

五年制高等职业教育通用教材

技术物理基础

(上册)

卢灿华 主编



高等教育出版社

五年制高等职业教育通用教材

技术物理基础

(上册)

卢灿华 主 编

田太和 副主编
吕守仙

段超英 主 审



高等教育出版社

内容简介

本教材是根据《中等职业学校物理教学大纲(试行)》的要求,结合五年制高职教育的特点和教学需要编写的。

教材贯彻“以全面素质为基础”、“以就业为导向、以能力为本位”的职业教育指导思想,突破了传统物理教材的体例结构,体现了五年制高职教育的特点。

本教材从目前学生的心理特点和认知能力出发,注意了与初中物理知识的衔接,按最基本的教学要求编入了光的反射与折射、直线运动、力、牛顿定律、动量与冲量、功和能、曲线运动和万有引力、机械振动和机械波等基本知识,内容既浅显易懂,又能为后续课程的学习打下基础,有利于学生全面素质和综合职业能力的提高。

本教材适用于初中起点的五年制高职物理教学,也可供中职学校使用。

图书在版编目(CIP)数据

技术物理基础.上册/卢灿华主编.—北京:高等教育出版社,2005.7

ISBN 7-04-016912-6

I.技... II.卢... III.物理学-高等学校:技术学校-教材 IV.O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 058655 号

策划编辑	段宝平	责任编辑	段宝平	封面设计	李卫青	责任绘图	尹 莉
版式设计	王艳红	责任校对	康晓燕	责任印制	韩 刚		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京原创阳光印业有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 10.75
字 数 250 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2005 年 7 月第 1 版
印 次 2005 年 7 月第 1 次印刷
定 价 14.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16912-00

前言

本教材是根据《中等职业学校物理教学大纲(试行)》的要求,结合五年制高职教育的特点和教学需要编写的。

为了贯彻“以全面素质为基础”和“以就业为导向、以能力为本位”的职业教育教学指导思想,培养具有实践能力、创业能力和创新精神的应用型人才,本教材在编写中着眼于积极开发教材的素质教育功能,突破了传统物理教材的体例结构,在内容、形式、风格上实行了一些改革和创新,体现五年制高等职业教育的特色。

为了便于因材施教,适应目前教学改革中的分层次教学的需要,本教材按三种教学要求设置了三个层次的教学内容,既有利于不同基础的学生学习,也便于不同院校不同专业对教材内容的选择。

第一层次的内容为力学(机械振动与机械波除外)和部分电学(静电场 §11.5 以后的内容除外),它既是最低层次的内容,也是三个层次要求的共同内容。该层次内容中相应的例题、习题按三个不同层次的要求选编。第二层次的内容是在第一层次内容的基础上增加几何光学、机械振动和机械波、部分电学、热学的内容,增加的章节标题上标注*号。相应的例题、习题按二、三两个不同层次的要求选编。第三层次的内容是在第二层次内容的基础上增加物理光学、原子核物理学的内容,增加的章节标题上标注**号。完成三个不同层次内容的建议教学时数分别为100、140、168学时。

为了着眼于对学生实践能力和创新精神的培养,本教材对每一个知识点都采用了“三步到位”的写法,即第一步引入知识,第二步阐述知识,第三步运用知识(包括科技上的运用和学生在实践中的运用)。

教材在引入知识的过程中,力求营造一个对学生进行能力培养的“渠道”和创新思维培养的“空间”。我们选用一个与知识点内容密切相关的有科学性、实用性、思想性的实例,在叙述实例中引出知识点。接着在[想一想]栏中设问。所设问题都是学生迫切求答的问题,架起实例与物理知识间的桥梁,引导学生从实际的现象中去积极地思考问题。然后尽可能地设置演示实验,创设情景,引导学生去观察现象,分析问题,获得思维技能的训练和感性认识。希望这一步真正起到培养学生观察、分析、联想、推理等思维能力的作,培养学生自觉观察周围事物的习惯,产生激发学生的求知欲的作用。

第二步,即知识的叙述。我们改革了过去单纯阐述物理知识的写法,尽可能地创设一种研究性学习的氛围,抓住前面[想一想]栏中设置的问题,顺应学生迫切解惑的心理展开对知识的阐述。在引导学生分析、综合、归纳、演绎的过程中,将感性认识上升到理性认识。这部分内容是课文的中心内容,单独用宋体字印刷,各章节的这部分内容可联成一个系统,便于学生阅读时抓住重点和要领。

