

力学讨论

梁昆森 俞超 邱树业 编著

基础物理教学参考丛书

四川教育出版社



031
L43

294297



力学讨论

梁昆森 俞超 邱树业 编著



四川教育出版社

基础物理教学参考丛书

责任编辑：赵璧辉
封面设计：许大成
版面设计：唐 瑛

力学讨论

四川教育出版社出版
四川省新华书店发行

(成都盐道街三号)
内江新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张17.125 插页4 字数385千
1987年8月第一版 1987年8月第一次印刷
印数：1—1,400册

标准书号：ISBN7-5408-0216-2/G·213

统一书号：7344·956

定价：4.49 元

出版说明

普通物理是中学物理教师和理工科大专院校学生的必修课程，是大学教师从事物理教学的基石。为了帮助中学教师结合教学实际进修普通物理，从较高角度去驾驭中学物理教材，也为了帮助各类理工科院校、电大、职工业余大学师生结合教与学的各种实际问题进一步研究普通物理，我们约请了南京大学物理系、北京师范大学物理系、四川师范大学物理系部分长期从事基础物理教学与研究的同志，如梁昆淼教授、张阜权教授、王忠亮副教授、李章铨副教授、俞超副教授等编写了这套丛书。

本丛书力求避免与国内已出版的中、外普通物理教材、教参和习题集重复或雷同，选材力求新颖、广泛，注意反映物理学的前沿。丛书包括《力学讨论》、《电磁学讨论》、《光学讨论》等三册。每册按普通物理教材顺序分章，每章分基本内容、问题讨论、参考资料三部分，以问题讨论为主。基本内容力求精炼；问题讨论主要是作者多年教学经验的总结，是一般书上所没有的，并力求生动活泼；参考资料汇集了国内外有关书刊中一些精华部分的摘要。

这本《力学讨论》由梁昆淼主持并审校全稿，梁昆淼、俞超、邱树业编写。问题讨论的不少文章具有一定学术水平，部分内容曾在一些全国性学术刊物上发表。全书行文流畅，深入浅出。文中楷体系较深内容，可供不同程度的读者选用。

为组织这套丛书，四川师范大学物理系封小超等同志做了许多工作，特此鸣谢。

1985年3月

内 容 提 要

本书是系统性、专题性和资料性相结合，以专题讨论为主的普通物理教学参考书。分三册出版。

本册主要是针对力学学习和教学中存在的普遍问题进行较深入的讨论。主要内容有质点运动学、质点运动定律、动量和动量矩、功与能、刚体力学、弹性、振动、波动、流体力学、狭义相对论简介。适宜于中学物理教师进一步研究力学之用，也可供大学、专科、电大等类学校师生教与学参考。

前 言

这是一套系统性、专题性和资料性相结合，以问题讨论为主要内容的基础物理教学参考丛书。掌握好普通物理，对中学物理教师和理工科大专院校的师生来说，是最基本的要求。近年来，各种类型的普通物理教材，品种日益增多，内容不断丰富。本书的目的，不是要再增加一套详细陈述这些内容的参考书，而是希望针对学习和教学中遇到的各种问题，开展一些讨论。并力求注意以下几点：

(1)一般书上讲得较少，又比较重要的知识，可着重讨论。

(2)一般说法欠妥，常见疏忽，容易误解和混淆的，可提请注意，消除误解和混淆。

(3)一般书上只给了结论，没有谈道理的，可给出分析过程和简单推证。

(4)一般讲法单调或不够理想的，可从不同角度，提出几种选择。

(5)教学中的难点，可介绍克服困难的经验；教学中不易做好的实验，可提供改进意见。

(6)结合教学需要，介绍一些生动的、富于启发性的物理

学史。

在结构上，一般按章编写，不分节，每章包括三部分：

第一部分，基本内容：对本章的基本规律、基本概念等重要内容，作精炼的系统叙述和归纳，使读者用较短时间，对本章的主要内容有一个全面的、概括的认识，有关的定律、定义、公式和常数也便于查阅、比较。其篇幅约占全书的四分之一。所谓系统性，主要由这一部分体现。

第二部分，问题讨论：针对教学中和阅读这一部分教材时可能遇到的各种问题，选出若干个小专题，一个一个地加以阐述，每一个相当于一篇教学讨论或教学研究方面的文章。此部分篇幅占全书一半以上。本书的特点，主要由这一部分体现。

