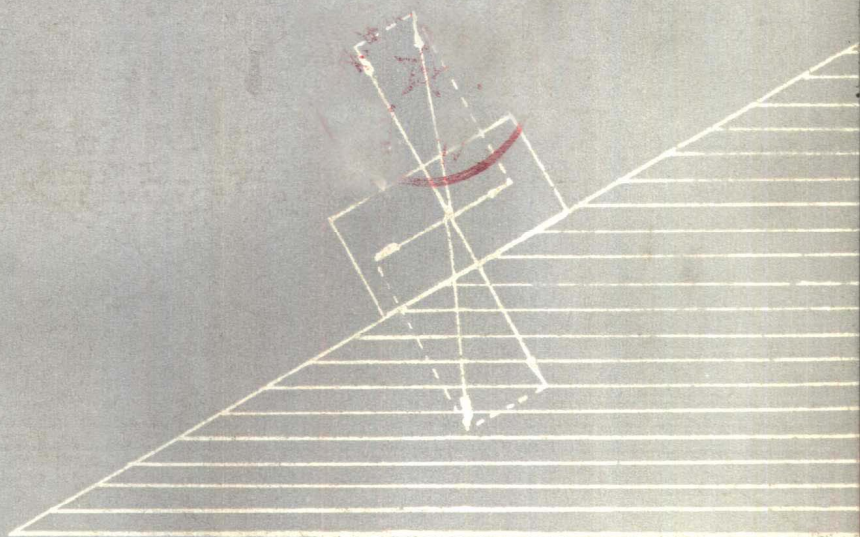


力学简明教程

罗蔚茵 编 著



中山大学出版社

力学简明教程

罗蔚茵 编著

中山大学出版社

力学 . 教程

罗蔚茵 编著

•

中山大学出版社出版

广东省新华书店发行

广东韶关新华印刷厂印刷

大32开本 16印张 350,000字

1985年7月第1版 1985年7月第1次印刷

印数1—10,000册

书号: 13339·9 定价: 3.10元

内 容 简 介

本书是根据高等学校理科教材《力学》教学大纲编写的。全书共六章：质点力学、动量与能量、刚体力学、流体力学、振动与波、相对论力学。

本书具有“简而明”的特色，取材比较精练。在叙述方法上着重建立物理图象，避免过于数学化；特别注意指出容易混淆的概念问题。

为了适应不同读者的需要，本书除了大纲要求的基本内容外，每章均附有“选修课题”和“自学指导”。

本书可作大专院校理、工、农、医各科《力学》教材；可供电大、中专师生参考；也适合自学者学习之用。

编者的话

本书是根据中山大学物理系多年使用的自编《力学》教材，参照1980年高校理科物理教材编委会审订的物理学专业《力学》教学大纲而编写的。全书分六章，包括质点力学，动量与能量，刚体力学，流体力学，振动与波，相对论力学等。所需教学时数为60至70节。

本书力图编成具有“简而明”的特色，注意按照当前学科发展的需要来提炼和更新教材内容。避免取材庞杂、叙述过细以及与中学物理不必要的重复，以便留有更多的余地供任课教师去发挥不同的教学风格。同时，注意了防止叙述方法上过于数学化，着重于培养读者的物理分析能力和建立物理图象。对于基本概念，编者根据多年讲授力学课的教学实践，有针对性地作精练的分析，特别注意指出概念中容易混淆的问题。

本书还试图从教材方面体现因材施教和增强学生的适应能力，在内容安排上明确分为两个层次，除按大纲要求的基本内容外，每章还编入若干选修课题，供水平较高或准备攻读研究生的读者参考。相应地，除了基本练习外，还选编了难度较大的选作题（主要选自国内外研究生入学试题）。这样，对大多数学生来说，只要求掌握基本内容而不致于负担过重，同时又能满足不同程度读者的要求。

