



高校21世纪师范类规划教材

大学物理学

(上册)

白少民 王立 主编

陕西人民出版社

高校**21**世纪师范类规划教材

大学物理学

(上册)

主 编 白少民 王 立

副主编 苏芳珍 薛琳娜 宋家鳌

参 编 刘雅君 任新成

陕 西 人 民 出 版 社

(陕)新登字 001 号

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理学(上、下册) / 白少民, 王立, 马宇晓主编.
西安: 陕西人民出版社, 2003
高校 21 世纪师范类规划教材
ISBN 7-224-06497-1
I. 大... II. ①白...②王...③马... III. 物理学
—师范大学—教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 023305 号

高校 21 世纪
师范类规划教材

大学物理学(上 下)

主 编 白少民 王 立 马宇晓
责任编辑 米 祥 王金林

封面设计 姚 锋
版式设计 陈 涛

出版发行 陕西人民出版社
购书电话 (029) 7205074 7205054 7205197
地 址 西安市北大街 131 号
邮政编码 710003
经 销 陕西省新华书店
印 刷 西安正华印刷科技有限公司

开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 30.75
插 页 4
字 数 687 千字
版 次 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷
印 数 1 - 5000
书 号 ISBN 7-224-06497-1/O·11
定 价 47.00 元

(图书如有质量问题请与陕西人民出版社发行部联系, 电话: 7205196)

高校21世纪师范类规划教材

编 委 会

编 委 会 主 任

郝 瑜 朱 玉

编委会副主任

姚书志 李晓锋

编 委 会 委 员

罗增儒 苗庆霞 黄新民

傅志军 王玉鼎 李道尧

杨小庆 张富林 罗文谦

高荣发 李玉悌

出版说明

这套《高校21世纪师范类规划教材》，是适应培养21世纪社会经济发展所需要的人才，必须有大量、新型、合格的人民教师的需要，由陕西人民出版社发起，陕西省教育厅和陕西人民出版社共同组织和策划，省内十余所师范院校上百位知名专家学者和骨干教师联合编写的。

全套教材第一批共15本，分别为：《普通教育学》《心理学》《大学语文》《高等数学》《大学体育与健康教育》《计算机应用基础》（文科）《计算机应用基础》（理科）《人文科学概论》《自然科学概论》《现代教育技术》《艺术欣赏》《行为科学》《大学物理学》（上下册）《大学物理实验》以及《〈普通教育学〉辅助教材》，涵盖了师范院校各专业大部分基础课程，集中体现了师范院校学科建设和教材建设的最新科研成果和未来发展趋势，是一套立足师范教育，着眼新型教师培养，追踪未来，不断更新教材内容和体系，具有长期应用价值和品牌效应的师范类新型教材。

这套教材与其他同类教材相比，主要有以下三个突出特点：

(1) 注重对学生各种能力的培养。大量研究和社会现实表明，进入21世纪，随着科学技术的飞速发展，旧的产业不断融合和新型产业大量涌现，使得社会越来越重视，也越来越需要大量具有多思维能力、创新能力和动手能力的复合型、应用型人才。师范院校是教师的摇篮，教师是人才成长的工程师。没有适应这一要求的合格教师，就不可能培养出大量符合社会需要的新型人才。教材在这方面进行了有益的探索，注重加强对学生的思维能力、创新能力和动手能力的培养。

(2) 强调“三基”教育。“三基”教育主要是指教材的编写主要围绕“基本概念、基本理论、基本技能”这三个最基本的方面来进行。凡是专业课要深入讲述的内容，教材中均不作展开，以免与专业课冲突。

(3) 坚持“厚基础、宽口径、高素质”的编写原则。专业基础课的学习是学生进入大学生活后，从中学阶段过渡到大学阶段的门槛，是学好专业课，最终成为社会需要的人才必须经过的重要一环。能不能选用好的教材，能不能坚持正确的培养方向，直接决定着培养出的学生，能不能真正成为社会所需要的复合型、应用型人才。基于这样的认识和考虑，根据未

来的培养方向，在教材的编写中，我们始终贯彻“厚基础，宽口径、高素质”的编写原则，使学生通过专业基础课的学习，具有广博的知识结构和扎实的基础理论功底，从而为以后专业课的学习，打下牢固的专业基础。除此之外，教材还在内容的选取、体系的编排、设计的风格上进行了一些探索，目的是使全套教材不仅在内容，而且在形式上都有所创新、有所发展。

