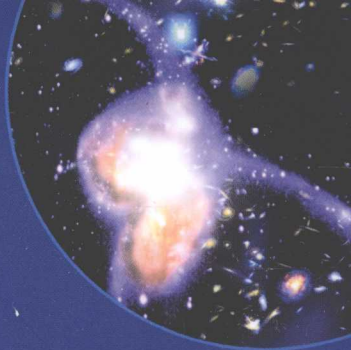




世纪普通高等教育基础课规划教材



UNIVERSITY PHYSICS

大学物理学

严导淦 王晓鸥 万 伟 编
唐光裕 主审

上册



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪普通高等教育基础课规划教材

大学物理学

上册

严导淦 王晓鸥 万 伟 编
唐光裕 主审



机械工业出版社

本教材参照教育部现行《理工科大学物理课程教学基本要求》编写,内容大致涵盖该基本要求中的 A 类核心内容和择要遴选有关的 B 类扩展内容,分上、下两册,共 17 章。本书为上册,内容有力学、狭义相对论、电磁学等,并设置了联系当前工程学科需求的 4 个专题选讲内容。每章配有问题、例题和习题,习题附有答案。

本书在确保上述基本要求的前提下,在撰述上力求简明扼要,在内容的深度、广度上以“浅一点、宽一点、新一点、活一点、用一点”为主旨,冀图在凸现现代理工科大学物理的特色上作些探索。

为了增强学生的学习兴趣和培养学生正确的思维能力,本书在各章的每节内容中穿插了一些相关的问题,其题型有些是结合生活、生产实践的应用题,有些是利用图形作出的提问,以避免模棱两可之弊,使读者在阅读正文之后解答上述问题,巩固和深化所学内容。此外,书中穿插的例题和列于每章的习题,布题周详,题量适中,以基本计算题为主,深度和广度与正文形成良好的匹配。

与本书同步出版的还有《大学物理学教·学指导》,并配有课堂教学电子教案。

本书为普通高等学校理工科大学物理课程教材(100~110 学时),也可兼做函授、成人教育、网络教育、高等教育自学考试教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.上册/严导淦,王晓鸥,万伟编. —北京:机械工业出版社,2009.5

21 世纪普通高等教育基础课规划教材

ISBN 978-7-111-26501-6

I. 大… II. ①严…②王…③万… III. 物理学-高等学校-教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 034537 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:陈中心

版式设计:霍永明 责任校对:陈延翔

责任印制:李妍

中国农业出版社印刷厂印刷

2009 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.75 印张·383 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-26501-6

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379723

封面无防伪标均为盗版

前 言

当前,我国正处于从工业经济向知识经济挺进的关键阶段,面临着改革和创新的严峻挑战,催动着高等教育向素质型教育转轨。

数年前,承蒙机械工业出版社高等教育分社李永联先生不弃,遵囑编撰一本适合当前工科专业教学需求的本科大学物理课程教材。编者不才,恐难以报命,惟勉力是从而已。

本书力求以较小的篇幅涵盖教育部现行《理工科大学物理课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)的A类核心内容;并结合工科专业需要和当前物理学的前沿课题,设置“专题选读”栏目,择要简介一些B类扩展性的机动内容,期求在学时数允可或读者学有余力的情况下,选读其中某些内容,以开拓读者的科学视野。另外,借鉴国外有些同类教材的做派,在每章开头,借方寸之地,结合该章内容,提供一些“自测题”或“科技小品”,期以引发读者学习本章内容的兴趣。这仅仅是一种探索性的尝试,也许东施效颦,事与愿违,只能今后不断改进,以臻完善。

