

国·外·高·等·物·理·教·育·丛·书

六大思想 构建物理学

(影印版 原书第2版)

[美] 托马斯 A. 摩尔 (Thomas A. Moore) 著

PHYSICS

C N D E T

SIX IDEAS THAT SHAPED PHYSICS

六大思想构建物理学

第 1 卷

- C单元: 守恒定律约束了相互作用
- N单元: 物理学规律是普适的



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国外高等物理教育丛书

六大思想构建物理学

Six Ideas That Shaped Physics

第 1 卷

C 单元：守恒定律约束了相互作用

N 单元：物理学规律是普适的

影印版·原书第 2 版

[美] 托马斯 A. 摩尔 (Thomas A. Moore) 著



机械工业出版社

本书是对大学物理课程进行重新设置的一个尝试。它突破了基础物理课程的“编年史”式的讲授模式,以全新的视角和理念,按照物理学发展过程中不可替代的六大思想讲授物理学,突出物理学的思想框架。用这种方法来处理物理学的教学内容,可以很好地把各类物理知识融合起来,如对牛顿力学的讨论,就介绍了各种各样的能量和守恒定律,把传统的热学、化学等方面的问题拿到一块儿讲,不仅做到了很好的融合,还让人耳目一新,同时也较好地克服了学生入学后对物理知识缺乏新鲜感的问题,认为牛顿力学并不单单是处理简单的运动问题,这样,学生的视野一下子扩展到了多个领域。

本书适于用作普通高校的大学物理、特别是大学物理导论课程的教材,也可作为广大物理教师(包括大学教师和中学教师)重要的参考书。

Thomas A. Moore

Six Ideas That Shaped Physics: Unit C: Conservation Laws Constrain Interactions Unit N: The Laws of Physics Are Universal

ISBN 978-0-07-229152-0 ISBN 978-0-07-239712-3

Copyright © 2003 by McGraw-Hill Companies, Inc.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized English reprint edition is jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) and [INSERT PUBLISHER NAME]. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2015 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc., and China Machine Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可,对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播,包括但不限于复印、录制、录音,或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权英文影印版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和机械工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区)销售。

版权©2013由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司所有与机械工业出版社所有。

本书封面贴有McGraw-Hill公司防伪标签,无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2015-5787(Unit C), 01-2015-5785(Unit N)号。

图书在版编目(CIP)数据

六大思想构建物理学 = Six Ideas That Shaped Physics : Unit C - Conservation Laws Constrain Interactions : 原书第2版. 第1卷, C单元: 守恒定律约束了相互作用 N单元: 物理学规律是普适的: 英文 / (美) 摩尔 (Moore, T. A.) 著. — 影印本. — 北京: 机械工业出版社, 2016.2

(国外高等物理教育丛书)

ISBN 978-7-111-52624-7

I. ①六… II. ①摩… III. ①物理学—高等学校—教材—英文 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第311189号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:李永联 责任编辑:李永联

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2016年3月第1版第1次印刷

210×275mm·36印张·1098千字

标准书号:ISBN 978-7-111-52624-7

定价:136.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649 机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前言

引言

本书为《六大思想构建物理学》三卷本中的第1卷，是全套教材六个单元中的前两个单元，其内容是对两到三个学期的基于微积分的基础物理学课程的一种全新探讨。

《六大思想构建物理学》（以下简称本套教材）是配合大学基础物理课程项目（IUPP）对课程体系改革的成果，它随后又推动了大学基础物理课程项目的发展。本套教材目前的版本代表了全美国一些高等学校十几年来在物理课程教学领域的发展、测试和评价的最新进展。

本套教材内容设计基于这样一个前提：对课程内容和课堂教学活动加以创新，以使學生更加有效地学习。基于这样的认识，教材的每一个教学内容都经过了本人从头到尾的重新思考，并尽可能地利用物理教育研究取得的成果。之所以这样做，只是基于“这样做对”的简单想法。意识到物理教学研究所不断强调的主动学习的重要性，本套教材还提供了相应的材料，以创造更多的机会来支持学生课堂内外的主动学习。本套教材特别强调建立和评判物理模型的过程以及在实际场景中的应用，并强调完全用现代物理的观点来审视经典物理的每一个问题。