此外，本书希望能有利于提高学生的自学能力和启发学生的探索精神。各章皆附有自学指导，内容包括复习提要、思考

题、例题分析、基本练习及其选解或答案提示，并附有详细的参考资料索引等。我们希望读者能恰当地使用这些自学指导，主动研究问题和积极阅读参考资料，不要过分依赖课堂讲授，不能局限于只读一本教材，特别要反对不求甚解去照抄题解，这样才有可能提高自学能力。

本书承蒙李华钟、廖华扬、莫党、谢楠柱等教授的审阅和推荐，并由郑庆璋副教授详细校审。在此谨致以衷心的感谢。由于编者水平所限，不当之处在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

1984年10月于中山大学

目 录

第一章 质点运动的基本规律	1
§ 1.1 机械运动的描述	1
一、运动的绝对性和相对性	1
二、时间和空间的计量	4
三、质点运动状态的描述	8
§ 1.2 直线运动	10
一、平均速度和瞬时速度	10
二、平均加速度和瞬时加速度	11
三、变速运动所走过的距离	12
§ 1.3 牛顿运动定律	15
一、牛顿第一定律	15
二、牛顿第二定律	16
三、牛顿第三定律	18
§ 1.4 力和质量	20
一、力是物体间的相互作用	21
二、机械运动中几种常见的力	22
三、惯性质量与引力质量	28
四、质量和力的计量	30
§ 1.5 曲线运动	34
一、曲线运动中的速度问题——“以直代曲”	34
二、匀速率圆周运动的加速度	35

三、一般曲线运动的加速度——“以圆代曲”	38
四、曲线运动中的作用力	41
五、用直角坐标投影法解曲线运动问题抛体运动	42
§ 1.6 力学相对性原理	46
一、惯性参照系	46
二、力学相对性原理	47
三、惯性力	48
§ 1.7 经典力学的局限性	52
一、经典力学的适用范围	52
二、“绝对时空观”的错误	53
本章选修课题	
一、关于空间测量和时间计量的进一步讨论	56
二、惯性参照系与马赫原理	60
三、重力、重量和失重	64
四、科里奥利加速度和科里奥利力	67
本章自学指导	
一、复习提要	71
二、思考题	72
三、例题分析	74
四、基本练习	81
五、选作题	86
第二章 机械运动中的动量和能量	89
§ 2.1 动量定理	90
一、动量和动量定理	90
二、物体系(质点组)的动量定理	94

§ 2.2 动量守恒定律	96
§ 2.3 功和动能定理	102
一、机械功的概念	102
二、动能定理	107
三、物体系的动能定理	110
§ 2.4 物体系的势能	111
一、保守力与非保守力的功	111
二、势能和势能曲线	115
§ 2.5 机械能守恒定律	120
§ 2.6 碰撞问题	123
一、完全弹性碰撞	124
二、完全非弹性碰撞	126
三、非(完全)弹性碰撞	127
四、碰撞截面(散射截面)	128
本章选修课题	
一、机械运动的两种量度	131
二、三种宇宙速度	134
三、不同惯性参照系之间的动能及动能定理	136
四、作用力和反作用力的功	139
本章自学指导	
一、复习提要	142
二、思考题	142
三、例题分析	145
四、基本练习	152
五、选作题	156
第三章 刚体运动的基本规律	160

§ 3.1 刚体运动的描述	160
一、刚体的基本运动	161
二、角速度和角加速度	162
三、匀角加速转动的规律	162
四、角速度矢量	163
五、刚体上任意一点的速度和加速度	164
§ 3.2 刚体的质心运动规律	165
一、刚体的平动规律	165
二、刚体的质心	166
三、刚体的质心运动规律	168
§ 3.3 刚体绕固定轴转动的规律	169
一、力矩和力偶	169
二、刚体绕固定轴转动定律	173
三、转动惯量	176
四、平行轴定理和正交轴定理	179
§ 3.4 刚体运动的动能	182
一、刚体绕固定轴转动的动能	182
二、刚体一般运动的动能	183
§ 3.5 角动量和角动量守恒定律	185
一、角动量和角动量定理	185
二、角动量守恒定律	186
§ 3.6 刚体的平面平行运动	188
一、刚体平面平行运动的基本方程式	188
二、刚体的滚动	189
三、打击中心	192

