

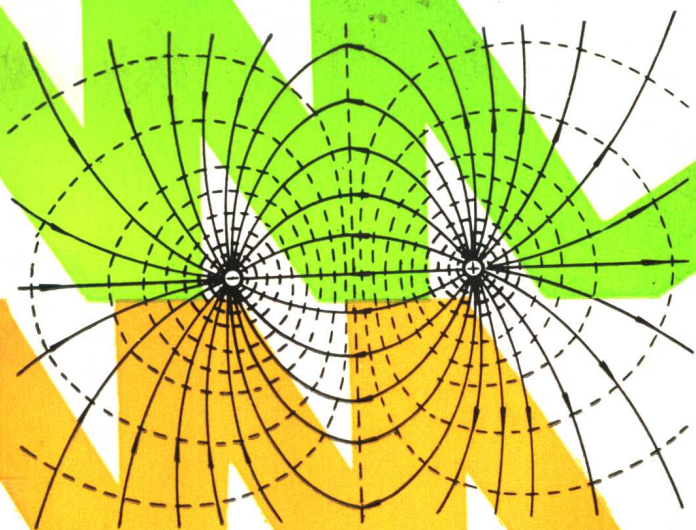
高等学校试用教材

# 大学物理教程

(上册)

任兰亭 主编

贾瑞皋 副主编



石油大学出版社

高等学校试用教材

# 大学物理教程

上册

任兰亭 主编  
贾瑞泉 副主编

石油大学出版社

鲁新登字 10 号

### 内 容 提 要

本书是以国家教委颁布的《高等工业学校物理课程教学基本要求》的基本精神为依据,结合目前教学改革的情况,吸取国内、外同类教材的优点编写而成。全书分上、下两册。上册包括力学,振动和波动,波动光学、热物理学三篇;下册包括电磁学,近代物理学两篇。

本书在调整教材结构体系,提高起点,解决好与中学物理的衔接,加强近代物理的教学内容,理论联系实际,加强工程化教育等方面作了一些探索。书中附有阅读材料和物理学家介绍。习题有所更新。

本书可作为理工科大学及专科院校非物理专业的教材或参考书,也可供电大、函大的师生及中学物理教师作为参考书。

高等学校试用教材

## 大学物理教程

上册

任兰亭 主编 贾瑞皋 副主编

\*

石油大学出版社

(山东省东营市)

新华书店发行

东营新华印刷厂印刷

\*

开本 850×1168 1/32 16.75 印张 434 千字

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—4100 册

ISBN 7-5636-0583-5/O<sub>1</sub> · 17

定价: 13.50 元

## 序

大学物理是高等工业学校的一门重要的必修基础课,这门课程的开设,对学生打好必要的物理基础,学习科学的思想方法和研究问题的方法,提高科学文化素质,起着十分重要的作用。近年来,为适应教学改革的迫切需要,为适应近代科学技术迅速发展形势要求,不少物理教师认真总结教学实践的经验,吸取国内外物理教材的优点,致力于大学物理教材建设,使我国工科物理教材建设出现了欣欣向荣的可喜局面。任兰亭、贾瑞皋同志主编的这部教材就是在这样的背景下编写的。

这部教材是根据国家教委颁布的高等工业学校《物理课程教学基本要求》,结合我国工科物理课程教学实际,本着更新教学内容、改革教学方法的精神编写的。

这部教材的特点是:一、在确保基本要求的前提下,适当调整了教材的结构体系和讲述顺序,以利于符合认识规律,便于教学。二、注意了和中学物理课程的衔接,避免了不必要的重复,适当地提高了起点,加强了矢量、微积分等数学工具的应用。三、注意了加强近代物理教学内容的讲述和近代物理观点的介绍,以适应近代物理学与新技术发展的形势。近代物理内容约占全书四分之一以上,在教材中将近代物理观点和部分内容渗透在经典物理内容之中,比较充分地反映了近代物理和新技术成就,以提高学生的学习兴趣,扩大科学视野,开阔思路。四、注意结合各部分教学内容的阐述,对学生进行辩证唯物主义的宇宙观和方法论的教育,注意在传授知识的同时,介绍物理思想与研究方法,提高学生思考、分析的能力,在教材中穿插了物理学史的简要介绍和一些《科学家介绍》的短文,使学生受到历史唯物主义的教育,受到科学家为科学

