



技能型紧缺人才培养培训工程教材

面向21世纪全国卫生职业教育系列教改教材

供高职（**对口2年制**）护理、助产、检验、药剂、卫生保健、
康复、口腔工艺、影像技术等相关医学专业使用



物 理 学

张怀苓 主编

-43
13



科学出版社
www.sciencep.com

技能型紧缺人才培养培训工程教材
面向 21 世纪全国卫生职业教育系列教改教材

供高职(对口 2 年制)护理、助产、检验、药剂、卫生保健、康复、口腔工艺、影像技术等相关医学专业使用

物 理 学

主 编 张怀岑 (江西省井冈山医学高等专科学校)
副主编 董维春 (北京中医学校)
编 者 孟章书 (山东省聊城职业技术学院)
王艳敏 (山东省聊城职业技术学院)
张兰友 (北京中医学校)
肖 蓉 (江西省井冈山医学高等专科学校)
张 宽 (广东省梅州市嘉应学院医学院)

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书为技能型紧缺人才培养培训工程教材及面向 21 世纪全国卫生职业教育系列教改教材之一,适用于在中等卫生职业学校护理专业毕业的基础上的两年制大专学生,是根据 36 课时的要求而编写,包括力学、电学、光学以及原子和原子核物理学的内容。教材分为基础模块和选学模块。在每章或每节的内容之前列出相应的学习目标,学习内容之后有目标检测题,有助于学生及时测评,也可供教师考核时参照。

图书在版编目(CIP)数据

物理学/张怀岑主编. —北京:科学出版社,2004.8

(技能型紧缺人才培养培训工程教材,面向 21 世纪全国卫生职业教育系列教改教材)

ISBN 7-03-011811-1

I. 物… II. 张… III. 物理学—高等学校—教材 IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 058785 号

责任编辑:李 君 王昌泰 杨瑰玉 / 责任校对:刘小梅

责任印制:刘士平 / 封面设计:卢秋红

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铁成印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 8 月第 一 版 开本:850×1168 1/16

2004 年 8 月第一次印刷 印张:9

印数:1—5 000 字数:171 000

定价:15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

全国卫生职业教学新模式研究课题组名单

(按汉语拼音排序)

安徽省黄山卫生学校

北京市海淀区卫生学校

成都铁路卫生学校

重庆医科大学卫生学校

大连大学医学院

甘肃省定西市卫生学校

甘肃省武威卫生学校

甘肃省张掖医学高等专科学校

广东省嘉应学院医学院

广西桂林市卫生学校

广西柳州市卫生学校

广西南宁地区卫生学校

广西梧州市卫生学校

广西医科大学护理学院

广西玉林市卫生学校

广州市卫生学校

贵州省遵义市卫生学校

河北省沧州医学高等专科学校

河北省廊坊市卫生学校

河北省邢台医学高等专科学校

河南省开封市卫生学校

河南省洛阳市卫生学校

河南省信阳职业技术学院

黑龙江省大庆职工医学院

黑龙江省哈尔滨市卫生学校

湖北省三峡大学护理学院

湖北省襄樊职业技术学院

湖南省永州职业技术学院

湖南省岳阳职业技术学院

吉林省吉林卫生学校

吉林省辽源市卫生学校

江苏省无锡卫生学校

江西省井冈山医学高等专科学校

辽宁省阜新市卫生学校

内蒙古兴安盟卫生学校

山东省滨州职业学院

山东省聊城职业技术学院

山东省潍坊市卫生学校

山西省晋中市卫生学校

山西省吕梁市卫生学校

山西省太原市卫生学校

山西省忻州市卫生学校

山西省运城市卫生学校

陕西省安康卫生学校

陕西省汉中卫生学校

陕西省西安市卫生学校

陕西省咸阳市卫生学校

陕西省延安市卫生学校

陕西省榆林市卫生学校

上海职工医学院

沈阳医学院护理系

深圳职业技术学院

四川省达州职业技术学院

四川省乐山职业技术学院

四川省卫生学校

新疆石河子卫生学校

云南省德宏州卫生学校

中国医科大学高等职业技术学院

技能型紧缺人才培养培训工程教材
面向 21 世纪全国卫生职业教育系列教改教材
课程建设委员会委员名单

主任委员 刘 晨

委 员 (按姓氏笔画排序)