第三步是运用知识指导实践。在教材的这部分创设了一些相应的栏目,开辟了学生联系实

际运用物理知识的渠道和展示自己创造技能的空间。

在[小实验]、[试试看]、[观察与思考]栏中,设置了将理论与实践相联系的实验及实践研究的小课题,使学生通过动手操作,加深对理论的理解。

为了增强教材的科技性、实用性、趣味性和时代性,开阔学生的眼界,扩大学生的知识面,在[科技之窗]、[知识博览]栏中,介绍了与所学知识有关的现代科技、生产实践、日常生活、自然现象中的事物。在[知识博览]栏中,有时还介绍与该处知识相关的科学家,以及他们研究物理的科学精神、科学方法,使学生通过这些生动事例的“耳濡目染”,激发出爱祖国、爱科学、爱物理的激情,形成科学的世界观和方法论。

本教材在语言文字上也力求通俗易懂,形象生动,活泼有趣,贴近学生,易为高职学生接受和喜爱。

教材分上下册。鉴于目前五年制高职学生的心理特点和认知能力,在内容上我们充分注意了与初中物理知识的衔接。上册按最基本的教学要求编入了光的反射与折射、直线运动、力、牛顿运动定律、动量与冲量、功和能、曲线运动和万有引力、机械振动和机械波等基本知识,内容浅显易懂,为后续课程的学习打下必要的基础。

为了使用教材的方便,本书的后面附有教材中习题的参考答案。

全书使用国际单位制单位,物理量的名称符合1996年全国自然科学名词审定委员会公布的《物理学名词》。

本书由卢灿华任主编,田太和、吕守仙任副主编。卢灿华修改统稿全书,并编写了走进物理学、第一章、第七章、第八章。田太和编写了第二章、第三章、第四章。吕守仙编写了第五章、第六章。全书每章节的引言、[小实验]、[观察与思考]、[科技之窗]、[知识博览]等栏目由卢灿华编写(第二、三、四章部分田太和做了补充)。

本书由段超英主审。出版过程中还得到高等教育出版社的领导及编辑的大力指导、支持和帮助,特此深表感谢。不足之处,欢迎批评指正。

编 者

2005年4月

目 录

走进物理学	1	第四章 牛顿运动定律	67
* 第一章 光的反射与折射	4	§ 4.1 牛顿第一定律	67
§ 1.1 光的反射	4	§ 4.2 牛顿第二定律	69
§ 1.2 光的折射	6	§ 4.3 牛顿第三定律	72
§ 1.3 光的全反射	9	§ 4.4 牛顿运动定律的解题应用	75
§ 1.4 光的色散 棱镜	13	本章小结	78
§ 1.5 透镜 凸透镜成像	16	检测题	79
§ 1.6 凸透镜成像公式 像放 大率	19	第五章 动量 冲量	81
§ 1.7 显微镜 望远镜	22	§ 5.1 动量	81
本章小结	24	§ 5.2 动量守恒定律	85
检测题	25	§ 5.3 国际单位制	90
第二章 直线运动	27	§ 5.4 狭义相对论简介	92
§ 2.1 匀速直线运动	27	本章小结	94
§ 2.2 平均速度 瞬时速度	29	检测题	95
§ 2.3 匀变速直线运动 加速度	31	第六章 功和能	96
§ 2.4 匀变速直线运动的速度和 位移	33	§ 6.1 功	96
§ 2.5 自由落体运动	36	§ 6.2 功率	99
本章小结	40	§ 6.3 功与能	101
检测题	41	§ 6.4 动能 动能定理	102
第三章 力	43	§ 6.5 势能 机械能守恒定律	105
§ 3.1 力	43	本章小结	110
§ 3.2 重力	44	检测题	111
§ 3.3 弹力	45	第七章 曲线运动 万有引力	113
§ 3.4 摩擦力	47	§ 7.1 曲线运动的条件	113
§ 3.5 力的合成	50	* § 7.2 平抛运动及其规律	115
§ 3.6 物体的受力分析	52	§ 7.3 匀速圆周运动	119
§ 3.7 力的分解	55	* § 7.4 向心力 向心加速度	121
§ 3.8 力矩	60	* § 7.5 万有引力	127
本章小结	63	* § 7.6 人造地球卫星	131
检测题	65	本章小结	133
		检测题	134
		* 第八章 机械振动和机械波	136

