

高等学校教材

大学物理 (上册)

主 编 许伯强 王纪俊
副主编 葛一兵 陆正兴

高等教育出版社

高等学校教材

大学物理 (上册)

主 编 许伯强 王纪俊
副主编 葛一兵 陆正兴

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是根据教育部高等学校物理学与天文学教学指导委员会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2010年版)编写而成的。全书分为上下两册,上册内容包括力学(含相对论简述)和电磁学两部分。下册内容包括热学、振动和波、光学和量子物理。本书内容简洁,详略得当,难度适宜。本书每章末精选了少量的思考题和习题,供学生练习使用。

本书在信息技术的应用和教学模式的多样化上作了适当尝试,读者可通过扫描二维码浏览与物理原理及现象相关的文档、视频、演示实验。

本书可作为高等学校理工科非物理类专业大学物理课程的教材或参考书,也可供文科相关专业和社会读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理.上册/许伯强,王纪俊主编.--北京:
高等教育出版社,2018.1

ISBN 978-7-04-048816-6

I. ①大… II. ①许… ②王… III. ①物理学-高等
学校-教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 274751 号

Daxue Wuli

策划编辑 高聚平
插图绘制 杜晓丹

责任编辑 高聚平
责任校对 李大鹏

封面设计 赵阳
责任印制 赵义民

版式设计 杜微言

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 大厂益利印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 21
字 数 480 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>

版 次 2018 年 1 月第 1 版
印 次 2018 年 1 月第 1 次印刷
定 价 39.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 48816-00

前 言

物理学是自然科学中影响最深远、最广泛,也是最基本的学科。物理学不仅要研究宇宙的起源和演变过程,还要研究未来宇宙的演变方向。物理学的基本理论渗透到自然科学的一切领域,它是自然科学和工程技术的基础。物理学研究的对象小到粒子,大到宇宙,我们周围的一切客观实在都是物理学研究的对象。

物理学的发展经历了三次大突破。在 17—18 世纪,牛顿力学和热力学的发展,不仅有力地推动了其他学科的发展,而且适应了研制蒸汽机和机械工业的社会需要,引发了第一次工业革命。到了 18 世纪,在法拉第、麦克斯韦电磁理论的推动下,人们成功地制造了电机、电器和各种电子器件,导致工业电气化,这就是第二次工业革命。20 世纪初兴起并一直延续至今的第三次工业革命是相对论和量子论发展的结果。事实证明,几乎所有重大的新技术的突破事先都在物理学中经过长期的酝酿、在理论和实验两方面积累了大量知识后,才迸发出来,所以物理学是科学技术生产力的不竭源泉。近代科学技术的发展,使物理学进一步与其他学科融合。

非物理类专业的大学生学习物理学的目的在于:使学生对物理学的基本概念、基本理论和基本方法有比较系统的认识 and 正确的理解,并为进一步学习打下坚实的基础。同时着力培养学生树立科学的世界观,增强学生分析问题和解决问题的能力,培养学生的探索精神和创新意识,以实现学生知识、能力、素质的协调发展。

我们认为,通过提出问题、建立物理概念、分析指导和解答的讲述方式,不仅可使学生在生动有趣的环境中知道学习了什么,而且通过这种方式可以教会学生怎样学习,有益于学生掌握科学的学习方法,理解深奥的物理知识,从而提高学生的学习能力。大学物理采用模型方法来研究问题。这种方法是抓住问题的主要部分,略去次要部分,使问题简化。如力学中的质点、刚体,电磁学中的点电荷、圆电流等都是物理模型。模型方法具有三大特点:一是简单性:实际物理现象都很复杂,影响它的因素很多,通过分析,把物理对象分解成几个简单的部分,每个简单的部分就是一个模型,再通过对模型的研究,建立起物理概念及基本规律。二是形象性:通过模型把微观的物理量宏观化,把抽象的东西具体化,使学生更加容易理解。三是近似性:模型只突出了物理问题的主要部分,忽略了其他次要部分,并基于微积分分析方法得到精确的结论。

