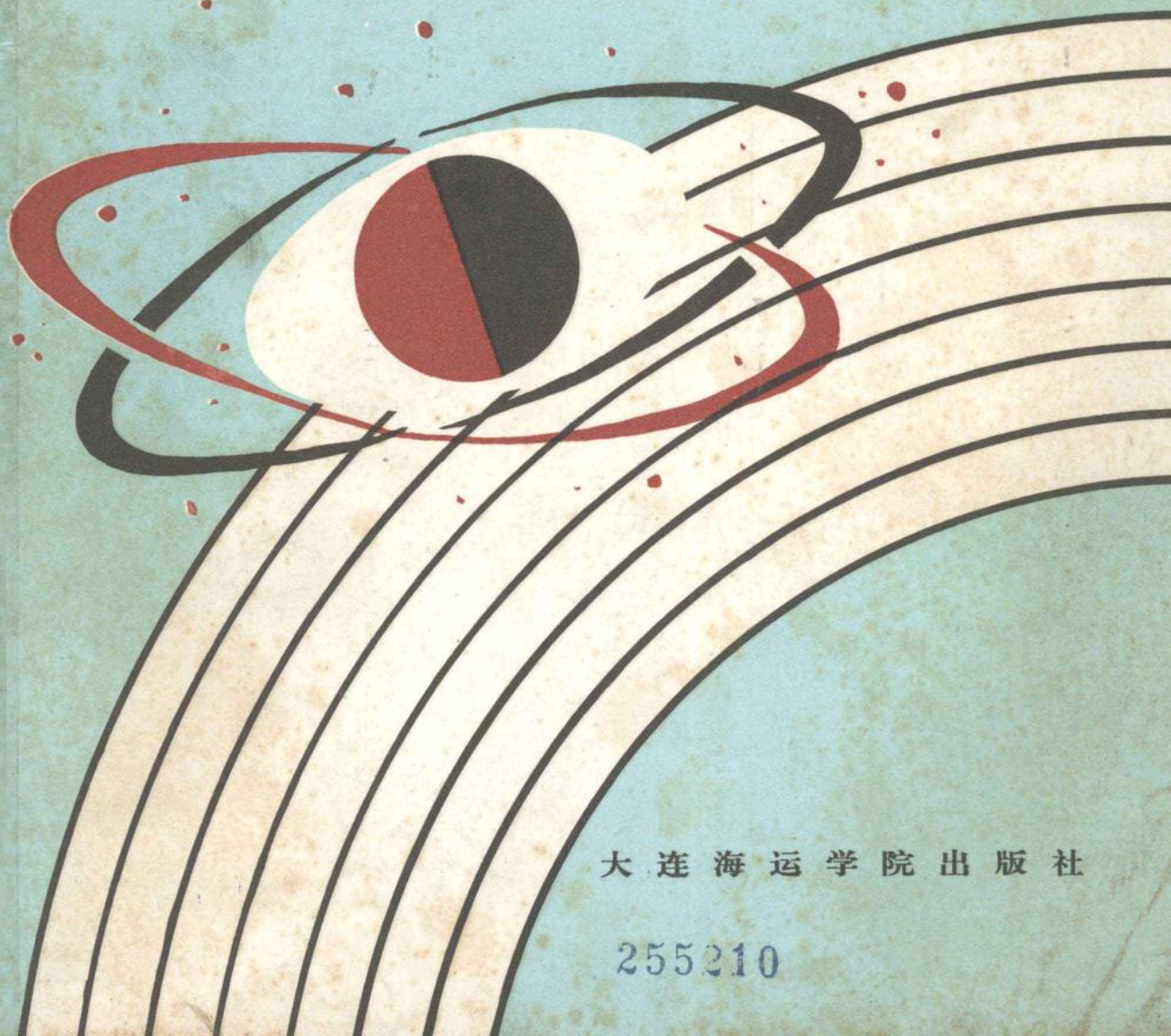


高等学校本科教材

物理学概论

刘定宇 郑贤雪 编著



大连海运学院出版社

255210

高等学校本科教材

物 理 学 概 论
WU LI XUE GAI LUN

刘定宇 编 著
郑贤雪
朱竹林 主 审

大连海运学院出版社

255210

内 容 提 要

本书是以近代物理为主线，近代和经典内容并重的观点而写的大学物理教材。初版1980年1月问世，1984年再版，现版参照高等工业学校物理课程基本要求，在总结1980~1987年在大连海运学院电子工程系教学实践经验的基础上修订而成。实践证明，工科大学低年级学生完全能够接受近代物理的基本概念。

