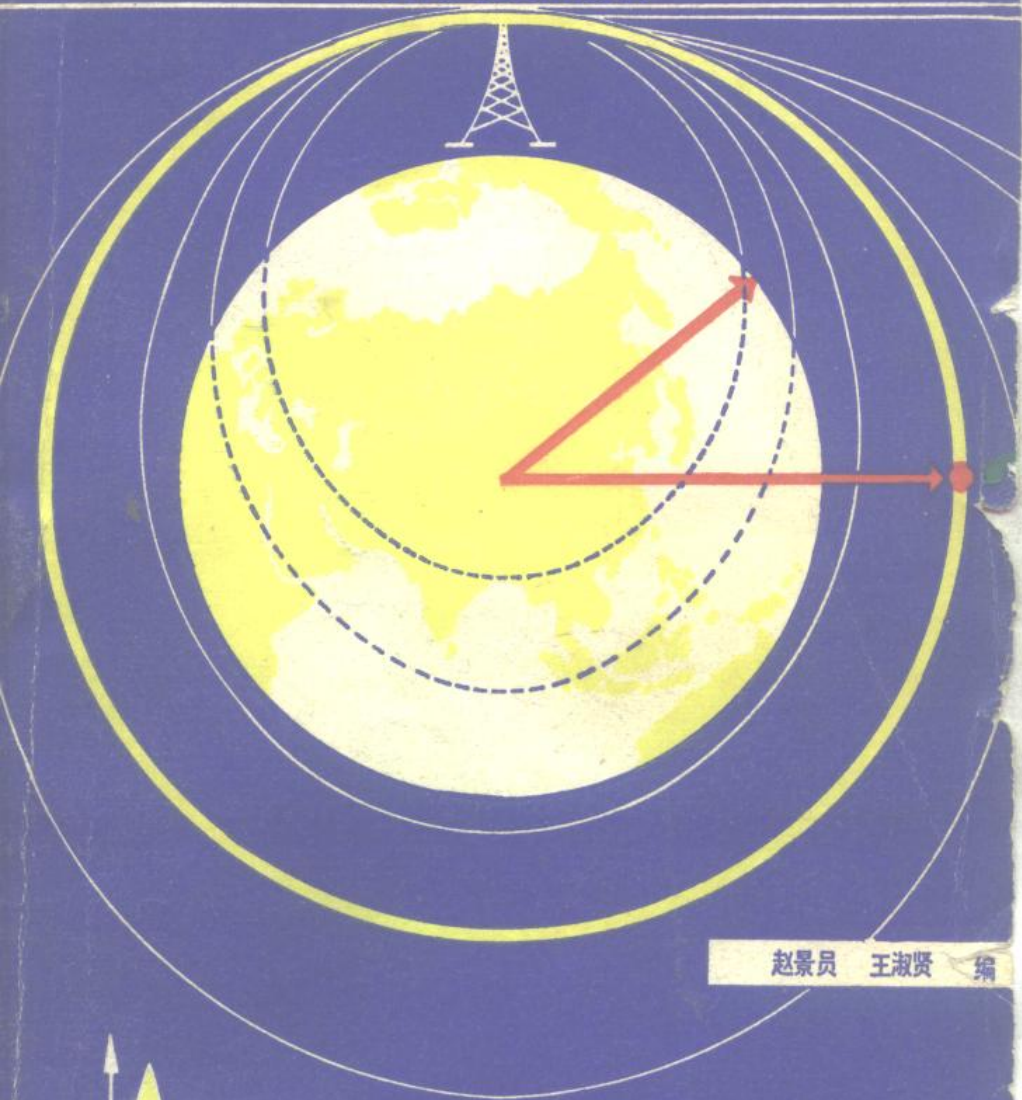


高等学校试用教材



赵景员 王淑贤 编



力学

高等学校试用教材

力
1

力 学

赵景贤 编
王淑贤

人民教育出版社

内 容 提 要

本书是根据 1977 年苏州物理教材会议讨论的教材编写大纲写成的。内容包括：数学预备知识(微积分初步)，矢量，质点的直线运动，质点的曲线运动，质点动力学，功与能，刚体力学，万有引力，物质的弹性，流体力学，振动，波和相对论力学简介等。本书可作为综合大学物理系的试用教材，也可供高等师范院校及其他院校参考。

本书由南开大学赵景员、王淑贤合编，其中第二、四、五等章由王淑贤执笔，其余各章由赵景员执笔。

本书责任编辑：邹延肃。

高等学校试用教材

力 学

赵景员 编
王淑贤

人 民 教 育 出 版 社 出 版
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行
武 汉 市 江 汉 印 刷 厂 印 装