于珺美(山东省淄博科技职业学院)
马占林(山西省大同市第二卫生学校)
方 勤(安徽省黄山卫生学校)
王立坤(沈阳市中医药学校)
王维智(甘肃省定西市卫生学校)
韦天德(广西南宁地区卫生学校)
车春明(陕西省西安市卫生学校)
冯建疆(新疆石河子卫生学校)
申慧鹏(贵州省遵义市卫生学校)
刘书铭(四川省乐山职业技术学院)
刘文西(陕西省咸阳市卫生学校)
刘平娥(湖南省永州职业技术学院)
孙 菁(山东省聊城职业技术学院)
成慧琳(内蒙古自治区医院附属卫生学校)
纪 林(吉林省辽源市卫生学校)
许俊业(河南省洛阳市卫生学校)
何旭辉(黑龙江省大庆职工医学院)
余剑珍(上海职工医学院)
吴伯英(陕西省汉中卫生学校)
宋大卫(辽宁省铁岭市卫生学校)
宋永春(广东省珠海市卫生学校)
宋金龙(湖北省三峡大学护理学院)
张 峻(山西省太原市卫生学校)
张 琳(宁夏医学院护理系)
张红洲(山西省运城市卫生学校)
张丽华(河北省沧州医学高等专科学校)
张晓春(新疆昌吉州卫生学校)
张新平(广西柳州市卫生学校)
李 丹(中国医科大学高等职业技术学院)
李 克(北京市海淀卫生学校)
李 莘(广州市卫生学校)
李小龙(湖南省岳阳职业技术学院)
李长富(云南省德宏州卫生学校)
李汉明(河北省华油职业技术学院)
李晓凡(黑龙江省哈尔滨市卫生学校)
李培远(广西桂东卫生学校)
李智成(青岛市卫生学校)
李新春(河南省开封市卫生学校)

杜彩素(大连大学医学院)
杨宇辉(广东省嘉应学院医学院)
杨尧辉(甘肃省天水市卫生学校)
杨明武(陕西省安康卫生学校)
杨新明(重庆医科大学卫生学校)
汪志诚(甘肃省武威卫生学校)
沈蓉滨(成都铁路卫生学校)
沙吕律(吉林省吉林大学四平医学院)
肖永新(深圳职业技术学院)
孟繁臣(辽宁省阜新市卫生学校)
林 珊(广东省东莞卫生学校)
林 静(辽宁省丹东市卫生学校)
范 玫(沈阳医学院护理系)
姚军汉(甘肃省张掖医学高等专科学校)
贺平泽(山西省吕梁市卫生学校)
赵 斌(四川省卫生学校)
赵学忠(陕西省延安市卫生学校)
徐正田(山东省潍坊市卫生学校)
徐纪平(内蒙古赤峰学院医学部)
徐晓勇(吉林省吉林卫生学校)
莫玉兰(广西柳州地区卫生学校)
郭 宇(内蒙古兴安盟卫生学校)
郭靠山(河北省邢台医学高等专科学校)
高亚利(陕西省榆林市卫生学校)
曹海威(山西省晋中市卫生学校)
梁 菁(广西桂林市卫生学校)
鹿怀兴(山东省滨州职业学院)
黄家诚(广西梧州市卫生学校)
傅一明(广西玉林市卫生学校)
曾志励(广西医科大学护理学院)
温茂兴(湖北省襄樊职业技术学院)
温树田(吉林大学通化医药学院)
程 伟(河南省信阳职业技术学院)
董宗顺(北京市中医学校)
潘传中(四川省达州职业技术学院)
戴瑞君(河北省廊坊市卫生学校)
瞿光耀(江苏省无锡卫生学校)

序 言

雪,纷纷扬扬。

雪日的北京,银装素裹,清纯,古朴,大器,庄重。千里之外的黄山与五岳亦是尽显雾凇、云海的美景。清新的气息、迎新的笑颜,在祖国母亲的怀抱里,幸福欢乐,涌动着无限的活力!

