

大学物理

实用教程



史斌星

编著



清华大学出版社

大学物理实用教程

史斌星 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书适用于对电路知识有一定要求的各类学科。考虑到中学物理对各部分内容已有相当深入的介绍,因此本教材只涉及力学和电磁学两部分的内容。

对于对电路知识有一定要求的非电类学科,本书提供了足够的电磁学知识。对于弱电类学科可在本书的基础上进一步学习模拟电路、数字电路等课程;对于强电类学科,可在本书的基础上进一步学习电工课程。

本书的叙述条理清楚,文字通顺易读,适于教学中使用。每章都附有丰富的习题和思考题,并且都给出了答案。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实用教程/史斌星编著. —北京:清华大学出版社,2005.4

ISBN 7-302-10300-3

I. 大… II. 史… III. 物理学—高等学校—教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 000668 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 郑寅莹

印 刷 者: 清华园胶印厂

装 订 者: 三河市金元装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 140×203 印 张: 9.625 字 数: 249 千字

版 次: 2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10300-3/O · 441

印 数: 1~4000

定 价: 13.00 元

序 言

物理学是研究自然界最基本规律的学科。声、光、热、力、电都是最基本的自然现象，原子运动、基本粒子运动等也都是基本的自然现象，物理学的任务就是研究这些现象的基本规律。物理学和其他学科有着密切的联系，理论力学、材料力学、结构力学、流体力学等工程学科中都大量应用了物理学中的力学知识；电工学、电子学、半导体电路等技术学科和物理学的电磁学有着密切的联系，甚至化学、生物学等基础性学科也大量涉及物理学中有关原子、分子运动的学说。

物理学和现代技术更加密不可分，物理学中的一项发现往往会引起一个新的技术领域的创建。且不说牛顿力学、电磁学在推动机械、建筑、电力工业发展方面的历史作用，单就近代物理来说，这样的例子就不胜枚举，例如，半导体的发现引起了半导体工业和大规模集成电路技术的诞生；磁性物质的研究推动了计算机存储技术的发展；激光的发现开创了整个光通信技术领域；原子核的研究使原子能工业得以建立；高温超导体的发现推动了磁悬浮列车技术的发展等。

物理学的重要性还不仅在于掌握物理知识本身。由于物理学从事自然界基本规律的研究，必然涉及对自然界的基本看法，涉及哲学和世界观范畴的问题。物理学的理论联系实际的研究方法也有助于建立科学的学习和研究方法。

以上事实充分说明了物理学对于工程技术人员的重要性。

本书适用于对电路知识有一定要求的各类学科。

对于非电类学科,本书提供了足够的电磁学知识;对于弱电类学科,可在本书的基础上进一步学习模拟电路、数字电路等课程;对于强电类学科,可在本书的基础上进一步学习电工课程。

考虑到中学物理对各部分内容已有相当深入的介绍,因此本书只涉及力学和电磁学两部分内容。全书分力学、静电场、磁场、直流电路和交流电路5个部分,共5章,约70学时,各章学时的分配如下:

第1章	力学	16
第2章	静电场	20
第3章	磁场	20
第4章	直流电路	4
第5章	交流电路	10

上述计划学时仅供参考,教师可根据实际情况和需要做适当调整。每章最后一节为阅读资料,供学生课外阅读,不在计划学时之中。

阅读资料分成3部分内容:

第一部分是提高性的,是课程内容的继续或引申。由于难度较大,不适合作为正文,所以将它放入阅读资料。例如第1章的“多级运载火箭”、第2章的“极化电荷和 D 的高斯定理”、第4章的“分子电流和 H 的环路定理”以及第5章的“弹性力作用下的解”和“正弦函数的叠加”。

第二部分是知识性的,例如第1章的“物质的层次和相互作用”、第2章的“自然界的基本常数”和第5章的“安全用电”。

第三部分有关高新技术的应用,例如第4章的“热核反应和磁隔离”、第3章的“超导和高温超导体”与“磁悬浮列车”。

笔者在此对在写作、出版过程中帮助过我们的专家和同仁表示深深的谢意,尤其要对余加莉、史佳、方歆、沈洁、蒋小雷、庄茜以及大连东软信息技术学院的张韬老师等诸位先生和女士在审