本书对有些定理和定律的推导进行了简化处理,把重点放在定理和定律的应用上。概念、定理、定律和重要的文字采用黑体字,矢量用黑斜体字母表示,以突出所描述的对象,方便读者阅读和理解。

本书内容深浅适当,讲解正确清楚,例题指导详尽。全书着力联系实际,特别是注意介

绍当代物理学的新进展,书中处处注重激发学生学习、思考的自主能动性,培养学生的学习兴趣。

本书设置了二维码,让学生自主扫描,获得动画、视频、物理演示实验等内容,从而拓展了大学物理的教学内容和研究方法,培养了学生的探索精神和创新意识。

本书分成上、下两册,上册包含力学(葛一兵、许伯强)和电磁学(陆正兴、许伯强),下册包含热学(陆正兴、王纪俊)、波动学(葛一兵、王纪俊)、光学(王亚伟、季颖)及近代物理基础(朱敏、吴长龙)。与本书配套的还有相关电子教案、思考题和习题分析与解答、学习指导书。

本书为高等学校理工科非物理类专业大学物理课程的教材,适用学时数为90~120学时。

由于学识所限,本书不妥之处敬请广大读者批评指正。

编者

2017年12月

目 录

第一部分 力 学

第 1 章 矢量与坐标系 3

- 1.1 标量和矢量 4
- 1.2 矢量的性质 4
- 1.3 坐标系和矢量 4
- 1.4 矢量的运算 5
- 思考题 6
- 习题 7

第 2 章 运动描述 9

- 2.1 质点 参考系 10
- 2.2 空间与时间 11
- 2.3 位置矢量 11
- 2.4 位移与速度矢量 12
- 2.5 加速度矢量 14
- 2.6 圆周运动 18
- 2.7 抛体运动 22
- 2.8 相对运动 24
- 2.9 相对论简述 25
- 思考题 32
- 习题 33

第 3 章 力与运动 35

- 3.1 牛顿第一定律与惯性 36
- 3.2 牛顿第二定律 36
- 3.3 牛顿第三定律 37
- 3.4 几种常见的力 38
- 3.5 牛顿定律的应用 39

思考题 41

习题 42

第 4 章 冲量与动量 43

- 4.1 冲量与动量 44
- 4.2 动量守恒定律 47
- 思考题 51
- 习题 52

第 5 章 功与能量 53

- 5.1 恒力做功 54
- 5.2 变力做功 54
- 5.3 动能与动能定理 56
- 5.4 系统的势能 58
- 5.5 机械能守恒定律 60
- 5.6 能量守恒与转化定律 63
- 5.7 碰撞 64
- 思考题 66
- 习题 67

第 6 章 刚体的定轴转动 69

- 6.1 刚体模型 70
- 6.2 刚体定轴转动的运动
简述 70
- 6.3 力矩 72
- 6.4 转动定律 72
- 6.5 刚体的转动惯量及计算 74
- 6.6 转动定律举例 77

6.7 定轴转动的动能定理 79
 6.8 角动量守恒定律 82

思考题 85
 习题 86

第二部分 电 磁 学

第 7 章 电场和电场强度 91

7.1 电荷 库仑定律 92
 7.2 电场 电场强度 98
 思考题 116
 习题 116

第 8 章 电场强度通量和高斯定理 119

8.1 电场线 电场强度通量 120
 8.2 高斯定理 127
 思考题 137
 习题 138

第 9 章 环路定理和电势 141

9.1 电场力的功 静电场环路
 定理 142
 9.2 电势 电势差 146
 9.3 等势面 电势梯度与电场
 强度 156
 思考题 160
 习题 161

第 10 章 导体、电容器和电介质 163

10.1 有导体时的静电场 164
 10.2 电容器 电容 170
 10.3 静电场能量 176
 10.4 静电场中的电介质 179
 思考题 184
 习题 185