为了编写出一套适合师范院校特点、内容新颖、体系创新、适应21世纪师范院校教学要求的新型教材，各学科的专家、学者多次开会研讨，陕西省教育厅和陕西人民出版社的有关领导也多次与会予以指导，付出了辛勤的汗水和努力。陕西省教育厅还专门为此发文，要求各相关院校积极支持这套教材的编写，并向各院校推荐使用。各有关院校的领导和教务处也积极支持这套教材的编写工作。有关院校的领导还亲自参加有关教材的编写。在此，我们一并表示诚挚的感谢。

编写一套适应21世纪教学要求的师范类新型教材，既是师范院校广大师生的强烈愿望，也是我们追求的目标。但由于时间仓促，水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请有关专家批评指正，以便该教材以后修订再版时予以改正。

《高校21世纪师范类规划教材》编委会

前 言

科学技术在飞速发展,对人才的培养也提出了更高、更新的要求.为了满足这一要求,基础物理的教学内容和课程体系就要不断改进.为此,国家、省教育部门都在对这一改革进行立项研究.我们承担了陕西省高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划课题:理科非物理类专业基础物理和基础物理实验教学内容及课程体系改革的研究工作.本教材就是在上述研究基础上编写的.

本教材在内容上,注意“保证基础,加强近代,联系实际,涉及前沿”的选材原则.具体考虑如下几点:

1. 考虑到教材既要反映物理学的新进展,又能适应授课学时不断减少的趋势.教材从形式上减少了力学和电磁学等部分的章节(这两部分各压缩为四章);在内容上尽量避免与中学物理的不必要重复.本书力求以简明、准确的语言阐述物理学中的基本概念、原理、定律、定理和定义等.

2. 教材内容采取以“渗透式”与“透彻式”相结合的方式介绍,不同内容采取不同的形式.除基本内容外,教材中安排了打“*”号的内容,可根据课时和专业以及学生的情况在教学中进行取舍,这并不影响后继内容的学习.还有一些关于学科发展的前沿进展、新技术和应用等,教材以阅读材料的形式编写,以供学生阅读,使学生涉猎前沿、了解学科的发展及新技术的应用等.

3. 《大学物理学》与中学物理的主要不同在于数学处理方法的不同及适用范围的扩展.而数学处理方法是该课程一开始的难点.本教材把数学处理方法的过渡作为突破口(如微积分的应用、矢量运算等),使学生尽快适应《大学物理学》的处理方法,为学好该门课程扫除障碍.

4. 教材力求体现对学生高素质和综合能力的培养,注重物理思想及处理物理问题方法的介绍,克服教材就是知识堆砌的现象.在教材中适量加入物理学史的介绍和物理学家的简介,以培养学生创造发明意识及对待科学的严谨态度和实事求是的作风.

5. 综观物理学的内容,它可分为两大部分.一是以牛顿力学、麦克斯韦电磁学和热力学为基础构成的经典物理学;二是以相对论和量子物理为基础而构成的近代物理学.近代物理学是更为普遍的理论,它可以把经典物理作为一种近似包含其中.但是对宏观领域内的绝大多数研究现象来说,经典物理不仅适用,所得的结论的正确程度与近代物理处理并无差异,而且方法更为简捷方便,并还在不断地取得新的进展和应用.为此,本教材将相对论和量子物理及以此为基础的原子物理、原子核物理、基本粒子内部结构及其相互作用和变化规律等作为近代物理部分仍放在最后介绍.

6. 在习题和思考题的选编上, 以“题量不多、难点不大和兼顾应用”为前提, 以加强学生基础知识的训练.

7. 全书采用 SI 单位制.

8. 本教材共十六章, 分上、下两册. 上册包括力学部分四章: 质点力学、力学中的守恒定律、刚体力学和流体力学; 电磁学部分四章: 真空中的静电场、静电场中的导体和电介质、稳恒磁场和电磁感应、电磁场. 下册包括热物理学部分两章: 热力学基础和气体动理论; 振动与波部分三章: 振动学基础、波动学基础和波动光学; 近代物理基础部分三章: 相对论基础、量子力学基础、原子核物理和粒子物理简介.

本书可作为师范院校理科非物理专业大学物理学课程的教材, 也可供成人教育及其他专业基础物理课程选用.

在本教材的编写过程中, 西北大学董庆彦教授, 胡晓云、贺庆丽副教授, 陕西师范大学范中和、王较过教授等都提出了许多有益的建议和意见. 在此一并致谢.

由于作者水平所限, 本书的不当和错误之处在所难免, 恳请专家及读者不吝指正.