开本 787×1092 1/32 印张 18.5 字数 448,000
1979 年 12 月第 1 版 1980 年 6 月湖北第 1 次印刷
印数 00,001—20,500

书号 13012·0410 定价 1.35 元

前 言

本书是根据 1977 年 10 月在苏州召开的高等学校理科物理教材会议上讨论的《力学》教材编写大纲写成的。会议建议本课程约为 90 学时,其中以 20 学时左右讲授微积分初步,作为数学预备知识。教材大纲的内容比讲课内容大约多百分之二十。教材中打星号的内容可以不讲、略讲或选讲。

在编写过程中,我们努力重视对基本概念、基本定律和基本理论的阐述,既考虑后继课对本课的要求,也注意到本门科学的系统性。为了不让非力学的内容影响读者的注意力,我们大体仍按传统的方式组织教材,没有引入磁场力或较深的原子物理、分子物理等内容。对于经典力学在现代科学技术上的应用,作了适当的介绍。

我们力图用辩证唯物主义的观点和方法阐明教材,以有助于培养学生的辩证唯物主义世界观,逐步训练学生在处理物理问题中的科学思维方法,增强学生分析问题和解决问题的能力。

考虑到读者在高中已具备的数学和物理知识,本课程中不是任何概念都要从头讲起。如何与数学课配合和恰当地运用数学工具,本书作了一些初步尝试。

书中选取了具有不同特色的一定数目的例题,供课堂讲授或自学之用。每章后边的习题稍多于学生在自学学时内所应完成的数目。当然,作习题有助于对基本理论的深入理解和实际运用,但不能过多追求习题的演算,而忽略对课程基本内容的钻研。为了训练数值计算,适当作一些计算题目是必要的。在一些实际问题中,学生对某些物理常数和具体数字,至少应有数量级的概念。

应我们的要求，赵凯华同志同意将他编写的、北京大学物理系用之有效的《微积分初步》纳入本书，我们特此致谢。

初稿写成后，教育部委托北京大学及北京师范大学召开了审稿会，有北京大学（主审）、北京师范大学、云南大学、内蒙古大学、山东大学、南京大学、复旦大学、上海师范大学、四川大学、宁夏大学、新疆大学、北京师范学院、青海师范学院等校教师代表参加了审查讨论，对他们提出的许多宝贵意见和建议，编者表示衷心的感谢。同时，十分感谢南开大学的许多同事们，他们对本书的编写经常给予关怀和帮助。人民教育出版社对我们的工作也给了不少帮助，在此一并致谢。

在编写过程中，我们参考了解放后我国自编的许多教材，也参考了一些国外教材。为了便于自学和照顾不同的需要，有些叙述很可能失之繁琐。总之，限于我们的水平和经验，本书缺点和错误必然不少，希望使用本书的老师和同学们随时将意见寄给我们，以便进一步修改。

编 者

1979年11月

本书使用说明

力学是物理系教学计划中第一门基础物理课程。由于它和高等数学课并行，因此开始讲授时往往难以应用微积分作为数学工具，这在相当程度上影响了大学物理课的提高。北京大学和某些高等院校物理系曾经试验过，在本课程中先讲授大约二十学时的微积分，效果很好。苏州教材会议肯定了这一经验。南开大学学习了这一经验，用12学时讲完微积分初步，只要求知道微分和积分的初步概念，学会对简单函数求导数和积分的方法，这样就满足了本课的需要。当然，如果高中数学增加微积分部分，则这一阶段可以取消。

第一章“矢量”可以集中讲授，也可以分散讲授，譬如把矢量微商放在曲线运动中讲，标积放在功中讲，矢积放在力矩中讲。如果第三章中质点在曲线运动中的速度和加速度的径向分量和横向分量(打星号部分)不讲，则单位矢量的微商可以略去。

第二章“质点的直线运动”是中学物理中比较熟悉的内容，只有变加速运动是未学过的。本章中强调坐标是时间的函数，以正负号反映速度和加速度的矢量性。要求学生理解匀加速运动只是直线运动的特例；减速运动只是由于加速度矢量的方向和速度方向相反。要求弄清 $x(t)$ 、 $v(t)$ 、 $a(t)$ 的关系。能根据已知条件，从一个方程求出其他两个方程。至于从已知 $a(t)$ 用积分方法求出 $v(t)$ 和 $x(t)$ 这部分内容，可根据具体情况决定取舍。

第三章“质点的曲线运动”，我们采取了从一般到特殊的作法。即先讲质点作一般曲线运动的性质及速度和加速度的分量式，然后以抛射体运动和圆周运动作为实例进行分析。这里质点的圆周