我没想通过“降低课程难度”来使本套教材更容易被学生接受。实际上，我的目标是帮助学生使他们变得更加聪明。教材中特意设置了高于通常水平的物理思考题，接着，通过使用一些课堂创新的教学方法和课堂结构设置来帮助甚至是平均水平的学生达到这一标准。我不认为本套教材所要求的数学水平高于普通的大学物理教材，但我确实要求学生能够摆脱死记硬背的学习模式，取而代之的是建立灵活的、较强的逻辑推理能力和创建模型的技巧。以大多数使用过本套教材的教师的经验来看，绝大多数学生经过一些有效的帮助和学习后，都可以达到这个目标。

《六大思想构建物理学》六个单元的内容

C 单元（守恒定律）：	守恒定律约束了相互作用
N 单元（牛顿力学）：	物理学规律是普适的
R 单元（相对论）：	物理学规律是协变的（不依赖参考系）
E 单元（电学和磁学）：	电场和磁场是统一的
Q 单元（量子物理）：	粒子行为是类似波的
T 单元（热学）：	一些过程是不可逆的

这些内容我推荐按照教学顺序来排列，当然，其他的排序方式也是可以的。在波莫纳学院，作为一门为期一年的课程，我们第一学期讲授前三个单元，第二学期讲授后三个单元。当然，如果想放慢节奏，那么安排三个学期会更容易完成这六个单元的教学内容。若想以最快的进度教学，本套教材中的每一章都能在 50min 的一节课中完成。因此，一个合理的教学计划平均说来是在 50min 的课时内不能安排超过一章的内容。

关于《六大思想构建物理学》
的开场白

本套教材的六个单元

本书网站：

有关本套教材教学目标更多的信息，比如组织结构（以及隐藏在结构后面的理由）、成功的范例，如何减少或者重排教学材料的建议，以及对教师和学生提供的一些其他资源等，请访问本套教材的网站（网址见下文）。

重要资源

使用本套教材指南

我已经在每个单元的第一章前面的“学生学习指导”（Introduction for Students）中总结和介绍了如何阅读和使用本套教材的重要信息。请仔细地阅读这一部分，特别是在你还没看到本套教材的其他单元时。

本套教材的网站

包含了很多我认为教师和学生都会觉得非常有用的最新信息。网址为：
www.physics.pomona.edu/sixideas/

必要的计算程序

网站上最重要的资源之一是一些计算机程序，用来阐述重要的概念和帮助进行复杂运算。以往的经验指出，当利用这些程序时，无论是课堂学习还是完成家庭作业，学生都能够做到更加有效地学习。所有这些程序软件都是免费的，兼容 Mac 和 Windows 系统。

托马斯 A. 摩尔
加利福尼亚，克莱蒙特

《六大思想构建物理学》要目

第 1 卷

C 单元 守恒定律约束了相互作用

第 C1 章	相互作用概述
第 C2 章	矢量
第 C3 章	相互作用与动量转移
第 C4 章	质点和质点系
第 C5 章	动量守恒的应用
第 C6 章	能量概述
第 C7 章	一些势能函数
第 C8 章	力和能量
第 C9 章	转动动能
第 C10 章	热能
第 C11 章	化学键能
第 C12 章	功率、碰撞和冲击
第 C13 章	角动量
第 C14 章	角动量守恒

N 单元 物理学规律是普适的

第 N1 章	牛顿定律
第 N2 章	矢量微积分
第 N3 章	由运动量求力
第 N4 章	由力求运动量
第 N5 章	静力学
第 N6 章	直线运动
第 N7 章	物体的耦合
第 N8 章	圆周运动
第 N9 章	非惯性参考系
第 N10 章	抛体运动
第 N11 章	振动
第 N12 章	轨道概论
第 N13 章	行星运动