全书各板块内容的布设,参照当前有些教材,迥异于以往一以贯之的传统体系,这样,可能有利于物理课程在教学安排和内容讲授上的灵活处理。

教育学上有关智力测验资料表明,由于学生在修读物理课程时的年龄段约在18~20岁,尚处于智力的高峰期。为了充分发挥这一优势,本书在各章的每节内容中穿插了相关的一些问题,其题型有些是巩固本节内容的概念性复习题,有些是结合生活、生产实践的应用题,有的用图形提问,以避免模棱两可之弊,使读者在阅读正文之后解答上述问题,以巩固和深化所学内容;若能据以系统地写成一份笔记,将是一份温课迎考的复习资料。其次,关于穿插在正文中的例题和列于每章之末的习题,布题周详,题量适中,以基本计算题为主,深、广度大致能与正文相匹配,并适度配置一些用高等数学解算的题目。采取以上教学措施,旨在贯彻大学生主动学习的教育新理念。

本书在确保《基本要求》的前提下,在内容深、广度上以“浅一点、宽一点、新一点、活一点、用一点”为圭臬,冀图在凸现现代理工科大学物理的特色上作些探索。例如,删去了诸如玻耳兹曼分布、电极化强度矢量 \mathbf{P}_j 、磁化强度矢量 \mathbf{M}_j 等内容,简化了有电介质时高斯定理、有磁介质时安培环路定理和刚体定轴转动定律的推导,既节省课时,又易教易懂;在“专题选读”中介绍了宇宙学、基本粒子,能源与环境保护以及研究工程问题所需要的量纲分析等内容;又如在问题、例题和习题中也渗

透了一些与生活 and 生产实践有关的题材。旨在导引读者能初步学会从力、热、声、光、电等物理视角去洞察现实世界中形形色色的生活和工程实践现象,并用相应的物理和专业知识及有关理论去辩解,甚至有所创新。常言道:“授人以鱼,仅供一饭之需”;“惟有教人以渔,则终身受用无穷”。后者正是编者们所企求的。

本书在文字叙述上力求简明通达,用字遣句和列式计算力求规范。诸如在示力图中将重力误标为 mg ,将运动表达式和波动表达式误称为运动方程和波动方程,将压强 p 误作矢量,列式计算时对数与量不加区分等等,甚至在有些同类教材中亦时有误植,这些习惯性而不经意地形成的时弊,本书皆尽可能加以厘正。

为了使本书易教易学,我们对重点内容作了重墨缕述,但力求要言不烦;对非重点内容而估计到学生阅读时会有困惑之处,仍不轻易回避,不惜篇幅,尽可能加以缕析,或许对读者有所裨益。

至于与本书配套的《大学物理学教·学指导》将与教材同步出版。本书同时还配有电子教案。

本书的编写分工为:严导淦编写第0章~第8章和两个专题,王晓鸥编写第9章~第14章和三个专题,万伟编写第15章~第17章和三个专题。

本书由唐光裕教授主审,唐教授对书稿提出了许多修改意见,深受启迪。

在本书编写过程中,编者还参阅和引用了国内外许多同类教材的有关资料,获益匪浅,受赋良多,藉达葵忱,是所至感。

由于编者识浅才庸,力不从心,憾难如愿,对书中多有错漏和不当之处,幸望读者绮注,不吝赐正,曷胜感盼。

编者

目 录

前言

第0章 物理学 物理量 计量单位	1
0.1 物理学	1
0.2 物理量 基准单位	2
0.3 法定计量单位 量纲	3
0.3.1 法定计量单位 国际单位制	3
0.3.2 在本书中使用国际单位制单位的方法和具体要求	4
0.3.3 解题方法和步骤	5
*0.3.4 量纲	6
第1章 质点运动学	8
1.1 质点 参考系 时间和空间	8
1.1.1 质点	8
1.1.2 参考系	9
1.1.3 坐标系 时间和空间	9
1.2 位矢 位移和路程	10
1.2.1 位矢	10
1.2.2 运动函数 轨道方程	11
1.2.3 位移	12
1.3 速度 加速度	12
1.3.1 速度 平均速度	12
1.3.2 瞬时速度 瞬时速率	13
1.3.3 相对运动	15
1.3.4 加速度	16
1.4 直线运动	19
1.5 抛体运动	23
1.6 圆周运动	24
1.6.1 自然坐标系 变速圆周运动	24
1.6.2 圆周运动的角量描述	27
习题1	30
第2章 质点动力学基础	33
2.1 牛顿运动定律	33
2.1.1 牛顿第一定律	33