编 者

2003 年 3 月

目 录

第一篇 力学	(1)
第一章 质点力学	(2)
第一节 描述质点运动的物理量	(2)
一、质点 参考系	(2)
二、位置矢量和位移	(3)
三、速度	(4)
四、加速度	(4)
五、圆周运动的角量描述	(5)
第二节 描述质点运动的坐标系	(6)
一、直角坐标系	(6)
二、平面极坐标系	(7)
三、自然坐标系	(8)
四、角量与线量的关系	(9)
第三节 质点运动学的两类基本问题	(11)
一、直线运动实例	(12)
二、平面曲线运动实例	(12)
第四节 牛顿定律及其应用	(13)
一、牛顿运动定律	(13)
二、常见力和基本力	(15)
三、牛顿定律的应用	(19)
四、力学单位制与量纲	(21)
五、惯性系与非惯性系	(22)
第五节 伽利略变换	(24)
章后结束语	(25)
一、本章小结	(25)
二、应用及前沿发展	(27)
习题与思考	(27)
第二章 力学中的守恒定律	(31)
第一节 功和能 机械能守恒定律	(31)
一、功及功率	(31)

二、动能和动能定理	(33)
三、保守力 势能	(36)
四、功能原理 机械能守恒定律	(38)
第二节 动量 动量守恒定律	(41)
一、冲量 动量及动量定理	(41)
二、质点系动量定理和质心运动定理	(44)
三、动量守恒定律	(46)
四、碰撞	(47)
第三节 角动量守恒定律	(50)
一、质点的角动量守恒定律	(50)
二、质点系的角动量守恒定律	(52)
章后结束语	(54)
一、本章小结	(54)
二、应用及前沿发展	(55)
习题与思考	(55)
阅读材料 A: 守恒定律与对称性	(58)
第三章 刚体力学	(61)
第一节 刚体的运动	(61)
一、刚体的平动和转动	(61)
二、刚体的定轴转动	(62)
第二节 刚体动力学	(64)
一、刚体的转动动能	(64)
二、刚体的转动惯量	(64)
三、刚体的重力势能	(66)
四、力矩与转动定理	(66)
五、力矩的功与动能定理	(67)
第三节 定轴转动刚体的角动量守恒	(70)
一、角动量 (动量矩)	(71)
二、动量矩定理	(71)
三、动量矩守恒定律	(72)
第四节 刚体的自由度	(73)
*第五节 刚体的进动	(74)
*第六节 刚体平面平行运动	(75)
一、刚体平面运动的基本动力学方程	(75)
二、作用于刚体上的力	(76)
章后结束语	(77)
一、本章小结	(77)
二、应用及前沿发展	(78)

习题与思考	(78)
第四章 流体力学	(81)
第一节 流体的基本概念	(81)
一、理想流体	(81)
二、实际流体	(82)
第二节 理想流体的流动	(84)
一、连续性方程	(84)
二、伯努利方程	(85)
三、伯努利方程的应用	(87)
* 第三节 实际流体的流动	(87)
一、泊肃叶公式	(87)
二、斯托克斯定律	(88)
* 第四节 液体的表面现象	(89)
一、表面张力	(89)
二、弯曲液面下的附加压强	(91)
三、毛细现象	(92)
章后结束语	(93)
一、本章小结	(93)
二、应用及前沿发展	(94)
习题与思考	(94)
阅读材料 B: 混沌简介	(95)
第二篇 电磁学	(101)
第五章 真空中的静电场	(102)
第一节 物质的电结构	(102)
第二节 库仑定律	(103)
第三节 电场和电场强度	(104)
一、静电场	(104)
二、电场强度	(104)
三、叠加原理和电场强度的计算	(105)
第四节 高斯定理	(108)
一、电力线(电场线)	(108)
二、电通量	(108)
三、高斯定理	(109)
四、高斯定理的应用	(111)
第五节 静电场的功 电势	(113)
一、静电场力的功 静电场的环路定理	(113)
二、电势能和电势	(114)
三、电势的计算	(115)

*第六节 电场强度与电势的微分关系	(117)
章后结束语	(118)
一、本章小结	(118)
二、应用及前沿发展	(119)
习题与思考	(119)
阅读材料 C: 电子的发现和电子电荷量的测定	(121)
第六章 静电场中的导体和电介质	(124)
第一节 静电场中的导体	(124)
一、导体的静电平衡	(124)
二、导体表面的电荷和电场	(124)
三、静电屏蔽	(125)
第二节 电容 电容器	(126)
一、孤立导体的电容	(126)
二、电容器及其电容	(127)
三、几种常见的电容器及其电容	(127)
四、电容器的联接	(128)
第三节 稳恒电流	(129)
一、稳恒电流和稳恒电场	(129)
二、欧姆定律及其微分形式	(130)
三、电动势及其非静电力	(131)
*四、基尔霍夫定律	(132)
第四节 电介质及其极化	(133)
一、电介质的电结构	(133)
二、电介质的极化	(133)
三、电极化强度矢量	(134)
第五节 电位移矢量 有介质时的高斯定理	(134)
一、极化强度与束缚电荷的关系	(134)
二、电介质中的高斯定理 电位移矢量 D	(135)
第六节 电场的能量	(137)
章后结束语	(139)
一、本章小结	(139)
二、应用及前沿发展	(140)
习题与思考	(140)
阅读材料 D: 物理学中的类比法	(143)
阅读材料 E: 铁电体 压电体 永电体	(144)
第七章 稳恒磁场	(146)
第一节 磁场 磁感应强度	(146)
一、磁场	(146)

