

高等学校教材

(哲学、政教、图书情报、管理及文科有关专业)

物理学 及现代科技概论

钱时惕 编



高等教育出版社

04
8369

928704

高等学校教材

(哲学、政教、图书情报、管理及文科有关专业)

物理学及现代科技概论

钱时惕 编

高等教育出版社

本书是编者在多年文科用《物理学概论》讲义的基础上，经过数次修改而成的。

本书编者认为，文科学生学习物理学应侧重对物理学的基本原理及科学文化精神实质的理解，并培养相应的思维方法和工作作风。而对于物理学中的计算方法与实验技巧一般不作过高要求。为此，本书在编写时对物理学有关内容的选择和处理上，主要突出了物理学基本概念与原理的阐述及有关的哲学分析，并专题阐述了耗散结构与“热寂说”问题、相对论的时空观、亚原子世界的物理问题、宇观世界的物理问题、物理学与新技术的开拓以及现代科技有关的若干问题。本书结构紧凑，文字叙述简练，无复杂的数学推导，在不少地方有独到论述或处理方法。

本书适合高等学校哲学、政教、图书情报、管理及文科有关专业作 54 至 90 学时课程的物理学教材或自然辩证法、自然科学概论等课程的教学参考书；也可供理、工科师生、科技人员、政治教育、行政管理、图书情报工作人员及中学教师等参考。

高等学校教材

(哲学、政教、图书情报、管理及文科有关专业)

物理学及现代科技概论

钱时惕 编

*

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 14.125 字数 350 000

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数 0001—1 065

ISBN7-04-003271-6/O·993

定价 4.60 元

前 言

本书可作为大专院校文科(或交叉学科)如:哲学、政教、图书情报、管理等有关专业学习物理学的教材或教学参考书,也可供各有关方面的读者参考。

文科学生学习物理学,有与理、工科学生学习物理学的不同特点。我们认为,在一定程度上,文科学生是把物理学作为人类文化的一个组成部分而来学习的。他们通过物理学及其他自然科学基础课程的学习,可了解自然科学的基本原理,掌握科学文化的精神实质,建立科学的世界图景并培养与之相应的思维方法和工作作风。因此,文科学生在学习物理学时,应偏重于领会物理学的基本概念、原理、定律的意义,了解物理学在整个科学领域中的地位以及对技术乃至对社会发展的影响,对物理学中的计算方法及实验技巧,一般不作过高要求。基于上述的认识,本书在保持物理学知识体系相对完整性的前提下,对物理学有关内容的选择和处理,与一般物理教科书有很大的不同。例如:

本书在保证经典物理学基本原理完整性的前提下,删节了大量仅具有技术性意义的内容,同时较大幅度地提高了近代物理学及现代科技在全书中的比例,并对物理学的现代发展提供了较为丰富的信息。

本书尽量避免复杂的数学推导与实验的具体叙述,突出对物理学基本概念与原理的阐述,并尽可能说明其哲学意义。

本书在对物理学原理进行阐述的时候,注意到介绍有关重要思想产生与发展的历史背景,并力图做到历史与逻辑的统一。

本书专题阐述了物理学与新技术开拓的有关问题,其中包括历史考察、物理学推动技术进步的机制及奠基于物理学而发展起

来的主要新兴技术的介绍。

本书对物理学知识在教材中所作的如上处理，可以说是一种尝试，是否恰当，还期待着大家的批评。

各位教师在使用本教材时，可根据不同专业教学的要求及学时数，对有关内容作适当的选择与补充。带*部分，是学时不够时可不讲的内容，略去后一般不会影响教材前后内容的连贯性。

本书在编写过程中，曾先后得到张之翔（北京大学）、关洪（中山大学）、张梦心（上海师范大学）、窦育男（西北大学）、刘新喜（中国人民武警技术学院）等教授、副教授的大力支持与帮助。他们曾对原稿进行了认真、仔细的审阅，提出过许多宝贵的修改意见。本书稿就是在他们所提意见的基础上，经多次修改而完成的。另外，河北大学自然辩证法专业研究生李晓为本书各编习题作了解答。对以上各位同志的帮助，在此谨表示衷心感谢，没有他们的帮助，本书达不到现在的水平。