第 11 章 电路基础 187

11.1 电流和电流密度 188

11.2 电源的电动势 191

11.3 欧姆定律 194

11.4 RC 串联电路和电容器充、
 放电 197

思考题 199

习题 199

第 12 章 磁场和磁力 201

12.1 磁场 磁感应强度 202

12.2 洛伦兹力 带电粒子在磁场中
 的运动 208

12.3 安培力 载流线圈在磁场中的
 力矩 213

12.4 霍耳效应 220

思考题 224

习题 224

第 13 章 磁场的源和磁介质 227

13.1 毕奥-萨伐尔定律 228

13.2 平行载流导线间的磁场力 237

13.3 安培环路定理 239

13.4 螺线管的磁场 245

13.5 磁介质的磁性 248

思考题 255

习题 255

第 14 章 电磁感应和电磁场 259

14.1 法拉第电磁感应定律 260

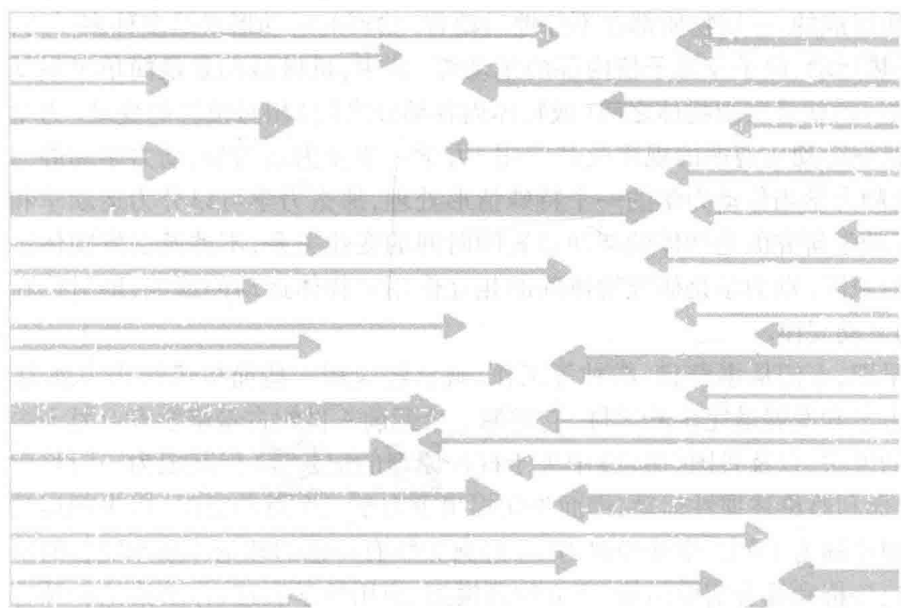
14.2 动生电动势 265

14.3 感生电动势和感生电场 270

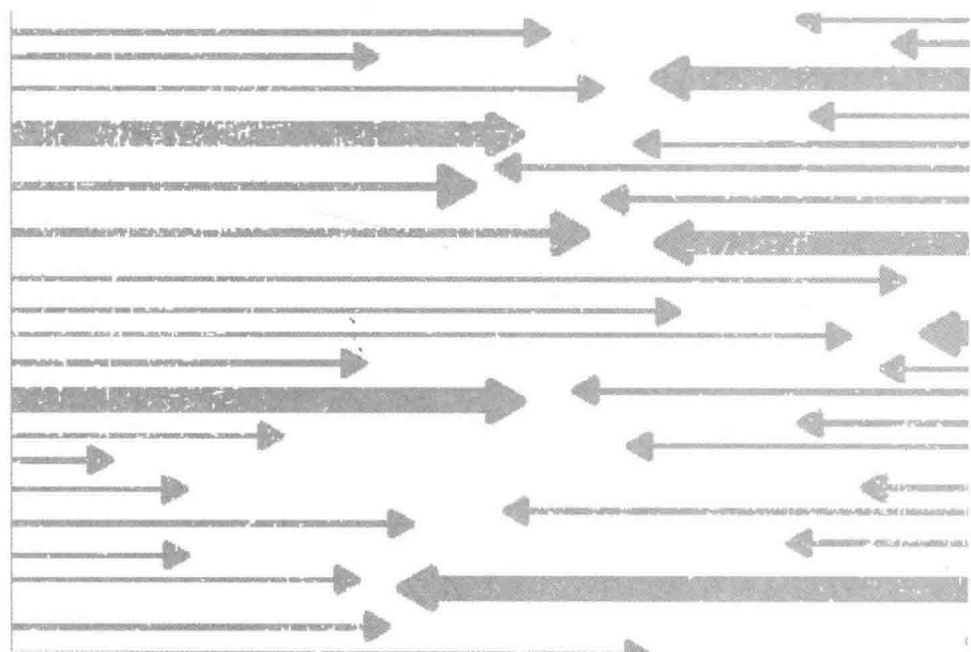
14.4 自感和互感 274

14.5 RL 串联电路和磁场的能量 280

14.6 位移电流与麦克斯韦方程组 ···	283	习题	288
思考题	288		
综合练习			291
练习一			292
练习二			294
练习三			296
练习四			299
练习五			302
练习六			304
练习七			307
练习八			309
练习九			312
模拟卷			315
参考答案			321
参考文献			323



第一部分 力 学



