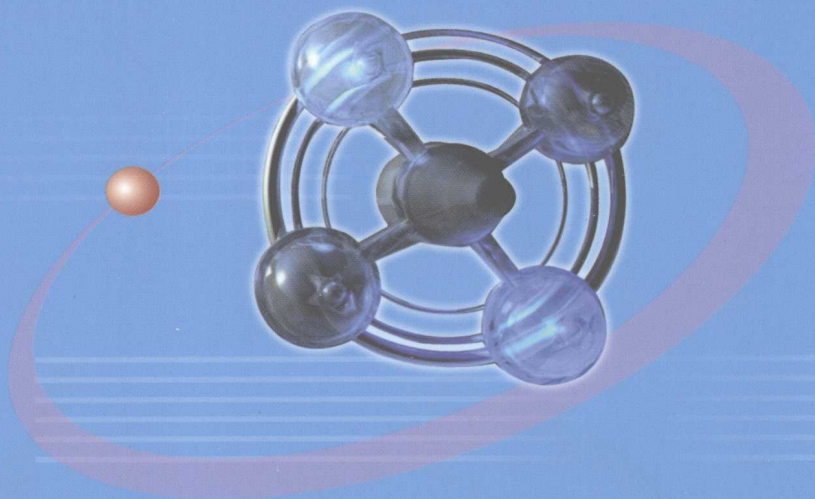


应用型本科理工类基础课程规划教材

大学物理 (上)

王秀敏 主 编
涂海华 副主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

应用型本科理工类基础课程规划教材

大学物理 (上)

王秀敏 主 编
涂海华 副主编

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

内 容 简 介

本书是根据精讲多练教学法的实践成果,面向应用型本科非物理类学生编写的教学用书。总的指导思想是:多形象分析,少抽象推演;多用通俗易懂的语言描述,少用深奥晦涩的术语论证。全套共分上、下两册,建议总学时为128学时,其中加*号及热学部分内容教师可根据实际教学需要进行取舍。本书整体架构清晰,内容设置具有层次性,因而也可作为其他本、专科院校进行大学物理教学或教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理. 上/王秀敏主编. —北京:北京邮电大学出版社,2008

ISBN 978-7-5635-1377-2

I. 大… II. 王… III. 物理学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 185211 号

书 名: 大学物理(上)

主 编: 王秀敏

副 主 编: 涂海华

责任编辑: 陈岚岚

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 17.75

字 数: 386 千字

版 次: 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1377-2

定 价: 26.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

应用型本科理工类基础课程规划教材

编审委员会

主 任

李尚志(教育部高等学校数学基础课程教学指导分委员会副主任、教授、博士生导师)

副主任 (按姓氏笔画排列)

卢玉峰(教育部高等学校数学基础课程教学指导分委员会委员)

朱传喜(教育部高等学校数学基础课程教学指导分委员会委员)

张承璐(教育部物理学类专业教学指导分委员会委员)

陈 强(教育部物理基础课程教学指导分委员会委员)

委 员 (按姓氏笔画排列)

于崇智 王秀敏 白同亮 米红海

吴大江 杨水其 李平平 李连富

金宗谱 姜炳麟 涂海华 黄世益

前 言

本书是为适应高等教育改革需要,依据 2004 年底教育部“非物理类专业基础物理课程教学指导委员会”颁布的“大学物理课程教学基本要求”选择教学内容,针对应用型本科学生的特点,结合编者多年从事应用型本科物理教学的经验,面向非物理类应用型本科学生编写的物理课程教材。本书主要特点如下。

1. 注重科学思维,整体架构清晰

物理学科在理工院校是基础课程,它要完成的一个主要任务就是通过此课程的学习培养学生的科学思维品质,培养学生理性的、逻辑的思维。因此本书在结构和内容的安排上力求具有较强的逻辑性,从而给学生一个完整的知识体系框架和一个清晰的脉络层次。本书共分上、下两册,上册包括力学、振动和波、热学三部分,下册包括波动光学、电磁学、近代物理三部分。

