

高等教育机械类自学考试教材

物 理 学

下 册

吴百诗(主编) 陈 楷 李莲君

西安交通大学出版社

光明日报出版社

04

72/3

高等教育机械类自学考试教材

物 理 学

(下 册)

吴百诗(主编) 陈 楷 李莲君

西安交通大学出版社
光明日报出版社

内 容 简 介

本书是根据1980年颁布的高等工业学校200学时普通物理学教学大纲的要求编写的自学考试教材。

全书共分三册。上册内容包括力学、热力学与气体分子运动论；中册为电磁学；下册包括波动、光学与近代物理学基础。编写时力求适合于自学的特点和要求并注意了基本知识的系统性，以帮助读者较好地掌握这些内容的基本原理及其相互关系。本书供在职的中专或高中毕业生有志于自修机械类专业，并希望获取大学本科毕业证书的读者使用，也可以作为一般工科院校、师范院校、电视大学、职工大学、函授大学等的教材或教学参考书。

物 理 学 (下 册)

西安交通大学自学考试教材编写组
吴百诗(主编) 陈楷 李莲君
责任编辑 李甲科
西安交通大学出版社 联合出版
光明日报出版社
西安交通大学出版社印刷厂印装
陕西省新华书店发行
各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 印张: 16.25 字数: 388千字

1985年3月第一版 1986年7月第一次印刷

印数: 1-10,000

统一书号: 13340-063 定价: 2.95元

高等教育机械类自学考试教材

序 言

《中华人民共和国宪法》中明确规定国家鼓励自学成才。为此，教育部制订了一项崭新的高等教育自学考试制度，它为有志学习而没有机会进大学的人开辟了广阔的学习途径，也为造就和选拔社会主义现代化建设的合格人才开辟了广阔的途径。

一九八三年，教育部决定成立全国高等教育自学考试指导委员会机械类专业委员会，机械类专业的自学考试工作即将在全国广泛展开。为此，首先需要有一套适合于自学的教材。这套高等教育机械类自学考试教材，就是适应这个需要而编写的，它适合于机械类专业自学使用。作为第一步，我们先编出《高等数学》《物理学》《普通化学》《理论力学》四门课的教材，其他课程的自学考试教材也将陆续组织编写和出版。

本丛书各本教材的内容都按照高等学校机械类专业的教学大纲编写，同时根据这套教材的性质，努力在便于自学方面下功夫。和目前高等学校使用的教材相比，它除了有必要的指导自学的内容之外，基本概念的描述更为细致、说明更为详尽，例题数量较多，还编入了丰富的复习思考题和作业。

这套教材中各本书的编者，我们都约请有较高学术水平并长期从事该课程教学，有丰富实践经验的同志担任。希望它的出版对广大有志于在机械类专业方面自学和深造的同志能有一定的帮助，祝愿这些同志循序渐进、锲而不舍，早日掌握先进的科学知识，为社会主义现代化建设作出更大的贡献。

全国高等教育机械类自学考试指导委员会主任

史 维 祥

一九八四年六月

编 者 的 话

本书下册包括第四篇波动和波动光学、第五篇相对论与量子物理。在本册的编写过程中，主要着眼于基本知识、基本理论的阐述，对以近代物理理论为基础发展出的一些专门分支学科的问题（如激光、半导体等），和近代物理理论在工程技术中的应用等问题或者未写、或者写的较少，这是因为在篇幅有限的情况下，我们认为多讲一些基本概念、基本理论，以使读者能在这样基础上去自己学习新知识，这比将这部份在某种程度上写成科普性读物更好些。如何从工科学生培养目标和特点出发，并考虑到课程学科的特点来选择教材内容，是工科教材建设中的一个重要问题，本册编写过程中对某些问题的处理，曾作过一些尝试，但由于缺乏这方面的经验，可能很不得当，尚希读者多提批评意见。