尽管本书是经过多次修改而完成的，但限于本人的教学经验及学术水平，一定还存在不少缺点甚至错误，欢迎有关专家及广大读者批评指正。

编 者

1989. 12. 3

目 录

绪论	1
----	---

第一编 宏观机械运动的物理学原理——牛顿力学基础

第一章 质点运动	6
§ 1-1 运动学的几个基本概念	6
§ 1-2 牛顿运动定律与机械决定论	13
第二章 功和能 机械能守恒	19
§ 2-1 功	19
§ 2-2 动能	24
§ 2-3 势能	27
§ 2-4 功能关系 机械能守恒定律	30
第三章 动量 动量守恒定律	32
§ 3-1 动量 冲量 动量定理	32
§ 3-2 动量守恒定律	34
§ 3-3 关于机械运动的二种量度	37
第四章 角动量 角动量守恒定律	39
§ 4-1 角动量和角动量定理	39
§ 4-2 角动量守恒定律	44
§ 4-3 守恒定律与对称性*	45
第五章 振动与波	48
§ 5-1 谐振动	48
§ 5-2 机械波的形成及有关基本概念	53
§ 5-3 波动的数学描述及波的能量	57

带*部分,各专业可根据需要及教学时间选讲或作为学生阅读材料。

§ 5-4 波传播中的现象及规律	62
§ 5-5 波的干涉	64
§ 5-6 波源运动时对波的频率的影响——多普勒效应	69
复习思考题	70
习题	72

第二编 物质热运动的物理学原理

第六章 热力学基本原理	78
§ 6-1 热力学的系统及状态	78
§ 6-2 对不同形式能量转化问题之研究 热力学第一定律	83
§ 6-3 热力学第一定律对理想气体之应用	88
§ 6-4 热力学第二定律	94
§ 6-5 热力学第三定律	99
第七章 热运动的微观统计理论	100
§ 7-1 分子运动论的基本概念	100
§ 7-2 热力学宏观量的微观解释	102
§ 7-3 分子热运动的统计规律性	107
§ 7-4 热力学第二定律的统计解释	111
第八章 耗散结构理论与“热寂论”问题*	118
§ 8-1 耗散结构理论	118
§ 8-2 “热寂论”问题	122
复习思考题	124
习题	125

第三编 电磁运动的经典物理学原理

第九章 电场	130
§ 9-1 电荷与物质	130
§ 9-2 电荷之间相互作用定律——库仑定律	131
§ 9-3 近距作用与超距作用的争论 电场概念的引入	133
第十章 磁场	143

§ 10-1 磁场概念的引入	143
§ 10-2 磁感应强度	148
§ 10-3 磁场对运动电荷与电流的作用	154
第十一章 电磁场与电磁波	157
§ 11-1 电磁感应基本定律	157
§ 11-2 感生电场的概念	160
§ 11-3 位移电流概念	163
§ 11-4 电磁场方程	165
§ 11-5 电磁波	169
§ 11-6 电磁场的物质性	173
复习思考题	177
习题	177

第四编 相对论——关于空间与时间的物理学说

第十二章 狭义相对论	181
§ 12-1 牛顿的绝对时空观与伽利略相对性原理	181
§ 12-2 相对性原理在电磁现象遇到的问题 迈克尔孙实验	186
§ 12-3 狭义相对论基本原理 洛伦兹变换	190
§ 12-4 相对论力学	201
第十三章 广义相对论简介	205
§ 13-1 广义相对论的基本原理	205
§ 13-2 广义相对论效应*	208
§ 13-3 相对论的时空观	211
§ 13-4 相对论中的相对性与绝对性问题*	214
§ 13-5 双生子佯谬问题*	216
复习思考题	218
习题	219

