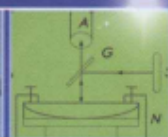




普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

普通物理学

Putong Wulixue



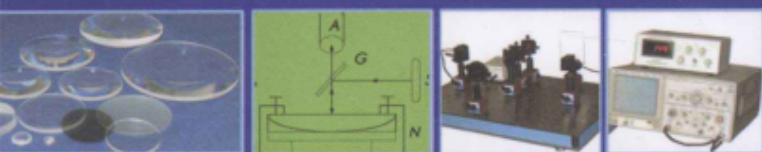
张庆国 陈庆东◎主编



中国农业出版社

欢迎登录：中国农业出版社 <http://www.ecap.com.cn>
全国农业教育教材网 <http://www.qgnyjc.com>

本书由河南科技大学教材出版基金资助



封面设计 姜 欣

ISBN 978-7-109-16196-2



9 787109 161962 >

定价：29.00元

普通高等教育农业部“十二五”规划教材
全国高等农林院校“十二五”规划教材

普通物理学

张庆国 陈庆东 主编

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学 / 张庆国, 陈庆东主编. —北京: 中国农业出版社, 2011.11

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-16196-2

I. ①普… II. ①张…②陈… III. ①普通物理学-高等学校-教材 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 213850 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

(邮政编码 100125)

策划编辑 薛 波

文字编辑 张雪粉 薛 波

北京中科印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2012年1月第1版 2012年1月北京第1次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.75

字数: 395千字

定价: 29.00元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编 审 人 员

主 编 张庆国（河南科技大学）

陈庆东（河南科技大学）

副主编 洪新华（河南科技学院）

巩晓阳（河南科技大学）

郝希平（河南科技大学）

参 编 汤正新（河南科技大学）

贺 健（河南科技大学）

韩红梅（河南科技学院）

审 稿 尤景汉（河南科技大学）

【前言】

[illegible]

为适应“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的需要,根据教育部高等农林院校基础物理教学指导分委员会的“农林类本科物理学课程教学基本要求”,作者结合多年的教学经验和教学研究成果编写了这本教材。本书是高等农林院校“十二五”规划教材。

在高等院校中开设大学物理课程,其教学目的是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和理解,增强分析问题和解决问题的能力,培养探索精神和创新意识,提高科学素养,树立科学的世界观。因为它具有普遍性、基础性以及与其他学科的相关性,所以在高等学校各专业的人才培养过程中,大学物理都是一门重要的通识性必修基础课程。

考虑到本课程在高等农林院校的教学时数以及其他情况,在本书的编写过程中,力求做到:内容精练——在介绍物理学中的基本理论、基本方法时去掉了一些不必要的内容和繁琐的推导,淡化过渡内容并突出主线;结构严谨——物理学是一门严谨的学科,尽管农林类各专业对本课程要求低、学时少,但在整书的框架结构上保证了它的科学性、系统性和完整性,物理学的基本内容如牛顿力学、流体和液体、热学、电磁学、振动与波动、波动光学、量子物理基础、激光、放射性核物理等均包括在本教材中;深度适宜——在理论的阐述上,尽量避免用过多的数学方法进行描述,降低理论深度,降低例题、习题的难度并减少其数量;注意应用——在部分章节中编入了阅读材料,介绍了物理学在农学、生命科学等学科中的应用,做到既拓宽知识面,又联系前沿的目的。

本书使用全国科学技术名词审定委员会审定公布的物理学名词。书中如果不做特别说明,各物理量均采用国际单位制。

本书由张庆国、陈庆东任主编，负责全书的整个框架设计及统稿。参加编写的人员有：张庆国（编写第一、二、八章、附录）、郝希平（编写第三、四、十四章）、洪新华（编写第五章）、陈庆东（编写第六章）、巩晓阳（编写第七、九章）、贺健（编写第十、十一章）、汤正新（编写第十二章）、韩红梅（编写第十三、十五章）。尤景汉教授审阅了全部书稿。

本书的参考教学时数在 80 学时以内。可作为高等农林院校生命科学类及相关专业的教科书用,也可以作为综合大学、师范院校、医科院校等的相近专业和工科院校少学时专业的教材或参考书,也可用于专科物理(包括夜大、电大、函授等)的教学。根据使用者的具体情况,有些内容可以选讲或自学。

