

大学物理实用教程

史斌星摇编著

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: 010-62770175 010-62776969

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 杨秉堃编著—北京:清华大学出版社, 2004
ISBN 7-302-10412-5

I 援大...摇 II 援史...摇 III 援物理学 原高等学校 原教材摇 IV 援源

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 045125 号

出 版 者:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 政 编 码:100084

邮 政 编 号:100084

社 总 机:010-62770175

客 户 服 务:010-62776969

责任编辑:郑寅堃

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 册 本:16 开 印 张:10.5 字 数:300 千 字

版 次:2004 年 第 1 版 2004 年 第 1 次 印 刷

书 号:ISBN 7-302-10412-5

印 数:1-1000

定 价:15.00 元

序 摇摇言

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四个部分,共四章,约 120 学时,各章学时的分配如下:

第一章 力学 12 学时

第二章 静电场 10 学时

第三章 磁场 10 学时

第四章 直流电路 10 学时

第五章 交流电路 10 学时

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。

阅读资料分成三部分:

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。例如第一章的“多级运载火箭”、第二章的“极化电荷和 的高斯定理”、第四章的“分子电流和 的环路定理”以及第五章的“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,例如第一章的“物质的层次和相互作用”、第二章的“自然界的基本常数”和第五章的“安全用电”。

第三部分有关高新技术的应用,例如第四章的“热核反应和磁隔离”、第五章的“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	1
1.1.3 坐标系	1
1.1.4 位移和路程	1
1.1.5 速度	1
1.1.6 加速度	1
1.1.7 匀加速直线运动	1
1.1.8 抛物体运动	1
1.1.9 圆周运动	1
1.2 牛顿运动定律	1
1.2.1 惯性系和牛顿第一定律	1
1.2.2 牛顿第二定律	1
1.2.3 牛顿第三定律	1
1.2.4 单位制和量纲	1
1.2.5 自然界存在的力	1
1.2.6 牛顿定律的应用	1
1.3 动量和动量守恒	1
1.3.1 冲量和动量定理	1
1.3.2 动量守恒定律	1

质心的动量	猿
功和能	猿
常力的功	猿
动能定律	猿
保守力的功	猿
势能	猿
功能原理	猿
机械能守恒	猿
宇宙飞行的三种速度	猿
阅读资料	猿
多级运载火箭	猿
物质的层次和相互作用	猿
思考题	猿
习题	猿
 第 4 章 静电场	 猿
电荷和库仑定律	猿
电荷	猿
库仑定律	猿
国际单位制	猿
库仑定律的应用	猿
电场强度	猿
点电荷的电场强度	猿
场强的叠加原理	猿
连续带电体的场强	猿
电通量和高斯定理	猿
电场线	猿

电通量	愿
高斯定理	愿
高斯定理的应用	愿
导体的电场	愿
电势	愿
静电场中的功和静电势能	愿
电势差和电势	愿
等势面	愿
电势和电场强度的微分关系	愿
电 容	愿
电容器的电容	愿
孤立导体的电容	愿
介质对电容的影响	愿
电容器的静电能	愿
电场的能量	愿
阅 读 资 料	愿
自然界的基本常数	愿
极化电荷和 阅的高斯定理	愿
思考题	愿
习 题	愿
 第 章 直 流 电 路	 愿
电路的基本概念	愿
电流和电流密度	愿
电流的连续性和恒定电流	愿
节点电流定律	愿
欧姆定律和电功率	愿

猿圆猿摇欧姆定律	猿圆
猿圆源摇电功率	猿圆
猿圆摇含源电路的欧姆定律	猿圆
猿圆猿摇非静电力	猿圆
猿圆源摇电动势	猿圆
猿圆缘摇含源闭合回路的欧姆定律	猿圆
猿圆远摇一段含源电路的欧姆定律	猿圆
猿猿摇基尔霍夫定律	猿猿
猿猿猿摇基尔霍夫定律的表述	猿猿
猿猿源摇基尔霍夫定律的应用	猿猿
猿猿缘摇电路中任意两点的电势差	猿圆
猿缘摇阅读资料	猿圆
猿缘猿摇超导和高温超导体	猿圆
猿缘源摇磁悬浮列车	猿缘
思考题	猿圆
习题	猿圆
第 源章摇磁场	猿缘
源圆摇电流的磁场	猿缘
源圆猿摇毕奥-萨伐尔定律	猿缘
源圆源摇毕奥-萨伐尔定律的矢量表示	猿圆
源圆缘摇运动电荷的磁场	猿圆
源圆远摇毕奥-萨伐尔定律的应用	猿圆
源圆缘摇磁感应线	猿猿
源圆摇磁通连续方程和安培环路定理	猿缘
源圆猿摇磁通量	猿缘
源圆源摇磁通连续方程	猿圆

