义务教育教科书

教师教学用书

物理

八年级

上册



人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社

义务教育教科书

教师教学用书

物理

八年级

上册



人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社
·北京·

前言

为便于教师更好地了解教材、进行教学，落实《义务教育物理课程标准（2011年版）》（以下简称《课标》）的教育理念，我们编写了这套教师教学用书，主要介绍了《义务教育教科书　物理》的特色、一些教学设计思路和案例，并提供了较多的教学资源。其中的主要内容如下：

•《课标》要求及课时建议

•编写意图

•教材分析与教学建议

•教学资源

为了使教师在每章的教学中随时了解《课标》对这部分内容的要求，把握好教学的尺度，本套书在每章开始的“《课标》要求及课时建议”中摘录了《课标》的相关内容。它们是设计教材、进行教学的根本。在这部分内容中，还给出了学习这一章所需课时的建议，供教师参考。

在“编写意图”部分，教材编者重点介绍了编写这一章教材时的一些想法，包括结构安排、各部分的关系、内容选取、活动编排、实验设计等，以便教师更好地理解和把握教材、用好教材。

“教材分析与教学建议”部分由教学第一线的优秀教师执笔编写。编者根据教学的需要和可能，对教材上所涉及的教学内容作了比较详细的分析与说明，对每节的内容提出了具体的教学建议。在每节前有明确、适当、具体、可操作性强的教学目标。在“教材分析与教学建议”中，重点分析了本节重要的概念、规律，注意将学生在学习这部分内容时容易产生的问题分析清楚，并提出可行的教学建议。例如，如何指导学生进行科学探究，怎样帮助学生进行学习，怎样使用教科书中的栏目、插图，等等。为了使教师对各重点、难点部分的处理有切实可行的参照案例，编者提供了“教学片段”。“教学片段”仅仅是对重点、难点进行的分析与处理，而不是整节课的教案。

编者除提供每一节“动手动脑学物理”的参考答案之外，还编写了补充练习供教师选用。

新课程给教师的职业素质发展带来新的需求和机遇。为了进一步提高初中物理教师的教学水平，本套书设置了“教学资源”专栏，为教师更好地处理教学中

的问题提供一些帮助。这部分的主要内容有：实验天地、物理史话、物理广角。

“实验天地”是对教材所介绍实验的补充，主要介绍一些在教学实践中效果较好的实验，供教师参考。

“物理史话”主要介绍物理学中一些重要概念的发展和规律得出的历程，展现科学家在探究这些规律中所用的方法，以及所蕴含的科学精神。

“物理广角”主要提供的是扩展性的内容，以扩展教师的视野，提高教学水平，如重要概念、规律的进一步解说，一些联系实际、联系科技内容的说明与补充等。

本书在编写过程中，得到了全国各地教研室的支持和帮助，许多教师给本书的编写提出了宝贵的意见和建议。在此，我们一并表示衷心的感谢！

新的教育理念尚需要在教学实践中进一步完善并落实，我们诚恳希望教师们为这次教育改革提供宝贵的经验。对于书中存在的缺点和错误，我们欢迎读者及时批评、指正。来函请寄“100081　北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼　人民教育出版社物理室”。

人民教育出版社物理室

2016年6月

目录

关于《探索物理》 1

一、 《探索物理》的特点 1
二、 需要转变的几个观念 3

科学之旅 5

一、 编写意图 5
二、 教材分析与教学建议 7
三、 教学资源 11

第一章 机械运动 17

一、 《课标》要求及课时建议 17
二、 编写意图 17
三、 教材分析与教学建议 20
四、 教学资源 31

第二章 声现象 38

一、 《课标》要求及课时建议 38

二、 编写意图 38
三、 教材分析与教学建议 41
四、 教学资源 56

第三章 物态变化 75

一、 《课标》要求及课时建议 75
二、 编写意图 76
三、 教材分析与教学建议 78
四、 教学资源 99

第四章 光现象 116

一、 《课标》要求及课时建议 116
二、 编写意图 116
三、 教材分析与教学建议 119
四、 教学资源 144

第五章 透镜及其应用 158

一、 《课标》要求及课时建议 158
二、 编写意图 158
三、 教材分析与教学建议 162
四、 教学资源 181

第六章 质量与密度 192

一、 《课标》要求及课时建议 192
二、 编写意图 192

三、 教材分析与教学建议 195
四、 教学资源 209

附录1 教学案例 215

一、 “物态变化”复习课 215
二、 平面镜成像 218

附录2 教学设计的内容及应注意的问题 225

一、 教学设计的内容 225
二、 教学设计中应注意的问题 227

关于《探索物理》

《义务教育教科书　物理》是根据教育部2011年12月颁布的《义务教育课程标准（2011年版）》，在原人民教育出版社2006年3月第3版《义务教育课程标准实验教科书　物理》基础上改编而成的。这套初中物理教科书，跟新课程标准的理念一致，倡导探究式的学习，强调科学与实际、科学与社会的联系，因此我们又给这套书起了一个名字：《探索物理》。

一、《探索物理》的特点

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》及《课标》所提出的教育理念及目标，《探索物理》在知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观等多方面统筹考虑，力争编出有特色的初中物理教材。下面是这套教材的主要特点。

1. 强调学生的探究活动，把科学探究的学习和科学内容的学习放到同等重要的地位

科学的本质是对未知事物的探究。通过科学探究活动，学生不仅可以学到科学知识，还可以体验科学研究的过程、了解科学方法，受到科学价值观的熏陶。

基于这样的认识，新教材本着循序渐进的原则，精心设计了科学探究的活动。

教材从序言“科学之旅”开始，通过让教师演示一些有趣的实验及学生亲自动手做一些与生活联系密切的实验、活动，再介绍“伽利略对摆动的研究”，使学生初步了解、体会探究的含义及探究的方法。当学生对探究的过程有了较多的感性认识之后，再让学生相对完整地探究“固体熔化时温度的变化规律”，将《课标》中提到的科学探究的七个要素都呈现出来，并对学生提出了具体的要求。在此之后，为了避免重复和僵化，根据探究活动的不同特点，教材只重点地标出几个要素。我们希望，这种安排有利于学生学习科学探究的知识，而不影响科学知识学习的连贯性。

学生学习中的探究活动，大多数不同于实际生活及科学研究中的探究，其本质区别在于前者的结论是已知的，后者的结论是未知的。从事这两种不同的探究时，心理活动不完全一样，体验也就有很大的差别。为了缩小这种差别，对有些规律的探究，书中不直接给出结论，而是让学生通过探究活动，自己思考、总结出相应的结论。例如，对第五章中的“探究凸透镜成像的规律”，教材是作为教学重点处理的，但书中没有直接给出结论，而是要由学生自己通过探究得出。考虑到教学的实际情况，对于大部分的探究活动，教材在书

中都给出了结论。但是，在文字处理上一般都淡化结论和探究过程的直接联系，例如不出现“通过以上探究我们可以看到……”的描述，而由教师在适当时机向学生介绍结论。这样处理的目的同样是缩小学习中的探究与真实探究的差距。

课程改革的核心是学生学习方式的改变，我们希望，《探索物理》加强探究的特点有助于推动这种变化。

2. 加强了开放性问题和实践性课题的设计

为了使学生的思维更灵活、开放，与过去的教材相比，这套书有意设置了一些开放性的问题。

教材中开放性的问题有两类：一类需要学生自己寻找所需的资料、数据，另一类则没有唯一正确的答案或在初中阶段不要求学生知道这个问题的答案。对于前一类，重在学生寻找资料的过程，教师可以提供线索，但绝对不应提供现成的数据；对于后一类，重在学生自己的思考与探究，教师没有必要大包大揽。

教材除在正文中注意联系实际问题、培养学生的实践意识，还在“科学世界”“STS”“动手动脑学物理”等栏目中安排实践性课题，以引导学生去实践、学习。

3. 充分体现STS的思想，注意人文精神的渗透

科学技术问题都是直接或间接与社会相联系的。强调科学技术的社会意义，是当前科学教育的一个重点。《探索物理》特意安排了STS栏目，介绍、探讨科学技术与社会之间相互关联的问题。不仅如此，在教材中其他部分也尽力渗透STS的思想和科技人文的意识。

4. 注意扩大学生的知识面

教材设立了“科学世界”栏目，用于介绍那些与物理知识相关的应用性（如教材第一章中的“超声波测距”）或细节性的知识。教材还尽可能地在各栏目中安排了一些虽然是非基础，但却十分有用或有趣的知识，例如眼睛的度数、楼道内电灯的自动开关等。

每章的章首图及其十分简要的文字说明也是扩大知识面的一个渠道。

5. 形式生动活泼

《探索物理》力求生动活泼。编者尝试以视觉形象向学生传递更多的信息，为此使用了很多彩色照片和图片。能够用图表达的意思就尽量用图片表达，不追求图文一一对应，以适应当代少年的阅读习惯。

本套教材的插图人物以漫画形式出现，有女孩、男孩和老爷爷三个固定的人物形象。有些以滑稽的卡通画表现严肃的科学内容，这些做法都是为了贴近初中学生的生活，适应初中学生的学习水平，也希望他们通过学习物理，逐渐形成热爱科学的态度和乐观向上的人格。

二、需要转变的几个观念

在使用本套教材的时候，教师应该转变某些陈旧的教育观念。除了《课标》中提到的基本理念外，下面着重说明使用教材时应该注意的几个具体问题。

1. 不是教材中的所有内容都要由教师在课堂上讲授

例如，眼睛的结构和功能在初中生物课中也有涉及，但是研究的角度、写作的风格和强调的侧重点都不一样，所以本书仍把眼睛和眼镜一起写出。尽管如此，这段内容比较简单，要求也不高，文字又很通俗，所以完全可以让学生自学。

在“STS”“科学世界”等栏目中的许多内容都可以如此处理。

2. 不是教材中的所有字句都要求学生学懂、学会

例如，在第3章“STS 电冰箱与臭氧层”中提到了“额定耗电量”“能效等级”，前者是还没有学到的知识，后者则不属于初中物理学研究的范畴。本书有意在电冰箱的技术参数中安排这些项目并不加解释，目的是拉近课堂与实际的距离。在实际生活中，不知道的，甚至永远不可能弄懂的东西太多了，学生要学会容忍这种状况。不仅如此，还要学会从许多不懂的东西中找到能够理解的那部分并加以利用。

3. 各个栏目都应得到重视

为了便于学习，《探索物理》的课文内容被分别安排到若干“栏目”之中，但这并不意味着哪些栏目是必须在课上讲的，哪些是可学可不学的。例如，《课标》要求“用水的三态变化说明自然界中的一些水循环现象。了解我国和当地的水资源情况，有关心环境和节约用水的意识”。考虑到这段知识的特点，这套教材把它安排在STS栏目中了。

4. 评价方式要作相应改变

《课标》把科学探究的学习与科学知识的学习放到了同等重要的地位，对学生学习的评价也应该同样重视这两个方面。

对于科学探究的评价，要注意记录学生对探究活动的参与程度，活动中的表现等过程性评价。不能只注重对结果的评价，忽视对探究过程的评价。

《课标》对于初中物理的定量要求少了，对于解释各种物理现象、体现科技人文的意义等要求多了。遵照这个精神，同时考虑到表达与交流在现代社会生活中的重要性，本套教材增加了很多要求学生书面和口头表达的课题。因此，评价的形式也应该作相应的调整。

5. 以《课标》作为指导教学和检查教学的标准

教学资源有很多种，教材只是其中的一种，而且教材的版本已经多样化。教师应该适

应这样的变化。一方面，教学活动的安排应该按照《课标》的要求来进行，不以某一种教材的表述为判断正误及要求高低的标准；另一方面，要参考多种教材及其他资料，以拓展自己的知识面，适应新课程教学的需要。

科学之旅

一、编写意图

（一）“科学之旅”在教材中的地位和内容结构

“科学之旅”相当于全套书的序言。教材从海边拾贝壳的孩子引入课题，比喻学习科学的过程是一个科学探索的过程，充满乐趣和艰辛，这样就给全书定下了科学探究的基调。让学生了解物理课程的性质、内容、学习方法，以及物理学的重要性是本课的一个主要任务。如果直接对一个初中生枯燥地讲这些内容，就会使学生失去继续学习的兴趣。所以，教材只用了一句话简单地介绍了物理学的研究内容，接下来就用具体的实验让学生体验学习物理的乐趣。

“科学之旅”主要由“有趣有用的物理”“怎样学习物理”两部分组成。在“有趣有用的物理”部分，教材给出了四个有趣的物理实验。通过这几个小实验引起学生的好奇心，以激发学生对物理的兴趣。之后通过联系生活实际说明物理不仅有趣，而且有用。在“怎样学习物理”中，教材在讲了学好物理应“善于观察，乐于动手”“勤于思考，重在理解”“联系实际，联系社会”之后，特别增加了“伽利略对摆动的研究”的材料，并留下了几个供讨论的问题，使学生一开始就初步了解科学探究的方法。

（二）凸显实验在物理教学中的地位，激发学生探究物理的兴趣

实验是物理概念和规律建立的基础，对于帮助学生学习物理知识和培养他们的创新精神有重要的意义。物理实验对刚接触物理的初中生而言，既新鲜，又神秘，这正是培养学生的学习兴趣、激发学生求知欲的好时机。教材设计了演示实验和学生亲自动手的实验，让学生观察和操作。这些实验现象与已知的日常经验不同，然而却是真真切切地观察到的，这样就会激起他们的认知冲突，引发进一步学习物理知识的欲望。

在观察教师的演示实验后，学生已经跃跃欲试，非常想自己动手做实验了。教材在“想想做做”这个栏目中安排了两个简单实验。“透过放大镜看，物体总是放大的吗？”这是学生做的第一个实验，器材简单易行。用放大镜看指纹，是放大的；看窗外的物体，是

缩小的。前者学生熟悉，后者学生就不一定注意到了，他们往往认为用放大镜看东西总是放大的。这样就可以引起认知冲突，打破思维定势，激发学生的兴趣。“乒乓球会下落吗？”这个实验所需器材容易找，作为初中生，实验本身没有太大的难度。根据学生的生活经验，学生会认为：“松手后，乒乓球会掉下来，从漏斗口向下用力吹气，乒乓球会掉得更快。”但学生做了这个实验后会惊奇地发现，乒乓球居然能悬在漏斗中。

通过这些实验，学生经历了猜想和假设以及实验的过程，得出的结果出人意料，激发了学生探究物理的乐趣。

（三）强调科学·技术·社会的教育

物理学的发展推动了社会的发展，物理学在生活中的应用有无数事例。教材精选了一个跟学生的生活息息相关的科学事实——万有引力与我们生活的关系来说明。这是因为随着科学技术的进步，大量的科学内容从各种渠道对学生的学习产生影响，教材早已不是学生学习物理学的唯一资源。教材抓住学生感兴趣的用人造地球卫星进行通信的问题，展示物理知识是有用的，也切合了科学教育的时代性。

在人类社会的发展进程中，许多物理学家对科学的进步作出了巨大的贡献。牛顿是一名有卓越成就的物理学家，值得世人景仰。在科学教育过程中，应该适时适度地向学生介绍一些科学家和他们对人类的贡献，有益于学生人生观、价值观的形成。

另外教材也引导学生思考不恰当地使用科技成果带来的弊端。“绿色节能的太阳能建筑”图片就是为了启发学生从能源的角度思考可持续发展的问题而安排的。

（四）通过科学家的探究过程，介绍科学探究的方法

物理学的研究方法是在不断发展的。在古代，人们主要是靠不充分的观察、思辨性的猜测和简单的推理，直觉地、笼统地去把握物理现象的一般特性。而伽利略的发现以及他所应用的科学推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一，标志着物理学的真正开端。所以教材用“伽利略对摆动的研究”的故事展示科学家探究未知世界的过程，让学生了解什么是科学探究。这个探究活动所用器材简单，容易理解，也容易模仿。这里并不要求学生学习单摆的知识，只是通过这个故事让学生了解科学家是如何工作的，了解科学探究的要素和过程。

“据说，某个星期天，伽利略在比萨大教堂参加活动，教堂穹顶上的吊灯因风吹过不停地摆动，伽利略被摆动的节奏吸引住了。他发现，尽管吊灯的摆动幅度越来越小，但每一次摆动的时间似乎相等。”——要学会从日常生活、自然现象或实验观察中发现问题。

“伽利略决定仔细地观察。他知道脉搏的跳动是有规律的，于是便按着脉注视着灯的摆动，发现每往返摆动一次的时间的确相同。这使他又冒出一个疑问：假如吊灯受到一股强风吹动，摆得高了一些，以后每次摆动的时间还是一样的吗？”——根据经验和已有知识对问题的成因进行猜想与假设。

“回到宿舍后，他用铁块制成一个摆，把铁块拉到不同高度，用脉搏细心地测定摆动所用的时间。结果表明，每次摆动的时间仍然相同。尽管用脉搏测量时间并不精确，但已经可以证明他最初的想法是正确的，即‘不论摆动的幅度大些还是小些，完成一次摆动的时间是一样的’”。——根据猜想与假设制订实验计划，进行实验研究，通过分析归纳得出问题的答案。

“这在物理学中叫做‘摆的等时性’。各种机械摆钟都是根据这个原理制作的。”——利用探究的结果来解决实际问题。

从伽利略的结论到惠更斯找到的摆的周期与摆长间的数学关系，再到牛顿发现的万有引力定律，人们最终对摆动的规律作出了圆满解释。这说明科学探究是逐步深入的，科学之旅就是人类永无止境的探究历程，从而激发学生探索未知世界的愿望。

二、教材分析与教学建议

（一）教学目标

1. 认识物理是有趣的、有用的。
2. 通过观察和实验，激发学习物理的兴趣。
3. 了解学好物理应注意的问题。
4. 初步了解科学探究的方法。

（二）教材分析与教学建议

教材篇首的创意来源于大家熟知的关于牛顿拾贝壳的话，原文摘录在课文的最后，用以明示科学之旅是人类永无休止的探究历程。配文不用教师讲解，但可以让学生在课上有感情地朗读。如果有条件，可以在学生朗读时播放背景音乐。使学生在读、听的过程中有所思、有所想，同时获得美的享受。

物理学既有趣又有用。物理教育的重要作用之一在于保持学生对大千世界的好奇心和求知欲。要使学生认识到物理有趣，唤起学习的欲望，就应该引起他们的认知冲突。

在初中物理中，实验现象往往是形成兴趣的思维基础，观察、实验是初中物理学习的重要环节。本课应该多展示实验的魅力。因此，本课精心设计了一些有趣的实验，以激发学生学习物理的兴趣。

1. 演示实验

实验前，教师应引导学生，让他们经历提出问题、进行简单的猜想和假设的过程。然

后再通过实验，观察现象并检验先前的猜想和假设。如有可能，可以在此基础上继续猜想。

“停止沸腾的水，浇上冷水后会怎样？”这个实验提出了一个让学生疑惑的问题：停止沸腾的水，浇上冷水后还会再次沸腾吗？在日常生活中，我们常常用冷水来降低物体的温度。学生通常认为只有提高温度才能使停止沸腾的水重新沸腾起来。实验中，给停止沸腾的水浇上冷水后，水又重新沸腾起来。由于这个实验现象与日常观察到的现象相悖，可以激起学生的认知冲突。

在“小‘人’为什么会随着音乐起舞”实验中，可以先把小“人”放在桌面上，学生唱歌或者用录音机播放音乐，小“人”都不跳舞。然后把它放在小舞台上，随着音乐的旋律，小“人”会在台面上翩翩起舞。把它重新放回桌面上，又不跳舞了。这就使持不同观点的学生在判断上出现冲突，进而对小舞台发生兴趣。这个有趣、生动，又引人深思的实验现象，可以使学生感受艺术美和科学美，进而感受物理奥妙无穷，能够激起学生求知的愿望。

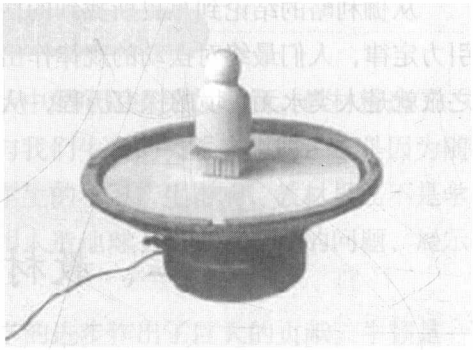


图0-1　跳舞小“人”

这个演示实验的器材需要教师自己制作。小舞台的台面是一个纸盒，其中藏着一个扬声器，盒的上表面紧贴着扬声器的喇叭口（图0-1）。跳舞小“人”用圆柱形的塑料小瓶制作，它的“脚”用棕毛做成（剪下一截毛刷粘在小瓶的下面就行了，小瓶的重和棕毛的长短要经过试验调试）。

这两个实验现象可以试着让学生自己作出说明和解释。对学生的解释，教师应该鼓励其积极参与，敢于发表自己的看法。对学生的观点不要判断正误，只告诉学生这些都是我们今后需要探究的问题就达到目的了。教学中，也可以根据地区和学生的实际情况换用其他实验，只要能够激发学生的学习兴趣就可以了。

2.“想想做做”栏目

这个栏目是为引导学生自己做实验而设置的。教材设计的这两个实验，器材容易找，实验方法简单，效果明显，容易引起认知冲突。

在用放大镜观察物体的实验中，学生用放大镜看指纹，是正立放大的；看窗外的物体，却是倒立缩小的。前者是学生熟悉的现象，后者的现象学生并不熟悉，他们往往认为用放大镜看到的东西总是被放大的。要提醒学生注意，不要用凸透镜对准强光源观察，例如太阳等。

放大镜为什么会产生这样的现象？通过实验观察来引起认知冲突，可以激发学生探究科学真谛的兴趣。这个认知冲突，也为教材第五章的探究凸透镜成像的规律作了一定的铺垫。

本实验所用的器材简单，不仅对学生的日常生活经验构成挑战，对培养学生的科学态度也有积极意义。从课程开始之时就应注意培养学生尊重客观事实的科学态度，这是今后学好物理所必需的基本素质，它比背诵一个科学结论更加重要。

通常，对于凸透镜所成的实像，实验都用一个光屏去承接。这里则是用眼睛作为光屏在光传播的路径上直接接收通过透镜的光。这一点不必讲给学生，但教师心里要明白。

学生根据以往的经验知道，把乒乓球放在一个倒扣的漏斗中，即使不去吹，只要一松手，乒乓球就会落下。在做这个实验前让学生猜想这个实验的结果，学生的猜想大多是根据前概念提出的。如果出现这种情况，可以让学生来吹漏斗，不成功时教师再吹。当教师通过漏斗用力吹下面的乒乓球时，乒乓球不仅没有落下，反而因被吹而贴在漏斗中。这个现象既出乎学生的意料，又会使他们感受到学习物理的重要性。

做这个实验时，要注意开始不要把球和漏斗贴得太紧，先吹气后放手，且吹气要持续有力，否则不易成功。本实验用的漏斗，可以使用实验室的玻璃漏斗，也可以用生活中的物品代替。

3. 物理是有用的

教材用了几幅图来展示有用的物理。它描述了一条科学事实：拉住月亮的力、拉下苹果的力、拉住人造地球卫星的力是同一种力——万有引力。牛顿正是在这种猜想的指导下，发现了万有引力定律。由于发现了万有引力定律，我们才有了今天的通信卫星。在物理学发展的历史过程中，许多物理学家敢于进行科学猜想，为物理学的发展作出了巨大的贡献。

这几幅图也体现了本书“从生活走向物理，从物理走向世界”和“科学就在你身边”的宗旨。教师处理这些内容时，可以动员学生一起收集材料，教学中可以稍做展开，目的是使学生体会到物理学与我们生活的关系。要从激发兴趣和STS教育两方面入手，吸引学生的注意力。本节课的重点是事实、现象的展示，不要涉及过深的物理内容。

4. 怎样学习物理

（1）善于观察，乐于动手

这就是平常所说的观察和实验。教材没有用“实验”这个词，主要是考虑到对于初中学生来说，不仅要做较完整的实验，恐怕更多是做小实验、小制作，调查研究等。对于各种形式的动手实践活动，用“善于观察，乐于动手”的说法可能包容性更强一些。

关于“观察”，要强调它与平时的“看”一词的不同之处在于：“观察”是有目的的。例如对于生活在城市的学生，可以问一问，有多少人知道，路口的红绿灯（如果是竖排的）哪个颜色的灯在下面，哪个在上面？恐怕多数人都是“视而不见”。但是，通过有目的的观察，所有学生都能得到正确答案。

对于“观察”和“看”的不同，教师也可以通过演示实验加深学生的体验。例如，先演示滚摆的运动，然后再问学生看到了什么。根据学生的回答，再问学生一些不曾留意的问题，如运动快慢的问题、摆轮转向的问题等，然后带着这些问题再次观察滚摆的运动。

以便培养学生带着问题观察物理现象的习惯。

让学生学会观察，是初中物理教学的重要任务。

教材中的图 7 、图 8 展示了生活中常见的两个现象。一个是热现象、一个是电现象，可以让学生讨论后回答，教师没有必要解释其中的道理，目的是使学生体验到开展讨论的必要性。以后在学到相关知识时，自然会明白其中的奥妙。同时提醒学生：科学不仅在课堂上，更多的时候就在我们身边。让学生注意提高自己的观察能力，看看自己是不是“有心人”。这两个例子一方面可以引导学生观察身边的科学现象，同时也为教师提供了一个在“情感态度与价值观”方面考查学生的实例。

教材中的图 9 和图 10 展示了两个实验。这两个实验，做起来都很简单，一定要让学生自己动手做一做。在这两个实验后面都问了“为什么”，目的是引发学生的思考，并不要求学生正确回答，教师也不必给出答案。但在学生做过之后，教师一定要问。发问的目的是告诉学生，实验的时候不仅要动手，而且要动脑。这是为下面的“勤于思考，重在理解”作准备，一定要让学生试着回答，以培养学生的探究精神。

（2）勤于思考，重在理解

教材中的图 7 至图 10 举了四个例子，包括两个观察和两个实验。结合这四幅图应特别强调用“存疑”的眼光看待各种现象。这部分内容的教学目的是激发学生去思考，是“设疑”，但不要求得出正确的结果。教师还可以因地制宜，再开发一两个小观察、小实验。

（3）联系实际，联系社会

物理教学应注重理论联系实际。与过去相比，除了联系技术应用和自然现象外，更加强调科学技术与社会的关系，即科学 · 技术 · 社会（STS）的教育。可以让学生发表自己的看法，如果没有现代科学技术的应用（例如电视、电话、汽车、飞机、人造卫星……），我们的生活会是什么样的。同时让学生讨论，由于滥用技术，给人类带来了哪些问题，例如能源短缺、环境污染等。教材中的图 11 展示了综合利用太阳能的建筑，建筑物中的供暖、制冷、发电等都可以用取之不尽的清洁能源——太阳能。可以让学生结合自己的生活举出一些可持续发展的例子，说明科学的发展会给人类的未来提供更多新能源。

（4）伽利略对摆动的探究

设置这段材料的目的是提高学生对于科学探究的欲望，倡导学生像科学家那样，追求科学问题的答案，勇敢探究未知世界。在教学过程中，可以在阅读之后让学生仿照伽利略的方法做实验（可在课外进行）。这个实验探究并不难，只要肯动手，都能获得跟伽利略相同的结论。通过模仿，可以使学生感到科学探究并不高深。

教学中要重视这段材料后的 4 个问题。其中第 4 个问题是开放性的，见仁见智，可由学生自己发挥。

观察、提出疑问、形成猜想、证实猜想，这些都是科学探究活动的要素。本书的指导思想之一是把科学探究的方法，即“程序性”的技能，拿到前台来进行教学，而不是仅仅

隐含在科学知识的教学中让学生自己去感悟。因此，学生在这篇材料中尝试找出这些要素，并在后续课程中不断熟悉、完善并细化这些技能，对学生学习能力的提高是有好处的。

三、教学资源

（一）实验天地

1. 单摆

在细线的一端拴一个小球，另一端固定在悬点上。如果线的伸缩和线的质量可以忽略，球的直径比线的长度短得多，空气等产生的阻力也可以忽略，这样的装置就叫做单摆。单摆是实际摆的一种理想化模型。

拉开摆球，使它偏离平衡位置，然后放开，摆球就在重力G和拉力F_t的作用下沿着圆弧CB往复摆动，弧的中点O是它的平衡位置（图0-2）。

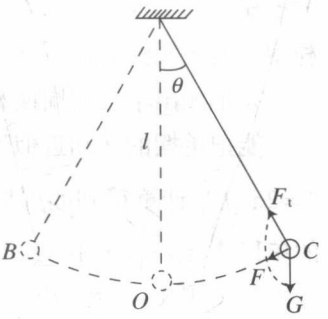


图0-2　单摆

理论研究表明，一般情况下单摆的运动不是简谐运动，但是当摆角很小时，可以近似地看作简谐运动。

2. 单摆的周期

天文馆大厅里的单摆（图0-3），周期有几十秒，屋顶悬挂的电灯，摆动的周期往往不到1 s。哪些因素能够影响单摆振动的周期？我们猜想，这些因素可能包括振幅、摆球质量、摆长，还可能有别的因素。下面通过实验看一看，我们的猜想是否正确。

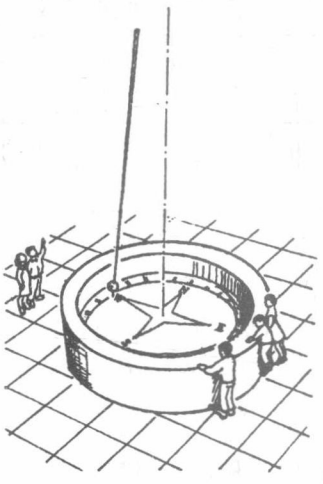


图0-3　天文馆大厅里的单摆

实验1

取一个长约1 m的单摆，在摆角比较小的时候（例如小于10°）测出它摆动一定次数（例如50次）所用的时间，然后在更小的摆角下测定摆动相同次数所用的时间。

实验发现，摆角不同时，摆动相同次数所用的时间是相同的。这就是说，这个摆的振幅虽然改变了，它做简谐运动的周期却没有改变。事实上，只要保持足够小的摆角，无论怎样改变一个单摆的振幅，周期都是不变的。单摆做简谐运动的周期跟振幅没有关系，这种性质叫做单摆的等时性，是伽利略首先发现的。

实验2

取两个大小相同，质量不等的摆球拴在两条等长的细线上，制成两个等长的单摆，测量它们的周期。

从这个实验可以看到，单摆做简谐运动的周期跟摆球的质量没有关系。

取不同长度的单摆测定它们的周期，我们发现，摆长越长，周期也就越长。

理论研究证明，做简谐运动的单摆的周期T除了跟摆长l有关外，还跟重力加速度g有关，这个关系可以写成如下的公式

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

从这个公式可以看出，单摆的周期跟摆长的二次方根成正比，跟重力加速度的二次方根成反比。由于单摆的摆动只有在摆角较小时才能近似地看做简谐运动，所以这个公式实际上是个近似公式。荷兰物理学家惠更斯早在1656年就通过实验得到了这个公式，并且利用摆的等时性制成了摆钟。

如果测出单摆的周期和摆长，就可以利用单摆测定当地的重力加速度。

能把单摆的摆动近似地看作简谐运动吗？只要看看一个单摆实际的摆动周期跟由公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$计算得到的周期有多大差别，就能知道了。表0-1列出了一个长度为1.000 0 m的单摆，在$g=9.801\ 2\ \text{m/s}^2$的地点，利用公式计算得到的周期对于不同摆角时实测周期的误差。从表0-1中可以看到，即使摆角大到15°，公式计算的误差也不到0.5%。这个误差很小，所以可以把单摆的摆动看作简谐运动。

表0-1

摆角θ/(°)	3	6	9	12	15	18	21
实测周期T/s	2.007 3	2.008 3	2.010 1	2.012 5	2.015 6	2.019 3	2.023 8
计算周期T'/s	2.007 0	2.007 0	2.007 0	2.007 0	2.007 0	2.007 0	2.007 0
误差$\frac{\lvert T'-T\rvert}{T}$	0.02%	0.07%	0.15%	0.27%	0.43%	0.61%	0.83%

（二）物理史话

万有引力定律的发现

（1）天体的运动

地球上的人类很早就注意到日月星辰的运动。人们从农牧业生产和航海的需要出发，早就开始了对天体运动的观测和研究。我国在三千多年前，就根据对天体运动的观测制定

了相当严密的历法。其他文明古国，例如埃及、印度、巴比伦、希腊等，也在古代就开始了对天体运动的研究。

天体究竟是怎样运动的呢？对天体运动的认识，历史上曾经有过两种不同的观点：地心说和日心说。

地心说认为地球是宇宙的中心，是静止不动的，太阳、月球和其他行星都围绕地球运动。地心说是以亚里士多德为代表的哲学家们提出的。他们还认为，天体都沿着最完美的轨道——圆周运动。公元2世纪，天文学家托勒密写了《天文学大成》一书，使地心说进一步得到发展和完善。由于地心说符合人们每天看到的日月星辰从东方升起、从西方落下的现象，又符合天主教关于地球是宇宙中心的教义，因而得到教会的支持，长期被当作信条。

随着人们对天象观测的深入，所得到的天文资料日益丰富。人们发现，实际观测到的行星位置与按地心说推算出的偏差越来越大。这表明地心说没有揭示行星运动的本质规律。

16世纪，波兰天文学家哥白尼根据天文观测的大量资料，经过40多年的天文观测及潜心研究，提出了日心说。日心说的主要内容是：太阳是宇宙的中心，地球和其他行星都围绕太阳公转，并且自转着。图0-4是简化了的哥白尼体系行星轨道。哥白尼的日心说基本反映了行星的运动情况，能够简明地说明许多天文学的问题，很快就传开了。但是，日心说不符合宗教的教义，被教会视为异端邪说。意大利人布鲁诺因坚持日心说被教会用火烧死，伽利略也因为宣传日心说受到教会的审讯和囚禁。直到1979年，在大量的事实面前，教会才迫不得已宣布对主张日心说的人的迫害是错误的，承认地心说是不正确的。

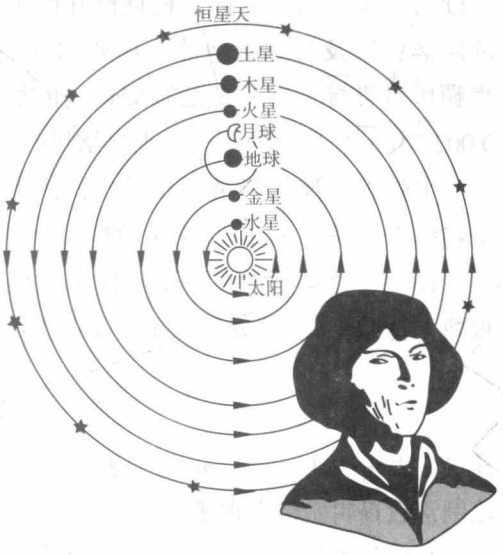


图0-4　简化了的哥白尼体系行星轨道

要研究行星运动的规律，需要对行星进行观测。丹麦天文学家第谷连续20年对行星的位置进行细致的观测和认真记载，积累了大量高度精确的数据。在这些数据的基础上，他的学生开普勒经过四年多刻苦、周密的计算，先后否定了数十种设想，终于发现了行星沿椭圆轨道运行的规律，把天文学又向前推进了一大步。

（2）星体之间的引力

17世纪，科学家们为了说明行星为什么绕太阳运动的问题，提出了各种不同的看法。胡克、哈雷等科学家认为，行星绕太阳运动，必然是受到了向心力的作用，向心力是来自太阳的引力。他们还猜想，这引力的大小跟太阳和行星之间距离的二次方成反比。

牛顿根据力学原理也认为，太阳对行星的引力是行星围绕太阳运动的原因，并且运用开普勒在天文学方面的研究成果和自己在力学方面的成果，从理论上证明了引力的大小跟

距离的二次方成反比。牛顿的证明表明，这个引力还跟太阳和行星质量的乘积成正比。如果用$m_{太}$表示太阳的质量，m表示行星的质量，R表示太阳和行星间的距离，牛顿的研究成果可表示为

$$F \propto \frac{m_{太} m}{R^2}$$

牛顿还研究了卫星的运动。他认为，行星和卫星之间的引力跟太阳和行星之间的引力是同一种性质的力。因此，月球受到地球对它的引力

$$F \propto \frac{m_{地} m_{月}}{r^2_{月地}}$$

（3）万有引力定律

牛顿假定使月球绕地球运动的力与使苹果下落的力是同一种力，同样遵从“平方反比”的规律。月球到地球的距离是地球半径的60倍，因此，月球绕地球运动的加速度应该是地球上自由落体加速度的$\frac{1}{60^2}$，即0.002 7 m/s^2。另一方面，根据已知的地球与月球之间的距离，以及月球绕地球一周要27天这一观察事实，牛顿可以直接算出月球的圆周运动的加速度实际上是0.002 7 m/s^2。牛顿的假设与观察结果一致。



图0-5

牛顿将上述结果进一步推广，认为宇宙间任何两个物体之间都存在着互相吸引的引力（图0-5），这种引力叫做**万有引力**。

1687年，牛顿发表了万有引力定律：任何两个物体间都有相互吸引的力，引力的大小跟两个物体质量的乘积成正比，跟它们间距离的二次方成反比。用公式表示，即

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中F表示引力，m_1、m_2分别表示两个相互吸引物体的质量，r表示两个物体间的距离。比例常数G叫做引力常量。

在国际单位制中，$G = 6.67 \times 10^{-11}$ N·m^2/kg^2，这是个非常小的量。

知道了G值，由万有引力定律可以算出，两个质量为1 kg的球相距1 m时，它们间的引力只有6.67×10^{-11} N。这个力太小了，难怪人们觉察不出它的存在。通常物体间的万有引力都可忽略不计，但因为天体的质量非常大，所以天体间的万有引力往往大得惊人，例如，太阳与地球间的引力是3.56×10^{22} N。正是这样巨大的引力，才使地球绕太阳运行，而不能离开太阳运行到别处。

万有引力定律的发现是17世纪自然科学的最伟大成果之一，它揭示了自然界中一种基本的相互作用——引力的规律，这对物理学和天文学的发展产生了深远的影响。

（三）物理广角

人造地球卫星

人造地球卫星是一种绕地球运动的人造天体。在17世纪，牛顿就指出了发射人造地球卫星的可能性。

牛顿在解释了月球绕地球运行的原因后就明确指出，如果我们在高处平抛出一块石头，那么抛出的速度越大，石头在落地前所经过的路程越远。可以设想，如果抛出物体的速度足够大，物体将永远在空中运动而不再落到地面上（参看图0-6，这是牛顿在他的著作中画的一幅原理图）。这是容易理解的。通常我们抛出的物体总要落到地面上，那是由于速度不够大，地球对它的引力使它改变运动方向，于是最后就落到地面上了。如果在高处沿水平方向以足够大的速度抛出一个物体，地球对它的引力等于它做圆周运动的向心力时，它就能够不停地做圆周运动而不落到地面上，这时的物体就成了地球的人造卫星了。

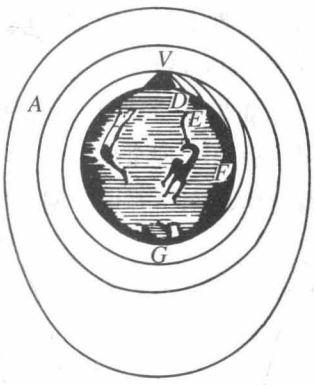


图0-6

要让人造卫星不落到地面上，需要有多大的速度呢？这可以从万有引力定律和圆周运动的规律计算出来。如果人造卫星绕地球做匀速圆周运动，那么地球对它的引力就等于它的向心力。用m表示人造卫星的质量，用$m_{地}$表示地球的质量，用r表示人造卫星到地心的距离，G是万有引力常量，v是人造卫星的运行速度，就有

$$G\frac{mm_{地}}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$$

所以

$$v=\sqrt{\frac{Gm_{地}}{r}}$$

这表明，r越大，即卫星离地面越高，所需要的环绕地球的速度越小。对于离地面不太高的人造卫星，可以认为r近似等于地球半径R，即$v=\sqrt{\frac{Gm_{地}}{R}}$。把$G=6.67\times10^{-11}\ \mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$，$m_{地}=6.0\times10^{24}\ \mathrm{kg}$，$R=6.4\times10^{6}\ \mathrm{m}$代入上式得

$$v=\sqrt{\frac{Gm_{地}}{r}}=\sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times6.0\times10^{24}}{6.4\times10^{6}}}\ \mathrm{m/s}$$
$$=7.9\ \mathrm{km/s}$$

人造地球卫星种类很多，如通信卫星、气象卫星、测地卫星、导航卫星、科学试验卫星、军事侦察卫星，等等。现在这些卫星被广泛用于广播电视通信、矿产资源调查、气象预报、大地测量、水情测报、农作物估产、病虫害监测、环境监测、导航、侦察以及其他

科学研究等方面。

用于全球通信和电视转播的卫星，通常被发射到一个特殊的轨道上去。在这个轨道上，卫星运行的周期跟地球的自转周期相同，因此从地面上观察，这种卫星好像是高悬在天空静止不动似的。这种卫星叫做地球同步卫星，它的轨道高度约为36 000 km。

如果在赤道上空等间隔地分布三颗同步卫星，就可实现全球通信（图0-7），世界各地的电视、电话网络皆可联网，通过卫星中继站转播。

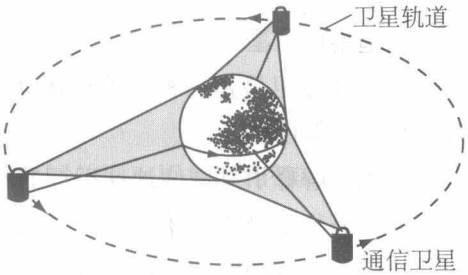


图0-7

第一章
机械运动

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.1.1　知道机械运动，举例说明机械运动的相对性。

2.2.1　会根据生活经验估测长度和时间。会选用适当的工具测量长度和时间。

2.2.2　用速度描述物体运动的快慢。通过实验测量物体运动的速度。用速度公式进行简单计算。

（二）课时建议

第1节	长度和时间的测量	2课时
第2节	运动的描述	1课时
第3节	运动的快慢	2课时
第4节	测量平均速度	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

本章是此套教材的起始章，讲述测量和运动的初步知识，主要内容有：长度和时间的测量、机械运动、参照物、速度、平均速度等。

物理学是一门以实验为基础的科学，而测量是各种实验的基础。学生了解一些测量的初步知识，掌握一些测量的基本技能，是他们学习物理的必要准备。本章介绍的物体的长

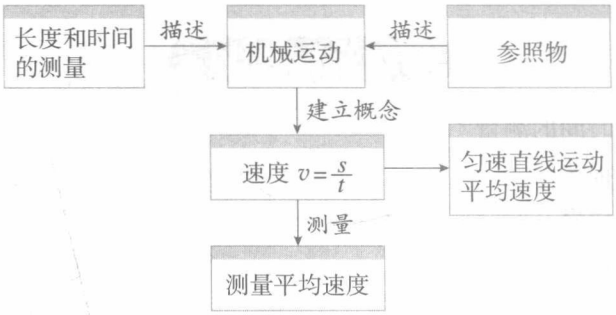
度和时间的测量是最基本的测量。学习物理，就需要从最基本的测量开始。

在自然界里，一切物体都在不断地运动着。在各种各样的运动中，机械运动最普遍、最简单，学生也最熟悉。在小学数学课中，学生已经学习过计算速度和路程的问题，对这些知识并不陌生。初中物理从学习简单的运动开始，可以充分利用学生已有的知识来逐步展开对物理的学习。此外，机械运动的概念及其研究方法也是后续学习乃至学习其他科学课程的重要基础。基于这些考虑，“机械运动”被安排在本套教科书的第一章。

为了降低教学难度，本章教材不过分强调知识的严密性。第1节内容是所有测量的基础，介绍了测量的基本知识，通过实验“用刻度尺测量长度”让学生了解如何规范、科学地进行测量。后面3节内容围绕“速度”展开，首先简单介绍了什么是“机械运动”，在第1节“长度和时间的测量”的基础上，渗透空间和时间的概念，进而说明研究运动还需要引入“参照物”。通过学生讨论，建立“速度”概念，同时介绍了“匀速直线运动”“平均速度”。最后通过实验“测量平均速度”，了解测量速度的基本方法。

本章的章首图展示了人与鸟“比翼齐飞”的情境，引导学生学习机械运动，启发他们思考参照系的问题，同时引发学生体会人与动物和谐相处的美好。

本章内容结构如下。



（二）着眼于培养学生初步的观测能力

刚开始学习物理的初中学生，缺乏定量研究自然现象的经验，对测量的重要性缺乏认识，使学生了解测量的必要性是这部分内容首先要解决的问题，本章第1节首先给出了两张图。让学生先观察后测量，认识到人的感觉并不总是可靠的，从而引出使用测量工具或仪器进行测量的必要性。

学习长度和时间的测量是学习其他物理量测量的基础，学会正确使用刻度尺对以后学习温度计、测力计、电流表等仪器的使用都会有所帮助。

人们要认识事物，就要对事物进行比较，而测量的本质就是一种比较，没有比较就不存在测量。教材在介绍长度和时间的测量时，都是先确定单位作为比较的标准，然后介绍单位的换算关系，再介绍常用的测量工具，最后通过实验活动练习使用刻度尺和计时工

具。学生在日常生活中对有关长度和时间测量的内容已有一些感性认识，但实际操作少，且生活中的测量常常比较粗略，不够规范。教材就从训练学生规范地进行实验操作开始，培养学生严谨的科学态度。教材尽量从学生已有的基础出发，学习有关测量长度和时间的知识，达到能够规范地使用测量仪器和进行正确测量的目的。首先，教材让学生观察所使用的刻度尺，希望学生养成良好的习惯——使用任何测量工具之前都要先把它观察清楚，确定刻度尺的零刻度线、分度值和量程，然后让学生边操作、边思考，练习正确使用刻度尺测量长度的方法，掌握测量的基本技能。

（三）强调科学、规范地引入速度概念

教材先通过大量具体的事例，表明机械运动是普遍存在的。进而让学生讨论、了解机械运动的特点，通过比较、归纳，得出机械运动的定义。学生对于什么是机械运动容易理解，但对于机械运动的相对性并不熟悉，或者说不清楚。教材从具体的事例入手，引导学生认识参照物在描述机械运动中所起的“标准”的作用。为此，教材专门设计了一个“想想议议”栏目让学生进行讨论。通过讨论使学生了解：要描述一个物体是运动的，还是静止的，需要选择一个“标准”物体作参照，这个被选定的物体就是参照物。对同一物体的研究，可以选取不同的参照物，当所选取的参照物不同时，对物体运动描述的结果也往往不同。以此为基础才能进一步认识：物体的运动和静止是相对的。

速度的概念是本章知识的核心。教材用较多的篇幅科学、规范地引入速度的概念。教材首先设计了一个“想想议议”栏目，让学生自己比较物体运动的快慢，接着提出了比较快慢的两种方法，一是“时间相同，比路程”；二是“路程相同，比时间”。最重要的是第三步：如果两个物体运动的路程和运动的时间都不相同，如何比较它们运动的快慢？让学生展开充分的讨论：要比较它们运动的快慢，我们可以设法让它们运动的时间（或路程）相等，然后再进行比较。如果让它们运动的时间都统一到“单位时间”上来，也就是用路程除以时间，它们的比值就表示物体在单位时间内通过的路程，这样就可以很方便地比较两个物体运动的快慢，从而建立速度的概念。通过这样的学习过程，不仅可以让学生了解速度的概念，同时也提高了运用数学工具处理问题的能力，更重要的是让学生领悟了建立速度概念的思想方法。速度是由两个物理量构成的一个新的物理量，学生在以后的学习中还将学到很多由两个或两个以上物理量来定义的新物理量。

（四）通过测量平均速度，提高学生的实验能力

实验是物理教学的重要组成部分，实验教学也是落实物理课程目标，全面提高学生科学素养的重要途径。从科学探究的角度看，实验是科学探究的重要方式之一。实验教学具有多维的课程目标，除了学习知识、训练技能以外，物理实验还应该在发展实验能力、提高科学素养方面发挥重要作用。教材除了要求学生“用刻度尺测量长度”“用停表测量时间”外，还安排了一个“测量物体运动的平均速度”的学生实验。主要作用是让学生通过

设计实验、收集和分析实验数据等自主活动来提高实验能力；同时让学生巩固平均速度的概念，练习用刻度尺测量长度、用停表测量时间。

考虑到现代信息技术在初中物理教学中的应用，教材增加了一个用传感器测量速度的扩展性实验，供有条件的学校选用。教材选用的两种测量速度的方法也只是供教师参考，希望教师根据学校的条件选定合适的做法。

本章教材内容相对比较简单，教学设计时要充分考虑学生的年龄特点和经验，不应要求过高、过难，尤其不应不切实际地强调概念的准确，以免挫伤学生的学习热情。应多设计一些讨论、探究、制作等活动，重视激发学生的学习兴趣。

三、教材分析与教学建议

第1节　长度和时间的测量

（一）教学目标

1. 会使用适当的工具测量长度和时间，知道如何规范地测量长度和时间。

2. 知道测量有误差，了解误差和错误的区别。

3. 能通过日常经验、物品或自然现象粗略估测长度和时间，了解计量长度和时间的工具及其发展变化的过程。

（二）教材分析与教学建议

按照《课标》的要求，本节应让学生通过对长度和时间这两个物理量的了解，了解国际单位制并学会基本的测量方法。使学生懂得人的直觉有时不可靠，要对物体的某些情况进行定量的描述，必须用仪器来测量。

本节的重点是长度的测量。测量时，应引导学生先根据实际需要选择合适的测量工具，然后正确使用工具进行测量。通过对1 cm、1 mm的认识，使学生了解国际单位制，并会估测长度。

1. 长度的单位

关于这部分的教学，可以用教材中的两张图片让学生体验人的直觉不可靠，引出问题：要想知道准确的长度，就需要用工具进行测量。通过对帽子的AB和CD的长进行测量，引入测量长度的常用工具，如直尺、卷尺、三角尺……

让学生观察自己的刻度尺，充分讨论它们的相同之处和不同之处。据此让学生认识到，虽然尺的长短不一、外形各异，但是它们上面都标有长度单位，进而引入国际单位制的长度单位及单位换算关系，并进行简单的单位换算练习。

1 km = ____ m = ____ dm = ____ cm = ____ mm = ____ μm = ____ nm

2.5 km = ____ m = ____ mm = ____ nm

6×10^5 nm = ____ m = ____ cm

2. 长度的测量

关于认识刻度尺的教学，教师可以先指导学生观察手中的刻度尺的零刻度线、量程和分度值，强调使用任何一种测量工具，都要首先了解它的量程和分度值。之后，教师再采用边讲边演示的方法，就“会放”和“会看”给学生做出示范。在这部分教学内容中，“会读”是重点。

正确使用刻度尺要做到：会认、会放、会看、会读、会记。

认：认清刻度尺上标注的单位、量程、分度值和零刻度线的位置。

放：刻度尺要放正并使有刻度值的一侧紧贴被测物体。

看：视线应垂直于被测物体及刻度尺。

读：读出准确值，估读出分度值的下一位。

记：记录的数据要有数字和单位。

关于用刻度尺测量长度的实验，教师可将这部分内容和后面的实验“用停表测量时间”组合在一起，设计成学生的一节分组实验课。另外，教师可以在原有实验的基础上，根据学生的完成情况，为激发学生的求知欲和学习兴趣，进行特殊长度的测量。如测量细铜丝的直径、测量硬币的直径和周长、测量一张纸的厚度、墨水瓶的高度、曲线的长度等。

讨论“想想议议”栏目中的问题，找出人体某些部位的长度。并把某特定长度作为标尺，估测某物体的长度。

教学片段　练习估测物体的长度

［教师］引导：人们日常生活中常用人体的某个部位来确定标准长度，如1度（念tuǒ，成年人两臂侧平伸直时两中指间的距离），1拃（念zhǎ，张开手，拇指尖到中指尖的距离），步幅（走路时，两脚尖之间的距离）。

［教师］提问：同学们，你们能用自己身体的某些部位的长度来表示1 cm，1 dm和1 m吗？

［学生］做动作表示。

［教师］引导学生凭自己的经验估测一张CD盘或一个篮球的直径。

［学生］估测。

［师生］共同进行实际测量。

［教师］让学生下课后估测教室的长和宽。

3. 时间的测量

指导学生观察教材中的图1.1-6和图1.1-7展示的各种计时仪器，说出它们的分度值，引入时间的单位及换算，并进行相关的练习。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 硬币直径的测量方法见图1-1。

硬币周长的测量方法：（1）在硬币边缘做一记号，在刻度尺上滚动一周，读出周长值；（2）用棉线在硬币上绕一周，用刻度尺量出棉线的长度；（3）用直尺和三角尺量出硬币的直径，算出周长。

一张纸厚度的测量方法：用刻度尺先测出100张纸的厚度，然后除以100。

铜丝直径的测量方法见图1-2。测出多匝铜丝的长度，除以匝数，就等于铜丝的直径。

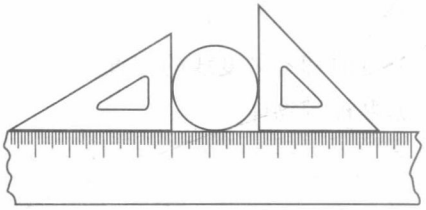


图1-1

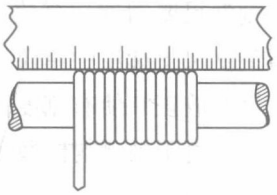


图1-2

2. 提示：先测量脚的长度，再将脚的长度乘以7。

3. 8.64×10^4 s。

4. 提示：多次测量求平均值；调整摆长可以做出周期为1 s的摆。

（四）补充练习

1. 如图1-3所示，物体的长度是_____。

答案：2.70 cm

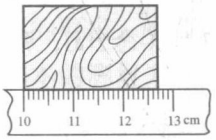


图1-3

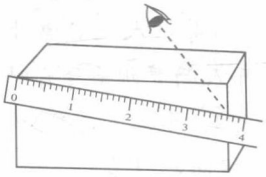


图1-4

2. 图1-4所示是某同学测量物体长度的做法，不正确的是_____，_____。

答案：刻度尺没有放正；视线与刻度尺不垂直

3. 一支2B铅笔的长度约为20_____，一位初二的学生脉搏跳动10次的时间约为0.2_____。

答案：cm；min

4. 一张纸的厚度约70 μm＝_____m。某同学测得物理教材的长度为26.12 cm，则他

使用的刻度尺的分度值是_____。

答案：7×10^{-5}；1 mm

第2节　运动的描述

（一）教学目标

1. 知道参照物的概念。

2. 知道运动是宇宙中的普遍现象，知道物体的运动和静止是相对的，会选择适当的参照物描述物体的运动。

3. 能用实例解释机械运动及其相对性。

（二）教材分析与教学建议

教材引用大量的机械运动的实例，表明机械运动是自然界中普遍存在的现象。为了说明运动和静止的相对性，教材举出两列火车并排停在站台上的例子，介绍了参照物的概念，用参照物来描述物体的相对运动和静止。

在本节的教学中，建议多举实例（图片或录像），在课堂中进行一系列的活动，让学生认识到：机械运动是指物体位置变化的运动，要判断物体是静止的还是运动的，必须要选参照物作为判断的标准。

1. 机械运动

教师可以让学生观察教材中图1.2-1展示的形形色色的运动，也可以播放有关各种运动的视频文件，让学生体验机械运动是宇宙中的普遍现象。

教学片段　“机械运动”的引入

［教师］提问：足球场上正在进行比赛。场上哪些物体是运动的？哪些物体是静止的？

［学生］思考后回答：运动员、足球是运动的，球门是静止的。

［教师］提问：运动的物体相对于地面的位置是否在改变？

［学生］回答：在改变。

［教师］提问：静止的物体是绝对不动的吗？

［学生］思考后回答：不是。球门相对于地面的位置虽然没有改变，但是随着地球的运动，它相对于太阳的位置在改变，因此也在运动着。

通过以上讨论使学生认识到静止和运动的相对性。学生可以认识到机械运动实质上是“物体位置的变化”。那么到底是相对于哪一个物体位置的变化呢？从而引出参照物的概念。

2. 参照物

引导学生讨论“想想议议”栏目中两列火车并排停在站台上的例子，从而指出，所选

的标准不同，判断物体运动或静止的结果不同。建议进行课堂活动来加深这一认识，可以让学生完成以下实验：

把教材平放在桌子上，教材上放一铅笔盒，推动教材使它沿桌面缓缓移动，让学生操作后回答：

（1）选取桌子作标准，铅笔盒和教材是运动的还是静止的？

（2）选取教材作标准，铅笔盒和桌子是运动的还是静止的？

（3）选取铅笔盒作标准，桌子和教材是运动的还是静止的？

通过以上活动和讨论，使学生认识到，相对于不同的标准，物体的运动和静止情况是不同的，从而明确要描述物体的运动情况，应首先选定一个标准——参照物。建议教师将教材图1.2-5中的实例作为课堂练习的内容。也可以选取一些较简单的练习，重在巩固概念，调动学生的学习兴趣。