§ 8.1 简谐运动	136
§ 8.2 单摆的振动	140
§ 8.3 受迫振动 共振	143
§ 8.4 机械波	146
§ 8.5 波的干涉和衍射	150

§ 8.6 声波 超声波 次声波	153
------------------------	-----

本章小结	156
------------	-----

检测题	157
-----------	-----

习题参考答案	159
---------------------	-----

走进物理学

物理学·自然科学

把大自然作为研究对象的科学称为自然科学。研究自然科学的学科有物理学、数学、化学、地质学、生物学等。

物理学是研究物质最普遍的运动和基本结构的学科,是研究物质、能量及它们相互作用的学科。它包括研究机械运动的力学,研究分子热运动的热学,研究电磁运动的电磁学,研究光的发生、传播及其本性的光学,研究原子和原子核内部运动及其结构的原子物理学、原子核物理学等。这些运动的形式普遍存在于物质世界中,大到日月星辰,小到分子、原子、电子,可以说无处不有。即使在更复杂的物质运动形式(如化学的、生物的等)中,也存在物理学所研究的这些最普遍的运动。因此,物理学是一门很重要的基础学科,它研究的物质结构及运动具有相当的广泛性和普遍性。

物理学在它的发展中已形成了越来越多的分支,如流体力学、弹性力学、材料力学、工程力学、低温物理学、凝聚态物理学、空间物理学、高能物理学、超声物理学、电工学、量子力学、相对论、地球物理学等等。物理已经渗入到化学、生物学、天文学、地质学、气象学等许多学科领域,成为许多学科的基础之一。物理学的研究成果和研究方法,在自然科学的各个领域都起着重要的作用。

物理·科技·社会

物理学等基础学科的不断发展,推动了应用科学技术不断发展创新,不断地改善着人们的物质文化生活,不断地促进人类社会的发展进步。

物理学知识在应用科学技术上的精彩应用,已经遍布工农业生产、科学研究、文化及社会服务的方方面面。传统工业与现代高新技术的结合,由信息化带动的现代工业化,使人类的社会文明达到一个前所未有的新水平。人类的科学发展史和社会发展史显示,以物理学为重要基础的科学技术的每一次突破性发展,都对人类社会的发展产生过深远的影响。

如果没有 17 世纪的经典力学就不可能出现以蒸汽机为动力代替繁重体力劳动的第一次工业革命。如果没有 19 世纪建立的电磁理论,就不可能有电力的开发利用,以及以进入电力时代为标志的第二次工业革命。如果没有对原子和原子核结构的深入研究,没有相对论和量子力学理论的建立,就不可能有和平利用原子能的新时代。核能的和平利用加速了能源的开发,激光技术的发展促进了信息系统的工业革命,微电子学的建立带动了电子计算机的广泛应用,使人类社会迈进了以核能、电子计算机、激光、空间技术等高新技术为内容的第三次工业革命。

我国近代科学技术的发展史尤其深刻地说明了科学技术与经济、社会发展的密切关系。19世纪中叶,正当世界上以物理学为重要基础的科学技术迅速发展的时候,我国恰逢清朝科举制度的盛行。自然科学的缺乏,使人们缺乏准确的逻辑推理习惯,阻碍了人们对科学技术的创新思维。我们这个先于世界其他国家拥有浑天仪、地动仪和四大发明的文明古国落后了,终于导致了1840年列强用坚船利炮打开中国大门的悲剧。新中国成立后的50多年时间里,由于党和人民政府高度重视科教兴国,加强基础教育,充分认识了现代科技在增强国力、强国富民中的作用,把科学技术提到第一生产力的高度,使我国的科学技术以惊人的发展速度,实现了跨越式的发展,取得了举世瞩目的成就。原子反应堆、原子弹、氢弹、人造卫星、计算机、集成电路、载人宇宙飞船等先后研制成功,同时培养了一大批能代表中国人民智慧的有能力、有才华的科学家。展望21世纪,我国在信息科学、材料科学、生命科学、能源科学、环境科学等领域将会有更大的发展。新世纪的高新科技将会给人类的生活翻开崭新的一页。智能机器人将更多地走进工厂,走进家庭,进入太空;激光技术、纳米技术等将有更广泛的应用,网络化使人们在家中与世界交流信息。新世纪的物理学概念、图像、研究方法和研究成果仍将广泛地应用于各个领域,物理学的发展将继续极大地推动生产力的发展,充分展示其第一生产力的科学地位。