今天,“面向 21 世纪全国卫生职业教育系列教改教材”——一套为指导同学们学、配合老师们教而写的系列学习材料,终于和大家见面了!她是全国卫生职业教学新模式研究课题组和课程建设委员会成员学校的老师们同心协力、创造性劳动的成果。

同学,老师,所有国人,感悟着新世纪的祖国将在“三个代表”重要思想的指引下,实现中华民族的伟大复兴,由衷地欢欣鼓舞与振奋。与世界同步,祖国的日新月异更要求每个人“活到老,学到老”,才能贡献到老,终生幸福。学习的自主性养成、能动性的发挥与学习方法的习得,是现代人形成世界观、人生观、价值观和掌握专业能力、方法能力、社会能力,进而探索人生与一生持续发展的基础、动力、源泉。面对学习,每个人都会自觉或不自觉地提出三个必须深思的问题,即为什么学?学什么?怎么学?

所以,教材的编写老师也必须回答三个相应的问题,即为什么写?为谁写?怎么写?

可以回答说,这一套系列教改教材是为我国医疗卫生事业的发展,为培养创新性实用型专业人才而写;为同学们——新世纪推动卫生事业发展的创新性专业人才,自主学习;增长探索、发展、创新的专业能力而写;为同学们容易学、有兴趣学,从而提高学习的效率而写;为同学们尽快适应岗位要求,进入工作角色,完成工作任务而写。培养同学们成为有脑子,能沟通,会做事的综合职业能力的专业人才。

为此,教材坚持“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”的基本原则,保证教材的科学性、思想性,同时体现实用性、可读性和创新性,即体现社会对卫生职业教育的需求和专业人才能力的要求、体现与学生的心理取向和知识、方法、情感前提的有效连接、体现开放发展的观念及其专业思维、行为的方式。

纷飞的雪花把我们的遐想带回千禧年的初春。国务院、教育部深化教育改革推进素质教育,面向 21 世纪教育振兴行动计划和“职业教育课程改革和教材建设规划”的春风,孕育成熟了我们“以社会、专业岗位需求为导向,以学生为中心,培养其综合职业能力”的课程研究构思,形成了从学分制、弹性学制的教学管理改革,建立医学相关多专业的高职、中职互通的模块化课程体系,延伸到课程教学内容与教学模式开发的系统性课题研究。

新课程模式的构架,由“平台”和“台阶”性模块系统构成。其中,“平台”模块是卫生技术人员在不同专业的实践、研究中具有的公共的、互通的专业、方法与社会能力内容;而“台阶”模块则是各专业的各自能力成分的组合。其设计源于“互动整合医学模式”。现代医疗卫生服务是一个以服务对象——人的健

康为中心的、服务者与被服务者、服务者(医学与医学相关专业工作者)之间协调互动的完整过程。医疗卫生服务是一个团队行为,需要不同专业人员从各自专业的角度提供整合性的专业服务,才能达到最佳效果。她是“生物-心理-社会医学模式”的完善、提升与发展。

系统化的课程开发与教材编写的依据是教育部职成教司“中等职业学校重点建设专业教学指导方案”(教育部办公厅[2001]5号文)和教育部、卫生部护理专业“技能型紧缺人才培养培训工程”指导方案(教育部教职成[2003]5号文),积极吸收国外护理教育与国外职教的先进教学理论、模式与方法。课程体系在国际平台上得到了同行的认可,她保证了课程、教材开发的先进性与可操作性的结合。教材的主编选自全国百余所卫生类职业院校与承担教学任务的高水平的医院,他们富有理论与实践经验。教材编写中,编写人员认真领会教育部、卫生部护理专业“技能型紧缺人才培养培训工程”的指导原则,严格按照“工程”方案的课程体系、核心课程目标、教学方法而完成编写任务。

使用本套系列教改教材,应把握其总体特点:

1. 相关医学专业课程体系的整体化

高职、中职不同教育层次、不同专业的课程结构形成开放性的科学系统。各“平台”、“台阶”课程教材之间、教材与学生的心理取向以及认知情感前提、社会、工作岗位之间,通过课程正文系统和“链接”、“接口”的“手拉手”互连,为学生搭建了“通畅、高速、立交、开放”的课程学习系统。学生可利用这一系统自主选择专业与课程,或转换专业、修双专业等,以适合自己的兴趣和经济状况、社会和专业岗位的需求,更好地发展自己。