本书共5篇19章，内容包括空时理论与运动定律、电磁理论（包括光的电磁理论）、量子物理学和统计热力学，并配备了固体、半导体、超导、粒子与原子核等选读材料。

本书总学时为140学时。可作为工科院校电子工程类、理科非物理专业和希望加强近代物理的工科其它专业的教材。也可作为教师、工程技术人员和大学生的参考书。

高等学校本科教材

物 理 学 概 论

刘定宇
郑贤雪 编著

大连海运学院出版社出版
高校联合服务中心发行

(大连凌水桥)
大连海运学院出版社印刷厂印装

责任编辑：袁中昊

封面设计：王 艳

开本：787×1092 1/16 印张：31 字数：769（千字）
1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷 印数：1—2000

ISBN 7—5632—0059—2/0·5 定价：5.10元

原 序

物理学的发展在廿世纪占有显著的地位。这是由于原子能对能源利用的变革，固体物理对微波量子器件、半导体器件，固体电子学对无线电电子学，近代光学对计算科学、通信、全息技术等方面的贡献所形成的。这些贡献具有划时代的意义。它的技术应用如雨后春笋，渗入各个学科和技术应用科学领域。目前，不能说这种技术应用已经达到它的极盛时代。因为从经典物理学的三百年历史看，它的技术应用史并未结束。等离子区的宏观电动力学、人造地球卫星的出现可以说经典物理学继续发挥着巨大的威力。但是，我们也看到近代物理的产生已经改变了经典物理学独占的局面。许多部门，特别是在高能领域、微波器件、量子无线电、固体集成电路、半导体、近代光学方面，近代物理占有优先的地位。

近代科学技术发展的一个显著特点是各个部门科学互相渗透，互相促进。学机械的人侧重于力学，由于自动控制，机械人的发展，不懂无线电电子学就不能适应这种发展需要了。学无线电的人侧重于麦克斯韦电磁理论，由于量子器件、量子无线电电子学、微波量子技术的发展，不懂量子力学和固体物理学就不能适应这种发展需要了。从相对论论述电磁运动规律应当是更合理的。但三十年前，学无线电工程的人与相对论无关。由于高能工程的发展，现在不懂相对论就不能适应这种发展的需要了。

为了使所培养的科学技术人员适应实现我国四个现代化的需要，根据1979年10月交通部高等院校物理讨论班拟订的电子工程类普通物理大纲（草案），使学生通过物理学课程的学习，在近代物理学成就的基础上，对物质世界的多样性和统一性有一个概括的初步认识，写此教材。

应当看到，基础科学的成就的应用是不能够用基础科学来代替的，因为它不是现象本质的简单重复而是一种多因素的综合。这种综合既与基本规律有关也与技术因素、生产因素以至经济因素有关。因此，既不能削弱科学系统的训练，破坏对基本规律的认识，也不应当使其内容包罗万象。

人材培养，与其说知识渊博不如说能力的提高。因为知识浩瀚如海，有专家而无万能博士。关键在于掌握基本规律和分析、处理问题的方法。学有成法、用无成文，得心应手而已。

在出版印刷过程中，朱宝骥同志细心校对并协助绘图，大连海运学院出版科同志曾给以大力协助，使此书能在很短时间内出版，特此致谢。

刘定宇

1980年1月31日于凌水桥畔

目 录

绪论	(1)
----	-------

第一篇 空时理论与运动定律

第一章 空时理论	(5)
§ 1—1 机械运动 空时概念	(5)
§ 1—2 坐标系 质点和运动方程	(6)
§ 1—3 速度和加速度	(7)
§ 1—4 匀速圆周运动	(10)
§ 1—5 一般曲线运动	(12)
§ 1—6 相对运动	(14)
§ 1—7 光速的测定	(16)
§ 1—8 双星观测与迈克尔逊实验	(18)
§ 1—9 光速不变原理与狭义相对性原理	(21)
§ 1—10 四维空时的概念	(22)
§ 1—11 洛仑兹变换	(23)
§ 1—12 校时问题和运动系统中时间进程的变慢	(25)
§ 1—13 运动尺的收缩	(29)
§ 1—14 速度合成定理	(31)
§ 1—15 加速度的变换	(33)
习题	(34)
第二章 运动定律	(40)
§ 2—1 惯性系 惯性定律	(40)
§ 2—2 力与质量 运动定律	(41)
§ 2—3 单位制与量纲	(43)
§ 2—4 作用与反作用定律	(44)
§ 2—5 动量与冲量 动量守恒定律	(46)
§ 2—6 碰撞	(48)
§ 2—7 质量公式	(49)
§ 2—8 运动定律的协变性	(51)
习题	(57)
第三章 质量和能量守恒定律	(63)
§ 3—1 功和功率	(63)
§ 3—2 功和能量 能量守恒定律	(65)
§ 3—3 质能联系定律	(67)