本册第廿一、廿二两章由李莲君同志编写、第廿三章由吴百诗同志编写，第廿四章由王素英、殷大钧、陈楷同志合编、第廿五、廿六、廿七章由陈楷同志编写，陈楷同志还组织了本册的定稿工作。周瑞云同志阅读了第廿一、廿二两章书稿，吴寿镗、石学儒同志阅读了第二十三章书稿，特致谢意。

本书所用主要物理量的名称、单位和符号

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	备注
振 幅	A	米	m	
周 期	T	秒	s	
频 率	ν, f	赫兹	Hz	
圆 频 率	ω	1/秒	1/s	
位 相	φ, Φ			
波 长	λ	米	m	也用Å 和 μm
波 数	ν	1/米	1/m	
波 速	$v(u), c$	米/秒	m/s	
波的强度	I	瓦/米 ²	W/m ²	
坡印廷矢量	\vec{S}	瓦/米 ²	W/m ²	
声 压	p	帕	Pa	
声 强 级	L_p	分贝	dB	
折 射 率	n			
相对折射率	n_{21}			
单色发射本领	e_λ			
单色吸收系数	a_λ			
总发射本领	E	瓦/米 ²	W/m ²	
逸 出 功	A	焦耳	J	
波 函 数	ψ			
几率密度	$\psi\psi^*$	1/米 ³	1/m ³	
质 量 数	A			
电 荷 数	Z			
主量子数	n			
副量子数	l			
磁量子数	m_l, m			
自旋量子数	S			
自旋磁量子数	m_s			

目 录

第四篇 波动和波动光学

引 言	(1)
第二十一章 波 动	(2)
§ 21.1 机械波的产生和传播	(2)
一、机械波的形成 波长	(2)
二、波速、波长和频率的关系	(4)
三、横波与纵波	(5)
四、平面波和球面波	(6)
五、简谐波的波动方程	(7)
§ 21.2 波动微分方程	(11)
一、一维波动微分方程的建立	(11)
二、一维波动微分方程的解	(12)
三、一维波动微分方程解的意义	(13)
§ 21.3 波的能量 能流密度	(14)
一、波的能量	(14)
二、能流 能流密度	(16)
三、平面波和球面波的振幅	(17)
四、波的吸收	(18)
§ 21.4 波的迭加原理 波的干涉	(19)
一、波的迭加原理	(19)
二、波的干涉	(20)
§ 21.5 驻波	(23)
一、驻波实验	(23)
二、驻波形成的原因	(23)
三、半波损失	(26)
四、驻波的能量	(26)
§ 21.6 波的衍射	(28)
§ 21.7 惠更斯原理 波的反射和折射	(29)
一、惠更斯原理	(29)
二、波的反射和折射	(30)
§ 21.8 声波和超声波	(31)
一、声压 声强和声强级	(31)
二、超声波	(33)
§ 21.9 多普勒效应	(34)

§ 21.10 电磁波简介	(38)
一、电磁波的波动微分方程	(38)
二、电磁波的性质	(39)
三、电磁波的能量 坡印廷矢量	(42)
小 结	(44)
思 考 题	(46)
习 题	(47)
第二十二章 波动光学	(53)
§ 22.1 双缝干涉 相干光	(53)
一、双缝干涉	(53)
二、相干光	(56)
§ 22.2 薄膜干涉	(57)
一、劈尖薄膜干涉实验	(57)
二、光程差	(58)
三、干涉条纹的分布	(59)
§ 22.3 迈克耳逊干涉仪	(65)
§ 22.4 光的衍射 惠更斯—菲涅耳原理	(68)
一、光的衍射现象	(68)
二、惠更斯—菲涅耳原理	(68)
三、菲涅耳衍射和夫琅和费衍射	(69)
§ 22.5 单缝的夫琅和费衍射	(69)
一、透镜的等光程性质	(69)
二、单缝的夫琅和费衍射	(70)
三、单缝衍射条纹的强度公式	(75)
§ 22.6 衍射光栅 衍射光谱	(77)
一、衍射光栅	(77)
二、衍射光谱	(82)
§ 22.7 圆孔衍射 光学仪器的分辨本领	(83)
一、圆孔衍射	(83)
二、光学仪器的分辨本领	(84)
§ 22.8 自然光和偏振光 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律	(86)
一、自然光和偏振光	(87)
二、偏振片的起偏和检偏	(88)
三、马吕斯定律	(88)
§ 22.9 反射和折射时光的偏振	(90)
§ 22.10 光的双折射现象 光轴与主截面	(92)
一、光的双折射现象	(92)
二、光轴与主截面	(93)

