

高等工业专科学校试用教材

物 理 学

上 册

江苏省《物理学》编写组

江苏教育出版社

高等工业专科学校试用教材

物 理 学

上 册

江苏省《物理学》编写组

江苏教育出版社

本书是为高等工程专科学校（三年制）编写的物理教材。全书分上、下两册，上册内容为力学、振动和波、波动光学、热学基础。下册内容为电磁学、狭义相对论、波和粒子。各章均附有内容提要、问题和习题。

本书按讲授100学时编写，可作为高等工程专科学校和职业大学各类专业的物理教材，也可用作职工大学的物理教材。本科院校的有关专业也可选作教材或教学参考书。

高等工业专科学校试用教材

物 理 学

上 册

江苏省《物理学》编写组

江苏教育出版社出版

江苏省新华书店发行 丹阳人民印刷厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张14.5 字数316,600

1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

印数1—11,300

书号 7351·217 定价 2.10 元

责任编辑 朱宝栋

前 言

近年来，高等工程专科教育得到了很大的发展，但三年制专科学校没有适用的物理教材，一直借用本科教材，学时少、内容多的矛盾较为突出。为此，江苏省高教局于一九八三年八月组织有关学校的教师成立了物理教材编写组。经过一年多的工作，完成了本书的初稿。初稿曾在盐城工专、南通纺专和常州工业技术学院的部分班级中试用。

全书分上、下两册，上册共有七章：运动和力、守恒定律、刚体的转动、机械振动、机械波、波动光学和热学基础。下册共有五章：电场、磁场、电磁感应、狭义相对论及波和粒子。

本书是供高等工程专科学校使用的教材，编写时尽量注意体现专科的特点和要求。在教材内容的处理方面，删去次要的内容以突出重点，注意与中学物理课程的衔接，并避免与后继课程的重复。在内容的阐述方面，强调建立物理模型和分析、研究物理现象的方法；注意培养学生的抽象思维、综合分析问题和探索创新的能力。在教材的体系方面，也作了一些变动，把波动光学放在振动和波后面讲授，这样，学生在学完机械振动和机械波后，紧接着就学习波动光学，联系较为紧密。鉴于光学在生产技术中的应用日趋广泛，波动光学的内容有所增加。在本书中，还将气体分子运动论和热力学合并成熟学基础一章，并增加了有关熵的内容。

本书按讲授100学时编写，有些内容用小字排印，或冠以

“*”号教师可根据专业需要进行选择。如删去这些内容，也不影响全书的系统性。

本编写组由钱大钟(南通纺专)负责，参加编写工作的还有：常州工业技术学院(王宝光、施龙华、张受地)、扬州工专(李寿松、林鸿祺、沈汉西、何曼妮)、盐城工专(周圣源)、南通纺专(俞有遂)、无锡大学(荣增仁、诸欣欣)、连云港矿专(陈授伍)。并由钱大钟、王宝光、李寿松定稿，周圣源也参加了部分定稿工作。

本书由南京工学院恽瑛、曹恕、颜兴滂主审，他们对教材的体系、内容的取舍和深广度等方面提出了许多宝贵意见。对他们的热心指导和帮助，编者借此向他们表示谢意。

由于编写时间仓促，编者水平有限，书中一定存在不少错误和不妥之处，敬请使用本书的教师和读者批评指正。

江苏省《物理学》编写组
一九八五年三月

绪 论

自然界是由运动着的物质组成的。我们周围的一切，从尘埃、微生物到宇宙中的天体，从无线电波、可见光到 γ 射线都是物质*。物理学是以物质的基本结构、相互作用和运动形态作为研究对象的。物理学的目的是认识物质运动的普遍规律，揭示物质的内部结构，运用物理学的研究成果去改造世界，促进科学技术的发展，推动社会生产力的提高。

所有物质都处于不断的运动和变化之中，物质的运动形式是多种多样的，物理学研究物质最基本、最普遍的运动形式。力学是研究物体机械运动规律及其应用的学科。由于生产实践的需要，在物理学的各个分支中，力学是发展较早的一个分支。十八世纪，牛顿力学已发展到较高的水平。热学是以热现象作为研究对象的。热现象与组成物质的大量分子不规则运动有关，大量分子组成的体系的行为遵循统计规律。电荷的运动及其引起的现象叫做电磁运动，电磁运动是电磁学的研究对象。电磁场是和电荷的运动联系在一起的，电磁波是电磁场在空间的传播；光也是一种电磁波。光学的研究对象是光的产生和传播，光的本性以及光与物质的