稿、编辑、录入、制图、文字加工、习题、题解各方面给予我们的大力协助表示感谢。由于笔者能力有限，书中难免会出现错误、缺点，欢迎专家、读者批评指正。

史斌星

于清华园

目 录

第 1 章 力学	1
1.1 物体的运动	1
1.1.1 参考系和运动的相对性	1
1.1.2 质点	2
1.1.3 坐标系	3
1.1.4 位移和路程	4
1.1.5 速度	5
1.1.6 加速度	7
1.1.7 匀加速直线运动	9
1.1.8 抛物体运动	12
1.1.9 圆周运动	14
1.2 牛顿运动定律	16
1.2.1 惯性系和牛顿第一定律	16
1.2.2 牛顿第二定律	17
1.2.3 牛顿第三定律	18
1.2.4 单位制和量纲	19
1.2.5 自然界存在的力	22
1.2.6 牛顿定律的应用	27
1.3 动量和动量守恒	32
1.3.1 冲量和动量定理	32
1.3.2 动量守恒定律	35

1.3.3	质心的动量	36
1.4	功和能	38
1.4.1	常力的功	38
1.4.2	动能定律	39
1.4.3	保守力的功	42
1.4.4	势能	45
1.4.5	功能原理	47
1.4.6	机械能守恒	50
1.4.7	宇宙飞行的三种速度	52
1.5	阅读资料	55
1.5.1	多级运载火箭	55
1.5.2	物质的层次和相互作用	58
	思考题	63
	习题	66
第2章	静电场	71
2.1	电荷和库仑定律	71
2.1.1	电荷	71
2.1.2	库仑定律	72
2.1.3	国际单位制	73
2.1.4	库仑定律的应用	74
2.2	电场强度	75
2.2.1	点电荷的电场强度	76
2.2.2	场强的叠加原理	77
2.2.3	连续带电体的场强	78
2.3	电通量和高斯定理	83
2.3.1	电场线	83

2.3.2	电通量	84
2.3.3	高斯定理	86
2.3.4	高斯定理的应用	87
2.3.5	导体的电场	91
2.4	电势	96
2.4.1	静电场中的功和静电势能	96
2.4.2	电势差和电势	98
2.4.3	等势面	102
2.4.4	电势和电场强度的微分关系	104
2.5	电容	106
2.5.1	电容器的电容	106
2.5.2	孤立导体的电容	108
2.5.3	介质对电容的影响	109
2.5.4	电容器的静电能	113
2.6	电场的能量	114
2.7	阅读资料	116
2.7.1	自然界的基本常数	116
2.7.2	极化电荷和 D 的高斯定理	121
	思考题	127
	习题	129
第3章	直流电路	133
3.1	电路的基本概念	133
3.1.1	电流和电流密度	133
3.1.2	电流的连续性和恒定电流	134
3.1.3	节点电流定律	135
3.2	欧姆定律和电功率	136

3.2.1	欧姆定律	136
3.2.2	电功率	137
3.3	含源电路的欧姆定律	138
3.3.1	非静电力	138
3.3.2	电动势	139
3.3.3	含源闭合回路的欧姆定律	141
3.3.4	一段含源电路的欧姆定律	141
3.4	基尔霍夫定律	143
3.4.1	基尔霍夫定律的表述	143
3.4.2	基尔霍夫定律的应用	144
3.4.3	电路中任意两点的电势差	146
3.5	阅读资料	148
3.5.1	超导和高温超导体	148
3.5.2	磁悬浮列车	155
思考题		159
习题		161
第4章	磁场	165
4.1	电流的磁场	165
4.1.1	毕奥-萨伐尔定律	165
4.1.2	毕奥-萨伐尔定律的矢量表示	167
4.1.3	运动电荷的磁场	168
4.1.4	毕奥-萨伐尔定律的应用	169
4.1.5	磁感应线	173
4.2	磁通连续方程和安培环路定理	175
4.2.1	磁通量	175
4.2.2	磁通连续方程	176