每门课程的教材内部结构分为正文与非正文系统。正文部分保证了模块在课程系统中的定位,非正文部分的“链接”等对课程内容做了必要的回顾与扩展,保证学生的学习和教师的指导能在专业目标系统与各学科知识系统之间准确地互动整合,提高教学的有效性。

2. 学习的能动化

在学生的学习成长过程中,模块化教材体系为教师指导下的学生自主学习提供了基础。学生可以把岗位特征、社会需要与个人兴趣、家庭的期望和经济承受能力相结合,自主选择专业,调动学习的能动性,促进有效学习过程。这种作用已经在国际化职教课程研究中得到证实。

3. 课程学习向实践的趋近化

促进了医学相关专业的的发展,缩小了教学与临床实践的距离。

“平台”与“台阶”的模块化课程结构,使护理等医学相关专业在医疗卫生大专业概念的基础平台上,能够相对独立地建构自己专业的学习与发展空间。于此,“台阶”的专业模块课程,可按照本专业的理念、体系、工作过程的逻辑序列与学生认知心理发展的发展序列,建构二者相互“匹配”的专业课程教学体系,特别是得以形成以“行动导向教学”为主的整合性专业课程,提高了课程的专业与应用属性,使专业教学更贴近岗位要求。

同时,“台阶”性专业课程系列的模块集群为校本课程开发留有空间。

4. 课堂教学活动与学习资源的一体化

学校在现代教学观念与理论引导下,可以按照不同的心理特点与学习方法、学习习惯,引导学生,可以组成不同班次,选择相适合的老师指导。

现代职业教育要求教师根据教学内容与学生学习背景,活用不同的教学模

式、方法与手段,特别是专业课程通过“行动导向教学”的团组互动、师生互动,指导学生自学和小组学习,这样在情境性案例教学中,培养学生的综合职业能力。本套教材配合这样的教学活动,通过正文与非正文内容,恰当地处理重点、难点和拓展性知识、能力的联系,引导学生通过适当形式学习,使学生有兴趣学,容易学,学会解决实际问题,不再是“满堂灌”、“背符号”。

5. 科学性、工作过程与可读性的统一化

教材的正文系统是学习资源的主体信息部分,应当认真研读。正文外延与内涵以专业的科学性及其工作过程为基础,深入浅出,化繁为简,图文并茂。非正文系统,特别是“链接”、“片段”和“接口”的创新性设计,起到系统连接与辅助学习作用。“链接”的内涵较浅而小,而“片段”的内涵较“链接”为多。它们既是课程系统内部不同课程、专业、教育层次之间的连接组件,而且是课程系统向外部伸延,向学生、社会、岗位“贴近”的小模块,它帮助学生开阔视野,激活思维,提高兴趣,热爱专业,完善知识系统,拓展能力,培养科学与人文精神结合的专业素质。对此,初步设计了“历史瞬间”、“岗位召唤”、“案例分析”、“前沿聚焦”、“工具巧用”、“社会视角”、“生活实践”等7个延伸方向的专栏。各教材都将根据课程的目标、特点与学生情况,选择编写适宜内容。“接口”表述的内涵较深,存在于另一门课程之中,用“链接”不足以完成,则以“接口”明确指引学生去学(复)习相关课程内容,它是课程连接的“指路牌”。

我们的研究与改革是一个积极开放、兼容并蓄、与时俱进的系统化发展过程,故无论是课程体系的设计还是教材的编写,一定存在诸多不妥,甚至错误之处。我们在感谢专家、同行和同学们认可的同时,恳请大家的批评指正,以求不断进步。

值此之际,我们要感谢教育部职成教司、教育部职业教育中心研究所有关部门和卫生部科教司、医政司等有关部门以及中华护理学会的领导、专家的指导;感谢北京市教科院、朝阳职教中心的有关领导、专家的指导与大力支持。作为课题组负责人和本套教材建设委员会的主任委员,我还要感谢各成员学校领导的积极参与、全面支持与真诚合作;感谢各位主编以高度负责的态度,组织、带领、指导、帮助编者;感谢每一位主编和编者,充分认同教改目标,团结一致,克服了诸多困难,创造性地、出色地完成了编写任务;感谢科学出版社领导、编辑以及有关单位的全力支持与帮助。