* 这里我们沿用了一般普通物理教材中的观点。然而，也有许多物理学家认为：自然界是由物质和辐射组成的。有静止质量的如原子、分子组成的物体叫物质；而没有静止质量的如电磁波，不叫物质，叫做辐射。

相互作用等。十九世纪末，物理学的各分支都相继得到了发展，经典物理的理论体系已经完成并取得了很大的成就。但另一方面，经典物理学在解释某些实验事实时，遇到了不可克服的困难，这样便导致了相对论和量子力学的诞生。二十世纪初产生的狭义相对论指出：牛顿力学是在物体低速运动（速度远小于光速）情况下适用的力学理论。对于速度接近光速的高速运动物体，物体的质量、长度和时间都与物体的运动状态有关。相对论把牛顿力学作为一种近似纳入它的理论框架之内。也是在二十世纪初，从黑体辐射的量子理论、光和实物粒子的波粒二象性出发，通过实验和理论研究建立了量子力学，量子力学已成为揭示微观世界运动规律的有力工具。

物理学是以观察和实验为基础的，实验是研究物理学的重要手段，没有精密的实验设备和实验技巧，现代物理学不可能取得今天这样的成就。当然，实验不是研究物理学的唯一手段，理论研究也是十分重要的。根据研究对象提出模型，把已经取得的观察和实验中积累的资料、数据和实验定律应用于所建立的模型，通过逻辑推理和数学分析建立物理理论。用这样得到的理论可以解释一定范围内的一些物理现象，或者预测某种还没有发现的新现象的存在，人们还可以用新的理论设计实验，通过实验来验证模型的正确性和它的适用范围，根据实验的结果再对原来的模型进行修改和补充，使理论更加完善。如果实验的结果和理论相矛盾，就应该修改甚至放弃原来的模型，建立新的模型，发展能够符合实验事实的新理论。

物理学研究的对象决定了物理规律的普遍性，它是其它自然科学的基础，也是工程技术的基础。生产技术的需要推动了物理学的建立和发展，而物理学的发展，物理理论的建

立，实验技术的提高，使技术不断进步，促进了社会生产力的发展。蒸汽机的发明和在生产中的应用，产生了提高热机效率的需要，这就推动了热力学的建立和发展。在热力学理论的指导下，蒸汽机、内燃机迅速发展并完善起来。十九世纪，在法拉第电磁感应定律和麦克斯韦电磁理论的指导下，制成了电机和电讯设备，实现了工业电气化。蒸汽机、内燃机、发电机和电动机的广泛使用，基本上代替了人力和畜力，引起了工业生产的革命，本世纪三十到四十年代，随着相对论和量子力学的建立，人们对物质结构层次的认识，深入到了原子核的内部，人类掌握了原子核能，进入了原子能时代。量子力学的研究成果直接促进了半导体和激光技术的发展。自1948年制成第一个晶体管以后，电子器件的新品种层出不穷，电子计算机获得了迅速发展和广泛的应用。六十年代初激光器出现后，不久就在生产中得到了应用，预计不久以后，电子计算机特别是微型机、激光和光导纤维、智能机器人等新技术在经济生产和人类生活的各个方面将得到越来越广泛的应用，对生产技术和人类生活将产生深远的影响，导致工业生产发生新的革命，推动社会生产力出现新的飞跃。

物理学是工科院校的一门基础课程，通过物理课程的学习，不仅要掌握物理学的基本概念和基本理论，而且要在实验能力、计算能力和抽象的科学思维能力方面进行严格的训练。具备物理学的基础理论知识和上述能力是十分必要的，因为工业技术虽然门类繁多，专业要求也各不相同，但一般都以物理学作为基础。学好物理学，掌握了一定的物理基础理论、实验技能和能力就为学好专业技术创造了良好的条件，而且在以后的工作实践中能比较容易地适应各种需要，