	三、球面波面和旋转椭球面波面·····	(93)
	四、单轴晶体内 o 光和 e 光的传播方向·····	(94)
§ 22.11	偏振光器件·····	(97)
	一、尼科耳棱镜·····	(97)
	二、人造偏振片·····	(97)
	三、渥拉斯顿棱镜·····	(98)
§ 22.12	椭圆偏振光和圆偏振光 偏振光的干涉·····	(99)
	一、椭圆偏振光和圆偏振光·····	(99)
	二、偏振光的干涉·····	(102)
§ 22.13	旋光·····	(103)
§ 22.14	人为双折射·····	(105)
	一、光弹性效应·····	(105)
	二、电光效应·····	(106)
§ 22.15	激光·····	(107)
	一、激光的特点·····	(108)
	二、激光器的基本结构和激光器的种类·····	(110)
	三、激光应用简介·····	(111)
	小 结·····	(114)
	思 考 题·····	(117)
	习 题·····	(118)
	振动、波动、波动光学测验题·····	(123)

第五篇 相对论与量子物理

引 言·····	(125)	
第二十三章 狭义相对论基础知识 ·····	(127)	
§ 23.1 伽利略变换·····	(127)	
§ 23.2 经典力学的相对性原理·····	(130)	
§ 23.3 狭义相对论的两个基本假设·····	(132)	
§ 23.4 洛伦兹变换·····	(134)	
§ 23.5 洛伦兹长度收缩·····	(138)	
§ 23.6 时间膨胀·····	(140)	
§ 23.7 狭义相对论的速度变换定理·····	(141)	
§ 23.8 狭义相对论动力学简介·····	(144)	
	一、相对论动量和质量·····	(144)
	二、能量 质能关系·····	(145)
	三、动量和能量的关系·····	(147)
	小 结·····	(148)

思考题	(150)
习题	(151)
第二十四章 光的量子性	(154)
§ 24.1 热辐射	(154)
一、热辐射现象 描述热辐射的物理量	(154)
二、基尔霍夫定律	(155)
三、黑体辐射的实验测定 斯忒藩—玻耳兹曼定律和维恩位移定律	(156)
四、普朗克公式和能量子假设	(159)
§ 24.2 光电效应	(164)
一、光电效应现象和实验规律	(164)
二、光电效应的实验规律与经典波动理论的矛盾	(165)
三、爱因斯坦的光子假设和光电效应方程	(166)
四、光子的质量和动量 光压	(167)
五、光电管和光电倍增管	(169)
§ 24.3 康普顿效应	(169)
一、光的散射的经典理论	(169)
二、康普顿效应	(170)
三、康普顿效应的理论解释	(170)
小 结	(173)
思考题	(174)
习 题	(174)
第二十五章 原子结构	(177)
§ 25.1 氢原子光谱的规律性	(177)
§ 25.2 玻尔氢原子理论	(179)
§ 25.3 索末菲理论 主量子数和副量子数	(184)
§ 25.4 电子的轨道磁矩 空间量子化 轨道磁量子数	(188)
§ 25.5 电子的自旋	(191)
§ 25.6 多电子原子中的电子 元素性质的周期性	(194)
小 结	(200)
思考题	(202)
习 题	(202)
第二十六章 物质波与量子力学	(203)
§ 26.1 德布罗意假设及其实验证明	(203)
§ 26.2 物质波波函数及其统计解释	(205)
§ 26.3 测不准关系	(208)