“河出伏流,一泻汪洋”。行重于言,我们相信,卫生职业教学的研究、改革与创新,将似涓涓溪流汇江河入东海,推动着我们的事业持续发展,步入世界前列。

纷纷扬扬的雪花,银装素裹的京城,在明媚的阳光下粼粼耀眼,美不胜收。眺望皑皑连绵的燕山,远映着黄山、五岳的祥和俊美。瑞雪丰年,润物泽民。腾飞的祖国,改革创新的事业,永远焕发着活力。

全国卫生职业教学新模式研究课题组
《面向21世纪全国卫生职业教育系列教改教材》
课程建设委员会

刘晨

2002年12月于北京,2004年1月2日修

前 言

本书是根据“技能型紧缺人才培养培训工程”要求及全国卫生职业教育新模式研究课题组的学分制和模块教学的要求编写,供高职(对口2年制)护理、助产、检验、药剂、卫生保健、康复、口腔工艺、影像技术等相关医学专业使用。

教材分为基础模块和选学模块,包括力学、电学、光学以及原子和原子核物理学的内容,力求不与中等卫生职业教育的《物理学》课程内容重复,并在此基础上提高。因此,本着循序渐进、由浅入深的原则来安排内容的顺序。教材力求体现以目标教学为主要的教学模式,融入知识、技能、态度三项目标。在每章或每节的内容之前列出相应的学习目标,便于学生目标明确,重点突出。学习内容之后有目标检测题,有助于学生及时测评,也可供教师考核时参照。我们在编写过程中力图做到教材的思想性、科学性、适用性、实用性和创新性的编写要求和原则,编写了一些与医学关系密切的物理学内容,并适当地编写了一些物理知识在医学中的应用的的内容,并采取了链接的方式对内容进行了说明和补充。由于受课时的限制,较难满足系统性的要求,并且没有编写实验的内容。选学模块的内容各校根据实际情况选择使用,对选学模块内容,教学基本要求中加注*号以示区别和选择。

本书编写是在全国卫生职业教学新模式研究课题组指导下进行的,得到了山东省聊城职业技术学院、北京中医学校、广东省梅州市嘉应学院医学院、江西省井冈山医学高等专科学校的支持,由于编者水平有限,编写时间太紧,教材肯定会有不少欠缺之处,恳请各位教师和学生给予批评和指正,谢谢。

编 者

2004年6月27日

目 录

第 1 章 声波	(1)
第 1 节 声波的产生和传播	(1)
第 2 节 声压、声强和声强级	(3)
第 3 节 声波的反射	(4)
第 4 节 声音的性质	(7)
第 5 节 多普勒效应	(9)
第 6 节 超声波与次声波	(10)
第 2 章 液体的流动	(16)
第 1 节 流体力学	(16)
第 2 节 液体表面现象	(24)
第 3 章 电场	(32)
第 1 节 电偶极子电场	(32)
第 2 节 电偶极层电场	(34)
第 3 节 能斯托方程及其应用	(36)
第 4 章 电路	(40)
第 1 节 惠斯登电桥	(40)
第 2 节 基尔霍夫定律	(43)
第 3 节 RC 电路的充放电过程	(45)
第 5 章 生物信号检测	(50)
第 1 节 生物信号及其拾取方法	(50)
第 2 节 信号处理	(55)
第 3 节 信号显示	(58)
第 6 章 光的波粒二向性	(61)
第 1 节 光的干涉	(61)
第 2 节 光的衍射	(66)
第 3 节 光的偏振	(71)
第 4 节 光的粒子性	(76)
第 5 节 光的吸收原理及其在医学上的应用	(80)
第 7 章 激光	(84)
第 1 节 激光的产生	(84)
第 2 节 激光器	(87)
第 3 节 激光的生物效应及其在医学上的应用	(90)
第 8 章 X 射线	(93)
第 1 节 X 射线的特性	(93)
第 2 节 X 射线的发生	(95)
第 3 节 X 射线衍射和 X 射线谱	(98)

第4节 物质对 X 射线的吸收规律·····	(103)
第5节 X 射线的医学应用·····	(108)
第9章 原子核的放射性 ·····	(111)
第1节 原子核的基本性质·····	(111)
第2节 放射性和原子核的衰变·····	(118)
第3节 原子核的裂变与聚变·····	(126)
《物理学》教学基本要求 ·····	(131)

第 1 章

声 波



学 习 目 标

1. 解释机械波、声波的概念
2. 说出声波的基本概念
3. 说出声波的产生和传播,简述声强级的含义
4. 简述超声诊断的作用原理及应用

第 1 节 声波的产生和传播

一、产 生

(一) 机械波

物体的某一部分发生振动时,由于这部分和它周围各部分之间有相互作用的弹性力,因此,周围各部分也要跟着振动. 同样,周围各部分的振动又使较远的各部分也跟着振动. 这样,由近及远,物体这部分的振动就传播开去. 因此,振动在物体内不会局限在一个地方,而是要传播开的.