第 2 卷

R 单元 物理学规律是协变（与参考系无关）的

第 R1 章	相对论原理
第 R2 章	同步时钟
第 R3 章	时间的本质
第 R4 章	矩阵方程
第 R5 章	固有时间
第 R6 章	坐标变换
第 R7 章	洛伦兹收缩
第 R8 章	宇宙速度极限
第 R9 章	四 - 动量
第 R10 章	四 - 动量的守恒

E 单元 电场和磁场是统一的

第 E1 章	静电学
第 E2 章	电场
第 E3 章	电势
第 E4 章	导体
第 E5 章	驱动电流
第 E6 章	电路分析
第 E7 章	磁场
第 E8 章	电流和磁体
第 E9 章	对称性和通量
第 E10 章	高斯定律
第 E11 章	安培定律
第 E12 章	电磁场
第 E13 章	麦克斯韦方程组
第 E14 章	电磁感应
第 E15 章	波的介绍
第 E16 章	电磁波

第 3 卷

Q 单元 粒子行为是类似波的

第 Q1 章	驻波
第 Q2 章	光的波动性
第 Q3 章	光的粒子性
第 Q4 章	物质的波动性
第 Q5 章	物质的量子性
第 Q6 章	波函数
第 Q7 章	束缚系统
第 Q8 章	光谱
第 Q9 章	了解原子
第 Q10 章	薛定谔方程
第 Q11 章	能量本征函数
第 Q12 章	原子核介绍
第 Q13 章	稳定的和不稳定的原子核
第 Q14 章	放射性
第 Q15 章	核技术

T 单元 一些过程是不可逆的

第 T1 章	温度
第 T2 章	理想气体
第 T3 章	气体状态过程
第 T4 章	宏观态和微观态
第 T5 章	热力学第二定律
第 T6 章	温度和熵
第 T7 章	解开未解之谜
第 T8 章	熵变化的计算
第 T9 章	热机

.....



托马斯 A. 摩尔，1976年毕业于卡尔顿学院。由于成绩优异而获得了当年的丹佛斯奖学金，并在这笔奖学金的资助下，开始了在耶鲁大学的研究生学习，于1981年获得博士学位。毕业后，摩尔先后在卡尔顿学院和路德学院从事教学工作，并于1987年加入波莫纳学院。1991年，摩尔获得了波莫纳学院的威戈优异教学奖。1987年到1995年间，摩尔是美国大学基础物理课程项目（IUPP）指导委员会成员。本书的编纂即来源于他于1989年为该委员会所开设的一个示范课程。该委员会从所有成果中选择了四个项目来进一步发展和实验，摩尔的这个示范课程就是其中之一。

摩尔发表了很多有关引力波的天体物理源、引力波的探测、物理教学新方法等方面的论文，以及一本有关狭义相对论的书——《时空旅行指南》（麦格劳－希尔出版公司出版，1995年）。他还担任了《美国物理学杂志》的审稿人和副主编。他目前和他的妻子、两个上大学的女儿一起居住在加利福尼亚州的克莱蒙特镇。除教学之外，摩尔还从事相对论天体物理方面的研究和写作。他很喜欢阅读、徒步旅行、斯库巴潜水、在成人教会学校讲授希伯来圣经、跳舞和演奏传统的爱尔兰小提琴音乐等。

目 录

Contents

前言

《六大思想构建物理学》要目

作者简介

C 单元

N 单元

Preface

Table of Contents for Six Ideas That Shaped Physics

About the Author

Unit C

Unit N

C 单元 守恒定律约束了相互作用

关于 C 单元的几点说明 (中文)

学生学习指导 (英文)

C2.7	矢量单位	45
C2.8	参考系	45
	两分钟测试	47
	习题	48
	习题答案	50

第 C1 章

相互作用概述

	本章概览	
C1.1	科学的本质	
C1.2	物理学的发展和结构	
C1.3	本单元概览	
C1.4	力学导论	
C1.5	基本相互作用	
C1.6	宏观相互作用	
C1.7	“运动”的描述	
C1.8	物理技能：专业词汇	
C1.9	物理技能：单位	
	亚里士多德思维测试	
	两分钟测试	
	习题	
	习题答案	
	亚里士多德测试答案	