§ 26.4	薛定谔方程	(210)
	一、薛定谔方程	(210)
	二、定态薛定谔方程	(212)
	三、波函数需要满足的其他条件	(212)
§ 26.5	势垒贯穿	(213)
§ 26.6	能级	(217)
	一、势阱	(217)
	二、谐振子	(219)
	三、氢原子	(220)
	小 结	(221)
	思 考 题	(222)
	习 题	(222)
第二十七章 原子核及基本粒子简介		(224)
§ 27.1	原子核的组成和基本性质	(224)
	一、原子核的组成	(224)
	二、原子核的大小	(225)
	三、原子核的自旋动量矩和自旋磁矩	(226)
§ 27.2	质量亏损和结合能	(227)
§ 27.3	核力 核模型	(228)
	一、核力	(228)
	二、核模型	(229)
§ 27.4	原子核的放射性衰变	(230)
	一、放射性衰变	(230)
	二、衰变定律	(232)
	三、放射性元素的应用	(233)
§ 27.5	原子核的裂变和聚变	(234)
	一、原子核的裂变	(234)
	二、原子核的聚变	(235)
§ 27.6	基本粒子简介	(237)
	一、基本粒子 四种相互作用	(237)
	二、夸克	(240)
	小 结	(241)
	思 考 题	(243)
	习 题	(243)
相对论与量子物理测验题		(244)
振动、波动、波动光学测验题答案		(245)
相对论与量子物理测验题答案		(247)

第四篇 波动和波动光学

引言

振动状态的传播过程称为波动。波动是物质运动的一种重要形式。机械振动状态在弹性媒质中的传播过程称为机械波，例如水波、声波、地震波等；变化的电场和磁场在真空中或媒质中的传播过程称为电磁波，例如无线电波、红外线、可见光、紫外线、 X 射线及 γ 射线等。

机械波和电磁波在本质上是完全不同的，但是它们都具有波动的共同特征，例如在机械波和电磁波的传播过程中都伴随着能量的传播；它们都能产生反射、折射、干涉、衍射等现象，而且这些现象都可以用同样的数学方程来描述。波动理论就是研究各种波的特征、现象和规律等的。波动的研究对科学技术来说，是十分重要的。

本篇讲述的内容包括两部分：第一部分以机械波为重点讲述波动的普遍特征、现象和规律；第二部分讲述光的波动性质。

第二十一章 波 动

本章中我们将以机械波为重点，主要讲述：波的形成及波的周期、频率、波速、波长等基本概念；波动方程和波的能量；波的干涉和衍射的规律；最后简要地介绍电磁波。

本章讲授时数约为 12 学时。

§ 21.1 机械波的产生和传播

一、机械波的形成 波长

把一根具有弹性的绳子的一端固定，用手拿着另一端，把绳子轻轻拉紧并向上抖动一下，就会看到一个凸起的部分沿着绳子向另一端传播过去，如图 21.1 所示。如果用手不断上下抖动绳端，绳上各点也相继的振动起来，于是就可以看到一个接一个的凸起和凹下的部分沿着绳子向另一端传播，如图 21.2 所示，这种机械振动沿着绳子的传播过程就是机械

