

邮 电 高 等 函 授 试 用 教 材

普通物理学

第 三 册

侯树仪 吕振明 陈沛芬 编

人 民 邮 电 出 版 社



DIAN GAO DENG HAN SHOU SHI YONG JIAO CAI

邮电高等函授试用教材

普通物理学

第三册

侯树仪 吕振明 陈沛芬 编

人民邮电出版社

内 容 简 介

本书为邮电高等函授试用教材第三册，其中内容包括：机械振动、机械波、电磁振荡和电磁波、波动光学、狭义相对论基础、光的量子性、原子结构及量子力学基本知识等部分。

本书侧重基本概念的阐述和分析，对许多容易发生混淆和误解的地方特别作了说明，对重点难点内容做了比较透彻的介绍，概念清楚，文字通顺流畅，公式推导比较详尽，并给出较多例题、思考题及习题，适合读者自学。

本书为邮电高等函授试用教材。也可供其他工科院校各专业高函师生、青年职工和工程技术人员自学参考。

邮电高等函授试用教材

普通物理学

第三册

侯树仪 吕振明 陈沛芬 编

责任编辑：杜士选

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1984年6月 第一版
印张：16 24/32页数：268 1984年6月河北第一次印刷
字数：381千字 插页：2 印数：1—11,500册

统一书号：15045·总2867-有5358

定 价：1.90元

目 录

第四部分 振动 波动和波动光学

第一章 机械振动	(1)
§ 1-1 谐振动	(2)
(一)谐振子及其运动微分方程	(3)
(二)谐振动的运动方程	(5)
(三)谐振动的矢量图示法	(8)
(四)谐振动的振幅 周期 频率	(9)
(五)相位的物理意义	(11)
(六)谐振动的能量	(18)
§ 1-2 谐振动的合成	(28)
(一)同方向同频率谐振动的合成	(28)
(二)同方向不同频率谐振动的合成 拍	(32)
(三)相互垂直方向同频率谐振动的合成	(34)
(四)相互垂直方向不同频率谐振动的合成	(39)
§ 1-3 阻尼振动	(40)
§ 1-4 受迫振动 共振	(43)
(一)受迫振动	(43)
(二)共振	(45)
本章小结	(49)
思考题和习题	(51)
第二章 机械波	(57)
§ 2-1 机械波的产生和传播	(58)
(一)机械波产生的条件	(58)

(二)横波和纵波.....	(59)
(三)波阵面和波射线.....	(61)
§ 2-2 波长 波的周期和频率 波速.....	(63)
(一)波长.....	(63)
(二)波的周期及频率.....	(63)
(三)波速.....	(64)
(四)波长、周期、波速三者的关系.....	(66)
§ 2-3 平面简谐波方程.....	(67)
(一)平面简谐波方程的导出.....	(68)
(二)平面简谐波方程的物理意义.....	(69)
(三)沿X负方向传播的波.....	(71)
(四)波速和质点振动速度.....	(72)
(五)平面波动方程的一般形式.....	(72)
§ 2-4 波的能量 能流密度.....	(80)
(一)波的能量.....	(80)
(二)波的能量密度.....	(83)
(三)能流 能流密度.....	(84)
§ 2-5 惠更斯原理.....	(88)
(一)惠更斯原理.....	(88)
(二)波的反射.....	(90)
(三)波的折射.....	(91)
(四)波的衍射.....	(92)
§ 2-6 波的迭加原理 波的干涉.....	(93)
(一)波的迭加原理.....	(93)
(二)波的干涉.....	(94)
§ 2-7 驻波.....	(101)
(一)驻波.....	(101)
(二)驻波方程.....	(104)
(三)半波损失.....	(106)

• § 2-8 多普勒效应	(110)
• § 2-9 声波 超声波 次声波	(113)
(一)声速	(113)
(二)声压 声强和声强级	(114)
(三)音调 响度	(117)
(四)超声波	(117)
(五)次声波	(118)
本章小结	(119)
思考题和习题	(122)
第三章 电磁振荡和电磁波	(130)
§ 3-1 电磁振荡	(131)
(一)无阻尼自由振荡	(131)
(二)阻尼振荡	(135)
(三)受迫振荡	(136)
(四)电共振	(139)
§ 3-2 电磁波	(141)
(一)电磁波的产生与传播	(142)
• (二)平面电磁波的波动方程	(143)
(三)电磁波的基本性质	(147)
§ 3-3 电磁波谱	(150)
• § 3-4 电磁波的能量 坡印廷矢量	(153)
本章小结	(155)
思考题和习题	(156)
第四章 波动光学	(160)
§ 4-1 相干光	(162)
(一)光源发光本质的复杂性	(162)
(二)相干光的获得	(163)
(三)相干光的条件	(164)