2.1.2 牛顿第二定律	35
2.1.3 牛顿第三定律	37
2.2 力学中常见的力	38
2.2.1 万有引力 重力	38
2.2.2 弹性力	40
2.2.3 摩擦力	42
2.3 牛顿运动定律应用示例	44
*2.4 非惯性参考系 惯性力	51
*2.5 宇宙速度	53
2.5.1 第一宇宙速度	53
2.5.2 第二宇宙速度	54
2.5.3 第三宇宙速度	55
习题2	55
第3章 守恒定律及其在力学中的应用	58
3.1 功 动能定理	58
3.1.1 功 功率	58
3.1.2 质点的动能定理	60
3.1.3 系统的动能定理	62
3.2 保守力 系统的势能	64
3.2.1 保守力做功的特点	64
3.2.2 势能	66
3.3 系统的功能定理 机械能守恒定律 能量守恒定律	69
3.3.1 系统的功能定理	69
3.3.2 机械能守恒定律	70
3.3.3 能量守恒定律	72
3.4 冲量与动量 质点的动量定理	73
3.5 系统的动量定理 动量守恒定律	76
3.5.1 系统的动量定理	76
3.5.2 系统的动量守恒定律	77
3.6 质心 质心运动定理	80
3.6.1 质心	80
3.6.2 质心运动定理	82
3.7 碰撞	83
3.7.1 弹性碰撞	84
3.7.2 完全非弹性碰撞	85
3.8 角动量 力矩 质点的角动量守恒定律	86
3.8.1 质点的角动量	86
3.8.2 力矩	87

3.8.3 质点的角动量定理	88
3.8.4 质点的角动量守恒定律	88
* 3.9 系统的角动量守恒定律	90
习题3	92
第4章 刚体力学简介	98
4.1 刚体的基本运动形式	99
4.1.1 刚体的平动	99
4.1.2 刚体的定轴转动	100
4.2 刚体定轴转动的转动动能 转动惯量	103
4.2.1 刚体定轴转动的转动动能	103
4.2.2 刚体的转动惯量	103
4.3 力矩的功 刚体定轴转动的动能定理	105
4.3.1 力矩	105
4.3.2 力矩的功	106
4.3.3 刚体定轴转动的动能定理	107
4.4 刚体定轴转动定律	110
4.5 刚体定轴转动的角动量定理 角动量守恒定律	114
4.5.1 角动量 冲量矩 角动量定理	114
4.5.2 角动量守恒定律	114
习题4	116
第5章 狭义相对论	120
5.1 经典力学的相对性原理 伽利略变换	120
5.2 狭义相对论的基本原理 洛伦兹变换	123
5.2.1 狭义相对论的基本原理	123
5.2.2 洛伦兹变换	124
5.2.3 洛伦兹速度变换公式	125
5.3 相对论的时空观	126
5.3.1 同时的相对性	126
5.3.2 长度的收缩	128
5.3.3 时间的延缓	129
5.4 狭义相对论的动力学基础	131
5.4.1 质量与速率的关系	131
5.4.2 质量与能量的关系	133
5.4.3 能量与动量的关系	135
习题5	136
第6章 静电学	138
6.1 电荷 库仑定律	138
6.1.1 电荷 电荷守恒定律	138