第 C2 章

矢量

	本章概览	
C2.1	矢量和标量	
C2.2	基本矢量运算	
C2.3	分量	
C2.4	矢量的大小	
C2.5	一维和二维矢量	
C2.6	分解法矢量运算	

10

10

12

13

18

16

18

20

22

24

25

27

29

29

31

31

第 C3 章

相互作用与动量转移

	本章概览	52
C3.1	速度	54
C3.2	相互作用与动量转移	56
C3.3	冲量和力	58
C3.4	质量和重量	61
C3.5	动量流和运动	63
C3.6	物理技能：不成立的矢量方程	65
	两分钟测试	66
	习题	67
	习题答案	69

第 C4 章

质点和质点系

	本章概览	70
C4.1	质点系	72
C4.2	动量守恒	72
C4.3	系统的质心	74
C4.4	质心如何运动	77
C4.5	惯性参考系	80
C4.6	与地球的相互作用	82
	两分钟测试	84
	习题	84
	习题答案	87

第 C5 章**动量守恒的应用**

88

本章概览

88

C5.1 非孤立系统时的动量守恒

90

C5.2 孤立系统的自由度

91

C5.3 解决问题的框架

92

C5.4 构建模型图像

94

C5.5 求解动量守恒问题

96

C5.6 飞机和火箭

100

两分钟测试

102

习题

103

习题答案

105

第 C6 章**能量概述**

106

本章概览

106

C6.1 相互作用和能量

108

C6.2 动能

109

C6.3 势能的测量

111

C6.4 负能量?

115

C6.5 后面章节的内容

116

C6.6 能量问题中的参考系选择

117

两分钟测试

120

习题

121

习题答案

122

第 C7 章**一些势能函数**

124

本章概览

124

C7.1 电磁相互作用

126

C7.2 引力相互作用

128

C7.3 地球表面的引力

129

C7.4 弹性势能

131

C7.5 一些事例

134

C7.6 物理技能: 有效数字

138

两分钟测试

139

习题

140

习题答案

142

第 C8 章**力和能量**

144

本章概览

144

C8.1 动量和动能

146

C8.2 点积

147

C8.3 相互作用对 dK 的贡献

148

C8.4 质心功的含义

150

C8.5 地球的动能

151

C8.6 力定律

152

C8.7 接触相互作用

154

两分钟测试

157

习题

158

习题答案

160

第 C9 章**转动动能**

162

本章概览

162

C9.1 转动动能概论

164

C9.2 角度的测量

164

C9.3 角速度

166

C9.4 转动惯量

168

C9.5 转动惯量的计算

169

C9.6 平动和转动

172

C9.7 无滑动转动

173

两分钟测试

176

习题

177

习题答案

181

第 C10 章**热能**

182

本章概览

182

C10.1 案例: 消失的能量

184

C10.2 热是能量

184

C10.3 热能

186

C10.4 摩擦和热能

187

C10.5 热量和功

188

C10.6 比热容

190

C10.7 和热能相关问题

192

两分钟测试

196

习题

197

习题答案

199

第 C11 章**化学键能**

200

本章概览

200

C11.1 势能图像

202

C11.2 化学键

205

C11.3 潜热

206

C11.4 化学能和核能

209

C11.5 能量储存的其他形式

213

两分钟测试	213	C13.3 粒子的角动量	246
习题	214	C13.4 刚体的角动量	247
习题答案	217	C13.5 运动物体角动量	249
		C13.6 角冲量和转矩	250
		两分钟测试	253
		习题	255
		习题答案	256
第 C12 章		第 C14 章	
功率、碰撞和冲击	218	角动量守恒	258
本章概览	218	本章概览	258
C12.1 功率	220	C14.1 陀螺的进动	260
C12.2 碰撞的种类	223	C14.2 一些应用	262
C12.3 弹性碰撞	224	C14.3 角动量守恒	263
C12.4 弹弓效应	229	C14.4 解题范例	265
C12.5 非弹性碰撞	230	C14.5 应用：中子星	271
C12.6 小行星的冲击	232	两分钟测试	273
两分钟测试	235	习题	274
习题	236	习题答案	277
习题答案	238		
第 C13 章		专业术语	279
角动量	240	符号及其含义	289
本章概览	240		
C13.1 人体转动问题	242		
C13.2 叉积	243		