运动可为以后第六章刚体绕固定轴的转动作好准备。速度和加速度的径向分量和横向分量可以不讲。第七章讲质点在有心力作用下的运动轨道(打星号者)时,虽然提到加速度的径向和横向分量的表达式,但是这部分也是属于可不讲的内容。

第四章“质点动力学”是本课的重点。本章以牛顿三定律及其应用为核心。惯性参照系和伽利略相对性原理很重要,只宜适当介绍。在本书中“重量”定义为物体对支持物作用力的大小,与一般作为“重力的量度”有所不同。我们认为,把重量与重力作这样的区分,便于学生了解“失重”与“超重”的概念,从而更容易区分质量、重量与重力的不同。

在第五章“功与能”中我们对势能问题给了较多的篇幅。考虑到分子物理和原子物理的需要,我们介绍了二维碰撞。梯度概念的引入如有困难,也可以不讲。

第六章从把刚体看成质点组这一原则出发,导出刚体的运动规律。刚体绕固定轴的转动是本章的重点。质量中心和转动惯量是新遇到的两个物理量,对它们所表征的物理性质应该透彻地理解,为此目的给出了几个必要的例题和习题。

滚动和回转仪可以不讲或少讲。

把引力场问题单列为第七章“万有引力”,是为了加深学生对“场”的理解和对引力势能的理解。

第三宇宙速度不讲。质点在有心力作用下的运动可只讲人造地球卫星的圆形轨道。椭圆轨道只作定性说明,并且标以星号,这对以后学习原子物理是有用的。本节可以不讲,而留给有兴趣的读者作进一步学习的参考。

第八章“物体的弹性”不作重点要求,可以从略。

第九章“流体力学”的重点是理想流体的稳定流动和伯努利方程。泊肃叶公式可不推导,只讨论公式的意义。

第十章“振动”的主要内容是简谐振子的运动规律，它是一切复杂振动现象的基础。不仅许多宏观物体作这种振动，在物质的微观结构中，如固体晶格中的分子或离子，也在它们的平衡位置附近作简谐振动，所以要求学生能够掌握其基本原理。阻尼振动和受迫振动可定性地讲。

第十一章讲机械波。波的感性认识只能从机械波的学习中得到。对机械波的传播有了清楚的了解以后，才能进一步掌握电磁波的传播。鉴于波在物理学中的重要性，这一章应该用较多的时间。§ 5、§ 6、§ 7 可作自学参考，也可留待光学课中去讲。半波损失可留待光学课中再详细讲授。

第十二章“相对论力学简介”全章是打星号的内容，讲授与否及学时多少可视课程安排及具体情况而定。在学完光学和电动力学之后，才可能对狭义相对论有较深入的了解。

目 录

前言	i
本书使用说明	i
数学预备知识——微积分初步	1
§ 1. 函数及其图形	1
§ 2. 导数	7
§ 3. 导数的运算	20
§ 4. 微分	28
§ 5. 积分	30
第一章 矢量	48
§ 1. 矢量与标量	48
§ 2. 矢量加法	49
§ 3. 矢量的分解	52
§ 4. 矢量乘法	52
§ 5. 矢量在直角坐标轴上的分量	56
§ 6. 矢量的微商	58
1. 矢量微商的一般法则	58
2. 以直角坐标系表示时 $\mathbf{r}(t)$ 的微商	61
*3. 以矢径长度 $r(t)$ 及表示方向的单位矢量 $\mathbf{r}^0(t)$ 表示时 $\mathbf{r}(t)$ 的微商	61
思考题	64
习题	65
第二章 质点的直线运动	69
§ 1. 参照系和坐标系	69
§ 2. 质点和质点的运动方程	70
1. 质点	70
2. 质点的运动方程	72
3. 位移和路程	73
§ 3. 质点在直线运动中的速度	74

§ 4. 质点在直线运动中的加速度	78
* § 5. 从速度和加速度求直线运动方程式	81
1. 已知速度 $v(t)$ 的函数形式求运动方程 $x(t)$	82
2. 已知加速度 $a(t)$ 的函数形式求 $v(t)$ 和 $x(t)$	82
3. 匀加速直线运动	83
§ 6. 自由落体	87
§ 7. 相对运动	91
思考题	95
习题	96
第三章 质点的曲线运动	99
§ 1. 质点在曲线运动中的位移和速度	99
1. 位移	100
2. 速度	101
3. 速度矢量在直角坐标系中的分量	103
*4. 速度分解为径向分量和横向分量	104
§ 2. 曲线运动中的加速度	106
1. 加速度矢量在直角坐标系中的分量	107
2. 加速度的切向和法向分量	110
*3. 加速度的径向分量和横向分量	115
§ 3. 抛射体运动	117
1. 斜抛运动	118
2. 平抛运动	121
§ 4. 圆周运动	126
1. 质点在圆周运动中的速度	126
2. 质点在圆周运动中的加速度	126
3. 匀速圆周运动	128
4. 质点在圆周运动中的角速度和角加速度	128
5. 圆周运动中线量与角量的关系	131
6. 角速度和角加速度的矢量表示法	132
思考题	135
习题	136
第四章 质点动力学	140
§ 1. 牛顿第一定律	140