第五编 量子论与原子结构

第十四章 光量子概念	223
-------------------------	-----

§ 14-1	光的微粒说与波动说的长期争论	223
§ 14-2	光电效应 光子概念之引入	225
§ 14-3	康普顿效应*	229
§ 14-4	关于光的波粒二象性的认识	231
第十五章	原子的结构	233
§ 15-1	原子概念的确立及原子复杂结构的发现	233
§ 15-2	原子的有核结构模型	236
§ 15-3	经典物理在热辐射问题上的佯谬与量子论的诞生	241
§ 15-4	原子光谱的规律	248
§ 15-5	玻尔的原子结构模型	251
§ 15-6	量子化条件	253
§ 15-7	玻尔的氢原子理论	254
§ 15-8	原子结构量子理论的一般图景	258
§ 15-9	原子的电子壳层结构和元素周期律	263
第十六章	电子的二象性及其运动方程	270
§ 16-1	电子的二象性假设及其实验验证	270
§ 16-2	不确定关系	273
§ 16-3	波函数及其物理意义	276
§ 16-4	微观粒子的运动方程——薛定谔方程	278
§ 16-5	有关量子运动几率性质的争论*	280
第十七章	凝聚态物理*	283
§ 17-1	晶体的结构	283
§ 17-2	固体能带论	289
§ 17-3	金属中的电传导	292
§ 17-4	半导体	294
§ 17-5	凝聚态物质的磁性	301
§ 17-6	超导体	304
§ 17-7	非晶态物质	306
	复习思考题	308
	习题	310

第六编 亚原子世界的物理问题

第十八章 原子核中的物理现象	314
§ 18-1 原子核结构 核力	314
§ 18-2 放射性元素及其衰变规律*	317
§ 18-3 原子核的结合能*	320
第十九章 基本粒子的性质及其规律性	325
§ 19-1 基本粒子及其分类	325
§ 19-2 基本粒子间的相互作用	330
§ 19-3 基本粒子间的相互转化	332
§ 19-4 粒子与场的辩证统一*	335
第二十章 基本粒子的结构问题*	337
§ 20-1 对基本粒子结构问题探讨的简史	337
§ 20-2 夸克模型	338
§ 20-3 轻子-层子谱	341
§ 20-4 现代物理学对物质世界统一性问题的认识	342
复习思考题	346
习题	346

第七编 宇观世界的物理问题*

第二十一章 宇宙的结构	351
§ 21-1 宇宙(总星系)的一般图景	351
§ 21-2 牛顿的宇宙模型及其困难	353
§ 21-3 爱因斯坦的宇宙模型	355
§ 21-4 膨胀的宇宙模型	357
第二十二章 宇宙的演化	361
§ 22-1 大爆炸宇宙论	361
§ 22-2 星系的形成	367
§ 22-3 恒星的形成及演化	369
§ 22-4 宇宙的未来	371

复习思考题	374
习题	375

第八编 物理学与新技术的开拓

第二十三章 物理学与新技术开拓的历史考察	379
§ 23-1 历史回顾	379
§ 23-2 物理学推动技术进步的机制	383
第二十四章 二十世纪的新兴技术*	386
§ 24-1 核能技术	386
§ 24-2 电子技术	389
§ 24-3 激光技术	398
§ 24-4 超导技术	412
§ 24-5 信息技术	415
复习思考题	420
结束语	422

附 录

1. 物理学基本常数	424
2. 物理学常用计量单位及其换算	424
3. 物理学发展大事年表	426
4. 诺贝尔物理学奖一览表	430
参考书目	434
习题解答	436

绪 论

一、物理学的研究对象及其性质

物理学研究的对象主要是：

1. 宏观物体(其尺度一般大于 10^{-6} 米)的机械运动；
2. 物质的热运动；
3. 电磁运动；电磁场运动以及带电粒子与电磁场的相互作用；
4. 微观客体(其尺度一般小于 10^{-6} 米，包括原子、原子核、质子、电子等层次)的量子运动；
5. 天体及天体系统的运动。

上述这些运动形态，总称为物理运动。在自然界多种运动形态之中，物理运动是最基本、最普遍的。

说它普遍，因为这些运动形态遍及宇宙万物各种物质(天体、地球、原子、分子、光、动物、植物、……直至人脑)的运动之中。说它基本，是由于在这些运动的基础上，形成了更复杂、更高级的科学的、生命的、宇宙的、乃至社会的运动形态。由于物理运动的基本性及普遍性，使研究这种运动规律的物理学成为各门科学技术的重要基础。