教学片段　课堂练习

［教师］指导学生完成下面的练习。

练习1　坐在行驶的车中，看树木、房屋向后运动，参照物是车。车中的座椅不动，参照物是车厢。“月亮在云中穿行”所选的参照物是云。“小小竹排江中游，巍巍青山两岸走”中，前半句描述的场景所取的参照物是青山，后半句所取的参照物是竹排。

练习2　甲乙两人并肩向前走，如果以乙作参照物，甲是静止的，路旁的树木是运动的，如果以地面作参照物，甲是运动的。

练习3　站在运行中的自动扶梯上的人，以地面为参照物是运动的，以扶梯为参照物是静止的。

［学生］完成练习，巩固对参照物、机械运动的认识。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 行李架上的物品相对于火车头、座椅是静止的，相对于树木、房屋是运动的。

2. B。

3. 运动员相对于屏幕是静止的，而跑道上静止的物体相对于屏幕是运动的。

（四）补充练习

1. 关于参照物，下列说法错误的是（　　）

A. 只能选择那些固定在地面上不动的物体作为参照物

B. 判断一个物体是静止还是运动，与参照物的选择有关

C. 一个物体是运动还是静止，都是相对于所选定的参照物而言的

D. 研究地面上物体的运动，常选地面或固定在地面上不动的物体为参照物

答案：A

2. 空中加油机在空中给歼击机加油的过程中，若以_____为参照物，它们都是运

动的；若以加油机为参照物，歼击机是_____的。

答案：地面；静止

3. 火车站并排停放着两列火车，车上的乘客都说自己的车相对地面是静止的。一段时间之后，甲车上的人说甲车相对地面是静止的，乙车上的人却看到甲车在向后运动了，乙车上的人是选_____为参照物的。

答案：乙车

4. 在一条平直的南北方向的公路上，有甲、乙、丙三辆汽车依次向北行驶，乙车最快，甲、丙两车快慢相同。

（1）以什么为参照物，三辆车均向北运动？

（2）以甲车为参照物，乙、丙两车各向什么方向运动？

（3）以乙车为参照物，甲、丙两车各向什么方向运动？

（4）以什么为参照物，三辆车均向南运动？

答案：（1）以路面为参照物，三辆车均向北行驶

（2）以甲车为参照物，乙车向北行驶，丙车静止

（3）以乙车为参照物，甲、丙两车均向南运动

（4）以比乙车还快的向北运动的物体为参照物

第3节　运动的快慢

（一）教学目标

1. 经历速度概念的建立过程，能用速度描述物体的运动。
2. 能用速度公式进行简单的计算。
3. 知道匀速直线运动的概念。
4. 粗略研究变速直线运动，能用平均速度描述变速直线运动的快慢。

（二）教材分析与教学建议

生活中我们常说“跑比走快”，这表明了一个客观事实：物体运动有快慢。描述物体运动的快慢，可以用路程相同时比时间的长短，如百米赛跑；也可以用相同时间内比通过路程的远近，如1 min内看谁走得更远。在物理学中用后者，即单位时间内通过的路程，引入了速度这一物理量。教师应从它的物理意义、定义、公式、计算等方面引导学生掌握这个物理量。

1. 速度

在引入新课时，建议用教材“想想议议”栏目中提出的问题，让学生充分讨论。教师也可以提出以下问题，以启发学生的思路。

蜗牛在地面沿直线爬行、自行车在平直公路上行驶、飞机在空中沿直线飞行，它们的运动情况有何区别？

学生很容易能得出结论“它们运动的快慢不一样。”然后让学生继续讨论：生活中怎样比较物体运动的快慢呢？待充分讨论后，师生共同归纳出几个办法。

（1）相同时间内，通过路程远的运动得快。如，二人同时同地出发，走在前面的运动得快。

（2）相同的路程，所用时间短的运动得快。如，百米赛跑时，先到达终点的运动得快。

（3）时间、路程都不相同时，1 s内通过路程远的运动得快。

在引入速度这一概念时，应该注意从以下几个方面完善学生对速度的认识。

（1）速度的物理意义：表示物体运动的快慢。

（2）速度的定义：在物理学中，把路程与时间之比叫做速度。

（3）速度的公式

$$v=\frac{s}{t}$$

（4）速度的国际单位：米/秒（m/s），读做：米每秒。

常用单位：千米/时（km/h），读做：千米每［小］时。

速度的单位是学生学习的第一个复合单位，它是由路程的单位和时间的单位共同组合而成的。1 m/s与1 km/h之间的换算关系是

$$1\ \text{m/s}=3.6\ \text{km/h}$$

指导学生观察教材中的图1.3-2，认识汽车的速度表。让学生阅读小资料，了解一些物体运动的速度。并让学生进行单位换算的练习，如：

1 m/s=_____km/h

5 m/s=_____km/h

72 km/h=_____m/s

2. 匀速直线运动

教师可以先引导学生观察教材中的图1.3-3，学生会发现，甲图中的汽车在相同的时间内通过的路程都相等，运动的路线是直线；乙图中的汽车在相同的时间内通过的路程不相等，运动的路线也是直线。在此基础上，引出匀速直线运动的概念。

教学片段　匀速直线运动

问题引入

在生活当中，做机械运动的物体的运动情况相同吗？机械运动是怎样分类的？哪类运动是最简单的机械运动？

实验设计

准备两辆不一样的遥控电动小车。用小车1演示匀速直线运动；用小车2演示加速

直线运动。让学生观察并比较这两种运动情况的不同，从而知道匀速直线运动的特征。

分析总结

物体沿直线且速度不变的运动叫做匀速直线运动。匀速直线运动是最简单的机械运动。

还应让学生了解，物体做直线运动时，若在相等的时间内通过的路程不相等，这样的运动就叫做变速直线运动。可以用公式$v=\frac{s}{t}$计算出做变速直线运动的物体的平均速度，用来描述物体运动的快慢。日常所说的速度，多数情况下指的是平均速度。

3. 计算速度、路程、时间

讲解教材中的例题，学会使用公式$v=\frac{s}{t}$及变形公式$s=vt$、$t=\frac{s}{v}$解决简单的问题。

在练习过程中，应规范学生的解题过程。养成先分析题意，再规范解题的良好习惯。如有必要，教师可根据学生的情况，有针对性地设计一节习题课。

此外，本节应该选择简单的题目让学生解答，重在让学生熟悉有关速度的计算公式，培养学生规范解题的好习惯。不要讲太难的习题，避免让学生产生畏难情绪。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 也可以用这个方法表示物体运动的快慢。如果按照这个规定，物体通过单位路程所用的时间越短，物体运动得就越快；通过单位路程所用的时间越长，物体运动得越慢。但采用这种方法比较起来很不方便，所以我们用单位时间内通过的路程来表示物体运动的快慢。

2. 用手表测出人骑车通过1 km所用的时间，再用速度公式求出速度。

3. 小明前50 m的平均速度是8.33 m/s；后50 m的平均速度是7.14 m/s；百米全程的平均速度是7.69 m/s。

4.（1）约268 km/h；（2）列车从济南西站到南京南站运行得最快，从南京南站到上海虹桥站运行得最慢。

（四）补充练习

1. 一汽车在九江至南昌高速公路上行驶，汽车的速度表指针在数字100附近左右摆动，表的下部有“km/h”字样。以这样的速度，车在遇到“距南昌120 km”的路牌到遇到路牌“距南昌40 km”之间需要的时间为_____min。

答案：48

2. 短跑运动员5 s跑了50 m，羚羊奔跑速度是20 m/s，汽车的行驶速度是54 km/h，三者速度从小到大的排列顺序是（　　）

A. 汽车，羚羊，运动员　　B. 羚羊，汽车，运动员

C. 运动员，汽车，羚羊　　D. 运动员，羚羊，汽车

答案：C

3. 一辆小车在平直的公路上行驶，在第1 s内通过了10 m，第2 s内通过20 m，第3 s

内通过30 m，则这辆小车（　　）

A. 在第1 s内是做匀速直线运动

B. 在这3 s内都做匀速直线运动

C. 在这3 s内做变速直线运动

D. 只在第2 s内做匀速直线运动

答案：C

4. 图1-5是小明乘坐的出租车票，请回答：

（1）若以小明所戴的帽子为参照物，出租车是运动的还是静止的，为什么？

（2）在小明乘坐的全过程中，出租车的平均速度是多少？

答案：（1）静止的，因为帽子与出租车之间的相对位置没有变化；（2）11 m/s。

电话：62569384
车号：BP3663
日期：2015-12-18
上车：15：10
下车：15：28
单价：2.4
里程：12
金额：34

图1-5

第4节　测量平均速度

（一）教学目标

1. 能用刻度尺测出物体运动的路程，能用停表测出物体通过这段路程所用的时间，能根据公式$v=\frac{s}{t}$计算出物体在这段时间内运动的平均速度。

2. 能写出简单的实验报告。

（二）教材分析与教学建议

本节是学生的第一次分组实验课。教师通过这节的教学，不仅要让学生学会用刻度尺和停表测出小车在斜面上运动的平均速度，而且要让学生知道平均速度的数值在不同的时间内或不同的路程段中其大小会不同。讲平均速度或计算平均速度时，必须强调是物体在哪一段时间内或哪一段路程中的平均速度，否则是没有任何意义的。学生通过亲身参与整个实验过程，体会利用物理公式间接测定物理量的科学方法。由于本节是学生的第一次分组实验课，教师应引导学生阅读实验室的使用规则，让学生养成遵守实验室要求、注意安全等习惯。

本节建议教师先指导学生做好预习。

学生实验前，教师要关注以下问题：

（1）斜面要保持很小的坡度，教师可带领着学生先将这个坡度调整好，不能让小车滑得太快。

（2）在正式测量小车从斜面顶端滑下到撞击金属片的时间之前，应先让学生练习几

次，熟练以后会使测量的结果更准确些。

教学片段　关于平均速度的教学

［教师］提问：我们利用实验中所测数据，如何计算小车通过斜面下半段路程的平均速度？

［学生］分组讨论并进行计算。

［教师］提问：小车通过斜面上半段路程、下半段路程和全程的平均速度一样大吗？请比较这三个速度的大小？

［师生］共同分析总结：小车在做加速直线运动。在不同的路程段，小车的平均速度大小不同。所以讲平均速度或计算平均速度时，必须强调是物体在哪一段时间内或哪一段路程中的平均速度。

教师还可以指导学生阅读“科学世界”，了解超声波测距的原理。参考教材中的“扩展性实验”，利用位移传感器，通过计算机将小车运动速度的变化情况显示出来。在做这个实验时，要注意：

（1）保证周围比较安静，减少外界噪声干扰，防止计算机屏幕上显示的图像有“杂波”。

（2）选择带轨道的斜面进行实验。

（3）调试发射和接收超声波的装置，以便于收集数据。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 刻度尺；停表；$v=\frac{s}{t}$。

2. 因为两次测量并不是在同一段路程上进行的，另外还有测量误差。

3. 用手表分别测出自己正常步行、竞走、跑步时绕跑道一周所用的时间，再用速度公式求出速度。

4. 用卷尺测出自己正常步行时一步的长度l，记录从家到学校一共走了n步，就可以计算出从家到学校的路程$s=nl$。也可以先测出步行1 min走的路程，再用手表测出从家走到学校的时间，最后求出路程。

（四）补充练习

1. 钢球沿20 m长的斜面滚下，又在水平地面上滚动25 m后才停止。钢球在斜面和地面上滚动的时间分别是5 s和10 s，则钢球在斜面上的平均速度是_____m/s，在水平地面上的平均速度是_____m/s，在整个路程中的平均速度是_____m/s。

答案：4；2.5；3

2. 在进行100 m决赛时，同学们测量了运动员到达距离起点20 m、80 m、100 m时各自所用的时间，其中三名同学的数据如表1-1所示。

表1-1

位置 / 所用时间 / 运动员	20 m	80 m	100 m
王小兵	2.3 s	8.9 s	12.2 s
刘　磊	2.4 s	8.3 s	11.8 s
周　伟	2.5 s	8.4 s	11.4 s

分别算出这三位同学在0~20 m、20~80 m、80~100 m区间内的平均速度，设计表格，并将计算结果填入其中。

答案：如表1-2所示。

表1-2

区间 / 平均速度 / 运动员	0~20 m	20~80 m	80~100 m
王小兵	8.7 m/s	9.1 m/s	6.1 m/s
刘　磊	8.3 m/s	10.2 m/s	5.7 m/s
周　伟	8.0 m/s	10.2 m/s	6.7 m/s

3. 小明在“测小车的平均速度”的实验中，设计了如图1-6所示的实验装置：小车从带刻度（分度值为1 cm）的斜面顶端由静止下滑，图中显示了小车到达A、B、C三处的时刻（数字分别表示“时：分：秒”）。

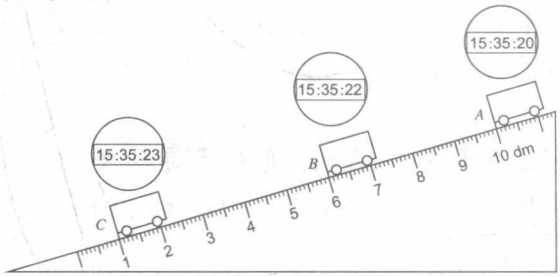


图1-6

（1）根据公式_____可以计算速度。

（2）为了方便计时，应使斜面的坡度较_____（填“大”或“小”）。

（3）请根据图中信息回答s_{AB}=_____cm；t_{BC}=_____s；v_{AB}=_____m/s；v_{BC}=_____m/s。

（4）由实验看出，小车在下滑过程中速度越来越_____，是在做_____运动。

（5）实验前必须学会熟练使用电子表。如果让小车过了A点后才开始计时，则会使所测AC段的平均速度v_{AC}偏_____（填“大”或“小”）。

答案：（1）$v=\frac{s}{t}$　（2）小　（3）40.0；1；0.2；0.5　（4）大；变速直线　（5）大

四、教学资源

（一）实验天地

1. 测量气球下落的平均速度

（1）实验目的

学会测量运动物体的速度。

（2）实验器材

两个大小、形状均不同的气球，卷尺，停表。

（3）设计思路

物体下落在生活中是个常见的现象。一般情况下，物体下落的速度非常快，用停表很难测出时间。本实验采用气球来完成，可以让下落时间变长，易于测量。此外，气球的形状易于改变（图1-7、图1-8），可以在此基础上，探究气球的形状与气球下落速度的关系，易激发学生的兴趣。

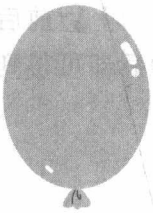


图1-7



图1-8

（4）实验原理

实验中，可以让学生站在椅子上举起气球，让气球下落。用卷尺测出释放点到地面的距离就是气球下落的距离s。同时，用停表测量气球下落的时间t。最后用速度公式$v=\frac{s}{t}$就可以求出气球下落的平均速度了。

（5）实验步骤

①测量释放点到地面的距离，也就是气球下落的路程s，并记录在实验表格中。

②由另一个同学发出口令，并同时开始计时。持气球的同学听到口令后立即释放气球。在实验表格中记下气球从释放到落地所用的时间t。

③重复上述步骤两次。根据速度公式$v=\frac{s}{t}$计算出气球三次下落的平均速度，并计算出平均值。

④换形状不同的气球，重复上面的步骤。

⑤分析数据，得出结论。

2. 用传感器测速度

教材在“扩展性实验”栏目中介绍了一种用超声波测量物体运动速度的方法。其中采用的传感器既能发射超声波，也能接收超声波，它的发射与接收均为同一器件，因此，此类传感器又称为一体式超声波距离传感器或反射式超声波距离传感器。此外，还

有发射器与接收器分开的位移传感器，可称之为分体式距离传感器或直射式超声波距离传感器。

一体式距离传感器是利用接收到超声波的回波时间来计算距离，所以传感器必须接收到反射信号后才能发射下一个超声波脉冲，再加上元器件发射超声波时会存在“拖尾”现象，这样就决定了此类传感器存在测量盲区以及采集频率较低等缺陷。分体式距离传感器能较好地解决这些问题，其工作原理如图1-9所示。A为发射器，能够发出红外线和超声波，B为接收器，能接收红外线与超声波，A与运动物体固定在一起，如小车、弹簧振子等。测量时，A向B同时发一个红外线脉冲和超声波脉冲，B接收到红外线脉冲时，开始计时，收到超声波脉冲时，记时停止。因红外线脉冲的传播速度为光速，速度极快，其传输时间可忽略不计。所以，利用测得的时间与超声波在空气中的速度，计算机可自动计算出A与B之间的距离。如果A以极短的时间间隔 Δt 不断地发射脉冲信号，即可测得B与A之间距离随时间的变化图线。用 Δt 前后两次的距离差除以 Δt 后即可得到物体的运动速度。



图1-9

（1）实验目的

用传感器测量速度。

（2）实验器材

数据采集器，分体式位移传感器，轨道及附件，计算机，配套软件。

（3）实验步骤

①将实验器材按图1-10的方式连接后，启动程序，打开程序主界面。

②单击主界面中的“物理专用软件”，进入专用软件主界面。

③选择专用软件中的“研究匀速直线运动”，打开“研究匀速直线运动”窗口，打开位移传感器发射器的电源开关，将小车放置在轨道的高处。

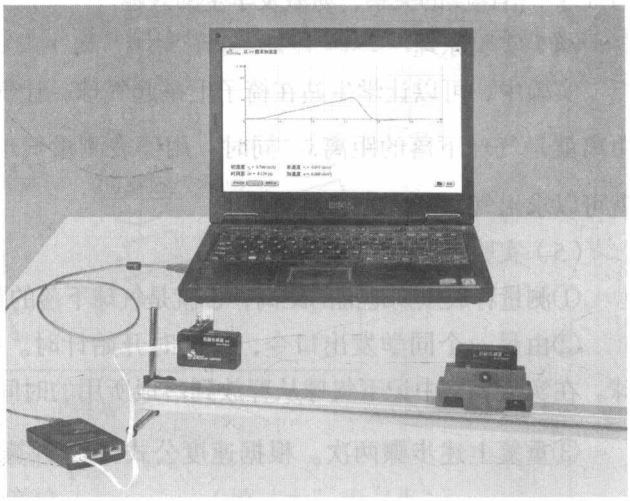


图1-10

④单击“开始记录”按钮的同时释放小车，得到如图1-11所示的小车运动的 s-t 图。

⑤单击“选择区域”，再用鼠标右键选取所研究的区域，然后单击“v-t 图像”按钮，得到如图1-12所示的 v-t 图。

如果在上面的第3步选择专用软件中的“从 v-t 图求加速度”，并增大轨道倾角，再仿照上面的步骤操作，可以显示 v-t 图（图1-13），进一步分析速度随时间的变化关系。

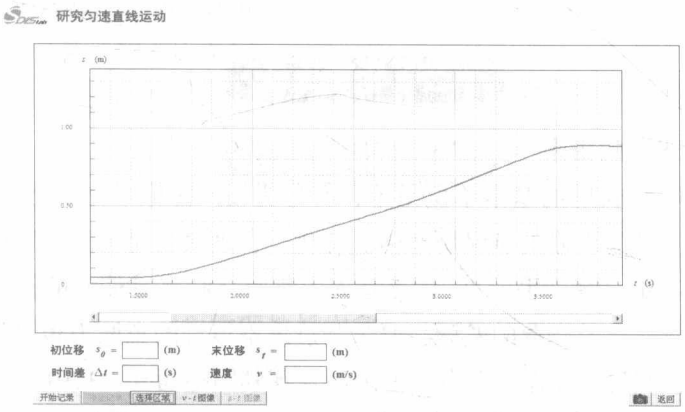


图1-11

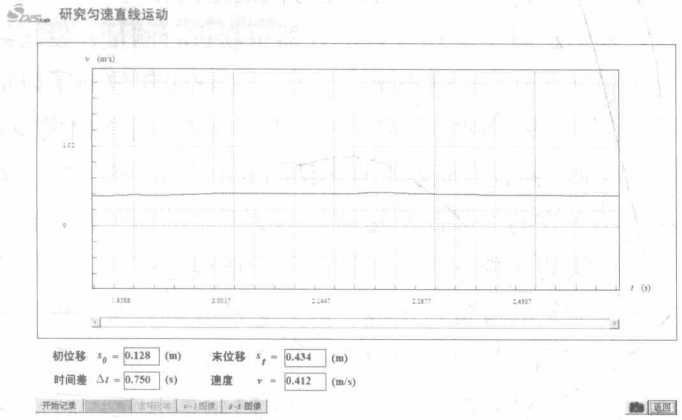


图1-12

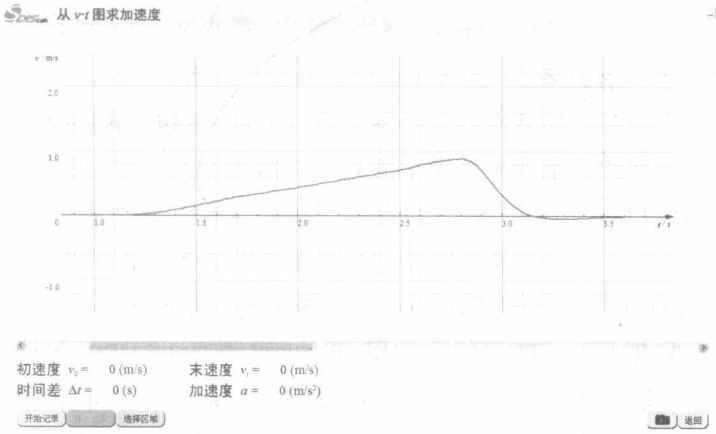


图1-13

（二）物理史话

1. 长度单位“米”的由来

国际单位制中表示长度的基本单位是米，符号为m。曾称米突、公尺。metre来源于古希腊文（意为“度量”）。米的定义历经多次变化。长度最初是通过人体的某一部分来加以规定的（例如步、足、腕、手等），优点是人人都有，缺点是彼此的符合程度差，在贸易上很难通用。随着科技及商业的发展，要求制造出不以人的意愿为转移的长度标准。因此，曾有人建议以秒摆的长度作为单位，但随后发现其因地而异。1791年，法国科学院提出以北极经巴黎到赤道（地球圆周的1/4）的千万分之一长度，即以地球子午线的四千万分之一来定义米。后由1875年成立的国际计量局（BIPM）制成截面为X形的铂（90%）铱（10%）合金米原器，以其0 ℃时两端刻线记号间的距离作为1米。这个定义为《米制公约》签署国所承认。随后，科学家用较好的仪器重新进行测量，发现测得的地球子午线四千万分之一比定义值短了0.228 83毫米。于是，在1889年放弃了以地球子午线为依据，而把米直接定义为原器上刻线间的距离。后来米原器相互比较时发现差异，不能满足物理学和工程上发展的要求；并且米原器本身再结晶的过程也会使它的长度发生变化。作为基本单位的原器这是不允许的，因此又提出以不受干扰的原子辐射在真空中波长的若干倍作为米的定义。第一次的充分试验是用镉的红色谱线进行的，随后又对其他元素的谱线进行试验，最后确定为氪的橙黄色谱线，因为它的线宽较窄并可避免超精细结构的影响。所以，1960年第11届国际计量大会决定：米定义为氪–86原子的$2p_{10}$和$5d_5$能级之间的跃迁所对应的辐射在真空中波长的1 650 763.73倍的长度。后来发现，超精细结构的影响在所难免，于是1983年第17届国际计量大会决定：米定义为光在真空中于1/299 742 458秒时间间隔内所经路径的长度。米与其他常见长度单位的换算关系是：1米（m）=39.370 1英寸（in）=3.280 84英尺（ft）=1.093 61码（yd）=10^{-3}千米（km）。

摘自《中国大百科全书（第二版）》，第20卷，中国大百科全书出版社，2009年

2. 时间单位“秒”的由来

国际单位制中表示时间的基本单位是秒，符号为s。最初，人们是利用地球自转运动周期为基础来计量时间的，基本单位是平太阳日。19世纪末，将1个平太阳日的1/86 400作为1 s，称为世界时秒。但由于地球的自转运动存在着不规则变化并有长期减慢的趋势，使得世界时秒逐年变化，不能保持恒定。按此定义复现秒的准确度只能达到1×10^{-8}。1960年第11届国际计量大会决定采用以地球公转运动为基础的历书时秒作为时间单位，历书时秒定义为1900年1月1日历书时12时起算的回归年的1/31 556 925.974 7。但是这个定义的准确度仍不能满足当时的精密计量学的要求，于是在1967年第13届国际计量大会上，决定以原子秒取代历书时秒。原子秒定义为铯–133原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的9 192 631 770个周期的持续时间。原子的能级非常稳定，跃迁辐射信

号的周期自然也非常稳定，而且测量方便，复现秒的准确度可以达到1×10^{-15}。时间单位的换算为：60 s为1 min，60 min为1 h。

摘自《中国大百科全书（第二版）》，第20卷，中国大百科全书出版社，2009年

（三）物理广角

1. 参照物

参照物是为了确定物体的位置和描述物体的运动而选作标准的一个物体或一组相对位置不改变的物体，在高中、大学物理教材中常称之为参考系。参照物是可以任意选取的。从运动学的观点来看，所有的参照物都是等效的，无优劣可言。但是，一个物体确定的运动，对不同的参照物可表现为不同的运动。例如，在匀速直线运动的火车中的自由下落的物体，相对于车厢做直线运动，相对于地面做抛体运动。所以，选择合适的参照物可以简化对物体运动的描述，便于研究运动的规律。在研究地面上物体的运动时，人们通常都选地面或相对于地面静止的物体作参照物。

惯性定律成立的参考系叫惯性参考系。相对于惯性参考系做匀速直线运动的参考系都是惯性参考系。要确定一个参考系是不是惯性系，只能依靠观察和实验。生活实践和实验表明，地球可以看做惯性系。但若考虑地球的公转和自转，地球又不是一个严格的惯性系。然而，在研究地面上物体的运动时，由于地球对太阳的向心加速度和地面上物体对地心的向心加速度都比较小，所以地球仍可看做惯性系。相对于惯性参考系做变速运动的参考系叫做非惯性参考系，牛顿第一定律、第二定律在非惯性参考系中不成立。

为了定量地描述物体相对于参照物的运动，必须在参照物上建立坐标系，运动物体上的每一个点相对于参照物的位置，都可以用该点的三个坐标值确定。在力学中常用的坐标系有直角坐标系、柱坐标系和球坐标系。

2. 用“通过单位路程所用的时间”可以表示速度吗？

大家已经熟悉，用“速度”可以比较物体运动的快慢程度，并且知道：“在匀速直线运动中，速度在数值上等于单位时间里通过的路程”。根据这种规定可知，如果物体在单位时间里通过的路程越长，则速度的数值越大，物体运动得就越快；反之，如果物体在单位时间里通过的路程越短，则速度的数值越小，物体运动得就越慢。

假如我们把速度改成：“在匀速直线运动中，速度在数值上等于通过单位路程所用的时间”。这样一改，还能不能用这样规定的速度来表示物体运动的快慢呢？按照这一新的规定，会得出什么结论呢？日常生活中有没有这样的事例呢？

从道理上讲，这样改动后速度仍然能够表示物体运动的快慢程度。不过按照这种规定，物体通过单位路程所用的时间越长，物体运动得就越慢；物体通过单位路程所用的时间越短，物体运动得就越快。例如，在田径运动会上，甲跑完100 m用了13 s，乙跑完100 m用了16 s，大家都会承认甲比乙跑得快。再如，在钟表里，秒针转一圈用1 min，分针转一圈用1 h，时针转一圈用12 h，显然秒针走得最快，时针走得最慢。

由此可见，速度这个概念由两个因素决定：一个是时间，一个是与时间对应的路程，二者缺一不可。判断物体运动的快慢程度，应兼看这两个因素，否则就会片面。至于速度的表示法，虽然从原则上讲，不论用单位时间里通过的路程，还是用通过单位路程所用的时间，都能够反映出物体运动的快慢程度。但是，在物理学中我们采用“单位时间内通过的路程”来表示物体运动的快慢程度，这是因为这样规定会给我们带来不少方便，而且已为世人所公认。所以，在一般情况下，我们都是按这个规定来计算速度的。

3. 飞机的空中加油

飞机的空中加油技术起源于20世纪。1923年4月，美国陆军曾用两架小型飞机作试验，在飞行中靠人工用手抓住导管进行世界上第一次空中对接加油。现代的飞机空中加油常常是借助于空中加油机在8 000 m以上的高空，在同温层进行的。在这个空域中，大气温度基本上不随高度的变化而变化，气流很平稳，现代大型飞机和先进的加油机最佳飞行高度在一万米上下。

实施空中加油通常分为四个阶段：首先是会合，必须保证受油飞机和加油机不发生相撞，受油机从加油机下方进入，先在加油机锥管5 m以外3 m以下作加油前编队飞行；然后，再以比加油机快0.6~2.5 m/s的速度慢慢地将受油管插入锥管中；第三是加油，最重要的是保持两机的高度、速度、航向、倾角等相对位置的协调一致，双方飞行员都小心翼翼地操纵着各自的飞机；加油完毕，受油机缓缓减速，退出加油插头，双机脱离。

4. 运动的绝对性和相对性

在物理教学中，有时我们讲运动的绝对性，而有时又说运动的相对性或相对运动。那么，运动究竟是绝对的，还是相对的？这里是不是存在着矛盾？实际上这两种说法并不矛盾，而是在不同的范畴谈论不同的问题。

从哲学的角度看，运动和物质是不可分割的，运动是物质存在的形式。世界上一切物质都是处于永恒的运动状态之中，除了运动着的物质之外，自然界中也就不存在任何东西了。宇宙间的任何物体都在永不停息地运动着。所以，在哲学上谈物质存在的形式时，说运动是绝对的。这里所说的运动，包括一切变化，而不仅局限于位置的变化，这就是运动的绝对性的含义。

在物理学中，描述每个具体物体的机械运动情况时，首先都要选定一个参照物（参照系）。描述同一个物体的运动，会因为所选择的参照物不同，而得出不同的结论。运动的相对性是就这一事实而说的。

概括起来说，运动的绝对性，是哲学上就物质存在形式而言的；运动的相对性，是物理学中从描述机械运动的角度来说的。

5. 高速摄影与频闪摄影

人们称摄影为瞬间艺术，但只有当高速摄影出现后，才有了真正意义上的瞬间摄影。普通闪光灯持续发光时间可达到1/20 000 s，这对于拍摄体育运动等素材是够用了。然而子弹飞行时的速度少说也有数百米每秒，要想抓拍子弹运动的瞬间，曝光时间要用百万分

之一秒的数量级。后来人们开始使用激光光源，实现在更短时间中发出更强烈的照明，就可以清楚地将它的影像“凝固”在底片上。

高速摄影有广泛的用途。例如，在汽车的快速碰撞试验的研究中，人们先把碰撞的过程拍摄成电影，然后以很慢的速度放映，以便观察在碰撞期间车身如何变形，从而发现薄弱的部位。又如，某些昆虫具有令人惊叹的飞行技巧，如在急速飞行过程中急剧减速、悬空停住、以不超过其身长的半径转弯等。借助高速摄影技术，可以对它们运动过程中的振翅情况进行研究。

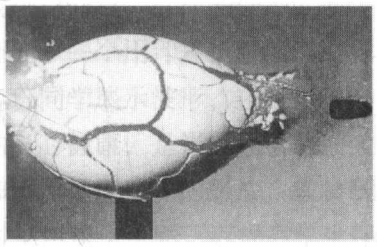


图1-14　子弹穿过鸡蛋的瞬间

高速摄影甚至在绘画艺术中也发挥了作用。以前谁也没有清楚地见过奔马的四只蹄子到底是如何摆动的，以至于画家们一直凭借主观感觉去画奔马。借助高速摄影技术，人们对此才有了正确的认识。在图1-14中，通过高速摄影可以把子弹瞬间穿过鸡蛋的现象清楚地展示出来。

闪光频闪摄影是借助于电子闪光灯的连续闪光，在一张底片上记录运动物体的连续运动过程的摄影技术。图1-15是两个网球运动时的频闪照片，通过频闪摄影还可以把运动员的动作进行分解（图1-16）。

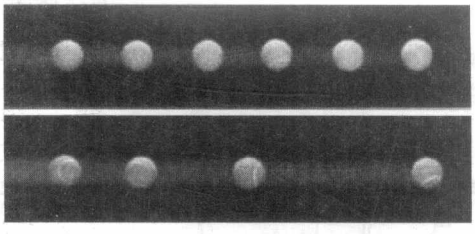


图1-15　两个网球运动时的频闪照片

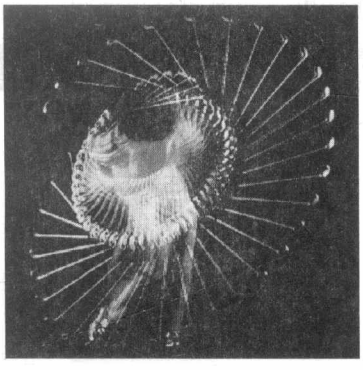


图1-16　频闪摄影把运动员的动作进行分解

频闪摄影的关键器材是电子频闪灯。闪光频率越高，底片曝光次数越多，在照片上出现的影像也越多。高频电子频闪灯的闪光频率（每秒钟的闪光次数）可达上百次。

用电子频闪灯拍摄频闪照片应选择一个黑色的背景，被摄者距离背景尽可能远些，以避免频闪光照亮背景，或在画面中出现影子，从而影响主体的效果。如果主体距离背景比较近，最好使闪光灯与被摄动体形成侧光和侧逆光的照射角度，被摄动体也最好有明显的轮廓线条，从而防止影像与背景的色调混杂。相机与被摄者的距离要近一些，这是因为设定频闪后，闪光指数会下降很多。

第二章 声现象

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.3.1　通过实验，认识声的产生和传播条件。

2.3.2　了解乐音的特性。了解现代技术中声学知识的一些应用。知道噪声的危害和控制的方法。

（二）课时建议

第1节	声音的产生与传播	2 课时
第2节	声音的特性	1 课时
第3节	声的利用	1 课时
第4节	噪声的危害和控制	1 课时

二、编写意图

（一）本章概述

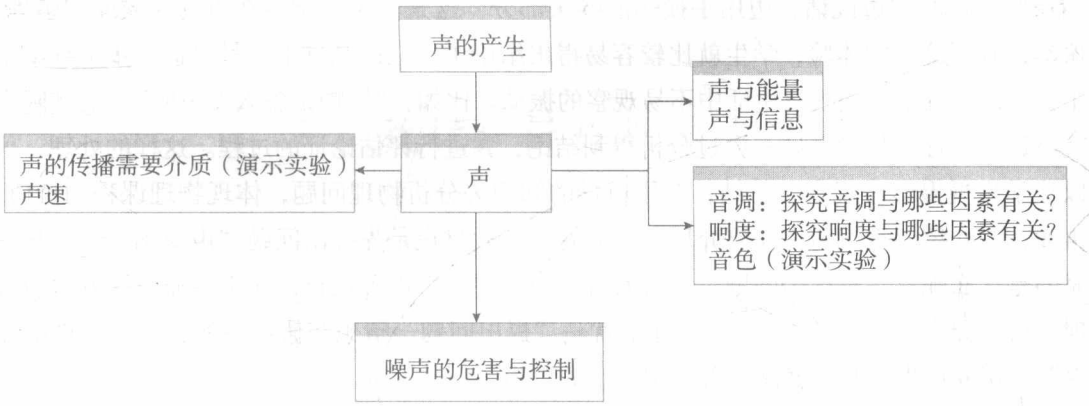
声是生活中常见的现象。学生的感性素材多，可动手操作的活动多，便于激发学生学习物理的兴趣。在研究声现象时，不可避免地会用到一点运动学的知识。综合这些考虑，教材就把声现象放在全套书的第二章介绍。

教材按照声从“源”到“接收端”的信息流来安排教学活动，以科学探究的形式，让学生了解声的产生、声的传播，以及声速的知识。教材特别注重让学生通过“做”“看”“感受”“听”“思考”等多种多样的活动全方位地感知“声音”。一方面帮助学生养成善于观察、

勤于动脑的习惯，锻炼学生提出问题、解决问题的能力；另一方面有利于在整个学习过程中调动学生的积极性，始终感到物理是有趣、有用的。在介绍声音的特性时，就先提一个问题，以激发他们的好奇心，去进一步探究声音的特性。在介绍声的利用时，尽管可以从不同的角度对声的利用进行分类，比如声在工农业生产、生活等领域的应用，但这种分类对学生来讲，过于表面化，不利于把握事物的本质。现代科学认为能量和信息是客观世界里的基本要素，教材就从声可以传递信息和能量这两个角度进行介绍。这样的处理，便于学生较全面地把握声的知识。在展示声音的波形时，教材补充了一个用计算机看波形的方案，供教师选用。这个方案操作简单，便于通过投影仪向全班同学展示波形，还可以通过计算机播放不同波形的声音，让学生去听。噪声影响人们的身心健康，是当代社会的四大公害之一。因此，非常有必要向学生普及关于控制噪声的知识。基于这样的想法，教材既从物理学角度说明了乐音与噪声的区别，又从环保的角度对噪声作了说明，以提高学生保护环境的意识。

本章的章首图是一队行走中的大象。学生通过在动物园的观察知道，大象的活动通常是无声无息的。那么，大象的活动跟声音有什么关系？这无声中包含着什么？这些问题与学生的认知产生了冲突，可以激发起学生进一步学习、探究的欲望。这样的图不像其他一些图（如编钟、锣鼓）那样具有明显的“声现象”特征，反而更会促使学生想知道其中的奥妙。对章首提到的问题，教材在第3节中作了交待，并以此引出关于“声的利用”的新问题。

本章内容结构如下。



（二）循序渐进地培养学生的探究能力

学习科学探究跟学习科学知识的方法一样，都要遵循由浅入深、循序渐进的原则。学生学习本章内容时，对探究活动相当陌生，对科学探究的认识还处于初级阶段，这些探究活动与科学家的实际探究过程也有很大差别。因此，教材在设计这些探究活动时，从问题的提出到实验过程、得出结论都相对简单。在教材中也没有出现科学探究中的几

个要素的名称，如“提出问题”“进行实验”“评估与交流”等，以避免让学生纠结于这些词语。

例如，在探究“响度与什么因素有关”时，就选择了易于操作、易于观察的“振动的音叉可以使乒乓球弹起”的实验。此活动中，“问题的提出”“实验方案”是由教材给出的，但结论需要学生在认真观察和思考的基础上自己得出。再如在介绍声速时，考虑到生活中说话时的距离一般较近，学生往往想不到声速的问题，教材就先讲了“远处一道闪电划过漆黑的夜空，过一会才会听到隆隆的雷声。”然后再说声速，以便于学生的学习。实际上，这儿也体现了一种思想，生活中很多“司空见惯”的现象，稍微深入思考一下，就会有许多有趣的发现。经过久而久之这样的训练，学生无形中可以提高自己“提出问题”的能力。还有，在介绍“噪声控制”时，教材在“动手动脑学物理”中安排了一个活动，让学生通过社区调查，使学生对噪声污染有切身体会，以培养学生保护环境的意识和参与社会实践的兴趣。通过这些活动，使学生初步学会开展社会调查的基本方法，包括观察、交流、记录，等等。

此外，科学探究既是一种学习方式，还应是一种精神，教材中的很多内容往往并没有用“探究”栏目直观地展示出来，但探究的思想是渗透其中的。例如，在第1节中探究“声的产生和传播”时，考虑到学生对“声”这种现象已经很熟悉了，对它产生的原因也有一些了解。教材先提出问题“声是怎么产生的？又是如何被我们听到的呢？”让学生带着这些问题做一些简单的、容易观察和分析的活动，意在启发学生的思维，总结发声体的共同特征。比如，“拨动张紧的橡皮筋，观察橡皮筋的变化”这是让学生在听的时候能“看到”振动；“边说话，边用手摸颈前喉头部分”这是为了让学生在听的时候能“感到”振动，有了这样的体验，学生就比较容易得出结论了。在此基础上，教材进一步引导学生用自己得到的结论去找寻生活中不易观察的振动。比如，“蝈蝈是怎么发声的”，这实际上就是让学生在收集信息后，通过分析得到结论，并进行评估论证的过程。这样的处理，可以让学生慢慢学会观察、总结，并用所学的知识去分析物理问题，体现物理课程的价值。再如，在介绍“空气传声需要介质”的问题时，教材也是先提出问题“声传到我们的耳朵靠的是什么呢？”对这个问题，教材安排一个“想想做做”栏目，让学生通过探究活动发现，桌子原来可以“传声”。这实际上就是“提出问题→猜想与假设→实验检验→得出结论”的探究过程，其中就渗透着控制变量的思想。

（三）从体验活动中认识概念

本章的名词、术语非常多，如声、声音、波、音调、频率、超声波、次声波、响度、振幅、音色、噪声等。这些概念都比较抽象，而且大部分也并不需要初中学生进行严格的区分。所以，教材没有给这些概念下定义，而是从保护学生的学习积极性出发，避免学生“死记硬背”，多从观察、体验的角度进行介绍。

例如，对于“声”和“声音”的区分，教材简单提到：“人类能听到的声叫声音，声

音、超声波、次声波统称声。”而不去作更多的说明。再如，音色的概念比较抽象，学生不易理解，但在日常生活中有一定的感性认识，教材就尽量让学生去观察、体验。教材没有从原理上分析“什么是音色”，而是借助计算机播放几种声音，并让学生观察波形。通过实例和体验使学生了解，除了响度和音调外，声音还有另一种特性，这种特性就是音色。

（四）紧密联系实际，体现“从生活走向物理，从物理走向社会”的理念

本章内容特别注意使学生了解声音在生活、生产和社会等方面的应用和对人类生活的影响，例如“骨传导”“声与信息”“噪声的危害和控制”等，注意体现“从生活走向物理，从物理走向社会”的课程理念。这样处理，既可以使学生加强与实际的联系，还能激发其对物理学的兴趣。

教材精选了一些有趣、有启发意义的素材，以“科学世界”的栏目呈现。如在第1节中安排了“科学世界 我们是怎么听到声音的”栏目，先介绍了人耳之所以能听到声音的道理，梳理了声传播的途径，然后在此基础上介绍了“骨传导”的道理和应用。这样一方面可以回顾课文中所学的知识，突出物理知识在现代生活中的应用，另一方面可以让学生体会科学的价值及学习物理的意义。此外，“科学世界”栏目中还精选了一些我国古代的发明创造，如“编钟”“天坛的回音壁、三音石、圜丘”等。展现了我国古代劳动人民在利用声学方面的发明创造，让学生了解我国人民的智慧和伟大创举，激发爱国主义情感。

三、教材分析与教学建议

第1节　声音的产生与传播

（一）教学目标

1. 通过观察和实验，初步认识声音产生和传播的条件，提高学生初步的观察能力并学习初步的研究方法。

2. 知道声音是由物体振动产生的。

3. 知道声音的传播需要介质，声音在不同介质中传播的速度不同。

4. 通过探究活动，激发学习兴趣和求知欲，并乐于探索自然现象中蕴含的道理。

（二）教材分析与教学建议

教材一开始就用一幅插图展示了古筝发声的情景，再列举一些实例来启发学生的思维，从而帮助学生找到发声体的共同特征。在学生通过讨论获得基本认识的基础上，让学生参与一些使物体发声的活动，进一步探究物体发声时的共同特征。将物理知识与生活联系在一起，不仅可以调动学生学习的兴趣，还可以锻炼学生的交流能力。教材把蝈蝈是怎么发声的问题留给学生，以促使学生思考。教材对于唱片、磁带是如何记录、保存、重现声音的介绍，可让学生体会到科学的价值及学习物理的意义。

声音的传播是本节教材的另一个重点，教材安排了“想想做做”的栏目。在这个活动中，可结合引言课的经历，向学生介绍探究物理问题所经历的过程：提出问题→猜想与假设→实验检验→得出结论。

1. 声音的产生

（1）从不同的方面给出物体发声的例子，让学生猜想物体发声时的特征。

（2）通过观察、实验探究，总结发声体发声时的共同特征。

在学生猜想、讨论的基础上，让学生参与一些探究活动，来探究物体发声时的共同特征。活动中应尽可能地发挥学生的主动性，由学生自己动手动脑，就地取材，自己“制造”声音，并观察物体是怎样发声的。这样，学生在获取知识的同时，也培养了他们的创造能力。

教学过程中可以将“声音是怎样产生的”的讨论与探究活动结合在一起展开教学，让学生边活动、边探讨，最后由师生共同归纳出“声音由物体的振动产生”的结论。

方案1：让学生用橡皮筋做实验。两人一组，一人将橡皮筋拉长拉紧，另一人用手拨动橡皮筋，观察现象并思考：①能听到声音吗？此时橡皮筋处于什么状态？②当橡皮筋停止振动的时候，还能听到声音吗？

让学生通过观察认识到：橡皮筋在振动时才发出声音。

学生观察到的现象是：橡皮筋振动时，能发出声音；橡皮筋不振动时，不能发出声音。对于橡皮筋的振动，学生能直接看见，发出的声音学生能直接听见。在此处让学生自己实验，通过观察和体验有利于学生建立声音的产生和振动之间的联系。

方案2：先将纸屑或泡沫塑料颗粒放在不发声的鼓面上，纸屑或泡沫塑料颗粒静止在鼓面上。然后敲击鼓面，纸屑或泡沫塑料颗粒在鼓面上跳动；鼓面停止发声，纸屑或泡沫塑料颗粒停止跳动。

学生虽然没有直接看到鼓面的振动，但可以从纸屑或泡沫塑料颗粒是否被弹起的现象，去判断发声的鼓面是否在振动。通过前后实验对比，引导学生思考：纸屑、泡沫塑料颗粒在什么情况下跳动，在什么情况下停止跳动？

归纳橡皮筋、鼓面等物体发声时具有的共同特征，验证当初的猜想，同时组织学生互相讨论、交流生活中有关的现象和体验。最后得到结论：声音是由物体的振动产生的，振

动停止，物体发声就停止。

（3）在探究声音产生的过程中，应注意渗透科学研究方法。

①运用比较的方法。如比较物体在发声与未发声时的区别。

②运用转化的方法。如由于人眼不容易直接观察到某些发声体的振动，探究时可借助其他物体来观察发声体的振动。

③运用归纳的方法。如通过归纳大量发声现象，发现发声的物体都在振动。

教学片段　声的产生

问题导入

鸟鸣清脆如玉，琴声婉转悠扬……声音是怎么产生的呢？

进行实验

做表2-1中的实验。

表2-1

发声体	现　象	结　论
声带	说话时喉咙部位在振动	发声的物体都在振动
直尺	发声的直尺在振动	
橡皮筋	发声的橡皮筋在振动	
音叉	发声的音叉可以把乒乓球弹开	
音叉	发声的音叉在水面上激起水花	
鼓面	鼓面发声时纸屑会跳动	

提出问题

引导学生观察并思考下面的问题。

◇上述实验中发声的物体分别是什么？

◇物体发声时与不发声时有何区别？

◇正在发声的物体有什么共同特征？

◇你能不能使正在发声的物体停止发声？

◇有些发声体的振动不能直接用肉眼观察到，你能用什么办法来感知它？

分析论证

从上面的活动中可以看出，橡皮筋嗡嗡作响时，橡皮筋在振动；人说话时声带在振动。大量的观察、分析表明，声音是由物体的振动产生的。

2. 声音的传播

（1）设置情境，引入课题

方案1：介绍宇航员在月球上交谈的情景，教师提出如下问题。

①近在咫尺的他们为什么要借助电磁波才能交谈呢？

②月球表面比地球表面缺少了什么？

③声音的传播需要什么条件吗？

方案2：请两名或几名学生进行“土电话”游戏。然后教师提出问题：其他同学能听到他们交谈的内容吗？在学生的疑问中引入“声音的传播”的教学。

（2）探究活动设计

可以将学生分成几个小组，分别探究固体、液体、气体能否传声。

实验1：固体传声实验

用课桌做实验，两位学生一组，甲将一只耳朵贴在桌子上，堵上另一只耳朵。乙在甲看不到动作的情况下轻敲甲的桌底或桌腿。甲能听到乙敲桌的声音，说明固体能够传声。

实验2：液体传声实验

将能发声的物体（如音乐卡、闹铃等）放在密封的塑料袋中，塑料袋浸没在水里后，仍能听到发声体发出的声音，说明液体能够传声。也可以在水槽里装水，然后在水里敲打石头，把耳朵贴在水槽壁上听。

实验3：气体传声实验（演示）

空气是传播声音的一种重要介质，容易被人们忽视，所以教学中要做好空气传声的实验。学校如果有教材所示的真空罩实验仪，那么在实验过程中只要把响铃的闹钟放在被渐渐抽出空气的玻璃罩内，人所听到的铃声强弱就会有着明显的不同，因而学生能很容易理解“真空不能传播声音”。也可以把闹钟换成电铃、手机、收音机等发声体。

实验时要注意玻璃罩一定要密封好。同时，还要用减震材料（如泡沫块等）把玻璃罩与桌子隔开，防止桌子传声。抽气机应远离玻璃罩，减少干扰。随着空气被逐渐抽出，铃声逐渐减弱。在几乎听不到铃声时，如果把空气逐渐放入玻璃罩内，铃声又逐渐加强。为增强实验效果，可以先抽出气体，然后打开阀门，听到声音逐渐由小到大，然后分析原因，进一步说明真空不能传播声音。

实验过程中，要求学生根据不同阶段的物理现象，进行交流讨论。

在演示此实验时，不管怎么抽气，坐在前排的学生总还可以听到极微弱的铃声。教学中不要回避这个事实，应因势利导地分析产生这种现象的原因，从而从另一个角度说明声音的传播必须有介质。此实验在说明“真空不能传声，空气是传播声音的一种重要介质”的同时，也说明固体（玻璃）能传声，还可说明在月球上的宇航员必须借助电磁波交谈的原因。

通过探究得出初步结论后，应留有充分的时间，让学生收集和交流支持上述结论的有关事实和实验。

教学片段　声音的传播条件

提出问题

声音的传播需要什么条件？什么情况下不能传声？

进行实验

做表2-2中的实验。

表2-2

实验现象	传播介质	结　论
课桌实验	课桌	固体能传播声音
水中的蜂鸣器发声	水	液体能传播声音
两人交谈	空气	气体能传播声音
真空铃实验	无	真空不能传播声音

分析论证

大量实验表明：声音的传播需要物质，物理学中把这样的物质叫做介质；传声的介质既可以是气体、固体，也可以是液体。真空不能传声。

教材意在让学生知道声音是一种波。这里将声波与水波作类比，便于学生理解，同时也为后面用示波器显示声波的波形打下了基础。

3. 声速

自然界中有许多现象可以说明声音的传播需要时间，例如，回声、雷电等。田径比赛时，在远处先看到发令枪的烟雾，后听到发令枪的声音，也是个很好的例子。

从分析数据获得信息，是学习物理的一项重要能力。教师在此处要注意引导学生进行数据分类方法的练习。可以结合“动手动脑学物理”第2题提出问题，让学生思考后回答。

问题还可以更多，其目的是让学生学会分析数据的初步方法。这样，“一般来说，声音在固体中传播得较快，在气体中传播得较慢”等结论就不用由教师给出，学生自己就可以发现了。

教学片段　声速的引入

提出问题

情境1：为什么会先看到闪电，后听见雷声？

情境2：运动会百米赛跑时，计时员为什么要看到发令枪冒白烟时计时，而不是听到枪响声才开始计时？

分析论证

声音的传播需要一定的时间，从而得出声速。

回声是声波的反射在人耳引起的感觉。可向学生提出，为什么离障碍物距离近时就感觉不到有回声呢？让学生知道回声和原声至少相差0.1 s以上才能感觉到回声。如果原声和回声间隔不到0.1 s，回声与原声混在一起，可使声音更响亮。也可以由学生举出自己所知道的回声现象，并进行解释。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 学生想出的办法只要能说明发声体在振动就可以。

如在桌面上放一些泡沫塑料颗粒，当用手敲桌子时，就可以看到泡沫塑料颗粒在振动，说明发声的桌子在振动，并带动泡沫塑料颗粒振动。只要学生举出的例子能说明问题，教师就应该予以肯定。要鼓励学生举一反三，联系实际。

2. 提醒学生回答：

①你看到的是什么资料？

②其中“331”等数字表示什么？

③表中的声速是如何排序的？

④固体、液体、气体中的声速有哪些不同？

⑤你认为声速在哪种介质中受温度的影响大？

……

3. 会听到一次或多次敲打的声音。具体能听到几次，与铁管的长度有关，与铁管中填充的物质有关，如空气、水等。如果有学生听到多次声音，应该请他讲讲能听到多次声音的条件。也可在教师的引导下，师生共同讨论是否有可能听到一次以上的声音。需要哪些条件才可能听到一次以上的声音？此题的实验体验对于生活在城市的孩子是有困难的，40 m 长的铁管、安静的环境等都不容易满足，教师最好在这方面为学生提供一些探究的线索。对于数学能力强的学生，教师可以引领他们做进一步的理论探究。

4. 当障碍物离得太近时，声波很快被反射回来，回声与原声混在一起，此时人们分辨不出原声和回声，但是会觉得声音更响亮，所以在室内讲话比旷野里响亮。

5. 约255 m。

（四）补充练习

1. 课堂上，学生能听到教师讲课的声音；海洋中的海豚能听到互相呼唤的声音。这些声音在传播中所利用的介质分别是_____。

答案：空气、海水

2. 某人对着山崖大喊一声，过了3 s听到回声，设声音在空气中传播的速度是340 m/s，则人距山崖的距离为_____。

答案：510 m

3. 马赫数指的是15 ℃时声速的倍数，超音速飞机的飞行速度常用马赫数表示。某超音速飞机飞行时的马赫数是2.5，那么它的飞行速度是多大？

答案：850 m/s

4. 大军和小欣在鱼缸边玩耍，鱼儿被吓跑了（图2-1）。小欣认为是他的动作吓跑了鱼儿，大军却认为是他们的声音惊走了它们。请你设计一个实验方案帮助他们作出判断。

答案：分别采用无动作发声、无声音只有动作的方法来判断到底是什么原因吓走了鱼儿。



图2-1

第2节　声音的特性

（一）教学目标

1. 了解声音的特性。知道声音的音调跟发声体的频率有关。知道声音的响度跟发声体的振幅有关。知道不同发声体发出声音的音色不同。

2. 通过实验，进一步了解和学习研究物理学问题的方法。

3. 通过研究现实世界中丰富多彩的发声现象，使学生更加热爱科学。

（二）教材分析与教学建议

声音的特性这一节比较重要。教材注重让学生在学习物理知识的同时，体会科学探究的方法，加强与实际的联系，使学生获得更多的实际知识。

教材中“决定音调高低的因素”和“响度与什么因素有关”两个实验较为简单，且能增加学生的感性认识。音色的概念比较抽象，学生不易理解，但在日常生活中有一定的感性认识，教学中应尽量让学生体验。可设计游戏使学生切实感悟到不同的物体发出的声音，即便音调相同、响度也相同，还是有区别的，有各自的特色。教材安排的观察波形的演示实验，除了能让学生比较形象地认识声波，引起他们的学习兴趣外，还可以让学生大致了解不同音色的声音本质。本节名词术语多，如音调、频率、超声波、次声波、响度、振幅、音色等，因此对于本节内容的教学，应采用多种教学方法，如探究、讨论、阅读和交流等，以提高教学效率。

本节课的教学，应让学生通过听、看、想、做等活动，来感知声音的特性，并能在实践中分辨这些特性。教学中不宜过分强调概念的记忆与辨析。

1. 音调

教学片段

提出问题

用吉他弹出几个不同的音。再用相同大小的力，敲击两个盛水量不一样的水杯。提出问题：听到的声音有什么不同？让学生进行交流讨论。由实验中的现象可知，声音有高低之分，声音的高低与哪些因素有关呢？

实验方案

观察锯条露出桌面长短不同时，振动快慢的不同。

实验时把锯条紧紧地压在桌面上，分别将锯条的1/4、1/2和3/4长伸出桌面边缘，拨动伸出桌外的部分，使其振动。实验时应使锯条的振动幅度大致相同。提醒学生注意观察：锯条露出桌面的长短不同时，振动的快慢不同。

引导学生观察时思考如下问题。

①锯条伸出桌边的长短跟振动快慢有什么关系？

②声音高低跟振动快慢有什么关系？

将实验结果记录在表2-3中。

表2-3　锯条振动快慢对声音高低的影响

锯条振动部分的长度	振动快慢	声音高低
锯条长度的1/4	快	高
锯条长度的1/2	较慢	较低
锯条长度的3/4	更慢	更低

结论：音调跟发声体振动的频率有关。发声体振动的频率越高，声音的音调越高。

当学生的注意力集中到锯条振动的快慢上时，结论可顺利得出。在学生讨论的基础上，提出音调表示声音的高低，让学生知道音调决定于发声体振动的快慢。发声体振动的快慢用“频率”来表示，接着介绍频率的单位——赫兹。