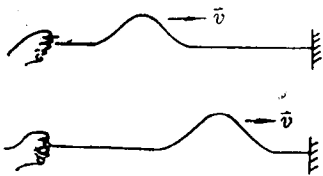


图 21.1

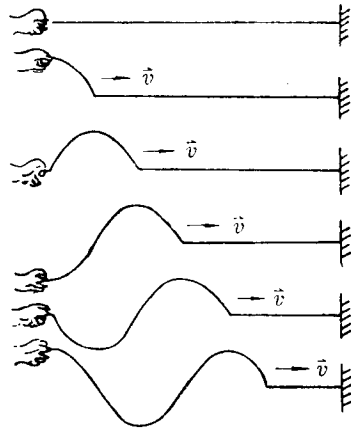


图 21.2

波。为什么手在绳端的上下抖动，在绳子上会形成波呢？

我们知道，绳子是由许多小段组成的，当绳子被拉紧时，绳中相邻的各小段之间就互相有拉力（即张力）的作用。为了说明问题方便，我们对绳子的各小段，从手持端开始依次编上 0、1、2、3……号。当第 0 个小段在手的作用下，向上运动时，第 1 个小段通过它与第 0 个小段之间的拉力，反抗第 0 个小段的向上运动，这就是抖动绳端时手所感受到的阻力；与此同时，第 0 个小段也通过它们之间的拉力，带动第 1 个小段也跟着向上运动。当然，第 1 个小段向上运动要比第 0 个小段向上运动开始得晚些。同样道理，第 1 个小段又带动第 2 个小段，第 2 个小段又带动第 3 个小段……，依此类推，如图 21.3 所示。显然，第 2 个小段向上运动又比第 1 个小段向上运动开始得晚些，第 3 个小段向上运动又比第 2 个小段向上运动开始得晚些。

设手上下振动的周期为 T ，以手开始向上振动的时刻作为计时起点，则当时间 $t = \frac{T}{4}$ 时，第 0 个小段达到了最大位移处，速度为零，第 1、第 2 个小段各自向上运动了不同的距离，

但都还未达到最大位移处。这时振动刚传到第3个小段，但第3个小段还没有开始运动，如图21.3(b)所示。

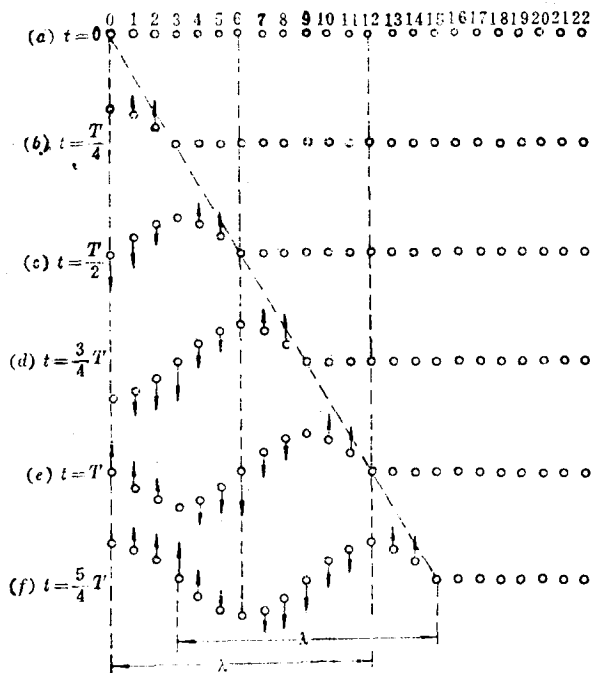


图 21.3

当 $t = \frac{T}{2}$ 时，第0个小段由最大位移处回到了平衡位置，并将继续向下运动，第3个小段已达到最大位移处，第6个小段将要开始作向上运动，第4、5、6个小段的运动状态（指位移与速度）与 $t = \frac{T}{4}$ 时刻第1、2、3个小段的振动状态相同，如图21.3(c)所示。

当 $t = \frac{3}{4}T$ 、 $t = T$ 、 $t = \frac{5}{4}T$ 各时刻，绳中各小段的振动状态分别如图21.3(d)、(e)、(f)所示。图中箭头表示该时刻、该小段的速度大小和方向。