2. 注重精讲多练,重点内容突出

“精讲多练”教学法是在大连理工大学城市学院实践多年,并被证明是行之有效的适合应用型本科学生特点的基础课程教学方法。本教材的编写依据了“精讲多练”教学法的实践成果。“精讲”体现在两个方面:一是根据教学需要精选重点内容;二是在博采众家所长基础上,针对应用型本科学生的基础和学习特点,采用最优化方案精讲重点内容。总的教学指导思想是:多形象分析,少抽象推演;多用通俗易懂的语言描述,少用深奥晦涩的术语论证。“多练”也体现在两个方面:一是多介绍知识在生产生活中的应用;二是对于每类典型问题,设有例题、练习、习题 3 个应用环节。其中,练习是例题的变形,其目的是进一步训练和巩固所学的知识,而习题则是内容的综合运用,其目的是训练知识掌握的灵活性。

3. 注重区分层次,适应不同学生

一是考虑不同需求,内容划分层次:每部分都有标“*”号的章节,以方便教师根据教学情况进行取舍;习题分为 A、B 两类,以便给学生更多的学习空间。二是每部分内容开始都有引言,使内容之间衔接过渡自然,以方便自学。三是注重学习方法指导:对于中学相对陌生的内容,进行专门的学习方法说明。如刚体一章开始即强调类比方法的运用,并编写了大量的类比表格。四是精选物理学家的故事作为阅读材料,以激发学生的学习兴趣。

趣,培养奋斗精神,进行素质教育。

在本教材编写的过程中,大连理工大学城市学院赵卓老师作了大量的工作,大连理工大学城市学院的各级领导给予了大力支持,北京邮电大学出版社给予了多方的帮助,兄弟院校的同仁们提出了中肯的建议,在此一并表示衷心的感谢。

编写适合应用型本科学生的教材是一种尝试,尽管编者努力追求尽善尽美,但由于水平有限,加之时间仓促,难免存在缺憾和遗漏之处,恳请读者和同行批评指正。

编 者

2007 年 11 月于大连

目 录

第一篇 力 学

第 1 章 质点运动学

1.1 参考系、坐标系和质点模型	3
1.1.1 参考系	3
1.1.2 坐标系	4
1.1.3 质点模型	4
1.2 质点运动的描述	5
1.2.1 质点位置的描述	5
1.2.2 速度和速率	8
1.2.3 加速度	10
1.3 直线运动、运动学的两类问题	12
1.3.1 直线运动	12
1.3.2 运动学的两类问题	13
1.4 运动叠加原理、抛体运动	14
1.4.1 运动叠加原理	15
1.4.2 抛体运动	15
1.5 圆周运动	18
1.5.1 圆周运动的速度	19
1.5.2 圆周运动的加速度	19
1.5.3 圆周运动的角量描述	22
1.6 相对运动	25
阅读材料一:物理学的产生和发展	27
习题一	30

第2章 质点动力学

2.1 常见力	34
2.1.1 万有引力、重力	34
2.1.2 弹性力	35
2.1.3 摩擦力	36
2.2 牛顿运动定律及其应用	38
2.2.1 牛顿运动定律的内容	38
2.2.2 牛顿运动定律的应用	40
* 2.3 非惯性系和惯性力	44
2.4 质点动量定理	46
2.4.1 力的冲量	47
2.4.2 质点的动量	48
2.4.3 动量定理及应用	49
2.5 质点系动量定理及其守恒定律	52
2.5.1 质点系动量定理	52
2.5.2 动量守恒定律及其应用	53
* 2.5.3 火箭飞行原理	55
2.6 功、动能定理	56
2.6.1 功	57
2.6.2 质点动能定理	59
2.6.3 质点系动能定理	61
2.7 功能原理、机械能守恒定律	62
2.7.1 保守力的功、势能	63
2.7.2 质点系功能原理	64
2.7.3 机械能守恒定律	66
2.8 碰撞问题	68
2.8.1 完全弹性碰撞	68
2.8.2 完全非弹性碰撞	69
2.8.3 非完全弹性碰撞	70
阅读材料二:经典物理的奠基人——牛顿	70
习题二	72

第3章 刚体的定轴转动

3.1 刚体定轴转动的描述	77
---------------	----

3.1.1 刚体	77
3.1.2 刚体的运动形式	78
3.1.3 刚体定轴转动的描述	78
3.2 刚体定轴转动定律、转动惯量	80
3.2.1 力矩	80
3.2.2 转动定律	81
3.2.3 转动惯量	81
3.3 转动定律的应用	84
3.4 转动动能定理	87
3.4.1 力矩的功	87
3.4.2 转动动能	88
3.4.3 转动动能定理	88
3.5 角动量定理、角动量守恒定律	91
3.5.1 力矩的冲量矩	92
3.5.2 角动量	92
3.5.3 角动量定理	93
3.5.4 角动量守恒定律	93
习题三	97