通过学习不断更新知识，掌握新技术，提高业务水平，为社会主义建设作出应有的贡献。

目 录

绪论	1
第一章 运动和力	1
1—1 质点 参照系	3
1—2 速度 加速度	8
1—3 圆周运动	20
1—4 相对运动	29
1—5 牛顿运动定律	32
1—6 牛顿运动定律应用举例	41
提要	49
问题	52
习题	53
第二章 守恒定律	59
2—1 动量 动量原理	59
2—2 动量守恒定律	65
2—3 功 动能 动能原理	71
2—4 势能 保守力和非保守力	77
2—5 功能原理 机械能守恒定律	86
*2—6 碰撞	92
提要	98
问题	100

习题	101
第三章 刚体的转动	105
3—1 刚体的平动和转动	106
3—2 力矩 角动量 转动惯量	107
3—3 角动量原理 角动量守恒	116
3—4 转动定律	124
3—5 力矩的功 转动动能	129
3—6 经典力学的适用范围	136
提要	138
问题	139
习题	140
第四章 机械振动	146
4—1 简谐振动的基本特征	147
4—2 简谐振动的特征量	153
4—3 简谐振动的矢量图法	164
4—4 简谐振动的能量	169
4—5 简谐振动的合成	172
提要	187
问题	190
习题	192
第五章 机械波	196
5—1 机械波的产生和传播	196
5—2 平面简谐波的波动方程	207
5—3 波的能量 波的强度	218

5—4	波的干涉 驻波	221
*5—5	多普勒效应	233
	提要	237
	问题	239
	习题	241
第六章	波动光学	246
6—1	光的电磁理论	248
6—2	光的相干性	254
6—3	分波阵面干涉	259
6—4	分振幅干涉	266
6—5	光的衍射	284
6—6	单缝衍射	287
6—7	衍射光栅	297
6—8	圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	307
6—9	光的偏振	312
6—10	反射和折射时的偏振	316
6—11	双折射	319
*6—12	偏振光的干涉	324
	提要	332
	问题	336
	习题	338
第七章	热学基础	343
7—1	平衡态 准静态过程	344
7—2	热力学第一定律	351
7—3	理想气体的微观描述 理想气体的	

压力和内能·····	367
7—4 麦克斯韦速率分布律·····	378
7—5 分子平均碰撞频率和平均自由程·····	387
7—6 熵 可逆过程 不可逆过程和熵·····	391
7—7 卡诺循环 热机的效率·····	407
7—8 热力学第二定律·····	414
提要·····	420
问题·····	424
习题·····	427
附录一 矢量 ·····	433
习题答案 ·····	444

第一章 运动和力

物体在空间的位置变化称为机械运动。这种变化是一个物体相对于另一个物体的位置变化，或者是一个物体的某些部分相对于其它部分的位置变化。机械运动是物质运动最简单的和最基本的形式。力学就是研究机械运动的规律及其应用的学科。

力学是自然科学中发展最早的学科之一，这一方面由于物体的机械运动最简单、最直观；另一方面也因为即使在人类原始的劳动中，都自觉或不自觉地应用着力学规律。我国战国时代的墨翟（约公元前468—376）和他的弟子所著的《墨经》中，就记载有力的定义、杠杆平衡等方面的内容。它可以说是世界上研究力学现象最早的记录。在埃及、古希腊、巴比伦等国，古代劳动群众在生产实践中也积累了不少力学知识，特别是静力学知识。但在漫长的、黑暗的封建统治下，生产发展缓慢，自然科学的发展也受到严重的阻碍。

力学发展成为一门系统的独立科学，开始于十六到十七世纪。这时在欧洲资本主义生产得到了发展，航海、纺织、机械制造等事业发展的需要，促进了天文学和力学的迅速发展。而且在研究方法上，由于生产技术的发展，提供了很多有效的实验工具，观察和实验的科学方法逐步建立起来了，这就有力地促进了力学规律的发现，特别是动力学规律的发现。这样，经过许多科学家，主要有伽利略（Galileo，1564—1642）、惠更斯（Huygens，1629—1695）等人的

努力，建立了力学的实验基础。到了十七世纪后期，力学在理论上也已具备重大突破的条件。

经典力学之所以能成为一门结构严密、系统完整的科学，是由于牛顿（*Newton*, 1642—1727）的伟大贡献。牛顿继承前人和同时代人的科研成果，加上自己的发展和创新，总结出三条运动定律，并于1687年发表在他的名著《自然哲学的数学原理》中。牛顿自己说过：“如果我比别人看得远些，是因为我站在巨人肩上的缘故。”这些巨人中，首先要推伽利略。