振动以一定的速度由近及远地向各个方向传播出去,这种振动的传播过程叫做机械波. 机械波的产生,首先要有做机械振动的物体作为波源,其次要有

能传播这种机械振动的物体,又称做弹性媒质.波传播的只是运动的形式——振动和振动的能量,而物质本身并没有传播,这一点值得注意.

(二) 横波与纵波

波有横波和纵波之分.如果各质点的振动方向与振动传播的方向(即波传播的方向)垂直,这种波叫做横波.即在横波中,质点的振动方向与波的传播方向垂直.如果质点的振动方向与波的传播方向相同,这种波叫做纵波.横、纵波图像如图 1-1-1 所示.

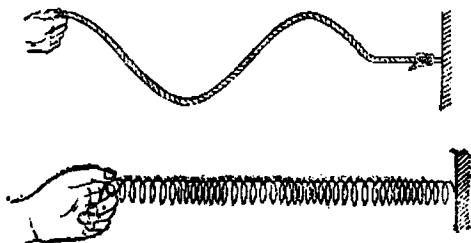


图 1-1-1 横、纵波图像

声波是机械波.一个向周围媒质辐射声波的振动系统叫“声源”.例如,二胡、小提琴等弦乐器是弦的振动发声,唱歌或说话是咽喉声带的振动发声.任何发声的物体都在振动着,所以各种振动着的发声物体都叫做声源.固体、液体、气体都能振动发声,都可视为声源.

(三) 可听声波、超声波、次声波

弹性媒质中,各质点振动的传播过程称为“机械波”.起源于发声体的振动频率在 20Hz 与 $2 \times 10^4\text{Hz}$ 之间的声波能引起人的听觉,故又称为可听声波;频率在 $1 \times 10^{-4} \sim 20\text{Hz}$ 之间的机械波称为次声波;频率在 $2 \times 10^4 \sim 2 \times 10^8\text{Hz}$ 的机械波称为超声波.次声波和超声波一般不能引起人的听觉.从物理的观点看,频率在 $20 \sim 2 \times 10^4\text{Hz}$ 的声振动与这个频率外的声振动没有本质的不同.因此,广义的声波包含次声波和超声波.

二、波的传播

声波在固体中以纵波和横波两种形式传播,在液体和气体中则以纵波的形式传播,液体的表面则是纵波和横波两种形式传播.

(一) 波的传播速度、波长、周期和频率

我们知道,振动在弹性媒质中传播时,各质点经过平衡位置来回重复的运动.其中两个相邻的、在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的质点之间的距离叫做波长,用 λ 表示,单位为米(m).波动传播一个波长所需的时间叫做波

的周期,用 T 表示,单位为秒(s). 周期的倒数叫做波的频率,用 f 表示,单位为赫兹(Hz). 振动在单位时间内传播的距离叫做波速,用 u 表示,单位为米/秒(m/s). 波速 u 取决于媒质本身的性质,如弹性、密度,而与波长、频率无关.

f, λ, u 三者的关系为

$$u = f \lambda \quad (1-1-1)$$

这个公式对于任何波都适用.

(二) 声速

声速又称音速,是指声音在媒质中的传播速度. 不同的媒质传播速率不同;同一媒质,因为温度不同,声音的传播速度也不同.

表 1-1-1 是 0°C 时各种媒质中的声速. 表 1-1-2 是不同温度下干燥空气中的声速.

一般地讲,温度每升高 1°C ,声速约增加 0.6m/s .