§ 4-2 杨氏双缝 洛埃镜	(164)
(一)杨氏双缝	(165)
(二)洛埃镜	(167)
§ 4-3 薄膜干涉	(168)
(一)光程	(169)
(二)使用透镜不会引起附加的光程差	(171)
(三)光在薄膜上反射时的半波损失	(171)
(四)薄膜干涉	(172)
§ 4-4 劈尖 牛顿环	(180)
(一)劈尖	(180)
(二)牛顿环	(183)
§ 4-5 迈克尔逊干涉仪	(187)
• § 4-6 时间相干性和空间相干性	(189)
(一)时间相干性	(190)
(二)空间相干性	(192)
§ 4-7 光的衍射现象	(194)
§ 4-8 惠更斯—菲涅耳原理	(195)
§ 4-9 单缝衍射	(196)
§ 4-10 光栅衍射	(203)
• § 4-11 光学仪器的分辨本领	(212)
§ 4-12 X射线的衍射	(214)
§ 4-13 自然光和偏振光 马吕斯定律	(218)
(一)光的偏振	(218)
(二)自然光与偏振光	(219)
(三)马吕斯定律	(222)
§ 4-14 反射和折射时光的偏振	(224)
§ 4-15 光的双折射现象	(227)
• § 4-16 偏振光振动面的旋转	(230)

本章小结	(232)
思考题和习题	(235)

第五部分 近代物理

第一章 狭义相对论基础	(241)
§ 1-1 狭义相对论的基本原理	(242)
(一) 经典力学时空观	(242)
(二) 以太的设想	(244)
(三) 迈克尔逊—莫雷实验	(244)
(四) 狭义相对论基本原理	(247)
§ 1-2 洛伦兹坐标变换	(248)
(一) 洛伦兹坐标变换式	(248)
(二) 狭义相对论的速度合成公式	(252)
§ 1-3 狭义相对论时空观	(255)
(一) 同时性的相对性	(255)
(二) 长度的收缩	(256)
(三) 时间的延缓	(259)
§ 1-4 狭义相对论动力学基础	(262)
(一) 质量随速度的变化关系	(263)
(二) 相对论力学的基本方程	(265)
(三) 质能关系	(266)
(四) 动量与能量的关系	(271)
本章小结	(272)
思考题和习题	(274)
第二章 光的量子性	(277)
§ 2-1 热辐射	(277)
(一) 热辐射 平衡热辐射	(278)
(二) 辐射本领和吸收率	(278)
(三) 绝对黑体	(279)

(四)基尔霍夫定律·····	(280)
§ 2-2 绝对黑体辐射定律·····	(281)
(一)绝对黑体辐射本领的实验曲线·····	(281)
(二)普朗克量子假设·····	(283)
§ 2-3 光电效应及其规律·····	(287)
(一)光电效应的基本实验规律·····	(287)
(二)光的波动论与光电效应间的矛盾·····	(292)
§ 2-4 爱因斯坦的光子理论·····	(293)
§ 2-5 康普顿效应·····	(298)
(一)康普顿效应·····	(298)
(二)康普顿效应的量子论解释·····	(299)
(三)康普顿效应的定量计算·····	(300)
本章小结·····	(303)
思考题和习题·····	(306)
第三章 原子结构及量子力学基本知识·····	(308)
§ 3-1 玻尔的氢原子理论·····	(309)
(一)卢瑟福的 α 粒子散射实验和原子结构的行星模型·····	(309)
(二)氢原子光谱的规律性·····	(315)
(三)玻尔的氢原子理论·····	(319)
* § 3-2 椭圆轨道 空间量子化 电子的自旋·····	(331)
(一)量子化条件和量子数 索末菲椭圆轨道·····	(331)
(二)电子轨道运动的磁矩 玻尔磁子·····	(333)
(三)空间量子化·····	(335)
(四)斯特恩—革拉赫实验·····	(337)
(五)电子的自旋 自旋磁量子数·····	(338)
(六)量子力学中得出的四个量子条件和四个量子数·····	(340)
* § 3-3 元素周期律与原子的电子壳层结构·····	(342)
(一)元素周期律·····	(342)

(二)原子的电子壳层结构 泡利不相容原理和能量最小原理.....	(344)
• § 3-4 伦琴线状光谱.....	(348)
§ 3-5 量子力学的基本概念 薛定谔方程.....	(354)
(一)德布罗意假设 物质的二象性.....	(354)
(二)波函数和它的统计解释.....	(359)
(三)薛定谔方程.....	(363)
(四)测不准关系.....	(366)
§ 3-6 势阱中的微观粒子 谐振子 势垒.....	(369)
(一)势阱中的粒子.....	(369)
• (二)线性谐振子	(374)
• (三)势垒 隧道效应	(375)
• § 3-7 量子力学对氢原子的描述.....	(376)
本章小结.....	(379)
思考题和习题.....	(381)
第四章 半导体.....	(383)
§ 4-1 固体能带.....	(385)
(一)价电子的共有化.....	(385)
(二)能带的形成.....	(387)
§ 4-2 导体 半导体 绝缘体.....	(388)
(一)满带 导带 禁带.....	(389)
(二)导体 半导体和绝缘体的能带结构.....	(391)
§ 4-3 半导体的导电机构.....	(393)
(一)电子和空穴.....	(393)
(二)杂质的影响.....	(396)
§ 4-4 电子分布的统计规律	(399)
(一)费米分布函数.....	(399)
(二)半导体中载流子的统计分布.....	(402)