N 单元 物理学规律是普适的

关于 N 单元的几点说明 (中文) 学生学习指导 (英文)

第 N1 章

牛顿定律	298
本章概览	298
N1.1 牛顿定律综述	300
N1.2 牛顿第一定律	302
N1.3 牛顿第三定律	303
N1.4 牛顿第二定律	304
N1.5 力的分类	307
N1.6 自由落体图像	309
两分钟测试	310
习题	312
习题答案	313

第 N2 章

矢量微积分	314
本章概览	314
N2.1 矢量的时间导数	316
N2.2 速度的定义	317
N2.3 加速度的定义	320
N2.4 运动图像	322
N2.5 运动图像的数值解	326
N2.6 匀速圆周运动	327
两分钟测试	330
测试答案	333

第 N3 章

由运动量求力	334
本章概览	334
N3.1 运动链	336
N3.2 受力图	336

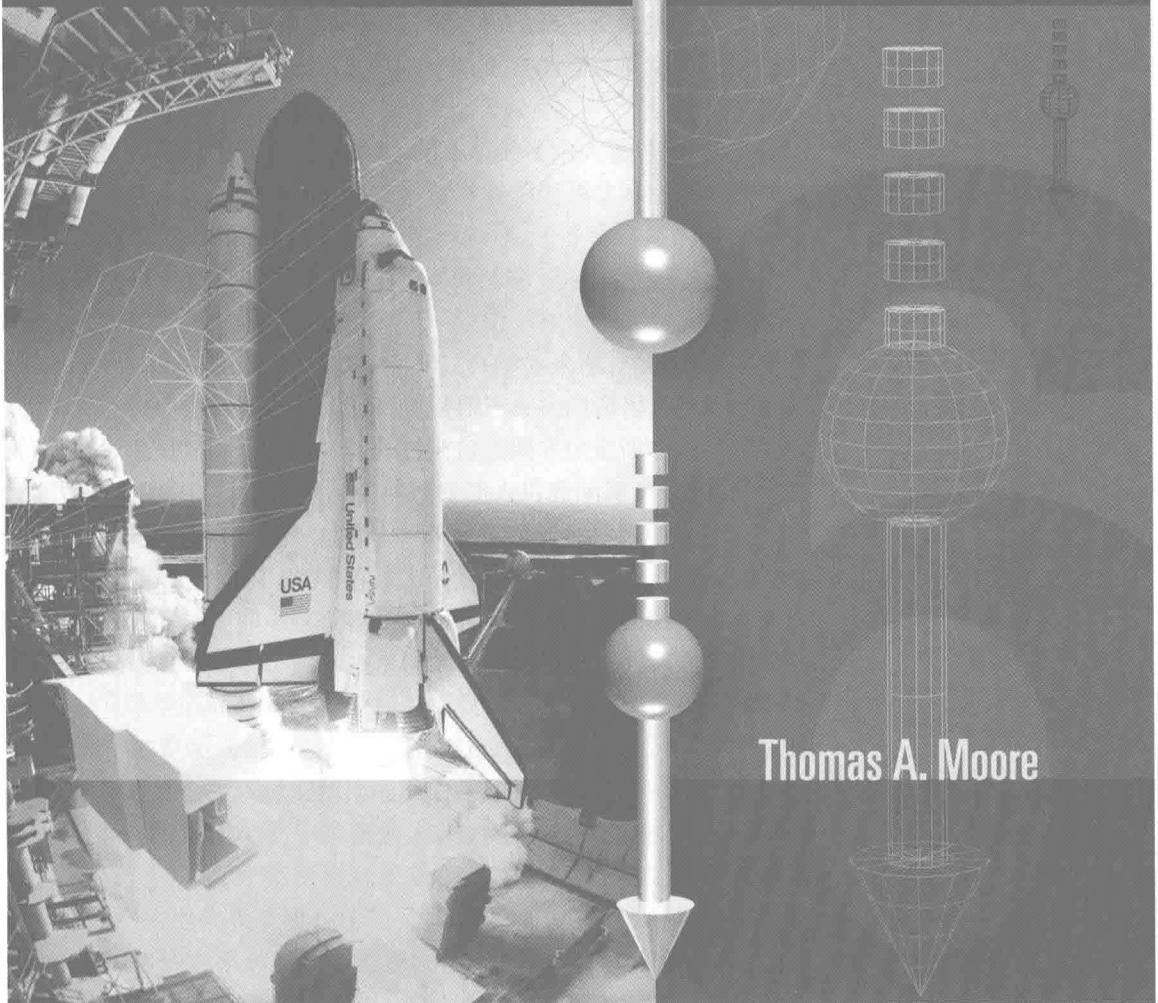
N3.3	定性的实例	337
N3.4	第三定律和第二定律对儿	342
N3.5	作用力与反作用力	343
N3.6	一维运动图像	344
N3.7	定量的实例	347
	两分钟测试	348
	测试答案	352
第 N4 章		
由力求运动量		
	本章概览	354
N4.1	逆向运动链	356
N4.2	图像化的不定积分	356
N4.3	一维运动积分	358
N4.4	一维自由落体运动	362
N4.5	三维运动积分	363
N4.6	建立轨迹图像	365
N4.7	牛顿程序	367
	两分钟测试	369
	习题	370
	习题答案	372
第 N5 章		
静力学		
	本章概览	374
N5.1	运动中的力：概览	376