§ 3—4	能量与动量的关系	(69)
§ 3—5	动量、能量和力的洛仑兹变换	(71)
§ 3—6	能量守恒定律的协变性	(72)
	习题	(74)
第四章	刚体力学	(79)
§ 4—1	平动与转动	(79)
§ 4—2	质心 质心运动定律	(79)
§ 4—3	转动定律	(81)
§ 4—4	转动惯量	(83)
§ 4—5	动量矩和冲量矩 动量矩守恒定律	(84)
§ 4—6	力矩的功 转动动能	(87)
§ 4—7	陀螺的旋进	(88)
	习题	(89)
第五章	引力	(94)
§ 5—1	万有引力定律	(94)
§ 5—2	非惯性系问题	(95)
§ 5—3	引力场 引力位能	(97)
	习题	(100)

第二篇 电磁理论

第六章	静电相互作用	(102)
§ 6—1	库仑定律	(102)
§ 6—2	静电场 电场强度	(103)
§ 6—3	高斯定理	(107)
§ 6—4	电位能 电位	(111)
§ 6—5	电场强度与电位梯度的关系	(115)
§ 6—6	静电场中的导体	(116)
§ 6—7	电介质中的极化电场	(120)
§ 6—8	静电场的能量	(123)
§ 6—9	电子的发现	(124)
	习题	(126)
第七章	电磁相互作用	(134)
§ 7—1	电流密度和电流强度	(134)
§ 7—2	电流的磁场 电磁单位	(135)
§ 7—3	磁感应强度	(137)
§ 7—4	磁通量和磁场的旋涡性	(137)
§ 7—5	比奥—沙伐定律	(138)
§ 7—6	磁场强度 安培环路定律	(140)

§ 7—7	安培定律	(143)
§ 7—8	法拉第定律	(145)
§ 7—9	磁场能量	(148)
§ 7—10	自感与互感	(149)
	习题	(151)
第八章	麦克斯韦电磁场理论	(159)
§ 8—1	位移电流	(159)
§ 8—2	经典电磁理论的基本方程组	(159)
§ 8—3	麦克斯韦方程组的微分形式	(160)
§ 8—4	电磁场边界条件	(163)
§ 8—5	电磁波	(165)
§ 8—6	电磁波的能量 坡印亭矢量	(168)
§ 8—7	群速度与相速度	(169)
* § 8—8	电磁场方程的协变性	(170)
* § 8—9	电荷密度的变换	(172)
* § 8—10	电磁场方程的协变性 (续)	(173)
	习题	(174)
第九章	电子的电磁场	(178)
§ 9—1	运动电荷的磁场	(178)
§ 9—2	洛仑兹定律	(178)
§ 9—3	测量电子荷质比	(180)
* § 9—4	洛仑兹力的洛仑兹变换	(182)
* § 9—5	高速电子的电磁场	(183)
§ 9—6	电磁辐射	(186)
* § 9—7	发光电子	(189)
	习题	(190)
第十章	光的电磁理论	(194)
§ 10—1	光的传播 光程	(194)
§ 10—2	光波在介质边界的现象	(195)
§ 10—3	自然光与偏振光	(197)
§ 10—4	偏振片的起偏与检偏 马吕斯定理	(198)
§ 10—5	反射与折射光的偏振	(199)
§ 10—6	光反射的半波损失	(202)
§ 10—7	双折射	(203)
§ 10—8	圆偏振与椭圆偏振	(205)
* § 10—9	电光效应	(207)
* § 10—10	磁光效应	(209)
§ 10—11	光的干涉	(210)
§ 10—12	相干光装置	(212)

§ 10—13	薄膜干涉	(214)
§ 10—14	干涉仪	(217)
* § 10—15	全息照相	(219)
§ 10—16	惠更斯—基尔霍夫原理	(221)
§ 10—17	光的绕射	(223)
§ 10—18	绕射光栅	(225)
§ 10—19	X 射线的绕射	(228)
	习题	(230)