• § 4-5 半导体的电阻率和光电导现象	(409)
(一)电阻率	(409)
(二)光电导现象	(410)
§ 4-6 $p-n$ 结	(411)
(一) $p-n$ 结	(411)
(二) $p-n$ 结的整流原理	(412)
本章小结	(415)
思考题和习题	(418)
第五章 激光	(419)
§ 5-1 产生激光的基本原理	(419)
(一)自发辐射、受激吸收和受激辐射	(419)
(二)粒子数的反转	(424)
(三)谐振腔	(427)
§ 5-2 激光器	(429)
(一)氦-氖气体激光器	(429)
(二)掺钕钇铝石榴石激光器	(431)
§ 5-3 激光的特性和应用	(433)
(一)激光的特性	(433)
(二)激光的应用	(434)
本章小结	(438)
思考题	(439)
第六章 原子核和基本粒子	(440)
§ 6-1 原子核的基本性质和原子核的结构模型	(442)
(一)原子核的基本性质	(442)
(二)原子核的核力	(452)
(三)原子核的结构模型	(455)
§ 6-2 原子核的转变	(458)
(一)原子核的衰变	(458)

(二)原子核的人工转变·····	(464)
(三)射线探测仪器·····	(472)
§ 6-3 基本粒子及其分类·····	(478)
(一)宇宙射线·····	(479)
(二)基本粒子的分类·····	(484)
(三)共振态粒子·····	(486)
§ 6-4 基本粒子的相互作用和守恒定律·····	(487)
(一)基本粒子的相互作用·····	(487)
(二)基本粒子的守恒定律·····	(490)
(三)基本粒子的结构模型·····	(498)
本章小结·····	(504)
思考题和习题·····	(506)
结束语·····	(510)
附录 I 各色可见光的波长范围·····	(515)
附录 II 常用物理基本常数表·····	(516)
附录 III 希腊字母表·····	(517)
习题答案·····	(518)

第四部分 振动 波动和波动光学

第一章 机械振动

物体在一定位置（平衡位置）附近作来回往复的运动称为机械振动。振动是一种非常普遍的运动形式，例如钟摆的摆动、乐器发声时弦或簧片等的振动、机器开动时各部分微小颤动等都是机械振动。

振动按受力情况的不同，可分为下面三类：（1）简谐振动（谐振动）：只受回复力（与位移成正比而反向的力）作用而产生的振动；（2）阻尼振动：除回复力外，还受阻力作用而产生的振动；（3）强迫振动：除回复力、阻力外，还同时受到一个周期性的强迫力作用而产生的振动。其中谐振动是最基本最简单的振动，理论和实践表明，任何复杂的振动都可看作是若干个简单的谐振动迭加（合成）。因此谐振动的规律是研究复杂振动的基础。

除机械振动外，在电磁学里，振荡电路中电荷、电流随时间的变化，无线电波、微波、可见光等在传播过程中某一点电场、磁场随时间的变化，它们的规律都与振动类似，都可由相同的数学方程来描述。所以在机械振动中得出的振动规律具有普遍意义。它是以后学习波动、电磁波、交流电工学、无线电技术等不可缺少的基础。

本章的重点和学习要求

本章的重点和通过对本章的学习，要求注意理解和掌握以下几点：

(1)着重理解谐振动的基本特征，着重理解谐振动中的基本物理量：振幅、频率、周期、相位等的物理意义，特别注意理解并掌握相位的概念和物理意义。

(2)着重理解谐振动方程的物理意义，并熟练掌握根据已知条件写出谐振动方程，以及根据谐振动方程求振动中有关物理量的计算方法。

(3)正确理解谐振动中的能量概念以及谐振动中动能和势能的转换关系。

(4)正确理解同方向、同频率振动的合成，以及分振动间的相位差对合成的影响、合振幅有最大值和最小值的条件，并熟练掌握有关合振动的计算方法。为学习机械波、电磁波（光波）相互干涉时波的加强或减弱条件打下基础。