在编写本书时,我们还借鉴、参考了国内外许多相近的大学物理教材和相关的文献资料。编写过程中,得到了薛瑞丰教授和刘刚教授的悉心指导。本书的出版得到了中国农业出版社和河南科技大学教务处的的大力支持。在此,我们一并表示衷心的感谢。

由于编写时间和编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2011 年 10 月

..... 内容简介

本书根据高等农林院校大学物理教学基本要求，结合编者多年的教学实践编写，力求达到物理理论的系统性和实用性相统一。主要内容有：牛顿力学、流体和液体、热学、电磁学、振动与波动、波动光学、量子物理基础、激光、放射性核物理等。

本书可作为高等农林院校生命科学类及相关专业大学物理课程的教科书，也可以作为综合大学、师范院校、医科院校等相近专业和工科院校少学时专业大学物理课程的教材或参考书，亦可用作自学参考书。

□ □

第一章 质点运动学与动力学	1
第一节 质点运动学	1
一、参考系 质点	1
二、描述质点运动的物理量	2
三、圆周运动	5
第二节 质点动力学	7
一、牛顿运动定律	7
二、动量和动量守恒定律	8
三、功和能	10
四、机械能守恒定律	12
习题	13
第二章 刚体的定轴转动	15
第一节 刚体及其运动	15
一、刚体	15
二、刚体的运动	15
三、刚体定轴转动的描述	16
第二节 刚体定轴转动定律	17
一、力矩	17
二、刚体定轴转动定律	18
三、转动惯量	19
四、定轴转动定律的应用	21
第三节 刚体定轴转动中的功和能	23
一、刚体定轴转动的动能	23
二、力矩的功	23
三、刚体定轴转动的动能定理	24
四、刚体的势能	24
第四节 定轴转动刚体的角动量守恒定律	25
一、质点的角动量	25
二、定轴转动刚体对轴的角动量	26
三、定轴转动刚体的角动量定理	26
四、定轴转动刚体的角动量守恒定律	27
习题	28

第三章 流体力学基础	31
第一节 理想流体的定常流动	31
一、理想流体	31
二、定常流动 流线和流管	31
三、连续性原理	32
第二节 伯努利方程及其应用	33
一、伯努利方程	33
二、伯努利方程的应用	35
第三节 黏性流体的定常流动	38
一、层流	38
二、牛顿黏性定律 黏度	38
三、黏性流体的伯努利方程	39
四、湍流 雷诺数	40
第四节 泊肃叶定律 斯托克斯定律	40
一、泊肃叶定律	40
二、斯托克斯定律	41
阅读材料：流体力学的发展与应用	42
习题	43
第四章 液体的表面现象	44
第一节 液体的表面张力	44
一、表面张力	44
二、表面能	46
第二节 弯曲液面的附加压强	47
一、弯曲液面的附加压强	47
二、拉普拉斯公式	48
第三节 毛细现象	50
一、液体与固体接触处的表面现象	50
二、毛细现象	51
三、土壤中的毛细管水	53
四、毛细管的气体栓塞	53
阅读材料：气浮净水的基本原理与应用	54
习题	58
第五章 气体动理论	59
第一节 气体动理论的基本观点	59
一、物体是由大量分子或原子组成	59
二、分子永不停息地做无规则热运动	59
三、分子间存在相互作用力	59
第二节 理想气体状态方程	60
一、热力学系统的平衡态	60
二、气体的状态参量	60
三、理想气体的状态方程	61

第三节 压强和温度的微观解释	62
一、理想气体的微观模型	62
二、压强的微观本质	63
三、温度的微观意义	64
第四节 能量均分定理 理想气体的热力学能	65
一、自由度	65
二、能量均分定理	66
三、理想气体的热力学能	67
第五节 麦克斯韦速率分布律	68
一、速率分布函数	68
二、麦克斯韦速率分布函数	69
第六节 分子平均碰撞频率和平均自由程	71
习题	72
第六章 热力学基础	74
第一节 准静态过程	74
第二节 热力学第一定律	74
一、准静态过程中的功	75
二、热量	76
三、热力学能	76
四、热力学第一定律	77
第三节 热力学第一定律对理想气体的应用	77
一、等体过程	77
二、等压过程	78
三、等温过程	79
四、绝热过程	80
第四节 循环过程	81
一、循环过程	81
二、热机效率 卡诺循环	82
三、逆循环 制冷机	84
第五节 热力学第二定律	85
一、自然过程的方向性	85
二、热力学第二定律	85
三、热力学第二定律的微观意义	86
四、热力学第二定律的概率性表述	86
第六节 熵 熵增加原理	88
一、玻耳兹曼熵与熵增加原理	88
二、耗散结构	88
习题	89
第七章 静电场	91
第一节 电场 电场强度	91
一、电荷	91