事业献身,严谨治学,勇于开创等优秀思想品德的教育。五、注意理论联系实际,适当介绍物理学原理在生活、生产和科学技术各个领域中的应用,增大了基础理论实际应用所占的比重,在例题和习题中编入了一些联系实际的题目,为了结合各石油专业的实际,主编者还聘请了有关专家教授为本教材撰写了“物理学在石油工业中的应用”方面的阅读材料。

综上所述,我认为,任兰亭、贾瑞皋同志主编的这部教材是一部有新意、有特色,紧密配合工科物理教学基本要求,阐述清晰;文字流畅,便于教学的好教材。我相信这部教材是会受到读者欢迎的。

余守宪

1992年9月25日于北方交通大学

# 前 言

本教材是根据国家教委审定的《高等工业学校大学物理课程教学基本要求》的基本精神,在总结多年来教学及教学改革经验的基础上,吸取了国内、外同类教材的优点编写而成。全书分上、下两册。上册包括力学,振动和波动、波动光学,热物理学三篇;下册包括电磁学,近代物理学两篇。

本书在编写中力求体现以下特点:

1. 适当调整教材结构体系 设计一个合理的教材体系,尽可能较好地符合物理学自身的规律和认识规律并且便于教学,是教材的科学性和实用性的基本要求。本书在目前《大学物理》传统教材体系的基础上,作了适当调整。将波动光学纳入波动篇并放在电磁学之前。这样处理之后,可避免电磁学的内容被两个学期分割成两部分。整个教材的重点内容——力学和电磁学分别放在两个学期讲授,便于教学。

2. 提高起点,解决好与“中学物理”的衔接问题 《大学物理》的内容如何与“中学物理”的内容衔接,是长期以来许多编者都想解决的困难问题。目前的《大学物理》教材很多内容与中学物理重复,重复特别严重的是力学部分,其它部分也或多或少地存在着。本书在注意到学生可接受性的基础上,适当提高起点。凡“中学物理”已讲授过的内容,本书一般不再重复讲授。本书从力学部分起就加强了矢量代数和微积分方法的应用,在演绎推导、例题、习题中都尽可能保持适当的数学高度和处理方法上的一致性。在力学部分按照物质运动的时空性质和三条守恒定律为核心的骨架构成了一种力学教材体系。在结构上避免了与中学物理的重复,在层次上能在中学物理的基础上得以深化,在容量上便于纳入更多的现

代物理的信息,在形式上更能体现简明、对称和完美的特征。

3. 加强近代物理的教学内容 教学内容的改革是教材改革的核心问题。教材内容应当反映时代的进步和社会的需求。随着科学技术的进步,教材内容应当变革。为此,本书加强了近代物理的教学内容。近代物理的内容约占全部内容的 28%。除介绍近代物理学的基本内容和新技术之外,还注意将近代物理学的观点渗透在经典物理的教学内容中。这对提高学生物理学习的兴趣,扩大科学视野,开阔学生的思路无疑是有一定帮助的。

4. 注意贯彻辩证唯物主义的世界观和科学的方法论 物理学和哲学有着紧密的联系。物理学领域内的一些重大发现都曾是唯物论和唯心论之间尖锐斗争的场所。近代物理学的发展使人们对自然界的认识大大深化了,并且也深刻地改变着人们的世界观,这种改变又必然促使人们把正确的世界观和方法论的教育作为物理教育的一项重要任务。本书注意到物理教学不只是传授知识,而且还应注意物理思想的介绍,以启迪学生的思维和智慧,为他们在将来的工作中发挥创造性打下良好的基础。在全书中注意了辩证唯物主义世界观和科学的方法论方面的教育。