(5)了解相互垂直振动的合成。了解阻尼振动、受迫振动以及共振等现象和研究它们的意义。

§ 1-1 谐 振 动

我们现在讨论的谐振动属于机械振动，所以分析研究谐振动特性的方法，是牛顿力学的方法，即分析物体受力情况，列牛顿运动方程，从而解出谐振动方程。

振动都是在力的作用下产生的，不同力的作用产生不同的振动。作谐振动的物体受的力（或合力），与物体相对平衡位置的位移大小成正比，方向相反，称为回复力。回复力恒指向

平衡位置（物体受到合力为零的位置），企图使物体回到平衡位置，如图1-1所示。回复力的数学表达式为

$$f = -kx \quad (1-1)$$

式中比例系数 k 称为回复系数，对弹簧来说，则称为弹簧的倔强系数。这是谐振动的动力学特征。

（一）谐振子及其运动微分方程

作简谐振动的物体称为谐振子。这个物体连同对它施加回复力的物体一起组成的振动系统，称为谐振系统。

弹簧振子：它是一个力学模型，代表由一质量可以忽略的弹簧和一个质点组成的振动系统，如图1-1所示。实际的振动

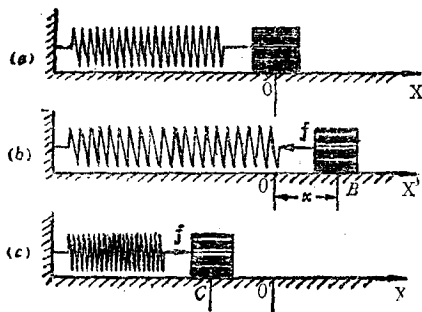


图 1-1 弹簧振子的振动

系统，例如火车、汽车的车厢是安装在车底盘的弹簧上的；由于车厢的质量比起弹簧来大得多，所以弹簧的质量相对说来可以认为是零。车厢作平动，可看作为质点。这样，车厢和弹簧组成的系统可简化为一个弹簧振子。

现在先讨论图1-1所示的放在光滑水平面上的弹簧振子的振动。设物体在位置O时，弹簧是原长，物体在水平方向上所

受的弹性力为零；在竖直方向上，重力和水平面的支承力平衡，作用在物体上的合力为零，因此 O 点是物体的平衡位置，如图1-1(a)所示。若把物体移到位置 B ，然后放手，这时弹簧被伸长，物体在水平方向受到一个指向平衡位置 O 的弹性力 $f = -kx$ ，如图1-1(b)所示，使物体以变加速运动返回平衡位置。当物体回到 O 点时，虽然弹性力 f 为零，但因物体在返回时获得速度，由于惯性，物体越过 O 点继续向左运动。当物体到平衡位置的左侧时，弹簧被压缩，弹簧对物体的弹性力方向向右，仍指向平衡位置，使物体作减速运动，直到运动至位置 C 时，物体的速度变为零，如图1-1(c)所示。以后物体在弹性力作用下，又向右作加速运动，情形和上述向左运动相似，这样在弹性力作用下，物体就在平衡位置附近（在 O 点左右）作谐振动。

若取平衡位置为坐标原点，物体直线运动的轨迹为 X 轴，如图1-1所示，按胡克定律，物体所受的弹性力 f 与弹簧的伸长（物体对平衡位置的位移） x 的关系是

$$f = -kx$$

这里的 k 为弹簧的倔强系数。将上式与式(1-1)相比，可知弹簧振子具有谐振动的特征。设物体的质量为 m ，根据牛顿第二定律，其运动微分方程为

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx$$

或者写成

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = 0 \quad (1-2)$$

对一个确定的弹簧振子， k 和 m 都是常数，所以它们的比值可以用另一个正数 ω 的平方来表示

$$\frac{k}{m} = \omega^2 \text{ 或 } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

ω 称为角频率或圆频率。这时式(1-2)可写成

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

或改写成

$$a = -\omega^2 x \quad (1-3)$$

由上式可以看出，弹簧振子的振动规律是：**加速度和位移大小成正比而反向**。凡具有这种特征的振动称为**谐振动**。判断一个物体的运动是否为谐振动，就看它所受的力是否符合式(1-1)的规律，或它的加速度是否符合(1-3)式，即与位移大小成正比而反向。

谐振子的运动是很重要的，因为首先是大多数机械振动在小振幅情况下，可简化为谐振动，或简化为谐振动的合成。其次是在物理学的其它领域，像声、光、电、原子物理等中的一些问题，可以用与谐振子运动完全类似的形式加以描述。

(二)谐振动的运动方程

1. 谐振动的运动方程 谐振子的运动微分方程，可以用下面的形式表示

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (1-4)$$

其中 x 为描述谐振子位置变化情况的位移， ω 表示谐振子的圆频率。式(1-4)是一个二阶常系数线性齐次微分方程，其通解为

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1-5)$$

这个方程就是**谐振动方程**，式中 A 、 φ 是由初始条件决定的恒