第三部分，参考资料：提供一些对教学有益，而一般教材又不便写入的参考资料。如介绍一些有关物理学家和物理定律的内容生动、思想性较强的物理学史，国内外教材中一些精华部分的摘要，一些有意义的参考文献等。

本丛书已编写三册。第一册《力学讨论》由梁昆森、俞超、邱树业编写，梁昆森并主持、审校全稿。第二册《电磁学讨论》由王忠亮、封小超编写。第三册《光学讨论》由李章铨、孙荣山、张阜权编写。

我们希望本丛书对中学物理教师进修普通物理和解决一些教学中遇到的疑难问题能有所帮助。也希望对理工院校学生和从事普通物理教学工作的教师有所帮助。由于涉及面较广，缺点错误在所难免，敬请读者批评指正。

〈基础物理教学参考丛书〉编写组

1985年3月

序 言

本书为中学物理老师进一步研究力学提供一本参考书，也可供大学、专科、电大等类学校普通物理学课程力学部分的教与学作为参考。

按照普通物理学力学部分的常规，全书分为质点运动学、质点运动定律、动量和动量矩、功与能、刚体力学、弹性、振动、波动、流体力学、狭义相对论简介，共计10章。本丛书前言已指出各章分为“基本内容”、“问题讨论”与“参考资料”三部分。

本书不是教本，读者不必从头到底逐页阅读。特别是“问题讨论”与“参考资料”的各篇基本上是彼此独立的，读者可根据自己的兴趣按任意次序选读。

我们把“基本内容”写得比较精炼，或可供读者进行系统复习。“问题讨论”各篇是一般的教本所没有谈到的，我们希望它们能够给读者一些启发或使读者感到有兴趣。“问题讨论”的部分内容曾发表于《大学物理》、《物理教学》、《物理通报》、《教学通讯（理科版）》、《天津教育》等杂志。

“参考资料”有一些是我们专为本书编译的，例如伽利略、牛顿、爱因斯坦三人的小传；四川师范大学封小超同志也为本书提供了四篇译文；其余的则引自他人的译文或引自中文书籍，出处均一一注明。

本书的编写由梁昆淼主持并审校全稿，具体分工如下：俞超编写第一、三、四、五章，邱树业编写第二、七、八、九章，梁昆淼编写第六、十章。

限于我们的水平，难免错误疏漏，深望读者批评指正。

梁昆淼

1984年3月于南京

目 录

序 言	1
第一章 质点运动学	1
第一部分 基本内容	1
(一) 参考系和坐标系〔1〕 (二) 质点〔2〕 (三) 位移和路程〔2〕 (四) 直线运动〔3〕 (五) 曲线运动〔6〕 (六) 相对运动〔17〕 (七) 注意点〔18〕	
第二部分 问题讨论	20
(一) 飞箭不动论与即时速率	20
(二) 位移和路程	24
(三) 矢量是有方向的量	30
(四) 关于坐标系的选择	32
(五) 关于参考系的选择	39
(六) 不要忘了另一投影	42
(七) 怎样选择突破口	45
第三部分 参考资料	55
(一) 空间是平直的还是弯曲的〔55〕 (二) 数学近似方法〔63〕 (三) 行星运动：托勒密与哥白尼之争〔66〕	

第二章 质点运动定律.....	71
第一部分 基本内容.....	71
(一) 牛顿运动定律〔71〕	(二) 常见的力〔75〕
(三) 质点动力学的解题方法——隔离物体〔81〕	(四) 非惯性参考系统和惯性力〔82〕
第二部分 问题讨论.....	85
(一) 怎样认识牛顿运动定律.....	85
(二) 矢量投影不可半途而废.....	89
(三) 车辆转弯的向心力从何而来.....	94
(四) 人在奔跑中受力分析.....	97
(五) 滚动刚体所受摩擦力.....	99
(六) 为什么会掉下来.....	101
(七) 柯里奥利加速度的物理意义.....	103
(八) 落体偏东的初等解说.....	109
(九) 傅科摆的初等解说.....	113
(十) 惯性力是真实的还是虚假的.....	119
第三部分 参考资料.....	122
(一) 牛顿关于运动和运动定律的叙述〔122〕	(二) 加速度计〔125〕
(三) 无线电波对电离层中电子的作用〔126〕	(四) 宇宙航行员的拔河比赛〔127〕
(五) 在弯曲跑道上赛跑〔129〕	(六) 跳伞〔131〕
(七) 封·欧特伏斯(von Eötvös)实验〔133〕	(八) 伽利略小传〔134〕
(九) 牛顿小传〔139〕	
第三章 动量和动量矩.....	145
第一部分 基本内容.....	145
(一) 动量定理〔145〕	(二) 质点组的动量定理〔147〕