5. 加强理论联系实际 物理学和科学技术有着紧密的联系,而且这种联系又带有双向的特点。物理学在各生产和科学技术领域中都有着广泛的应用。本书注意加大了基础理论在生产和科学技术中应用的篇幅。在例题和习题方面,也尽量编入一些联系实际的题目。还聘请了一些专家、教授为本书撰写了《物理在石油工业中的应用》方面的阅读教材。

6. 本书较重视物理学史的介绍,在某些章后,附有“科学家介绍”,简要地介绍了重要的物理学家的生平和贡献。这样做,一方面是为了让学生了解物理学的发展史,另一方面学生也能从这些科学家的开创精神、治学态度以及思想境界方面获得教益。

本书由任兰亭教授任主编,贾瑞皋副教授任副主编,负责全书的修改定稿工作。参加编写人员的具体分工是:任兰亭教授编写第

一、二、三、四、五、六、十七章；贾瑞皋副教授编写第七章；丁有瑚副教授编写第八、九章；李文瀛教授编写第十、十一、十二章；李靖顺副教授编写第十三、十四、十五、十六章；朱广荣副教授编写第十八章；宋吉华副教授编写第十九、二十、二十一章；严焱培教授编写第二十二、二十三章。

本书承蒙北方交通大学物理系余守宪教授审阅，提出了不少宝贵意见，并为本书作序，编者深表感谢。在编审过程中，得到石油大学各级领导的大力支持。方华灿、陆基孟、黄隆基、郭光臣、张庚骥、陈世廉教授还为本书撰写了物理学在石油工业中的应用的阅读材料，编者深表谢意。

本书在编写中参考了若干现有教材、参考书和辅导书，这里难以一一列出，仅在此一并致谢。

由于编者水平所限，错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1992年6月



# 目 录

## 第一篇 力 学

<b>第一章 物体的运动</b> .....	(3)
§ 1-1 空间与时间.....	(3)
一、空间与时间  二、空间与时间的量度  三、牛顿—莱布尼兹的时空观  四、爱因斯坦的时空观	
§ 1-2 质点的位移、速度和加速度 .....	(8)
一、质点的位移矢量  二、速度矢量  三、加速度矢量  四、运动叠加原理	
§ 1-3 质点的运动学方程 .....	(15)
一、质点的运动学方程  二、匀加速运动  三、变加速运动	
§ 1-4 平面曲线运动 .....	(21)
一、圆周运动的切向加速度和法向加速度  二、一般平面曲线运动的切向加速度和法向加速度  三、圆周运动的角量描述  四、角量与线量间的关系  五、平面曲线运动的极坐标描述	
§ 1-5 刚体的定轴转动 .....	(31)
一、刚体的平动与转动  二、刚体的定轴转动的角量描述	
§ 1-6 运动描述的相对性 .....	(37)
本章小结 .....	(41)
习题一 .....	(42)
科学家介绍：伽利略.....	(48)
<b>第二章 动量、动量守恒定律</b> .....	(51)
§ 2-1 质量、动量和力.....	(51)