二、磁感应强度	(146)
第二节 毕奥—萨伐尔定律及其应用	(147)
一、毕奥—萨伐尔定律	(147)
二、毕奥—萨伐尔定律应用举例	(148)
第三节 运动电荷的磁场	(150)
第四节 磁场的高斯定理和安培环路定理	(151)
一、磁场的高斯定理	(151)
二、安培环路定理	(152)
三、安培环路定理的应用	(153)
第五节 磁场对载流导线的作用	(154)
一、安培定律	(154)
二、两平行长直电流之间的相互作用	(155)
三、磁场对载流线圈的作用	(156)
第六节 洛伦兹力	(158)
一、洛伦兹力	(158)
二、带电粒子在磁场中的运动	(159)
三、霍尔效应	(160)
第七节 磁力的功	(162)
一、载流导线在磁场中运动所做的功	(162)
二、载流线圈在磁场内转动时磁场力所做的功	(162)
第八节 物质的磁性	(163)
一、磁介质的磁化及磁化强度	(163)
二、磁场强度 有介质时的安培环路定理	(164)
三、抗磁性	(165)
四、铁磁质	(166)
章后结束语	(168)
一、本章小结	(168)
二、应用及前沿发展	(170)
习题与思考	(171)
科学家简介——法拉第	(175)
阅读材料 F: 生物磁学	(176)
第八章 电磁感应 电磁场	(179)
第一节 电磁感应定律	(179)
一、电磁感应现象	(179)
二、法拉第电磁感应定律	(179)
第二节 动生电动势	(180)
一、动生电动势	(180)
二、动生电动势的电子论解释	(180)

第三节 感生电动势和感生电场	(182)
一、感生电动势和感生电场	(182)
*二、电子感应加速器	(184)
第四节 自感和互感	(185)
一、自感现象	(185)
二、互感现象	(186)
第五节 磁场的能量	(187)
第六节 电磁场理论的基本概念	(189)
一、位移电流	(189)
二、安培环路定理的推广	(191)
三、麦克斯韦方程组	(191)
*第七节 电感和电容电路的一阶暂态过程	(193)
一、 RL 电路的暂态过程	(193)
二、 RC 电路的暂态过程	(194)
章后结束语	(195)
一、本章小结	(195)
二、应用及前沿发展	(196)
习题与思考	(197)
科学家简介——麦克斯韦	(200)
阅读材料 G: 传感器	(201)
 习题答案	 (205)
附表	(211)

第一篇 力 学

力学是研究物体机械运动规律的科学. 一个物体相对于另一个物体的位置随时间发生变化, 或者一个物体内部的各部分之间的相对位置随时间发生变化, 都属机械运动. 机械运动是物质最简单、最基本的运动形式. 几乎在物质运动的所有形式中都包含机械运动.

本书力学部分包括质点力学、力学中的守恒定律、刚体力学和流体力学四章.

第一章 质点力学

一个有形状和大小的物体的运动是复杂的. 一般可分为平动、转动和振动. 本章只研究质点的平动问题. 对于质点的平动问题讨论又可分为两个方面: 单纯描述质点在空间的运动情况称为质点运动学; 而讨论运动产生的原因: 如控制运动的方法, 即说明运动的因果关系称为质点动力学.

第一节 描述质点运动的物理量

一、质点 参考系

质点 任何物体都是具有大小和形状的. 但是在某些情况下, 物体的形状大小对讨论它的运动无关紧要, 例如, 当研究地球绕太阳转动时, 由于地球直径 (约为 $1.28 \times 10^7 \text{ m}$) 比地球与太阳的距离 (约为 $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$) 小得多, 地球上各点的运动相对于太阳来讲可视为相同, 此时可以忽略地球的形状和大小; 但当研究地球绕自身轴转动时则不能忽略. 所以说, 只要物体运动的路径比物体本身尺寸大得多的时候, 就可以近似地把此物体看成只有质量而没有大小和形状的几何点, 此抽象化的点就叫**质点**. 由地球的例子可以看出, 把物体当做质点是有条件的 (如地球与太阳的平均距离比地球直径大得多); 同样也是相对的 (如地球自转不能当做质点).