本章选修课题

一、有限(角)转动不是矢量	194
二、角动量和角动量守恒的进一步讨论	196
三、回转效应	201
四、瞬心可以作为描述刚体运动的选定中心吗?	203
五、物质的弹性	208
本章自学指导	
一、复习提要	212
二、思考题	213
三、例题分析	215
四、基本练习	223
五、选作题	227
第四章 流体力学	233
§ 4.1 静止流体内的压强和压强	233
一、压强 静止流体内的压强	233
二、静止流体内两点的压强差	236
§ 4.2 理想流体的稳定流动	237
一、理想流体的概念	237
二、稳定流动 流线和流管	238
三、理想流体的连续性方程	240
§ 4.3 伯努利方程及其应用	241
一、伯努利方程的推导	241
二、伯努利方程的应用	243
§ 4.4 流体的反作用及其应用	247
§ 4.5 粘滞流体的运动	248
一、流体的粘滞性	249
二、泊肃叶公式和斯托克斯公式	251

三、片流和湍流 雷诺数	253
本章选修课题	
一、描述流体运动的拉格朗日法和欧拉法	256
二、泊肃叶公式的推导	258
三、空气动力学简介	261
本章自学指导	
一、复习提要	266
二、思考题	266
三、例题分析	268
四、基本练习	271
五、选作题	275
第五章 振动与波	278
§ 5.1 简谐振动	278
一、简谐振动的运动学规律	278
二、简谐振动的周期、频率与圆频率	282
三、简谐振动的固有频率	283
四、简谐振动的振幅和初位相	286
五、简谐振动的振幅矢量图示法	287
六、简谐振动的能量	288
§ 5.2 阻尼振动和自持振动	290
一、阻尼振动	290
二、自持振动	294
§ 5.3 受迫振动和共振现象	295
一、受迫振动	295
二、共振现象	297
三、受迫振动与强迫力的位相关系	300

§ 5.4 振动的合成和分解	301
一、同方向同频率简谐振动的合成	302
二、同方向不同频率简谐振动的合成 拍	305
三、垂直方向同频率简谐振动的合成	307
四、垂直方向不同频率简谐振动的合成	310
五、振动的分解	312
5.5 波与波动方程	315
一、波 纵波与横波	315
二、波的几何描述	317
三、波的频率、传播速度和波长	318
四、简谐平面波的波动方程(波函数)	321
§ 5.6 波的能量密度和能流密度	324
一、波的能量和能量密度	325
二、波的能流密度	328
三、声强和声强级	331
§ 5.7 波的叠加和干涉 驻波	333
一、波的叠加原理 干涉	333
二、驻波	334
§ 5.8 多普勒效应	338
本章选修课题	
一、关于弹簧振子固有频率的进一步讨论	340
二、阻尼振子的品质因数—— Q 值	346
三、用复数法描述振动与波	347
四、波在弦中的传播和反射	350
五、相速和群速	353

本章自学指导

一、复习提要	357
二、思考题	358
三、例题分析	360
四、基本练习	369
五、选作题	373
第六章 相对论力学	380
§ 6.1 伽利略变换 牛顿力学的困难	380
一、伽利略变换	380
二、牛顿力学的困难	382
§ 6.2 狭义相对论的基本原理	384
§ 6.3 时间的相对性	386
一、“同时”的相对性	386
二、时间的相对性	388
三、孪生子佯谬	390
§ 6.4 长度的相对性	392
一、长度相对性的意义	392
二、菲兹杰惹-洛伦兹收缩	393
三、垂直于运动方向的长度问题	396
§ 6.5 洛伦兹变换	397
一、洛伦兹变换公式	397
二、速度合成定理	400
§ 6.6 狭义相对论的动力学定律	402
一、质量和速度的关系	403
二、质速关系的意义	405
三、推广的牛顿第二定律	406
§ 6.7 质量和能量	408