一、质量 二、动量 三、力、牛顿第二定律 四、牛顿第一定律和第三定律	
§ 2-2 质点系的动量原理 .....	(63)
一、内力和外力 二、质点系的动力学方程 三、冲量、动量原理 四、动量守恒定律 五、动量原理与牛顿定律	
§ 2-3 质心运动定理 .....	(75)
一、质心 二、质心运动定理 三、质点与质点系动力学规律的比较	
* § 2-4 变质量物体的运动 .....	(84)
一、质量流动与动量 二、火箭的发射	
§ 2-5 非惯性参考系、惯性力 .....	(89)
一、作直线运动的加速参考系 二、转动参考系 三、地球自转对物体重量的影响	
本章小结 .....	(98)
习题二 .....	(100)
科学家介绍:牛顿 .....	(106)
<b>第三章 角动量、角动量守恒定律 .....</b>	<b>(109)</b>
§ 3-1 质点的角动量 .....	(109)
一、质点的角动量 二、作圆周运动质点的角动量 三、作直线运动质点的角动量	
§ 3-2 质点的角动量原理 .....	(112)
一、力矩 二、质点的角动量原理 三、质点的角动量守恒定律	
§ 3-3 质点系的角动量原理 .....	(118)
一、质点系的角动量原理 二、质点系的角动量守恒定律	
§ 3-4 刚体的角动量和角动量原理 .....	(121)
一、刚体的角动量 二、转动惯量的计算 三、作用于刚体上的力矩 四、刚体的角动量原理 五、刚体的角动量守恒定律	

§ 3-5 刚体的定轴转动定律·····	(135)
· § 3-6 刚体的平面运动·····	(138)
§ 3-7 旋进·····	(141)
一、旋进 二、迴转仪	
本章小结·····	(144)
习题三·····	(145)
<b>第四章 能量、能量守恒定律</b> ·····	(150)
§ 4-1 动能·····	(151)
一、质点系的动能 二、刚体的动能 三、用动量和角动量表示动能	
§ 4-2 动能和功·····	(153)
一、功 二、功率 三、质点的动能定理 四、质点系的动能定理 五、定轴转动刚体的动能定理	
§ 4-3 保守力、势能·····	(164)
一、保守力与非保守力 二、势能 三、保守力和势能梯度 四、势能曲线	
§ 4-4 机械能守恒定律·····	(172)
一、质点系的功能原理 二、机械能守恒和转换定律	
§ 4-5 力学中三个守恒定律的应用·····	(176)
§ 4-6 守恒定律与粒子碰撞·····	(182)
一、碰撞的分类 二、守恒定律与粒子碰撞 三、恢复系数	
本章小结·····	(189)
习题四·····	(190)
阅读材料:大学物理在海洋工程中的应用·····	(196)

## 第二篇 振动和波动 波动光学

<b>第五章 振动</b> ·····	(202)
§ 5-1 简谐振动·····	(202)
一、简谐振动的微分方程和运动方程 二、由初始条件确定	

振幅和初相位 三、坐标原点的选取对于振动方程的影响	
§ 5-2 谐振动的旋转矢量表示法	(213)
一、谐振动的旋转矢量表示法 二、两个简谐振动的比较 相位差	
§ 5-3 简谐振动的能量	(217)
一、振动的动能和势能 二、能量的平均值和势能曲线	
§ 5-4 阻尼振动和受迫振动 共振	(220)
一、阻尼振动 二、受迫振动 三、共振	
§ 5-5 同方向的谐振动的合成	(226)
一、同振动方向同频率的谐振动的合成 二、同振动方向不同 频率的谐振动的合成 三、用旋转矢量研究振动的合成	
§ 5-6 相互垂直的谐振动的合成	(232)
一、同频率的两个相互垂直的谐振动的合成 二、相互垂直 的不同频率的谐振动的合成	
* § 5-7 频谱分析	(237)
本章小结	(239)
习题五	(241)
<b>第六章 弹性波</b>	(246)
§ 6-1 弹性波的产生和传播	(246)
一、弹性波的产生 二、波面和波线	
§ 6-2 平面简谐波	(248)
一、平面简谐波的波函数 二、平面简谐波波函数的物理意义 三、沿 X 轴负方向传播的平面简谐波的波函数	
§ 6-3 平面波的波动方程	(261)
一、平面波的波动方程 二、波动方程的动力学推导	
§ 6-4 惠更斯原理	(263)
一、惠更斯原理 二、波的传播 三、波的绕射	
§ 6-5 波的叠加原理 * 群速度	(266)
一、波的叠加原理 二、波的群速度	