由图21.3看出，经过一个周期 T ，振动已由第0个小段传到了第12个小段。在 $t = T$ 时刻，在由第0个小段到第12个小段组成的这段绳子中形成了一个完整的波形。以后，第0个小段每振动一次，亦即每经过一个周期，都有一个完整的波形向右传播过去，这就是绳中波的形成和传播过程。

我们把能激起波动的物体（例如上下抖动的手）叫做波源，把传播波的弹性物质（例如绳子），叫做弹性媒质。波源和弹性媒质是形成机械波的条件。显然，在上述绳中波的传播过程中，绳中各个小段只是在自己的平衡位置附近做与波源同周期（或频率）的振动，它们并没有随着波形的传播而向前移动。

虽然绳中各个小段的振动周期（或频率）都与波源振动周期（或频率）相同，但是，它们的振动位相是各不相同的，离开波源越远的小段，其振动位相与波源位相比较就落后越大，例如，在图21.3中，第3、第6、第9、第12个小段是分别第0个小段振动了 $\frac{T}{4}$ 、 $\frac{T}{2}$ 、 $\frac{3}{4}T$ 、 T

时间后才开始振动的，因而它们的振动位相就分别比第 0 个小段的振动位相落后 $\frac{\pi}{2}$ 、 π 、 $\frac{3}{2}\pi$ 和 2π 。这就是说，随着小段离开波源距离的增大，位相的落后就逐渐增加。但当位相

的落后增加到 2π 时，振动状态就开始重复了。例如，第 12 个小段比第 0 个小段的位相落后 2π ，因而它们的振动状态是相同的。同理第 13 个小段与第 1 个小段，第 14 个小段与第 2 个小段的振动状态也是相同的，依此类推。我们把传播波的媒质中，在沿波传播的方向上位相差为 2π 的两点间的距离叫做波长，以 λ 表示，如图 21.3(f) 所示。

我们把绳子看成是连续的，取绳中各小段的平衡位置所形成的直线为 X 坐标轴，然后再取绳中某质点的平衡位置为 X 坐标轴的原点。以 x 表示绳中任意一质点与坐标原点间的距离，以 y 表示该质点在 t 时刻的振动位移，这样就可以用 $X-Y$ 曲线来精确地描绘出 t 时刻绳中各质点的位移，这样的曲线如图 21.4 中实线所示。这就是绳中波在 t 时刻的形状，称为 t 时刻

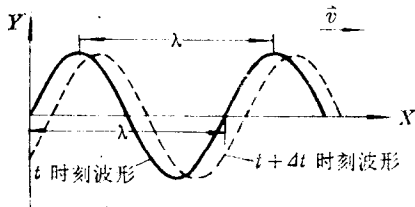


图 21.4

的波形图。在波形图上，凸起部分的最高点处，叫做波峰，凹下部分的最低点处叫做波谷，波峰和波谷在波的传播方向上是交替分布的。经过一段时间 Δt ，整个波形沿着波的传播方向移动了一段距离，如图中虚线所示，它就是 $t + \Delta t$ 时刻的波形图。任意一时刻，相邻两波峰或相邻两波谷之间的距离就是一个波长。

二、波速、波长和频率的关系

在波动过程中，振动状态从一个质点传到另一个质点需要一定的时间，也就是说，振动状态是以有限的速率在媒质中传播的，这个速率称为波速。从绳中波的形成过程中可以看出，在一个振动周期 T 内，振动状态在均匀弹性媒质中传播的距离等于一个波长 λ ，所以，单位时间内振动状态向前传播的距离，即波速为

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (21.1)$$

因为频率 ν 是周期 T 的倒数，则

$$v = \lambda \nu \quad (21.2)$$

这就是波速、波长和频率之间的关系。式(21.2)也可写为 $\nu = \frac{v}{\lambda}$ ，故从波动的角度看，频率

也可以理解为单位时间内波沿传播方向前进的波长数。而周期 $T = \frac{1}{\nu}$ 就等于波沿波的传播方向传播一个波长距离所需的时间。在通常情况下，波速由传播波的媒质的性质决定，例如，柔软绳索或弦线中横波的传播速度为