第三篇 量子物理学

前言: 物质结构学说的演变	(234)	
第十一章 量子物理的实验基础	(236)	
引言	(236)	
§ 11—1	光电效应	(236)
§ 11—2	康普顿—吴有训效应	(241)
§ 11—3	α 粒子的散射实验	(244)
§ 11—4	氢原子光谱	(248)
§ 11—5	能级存在的证明	(253)
§ 11—6	伦琴射线起源	(255)
§ 11—7	塞曼效应	(256)
§ 11—8	电子的自旋	(258)
§ 11—9	微粒束的波动性	(259)
§ 11—10	实物波的统计解释	(262)
§ 11—11	瓦维洛夫实验	(263)
	习题	(264)
第十二章 量子力学基础	(267)	
§ 12—1	二重性的解释	(267)
§ 12—2	薛定谔方程	(268)
§ 12—3	薛定谔方程的应用举例	(271)
* § 12—4	线性谐振子	(275)
§ 12—5	几率流密度和粒子数守恒定律	(276)
§ 12—6	算符的概念与广义薛定谔方程	(278)
§ 12—7	分动量矩算符及其本征值	(279)
* § 12—8	勒襄特算符	(280)
§ 12—9	算符的对易性质	(282)
§ 12—10	几率振幅和态的迭加原理	(283)
§ 12—11	测量过程	(284)
§ 12—12	动量测量过程举例	(287)

* § 12—13	平面波型几率振幅的归一化	(288)
§ 12—14	平均值	(290)
§ 12—15	海森堡关系	(293)
* § 12—16	表象变换的概念	(295)
§ 12—17	量子跃迁	(297)
§ 12—18	能级宽度与寿命	(299)
附录		(301)
习题		(303)
第十三章	原子结构	(307)
§ 13—1	氢原子结构	(307)
* § 13—2	碱金属原子	(314)
§ 13—3	塞曼效应的量子力学解释	(316)
* § 13—4	总动量矩	(318)
§ 13—5	$l-s$ 耦合	(323)
* § 13—6	光谱双线	(325)
* § 13—7	复杂塞曼效应	(327)
§ 13—8	微粒系统的全同性	(330)
§ 13—9	不相容原理	(331)
§ 13—10	氦原子	(333)
§ 13—11	多电子原子的动量矩	(335)
§ 13—12	周期表	(337)
习题		(342)

第四篇 统计热力学

前言		(343)
第十四章	热力学	(344)
§ 14—1	热量与功 系统的内能	(344)
§ 14—2	绝对温标	(345)
§ 14—3	热力学第一定律	(346)
§ 14—4	定容热容量和定压热容量	(347)
§ 14—5	热功转换与循环过程	(350)
§ 14—6	可逆与不可逆过程	(351)
§ 14—7	热力学第二定律	(352)
§ 14—8	熵和熵增大原理	(354)
§ 14—9	热力学第二定律的统计意义	(356)
习题		(358)
第十五章	统计分布	(361)
§ 15—1	热运动	(361)

§ 15—2	理想气体的压强与能量公式	(362)
§ 15—3	分子系统的几种内能形式	(365)
§ 15—4	费米分布	(367)
§ 15—5	势阱中的量子态数	(369)
§ 15—6	麦克斯韦—玻尔兹曼分布	(372)
§ 15—7	理想气体热容量的理论	(374)
* § 15—8	非理想气体热容量的微观理论	(376)
§ 15—9	费米能级	(378)
§ 15—10	玻色—爱因斯坦分布	(379)
§ 15—11	辐射定律	(381)
§ 15—12	辐射系统的量子态	(383)
§ 15—13	热辐射的量子理论	(385)
§ 15—14	玻色气体的嫡—嫡的统计解释	(387)
附录:	几率乘法与分布组合	(389)
	习题	(391)

第五篇 选读部分

前言	(394)
第十六章 固体的几个典型问题	(395)
§ 16—1 固体热容量的量子理论	(395)
§ 16—2 磁化强度矢量	(397)
§ 16—3 顺磁性理论	(398)
§ 16—4 抗磁材料的磁化率	(401)
§ 16—5 激光原理	(402)
第十七章 半导体	(406)
§ 17—1 微扰理论	(406)
§ 17—2 一维周期场中电子波的微扰近似	(408)
§ 17—3 电子在能带中的填充	(412)
§ 17—4 半导体锗和硅的晶体结构	(413)
§ 17—5 半导体的能带	(415)
§ 17—6 半导体中载流子的浓度	(416)
§ 17—7 杂质电离的载流子浓度	(419)
§ 17—8 半导体中电子的运动	(420)
第十八章 超导性	(423)
§ 18—1 气体的液化	(423)
§ 18—2 低温的获得	(425)
§ 18—3 超导研究的早期工作	(426)
§ 18—4 超导高温转变的研究	(430)

