

# 大学物理 精析精讲精练

DAXUE WULI JINGXI JINGJIANG JINGLIAN

主编 胡盘新

上海交通大学出版社

# 大学物理精析精讲精练

胡盘新 主编

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书是为解读《理工科类大学物理课程教学基本要求》(教育部高等学校物理基础课程教学指导分委会编制)中的“教学内容基本要求”而编写的指导书,分为力学、振动和波、热学、电磁学、光学和近代物理六个部分十六章进行论述. 每章由“教学要求”、“内容诠释”、“解题指导和例题分析”和“自我检测题”四个部分组成,旨在帮助教师和学生正确、快速地领会基本概念和基本规律的内涵,熟练运用物理学规律解决问题.

本书可供学习理工科类大学物理课程的学生在学习中参考,也可供大学物理教师在教学中参考.

### 图书在版编目(CIP)数据

大学物理精析精讲精练/胡盘新主编. —上海: 上海交通大学出版社, 2009

ISBN 978-7-313-05876-8

I. 大… II. 胡… III. 物理学—高等学校—教学参考资料 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 118163 号

### 大学物理精析精讲精练

胡盘新 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

昆山市亭林印刷有限责任公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×960mm 1/16 印张: 18.75 字数: 353 千字

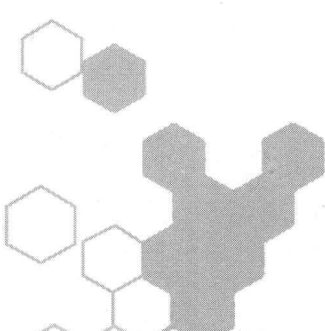
2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1~4030

ISBN 978-7-313-05876-8/O 定价: 29.00 元

---

版权所有 侵权必究



最近,由教育部高等学校物理基础课程教学指导分委会编制的《理工科类大学物理课程教学基本要求》(2008年版,以下简称《基本要求》)出版了。如何贯彻执行新的《基本要求》,提高教学质量是当前教学工作的首要任务。我们编写本书,旨在借助我们多年来的教学工作经验和心得体会,对《基本要求》中教学内容的要求进行解读,希望能够帮助读者尽快地、正确地、更好地领会基本概念和基本规律的内涵,对物理学的基本内容理解得更深一些,运用得更活一些。

本书根据《基本要求》中规定的内容,按力学、振动和波、热学、电磁学、光学和近代物理分成十六章进行讨论,每章由“教学要求”、“内容诠释”、“解题指导和例题分析”和“自我检测题”四个部分组成。

**教学要求** 《基本要求》中把教学内容基本要求分成 A、B 两类, A 类是核心内容, B 类是扩展内容(本书选取了部分 B 类内容,并以 \* 标记以示区分),但同属 A 类,要求掌握的程度也不一致,所以我们用“掌握”、“理解”、“了解”给予细分。

**内容诠释** 我们力图把物理学的基本概念、基本规律、基本方法准确地阐述清楚,我们编写时尽量避免重复叙述概念的定义和定律的条文,而是在概括和总结的基础上指明主次、重点和难点。

**解题指导和例题分析** 学习物理需要做一定数量的习题。为了帮助读者掌握正确的解题方法,根除不求甚解地乱套公式、拼凑答案的不良习惯,我们对每章内容都归纳了题型和解题的方法,并

选取一些典型例题,分析解题的思路和方法,对有些例题还给出多种解题方法.

**自我检测题** 自我检测题分选择题和填空题以及计算题两类.选择题和填空题主要检查读者对基本概念掌握的程度,计算题主要检查对物理规律和物理方法运用的程度.

本书的读者不仅限于学生,可能对教师的授课也有指导意义.本书不是针对某本教材的参考书,而对目前出版的工科大学物理学教材基本上都能适用.

本书由胡盘新主编,参加编写工作的有杨绮娟、胡彬、景浩旻、董英翰等老师.本书的编写参考了若干现有教材,在许多方面得到了启发与教益,这里难以一一指明,在此一并致谢.在本书的编写和出版过程中,得到了上海交通大学出版社陈克俭、武晓雁等同志的大力支持和帮助,在此表示深切感谢.

限于编者的水平,书中有不当和错误之处,恳请专家和读者批评指正.

胡盘新

2009年3月于上海交通大学

# 理工科类大学物理课程教学基本要求

## 教学内容基本要求

### 一、力学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	质点运动的描述、相对运动	A	1. 力学的重点是牛顿运动定律和三个守恒定律及其成立条件。 2. 力学中除角动量、刚体和流体部分外绝大多数概念学生在中学阶段已有接触,故教学中展开应适度,以避免重复。 3. 通过把力学的研究对象抽象为三个理想模型——质点、刚体和理想流体,逐步使学生学会建立模型的科学研究方法。 4. 应注意学习矢量运算、微积分运算等方法在物理学中的应用。 5. 可简要说明守恒定律与对称性的相互关系及其在物理学中的地位。
2	牛顿运动定律及其应用、变力作用下的质点动力学基本问题	A	
3	非惯性系和惯性力	B	
4	质点与质点系的动量定理和动量守恒定律	A	
5	质心、质心运动定理	A	
6	变力的功、动能定理、保守力的功、势能、机械能守恒定律	A	
7	对称性与守恒定律	B	
8	刚体定轴转动定律、转动惯量	A	
9	刚体转动中的功和能	B	
10	质点、刚体的角动量、角动量守恒定律	A	
11	刚体进动	B	
12	理想液体的性质、伯努利方程	B	

## 二、振动和波

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	简谐运动的基本特征和表述、振动的相位、旋转矢量法	A	1. 振动和波是自然界极为普遍的运动形式,简谐运动是研究一切复杂振动的基础.应强调简谐运动以及平面简谐波的描述特点及研究方法,突出相位及相位差的物理意义. 2. 要阐明平面简谐波波函数的物理意义以及波是能量传播的一种重要形式,突出相位传播的概念和相位差在波的叠加中的作用.讲述机械波要为讨论电磁波(光波)以及物质波的概念提供基础. 3. 要求学生进一步掌握线性运动叠加原理,并通过在周期性外力作用下阻尼摆的混沌现象分析对非线性问题的特征有所了解. 4. 振动和波是应用演示手段最为丰富的部分,教学中应充分应用演示实验和多媒体手段阐述旋转矢量法,展示阻尼振动、受迫振动和共振现象、振动的合成、李萨如图形、驻波、多普勒效应等内容,并可鼓励学生自己设计展示物理思想和物理现象的多媒体课件.
2	简谐运动的动力学方程	A	
3	简谐运动的能量	A	
4	阻尼振动、受迫振动和共振	B	
5	非线性振动简介	B	
6	一维简谐运动的合成、拍现象	A	
7	两个相互垂直、频率相同或为整数比的简谐运动合成	B	
8	机械波的基本特征、平面简谐波波函数	A	
9	波的能量、能流密度	A	
10	惠更斯原理、波的衍射	A	
11	波的叠加、驻波、相位突变	A	
12	机械波的多普勒效应	A	
13	声波、超声波和次声波;声强级	B	

## 三、热学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	平衡态、态参量、热力学第零定律	A	1. 对于中学物理介绍得比较多的气体宏观规律,如气体的物态方程、热力学第一定律等应注意展开适度,减少不必要的重复. 2. 温度是热学的重要概念,除了说明温度的统计意义外,还应讲述为其提供实验基础的热力学第零定律.
2	理想气体物态方程	A	
3	准静态过程、热量和内能	A	
4	热力学第一定律、典型的热力学过程	A	

(续表)

## 三、热学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
5	多方过程	B	3. 注重讲授大量粒子组成的系统的统计研究方法和统计规律,以及热现象研究中宏观量与微观量之间的区别与联系. 4. 通过理想气体的压强和气体分子平均自由程等公式的建立以及气体范德瓦耳斯方程的导出,进一步讲授科学研究的建模方法. 5. 要强调热力学第二定律的重要性,使学生理解和掌握熵和熵增加原理是自然界(包括自然科学和社会科学)最为普遍实用的定律之一.
6	循环过程、卡诺循环、热机效率、致冷系数	A	
7	热力学第二定律、熵和熵增加原理、玻耳兹曼熵关系式	A	
8	范德瓦耳斯方程	B	
9	统计规律、理想气体的压强和温度	A	
10	理想气体的内能、能量按自由度均分定理	A	
11	麦克斯韦速率分布律、三种统计速率	A	
12	玻耳兹曼分布	B	
13	气体分子的平均碰撞频率和平均自由程	A	
14	输运现象	B	

## 四、电磁学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	库仑定律、电场强度、电场强度叠加原理及其应用	A	1. 对中学物理介绍得比较多的电场力、磁场力、静电感应及电磁感应现象等内容,讲述中应注意与中学教学的衔接,减少不必要的重复. 2. 电磁学的重点在于通过库仑定律、高斯定理和环路定理、毕奥-萨伐尔定律、法拉第电磁感应定律等,学习电磁场的概念以及场的研究方法.
2	静电场的高斯定理	A	
3	电势、电势叠加原理	A	
4	电场强度和电势的关系、静电场的环路定理	A	



(续表)

## 四、电磁学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
5	导体的静电平衡	A	3. 突出介绍以点电荷的电场和电流元的磁场为基础的叠加法. 强调电场强度、电场力、磁感应强度、磁场力的矢量性, 并加强学生应用微积分解决物理问题的训练. 4. 重点讲述法拉第电磁感应定律, 以及麦克斯韦关于涡旋电场和位移电流的基本假设, 并阐明麦克斯韦方程组的物理思想, 帮助学生建立起统一电磁场的概念以及认识电磁场的物质性、相对性和统一性. 5. 电路是处理电磁问题的一种常用方式, 有很重要的实际意义, 应说明用“路”或“场”处理电磁问题的前提条件. 对于后续课程没有电工或电路课的学生, 应当把列为 B 类有关电路的内容作为核心内容(A 类)处理; 对其他专业学生, 这部分内容可以删去, 以免与后续课程重复.
6	电介质的极化及其描述	B	
7	有电介质存在时的电场	A	
8	电容	A	
9	磁感应强度: 毕奥-萨伐尔定律、磁感应强度叠加原理	A	
10	恒定磁场的高斯定理和安培环路定理	A	
11	安培定律	A	
12	洛伦兹力	A	
13	物质的磁性、顺磁质、抗磁质、铁磁质	B	
14	有磁介质存在时的磁场	A	
15	恒定电流、电流密度和电动势	A	
16	法拉第电磁感应定律	A	
17	动生电动势和感生电动势、涡旋电场	A	
18	自感和互感	A	
19	电场和磁场的能量	A	
20	位移电流、全电流环路定律	A	
21	麦克斯韦方程组的积分形式	A	
22	电磁波的产生及基本性质	A	
23	麦克斯韦方程组的微分形式	B	

(续表)

## 四、电磁学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
24	边界条件	B	
25	超导体的电磁性质	B	
26	直流电: 闭合电路和一段含源电路的欧姆定律、基尔霍夫定律、电流的功和功率	B	
27	交流电: 简单交流电路的解法(矢量图解法和复数解法)、交流电的功率、三相交流电	B	
28	暂态过程、谐振电路	B	

## 五、光学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	几何光学基本定律	A	1. 介绍几何光学的基本定律和近轴光学成像的分析方法。 2. 重点讲述光的干涉和衍射,使学生掌握判断波的基本特征。 3. 分波阵面干涉主要介绍杨氏双缝干涉,劳埃德镜干涉可突出相位突变的实验验证。 4. 分振幅干涉的教学重点是等厚干涉及其应用。 5. 通过干涉和衍射的学习,以及一些光学器件在现代工程技术中的应用,使学生理解光栅光谱的特征以及光谱分析的意义,了解光学精密测量的基本方法。
2	光在平面上的反射和折射	A	
3	光在球面上的反射和折射	A	
4	薄透镜	A	
5	显微镜、望远镜、照相机	B	
6	光源、光的相干性	A	
7	光程、光程差的概念	A	
8	分波阵面干涉	A	
9	分振幅干涉	A	
10	迈克耳孙干涉仪	B	

(续表)

## 五、光学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
11	光的空间相干性和时间相干性	B	6. 光学也是演示手段较为丰富的一部分,可充分运用多媒体手段展示干涉和衍射现象的规律及其变化、单缝衍射对光栅衍射的调制作用及缺级现象、偏振光的获得等内容,帮助学生加深对光学基本理论的理解.
12	惠更斯-菲涅耳原理	A	
13	夫琅禾费单缝衍射	A	
14	光栅衍射	A	
15	光学仪器的分辨本领	A	
16	晶体的 X 射线衍射	B	
17	全息照相	B	
18	光的偏振性、马吕斯定律	A	
19	布儒斯特定律	A	
20	光的双折射现象	B	
21	偏振光干涉和人工双折射	B	
22	旋光现象	B	
23	光与物质的相互作用:吸收、散射和色散	B	

## 六、狭义相对论力学基础

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	迈克耳孙-莫雷实验	B	1. 本部分重点讲述狭义相对论的基本原理、研究方法,通过与绝对时空观的比较,帮助学生建立狭义相对论的时空观. 2. 注意学习相对论动力学基础.
2	狭义相对论的两个基本假设	A	
3	洛伦兹坐标变换和速度变换	A	
4	同时性的相对性、长度收缩和时间延缓	A	

(续表)

## 六、狭义相对论力学基础

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
5	相对论动力学基础	A	
6	能量和动量的关系	B	
7	电磁场的相对性	B	

## 七、量子物理基础

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	黑体辐射、光电效应、康普顿散射	A	1. 突出讲授光的波粒二象性的物理思想,对中学已讲解的光电效应可适当简化,避免不必要的重复. 2. 本部分重点介绍量子力学的基本原理,帮助学生建立物质波粒二象性和量子化的概念,这是从经典物理到量子物理过渡的重要阶梯.理解微观物质的描述方式和波函数的统计意义,并通过一维无限深势阱的量子力学描述以及与经典驻波的比照,帮助学生理解波函数和薛定谔方程是量子力学状态描述的手段. 3. 注意通过几个重要实验和模型,给出量子力学作为新理论创立和发展的过程以及人们对物质世界认识不断深化的过程,给学生以创新思维和探究精神的启迪.
2	戴维孙-革末实验、德布罗意的物质波假设	A	
3	玻尔的氢原子模型	B	
4	夫兰克-赫兹实验、原子里德伯态、对应原理	B	
5	波函数及其概率解释	A	
6	不确定关系	A	
7	薛定谔方程	A	
8	一维无限深势阱	A	
9	一维谐振子	B	
10	一维势垒、隧道效应、电子隧道显微镜	A	
11	氢原子的能量和角动量子化	A	
12	电子自旋: 施特恩-格拉赫实验	A	

(续表)

## 七、量子物理基础

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
13	泡利原理、原子的壳层结构、元素周期表	A	
14	碱金属原子、交换对称性、激光、激光冷却与原子囚禁	B	

## 八、分子与固体

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	化学键：离子键、共价键	B	1. 这部分内容重在物理图像和物理概念的建立。 2. 帮助学生理解离子键和共价键两种重要化学键形成的机理及分子结构的基本特点。 3. 理解金属中自由电子的分布规律和导电机制、能带的形成、半导体的导电机制、pn结的形成以及简单半导体器件的工作原理。
2	分子的振动与转动	B	
3	自由电子的能量分布与金属导电的量子解释	B	
4	能带、导体和绝缘体	B	
5	半导体、pn结、半导体器件	B	

## 九、核物理与粒子物理

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	原子核的一般性质	B	1. 这部分内容重在帮助学生了解研究微观物质的基本方法。 2. 重点介绍物质微观结构、运动规律和相互作用的基本物理图像。 3. 鉴于原子核物理在科技发展中的价值以及基本相互作用与标准模型在人们认识物质基本结构、基本运动形式、相互作用及其转化规律中的作用,建议在可能的条件下,尽量将“原子核的一般性质”、“基本相互作用与标准模型”等作为A类内容处理。
2	放射性衰变、辐射剂量	B	
3	原子核的裂变与聚变	B	
4	粒子及其分类	B	
5	守恒定律	B	
6	基本相互作用与标准模型	B	

## 十、天体物理与宇宙学

序号	内 容	类别	说 明 和 建 议
1	恒星的演化：白矮星、中子星和黑洞	B	1. 了解广义相对论的基本原理，并建立相应的时空观。 2. 介绍天体和宇宙演化的物理图像，了解微观、宏观和宇观物理规律之间的联系，帮助学生建立科学的自然观和宇宙观。 3. 鉴于“广义相对论基础”和“宇宙学”等内容对于帮助学生建立科学的自然观和宇宙观具有特殊重要的意义，建议在可能的条件下，尽量将它们作为 A 类内容处理。
2	广义相对论基础：等效原理、弯曲时空、引力红移和引力辐射	B	
3	宇宙学：大爆炸理论、宇宙膨胀、宇宙背景辐射	B	

## 十一、现代科学与高新技术的物理基础专题(自选专题)

### 说明：

1. 教学内容基本要求分为 A、B 两类，其中 A 类共有 74 条，B 类共有 51 条。A 类内容构成大学物理课程教学内容的基本框架，是核心内容；B 类是扩展内容，它们常常是理解现代科学技术进展的基础，讲述这些内容可以使学生对大学物理的基本规律的理解更加深刻和充实。各学校除了保证基本知识结构的系统性、完整性以外，在知识的深度和广度上不应仅满足于 A 类内容，而应当根据学时范围和授课对象所需基础尽可能多地选择 B 类内容，必要时还可适当开启新的“知识窗口”，介绍与科学前沿和技术应用发展相关的内容。

由于各学校类型、办学性质和人才培养目标的差异，在充分论证的基础上，一些专业的大学物理教学内容可以在 A、B 两类内容之间进行小幅调整，但由 A 类内容调整为 B 类的比例不应大于 15%。调整的论证资料应由学校存档。调整后的教学内容通过各校教学大纲加以规范。

2. 应适当加强近代物理基础知识的教学，近代物理的内容一般不应少于总学时的五分之一。

3. 为了拓展学生视野，培养学生的创新意识，夯实学生进一步发展的物理基础，在基本要求的内容中包含了现代科学与高新技术物理基础专题。专题内容可用以拓展物理知识面，例如：介观物理、等离子体物理、软凝聚态物理、信息光学、耗散结构理论等；也可以介绍物理学在科学技术应用中的新理论、新知识、新技术，例如：激光、超导、液晶、量子信息、红外辐射与遥感、扫描隧道显微镜、核磁共振、超声等。专题内容和学时由各学校自行确定，并应订入课程教学大纲，予以落实。

4. 本教学基本要求不涉及教学内容的先后安排和编写教材的章节顺序。在实施教学中，要注意各部分内容之间的相互联系和有机衔接。

# 目 录

## CONTENTS

### 力学

- 1 第一章 质点运动学
- 16 第二章 牛顿运动定律
- 32 第三章 力学中的守恒定律
- 51 第四章 刚体和流体力学

### 振动和波

- 68 第五章 机械振动
- 81 第六章 机械波

### 热学

- 96 第七章 气体分子动理论
- 111 第八章 热力学

	<b>电磁学</b>
128	第九章 静电场
156	第十章 恒定电流和恒定磁场
181	第十一章 电磁感应 电磁场理论

	<b>光学</b>
208	第十二章 几何光学
217	第十三章 波动光学

	<b>近代物理</b>
240	第十四章 狭义相对论力学基础
249	第十五章 量子物理基础
267	第十六章 核物理与粒子物理简介

271	参考答案
284	参考书目



# 第一章

## 质点运动学

### 教 学 要 求

1. 了解描述物体的机械运动的条件：参考系(坐标系)和物理模型. 通过质点模型, 初步了解建立物理模型的方法.
2. 掌握描述质点运动的基本物理量：位置矢量、位移、速度和加速度的定义和性质, 明确这些物理量的矢量性、瞬时性、相对性.
3. 掌握质点的运动学方程, 会用微分法由已知的运动学方程计算速度和加速度, 用积分法由已知加速度(或速度)求出质点的运动学方程.
4. 用类比法掌握圆周运动的角量描述方法以及角量和线量之间的关系.
5. 理解伽利略变换式, 并会用它求解质点相对运动问题.

### 内 容 诠 释

质点运动学主要研究质点在运动过程中位置随时间变化的规律. 描述质点运动的基本物理量有位置矢量、位移、速度和加速度, 要注意这些量的瞬时性、矢量性和相对性. 由于物体运动的相对性, 同一物体的运动, 在不同参考系中有不同的运动形式, 其物理量之间有一定的变换关系, 这就是伽利略变换.