二、库仑定律	92
三、电场强度	93
第二节 静电场的高斯定理	96
第三节 静电场的环流定理 电势	99
一、静电场力的功	99
二、静电场的环流定理	100
三、电势能与电势	100
四、电势的计算	101
五、等势面 场强与电势的微分关系	102
第四节 静电场中的导体和电介质	103
一、导体的静电平衡	103
二、导体上电荷的分布	104
三、导体表面附近的场强	104
四、静电场中的电介质	105
第五节 电容器 静电场的能量	107
一、电容器的电容	107
二、电场的能量	108
阅读材料：静电现象的应用	109
习题	110
第八章 稳恒电流	113
第一节 电流和电流密度	113
一、电流	113
二、电流密度	113
三、稳恒电流	114
四、稳恒电流的电流密度	115
第二节 欧姆定律的微分形式	115
第三节 电动势	116
一、电源及电动势	116
二、几种电动势	117
第四节 全电路欧姆定律	119
习题	121
第九章 稳恒磁场	123
第一节 磁场 磁感应强度 磁场的高斯定理	123
一、磁场和磁感应强度	123
二、磁感线	124
三、磁通量	124
四、磁场的高斯定理	125
第二节 毕奥-萨伐尔定律及其应用	125
一、毕奥-萨伐尔定律	125
二、毕奥-萨伐尔定律的应用	126
第三节 安培环路定理	128

一、安培环路定理	128
二、安培环路定理的应用	130
第四节 磁场对运动电荷的作用	131
一、洛伦兹力	131
二、洛伦兹力的应用	132
第五节 磁场对电流的作用	133
一、磁场对载流导线的作用——安培定律	133
二、安培定律的应用	134
第六节 磁介质	135
一、磁介质的分类	135
二、顺磁质和抗磁质的磁化机制	136
三、介质中的安培环路定理和磁场强度	137
四、铁磁质	137
阅读材料：电磁场处理农作物的种子	138
习题	139
第十章 电磁感应 电磁场	142
第一节 法拉第电磁感应定律	142
一、电磁感应现象	142
二、楞次定律	143
三、法拉第电磁感应定律	143
第二节 动生电动势	144
第三节 感生电动势 感生电场	146
第四节 自感 互感 磁场的能量	148
一、自感	148
二、互感	149
三、磁场的能量	149
第五节 麦克斯韦方程组	150
一、位移电流 全电流定律	150
二、麦克斯韦方程组	152
第六节 电磁波	152
一、电磁振荡	152
二、电磁波及其基本性质	153
三、电磁波谱	153
阅读材料：电磁波在农业中的应用	154
习题	155
第十一章 振动与波动	157
第一节 简谐振动的基本概念	157
第二节 简谐振动的能量与简谐振动的合成	159
一、简谐振动的能量	159
二、同方向同频率简谐振动的合成	160
第三节 波动概念	162

一、机械波的产生和传播 横波和纵波	162
二、波的几何描述	162
三、描述波动特征的物理量	163
第四节 波动方程	164
一、平面简谐波的波动方程	164
二、波动方程的物理意义	165
三、沿 x 轴负向传播的平面简谐波的波动方程	166
四、波的能量	167
第五节 波的干涉	168
一、惠更斯原理	168
二、波的干涉	169
三、驻波	170
第六节 声波 超声波	171
一、声速和声强	171
二、超声波	172
三、多普勒效应	173
阅读材料: 生物波	174
习题	175
第十二章 波动光学	177
第一节 光的电磁理论	177
第二节 光的干涉	178
一、相干光的获得	178
二、干涉加强或减弱的条件	179
三、杨氏双缝干涉	180
四、光程与光程差	182
五、薄膜干涉	184
六、迈克耳逊干涉仪	188
第三节 光的衍射	189
一、光的衍射现象	189
二、惠更斯-菲涅耳原理	190
三、衍射现象的分类	190
四、夫琅禾费单缝衍射	191
五、光栅衍射	193
六、圆孔夫琅禾费衍射	196
七、光学仪器的分辨本领	196
第四节 光的偏振	198
一、自然光与偏振光	198
二、偏振片的起偏与检偏	199
三、马吕斯定律	199
四、光在反射和折射时的偏振	200
五、布儒斯特定律	200
六、双折射现象 o 光和 e 光	201