第十九章 粒子与原子核简述	(433)
引言	(433)
§ 19—1 有效截面	(433)
§ 19—2 狄拉克的负能概念与电子偶的形成与转化	(434)
§ 19—3 核子	(435)
§ 19—4 原子核的结构	(438)
§ 19—5 原子核的结合能	(439)
§ 19—6 中微子	(439)
§ 19—7 介子和核力	(441)
§ 19—8 反粒子	(443)
§ 19—9 对称性	(444)
§ 19—10 核衰变	(447)
§ 19—11 β 衰变的宇称不守恒	(450)
§ 19—12 ν 衰变	(451)
§ 19—13 核反应	(452)
§ 19—14 核分裂	(454)
§ 19—15 核能级图	(456)
§ 19—16 穆斯保尔效应	(456)

附 录

I. 一些常用物理常数	(458)
II. 国际单位制 (SI)	(459)
习题答案	(461)

绪 论

（一）物理学的研究对象

物理学是自然科学之一。自然科学是经过实践检验和证明的，关于自然运动规律的客观知识体系。自然科学研究是不以人的意识为转移的各种物质运动形态的客观规律。所谓“物质是标示客观的实在的哲学范畴，这种客观的实在是在人的感觉中被给与人的，它不依赖我们的感觉而存在着，为我们的感觉所复写、摄影、映写。”〔1〕

物质最基本的属性是运动，没有运动的物质是不存在的，物质是在永恒的不断 的运动中。“人的认识物质，就是认识物质的运动形式，……任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。”〔2〕“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊的矛盾性。因此，对于某一现象的领域所特有的某一种矛盾的研究，就构成某一门科学的对象。”〔3〕物理学是研究自然界中机械、热、电磁、时空和物质基本构造的运动形式以及它们相互联系与转化的科学。物质的这类运动形式是自然界中最普遍、最简单的而且存在于其它复杂的高级运动形式，如化学和生物运动形式之中。如化合包含着电磁过程，能量守恒及转换定律在化学和生物的运动过程中同样是被遵守的。但是，化学和生物过程还有它们的特殊矛盾，故不能归结为物理过程。

（二）物理实验和理论

辩证唯物论指出：科学定律、法则和理论都是客观世界的主观映象。人们可以认识、运用这些规律能动地改造社会和自然，但不能凭主观臆想改造这些规律性。

认识从实践开始，物理学的实践形式是观察和实验。根据一定的目的，利用生产技术提供的科学仪器，就自然的本来面目加以初步的考察就是观察。如向火星发射宇宙飞船并将火星表面情况记录下来，用电波送回地球。

观察只是初步的研究。为了从交织在一起的各种现象中找出主要规律，必须尽可能地排除次要因素，突出现象的主要方面，这就是用实验的方法对现象作进一步的研究。例如，为了研究原子核衰变的对称性，就必须消除外界的影响而要求在极低的温度下实验。

与观察相比，在认识上，实验是一个重大的进步。正是十六世纪产生了实验方法，才把物理现象从自然中分离出来，独立地被研究而建立了物理学。

观察和实验是发展物理学的泉源。但仍处在感性阶段，还未找到联系本质的规律。只有概括观察和实验积累的材料，去粗取精、去伪存真，找出现象间的本质联系才能把认识提高到理性阶段。在物理学中，这个过程是通过假设而实现的。恩格斯指出：“只要自然科学在

〔1〕 列宁：《唯物论与经验批判论》，P156，人民出版社，1953。

〔2〕、〔3〕 毛泽东：《毛泽东选集》第一卷，P283，P284，人民出版社，1967。

思维着，它的发展形式就是假说。”〔1〕

例如1879年发现绝对黑体的热辐射谱，它不能从经典电磁理论得到解释。因此，1900年出现了普朗克假设，这个假设认为辐射体中振子的能量具有分立值而解释了辐射起源，成为近代量子理论的前导。

应当指出，假设不是空想而是在给实验事实作出可靠解释之前，为了概括全部经验材料而作的假定。因此，它是思维的一种形式，只有通过假设才能认识事物的本质，从纷纭复杂的事物中找到客观规律。