一、物体的动能	408
二、总能和“静能”	409
三、质能关系	410
四、质能关系的意义	413
§ 6.8 广义相对论一瞥	414
本章选修课题	
一、高速运动物体的测量形象和视觉形象	419
二、孪生子佯谬的进一步讨论	422
三、极限速率和因果律	426
四、爱因斯坦假想实验—质能关系的另一种推导	427
本章自学指导	
一、复习提纲	430
二、思考题	431
三、例题分析	432
四、基本练习	435
附录	438
附录一、量纲和力学单位	438
附录二、某些与力学有关的数值表	444
附录三、力学参考资料索引	446
附录四、基本练习题解或答案	453

第一章 质点运动的基本规律

我奉献这一作品，作为哲学的数学原理，因为哲学的全部责任似乎在于——从运动的现象去研究自然界中的力，然后从这些力去说明其他现象。

牛顿：《原理》前言

本章主要讨论以牛顿运动三定律为核心的质点运动的基本规律，包括直线运动和曲线运动的情况，最后指出这些经典规律的局限性。

正如本章开头所引用的牛顿的话中所表明的，牛顿在研究物质运动的基本规律时所使用的框架是，全部责任在于寻找物体间的相互作用力，然后，再用这些力去预言其他的现象。至今有许多物理学问题主要还是依据这种框架来解决的。本章也是基本上按牛顿这种“力的框架”来讨论质点的动力学规律的。在运动学描述方面，先讨论直线运动情况，以突出速度和加速度的瞬时性质，然后，在讨论曲线运动情况时再强调速度和加速度的矢量性质。

§ 1.1 机械运动的描述

一、运动的绝对性和相对性

自然界任何的物质在任何时刻都处在运动中，大至线度数

量级为 10^{20} 米的银河系，它正在相对其他河外星系运动；小至线度数量级为 10^{-10} 米的分子、原子，以至更小的基本粒子也在不停息地运动着。就拿我们正在坐着的、表面看来是毫无动静的椅子来说，其实也是处于运动中。一方面，椅子和地球一起正相对于太阳在运动，正所谓“坐地日行八万里”；另一方面，构成这椅子的分子也在不断地作不规则的热运动。因此说，运动是物质的存在形式、物质的固有属性。无论何时何地，都不能存在没有运动的物质。自然科学和哲学原理都表明，没有运动的物质和没有物质的运动是同样不可想象的。这就是说，物质和运动是不可分离的，同时，运动和物质本身一样是既不能创造也不能毁灭的。从以上意义来说，运动是绝对的。

物质运动有其绝对性的一面，但也有其相对性的一面。所谓运动的相对性，就是在某一特定环境、特定条件下研究运动规律时所具有的特殊性，特别是在具体描述机械运动时，必须注意运动的相对性。

大家知道，当我们研究某一物体的运动时要相对于某一些选定的参照物体。例如研究汽车的运动，常用街道的房屋或电线杆作参考；观察轮船的航行常用河岸上的树木或物体作参考。这些作为具体研究运动时所依据的物体（或彼此不作相对运动的物体群）称为参照系。

参照系的选择对描述具体运动具有重要意义。例如，运动着的船上的人手中拿着一个物体，在同船的人看来是不动的，但岸上的人看到它和船一起在运动。如果船上的人把手松开，同船的人看到物体沿一直线自由落下，而岸上的人却看到物体作平抛运动。为什么对同一现象会观察到不同的结果呢？原因是他们所选的参照系不同，船上的人以船为参照系，岸上的人