6.1.2	库仑定律 静电力叠加原理	140
6.2	电场 电场强度	143
6.2.1	电场	143
6.2.2	电场强度 电场强度叠加原理	143
6.3	电场强度和电场力的计算	145
6.3.1	点电荷电场中的电场强度	145
6.3.2	点电荷系电场中的电场强度	146
6.3.3	连续分布电荷电场中的电场强度	147
6.3.4	电荷在电场中所受的力	152
6.4	电通量 真空中的高斯定理	154
6.4.1	电场线	154
6.4.2	电通量	154
6.4.3	高斯定理及其应用	157
6.5	静电场的环路定理 电势	161
6.5.1	静电力的功	161
6.5.2	静电场的环路定理	162
6.5.3	电势能	163
6.5.4	电势 电势差	163
6.5.5	电势的计算	164
6.6	等势面 电场强度与电势的关系	167
6.6.1	等势面	167
6.6.2	电场强度与电势的关系	168
6.7	静电场中的金属导体	170
6.7.1	金属导体的电结构	170
6.7.2	导体的静电平衡条件	170
6.7.3	静电平衡时导体上的电荷分布	171
6.7.4	静电屏蔽	174
6.7.5	关于导体的计算示例	175
6.8	静电场中的电介质	176
6.8.1	电介质的电结构	176
6.8.2	电介质在外电场中的极化现象	177
6.9	有电介质时的静电场和高斯定理	178
6.9.1	有电介质时的静电场	178
6.9.2	有电介质时静电场的高斯定理 电位移矢量	179
6.9.3	有电介质时静电场高斯定理的应用	181
6.10	电容 电容器	184
6.10.1	孤立导体的电容	184
6.10.2	电容器的电容	184

6.10.3 电容器的串联和并联	188
6.11 电场的能量	190
习题6	192
第7章 恒定电流的稳恒磁场	197
*7.1 电流 电流密度 电动势	197
7.1.1 电流	197
7.1.2 电流密度	198
7.1.3 电流的连续性方程 稳恒电场	199
7.1.4 欧姆定律	200
7.1.5 焦耳定律	200
7.1.6 电源 电动势	201
7.2 磁现象及其本源	203
7.3 磁场 磁感应强度	204
7.3.1 磁场	204
7.3.2 磁感应强度	205
7.4 电流和运动电荷的磁场	206
7.4.1 毕奥-萨伐尔定律及其应用	206
7.4.2 运动电荷的磁场	211
7.5 磁感应线 真空中磁场的高斯定理	212
7.5.1 磁感应线	212
7.5.2 磁通量 真空中磁场的高斯定理	213
7.6 安培环路定理及其应用	214
7.7 磁场对载流导线的作用 安培定律	219
7.7.1 安培定律	219
7.7.2 均匀磁场中载流线圈所受的力矩	221
7.7.3 磁电式电表的工作原理	225
7.8 带电粒子在电场和磁场中的运动	225
7.8.1 磁场对运动电荷的作用力——洛伦兹力	225
7.8.2 带电粒子在电场和磁场中的运动	228
7.9 磁场中的磁介质	233
7.9.1 磁介质在外磁场中的磁化现象	233
7.9.2 抗磁质和顺磁质的磁化机理	234
7.9.3 磁介质的磁导率	235
7.10 有磁介质时磁场的安培环路定理	236
7.11 铁磁质	237
7.11.1 铁磁质的磁化特性 磁滞回线	237
7.11.2 铁磁性的磁畴理论	239
习题7	240

第 8 章 电磁感应和电磁场理论的基本概念	245
8.1 电磁感应及其基本规律	245
8.1.1 电磁感应现象	245
8.1.2 楞次定律	247
8.1.3 法拉第电磁感应定律及其应用	248
8.2 动生电动势	253
8.2.1 动生电动势的由来	253
8.2.2 动生电动势的表达式	254
8.3 感生电动势 涡旋电场及其应用	258
8.3.1 感生电动势与涡旋电场	258
8.3.2 电子感应加速器	260
8.3.3 涡旋电流及其在工业上的应用	260
8.4 自感与互感	261
8.4.1 自感	261
8.4.2 互感	264
8.5 磁场的能量	266
8.6 位移电流	268
8.7 麦克斯韦电磁场理论	270
8.7.1 电场	270
8.7.2 磁场	271
8.7.3 电磁场的麦克斯韦方程组(积分形式)	272
习题 8	272
专题选讲	276
I 量纲分析简介	276
II 静电的应用和静电危害的防治	278
III 超导	282
IV 物理与能源、环境	286
附录	290
附录 A 一些物理常量	290
附录 B 数学公式	290
附录 C 矢量及其运算	290
参考文献	305

[自测题] 一捆粗细均匀的圆柱形铜线,在秤上称得其质量为 $m = 11.22\text{kg}$,若不用米尺来量,试问能否设法给出此铜线的总长度[⊖]? 已知铜的密度为 $\rho = 8.9\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

第 0 章 物理学 物理量 计量单位

0.1 物理学

自然界是由各种形态的物质所组成的.它们都是在相互联系和相互作用下,通过能量的交换和传递而处于永恒的运动中.因此,物质、运动、相互作用和能量是我们认识自然界的基本观点.