物理学是一门以实验事实为基础的科学。其研究方法一般如下：

1. 首先，通过观察或实验取得大量的实验数据及结果。
2. 其次，在实验现象的基础上，通过理论思维而形成概念与原理。
3. 以概念与原理为基础，通过逻辑演绎或数学运算推出一系列可供检验的结论。

4. 把所得结论再与实验进行比较。若与实验结果相符,则说明所形成的概念及原理是可行的;若与实验结果发生差异或矛盾,则要求修改有关概念或原理,甚至完全予以推翻。

因此,物理学的理论体系,是一种由实验事实及有关概念、原理所组成的自洽的逻辑系统。

二、物理学发展的历史阶段及其意义

物理学是一门有着悠久历史的科学。早在古代,人们在生活及生产实践中,就积累了一些物理知识。古希腊的亚里士多德(公元前384—322)曾经写过《物理学》一书,叙述了当时人们对有关物体运动的认识。

古代的物理学知识,主要依赖直观与思辨,缺乏严格的实验检验。物理学真正成为一门严格的科学,是随着实验方法之引入与数学运算之应用而确立的。它经历了以下几个主要发展阶段:

1. 牛顿力学与热力学的建立与发展。它出现在17、18世纪,对于蒸汽机、热机、机械工业的发展起了巨大的推动作用。

2. 经典电磁理论的建立。它出现在19世纪,引起了工业电气化、无线电通信等的出现,使人类进入了应用电能的时代。

3. 相对论与量子论的建立,它使人类的认识深入到原子及原子核的内部。在此基础上,引起了原子能、半导体、计算机、激光……等新技术的出现,推动了量子化学、分子生物学、量子生物学及现代宇宙学等新学科的出现。这些发生在20世纪上半叶。

目前,物理学正在探索与研究亚核世界的粒子以及宇观世界的天体运动规律。如果在向物质结构这一更深、更广的层次进军取得成功的话,必然对自然科学和技术科学的发展产生巨大的、目前还难以想象的影响。本书所列举的一些现代科技前沿问题,只是这一历史性进军中的一瞥。

物理学作为一门科学,除了通过物化的过程^①,对人类的物质

^① 物化的过程指把科学知识转化为物质设备、产品以及物质手段等的过程。

生活产生巨大的影响之外,还应看到,它是人类文化的一个重要组成部分。特别是,自牛顿时代以来,物理学一直在自然科学中占主导地位,物理学以其对客观世界的结构及运动规律朴实而顽强的探求,成为世界文化中一个有重要影响的组成部分,对社会生活方式及思维方式的进步,作出了并将继续作出积极的贡献。

物理学研究的规律具有很大的基本性与普遍性,物理学与研究自然、社会、思维世界的普遍规律的哲学有着格外密切的关系。恩格斯、列宁都曾从当时物理学发展所提供的材料中吸取营养,建立与发展了马克思主义的哲学观点。当某些资产阶级的哲学家利用电子、放射性……等物理学的发现来攻击唯物主义哲学原理时,列宁曾给予了有力的批判与驳斥,并卓有预见地指出:“现代物理学是在临产中;它正在产生辩证唯物主义”^①。

物理学在其发展过程中还表现出一种对科学美——理论的对称性、逻辑简单性、自洽统一性——的追求。因此,物理学与文学艺术在一种迥然不同的形态上也相互呼应着。

因此,对于哲学、管理科学、社会科学、人文科学等专业的大学生来说,学习必要的物理知识将会对自己的文化素养,特别是思维方法和科学作风的训练大有裨益,有利于把自己培养为社会主义祖国所需要的建设人材。

^① 列宁:《唯物主义与经验批判主义》,第320页,人民出版社,1956年版。

第一编 宏观机械运动的 物理学原理—— 牛顿力学基础

引 言

在物质世界多种多样的运动形式中,最简单、最普遍,因而人们最早研究的一种运动形式是物体之间的位置变化。一个物体相对于其它物体或物体的一部分相对于其它部分的位置变化,这样一种运动形式称为机械运动。天体的运行、小球的滚动、飞机的飞行、河水的流动、地壳的形变、声音的传播……都是常见的机械运动的例子。研究物体机械运动规律的学科,称为力学。