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (21.3)$$

式中 T 为绳索或弦线中的张力（注意勿与周期相混淆）， μ 为绳索或弦线单位长度的质量。所以在一定的媒质中，波长由波的频率决定。当媒质中波速与频率无关时，频率越高，波长越短；频率越低，波长越长，二者成反比。

例21.1 一根水平长弦线的一端，系在频率为 $\nu = 500\text{Hz}$ 的电动音叉上，已知弦线的质

量线密度为 $\mu=0.64\text{ g/m}$ ，弦线中张力为 $T=3.6\text{ N}$ 。求：当电动音叉振动时在弦线中激起的横波的波速和波长。

解：已知 $\nu=500\text{ Hz}$ ， $\mu=0.64\text{ g/m}$ ， $T=3.6\text{ N}$ 。

由式(21.3)得波速

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{3.6}{6.4 \times 10^{-4}}} = 75\text{ m/s}$$

由式(21.2)得波长

$$\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{75}{500} = 0.15\text{ m} = 15\text{ cm}.$$

三、横波与纵波

在上面讨论的绳中波的例子中，各质点的振动方向与波的传播方向是垂直的，这样的波叫做横波。还有另一种波，质点的振动方向是沿着波的传播方向的，叫做纵波。

说明纵波的实验装置如图 21.5 所示，取一根一端装有活塞的长管，在管内充有处于平衡状态的空气。如果我们把活塞向右推动一下，则紧挨活塞右边的空气就被压缩，这被压缩部分的空气内部的压强和密度就比平衡态时的为大。这部分密度大的空气，又压缩它右边相邻的空气，使它右边空气的压强和密度也比平衡状态时的为大。这时，如果我们把活塞向左拉动，则紧挨活塞右边的空气就膨胀起来，它的压强和密度就比平衡状态时的为小。接着它右边的空气也膨胀，使其压强和密度也比平衡状态时的为小。因而就有一个稠密和稀疏相间的状态沿管向右传播。如果我们使活塞左右来回不断振动，就会有一连串的稠密和稀疏相间的状态沿管向右传播。在这里空气的振动方向是沿着波的传播方向的，因此这是纵波，也是大家所熟知的声波。横波的传播表现为波峰、波谷沿波传播方向的传播；纵波的传播则表现为疏密状态沿波传播方向的传播，如图 21.5 所示。所以纵波又称为疏密波。

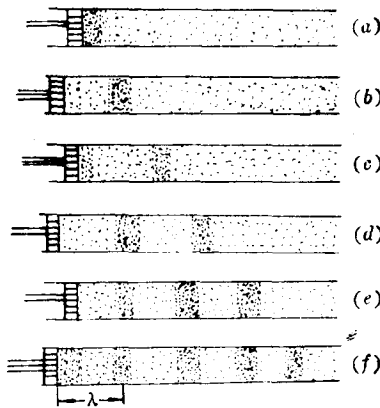


图 21.5

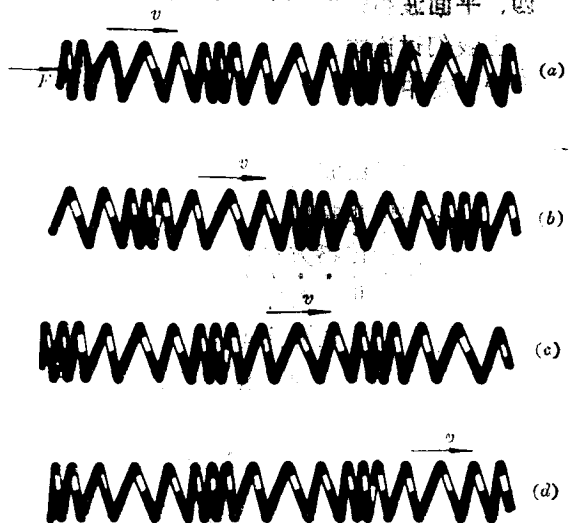


图 21.6

在纵波传播过程中，除了质点的振动方向是沿着波的传播方向这一点与横波不同之外，其他情况与横波相类似，例如纵波的波长也是振动位相相差为 2π 的两点间的距离，在纵波中具体表现为两相邻疏区或两相邻密区之间的距离，如图 21.5(f) 所示。式(21.2)对纵波也是适用的等。