自然界是由物质组成的,一切物质都在不停地运动着.物质的运动形式是多种多样的,例如机械运动、分子热运动、原子及原子核内部的运动等.其中,机械运动是最简单又最基本的运动.所谓机械运动就是宏观物体之间(或物体内部各部分之间)相对位置的变动.力学的研究对象是研究机械运动所遵循的规律及其应用.力学一般分为运动学、动力学和静力学三个部分.如果把静力学当作动力学的一个特殊情形处理,那么力学可以分为运动学和动力学两大部分.运动学研究的是物体的空间位置随时间的变化关系,不涉及引发物体运动和改变运动状态的原因.动力学是研究物体间的相互作用对物体运动的影响,即讨论在力的作用下,物体的运动规律.

在人类历史的早期,人们从事狩猎、耕种等工作,就已经应用一些简单机械作为助力.力学是物理学中最古老和发展最完善的学科.它起源于公元前4世纪古希腊学者亚里士多德关于力产生运动的说法,以及我国《墨经》中关于杠杆原理的记录等.但其成为一门科学理论则始于17世纪伽利略论述惯性运动,继而牛顿提出了力学三个运动定律.以牛顿运动定律为基础的力学理论称为牛顿力学或经典力学.经典力学有严谨的理论体系和完备的研究方法,如观察现象、分析和综合实验结果、建立物理模型、应用数学表述、作出推论和预言以及用实践检验和校正结果等.经典力学曾被人们誉为完美普遍的理论而兴盛了约三百年.直到20世纪初人们才发现它在高速和微观领域的局限性,从而在这两个领域分别被相对论和量子力学所取代,但在一般的技术领域,如制造、土木建筑、水利建设、航空航天等工程技术中,经典力学仍然是必不可少的重要的基础理论.

>>> 第1章

… 矢量与坐标系

为了描述物体的运动,我们有必要先作几点数学上的准备.

1.1 标量和矢量

在研究物理学和其他应用科学时所遇到的量通常可分为两类,一类完全由数值决定,例如质量、温度、时间、功等,这一类量叫做标量.例如一个物体的质量为 2 kg ,它的温度为 $21\text{ }^\circ\text{C}$ 和体积为 2 m^3 . 另一类量,只知道数值大小还不够,还要说明它们的方向,例如速度、加速度,以及电磁学中的很多物理量,这一类量叫做矢量.