表 1-1-1 0°C 时各种媒质中的声速

媒质	声速(m/s)	媒质	声速(m/s)
空气	332	软木	430~530
水	1450	橡胶	30~50
铜	3800	骨	3360~3400
铁	5000	脑	1505~1515
玻璃	5000~6000	肌肉	1578~1585
松木	3320	肾,肝	1553~1559

表 1-1-2 不同温度下干燥空气中的声速

温度($^{\circ}\text{C}$)	声速(m/s)	温度($^{\circ}\text{C}$)	声速(m/s)
-30	313	10	338
-20	319	20	344
-10	325	30	349
0	332	100	386

第2节 声压、声强和声强级

一、声 压

声波在传播过程中,空气中任一点附近的质点,由于声波的作用,疏、密发生周期变化,因而压强也相应地强、弱变化. 当媒质中有声波传播时该点的压强与没有声音到达时该点的压强之差叫做该点的声压,声压的单位是帕斯卡

(Pa). 声压的大小和传声介质中质点在声波作用下振动速度(v)、介质密度(ρ),以及声波的传输速度(u)有关.

$$p = \rho \cdot u \cdot v \quad (1-2-1)$$

树叶被微风吹动的响声的声压约为 0.01Pa,在房间中大声说话的声压约为 0.1Pa.

二、声 强

声强是声波的能流密度,即单位时间内通过垂直于声波传播方向的单位面积的声波能量,用 I 表示,声强的单位是 W/m^2 . 声源在某点发出的声波,向外传播,在距波源 r 处的声强为

$$I = \frac{E}{4\pi r^2} \quad (1-2-2)$$

式中, E 是声源每秒钟发出的能量. 声强是客观存在的,它是表示声音强弱的物理量.

三、声 强 级

对不同频率的声波,人耳的感觉亦不同. 能引起人正常听觉的声波,不仅有一定的频率范围,而且有一定的声强范围. 对于单个给定的频率,要引起听觉,其声强有两个极值:声强过小,不能引起听觉;过大则使人耳有痛感. 引起人耳听觉的最低声强叫做可闻阈,人耳所能承受的最高的声强叫做痛感阈. 两极值之间的区域即为听觉的范围. 例如 1000Hz 的声波,人们普遍能感觉到的声强范围约为 $10^{-12} \sim 1\text{W}/\text{m}^2$,可闻阈和痛感阈相差 10^{12} 倍. 由于声强数量级相差悬殊,所以常用对数标度表示声强的等级,叫做声强级,用 L 表示,即

$$L = \lg \frac{I}{I_0} \quad (1-2-3)$$

单位为贝尔(B). 这个单位太大,故常用分贝(dB)作为单位:

$$1\text{B} = 10\text{dB}$$

所以声强级的表示式为

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} (\text{dB}) \quad (1-2-4)$$

I_0 为声强的参考标准,国际上选定 $I_0 = 10^{-12}\text{W}/\text{m}^2$,即可闻阈的声强值.

第 3 节 声波的反射

一、惠更斯原理

(一) 波面与波线

波从波源出发,在媒质中向各个方向传播. 在传播过程中,在任意时刻,同

相振动的相邻的点所联成的面叫做波面. 最前面的波面叫做波阵面或波前, 波阵面是平面的波动叫做平面波, 波阵面是球面的波动叫做球面波. 波的传播方向叫做波线. 在各向同性的媒质中, 波线总是与波阵面垂直. 平面波的波线是垂直于波阵面的平行直线; 球面波的波线是以波源为中心, 从中心向外的径向直线.

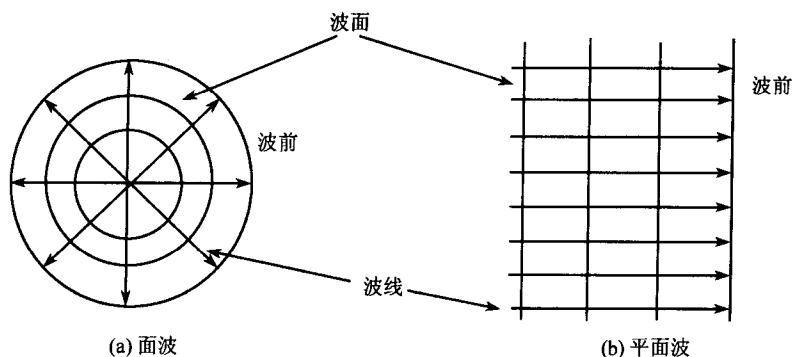


图 1-3-1 波面与波线

值得注意的是, 波面、波线是物理概念, 是为形象而直观地描述波的传播而引入的.