演示实验“观察声波波形”的主要目的是让学生比较形象地认识声波，同时引起他们学习的兴趣。可以先让学生想象：要给声音画出一个样子来，你将如何绘制？然后让学生观察声音在示波器中的“样子”。

这个实验，最好是先让学生通过示波器或计算机观察两个频率不同的音叉发出声音的波形，知道音调高低反映的是频率不同，从而获得具体的感性认识。然后再将学生发出的声音输入示波器或计算机中，让学生观看不同人发出声音的波形，进而比较男女学生声音波形的不同。

人能听到声音的频率为20~20 000 Hz，其中最敏感的频率在3 000 Hz左右。老年人的听觉随着年龄的增长而衰退，通常男子说话、歌唱时，发声的频率比女子低。关于超声波和次声波的资料很多，教师可引导学生一起交流分享。在学生表达时，应尽量引导他们使用“音调”“频率”等名词，以便逐步熟悉它们。蝴蝶翅膀的振动频率小于10 Hz，蚊子翅膀的振动频率为500~600 Hz。由于蝴蝶翅膀振动的频率低于人耳听觉的下限，所以人耳听不到蝴蝶翅膀振动发出的声音，而蚊子翅膀的振动频率在人耳的听觉范围内，人耳就能听到蚊子翅膀振动发出的声音。

2. 响度

（1）猜想与假设

怎样才能使物体振动发出的声音更响？学生很容易想到应该使物体振动的幅度更大些，关键是应该让学生想出一些切实可行的实验来证实他们的猜想。

（2）进行实验

方案1：做教材介绍的实验。

如果学校没有较多的音叉让学生做分组实验，教材中的实验也可作为演示实验。让学生观察：音叉发声的响度不同时，乒乓球振动的幅度有什么不同。

做对比实验，用大小不同的力敲打音叉，在音叉与悬挂的乒乓球接触时，乒乓球振动的幅度明显不同。这个实验的效果比较明显。

方案2：用大小不同的力敲击鼓面，鼓面上的纸屑被弹起的高度不同。

方案3：把发声大小不同的音叉叉股与水面接触，溅起的水花大小不同。

方案4：在纸盆喇叭上放置乒乓球，改变音量的大小，乒乓球被弹起的高度不同。

（3）归纳总结

请学生说说观察到的实验现象和探究结果。最后达成共识：声音的响度与发声体振动的幅度有关。振动幅度越大，声音响度越大；振动幅度越小，声音响度越小。

3. 音色

音色的概念比较抽象。教学中应尽量让学生体验，使学生感悟到不同的物体发出的声音，即便音调和响度相同，还是有所区别的。所谓音色不同，也就是通常人们所说的“音质不同”。

（1）情景设计

方案1：用不同乐器演奏同一首乐曲（或让学生听录音），然后请学生说出是用什么乐器演奏的。

方案2：在讲桌后（不让学生看见）敲响铜锣、摇动响铃，请同学们说出所听到的声音各是由什么物体振动所发出的。

方案3：让后排的两位同学朗读短文，前排的同学不看后排，辨识刚才是哪一位同学在朗读。教师提出问题：我们是怎样分辨出不同声音的？仅仅根据音调和响度行吗？通过这些活动，让学生感知音色的含义。

（2）演示

用示波器或计算机演示不同乐器演奏相同曲子的波形。观察波形的目的是增加学生对不同乐器声音音色的感性认识。从波形图中可以清楚地看出不同音色声音的本质。由教材中的图也可以看出，音叉、钢琴和长笛的基频（振幅最大的振动的频率）相同，但是波形并不完全相同。教学中一定不要讲基频、复音等概念，只需让学生看到主要的振动频率相同，但波形不同，所以音色不同即可。关于乐器，学生比较感兴趣，教师可以调动学生的积极性，让有一定音乐基础的学生现身说法，或让学生自己通过观察或者查阅资料，谈谈某种乐器发声的原理，也可就此问题让学生写篇短文，作进一步说明。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 可就这个问题让学生写篇小论文或召开小研讨会，互相交流。

2. 350 Hz，能。

3. “女高音”的“高”指音调高；“男低音”的“低”指音调低；“引吭高歌”的

“高”指响度大；“低声细语”的“低”指响度小。

4. 此题在知识上的要求不要过高，要更多地关注“做”的过程。这种水瓶琴和哨子都很好做。哨子用塑料管和竹管都可以，只要能改变所吹管内空气柱的长度，就可以改变音调。

（四）补充练习

1. 声音是多种多样的，悠扬、悦耳的声音给人以美的享受。声音通常有_____、_____、_____三个特性。

答案：音调；响度；音色

2. 女高音与男低音中的“高”与“低”指声音的_____不一样，它是由发声体振动的_____决定的；“引吭高歌”与“低声细语”中的“高”与“低”指声音的_____不一样，是由发声体振动的_____决定的。

答案：音调；快慢；响度；振幅

3. 唐诗《枫桥夜泊》中的诗句“姑苏城外寒山寺，夜半钟声到客船”中的钟声，是钟受到僧人的撞击产生_____发出的。客船上的人能辨别出传来的是钟声，是根据声音的_____来判断的。

答案：振动；音色

4. 下列关于声音的说法中，不正确的是（　　）

A. 响度越大的声音在空中气中的速度越大

B. “女高音”中的“高”是指音调

C. 从电话听筒中，能听出对方是哪位熟悉的朋友，这是根据音色来判断的

D. “高声大嗓”指的是响度大

答案：A

第3节　声的利用

（一）教学目标

1. 了解声的有关知识和应用。

2. 通过学习声在现代技术中的应用，体会科学、技术与社会的联系。

（二）教材分析与教学建议

教材注意区分了声和声音这两个概念。声的概念比较广，包括声音、超声、次声等；而声音的概念相对而言要窄得多，它仅指人耳能感觉到的那部分声。关于声和声音两个概

念，教学中教师注意正确使用即可，不必对学生明示。

声在实际生活中有着广泛的应用。限于篇幅，教材中只介绍“声与信息”和“声与能量”。课文列举了大量事例，让学生感知物理与生活的联系。本节的教学应鼓励学生自己从生活中的感知或查阅的资料中了解利用声的实例和它们的工作原理。另一方面，应发挥学生的想象力，鼓励他们制作一些利用声的小发明。

学生在日常生活中已经接触过利用声的事例，因此，请学生说出所了解的利用声的现象。要求是当有人发言时，其他人必须仔细倾听，保证每个人充分发表自己的意见。在这种完全自由的情境下，一个人所提出的哪怕是很不成熟的观点也可能激发其他人的思维，产生一系列新的想法。

在学生充分发表各自的看法后，教师可对声在社会生活中应用的情况进行分类。可以按照教材分为“声与信息”和“声与能量”两类，也可按照声在医疗、工业、军事、日常生活等方面的利用分类，然后根据分类进行总结性的讲解，在讲解中应对学生遗漏的例子进行补充。

也可结合音像资料对天坛进行介绍，对学生进行爱国主义教育。

1. 声与信息

在讲蝙蝠的声呐系统之前，可以先回顾一下第1节中“声速”的概念，通过一个简单的计算题使学生了解“根据回声到来的方位和时间，蝙蝠可以确定目标的位置”。

教材还介绍了B超的知识，并配了一幅图。在做B超检查时，通常是将一束超声波射入人体。超声波在传播时，碰到组织分界面（不同内脏器官分界处、内脏与骨骼分界处以及异物与组织交界处）时就会产生反射。根据反射波滞后于发射波的时间差，可以知道分界面在体内的深度等信息。声学的知识在工业、交通等方面的应用也很普遍，如利用超声波探伤等。教师可以让学生收集一些相关的例子，一起分析其中的道理。

2. 声与能量

（1）声波具有能量的演示实验

方案1：去掉饮料瓶的瓶底，在开口处蒙上橡皮膜并扎紧。对着火焰敲橡皮膜，膜的振动引起空气的振动，从而使烛焰摇动。

方案2：在发声的扬声器前放一支点燃的蜡烛。使扬声器音量大一些，就可以看见烛焰会摇动。

（2）声能的利用

用超声波清洗精密机械，主要依靠“空化效应”。超声波在清洗液中疏密相间地向前传播，对液体产生拉伸和挤压作用，使液体内产生大量的微小气泡。这些气泡迅速产生，又迅速闭合，形成的瞬间高压甚至超过标准大气压的1 000倍。连续不断的气泡就像一连串小“炸弹”，不断地冲击物件表面，使物件的表面及缝隙中的污垢迅速剥落，从而达到净化物件的目的。对表面比较复杂的工件（如钟表等精密机械的零件），或对清洁度有较高要求的产品（如电子元器件等），使用超声波清洗都能达到常规清洗方法很难达到的理

想效果。

3. 声与生活

鉴于本节内容与实际应用联系紧密，建议补充一些事例，如表2-4，供学生讨论。

表2-4　参考事例分类

声与信息	声与能量
隆隆的雷声预示天气的变化 声呐测距 超声波探伤 ……	炮弹爆炸，震耳欲聋 超声波击碎体内结石 超声波清洗 ……

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1.（1）利用超声波给金属工件探伤：利用声传递信息。

（2）医生通过听诊器给病人诊病：利用声传递信息。

（3）通过声学仪器接收到的次声波等信息判断地震的方位和强度：利用声传递信息。

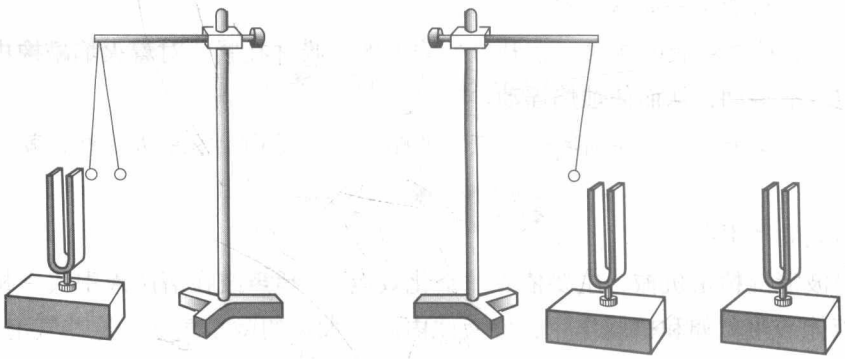
（4）利用超声波排除人体内的结石：利用声传递能量。

2. 此处海水深约3 000 m。

3. 略。

（四）补充练习

1. 如图2-2甲所示，用竖直悬挂的泡沫塑料球接触发声的音叉时，泡沫塑料球被弹起，这个现象说明声音是由_____产生的；如图2-2乙所示，敲击右边的音叉，左边与之完全相同的音叉会把泡沫塑料球弹起，这个现象说明声波可以传递_____。



甲　　乙

图2-2

答案：振动；能量

2. 日常生活、生产中利用声主要是因为声波能传递_____和能量。例如，外科

医生利用超声波除去人体内的结石，就是利用了声波能传递_____。

答案：信息；能量

3. 关于声的利用，下列说法中不正确的是（　　）

A. 中医诊病通过“望、闻、问、切”四个途径，其中“闻”有利用声音获得身体信息的含义

B. 声波能够传递能量，因此利用声波可以清洗精密机械

C. 教师在教室里讲课，回声与原声混在一起，可以使人听到的声音更响亮

D. 在月球上宇航员可以直接利用声音传递信息

答案：D

4. 某人对着山崖大喊一声，过了3 s听到回声（设声音在空气中传播的速度是340 m/s），则人距山崖（　　）

A. 1 020 m　　B. 510 m　　C. 2 040 m　　D. 340 m

答案：B

第4节　噪声的危害和控制

（一）教学目标

1. 了解噪声的来源。
2. 知道噪声的危害和控制噪声的途径。
3. 通过体验和观察，了解控制噪声的思路。
4. 通过学习，增强环境保护的意识。

（二）教材分析与教学建议

本节的物理知识不多，教学中要从环境保护出发，使学生了解噪声的危害和减弱噪声的方法。要联系实际，提高学生保护环境的意识。教材既从物理学角度说明了乐音与噪声的区别，又从与生活联系更密切的环保角度对噪声作了说明，教学中不应纠缠于有关概念的辨析上。在教学形式上，可以采用学生分组讨论的方式，也可以通过社区调查，使学生对噪声污染有深刻的体会。

1. 噪声的来源

（1）情景设置

活动1：听一段优美的音乐。

活动2：用铁钉刮玻璃，听听产生的声音。

活动3：大家一起来唱一首歌。

活动4：让学生一起听一名同学讲故事，同时让另一名学生在旁边大声唱歌。

通过对比活动1和活动2，提问：你喜欢哪一种声音？通过对比活动3和活动4，提问：唱歌对大家听故事有什么影响？说明理由。根据学生说出的理由，就非常自然地进入“噪声”的学习。

（2）噪声的波形

利用示波器或计算机来展示噪声的波形，会给学生留下深刻的印象。

（3）讨论、归纳

在学生明确了两类噪声的含义的基础上，通过讨论下列问题，引导学生从自己的生活环境中寻找噪声的来源。

①教室里和教室周围有无噪声？如果有噪声，这些噪声是从哪里来的？

②生活中有哪些噪声，这些噪声是怎么产生的？

2. 噪声的等级和危害

噪声的等级由声强级的单位——分贝数表示。声强级的定义比较抽象，教学中不必提及，只需让学生知道分贝是计量声强级的单位就可以了。

引导学生阅读教材中的小资料“人对不同强度的声音的感觉”，让他们回想自己在这些环境中的感受，并举例说明噪声对人们的生活有哪些危害。也可就“燃放鞭炮的利与弊”为主题，自愿组成正方和反方进行辩论。

3. 控制噪声

教学片段　控制噪声的措施

提出问题

在教室里放一响铃的闹钟，如果这种声是噪声，那么怎样减弱它对课堂的干扰？

设计实验

学生讨论后，提出具体的方法。

进行实验

根据学生提出的方案去实施，并根据实际效果改进实验方案。

在本实验方案中，可用玩具电动机做振动源，把旋转的电动机放在桌子上会产生较大的声音。将电动机用软泡沫塑料垫起，噪声会明显减弱（在发声体处减弱噪声）。将电动机置于空罐头盒上，将罐头盒用软泡沫塑料垫上，再用软泡沫塑料挡在电动机与学生之间，发现噪声明显减弱（在传播过程中减弱）。通过实验比较，还可以发现泡沫塑料的吸音效果比较好，这说明某些材料的吸声作用强，以解释树林能减弱噪声污染（因为树木对声波有着较好的吸收作用）。

教材用图片显示了几种防治噪声的实例。生活中还有许多治理噪声的实际例子，注意引导学生观察、总结。从原理上讲，控制噪声的传播途径可归纳为“隔、吸、消”。“隔”就是把噪声与接收者隔离开来。机器开动后，噪声一般通过两条途径向外传播：一条通过空气传声，到达人耳；另一条通过固体传声，由机器振动引起机座、地面振动，然后通过空气传到人耳。如果将机器用隔声罩罩起来，这称为“隔声”。隔声罩常用密实、厚重的

材料，如砖墙、钢板、钢筋混凝土等，它们不容易引起振动。而在机座与地面之间装上具有弹性的减振垫，这称为“隔振”。“吸”就是用特殊的办法吸收声能，达到减弱噪声的目的。如，在声传播的路径上设置由吸声材料制作的声屏障，最常用的吸声材料是多孔材料。另外，利用吸声材料还可以制造消声器。消声器主要用来消除气流噪声，如汽车、摩托车排气管上就有消声器。它既让气流顺畅通过，又将噪声减到最低程度。对接收者的防护是噪声控制的最后一道关卡，一般采用耳塞、耳罩、隔音帽。教材中的几幅图所展示的办法，就是分别用“消”“吸”“隔”控制噪声的例子。在学校的走廊中或很多公共场合，一般有“请保持安静”或“轻声慢步”的提示牌。教师应该抓住这一点，对学生进行情感态度价值观教育。在需要安静的公共场合大声喧哗，自己就成了噪声源，会对别人的工作、休息造成干扰。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 这个活动的目的是激发学生参与社会实践的兴趣，培养学生保护环境的意识，初步学会开展社会调查的基本方法，包括观察、交谈、记录，等等。对学生活动的评价应侧重于投入程度，以及收集和处理信息的能力。

此外，根据当地实际情况，建议开展下面的活动。

活动：角色扮演

某居民区附近新建了一个纺织厂。机器的噪声打破了小区昔日的宁静，干扰了居民的休息。另一方面，这个纺织厂也解决了一部分职工的就业问题。这个矛盾怎样解决？请几位学生分别扮演纺织厂厂长、工人、居民、环保部门工作人员，商讨解决问题的策略。参加讨论的每位学生都要事先查阅相关资料，在讨论时既要为自己辩护，又要倾听对方的意见。其他学生要对整个过程进行评价。

2.（1）、（3）是有效的、合理的；（2）有效，但不合理；（4）是无效的，这种装置只是监测装置。

3. 略。

4. 略。

（四）补充练习

1. 下列控制噪声的措施中，属于控制噪声产生的是（　　）

A. 关闭房间的门窗

B. 会场内把手机调到无声状态

C. 高速公路旁的房屋装隔音窗

D. 机场跑道工作人员使用防噪声耳罩

答案：B

2. 现代城市中，常在主要街道上设置噪声检测设备。如果某一时刻该装置显示的示

数为53.26，那么这个数字的单位是_____。当有摩托车驶过时，显示屏上的示数将会_____（填“变大”“变小”或“不变”）。

答案：分贝；变大

3. 有一闹钟正在响铃，将闹钟用泡沫塑料包裹起来，响铃声音减弱，这是（　　）

A. 在发声处减弱噪声

B. 阻断噪声的传播途径

C. 在人耳处减弱噪声

D. 为了使闹钟的使用寿命延长

答案：B

4. 下列措施中，不是为了控制噪声的是（　　）

A. 给摩托车的排气管安装消声器

B. 在城市主要道路两旁安装隔声板

C. 利用声呐探测海水的深度

D. 给纺织车间的工人戴上耳罩

答案：C

四、教学资源

（一）实验天地

1. 声音的产生

（1）实验目的

了解声音是由物体的振动产生的。

（2）实验器材

空玻璃瓶，两只水杯，水，琴弦（或细铜丝）。

（3）实验方法

①把空玻璃瓶口放在嘴边。对着瓶口用力吹气，有什么现象发生？它说明了什么？（振动的气体能发声。）

②一只杯子内盛半杯水，向其中倒水，有什么现象发生？它说明了什么？（振动的液体能发声。）

③把琴弦（或细铜丝）绷紧，用手指在琴弦中间一弹，有什么现象产生？（振动的琴弦能发声。）

综上所述，声音是怎样产生的？

2. 声音的反射和吸收

如图2-3甲所示，先用硬纸卷成一个圆筒（约30 cm 长），圆筒的上下底面应平整。在圆筒的底部铺一块泡沫塑料（也可以用海绵或棉花），上面放一块机械手表（表不与纸筒接触），耳朵在距纸筒上端约40~50 cm 处注意听表的“嘀嗒”声，并记住声音的强弱。然后将一面镜子或金属板放在纸筒上方（图2-3乙），改变镜子的倾斜角度，使耳朵仍在原来位置，就能比较清楚地听到表的“嘀嗒”声。

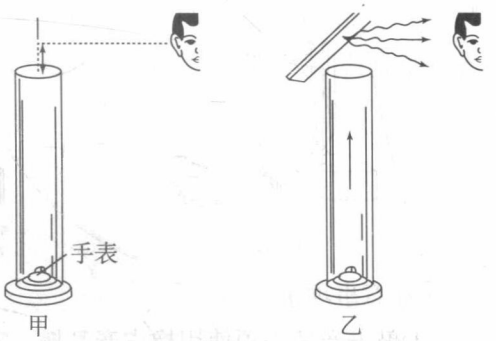


图2-3

再把泡沫塑料换成木板、金属板，镜子换成纸板、木板，重复上述实验，听“嘀嗒”声的强弱。

实验结果表明：松软多孔的物质对声音的吸收作用特别强，表面光滑的坚硬物体对声音的吸收作用弱而反射较强。

3. 声音的发生与传播

（1）实验目的

认识声音的发生和传播。

（2）实验器材

音叉（附共鸣箱），音叉槌，支架（吊着一个轻质小球），量筒，不同材料做成的杆，水。

（3）实验方法

①演示声音的发生。用音叉槌轻击音叉，音叉就会发出轻微的声音。用音叉跟吊在支架上的轻质小球接触，小球就会被音叉弹开（图2-4），表明叉股在振动。用手指轻轻接触发声的音叉，可以直接感觉它的振动。如果捏紧音叉的叉股，使它停止振动，就听不到声音了。说明一切发声的物体都在振动。

②演示声音可以通过各种媒质传播。将音叉从共鸣箱上取下，用木、铁、铜、玻璃或其他物质做成长30~50 cm、直径与音叉手柄直径相同的杆，插在共鸣箱上。把敲击后的音叉手柄放在杆上（图2-5），共鸣箱发出同频率的声响。说明声音可以通过这些固体传播。

把装满水的量筒放在共鸣箱上，在音叉柄上套一个直径比量筒小1~2 cm的软木塞，把敲击后的音叉柄放入量筒的水里（使塞子浸没1~2 cm），如图2-6所示。共鸣箱也会发出同频率的声响，说明声音可以通过水传播。

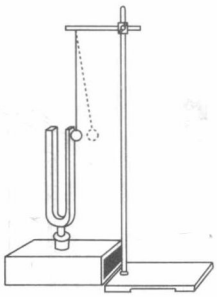


图2-4



图2-5



图2-6

【注意事项】

①敲击音叉必须使用橡皮音叉槌，不能使用其他硬物撞击，以防击伤音叉表面从而改变其固有频率。

②音叉十分硬脆，使用中要防止重击、跌落，以免断裂。

③用完音叉，表面要涂油或凡士林防锈，放置于干燥处保存。并注意防止受压变形。

④插入与取下音叉时，应避免摇动，防止共鸣箱插孔变形。

4. 音调与响度

（1）实验目的

了解音调高低与声源振动频率的关系。

（2）实验器材

发音齿轮（齿数为40、50、60、80），转台，硬纸片，音叉（附共鸣箱），音叉槌，吊在支架上的轻质小球。

（3）实验方法

把发音齿轮固定在转台上，摇动转台，使齿轮匀速转动。再拿一块硬纸片接触其中一个齿轮的锯齿，如图2-7所示。纸片就振动起来，发出声音。改变转台的转速。可以听到纸片发出声音的音调也随着改变。转速越大，音调越高。

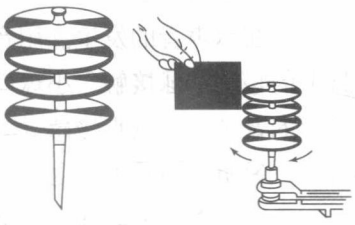


图2-7

保持齿轮的转速不变，用硬纸片接触不同的齿轮，纸片就发出不同音调的声音。齿轮的齿数越多，硬纸片和它接触时发出声音的音调就越高。

实验表明：声音的音调是由声源振动的频率决定的。频率越大，音调越高；频率越小，音调越低。

【注意事项】

发音齿轮轴上的螺帽必须拧紧，以防齿轮打滑，影响实验效果或被甩出伤人、损坏齿轮。

5. 用计算机辅助声的教学

随着信息技术的发展，计算机的使用越来越普及。与示波器相比，计算机操作更简单，功能也更丰富。借助相应的软件，就可以用计算机通过大屏幕展示声音的波形，并播放声音。必要时，还可以录制、编辑声音。下面就以Audacity软件为例，介绍具体的操作方法。

（1）实验目的

观察声音的波形，了解音调、响度与音色。

（2）实验步骤

◇播放声音并观察波形

①到Audacity的网站下载这个软件后，把程序安装到计算机中。

②启动Audacity，打开Audacity窗口。打开“制作”菜单，执行其中的“单音调”命令，打开“单音调发生器”对话框（图2-8）。输入“频率”和“振幅”，然后单击“生成单音调”按钮，创建一个声音片段。

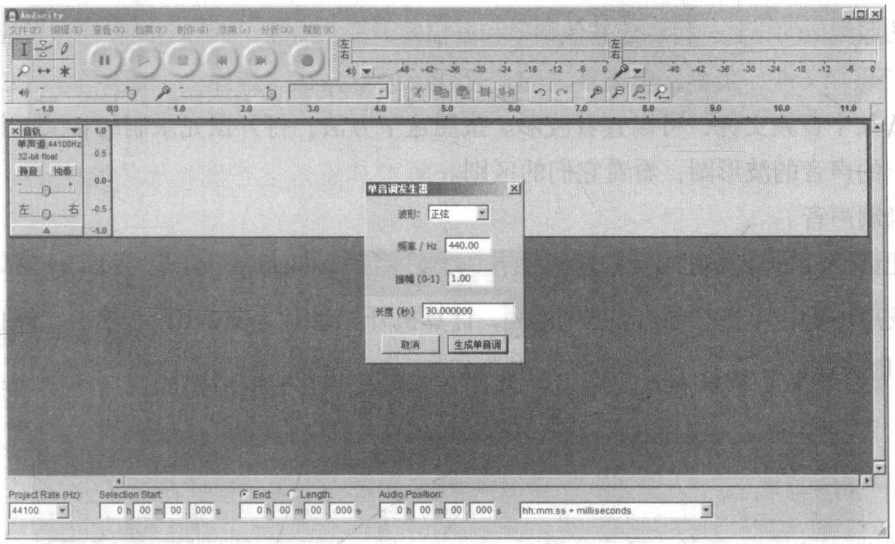


图2-8

③单击“缩放工具”按钮，可以放大显示波形（图2-9）。如果按住Shift键单击，可以缩小显示波形。单击“播放”按钮，就可以听这段波形对应的声音了。单击音轨左侧的关闭按钮，可以清除这段声音。

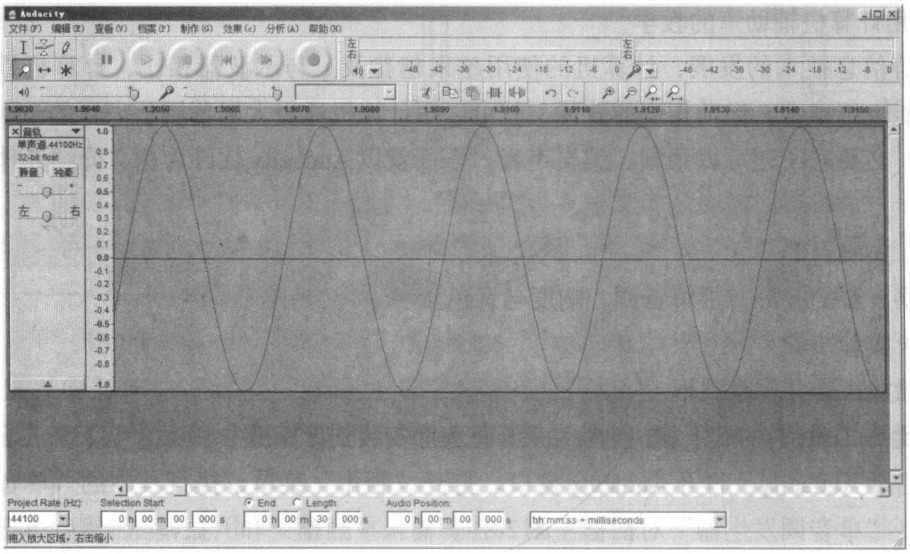


图2-9

④仿照类似的方法，再创建其他频率和振幅的声音并播放，听听不同音调和振幅的声音。

⑤打开“文件”菜单，单击其中的“打开”命令，在“选择一个或多个音频文件”窗口中双击某个音频文件，可以查看波形。按照这个方法，打开预先录制的音叉、钢琴、与长笛发出的声音的波形图，看看它们的区别。

◇录制声音

①把话筒插入计算机的音频输入插孔，然后启动Audacity，打开Audacity窗口。敲击音叉等发声体后，单击“录音”按钮，计算机开始录音（图2-10）。单击“停止”按钮，停止录音。

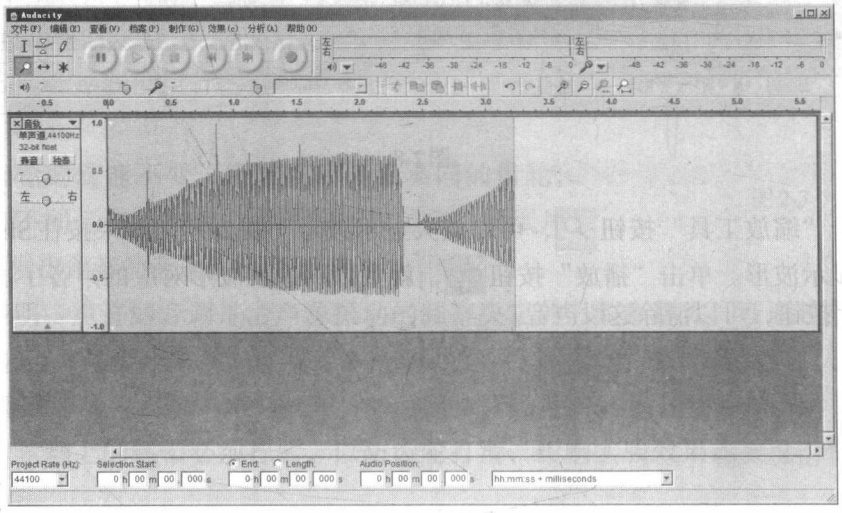


图2-10

②单击“缩放工具”按钮，放大显示波形，查看录制的波形。然后单击“播放”按钮，就可以听声音了。

③单击“选择工具”按钮，然后在波形图上拖动，选定一段波形。再打开“分析”菜单，单击其中的plot spectrum命令，打开“频率分析”窗口，可以看这一段声音的频谱图（图2-11）。

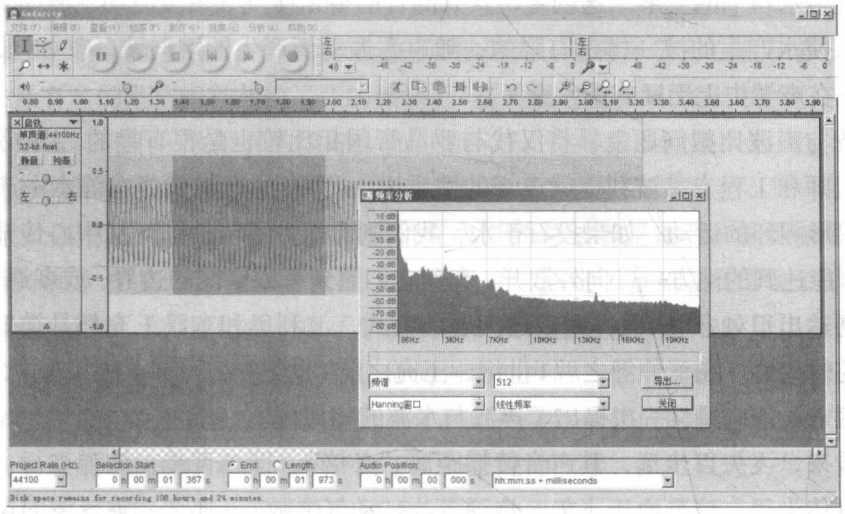


图2-11

（二）物理史话

1. 声波与水波

在科学史上，波的概念建立并非易事。在日常生活中，水波和绳子波是常见的现象。但是，空气中的声波，大地和固体物质的振动波是人眼不能看见的。只有在积累大量生活经验的基础上，基于想象、思考和推测，才能将经验上升为理论，才能将水波或绳子波推广到空气中不可见的声波。

关于声波的认识史正是遵循了这样的一条路线。水面的振动，以波的形式向周围传播。这种现象当然会引起古代人在哲学思想和科学认识两方面的许多猜测。

上古时代的人们，在渔猎生产中每天见到水波荡漾，而水面上的木条、浮萍却并不随浪前进；在纺绳织网中，弹动绳子，波浪从一头传到另一头，而绳子上的线头也不随波前进。这种大自然的美在新石器时代被匠师以艺术的形式描绘在各种陶土工艺上。从上古一直到西周时期，类似的图案在陶器、青铜器上屡见不鲜。

经过长期对水波的观察思考，公元1世纪时，思想家王充终于提出了空气波与水波相同的看法。当时有人说，高高在上的天可以听见地上人们的言语声；灾变家说，地上的人们可以以自己的行为举止感动天地。于是，王充写下了下面的一段文字，对这两种说法提

出了反驳。

天之去人，高数万里，使耳附天，听数万里之语，弗能闻也。人坐楼台之上，察地之蝼蚁，尚不见其体，安能闻其声。

从王充的言论中可以看出，他对于声波传播的距离和声强都有一定的认识，而且第一次在可见的水波和不可见的声波中作了类比，提出了“今人操行变气，远近宜与鱼等；气应而变，宜与水均”的见解。这就是说，人的言语举止使空气发生波动，波动变化的远近距离如同鱼使水产生的波一样是有限的；随声源振动而产生的空气波，就如同水波一样。他的见解，在声学史上无疑有重大意义。

在水波与声波比拟问题上，将汉代与罗马帝国相比较也是很有趣的。公元前1世纪，罗马的建筑师和工程专家波利奥就声音的性质说：“声音的行进就像在静水中产生的那些无数的波浪形圆环的运动，如果投石于水，我们则看见数不清的圆环从中心传开，并且达到它们尽可能达到的地方——向外散开，直到它们遇到有限空间的边界，或者遇到障碍物，阻挡水波到达出口处。”从语言到叙述问题的方式，波利奥和东汉王充都是类似的。而波利奥所处的时代恰好在董仲舒之后1世纪、王充之前1世纪。

直到明末，宋应星又一次提出了声波与水波的相似性。

在他看来，飞矢百步远，其声音传播距离“必倍”，即二百步；炮弹飞行一里，其炮声在山谷可传十里。这是由于飞矢、炮弹等物“动气之故”。那么，空气波的运动并将声音传到耳，其运动情形如何呢？宋应星回答说：“其荡气也亦犹是焉。”从宋应星的论述中，我们又一次看到，早期人们对于声强和传播距离的关系的认识。

摘自《中国物理学史大系　声学史》，戴念祖，湖南教育出版社，2001年9月第1版

2. 声学的历史

声音是人类最早研究的物理现象之一。从上古起直到19世纪，都是把声音理解为可听声的同义语。中国先秦时就说“情发于声，声成文谓之音”“音和乃成乐”。声、音、乐三者不同，但都指可听到的现象，与现代对声的定义相同。西方也是如此，acoustics的词源是希腊文akoustikos，意思是说“听觉”。世界上最早的声学研究工作在音乐方面。《吕氏春秋》记载，黄帝令伶伦取竹作律，增损长短成十二律；伏羲作琴，三分损益成十三音。三分损益法就是把管（笛、箫）加长三分之一或减短三分之一，听起来就很和谐，这是最早的声学定律。中国1957年河南信阳出土的编钟是公元前525年为纪念晋国与楚作战而铸的，其音阶完全符合自然率。明朝朱载堉于1584年提出的平均率，与当代西方乐器制造中使用的乐律完全相同，但比西方早提出300年。

对声学的系统研究是从17世纪初伽利略研究单摆周期和物体振动开始的。从那时起许多物理学家和数学家都对研究物体振动和声的产生原理作出过贡献。牛顿在1687年出版的《自然哲学的数学原理》中提出，振动物体要推动邻近介质，后者又推动它的邻近介质，进而经过复杂的推导求得声速应等于大气压与密度之比的二次方根。欧拉1759年根据这个概念提出更清楚的分析方法，求得牛顿的结果。但由此算出的声速只有288 m/s，

与实验值相差很大。达朗贝尔于1747年首次导出弦的波动方程，并预言可用于声波。直到1816年，拉普拉斯指出只有在声波传播中空气温度不变时牛顿的推导才正确，而实际上声波传播中空气密度变化很快，不可能是等温过程，而应该是绝热过程，因此声速的二次方应是大气压乘以比热比（质量定压热容与质量定容热容的比）与密度之比。据此算出声速的理论值与实验室值完全一致。

1843年，欧姆提出人耳可把复杂的声音分解为谐波分量，并按分音大小判断音品的理论。在欧姆声学理论的启发下，开展了听觉的声学研究（生理声学和心理声学），并取得重要的成果，最有名的是亥姆霍兹的《音的感知》。在关闭空间（如房间、教室、礼堂、剧院等）里面听语言、音乐，效果有的很好，有的很不好，这导致了建筑声学或室内音质的研究。但直到1900年赛宾得出混响公式，才使建筑声学成为真正的科学。

19世纪及以前二三百年间的大量声学研究成果的总结者是瑞利，他在1877年出版的两卷《声学原理》中集经典声学之大成，为现代声学奠定了基础。他开始讨论的电话理论，已发展为电声学。20世纪由于电子学的发展，使用电声换能器和电子仪器设备，几乎可产生接收和利用任何频率、任何波形、任何强度的声波，使声学研究的范围远非昔日可比。现代声学中最初发展的分支就是建筑声学和电声学以及相应的电声测量。随着频率范围的扩展，又发展了超声学和次声学；由于工作手段的改善，又可以进一步研究听觉，发展了生理声学和心理声学；由于对语言和通信广播的研究，发展了语言声学。第二次世界大战中，开始把超声广泛地用到水下，使水声学得到了很大的发展。20世纪以来，特别是20世纪50年代以来，随着工业交通事业的巨大发展而出现了噪声环境污染问题，进而促进了噪声、噪声控制、机械振动和冲击研究的发展。随着高速大功率机械应用日益广泛，非线性声学受到普遍重视。此外还有音乐声学、生物声学。这样逐渐形成了完整的现代声学体系。

摘自《中国大百科全书（第二版）》，第20卷，中国大百科全书出版社，2009年

（三）物理广角

1. 人的发声

人的发声器官在喉头，由声带、软骨韧带结构的支架、控制声带位置和张力的肌肉群组成。肌肉的活动由神经来支配。声带位于人体喉腔中部，是附着在内壁上的肌肉组织，并呈瓣状，表面覆以黏膜，具有一定的弹性，是发声器官的主要组成部分。两声带间的开口(矢状裂隙)为声门裂(俗称声门)。从气管经喉头、咽部至嘴和鼻孔的管道为声道，如图2-12所示。

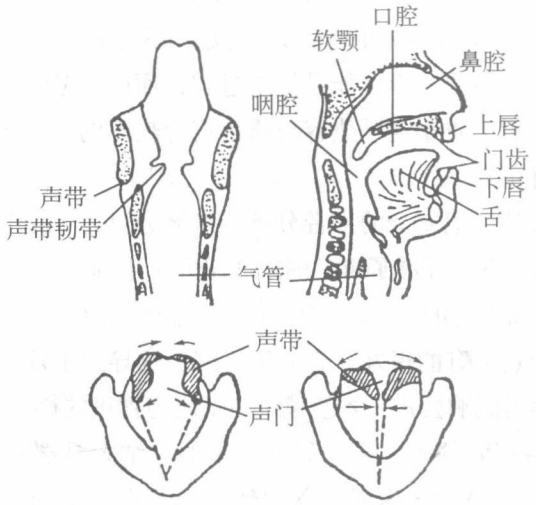


图2-12　人的声道和喉头

当空气从肺部经气管呼出时，呈一定张力的声带，由于受气流的不断冲击，引起振动而发声。人的发声是多谐的，其基频的高低取决于声带的长短、张力(松紧)和声门的大小；声音强度则取决于气流的大小和速度。说话时基频范围为100~300 Hz，男声较低，女声和童声较高。这是由于男人声带的质量比女人和儿童的大，而张力差不多，所以振动频率较低的缘故。人发声的某些谐波成分可因口、鼻、咽等腔的共振而增强，形成共振峰。各共振峰的频率由这些共振腔的大小和形状决定。发声时通过主动对共振腔的控制便可得到不同的元音。气流通过声道时由于摩擦产生噪声，通过控制声道的缝隙便可得到相应的辅音。胸腔和头部也有共振作用，对人声音的音色有一定的影响。

在合唱中，一般分四个声部，这四个声部的音域(频率范围)分别是：女高音246.9~987.8 Hz，女低音164.8~659.2 Hz，男高音110~440 Hz，男低音73.4~293.7 Hz。深沉的男低音发出的最低音的频率可达65.4 Hz。花腔女高音发出的最高音的频率可达1 177.2 Hz。

2. 动物的发声

鸟类的发声器官在支气管的交叉处，叫做鸣管。鸣管由舌状突起两侧的膜状突起和内侧壁的鸣膜组成。鸣膜可受气流的振动而发声。

爬行类和两栖类的发声器均在喉部，其结构较简单。如蛤蚧靠肺呼出的气流振动喉部的声带发出洪亮的声音。两栖类的蛙和有尾类的大鲵（娃娃鱼）也有喉，其发声的结构是一对富有弹性的纤维带，纵架在喉气管室中。当气流从肺囊中冲出时，可引起中央游离的一边振动而发声。

鱼类也能发声，有的鱼可用鳃板发出声音，还有的鱼可运用某些肌肉的收缩以振动鱼鳔壁而发声。

直翅目的昆虫多为摩擦发声，其发声器一般是由长在复翅上的音刽的部分和一个刮器的部分组成。音刽很像一把梳子，不同昆虫的音刽上的齿数和排列密度，以及翅的薄厚和振动速度等都各不相同。所以鸣声的节奏和音调高低也不同。如螽斯的鸣声就是由左翅上的刮器不断地与右复翅上的音刽发生摩擦造成复翅的振动而发出声音。

半翅目蝉科的鸣声是通过振动发出来的。它的发声器是长在腹部第一节两侧面的两片富有弹性的薄膜，叫做声鼓器官。声鼓与身体里面发达的声肌相联系，其外面有一块起保护作用的盖板（相当于鼓膜），盖板和声鼓之间有一个空腔，叫做共振室（鼓室），它能增强声音的强度。蝉的发声就是靠声鼓和声肌发出来的，声鼓是一层坚韧有褶皱的向外突出的薄膜，里面与能迅速收缩的声肌相连，周围镶有一圈坚硬的圆环。声肌收缩时将声鼓往里拉，声肌松弛时声鼓向外突，这样迅速的变换一次便发出一次去声和回声，经过连续不断地变换则发出声音洪亮的“轧轧”的鸣声来。此外，如蜂、蝇、蚊等昆虫都是以翅膀的振动发声的。

3. 关于声速的测定

1738年，法国几位科学家为了探测声音的速度，曾把两门大炮架在相距27 km的两个山头上：甲山头放炮时，乙山头上的人便测量从看见炮的火光到听见炮声所经历的时间；再由乙山头放炮，甲山头的人测量炮声所经历的时间。这样计算出来的声音在空气中的速度是337 m/s。

1827年，瑞士物理学家柯莱顿和法国数学家斯特姆在瑞士的日内瓦湖进行了第一次声音在水中传播速度的测量。当时测量的情景如图2-13所示，湖中两只船相距13 847 m，第一条船上的人用绳子将一口钟挂在水里，另一条船上的人在船下的水里安放一个听音器。在第一条船上的人用锤子敲响水中的钟的同时，点燃火药发光，第二条船上的人测出从看见火药闪光到听见钟声所经过的时间，算出声音在水里的传播速度，所测出的水中声速是1 435 m/s。由此可知，声音不仅可以在水下传播，而且比在空气中快得多。

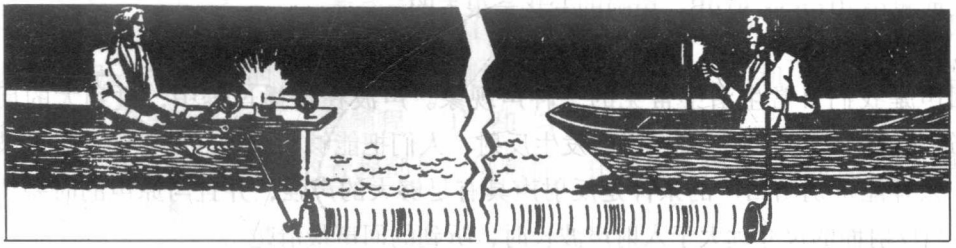


图2-13

这些测量声速的办法都忽略了光传播所需要的时间。现在利用仪器可以直接测出声速。

4. 声定位

声定位是听觉的基本功能之一。人能以极高的精确度检测一种声音在空间中的位置，这种声音检测和分辨能力可通过发生在不同水平的机制来实现，如外耳、中耳、内耳及脑

中枢。

通常认为，声定位的机制主要是依据两耳间的强度差、两耳间的时间差与两耳间的相位差。时间差取决于双耳与声源的距离差，而强度差和相位差则都与声频率有关。频率高时，强度差大，是强的声定位线索。而当波长大于动物头部4倍以上（对人体而言，频率小于160 Hz）时，强度差小到可以忽略不计；在高频时，同一个相位差可能对应着一系列不同频率的声波，故在高频时相位差作为声定位线索较差，只有当声波波长大于双耳与声源的距离差时，相位差才是重要的声定位线索。因此，对高频声和中频声进行声定位主要利用强度差，对低频声进行声定位主要利用时间差和相位差。

5. 声强级的单位——分贝

物理学上用声强来描述声波强弱，在实际生活中，人们遇到的声音的强弱变化范围很大，从人耳刚能听到的声音（听阈），其声强为1 pW/m^2（10^{-12} W/m^2），到耳朵震痛得难以忍受的声音，其声强为10^{14} pW/m^2（10^2 W/m^2），相差10^{14}倍。另外，人们感觉到的声的强弱，并不与声强的大小成比例，而是与其对数值成比例。为了方便，声学中用声强级来表示声音的大小。声强级大小为声强的对数。对数的底取10，单位为贝耳，简称贝。实际使用中，声强级常以$\frac{1}{10}$贝为单位，叫做分贝。

$$\text{声强级}\ L_I = 10\lg(I/I_0)$$

其中L_I是声音的声强级，lg是以10为底的对数，I是声音的声强，I_0是声强的基准值，等于1 pW/m^2。如果某个声音的声强等于基准声强，$I/I_0=1$，$L_I=0$ dB；如果I为I_0的10倍，$L_I=10$ dB；如果I增大为I_0的100倍，$L_I=20$ dB；如果I是I_0的10^{14}倍，$L_I=140$ dB。可见，引入声强级的概念后，就把声强相差10^{14}倍的变化范围，改变为0~140 dB的变化范围，方便了许多。

从声强级的公式可以看出，声强级每变化10 dB，就相当于声强变化10倍；而变化20 dB，就相当于声强变化100倍；每变化30 dB，就相当于声强变化1 000倍。因此声强级增大或减小20 dB或30 dB，声强的变化是很大的。

6. 回声

回声是我们日常生活中常见的一种声现象。声波在传播过程中，碰到大的反射面（如建筑物的墙壁等）时，将在界面发生反射，人们把能够与原声区分开的反射声波叫做回声。人耳能辨别出回声的条件是反射声具有足够大的声强，并且与原声的时差须大于0.1 s。当反射面的尺寸远大于入射声波长时，听到的回声最清楚。

关于回声的应用，声呐装置可谓典型。教材中介绍的用回声测海深、测冰山的距离和敌方潜艇的方位，都是由不同功能的声呐装置完成的。

1912年，英国轮船“泰坦尼克”号在赴美途中发生了与冰山相撞沉没的悲剧。这次大的海难事件引起了全世界的关注，为了寻找沉船，美国科学家设计并制造出第一台测量水下目标的回声探测仪，用它在船上发出声波，然后用仪器接收障碍物反射回来的声波信

号。测量发出信号和接收信号之间的时间，根据水中的声速就可以计算出障碍物的距离和海的深浅。第一台回声探测仪于1914年成功地发现了3 km以外的冰山。实际上这就是现在被广泛应用于国防、海洋开发事业的声呐装置的雏形。

第一次世界大战时，德国潜水艇击沉了协约国大量战舰、船只，几乎中断了横跨大西洋的海上运输线。当时潜水艇潜在水下，看不见，摸不着，一时横行无敌。于是利用水声设备搜寻潜艇和水雷就成了关键的问题。法国著名物理学家郎之万等人研究并造出了第一部主动式声呐。这种声呐可以向水中发射各种形式的声信号，碰到需要定位的目标时产生反射回波，接收回来后进行信号分析、处理，除掉干扰，从而显示出目标所在的方位和距离。

第二次世界大战期间，由于战争需要，声呐装置更趋完善。战后，人们开始实验使用军舰上的声呐探测鱼群。不但测到了鱼群，而且还能分辨出鱼的种类和大小。人们在此基础上研制出各种鱼探机，极大地促进了渔业的发展。

回声在地质勘探中也有广泛的应用。例如在石油勘探时，常采用人工地震的方法，即在地面上埋好炸药包，放上一列探头，把炸药引爆，探头就可以接收到地下不同层间界面反射回来的声波，从而探测出地下油矿。

在建筑方面，设计、建造大的厅堂时，必须把回声现象作为重要因素加以考虑。在封闭的空间里产生声音后，声波就在四壁上不断反射，即使在声源停止辐射后，声音还要持续一段时间，这种现象叫做混响。混响时间太长，会干扰有用的声音。但是混响太短也不好，给人以单调、不丰满的感觉。所以设计师们须采取必要的措施，例如，设计厅堂的内部形状、结构、吸声、隔声等，以获得适量的混响，提高室内的音质。

7. 音程和音阶

音程（频程）指两个音在频率上的间隔，可以用这两个音的频率之比来表示。如音乐中C大调的“1”（Do）音的频率$f_1=264$ Hz，“2”（Re）音的频率$f_2=297$ Hz，它们之间的音程为$f_2/f_1=9/8$。又如C大调中的“6”（La）音的频率$f_6=440$ Hz，“7”（Si）音的频率$f_7=495$ Hz，它们之间的音程为$f_7/f_6=9/8$。“1”和“2”，“6”和“7”，它们的音程是相等的，即等音程。C大调中的“$\dot{1}$”（Do′）频率$f_1'=528$ Hz，“1”和“$\dot{1}$”之间的音程为$f_1'/f_1=2$，这两个音称为相差一倍频程。“1”和“$\dot{1}$”，“2”和“$\dot{2}$”等，听起来像一个音，只是后者比前者“尖”，它们的音程都是一倍频程，在音乐乐理上称它们之间相距八度，即通常所说的高八度。

音乐中由低到高按一定音程的排列叫做音阶（也叫乐律），音阶有自然音阶（也叫自然律）和等程音阶（也叫平均律）两种，各音的频率关系如表2-5。

表2-5　不同音调的频率关系

音		中央C 1 (Do)	D 2 (Re)	E 3 (Mi)	F 4 (Fa)	G 5 (Sol)	A 6 (La)	B 7 (Si)	C $\dot{1}$ (Do′)
自然音阶	频率/Hz	264	297	330	352	396	440	495	528
	后一音与前一音的音程	9/8 大全音	10/9 小全音	16/15 半音	9/8 大全音	10/9 小全音	9/8 大全音	16/15 半音	
等程音阶	频率/Hz	261.6	293.7	329.6	349.2	392.0	440.0	493.9	523.2
	后一音与前一音的音程	$\sqrt[6]{2}$ 全音	$\sqrt[6]{2}$ 全音	$\sqrt[12]{2}$ 半音	$\sqrt[6]{2}$ 全音	$\sqrt[6]{2}$ 全音	$\sqrt[6]{2}$ 全音	$\sqrt[12]{2}$ 半音	

音阶不论怎样划分，都是以一个八度为一组，每组音的排列是重复相同的，即这个八度内任意两个音的音程，同下一个八度内对应的两个音的音程是相同的。

自然音阶在弹奏和弦（如大三和弦）时听起来很和谐，但变调不方便。等程音阶虽不如自然音阶和谐，但变调方便，所以乐器都采用等程音阶。

8. 次声波

次声波是一种频率低于人的可听声波频率范围的声波。次声波的频率范围大致为10^{-4}~20 Hz。

次声波产生的声源是相当广泛的，现在人们已经知道的次声源有：火山爆发、坠入大气层中的流星、极光、地震、海啸、台风、雷暴、龙卷风、电离层扰动，等等。另外，核爆炸、火箭发射、化学爆炸，也能产生次声波。

由于次声波的频率很低，因而它显示出了种种奇特的性质。其中，最显著的特点是传播的距离远，而且不容易被吸收。

我们知道，声音在大气层中的衰减，主要是由分子吸收、热传导和粘滞效应所引起的，相应的吸收系数与声波频率的二次方成正比。由于次声波的频率很低，所以在传播过程中大气对它的吸收系数很小。例如，空气对频率为0.1 Hz的次声波的吸收系数大约是对频率为1 000 Hz的声波吸收系数的一亿分之一。次声波不容易被吸收，它的传播距离就很远。1883年8月27日印度尼西亚的喀拉喀托火山爆发时，它所产生的次声波围绕地球转了三圈，传播了十几万千米。当时，人们利用简单的微气压计曾记录到它。次声波不但“跑”得远，而且它的速度大于风暴传播的速度，所以它就成了海洋风暴来临的前奏曲，人们可以利用次声波来预报风暴的来临。

次声波的应用从20世纪50年代开始，并逐渐广泛地被人们所重视。次声波的应用前景大致有以下几个方面。

（1）通过研究自然现象所产生的次声波的特性和产生的机理，更深入地研究和认识这

些自然现象的特征与规律。例如，利用极光所产生的次声波，可以研究极光活动的规律。

（2）利用所接收到的被测声源产生的次声波，可以探测声源的位置、大小和研究其他特性。例如，通过接收核爆炸、火箭发射或者台风产生的次声波，来探测出这些次声源的有关参量。

（3）预测自然灾害性事件。许多灾害性的自然现象，如火山爆发、龙卷风、雷暴、台风等，在发生之前可能会辐射出次声波，人们就有可能利用这些前兆现象来预测和预报这些灾害性自然事件的发生。

（4）次声波在大气层中传播时，很容易受到大气介质的影响，它与大气层中的风和温度分布等因素有着密切的联系。因此，可以通过测定自然或人工产生的次声波在大气中的传播特性，探测出某些大规模气象的性质和规律。这种方法的优点在于可以对大范围大气进行连续不断地探测和监视。

（5）通过测定次声波与大气中其他波动的相互作用的结果，探测这些活动特性。例如，在电离层中次声波的作用使电波传播受到行进性干扰，可以通过测定次声波的特性，进一步揭示电离层扰动的规律。

（6）人和其他生物不仅能够对次声波产生某些反应，而且他（或它）们的某些器官也会发出微弱的次声波。因此，可以利用测定这些次声波的特性来了解人体或其他生物相应器官的活动情况。

9. 超声波的应用

频率高于人的听觉上限（约为20 000 Hz）的声波，称为超声波。产生超声波的一种方法是利用石英片的一种性能。石英片是用一定的方法从石英晶体上切下来的。如果使石英片的表面周期性地带电，那么这表面就会在电荷的作用下，交替着一伸一缩，也就是产生了振动，使我们得到超声波振动，进而得到超声波。

虽然我们不能听见超声波，但是却能感知它的作用。例如，如果把振动达到一定强度的石英片浸在油缸里，那么，在受到超声波作用的那一部分液体的表面上，就会激起高达10 cm的波峰，同时还有小油滴飞溅到40 cm高；把一根长1 m的玻璃管的一头浸在油缸里，并且用手抓住玻璃管的另一头，你的手就会感到非常烫，甚至在皮肤上会留下烫伤。强的超声波还对生物产生特殊的作用：遇到它们，海草的纤维会裂开，动物的细胞会破碎，血球被破坏，小鱼和蛙类会在两分钟内被杀死。用超声波做动物实验时，发现动物的体温会升高，例如老鼠的体温会升高到45 ℃。

超声波在媒质中的反射、折射、衍射、散射等传播规律，与可听声波的规律并没有本质上的区别。但是超声波的波长很短，只有几厘米，甚至千分之几毫米。与可听声波比较，超声波具有许多奇异特性：传播特性——超声波的波长很短，通常的障碍物的尺寸要比超声波的波长大好多倍，因此超声波的衍射本领很差，它在均匀介质中能够定向直线传播，超声波的波长越短，这一特性就越显著。功率特性——当声音在空气中传播时，推动空气中的微粒往复振动而对微粒做功，声波功率就是表示声波做功快慢的物理量。在相同

强度下，声波的频率越高，它所具有的功率就越大。由于超声波频率很高，所以超声波与一般声波相比，它的功率是非常大的。当超声波在液体中传播时，由于液体微粒的剧烈振动，会在液体内部产生小空洞。这些小空洞迅速胀大和闭合，会使液体微粒之间发生猛烈的撞击作用。微粒间这种剧烈的相互作用，会使液体的温度骤然升高，起到了很好的搅拌作用，从而使两种不相溶的液体（如水和油）发生乳化，并且加速溶质的溶解，加速化学反应。这种由超声波作用在液体中所引起的各种效应称为超声波的空化作用。

在工业生产中常常运用超声透射法对产品进行无损探测。如果样品内部有缺陷，超声波就会在缺陷处发生反射，这时，接收器便收不到或者不能全部收到发生器发射出的超声波信号。这样，就可以在不损伤被检测样品的情况下，检测出样品内部有无缺陷。在医疗诊断中则常采用回声法：将弱超声波透入人体内部，当超声波遇到脏器的界面时，便发生反射和透射。透射入脏器内部的超声波，再遇到界面时还会再次发生反射和透射，超声波接收器专门接收各次的反射波。医务人员根据所收到的各次反射波的时间间隔和波的强弱，就能够了解到脏器的大小、位置及其内部的病变等情况。