我们可以把任何矢量用一定长度和一定方向的线段来表示,这线段的长度表示矢量的数值大小,线段的方向表示矢量的方向.因此,从几何上看,矢量就是在空间中有一定长度和方向的线段.

1.2 矢量的性质

如果两矢量满足下面两个条件:

- (1) 长度相等且平行(既在同一直线上或在彼此平行的直线上);
- (2) 两矢量的指向相同.

就说这两矢量是相等的. 于是一矢量平行移动后仍与原矢量相等.

如图 1.2.1 所示,这四个矢量是相等的,因为它们长度相等且指向相同.

必须注意矢量的起点和终点,若对调它们的位置,就得到与原来矢量有相反方向的另一矢量,我们就说这两矢量大小相等,方向相反.

矢量的起点可以放在空间的任一点,但最好选择某点 O 作起点,把所有矢量都看作从这点出发,若矢量起点为 O ,终点为 M ,则记为 OM ,若起点为 A ,终点为 B ,则记为 AB .

矢量的长度叫做矢量的模(也就是矢量的大小),矢量 OM 的模用 $|OM|$ 来表示.

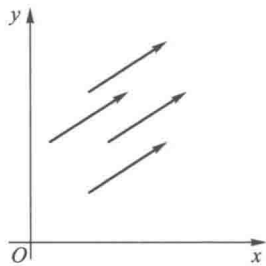


图 1.2.1 矢量相等

1.3 坐标系和矢量

为了定量地描述物体的运动,就必须建立适当的坐标系,在大学物理中常用的有直角坐标系和自然坐标系.

我们以直角坐标系为例来说明矢量在坐标系中的表示.

如图 1.3.1 所示,令 i, j, k 分别表示沿 X, Y, Z 轴正方向的单位矢量,则矢量 OM (或用 r 表示) 和直角坐标 x, y, z 之间的关系为

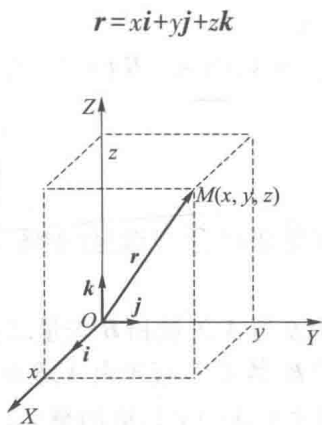


图 1.3.1 坐标系和矢量

我们把矢量 xi 、 yj 、 zk 叫做矢量 r 在 X 、 Y 、 Z 轴方向的分量, 其中 x 、 y 、 z 叫做分矢量的大小.

1.4 矢量的运算

矢量的加减必须按照几何法则(按三角形法则或平行四边形法则相加减), 矢量式中的所有+、-号都应理解为几何相加减, 决不能理解为代数相加减, 矢量的代数相加减是毫无意义的.

下面我们重点说明矢量的点乘和叉乘:

一、矢量的点乘

两矢量 A 和 B 的点乘是一标量, 它等于两矢量的大小和它们间的夹角的余弦的乘积, 通常用 $A \cdot B$ 表示. 即

$$A \cdot B = AB \cos \theta \quad (1.4.1)$$

其中 θ 为 A 矢量和 B 矢量之间小于 180° 的夹角. 如图 1.4.1 所示.

矢量的点乘有以下的性质:

(1) 当且仅当两矢量之一为零矢量或两矢量相互垂直时, 它们的点乘积才等于零.

当 $|A| = 0$, 或 $|B| = 0$, 或 $\theta = \frac{\pi}{2}$, 即 $\cos \theta = 0$ 时, $A \cdot B = 0$.

反之, 如果 $A \cdot B = 0$, 且 A, B 都不为零矢量, 则必有 $\cos \theta = 0$, 即 $A \perp B$.