七、旋光现象	202
阅读材料：立体电影	202
习题	202
第十三章 量子物理基础	204
第一节 热辐射 普朗克的量子假说	204
一、热辐射的单色辐出度	204
二、绝对黑体热辐射的实验定律和经典理论的困难	205
三、普朗克的量子假说	207
第二节 光电效应 光的波粒二象性	208
一、光电效应的实验规律	208
二、经典电磁理论的困难	210
三、爱因斯坦的光量子理论	210
四、光的波粒二象性	211
第三节 德布罗意波	212
第四节 不确定原理	213
第五节 波函数 薛定谔方程	215
一、波函数	215
二、薛定谔方程	216
第六节 无限深方势阱中的粒子	216
第七节 势垒 隧道效应	218
第八节 氢原子理论	219
一、原子模型	219
二、氢原子光谱的规律性	220
三、玻尔的氢原子理论	221
阅读材料：隧道效应与闪存	223
习题	224
第十四章 激光	225
第一节 激光的产生	225
一、自发辐射、受激辐射和受激吸收	225
二、激光的形成	226
第二节 激光的特性	227
第三节 激光的应用	228
阅读材料：激光的生物效应	230
习题	233
第十五章 放射性核物理及其应用	234
第一节 原子核的基本性质	234
一、原子核的结构	234
二、核力	234
三、同位素	234
第二节 原子核的放射性衰变	235
一、放射性核素及其衰变	235

二、衰变规律	236
第三节 核反应	237
一、核反应	237
二、核裂变与核聚变	238
第四节 射线与物质的相互作用	240
一、带电粒子与物质的相互作用	241
二、光子与物质的相互作用	242
三、中子与物质的相互作用	242
第五节 放射性探测器	243
一、放射性探测器的分类	243
二、云雾室	243
三、闪烁计数器	244
第六节 辐射剂量	244
一、辐射剂量	245
二、辐射剂量测量	245
三、辐射防护	246
第七节 放射性核素的应用	246
一、放射性核素在考古学中的应用	246
二、放射性射线在现代工业生产中的应用	247
三、放射性同位素在农业生产中的应用	247
四、放射性核素在医学上应用	248
阅读材料：放射性同位素避雷针	249
习题	250
附录	251
附录 I 基本物理常量	251
附录 II 国际单位制计量单位	252
主要参考文献	253

第一章

质点运动学与动力学

自然界是由各种物质组成的。一切物质都在不停地运动和变化着。在各种各样的运动形式中，最基本和最普遍的形式是物体位置的变化，或是同一物体各部分间相对位置的变化，这种运动称为机械运动。力学就是研究机械运动的学科。

本章介绍物体做机械运动时的描述方法和遵守的力学规律。

第一节 质点运动学

一、参考系 质点

1. 参考系

任何物体的运动都不能脱离空间和时间而存在。机械运动就是物体在空间中的位置随时间的变化过程。

我们知道，要描述一个物体的机械运动，即它的位置的变化，就要有观察者。对于不同的观察者来说同一个物体的运动可能是不同的。例如，在一个沿平直轨道匀速行驶火车的车厢里，一个螺帽从天花板上松落。车厢里的人看来，螺帽做的是自由落体运动，但站台上的人看来，螺帽做的是平抛运动。所以要具体描述一个物体的运动就要指明是以哪一个物体作为标准或参考，也就是要选一个参考物。运动的描述是相对的，是相对参考物而言的，如果螺帽不掉下来，相对于车厢，它保持静止，这种静止也只是相对静止。自然界中，不可能存在一个相对于任何参考物都静止的物体。换句话说，运动的本身是绝对的。

当我们要对运动做出定量的描述时，就必须在参考物上建立坐标系。如以车厢为参考物，就要在车厢内固定一个坐标系。当车厢运动时这个坐标系也跟着运动。带有坐标系的参考物叫参考系。在研究物体的运动时，究竟选哪一个物体为参考物，选什么坐标系，这要看问题的性质和对其讨论的方便，常用的有直角坐标系、球坐标系、极坐标系等。