N5.2	静力学概论	376
N5.3	涉及转矩的静力学问题	377
N5.4	运动中的力问题求解	380
N5.5	静力学问题求解	382
	两分钟测试	386
	习题	387
	习题答案	389
第 N6 章		
直线运动		
	本章概览	390
N6.1	自由粒子图像	392
N6.2	匀速运动	393
N6.3	静摩擦力和动摩擦力	394
N6.4	阻力	399
N6.5	直线加速运动	400
N6.6	约束运动求解步骤	401
	两分钟测试	404
	习题	405
	习题答案	407
第 N7 章		
物体的耦合		
	本章概览	408
N7.1	耦合力的标记	410
N7.2	推动连接的块体	412
N7.3	弦，真实情况和理想情况	414
N7.4	滑轮	418
N7.5	解题步骤应用	418
	两分钟测试	420
	习题	421
	习题答案	424
第 N8 章		
圆周运动		
	本章概览	426
N8.1	匀速圆周运动	428
N8.2	方向	430
N8.3	变速圆周运动	431
N8.4	弯道与倾斜	433
N8.5	实例	436
	两分钟测试	439
	习题	441
	习题答案	443
第 N9 章		
非惯性参考系		
	本章概览	444
N9.1	虚拟力	446
N9.2	伽利略变换	446
N9.3	惯性参考系	450
N9.4	直线加速参考系	452
N9.5	转动加速参考系	454
N9.6	虚拟力的应用	455
N9.7	自由落体参考系和重力	457
	两分钟测试	459
	习题	460
	习题答案	462
第 N10 章		
抛体运动		
	本章概览	464
N10.1	重力和抛体运动	466
N10.2	简单抛体运动	467
N10.3	一些基本特性	469