假设的真理性标准是实践。当假设能说明全部经验材料并且它的逻辑推论又为实践检验证实以后，就成为可靠的理论。否则就要被修正或抛弃。因此，假设和理论的区别在于前者是探索性的，而后者是比较肯定的。

逻辑推理是物理学发展中从已经得到证实的前提来探索未知事实或理论的一种思维形式，是理论工作的重要手段。例如质能联系定律是从时空相对性原理进行逻辑推理的结果，它的正确性已被广泛的核反应和微观粒子实验所证实。故逻辑推理的真理性标准依然是实践。离开实践的逻辑推理，不论数学推导如何严密与完整，它只能是空洞的“理论”，终将被抛弃。

由于科学和技术水平的限制，从实验所得的定律，只能是近似正确的。即使这个理论在相当广阔的领域中得到实践的证明，也不能得出这个理论普遍适用的结论。只能说，在被实践检验过的领域内，它是可靠的。

具有深刻历史性教训的是关于经典力学的普遍适用问题。在三百年时间内，牛顿力学在天体运动、机械运动和分子运动领域内得到了光辉的成就，于是上世纪有些物理学家认为科学认识到了尽头。一切自然现象都可归结为经典物理学的原理，这种观点相当于哲学上的机械唯物论。但是，上世纪末，发现在接近光速的高速运动领域和微观领域，牛顿力学和经典电磁理论是不适用的。牛顿力学，在高速领域被相对论力学所代替；在微观领域被量子力学所代替。

旧理论被新理论所代替，这是从不完全认识到比较完全的认识过程。在这个过程中，客观真理的因素就会增多。新理论并不排斥旧理论中曾经被实验所证实的部分，往往在新的基本理论中把旧理论的合理部分作为特殊情形而被包括进去。如经典力学就是相对论力学在低速情形下的近似。唯心论把新旧理论的交替作为否定有客观真理的存在是没有根据的。

（三）物理学与生产技术

全部自然科学史证明，自然科学的发展是由生产发展的需要和认识实践的需要所促进的。

在水平低下的农业生产的古代，由于农业生产的需要产生了天文学、水利学和几何学。但由于生产水平和认识水平的限制，对自然的认识只凭表面的粗糙的观察。那个时代，科学带有思辩的性质，哲学与自然科学混在一起。

十六世纪商业资本主义发展以后，由于航海、机械、军事等方面的需要迫使思想家从思

〔1〕 恩格斯：《自然辩证法》，P201，人民出版社，1955。

辩走向实验，于是产生了物理学。经典力学和麦克斯韦电磁理论为其代表，它在三百年的历史时期内闪耀光芒。恩格斯在给施塔尔肯堡的一封信中说：“社会方面一旦发生了技术上的需要，则这种需要就会比十数个大学更加把科学推向前进。”〔1〕

例如，蒸汽机出现后，要求解决最有效地把热变为功的问题，它促进了热力学的发展。十九世纪二十年代，在普遍的形式下研究了热功转换的问题，为提高热机的效率指出了解决问题的途径。近代大生产对于能的巨大需要促进了原子核物理学和太阳能利用的迅速发展。

生产向科学提出问题，但不能代替科学。从发现规律到技术应用有一段复杂的认识过程。生产过程不是某一基本规律的简单重复，而是一种多因子过程。没有排除次要因素的基本研究就不可能找出改革生产过程的症结。另一方面，生产发展还不能不受科学发展水平的限制。核能发现以前，不可能出现核动力电站。基础科学的突破性发展总会引起技术和生产的变革。如本世纪半导体物理学的迅速发展引起了无线电电子学的巨大变革。

由于廿世纪物理学的深入发展，对自然的深入研究需要复杂的实验设备。这些实验设备需要生产部门提供。否则，物理学的发展是不可能的。如近代原子物理和原子核物理学以及高能物理的研究，没有巨大的加速器、无线电遥控设备和高真空技术是不可能获得进步的。

（四）物理学在我国的发展

我国古代劳动人民对世界科学宝库提供了珍贵的宝藏。例如在医学、力学、建筑、水利、纺织、磁学、雕版印刷、火药、陶瓷、天文和数学等方面都有卓越的贡献。但由于长期的封建社会对科学的阻碍、鄙视并没有形成系统的科学体系。在物理学方面也不例外。