物理学是研究不同层次的物质结构和物质运动的最基本、最普遍规律的一门自然科学.正如 1999 年 3 月于美国亚特兰大召开的第 23 届纯粹物理和应用物理联合会[⊖]代表大会所指出的:“物理学——研究物质、能量和它们的相互作用的学科,是一项国际事业,它对人类未来的进步起着关键的作用.”

物理学所研究的运动形式包括机械运动、分子热运动、电磁运动、原子和原子核内粒子的运动等.这些运动及其基本规律普遍反映在其他较高级、较复杂的物质运动形式之中.例如,自然界中所发生的一切运动过程,无论是物理的、化学的、生物的、工程的,都遵从能量转换与守恒定律.因而物理学就成为其他自然科学和工程技术的重要基础,在许多科学技术和生产领域中,都广泛应用着物理学中的力学、热学、电磁学、光学和近代物理等各方面的基本知识和基本理论.可以认为,物理学是当代其他自然科学和工程技术的重要支柱,也是科技创新的催化剂和加速器.

可以预期,如果我们能够扎实而系统地理解和掌握物理学的基本知识、基本理论和基本技能,并从中逐步领会物理学的思想方法,充分利用物理学在工程技术中的新成就(如超声波、激光、半导体、超导、同位素和纳米技术等),必将推动我们今后所从事的专业及早进入现代化的行列.

⊖ 答案在例题 0-1 中.

⊖ International Union of pure and Applied Physics(缩写为 IUPAP).

总而言之,面临着人类文明由工业化进入信息化的新时代,在理工科学生的知识结构中,物理学具有不可替代的奠基作用,并对当代工程技术具有举足轻重的导向作用.

0.2 物理量 基准单位

在物理学中,为了定量地表述物质的属性、相互作用和物质运动的状态及其变化过程,需要建立或定义许多**物理量**,如密度、速度、力、电流等;而物质运动的基本规律在物理学中通常是由某些原理、定律或定理来表述的,它们反映了有关物理量之间的相互关系.

有一类物理量,如时间、质量、功、能量、温度等,只需用大小(包括数字和单位)和正负就可以完全确定,这类物理量统称为**标量**.标量既有大小又有正负,乃是**代数量**,可用代数方法进行计算.例如,同类的标量可以求代数和或差;又如,标量函数能够进行求导和积分等运算,这在微积分学中读者也都是耳熟能详的.

还有另一类物理量,如位移、速度、加速度、力等,必须同时给出大小和标明方向,才能完全确定.并且在相加时服从平行四边形法则.这类物理量称为**矢量**或**向量**.矢量的运算法则在本书书末“附录 C”中详述,供教学之需和学生参阅.

物理定律或理论的建立,一般都是首先通过对物理现象的观察和实验,这时,需要利用各种仪器去测定有关的物理量,进行各式各样的度量.

度量任何一个物理量,都必须有一个标准.例如,要知道一台机器的长度,可用米尺去量,而米尺上的刻度是按照规定的标准长度刻好的;要知道一颗子弹的质量,可用天平去称,而天平所使用的砝码也是按照规定的标准质量注明的.所以,诸如上述长度、质量等每一个物理量都有一个规定的度量标准.这一规定的度量标准,就叫做该物理量的**基准单位**.所谓度量,就是把一个待测的量与它的基准单位进行比较,看它是基准单位的多少倍.例如,我国自行建成的连接长江南北的常熟与南通的苏通大桥,其中创世界纪录的一根斜拉索长达 577m,这等于说,该斜拉索的长度是长度的基准单位——1m 的 577 倍,即 $1\text{m} \times 577 = 577\text{m}$.所以,每一物理量的大小都是由数字与单位相乘的形式来表述的.如果我们只说斜拉索长度为 577,就毫无意义,因为它是一个数,不是一个量,无法确认,它的长度究竟是 577m,还是 577cm,……,令人莫衷一是,其真实的大小无从知道.因此,只有在数字乘以相关的单位后,物理量才有实际意义.也就是说,我们在物理学中所进行的计算都是量的计算,而不仅仅是数的计算.