第4章 狭义相对论

4.1 力学相对性原理、经典力学时空观	101
4.1.1 力学相对性原理	101
4.1.2 经典力学时空观	102
4.1.3 经典力学在高速领域遇到的困难	103
4.2 狭义相对论基本原理、洛伦兹变换	104
4.2.1 狭义相对论基本原理	105
4.2.2 洛伦兹坐标变换	105
4.2.3 洛伦兹速度变换	107
4.3 狭义相对论的时空观	108
4.3.1 同时的相对性	108
4.3.2 时间间隔的相对性——时间膨胀	109
4.3.3 空间间隔的相对性——长度收缩	110
4.4 狭义相对论的动力学基础	112
4.4.1 相对论动量、质量和速率关系	112
4.4.2 相对论动力学基础方程	114

4.4.3 相对论动能、质能关系	114
4.4.4 动量和能量的关系	115
阅读材料三:物理学的革命者——爱因斯坦	116
习题四	118

第二篇 机械振动和机械波

第5章 机械振动

5.1 简谐振动的特征	123
5.1.1 简谐振动的定义	123
5.1.2 简谐振动的动力学特征	124
5.1.3 简谐振动的运动学特征	125
5.2 描述简谐振动的物理量	127
5.2.1 振幅	127
5.2.2 周期和频率	127
5.2.3 相位和相位差	128
5.2.4 振幅和初相位的求法	129
5.3 简谐振动的描述方法	130
5.3.1 解析法	130
5.3.2 振动曲线法	130
5.3.3 旋转矢量图示法	133
5.3.4 旋转矢量图的应用	134
5.4 简谐振动的能量	138
5.4.1 简谐振动系统的动能	138
5.4.2 简谐振动系统的势能	139
5.4.3 简谐振动系统的总能量	139
5.5 阻尼振动、受迫振动及共振	141
5.5.1 阻尼振动	141
5.5.2 受迫振动	142
5.5.3 共振	142
5.6 简谐振动的合成	143
5.6.1 沿同一直线、相同频率的两个简谐振动的合成	143
* 5.6.2 沿同一直线、不同频率的简谐振动的合成	148

* 5.6.3 两个同频率垂直振动的合成	150
* 5.6.4 两个不同频率垂直振动的合成	152
习题五	153

第6章 机械波

6.1 机械波的产生和传播	157
6.1.1 机械波产生的条件和种类	157
6.1.2 波动的几何描述	159
6.1.3 波动过程的物理本质	161
6.1.4 描述波动的物理量	163
6.2 平面简谐波表达式的建立与意义	166
6.2.1 平面简谐波表达式的建立	166
6.2.2 波动表达式的物理意义	170
6.3 波的能量	173
6.3.1 波的能量特征	173
6.3.2 波的能量密度	174
6.3.3 波的能流及能流密度	174
6.4 声波	176
6.5 波的叠加原理、波的干涉	178
6.5.1 波的叠加原理	178
6.5.2 波的干涉	179
6.6 驻波	182
6.6.1 驻波的产生	182
6.6.2 驻波的表达式	183
6.6.3 驻波的特征	183
* 6.6.4 半波损失	184
* 6.7 多普勒效应	185
阅读材料四:钟摆的发明者——惠更斯	187
习题六	189

第三篇 热 学

第7章 气体动理论

7.1 热力学系统、平衡态及理想气体状态方程	195
------------------------------	-----

7.1.1	热力学系统	195
7.1.2	平衡态和状态参量	196
7.1.3	理想气体状态方程	197
7.2	理想气体的压强公式	199
7.2.1	理想气体微观模型	199
7.2.2	理想气体压强公式	200
7.3	理想气体的温度公式	203
7.3.1	理想气体温度公式	203
7.3.2	气体分子的方均根速率	203
7.4	能量按自由度均分定理及理想气体内能	204
7.4.1	自由度	205
7.4.2	能量按自由度均分定理	206
7.4.3	理想气体的内能	207
7.5	麦克斯韦速率分布律	208
7.5.1	速率分布和分布函数	208
7.5.2	麦克斯韦速率分布函数	210
7.5.3	3种速率	210
7.6	分子的平均碰撞频率和平均自由程	212
7.6.1	平均碰撞频率	213
7.6.2	平均自由程	213
*7.7	玻耳兹曼分布	215
7.7.1	玻耳兹曼分布律	215
7.7.2	重力场中微粒按高度分布规律	216
7.7.3	气压公式	216
	习题七	217