春秋战国时代，墨翟对杠杆原理、光的直线传播的性质、平面镜和曲面镜成象以及光的反射都有了初步的认识。在他所著的《墨经》中有较完整的记载，是世界上最早的光学著作。公元十四世纪，元代赵有钦在《革象新书》中对小孔成象，解释月亮的盈亏和日月食等光学现象都有详细的记载。

在磁学方面，战国末期就已经发现了天然磁石吸引铁片的现象。公元一百年左右，根据王充《论衡》的记载，已经利用磁铁矿指南的性质制造了指南针，称为司南。公元九世纪到十一世纪，由于我国航海技术的发展出现了罗盘。在公元1119年朱彧所著的《萍洲可谈》中记有“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”

由于农业需要，我国天文学发展较早，在殷商甲骨文中就有较为严密的历法记载。春秋战国时代，出现了世界上最早的恒星记录《甘石星经》。以后东汉张衡发明的观天仪器，南北朝祖冲之的大明历，都考虑了岁差。郭守敬的授时历以365.2425天为一岁，与实际上地球绕日的周期只差26秒。

元明以后，封建社会走向末期，西方商业资本主义入侵，开始传入西方的科学文化，我国科学技术的发展相形落后。从清末到国民党反动统治时期，我国处于半封建、半殖民地状态，并无独立自主的科学。少数物理学家如吴有训、钱三强、何泽慧、周培源、赵忠尧、饶毓泰等在X射线晶体绕射、铀原子核的三分裂和四分裂、流体力学、 γ 射线的吸收、光谱学方面进行过一些零碎的、孤立的工作。

〔1〕 恩格斯：《致亨施塔尔肯堡》，马克思恩格斯选集，第二卷，P504，人民出版社，1955。

1949年，伟大的中华人民共和国成立以后，从根本上改变了我国的面貌，为我国国民经济、科学文化教育事业的高涨开辟了无限广阔的道路。建国以后，我国物理学的工作集中在原子物理、固体物理、光谱学、无线电物理、电子物理及声学方面。1958年建成重水型反应堆，加速器。在半导体物理方面，半导体器件、激光源和激光技术都有发展。在原子能利用方面制成了原子弹和氢弹。在宇宙空间的征服方面，发射了人造地球卫星。在理论工作中，提出了关于粒子构造的层子模型，从几乎是空白的状态，建立了物理学方面的科学技术队伍。

但我国物理学的发展还没有走在世界的前列。粉碎‘四人帮’后，党中央号召为在本世纪内，全面实现农业、工业、国防和科学技术的现代化，为使我国国民经济走在世界的前列而努力奋斗。

第一篇 空时理论与运动定律

第一章 空时理论

§ 1—1 机械运动 空时概念

宇宙中一切事物都在运动。恩格斯在《自然辩证法》中指出：“就最一般的意义来说，运动是物质的存在的形式，物质的固有属性，它包括宇宙中所发生的一切变化和过程，从简单的位置变动起直到思维为止。”〔1〕近代科学证明，大至恒星，恒星集团（银河系、河外星云）小至电子、光子都在作不停的运动，而静止只是相对的。地球上的河山与万年前不同。恒星也有产生、发展和衰亡的过程。所以“一切的静止，一切的平衡，只是相对的，它们只对某一特定运动形式而言，才有意义。”“没有运动的物质，和没有物质的运动一样，同样是不可思议的。”〔2〕

机械运动是指物体的位置随时间的变化。一切物体都作机械运动。因此，位置变化只有相对于其它的物体来说才有意义。通常，根据问题的性质与研究的对象，选择一个有条件作为不动的物体或物体群作为参考以便确定另一个物体相对于这个物体或物体群的运动。这些物体或物体群称为参照系。例如描述火车、船舶的运动往往以地球作为参照系；描述地球的运动则以太阳作为参照系等等。

同一物体对不同的参照系有不同的描述。例如，静坐在航行着的船舱内的旅客，若以船舱作为参照系，则旅客静止；但以地球上的海港、灯塔作为参照系，则旅客和船以同样的速度运动。

参照系的选择有一定程度的任意性，但并非漫无限制。应当考虑问题的性质和便利，特别在论及运动原因时，选择不同的参照系并非完全等同。例如，火箭升空，对火箭中的物体，选火箭为参照系和选地为参照系，其运动情况和产生运动的原因是不相同的。