4.2.3	安培环路定理	177
4.2.4	安培环路定理的应用	180
4.3	磁场对运动电荷的作用力	183
4.3.1	洛伦兹力	183
4.3.2	带电粒子在垂直磁场中的运动	184
4.3.3	磁聚焦	186
4.4	磁场对载流导线的作用	187
4.4.1	安培力	187
4.4.2	平行载流长直导线间的受力	189
4.4.3	安培的定义	190
4.4.4	均匀磁场对载流线圈的作用	190
4.5	电磁感应	193
4.5.1	楞次定律	193
4.5.2	回路的正方向	195
4.5.3	法拉第电磁感应定律	196
4.5.4	动生电动势	197
4.5.5	感生电动势	200
4.5.6	感应电场	202
4.6	互感和自感	206
4.6.1	互感	206
4.6.2	自感	208
4.7	介质对磁场的影响	211
4.7.1	非铁磁物质对磁场的影响	211
4.7.2	铁磁物质对磁场的影响	212
4.8	磁场的能量	216
4.8.1	磁场能量的计算	216
4.8.2	磁场能量密度	217

4.9	电磁量的单位	218
4.10	阅读资料	219
4.10.1	分子电流和 H 的环路定理	219
4.10.2	热核反应和磁隔离	225
	思考题	230
	习题	234
第5章	交流电路	241
5.1	简谐运动	241
5.1.1	什么是简谐运动	242
5.1.2	简谐振动的发生	243
5.1.3	LC 振荡	244
5.1.4	位相和位相差	246
5.1.5	振动的正弦和余弦表示	248
5.1.6	简谐振动的旋转矢量法	250
5.1.7	同频率同方向简谐振动的合成	251
5.2	交流电路基础	252
5.2.1	交流电的产生	252
5.2.2	交流电路中的电阻	253
5.2.3	交流电路中的电感	254
5.2.4	交流电路中的电容	256
5.3	简单交流电路	258
5.3.1	电阻电感串联电路	258
5.3.2	电阻电容串联电路	261
5.3.3	功率因数和无功功率	263
5.4	三相交流电路	267
5.4.1	什么是三相交流电	267

5.4.2	三相交流电路的三角形连接·····	269
5.4.3	三相交流电路的星形连接·····	271
5.4.4	三相交流电的功率·····	273
5.5	阅读资料 ·····	275
5.5.1	弹性力作用下的解·····	275
5.5.2	正弦函数的叠加·····	276
5.5.3	安全用电·····	277
思考题·····		279
习题·····		280
答案·····		283

第1章 力 学

力学是研究物体机械运动规律的学科。物体位置随时间的变化称为机械运动。天体的运行,火车的行驶,飞机、船舶的航行,河水、大气的流动等都是机械运动。机械运动是物质运动最简单的形态,也是其他运动形态的基础。热运动、电磁运动以及原子、分子、基本粒子的运动都与力学有关,因此力学是物理学的基础,物理学的研究是从力学开始的。

力学包括运动学、动力学和静力学。本书侧重于前两部分内容,静力学的深入研究已逐渐归纳到理论力学、材料力学和流体力学等工程学科中。

1.1 物体的运动

1.1.1 参考系和运动的相对性

观察物体的运动,首先要确定参考系。例如我们测得某火车的速度是100公里每小时,某飞机的速度是900公里每小时,都是指该火车或飞机相对于地面的速度,也就是说将参考系设置在地面上。如果将参考系设置在某个运动的物体上,测得的速度就不是这样的了。

人称“坐地日行八万里”,可以说是一种高速运动了,为什么我们一点也感觉不到呢?由于我们都在地球上,随地球一起运动,也

就是将参考系设置在地球上,所以觉察不到地球本身的运动。正如在同一辆高速行驶火车上的人们,相互之间看起来都是静止的,但对于站台上的人来说,情况就不同了,他们看到火车里的人都是在高速地运动。这就是参考系不同引起的差别。

当人们在某个参考系中进行观察时,看到的是物体相对于该参考系的运动,这就是运动的相对性。

由此引起了人们的遐想:能不能找到一个绝对静止的参考系,在这个参考系上观察的运动就是绝对运动了。古人为此奋斗了好几个世纪,不遗余力地寻找绝对静止的参考系,结果是徒劳的,没有找到这样的参考系。最初人们以为地球是静止的,后来证实地球在围绕太阳转动,日行八万里只是地球的自转切线速度,还没有包括绕太阳的公转速度。后来发现太阳也不是静止的,而是不停地绕银河系中心转动。再后来又发现,银河系也不是静止的,也在不停地绕宇宙深处某个中心运动。