(三) 二体问题〔148〕	(四) 动量矩定理〔150〕	(五) 质点组的动量矩定理〔153〕
第二部分 问题讨论	156	
(一) 不用牛顿第三定律导出动量守恒原理	156	
(二) 应用动量定理应选取什么参考系统	159	
(三) 动量守恒与动量矩守恒	164	
(四) 变质量问题	167	
第三部分 参考资料	172	
(一) 玻拉(Bola)〔172〕	(二) 地球、月球和太阳——	
三体问题〔173〕	(三) 如何避免踝骨折断〔175〕	(四) 太阳系的角动量〔177〕
第四章 功与能	181	
第一部分 基本内容	181	
(一) 功〔181〕	(二) 功率〔183〕	(三) 动能·动能定理〔183〕
(四) 质点组的动能和动能定理〔185〕	(五) 势能〔187〕	(六) 功能原理〔189〕
(七) 质点组的功能原理〔190〕	(八) 碰撞(正碰)〔191〕	
第二部分 问题讨论	194	
(一) 力的作用点的转移	194	
(二) 关于摩擦力的功的佯谬	197	
(三) 汽车牵引力的功	202	
(四) 不同惯性系中的功和能	204	
(五) 轮船上能举行球赛吗	209	
(六) 不要忘了质点组内力的功·荡秋千	214	
(七) “复杂系统”中的动能定理	218	
(八) 斜碰·有约束的碰撞	220	

(九) 物体系的势能·····	224
第三部分 参考资料·····	229
(一) “功”的来历〔229〕 (二) 银河系的形状〔232〕	
(三) 引力自具能〔234〕	
第五章 刚体力学·····	239
第一部分 基本内容·····	239
(一) 刚体的平衡〔240〕 (二) 刚体的平动〔241〕	
(三) 刚体的定轴转动〔242〕 (四) 刚体的平面平行运	
动〔248〕 (五) 陀螺的运动〔255〕	
第二部分 问题讨论·····	260
(一) 刚体的转动角应怎样计算·····	260
(二) 刚体作纯滚动的运动学条件·····	263
(三) 对于即时轴的动量矩定理·····	266
(四) 滚动刚体所受摩擦力(续)·····	270
(五) 刚体作纯滚动时摩擦力做功吗·····	274
(六) 奇怪的线轴·····	278
(七) 从能量关系来看麦克斯韦滚摆的运动·····	281
(八) 赛车的设计·····	284
(九) 惯性离心力一般不通过质心·····	286
(十) 定轴转动和定点转动·····	289
第三部分 参考资料·····	298
(一) 不用积分计算转动惯量〔298〕 (二) 岁差〔302〕	
(三) 飞去来器〔304〕 (四) 翻身陀螺(之一)〔309〕	
(五) 翻身陀螺(之二)〔311〕 (六) 有限的转动和无限	
小的转动〔315〕	
第六章 弹性·····	319

第一部分 基本内容	319
(一) 张变(长变)〔319〕	
(二) 切变〔321〕	
第二部分 问题讨论	322
(一) 自行车架为什么用空心管	322
(二) 高到不能再高的柱子	323
(三) 人比跳蚤更善于跳跃	326
(四) 几何的比例不能代替力学的比例	327
第七章 振 动	331
第一部分 基本内容	331
(一) 简谐振动〔331〕	
(二) 阻尼振动〔338〕	
(三) 受迫振动〔340〕	
(四) 振动的合成〔345〕	
第二部分 问题讨论	346
(一) 周相	346
(二) 竖直悬挂的弹簧振子的平衡位置	348
(三) 由初始条件决定简谐振动的振幅和初周相	351
(四) 弹簧枪的子弹能打多高	354
(五) 竖直弹簧振子的弹性势能的两种表达式	357
(六) 由静位移求弹簧振子的振动频率	359
(七) 应用能量方程确定系统振动周期	361
(八) 在干摩擦作用下的阻尼振动	367
(九) 为什么傅科摆的摆绳要长, 摆球要大而重	372
(十) 防震台	374
(十一) 物理学中的试探解法	376
(十二) 关于利萨如图形的常见疏忽	381
第三部分 参考资料	385
(一) 能量和稳定性——玩具跷板〔385〕	
(二) 玩具跷板	