空间是与物质运动相联系的。空无所有的空间是不存在的。离开空间，也就没有物质。故空间是物质广延性的存在形式。

既然物质在运动、发展和变化，因此，就有连贯物质运动过程的先后次序，先后次序的连贯性度量就是时间。故时间是物质运动、发展、变化的连贯性的存在形式。

由此可见，空间与时间具有十分重要和基本的意义。但人类认识空间和时间却经历着不同的科学发展阶段。

古代由于丈量田亩的需要建立了“刚尺”的量度标准，并产生了建立在刚尺测量基础上的欧几里得几何学。到十八世纪末叶，曾取从北极到赤道的一条子午线的 10^{-7} 作为1米，但难以把它作为度量标准。1889年第一次国际度量衡会议决定以铂铱合金制成的米原器作为标

〔1〕 恩格斯：《自然辩证法》，P46，人民出版社，1955。

〔2〕 恩格斯：《反社林论》，P65~P66，三联书店，1953。

准。但随着科学技术的发展，它不适用于高精度测量。于是1960年取氪同位素 ^{86}Kr 的橙色光波波长的1 650 763.73倍作为1米。

原则上说，任何周期性过程都可选为计时的标准。最初应用平均太阳日的 $1/86\ 400$ 作为1秒。以后，天文测量发现地绕日和地球自转周期都有微小的变化。于是1967年国际规定铯原子钟振动9 192 631 770次所需时间定为1秒。

二十世纪前的物理学（经典物理学）认为物之长，时间之流逝与任何参照系无关。例如，测一把刚尺的长度，无论静止测或运动时测，都是一样的。测量同一事件所经过的时间，无论在飞船上或地面上测，也都认为相同。但本世纪初发现，经典物理学所建立的时间、空间的基本概念只不过是一种更广泛、更精确理论的近似。上例中，测静止的刚尺长与运动的刚尺长度并不相同；测量同一事件所经过的时间，飞船上所测与地面所测也不相等。长度、时间不再是与参照系无关了，时间空间是互相联系，相互影响的。新的实验发现给基本理论带来了飞跃，同时也无法避免地对自然科学的各个部门，对应用科学、工程理论带来根本性变革，繁荣了廿世纪的科学生产。

我们即将逐步向读者们介绍近代物理的基本概念和方法，并在新的基础上理解经典物理学成就中合乎实际的部分。

§ 1—2 坐标系 质点和运动方程

一旦选定了参照系，对物体的运动就可作确定的描写。为从数量上精确定物体位置的变化和从几何方法描写运动，除了选择适当的参照系外，尚须引入坐标系。坐标系是参照系的数学抽象。常采用直角坐标、极坐标和球坐标。坐标原点放在何处，坐标轴指向何方，完全由研究问题是否方便而定。

若物体的运动使物体上各点运动的性质完全相等时，或者可以忽略物体上各点的相对运动时，就可以近似地略去物体的几何形状和大小而把物体看作是质点。质点运动是最简单的机械运动。

例如研究地绕日运动，不计地球自转时，可把地球看作质点。又如船舶在海洋中决定航行位置时（船舶定位）可把船舶当作质点。但若考察地球自转对海流和贸易风的影响时，就必须考虑地球的大小。又如研究船舶的稳定性、容量、航行阻力时，不但要考虑船舶的大小，而且还需要仔细分析它的形状。这时，质点的概念是不适用的。

当物体可以看作质点时，则它是有质量的几何点。质点在坐标系中的位置可用三个独立坐标 (x, y, z) 给出。质点运动时，它在空间的位置随时间不断变化，在坐标系中描出一条曲线称为轨迹。当轨迹形状是直线时，称直线运动；是曲线时，称曲线运动。

在图 1-1 中，有一质点，初始时在坐标系 $oxyz$ 的 A 点，后来运动到 B ，在空间描出弧形轨迹 \widehat{AB} 。轨迹的长称为运动物体行经的路程。 A 点到 B 点的连线称为距离 \overline{AB} ，它只有数量意

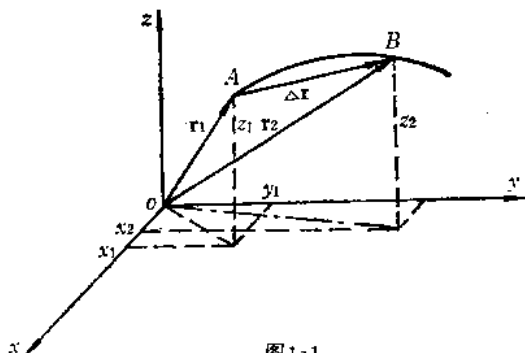


图 1-1