参考系 宇宙万物中, 大到日、月、星、辰, 小至原子内部的粒子都在不停地运动着. 自然界一切物质都没有绝对静止的. 这就是运动的绝对性. 但对运动的描述却是相对的. 例如: 坐在运动着的火车上的乘客看同车厢的乘客是“静止”的, 看车外地面上的人却向后运动; 反过来, 在车外路面上的人看车内乘客随着车前进, 而路边一同站着的人却是静止不动; 这是因为车内乘客是以“车厢”为标准进行观察的, 而路面上的人是以地球为标准观察的. 即当选取不同的标准物对同一运动进行描述时, 所得结论不同. 因此, 我们就把相对于不同的标准物所描述物体运动情况不同的现象叫运动的相对性. 而被选为描述物体运动的标准物 (或物体组) 叫**参考系**. 参考系的选取以分析问题的方便为前提. 如描述星际火箭的运动, 开始发射时, 可选以地球为参考系. 当它进入绕太阳运行的轨道时, 则应以太阳为参考系才便于描述. 在地球上运动的物体, 常以地球或地面上静止的物体为参考系.

在参考系选定后,为了定量描述物体的位置随时间的变化,还必须在参考系上选择一个坐标系.坐标系的选取有多种多样,如直角坐标系、极坐标系、自然坐标系、球坐标系、柱坐标系.在大学物理学中常用前三种坐标系.

二、位置矢量和位移

位置矢量 位置矢量是定量描述质点某一时刻所在空间位置的物理量.如图 1.1 所示,设质点在某一时刻位于 P 点,从坐标系的原点 O 引向 P 点的有向线段 OP 称为该时刻质点的位置矢量,简称位矢,以 r 表示.它在 X, Y, Z 轴上的投影(或位置坐标)分别为 x, y, z . 于是,位矢 r 的表达式为:

$$r = xi + yj + zk \quad (1.1)$$

式中 i, j, k 分别为 X, Y, Z 轴上的单位矢量(大小为 1, 方向沿各轴正向的矢量). 显然,位置矢量的大小

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

其方向由它的三个方向余弦 $\cos\alpha = \frac{x}{r}, \cos\beta = \frac{y}{r}, \cos\gamma = \frac{z}{r}$ 来确定. 位矢的单位为米(m).

运动学方程 质点在运动过程中,每一时刻均有一对应的位置矢量(或一组对应的位置坐标 x, y, z). 换言之,质点的位矢是时间的函数,即

$$r = r(t) \quad (1.2a)$$

其投影式为

$$x = x(t), \quad y = y(t), \quad z = z(t) \quad (1.2b)$$

这样:

$$r = r(t) = x(t)i + y(t)j + z(t)k \quad (1.2c)$$

按机械运动的定义,函数式(1.2a)描述了这个运动的过程,故称为质点的运动方程.知道了运动方程,就能确定任一时刻质点的位置,进而确定质点的运动.运动学的主要任务在于,根据问题的具体条件,建立并求解质点的运动方程.

如果由式(1.2b)中消去参变量 t , 则得质点运动的轨迹方程. 如果质点限制在平面内,则可在此平面上建立 xoy 坐标系,于是式(1.2b)中的 $z(t) = 0$, 从中消去时间 t , 得

$$y = y(x) \quad (1.3)$$

此即质点在 xy 平面内运动的轨迹方程.

位移 位移是表示质点位置变化的物理量. 如图 1.2 所示, 设 t_1 时刻质点经过 P_1 处, 位矢为 r_1 ; t_2 时刻质点经过 P_2 处, 位矢为 r_2 , 在时间 $\Delta t = t_2 - t_1$ 内, 质点位置的变化可用它的位移 Δr 表示. 由图 1.2 知

$$\Delta r = r_2 - r_1 \quad (1.4)$$

位移是矢量,其大小为有向线段 $\overrightarrow{P_1P_2}$ 的长度,其方向由始

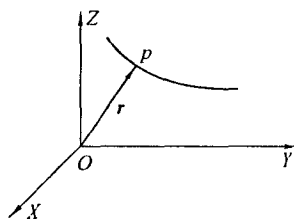


图 1.1 质点的位矢

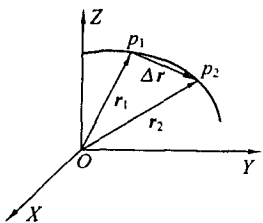


图 1.2 质点的位移