物理学家·科学精神·科学方法

物理学的创立和发展是人类科学精神和科学方法相结合的成果,是历史物理学家坚持唯物主义,坚持理论联系实际,坚持科学实验和献身科学、追求真理的结果。

物理学研究方法主要包括科学的观察、反复的实验和严密的推理。

16世纪中叶,哥白尼通过对天象的敏锐观察,进而分析、归纳、概括、推理,推翻了统治人们1400多年之久的错误的“地心说”,创立了“日心说”。

牛顿以敏锐的观察力,从月球绕地球运动的现象中,寻根究源,综合了许多天体运动现象。由于他善于系统归纳和逻辑推理,所以他能在伽利略研究的基础上,系统总结出牛顿三大定律,成为动力学的奠基人。

1896年,与铀盐一起放置在抽屉内的照相底片的感光现象,使贝克勒尔敏锐地发现了射线。而居里夫妇却寻根究源,他们巧设实验,经过观察、分析、归纳、推理,发现了物质的放射性,并同时发现了新元素。他们历尽艰辛,百折不挠,耗费了毕生的精力,甚至付出了生命的代价,终于为人类找到了开发利用原子能的“光明”。

不同的科学家有着各自不同的科学研究历程,但他们却有着共同的百折不挠的科学精神和科学的研究方法。

学习·实验·思考

借鉴物理学家们研究物理学的科学精神和科学方法来学习物理学能收到事半功倍的效果。

要注意理解基本概念和基本定律的内涵,切忌死记硬背。要养成自觉将物理知识与实验或实践中的物理现象相联系的习惯。这样才能理解得更深,运用得更活,记忆得更牢。

要重视和做好实验,把实验课当成动手动脑的训练课。要学会仪器的使用方法,养成勤于动

手的习惯。还要学习数据的记录、整理和处理方法,以及研究问题时设计实验的思路和方法,以自己的观察能力、实验能力、创新能力。

练习解题的过程是一个在应用中加深对概念理解的过程。在练习解题过程中切忌硬套公式,要通过解题过程的逻辑推理训练,提高自己分析问题、解决问题的能力。

学习物理的过程,是一个阅读理解能力、观察分析能力、逻辑思维能力、运用数学能力和想像创新能力全方位提高的过程,一定会遇到比其他课程更多的困难。例如一时找不到解题的思路,实验值与理论值相差甚远等。这时我们特别要学习物理学家的锲而不舍、百折不挠的研究精神,反复对物理知识进行再学习、再理解,找到克服困难的办法。绝不能失去信心,知难而退。

遇到疑难问题时,不要轻易地去获取一个现成的答案,而应当尽可能地经过自己反复思考或在与老师和同学的讨论中获得问题的解答。这样才会有“茅塞顿开”的效果。

“科学有险阻,苦战能过关”,“千里之行,始于足下”,让我们学习先辈科学家的治学精神,走进物理学,学好物理学。

*第一章

光的反射与折射

遥望江面、湖面,看着水波粼粼、银光闪闪的水面,以为水是银白色的。漫步在江边,望着清水中的游鱼、水底的沙石,认为水是无色透明的。同样是水,为什么给人两种感觉?原来,前者是射向水面的光,被水面反射到人眼中所致;后者是射向水面的光,折射入水中后,被鱼、沙石反射,再进入人眼中所产生的感觉。

在大自然中,光的反射和折射是常见的光现象。这些现象绘就了大自然的许多奇异景象。如雨后复斜阳时,横跨天穹的美丽彩虹;盛夏闷热时,海天间、沙漠中出现的蜃景。

光的反射和折射的规律常用于光学仪器(材)的制造,如显微镜、望远镜、放大镜、照相机、光纤等。连1990年4月25日发射升空的“哈勃空间望远镜”都离不开这些规律的运用。人们有了这些仪器,就像有了窥探微观世界的“火眼金睛”,遥望天际的“千里眼”。迄今为止,哈勃空间望远镜已拍摄了几十万张天体图像,为人类对天体的研究做出了贡献。

学好本章知识,能帮助我们分析许多光现象,理解许多光学仪器的原理。

§ 1.1 光的反射

黑夜,面对着镜子,我们什么也看不见。白天,面对着镜子,为什么会看到镜中有个与自己一模一样的像?

想一想

1. 为什么白天才能看见“像”?
2. 自己的外貌特点为什么能在“像”上出现?