§ 2. 牛顿第二定律	143
1. 力 加速度与力的关系	143
2. 质量 质量与加速度的关系	145
3. 牛顿第二定律的表达式	146
§ 3. 力学单位制和量纲	147
1. 单位制	147
2. 量纲	149
§ 4. 牛顿第三定律	152
§ 5. 力的种类	155
1. 重力	155
2. 弹性力	157
3. 摩擦力	160
§ 6. 牛顿定律的应用	166
1. 直线运动	170
2. 斜面运动	174
3. 圆周运动	177
4. 弯曲路轨的倾斜	184
*5. 带电粒子在均匀电场中的运动	187
* § 7. 惯性参照系和伽利略坐标变换	189
1. 惯性参照系	190
2. 伽利略相对性原理	192
3. 伽利略坐标变换	193
§ 8. 非惯性参照系	195
1. 直线加速运动参照系中的惯性力	195
2. 匀角速转动的参照系中的惯性力——惯性离心力	197
3. 在纬度 φ 处物体的重力	198
*4. 科里奥利惯性力	200
§ 9. 动量和动量守恒定律	204
1. 牛顿第二定律的普遍形式	204
2. 冲量和动量定理	206
3. 物体系的动量定理	208
4. 动量守恒定律	210
5. 反冲现象 火箭原理	211
§ 10. 牛顿力学的局限性	218

思考题	220
习题	222
第五章 功与能	228
§ 1. 功	228
1. 恒力所作的功	228
2. 变力所作的功	230
3. 重力所作的功	231
4. 弹性力所作的功	234
5. 摩擦力所作的功	236
6. 功率	237
§ 2. 动能和动能定理	243
§ 3. 物体系的势能	246
§ 4. 机械能守恒定律	251
§ 5. 功能原理	259
§ 6. 碰撞	262
1. 碰撞物体的总动量守恒	263
2. 完全弹性碰撞	265
3. 完全非弹性碰撞	270
4. 非完全弹性碰撞	271
5. 二维碰撞	272
思考题	276
习题	277
第六章 刚体力学	282
§ 1. 刚体	282
1. 刚体模型	282
2. 刚体看成质点组	283
3. 内力和外力	283
§ 2. 刚体的运动学	284
1. 平动	284
2. 刚体绕固定轴的转动	285
§ 3. 刚体平动的动力学	286
§ 4. 质心和质心的运动定律	287
§ 5. 刚体绕固定轴转动的动力学 力矩、转动惯量和转动	

定律.....	293
1. 作用于质点上的力矩.....	293
2. 质点的角动量 力矩和角动量的关系.....	295
3. 刚体绕固定轴的转动.....	297
§ 6. 具有简单几何形状的刚体的转动惯量的计算.....	302
1. 转动惯量的计算示例.....	302
2. 平行轴定理.....	308
3. 正交轴定理.....	309
§ 7. 角动量守恒.....	311
§ 8. 绕固定轴转动的刚体的动能.....	314
§ 9. 力矩的功.....	316
§ 10. 平动与转动的复合运动.....	318
* § 11. 滚动.....	323
* § 12. 滚动摩擦.....	331
* § 13. 回转仪.....	333
1. 保持转动轴方向的特性.....	333
2. 回转效应.....	333
3. 陀螺.....	335
思考题.....	337
习题.....	338
第七章 万有引力	342
§ 1. 万有引力定律.....	342
1. 惯性质量和引力质量.....	345
2. 重力加速度和高度的关系.....	347
§ 2. 引力势能.....	349
§ 3. 三种宇宙速度.....	352
1. 第一宇宙速度.....	352
2. 第二宇宙速度.....	353
*3. 第三宇宙速度.....	354
* § 4. 质点在有心力作用下的运动——人造卫星的轨道.....	360
1. 质点在有心力作用下运动的特点.....	360
2. 质点运动的轨道.....	363
§ 5. 万有引力场.....	371