在工业上，利用强超声波对钢铁、陶瓷、宝石、金刚石等坚硬物体进行钻孔和切削加工。平时我们用锤子和钢钎可以一下一下地将坚硬的岩石打出洞来，超声加工也是这个道理。如图2-14所示，紧压在工件上的金属杆叫变幅杆，当绕在它上面的线圈中通过交变电流时，它便产生超声振动而不断地敲击工件。变幅杆下端与工件之间放有金刚砂一类的高强度磨料。在杆的冲击下，磨料的颗粒就像被锤子敲击的钢钎一样加工工件。虽然变幅杆的伸缩量很小（只有几十微米），每次的加工量很小，但由于超声源的频率很高，每秒钟振动在20 000次以上，所以工件被“蚕食”的速度是很快的。变幅杆底端的形状是什么样，加工出的工件形状也是什么样。所以，利用超声可以加工出形状复杂的零件，而且加工的精度和光洁度也都很高。

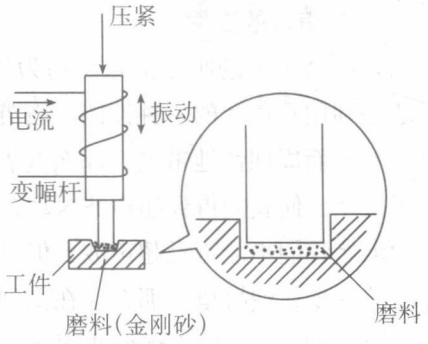


图2-14　超声钻孔

10. 录音

1877年美国人爱迪生发明了录音器。它是非常简陋的，在一个喇叭形的筒底上装一块振动膜，膜的中央连有突出的钢针，针尖触在正在旋转并沿着轴线移动的圆筒上，圆筒上糊着锡纸（图2-15）。对着喇叭说话，薄膜振动，钢针就在锡纸上刻出深浅不同的沟纹来，声音就录在圆筒上了。放音时，让圆筒回到原来的位置，钢针放在原来的起点上，当圆筒旋转而钢针在锡纸的沟纹里划

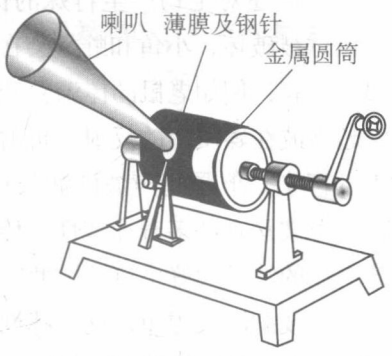


图2-15　早期的录音器

过而跳动的时候，相连的薄膜就重复原来的振动而发出原来的声音。

现在，英国的音响博物馆还保存有世界上第一次记录下来的“玛丽有只小羊羔”的珍贵音响资料。

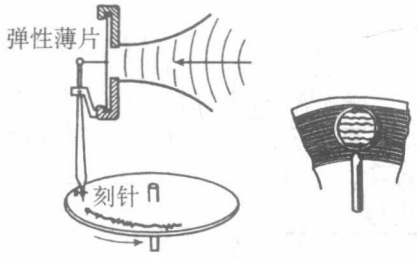
随着录音技术的进步，录音方法也逐渐增多，通常有以下几种。

（1）把声音的机械振动记录下来。它的原理跟最初的录音器一样，利用电子技术把机械振动先转换成便于放大和传递的电振动，用圆盘唱片来记录。利用电唱机把唱片声音重放出来。

录音的原理是：声振动通过话筒转换成电信号，电信号放大后驱动切削刀振动，并在旋转的蜡盘上刻出弯弯曲曲的沟槽来，这便是记录的声音。

然后用电镀的方法在蜡盘上镀上厚厚的一层铜，脱下铜层装在厚铜板上，就成了压制唱片的铜模。把这个铜模在热而软的胶片上一压，胶片便成了唱片。一张铜模，可以印出许许多多唱片（图2-16）。

放音时，把唱片放在电唱机上转动（图2-17），唱针在唱片的沟槽里划过，沟槽使唱针振动，针的振动带动压电晶体而产生电信号，电信号经放大器放大后用扬声器转换为声音。



甲　机械录音示意图　乙　唱片上沟纹的形状

图2-16



图2-17　电唱机

唱片的缺点是记录的信息较少，放音的时间较短，不耐用。因唱针在沟槽内多次摩擦，造成沟槽磨损，会使放出的声音“走样”，而且录音时制作铜模的工艺麻烦。

（2）把声振动转换成光信号记录下来。这种方法通常用在电影的配音上，见图2-18。

观察一条电影胶卷，会看到画面的边上有一条透明程度不同的带，叫做声道，是记录声音的地方。

影片放映的时候，一束光透过声道照在一只光电管上。光电管是把光的变化转变成电的变化的装置，能随着光照强度的不同而控制电流的强弱。放电影时，声道随着影片移动，由于声道的透明程度不同，透过声道的光的强度随着发生变化，于是在光电管里就得到强度变化的电流。这变化的电流经过放大器放大，在

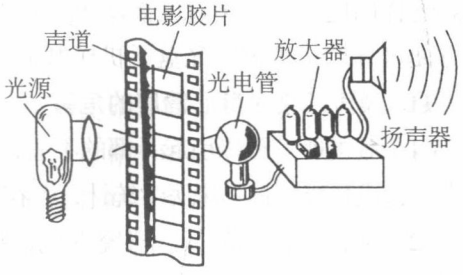


图2-18　电影放音

扬声器里就转换成为声音。

那么，声道是怎样记录声音的呢？原理也很简单。首先通过话筒把声音转变成随着声振动而变化的电流，这电流通过一只灵敏的电灯，使电灯发出时明时暗的、亮度随声振动变化的光，这光照射在运动的胶片上，使胶片上各段的感光程度不同，冲洗出来后，胶片上就保存有声音的信息了。现在，电影录音已有许多先进的方法，但原理大致相同。

这样的光学录音，装置复杂，程序也繁，但用在电影中能很好地与画面配合。

（3）把声振动转换成磁信号记录下来。我们现在常见的收录机就是用的这种方法。

如图2-19所示，先通过话筒把声音转换成变化的电流，这变化的电流通过一个电磁铁，使电磁铁的磁性随着声音而发生变化。在电磁铁的两极间，通过一条涂有磁性材料的胶带，胶带的各段便不同程度地被磁化，于是声音就记录在这磁带上了。放音时，让磁带通过一个灵敏的线圈，由于电磁感应，线圈里便产生了随磁带磁性强弱而变化的电流，经放大器放大后，通过扬声器发出声音。录音磁带便于录制、储藏，工作时间长，可以多次反复使用。

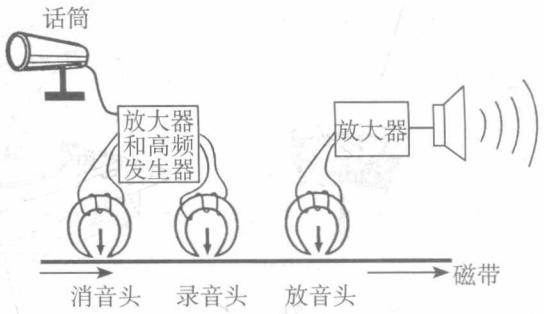


图2-19　录放音原理

随着电子计算机和激光技术的应用，由激光读写信息的高保真录音技术已广泛使用。激光唱盘就是其中的一种。它是将声音信号转换成“0”和“1”的数字信号，用激光束在唱盘上刻下一个个微小的坑，有坑的代表“1”，没有坑的代表“0”。就这样将声音记录在唱盘上了。放音时，一束激光射在光盘上，光盘表面则把光束反射到光电二极管上，把光信号转变成电信号。由于光盘上有坑和没有坑的表面反射的光强不一样，当激光唱盘转动，光束在光盘表面划过时，光电二极管上的电流将随着原来记录的“0”“1”信号的变化而变化。这样的电流信号经过转换就可以还原为原来的声音了。用这种方法记录声音信号，检索方便且存储量很大；光盘无机械磨损。

11. 噪声污染对身心健康的危害

（1）强的噪声可以引起耳部的不适，如耳鸣、耳痛、听力损伤。据测定，超过115 dB的噪声会造成耳聋。据临床医学统计，若在80 dB以上噪音环境中生活，造成耳聋者可达50%。

（2）使工作效率降低。研究发现，噪声超过85 dB，会使人感到心烦意乱，人们会感觉到吵闹，因而无法专心地工作，结果会导致工作效率降低。

（3）损害心血管。噪声会加速心脏衰老，增加心肌梗死发病率。医学专家经人体和动物实验证明，长期接触噪声可使体内肾上腺素分泌增加，从而使血压上升。在平均70 dB的噪声中长期生活的人，心肌梗死发病率增加30%左右，特别是夜间噪音会使发病率更高。

（4）噪声还可以引起如神经系统功能紊乱、精神障碍、内分泌紊乱甚至事故率升高。高噪声的工作环境，可使人出现头晕、头痛、失眠、多梦、全身乏力、记忆力减退以及恐惧、易怒、自卑甚至精神错乱。

（5）干扰休息和睡眠。休息和睡眠是人们消除疲劳、恢复体力和维持健康的必要条件。但噪声使人不得安宁，难以休息和入睡。当人辗转不能入睡时，便会情绪紧张，呼吸急促，脉搏跳动加剧，大脑兴奋不止，第二天就会感到疲倦，或四肢无力，从而影响到工作和学习。久而久之，就会得神经衰弱症，表现为失眠、耳鸣、疲劳。

（6）对女性生理机能的损害。女性受噪声的威胁，还可以有月经不调、流产及早产等，如导致女性性机能紊乱，月经失调，流产率增加等。国外曾对某个地区的孕妇普遍发生流产和早产作了调查，结果发现她们居住在一个飞机场的周围，祸首正是那飞起降落的飞机所产生的巨大噪声。

（7）噪声对儿童身心健康危害更大。因儿童发育尚未成熟，各组织器官十分娇嫩和脆弱，不论是体内的胎儿还是刚出世的孩子，噪声均可损伤听觉器官，使听力减退或丧失。

（8）噪声对视力的损害。试验表明：当噪声强度达到90 dB时，人的视觉细胞敏感性下降，识别弱光反应时间延长；噪声达到95 dB时，有40%的人瞳孔放大，视觉模糊；而噪声达到115 dB时，多数人的眼球对光亮度的适应都有不同程度的减弱。所以长时间处于噪声环境中的人很容易发生眼疲劳、眼痛、眼花和视物流泪等眼损伤现象。同时，噪声还会使色觉、视野发生异常。所以驾驶员应避免强烈音响的噪声干扰，不然易造成行车事故。

12. 助听器的工作原理

助听器在其发展过程中，经历了简单的电学助听器、电子管助听器、半导体助听器、集成电路和编程式助听器等不同的类型。各种助听器的外观和尺寸各不相同，但其基本构造和工作原理是基本一样的。生活环境中的声音由麦克风接收，麦克风把这些声音信号转变为电信号，然后电信号又经过放大器处理并放大，由音量控制器来调节音量。放大后的电信号被传到耳机，耳机再把电信号转换成声音信号，声音信号又通过助听器传输到耳道内。

按照声音的传播方式，助听器可以分为两类：气导式和骨导式。气导助听器是将放大的电信号转化为声信号后，通过空气振动使人感受到。骨导助听器则是将放大的电信号转换为机械振动后，通过放在乳突部位的骨导振荡器使颅骨产生振动，从而使患者感受到声音。先天性外耳发育不全的患者及某些因患外耳、中耳疾病而不适于佩戴气导助听器的患者，可考虑选配骨导助听器。

气导式助听器按外形又可以分成盒式、耳背式、耳内式。

（1）盒式助听器

也称为体佩式，出现较早，体积较大，外观如同一个微型收音机，佩戴在身前，有一根导线将声音输出信号送至耳机。多采用普通晶体管元件，故价格低廉。其体积较大，便于制成大功率输出、宽频谱范围、多功能调节的助听器，且适于手指活动不灵便的人使用。此种助听器的元件热噪声较高，从而使得助听器的本底噪声较高。由于盒式助听器常与衣物摩擦，摩擦声往往成为干扰噪声。

（2）耳背式助听器

耳背式助听器是现在使用得最广泛的助听器。它外形纤巧，依赖一个弯曲成半圆形的硬塑料耳钩挂在耳后，外壳可借用皮肤或头发的颜色加以掩饰，放大后的声音经耳钩通过一根塑胶管传入人耳。

（3）耳内式助听器

耳内式助听器外形更加精巧，它可以依据每个人的耳甲腔或耳道形状专门定做，使用时直接放在耳甲腔或耳道内，不需要任何电线或软管，十分隐蔽。但耳内式助听器的输出功率不是很高，仅适用于轻度、中度、中重度聋的患者使用。

第三章
物态变化

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

1.1.1　描述固、液和气三种物态的基本特征。列举自然界和生活中不同状态的物质及其应用。

1.1.2　说出生活环境中常见的温度值。了解液体温度计的工作原理，会用常见温度计测量温度。尝试对环境温度问题发表自己的见解。

1.1.3　经历物态变化的实验探究过程，知道物质的熔点、凝固点和沸点，了解物态变化过程中的吸热和放热现象。用物态变化的知识说明自然界和生活中的有关现象。

1.1.4　用水的三态变化说明自然界中的一些水循环现象。了解我国和当地的水资源状况，有关心环境和节约用水的意识。

（二）课时建议

第1节　温度计	1课时
第2节　熔化和凝固	1课时
第3节　汽化和液化	1课时
第4节　升华和凝华	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

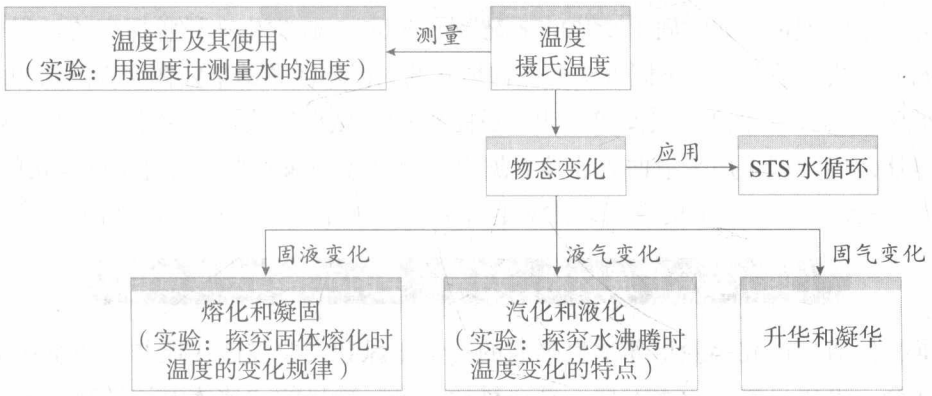
本章主要介绍了温度、物质的三态，以及三种物态之间的变化过程。通过本章的学习，可以使学生了解温度，会正确使用常用的温度计测量温度，知道熔化和凝固、汽化和液化、升华和凝华等自然现象中蕴含的物理知识。物态变化的现象与学生的生活联系紧密，趣味性强，没有太多定量的计算。另外，本章涉及的科学探究活动较复杂，因此首次安排了完整的科学探究活动——“探究固体熔化时温度的变化规律”，以帮助学生对科学探究建立完整的认识，培养科学探究能力。

温度是物理学的一个基本概念。作为热学的基本测量工具，温度计在本章的各个实验中是不可或缺的。为了帮助学生知道温度的知识和学会使用温度计，教材首先引导学生认识到仅仅通过感觉是不可靠的，从而认识到使用测量工具（温度计）的必要性。随后通过自制温度计，帮助学生理解温度计的原理，并在此基础上，引入了摄氏温度的概念。最后，在简单介绍温度计的量程和分度值的基础上，通过实验“用温度计测量水的温度”，让学生掌握温度计的使用方法。这样的处理思路，通过展现物理知识之间的逻辑性，可以较好地帮助学生理解概念、掌握技能。

在认识温度的基础上，教材介绍了固态、液态和气态这三种常见的物质状态，并指出随着温度的变化，物质会在各种状态之间发生变化。熔化和凝固、汽化和液化是生活中很常见的物态变化过程，因此先进行了介绍。在对不同物质熔化规律的探究基础上，学生对于熔点和凝固点就有了清晰的认识，从而建立了晶体和非晶体的概念。与熔化和凝固相似，汽化和液化的安排也经历了实验探究，通过实验认识沸点，吸、放热分析这样的过程，所不同的是汽化除了沸腾还有蒸发。升华和凝华的介绍虽然简单得多，但也是从实验开始编排的。在“STS水循环”栏目中，借助水的物态变化过程，培养学生关心环境、节约用水的意识。

本章教材的章首图展示了北方寒冬中的雾凇。物态变化与学生的生活密切相关，但是物态变化中的凝华现象，大多数学生并不熟悉。因此教材通过雾凇这一神奇而美丽的景象引起学生的兴趣，让他们思考这些雾凇是怎样出现的？通过对这个问题的思考与讨论，引出物态与物态变化等内容。

本章内容结构如下。



（二）紧密联系日常生活，帮助学生认识物态变化

本章的选材注重从与日常生活关系最密切的物理现象入手，让学生感受到物理知识就在我们的身边。仅仅在“汽化和液化”一节中，教材就安排了大量生活中的实际现象，引导学生思考和分析。例如，把湿衣服放在阳光下晾干；把冷水烧开饮用；用洒水的方法降温；游泳后从水里出来会感到冷；狗伸出舌头散热；冬天人在室外会呼出“白气”；从寒冷的室外进入室内眼镜上会出现一层小水珠；清晨会出现露珠；做饭用液化石油气等。这类生活现象，由于跟学生的生活联系得非常紧密，能很容易引起学生的共鸣，激发学生的学习兴趣，从而引导他们思考这些现象背后的物理知识。在思考、分析这些现象的过程中，学生不仅学到了物理知识，而且也能够经历科学研究的分析过程，认识到在不同自然现象中居然蕴含着相同的物理规律。

（三）通过固体熔化实验，培养学生的探究能力

“探究固体熔化时温度的变化规律”是学生在初中物理课中接触到的第一个相对完整的科学探究活动。教材明确指出了科学探究的各个要素，将“提出问题”“猜想与假设”“设计实验”“进行实验与收集证据”“分析与论证”“评估”“交流与合作”各个要素分开，从而帮助学生全面地认识科学探究，并对科学探究各个要素的内容有所了解。

为了帮助学生更深入地理解科学探究，教材还根据各个要素的不同特点，通过旁批等形式对某个科学探究活动中最突出的要素进行了说明。这些说明针对不同的探究，侧重点也有所不同，有的以该要素的特点为主，有的则侧重某些研究方法或思想。在“探究固体熔化时温度的变化规律”的实验中，就对“猜想”这个要素作了较深入的说明，强调猜想的合理性：“任何科学猜想都不是凭空产生的，它需要根据所观察到的现象，运用学过的知识和已有经验，对问题的可能答案作出假定。”在这个实验的数据处理过程中，学生对通过图象描述物理规律的方法还不熟悉，较难画出固体熔化时的温度变化曲线。教材就首先介绍了横、纵坐标轴的意义，让学生在给出的坐标纸上描点，再将这些点连起来绘制熔

化图象，并通过旁批的形式对“图象”作了说明：“图象可以用来表示一个物理量（如温度）随另一个物理量（如时间）变化的情况，很直观”。让学生在科学探究的过程中学会科学研究的方法，学会运用不同方法处理物理问题。需要注意的是，在绘制图象的过程中为了降低学生的探究难度，仅要求学生能够把实验数据点连线。对于学习程度较好的学生，可以让他们尝试采用平滑曲线连接数据点。教材在“探究水沸腾时温度变化的特点”的实验中，就给了学生较大的空间，让学生自主进行分析论证，从而得到结论。

（四）结合扩展材料，培养学生的可持续发展意识

本章不仅通过探究实验培养学生严谨的科学作风和实验技能，还非常注重让学生紧密联系社会，养成良好的用水习惯。在“科学世界”栏目的“从体温计说起”中通过介绍体温计的历史和各种温度计开阔了学生的视野。而“STS”栏目中的“电冰箱与臭氧层”则在介绍电冰箱利用物态变化制冷的同时，也特别提到传统电冰箱中的氟利昂对臭氧层的破坏和新型制冷机，说明现代技术可以给人类带来恩惠，反过来也可能对我们产生不利的影响。在“STS”栏目的“水循环”中，一方面从水的物态变化的角度，介绍云、雨、雪等自然现象和地球上的水循环，另一方面则强调了水对于人类的重要作用和我国水资源的紧张状况，让学生养成良好的用水习惯。通过课后的“动手动脑学物理”让学生调查学校和家庭的用水状况，提出节约用水的建议，进一步让学生从自身出发培养节约用水的意识。

三、教材分析与教学建议

第1节　温度计

（一）教学目标

1. 知道温度及摄氏温度的规定。

2. 通过观察和实验，了解温度计的结构及工作原理。

3. 会用温度计测量温度。

4. 了解一些生活环境中常见的温度值，感受物理与生活的紧密联系。

5. 通过“用温度计测量水的温度”的实验，学会温度计的使用方法，体会观察和测量的意义。

（二）教材分析与教学建议

学生对温度这个词是非常熟悉的，他们对温度的认识与教材中关于温度是物体的冷热程度的说法也基本吻合，教学中不必作进一步解释。教师在本节教学中应注意引导学生在已有知识的基础上，注重训练学生用科学用语规范地描述概念，并学会使用温度计测温度，突出科学方法的教育。

1. 温度

建议教师在课上让学生分组完成下面的实验：学生把两只手分别放入55 ℃左右的热水和0 ℃的冷水中，过一会儿（时间约15 s），再把双手同时放入22 ℃左右的温水中。然后让学生交流实验的感受，得到的结果是“两只手对温水的感觉是不一样的”。通过交流，让学生知道生活中对温度的感觉是靠不住的，引导学生关注温度的科学内涵。在交流的基础上，建立温度的概念，并引出测量温度的仪器——温度计的学习。

2. 温度计

教师可以课前布置学生完成教材中“想想做做”栏目中的自制温度计活动。

教师提供设计方案：（1）取口服液或青霉素空瓶一只，细塑料吸管一根；（2）在小瓶中灌满食用油，将细塑料吸管通过橡皮塞插入瓶中；（3）将小瓶分别置于热水、冷水中，观察吸管内液柱高度的变化。

教学片段　温度计的教学

［教师］请学生展示自制的温度计。提问：你能否用自制温度计分辨出桌面上两杯水哪杯水的温度高，哪杯水的温度低？为什么？

［学生］实验、观察，并说出利用了液体热胀冷缩的性质。

［教师］引导：你能否将此装置进行改进，使它能测出具体的温度值？

［学生］思考后回答：只要标上刻度就可以了。

［教师］引导：怎样标上刻度？

［学生］……

［教师］启发：标上刻度的自制温度计虽然可以测出温度，为了提高测量的准确性，还有哪些地方可以改进？

［学生］自由讨论，对自制温度计进行修改，如小瓶太大了，不方便，可以缩小为玻璃泡；将其中的液体改为水银、煤油、酒精等液体；将吸管换成封闭的玻璃管，并将内径变细等。

［教师］让学生把自己设计的温度计与实验室用的温度计进行比较，找一找有什么不同。

在研究温度计的构造和原理时可以把温度计发给学生观察。教学时要充分培养学生的观察能力，除了观察温度计上的刻度值外，还应仔细观察温度计的构造特点。通过观察发现，温度计测温泡的玻璃壁很薄，这是为了使温度计测温泡内的物质能很快与被测

物的温度相同（温度计的测温原理）。通过观察还可发现温度计玻璃管内径很细，这是为了使被测物温度有少许变化时，玻璃管中液柱长度就会发生较显著的变化。还可以让学生通过观察比较水银温度计与酒精温度计内径的粗细，让学生想一下为什么会有这种差别。

摄氏温度教学的重点是说明温度的定标。温度定标不能根据人体对温度的主观感觉，而应根据物质特性随温度变化的客观标准进行确定。摄氏温标就是根据水的物态随温度变化的自然界客观标准确定的。

摄氏温度的读法和书写是学生的易错点，这是由于生活习惯、媒体用语不规范等原因造成的，必须在物理课上加以纠正。教学过程可以创设一个天气预报的情境，观看一段天气预报的录像，让学生通过录像中播音员的播报来了解摄氏温度的读和写。天气预报是同学们比较熟悉的节目，与我们的生产、生活密切相关。在上物理课以前学生可能没有特别注意天气预报中播音员的语言，在此播放录像可激发学生的兴趣，同时也加深记忆。

展示几组温度计的示数，让学生练习读数。这里要注意：温度计上的字母C表示采用的是摄氏温度，而℃才是摄氏温度的单位。要特别强调摄氏温度的写法与读法，例如30 ℃应读做三十摄氏度，不能写成“30 C”，或读成“摄氏三十度”。学生应记住摄氏温度的0 ℃和100 ℃是怎样规定的。

可以让学生通过阅读教材、查阅资料获得自然界中多种物体的不同温度。这样有利于培养学生主动获取知识的能力，改变学生被动接受知识的局面。再通过交流，达到共同提高的目的。

3. 使用温度计测量温度

教学中应该让学生掌握温度计的使用方法。温度的测量作为预备性知识和学生学习本章所应具备的基本技能，是本节的重点内容。运用比较的方法，可以突出实验室用温度计、寒暑表和体温计三种温度计构造、量程、分度值的不同点。重点介绍实验室用温度计、体温计（构造及测温范围）。使用前，应引导学生先观察它的量程、分度值，然后进行操作。

教学片段　体温计

引导学生仔细观察体温计，并思考下列问题。

◇体温计与其他常用温度计在构造上有什么不同？体温计的刻度有什么特点。

◇体温计内装的液体是_____。

◇体温计的刻度范围是_____。

◇体温计每一小格代表____ ℃。

◇体温计用后应用力向下甩，其他温度计是不能甩的。这是为什么？

◇用体温计能测开水的温度吗？

在此基础上教师总结、讲解体温计的构造和使用方法。

课堂上安排的学生测温活动，要和日常生活相结合，和能力培养相结合，不要为了测温而测温。

（1）观察真实的温度计

结合挂图等多媒体手段，要使学生明确温度计的基本构造（玻璃泡、毛细管、温度计内的液体、刻度和符号）及测温的基本原理。

（2）明确使用各种不同温度计的基本方法（表3-1）

①了解各种温度计所能测的最低温度、最高温度和分度值。

②不同温度计的用途。

表3-1　三种温度计的特点

名称	用途	测量范围	分度值	备注
实验室温度计	实验室测量用，通常用来测液体的温度	−20 ~ 105 ℃	1 ℃	用后不能甩
寒暑表	测气温	−20 ~ 50 ℃	1 ℃	用后不能甩
体温计	测体温	35 ~ 42 ℃	0.1 ℃	用后要甩

（3）了解温度计的测量范围

在学生认真观察和了解温度计的基础上，让学生进一步思考：如果所测温度超出了温度计的量程，不但测不出温度，温度计里的液体还可能将温度计胀破。家庭用的寒暑表的测量范围一般在−20 ℃到50 ℃之间，主要是根据我国大多数地区的常年温度范围确定的。

（4）用温度计测量液体温度。

三种常见的错误如下。

①玻璃泡与容器底接触。

②玻璃泡与容器壁接触。

③玻璃泡没有全部浸没在液体中。

另外，使用温度计时还要注意以下问题。

①要等待温度计的示数稳定后再读数。

②读数时温度计不能离开被测液体。

③读温度计示数时要平视，即视线与温度计垂直。

教师应引导学生养成在使用温度计测温之前先进行估测温度的习惯。

除练习使用温度计之外，还要让学生建立对一些常见温度值的感性记忆。例如，体温、室温、室外气温、热饮料的温度等。引导学生试着完成表3-2。

表3-2　比一比谁的判断准

	体温/℃	室温/℃	室外气温/℃	热饮料的温度/℃
感觉				
实际测量				

活动完毕，让学生讨论，并指出操作中的错误。同时可开展讨论：怎样避免生活中老人、幼儿的烫伤事故？如果体温计的玻璃泡不小心被打碎了应怎样处理？

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 甲　8 ℃；乙　9 ℃；丙　18 ℃；丁　−4 ℃。

2. 这道题目可以为后面用图象的方法研究熔化和沸腾做铺垫。还可以补充下面的活动。

分别在树荫下和阳光直射处，用温度计测量一天中不同时刻的气温，将不同的温度值标在图3-1中对应的温度计上，并用平滑的线把各次测量时液柱的顶端连接起来，看一看，从中能发现什么？如果去掉图中温度计，留下的图线就是一天中温度随时间变化的图象。从图象中不仅可以方便地找到某时刻所对应的温度，还能清楚地看到一天中温度的变化规律。图象是描绘物理过程的重要方法之一，它能使问题变得直观明了。这里引导学生描绘一天中的温度随时间变化的图象的方法非常直观，避免让学生一开始就接触陌生的“坐标系”，体现了由“点”到“线”，由局部的静态分析到完整的动态分析的思维过程，使学生可以自然地理解图象的含义。

尽管我们没有测量11：00与13：00时的气温，我们也可以从所描绘的曲线上读出它们的大致温度。其他时间的气温，也可以仿照这个办法得到。这就是物理图象带来的好处：我们只测8个时间点的气温，画成物理图象之后，可以知道6：00至20：00之间任何时间的大致气温。

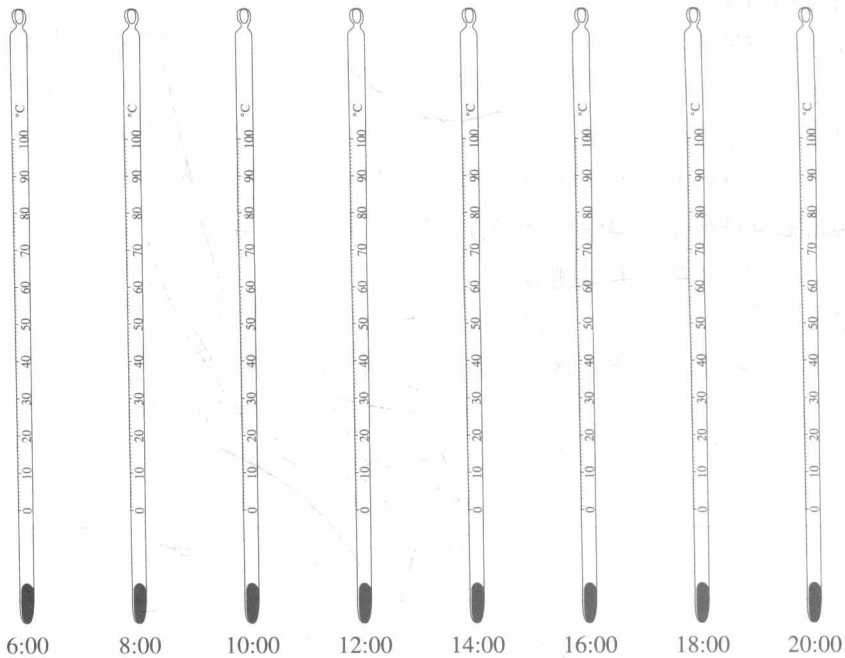


图3-1

3. 除了液体和气体温度计外，还有固体温度计。这个题目可以拓展学生的思路，激发学生的创新精神。

双金属片温度计的感温元件通常是由两种膨胀系数不同、彼此又牢固结合的金属制成的。感温元件一端固定，另一端连接指针轴。当被测物体温度变化时，两种金属由于膨胀系数不同，会使双金属片的弯曲程度发生变化，通过指针轴带动指针偏转，直接显示温度值。

4. 热力学温度是很重要的知识。这个题目尝试用一种探究的形式让学生了解热力学温度。学生可以仿照摄氏温度为它起名，设置单位符号等。教师最后介绍热力学温度用T表示，单位是开尔文，简称开，符号是K。热力学温度T和摄氏温度t的关系是：$T=t+273.15\ \mathrm{K}$。

（四）补充练习

1. 日常生活中使用的温度计是根据液体_____的规律来测量温度的。如图3-2所示，温度计甲的示数是_____℃；乙的示数是_____℃，读做_____。

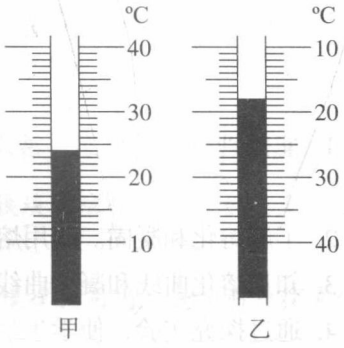


图3-2

答案：热胀冷缩；24；–18；零下18摄氏度

2. 以下温度中最接近23 ℃的是（　　）

A. 让人感觉温暖又舒适的房间温度

B. 北方冬季室外温度

C. 健康成年人的体温

D. 冰水混合物的温度

答案：A

3. 图3-3所示是四种测量水温的操作，请你评价这四种操作方法的正误。如果是错误的，请指出错在哪里。

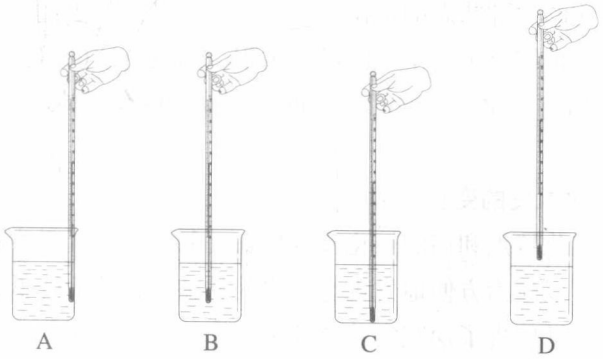


图3-3

答案：A错误，因为温度计的玻璃泡碰到了容器壁；B正确；C错误，因为温度计的玻璃泡碰到了容器底；D错误，因为温度计的玻璃泡没有浸没在被测液体中。

4. 在一次体检中，张莉同学用同一支体温计，正确测出甲同学的体温为36.5 ℃。她没甩体温计，又先后测了乙、丙、丁三位同学的体温。张莉同学的读数方法正确，结果记录如下：①甲同学36.5 ℃；②乙同学36.5 ℃；③丙同学37.1 ℃；④丁同学37.1 ℃。上述情况中可能不准确的两个体温记录是（　　）

A. ②和④　　B. ③和④

C. ①和②　　D. ②和③

答案：A

第2节　熔化和凝固

（一）教学目标

1. 能区别物质的气态、液态和固态三种形态，知道物质的固态和液态之间是可以转化的。

2. 了解熔化和凝固。能用熔化和凝固的知识解释生活中的现象。

3. 知道熔化曲线和凝固曲线的物理含义，并知道晶体和非晶体的区别。

4. 通过探究实验，使学生学会用图象探究物理规律的方法。

（二）教材分析与教学建议

1. 物态变化、熔化和凝固的概念

教材首先指出物质常见的三种状态，然后以学生熟悉的冰可以变成水及水可以变成水蒸气等现象为例，让学生认识物质的三种状态，进而给出物态变化的概念和熔化、凝固的定义。

教学中，对于物质的三种状态的认识，可通过一些具体的事例并结合多媒体，让学生尝试对它们进行分类。再结合生活中冰的熔化过程，通过“冰的熔化需要什么条件，不同物质熔化时温度将会如何变化？”的问题，进入实验“探究固体熔化时温度的变化规律”环节。

2. 探究固体熔化时温度的变化规律

教材将探究海波熔化特点和蜡的熔化实验放在一起进行，让学生在实验活动中，自然地将两者进行对比，可以较为方便地发现它们之间的差异，从而降低引入晶体和非晶体概念的难度。这一探究活动体现了探究实验的几个要素。在“分析与论证”中增加了图象的绘制，目的在于帮助学生通过图象直观地观察到熔化前、熔化中和熔化后三个阶段的温度

特点。在“评估”和“交流与合作”中提出了明确的要求，如“有没有可能在什么地方出现错误？”“你们的探究结果和别的小组的结果是不是相同？”等，目的在于引起学生积极地深入思考。最后在交流的基础上让学生写出实验报告。教材安排了这一较为完整的探究活动，可以有意识地培养学生的设计和规划能力、观察和动手能力、分析问题和解决问题的能力，并有助于培养学生严谨的科学态度。

在探究过程中应引导学生对固体熔化时温度的变化规律进行猜想，初步设计方案，用实验探究的方法，得出固体熔化时温度的变化规律。海波熔化实验既是教学中的重点，又是难点，教师对其应特别重视。教材在此探究活动中所提出的问题综合性比较强，既要探究两类固体物质本身的熔化规律，又要对它们的熔化规律进行比较。在教学中，为了使探究的方向更明确些，可将问题提得更具体些，如“海波在熔化过程中其温度是如何改变的？”在此探究活动中，由于学生是第一次写实验报告，因此教师应给予详细指导。对于凝固过程的特点，教材没有展开，为学生留下了继续探究的空间，教学中可采用实验推理的方法，引导学生自己得出结论。

教学片段　探究固体熔化时温度的变化规律

提出问题

［教师］提问：铁块能熔化吗？用什么方式可以使铁块熔化？用演示文稿展示“铁块熔化成铁水”的图片，增强学生的感性认识。铁块在熔化过程中状态发生了什么样的变化？它的温度变化情况又如何呢？

不同物质在由固态变成液态的过程中温度的变化规律相同吗？进而引出探究的课题：“固体熔化时温度的变化规律”，激发学生的探究欲望。

设计实验

本次实验所需器材之多，需要记录的数据之多，都是学生以前没有遇到过的。可以提前布置学生预习、制订计划、写出部分实验报告，要求学生在设计实验的过程中着重解决以下几个问题：

◇实验如何做？使用什么器材？

◇实验的操作步骤是什么？

◇实验中要观察的现象和记录的数据有哪些？

◇记录数据的表格如何设计？

◇组员该如何分工？

◇实验中需要注意哪些问题？

课堂上让学生直接展示部分实验报告，交流实验方案。这样做既能让学生进行充分的思考，又解决了课堂上时间紧的问题，为实验的成功做好准备工作。

教师引导学生完善实验方案，重点突出要观察的现象和要记录的具体项目，并展示“参考表格”（表3-3、表3-4），以便于学生进行实验和记录。

表3-3　海波的温度变化数据

时间/min	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	…
海波的温度/℃													
状态													

表3-4　石蜡的温度变化数据

时间/min	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	…
石蜡的温度/℃													
状态													

本课的关键是要做好固体熔化实验，学生的实验装置可以采用“熔化和凝固实验器”，加热方式用“水浴+空气浴”。另外，在课前可以为学生组装好部分实验仪器，实验时先介绍实验装置，学生只需将“熔化和凝固实验器”装入大烧杯的热水中就可以进行实验了。全班同学分两部分，分别完成海波和石蜡的熔化实验，使学生有比较充足的时间去观察现象，记录数据。还可以利用“J07262 晶体熔化凝固实验器”，用“水浴法”加热，同时完成海波和石蜡的熔化实验。

实验之前，要注意将海波碾成粉末。由于石蜡不便碾成粉末，因此可以在实验前先将石蜡熔化后插入温度计至中间偏下位置再凝固，然后做熔化实验，实验的重复性好（海波的熔化实验也可以照此准备）。

每个实验小组最好4人，分工进行报时和报温度值、报物质状态（是固态、液态，还是固液混合）、记录和照顾仪器等，注意协作能力和团队精神的培养。

教师巡视，并着重从以下几个方面指导学生探究：

①实验操作是否规范？

②温度计的使用是否正确？

③记录数据的时间间隔是否合适？

④观察的现象和记录的数据是否全面？

⑤组员的分工是否明确？

⑥实验中需要注意哪些问题？

⑦是否存在安全隐患？

收集数据后，可以带领学生一起将计时起点的温度画出来，其余的数据点由学生自己描出，并指出为了能更好地看出规律，最后用一条光滑的曲线将所有的点连起来。还可以采取教师预先设计一个电子表格，学生输入实验数据后，由计算机直接得出海波和石蜡的熔化图象。将学生实验图象展示给全体学生，这样就可以节省学生在坐标纸上描点所用的时间。作图完毕之后，先请一位学生展示海波熔化时的温度变化曲线，并作出

初步分析，得出初步的结论；再请一位学生展示石蜡熔化时温度的变化曲线，并作出初步分析，得出初步的结论。教师根据两位同学展示的图象提出问题，如“有没有可能在什么地方出现错误？”“你们的探究结果和其他小组的结果是否相同？”等，引发学生积极地思考。学生如果发现自己的实验结果与其他小组的结果不同，可以进行深入地讨论、交流。

教师带领学生一起，结合数据表格对图象进行细致地分析。

首先根据海波图象的特征（图3-4甲），可分为三段——*AB*段、*BC*段和*CD*段，结合实验数据可以看出：

*AB*段——海波的状态是固态，随着加热时间的增加，海波吸热，温度升高；

*BC*段——海波的状态是固液共存状态，随着加热时间的增加，海波吸热，但温度不变；

*CD*段——海波的状态是液态，随着加热时间的增加，海波吸热，温度升高；

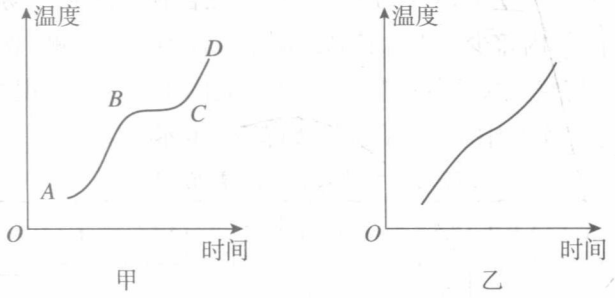


图3-4

再根据石蜡融化图象的特征（图3-4乙），通过分析知道，随着加热时间的增加，石蜡由固态慢慢地变软、变稠、变稀为液态，整个过程一直在吸热，温度一直在升高。

与文字信息相比，初中学生更喜欢看图画。教师可以带领学生一起分析图象，使学生学习如何看物理图象，如何分析物理图象，如何从图象中找到规律，体会图象直观、形象的特点。

对比海波与石蜡熔化时的温度变化曲线，学生能够清晰地看出，两种固体熔化过程的主要区别是：海波有确定的熔化温度，石蜡没有确定的熔化温度。由此，可以把固体分为两类：有确定熔化温度的一类固体叫做晶体，晶体熔化时的温度叫做熔点；没有确定熔化温度的一类固体叫做非晶体。

教师可以利用冰熔化成水的实验数据进行提问：冰熔化成水的过程中，是否有确定的熔化温度？它属于哪一类？

展示常见的晶体和非晶体的实物和图片。并告知学生，是否有熔点只是晶体和非晶体的不同点之一，它们还有其他的不同点，可以在课下查找资料，进行研究。

可以深入讨论并提问：“把晶体加热到熔点就停止加热，晶体会继续熔化吗？”使学生了解熔化的条件。

指导学生阅读教材，查阅晶体的熔点表，查出冰、海波的熔点，引导学生与通过做实验所获得的数据进行比较。

教师提出问题：熔化过程中固体的温度变化规律已经清楚了，在凝固过程中液体的温度变化规律如何呢？图象是怎样的呢？凝固过程是熔化过程的逆过程，同学们可采用实验推理的方法，自己试着得出结论。

播放“水凝固实验”的视频，并展示教师记录的数据。问学生：“你们的猜想正确吗？与这张表格里的数据体现的规律一致吗？”

学生根据实验数据验证自己的猜想，教师再展示晶体和非晶体的熔化和凝固图象，加深对熔化和凝固图象的理解。大量实验可以证明：同种物质的熔点和凝固点是相同的。

为加深理解晶体熔化与凝固两个过程温度变化的规律，建议以课外活动的形式，让学生探究“水凝固过程中温度变化的规律”。实验方案如下：

取半个易拉罐，内装2/3的冰与1/3的食盐的混合物（此混合物是很好的制冷剂），选择管径稍细的试管，管内盛少许水，其高度刚刚淹没温度计的测温泡即可。把该试管埋入易拉罐的冰与食盐混合物中，再将温度计插入试管的水中，就能观察到水凝固过程中温度保持0℃不变的现象。实验中所得到的数据如表3-5所示。

表3–5　实验数据（室温 20 ℃）

时间/min	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
温度/℃	12	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

如果课上的时间许可，也可以在课堂上完成此探究实验。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 可以结合教材中介绍的凝固放热的例子，启发学生独立思考。例如利用冰熔化会吸热，可以防止饭菜变馊。在北方初春融雪的日子，天气往往更加寒冷，要多穿衣服防止感冒。

2. 有可能错过晶体熔化过程中温度不变的过程，无法看出晶体、非晶体之间的差异。

3. 该物质在熔化过程中温度保持不变，是晶体，熔点是80 ℃，持续时间约15 min。

4. 提出问题并尝试猜想，是探究的重要组成部分，注意引导学生提出有研究价值的问题，并尝试合理的猜想，可以结合学生的猜想说明什么样的猜想是合理的。

提出问题：加入酒精后，水为什么在0 ℃以下还没有结冰？

猜想：加入酒精后，水的凝固点降低了。

应用：可以做防冻液。

（四）补充练习

1. 用铜块浇铸铜像的过程，发生的物态变化是（　　）

A. 只有凝固过程　　B. 只有熔化过程

C. 先熔化，后凝固　　D. 先凝固，后熔化

答案：C

2. 图3-5所示是海波的熔化图象，根据该图象能够获得的合理信息有：

信息一：海波的初温为25 ℃。

信息二：_____。

信息三：_____。

答案：海波是晶体；海波晶体在实验进行到5 min时开始熔化。

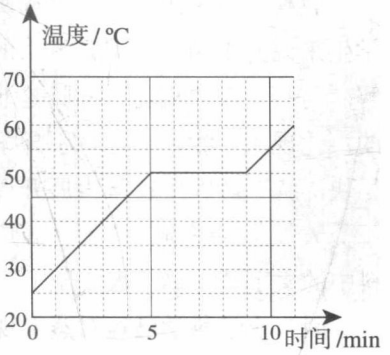


图3-5

3. 关于晶体和非晶体，下列说法中正确的是（　　）

A. 晶体和非晶体在熔化过程中温度都上升

B. 晶体有熔点，非晶体没有熔点

C. 晶体熔化时吸热，非晶体熔化时不吸热

D. 天上飘落的雪花是非晶体

答案：B

4. 写出下列物质放热时，温度的变化情况。

（1）0 ℃的水放热时，温度_____。

（2）0 ℃的冰放热时，温度_____。

（3）冰水混合物放热时，温度_____。

（4）–10 ℃的冰放热时，温度_____。

答案：不变；下降；不变；下降

第3节　汽化和液化

（一）教学目标

1. 知道物质的液态和气态之间是可以转化的。了解汽化和液化，解释生活中的有关现象。

2. 能通过实验观察水的沸腾现象，了解沸点的概念。

3. 能区别沸腾和蒸发。

4. 能通过实验，用图象描述水沸腾时温度的变化情况。知道沸腾图象的物理含义，

进一步体会图象在探究物理规律中的作用。

（二）教材分析与教学建议

教材从生活实际出发，先以学生熟悉的事例“洒在地上的水过一会就不见了，晾在阳光下的湿衣服不久后也干了”来让学生感知汽化现象，然后通过“想想做做”栏目来引入汽化和液化的概念。教学中，可以按教材的编写思路引入概念，也可以在复习熔化和凝固的基础上引入概念。

教材重点突出“探究水沸腾时温度变化的特点”的实验探究过程。虽然沸腾现象对于学生来说并不陌生，但其发生的全过程学生未必很清楚，沸腾时有什么特征学生不一定了解。与蒸发现象相比，沸腾是非常壮观的一种物理现象，它是液体内、外同时发生的剧烈的汽化现象，教师要注意引导学生观察。在探究过程中，为了节省时间，可就“如何让水尽快沸腾”的问题让学生展开讨论，突出实验的设计思想，提高学生的信息收集能力。由于受大气压的影响，会使在高原地区测量出水的沸点值低于100 ℃，这时可结合教材小资料中的文字“在标准大气压下”，作简单说明。

因为小学科学已经对蒸发现象进行过定性的研究，教材对于蒸发的介绍，就没有涉及影响蒸发快慢的因素。教材通过在手背擦上酒精后会感到凉、夏天在地面上洒水会感到凉快等例子，体现汽化吸热的作用。

教学中，在得出沸腾的特征和温度变化规律后，可以再将沸腾和蒸发现象加以比较，找出它们的相同点和不同点，渗透研究问题的科学方法。

教材对于液化的处理也是从生活实际出发，以学生熟悉的事例来让学生感知液化现象。教学中还可以多举一些例子，提供真实的现象让学生思考，拓展其思维空间。

1. 引入新课

让学生做“想想做做”的实验，塑料袋要透明，要尽量薄，使滴入的酒精清晰可见。为了使塑料袋排尽空气，可将塑料袋像拧麻花一样拧紧，再把口用线或橡皮筋扎紧。只要将有酒精的塑料袋一角放入温水中，塑料袋便马上鼓起。这时学生再寻找酒精，自然会产生“酒精到哪里去了？”的疑问，从而进入汽化和液化的学习。

也可以将“想想做做”的实验中的塑料袋换成气球，在气球内滴入一些酒精，排尽气球内部的空气，用细线把气球的口系住封死，然后放入热水中，观察现象。装有酒精的气球放入热水中，气球变大，从热水中取出气球，气球变小，为什么气球会有这样的变化呢？从而进入汽化和液化的学习。

还可以用长约12 cm，管径约3 cm的注射器，用针头吸取0.5~1 mL、纯度为90%的酒精来完成这个实验。

把注射器的注射器针头朝上，推动活塞，挤出少量酒精，使注射器中没有空气（注射器内剩0.5 mL的酒精，汽化现象明显），然后将注射器的针头插到橡胶塞中（不要穿透橡胶塞），利用橡胶塞堵住注射器的针头，封闭注射器。抽动注射器的活塞，可以比较明显

地看到随着活塞的抽动，注射器内的酒精变少，直至“消失”。再推动活塞，发现注射器内的酒精量又增加了。

本实验应该重复两、三次，让学生仔细观察，以便引入新课。这个实验还为“压缩体积使气体液化”的教学，作了实验准备。

2. 探究水沸腾时温度变化的特点

教师可以课前布置趣味小实验：能不能用一支蜡烛、一个纸杯、火柴、较粗的铁丝（图3-6），把水烧开？在这个实验中观察到了什么现象？

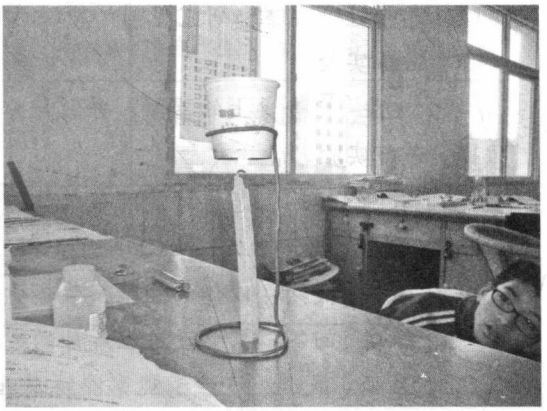


图3-6　纸杯烧水

做水的沸腾实验前请学生描述一下用蜡烛和纸杯烧开水的现象，看谁说得全面。教师在学生描述的基础上指出探究的方向，从而让学生有目的地进行实验观察。

分组实验。要求学生设计实验方案，体现出“既节约能源又节省时间”的意图。学生经过讨论，归纳出有效措施：加盖子、选择温度适当高一些的水来加热、水量适中（以淹没温度计的玻璃泡为宜）等。

为了让学生观察得更加仔细，教师可以要求学生观察沸腾过程中气泡变化的情况，并将观察到的现象用语言描述出来。实验活动中，两同学分工合作，一人看表计时，一人读出温度值并记录在表格中，同时要注意观察实验现象，尤其注意沸腾前和沸腾时实验现象的区别。读数要迅速准确，以减小实验误差。实验结束后，在方格纸上标出各个时刻所记录的温度，用平滑的曲线把这些点连接起来，从而得出水沸腾的图象。

组织、指导学生对实验结果进行分析、讨论。

①水在沸腾前后液面有何变化？沸腾时汽化在哪些部位发生？

②沸腾时水的温度变化情况怎样？

③水沸腾后移去酒精灯，沸腾是否会继续进行？这是为什么？

④再次加上酒精灯，水还会重新沸腾吗？

在学生归纳、表达的基础上，教师进行归纳、总结。

有些组在实验时可能得出水的沸点不是100 ℃的结果。在交流评价中，一方面要肯定学生实事求是的科学态度，另一方面要指出原因，如实验使用的温度计没有校准，或测量时的气压不是标准大气压等。

教学片段　探究水沸腾时温度变化的特点

设计实验方案

［教师］引入：结合课前的趣味小实验，我们想获得水沸腾时的温度变化特点，还应该补充什么器材？

［学生］回答：温度计。

［教师］继续发问：要想在水沸腾时观察气泡的变化情况，应如何调整实验器材？

［学生］回答：将纸杯换成烧杯。

［教师］进一步提出问题：为了能够节省实验时间，我们将蜡烛换成酒精灯做实验。怎样进行观察和研究呢？

准备实验

［学生］检查桌上的器材，并做好分工，完成实验准备工作。

进行实验

［教师］提问：怎样才能既节约能源又让水尽快沸腾？

［学生］思考后回答：（1）用热水；（2）加盖；（3）少装点，但不能太少。

［教师］提问：以你的经验，装多少为宜？

［学生］回答：需要没过温度计的玻璃泡。

［教师］提示：请注意观察沸腾前和沸腾时液体内、外气泡发生的位置，发生的快慢，把现象记录下来。

［教师］当实验结果与已有经验冲突时，老师及时点拨指导。

处理数据

［学生］记录数据，描点作图。

［教师］用展台展示学生的数据和作出的图象。

分析论证

［学生］分析讨论，得出规律。

［教师］指导学生分析图像并介绍沸点。

［学生］阅读教材上的“小资料”，了解各种液体的沸点。

交流评估

［学生］总结小组的实验情况，说出自己的发现及实验中尚未解决的问题：水开始升温快，快要沸腾时升温慢了；沸腾时，如果把纸盖移开，水的沸点会下降；盖上纸盖，沸点就会升高。

在教师的引导下，一起思考课前趣味小实验。纸杯能够烧开水的原因是水沸腾时的温度低于纸的着火点，从而出现纸锅能够烧开水，而纸锅不会被点燃的现象。

3. 关于蒸发的教学

通过跟沸腾对比，说明蒸发是汽化的两种方式之一。教学中可以组织学生自己举例，以加强对蒸发现象的认识。可以归纳蒸发的三个特点：（1）发生在液体表面；（2）在任何温度下都可以发生；（3）汽化进行得比较缓慢。然后与沸腾进行比较，总结它们的不同点和相同点（表3-6）。

表3-6　比较蒸发和沸腾

		蒸发	沸腾
不同点	位置	只在液体表面处进行	在液体内部和表面同时进行
	快慢	缓慢	剧烈
	现象	不容易观察到	迅速产生大量的气泡
	温度条件	任何温度下都能进行	只在一定的温度下进行，且与气压有关
	液体自身温度变化情况	液体自身温度降低	液体温度保持在沸点处不变
	主要应用	制冷，降温	水浴加热，分馏
相同点	物态变化	都属于汽化现象	
	吸、放热情况	都是吸热过程	

对于影响蒸发快慢的三个因素，学生有一定的生活经验。通过学生的充分讨论，可以总结出：液体的温度越高，蒸发越快；液体表面积越大，蒸发越快；液体表面的气流速度越快，蒸发越快。

4. 关于液化的教学

演示液化现象时，可以将充满酒精气体的塑料袋从热水中拿出来，然后浸入冷水中。由于温度降低，酒精液化，塑料袋变瘪。通过实验，让学生观察什么是液化，知道使气体液化的一种途径。

对于靠压缩体积使气体液化的方法，学生不熟悉，可以用前面介绍的注射器里加酒精的实验，演示靠压缩体积使气体液化的方法。这里要告诉学生，液化与汽化是相反的过程，既然液体汽化要吸热，那么气体液化就要放热。可以举水蒸气的烫伤比开水烫伤更严重的例子来说明。

教学片段　压缩体积使气体液化

［教师］引入：我们知道气体在温度足够低的时候就可以液化，那么有没有可能使气体在常温下，或者在温度不太低的情况下实现液化呢？

［学生］思考。

［教师］展示气体打火机并提问：打火机燃烧的是丁烷气体，它又是怎么被液化成液体装在打火机里面的呢？

［学生］观察、思考，猜想其中的原因。

［教师］演示实验，提醒学生观察向外拉活塞时，酒精会变成气体，再向内推活

塞时酒精的状态又会发生变化。

［学生］讨论后回答：酒精是通过压缩体积实现液化的。

［教师］总结：在一定的温度下，压缩气体的体积也可以使气体液化。生活中还有用这种方法液化的实例吗？

［学生］讨论后总结。

用如下实验也可以演示液化放热现象：在倾斜放置的试管中加一些水，再用酒精灯加热。当水沸腾后，在试管口再放置一个盛有少许水（以没过温度计的测温泡为准）的烧杯，当见到烧杯底部有水蒸气液化的水滴出现后，烧杯中温度计的示数就会有明显的上升。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 这里介绍了一种利用蒸发吸热保存食物的方法。因为水会沿着纱布的纤维结构“爬”上来，水蒸发时会吸热，就可以使食物的温度较低，这样饭菜就不容易变质了。