既然每一物理量都要有一个基准单位,那么,如此众多的物理量都要一一去规定相应的基准单位,就显得不胜其烦.因此,为了简便和统一起见,我们只是从众多的物理量中挑选出少数几个物理量作为基本物理量,然后再给每一个基本物理量

规定一个基准单位,这样的基准单位叫做**基本单位**.其余物理量的单位,就可以根据某些物理定律或定义,用这些基本单位来导出,故称为**导出单位**.根据以上的叙述,以后我们把作为基本单位的物理量称为**基本量**,而其余的物理量统称为**导出量**.

问题 0-1 什么叫物理量?试举例说明.试述基本量、导出量、基本单位、导出单位的意义.

0.3 法定计量单位 量纲

0.3.1 法定计量单位 国际单位制

根据基本单位的不同选取,物理学中有几种不同的单位制.本书采用中华人民共和国法定计量单位,简称法定计量单位.

法定计量单位是以国际单位制(代号为SI)为基础,并根据我国的国情,添选了一些非国际单位制的单位而构成的.择要简介如下:

(1)在国际单位制中选择了表0-1中所列的七个物理量作用基本量,它们的单位就规定为国际单位制的基本单位.

表 0-1 国际单位制(SI)中的基本单位及基本量的量纲

量的名称	单位名称	单位符号	基本量的量纲
长度	米	m	L
质量	千克(公斤)*	kg	M
时间	秒	s	T
电流	安[培]*	A	I
热力学温度	开[尔文]	K	Θ
物质的量	摩[尔]	mol	N
发光强度	坎[德拉]	cd	J

* ()内的字为前者的同义词; * []内的字是在不致混淆的情况下,可省略的字.

此外,还规定了表0-2所列的两个量的单位作为国际单位制的辅助单位.

表 0-2 国际单位制(SI)的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

(2)国际单位制中的**导出单位**.导出量的单位(即导出单位),可以从物理学中的定义或定律出发,利用上表所列的基本单位导出.如速度的单位是 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (米·秒⁻¹),密度的单位是 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (千克·米⁻³),等等.有些国际单位制的导出单位还规定了专门名称和符号,例如力的单位是 $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (千克·米·秒⁻²),显得较累赘.因此,规定它的专门名称,叫做**牛顿**或**牛**,符号为N.使用这种具有专门名称的

国际单位制导出单位以及用它们表示其他导出单位,甚为方便.至于没有专门名称的国际单位制导出单位,统称为组合形式的国际单位制导出单位.

上述这两种国际单位制导出单位以后将在有关章节中介绍.

(3)我国还选定一批作为法定计量单位的非国际单位制单位.例如,时间用 min(分)、h(小时)或 d(天)做单位,体积用 L(升)做单位、质量用 t(吨)做单位、能量用 eV(电子伏)做单位等,以后亦在有关章节中介绍.

(4)当我们用国际单位制的单位来表示某一物理量时,有时需用到很大或很小的数字.例如,太阳的直径是 1390000000m ,而氢原子的直径是 0.000000000106m ,这对了解该物理量的数量级[⊖]或读写都不方便.习惯上,常将这类量的数值部分取在 $1\sim 10$ 之间,并乘以 10 的 n 次幂(即 10^n , n 可正、可负或零).这样,就可将上述两个量分别表示成 $1.39 \times 10^9\text{m}$ 和 $1.06 \times 10^{-10}\text{m}$,并且根据指数值可用国际单位制中特定的十进倍数单位或分数单位(即词头)来代替基本单位,例如,地球半径为 $6.37 \times 10^6\text{m}$,可以写成 6.37Mm (兆米);在原子核物理中, μ 子的半衰期为 $2.2 \times 10^{-6}\text{s}$,可以写成 $2.2\mu\text{s}$ (微秒),等等.这些词头的名称和符号可参阅表 0-3.