(二) 惠更斯原理

1690 年, 惠更斯提出了一个原理: 媒质中波动传到的各个点, 都可以看做是发射子波的新波源, 在其后的任一时刻, 这些子波的包迹就决定新的波阵面, 这就是惠更斯原理.

应用惠更斯原理, 用几何方法可以由已知的某一时刻的波阵面确定次一时刻的波阵面. 如图 1-3-2 所示, 在均匀媒质中, 有波动从波源 O 以波速 u 向四周传播. 在 t 时刻的波阵面是半径为 R_1 的球面 S_1 , 根据惠更斯原理, 可以找出 $(t + \Delta t)$ 时刻的波阵面 S_2 . 先以 S_1 面上各点为球心 (同一波阵面上各点作为子波源), 以 $r = u\Delta t$ 为半径画出许多半球面形的子波, 再作公切于各子波的包迹面 S_2 , 就是 $t + \Delta t$ 时刻的波阵面 S_2 . 显然, S_2 也是以 O 为中心, 以 $R_2 = R_1 + u\Delta t$ 为半径的球面.

利用同样的方法可以求出平面波的新波阵面, 如图 1-3-3 所示.

惠更斯原理对任何波动过程都是适用的, 不论是机械波还是电磁波, 只要知道某一时刻的波阵面就可以确定下一时刻的波阵面. 波动在均匀各向同性的媒质中传播时, 波阵面的几何形状总是保持不变. 波动在不均匀的媒质中或在各向异性的媒质中传播时, 波阵面的几何形状和波的传播方向都可以发生变化. 因而惠更斯原理可以在很广泛的范围内解释波的传播问题. 图 1-3-4 所示的是波的传播方向发生改变的现象, 叫做衍射.

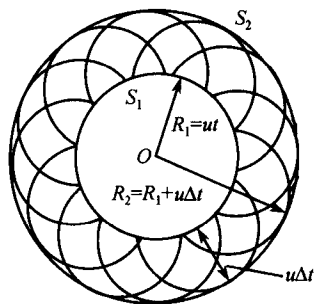


图 1-3-2 利用惠更斯原理
求球面波的新波阵面

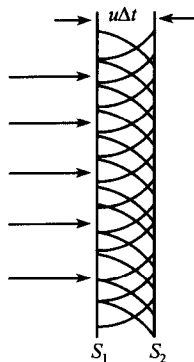


图 1-3-3 利用惠更斯原理
求平面波的新波阵面

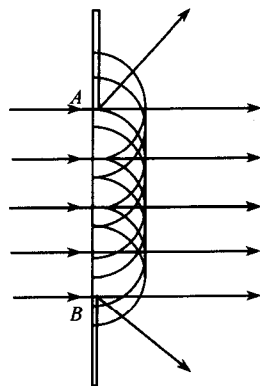


图 1-3-4 衍射现象

二、声波的反射、折射

(一) 声阻抗

媒质的声阻抗是指媒质的密度与声速的乘积,即

$$Z = \rho u \quad (1-3-1)$$

在液体和气体中声波是纵波,声阻抗表示为

$$Z = \sqrt{\rho \cdot k} \quad (1-3-2)$$

式(1-3-2)中 k 是体积弹性模量, ρ 是媒质密度,声阻抗是一个重要的物理量。在医学超声中常见的一些媒质的声速与声阻抗见表 1-3-1。

表 1-3-1 医学超声中常见的一些媒质的声速与声阻抗

介 质	密度(g/cm^3)	超声纵波速(m/s)	特征阻($105 R^*$)	测试频(MHz)
空气	0.001 293	332	0.000 429	2.9
水	0.9934	1523	1.513	2.9
血液	1.055	1570	1.656	1.0
软组织	1.016	1500	1.524	1.0
肌肉	1.074	1568	1.684	1.0
骨	1.658	3860	5.571	1.0
脂肪	0.955	1476	1.410	1.0
肝	1.050	1570	1.648	1.0

(二) 反射和折射

如图 1-3-5 所示,部分声波返回原媒质传播,叫做声波的反射。反射波也叫做回声。另一部分进入第二种媒质中改变方向继续传播,叫做声波的折射。