由于机械运动是最简单、最普遍的一种运动形式,人们在日常生活及生产实践中都经常接触它,对它的认识也最早。古代的中国、埃及、巴比伦、希腊的人民就曾总结了大量有关力学的基本知识,创造发明了不少利用力学原理的简单机械,完成了许多著名的工程建筑,开发了自然界,推动了生产力的发展。虽然古代有关力学的知识十分丰富,但是力学成为一个完整系统的理论学科,则是在17—18世纪实现的。在这个时期,力学之所以发展成为一种系统的完整的理论,有以下三个方面的原因:

1. 15世纪以来,资本主义在欧洲蓬勃地发展起来,当时航海、纺织、建筑、交通、机械制造工业得以优先而迅速地发展,在这些生产活动过程中,人们提出了大量的力学问题。同时,由于生产

的发展,为科学研究提供了必要的物质条件与实验手段。

2. 文艺复兴运动以来,科学家注意运用实验的方法来进行自然现象的研究。伽利略曾在自己家里建立了一个工作室,进行了多种物理实验研究。但伽利略没有从理论上阐明实验方法的意义,这一工作是由伽利略的同时代人——培根完成的。培根坚持反对经院哲学的研究方法,提倡认识自然现象及其规律的经验(实验)方法。为此,马克思称赞他是“整个现代实验科学的真正始祖”^①。由于人们把力学理论研究与实验工作结合起来了,因而推动了力学的迅速发展。

3. 运用了新的数学方法,这就是微积分,或称数学分析。这使许多复杂的力学现象,都能找到相应的数学方程,并能给出严格或近似的解答,使理论结果与观察到的现象、或实验的结果可以进行比较,这有力地推动了力学理论体系的完成。

19世纪末叶以来,随着生产和科学实验的不断进步,出现了一些新的学科领域。这是经典力学体系所不能包容的。旧的经典力学所研究的仅是由大量原子所组成的宏观物体(如机器、车辆、天体之类),并且物体运动的速度远比光速(3×10^8 米/秒)小得多。当人们研究到分子、原子层次以下的微观世界或近于光速的高速运动物体时,发现经典力学的规律已不适用了,需要建立新的力学体系,这一内容将在第四、五篇中介绍。本篇仅限于讨论宏观物体的机械运动的物理学原理,即牛顿力学。

① 《马克思恩格斯全集》,第二卷,第163页,人民出版社,1957年。

第一章 质点的运动

质点是指那些在运动中可以看作一个点的物体。实际的物体当然都有大小、形状,但是在许多情况中,所要研究的问题并不需要考虑物体的大小、形状,或者其大小及形状的影响可略而不计,此时就可以把这个物体看作一个质点。上述把物体作为一个几何上的点来处理的方法,是一种理想模型的方法,在数学上是最方便的。不过需要认识到,它不同于一个纯粹的点,它仍具有质量、能量、动量等各种物理属性。

在这一章中,我们要讨论作为质点的物体(以后,凡未加特殊说明的物体,我们均按质点对待)的运动,其中包括运动学及动力学两个部分。质点虽然只是一种理想情况,但通过对质点运动的研究,可以揭示力学运动的基本概念与基本定律,从而达到对机械运动基本规律的理解;而各种复杂的力学运动,则可以此为基础作进一步的描述。

§ 1-1 运动学的几个基本概念

一、参考系

运动学描述物体的位置变化。

物体位置的描述总是相对于另一物体而言的,那么,作为比较标准的另一个物体可称为参考系。对运动的描述,也是相对于参考系而言的。一个站在航行着的船上的人,以船为参考系,它的位置不变;但以岸为参考系,则船的位置在变化,人的位置也随着在变化。船上一物体下落,船上的人看它是垂直下落的;而在岸上的人看,它是沿着抛物线下落的。因此,物体是运动还是静止,运动是快还是慢,运动的轨迹是直线还是曲线,从不同的参考系来看,