第8章 热力学基础

8.1	准静态过程、功	219
8.1.1	准静态过程	219
8.1.2	功	220
8.2	热量、热力学第一定律	222
8.2.1	热量	222
8.2.2	热力学第一定律	223
8.3	理想气体的等值过程	224
8.3.1	等体过程	224

8.3.2 等压过程	225
8.3.3 等温过程	226
8.4 气体的摩尔热容	227
8.4.1 热容、摩尔热容	228
8.4.2 理想气体的摩尔热容	228
8.5 绝热过程	231
8.5.1 绝热过程的特征	231
8.5.2 绝热过程方程、绝热曲线	232
8.6 循环	233
8.6.1 循环过程	234
8.6.2 正循环、热机效率	234
8.6.3 逆循环、制冷系数	240
* 8.7 热力学第二定律、熵	243
8.7.1 热力学第二定律	243
8.7.2 可逆过程和不可逆过程	244
8.7.3 卡诺定理、克劳修斯不等式	245
8.7.4 克劳修斯熵	246
8.7.5 熵增加原理	248
阅读材料五:热功当量的测量者——焦耳	248
习题八	250
附录 A 矢量及其运算	253
A.1 矢量和标量	253
A.2 矢量合成	253
A.3 矢量乘法	255
A.4 矢量函数的导数和积分	256
附录 B 国际单位制	258
附录 C 习题参考答案	261
参考文献	270

第一篇 力 学

力学是研究物体的机械运动及其规律的一门学科。

自然界中的一切物质都处于永不停息的运动状态之中,这些运动的形式是千变万化的,其中最普遍、最基本的运动形式即为机械运动,机械运动是指物体间或物体内部各组成部分之间相对位置的变化。例如行星绕太阳的运转,地球的自转,物体从高处的下落,树叶的摆动,人体姿势的变化等都是机械运动。

力学是物理学中最古老的一个分支,也是人类最早建立的学科之一。其历史可以追溯到公元前 4 世纪,古希腊学者亚里士多德关于力产生运动的论述被认为是力学的开篇之作。在我国,公元前 5 世纪的《墨经》中已有关于杠杆原理的论述。但力学作为一门独立学科发展起来应始于 17 世纪伽利略关于惯性的论述,之后牛顿在总结前人经验和理论上所提出的力学 3 个基本定律和万有引力定律,及其在 1687 年发表的《自然哲学的数学原理》则标志着牛顿力学时代的开始。牛顿力学又称经典力学,它有着严谨的理论体系和完备的研究方法,并在生产实践中得到了广泛的应用,即使是到了 20 世纪,人们发现了经典力学在高速和微观领域的局限性,进而建立了相对论和量子力学,经典力学也仍是现代物理学和自然科学的基础,在一般的技术领域,如在机械制造、土木建筑、航天技术等方面仍具有广泛而精确的指导意义。

本篇包括 4 章内容:质点运动学、质点动力学、刚体的定轴转动以及狭义相对论基础。

质点运动学主要研究质点运动的描述问题;质点动力学主要研究力与质点运动状态变化之间的关系问题,即解释运动;刚体的定轴转动主要研究刚体定轴转动的描述及力矩与刚体转动状态变化之间的关系等问题;狭义相对论基础主要研究在高速领域描述运动的一些基本原理和观念。

第1章 质点运动学



质点运动学的任务是描述质点的运动,即从几何学的观点出发描述质点机械运动的状态随时间变化的关系,而不追究引起质点运动及运动状态变化的原因。本章主要介绍位置矢量、位移、速度、加速度等描述质点运动的物理量以及它们之间的关系,介绍反映质点运动情况的运动方程、反映质点运动轨迹的轨迹方程,并在此基础上研究几种特殊的机械运动形式。