为了演示纵波，如图 21.6 所示，将一根长弹簧水平地悬挂起来，在其一端用手沿弹簧

的长度方向拍打一下，使其沿水平方向左右振动，则可看到在弹簧上有一个疏密相间的部分向着弹簧的另一端传播过去，这就是纵波。

例21.2 已知室温时空气中的声速 v_1 为 340 m/s，水中的声速 v_2 为 1450 m/s。求频率 ν_1 、 ν_2 分别为 200Hz 和 2000Hz 的声波在空气中和在水中的波长各为多少？

解：由式(21.2)可得

$$\lambda = \frac{v}{\nu}$$

频率为 200Hz 的声波在空气中的波长为

$$\lambda_1 = \frac{v_1}{\nu_1} = \frac{340}{200} = 1.70 \text{ m}$$

频率为 2000Hz 的声波在空气中的波长为

$$\lambda_2 = \frac{v_1}{\nu_2} = \frac{340}{2000} = 0.170 \text{ m}$$

频率为 200Hz 的声波在水中的波长为

$$\lambda'_1 = \frac{v_2}{\nu_1} = \frac{1450}{200} = 7.25 \text{ m}$$

频率为 2000Hz 的声波在水中的波长为

$$\lambda'_2 = \frac{v_2}{\nu_2} = \frac{1450}{2000} = 0.725 \text{ m}$$

由此可见，由于同一频率的声波在水中的波速比在空气中的波速要大，所以在水中的波长比在空气中的波长要长。但在同一媒质中，频率高的声波比频率低的声波的波长要短。

四、平面波和球面波

以上我们讨论的、只是沿着绳子或管子在一个方向上传播的波，称为一维波。把小石子投入平静的水中，石子所激起的水面波，称为二维波。在充满媒质的空间中传播的波称为三维波。

为了形象地描绘波在空间传播的情况，我们引入波面、波前和波线等概念。我们把在波动过程中，振动位相相同的点连成的面称为波面或波阵面，把波面中最前面的那个波面称为波前。把表示波的传播方向的线称为波线。在各向同性的均匀媒质（即各方向的波速以及其他各种物理性质都相同的媒质）中产生的波，其波线沿着波面法线方向，所以波线又称为波法线。很小的波源（简称为点波源）在各向同性的均匀媒质中产生的波，其波面是以点波源为球心的一系列同心球面，我们把波面为球面的波称为球面波。在离开波源很远处，如果观察的范围不太大，波面几乎成为平面，我们把波面为平面的波，称为平面波。球面波和平面波的波面和波法线分别如图 21.7(a)、(b)所示。

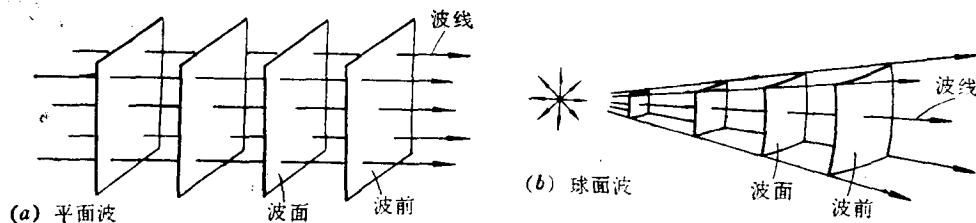


图 21.7