2. 质点

任何物体都有大小、形状、质量和内部结构，即使是很小的原子、电子以及其他的粒子也不例外。一般地说，物体运动时其内部各点的位置变化常常是各不相同的，而且物体的大小和形状也可能发生变化。但是如果在研究的问题中，物体的大小和形状不起作用，或者所起的作用可以忽略不计，我们就可以近似地把这个物体看作一个具有质量而没有大小和形状的理想物体，称为质点。质点是从实际抽象出来的理想模型，完全是为了简化问题而引入的。在什么情况下，将物体视为质点这应由问题的性质而定。如在以下两种情况中，均可将物体视为质点：当物体作平动时，物体上任

何一点的运动情况都是相同的，只研究其中一个点的运动就够了；物体本身的线度同它与其他物体的距离相比很小以致可以忽略不计时，可以不考虑物体上各部分运动，而将物体视为质点。

引进质点不仅可以使我们对问题的研究进行简化，而且任何物体都可以看成是很多质点的组合。从分析质点的机械运动入手，就为了解整个物体的机械运动的规律打下了基础。下面正是在研究质点运动的基础上，研究质点系和刚体的运动规律。

二、描述质点运动的物理量

1. 位置矢量

要描述一个质点的运动，首先要确定它的位置，然后再看它的位置是如何随时间变化的。质点的位置矢量（简称位矢）定义为：从坐标原点指向质点的有向线段。如图 1-1 所示，在空间直角坐标系 $Oxyz$ 中，质点 P 的位置矢量就是从原点 O 指向 P 点的有向线段 $\overrightarrow{OP}$ ，记为 $\mathbf{r}$ 。位矢 $\mathbf{r}$ 在坐标轴上的分量就是质点的坐标 (x, y, z) ，所以有

$$\mathbf{r} = \overrightarrow{OP} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \quad (1-1)$$

式中的 $\mathbf{i}$ 、 $\mathbf{j}$ 、 $\mathbf{k}$ 分别表示 x 、 y 、 z 轴正方向的单位矢量，

即有 $|\mathbf{i}| = |\mathbf{j}| = |\mathbf{k}| = 1$ ，且 $\frac{d\mathbf{i}}{dt} = \frac{d\mathbf{j}}{dt} = \frac{d\mathbf{k}}{dt} = 0$ 。

显然， $\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$ 与 P 点坐标 (x, y, z) 一一对应，它可以描述质点的位置，所以叫位置矢量。 $\mathbf{r}$ 的大小为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

其方向可由 $\mathbf{r}$ 与 x 、 y 、 z 轴的夹角余弦确定：

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}, \quad \cos \beta = \frac{y}{r}, \quad \cos \gamma = \frac{z}{r}$$

因为 $\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$ ，所以 α 、 β 、 γ 中只有两个是独立的。 $\cos \alpha$ 、 $\cos \beta$ 、 $\cos \gamma$ 叫做位矢 $\mathbf{r}$ 的方向余弦。

当质点 P 是运动的，一般地， $\mathbf{r}$ 将随时间 t 而变化，即 $\mathbf{r}$ 是时间 t 的函数，可写成：

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \quad (1-3)$$

该式反映了质点的运动情况，所以叫质点的运动方程。它可以写成下面的分量形式

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases} \quad (1-4)$$

式 (1-3) 和式 (1-4) 是等效的。它们的等效性表明：式 (1-3) 所描述质点在空间中的曲线运动可视为由式 (1-4) 所描述的三个相互垂直的直线运动的分运动的叠加，这就是运动的叠加原理。把式 (1-4) 中的时间 t 消去，就可得到质点在空间的轨迹方程。

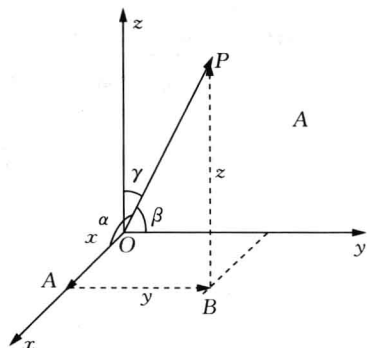


图 1-1 位置矢量