N10.4	抛体运动解题框架	470		
N10.5	阻力和极限速度	474		
	两分钟测试	476		
	习题	477		
	习题答案	480		
第 N11 章				
振动		482		
	本章概览	482		
N11.1	弹簧振子系统	484		
N11.2	求解运动方程	485		
N11.3	谐振子模型	488		
N11.4	弹簧悬挂系统	489		
N11.5	与圆周运动类比	491		
N11.6	单摆	493		
	两分钟测试	495		
	习题	496		
	习题答案	498		
第 N12 章				
轨道概论		500		
	本章概览	500		
N12.1	开普勒定律	502		
N12.2	绕大质量主星的轨道	503		
N12.3	开普勒第二定律	505		
N12.4	圆轨道和开普勒第三定律	506		
N12.5	圆轨道问题	508		
N12.6	黑洞和暗物质	513		
	两分钟测试	515		
	习题	515		
	习题答案	517		
第 N13 章				
行星运动		518		
	本章概览	518		
N13.1	椭圆和双曲线	520		
N13.2	轨道的轨迹图像	523		
N13.3	守恒定律和轨道	527		
N13.4	求解轨道问题	529		
	两分钟测试	532		
	习题	533		
	习题答案	535		
附录 NA				
微分			537	
NA.1	导数		537	
NA.2	一些有用的规则		537	
NA.3	导数和斜率		539	
NA.4	链式法则		539	
NA.5	其他函数的导数		540	
	习题		541	
	习题答案		541	
附录 NB				
积分			542	
NB.1	不定积分		542	
NB.2	定积分		542	
NB.3	基本定理		543	
NB.4	不定积分		544	
NB.5	变量替换法		545	
	习题		546	
	习题答案		546	
专业术语			547	
元素周期表			553	
符号及其含义			554	

3 Six Ideas That Shaped Physics

Unit C: Conservation Laws
Constrain Interactions

Second Edition



Thomas A. Moore

**Mc
Graw
Hill**

关于 C 单元的几点说明

C 单元是本书和其他两卷各单元的基础。目前的课程结构设计是假定首先讲授 C 单元，接下来是 N 单元。

为什么在学习牛顿力学前要先学习守恒定律呢？最主要的原因是：①守恒定律容易被理解和应用，这样做有助于学生在开始学习这门课时树立起自信；②使用守恒定律并不需要微积分知识，这样做对于微积分的要求就可以推迟几周；③学习动量守恒定律和角动量守恒定律需要引入矢量的概念，这样做，在学习矢量微积分之前几周时间内，学生已经熟悉了矢量；④守恒定律甚至要比牛顿力学更加基本，因此，从这个最重要的并且贯穿整个课程的概念开始讲授是一个很好的开端。

起初我们并没有意识到上面这些好处：第 1 版的《六大思想构建物理学》就是按照通常的顺序来介绍力学的。然而，在考查学生的学习情况和课程逻辑性的反馈意见后，就自然出现了现在的编写顺序。（非常有趣的是，一些对课程改革感兴趣的人也都独立地得到了相同的结论。）

改变学习内容的顺序对于一些已经有了一定力学知识功底的学生来说也许是一个挑战（积极和消极方面都有）。对于这些学生来说，“逆序”学习力学可能会非常有益，因为这可以使他们真正重新思考这门课程，而且这个新的视角使他们的思考更具有灵活性。教师可通过强调守恒定律的广泛应用价值及其在当代物理中的重要性，以及获得这些能力后看问题角度的多样性，去帮助学生实现上述目标。在这一过程中，教师可起到关键作用。

相互作用的动量转移模型（将在第 C3 章中介绍）就是一个不用讲授牛顿定律就可以学习的守恒定律。这个模型对每个人来讲都是新的和具有挑战的构想。教师需要认真地教学，给学生足够的训练来保证他们都能够正确地理解和应用。一旦学生真正理解了这个模型，就可以在学习中轻松地避免很多对这门基础课程的常见误解。当然，要适应这些新的概念需要一些时间。但是，我相信学生最终会发现他们付出的努力都是值得的。

教师会发现本书中引入了一些新的术语。很多物理学家指出，在定义和使用“功”这个概念时存在相互矛盾的地方。因此，在本书中使用“k-work” $[dK]$ 来严格地代表“质心功”：这就是标准功能定理出现的形式，它能很容易地应用于质点系和其他扩展系统中。学生需要理解的是，“质心功”在很多教材里被简单地称为功。为了避免与热力学功（对我使用传统术语）和“力在某一方向运动一段距离形成的功”这两个非常不同概念混淆，我在这里重新命名和定义了功这个概念。除此之外，书中第二个新术语是 $\text{twirl}[d\vec{L}]$ ——“角冲量”，它对角动量的作用就像冲量对动量的作用和“质心功”对能量的作用一样。使用这样的定义可以简单明了地表现出它们的相似性。同时，这些新的定义可以让我们更加明确地描述一个特定的相互作用对系统动量、角动量和能量的贡献。当然，读者可能需要付出一些努力去适