光线与像 能自己发光的物体叫做光源,如太阳、灯、蜡烛、激光器等。不能发出光的物体,需要光源的照射,产生反射光,反射光在人眼的视网膜上成像,我们才能看见它。我们在镜子中的像,是我们自己的反射光(携带着本人外貌信息),经过镜面再次反射后在人眼的视网膜上所成的像。所以白天和有光源照射的夜晚,我们才能看见镜中的像。

能传播光的物质叫做(光)介质。例如,水、空气、玻璃等都是传播光的介质。在真空中、均匀介质中,光是沿着直线传播的。只要在眼前放一本书,我们就看不见书后的景物。我们可以让视线穿过空心的软管看景物,但软管一弯曲,就什么也看不见了,这些都是由于光沿直线传播的原因。我们在研究光的传播规律时常用一条带箭头的直线来表示光的传播方向和路径,这样的直线叫光线。

光的传播速度 每当电闪雷鸣时,我们总是先看见闪电,后听见雷声。这是为什么呢?发生在同一地方的电闪和雷鸣,由于光和声音的传播速度不同,到达我们所在地需要的时间也就不同。光的传播速度显然比声音的速度要快得多,我们当然是先看见闪电了。

光的传播速度到底有多大呢?精确地说,光在空气中的传播速度要略小于在真空中的传播速度,只是通常情况下我们把它看成是相同的。近几百年来,许多科学家对光的速度进行了测定,数值一次比一次更准确。光在真空中的传播速度(用字母 c 表示),近代的准确测定值为 $299\,792\,458\text{ m/s}$ 。它是物理学中重要的常量之一。一般情况下我们都近似取 $c=3\times 10^8\text{ m/s}$ 。

光疏介质 光密介质 在任何介质中,光的传播速度都要小于其在真空中或空气中的传播速度,水中的光速大约是真空中的 $\frac{3}{4}$,水晶中的光速大约是真空中的 $\frac{2}{3}$ 。两种介质相比较,光在其中传播速度较大的叫做光疏介质,传播速度较小的叫做光密介质。

光的反射 照射到两种介质分界面的光,称为入射光线。其中有一部分会发生反射,称为反射光线。通过入射点垂直分界面的线(用虚线表示),称为法线。如图 1.1 所示,入射光线与法线的夹角 α 叫做入射角,反射光线与法线的夹角 β 叫做反射角。光的反射遵循下列规律,我们把这个规律叫做光的反射定律:

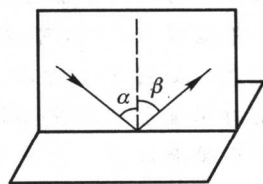


图 1.1 光的反射

(1) 反射光线在入射光线与法线所在的平面上,反射光线和入射光线分居在法线的两侧。

(2) 反射角 β 等于入射角 α 。

如果让光逆着原来的反射光线的方向射到界面,它将逆着原来入射光线的方向反射出去。可见,在光的反射中,光路是可逆的。

如果入射角为零,反射角也为零,反射光线将逆着入射光线反射。

光的反射现象运用很普遍,如汽车的后视灯、太阳灶上的凹面镜、光杠杆等。



三面互相垂直的平面镜,如图 1.2 所示的组合,可组成“角反射器”。光线无论从什么角度射入,都能逆着原来的方向反射回去。月球上、人造卫星上放置的角反射器,自行车尾部的塑料角反射器,都是根据这个原理制成的。试画一条 45° 的入射光线的反射光路,来阐述其原理。

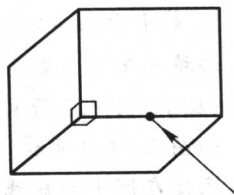


图 1.2 角反射器

习题 1-1

作图题

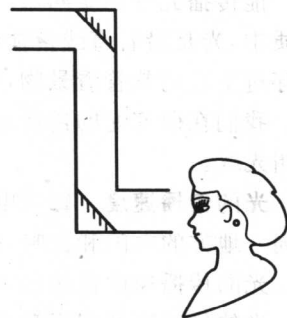
如图 1.3 所示,人在地下室可通过潜望镜来观察地面上的景物。有的潜望镜内装有两面平面镜,试画出其光路图。



影子与无影灯

由于光的直线传播,如果遮住了光的去路就会形成影子。仔细观察灯光下的影子你会发现,中部特别黑暗,四周却是灰暗的。我们通常把黑暗部分叫做本影,灰暗部分叫做半影。

图 1.3 简易潜望镜



影子的四周为什么与中间不同呢?原来电灯的发光并不只限于一个点,而是一条弯曲的灯丝在发光,从某些点射来的光被物体遮住了,可从另一些点投射过来的光并不一定全部被遮住,而且障碍物四周部分被遮的光也不如中间部分多,所以中间部分比四周更黑暗。