2. 这是由于从冰箱中取出的金属块温度比较低，周围空气中的水蒸气因遇冷会液化而附着在金属块的表面上。擦去这层水，又有新的水蒸气在温度低的金属块表面发生液化，所以一时擦不干。夏天从冰箱拿出可乐罐后，可乐罐外面沾满了水，擦干后，很快又会出现水。

3. 新疆地区的坎儿井是利用地下渠道引水，减少了水在输送过程中的蒸发，同时也减少了水的渗漏。时至今日，坎儿井仍在使用。温度低，空气流通慢，都是蒸发慢的原因。

（四）补充练习

1. 妈妈炒菜时，正准备向已经预热的锅内倒油，在旁边帮忙的张伟同学不小心在锅里滴了几滴水，他看到小水滴落到锅底很快就不见了。小水滴发生的物态变化的名称是_____，这个过程是_____（填“吸”或“放”）热的。

答案：汽化；吸

2. 大夫抢救中暑病人时，会在病人的额头上大面积地擦酒精。这种疗法的依据是_____。

答案：酒精蒸发会吸热

3. 发生火灾时，要使用液态二氧化碳灭火器。这种灭火器是在常温下用_____的办法使二氧化碳气体液化后装入钢瓶里的。使用时需要注意手先放到钢瓶的木柄上，然后再打开螺帽，否则会因液态二氧化碳在_____时要吸收大量的热而对使用者造成伤害。

答案：压缩气体体积；汽化

第4节　升华和凝华

（一）教学目标

1. 通过观察碘的升华与凝华实验，了解物质的固态和气态之间是可以直接转化的。
2. 知道升华和凝华，了解升华要吸热，凝华要放热。
3. 能用升华和凝华的知识，解释生活中的现象。
4. 了解水循环过程中水的三态变化，培养关心环境和节约用水的意识。

（二）教材分析与教学建议

升华和凝华现象是学生学习中容易忽略的两种物态变化。尽管升华和凝华现象并不罕见，但不易被学生注意，他们总认为固态和气态之间的变化必须经过液态阶段。因此，教学中应对其足够重视，以帮助学生澄清模糊的认识。教学中应从升华和凝华的现象出发，在让学生进行观察实验的基础上，感知什么是升华，什么是凝华。

碘的升华和凝华实验是本节教学的重点，做好实验是关键。

由于升华、凝华现象不是学生学习的重点，教材在这里没有过多设计活动内容。碘在常温下稍微受热，就可以升华，碘蒸气稍遇冷，又可以凝华；再加上碘蒸气（夹杂着空气）呈紫红色，便于观察，所以用碘做升华、凝华实验，是一种比较理想的物质。但是碘蒸气有毒，做实验时必须把它封闭起来，以免影响学生的健康。

碘的升华与凝华实验已有现成的鼓形或两端封闭的试管形仪器可用，可以用现成仪器向学生展示碘的升华与凝华现象。

教材安排了“STS　水循环”栏目，有意识地引导学生关注生活、关注社会，培养其社会责任感。课上可让学生进行交流、讨论，让他们对水资源的保护、开发和利用形成自己的独特见解，从而在实际生活中养成节约用水的良好习惯。

1. 引入新课

可以组织学生进行分组实验，在易拉罐中装入2/3的冰与1/3的食盐的混合物后，大约半分钟的时间，其外壁和底部会出现霜。看到这个现象，学生很惊奇，学习兴趣立即被调动起来了。

对于这个现象，一定要引导学生仔细分析：易拉罐外壁和底部的霜从何而来的？是空气中的水蒸气直接由气态变为固态的，从而引出凝华与升华的概念。

也可以通过“雾凇”引入新课。在一个烧瓶内放入少许樟脑丸粉末，然后加热，再将一枯树枝放入，这时便可看到樟脑丸挥发出的气体在枯树枝上凝华成雪花状。让学生自己制作并观看这一在常温下出现的“雾凇”，真实可信，从而激发学生的学习兴趣，引起求

知欲。

还可以举一些生活中的实例，如“冬季北方的学生在户外时，会在毛发和衣帽上出现‘白霜’，这些‘白霜’是从哪里来的？”“在气温低于0 ℃的户外，经过较长时间仍能把结冰的衣服晾干，这是为什么？”以问题的方式，引起学生的求知欲。

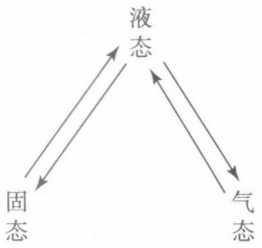


图3-7

还可以通过复习，让学生填写液态与固态、气态与液态之间物态变化的框架图。提问：观察图3-7，能否将三角形的另外一条边补上？

2. 关于升华和凝华概念的教学

观察碘的升华和凝华现象。本实验可以用现成配套仪器让学生来做。如果没有现成仪器，可用烧瓶装少许碘，用塞子塞紧瓶口，以防碘蒸气外溢。把烧瓶放入热水中后，立即可见碘升华产生的紫色蒸气；再将该烧瓶放入冷水中，紫色蒸气立即消失，碘蒸气又凝华成固体碘。

教学片段　碘的升华和凝华

［教师］在烧瓶中放少量碘。摇动烧瓶，学生可以听见碘在烧瓶里晃动时的声音。提出问题：烧瓶里的碘是什么状态？瓶塞的底部是什么颜色？

［学生］观察后回答：烧瓶内是固态的碘，瓶塞的底部是白色的。

［教师］让学生把观察到的碘的初始状态写出来。

加热前：碘是_____态物质。

继续提问：固态碘在烧瓶里时间久了会产生气态的碘，但是非常缓慢，不容易观察，我们为了加快它的变化该怎么办？碘的熔点是113.7 ℃，而酒精灯火焰的温度可以达到500 ℃，怎样做才能让碘在不熔化的情况下做这个实验呢？

［学生］思考后回答：应该用热水给它加热，因为标准大气压下水沸腾的温度不会超过100 ℃，所以这个温度下的碘肯定不会熔化。

［教师］在烧杯中加热水，将烧瓶放在烧杯中加热。等待大概20 s，当固态的碘变为碘蒸气充满烧瓶后，拿着烧瓶在教室内展示并问：烧瓶底部有没有出现液态的碘？你看到烧瓶内部发生了什么现象？把你观察到的现象写出来。

加热时：碘由____态直接变成____态；____（填“有”或“没有”）出现液态碘；这个过程需要____热（填“吸”或“放”）。

写出判断碘的变化过程中吸热或放热的依据：_____。

［教师］把烧瓶放入冷水中冷却。

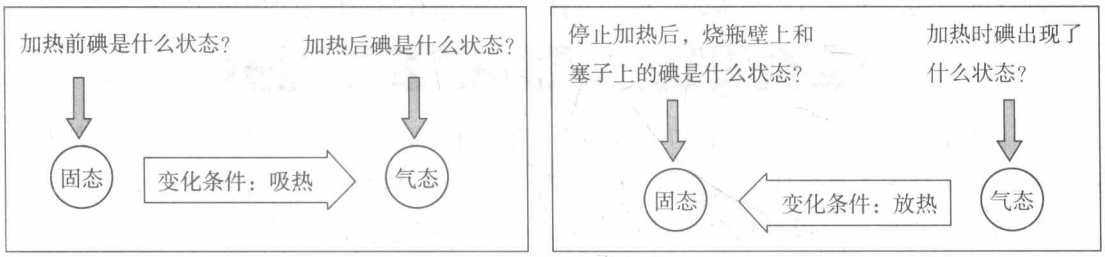
［学生］观察到紫色气体渐渐消失，在烧瓶内壁上附着了片状的固态碘，塞子的底部变成紫黑色。

［教师］拔出塞子，请学生观察烧瓶内壁和塞子的底部，让学生把观察到的现象写出来。

冷却时：碘由____态直接变成____态；条件是____热（填“吸”或“放”）。

写出判断碘的变化过程中吸热或放热的依据：_____。

［教师］提问的同时，利用演示文稿展示(图3-8甲、乙)。



甲　　乙

图3-8

实验完毕，应当继续分析一些具体的自然现象，以加深学生对升华和凝华的认识。引导学生用刚学到的知识分析他们最初发现的固、气之间直接转化的生活实例。在讨论问题、解释现象时，要注意学生语言表达的准确性。

常温下樟脑丸的升华、冬天冰的升华、冬夜水蒸气的凝华（霜），这些过程进行得较为缓慢，难于直接观察到。我们往往是根据观察到的结果（樟脑块变小消失、冰冻的衣服变干、冬夜有霜出现），分析推断物态变化的过程。教学中要注意对学生进行分析、推理、判断能力的训练。

灯泡内壁发黑，是钨（丝）先发生升华，后发生凝华。樟脑丸的原料是从樟树中提炼出来的，或者以松节油为原料制成的合成樟脑来制作的，能防虫、防霉、防腐，广泛用于保存衣服、书籍等。卫生球实际是萘丸，萘有一定的毒性，不适合人们在日常生活中使用，1992年国家工商局为此发布了“关于制止以萘丸冒充樟脑丸坑害消费者行为的通知”。注意樟脑丸与卫生球的区别，以此培养学生的环保意识。

不要让学生将升华误解为只有在某些特定温度时对某些特定固体物质才能发生的物态变化现象。一般在任意温度下，任何固体表面都会发生升华现象。例如，某些干燥的固体物质如香皂、樟脑丸等发出的气味，就是这些固体表面发生升华经扩散后产生的现象。演示实验中对碘微微加热是为了加快碘的升华，并不说明晶体的升华像晶体熔化一样，一定要温度升高到某个确定的温度时才能发生。而凝华则要该物质的蒸气达到一定浓度以及温度要降到该物质的凝固点以下时才能发生。例如，霜是空气中水蒸气的凝华现象，形成霜要有两个条件：一是空气里要有足够的水蒸气，二是温度要降到0 ℃以下。晴朗无风的夜晚，地表的温度急剧降到0 ℃以下，地表附近又有较多未被风带走的水蒸气，它们便在地表、作物上凝华成霜（冰箱中容易形成霜也是同样的道理）。

3. 水循环

结合“STS　水循环”的教学，引导学生树立节约用水的意识。本节内容教学之前，可以先请学生查找相关资料、图片，分主题准备，如：①水为何珍贵？②水能为人类做些

什么？③破坏水资源会给人类带来哪些危害？我们应该怎么办？等等。

教学中可以结合教科书中的“想想议议”栏目，分析教科书中的图3.4-2，从水的三态变化认识水循环的物理过程。然后通过展示学生准备的资料，让学生感受到自然界中水资源缺乏的现实，讨论节约用水的途径和方法，从而培养学生的节约用水意识。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 在分析时要注意樟脑丸的初状态和末状态，樟脑丸的初状态为固态，末状态为气态，所以这个是固态直接变为气态的过程，是升华。樟脑丸变小是升华所致。

2. 冻肉出冷库后，可见到上面有霜，这是水蒸气凝华所致。

3. 二氧化碳气体若被加压、降温到一定程度，就会形成白色的、像雪一样的固体，这是凝华过程；干冰在常温下会迅速变为气体是升华过程；干冰在升华的同时吸收热量，促使空气中水蒸气遇冷凝结成水滴或小冰晶，这是液化或凝华的过程。

4. 美丽的树挂、霜都是空气中的水蒸气凝华形成的。

5. 组织学生讨论，得到一些节水小方法：用淘米水洗菜，再用清水清洗；用洗衣水洗墩布、擦地板、再冲厕所；用第二道清洗衣物的洗衣水擦门窗及家具等。

（四）补充练习

1. 下列现象中，属于升华的是（　　）

A. 夏天，盛冷饮的杯子外壁出现水珠

B. 寒冬，房间窗户玻璃的内表面出现冰花

C. 钢水浇铸成机床底座

D. 冬天，室外冰冻的衣服变干

答案：D

2. 利用干冰使运输中的食物降温，可以防止食物腐烂变质，这是因为（　　）

A. 干冰升华吸热　　B. 干冰液化放热

C. 干冰熔化吸热　　D. 干冰凝华放热

答案：A

3. 在冰箱内壁上有很多霜，这些霜是由于_____而形成的。

答案：水蒸气凝华

4. 图3-9是大自然中水循环现象的示意图。江、河、湖、海以及大地表层中的水不断蒸发变成水蒸气。当含有很多水蒸气的空气升入高空时，水蒸气的温度降低凝成小水滴或凝成小冰晶，这就是云。在一定条件下，云中的小水滴和小冰晶越来越大，就会下落。在下落过程中，小冰晶又变成小水滴，与原来的水滴一起落到地面，这就形成了雨。

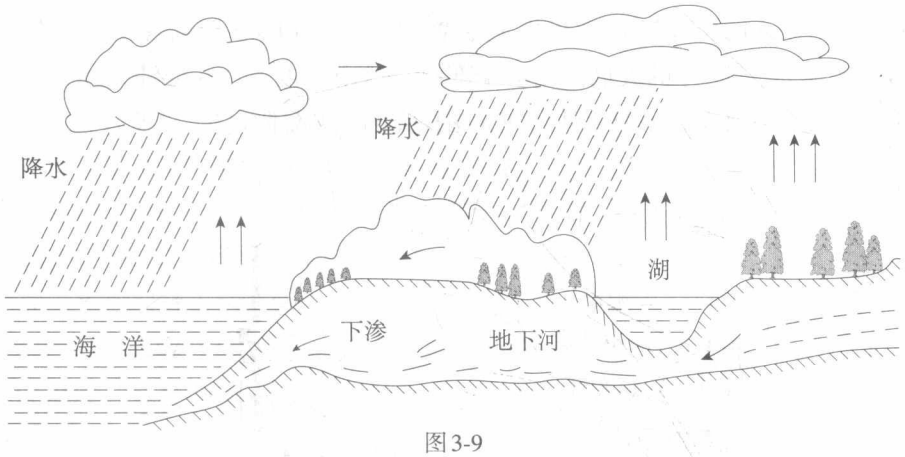


图3-9

（1）请依次写出上文加下画线处涉及的物态变化的名称：

_____、_____、_____。

（2）上面三种物态变化中，需要吸热的是：_____。

（3）我国属于缺水国家，节约用水应从我做起，请你写出日常生活中的两项节水措施。

答案：（1）液化、凝华、熔化；（2）熔化；（3）随手关紧水龙头，不开着水龙头刷牙等。

四、教学资源

（一）实验天地

1. 改进型熔化凝固实验器

传统实验装置存在的主要问题是：不能保证在熔化的动态过程中，始终保持温度计测温泡处于固液交界面，“J07262改进型熔化凝固实验器”（图3-10）可以实现温度计的动态调整，效果较好。

2. 用水做凝固实验

通常学校实验室的温度计的测量范围为–2~102 ℃，而做水凝固的实验时，只使用温度计的–2~0 ℃这一小段。这一小段在温度计的下部，处在小试管中，不便读数。为此，可以用如图3-11所示的温度计和试管，可以看出该装置中温度计的0 ℃刻度线在试管的上部，便于学生观察温度的变化。

实验前，将饱和食盐水溶液装入大一些的塑料饮料瓶中，放入家用冰箱的冷冻室内

冷却，使温度下降到-20~-15 ℃。实验时，将浓食盐水从冰箱中取出，倒入容器内（约70~100 mL），再放入已装有3~5 g水的实验装置中（图3-11），只需3 min左右试管中的水就会结成冰，而温度计的玻璃泡则会全部浸在冰中。再延长几分钟，冰的温度可下降到-5~-3 ℃，就可以观察到平时不注意或无法探究的水的凝固过程。

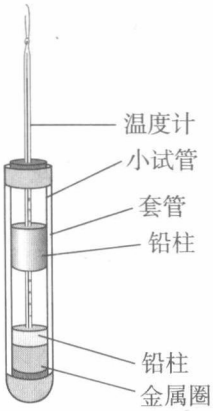


图3-10

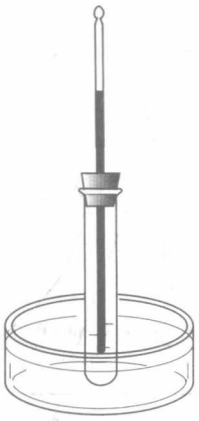


图3-11

利用此实验装置也可以做冰的熔化实验。

3. 演示海波的熔化与凝固

（1）实验器材

小烧杯（100 mL）、细玻璃棒（或竹筷子），50 g海波粉与300 mL热水，中间开有圆洞的薄木板（使小烧杯恰好能放在板上），其余跟教材中图3.2-1所示的方案基本相同。

（2）实验方法

把装有海波的小烧杯放入盛水的大烧杯中，并用开有圆洞的木板及夹持附件将小烧杯固定在支架上（图3-12）。因小烧杯底浅、口径大，加热海波时容易搅拌均匀，所以延长了海波在熔化过程中温度不变的时间，而且发生的现象也便于观察。演示海波的凝固时可撤去大烧杯，让液态海波在空气中自然冷却。

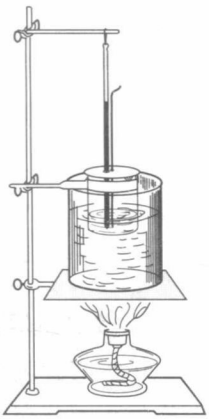


图3-12

【注意事项】

温度计的示数是本实验的主要数据。实验前必须挑选质量较高的温度计。为提高温度计的可见度，可使用明视温度计或将温度计进行投影放大。

4. 探究水的沸腾实验

（1）绝大多数情况下，实验时测得的水的沸点都偏离100 ℃，这主要是因为受大气压、温度计不准确以及水质不纯等因素的影响。实验时，应引导学生把注意力放在沸腾过程中水温不变的现象上。

（2）课前要准备好温度计。如果有足够多的温度计可供挑选，课前最好先把它们放在

沸水中检测一下，剔除那些读数偏离过大的温度计，尽可能把那些读数相差很小的温度计发给学生做实验。

（3）这个实验也可以用大号试管做，但在加热之初要对试管底部均匀加热，加热过程中酒精灯的火焰不要太大。这样改进后的实验有两个优点：一是将水加热至沸腾需要的时间短；二是水沸腾时，气泡在上升的过程中由小到大的变化明显。

（4）将酒精灯取走后，沸腾的水并没立即停止沸腾，原因是石棉网的温度还比较高，可以在短时间里使水继续沸腾。

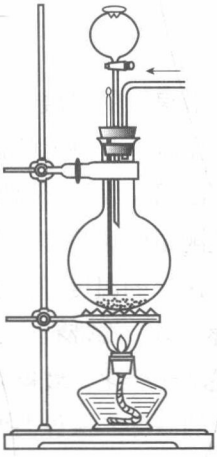


图3-13

5. 演示大气压对沸点的影响

如图3-13，在能塞紧烧瓶的橡皮塞上用开孔器打三个孔，孔中分别插入温度计、长颈漏斗和玻璃导管。将橡皮膜（最好颜色鲜艳一点）蒙在长颈漏斗的上口，将橡皮管套在玻璃导管上，最后将烧瓶用铁架台固定住。

当向瓶中打气时，会看到长颈漏斗口的橡皮膜向外凸出的同时烧瓶中原来沸腾的水慢慢停止沸腾。观察温度计的示数，会发现水的温度在逐渐升高。这非常直观地说明了“气压越大、沸点越高”。

6. “二次汽化”实验

“水蒸气”这个词在本章教材中出现较多。许多学生习惯上把水蒸气理解为“雾气”。为解决这个问题，教师可增加一个“二次汽化”的实验，让学生观察图3-14所示的实验现象。在液化的“雾气”中点燃一盏酒精灯，酒精灯上方的“雾气”马上消失，由此纠正学生的错误认识，真正懂得“水蒸气是看不见的”。

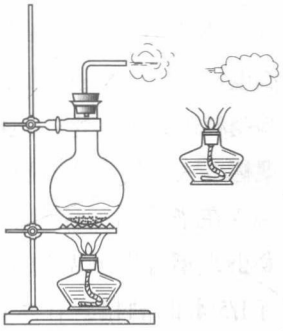


图3-14

7. 碘的升华和凝华实验

（1）实验器材

密封的细长玻璃管（内装有几粒碘），铁架台，试管夹，酒精灯，火柴。

（2）实验方法

①实验装置如图3-15所示。首先观察密封在玻璃管内碘粒的外观。

②将装有碘粒的玻璃管用试管夹夹好，然后用酒精灯对玻璃管稍稍加热，这时碘粒发生了什么变化？这个过程有液态出现吗？

③熄灭酒精灯，这时碘发生了什么变化？在玻璃管冷却的过程中有液态碘出现吗？

分析产生这些现象的原因。

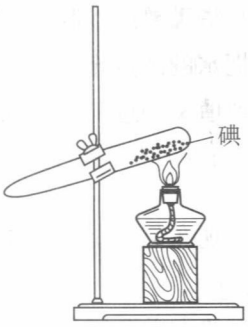


图3-15

【注意事项】

①密封着碘粒的玻璃管可以购买到，也可以自行密封。玻璃管封口后，可避免因使用碘而引起碘蒸气中毒。

②也可用樟脑丸、干冰等进行实验，观察升华和凝华现象。

（二）物理史话

温度计的发展

温度计是测温仪器的总称。根据所用测温物质的不同和测温范围的不同，有煤油温度计、酒精温度计、水银温度计、气体温度计、电阻温度计、温差电偶温度计、辐射温度计和光测温度计等。

最早的温度计是在1593年由伽利略发明的。他的第一只温度计是一根一端敞口的玻璃管，另一端带有核桃大的玻璃泡。使用时先给玻璃泡加热，然后把玻璃管插入水中。随着温度的变化，玻璃管中的水面就会上下移动，根据移动的多少就可以判定温度的变化和温度的高低。这种温度计，受外界大气压强等环境因素的影响较大，所以测量误差大。后来伽利略的学生和其他科学家，在这个基础上反复改进，如把玻璃管倒过来，把液体放在管内，把玻璃管封闭等。其中比较突出的是法国人布利奥在1659年制造的温度计，他把玻璃泡的体积缩小，并把测温物质改为水银，这样的温度计已具备了现在温度计的雏形。以后华伦海特在1709年利用酒精，在1714年又利用水银作为测温物质，制造了更精确的温度计。他考察了水的沸腾温度、水和冰混合时的温度、盐水和冰混合时的温度；经过反复实验与核准，最后把一定浓度的盐水凝固时的温度定为0 °F，把纯水凝固时的温度定为32 °F，把标准大气压下水沸腾的温度定为212 °F，用°F代表华氏温度，这就是华氏温度计。

在华氏温度计出现的同时，列缪尔也设计制造了一种温度计。他认为水银的膨胀系数太小，不宜做测温物质。他专心研究用酒精作为测温物质的优点，经反复实践后发现，含有1/5水的酒精，在水的结冰温度和沸腾温度之间，其体积的膨胀是从1 000个体积单位增大到1 080个体积单位。因此他把冰点和沸点之间分成80份，定为自己温度计的温度分度，这就是列氏温度计。

华氏温度计制成后又经过30多年，摄尔修斯于1742年改进了华伦海特温度计的刻度，他把水的沸点定为零度，把水的凝固点定为100度。后来他的同事施勒默尔把两个温度点的数值又倒过来，就成了现在的摄氏温度，用℃表示。华氏温度与摄氏温度的关系为

$$\frac{t_F}{°\mathrm{F}}=\frac{9}{5}\frac{t}{°\mathrm{C}}+32$$

现在英、美等国在日常生活中仍在使用华氏温度，而我国、法国等大多数国家则用摄氏温度。

热力学温标是在热力学第二定律的基础上建立起来的最为科学的温标，过去也叫做开氏温标或绝对温标。由热力学温标定义的温度叫热力学温度。热力学温度的单位是开尔

文，简称开，符号是K。热力学温度是以水的三相点来定义的，规定水的三相点的温度为273.16 K。水的三相点是水、水蒸气和冰共存的状态。在标准大气压下，水的冰点实际上是水、冰、空气的一种混合状态，水的冰点的温度是273.15 K，即冰点比水的三相点的温度低0.01 K。摄氏温度以冰点为零度。

热力学温度单位开尔文是国际单位制的七个基本单位之一。摄氏度也是国际单位制中的单位，摄氏度与开尔文所表示的温度间隔相等，摄氏温度t与热力学温度T的换算关系是

$$t = T - 273.15\ ℃$$

（1）水银温度计的测温范围

水银的凝固点是-38.87 ℃，标准大气压下的沸点是365.58 ℃，是不是水银温度计的测温范围就只能是-38.87~365.58 ℃呢？不是。液体的凝固点与沸点都与液面处的压强有关，尤其是沸点随压强的变化非常显著，利用改变液面处气体压强的方法，可以大大提高水银温度计的测温范围，特别是高温段的测温范围。一般的液体温度计液柱上方是真空，这种水银温度计的测温上限一般不超过300 ℃。但如果把毛细管的上部充入2.02×10^6 Pa的氮气，水银的沸点就提高到582.4 ℃，则温度计的测温上限至少可以提高到500 ℃，而如果使用抗压的石英玻璃，在毛细管上部充入5.05×10^5~6.06×10^5 Pa的氮气，则水银的沸点可达到750 ℃以上，这样的水银温度计测温上限就可以达到750 ℃以上，但一般情况下，水银温度计的测温范围为-30~600 ℃。

（2）怎样能使温度计的刻度更加精细

使温度计的刻度更加精细，就是提高温度计的灵敏度（又叫感度，或称最小分度值）。考虑到人眼的分辨本领，温度计上相邻两条刻线之间的距离一般是0.3~0.5 mm，如果用放大镜或望远镜来读数，则还可把刻线标得更密些，但由于刻线本身还要占有一定的宽度，也不可能把刻线标得过密。对于一个温度计来说，温度变化1 ℃，液柱升高的距离越长，就可以把刻度标得越精细。在已经选定水银作为测温物质的情况下，怎样才能使温度计的刻度更加精细呢？从温度计的结构来看，可以从两个方面入手，一是加大温度计下面的贮囊，贮存的液体越多，受热后膨胀出来的就越多；二是把毛细管做得更细，在膨胀出来的液体一定的情况下，毛细管越细，液柱升高的距离就越长。但这两个办法都有一定的局限。首先贮囊不能做得太大，如果做得过大，贮存的水银过多，玻璃壁将承受更大的压力，而玻璃泡如果做得过厚，将对传热带来不利影响。另外水银过多，达到热平衡的过程中需要吸收的热量会过多，既影响测量的速度，又使系统误差加大。其次，毛细管也不能太细，毛细管过细，液柱容易断裂。在实际设计和制造温度计时，要结合需要和可能，从诸多因素去考虑，选择一个最佳方案。

此外，刻度的精细与测量范围是一对矛盾，由于一个温度计不可能做得过长，要想刻度精细，测量范围就要减小。

（3）其他种类的温度计

随着科学技术的发展和现代工业技术的需要，测温技术也在不断地改进和提高。由于

测温范围越来越广，根据不同的要求，又制造出不同需要的测温仪器。下面介绍几种。

气体温度计　多用氢气或氦气作测温物质，因为氢气和氦气的液化温度很低，接近于绝对零度，故它的测温范围很广。这种温度计精确度很高，多用于精密测量。

电阻温度计　分为金属电阻温度计和半导体电阻温度计，都是根据电阻值随温度的变化这一特性制成的。电阻温度计使用方便可靠，已被广泛应用。一般电阻温度计的测量范围为 -260~600 ℃。

温差电偶温度计　是一种工业上广泛应用的测温仪器。利用温差电现象制成。两种不同的金属丝焊接在一起形成工作端，另两端与测量仪表连接，形成电路。把工作端放在被测温度处，工作端与自由端温度不同时，就会出现电动势，因而有电流通过回路。通过电学量的测量，利用已知处的温度，就可以测定另一处的温度。这种温度计多用铜—康铜、铁—康铜、镍铬—康铜、金钴—铜、铂—铑等组成。它适用于温差较大的两种物质之间，多用于高温和低温测量。有的温差电偶能测量高达3 000 ℃的高温，有的能测接近绝对零度的低温。

电接点温度计　水银是液态的金属，具有良好的导电性，利用它可以制成电接点温度计，在实现温度自动控制方面发挥了巨大的作用。其原理很简单。在温度计的毛细管的规定部位分别安装两根金属丝，当温度升高到上面金属丝所处的部位时，水银柱把两金属丝接通，电路被连通；而当温度下降，水银柱离开上面金属丝后，电路即被断开。外面连上电源、继电器等设备，就可以实现温度的自动控制。常用的电接点温度计有两种形式：一种是固定电接点温度计，另一种是可调电接点温度计。二者的区别仅在于前者的两根金属丝的位置是固定在某一设定的位置上的，而后者两金属丝中至少有一个的位置是可以任意（或在一定范围内）调节的。

高温温度计　是指专门用来测量500 ℃以上的温度的温度计，有光测温度计、比色温度计和辐射温度计。高温温度计的原理和构造都比较复杂，这里不再讨论。其测量范围为500 ℃以上，不适用于测量低温。

（三）物理广角

1. 自然界中温度的变化范围有多大

正常人体的直肠温度平均为37.3 ℃，接近于深部的血液温度。口腔温度比直肠温度低0.2~0.3 ℃，平均约为37 ℃。腋窝温度比口腔温度又低0.3~0.5 ℃，平均约为36.7 ℃。临床上一般采取从腋窝、口腔或直肠内测量体温的办法。人在生病时体温会有较大变化，但一般说来不会超出35~42 ℃的范围，因此体温计的测量范围就是35~42 ℃（或34~43 ℃）。鸟类和哺乳动物都属于恒温动物，一般来说鸟类的体温较高而哺乳动物的体温较低，但总的说来都在40 ℃上下，与人类的体温差别不是很大。

我们都生活在地球表面，地球上不同的地方、不同的时间里温度的差异和变化是很大的，炎热夏季的沙漠，温度可高达60 ℃以上，而在南极的内陆，人们已经测到 -88.3 ℃

的低温。对于人类来说，温度的差值不能说不大，但从物理学的观点看，地球表面气温的变化范围并不算大，充其量不会超过200 ℃。

月球表面的条件要恶劣得多，由于没有空气的调节，太阳照射处的温度很快升高，最高可达135 ℃，而背对太阳时，温度又很快下降，可降至-160 ℃。太阳系的其他行星同样不适宜人类的生存，内行星（金星和水星）离太阳太近，温度太高（飞船降落在金星表面，测得最高温度超过440 ℃，而水星探测器已探测出水星面向太阳的一面温度也高达400 ℃以上）；那些离太阳遥远的外行星（木星、土星、天王星等），表面则过于寒冷，例如木星表面温度约是-140 ℃。只有火星与地球表面情况最为相似，但与地球相比条件还是恶劣得多，1976年在火星表面着陆的太空船上的气象站测出的着陆点的温度，昼夜变化范围为-85~-30 ℃。火星表面没有水，大气中没有氧气，因此直到目前还没有在火星上发现生命的迹象。

再回过头来说说我们的地球。从地壳的恒温层往下，大约每100 m温度升高3 ℃左右，穿透地壳就是炽热的岩浆，温度约在1 100~1 300 ℃。地球的中心部分称为地核，其温度约为2 000~5 000 ℃。从地表往上10~12 km的对流层内，大约以6.5 ℃/km的速率降温。在对流层顶往上至50 km左右称为平流层，温度随高度的上升而上升，再往上至80 km左右是中间层，这里温度随高度的上升而下降。从80 km到500 km左右称为热层，这一层的温度很高，而且昼夜变化很大。再往上是电离层，电离层的顶部是大气层中温度最高的区域，可达2 200 ℃左右。尽管分子的平均动能很大，但这里气体已经非常稀薄，在宇宙飞船经过时，完全不会对飞船产生伤害。再往上空气更为稀薄，温度又很快降低。

恒星是发光的星体，它们的温度一般都很高。我们的太阳在恒星的大家族里，无论从哪个方面说（质量、体积，表面温度、发光强度，等等），都只能算是中等偏下。太阳的表面温度约为6 000 K，至于其他恒星，表面温度达到几万开以至更高的，比比皆是。

2. 物质有多少种状态

自然界的各种物质都是由大量微观粒子构成的。当大量微观粒子在一定的压强和温度下相互聚集为一种稳定的状态时，就叫做“物质的一种状态”，简称为物态。在19世纪，人们还只能根据物质的宏观特征来区分物质的状态，那时还只知道有三种状态，即固态、液态和气态。初中讲物态变化，就是讲这三种常见的物质状态间的变化问题。

气体物质处于高温条件下，原子分子激烈碰撞被电离，或者气体物质被射线照射以后，原子被电离，整个气体含有足够数量的离子和带负电的电子，而且一般情况下正负电荷量几乎处处相等，这种聚集态叫等离子态。如果物质处于极高的压力作用下，例如压强超过标准大气压的140万倍，组成物质的所有原子的电子壳层都会被“挤破”，电子都变成为“公有”，原子失去了它原来的化学特征。这些“赤裸”的原子核在高压作用下会紧密地堆积起来（当然，再紧密也会有电子存在和活动的空隙），成为密度非常大的（大约是水的密度的3万至6.5万倍）状态，称为超固态。有些书籍把等离子态称为物质的第四态，把超固态称为物质的第五种状态。

进一步从物质的内部结构去考虑，物态就远不止这几种了。例如，在固体物质中，有的其内部微观粒子呈周期性、对称性的规则排列，称为结晶态。而另外一些，如玻璃、沥青等物质，常温下虽然也有固定的形状和体积，不能流动，但其内部结构则更像液体，称为玻璃态（非晶体）。还有一些有机物质，能够流动，又具有某些晶体的光学特性，是介于液态和结晶态之间的状态，称为液晶态。很多物质在极低的温度下，会出现电阻消失的现象，称为超导态；在极低的温度下，某些液体的粘滞性会完全消失，叫做超流态。在巨大的压力下，平时是气体的氢，可以转变为具有金属特性的固态，称为金属氢态。天文学家发现，在宇宙中存在着比超固态密度更大的物质状态，例如组成中子星的中子态，还有密度更高的超子态、反常中子态、黑洞，等等。由于反粒子，如反质子、反电子、反中子等都已被发现，有人预言在宇宙中会存在着全部由反粒子构成的反物质世界，但还没有得到证实。1998年6月3日，美国发射的“发现者”号航天飞机装载了一台 α 磁谱仪，期望探测到宇宙空间中可能存在的反物质，其中一个关键部件是由中国科学院电工研究所制造的直径1 200 mm、高800 mm、中心磁感应强度为0.134 0 T的永久磁体。

总之，从物质的内部结构去分析，物态的种类很多，并且随着科学技术的进步，人们对物质世界的认识会继续深入，更多的物态会被发现和被人所认识。

有时同一种物质在某种温度和压力下，有几种不同的物态同时存在，例如水处于密闭的容器中，下部是水而上部是水蒸气，就是液态与气态共存的情形。其他还有固气两态共存、固液两态共存或固、液、气三态共存的情形。

一般说来，任何一种物质，在温度、压强等发生变化时，都会呈现不同的物态，研究物态变化（相变）对于深入了解物质的结构及性质，对于研制新材料及新物质，都具有很大的现实意义。

3. 水的结晶

水是地球上的重要物质，对于生命来说尤其重要。水有很多特殊的性质，例如水结成冰后体积不但不减小反而增大，水在4 ℃时密度最大，水的比热容和汽化热等都比一般物质大，等等。这些现象都与水分子间的相互作用，即成键情况有密切的关系，下面就此问题作些浅显的讨论。

水分子是极性分子，两个H—O键成104.5° 角。水分子间的相互作用力是范德瓦耳斯力，但相互作用方式有其特殊性。当它结成晶体（即冰）时，一个水分子的氢原子与另一个水分子的氧原子相互吸引，组成一种特殊的晶体结构。每一个氢原子一端与氧原子组成共价键，而另一端则与另一个水分子中的氧原子靠范德瓦耳斯力连接，它们之间的键合方式称为“氢键”。由于氢键本质上仍是范德瓦耳斯力，它的强度远比另一端的共价键要弱得多，因此氢原子并不处于两个氧原子的正中，而是靠氢键连接的两个原子距离较远。

冰的晶体属六角晶系，它是一种比较特殊的晶体结构，每一个水分子都与另外三个水

分子相连接（每一个水分子的两个氢原子分别与另两个水分子的氧原子连接，而它的氧原子则与第三个水分子的某一个氢原子连接），由于氢键的特殊方向性，使得冰的晶体结构内部很“空旷”，远不如金属晶体那样密集，因此在水结成冰的过程中，体积不是像大多数物质那样缩小，反而要胀大，即冰的密度比液态水的密度要小。当冰在0 ℃时吸热熔化成水后，水中的氢键结构只有约15%断裂，其余85%仍然保留。但这15%的氢键解体，就使得体积明显缩小（约缩小1/10）。当水的温度逐渐升高时，水中的氢键结构逐渐解体，到20 ℃时水中的氢键约还有一半，到了100 ℃沸点时，水中仍有约20%的氢键结构存在。随着温度的逐渐升高，一方面是氢键结构的解体，它造成水的体积缩小，而另一方面热膨胀现象又造成水的体积胀大，这两种因素都在起作用。从0 ℃开始升温的初始阶段，氢键的解体起主要作用，因此水的体积随温度的升高而减小，在4 ℃时体积变得最小而密度最大，4 ℃以后，温度再升高，起主要作用的就是热膨胀了，因此从4 ℃以后，水也像大多数物质一样热胀冷缩。

氢键虽然本质上是范德瓦耳斯力，但比一般的范德瓦耳斯键要强一些。冰在升华直接变成水蒸气的过程中，要吸收热量，称为升华热，吸收的热量中的大部分是使氢键解体，小部分则是克服一般范德瓦耳斯键的作用，前者约占3/4，后者只占1/4。具体地说，在0 ℃时冰的升华热约是51.0 kJ/mol，其中瓦解氢键需要37.6 kJ/mol，其余13.4 kJ/mol则是克服一般范德瓦耳斯键所需的能量。

正因为水在温度升高的过程中，氢键要逐渐解体，而瓦解氢键需要较大的能量，因此水的比热容比一般物质都大。水的汽化热和升华热也比一般物质要大，其原因也是因为需要克服氢键的作用。

氢键在生命过程中起着重要作用，具体地体现在液态水身上。水是生命的重要源泉，前面说到的水的几个特性，对于生命都极为重要。水有较大的比热容和汽化热，使得水成为地球上的热量调节库。我们地球的日夜温度变化和季节温度变化都是较小的，这对于生命的生长发育极为有利。水在4 ℃时密度最大，在4 ℃以下继续冷却以至结冰的过程中，体积要膨胀，对流现象停止，这使得江河湖海在冬天结冰时，从上表面开始结冰，而底层的水则仍然保持4 ℃的温度不变，这样水中的动、植物都不会被冻死。水的这一切特性，都与氢键有关，这正是我们说氢键在生命过程中起着重要作用的原因。

4. 物态变化与天气

（1）雨和雪

自然界里雨雪的形成，是很有代表性的物态变化过程。地面上的水蒸发成为水蒸气，升到高空与寒冷空气接触，水蒸气便凝结成小水滴，形成云。当温度下降，又有凝结核的时候，就会凝结成大水滴下降而为雨。一滴雨点要比云中的小水滴大上几千倍。如果温度低于0 ℃，水蒸气在空中就可能形成雪。

雪是结晶的水。水蒸气凝华而成的微小晶体叫冰晶。当冰晶在大气中随着气流上下翻腾，聚集起来变得足够大时，就成为雪花向地面飘落。雪花的形状多为六角形，也有针

状、柱状或不规则形状的。某些雪花的直径可大于2.5 cm。雪花的大小取决于温度，温度越低，形成的雪花越小。由于构成雪片的结晶能反射光，所以雪片呈白色。

当过冷水滴碰撞在冰晶（或雪花）上，则成霰，霰在积雨云中随着气流多次升降，不断与雪花、小水滴等合并，形成透明层与不透明层交替的冰块，落到地面，这就是雹。

（2）雾和云

大气中水蒸气的凝结可以发生在地表面或地表面的物体上，形成露和霜；也可以发生在空中，形成云和雾。

大量的细小水滴或冰晶悬浮在近地面的空气层中，就形成雾。形成雾的基本条件是：近地面空气中水蒸气充沛，有凝结核存在，有使水蒸气发生凝结的冷却过程。由于引起空气的冷却方式不同，雾可分为辐射雾、平流雾、蒸发雾、锋面雾等，其中最常见的是辐射雾和平流雾。

辐射雾同露、霜一样，都是由地表面辐射冷却形成的。辐射雾大多出现在晴朗、微风的夜晚或早晨。晴朗无云的夜间，地表面辐射散热快，迅速冷却，近地面水蒸气又比较充沛，有利于水蒸气的凝结。同露、霜的形成不同的是，需要有微风。如果无风，辐射冷却只局限在贴近地面的空气层中，则只能形成露和霜，而不能形成雾；如果风大了，上层空气的热量大量地向下传递，妨碍下层空气冷却，使气温不易降低到露点，也难以形成雾。微风既能使冷却作用扩展到较厚的空气层中，又不致影响下层空气的充分冷却，所以最有利于雾的形成。

辐射雾是在晴朗无云的条件下形成的，早晨日出之后，地表面温度逐渐升高，雾也就逐渐消散，雾散后又是个晴天。“十雾九晴”的谚语，指的就是辐射雾。

平流雾是暖湿空气流经冷的地面或海面，暖湿空气低层逐渐冷却而形成的。暖湿空气与地面或海面的温差要比较大，暖湿空气低层才能迅速冷却。这样才能形成平流雾，此外，还要有适宜的风向和风速。适宜的风向，可不断地送来暖湿空气；适宜的风速，可使雾达到一定的厚度。

大量的细小水滴或冰晶悬浮在高空中，就形成云。云和雾本质上是一回事，只是云的底部不接触地面，而雾却是接触地面的。可以说，云是高空的雾，雾是地面的云，形成云的基本条件与雾相同，所不同的是，形成云要有空气的上升运动以及因上升运动而引起的绝热冷却。

云有各种不同的形态，主要是由空气上升运动的形式不同造成的。

有一类云，叫做积状云，它们是因空气对流产生上升运动而形成的。上升的潮湿空气，体积膨胀，造成绝热冷却，当上升到一定高度后，水蒸气凝结，形成积状云（图3-16）。

当暖空气向冷空气一侧移动时，由于暖空气密度小，暖湿空气沿冷空气斜坡缓慢滑升，绝热冷却，则形成层状云（图3-17）。层状云的底部同斜坡面大体吻合，顶部近于水平。暖湿空气越过大范围的山脉时，在山脉迎风坡一侧，整层暖湿空气被迫抬升，也会形成层状云。



图3-16　积状云

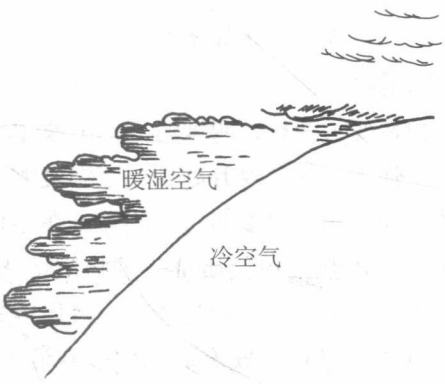


图3-17　层状云

此外，还有波状云以及一些特殊形状的云。

（3）露和霜

大气中水蒸气的凝结可以发生在空中，形成云和雾；也可以发生在地表面或地表面的物体上，形成露和霜。

夜晚，地表面因向外辐射而冷却，温度迅速降低，与地表面接触的空气，温度也逐渐降低；当空气的温度降低到露点时，空气中的水蒸气就凝结在地表面或地表面的物体上。如果此时的露点温度在0 ℃以上，在地表面或地表面的物体上就出现微小的水滴，这就是露。如果此时的露点温度在0 ℃以下，水蒸气就直接凝华为白色的冰晶，这就是霜。

露和霜经常发生在晴朗、无风的夜晚。晴朗无云的夜晚，地表面辐射散热快，地表面可迅速冷却；无风，则可使近地面的空气有足够长的时间与冷地面接触，使之温度降低。山谷和洼地，冷空气容易积蓄，对露和霜的出现有利，产生露和霜的概率最大。

霜和霜冻不同，霜是指白色固体凝结物，霜冻是指气温下降，足以引起农作物遭受伤害或死亡的现象。如果气温还在0 ℃以上，则只有霜冻而无霜；但有霜时常伴有霜冻，因为这时气温已下降到0 ℃以下。

（4）雾凇

雾凇是积聚在地面物体迎风面上的呈针状和颗粒状的乳白色疏松的微小冰晶或冰粒。在寒冷的天气里，微小的雾滴碰到寒冷的物体表面时，形成了雾凇。根据其形状可分为粒状雾凇和晶状雾凇两种。

粒状雾凇出现在气温约-2~-7 ℃有雾且风速相当大的天气里，它是由于风的作用，将过冷却雾滴吹到物体表面冻结而成的，形状呈球状。由于雾滴与物体接触时冻结的很快，因而保留了原来雾滴的形状。

晶状雾凇是一种结晶冻结现象，它的结晶形状与霜的结晶形状相似，它形成在气温为-15 ℃左右的严寒而有雾的天气。微风的日子里，它可以由空气中过饱和水蒸气在物体表面直接凝华生成，也可以由雾滴蒸发的水蒸气而形成。

我国吉林省吉林市松花江两岸，冬日里不冻的江水腾起来的雾遇到寒冷的空气就会在树上凝结为雾凇。当地的群众称为“树挂”。严冬腊月，每当雾凇出现的时候，十里长堤

的垂柳青枝变成玉树琼枝，犹如童话世界。

5. 熔化和凝固

物质由固相转变为液相，叫做熔化；由液相转变为固相，叫做凝固。

在一定的压强下，晶体要升高到一定温度才发生熔化，这个温度叫做熔点，其相反过程即由液相转变为固相的温度叫做凝固点。在熔化或凝固过程中，虽然温度保持不变，但要吸收或放出相变潜热。单位质量某种物质熔化成同温度液体时吸收的热量，叫做熔化热；相反过程放出的热量，叫做凝固热；熔化热等于凝固热。

在熔化和凝固的过程中既有固相，也有液相，加热则向液相转变，放热则向固相转变。因此，熔点（凝固点）就是在一定压强下固液两相平衡共存的温度。

晶体具有一定熔点，决定于晶体具有远程有序的点阵结构，破坏这种结构所需的能量是一定的。当温度升到一定数值，平均热运动能达到晶体的结合能时，一处的结构能够被解离（熔化），另一处在同一温度下同样能够被解离，这个温度就是熔点。非晶体不具有远程有序的特点，只具有近程有序的微观结构，破坏不同的微观结构需要不同的能量，因而表现为随温度升高而逐渐软化和熔化。

熔化时所需的熔化热主要用于破坏晶体的点阵结构，因此熔化热可以用来衡量晶体结合能的大小。

6. 汽化和液化

物质由液相转变为气相，叫做汽化；由气相转变为液相，叫做凝结或液化。单位质量某种物质汽化时吸收的热量，叫做汽化热；相反过程放出的热量，叫做凝结热；汽化热等于凝结热。

汽化有蒸发和沸腾两种不同的形式。蒸发是在液体表面平静发生的汽化过程；沸腾是在整个液体中（包括内部和表面）激烈发生的汽化过程。蒸发在任何温度下都在进行；在一定外界压强下，沸腾只在一定温度下进行，这个温度叫做沸点。从相变的角度看，蒸发和沸腾并没有根本区别。沸腾时相变仍是在气液分界面上以蒸发的方式进行，只是液体内部大量涌现小气泡，大大增加了气液的分界面。

某种液体的饱和汽是与该液体平衡共存的气体。在气液两相平衡共存的条件下，气液两相可以互相转变。温度不变时增大饱和汽的体积，液相转变为气相；减小饱和汽的体积，气相转变为液相。下面用气液二相图说明气体的液化。

饱和汽压随温度而改变，改变的情形可用汽化曲线OK来表示（图3-18）。汽化曲线上一点的温度和压强，也就是气液两相平衡共存的温度和压强。汽化曲线的始点是三相点O，在O点以下，气相只能与固相平衡共存。汽化曲线的终点是临界点K，温度高于临界点的温度（临界温度）T_K，只存在气相。在汽化曲线右方区域中，某点所表示的状态，比相同温度下汽化曲线上一点的压强小（或者比相同压强下汽化曲线上一点的温度高），所以这个区

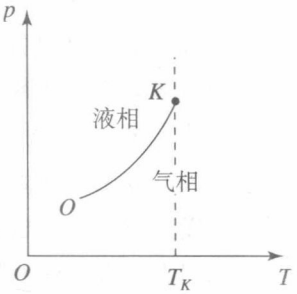


图3-18　气液二相图

域表示气相存在的区域。汽化曲线左方的区域表示液相存在的区域。

利用气液二相图可以清楚地看出：在临界温度以下，可以采取等温加压的办法，使气体的状态变到汽化曲线上，继续加压即可液化；也可以采取等压降温的办法，使气体的状态变到汽化曲线上，继续降温即可液化。其实，不论用什么办法，只要把气体的状态变到汽化曲线上，就可以经过气液两相共存而转变为液体。

在临界温度以上，采取等温加压的办法，不能使气体液化。采取降温的办法，如果变化过程穿过汽化曲线，则经过气液两相共存而转变为液体；如果变化过程从临界点上方绕过汽化曲线而达到液相区域，则可从气相连续地转变为液相，在转变过程中没有不连续的现象发生，也没有两相共存的情形，相反的过程即由液相转变为气相，也是这样。

7. 饱和汽压

（1）什么是饱和汽与未饱和汽

容器内如果装一半水，盖上塞子，水要蒸发，蒸发出来的水蒸气聚集在容器的上部。经过一段时间，容器上部的蒸气即达到饱和，也就是蒸气的数量不再增加。如果从分子运动的角度去分析，这时仍有水分子不断地从水面下挣脱其他分子的引力而跑出液面，但同时也有水分子从容器上部返回液体中去。所谓“饱和”，是指在同一时间内，跑出去与跑回来的分子数量相等，从而达到平衡，称为“动态平衡”。

饱和汽的压强称为饱和汽压。饱和汽压的数值与液体的种类及温度有关，而与饱和汽的体积无关。表3-7列出几种常见物质在不同的温度下的饱和汽压的数值。

表3-7　不同温度下几种常见物质的饱和汽压p/Pa

物质 / 温度（℃）	乙醚	酒精	水	水银
−20	8.80×10^{3}	4.40×10^{2}	1.07×10^{2}	
0	2.47×10^{4}	1.60×10^{3}	6.13×10^{2}	5.33×10^{-2}
20	5.87×10^{4}	5.87×10^{3}	2.33×10^{3}	2.40×10^{-1}
40	1.23×10^{5}	1.79×10^{4}	7.33×10^{3}	1.07×10^{0}
60	2.31×10^{5}	4.67×10^{4}	1.99×10^{4}	3.33×10^{0}
80	3.96×10^{5}	1.08×10^{5}	4.73×10^{4}	1.20×10^{1}
100	6.47×10^{5}	2.26×10^{5}	1.01×10^{5}	3.73×10^{1}
120	1.00×10^{6}	4.31×10^{5}	1.98×10^{5}	1.01×10^{2}
140	1.47×10^{6}	7.55×10^{5}	3.61×10^{5}	2.52×10^{2}
160	2.10×10^{6}	1.25×10^{6}	6.18×10^{5}	5.73×10^{2}
180	2.90×10^{6}	1.97×10^{6}	1.00×10^{6}	1.19×10^{3}
200		2.95×10^{6}	1.55×10^{6}	2.40×10^{3}

从表3-7中可以看出，水银的饱和汽压很小，在常温下可以忽略。初中物理教材上讲到测量大气压强的托里拆利实验时，灌水银的玻璃管的上方称为托里拆利真空，实际上管上部有水银的饱和蒸气，但由于水银的饱和汽压很小，与大气压相比，差5~6个数量级，因此把它看做真空是完全可以的。

如果容器中的水数量很少，水完全蒸发都变成水蒸气，也未达到饱和，则上面的水蒸气称为未饱和汽。原来容器内的未饱和水蒸气，当温度下降到某一值时，会变成饱和汽。例如容器中的水蒸气温度为40 ℃时压强为2.33×10^3 Pa，这时是未饱和水蒸气；但如果温度下降到20 ℃，则它就变为饱和水蒸气。

大气中水蒸气的含量与人的生活关系密切。我们把大气中水蒸气的压强称为绝对湿度（也可用水蒸气的密度作为绝对湿度），而把它与同温度下饱和水蒸气的压强之比，称为相对湿度。相对湿度的量纲为1，通常用百分数表示。相对湿度的大小能表示地表水容易蒸发的程度：相对湿度越小，表明空气中水蒸气的含量离饱和状态越远，地表水就越容易蒸发；而相对湿度越大，表明空气中水蒸气的含量离饱和状态越近，地表水就越不容易蒸发。如果相对湿度达到100%，则表示大气中水蒸气已经饱和，除了由于分子运动的不均匀性而造成的涨落以外，宏观上讲地表的水已经不能蒸发了。夏天天气闷热，人感觉很不舒服，一是因为热，即温度高；二是因为闷，即相对湿度大。当气温较高时，人体已很难靠传导与辐射向外散热，如果相对湿度不大，还可以靠汗液的蒸发带走人体的热量。这时如果温度既高，相对湿度又大，汗液不容易蒸发，就会造成人体散热的困难，很容易发生中暑的现象。一般来说，只要温度超过30 ℃，相对湿度超过80%，人就感觉很难受了。

白天气温较高，大气中的水蒸气一般说来都处于未饱和状态，相对湿度较小，而到了夜晚，温度下降，相对湿度变大。当温度下降到某一数值，大气中的水蒸气达到饱和，这时就可能有露珠或雾珠出现，这个温度称为露点。露点与当时气温的差值也反映相对湿度的大小：露点与当时气温越接近，表示当时大气中水蒸气的含量越接近饱和，即相对湿度越大；露点与当时气温差值越大，表示大气中水蒸气含量距离饱和越远，即相对湿度越小。

（2）饱和汽压与沸点有什么关系

请注意表3-7中水的一栏，里面有一行下面画横线的数字，它等于1.01×10^5 Pa，恰好是标准大气压的数值，而它对应的温度又恰好是标准大气压下水的沸点100 ℃。再看看表中的其他三种液体，它们在标准大气压下的沸点分别是：乙醚约35 ℃，酒精约78 ℃，水银约357 ℃，它们在沸点时的饱和汽压的数值都等于标准大气压。虽然这个表没有列出这些温度时的饱和汽压值，但从图中画有横线的几行数字还是可以看出这个规律的，即液体的饱和汽压的数值等于外界大气压强的数值时所对应的温度就是此压强下的沸点。

把表3-7所列的数据，制成$p-t$（或$p-T$）图象，则可称为气液两相平衡曲线，或汽化

曲线。图3-19中的OC就是按表3-7中的数据制成的水的汽化曲线，线上每一点都表示可处于气、液两相平衡的压强和温度值，该温度就是该压强下水的沸点的数值。图上的另一条曲线（虚线）OL则为冰的熔化曲线，二者的交点就是水的三相点。