§ 6-6 波的干涉 驻波	(270)
一、波的干涉 二、驻波 三、半波损失 四、简正模式	
§ 6-7 波的能量	(283)
一、行波能量 二、能流密度 三、驻波能量	
§ 6-8 声波	(289)
一、声波 二、超声波 三、次声波	
§ 6-9 多普勒效应	(294)
一、波源相对于媒质不动,观测者以速度 $v$ 沿着二者的连线运动	
二、观测者相对于媒质不动,波源以速度 $v_s$ 沿着二者的连线运动	
三、波源和观测者相对于媒质在二者连线上同时运动	
四、波源和观测者运动方向不在二者连线上	
五、马赫波	
本章小结	(299)
习题六	(301)
科学家介绍:惠更斯	(308)
建立在振动和波动理论基础上的地震勘探法	(309)
<b>第七章 波动光学</b>	(314)
§ 7-1 光的单色性和相干性、光程	(315)
一、光源 二、光的单色性与相干性 三、光程 四、明暗干涉条纹产生的条件	
§ 7-2 杨氏双缝干涉	(322)
一、杨氏双缝实验 二、其它分波阵面的干涉实验	
§ 7-3 薄膜干涉	(328)
一、薄膜干涉 二、增透膜与增反膜 三、劈尖干涉 四、牛顿环	
§ 7-4 迈克尔逊干涉仪 激光干涉仪	(338)
一、迈克尔逊干涉仪 二、激光干涉仪	
§ 7-5 惠更斯-菲涅耳原理	(342)
一、光的衍射 二、惠更斯-菲涅耳原理	

§ 7-6	单缝的夫琅禾费衍射.....	(345)
	一、单缝衍射 二、菲涅耳半波带法 三、单缝衍射的光强分布	
§ 7-7	圆孔衍射 分辨本领.....	(353)
	一、圆孔的夫琅禾费衍射 二、光学仪器的分辨本领	
§ 7-8	衍射光栅.....	(358)
	一、光栅的构造 二、光栅的衍射条纹 三、谱线的缺级 四、衍射光栅的暗纹条件 五、光栅光谱 *六、光栅的分辨本领	
§ 7-9	X射线的衍射.....	(368)
§ 7-10	自然光和偏振光 .....	(371)
	一、自然光 二、线偏振光 三、部分偏振光 四、圆偏振光和椭圆偏振光	
§ 7-11	起偏和检偏 马吕斯定律 .....	(373)
	一、起偏和检偏 二、马吕斯定律	
§ 7-12	反射光和折射光的偏振 .....	(377)
§ 7-13	双折射现象 .....	(380)
	一、晶体的双折射现象 *二、单轴晶体中的波面 三、尼科耳棱镜	
§ 7-14	椭圆偏振光和圆偏振光 波片 .....	(385)
	一、椭圆偏振光和圆偏振光的获得 二、波片	
§ 7-15	偏振光的干涉 人工双折射 .....	(388)
	一、偏振光的干涉 二、人工双折射	
§ 7-16	旋光现象 .....	(393)
	本章小结.....	(394)
	习题七.....	(397)
	科学家介绍:托马斯·杨和菲涅耳 .....	(411)