按照辩证唯物主义的观点,世界上没有绝对静止的事物,万物都在不停地运动,运动是绝对的。这里谈到了物理和哲学的关系,由于物理学研究的是自然界的基本规律,必然涉及对世界的看法,涉及哲学和世界观。

1.1.2 质点

具有一定质量的无限小物体称为质点。质点是实际物体的抽象,再小的物体都有一定大小,但是当物体的大小和形状可以不予考虑时便可以将该物体近似为一个质点。

例如,从北京到上海的距离大约 1300 公里,飞机的航速为 800 公里/小时,求北京到上海的飞行时间。只要用航程除以航速就得到了答案,这里就将飞机作为质点处理了。为什么如此大的飞机也能近似为一个质点呢? 那是因为在这个问题中航程太大

了,不需要考虑飞机的大小和形状。地球更大,但在研究地球绕太阳的公转时也可将它近似为一个质点。

如果某个物体进行的是既没有形变、也没有转动的运动(即平移运动),这时物体上每一部分的运动都是相同的,整个物体的运动便可以用物体上的任意一个点表示,即可将该物体近似为一个质点。实际上简化为质点的条件还可以宽松些,例如一列正在弯道上行驶的火车,在某一时刻,火车不同部分所处的运动状态可能并不相同,但是由于火车各部分所经历的是相同的运动过程,所以仍然可以选取车上某一个点代表整列火车,稍后会举出这样的例子。

如果要研究地球的自转就不能将地球简化为质点了,因为转动时地球上的不同部分(例如近轴部分和远轴部分)的运动过程是不同的。

本书不研究物体的转动,也不研究物体的形变,只研究平移运动,所以书中列举的问题都可以将物体近似为质点处理。

1.1.3 坐标系

为了定量地表示物体的位置,需要在选定的参考系中设置一个坐标系。常见的坐标系有直角坐标系、球坐标系和极坐标系等,其中用得最多的是直角坐标系。在三维空间里,直角坐标系由坐标原点 O 和三个相互垂直的坐标轴 x 、 y 、 z 构成,如图 1.1(a) 所示。

图 1.1 中 a 是一个质点,用它代表物体上的任意一个点,我们用 r 表示它的位置。 r 称为坐标矢量,是从坐标原点 O 到质点所在位置 a 的一条直线,方向由 O 到 a 。假设 r 在三个坐标轴上的投影值分别为 x 、 y 、 z ,于是可将坐标矢量表示为:

$$\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k} \quad (1.1)$$

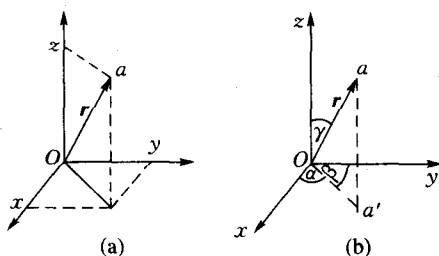


图 1.1 直角坐标系

其中 i 、 j 、 k 分别称为 x 、 y 、 z 轴的单位矢量。长度为 1 个单位、方向分别和坐标轴 x 、 y 、 z 相同的矢量称为 x 、 y 、 z 方向的单位矢量。

通过坐标矢量 r 便可以确定 a 点的相关数据。例如,可求得从坐标原点到 a 的直线距离为:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1.2)$$

图 1.1(b)中 α 、 β 、 γ 称为 r 和 x 、 y 、 z 轴的方向角。 γ 是 r 和 z 轴的夹角。 α 和 β 由以下做图方法得到:取 Oa 在 xOy 平面的投影 Oa' , Oa' 与 x 轴的夹角便是 α , Oa' 与 y 轴的夹角便是 β 。从几何关系不难看出它们之间的关系如下:

$$z = r \cos \gamma \quad (1.3)$$

$$x = r \sin \gamma \cos \alpha \quad (1.4)$$

$$y = r \sin \gamma \sin \alpha \quad (1.5)$$

已知 r 和 x 、 y 、 z ,便可从上述关系式求得 α 、 β 、 γ 三个方向角。

1.1.4 位移和路程

如果某质点从图 1.2 中的 A 移到了 B ,位置矢量便从 r 变化到 r' ,矢量差为: