

86/



大学物理总复习

胡盘新 主编

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书系根据原国家教委颁布的《高等工业学校物理课程教学基本要求》编写。全书共分五篇十五章,每章有复习要求、内容提要、解题指导及例题、练习题四个模块。内容提要简明扼要地小结各章的基本概念和基本规律。针对每章内容的特点编写了解题指导,对每一例题作了精辟的分析,力图使读者更好地掌握概念和规律。除每章配有练习题外,在每篇的最后还安排了自我检测题。此外,在本书的最后还编选了上海交通大学大学物理考试题3套及全国部分地区非物理类专业大学生物理竞赛试题2份,供不同层次的读者参考。

本书可作为工科大学本科和专科学生以及广大自学者的学习指导书,也可作为物理教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理总复习/胡盘新主编. —上海:上海交通大学出版社,2002

(大学基础课复习指导丛书)

ISBN7-313-03042-8

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(2002)第024471号

大学物理总复习

胡盘新 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

常熟市文化印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本:880mm×1230mm 1/32 印张:20.75 字数:595千字

2002年7月第1版 2002年7月第1次印刷

印数:1~5050

ISBN7-313-03042-8/O·144 定价:31.00元

版权所有 侵权必究

前 言

《大学物理》是高等工科院校的一门重要基础课程。学习大学物理的主要目的,在于掌握物理学的基本概念、基本规律和基本方法,培养运用物理学的基础知识分析问题和解决问题的能力。由于大学物理具有概念性强、涉及面广的特点,而且物理学所研究的运动形式(机械的、电磁的、微粒的等)各有其特殊性,这就给读者学习时带来了困难,常感到对基本概念理解不深透,解题困难。而市场又缺乏相应的指导性书籍。现在我们应读者的要求,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》,吸取了国内外同类教材的优点,在总结编者长期教学工作中的经验和心得体会的基础上,编写了这本《大学物理总复习》。希望它有助于对已学过大学物理的读者温故而知新,也希望能帮助广大自学者对物理学的基本内容掌握得更好一些,运用得更活一些。

全书共分五篇十五章,内容涵盖了大学物理教学的全部内容。每章都包括复习要求、内容提要、解题指导和例题、练习题四个模块。每篇结束还安排了单元自我检测题。在本书的最后还选编了上海交通大学大学物理试题3套及全国部分地区非物理专业大学物理竞赛试题2份,可供读者参考。

关于“复习要求”,编者根据教学经验对“基本要求”作了些许调整,对掌握、理解、了解三个层次的要求作了一些变动,务使本书更能适应当前的教学要求。

关于“内容提要”方面,编者力图把物理学的基本概念、基本定律准确地阐述清楚,力求在概括和总结的基础上分清主次,突出重点。

关于“解题指导和例题”部分,除了指出每章习题的特点外,还总结了解题的方法。每章精选了若干典型的、有代表性的例题,解题前都进行了“分析”,使读者在解题之前对所研究的物理问题建立一个清晰的图像,从而建立起解题的思路,避免解题时硬套公式、硬凑答案的不良

习惯,从而帮助读者提高学习能力和培养学习素质。

除每章安排练习题外,在力学、热学、电磁学、波动学、量子物理学每篇结束时,都安排了单元自我检测题。习题和检测题都附有答案,以便检查解答正确与否。

本书由上海交通大学胡盘新教授主编,参加编写的有上海交通大学陶宗瑜、顾希知、张炽伟诸副教授。本书编写中得到了上海交通大学朱泳春教授、张馥宝教授、高景教授以及东华大学汤毓骏教授等大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。对于上海交通大学出版社有关同志鼎力相助,编者特致谢意。

限于编者水平,错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

胡盘新

2002 年元月

于上海交通大学

目 录

第一篇 力学

第一章 质点运动学	(1)
一、复习要求	(1)
二、内容提要	(2)
1. 机械运动的特征和描述方法 2. 位移 3. 速度	
4. 加速度 5. 圆周运动的角量描述 6. 几种简单的质点运动的规律 7. 相对运动	
三、解题指导及例题	(16)
四、练习题	(42)
第二章 牛顿运动定律	(45)
一、复习要求	(45)
二、内容提要	(45)
1. 牛顿第一定律 2. 牛顿第二定律 3. 牛顿第三定律	
4. 力 5. 质量 6. 非惯性系和惯性力 7. 伽利略相对性原理	
三、解题指导及例题	(55)
四、练习题	(75)
第三章 动量和角动量	(78)
一、复习要求	(78)
二、内容提要	(78)
1. 动量定理 2. 动量守恒定律 3. 质心运动定理	
4. 角动量守恒定律 5. 变质量物体的运动	
三、解题指导及例题	(88)

四、练习题	(102)
第四章 功和能	(105)
一、复习要求	(105)
二、内容提要	(105)
1. 功和功率 2. 动能 动能定理 3. 势能 4. 功能原理 机械能守恒定律 5. 碰撞	
三、解题指导及例题	(115)
四、练习题	(133)
第五章 刚体力学	(136)
一、复习要求	(136)
二、内容提要	(136)
1. 刚体运动的基本形式 2. 刚体的平动 3. 刚体定轴转动的角量描述 4. 刚体的定轴转动定律 5. 转动惯量 6. 刚体定轴转动的角动量和角动量守恒定律 7. 刚体定轴转动的功能原理 8. 刚体定轴转动和质点直线运动的比较 * 9. 刚体的平面平行运动 10. 刚体的进动	
三、解题指导及例题	(145)
四、练习题	(165)
力学单元自我检测题及答案	(169)

第二篇 热学

第六章 气体分子动理论	(175)
一、复习要求	(175)
二、内容提要	(175)
1. 理想气体状态方程 2. 气体分子的热运动 3. 理想气体的压强和温度公式 4. 理想气体的内能 5. 气体分子的平均自由程和平均碰撞频率 6. 麦克斯韦速率和速度分布律 7. 玻耳兹曼能量分布律 8. 气体内的	

输运过程 9. 实际气体的状态方程

三、解题指导及例题 (186)

四、练习题 (193)

第七章 热力学..... (196)

一、复习要求 (196)

二、内容提要 (196)

1. 功 热量 内能 2. 热力学第一定律 3. 循环过程

4. 热力学第二定律 5. 熵

三、解题指导及例题 (207)

四、练习题 (218)

热学单元自我检测题及答案 (221)

第三篇 电磁学

第八章 静电场..... (228)

一、复习要求 (228)

二、内容提要 (228)

1. 电荷相互作用 2. 电场强度 3. 电位移 4. 电势

5. 电场强度与电势的关系 6. 静电场的基本规律

7. 静电场中的导体 8. 电介质的极化 9. 电容器的

电容 10. 静电场的能量

三、解题指导及例题 (248)

四、练习题 (279)

第九章 稳恒磁场..... (282)

一、复习要求 (282)

二、内容提要 (282)

1. 磁感应强度 磁场强度 2. 毕奥-萨伐尔定律

3. 恒定磁场的基本规律 4. 磁场对载流导体的

作用 5. 磁场对运动电荷的作用力 6. 磁介质的

磁化 7. 铁磁质 8. 欧姆定律的微分形式

三、解题指导及例题	(299)
四、练习题	(325)
第十章 电磁感应和电磁场	(329)
一、复习要求	(329)
二、内容提要	(329)
1. 电磁感应的基本规律 2. 动生电动势和感生电动势	
3. 自感和互感 4. 涡电流 趋肤效应 5. 位移电流	
6. 麦克斯韦电磁场方程组	
三、解题指导及例题	(342)
四、练习题	(364)
电磁学单元自我检测题及答案	(367)

第四篇 波动学

第十一章 振动	(374)
一、复习要求	(374)
二、内容提要	(374)
1. 简谐振动 2. 同方向简谐振动的合成 3. 相互垂直的简谐振动的合成 4. 阻尼振动 5. 受迫振动	
6. 电磁振荡	
三、解题指导及例题	(389)
四、练习题	(401)
第十二章 波动	(404)
一、复习要求	(404)
二、内容提要	(404)
1. 波动表达式 2. 波的能量 3. 波动方程 4. 波的叠加 5. 驻波 6. 声波 7. 电磁波 8. 多普勒效应	
三、解题指导及例题	(418)
四、练习题	(430)
第十三章 波动光学	(435)

一、复习要求	(435)
二、内容提要	(435)
1. 光的干涉 2. 杨氏双缝干涉 3. 薄膜干涉 4. 迈克耳孙干涉仪 5. 光的衍射 6. 单缝和圆孔的夫琅禾费衍射 7. 光栅衍射 8. 光学仪器的分辨本领 9. 自然光和偏振光 10. 获得偏振光的方法 * 11. 波片 * 12. 偏振光干涉 * 13. 人为双折射	
三、解题指导及例题	(456)
四、练习题	(479)
波动学单元自我检测题及答案	(482)

第五篇 近代物理

第十四章 相对论	(487)
一、复习要求	(487)
二、内容提要	(487)
1. 力学相对性原理和伽利略变换 2. 狭义相对论的基本原理 3. 洛伦兹变换 4. 狭义相对论的动力学规律	
三、解题指导及例题	(494)
四、练习题	(502)
第十五章 量子物理	(504)
一、复习要求	(504)
二、内容提要	(505)
1. 黑体辐射 普朗克能量子假设 2. 光电效应 爱因斯坦光子理论 3. 康普顿效应 4. 氢原子的玻尔理论 5. 德布罗意波 波函数及其统计假设 6. 不确定关系 7. 薛定谔方程 8. 多电子原子中的电子分布 * 9. 激光 * 10. 半导体	
三、解题指导及例题	(527)
四、练习题	(536)

近代物理单元自我检测题及答案	(538)
第一章至十五章练习题答案	(540)
附 上海交通大学(1998 级)大学物理考试题(力学)	(554)
上海交通大学(1998 级)大学物理考试题(热学、静 电学)	(560)
上海交通大学(1998 级)大学物理考试题(磁学、波 动学)	(566)
上海交通大学(1998 级)大学物理考试题(光学、量子 物理)	(574)
上海交通大学(1999 级)大学物理考试题(力学)	(583)
上海交通大学(1999 级)大学物理考试题(热学、静 电学)	(589)
上海交通大学(1999 级)大学物理考试题(电磁学、波 动学)	(596)
上海交通大学(1999 级)大学物理考试题(光学、量子 物理)	(603)
上海交通大学(2000 级)大学物理考试题(力学)	(609)
上海交通大学(2000 级)大学物理考试题(热学、静 电学)	(616)
上海交通大学(2000 级)大学物理考试题(电磁学、波 动学)	(623)
上海交通大学(2000 级)大学物理考试题(光学、量子 物理)	(630)
全国部分地区非物理类专业大学生第十七届物理竞赛试题 (2000, 12)	(638)
全国部分地区非物理类专业大学生第十八届物理竞赛试题 (2001, 12)	(645)
主要参考书目	(654)

第一篇 力 学

第一章 质点运动学

机械运动是一个物体相对于另一个物体的位置(或者一个物体的某些部分相对于其他部分的位置)随着时间而变化的过程。质点运动学是研究描述质点运动的方法以及质点在空间的位置随时间变化的规律。

一、复习要求

(1) 掌握描写质点运动的物理量:位移、速度和加速度的定义及性质,从而加深对运动的相对性、瞬时性和矢量性等基本性质的认识。

(2) 理解质点运动学方程和轨道方程的意义;能熟练地由运动学方程计算质点在任意时刻的位矢、速度和加速度;掌握由已知加速度(或速度)与时间的关系以及初始条件计算质点在任意时刻的速度和位置。

(3) 掌握运动叠加原理;能应用运动叠加原理处理抛体运动及其他运动学问题。

(4) 能熟练地计算质点作圆周运动的角速度、加速度以及质点在曲线运动中的切向加速度和法向加速度。

(5) 理解相对运动中速度和加速度的关系;能分析与平动有关的相对运动问题。

二、内容提要

1. 机械运动的特征和描述方法

(1) 运动的绝对性和相对性

一切物质都处于永恒运动之中。运动和物质是不可分割的,运动是物质的存在形式,是物质的固有属性。物质的运动存在于人们的意识之外,这就是**运动本身的绝对性**。

由于一切物体都在运动,对同一物体的运动,参考不同的物体来观察,所获得的图像和结果就会不同,这就是**运动描述的相对性**。

(2) 参考系和坐标系

由于物体运动的相对性,描述物体的机械运动时,被选作参考的物体或物体组,叫做**参考系**。一般说来,研究运动学问题时,只要描述方便,参考系的选择是任意的。

定量地表示一个物体在各时刻相对于参考系的位置,必须在参考系上选取坐标系。常用的坐标系有笛卡儿直角坐标系、平面极坐标系和自然坐标系。

(3) 质点

在所研究的问题中,物体的大小和形状不起作用,或者所起的作用并不显著而可忽略不计时,可把物体看做是一个具有质量而没有大小和形状的理想物体,称为**质点**。

质点是实际物体抽象化的力学模型。一个物体是否可以抽象为一个质点,应根据物体的运动情况决定。

(4) 位矢

质点在空间的位置可以用选定坐标系中的位置坐标(如 x, y, z)来表示,也可以用由坐标原点到质点所在位置的矢量 r 来表示(图 1-1), r 称为质点的**位矢**。位矢不仅具有矢量性和瞬时性,还具有相对性。对于不同的参考系,同一质点某时刻所在位置的位矢是不同的。

1) 在直角坐标系中,位矢表示为

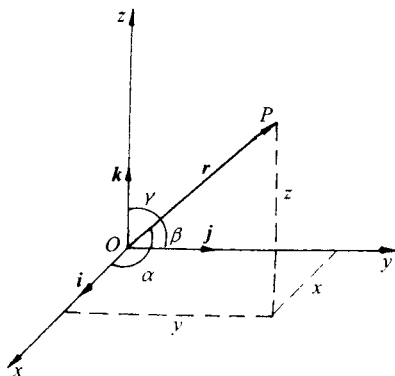


图 1-1

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k},$$

式中 $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ 分别表示 x, y, z 三个坐标轴正方向的单位矢量。

位矢 $\mathbf{r}$ 的大小

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

其方向可用方向余弦来表示：

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

2) 在平面极坐标系中, 坐标为 r 和 θ 。设以 $\mathbf{e}_r$ 和 $\mathbf{e}_\theta$ 代表沿径向和横向(同径向垂直指向 θ 角增加的方向)的单位矢量(见图 1-2), 则质点的位矢可表示为

$$\mathbf{r} = r\mathbf{e}_r.$$

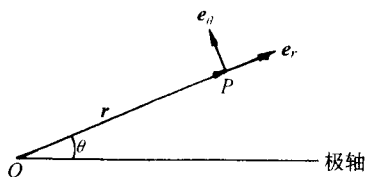


图 1-2

这里的 $\mathbf{e}_r$ 和 $\mathbf{e}_\theta$ 数值虽不变(等于 1), 但它们的方向均随质点所在位置而异, 即与坐标 θ 有关。

(5) 质点的运动学方程

当质点运动时,其位矢随时间变化,使 $\mathbf{r}$ 成为时间 t 的矢量函数。在任一时刻 t 有

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t),$$

式中左方 $\mathbf{r}$ 代表位矢,右方 $\mathbf{r}(t)$ 只代表某种函数关系。上式描述了质点在任一时刻 t 相对于坐标原点的距离和方位,称为质点的运动学方程。

1) 在直角坐标系中,质点的运动学方程为

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k},$$

其分量式为

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t). \end{cases}$$

2) 在平面极坐标系中,质点的运动学方程为

$$\mathbf{r} = r(t)\mathbf{e}_r(t).$$

因为质点在平面上运动时,随坐标 θ 的变化, $\mathbf{e}_r$ 也随之改变方向,所以 $\mathbf{e}_r$ 也是时间的函数。位矢的极坐标分量式为

$$\begin{cases} r = r(t), \\ \theta = \theta(t). \end{cases}$$

(6) 轨道和路程

运动质点所经空间各点连成的曲线称为运动轨道。运动学方程的分量式就是以时间 t 为参量的轨道方程。消去了时间 t ,就得到普通的轨道方程。

在质点 P 作平面运动,且已知在运动轨道的情况下,可采用自然坐标系来描述质点的运动。在轨道曲线上取一点作为坐标原点 O ,以质点与原点间的轨道长度 s 来确定质点的位置,称 s 为自然坐标。当质点运动时,运动学方程就有

$$s = s(t).$$

而在 t 到 $t + \Delta t$ 时间内,自然坐标之差

$$\Delta s = s(t + \Delta t) - s(t)$$

就是质点运动的**路程**。

在任一时刻,于质点所在处,可取两个相互垂直的单位矢量 e_t 和 e_n , e_t 沿轨道切向,指向质点运动的方向; e_n 沿轨道法向,指向轨道的凹侧(图 1-3)。

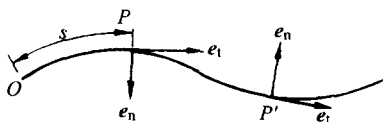


图 1-3

2. 位移

设 t 时刻,质点的位矢为 r_1 , 经 Δt 时间后,位矢为 r_2 (图 1-4), 则 $\Delta r = r_2 - r_1$ 称为质点在 Δt 时间内的**位移**。它是描述质点在 Δt 时间内空间位置变化的物理量。

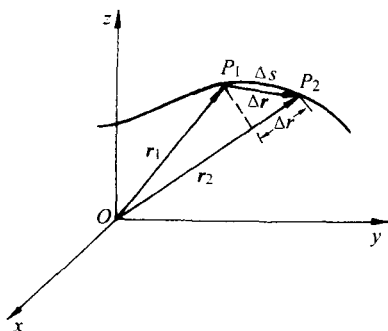


图 1-4

在直角坐标系中,因

$$r_1 = x_1 i + y_1 j + z_1 k,$$

$$r_2 = x_2 i + y_2 j + z_2 k,$$

所以,位移

$$\begin{aligned} \Delta r &= (x_2 - x_1) i + (y_2 - y_1) j + (z_2 - z_1) k \\ &= \Delta x i + \Delta y j + \Delta z k, \end{aligned}$$

位移的大小

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2},$$

方向也可用方向余弦来表示。

必须注意：① 位移 $\Delta \mathbf{r}$ 与路程 Δs 不同。位移表示质点的位置的改变，它并不是质点所经历的实际过程。位移是矢量，而路程是标量。 Δs 和 $|\Delta \mathbf{r}|$ 并不相等，总有 $\Delta s \geq |\Delta \mathbf{r}|$ ，只是在质点作单向直线运动时才有 $\Delta s = |\Delta \mathbf{r}|$ ，或者在 $\Delta t \rightarrow 0$ 的极限情况下，它们是相等的，即 $ds = |d\mathbf{r}|$ 。② $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 Δr 也不同。 Δr 代表 $|r_2| - |r_1|$ ，为两位矢大小之差；而 $|\Delta \mathbf{r}| = |\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|$ ，为两位矢的矢量差的大小，总有 $|\Delta \mathbf{r}| \geq \Delta r$ 。只有在 $\mathbf{r}_1$ 和 $\mathbf{r}_2$ 方向相同的情况下， $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 Δr 才相等。③ 位移与参考系的选择有关，具有相对性。

3. 速度

速度是描述物体运动快慢与方向的物理量。

(1) 平均速度

设在 Δt 时间内质点的位移为 $\Delta \mathbf{r}$ ，则 $\Delta \mathbf{r}$ 与相应的时间 Δt 的比值，叫做质点在这段时间内的平均速度：

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t},$$

平均速度的方向与 $\Delta \mathbf{r}$ 的方向相同，大小为

$$|\bar{\mathbf{v}}| = \frac{|\Delta \mathbf{r}|}{\Delta t}.$$

注意：平均速度与平均速率不同。设质点在 Δt 时间内经过的路程为 Δs ，则比值 $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ 叫做质点在时间 Δt 内的平均速率。平均速率是一标量，等于质点在单位时间内所通过的路程，而不考虑运动的方向。例如，质点沿圆周运动一周，其平均速度 $\bar{\mathbf{v}} = 0$ ，因而其大小 $|\bar{\mathbf{v}}| = 0$ ，而平均速率却不等于零。

(2) 瞬时速度

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ 的极限即为质点在 t 时刻的瞬时速度，简称速度，

$$\boldsymbol{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{r}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}.$$

质点的速度是质点位矢随时间的变化率。

(3) 速度在直角坐标系中,可表示为

$$\boldsymbol{v} = v_x \boldsymbol{i} + v_y \boldsymbol{j} + v_z \boldsymbol{k},$$

其中速度的直角坐标分量

$$v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}.$$

在直角坐标系中,速度的大小

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2},$$

速度 $\boldsymbol{v}$ 与坐标轴间的夹角由下式决定:

$$\cos(\boldsymbol{v}, \boldsymbol{i}) = \frac{v_x}{v}, \quad \cos(\boldsymbol{v}, \boldsymbol{j}) = \frac{v_y}{v}, \quad \cos(\boldsymbol{v}, \boldsymbol{k}) = \frac{v_z}{v}.$$

(4) 在平面极坐标系中,速度可写成

$$\boldsymbol{v} = v_r \boldsymbol{e}_r + v_\theta \boldsymbol{e}_\theta.$$

速度的分量

$$v_r = \frac{dr}{dt} = \dot{r}, \quad v_\theta = r \frac{d\theta}{dt} = r\omega.$$

式中 $v_r \boldsymbol{e}_r$ 称为径向速度; $v_\theta \boldsymbol{e}_\theta$ 称为横向速度; ω 为质点对原点的角速度。

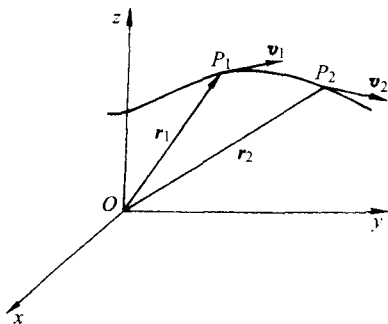


图 1-5