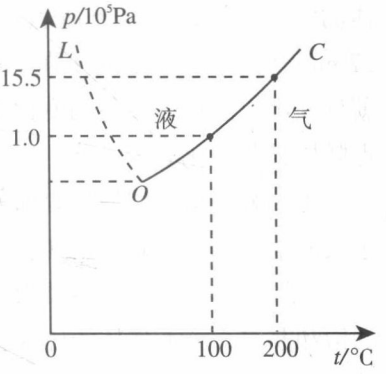


图3-19

为什么当饱和汽压等于大气压时液体就可以沸腾呢？让我们分析一下敞口容器中液体温度逐渐升高的情况：如果一个敞口容器中盛有水，在温度较低时水要蒸发，由于是敞口，蒸发出来的水蒸气分子不断向外扩散，上方不可能出现水蒸气饱和的情况，蒸发将一直进行下去。蒸发是从液体表面进行的汽化，从分子运动的观点去解释，是液体分子中总有一些动能较大的分子能够挣脱液体分子的引力作用而从液面跑到大气中去。由于同一时间内跑出去的分子多而跑回来的分子少，从宏观上讲，蒸发过程继续进行。随着温度逐渐升高，蒸发也逐渐加快。以上讨论的是液面的情况，此外，还要注意到液体内部特别是器壁上总是会附有一些很小的气泡，在液体沸腾之前的加热过程中，下面的小气泡受热会逐渐胀大，液体分子在向液面外蒸发的同时，也会有分子向内部的小气泡内蒸发，使得小气泡内也含有液体的蒸气，并且达到饱和。随着温度逐渐升高，饱和汽压数值增大，气泡体积也逐渐增大，当气泡体积胀大到一定程度，由于浮力的作用，气泡将离开器壁而上升，这时还会出现“噼啪”的响声。气泡上升的过程中，由于液体上部的温度总是略低于下面的温度，气泡内的饱和蒸汽会有一部分重新液化，气泡体积又逐渐缩小并下沉。气泡回到下部，再继续蒸发胀大，再上升……如此上上下下往复交替，液体的温度逐渐升高。当整个液体的温度升高到某一数值，小气泡在上升的过程中体积不再缩小，大量水蒸气不断进入气泡内，气泡体积迅速膨胀，直到到达液面而破裂，释放出内部的大量水蒸气，这就是沸腾。可见，液体内的气泡在沸腾过程中的作用非常重要，它是液体内部汽化的“汽化核”。液体沸腾时还有一个必要条件，那就是饱和汽压值等于液面外气体的压强，这还是忽略液体本身压强的说法。如果考虑液体本身的压强，则沸腾时饱和汽压值还要稍大于液面外气体的压强。例如在标准大气压的情况下，敞口容器里的水要沸腾，下部水的温度要稍高于100 ℃，这时水的饱和汽压稍大于标准大气压，气泡内的气体压强等于液体对它的压强（液体对气泡的压强，等于大气压强加上液体本身的压强），气泡就可以达到平衡。当平衡被破坏而气泡上升时，气泡内部压强大于气泡外部液体压强，气泡将继续胀大，同时又会有更多的水蒸气进入气泡内，直到到达液面而破裂，这样整个液体的沸腾就可以继续进行了。由于一小段水柱本身的压强相对于大气压强来说，完全可以忽略，因此我们说液体的饱和汽压的数值等于外界大气压强的数值时所对应的温度就是此压强下的沸点。

当液体表面外大气压强发生变化时，液体沸腾的温度随之变化，大气压强减小，则液

体的沸点降低；大气压强增大，则液体的沸点升高。以水为例，大气压强的变化相当于27 mm水银柱所产生的压强，水的沸点就随之变化约1 ℃。图中汽化线*OC*的斜率的倒数就反映沸点随压强变化的变化率，*OC*的斜率比*OL*的斜率小，表明沸点随压强的变化比熔点随压强的变化更为显著。

更一般的情况，液体表面外可以不是大气。总结成规律应该说，沸点就是饱和汽压等于液面处外部压强时的温度。

如果液体处于密闭容器内，由于液面上方原来总有一些气体，再加上液体蒸发后形成的饱和蒸气，上方气体的压强总大于饱和汽压，因此无论温度升到多高，处于密闭容器内的液体也不会沸腾。

8. 升华和凝华

物质由固相转变为气相，叫做升华；由气相转变为固相，叫做凝华。单位质量某种物质升华时吸收的热量，叫做升华热；相反过程放出的热量，叫做凝华热。升华热与凝华热相等。

衣箱中的樟脑丸放久了会变小直至消失，就是由固相直接变为气相，发生了升华现象。寒冷季节地面上的霜，是由水蒸气凝华而成的冰晶。物质升华时会吸热，工业上用干冰（固态CO_2）做制冷剂，就是利用了干冰的升华现象。

在升华（凝华）的情况下，与固相平衡的蒸汽的压强叫做固体上方的饱和蒸汽压。表示固体上方饱和汽压和温度的关系曲线叫做升华曲线，升华曲线上的各点表示固气两相平衡共存的状态。在压强比三相点压强低的情况下加热固体，就可以不经熔化而直接升华为气体。

一般固态物质如金属，饱和汽压很低，用精密仪器才能量出，可以忽略，实际上不发生升华现象。有的固态物质如干冰、碘等，饱和汽压很高，所以容易见到这些物质的升华现象。

（1）升华与蒸发相比有哪些相似之处

升华与汽化都是变为气态的过程。汽化有两种方式，即蒸发和沸腾，升华更像蒸发，它们有下面一些共同点。

①蒸发是只从液体表面进行的汽化方式，从分子动理论的观点看问题，是一些动能较大的分子挣脱周围液体分子的引力而逃逸出来成为气态的现象。升华也是只从固体表面进行，也是一些动能较大的分子挣脱周围分子的引力而逃逸出来成为气态的现象。

②蒸发和升华都不要求在确定的温度下进行，可以在“任何”温度进行。

③蒸发和升华的过程都要吸收热量（分别称为汽化热和升华热），但如果外界不能供给热量，蒸发和升华都仍然能够进行，同时引起本身的温度下降。

④液体和固体如果分别放在密闭的容器内，蒸发和升华产生的蒸气达到饱和以后，宏观上的蒸发和升华都要停止，而处于一种动态平衡的状态中，即分别处于液气两相的平衡与固气两相的平衡状态。

固态物质通过升华而产生的蒸气达到饱和以后，其压强值也称为饱和汽压，饱和汽压的数值与物质的种类及温度有关，而与饱和汽的体积无关。反映升华时的饱和汽压与温度关系的图象叫升华曲线，图3-20所示的OS就是升华曲线，曲线上的每一点都表示该物质固、气两相平衡的状态，曲线的左方是固相稳定存在的区域，右方是气相稳定存在的区域。图中另两条虚线分别表示该物质的熔化曲线和汽化曲线，三条曲线交于同一点O，即为该物质的三相点。

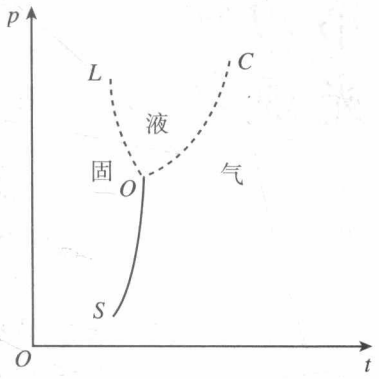


图3-20

理论上讲，固态物质在任何温度下都会升华，但很多固体物质，例如金属，在常温下的饱和汽压非常低。以金属铝为例，当温度达到熔点温度，即962 ℃时，饱和汽压也只有2.67×10^{-1}Pa，钨的饱和汽压更低，虽然大气中极少能检测到钨原子，但它已经达到饱和，因此实际上钨是不升华的。不但是钨，所有金属都可以认为是不升华的。但另一些物质，在常温下的饱和汽压却很高，例如干冰（固态的二氧化碳），在–78.5 ℃时的饱和汽压就已经达到$1.013\ 25\times10^{5}$ Pa，即已达到标准大气压的值，因此干冰在常温下很快就升华变成气体。碘在114 ℃时的饱和汽压为1.20×10^{4} Pa，碘与干冰相比，常温下升华不很快，但稍一加热，升华也是很明显的。冰的饱和汽压比碘又低一些，它在–1 ℃时饱和汽压是5.63×10^{2} Pa，在–10 ℃时是2.60×10^{2} Pa。冰在冬天的室外升华速度虽然不能算很快，但冰冻的湿衣服也还是会由于升华而变干的。

（2）凝华有什么条件

凝华是由气态直接变成固态的过程，这里的固态指的是结晶态。物质由气态直接凝华是有条件的，首先压强要达到或超过饱和汽压，其次还必须有凝结中心（凝结核），这与液化有点类似，如果没有凝结中心，可能温度已下降到很低，气体已成为过饱和汽，仍然不能结晶。

寒冷的冬天，人在外面行走，眉毛、胡子、头发上都会凝结很多冰晶，这是怎么形成的呢？首先是人呼出的气中含有大量水蒸气，这些水蒸气遇冷液化成很多细小的雾珠（即看到的“哈气”），由于空气中水蒸气对于这些细小的水滴来说还未达到饱和，因此这些小雾珠会很快蒸发（“哈气”一会儿就看不到了），但对于冰来说则已经过饱和了，这些水蒸气会以眉毛、胡子等为凝结核而结晶成为霜。冬天的雾凇和冰挂都是很壮丽的景色，形成雾凇也需要一定的气候条件。空气寒冷，并含有较丰富的水蒸气，已经形成了细小的雾珠，空气中的水蒸气对冰来说已经过饱和，而对小雾珠来说则还未达到饱和，小的雾滴不能长大反而汽化，而后水蒸气在树枝上凝华而成雾凇。由于这样的气候条件并不经常出现，因此出现雾凇的景观也比较难得。

第四章 光现象

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.3.3　通过实验，探究并了解光的反射定律，探究并了解光的折射现象及其特点。

2.3.4　通过实验，探究平面镜成像时像与物的关系。知道平面镜成像的特点及应用。

2.3.6　通过实验，了解白光的组成和不同色光混合的现象。

（二）课时建议

第1节	光的直线传播	1课时
第2节	光的反射	1课时
第3节	平面镜成像	2课时
第4节	光的折射	1课时
第5节	光的色散	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

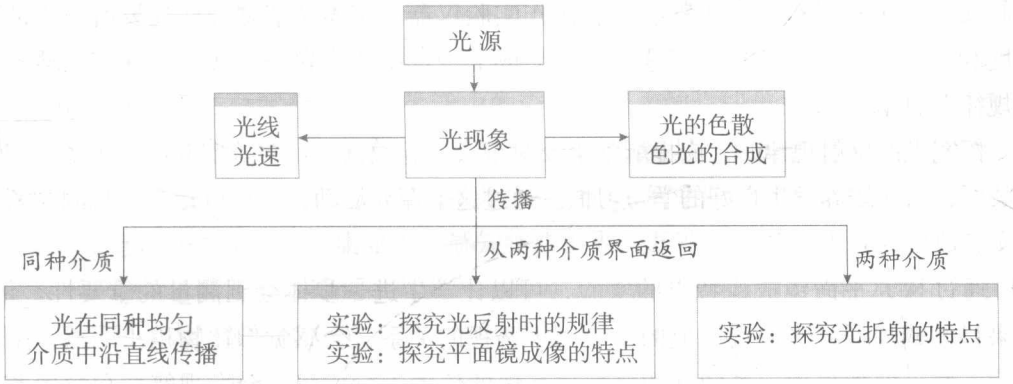
本章从光的传播特点及其应用和光的色散两方面向学生展示了一个多彩的光的世界。光的传播主要包括：光在同一均匀介质中沿直线传播；光在两种介质的界面上会发生反射或折射（或二者兼有）。初中物理涉及的光的色散实际上是白光在传播过程中分解为单色光的现象。

根据学生的认知能力，本章先利用简单的光现象引出物理问题——光是怎样传播的？然后通过实验探究，归纳、总结出光的直线传播特点、光的反射规律、平面镜成像的特点以及光的折射特点。其中，光的折射现象是下一章学习透镜的基础。由于本次《课标》修订时删去了“颜料的混合”，因此，教材在“光的色散”这一节降低了要求，删去了“探究色光的混合与颜料的混合”，不再详细介绍物体颜色的形成，只要求通过“演示”和“想想做做”等栏目让学生了解白光是由各种色光组成的。在讲可见光谱的基础上，简单介绍了红外线和紫外线及其应用。

本章涵盖光的反射、平面镜成像以及光的折射等知识，规律性强，实验操作方便，在实验过程中容易体现探究的思想，所以教材把这部分内容安排为探究活动。在这些活动中，学生可以从收集的证据中总结和归纳出规律性的知识，并体验科学研究的过程，受到科学研究方法的教育。

本章章首图是一道美丽的彩虹。彩虹是一种自然现象。在古代，无论是东方文化还是西方文化，都有关于彩虹的种种传说，这对于激发学生的学习兴趣有很好的作用。从光学的角度看，彩虹是阳光射到空中接近圆形的小水滴，水滴对光进行了折射和反射，在这个过程中不同的单色光互相分开，从而发生色散造成的。本章主要内容是光的传播和色散，而彩虹现象中蕴含了以上两方面知识。

本章内容结构如下。



（二）通过探究让学生经历“提出问题”的过程

科学探究源于问题，没有“问题”，科学探究便无从谈起。对于一个比较宽泛的问题，还需要把它进一步明确化、具体化，这样，探究过程才能有明确的方向，探究才能沿着合理的假设一步一步走下去。本章探究活动的设计就体现了这一想法。

例如，在探究光反射时的规律时，教材首先说明“我们能看见不发光的物体，是因为经物体反射的光进入了我们的眼睛”，很自然地引入本节要探究的问题“光反射时

遵循什么规律？”。然而，“光反射时遵循什么规律？”只是一个含糊的表述，对于接下来的探究过程的指导作用并不明确。因此，教材紧接着问“也就是说，反射光沿什么方向射出？”这样就把一个日常生活中经常看到的现象转化为一个具体的科学问题，明确了要探究入射光线和反射光线的方向（即角度）的关系。同样，在研究平面镜成像时，原始问题是“平面镜成像的特点”，如果把它转化为更具体明确的问题“平面镜成像时，像的位置、大小跟物体的位置、大小有什么关系”，就对后续的探究计划就有了指导作用。

通过观察现象提出相关的问题，并不是一件简单的事情。教师应适时地引导学生形成明确的问题，并用口头或书面语言表述出来。通过一定时间的积累，无形中就会提高他们“提出问题”的能力。

（三）通过探究使学生认识“收集证据”的重要性

“收集证据”是科学探究的要素之一，在物理实验中常表现为收集实验数据。对于要探究的问题有了初步的猜想和假设之后，就需要收集证据来证明自己的猜想和假设是否正确。如果说本章第1节的探究活动主要以定性观察为主的话，从第2节开始，学生就要进行初步的定量测量和收集数据的活动。例如，在探究光的反射规律的实验中，学生需要收集入射光线和反射光线的角度方面的数据；在探究平面镜成像规律的实验中，学生要收集蜡烛及其像与平面镜之间的距离的数据。在实验中收集实验数据，除了需要理解实验原理、了解实验步骤、具有操作实验仪器的基本技能之外，还要有严谨的科学态度和实事求是的科学精神。这些都为完成下一章中要求较高的实验“探究凸透镜成像的规律”打下了基础。

探究光的反射规律时，应提醒学生及时记录实验数据，不要等实验结束了才去回忆实验数据，从而培养学生良好的学习习惯。通过这个探究活动，还可以让学生巩固用表格记录实验数据的方法。

通过探究平面镜成像特点的实验，可以让学生进一步体会到测量的重要性。例如，如果目测蜡烛通过平面镜所成的像，由于透视的关系，会感觉像比物稍小一点，距离也要近一些。但如果用一支同样的蜡烛放在像的位置进行比较，会发现蜡烛和它的像大小一样。另外，通过这个探究活动（以及后续的其他活动）要让学生逐步体会到，科学事实是检验科学结论的唯一标准，实验数据就是体现科学事实的证据，是进行科学分析的根据。如果不收集实验数据，探究根本无法进行下去，也就不可能形成正确的结论。如果不能科学地收集实验数据，例如由于实验环境的影响、实验条件的改变或者由于实验者的疏忽，造成所收集数据的失真或部分失真，将会对探究结果产生严重影响，甚至会得出完全相反的结论。

三、教材分析与教学建议

第1节　光的直线传播

（一）教学目标

1. 能识别光源，知道光源大致分为天然光源和人造光源两类。
2. 了解光的直线传播，能列举光的直线传播在生活中的应用。
3. 知道光在真空中的传播速度。
4. 通过观察光在空气中和水中传播的实验现象，了解实验是研究物理问题的重要方法。

（二）教材分析与教学建议

本节是学生学习光学知识的第一课。光的直线传播是几何光学的基础，又是研究光的反射、折射现象的必备知识。学生在日常生活和小学科学课中已经知道光沿直线传播的结论，但仍处于初步阶段，建议教师设计一系列的实验，引导学生得出光的直线传播的规律。在教学过程中要结合实验和日常生活中的应用，用光的直线传播解释影子、日食和月食等生活中和自然界中的重要现象。使学生对光的直线传播规律有更全面、更深刻的认识，激发学生学习光学知识的兴趣。应当向学生指出：人们之所以能看到物体是由于有光进入眼睛而引起的一种感觉；眼睛是人类感知物质世界的五种感觉器官之一（眼睛——视觉、皮肤——触觉、鼻子——嗅觉、耳朵——听觉、舌头——味觉）。要注意纠正学生认识上的一个误区：人的眼睛会发光。

1. 光源

生活、生产中有各种各样的光源。手电筒、火把、油灯、蜡烛、白炽灯、日光灯、霓虹灯等，都是光源。可以把光源分为冷光源和热光源。日光灯、节能灯、霓虹灯、汞灯、氖灯、萤火虫、荧光棒、灯笼鱼、斧头鱼、水母是冷光源，手电筒、火把、油灯、蜡烛、白炽灯、恒星是热光源。

由于学生刚刚接触这部分内容，建议教师通过创设情境引入新课，增加趣味性，充分激发学生学习的热情。例如，可以播放一组光源的优美图片，让学生找出它们的共同特征——这些物体都能够发光，然后介绍光源。也可以通过踩影子、手影游戏等形式引入新课。在学生游戏的过程中突然关掉光源，让游戏不能顺利进行，从而引出

光源的教学。

2. 光的直线传播

首先创设问题情境，引导学生思考光是如何传播的。例如，汽车头灯射出的光束是直的；手电筒和探照灯发出的光束是直的；电影院的放映机射向银幕的光束是直的；穿过森林的太阳光束是直的。然后通过实验演示光在同种均匀介质中沿直线传播。

为了观察光在空气中的传播路径，建议教师在实验时沿着激光射出的方向喷射空气清新剂或由喷雾器喷出水雾。也可以用一个大塑料瓶或充气塑料袋，里面充满烟雾（点燃香烟或蚊香可形成烟雾），再用激光笔照射，观察激光传播的路径。

教师演示实验后，可以让学生参与实验：讲台上放置点亮的电灯或蜡烛，每个学生两只手各拿一张带有小孔的纸，把两张纸重叠放置，再透过小孔观察光源。启发学生：只有当眼睛、两个小孔和光源恰好在同一条直线上时，眼睛才能看见光源。

关于光在玻璃和水中沿直线传播的教学，学生的感性认识较少，建议教师一定要做好演示实验。

把激光垂直射入水中，观察激光在水中的传播路径。为了能看到水中的光路，可以在水中滴少许牛奶或墨水，也可以在水槽的内侧面铺一张白纸或涂一层白漆作衬（图4-1），让激光沿着白纸表面入射。把激光笔装上如图4-2所示的分光器，实验效果更明显。分光器在市面上有销售，但价格较高。可以自制，只需在一个圆筒前面镶入一个玻璃圆柱，并将激光笔放入圆筒中即可起到扩束的作用。

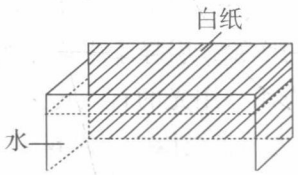


图4-1



图4-2

关于光在透明固体中沿直线传播的教学，可以将激光射入透明的蜡或果冻等透明固体，观察激光在固体中的传播路径。

本节可以通过演示实验验证光的直线传播规律，也可以给学生提供一些实验器材，如激光笔、透明的蜡、不透明软橡皮管、带孔的纸板、大头针、白屏、塑料瓶、喷雾器、清水、牛奶等，引导学生选用器材、设计实验，探究光的传播规律。

3. 光沿直线传播的条件

在实验的基础上，学生已经知道了光的直线传播规律。建议教师再做一个演示实验：在玻璃水槽中装适量的水，加牛奶后搅拌均匀，然后点燃蚊香放在玻璃水槽的上方。过一段时间后，水槽上方会充满烟雾。把激光从水槽上方斜射入水中，可以观察到激光的传播路径。

教学片段　探究光沿直线传播的条件

进行实验

1. 在玻璃槽中放一张白屏来显示光的传播路径。

2. 配备四杯浓度不同的糖的水溶液，将它们按浓度从大到小依次倒入玻璃槽。将一束激光沿白屏表面斜向下射入糖的水溶液，让学生观察光的传播路径（图4-3）。



图4-3

3. 再将激光斜射入同种均匀的糖的水溶液中，让学生观察光的传播路径。

分析论证

光斜射入非均匀的糖的水溶液中时，光的传播路径发生了弯曲，在均匀的糖的水溶液中光的传播路径仍是直的。

引导学生归纳出光沿直线传播的条件：光在同种均匀介质中沿直线传播。

此实验可以成功地演示光在非均匀介质中路径发生弯曲的现象，实验效果非常好，在课上演示这个实验，可以加深学生对光的直线传播条件的理解。

4. 光的直线传播的应用

教学时可选择补充一些实例。

（1）射击瞄准。

可以补充一个学生小实验：如何把三个矿泉水瓶排成一直线？让学生亲自体验运用光沿直线传播的规律解决实际问题。

（2）激光准直。

让学生看教材中的图4.1-4，了解激光在引导掘进方向方面的应用。教师简要说明激光具有方向性好、亮度高、光束集中、抗干扰性强等优点，而且使用方便、准确可靠。

（3）影子的形成。

影子是光线被挡住所形成的暗区。影子可分为本影和半影，在本影区域内完全看不到光源的光照射，在半影区域内只能看到部分光源发出的光。如果是点光源，只能形成本影，如果不是点光源，一般会形成本影与半影。光的直线传播可以通过本影和半影的实验来证实。图4-4表示一个点光源，在不透明的物体后面能形成一块阴暗的区域。图4-5表示两个或几个光源，在不透明的物体后面能形成本影和半影区域。

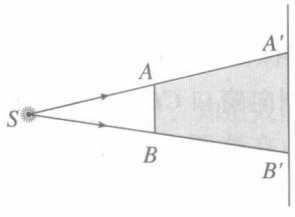


图4-4

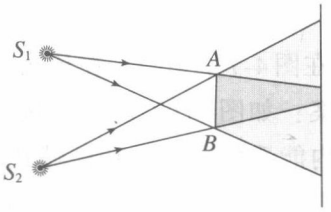


图4-5

（4）小孔成像。

在厚纸板上用刀挖一个小孔，一同学用手电筒（五个LED组成V形）正对纸板的小孔照射，另一同学拿白纸在纸板的另一侧移动，会看到白纸上与手电筒光源相似的光斑。改变物到小孔和屏到小孔的距离，观察成像的情况。通过小孔成像的成因分析，使学生逐步接触并理解几何光学中成像问题的一般分析方法。如课时有限，此内容可让学生课下进行探究。

5. 光线

为便于研究光的传播规律，人们用“光线”来表示光的传播路线和方向。教学中，可以结合实际，示范性地用光线表示手电筒光束的光路。事实上，即使再细的光束，也不能说它就是“光线”，因为光线仅仅是人们为了描述光的传播而引进的一个工具。

6. 光的传播速度

学生刚刚学完声现象，已经知道了声在空气中速度的大小。教学中可以此为基础，从学生熟知的现象展开对光的传播速度的教学，从“光的传播比声音快”的感悟中，直接给出光在真空中的速度。

为了使学生认识光速，教材用了一幅卡通图并加以注解，形象生动地说明了光速的大小。教学时应该用好这幅图，使学生了解真空中的光速是宇宙间最快的速度，并记住$c=3\times10^8\ \mathrm{m/s}$这个重要的物理常数。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 如图4-6所示，井底之蛙只能看到阴影区域内的物体。

2. 因为光是沿直线传播的，且光不能穿过不透明物体，所以光射到不透明物体上后，在这个物体的后方就会有一个光照射不到的区域，这就是影子。

3. 射击时瞄准目标、影子、日食、月食、小孔成像等。

4. $s=vt=3\times10^8\ \mathrm{m/s}\times480\ \mathrm{s}=1.44\times10^{11}\ \mathrm{m}$

$$t=\frac{s}{v}=\frac{1.44\times10^8\ \mathrm{km}}{500\ \mathrm{km/h}}=2.88\times10^5\ \mathrm{h}$$

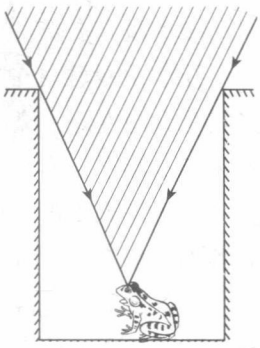
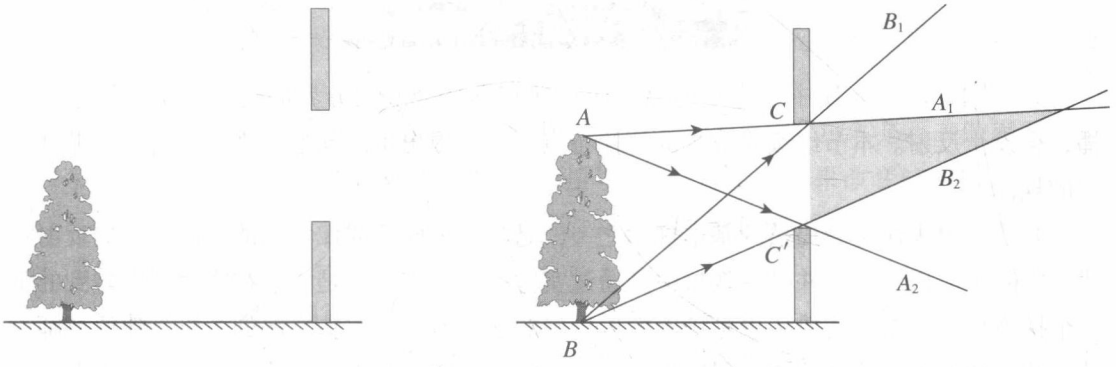


图4-6

（四）补充练习

1. 在图4-7甲中，人在什么范围内能看到窗外一棵树的全部？请作图说明。

答案：如图4-7乙所示，从树的顶部和底部分别向窗口CC'引两条光线，在区域A_1AA_2内能看到树顶，在区域B_1BB_2内能看到树底，在这两个区域的公共部分能看到树的全部。



甲　　乙

图4-7

2. 百米赛跑终点计时员必须在看到发令枪冒“白烟”时就开始计时。如果听到枪声才开始计时，造成的结果是（　　）

A. 会使运动员的成绩偏高

B. 会使运动员的成绩偏低

C. 记录的运动员百米赛跑所用的时间较长

D. 记录的运动员百米赛跑所用的时间较短

答案：A D

3. 晴天时，我们常常可以在茂密的树下看到一个个圆形的小亮斑。这些小亮斑是怎样形成的？

答案：树叶间狭小的缝隙相当于小孔成像现象中的“小孔”。太阳光在空气中沿直线传播，通过这些小孔后在地面产生小亮斑，这些小亮斑就是太阳的“像”。

4. 一束激光从地球射向月球，然后被月球上的反光装置反射回地球，所需时间是2.54 s。激光从地球到月球所用的时间是____s，月球到地球的距离是____m。

答案：1.27；3.81×10^8

第2节　光的反射

（一）教学目标

1. 了解光的反射现象，知道人能看见不发光的物体的原因。

2. 通过实验探究认识光反射的规律，了解法线、入射角和反射角的含义。

3. 通过实验了解反射现象中光路的可逆性。

4. 通过身边的事例和实验现象，能区分镜面反射和漫反射。

（二）教材分析与教学建议

光在同种均匀介质中沿直线传播，而在遇到两种介质的分界面时一般不再沿直线传播，会发生反射。本节继续研究光的传播特点，并且提出了新问题：光在反射时遵循什么样的规律？

光的反射规律是光传播的基本规律之一，是学习平面镜成像特点的基础。光的反射规律在实际中应用广泛，并且在教材中是通过实验探究得出的，是学生在物理课中碰到的第一个探究角度关系的实验，也是培养学生良好的学习习惯、实验方法的契机。建议教师设计一些有趣的小实验。例如，用激光笔配合平面镜使用，增强实验的可视性，以激发学生的兴趣和好奇心。

1. 光的反射规律

教学片段　光的反射现象的引入

［教师］提问：我们为什么能够看见物体？

［学生］回答：有光从物体射入我们的眼睛。

［教师］启发式提问：观察发光的白炽灯和日光灯、平面镜、磨光的金属表面、书等物体，我们能看见这些物体是由于有光从物体射入我们的眼睛。由这些物体射入我们眼睛的光的来源有什么不同呢？

［学生］思考后回答：从白炽灯、日光灯射来的光是它们自己发出的，由其他不发光的物体射入我们眼睛的光来自于光源射向该物体的光。

［教师］总结：我们之所以能看到不发光的物体，是由于它的表面能反射光。

为帮助学生提出明确的探究目标，可以设计一个小实验，让学生从观察反射光线入手。在桌面上放一块平面镜，用一只激光笔斜射向镜面（图4-8），不断改变入射的角度（注意安全），引导学生寻找反射光线，为学生的猜想提供充足的依据。

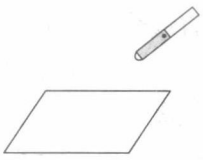


图4-8

教学片段　光的反射规律的引入

提出问题

［教师］把一束激光照射到平面镜上，提问：反射的光去哪里了？

［学生］在天花板上找到了反射光的光斑。

［教师］用两支激光笔，沿着不同的角度照射到平面镜上，提问：你能分清天花板上哪个光斑对应哪支激光笔吗？

分析总结

［教师］分析：由于我们看不到两束光的光路，所以无法分清天花板上的两个光斑各对应从哪个方向来的入射光。因此应该将入射光线和反射光线的径迹呈现出来。

进行实验

［教师］用喷壶喷出水雾或使入射光沿一个纸板入射，以呈现出光的传播径迹。

猜想假设

［学生］观察呈现出的入射光线与反射光线的径迹，猜想反射光线与入射光线的位置关系。

在引入反射规律的教学中，教师也可以用生活中的镜子、钢尺或者是手表的表面和金属表带将太阳光反射，射到教室的墙面或其他同学的身体上。如果改变这些反射面的角度，反射光的光斑位置将发生变化。然后提问：反射光线形成的光斑随入射角度发生着变化，那么光在反射时遵循什么规律呢？

2. 探究光反射时的规律

做这个探究活动之前，要作好探究的计划，明确每个探究步骤的主要活动内容。应向学生介绍实验装置：光源、平面镜、由一块白硬纸板组成的光屏，并说明各部分的作用。

指导学生注意以下几点。

（1）整个探究过程分为四个阶段：寻找反射光线、猜想反射光线和入射光线可能存在的位置关系、通过实验收集数据、分析数据并验证猜想，得出结论。

①在白纸板上画出三条入射光线，用激光笔沿入射光线射入，找到反射光线并画在纸板上。

②观察反射光线和对应的入射光线，猜测反射光线和入射光线可能存在的位置关系。学生的认识一般有以下两种：反射光线、入射光线和镜面的夹角相等；反射光线和入射光线是对称的。

（2）利用量角器和直尺等采集数据。

根据测量的角度值可以验证猜想，反射光线、入射光线和镜面的夹角相等。

通过入射点画一条垂直于镜面的垂线，测量反射光线和入射光线与垂线的夹角，也可以验证猜想，并知道入射光线和反射光线分居在垂线的两侧。

（3）归纳规律。

前面已经归纳出反射规律中的两个重点内容。关于“三线共面”的问题，可通过能弯折的白纸板继续验证。让学生进行实验，将一侧的板弯折下去，沿另一侧平板发出入射光线，入射点在折线正对镜面的一点上，在弯折的板上并未找到反射光线。若将弯折的板抬起，又可看见反射光线（这个实验可以在教师的带领下进行）。

方案1：按教材上的图4.2-2和图4.2-3做好实验。

①探究三线共面问题。

②探究两线分居法线两侧问题。

③探究反射角和入射角的关系。

教学中可以逐条展开，最后让学生归纳出探究的结果。让学生知道，反射规律可以用来确定反射光线的位置，对于每一条确定的入射光线而言，反射光线是唯一的。

方案2：将方案1中①、②两个层面的探究改为演示，③的探究让学生动手操作。具体操作时教师可先演示反射角与入射角的关系，让学生看清楚。让学生使入射光线分别以

30°、45°、60°的入射角射向平面镜，记录反射光线与入射光线的位置。这些记录的事实，是总结光的反射规律的重要基础。然后让学生量出每次入射光线和反射光线与法线的夹角，记录在事先画好的表格中，进而找出反射角和入射角的关系。

方案3：此探究方案的猜想、验证都由学生自己进行，对于基础较好的学生可以很好地培养其探究的能力，进一步提高设计、完善实验步骤及实验表格的能力。

教学片段　探究反射角与入射角的关系

实验器材

一块平面镜、一张白纸、铅笔、直尺、量角器等。

进行实验

①将平面镜竖直立在水平桌面上，下压一张白纸，在白纸上画出平面镜的位置。

②使激光斜射向镜面，在纸面上可以看到反射光线和入射光线，用铅笔在白纸上标记出入射光线、反射光线和入射点的位置。改变入射角，重复实验多次，并记录好入射光线、反射光线和入射点的位置。

③用量角器分别量出每次实验的入射角和反射角，并记录在表格中。

分析与论证

实验数据表明，反射光线与入射光线分居在法线的两侧，反射角等于入射角。

（4）探究活动结束后，可就光的反射现象展开一些讨论，进一步加强对光的反射规律的理解。例如：

①如果光垂直射向镜面，入射角为多少度？反射角为多少度？光的传播方向改变了吗？

②如果光沿反射光方向入射，那么反射光的位置又是怎样的？

3. 光路的可逆性

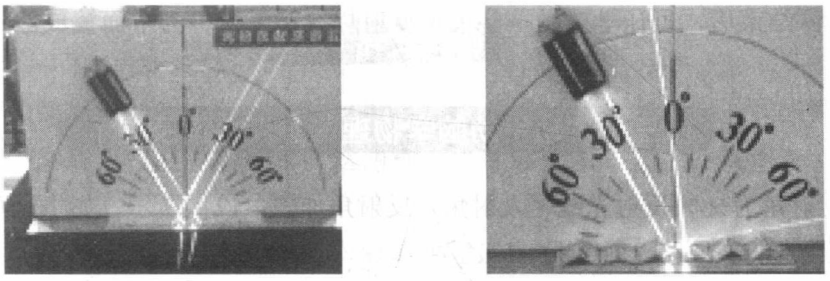
光路可逆是光学中十分重要的知识点，教学中应予充分重视。针对不同的对象应采取不同的方法。对于学习程度较好的学生，可以根据光的反射定律来证明；对于学习有困难的学生，最好做一下有关的实验，让学生看看现象。实验可以由教师演示，也可以让学生自己做。光路可逆的应用十分广泛，应尽量结合生活实际来介绍。

4. 镜面反射和漫反射

讲述这个内容时，可以参考以下两个方案。

方案1：利用教材中提到的太阳光射到平面镜上和白纸上产生的不同效果提出问题，让学生思考。如果有太阳光射入教室，还可以演示给学生看看：太阳光斜射在平面镜上，会在墙上产生一个明亮的光斑，射到白纸上则不会产生光斑。提出问题：这是为什么？以激发学生的学习兴趣。

白纸表面看上去平整，实际上有许多细微的凹凸不平。为了说明这个事实，可以先将一束激光射向一块平面镜（图4-9甲），再用碎镜片模拟凹凸不平的表面，当平行的激光束射向碎镜片后，就会产生射向不同方向的反射光（图4-9乙）。白纸凹凸不平的表面就类似于碎镜片，把光散乱地反射到不同的方向。



甲　　乙

图4-9

方案2：在白纸上放一块平面镜，用手电筒将光垂直射到镜面和白纸上，垂直观察时是镜面亮还是纸面亮？若从侧面观察是镜面亮还是纸面亮？也可以实际操作，发给每组同学手电筒和平面镜及一张白纸，让他们通过亲自动手做实验感受区别。教师针对观察到的现象提出问题：为什么会出现这种现象？这个过程也可以让学生尝试分析，他们可能会说出镜面和纸面的区别。

可以用图4-10和图4-11的模型模拟镜面反射与漫反射，使学生获得对镜面反射和漫反射的认识。照图4-10那样，把几根细针垂直插入一张硬纸板中，表示法线。引导学生想象：当入射光平行射到各入射点时，反射光将平行射出。而后将纸张随意弯折，这时学生会看到“法线”不再平行。让学生想象入射光平行射到各入射点上时由于入射角不同，反射角也不同，反射光线一定不再平行。在这个基础上，讲解什么是镜面反射和漫反射。应强调指出，漫反射能够使我们从各个方向看到物体。为了加深对漫反射作用的理解，在这段教学的最后可以让学生讨论教材“动手动脑学物理”中的第4题。

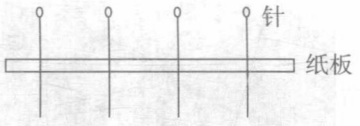


图4-10

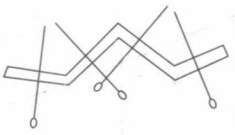


图4-11

许多学生误以为只有镜面反射才遵循光的反射规律，而漫反射不遵循反射规律。要注意澄清学生认识上的误区。虽然漫反射总体看来是杂乱无章的，但每一条光线在反射时都遵循反射规律。

5. 光反射规律的应用

教师在教学中应注意介绍光的反射规律在生活中的应用。例如，电视遥控器不一定对着电视接收口才能调台，香港汇丰银行大楼利用平面镜组合将光引入室内照明。还可以介绍科学家利用角反射器测地月距离的例子，在介绍角反射器的基础上可以让学生对自行车尾灯的构造进行讨论。在介绍过程中要注意任何事物都有其两面性，光的反射也有其不好的一面，例如由于反射所造成的光污染。教师可组织学生进行光污染课题的研究，目的在于培养学生自己发现问题、解决问题的能力。

在授课结束后，可让学生做一些关于反射规律的练习，为平面镜成像的学习作一些准备。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 反射角为60°，反射光线、入射角、反射角如图4-12甲所示；如果光垂直射到平面镜上，反射光将按原路返回（图4-12乙）。

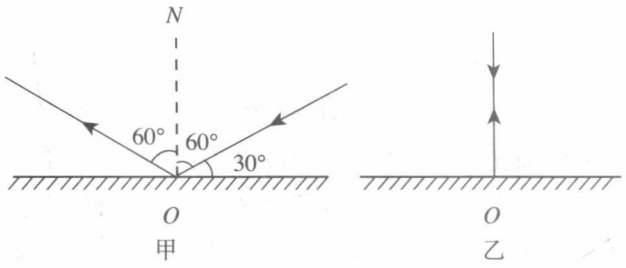


图4-12

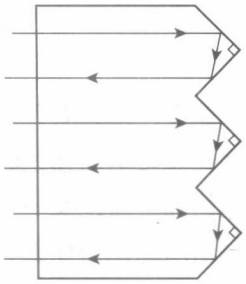


图4-13

2. 这是一道联系实际的题目。建议教师让学生观察、体验后再回答，可以使学生对知识的理解更加深刻。教材图4.2-7中的入射光线对应的反射光线如图4-13所示。

3. 本题将知识的考察融入情境中，是一个比较灵活的题目。要求学生依据题目要求画出反射光线，再根据已知的反射光线和入射光线确定平面镜的位置。教材图4.2-8中的光线的反射光线和平面镜的位置如图4-14所示。

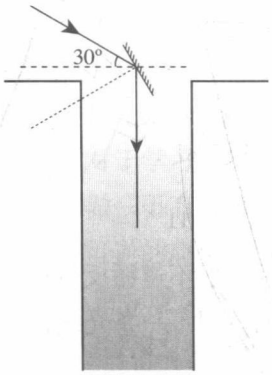


图4-14

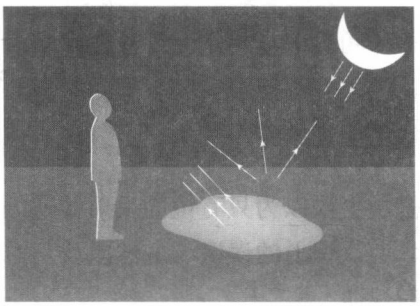


图4-15

4. 光射到水面上发生的是镜面反射，射到地面上发生的是漫反射。因此，迎着月光走，水面上由于发生镜面反射而进入人眼的光明显多于地面上由于漫反射而进入人眼的光（图4-15）。因此，迎着月光走，水面亮。同理，背着月光走，水面上由于发生镜面反射，没有光进入人眼；而地面上由于发生漫反射，有一部分光能够进入人眼。因此，背着月光走，地面亮。

5. $s=\frac{1}{2}vt=\frac{1}{2}\times3\times10^8\ \mathrm{m/s}\times2.53\ \mathrm{s}=3.795\times10^8\ \mathrm{m}=3.795\times10^5\ \mathrm{km}$

（四）补充练习

1. 用久了的黑板会“反光”，这是光的_____现象。从不同方向，我们都能看到银幕上的图像，这是光的_____现象。这两种现象都遵守光的_____规律。

答案：镜面反射；漫反射；反射

2. 要使反射光线垂直于入射光线，入射角应为_____；要使反射光线垂直于反射面射出，入射角应为_____。

答案：45°；0°

3. 已知入射光线与反射光线间的夹角为90°，请画出镜面的位置。

答案：如图4-16所示。

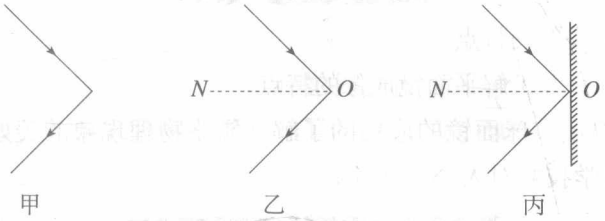


图4-16

提示：可以按照以下步骤来做。

（1）根据已知条件作图4-16甲。

（2）画出反射光线与入射光线夹角的角平分线，即法线ON（图4-16乙）。

（3）根据法线与反射面垂直，画出镜面，如图4-16丙所示。

4. 如图4-17 所示，太阳光与地平线的夹角为30°，欲使太阳光竖直向下照亮井底，平面镜应如何放置？随着太阳的升高，当太阳光与地平线的夹角为60°时，仍欲使太阳光竖直向下照亮井底，应如何调节平面镜的位置？与原来相比，入射光线与反射光线的夹角改变了多少？从中能猜得什么结论？

答案：如图4-18所示，平面镜的镜面与地平线的夹角为60°；调节平面镜绕入射点逆时针旋转15°；与原来相比，入射光线与反射光线的夹角改变了30°。由以上数据可以猜测，镜面旋转α角，反射光线与入射光线的夹角改变2α。

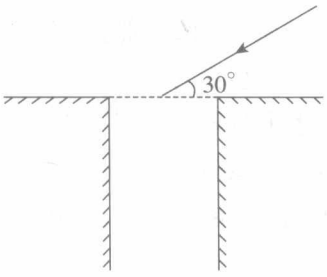


图4-17

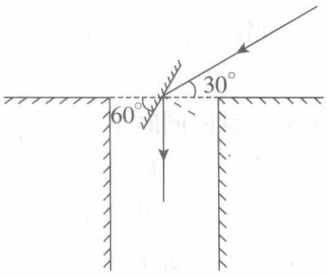


图4-18

5. 科学家曾经设计这样一个方案：在月球上安放了一个装置，可以使得从地面射向该装置的激光能够被反射回地球。请你设想一下所需要的器材和具体的做法。查找相关资料，看看你跟科学家的设计一样吗？

说明：此题为开放性题目。学生可能会设计一面镜子的装置，也可能会想到用两面或三面镜子。应鼓励学生尝试，并评估各方案的优劣。

第3节　平面镜成像

（一）教学目标

1. 能描述平面镜成像的特点。

2. 通过实验，探究并了解平面镜成像的特点。

3. 能通过对平面镜、球面镜的应用的了解，领略物理现象的美妙与和谐，获得“发现”的喜悦，感受科学技术对人类生活的影响。

（二）教材分析与教学建议

本节是学生在学习了光反射规律后的一节实验探究课，所研究的现象与规律非常贴近生活。如何让学生在教师的带领、启发下，经历一个相对完整的科学探究过程、初步掌握科学探究的基本要素，是本节教学设计时应该着重关注的问题。

1. 平面镜成像的现象

学生对平面镜很熟悉，但是对成像的规律及特点并不一定很清楚。重要的是通过教师的引导创设出问题情境，激发学生对熟知现象进一步学习的兴趣。下面提供几种引入方案。

方案1：教师用一块较大的平面镜（也可让学生自带小镜子），让学生观察自己在平面镜中所成的像，进而引导学生思考并提出一些他们感兴趣的问题，例如：

①你的像在平面镜中的什么地方？

②在平面镜中，你的像的大小跟你的大小一样吗？

③当改变你与平面镜的距离时，你的像的大小改变吗？你的像到镜面的距离怎样变化？

方案2：以师生互动游戏的方式引入。教师和学生面对面站立，教师伸左臂的同时学生要伸右臂、教师伸右臂的同时学生要伸左臂；教师向学生迈进一步的同时学生也要向教师迈进一步、教师远离学生向后退一步的同时学生也要远离教师向后退一步；动作错误的学生将被淘汰。进而引导学生思考并提出一些他们感兴趣的问题，例如：

①游戏中教师和学生的动作有什么规律？

②游戏中的情境在生活中是否出现过？

设计目的：让学生在活动中初步体验“物与像”的特点，渗透本课的学习重点。

方案3：播放一些与平面镜成像有关的视频：河水“倒映”岸上的景物；影视动画片中应用平面镜成像特点的片段。进而引导学生思考并提出一些他们感兴趣的问题，例如：

①水中的“倒影”和岸上的景物间有什么规律？大小改变吗？是倒立的吗？

②镜中人物的动作和他本人的动作是一致的吗？

③影片中有哪些地方应用了反射现象？你在生活中见到过这些现象吗？

方案4：教师自制教具“魔术箱”。准备一个方形纸箱，把正面的纸板削掉，上方的纸板中间划一个豁口。将一块大小合适的平面镜，反射面斜向下以45°角插入纸箱内，使得观察者从正面看去就像一个空箱。演示时为增强现场效果，可以将人民币从上面的豁口放入，由于掉在了镜子的上方空间，从正前方是看不到的。这样就给观察者一种人民币消失了的感觉，可以激发学生的好奇心和学习兴趣。

以上设计方案中提出的相关问题，并不要求学生立即回答，只是为了引起研究兴趣，为进行探究“平面镜成像特点”中的“提出问题”作必要的铺垫。

2. 探究平面镜成像特点

平面镜成像特点的探究活动比上一节的探究复杂一些。找准物体在平面镜中所成的像的位置、像与物的大小关系，是学生认识平面镜成像特点的关键。这个实验一定要让学生自己去做，通过动手实验，自己总结出规律来。由于有体验，一定会印象深刻，对知识理解得会更好。

教师要帮助学生制订探究的计划。在教学过程中，可以根据学生的认知水平设计教学方案。教师应该引导学生完成探究的几个基本要素：猜想假设（如平面镜中的像可能有一些特点：平面镜所成的像与物体的大小相等，像到平面镜的距离与物体到平面镜的距离可能相等或不相等……）、实验验证（观察并比较像与物体的大小，测量物体和物体的像到平面镜的距离并比较……）、交流与评价（各小组的探究结果是否相同？关于平面镜成像的特点还有哪些猜想？准备怎样去验证它？）。

教师要引导学生分组讨论探究实验方案，并进行小组间的方案交流。教师针对学生交流中暴露出的问题加以修正。这样有利于学生更好地掌握实验方法，完成“平面镜成像特点”的探究，并从中初步学会如何设计实验方案。

教学片段　探究平面镜成像的特点——实验方案设计

问题引入

反射面为什么选用玻璃板而不用平面镜？为什么准备两支完全一样的蜡烛？实验时为什么还要用到白纸，有什么作用？

讨论实验方案

教师要引导学生分组讨论实验方案，并进行小组间的方案交流。

注意：教师应针对学生暴露出的问题加以指导。这样有利于学生更好地掌握实验

方法，完成探究活动。

照图4-19那样，在桌面上铺一张纸，纸上竖立一块玻璃板作为平面镜。沿着玻璃板在纸上画一条直线，代表平面镜的位置。把一支点燃的蜡烛放在玻璃板的前面，可以看到它在玻璃板后面的像。

再拿一支外形相同但不点燃的蜡烛，放在玻璃板的后面，移动蜡烛，直到看上去它跟前面那支蜡烛的像完全重合。这个位置就是前面那支蜡烛的像的位置。在纸上记下这两个位置。实验时注意观察蜡烛的大小和它的像的大小是否相同。

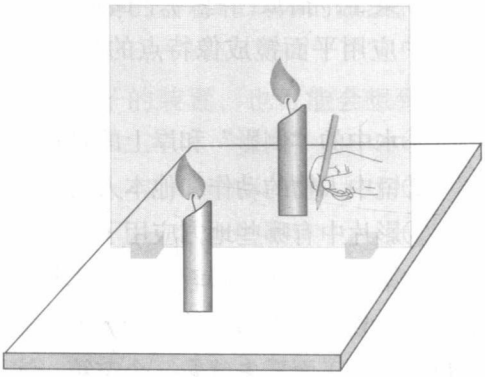


图4-19　探究平面镜成像的装置

移动点燃的蜡烛，重做实验。

进一步分析论证方案，并完善实验操作。例如，如何垂直于水平面放置玻璃板？如何放置两支蜡烛？如何记录两支蜡烛的位置？

程度比较好的学生有一定的实验设计能力，教师可以为他们准备多种实验器材，由学生根据自己的方案自行选择。学生实验时，教师要注意巡视观察，找出其中有代表性的操作，为交流和评价环节作准备。

实验过程中一些具体问题的处理方法如下。

①实验时会看到两个不重合的像，分别是玻璃板前后两个面反射形成的，为消除这个影响可选用薄一些的玻璃或在玻璃表面贴一层汽车玻璃上用的防晒膜。

②为了准确总结出“物像等距”的特点，可以用坐标纸做实验。实验前，教师可以引导学生讨论如何用好坐标纸。

③实验前教师可先演示如何移动蜡烛，如何判断玻璃板后面的蜡烛与玻璃板前面点燃的蜡烛的像是否完全重合。

④如果没有蜡烛，也可以用两节相同的干电池或两个相同的跳棋子来做实验。把一张白纸的半边涂黑（或贴上一张复写纸）铺在桌面上，把一个跳棋子放在玻璃板前面的半边白纸上，玻璃板后面就会出现清晰的棋子的像。再拿一个棋子放在玻璃板后面，移动这个棋子，直到看上去它跟像完全重合。

⑤教学中，应该让学生把物体至少换一个位置，重做一遍实验。这样要求的目的，是为了培养科学态度，以免为了节省时间而忽略必要的实验环节。

⑥针对学生的情况，还可以设计图形成像探究实验。先确定玻璃板在纸张上的位置，用铅笔画线。再在玻璃板前的纸张上画一个三角形，并标明字母A、B、C，玻璃板后面就会出现清晰的三角形的像。用铅笔描绘出“镜”中的图形（注意要用虚线），并标出对应的字母A'、B'、C'。教师引导学生将对应点用虚线连接，观察连接后的轴对称效果，启

发学生总结平面镜成像的规律：物像对应点连线与镜面垂直且被镜面平分。

通过探究活动，可以总结出平面镜成像的特点：

①像与物体到镜面的距离相等。

②像与物体大小相同。

3. 平面镜成像规律的应用

学习过平面镜成像的特点后，可以让学生运用所学知识讨论一些平面镜成像的应用，例如水面倒影（岸边的树木和房屋在水中的像看上去是倒立的）、生活中平面镜的使用等问题，也可以在课堂上做一些简单的习题，为本节“动手动脑学物理”中的问题作一些基础性的准备。

倒影是生活中常见的现象，讨论倒影问题可以加深对“像物等距”的理解。应该使学生了解倒影形成的原因。

平静的水面就好像是一个平面镜，它可以成像。对物体的每一点来说，它在水中所成的像点都与物点“等距”。树木和房屋上的各点与水面距离不同，越接近水面的点，所成的像点距水面就越近，各点组成的像从水面上看就是倒的了。

4. 虚像

虚像的概念和平面镜成像原理是初中光学的一大难点，应注意突破，为后续学习扫除障碍。教师可引导学生通过作图来理解它们。这样既巩固了对反射规律的认识，又培养了学生研究新问题的能力。具体做法可按下面的步骤进行：

①在黑板上先画出平面镜，再给出一个发光点S，然后问学生：S发出多少条光线，方向如何？哪些光线会射到平面镜上？

②让学生选出一条入射光线，并画出与之对应的反射光线，再选出另一条入射光线，并画出它的反射光线。

③提出问题：这两条反射光线沿传播方向能否相交？如果人的眼睛正处于这两条光线传播的路径上，会觉得这两条光线是从哪里发出的？

④在图上画出一只眼睛，接着说明人眼是根据光线直进的经验来判断物体的位置的，这时人眼逆着反射光线的方向向镜内看去，觉得光线好像是从镜后的S'处射来的。边讲边把两条反射光线用虚线向镜后延长，得交点S'。教学中要指导学生看教材上的图4.3-3，指出镜后面实际并不存在发光点S'，S'也不是反射光线的交点，而是反射光线反向延长线的交点，所以是虚像。

可以向学生说明，从S点射向平面镜的所有光线的反射光线反向延长后都会交于S'点，所以我们选两条入射光线就可以确定S'的位置，这两条入射光线可以是任意选定的。

⑤再给出另一个发光点P，让学生独立地画出它的虚像点P'。然后说明发光体（或反射光的物体）是由许多点组成的，每个点在镜中都有一个对应的像点。在以上讲述的基础上，总结出平面镜成像的道理。利用画出的物点和像点的位置，进一步让学生认识平面镜成像的特点。

教材上画出平面镜成像的光路图，是为了使学生了解成像原理，学生能听明白就行

了，不必要求所有学生都会画光路图。对于要求画出物体在平面镜中像的位置的习题，可让学生利用平面镜成像特点来画图。

5. 平面镜的应用

平面镜的应用比较广泛，教师可以引导学生观察身边的事物，举出一些实例。例如：

（1）让两个学生利用带来的小镜子互成45°角放置，模拟潜望镜，体会其成像原理，并利用两个平面镜观察障碍物外的景物。

（2）把两块平面镜成像实验中的玻璃板成90°角放置，将点燃的蜡烛放在两块玻璃板之间，观察“偶镜”现象。然后逐渐减小夹角，可观察到越来越多的像。这个实验将大大增强学生的学习兴趣。

（3）可以安排一些课外活动，让学生作有关平面镜在日常生活中的应用的调查，目的在于使学生树立正确的科学观，既能认识科技的巨大力量，又能正视科技带来的负面影响。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 2 m；3 m；不会。

2. 如图4-20。

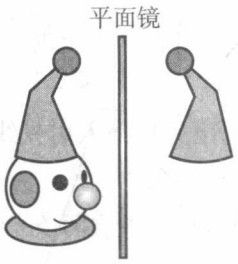


图4-20

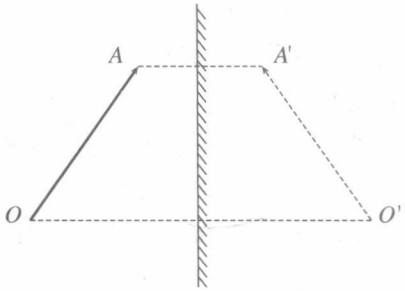


图4-21

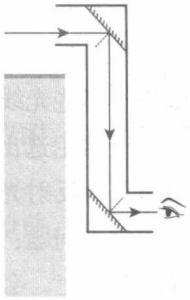


图4-22

3. 如图4-21。

4. 5 m；可以在较小的房间内检查视力。

5. 光路图如图4-22。

（四）补充练习

1. 平面镜成像可以利用光的_____来说明。人照镜子所成像处_____（填“有”或“没有”）实际光线会聚，用光屏_____（填“能”或“不能”）承接，所以这个像是_____（填“实”或“虚”）像。

答案：反射定律；没有；不能；虚

2. 小红站在竖直放置的平面镜前1 m处，她在镜中的像到镜面的距离是_____。

答案：2 m

3. 舞蹈教室有一面非常大的平面镜，四位学生在平面镜前排练舞蹈，他们分别位于平面镜前的位置如图4-23甲、乙、丙、丁所示，其中（　　）

A. 甲与他所对应的像距离最远

B. 乙与他所对应的像距离最近

C. 丙与他所对应的像距离最近

D. 丁与他所对应的像距离最远

答案：A

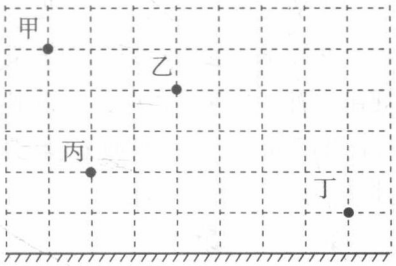


图4-23

4. 从平面镜中看到一只挂钟的指针位置如图4-24所示，此时这个钟的实际时间是（　　）

A. 4时35分　　B. 5时25分

C. 6时35分　　D. 7时25分

答案：A

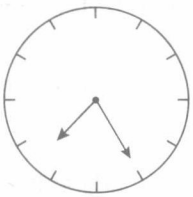


图4-24

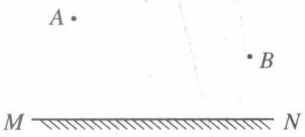


图4-25

5. 如图4-25所示，*MN*是平面镜，*A*处有一只激光笔。要使从激光笔发出的光被平面镜反射后经过*B*点，请画出光路图。

答案：如图4-26所示。

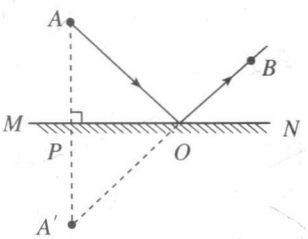


图4-26

第4节　光的折射

（一）教学目标

1. 了解光的折射现象。
2. 知道光在发生折射时，光路是可逆的。
3. 能够利用所学知识解释生活中的折射现象。

（二）教材分析与教学建议

光的折射是生活中很常见的光学现象，在本节之前，学生已经对光现象有了一定的认识。在教学过程中可以稍作铺垫就直奔主题，带领学生探究光折射的相关规律，并在得出规律后进一步深入讲解光的折射特点的广泛应用。