根据以上原理,可以制成适应手术和其他特殊工作需要的无影灯。如图 1.4 所示。无影灯的构造并不复杂,在它很大的圆形灯罩里呈环形交错排列着几个到十几个灯球,每个灯球里有一个镜面灯泡。灯泡下半部的内壁上涂有一层铅,把光线均匀柔和地反射到整个灯球上。这样各个灯球就能从不同角度把光线照到手术台上,既保证手术视野有足够的亮度,同时又不留任何影子。

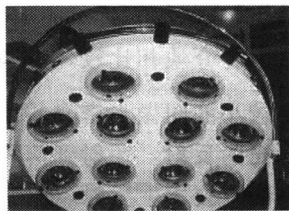


图 1.4 无影灯

§ 1.2 光的折射

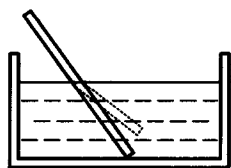
一位能百发百中的神枪手,想选新的目标来验证自己弹无虚发的本领。可没想到当他自信地把枪口对准水中的鱼射击时,枪响后却是弹飞鱼走。他百思不解,为什么往日的射击技巧失灵了?

想一想

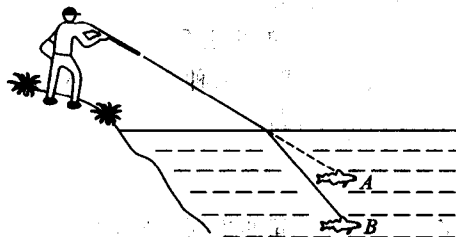
1. 神枪手射鱼为什么会失败?
2. 对水中的鱼,枪手应怎样瞄准才能击中?

神枪手射鱼失败的原因是把射击地面目标的技巧完全不变地用于射水中的鱼。地面上靶物发出(反射)的光是沿直线传播的,而水中的鱼发出(反射)的光却在水面处发生了折射。

如图 1.5(a)所示,将一根筷子插入水中,从水面上看,筷子好像在水面处被折断,水中的筷子就像处在图中的虚线处,而它实际的位置却在图中的实线处。水中的鱼也是这样,看起来它好像在图 1.5(b)中的 A 点,实际上却在图中的 B 点处。神枪手瞄准 A 点,当然击不中鱼,只有瞄准更深处的 B 点,才能击中鱼。



(a) 水中的筷子“变折”



(b) 水中的游鱼“变浅”

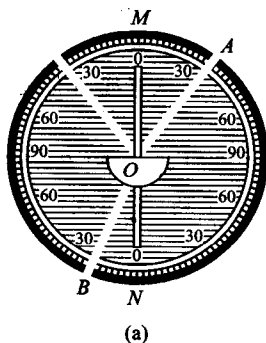
图 1.5 光的折射现象

光的折射 光从一种均匀介质射入另一种均匀介质时,传播方向在界面发生改变的现象称为光的折射。

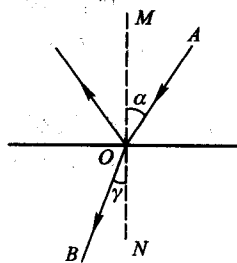
如果光逆着折射光线射到介质界面上,光也会逆着原来的入射光线射出。可见,在光的折射中,光路也是可逆的。

我们可以在光具盘上来研究光的折射定律。

将一个半圆形玻璃放入光具盘,使其直径与光具盘直径重合,如图 1.6(a)所示。如果让光线从 A 点沿 AO 射入,它就会在玻璃面 O 点改变方向沿 OB 射出玻璃。过入射点 O 作一垂直于玻璃平面的法线 MN, AO 为入射光线,它与法线的夹角 α 为入射角;OB 为折射光线,它与法线的夹角 γ 为折射角,如图 1.6(b)所示。我们看到折射光线在入射光线和法线决定的平面内,入射光线与折射光线分居于法线的两侧。如果我们不断地改变入射角 α 的大小,可发现折射角 γ 的大小也在做相应的变化,但是每组的入射角与折射角的正弦值之比却始终不变,均约为 1.5。



(a)



(b)