(2) 交换律

$$A \cdot B = B \cdot A \text{ (由定义可得)}$$



图 1.4.1 矢量点乘

(3) 点乘积的坐标表示法

设 $\mathbf{A} = x_1\mathbf{i} + y_1\mathbf{j} + z_1\mathbf{k}$, $\mathbf{B} = x_2\mathbf{i} + y_2\mathbf{j} + z_3\mathbf{k}$, 则 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = (x_1\mathbf{i} + y_1\mathbf{j} + z_1\mathbf{k}) \cdot (x_2\mathbf{i} + y_2\mathbf{j} + z_3\mathbf{k}) = x_1x_2 + y_1y_2 + z_1z_2$. 读者可自己证明.

二、矢量的叉乘

由两矢量 \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 作出一个新矢量 \mathbf{C} , 使 \mathbf{C} 满足(如图 1.4.2 所示):

(1) 它的长度即大小为

$$|\mathbf{C}| = |\mathbf{A}| |\mathbf{B}| \sin \theta \quad \text{其中 } \theta \text{ 为 } \mathbf{A} \text{ 矢量和 } \mathbf{B} \text{ 矢量之间小于 } 180^\circ \text{ 的夹角.}$$

(2) \mathbf{C} 既垂直于 \mathbf{A} , 也垂直于 \mathbf{B} , 故 \mathbf{C} 垂直于由 \mathbf{A} , \mathbf{B} 所决定的平面; \mathbf{C} 的正向按右手螺旋定则确定(如图 1.4.3 所示): 右手形成一个松散的拳头, 其拇指向外伸出, 四指环绕的方向将由矢量 \mathbf{A} 指向矢量 \mathbf{B} , 这样拇指的指向垂直于矢量 \mathbf{A} 和 \mathbf{B} 所决定的平面, 即为 \mathbf{A} 叉乘 \mathbf{B} 的方向, 则 \mathbf{C} 叫做 \mathbf{A} 与 \mathbf{B} 的叉乘, 记为

$$\mathbf{C} = \mathbf{A} \times \mathbf{B} \quad (1.4.2)$$

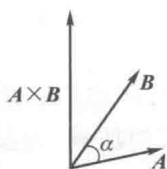


图 1.4.2 矢量叉乘

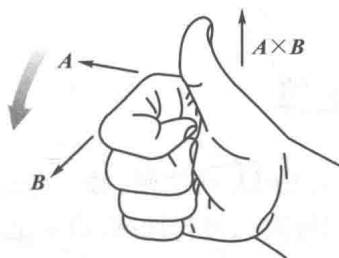


图 1.4.3 右手螺旋定则

矢量的叉乘有以下性质:

(1) $\mathbf{A} \times \mathbf{A} = 0$.

(2) 两非零矢量 \mathbf{A} , \mathbf{B} 平行的条件是 $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = 0$. 反之, 如果两非零矢量 \mathbf{A} , \mathbf{B} 的叉乘 $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = 0$, 则 \mathbf{A} , \mathbf{B} 平行.

(3) $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = -\mathbf{B} \times \mathbf{A}$, 这说明两矢量叉乘不满足交换律, 当交换两矢量叉乘的顺序时, 叉乘积变号.

思考题

1-1 下列各结果是否正确, 并说明理由:

(1) $|\mathbf{A}| \mathbf{A} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{A}$

(2) $(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) = (\mathbf{A} \cdot \mathbf{A})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{B})$

(3) $(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})\mathbf{C} = \mathbf{A}(\mathbf{B} \cdot \mathbf{C})$

(4) 假如 $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = 0$, 则 $\mathbf{A} = 0$ 或 $\mathbf{B} = 0$

习题

1-1 已知向量 P 和 Q 的夹角为 $\frac{\pi}{3}$, $|P|=3$, $|Q|=3$, 求下列各量:

(1) $P \cdot Q$

(2) $Q \cdot Q$

1-2 化简下式

$$i \times (j+k) - j \times (i+k) + k \times (i+j+k)$$



文档:笛卡儿

>>> 第2章

●●● 运动描述