本节的教学要以物理实验为基础，让学生在观察现象的过程中发现问题、提出问题，并开展探究、解决问题。

1. 折射现象

通过教师的引导创设出问题情境。这里提供几种引入方案。

方案1：可以用教材中的图4. 4-1所示的实验现象引入课题。当然，本实验最好由教师现场做。实验现象比图片更真实，更能激发学生的兴趣。

方案2：师生互动实验。教师提前给学生准备两个相同的开口较大且较深的杯子、水、硬币、筷子等，然后带领学生完成“折射断筷”实验。实验时让学生先将杯子装适量的水，从侧面观察筷子发生了什么样的变化。

还可以取两个杯子，仅将其中一个杯子注满水。让学生从侧面观察装满水的杯子和空杯子的杯底，将明显看出装水的杯底显得浅些。

在不透明的杯子里放一枚硬币，把杯子端到可以看到硬币的高度后慢慢上抬，直到刚好看不到杯内硬币时，向杯内倒水，则可再次看到硬币。

方案3：播放有关海市蜃楼的影片。资料生动鲜活，极具说服力，将大大激发学生的学习兴趣。

方案4：教师列举一些说明折射现象的短语及现象，如“海市蜃楼”“潭清疑水浅”“新疆喀纳斯湖风景如画，湖面常有鱼在天上飞，鸟在水中游的美丽奇观”等。

引导学生思考其中的物理道理：海市蜃楼是怎么形成的？出现在眼前的景物是真实的吗？为什么潭水看起来比实际浅？水里的鱼真的飞到天上了吗？

方案5：用“人造彩虹”实验引入。在阳光充足的室外用浇花用的小喷壶或理发师用的喷雾器，向空中喷出水雾。活动中要调整喷雾的方向，让学生能够在背对太阳的位置上观察。彩虹出现后，要注意提醒学生思考在什么情况下可以看到彩虹。该实验也可以为学生将来学习色散知识作准备。

以上几种方案，由于实验现象与学生在本章第1节学习的“光沿直线传播的现象”都有矛盾，可以使学生在观察之后自发提出问题，顺利地进入探究环节。

2. 实验探究

按教材中图4.4-1所示的装置进行实验。实验前先引导学生猜想：进入水中的光线将沿什么方向行进？光从空气射入水中，传播方向是否会发生变化？如果改变方向，是向界面偏折呢，还是向法线偏折？以引起学生的兴趣，明确观察的对象。

实验时，应至少改变三次入射光线的方向，每次都记录入射光线和相应的折射光线方

向改变的情况。

实验完毕，让学生根据实验记录，总结出光从空气斜射入水中时的折射特点，检验自己的猜想。

教师也可以用可吸附在黑板上的光的折射演示装置，探究光的折射特点（图4-27）。将带有磁性的标有刻度的半圆形水槽粘贴于黑板上，将装有分光器的激光笔也吸附在黑板上，然后把激光射到空气和水（滴有牛奶）的分界面上，让学生观察折射现象，并用粉笔将光路、入射角、折射角都画在黑板上，归纳光的折射特点。

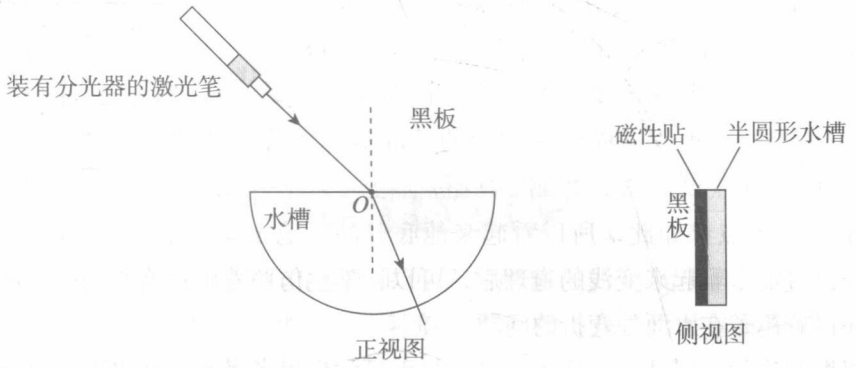


图4-27

注意：实验中至少要改变三次入射光的方向，并让学生关注经过分界面后的折射光方向是如何变化的。

演示完毕后，可以让学生根据实验中观察到的折射现象，总结出光从空气斜射入水中时的折射特点。

教材中的图4.4-1表示光从空气射入水、玻璃等透明物质上时，在界面上除了有一部分光线反射回空气中，还有一部分光线进入水或玻璃中。进入这些物质中的光在分界面处将改变原来的传播方向。

3. 折射光路的可逆性

关于折射光路的可逆性的讨论，可以请学生先做猜想，并用光路图把自己的猜想描述出来，然后进行演示。做演示实验时，先让光由空气射入水（或玻璃）中，记下入射光线、入射点、折射光线的位置，再让光逆着折射光线方向射入，让学生观察光线是否逆着原入射光线方向射出。

4. 折射规律的应用

这部分内容是用光的折射特点解释现象，属于密切联系实际的内容。

（1）叉鱼问题非常有趣，有条件的学校可以让学生回忆自己的切身体会，也可以在教室中用实验模拟。由于折射成像问题比较复杂，许多学生缺乏感性认识，应该结合他们的实际体验，通过分析现象，加深理解。

（2）关于钢笔“错位”的问题，应该让学生实际做一做。使用的玻璃砖要厚一些，观

察时要把钢笔放在水平桌面上，视线不要垂直于玻璃砖的水平面，而要成一定的角度。

（3）让学生自己做“折射断筷”实验。实验时应选取碗底较深、开口较大的碗，筷子要斜插到碗的底部，让学生从侧面观察水面，这样效果更佳。此实验不要用玻璃杯盛水，因为透过杯壁观察出现的现象比较复杂，解释起来更麻烦。

（4）在解释“池底变浅”的现象时，要强调人之所以看到池底，是因为从池底射出的光进到了眼睛。对于学有余力的学生可以利用前面讲过的光从水中射入空气时的规律，画出从池底某点A发出的靠近法线的两条光线射入空气中的折射情况（图4-28），使学生看到这些折射光线不能相交，但是它们的反向延长线会相交，眼睛逆着折射光线看去，觉得折射光线好像是从交点A'射来的。再跟平面镜成虚像的情况对比，说明眼睛看到的是A点的虚像，虚像A'的位置在A之上。眼睛看到的池底各点都如此，所以看起来池底升高，池水变浅了。

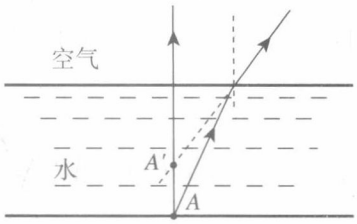


图4-28

（5）在讲过池水看起来变浅的道理后，可以让学生仿照着解释盛水的碗看起来变浅的道理，进而讨论筷子在水面处弯折的问题。

教师根据学生的实际情况，还可以进一步引导学生思考潜水员在水下看岸上的树比实际高度要高的问题，并总结出“不论是从岸上看水下的景物，还是在水里看岸上的景物，看到的都是被抬高的虚像”的结论。

用光的折射特点解释现象对初中学生来说比较困难，因此这些内容只要求学生能听懂教师的讲解，知道这些现象是由于光的折射造成的就可以了，不必要求所有学生都能够自己独立地进行解释。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 丙。

2. 光路图如图4-29所示。

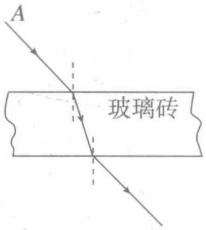
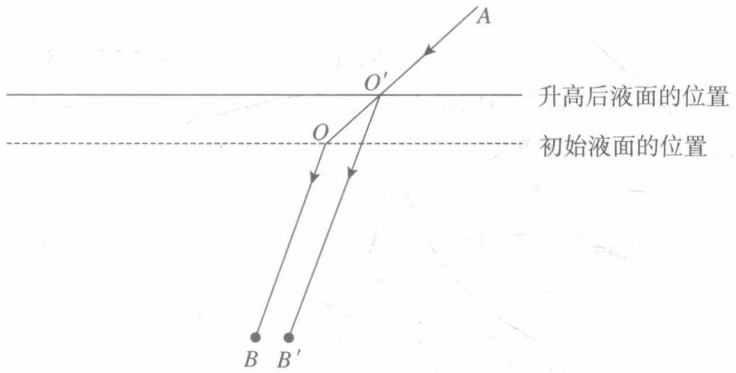


图4-29

3. “云在水中飘”是光的反射现象，“鱼在云上游”是鱼通过水的折射所形成的虚像和云在水面下的虚像同时出现所形成的现象。

4. 光斑B向右移动，光路图如图4-30所示。



B点向B'点方向移动

图4-30

（四）补充练习

1. 图4-31所示是光在空气和玻璃中传播时的情形，请找出界面、法线、入射光线、反射光线、折射光线、入射角、反射角、折射角，并指出玻璃的位置。

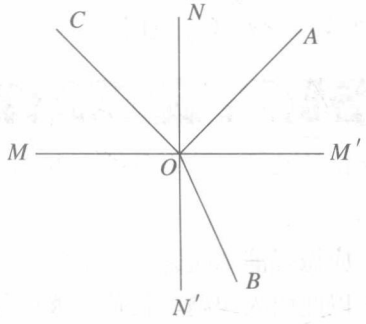


图4-31

答案：MM'是界面，NN'是法线，CO是入射光线，OA是反射光线，OB是折射光线，$\angle CON$是入射角，$\angle NOA$是反射角，$\angle N'OB$是折射角，MM'下面是玻璃。

2. 下列四种光现象中，与光的折射有关的是（　　）

A. 斜插入水中的筷子在水下的部分看起来向上弯折了

B. 沙漠上空出现海市蜃楼

C. 雨后的天空出现彩虹

D. 立竿见影

答案：ABC

3. 当光从一种介质射入另一种介质时，下列说法中正确的是（　　）

A. 折射角大于入射角　　B. 折射角小于入射角

C. 折射角等于入射角　　D. 以上情况都有可能

答案：D

4. 一束光从空气斜射入玻璃，同时在玻璃表面发生反射。当入射角逐渐减小时（　　）

A. 反射角也逐渐减小，折射角保持不变

B. 反射角和入射角都逐渐增大

C. 反射角也逐渐减小，折射角逐渐增大

D. 反射角和折射角也随之减小，且反射角总与入射角相等，折射角始终比入射角小

答案：D

第5节　光的色散

（一）教学目标

1. 通过观察生活中的一些现象，知道太阳光是由色光组成的。
2. 通过实验了解太阳光是由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色光组成的。
3. 知道色光的三原色，色光按不同比例混合可以形成丰富的色彩。
4. 了解可见光谱，以及红外线与紫外线的应用。

（二）教材分析与教学建议

在光的反射、光的折射等知识的基础上，本节进一步让学生学习光的色散现象。

1. 色散

关于光的色散现象的教学，应做好演示实验，给学生足够的感性认识。可以直接向学生提出问题：太阳光有颜色吗？以此引入课题。教师可根据各自学校的实验条件选择演示实验。下面提供的几个演示实验方案可供参考。

方案1：分解太阳光。将一杯清水放在被阳光照射的窗台上，再把一张白纸铺在杯子下面，慢慢调整水杯与白纸的位置，使阳光能透过水杯射到白纸上。这时就会发现在白纸上出现了彩色的光带。

方案2：人造彩虹。在阳光比较充足的时候，背对着太阳，口中含适量的水，将水喷出，水珠喷得越细越好。就会在水雾中看到一道美丽的人造彩虹。

也可使用浇花的喷壶喷出水雾，或用罐装空气清新剂进行实验，效果也很好。

在做好“色散”演示实验后，应尽量补充一些例子，以激发学生对色散现象的兴趣。

2. 色光的混合

光的色散现象初步揭示了颜色之谜，接着可以设计一些问题，引入色光的三原色的知识，以进一步揭示颜色之谜。

①阳光可以分解成七种单色光，但大自然的色彩远比红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七

种颜色更丰富，这又是为什么呢？

②白光色散后的各种色光混合后又复合成了白光，那么七种单色光中的任意两种或几种混合后又将是什么颜色呢？

让学生用放大镜看彩色电视的画面，也是一个比较理想的实验。通过观察可以发现，电视屏幕上显现出的颜色，都是由红、绿、蓝三色细光条排列组成的，教材中的图4.5-4展示的就是这种情景。电视画面上的三色光是各自独立发出的，但由于电视和眼睛之间的距离较远，人眼无法分辨，所以看到的是混合后的效果。在分析这个现象的基础上，进而介绍色光的三原色。

教学中，教师不应让学生死记教材中的图4.5-3给出的结果，而应让学生在探究的活动中去认识几种单色光合成的效果，在实验活动中获得感性认识。不要过分强调单色光混合时的各种色光的比例问题，只要让学生知道各种单色光混合时产生的颜色跟色光的比例有关就可以了。

3. 看不见的光

（1）光谱

学生对光谱的概念比较生疏。可以以分解太阳光或白光的实验为基础引入。可以结合教材中的图4.5-5指出，光谱上的各种色光是可见光。在可见光两侧，还有不可见光，其中就有紫外线和红外线。

（2）红外线

红外线已在人们的生活中得到了广泛的应用。讲述红外线的基本知识，对于学生理解现代科技是十分必要的。教学时，可以用研究性学习的方法，让学生到实际中去调查，到图书馆查找资料，通过讨论交流的形式学习。教师也可以补充一些材料，尽量使学生获得大量的真实信息。下面提供了两套设计方案，可供选择。

方案1

①教师先介绍红外线的发现。

英国物理学家赫歇尔在1800年研究光谱中各种色光的热效应时，把温度计移到光谱的红光区域外侧，结果温度上升得很快，说明那里有看不见的射线射到温度计上，于是发现了红外线。

②师生共同分析收集到的资料，初步认识红外线及其作用。

在光谱图上，红外线位于红光外。一切物体都在不停地发射红外线。物体的温度越高，辐射出的红外线越多。物体在辐射红外线的同时，也在吸收红外线。红外线的主要特性是热作用强。

③ 教师引导学生讨论红外线的应用对社会发展和人类生活的影响。

各种物体吸收了红外线后温度升高，因此人们利用红外线来加热物品。工业上用红外线烘干汽车表面的喷漆，家庭用红外烤箱烤食品，浴室暖灯用红外线来取暖，医疗上利用红外线来理疗。

由于红外线穿透云雾的能力比较强，利用灵敏的红外探测器接收物体发出的红外线，再用电子仪器对接收的信号进行处理，可以显示出被测物体的形状和特征，这就是红外遥感。利用红外遥感技术可以勘测地表、寻找水源、监视森林火灾、估测大面积农作物的长势和收成，预报风暴和寒潮等。

借助我国的“风云二号”气象卫星上安装的红外扫描仪，地面接收站可以从卫星上获得全球气象云图资料，进行海洋观测、森林火情的探测。现在世界上已有很多国家接收“风云二号”气象卫星发送的信息。

具有红外线夜摄功能的数码摄像机的感光元件对红外线非常敏感，能够在全黑环境下进行拍摄。摄影师凭借这项功能可以获得正常拍摄无法达到的效果。

方案2

可将方案1中的次序作一些调整，即先不介绍红外线的发现和红外线的主要特性，而是先引导学生观察我们身边的红外线的具体应用。有条件的学校可安排一个实验：在暗室环境中，教师可请同学用红外线夜视仪来观察师生的位置和活动情况，也可以用红外线照相机将活动情况拍摄下来，然后当场请大家观看。学生兴奋之余肯定不由自主地发问：是谁帮助我们看见了本来看不见的同学？然后教师可引导学生阅读红外线夜视仪、红外线照相机说明书中的相关内容，从中总结红外线的主要特性。进而继续引导学生讨论：红外线还可以应用在我们科技和生活的哪些具体方面？最后再介绍红外线的发现。

（3）紫外线

同红外线一样，现在紫外线已经在生产、生活中得到了广泛应用。使学生了解紫外线的知识及其在社会生活中的广泛应用，是十分必要的。教学中可参考以下思路。

①作为紫外线教学的引入，可以先向学生介绍紫外线的发现。

紫外线是德国化学家里特1801年发现的。他在光谱的紫光区域外侧放置了一张照相底片，结果底片感光了，于是紫外线被发现了。

高温物体如太阳、弧光灯和其他炽热物体发出的光中都有紫外线，日光灯中的汞蒸气等气体放电，也会发出紫外线。

②师生共同分析收集到的资料，初步认识紫外线及其作用。

紫外线在光谱图上的紫光之外，人眼看不见。

紫外线可以使照相底片感光，还可以杀死微生物。

有些化学物质能吸收紫外线，然后将能量作为可见光释放出来，这种光就是荧光。教学中要提示学生，不要误认为紫外线是紫色的或蓝色的，强调紫外线是看不见的“不可见光”。

③教师引导学生讨论如何应用紫外线，如何防止紫外线对人体的伤害。

可应用紫外线的荧光效应防伪，还可以利用不同物质在紫外线照射下会发出不同颜色的荧光的特点鉴别古画，进行紫外线摄影等。

以上的教学思路是先介绍紫外线的发现，在这个基础上找出紫外线的主要特性，最后

引导学生分析紫外线的一些具体应用实例。也可以将这个次序调整一下，即一开始先举出具体的实例，如教师拿出一张纸币问学生：怎么用验钞机确定这张纸币的真伪？在此基础上再分析一些紫外线应用的具体实例，引导学生总结出紫外线的特性。最后，再向学生介绍紫外线是如何被发现的。

教学中可以采取灵活的学习方式，尽量调动学生学习的主动性和积极性，充分利用生活中的学习资源，让学生进行研究性学习。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 这是一道实践性练习题。可以在课上完成，也可以在课下完成。用各种放大镜都可以看得很清楚。放大镜也可以自制，比如用透明的玻璃杯盛上水代替。

2. 在平静的湖面可以看到蓝天白云　　光的直线传播
游泳池注水后，看上去好像变浅了　　光的反射
光遇到不透明物体后，可以形成影子　　光的折射
太阳光经过三棱镜后可以产生彩色光带　　光的色散
早晨太阳还在地平线以下时人就可以看到它
阳光透过树叶间的缝隙射到地面上，形成圆形光斑

3. 红外线的应用：烤箱、浴室取暖灯、遥控器等。紫外线的应用：紫外线杀毒、利用它的荧光效应防伪等。

（四）补充练习

1. 色光的三原色是_____。

答案：红、绿、蓝。

2. 使用验钞机时，可以看到验钞机发出淡紫色的光。一位同学认为这种淡紫色的光就是紫外线。你认为他说的对吗？为什么？

答案：这种说法不对。紫外线灯看起来是淡紫色（或淡蓝色）的，那是因为除了紫外线以外，它还发出少量蓝光和紫光。人眼是看不见紫外线的。

3. 下列关于红外线的说法中，不正确的是（　　）

A. 红外线是可见光谱以外的一种看不见的光

B. 红外线呈红色

C. 红外线可用于治疗疾病

D. 夜视仪是利用红外线工作的

答案：B

四、教学资源

（一）实验天地

1. 光的传播

课堂上可以选做本实验，演示光的传播。

（1）实验器材

激光笔、玻璃杯、水、牛奶、蚊香、火柴、自制玻璃槽。

（2）实验步骤

①把玻璃槽放在水平桌面上，把点燃的蚊香放在玻璃槽中封闭一小段时间（使烟雾均匀分布），用激光从玻璃槽上方斜射向暗箱中，打开玻璃槽推拉门，观察激光在空气中的传播路径是直的。

②把装满水的玻璃槽放在水平桌面上，将牛奶倒入水中搅拌均匀。用激光直射入水中，观察激光在水中的传播路径是直的。

③把玻璃槽放在水平桌面上，装一部分水加牛奶搅拌均匀。把点燃的蚊香放在玻璃槽的正上方，关闭玻璃槽推拉门一小段时间，使上方充满烟雾。用激光斜射入水面，观察光的折射现象。

④在杯中装大半杯水，再加少许牛奶，搅拌均匀，将激光斜射入水中，可以看到激光在水中的传播路径是直的。

⑤将杯子和玻璃槽放在水平桌面上，将加满水（水中滴入几滴牛奶）的杯子放入玻璃槽里。点燃蚊香，在玻璃槽内封闭一小段时间后，把激光斜射入玻璃槽中，观察光的折射现象。

2. 打靶游戏

在反射规律的教学引入环节，可以安排一个激光打靶游戏，以增强趣味性。

（1）实验器材

光敏电阻、音乐门铃、导线、硬纸板等。

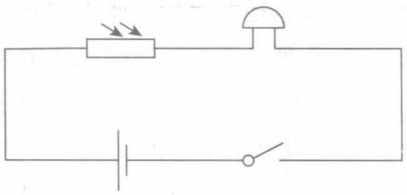


图4-32

（2）制作方法

如图4-32，将光敏电阻与电子门铃用导线连好，将光敏电阻固定在硬纸板的中心，并将硬纸板画成靶心状。

（3）使用方法

利用光敏电阻制成一个靶心，用激光笔射出激光，打中靶心会发出提示音。可以先利

用光在均匀介质中沿直线传播的规律，用激光直接打中靶心。然后在瞄准点和靶心之间拦一个障碍物，再借助镜面将光反射后打中靶心。

3. 光具盒实验

本实验可以用来归纳光反射的规律。

（1）实验器材

激光笔、平面镜、白板（PVC板）、合页、旋钮、胶水等。

（2）制作方法

将两块白板用合页固定好，便于翻折（图4-33），将其搭在一个用白板粘成的长方形盒子上，盒子上表面比白板略大，再将右侧白板与盒子的内侧用胶水固定好。为了验证“三线共面”，在可弯折的白板下面用胶水固定一个小木条，小木条长短刚好等于盒子的高度，再将木条与盒外的旋钮相连，通过拧动旋钮可以达到弯折白板的效果。最后在折线与盒子相连接处粘上一块平面镜。

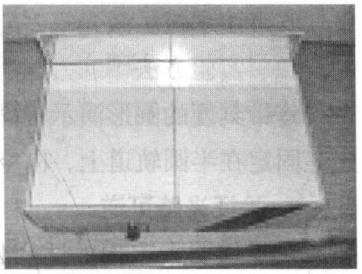


图4-33

（3）使用方法

在制成的光具盒上铺一张白纸，并用激光笔沿白纸射向镜面，用铅笔将入射光线和反射光线的径迹记录下来，多做几组实验，便于对反射的规律进行归纳总结。

将左侧的板弯折下去，沿右侧白纸射出入射光线，让入射点在折线正对镜面的那一点上，此时在弯折的板上并未找到反射光线。若将弯折的板抬起，可见反射光线，这样就验证了“三线共面”特点。

4. 做激光穿越酒杯的实验

如图4-34所示，取一装有适量清水的玻璃酒杯，让激光斜射，穿过酒杯，逐渐移动酒杯，发现墙壁上的光斑也会随之移动，说明光线在穿过清水和玻璃后发生了折射。

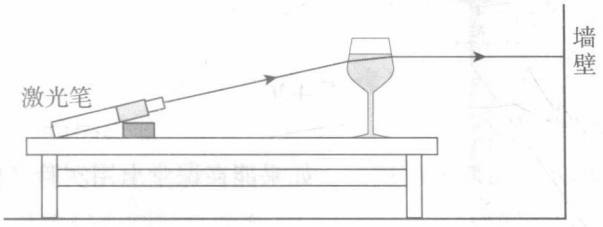


图4-34

（1）实验器材

激光笔、木块、玻璃酒杯、水。

（2）使用方法

将激光笔用木块垫好，使之倾斜，向斜上方射出激光，照射到墙壁上，记录光斑的位置，再将装有适量水的玻璃酒杯放在激光束的轨迹上，观察屏幕上光斑的位置变化。

5. 用圆形折射演示仪探究光的折射特点

如图4-35所示，利用安装好分光器的激光笔将激光斜射入水面，激光轨迹呈现在背景盘上，通过读取入射角、折射角的度数（格数）来观察和初步探究光的折射特点。

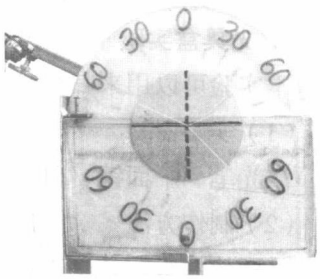


图4-35

实验中至少改变三次入射光线的方向，并让学生关注折射后的光线方向是如何变化的。

（1）实验器材

圆形演示板、激光笔2支、分光器、水槽。

（2）实验方法

将带刻度的圆形演示板固定好，然后将装有分光器的激光笔固定在半圆轨道上，向空气与水的交界面射出激光，观察激光束的折射特点。

6. 验证光路可逆

在不透明大水槽的适当位置放一枚硬币（图4-36），水槽外架设一支连接显示器的可发光摄像头，架设位置保证只能看见半个硬币，此时硬币会反射周围环境的光。这些光从水中射出，穿过空气后被摄像头接收，并显示在显示器上。然后熄灯，保证周围环境较暗，保持摄像头的位置不动，再使其发光。此时在显示屏上可以看到半枚硬币。说明摄像头发出的光顺利地照射到了半枚硬币上，进而证明光在发生折射时，光路是可逆的。

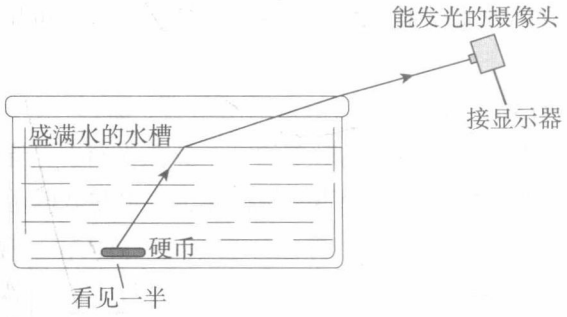


图4-36

7. 模拟“海市蜃楼”现象

教师可以用课件演示海市蜃楼的成因。如果能在课堂上用实验来模拟这个现象，无疑会极大地激发学生的学习兴趣。

在玻璃缸里蓄半缸水，然后加食盐，或者白糖，待充分溶解之后，用塑料布铺在水面上，形成一个“凹”型的坑，在这上面缓慢地注入清水，满缸之后再拉开塑料布，这样就形成了分层的水。下部的盐水密度大，上部的清水密度小。过一段时间后，两层水会逐渐融合，分界线逐渐模糊。此时用激光笔从玻璃缸的一端射入，就可以在另一面玻璃板上看到光路。这是一条向下弯曲的曲线，光的折射现象非常明显。如果此时在另外一侧放置一根点燃的蜡烛，就会看到“海市蜃楼”的景象了（图4-37）。

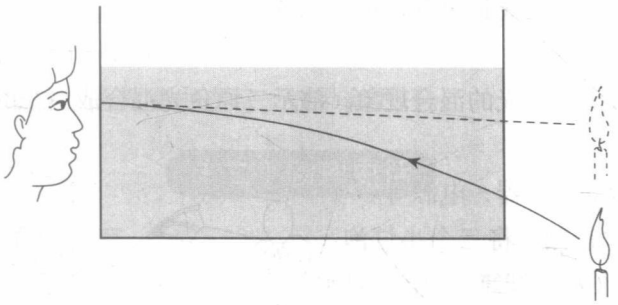


图4-37

地球表面的大气层随着距离地面的高度不同，其密度也不同，太阳光通过这样的大气时便发生了折射。清晨，人们看到东方冉冉升起的太阳发出的阳光，实际上就是经过折射之后的光线（图4-38）。

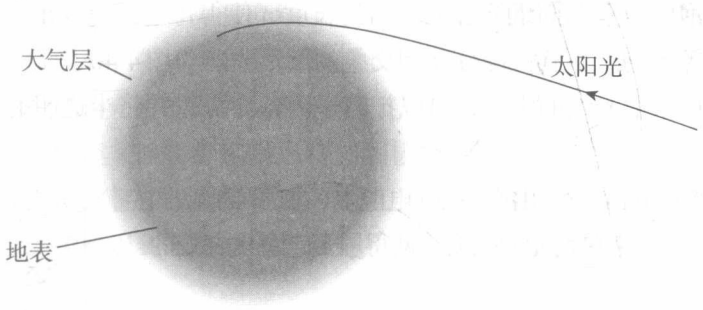


图4-38

8. 白光的色散

教材“想想做做”栏目中“分解太阳光”的活动是利用平面镜和水来使白光色散的一个方案。把由白光分解出的彩色光带反射到白色的墙壁上，很醒目。若因天气原因无法进行该实验，也可尝试用教学投影仪光源发出的光替代太阳光。具体实验方法如下。

器材：TTB-2041（E）透射式投影仪、铁架台、三棱镜、遮光板（狭缝）、白屏。

如图4-39所示，将投影仪投影臂下折，把遮光板（中央开一个1 cm × 10 cm的狭缝）放在工作台上，再把三棱镜固定在铁架台上（三棱镜距狭缝约20 cm，距白屏约2 m）。打开电源，就可以看到色散现象了。

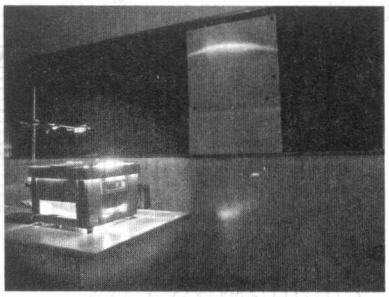


图4-39

说明：

（1）教材讲的是太阳光的色散，而本实验用的不是太阳光，此处应向学生交待清楚“投影仪灯泡发出的光与太阳光（白光）十分相似”。可补一个演示实验：让从狭缝射出的光直接射到白纸上，简单说明投影仪灯泡发出的光是“白光”。

（2）投影仪的型号不限，关键是灯泡必须是卤钨灯。TTB-2041（E）透射式投影仪灯

泡是卤钨灯，它发出的光的波长范围与可见光的波长范围极为接近。

9. 色光的混合

本实验可以用来观察色光的混合现象，演示三原色光混合成白光的机理。

（1）实验器材

三原色光源，滑动变阻器，电源等。

三原色光源可以自制。将三个小灯泡分别放在三个圆纸筒（如蜡纸筒）中，圆纸筒的一端分别包有红、绿、蓝三种颜色的玻璃纸，小灯泡发光后，透过玻璃纸即得到红色、绿色和蓝色的光（图4-40甲）。

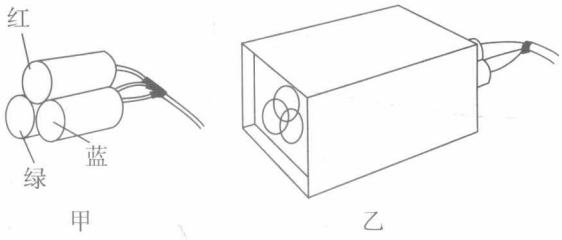


图4-40

将三个圆纸筒排成品字形插在暗箱内，把暗箱的另一端装上半透明的描图纸，做为光屏。调整三个灯泡的位置和圆纸筒插入暗箱的长度，使得每个光源发出的光照到半透明的光屏上形成三个等大的，并有一部分互相交叠的圆形光斑（图4-40乙）。

为了减小其他杂散光线的干扰，可以把箱子内壁涂黑，并将半透明的光屏四周加框。

（2）实验步骤

①将三个灯泡串联滑动变阻器后接到电源上，如图4-41。调节滑动变阻器，改变三束单色光的亮度，使得屏上三色重叠处的颜色成白色。

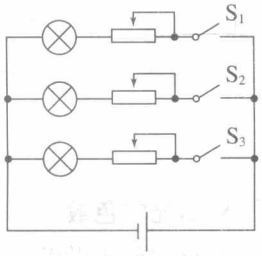


图4-41

②依次只接通一个灯泡，使得屏上先后出现三个颜色分别是红色、绿色和蓝色的圆形光斑。

③同时接通其中的两个灯泡，屏上会得到两个圆形光斑，并有一部分互相重叠。红光和绿光重叠处得到黄光；红光和蓝光重叠处得到紫光；绿光和蓝光重叠处得到青色光（图4-42）。

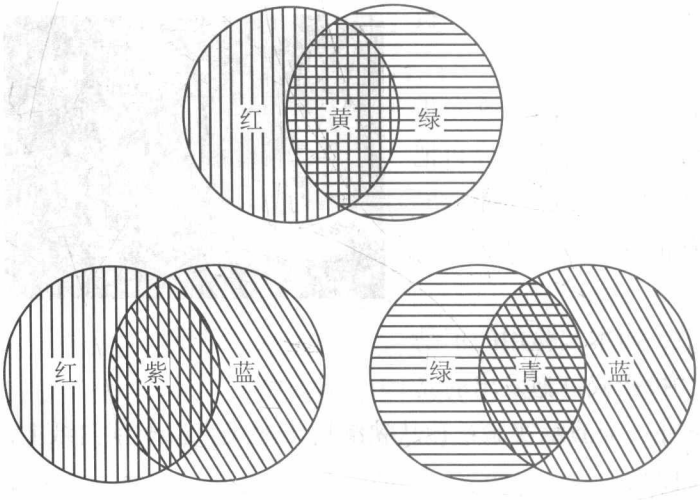


图4-42

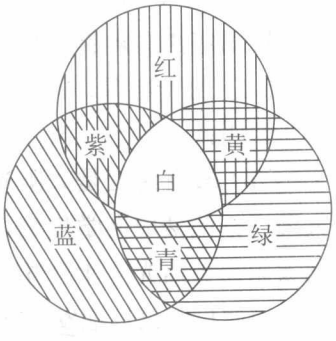


图4-43

④同时接通三个灯泡，得到如图4-43的图案，在图案中央的红光、绿光和蓝光重叠处，得到白光。

该实验如果在光线较暗的教室中进行，效果会更好。

（二）物理史话

1. 牛顿对色散现象的研究

色散是一个古老的课题，色彩缤纷的彩虹更是引起了人们的无限遐想。13世纪，科学家对彩虹的成因进行了探讨。德国有一位传教士叫西奥多里克，就曾通过实验模仿天上的彩虹。他用阳光照射装满水的大玻璃球壳，观察到了和空中一样的彩虹，以此说明彩虹是由于空气中的水珠反射和折射阳光造成的。

笛卡儿对彩虹现象也感兴趣，他用实验检验西奥多里克的论述。在他的《方法论》中还有一篇附录，专门讨论彩虹，并且介绍了他自己做过的棱镜实验。他用三棱镜将阳光折射后投在屏上。遗憾的是，笛卡儿的屏离棱镜太近（大概只有几厘米），他没有看到色散后的整个光谱，只注意到光带的两侧分别呈现蓝色和红色。

牛顿从笛卡儿的棱镜实验得到启发，将屏到棱镜的距离扩展为6~7 m，从室外经洞口进入的阳光经过三棱镜后直接投射到对面的墙上。这样，他就获得了展开的光谱。牛顿的高明之处就在于他已经意识到了不同颜色的光具有不同的折射性能，只有拉长距离才能分解开不同折射角的光线。

牛顿进一步拿三个棱镜做实验，三个棱镜完全相同，只是放置方式不一样。倘若颜色的分散是由于棱镜的不平或其他偶然的不规则性，那么第二个棱镜和第三个棱镜就会增加这一分散性。可是实验结果是，原来分散的各种颜色，经过第二个棱镜后又还原成白光，形状和原来一样。再经过第三个棱镜，又分解成各种颜色。由此证明，棱镜的作用是使白光分解为不同成分，又可使不同成分合成为白光。

牛顿的这一科学论断和当时已流传上千年的观念是格格不入的。他预料会遭到科学界的反对，于是又做了一个很有说服力的实验。牛顿把这个实验称为“判决性实验”（图4-44）。

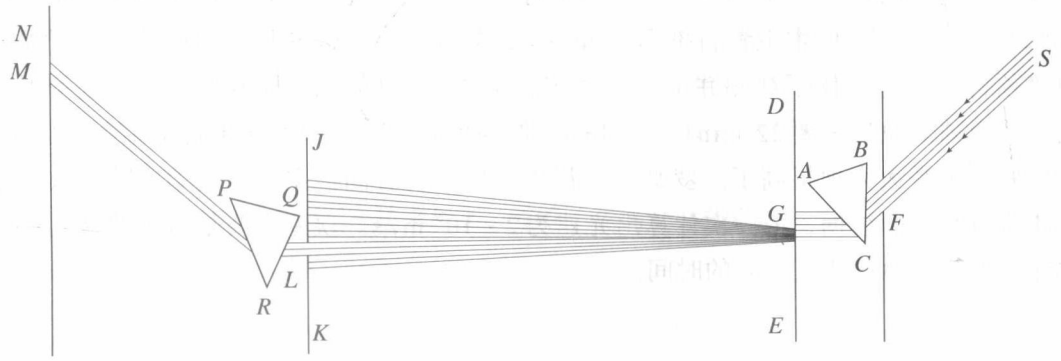


图4-44　牛顿的判决性实验

他拿两块木板，一块DE放在窗口F紧贴棱镜ABC处，光从S平行进入F后经棱镜折射穿过小孔G，各种颜色以不同的角度射向另一块木板JK。JK离DE约4 m远，板上也开有小孔L，在L后面也放有一块三棱镜PQR，使穿过的光再折射后抵达墙壁MN。牛顿手持第一块棱镜ABC，缓缓绕其轴旋转，这样使第二块木板上的不同颜色的光相继穿过L到达三棱镜PQR。实验结果是：被第一块棱镜折射得最厉害的紫光，经第二块棱镜也偏折得最多。由此可见，白光的确是由折射性能不同的光组成的。

摘自《物理学史》，郭奕玲、沈慧君，清华大学出版社，1993年7月第1版

2. 罗默对光速的测定

光学研究的另一工作，是关于光的速度的测定。这一工作在光学发展史上有其特殊的意义。它不仅推动了光学实验的发展，而且也打破了光速无限的传统观念；在物理学理论的发展中，它不仅为粒子说和波动说的争论提供了判决依据，而且最终推动了相对论理论的建立。

开普勒认为光的传播是瞬时进行的，不需要时间。笛卡儿也持有同样的看法，因为他认为光是压力的传递过程。伽利略却认为，光即使传播得很快，但也是需要时间的。他首先提出了两个人从两个相距一英里的山头上用闪光灯做信号来测定光的速度的设想。甲首先举灯，乙看到甲灯后马上举灯，甲记下自己举灯到看见乙灯的时间间隔，这就是光走过甲乙之间的距离所需要的时间的二倍，于是光的速度就可以求出了。由于光速极高，伽利略的测定自然是不可能成功的，但他所提出的确定光速的问题，却启示了这一研究的开展。他还想到，利用木星的卫星频繁的掩食现象可以进行光速的测量。

1642年，意大利天文家卡西尼被路易十四聘到巴黎，他对木星系进行了长期的系统研究。1672至1676年间，丹麦天文学家罗默在巴黎对木星的几个卫星由于木星的遮掩造成的卫星食的周期进行观测，他发现了它们的周期在一年的不同时期的不规则性。当地球运行到太阳与木星之间时，木卫食早约7~8 min；当地球到太阳的另一侧时，隐食则迟7~8 min；他认为，这不可能是实际的运动的不均匀性造成的，而是光行有一定速度的缘故。1676年9月，罗默向巴黎科学院宣布，原来预计11月9日上午5时25分45秒发生的木卫食将推迟10 min。巴黎天文台的天文学家们虽然怀疑罗默的神秘预言，但还是作了观测并证实了木卫食的推迟。11月22日他解释说，这是因为光穿过地球的轨道需要22 min（图4-45）。他的理论虽然没有为法国科学院立即接受，却使他的声誉大大地提高了。罗默的解释为惠更斯所赞同。惠更斯利用罗默的数据和地球轨道直径的数据，第一次计算出光速为2×10^8 m/s。误差主要是由于罗默过长地估计了光跨越地球轨道所需的时间。

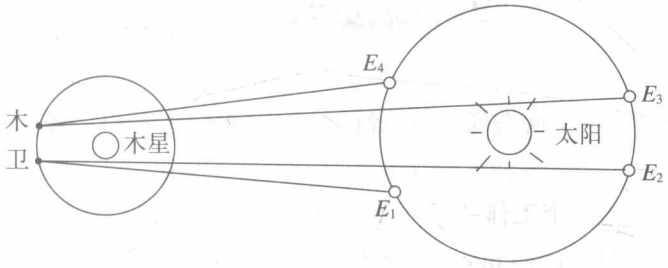


图4-45　由于光穿过地球的轨道需要一定的时间，所以地球在E_1、E_4点时看到的木卫食要比在E_2、E_3点时看到的木卫食早

摘自《物理学史简编》，申先甲等，山东教育出版社，1985年8月第1版

3. 镜子小史

古代人类最初是从江河池水中看到自己的形象的，因此曾有过以水为镜的阶段。在江河池水中看像，受自然条件限制，刮风、下雨时水面不平，或水流浑浊时就看不清了。于是从生活经验中发展到用器皿盛水看像，这就是“水镜”。我国西安半坡村出土的原始社会的文物中，就有用来盛水的陶器。后来有了铜盆，又用铜盆盛水。利用“水镜”只能俯首看像，不能抬头。到了青铜时代，由于铜面能反光，人们便直接用铜面看像，由此产生了铜镜。战国时期，各种工艺技术发展很快，铜镜制作技术不断提高。铜镜背面多用浅浮雕或镶嵌金银丝，做出各种图案，成为精美的工艺品。青铜镜在我国用了三千多年，直到清朝末年才被玻璃镜代替。

玻璃镜是威尼斯人发明的。13世纪上半叶，玻璃制造已成为意大利威尼斯手工艺者的专长。到13世纪末，人们制出了世界上第一块全透明平板玻璃，又用锡和汞的混合物做镜背，从而生产出了第一批实用、清晰的玻璃镜。

1300年以前，威尼斯一直是整个欧洲玻璃和镜子制造业的中心。威尼斯的历代统治者极力严守玻璃制作流程的秘密，但有价值的秘密欲守亦难。到1350年，玻璃制作流程已为外界所知，其他的城市开始仿照威尼斯的玻璃制作流程。即便不是照搬威尼斯工匠的技艺，也是借鉴了其制作技艺。1390年，德国产的镜子首先使用了镜框（先是金属镜框，而后使用了木制的镜框）。到1600年，壁挂式镜子在欧洲风靡一时。

1835年，利比格发明了新的镜背工艺，即用化学方法在镜子上直接镀上一层银，这种方法沿用至今。5年后，新的玻璃制作工艺降低了德国镜子的价格。欧洲各阶层的人也因此而买得起镜子了。

在近50年中，镜子的使用率越来越高。家庭、商店、办公室以镜子作为墙面的装潢设计空前盛行，镜子的用途就更广了。

（三）物理广角

1. 激光准直

激光由于具有亮度高、方向性强、单色性好，相干性强等特点，在工程、医疗等方面得到了广泛的应用。

在基建工程中，为保持施工作业的质量，常常需要提供较高精度的横向、竖直基准线。以激光束做基准线精度在 ±1 mm 以内的作业，称为激光准直。

激光准直，需要激光发射角控制得很小，使光束尽量集中，以获得尽可能长的准直距离。

（1）在开凿地下隧道工程中，过去用普通光学经纬仪等仪器，在人工照明条件下，设立桩标，建立基准线。这种方法一方面需要不断停工，影响掘进速度；另一方面在照明不足、粉尘浓度大的情况下，测程短，需要测的次数多，质量也不易得到保证。而在地铁、隧道工程中，应用激光准直，激光束可达300 m远，并且亮度大，便于用光电检测自动控制系统调整掘进机的方向。在大型掘进中，还可增加激光束的数量，当激光束较多时，可形成开掘面的轮廓，保证工程质量。

（2）在大型建筑施工中，经常有大面积装饰面板的安装工程，如大理石贴面、地板安装等。在这种情况下，利用激光束做基准线，可以提高精度。

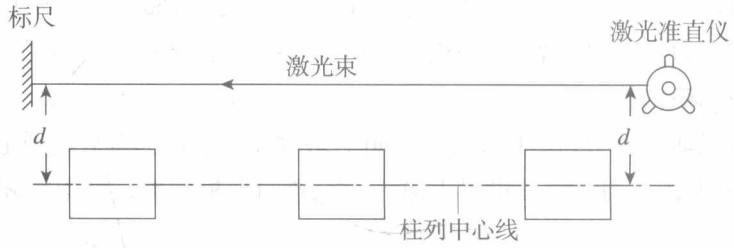


图4-46

毛主席纪念堂柱廊有44根柱子，每边12根，用大块的经过刨床加工过的花岗石做饰面，为了使12根廊柱外饰面共在一个铅直面上，采用了激光准直仪为最下面的两列石板准直。施工中，先使仪器发出的激光束与柱列中心线平行（图4-46），再以激光束做为检查每根柱上花岗石板共铅直面的基准，可保证精度达到毫米量级。

激光束不怕碰、不怕风、不妨碍交通，在面积大、人员多、交通频繁的施工场合，使用方便、准确可靠。

2. 日食

日全食是一种瑰丽的自然现象：光芒四射的红日突然被一团黑影逐渐蚕食、吞噬，最后黑影把日轮完全挡住，刹那间，天空的亮度骤然下降，犹如夜幕降临，天空出现了星星……

日食可分为日偏食、日全食和日环食3种。发生3种不同类型的日食，与月球的影子结构和日食时地球在月影中的位置有关。图4-47中月球的影子有三种区域：由月球直接伸

展出去的锥形暗区是月球的本影区；由本影延长线构成的锥形暗区称为伪本影区；本影和伪本影周围的暗区就是半影区。若某次日食时，仅是月球的半影区落在地面上，该地区只能看到日轮的一部分缺失，就是日偏食。若某次日食时月球的本影落到地面上（相当于月地距离较近和月轮略大于日轮的情况），则处在本影区将看到整个日轮被遮，就是日全食。若某次日食时只有月球的伪本影到达地球（相当于月地距离较远和月轮略小于日轮的情况），则处在伪本影区将会看到只有日轮的中央部分暗黑，这就是日环食。日全食和日环食合称为中心食。

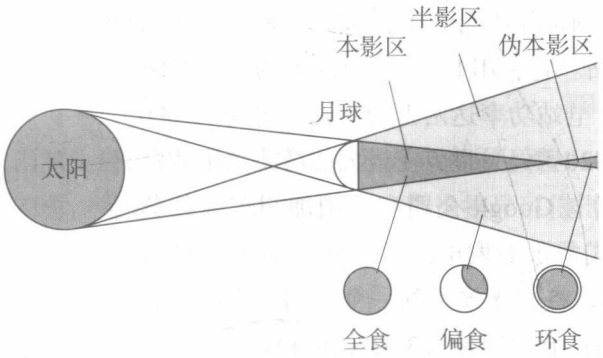


图4-47　日食的类型

随着月球的公转运动和地球自转，月球的影子将会在地面上扫过一大片区域。其中本影或伪本影扫出的地带非常狭窄，宽度只有几十至几百千米，长度则可达几千至上万千米，它们分别称为全食带或环食带。若处在全食带或环食带，就会先后看到日全食或日环食。在全食带或环食带两边的地区就是月球半影扫过的地区，在这些地区就只能看到日偏食。月球自西向东运动，地面上的月影也是自西向东移动，因此总是西部地区比东部地区先看到日食。月球自西向东运动的另一结果就是，日轮总是从西边缘开始被月轮遮蔽，然后向东扩大，在东边缘结束日食。

日食现象不仅有观赏价值，还具有科研价值，主要是提供了研究太阳高层大气色球和日冕的有利时机。另外，日食也是研究地球电离层、地磁场、低空大气，以及各种其他地球环境的好机会。每当日全食发生时，科学家往往会千里迢迢，携带各种仪器赶到全食带，进行各种研究活动。

3. 潜望镜

潜望镜能使观察者置身于安全隐蔽的位置去观察难于直接观察或危险的地区。根据使用场合不同，潜望镜可分为潜艇潜望镜、水面舰船用潜望镜、水下潜望镜、坦克潜望镜、战壕潜望镜、哨所潜望镜、车辆潜望镜、原子反应堆潜望镜、飞机潜望镜等多种。

潜艇潜望镜是潜艇的重要设备，被誉为潜艇的“眼睛”，一般布置在潜艇的指挥舱内，可用来观察及搜索海面及空中的敌情，测定敌舰的距离和方位、速度，对敌舰进行瞄准，测定陆地目标的距离、方位，以确定舰位，保证航行安全等。

教材介绍的是最简单的潜望镜。实际的潜艇潜望镜的构造要复杂得多，除了上下两个反射镜外，还有对观察目标起放大作用的透镜望远系统，瞄准装置等。图4-48是现代潜艇潜望镜的基本构造图，它的镜筒细长，根据不同要求，镜筒长达7~15 m，直径为16~30 cm，镜筒可以旋转，以环视各个方向，上反射镜也可以旋转，能进行仰视和俯视。

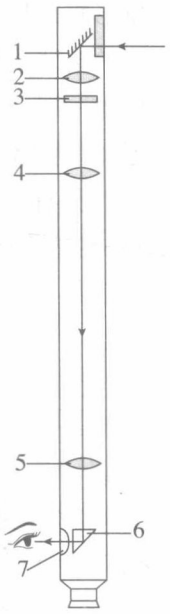


图4-48　潜艇潜望镜的基本构造
1—上反射镜；2、4、5、7—透镜望远系统；3—瞄准分划板；6—下反射棱镜

4. 塔式太阳能电站

教材图4.3-5所展示的是位于西班牙安达卢西亚沙漠的PS20塔式太阳能电站。它利用1 000多面硕大的反射镜将阳光反射至中央塔。电站功率达两万余千瓦，可为11 000户家庭提供电能。PS20曾经是世界上最大的塔式太阳能电站，但后来这一地位被Google公司在美国加州东南部莫哈韦沙漠建造的塔式太阳能发电站所取代。后者通过放置173 000个反光镜，将阳光聚焦到一个大约137 m高的太阳能塔上。它的预计装机容量为3.92×10^5 kW。

塔式太阳能电站的原理是：在很大面积的场地上装有许多台大型太阳能反射镜（通常称为定日镜），它们将太阳光反射后集中到一个高塔顶部的接收器上。在这里把吸收的太阳光能转化成内能，再将内能传给工质，经过蓄热环节，再输入热动力机，通过膨胀做功带动发电机，最后以电能的形式输出。

反射镜及其自动跟踪系统是塔式太阳能电站的关键技术之一。由于这一发电方式要求高温、高压，需用千百面反射镜，并要有合理的布局，以便使其反射的光能集中到较小的集热器窗口上。一般来说，每面反射镜都各自配有跟踪机构，以便根据太阳位置的变化，准确地将太阳光反射到接收器上。

5. 虹和霓

雨后新霁时，在空中残留着许多雨滴，在阳光照耀下，就有可能看到虹霓。虹是由阳光射入雨滴，经一次反射和两次折射而被分散为各色光形成的。如图4-49所示，θ表示阳光经过雨滴后的偏向角（即出射光线与入射光线方向间的夹角），δ是它的补角。当θ为最小，即δ为最大时，以接近δ角出射的光近乎平行光束，使进入观察者眼睛的光有足够的光强（其他角度出射的光均是发散的，比较弱，可忽略不计）。经理论推导可得出，对于紫光来说，$\delta_{紫}$约为40°，对于红光$\delta_{红}$约为42°，这与实际观测的角度相符。因此，虹中的红光分布在δ约为42°的一个锥面上，虹中的紫光分布在δ约为40°的一个锥面上，在二者之间依次是橙、黄、绿、蓝、靛等色。色带排列为外红内紫。

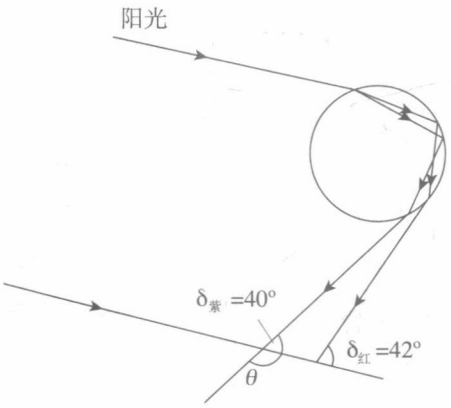


图4-49

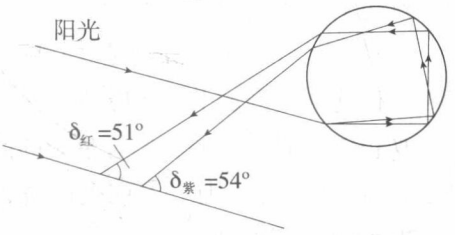


图4-50

霓是由阳光射入雨滴，经两次折射和两次反射后形成的（图4-50）。因为与虹相比多一次反射，出射光比较弱，光带色彩不如虹鲜明。经理论推导可得出，$\delta_{紫}$为54°，$\delta_{虹}$约为51°，色带排列为内红外紫。虹和霓同时出现时，虹位于内侧，霓位于外侧。在地面上，一般只能看到虹霓的一部分，呈弧形。若在空中，比如在飞机上，就可能看到虹霓的全貌，即闭合的彩色带环。

6. 颜色和色光的混合

颜色是指光的波长（或频率）组成，特别指与人的视觉特性有关的属性。不同波长的光具有不同的颜色。波长单一的光叫做单色光，所有单色光的颜色都叫光谱色。几种波长的光混在一起所呈现的颜色叫做混合色。通常说光是某种颜色，是因为它在可见光波长范围的某个或某几个波段中具有较多的能量。

颜色分为两大类：消色和彩色。消色也叫非彩色，指黑色、白色和在黑白之间深浅不同的灰色。它们组成的系列叫做黑白系列或无色系列。白色和各种灰色是物体表面无选择性的反射。反射率越高，越接近白色；反射率越低，越接近黑色。通常白色表面的反射率在80%以上，黑色表面的反射率在10%以下。

黑白系列以外的各种颜色，叫做彩色。彩色有三个基本特性，即色调、饱和度和明度。色调是由物体的反射光中占优势的波长的光决定的，不同波长的光产生不同的色调，它是决定颜色本质的基本特征。颜色的饱和度决定于表面反射光的波长范围的狭窄性（即纯度）。在反射光的组成中，白光越少，则它的颜色的饱和度越大；反之，在颜色中加的白色越多，其饱和度就越小。明度即颜色的明亮程度，决定于物体的反射系数，反射系数越大，它的明度越大。非彩色（消色）只有明度的差别，没有色调和饱和度这两种特性。

通常取红、绿、蓝三种颜色的光为三原色，这三种色光分布在光谱的两端（红和蓝）和中部（绿），使这三种色光按一定比例混合射到一起，就成为白光。按其他不同比例混合，就可以得到不同的颜色。这种色光混合叫做加色混合。加色混合的结果可用

图4-51的三角形表示。即

红色+绿色=黄色

红色+蓝色=品红

绿色+蓝色=青色

红色+绿色+蓝色=白色

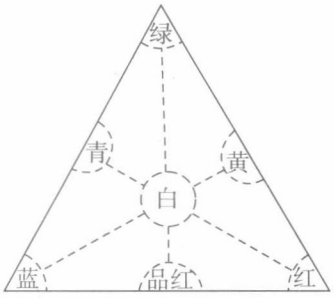


图4-51　加色混合的三角形

青色、品红、黄色分别是红、绿、蓝三原色的补色；每一补色以适当比例加上其相应的原色，也可得到白色。

加色混合时，相混合的各色光的能量值是相加的，随着被混合色光能量的增加，其明度也增加。

7. 彩色电视的色彩

打开彩色电视机，可以看到绚丽多彩的画面，十分逼真，这许许多多不同的色彩是怎样出现的呢？

原来，彩色电视利用了光的三原色原理，使异常复杂的色彩问题变成了三色问题。摄像时，在彩色摄像机中，把天然的彩色画面经过分光系统（用不同颜色的滤光片）分解成红、绿、蓝三个单色画面，再由摄像管把它们转换成强弱不同的三种电信号。最后，经过放大，以电磁波的形式由天线发射出去。

在接收端，彩色电视接收机从天线接收到信号后，经过放大等电路，由红、绿、蓝三种电信号分别控制三个电子枪（或三束电子流），使三束电子流分别打到涂有三种荧光粉的显像管荧光屏上，同时分别发出红、绿、蓝三种颜色不同强度的光，这些强弱比例不同的光合成后就显现出原来被摄景物的颜色，于是一幅逼真的彩色画面就出现了。