### 第三篇 热物理学

<b>第八章 气体分子动理论</b> .....	(415)
§ 8-1 气体分子动理论的基本概念.....	(415)
一、统计规律的基本概念 二、物质的微观结构模型 三、理想气体的微观结构模型与统计假设 四、状态参量、平衡状态与非平衡状态	
§ 8-2 理想气体的压强公式与温度公式.....	(420)
一、理想气体的压强公式 二、理想气体的状态方程 三、理想气体的温度公式 四、理想气体分子的方均根速率	
§ 8-3 能量按自由度均分原理与理想气体的内能.....	(427)
一、自由度 二、能量按自由度均分原理 三、理想气体的内能	
§ 8-4 麦克斯韦分布律.....	(431)
一、麦克斯韦速率分布律 二、理想气体分子的最概然速率与算术平均速率 三、麦克斯韦速度分布律	
§ 8-5 玻耳兹曼分布律 .....	(436)
一、玻耳兹曼分布律 二、重力场中大气密度与压强按高度的分布	
§ 8-6 分子的平均碰撞频率与平均自由程.....	(439)
一、分子的平均碰撞频率 二、分子的平均自由程	
* § 8-7 气体的输运过程 .....	(442)
一、内摩擦 二、热传导 三、扩散	
* § 8-8 实际气体 范德瓦尔斯方程 .....	(447)
一、实际气体的等温线与临界状态 二、范德瓦尔斯方程	
本章小结 .....	(451)
习题八 .....	(453)
科学家介绍:玻耳兹曼 .....	(457)
<b>第九章 热力学基础</b> .....	(460)

§ 9-1 功 热量与热力学第一定律·····	(460)
一、功 二、热量与热力学第一定律	
§ 9-2 理想气体的等值过程与摩尔热容·····	(463)
一、等体[积]过程 二、等压过程 三、等温过程 四、理想气体的摩尔热容	
§ 9-3 绝热过程与多方过程·····	(471)
一、绝热过程 *二、多方过程	
§ 9-4 循环过程 卡诺循环·····	(476)
一、循环过程 二、卡诺循环 *三、热泵	
§ 9-5 热力学第二定律·····	(484)
一、热力学过程的方向性 二、热力学第二定律的两种表述	
* § 9-6 卡诺定理·····	(488)
§ 9-7 熵·····	(490)
一、热力学概率 二、熵	
本章小结·····	(495)
习题九·····	(496)
科学家介绍:焦耳·····	(502)
习题答案·····	(504)
附录一 希腊字母表·····	(517)
附录二 常用物理量·····	(518)
附录三 关于太阳系的一些数据·····	(519)



# 第一篇 力 学

浩瀚的宇宙中,存在着各种物质。从遥远的星系到几乎充满整个空间的微波辐射都是物质,世界是物质的。一切物质都在永恒不息地运动着。日月经天,江河行地,风雨雷电,变幻的大气,……锦绣自然,万象纷呈。索本求源,皆是物质运动的不同形态。无怪乎法国科学家笛卡儿(R. Descartes, 1596—1650)声称:“给我物质和运动,我就能创造宇宙。”

运动是物质的固有属性。在自然界里,没有不运动的物质,也没有脱离物质的运动。力学所要研究的是其中最简单最基本的一部分——机械运动的客观规律及其应用。

人类在生产实践中,经常要接触到物体的机械运动,因此远在上古时期就积累了相当丰富的力学知识。我国的墨翟(公元前468—328)在“墨经”一书中对力的概念、杠杆原理都作了明确的阐述。古希腊的亚里斯多德(Aristotle, 公元前384—322)、阿基米德(Archimedes, 公元前287—212)等人对物体的平衡问题以及浮力问题也都作了详尽的研究。直到16世纪末期,伽利略(Galileo, 1563—1642)倡导了物理学中的实践精神后,力学才开始作为一门系统的科学而发展起来。伽利略应用实验的方法发现了落体定律、斜面运动定律和单摆运动定律,建立了力学的基本定律之一——惯性定律。17世纪后期,牛顿(I. Newton, 1642—1727)卓越地总结出三条运动定律和万有引力定律,从此奠定了古典力学的基础。

应当指出,在牛顿时代里,对力学的一些概念(如质量、动量、力和能量等)的认识还都是比较初步的,不够十分明确。直到18、19世纪期间,经过大量的科学实验和许多科学家的琢磨加工,才