图 1.6 光具盘上的折射实验

光的折射定律 光从一种介质射入另一种介质时,(1)折射光线在入射光线和通过入射点的法线所决定的平面内,折射光线与入射光线分居于法线两侧。(2)入射角与折射角的正弦值之比为一常数。

从上述实验中我们还知道,当入射角为零时,折射角也为零。让光线从 M 点垂直射入玻璃中,我们看到光线在玻璃中沿原方向前进。

折射率 如果我们将上述实验改为光从空气射入水中,就会发现,除其入射角与折射角的正

弦之比值为 1.33 外,其他折射规律与从空气射入玻璃时相同。这说明如果光从空气以相同的人射角分别射入水和玻璃中,玻璃的折射角比水更小,光在玻璃中偏折更大。

我们将光从真空(或空气)射入某种介质时,入射角的正弦与折射角的正弦之比称为这种介质的绝对折射率,简称折射率,即

$$n=\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \tag{1.1}$$

折射率反映了介质各自不同的折射性质,表 1.1 列出了几种常见介质的折射率。

表 1.1 一些介质的折射率

介 质	折 射 率	介 质	折 射 率
金刚石	2.42	酒精	1.36
重火石玻璃	1.80	乙醚	1.35
二硫化碳	1.63	水	1.33
水晶	1.54	冰	1.31
甘油	1.47	水蒸气	1.026
萤石	1.43	空气	1.000 3

经测定,光在真空(或空气)中的传播速度与在某介质中的传播速度之比也等于该介质的折射率,即

$$n=\frac{c}{v} \tag{1.2}$$

折射率是量纲一的量。相对两种给定介质来说,光在其中传播速度较大的光疏介质的折射率较小,光在其中传播速度较小的光密介质的折射率较大。空气、水、水晶的折射率(表 1.3)分别为 1.00、1.33、1.54,水相对空气是光密介质,相对水晶是光疏介质。不过密度较大的物质不一定是光密介质,水的密度比酒精大,但水对酒精来说是光疏介质。

当光从光疏介质进入光密介质时,入射角大于折射角;光从光密介质进入光疏介质时,入射角小于折射角。

现在我们终于明白了,神枪手要想击中水中的鱼,瞄准时要对准“鱼”的下方,偏低一定的角度。虽然在实际操作上不可能先测出角度再射击,但熟能生巧,长期练习获得经验后是能把握好这个角度的。

[例题 1] 设某种玻璃的折射率 $n=1.73$,光从空气与玻璃表面法线成 60° 角的方向射入这种玻璃,求折射角 γ 。

解:已知 $\alpha=60^\circ$, $n=1.73$ 。

$$n=\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}=1.73$$

所以

$$\sin \gamma=\frac{\sqrt{3}}{2} / 1.73=0.5$$

$$\gamma=30^\circ$$

答:折射角 γ 为 30° 。

[例题 2] 已知金刚石的折射率为 2.42,水晶的折射率为 1.54,求光在金刚石和水晶中的传播速度。

解:已知 $n_1=2.42$, $n_2=1.54$ 。

因为

$$n=\frac{c}{v}$$

所以

$$v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{3 \times 10^8}{2.42} \text{ m/s} = 1.24 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \times 10^8}{1.54} \text{ m/s} = 1.95 \times 10^8 \text{ m/s}$$

答: 光在金刚石和水晶中的传播速度分别为 $1.24 \times 10^8 \text{ m/s}$, $1.95 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

*[例题 3] 光在某种玻璃中的传播速度为 $v = \sqrt{3} \times 10^8 \text{ m/s}$, 要使光由空气射入这种玻璃时, 折射光线垂直于反射光线, 求其入射角。

解: 如图 1.7 所示, 已知 $\alpha = \beta$, $\beta + \gamma = 90^\circ$,

所以

$$\alpha + \gamma = 90^\circ$$

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sin \alpha}{\sin (90^\circ - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$$

$$\frac{c}{v} = n = \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{3} \times 10^8} = \sqrt{3}$$