牛顿第一定律是继承和发展了伽利略的成果。伽利略根据斜面实验发现了水平方向的惯性运动，而牛顿则把它扩大到任意方向。牛顿第二定律也是继承和发展了伽利略的工作。伽利略纠正了古希腊哲学家亚里斯多德（*Aristotle*, 公元前384—342）力与速度有关的错误见解，指出力与加速度有关，而与速度无关。但是他没有进一步弄清力和加速度究竟以什么关系联系在一起，牛顿解决了这个问题，指出力和加速度之间需要有质量这个媒介。牛顿第三定律的发现主要归功于他本人。

牛顿运动定律是质点力学、质点组力学、刚体力学、流体力学和弹性力学的基础，也是研究机械振动和机械波的基础。整个经典力学都是以牛顿运动定律为基础建立起来的。牛顿运动定律也有其局限性（见3—6节），只适用于宏观物体的低速（远小于光速的速度）的机械运动，高速（速度接近光速）物体的运动要用相对论力学，微观粒子（原子、分子、粒子）的运动要用量子力学。

本书力学部分共有五章，第一章、第二章讨论质点力学，第三章讨论刚体力学，第四章、第五章研究机械振动和

机械波。第一章着重阐明两个问题。第一研究物体位置随时间的变化规律，但不涉及引起变化的原因，称为运动学。主要内容为：位移、速度和加速度等概念，圆周运动和相对运动等。第二研究物体间的相互作用，以及这种相互作用所引起物体运动状态变化的规律，称为动力学。主要内容是牛顿运动定律及其对质点运动的初步应用。

1—1 质点 参照系

一 理想模型——质点

研究任一物理现象，将会发现某些因素起决定性的作用，而另一些因素只起次要的作用。例如，在地球绕太阳的运行问题中，起决定性作用的是太阳对地球的引力，而月亮或其它行星对地球的引力则是次要因素。

分析问题时，如果不分轻重地考虑一切因素，这样非但不能得到最精确的结果。相反地，对最简单的物理现象的分析研究也将成为不可能了。

科学抽象方法是根据问题的内容和性质，抓住主要因素，撇开次要因素，建立一个与实际情况差距不大的理想模型来进行研究。用适当的抽象模型代替实际对象，这不是脱离实际，而是使人们更深刻地抓住问题的本质。列宁说过：“…一句话，一切科学（正确的、郑重的、非瞎说的）抽象，都更深刻、更正确、更完全地反映着自然。”

力学中一个极其重要的理想模型是质点模型。当研究物体的某一运动时，如果物体的大小和形状可以忽略时，就可把物体当作是一个有一定质量的点，这样的点就叫做质点。

例如，研究地球绕太阳公转时，由于地球至太阳的平均距离（约 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$ ）比地球的半径（约 6370 km ）大得多，地球上各点相对太阳的运动可以看作是相同的，所以在研究地球公转时，可以把地球当作质点。应当指出，把物体当作质点是有条件的、相对的，而不是无条件的、绝对的。在研究地球本身自转时，虽然研究对象还是地球，地球各点的运动情况就大不相同，这时就不能再把地球当作质点处理了。

几百年来，人们对天体运动的研究证明，把天体看成质点能够正确地解决不少问题，所以把物体看作质点的抽象方法是有很大的实际意义的。从理论上来说，研究质点的运动规律也是研究物体运动的基础。因为我们把整个物体看作无数个质点组成，从分析这些质点的运动入手，就有可能了解整个物体运动规律。本书第一、二两章都是把物体当作质点来处理的。

质点只是理想模型的一个例子，以后还要讲到刚体、理想气体、点电荷等理想模型，其道理都是一样的。

二 参照系

宇宙间任何物体都在永恒不停地运动着，绝对静止的物体是没有的。例如放在桌上的书看起来是静止的，但它却随地球一起绕太阳运动。太阳也不是不动的，太阳相对于银河系中心的速度约为 $3 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，银河系则在总星系中旋转。无论从机械运动来说，还是从其它运动形式来说，自然界中的一切物质都处于永恒运动之中。恩格斯说过：“运动是物质的存在方式，无论何时何地，都没有也不可能没有运动的物质。”这就是运动的绝对性。