表 0-3 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾[可萨]	E
10^{15}	拍[它]	P
10^{12}	太[拉]	T
10^9	吉[咖]	G
10^6	兆	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳[诺]	n

0.3.2 在本书中使用国际单位制单位的方法和具体要求

(1)在本书中,物理量的单位一般都按国际单位制的单位来表示.所有物理量

⊖ 在量度或估计物理量的大小时,有时常用“数量级”表述.将某个量的大小写成以 10 为底数的指数幂形式后,指数的数目(不考虑 10^n 前面的数值部分)即为该量的数量级,例如地球半径为 $6.37 \times 10^6\text{m}$,其数量级是 6 ,或说成 10^6m ;若用 km 表示,则为 $6.37 \times 10^3\text{km}$,其数量级就说成 10^3km .故数量级随所用单位而异.有些物理量(如分子、原子的直径等),受测量技术的限制,只能测出其大致范围,或者准确值对问题的研究影响不大,而仅需了解其数量级,这时只须用数量级来表述就行了.例如,分子的线度(即大小范围),其数量级为 10^{-10}m .

的单位及词头都用符号标示,一般不用单位名称表示.例如,地球平均半径为 6.37×10^6 米或 6.37 兆米,写作 $6.37 \times 10^6 \text{m}$ 或 6.37Mm ;力为 10 牛,写作 10N.并且,为了避免与公式或计算式中的物理量符号相混淆,单位符号一律用正体字标示,而物理量符号一般用斜体字标示.例如,时间用秒做单位时,写作 s,而路程的符号写作 s .又如长度的单位 m 绝不能与质量的符号 m 相混淆.读者在阅读教材和解题时应留神区别.

(2)在导出单位是由一个单位与另一个单位相除而构成时,可用斜线“/”或负指数幂表示.例如,速度单位的符号可用 m/s 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 来表示;角加速度的单位可用 rad/s^2 或 $\text{rad} \cdot \text{s}^{-2}$ 来表示;力的单位在不用专门命名的符号 N 而用组合形式的导出单位时,可写作 $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ (几个单位用相乘形式表示时,各单位之间的当中加圆点“·”).为一致起见,本书一律采用负指数幂的方式来表示单位.

(3)在演算例题或习题时,原则上不仅在计算的最后结果或答案中须同时标明物理量的数字和单位,而且在计算过程中的每一步,各个物理量的数字一般都须标明单位.计算时,不仅要进行数字的运算,还要同时对单位进行运算(如相约或相乘).可是,有时为了简便起见,亦可把有关各物理量的单位通过换算,用国际制基本单位或专门名称统一配套表示后,只在代入具体数字后的计算式中写出其结果或答案的单位.

0.3.3 解题方法和步骤

在物理学课程的学习过程中,解答习题或问题是掌握和巩固所学内容的一种重要手段,它有助于理清思路及深化理解内容.具体解题步骤如下:

- (1)用外文字母写出已知量和待求的未知量.必要时用示意图表明问题的有关内容.
- (2)根据题意选取适用的原理、定律或定理,列出一个或多个含有未知量的方程.
- (3)解方程,得到由已知量字母表示的未知量.
- (4)将题给已知量的量值代入,并进行运算,算出未知量.
- (5)根据有关理论(定义、定律和定理等)、直觉和常识核查答案的合理性.

例题 0-1 求解本章开头前所提出的自测题.