漚漚漚安培环路定理	夙苑
漚漚漚安培环路定理的应用	夙园
漚漚漚磁场对运动电荷的作用力	夙猿
漚漚漚洛伦兹力	夙猿
漚漚漚带电粒子在垂直磁场中的运动	夙源
漚漚漚磁聚焦	夙远
漚漚漚磁场对载流导线的作用	夙苑
漚漚漚安培力	夙苑
漚漚漚平行载流长直导线间的受力	夙怨
漚漚漚安培的定义	夙园
漚漚漚均匀磁场对载流线圈的作用	夙园
漚漚漚电磁感应	夙猿
漚漚漚楞次定律	夙猿
漚漚漚回路的正方向	夙缘
漚漚漚法拉第电磁感应定律	夙远
漚漚漚动生电动势	夙苑
漚漚漚感生电动势	夙园
漚漚漚感应电场	夙园
漚漚漚互感和自感	夙远
漚漚漚互感	夙远
漚漚漚自感	夙愿
漚漚漚介质对磁场的影响	夙员
漚漚漚非铁磁物质对磁场的影响	夙员
漚漚漚铁磁物质对磁场的影响	夙园
漚漚漚磁场的能量	夙远
漚漚漚磁场能量的计算	夙远
漚漚漚磁场能量密度	夙苑

源怨瑶电磁量的单位	圆愿
源院瑶阅读资料	圆怨
源院员瑶分子电流和 匀的环路定理	圆怨
源院圆瑶热核反应和磁隔离	圆缘
思考题	圆园
习题	圆源
第 缘章 瑶交流电路	圆员
缘院瑶简谐运动	圆员
缘院员瑶什么是简谐运动	圆圆
缘院圆瑶简谐振动的发生	圆猿
缘院猿瑶说振荡	圆源
缘院源瑶位相和位相差	圆远
缘院缘瑶振动的正弦和余弦表示	圆愿
缘院远瑶简谐振动的旋转矢量法	圆园
缘院苑瑶同频率同方向简谐振动的合成	圆员
缘园瑶交流电路基础	圆圆
缘园员瑶交流电的产生	圆圆
缘园圆瑶交流电路中的电阻	圆猿
缘园猿瑶交流电路中的电感	圆源
缘园源瑶交流电路中的电容	圆远
缘院瑶简单交流电路	圆愿
缘院员瑶电阻电感串联电路	圆愿
缘院圆瑶电阻电容串联电路	圆员
缘院猿瑶功率因数和无功功率	圆猿
缘源瑶三相交流电路	圆苑
缘源员瑶什么是三相交流电	圆苑

第三章 三相交流电路的三角形连接	102
第四章 三相交流电路的星形连接	104
第五章 三相交流电的功率	106
第六章 阅读资料	108
第七章 弹性力作用下的解	108
第八章 正弦函数的叠加	110
第九章 安全用电	110
思考题	112
习题	112
答案	114

第 1 章 力学基础

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 800 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。

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 1200 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 质点与坐标系

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 所示。

图 1.1 中 P 是一个质点,用它代表物体上的任意一个点,我们用 \vec{r} 表示它的位置。 \vec{r} 称为坐标矢量,是从坐标原点 O 到质点所在位置 P 的一条直线,方向由 O 到 P 。假设 \vec{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:

$$\vec{r} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z \quad (1.1)$$

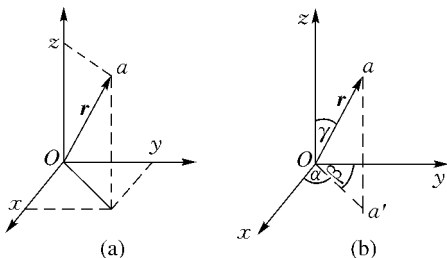


图 1.1 直角坐标系

其中 \hat{i} 、 \hat{j} 、 \hat{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 轴方向的单位矢量。

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

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1.1)$$

图 1.1 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 r 在 xy 平面的投影 r' , r' 与 x 轴的夹角便是 α , r' 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:

$$r \cos \gamma = z \quad (1.2)$$

$$r \cos \alpha = x \quad (1.3)$$

$$r \cos \beta = y \quad (1.4)$$

已知 r 和 r 便可从上述关系式求得 α 、 β 、 γ 三个方向角。

1.2 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_A 变化到 r_B , 矢量差为:

$$\Delta r = r_B - r_A$$

位移 Δr 是坐标矢量的增量，称为位移，位移也是矢量。

图 1-1 中质点移动的轨迹是从 A 到 B 的一段弧线，该弧线的长度称为路程。从图 1-1 中可以看出，当移动很小时，AB 弧线和 Δr 则十分接近；当移动为无限小时，两者完全重合，这时 Δr 则为指向运动前方 A 点的切线方向。

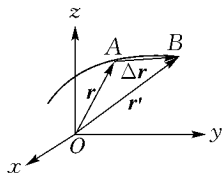


图 1-1 位移

但是，位移和路程是两个不同的概念，位移是一个包含方向的矢量，路程是一个不含方向的标量。用一个极端的例子更能说明问题：如果某人在树林里迷了

路，转了一圈又回到了原处，则他的位移为零；所走的路程当然不是零，也许已经走了十里、八里地也未可知。

另一个需要注意的问题是， Δr 的长度 $|\Delta r|$ 不等于 $|r|$ 和 $|r'|$ 的长度差，在图 1-1 中可以清楚地看到两者的差别。

1.2 质点的速度

假设位移 Δr 是在时间 t_1 到 t_2 之间发生的，时间差为：

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

位移 Δr 和 Δt 的比值：

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

称为质点在 t_1 到 t_2 之间的平均速度。显然平均速度不是一个很准确的量，在非匀速运动的情况下，它的值和选取的时间间隔 Δt 有关。 Δt 越小准确性越高，当 Δt 趋于 0 时，就能准确地表示当时的速度，这个速度称为瞬时速度 v ，即：

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

(1.2)