1.1 参考系、坐标系和质点模型

1.1.1 参考系

自然界中的物质都处于永不停息的运动状态之中,运动是物质的存在形式,是物质的固有属性,运动和物质是不可分割的,这就是运动的绝对性,绝对静止的物体是不存在的。例如,列车茶几上看似静止的茶杯其实在随列车一起向前运动,地面上看似静止的物体其实是以 $3.0 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度随地球一起绕太阳运动,研究行星运动时认为静止的太阳其实也是以 $2.5 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度在银河系中运动。

物体的运动是绝对的,但对于运动的描述却是相对的。描述同一个物体的运动,不同的人往往得出不同的结论。例如,研究列车茶几上茶杯的运动,列车上的乘客认为茶杯是静止的,但站在站台上的人则认为茶杯是运动的。为什么同一个物体的运动,不同的人会得出不同的观察结果呢?原因就是这两个人在描述茶杯运动情况时选择了不同的参考物体,列车上的乘客以茶几为参考物体,得出茶杯静止的结论,而站台上的人以地面为参考物体,则得出茶杯运动的结论。再比如,从匀速上升电梯的顶棚落下一枚钉子,在电梯中的人看来,这枚钉子作的是自由落体运动,钉子直接下落到电梯的地面,而在地面上的人

看来,这枚钉子则在作有一定初速度的竖直上抛运动,钉子是先上升一段高度,然后再下落。这两个人描述同一枚钉子的运动却得出不同结论,仍然是因为他们选择了不同的物体作为参考物体,电梯中的人是以电梯的地面为参考物体,而地面的人则是以电梯外的地面作为参考物体。

可见,描述物体运动时,必须选择另一个物体作为参考物,离开所选择的参考物去描述某一个运动是没有意义的,这个运动也是无法描述的。在描述物体运动时,选作参考的物体称为参考系。在以后描述物体运动时,必须事先指出选择什么物体作为参考系。参考系的选择可以是任意的,可视问题的性质和研究问题的方便而定。例如,研究地面附近物体的运动时,一般选择地球或相对于地球静止的物体为参考系(如不加特殊说明,在本书中都是以地球或相对于地球静止的物体为参考系讨论问题),而如果研究天体的运动,则一般选择太阳为参考系。

1.1.2 坐标系

在选择合适的参考系之后,要定量地描述物体相对于参考系的运动情况,还需要在选定的参考系中建立适当的坐标系,坐标系是参考系的数学表示。坐标系有许多种,如直角坐标系、极坐标系、自然坐标系等。坐标系的选择也是任意的,一般视问题的性质和方便而定,无论选取哪类坐标系,物体运动性质都不会改变。当然,如果选取的坐标系适当,可以使问题的研究得以简化。

最常用的坐标系是直角坐标系(也称笛卡儿坐标系)。坐标系的原点 O 与参考系固定在一起,沿相互垂直的方向选取 3 个坐标轴,分别记为 x 、 y 、 z 轴,这样的坐标系称为空间直角坐标系,记为 $Oxyz$ 坐标系;如果所研究的物体作平面运动,也可以在平面内沿相互垂直的方向建立两个坐标轴,分别记为 x 、 y 轴,这样的坐标系称为平面直角坐标系,记为 Oxy 坐标系;如果所研究的物体作直线运动,则只需建立一个坐标轴,记为 Ox 坐标轴。在具体问题中,需要建立几个坐标轴?坐标轴的正向指向哪里?同样视问题的方便而定。

1.1.3 质点模型

实际问题中的物理过程往往都是比较复杂的,在讨论问题过程中,经常把实际的问题进行适当的简化,抓住问题的主要矛盾,从实际的问题中抽象出可以进行数学描述的理想物理模型,从而找出问题中最基本、最本质的规律。

质点即是力学中常用的一种理想物理模型。如果在某些运动中,有大小和形状的物体的各个组成部分具有相同的运动规律,或者物体的大小和形状对于所研究的问题没有影响,或者即使有影响,其影响也可以忽略不计,这时,就可以把物体视为一个没有大小和形状而有质量的点,这个点即为质点。一般地,在以下两种情形中可以把物体视为质点。

(1) 物体运动时,其上所有点的运动情况相同,物体的大小和形状对于所研究的问题没有影响。例如,在桌面上平移一个杯子,组成杯子的各点运动情况相同,此时,如果了解了杯子上任意一个点的运动情况,那么,杯子上其他点的运动情况也就清楚了,因此,可以