所以

$$\alpha = 60^\circ$$

答: 入射角为 60° 。

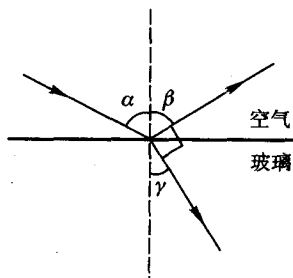


图 1.7

小实验

把两只同样的空水桶放在一起, 可观察到两个桶底的深度是一样的。若把其中一个桶装满水, 再与另一只空桶比较, 就会觉得装了水的桶底变浅了, 试说其中的道理。

习题 1-2

一、填空题

1. 光从空气射入水时, 入射角为 60° , 折射角为 41° , 那么当逆着同一光路从水射入空气时, 入射角为 _____, 折射角为 _____。
2. 光从空气中以相同的人射角射入甲介质和乙介质, 测出乙介质的折射角比甲介质小。那么, 两介质相比 _____ 是光疏介质, _____ 是光密介质。
3. 某种介质的折射率是 1.414, 当光从空气以 45° 的人射角射入这种介质时, 折射角为 _____。

二、计算题

1. 光从空气射入水中, 要想折射角等于 30° , 入射角应为多大?
2. 已知水的折射率为 1.33, 求光在水中的传播速度。
3. 已知玻璃的折射率为 1.52, 求光在玻璃中的传播速度。
- * 4. 从空气射入水中的光线, 在分界面上, 一部分被反射, 一部分折射入水中。入射角为 45° , 试求折射光线和反射光线间的夹角。

§ 1.3 光的全反射

“山不在高, 有仙则名”, 位于山东的蓬莱素有“蓬莱仙境”之美誉。原来那里多次出现过“海

市蜃楼”，过去的人们把“海市蜃楼”当成了“仙境”。

历史上不少文人墨客对那里的“海市蜃楼”有过记载和描述，近几年记者们还拍下了图片和录像。海市蜃楼多发生在无风的日子，远远的海天间或云海无人之处，突然出现楼台、城郭、树木等的影像，飘飘缈缈，给人以仙山琼阁的错觉，如图 1.8 所示。一旦风起云涌，此景立即消失。

其实此景既不是仙山，也不是琼阁。它是来自我们视野之外的房屋、树木等发出的（反射）光线，在特定条件下，经气层弯曲后进入我们眼中形成的像。

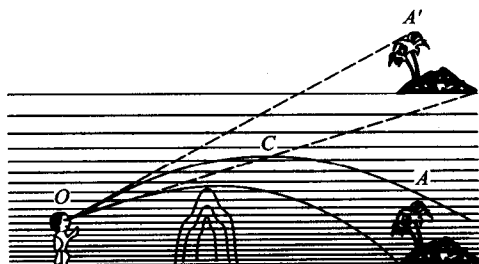


图 1.8 海市蜃楼

想一想

视野之外的光怎样才能折射弯曲进入我们眼中？

我们先观察光导纤维是怎样实现光的弯曲传播的。

光导纤维是近几十年来发展很快的新型光学材料。头发丝般粗细的光导纤维中，有一种透明的塑料（或玻璃）做的芯线，其外裹以折射率比芯线的折射率更小的包层。如果我们将一根光纤的一端对准强光束，如图 1.9 所示，然后弯曲光纤，却能在另一端看到传出的光。如果我们将许多根光纤聚成束，代替图 1.9 中的一根光纤，并在光的传播途中放一写有“A”字的透明玻璃片，我们就在光纤的另一端看到有“A”字的图样，如图 1.10 所示。

如果我们用一般的空心软管重复上述实验，就会发现，当管子不弯曲时还能从一端望见另一端的图像或光，只要管子稍一弯曲，就看不见另一端的图像或光。

产生两种不同现象的原因要从光的全反射说起。

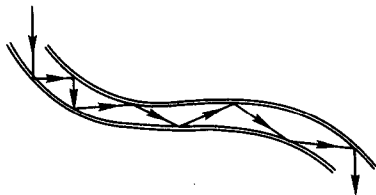


图 1.9 弯曲的光纤能传光

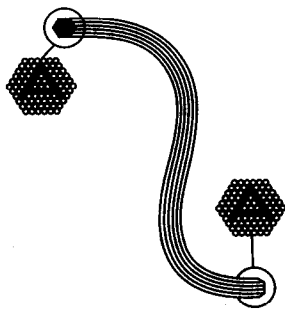


图 1.10 光导纤维传递图像

光的全反射 借助光具盘，让一束光从玻璃射向空气，如图 1.11 所示。我们能看到光折射到空气中形成折射光线，折射角大于入射角。反射光线很弱，因此看不到反射光线。逐渐增大入射角，折射光线逐渐偏离法线向界面靠近，而且越来越弱；反射线逐渐增强，如图 1.12 所示。当入射角增大到某一角度时，折射光线消失了，只剩下反射光线，如图 1.13 所示，光全部反射回玻璃中。