解 已知这捆铜线的总质量为 $m = 11.22 \text{kg}$,铜的密度为 $\rho = 8.9 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,而物质的质量密度(简称密度)的定义为质量 m 与其体积 V 之比,即

$$\rho = \frac{m}{V}$$

将铜的密度换算为 $\rho = 8.9 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 8.9 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,则由上式可求得这捆铜线的总体积为

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{11.22 \text{ kg}}{8.9 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}} \approx 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{a)}$$

也可写成

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{11.22}{8.9 \times 10^3} \text{ m}^3 \approx 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{b)}$$

设铜线总长度为 L , 则由铜线的体积 $V = \left(\frac{\pi}{4}d^2\right)L$, 可得

$$L = \frac{4V}{\pi d^2} \quad \text{c)}$$

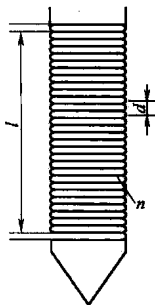
式中, d 为铜线的直径. 怎奈 d 为未知值, 因而无法求 L . 为此, 我们设想一个简单的方法: 剪下一段不长的铜线, 在圆柱形铅笔杆上单层密绕若干匝, 如例题图 0-1 所示, 用尺量出所绕 $n=30$ 匝的长度为 $l=3.5 \text{ cm}$, 则可给出铜线的直径 $d=l/n=3.5 \text{ cm}/30=0.117 \text{ cm}=1.17 \times 10^{-3} \text{ m}$. 于是, 按式 c) 可算得所求铜线的长度为

$$L = \frac{4 \times 1.26 \times 10^{-3}}{\pi \times (1.17 \times 10^{-3})^2} \text{ m} = 1172.1 \text{ m}$$

问题 0-1 已知冰的密度为 $900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 水的密度为 $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. 试求: 当 10 m^3 的水完全结成冰时, 其体积为多少? (答: 11.1 m^3)

问题 0-2 一辆载重为 10 t (t 是质量的单位读作“吨”, $1 \text{ t}=1000 \text{ kg}$) 的运货汽车, 其车厢容积为 13 m^3 . 今要运输钢材 (其密度为 $\rho_s = 7.8 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$) 和木材 (其密度为 $\rho_w = 0.5 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$), 若装货时货物间需占有 1 m^3 的空隙, 试问这两种货物应怎样搭配才能使此货车的车厢得到充分利用? (答: 钢材 0.55 m^3 , 木材 11.45 m^3)

在进行数值计算时, 应将计算式中各个物理量的单位统一换算成国际单位制 (以后简称为“SI”) 所规定的相应单位. 这样, 为简单起见, 可免写式中各物理量单位, 而只须写出计算结果 (即所求量) 的单位就行了. 如式 b) 所示



例题 0-1 图

“载重 10 t ”是一种习惯上的说法. 实际上, 这是指可装运质量为 10 t 的货车. 读者切勿将重量和质量混为一谈.

* 0.3.4 量纲

在单位制已选定的情况下, 导出量与基本量的幂次关系可用量纲表示. 关系式中各基本量的指数称为该物理量对各该基本量的量纲. 例如, 在 SI 中, 取长度 L 、质量 M 和时间 T 为力学量的基本量, 则速度可用 LM^0T^{-1} 或 LT^{-1} 表示, 所以速度对长度的量纲是 1, 对质量的量纲是 0, 对时间的量纲是 -1; 体积对长度 L 的量纲是 3, 即 L^3 , 能量也可用 L^2MT^{-2} 表示, 它对长度、质量、时间的量纲分别为 2、1、-2. 上述 LT^{-1} 、 L^3 、 L^2MT^{-2} 分别称为速度 v 、体积 V 和能量 E 的量纲式, 并记作 $[v]^\ominus = LT^{-1}$ 、 $[V] = L^3$ 和 $[E] = L^2MT^{-2}$. 一般而言, 在 SI 中, 某个物理量 Z 的量纲 $[Z]$, 若用长度、质量、时间这三个量纲 L 、 M 、 T 幂次的乘积形式表示, 即其量纲式为

$$[X] = L^\alpha M^\beta T^\gamma \quad (0-1)$$

⊖ 按照 GB 3103—1993 文件规定, 某个物理量 X 的量纲用 $\text{dim}X$ 表示, 考虑到以往的使用习惯, 本书沿用 $[X]$ 表示.