的微振动〔386〕	(三) 滑动摩擦和谐振子〔388〕	
第八章 波 动		393
第一部分 基本内容		393
(一) 机械波在弹性介质中的产生和传播〔393〕	(二) 平面简谐波的解析表达式〔395〕	
(三) 波的能量·能流密度〔398〕	(四) 波的叠加原理·干涉〔398〕	
(五) 驻波〔400〕	(六) 多普勒效应〔401〕	
第二部分 问题讨论		404
(一) 平面简谐波表达式的物理意义		404
(二) 波峰、波谷和疏密相间		406
(三) 波的传播方向和质点速度方向		407
(四) 波动偏微分方程		410
(五) 为什么有反射波		413
(六) 波的能量和能流		422
(七) 机械波多普勒效应的一个问题		427
第三部分 参考资料		430
横波在绳上之传播速度〔430〕		
第九章 流体力学		433
第一部分 基本内容		433
(一) 流体的压强〔433〕	(二) 理想流体的稳恒流动〔434〕	
(三) 粘滞流体〔440〕		
第二部分 问题讨论		443
(一) 流体静力学佯谬		443
(二) 为什么有时楼下一放水楼上就无水		446
(三) 河道为什么总是弯弯曲曲的		448
(四) 压强与动反作用力		450

(五) 非惯性系中的流体.....	453
(六) 旋球.....	457
第三部分 参考资料.....	462
液体压强和分子力〔462〕	
第十章 狭义相对论简介.....	469
第一部分 基本内容.....	469
(一) 狭义相对论基本假设〔469〕	
(二) 相对论运动学〔472〕	
(三) 相对论动力学〔480〕	
第二部分 问题讨论.....	484
(一) 运动尺子缩短和时间膨胀是真实的效应还是表面现象.....	484
(二) 关于车棚的争论.....	488
(三) 时间的先后顺序在一定限度内也是相对的.....	490
(四) 山中方一日, 世上已千年.....	491
(五) “运动尺子缩短”与“时间膨胀”紧密相关.....	496
(六) 速度相加的物理图象.....	497
(七) 光波的多普勒效应.....	500
(八) 在相对论中一切都是相对的吗.....	502
第三部分 参考资料.....	505
(一) 相对论中的时钟佯谬〔505〕	
(二) 狭义相对论中的双生子佯谬〔507〕	
(三) 洛仑兹收缩不可见〔513〕	
(四) 爱因斯坦: 我是怎样创立相对论的〔521〕	
(五) 爱因斯坦小传〔525〕	

第一章 质点运动学

第一部分 基本内容

(一) 参考系和坐标系

质点运动学研究如何描述物体的运动，这涉及物体在不同时刻的位置、速度和加速度。

为了确定物体在空间中的位置，必须先选定一个物体作为标准，然后借助于这个标准物体来确定其他物体的位置，这个标准物体就叫做**参考系统**。物体的位置只能相对于参考系统而确定。

同样，物体的速度和加速度也只能相对于参考系统来确定，就是说，将参考系当作静止的，以研究物体相对于参考系统的运动。

同一物体的运动情况，在不同的参考系来看是不同的。例如，人站在地球上，以地球为参考系，人是静止的，速度为零。而以太阳为参考系，则人随着地球围绕太阳运动，其速度约为30公里/秒。绝对静止是没有的，宇宙间的物体都在运动，所以说运动是绝对的，静止是相对的。但是运动又只能相对参考系来描述，没有参考系也就谈不上运动的描述。

我们研究地球上物体的运动，一般选取地球为参考系。在本书中除了特别指出外，都是选地面（即地球）作为参考系统。