为什么要首先学习守恒定律？

这种顺序对即便是做了很好准备的学生也是很有益的

动量转移模型的重要性

一些与众不同的术语

应和使用这些定义。但是，这些努力会让我们对这些重要的物理概念有一个更深刻的理解。同时我相信，对这些定义的准确理解和正确应用，可以在很大程度上提高教学和学习效率。

利用一些令人迷惑不解的问题
的优势

本单元的很多章节都是先从相互作用物体的一个“令人迷惑不解的问题”开始的。在学生开始阅读指定章节之前，如果在课堂上对这些问题做一些说明和讨论，就能在很大程度上增强教学效果。这样做可以帮助学生把物理问题和现实生活联系起来，同时也给学生主动发现问题的机会，而不是被动地读这些问题。教师可以在我们的网站上找到关于如何给学生有效讲解这些问题的指导建议。

哪些内容可以删减？

本单元的每一个章节是学习本书其他单元的基础。（实际上，我们已经对每一章节做了尽可能的简化，只把最重要的部分保留了下来。）如果非要去掉一些内容的话，可以省去第 C12 章（这一章讨论的是一些有趣的能量守恒的应用以及弹性和非弹性碰撞的内容）。本单元的其他章则是一个不可分割的整体。

托马斯 A. 摩尔
加利福尼亚，克莱蒙特

Some Notes Specifically About Unit C

This unit is the foundation on which the rest of the *Six Ideas* course is built. The current course structure assumes that unit C will be taught first and will be immediately followed by unit N.

Why study conservation laws *before* newtonian mechanics? The most important reasons are as follows: (1) Conservation laws are easy to understand and use, which helps build student confidence at the beginning of the course; (2) using conservation laws does not really require calculus, thus delaying the introduction of calculus for several weeks; (3) studying conservation of momentum and angular momentum *does* require vectors, allowing vector concepts to be developed for several weeks in simple contexts before getting into vector calculus; and (4) conservation laws really are more fundamental than even newtonian mechanics, so it is good to start the course with physical concepts that are crucially important and will be useful throughout the course.

We did not intuit these benefits at first: the earliest versions of *Six Ideas* presented mechanics in the standard order. Rather, this inversion emerged naturally as a consequence of observations of student learning and some reflection about the logic of the course. (Interestingly, a number of people interested in reforming the course have independently come to the same conclusion.)

Inverting the order *can* be a challenge (in both the positive and negative sense) for the student who has already had some mechanics. Studying mechanics “backward” in this way can actually be very good for such a student, because it makes her or him really *think* about the subject again, and the new perspective gives greater flexibility. The instructor can play a key role in helping such students appreciate this by emphasizing the power and breadth of the conservation law approach and its importance in contemporary physics, as well as celebrating with them the strength that one gains by being able to look at a situation from multiple perspectives.

The momentum-transfer model of interactions (which is introduced in chapter C3) is really what makes it possible to talk about conservation laws without starting with Newton’s laws. This model will be a new and challenging idea to almost everyone. Instructors should work carefully with students, giving them enough practice with the model to *ensure* that they understand it and can talk about it correctly. The payoff is that when students really grasp this model, it by its very nature helps them avoid many of the standard misconceptions that tend to plague students in introductory courses. It takes a little work to get used to the new language, but I think that you will find it worth the effort.

Instructors should note that I have coined a couple of new terms. A number of physicists have recently pointed out the contradictory ways in which we define and use the concept of *work*. I have therefore defined the term **k-work** [dK] strictly to mean what might be called “center-of-mass work”: this is the form of work that appears in the standard work-energy theorem and which is easiest to apply to both particles and extended objects. Students who are going on in physics need to understand that this idea is traditionally called *work*, but that I am renaming and more sharply defining it to avoid confusion with thermodynamic work (where I do use the traditional

Why study conservation laws first?

This approach can be good even for well-prepared students

The importance of the momentum-transfer model

Some unusual terminology