1. 万有引力场的强度	372
2. 万有引力场的势	373
思考题	373
习题	374
第八章 物质的弹性	376
§ 1. 应力和应变	377
1. 应力	377
2. 应变	378
§ 2. 弹性模量	379
§ 3. 泊松比	382
* § 4. 扭转	385
§ 5. 固体弹性形变的势能	386
思考题	388
习题	389
第九章 流体力学	390
§ 1. 流体静力学	391
1. 静止流体内一点的压强	391
2. 静止流体内的压强差	392
3. 巴斯噶原理和阿基米德原理	395
§ 2. 理想流体的稳定流动	398
1. 理想流体	399
2. 稳定流动	400
3. 流线和流管	400
4. 流体的连续原理	401
§ 3. 伯努利方程	402
§ 4. 伯努利方程的应用	404
1. 空吸作用	404
2. 小孔流速	405
3. 文特利流速计	406
4. 流动流体的上举力	407
§ 5. 动量定理在流体中的应用	410
§ 6. 液体的粘滯性 层流	412
* § 7. 粘滯性流体在管中的流动 泊肃叶公式	416

* § 8. 固体在粘滞性流体中运动所受的阻力	419
1. 粘滞阻力	419
2. 压差阻力	420
* § 9. 湍流 雷诺数	421
思考题	424
习题	425
第十章 振动	429
§ 1. 简谐振动	429
1. 弹簧振子的运动	429
2. 简谐振动的周期性 周期和频率	433
3. 简谐振动的振幅、相位与初相位	435
§ 2. 简谐振动的速度和加速度	439
§ 3. 简谐振动的能量	441
§ 4. 简谐振动的矢量表示法	447
§ 5. 单摆和复摆	449
1. 单摆	449
2. 复摆	452
§ 6. 简谐振动的合成	454
1. 同方向同频率的简谐振动的合成	455
2. 同方向不同频率的简谐振动的合成	457
3. 两个互相垂直的同频率的简谐振动的合成	460
4. 两个互相垂直的不同频率的简谐振动的合成	464
§ 7. 阻尼振动	466
§ 8. 受迫振动	470
1. 受迫振动的运动方程及其解	470
2. 稳定受迫振动的振幅	473
3. 共振	474
4. 稳定受迫振动与强迫力之间的相位差的作用	477
* § 9. 振动的分解	478
思考题	479
习题	480
第十一章 波	385
§ 1. 机械波在弹性介质中的传播	485

1. 弹性介质和振源	485
2. 横波和纵波	486
3. 波长、波速和波的频率	492
4. 球面波和平面波	494
§ 2. 平面简谐波的表达式	496
1. 沿直线传播的简谐波的表达式	497
2. 平面波和球面波的表达式	499
3. 对波的表达式的分析和讨论	499
4. 行波	500
* § 3. 波动方程 波速	503
1. 介质的弹性形变	503
2. 在波的传播过程中杆状介质的受力情况	504
3. 应用牛顿第二定律得出波动方程	505
4. 波速与介质的关系	506
§ 4. 波的能量 能流密度	508
1. 在有波传播的介质内单位体积中的能量	508
2. 波是能量传播的一种形式	510
3. 能流密度	511
4. 平面波的振幅和球面波的振幅	512
§ 5. 惠更斯原理和波的衍射	513
1. 惠更斯原理	513
2. 波的衍射	515
§ 6. 波的反射和折射	517
1. 波的反射	517
2. 波的折射	518
§ 7. 波的迭加原理 干涉	519
§ 8. 驻波	523
1. 产生驻波的演示实验	523
2. 驻波的形成	524
3. 驻波的表达式	525
4. 驻波的振幅	526
5. 驻波的相位	527
6. 驻波的能量	528
7. 全波反射和半波反射	528

§ 9. 多普勒效应	533
思考题	539
习题	540
*第十二章 相对论力学简介	544
§ 1. 牛顿力学的时空观念	544
1. 惯性参照系	544
2. 伽利略坐标变换公式	544
3. 时间观念	546
4. 空间观念	546
5. 速度和加速度	547
§ 2. 狭义相对论的基本假设	549
§ 3. 洛伦兹坐标变换公式	550
§ 4. 狭义相对论的时空观念	554
1. 同时的相对性	554
2. 时间间隔的相对性	555
3. 在运动方向上长度的变化	557
§ 5. 速度变换	559
§ 6. 相对论力学	561
1. 相对论的动量和质量	562
2. 相对论力学的基本方程	563
3. 相对论的能量	564
4. 能量与质量的关系	567
习题	570
附录 1. 物理常数	572
2. 换算因子	572