如果通过放大镜仔细观察彩色电视机的荧光屏（在荧光屏发光时观察），就会看到荧光屏上的彩色画面确实是由红、绿、蓝三色的发光点组成的。

图4-52是彩色电视广播和接收示意图。

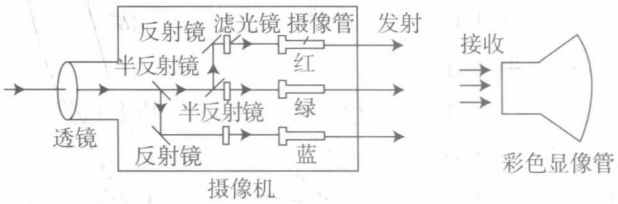


图4-52　彩色电视广播和接收示意图

8. 红外线的应用

1800年，英国物理学家赫歇尔把温度计的玻璃泡涂黑，放在太阳光分解后产生的光谱的各个部分，研究不同的色光照在玻璃泡上使温度升高的情况。他发现波长较长的光（如红光）使温度计升高的温度较高，即它们的热效应显著。后来，他把玻璃泡移到光谱的红光区域外侧，那里已看不到有光照射温度计，可是温度计中的水银柱却升得更高。于是他断定，在光谱的红光区域外侧仍有看不见的射线。这种射线的波长比红光长，后来就把这

种射线叫做红外线。

红外线的波长范围约为7.7×10^{-7}~1×10^{-3} m。一切物体都在不停地发射红外线，同时也在吸收其他物体发射来的红外线；物体的温度越高，辐射出的红外线越多。在热学中所说的热辐射，实际上指的就是物体发射红外线，这是热传递的方式之一。

红外线的主要特性是热作用强。各种物体吸收红外线后，可使它的分子运动加剧，因此温度升高。所以，在工业上常利用红外线来加热和烘烤物品。例如，用红外线烘干汽车表面的喷漆，不仅干得快，而且能使漆膜从里层先热，因此里层先干，可使漆膜表面平滑光亮不起泡。

红外线的波长比可见光的长，穿透云雾的能力比较强，使用对红外线敏感的底片可进行远距离或高空摄影，并可在没有可见光的夜间摄影。利用灵敏的红外探测器吸收物体发出的红外线，然后用电子仪器对收到的信号进行处理，可以显示出被测物体的形状和特征，这种技术叫做红外线遥感。利用遥感技术可在飞机或人造地球卫星上勘测地热、寻找水源、监视森林火情，以及估测大面积农作物的长势和收成、预报风暴和寒潮等。遥感技术在现代军事上的应用也越来越重要。

9. 紫外线的应用

1801年，德国化学家里特发现，光谱的紫光外侧还有一种看不见的射线，能使氯化银等物质分解。后来，这种射线被称为紫外线。

紫外线的波长范围为5×10^{-9}~3.9×10^{-7} m。高温物体如太阳、弧光灯和其他炽热物体发出的光中都有紫外线，汞等气体放电时也会发出紫外线。

医院里常用紫外线消毒病房和手术室。太阳光里有很多紫外线，所以衣服、被褥经常在阳光下晾晒也可以灭菌消毒。人体受适量的紫外线照射，能增进身体健康。但过多过强的紫外线照射，会伤害人的眼睛和皮肤，因此某些工种的工人（如电焊工人）在工作时必须穿好工作服，戴好防护面罩（因电焊的弧光中有很强的紫外线）。紫外线的荧光效应也很强。许多物质在紫外线照射下会发出不同颜色的荧光，根据荧光的颜色可以鉴别物质，例如鉴别古画或钞票的真伪。留在纸上或器具上的指纹，在紫外光照射下也可以清楚地看出来，并可用紫外线进行摄影。在荧光灯中，利用汞蒸气放电时发出的紫外线照射管壁上的荧光粉，可以发出类似日光的白光或其他颜色的光。通常把发出类似日光的荧光灯也叫做日光灯。

第五章
透镜及其应用

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

2.3.5　认识凸透镜的会聚作用和凹透镜的发散作用。探究并知道凸透镜成像的规律。了解凸透镜成像规律的应用。

1.3.3　了解人类探索太阳系及宇宙的历程，知道对宇宙的探索将不断深入，关注探索宇宙的一些重大活动。

（二）课时建议

第1节	透镜	1课时
第2节	生活中的透镜	1课时
第3节	凸透镜成像的规律	2课时
第4节	眼睛和眼镜	1课时
第5节	显微镜和望远镜	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

透镜是上一章“光的折射”知识的重要应用。光从空气进入透镜一侧以及从透镜的另一侧射出时各发生一次折射。对于一束平行入射光而言，光线越远离透镜主轴，出射光偏折程度越大，由此产生了会聚或发散的效果。通过本章和上一章的学习，学生将对经典物

理学的古老分支——几何光学的基本概念和基本规律形成初步认识，能够解释生活中常见光学仪器的成像原理，了解近视眼和远视眼的成因及矫正方法，经历猜想与假设、分析与论证等探究过程并掌握相应的科学方法，为今后的学习奠定基础。

教材在内容安排上诠释了课程标准“注重科学探究”“从生活走向物理，从物理走向社会”的基本理念。第3节“凸透镜成像的规律”是本章的核心内容。为了确保学生可以通过自主探究的方式得出科学规律，本章第1节首先介绍了透镜的基础知识，使学生对透镜的分类及其对光的作用有所认识；第2节通过介绍照相机、投影仪和放大镜的成像特点使学生获得具体、生动的感性认识，为提出探究问题埋下伏笔；第4节和第5节则是对透镜成像规律的实际应用，不仅帮助学生巩固了所学知识，而且使学生进一步体会到物理与生活的密切联系。

本章的章首图是遨游在广袤宇宙之中的哈勃太空望远镜。巨大的望远镜能够引起学生的思考：人类是怎么做到“望远”的？透镜其实是实现这个伟大目标的最基本器件，而透镜成像的规律正是本章所要学习的核心内容。

本章内容结构如下。



（二）分散难点，合理安排探究活动

传统教材在处理“凸透镜成像的规律”与“生活中的透镜”这两部分内容的关系时，一般是先学习凸透镜成像的规律，然后作为这一规律的应用，讲解放大镜、照相机等实际透镜的使用。这种处理方式与过去教学大纲重视知识结论的要求是一致的。

课程标准要求“探究并知道凸透镜成像的规律”。也就是说，既有过程性要求，又有终结性要求。即学生要通过自己的实验探究活动学习这个规律，同时也要知道这个规律的结论，并了解这个规律在实际中的应用。这种变化就会导致教学中出现两个难点，必须在教材编写时加以解决。

难点之一：学生进行探究时缺乏猜想的基础。既然是探究，就必然要体现出学生学习的自主性。例如，学生应该对所研究问题的答案进行猜想，而猜想不能是“胡猜乱想”，

应有猜想的基础。学生在生活中对透镜成像的认识，大部分限于放大镜能成正立的像（但不知道是实像还是虚像）。至于照相机、投影仪中透镜成像特点是什么，绝大部分学生是不清楚的。这就限制了学生的猜想。因此，本章在探究凸透镜成像的规律之前，先用一节单独介绍生活中的凸透镜，以使学生对生活中常用的凸透镜及其成像的特点在头脑中获得初步的、具体的感性认识。例如，照相机都是成缩小、倒立的实像，投影仪成放大、倒立的实像，放大镜通常成放大、正立的虚像，等等。教材安排了“想想做做”和“演示”栏目，让学生感受不同的成像情况。这样做的目的，就是让学生以此为基础，提出与凸透镜成像相关的问题，并能对凸透镜的成像规律作一些初步的猜想。

难点之二：探究凸透镜成像规律是一个相对比较完整的探究活动，而且有较大的难度。在知识与技能方面，它涉及实像和虚像的区别、如何得到清晰的实像等；在过程与方法方面，它肩负着提高学生“进行实验与收集证据”和“分析与论证”的科学探究能力的任务。如果把这些都放在一节中进行教学，会造成重、难点过于集中。教材的设计思路就是分散难点，把像的虚实、正倒、大小等不同现象放在探究活动的前面让学生了解。例如，在学习第四章中“平面镜成像”一节时，学生已经初步接触了虚像的概念：“由于平面镜后并不存在光源S'，进入眼睛的光并非真正来自S'，所以把S'叫做虚像”。在本章第2节，教材先说明观察实像和虚像时的不同特点，进而明确观察它们的办法，通过“虚像”和“实像”概念的对比，学生就能真正理解二者的实质。有了对于基本概念的铺垫，第3节的教学重点就可以放在过程与方法方面，让学生把主要的精力用于收集实验数据，并对其进行比较和分析，据此总结出科学规律。

（三）通过探究凸透镜成像规律，学习科学探究的方法

通过第2节的学习，学生已经知道了照相机、投影仪里面都有凸透镜，放大镜本身就是一个凸透镜，它们都利用凸透镜可以成像的特点。照相机所成的像比物体小，而投影仪所成的像比物体大；照相机、投影仪所成的像是倒立的，而放大镜所成的像是正立的。那么，凸透镜所成的像的大小、正倒跟物体的位置有什么关系？这样就很自然地引出了第3节“凸透镜成像的规律”。通过学习，不仅要使学生了解凸透镜成像的规律，而且要使学生了解：在科学研究中，常常要通过实验收集数据（或证据），并对数据进行分析，最后归纳出科学规律。在探究过程中，引导学生对凸透镜的成像规律进行猜想，并初步设计方案，最后用实验探究的方法，得出凸透镜成像的规律。

由于凸透镜成像的特点与物距和焦距密切相关，而学生在一两节的时间内难以认识到这一点，因此，教材对于这个问题给出了提示：让学生把物体放到2倍焦距以外的较远位置，然后把物体向透镜移动，使物距小于2倍焦距但大于焦距，最后使物距小于焦距。如此让学生试做几次后，再引导学生设计实验和进行实验。由于本实验的“分析和论证”部分对于学习物理不久的初中学生来说还有一定的难度，因此，教材从像的虚实、大小和正倒三个方面提出了问题，引导学生对实验数据进行分析，得出结论。在实际教学中，可采

用分工合作的方式收集实验数据，不仅让学生获得一次合作探究的体验，也节约了时间，保证了本次探究任务能在有限的课堂教学时间内完成。

（四）强化透镜跟学生生活的联系

眼睛和眼镜、显微镜和望远镜是凸透镜成像规律的应用，课程标准中对此并没有具体的要求。增加这些内容的目的，是想让学生通过这些内容的学习，加深对凸透镜成像规律的认识，开阔眼界，同时让学生认识到物理知识与日常生活实际的联系是非常紧密的。物理知识是很有用的，以激发学生学习物理的兴趣。

眼睛是人体的重要器官，本章把眼睛作为一种像照相机那样的光学仪器，深入浅出地向学生介绍了眼睛的成像原理、近视眼和远视眼的成因及其矫正的方法，使学生获得一些实际知识，以体验大自然的美妙与和谐。

显微镜和望远镜都是利用两个透镜的组合看物体。它们的成像原理比较抽象，学生在理解上有些困难。本章采用模拟的方法，如让学生利用两块凸透镜的简单组合，自制显微镜和望远镜，通过这一活动，使学生了解其中的物理道理，并体验成功的喜悦。

（五）落实课程标准对于“探索宇宙”相关内容的要求

课程标准要求：“了解人类探索太阳系及宇宙的历程，知道对宇宙的探索将不断深入，关注探索宇宙的一些重大活动。”本书没有专辟一章，用大量的篇幅对此进行介绍，而是选择了望远镜这部分知识作为编写的切入点。望远镜的使用，使人类得以超越普通目力所及，更为细致地观察月球及太阳系内的其他行星，并且能够观察到更遥远的星球，这就为人类打开了一扇观察宇宙的窗口。由此出发，人类的探月以及将要进行的登陆火星等深空探测活动，就是自然而然的了。本章教材就从伽利略、牛顿等科学前辈利用望远镜来观测天空入手，选取人类探索宇宙的一些重大活动，简述了人类探索太阳系和宇宙的历程。这样的处理，起到了“以点带面”的作用。至于探索宇宙的更多的事例，教学中可以让学生通过报刊、网络等进行查阅，以培养他们通过各种公共信息资源收集资料的能力。

三、教材分析与教学建议

第1节　透镜

（一）教学目标

1. 认识凸透镜和凹透镜，了解透镜的焦点、焦距。
2. 通过观察，认识凸透镜对光的会聚作用和凹透镜对光的发散作用。
3. 能初步领略透镜对光的神奇作用，激发求知欲。

（二）教材分析与教学建议

本节教学要从透镜的外形和透镜对光的作用两方面来认识凸透镜和凹透镜的区别，使学生学习观察和研究的基本方法，并能意识到把握事物本质的重要性。通过现象了解光路的可逆性，培养学生运用逆向思维解决简单问题的能力。

1. 认识凸透镜和凹透镜

首先让学生观察眼镜的镜片，看看近视镜片和远视镜片有什么不同。然后出示各种透镜，有的中间厚、边缘薄，有的中间薄、边缘厚，进而总结出：无论哪种透镜，两个表面中至少一个表面是球面的一部分。然后通过教材上的图告诉学生，透镜是组成照相机、投影仪、显微镜、电影放映机等光学仪器的重要元件。依照教材中的图5.1-2简单介绍透镜的主光轴和光心的概念。对于光心，让学生知道大致在透镜的中心处即可。

2. 透镜对光的作用

做教材中图5.1-4所示的演示实验，呈现凸透镜对光的会聚作用。如果学校有条件，可让学生分组做。最好人人动手，以增加学生的体验，让学生对凸透镜的作用了解得充分一些。这个实验，可以在阳光下做，也可用平行光源做（用手电筒代替平行光源时应距凸透镜远些）。实验时，也可以指导学生测出凸透镜的焦距。

用凹透镜代替凸透镜实验，可以观察到凹透镜不能使平行光会聚，对光有发散作用。

在演示教材中图5.1-6所示的实验时，由于光屏上的光斑强度较弱，不便观察。可在凹透镜的四周加一屏障，遮住从平行光源射向凹透镜周围的光线，如图5-1所示。屏障可用中间开一个圆孔的硬纸片或薄板。演示时，移动光屏便可看到屏上圆形光斑的面积随着屏与

凹透镜间的距离增大而增大，表明通过凹透镜的光是发散的。

教学片段　凸透镜的焦点和焦距

如图5-2所示，让学生手持凸透镜迎着阳光，调整凸透镜的位置，直至在白纸上观察到一个小亮点。用刻度尺测量凸透镜光心到亮点的距离，即为凸透镜的焦距。

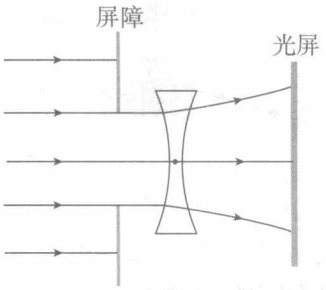


图5-1

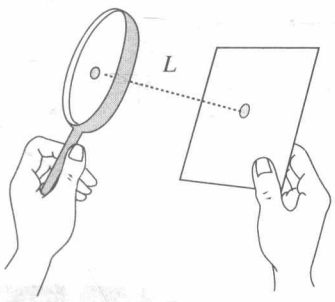


图5-2

关于焦点和焦距的教学。根据实验现象画出图5-3所示的光路图，并标上符号，介绍凸透镜的焦点和焦距。对于学习基础好的学生，还可以进一步说明：

①凸透镜的会聚作用是由于光线通过它的两侧表面发生两次折射造成的。

②焦距的长短反映了凸透镜会聚作用的强弱，焦距越短会聚作用越强，即光线通过透镜后偏折得更明显。每个凸透镜的焦距是一定的。

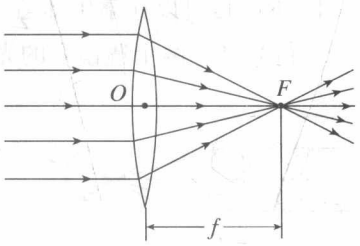


图5-3　凸透镜的焦点和焦距

教学片段　透镜对光的作用

［教师］介绍实验：让学生拿出一张白纸，在纸上用直尺画出一条表示主光轴的虚线。在虚线两侧任意画两条代表入射光线的实线。在实线前端放置一枚凸透镜，让学生用激光笔分别沿着两条实线照射凸透镜。然后移走凸透镜，换成凹透镜，重做实验。

［学生］动手实验：观察两束入射光分别通过凸透镜和凹透镜后的出射路径，并用不同颜色的笔将路径描绘在白纸上。组内同学讨论并进行组间交流：凸透镜和凹透镜对光的作用各有什么特点？

［教师］展示各组学生的实验结果，引导学生进行归纳总结，得出结论。

学习凸透镜和凹透镜的重点是要让学生明确它们对光线的作用。要注意纠正学生认识上的误区：只要通过透镜折射后的光线是会聚的，这个透镜就是凸透镜；折射后的光线是发散的，这个透镜就是凹透镜。所谓凸透镜使光线会聚，凹透镜使光线发散，都是相对入射光线而言的。应明确指出，凸透镜对光线的会聚作用是指把入射光线会聚了，其折射光线比入射光线更靠拢主光轴。凹透镜对光线的发散作用是指把入射光线发散了，其折射光线比入射光线更远离主光轴。本节“动手动脑学物理”中的第4题就是针对学生认识上的

这种误区而设计的。对于学习基础好的学生还可补充一些更为典型的习题。

图5-4甲、乙两图中的折射光线相对于入射光线而言都被发散了，所以虚线框内都是凹透镜。



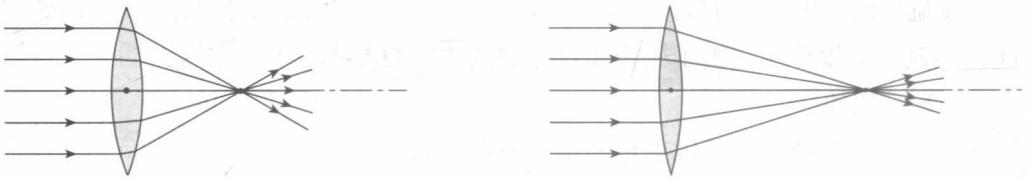
甲　　乙

图5-4

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 本题目可以让学生知道，不同焦距的透镜使光线偏折的程度是不同的。

平行光经过两个透镜后的光线分别如图5-5甲、乙所示。



甲 f=3 cm　　乙 f=5 cm

图5-5

2. 把小灯泡放在凸透镜的焦点上，小灯泡发出的光通过凸透镜后就可以变成平行光；利用了光路可逆的特点。

3. 甲。

4. 甲、乙两图中都是凹透镜。

（四）补充练习

1. 下列关于透镜的说法中，正确的是（　　）

A. 凸透镜只对平行光有会聚作用

B. 凸透镜两个焦点之间的距离叫做焦距

C. 平行光经过凸透镜折射后一定会聚于焦点

D. 凹透镜对光有发散作用

答案：D

2. 凸透镜中央部分比边缘部分_____，它对光有_____作用，所以又叫_____透镜；凹透镜中央部分比边缘部分_____，它对光有_____作用，所以又叫_____透镜。

答案：厚；会聚；会聚；薄；发散；发散

3. 小明想利用凸透镜使小灯泡发出的光变成平行光，他应该把小灯泡放在凸透镜的_____上。

答案：焦点

4. 画出图5-6中光线通过透镜的光路图。

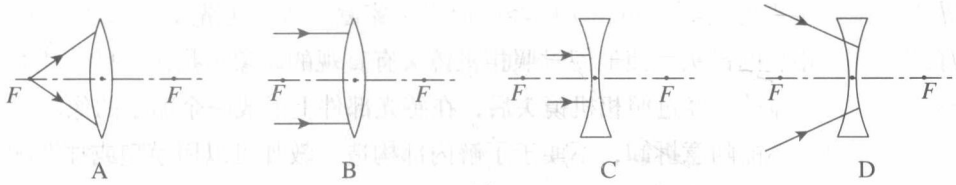


图5-6

答案：光路图如图5-7所示。

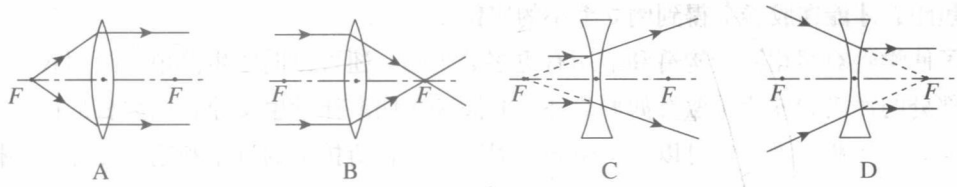


图5-7

5. 小文在观察阳光通过甲、乙两个眼镜在地面上形成的光斑时，发现两个眼镜形成的光斑不同。阳光通过眼镜甲形成的光斑中间较四周亮，而阳光通过眼镜乙形成的光斑中间较四周暗，由此可以判断眼镜甲是_____透镜，眼镜乙是_____透镜。

答案：凸；凹

第2节　生活中的透镜

（一）教学目标

1. 了解透镜在日常生活中的应用。知道凸透镜在三种常见仪器上所成像的不同，能初步区分照相机、投影仪、放大镜的成像特点。

2. 经历制作简易模型照相机的过程，获得成功的愉悦，并初步了解照相机的成像原理。

3. 能简单描述凸透镜成实像和虚像的主要特征。

4. 通过了解生活中多种多样的透镜，培养乐于利用所学知识解释现象的习惯，初步形成将科学技术应用于实际的意识。

（二）教材分析与教学建议

这一节介绍生活中常用的透镜，使学生对透镜及其成像特点形成丰富、具体的感性认识，为探究凸透镜成像规律作准备。

课前可给学生安排任务，通过查找资料，对放大镜、照相机、投影仪的应用有初步的认识。课上通过组织学生制作水放大镜、制作模型照相机等活动，让他们体验放大镜、照相机、投影仪这三种光学仪器的成像特点，为介绍实像、虚像的概念创造条件。

1. 照相机

随着人们生活水平的提高，照相机已经广泛走进家庭。教师可先出示真实的照相机，让学生仔细观察照相机的镜头，使他们对照相机镜头有直观的印象，指出它的作用相当于一个凸透镜：来自物体的光经过照相机镜头后，在感光部件上形成一个缩小的像。

实际的照相机因不能随意拆卸，不便于了解内部构造，教师可以用模型或挂图配合讲解。没有照相机模型时，也可以用烛焰、凸透镜和光屏制作一个简易模型来代替。烛焰相当于物体，凸透镜相当于镜头，光屏相当于胶卷。被拍照的物体到镜头的距离要远远大于镜头的焦距，才能在胶卷上得到倒立缩小的实像。

为了使学生对照相机的构造和使用有更多的了解，还可以向学生简单介绍照相机的主要组成部分的作用和使用方法，如调焦环、光圈和快门。让学生交流自己照相的体会，可以提高兴趣，活跃思维。也可以让学生观察对同一景物所拍摄的近景和远景照片，并提出问题，例如：这两幅照片是怎样拍成的？为了使照片上的人像大一些，人应该离照相机更远一些，还是更近一些？

学生在学习照相机原理时，往往由于看不到照相机的实际结构而感到索然无味。这时，可以用模型照相机激发学生的兴趣。通过自制模型照相机，使学生对利用凸透镜成倒立缩小的实像有较直观、深刻的印象，同时培养学生的动手能力。模型照相机的制作过程比较简单，材料也容易准备，最好每个学生一套。

2. 投影仪

考虑到很多学校都利用投影仪辅助教学，教材介绍了投影仪的工作原理。如果学校有幻灯机，也可以用幻灯机演示。教学中还可用教材中的图5.2-3并配合实物和挂图介绍投影仪。

（1）投影仪的构造主要有：镜头、投影片、聚光镜、光源等。光源是用来照亮投影片的；聚光镜为一组凸透镜，其作用是会聚光线，增加投影片的亮度。

（2）演示投影仪的原理。

通过演示，让学生对利用凸透镜成放大、倒立的实像有深刻的印象。演示时，应着重强调投影仪成像的特点。

3. 放大镜

放大镜是凸透镜，也是常用的光学仪器之一。它就是利用了凸透镜能成放大的虚像这一原理。让学生用放大镜看书上的字，并改变放大镜到字的距离，观察字的放大情况。说明利用凸透镜能使物体成放大的像，但这个像与投影仪所成的像是不同的，它是正立的虚像，并且像与物体在同一侧，使学生对利用凸透镜成放大的虚像有一个初步的印象。

教学片段　认识生活中的“透镜”

［教师］介绍实验：让学生透过盛有水的试管来观察置于下端的文字。教师提问：观察到的现象有什么特点？

［学生］动手实验并观察。将所观察的结果与其他同学进行交流。

［教师］引导学生们说出生活中还有哪些物体具有类似透镜的功能。以矿泉水瓶引起森林火灾和利用透镜在野外取火等为例进行补充说明，引导学生初步形成将科学技术应用于实际的意识。

4. 虚像和实像

要让学生了解，虚像不是实际光线会聚成的，因此不能像投影仪或电影那样用屏幕去承接，也不能用胶片去感光，只能用眼睛观察。实像是射向凸透镜的光经过凸透镜会聚而成的，是实际光线的会聚点，能用光屏承接。虚像是“虚”的，但人眼视网膜上的像却是实实在在的，如果光线进不了人眼，那人眼也就看不见那个物体了。可以回顾平面镜成虚像的情况，使学生明白实像与虚像的区别。学生常常把面镜成像和透镜成像混淆，要让学生找出它们之间的区别：面镜由反射成像，透镜由折射成像。

为了使学生能比较顺利地通过实验得出凸透镜成像的规律，需要作一些必要的教学铺垫。让学生了解凸透镜在三种常见仪器上所成的像的不同，为下一节的探究创设问题情境。向学生介绍实像、虚像以及各在什么条件下形成的，如何观察等，在知识与技能上为探究凸透镜成像规律作必要的准备，以减少探究过程中遇到的障碍。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 倒立。

2. 缩小、倒、实；放大、倒、实；放大、正、虚。

3. 手持凸透镜在窗户和与室内的白墙之间移动，移到某个位置时，窗框外的景物能在墙上形成一个清晰、缩小、倒立的像；阴天时，可以用灯泡发出的光代替太阳光测焦距；灯泡发出的光亮一些，凸透镜离墙面近一些时，估测的结果更准确。

4. 照相机、投影仪或幻灯机都是通过调节镜头，并改变物距、像距来改变像的大小的。当物体靠近照相机镜头时，物距减小，像距增大，像变大；当物体远离镜头时，物距增大，像距减小，像变小。

（四）补充练习

1. 照相机的镜头相当于一个凸透镜，在底片上得到的像是（　　）

A. 正立、放大的虚像　　B. 正立、缩小的虚像

C. 倒立、放大的实像　　D. 倒立、缩小的实像

答案：D

2. 放映幻灯时，在屏幕上得到的是（　　）

A. 正立放大的虚像　　B. 正立放大的实像

C. 倒立放大的虚像　　D. 倒立放大的实像

答案：D

3. 下列有关像的说法中，正确的是（　　）

A. 物体通过平面镜成的像是实像

B. 通过凸透镜观察到的像一定是实像

C. 不能用光屏承接的像，都是虚像

D. 实像都是缩小的，虚像都是放大的

答案：C

4. 夏天的清晨，花草的叶子上有很多晶莹的露珠，非常漂亮。透过这些露珠，叶子的叶脉可以看得非常清晰。这是为什么？

答案：晶莹的露珠是一个凸透镜，起了放大镜的作用，可将叶脉“放大”。我们看到的是叶脉放大的虚像。

第3节　凸透镜成像的规律

（一）教学目标

1. 通过实验探究，知道凸透镜成像的规律。

2. 经历探究过程，提升对证据的分析和论证能力。

3. 通过探究活动，体会实验探究活动在认识事物过程中的重要意义。

（二）教材分析与教学建议

探究凸透镜成像的规律是一个较完整的探究实验，也是本章的重点。通过学习，不仅要使学生了解凸透镜的成像规律，而且要使学生了解科学探究方法。在探究过程中，引导学生对凸透镜的成像规律进行猜想，初步设计方案，用实验探究的方法，找到凸透镜成像的规律。

1. 提出问题

在上节内容的基础上，向学生介绍：照相机、投影仪里面都有凸透镜，放大镜本身就是一个凸透镜。它们都利用凸透镜使物体成像。照相机所成的像比物体小，而投影仪所成的像比物体大。照相机、投影仪所成的像是倒立的，而放大镜所成的像是正立的。引导学生提出问题“凸透镜所成像的大小、正倒跟物体的位置有什么关系？”

2. 初步猜想

启发学生对所提出的问题做出猜想：照相时物体到凸透镜的距离比像到凸透镜的距离

大，而使用投影仪时，物体到凸透镜的距离比像到凸透镜的距离小。看来像是放大的还是缩小的，跟物体和像相对凸透镜的距离远近有关。无论照相机还是投影仪，物体和所成的像分居在凸透镜的两侧，而通过放大镜观察物体，物体和像在透镜的同一侧，像的正倒很可能跟它与物体是否在同侧有关。

3. 设计实验

指导学生做实验，探究上述猜想是否正确。实验前先使学生明白实验研究什么问题，怎样去研究这些问题，然后介绍实验装置和操作方法。在学生知道了实验的目的和做法以后，让学生按照教材中列出的实验步骤进行观察和实验。要注意调整烛焰、凸透镜和光屏，使它们的中心在同一水平高度。考虑到有些学校没有或只有数量很少的光具座，也可以将蜡烛、凸透镜和光屏放在水平桌面上进行实验。

教学片段　实验准备

［教师］介绍实验仪器名称：光具座、蜡烛、凸透镜、光屏（图5-8）。

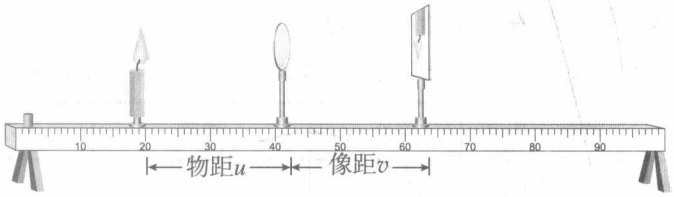


图5-8　实验装置

［教师］提醒学生实验前先调节烛焰、凸透镜、光屏的中心在同一水平直线上。

［学生］做实验，移动光屏找到最清晰的像的位置，并掌握记录物距u和像距v的方法。

4. 进行实验与收集证据

首先提醒学生记录实验用的凸透镜的焦距f，然后指导学生按下面的步骤完成实验。一边动手，一边思考。

把蜡烛放在较远处，调整光屏到凸透镜的距离，使烛焰在屏上成清晰的实像。观察实像的大小和正倒，测出物距u和像距v。

把蜡烛向凸透镜移近几厘米，放好后重复以上操作。

继续向凸透镜移动蜡烛并调整光屏的位置，总能在屏上得到蜡烛的像吗？撤去光屏，变换观察的角度，看看能否观察到蜡烛的像？像在什么位置？

本探究活动应把重点放在培养学生对实验数据的分析和论证能力上。教师可指导学生先设计一张记录原始实验数据的表格（表5-1），分析表格中的数据。把每一次实验的物距u、像距v与透镜的一倍焦距f、二倍焦距$2f$比较，再把分析结果填入表格。

表5-1　像与物距的关系　　凸透镜的焦距f= _____cm

物距与焦距的关系	物距u	像的性质			像距v
		虚实	大小	正倒	
……					

可按下面的方案完成分析与论证。

数据收集完成后，围绕探究开始时提出的问题，让学生自己通过分析与论证，总结凸透镜的成像规律，并让他们书面或口头表述自己的观点，最后由教师归纳总结。

教学片段　分析与论证

方案1

［教师］将各组的实验数据填入表5-2中。

表5-2　实验数据　　凸透镜的焦距f= _____cm

	物距u	物体大小	像距v	虚实	大小	正倒
1		2.5 cm				
2		2.5 cm				
3		2.5 cm				
4		2.5 cm				
5		2.5 cm				
6		2.5 cm				
7		2.5 cm				
……						

［教师］把代表物体和像的彩色贴纸分别粘贴在相应的位置上（图5-9）。

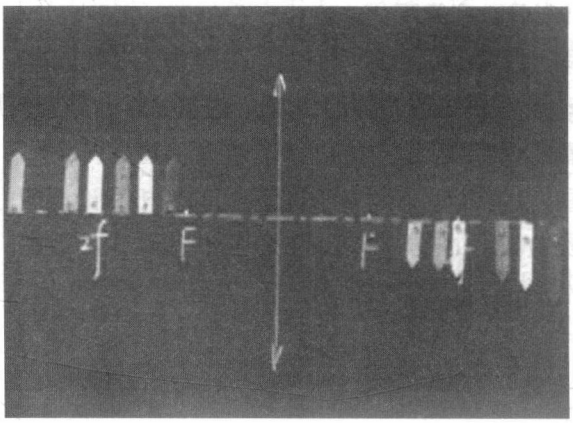


图5-9

［学生］经交流讨论后，得出如下结论：

◇ 不论成实像还是虚像，成放大的像时必定像距大于物距，成缩小的像时必定像距小于物距。

◇ $u=f$ 是成虚像和实像的分界点，当物距大于透镜的1倍焦距时，物体成实像，当物距小于透镜的1倍焦距时，物体成虚像。

◇ $u=2f$ 是成像大小的分界点，当物距大于透镜的2倍焦距时，物体成缩小的像，当物距小于透镜的2倍焦距时，物体成放大的像。

◇ 凸透镜所成的实像都是倒立的，虚像是正立的。

◇ 成实像时，当物体从较远处向透镜靠近时（物距变小），像到透镜的距离（像距）逐渐变大，像也逐渐变大。

［教师］为便于学生记忆，把以上规律编成顺口溜：1倍焦距分虚实，2倍焦距分大小，物近像远像变大。

方案2

学生分组进行如图5-8所示的实验，要求学生至少观察3至4个放大的像和3至4个缩小的像，并将观察到的像的大小（参考光屏上的刻度）、正倒、像距和物距等信息记录在表格中。依据表格中的记录，用不同颜色的笔将放大和缩小的像以及对应的物画在统一规格的透明胶片上。教师将各组的胶片收集、叠加到一起并通过幻灯机投影到屏幕上，可以看到：用不同颜色标记的物和像清晰地分布于凸透镜两侧主光轴上的不同区域内，不同颜色的标记之间没有重叠。然后引导学生根据这一结果归纳出凸透镜成像的规律。

由于课堂时间有限，单组同学所收集的实验数据有限，据此难以全面准确地归纳出科学规律。利用透明胶片（或是其他透明的、易于标记的材料），可将各组有限的数据整合到一起，形象地展现出来，有利于学生快速、准确地找出规律。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 照相机利用了物距大于2倍焦距时物体通过凸透镜成缩小、倒立的实像的规律；投影仪利用了物距大于1倍焦距小于2倍焦距时物体通过凸透镜成放大、倒立的实像的规律；放大镜利用了物距小于1倍焦距时物体通过凸透镜成放大、正立的虚像的规律。

2. 装水的玻璃瓶相当于一个柱面透镜。当铅笔由靠近玻璃瓶的位置向远处慢慢移动时，透过玻璃瓶会看到铅笔尖逐渐变长，到某一位置时，铅笔尖突然改变方向。

如果用凸透镜做实验，当铅笔由靠近凸透镜的位置向远处慢慢移动时，透过凸透镜会看到铅笔逐渐变大，而形状保持不变，到某一位置时，铅笔尖也会突然改变方向。实验中开始看到的是虚像，而“改变方向”后的像为实像。没有光屏的情况下，光线透过凸透镜会聚成实像，继续向前传播射入眼中，光是从实像的位置发出的，就如同看实际物体一样。实像不用光屏也能看到。

3. “傻瓜相机”也有光圈和快门，只不过它们都安装在机身里面，“傻瓜相机”内部增加了一些电子、机械设备，可以根据光线的明暗程度自动调整光圈、快门，不需要人工调节；“傻瓜相机”能自动聚焦，不需要手动调焦。

4. 光屏应向左移动。

5. 没有手指的像也没有手指的影子。因为手指遮挡了凸透镜的一部分，但是折射光线仍可以到达光屏上，只是这时所成的像会暗一点。

6. 小丽应向远离天安门的方向移动，以增大物距，使所成的像变小，这样就可以拍摄到天安门城楼的全景。

（四）补充练习

1. 在探究凸透镜成像规律的实验中，我们发现（　　）

A. 放大的像都是虚像

B. 实像都是缩小的

C. 倒立的像都是缩小的

D. 缩小的像都是倒立的

答案：D

2. 用镜头焦距为25 mm的照相机拍摄人像时，人与照相机镜头的距离应该（　　）

A. 超过50 mm　　B. 正好50 mm

C. 在25 mm与50 mm之间　　D. 小于25 mm

答案：A

3. 研究凸透镜成像情况的实验结果表明：当把物体放在2倍焦距以外时，成像时像距v的范围是_____；当把物体放在焦距和2倍焦距之间时，成像时像距v的范围是_____。

答案：$f<v<2f$；$v>2f$

4. 屏幕上有一个由某凸透镜所成的清晰明亮的实像，若用黑纸把该凸透镜的上半部挡住，则屏幕上的像将会发生的变化是（　　）

A. 亮度不变，上半部消失只有下半部的像

B. 亮度不变，下半部消失只有上半部的像

C. 亮度变暗，仍能成完整的像

D. 亮度变暗，只有上半部的像

答案：C

5. 将物体放在凸透镜前适当位置时能在屏上得到一个清晰的像，这时如果把屏拿开，则（　　）

A. 像还存在，但眼睛看不到

B. 像还存在，眼睛从各个方向都能看得到

C. 像还存在，但眼睛只能在一定范围内看到

D. 像不存在

答案：C

6. 图5-10所示为探究凸透镜成像规律的实验。

（1）实验器材有凸透镜、蜡烛、刻度尺、火柴、粉笔，还需_____。

（2）在实验过程中，要使凸透镜的中心、烛焰的中心、_____的中心，在_____上，其目的是_____。

（3）成实像时，若物距增大，像变_____，像距_____。

（4）当蜡烛在图5-10中_____点时，在透镜右边的光屏上能承接到清晰缩小的像。_____就是利用此成像特点制成的。

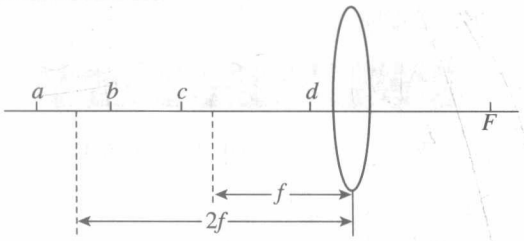


图5-10

答案：（1）光屏；（2）光屏、同一水平直线、使烛焰的像在光屏的中央；（3）小、变小；（4）*a*、照相机。

7. 在探究凸透镜成像规律的实验中，应使烛焰、凸透镜、光屏的中心大致在_____。已知所用凸透镜的焦距为10 cm。小文同学的实验数据见表5-3，请填出空格处的内容。

表5-3　小文同学的实验数据表

次数	物体到凸透镜的距离/cm	像到凸透镜的距离/cm	像的大小	像的正倒
1	30	15	缩小	
2	20	20		倒
3	14	35	放大	倒
4	10	/		/
5	8	/	放大	

答案：（1）同一水平直线上；（2）小文同学的实验数据见表5-4。

表5-4

次数	物体到凸透镜的距离/cm	像到凸透镜的距离/cm	像的大小	像的正倒
1	30	15	缩小	倒
2	20	20	等大	倒
3	14	35	放大	倒
4	10	不能成像	/	/
5	8	/	放大	正

第4节　眼睛和眼镜

（一）教学目标

1. 了解眼睛的构造，知道眼睛是怎样看见物体的。

2. 通过了解晶状体的调节过程，知道人眼观察远处和近处物体都能看清楚的原因。

3. 通过分析近视和远视形成的原因，了解眼镜是怎样矫正视力的，体会科学技术与日常生活的密切联系。

4. 知道用眼常识，并形成爱护眼睛的意识。

（二）教材分析与教学建议

眼睛是人体最重要的器官之一，它是一个相当复杂的天然光学仪器，从结构上看，眼球非常类似于照相机。

用“蒙眼取物”“蒙眼走路”“双目对视”等简单的游戏创设情景，引起学生的学习兴趣。通过本课的学习，学生应了解眼睛的结构，知道晶状体的形状对观察景物的影响。通过对近视眼、远视眼成因的研究和矫正方法的讨论，提高学生探索知识的能力。

1. 眼睛

眼睛的教学应紧紧围绕凸透镜的成像特点来开展，按照教材中的图5.4-1或利用教学挂图讲解眼睛的构造、成像原理，并把它与照相机作比较。

先介绍眼睛的构造，让学生了解眼睛是怎样观察物体的。眼球相当于一架照相机，晶状体和角膜的共同作用相当于一个凸透镜，把来自物体的光会聚到视网膜上，形成物体的像。接着可以问学生：用凸透镜使距离不同的物体成像，像与透镜之间的距离会不同。而用眼睛看远近不同的物体时，像都成在视网膜上，即像与透镜之间的距离不变，这不是与透镜成像规律有矛盾吗？这样就引出了眼睛的调节作用。由凸透镜成像规律可知，像距是随物距的变化而变化的。视力正常的人看远近不同的物体（物距不同），都可以看得很清楚，而晶状体到视网膜的距离并没有较大的改变，这是怎么回事呢？原来，眼睛是通过睫状体来改变晶状体的凹凸程度，从而改变晶状体的折光能力的。当睫状体放松时，晶状体凹凸程度小，远处物体射来的光（近似平行光）刚好会聚在视网膜上，人们可以看清远处的物体；当睫状体收缩时，晶状体凹凸程度变大，对光的偏折能力变大，近处物体射来的光（非平行光）照样能会聚在视网膜上，人们就可以看清近处的物体。

教学片段　眼睛的成像机理

［教师］引入：闭上眼睛，我们什么都看不见。眼睛是我们心灵的窗户，它像一架照相机，不断把五彩缤纷的世界告诉我们。我们每个人都有一双明亮的眼睛，用来

观察周围的事物，获得信息。眼睛是如何看到物体的呢？

实验演示：将蜡烛、凸透镜和光屏安置在光具座上。将蜡烛位置固定，调节凸透镜和光屏的位置，让蜡烛通过透镜在光屏上成一个清晰的像。启发学生思考。

［学生］思考后回答：蜡烛为被观察的物体，凸透镜代表晶状体和角膜，光屏代表视网膜。眼睛之所以能看到物体，是因为物体的光通过晶状体和角膜折射后，在视网膜上成像。

［教师］启发：正常的眼睛既能看清远处景物，也能看清近处的物体，这是怎么实现的呢？

实验演示：用焦距比原来小的较厚凸透镜替换原来的凸透镜，观察光屏上像的情况，前后移动光屏，找到能成清晰像的位置。启发学生思考。

［教师］实验演示：观察简易变焦凸透镜成像的情况。

在洁净的医用采血袋（或透明度好的小塑料袋）内注入一定量的水，通过拉抻采血袋来改变焦距，可以演示睫状体对晶状体调节的过程。然后用此简易变焦凸透镜进行成像实验。

讲过眼睛的调节作用后，进一步向学生提出由于生理上的原因，有些人单靠自身眼睛的调节已不能使像成在视网膜上。这样就引出了视力缺陷及其矫正的问题。

2. 近视眼、远视眼的成因

如果长期不注意用眼卫生，会造成晶状体变厚，焦距变小，折光能力增强。而睫状体疲劳过度，调节能力降低，这时像只能成在视网膜前方，在视网膜上形成的是模糊不清的光斑，这样就形成了近视眼。当晶状体变薄，焦距变大时，折光能力减弱。睫状体不能自行调节，像成在视网膜后方，在视网膜上形成的也是模糊不清的光斑，这样就形成了远视眼。

近视眼可用凹透镜矫正，因为凹透镜能使光发散。远视眼可用凸透镜矫正，因为凸透镜能使光会聚。经矫正后，光会聚在视网膜上，得到清晰的像。可以再一次让学生仔细观察近视镜片和远视镜片，看看有什么不同；度数深的眼镜与度数浅的眼镜镜片有什么不同。

教学片段　近视眼和远视眼的矫正

［教师］引入：对近视眼患者而言，用什么方法可使物体在视网膜上成清晰的像？

［学生］思考后回答：由于晶状体太厚，折光能力变强，因此来自远处某点的光会聚在视网膜前。在光通过晶状体之前，先通过一个凹透镜，使光适当发散，再到达视网膜时就可以会聚成清晰的像了。

［教师］演示：用焦距比原来小的较厚凸透镜替换原来的凸透镜，观察光屏上像的情况，保持光屏位置不变，在凸透镜前加一个合适的凹透镜，在光屏上能成清晰的像。

［教师］提问：对远视眼患者而言，用什么方法可使物体在视网膜上成清晰的像？

［学生］思考后回答：远视是由于晶状体变得扁平，折光能力减弱，因此来自远处某点的光会聚在视网膜后而形成的。在光通过晶状体之前，先通过一个凸透镜，使光适当会聚，再到达视网膜时就可以会聚成清晰的像了。

［教师］演示：用焦距比原来大的较薄凸透镜替换原来的凸透镜，观察光屏上像的情况。保持光屏位置不变，在凸透镜前加一个合适的凸透镜，光屏上能观察到清晰的像。



图5-11

［教师］总结：从以上实验结果可知，近视患者应戴凹透镜，远视患者应戴凸透镜。如图5-11，这副眼镜是近视眼镜，还是远视眼镜？请说出你的判断依据。

让学生自己阅读“科学世界”的内容。教师也可以简单介绍一下，眼镜度数越深，说明眼镜镜片焦距越短。教学时还可以补充下面的阅读材料：

据专家介绍，12~18岁是青少年近视的高发期，主要原因如下：学生学习负担过重，近距离用眼时间过长，加上用眼时不注意姿势或休息，甚至熬夜读书，对眼睛的损害较大，时间长了就容易形成近视眼。随着电子游戏机的盛行、计算机的普及，长时间玩游戏机、上网、看电视等也是导致中小学生近视发生的重要原因。视野的开阔与否也会影响青少年的视力。根据调查发现，住房密集、视野较差的老城区青少年的近视率是新城区的一倍。另有研究表明，日常人们使用的交流电光源的低频频闪对人的眼睛也有较强的刺激伤害，长时间在这种光源下看书、学习、工作会造成眼干、眼痛、错觉和眼疲劳等。

结合上述短文内容，让学生针对自己的实际，提出改善视力、预防近视的建议和方法，并与同桌交流。将建议和交流的心得记录下来。或提出问题让学生思考：作为青少年，你知道哪些防治近视的有效方法？为预防近视，在饮食方面应注意什么？

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 保持物体到眼睛的距离为25 cm，此时正常眼睛观察物体最清晰而又不易疲劳；在光线适度处读书、学习；用眼时间不宜过长；认真做眼保健操等。

2. 前；凹；深。

3. 近视镜片中间薄、边缘厚，是凹透镜；远视镜片中间厚、边缘薄，是凸透镜。度数深的眼镜镜片弯曲得较多，度数浅的眼镜镜片相对较平。

4. 发散；凹；前方；远视。

（四）补充练习

1. 人眼的晶状体和角膜的共同作用相当于一个_____，视网膜相当于_____。矫正近视眼应戴_____透镜。

答案：凸透镜；光屏；凹

2. 小刚由于不注意用眼卫生成了近视眼，不得不戴上近视镜进行视力矫正。近视镜

是用_____制成的。他爷爷看书、读报时戴的眼镜是老花镜，是用_____制成的。

答案：凹透镜；凸透镜

3. 图5-12分别画出了眼睛看远处和近处景物的光路图。其中，图____描述了近视眼看远处景物时的成像情况，图____描述了远视眼看近处景物时的成像情况。

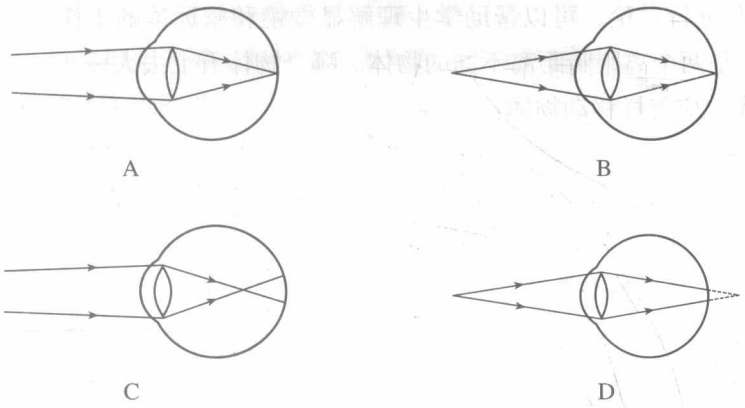


图5-12

答案：C; D

4. 来自近处某点的光经眼球折射后，成像情况如图5-13所示。根据该光路图可知，这个人在看近处物体时（　　）

A. 应该戴远视镜

B. 不用戴眼镜

C. 应该戴近视镜

答案：A

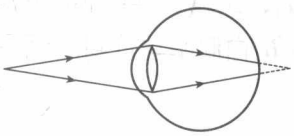


图5-13

第5节　显微镜和望远镜

（一）教学目标

1. 了解显微镜、望远镜的基本结构。

2. 尝试应用已学的透镜成像知识来解释物理现象，获得初步的问题解决能力。

3. 了解望远镜和显微镜的发展历程，关注人类探索宇宙的重大活动，体会科学技术对社会发展和人类生活的影响。

（二）教材分析与教学建议

显微镜和望远镜是光学仪器研究和使用过程中的一个飞跃，它使人类对微观世界和广阔的宇宙空间有了更加深入的了解。

这一节内容在课程标准中没有具体要求，它是前面所学凸透镜成像知识的扩展。学习显微镜和望远镜的知识，可让学生加深对凸透镜成像原理的理解，了解科学知识的应用，提高自身的科学素养。

1. 视角

对于视角问题进行讨论，可以帮助学生理解显微镜和望远镜的工作原理。如图5-14所示，A_1B_1、A_2B_2是两个离眼睛距离不同的物体。哪个物体看上去大一些？若要使A_1B_1和A_2B_2看上去一样大，应怎样移动物体？



图5-14

我们感觉到的物体的大小取决于物体对我们眼睛所成视角的大小。分别从A_1B_1和A_2B_2向眼睛引两条光线，可见物体A_2B_2对眼睛所成的视角α_2大于物体A_1B_1对眼睛所成的视角α_1，所以人感觉到物体A_2B_2较大而物体A_1B_1较小。欲使两物体看上去一样大，可把物体A_1B_1向眼睛移近到$A_1'B_1'$或把物体A_2B_2移远到$A_2'B_2'$（图5-15）。

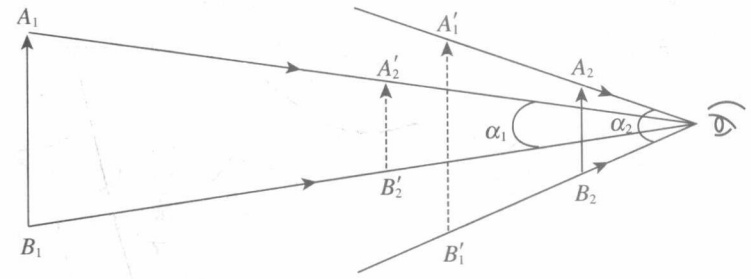


图5-15

2. 显微镜

（1）讲显微镜之前，可以先复习一下放大镜。用放大镜可以看清书本上的小字等较小的物体，要想看细胞等更小的物体，用一个放大镜就无能为力了，这样就引入了显微镜的教学。

从凸透镜成像规律知道，凸透镜能使物体成放大的实像，又能成放大的虚像，进而引导学生去思考：先用一个凸透镜使物体成一放大的实像，然后再用另一个凸透镜把这个实像再一次放大，就能看清很微小的物体了，这就是显微镜的原理。

教学时可以在投影片上画一小物体，先让学生仔细观察投影片画面上的这个物体，再把投影片放到投影仪上，让学生观察屏幕画面上的这个物体，然后让学生拿着放大镜再去

观察这个物体。说明这就是显微镜的原理，显微镜是利用两个凸透镜放大作用的组合制成的。这里可以让学生讲一讲感受。

按照教材中的图5.5-1介绍显微镜的结构。特别要强调两个透镜的组合作用，培养学生综合运用所学知识的能力。

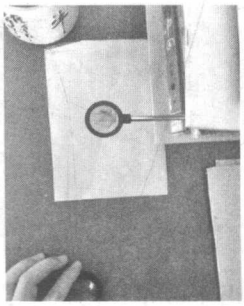
为了使学生理解显微镜的构造和工作原理，教材在“动手动脑学物理”栏目中，让学生自己动手做一个模拟显微镜。教材中的图5.5-8是它的结构。

（2）显微镜的教学也可以利用故事引入。

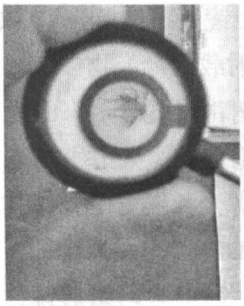
为什么通过显微镜可以观察到物体的细小部分呢？显微镜真神奇，它可以把物体放大几十倍、几百倍，它可以向我们展示一个肉眼所见不到的神秘世界。然而，这一种神秘仪器竟然是一个小男孩无意间发明的。那是400多年前的事了。荷兰的詹森是一个13岁的男孩，爸爸是一个眼镜制造商，他经常把眼镜片摆弄来、摆弄去。一天，他正在玩镜片，心想：一个镜片可以使物体放大一些，那两个镜片摞在一起会怎样？于是他一手拿一个凸透镜片把它们重叠在一起，看地板上的花纹。当他的手上下移动时，那地板上的花纹便忽大忽小，他把镜片的距离固定，花纹一下变得又粗又大。詹森拿着镜片跑到花园里，看到树叶上有一个小甲壳虫。他把两个镜片拉开距离一看，哟，小甲虫简直成了一只小鸡！詹森兴奋地将爸爸叫来观看，爸爸也被这种神奇的现象惊呆了。于是爸爸帮詹森用铁片做了一粗一细两个圆筒，把两个凸透镜片分别固定在两个圆筒上，小圆筒插入大圆筒并可以自由滑动，从而调整两个镜片间的距离。世界上最早的显微镜就这样诞生了，尽管它还十分简陋，放大的倍率还不高，但这在历史上具有划时代的意义。

教学片段　显微镜教学的引入

［教师］展示一个极小的物体（比如蚊子），让学生猜测是什么物体。再通过一个凸透镜观察，呈现出一只蚊子的清晰放大的像（图5-16甲）。



甲



乙

图5-16

［教师］引导：一只凸透镜可以将一只小小的蚊子“变”得如此之大。普通放大镜只能将物体放大几倍到几十倍，放大能力有限。我们希望能看到更加微小的物体，谁有什么好办法？

［学生］提出方案：再用一个凸透镜去观察那个放大的像，在一次放大的基础上

将像再放大一次（图5-16乙）。

［教师］继续发问：对，也就是两次放大。同学们手里有两个凸透镜，怎样搭配才能实现两次放大的效果？

［学生］尝试操作。

［教师］引导：这就是自制简易显微镜了（图5-16乙），继续实验，你还有什么发现？

3. 望远镜

（1）学过显微镜之后，学生知道了利用两个透镜的组合，可以制成显微镜。显微镜的物镜距离要观察的物体较近，使物体成一放大的实像。如果利用物镜使远处的物体成一缩小的实像，这个实像再经过目镜放大，就能看清楚较远处的物体，这就是望远镜。

（2）按照教材中的图5.5-3介绍望远镜的结构。利用望远镜能看清楚远处的物体，主要是由于望远镜物镜的直径比眼睛的瞳孔要大得多，它可以收集更多的光，使远处的物体看起来更明亮。对于视角的问题，只作简要的介绍，让学生知道有这么一个概念就可以了，不要求学生完全理解。主要还是要强调两个透镜的组合作用。

（3）教材中主要介绍了开普勒望远镜。可以向学生介绍其他类型的望远镜，使学生了解人类利用望远镜探索太阳系及宇宙的历程，扩大学生的视野。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 略。

2. 略。

（四）补充练习

1. 显微镜最下端反光镜的作用是（　　）

A. 反射载物片上物体发出的光

B. 反射由目镜处射来的光

C. 反射由物镜处射来的光

D. 反射光源发出的光使其会聚在被观测物上

答案：D

2. 望远镜中有两组透镜，每组透镜的作用都相当于一个_____，靠近眼睛的透镜叫_____，靠近被观察物体的透镜叫_____。

答案：凸透镜；目镜；物镜

3. 第一个用望远镜观测天体的科学家是_____。

答案：伽利略

四、教学资源

（一）实验天地

1. 自制照相机模型

（1）实验目的

通过自制照相机模型，帮助学生了解凸透镜成像的特点。提高学生的动手能力，激发学习兴趣。

（2）实验器材

圆筒、凸透镜、透明胶带、剪刀、双面胶、半透明膜。

（3）实验步骤

①将一个圆筒去掉底部，换之以凸透镜，并用透明胶带固定。

②将另一个圆筒也去掉底部，并纵向剪开，裁掉一条，再粘成一个新圆筒，口径比原来略小，以便插入另一个圆筒。

③在细圆筒的底部，绷上一层半透明膜，并用双面胶固定好，插到另一个筒内，就可以观察了。

精选材料，可以制作更好的作品（图5-17）。

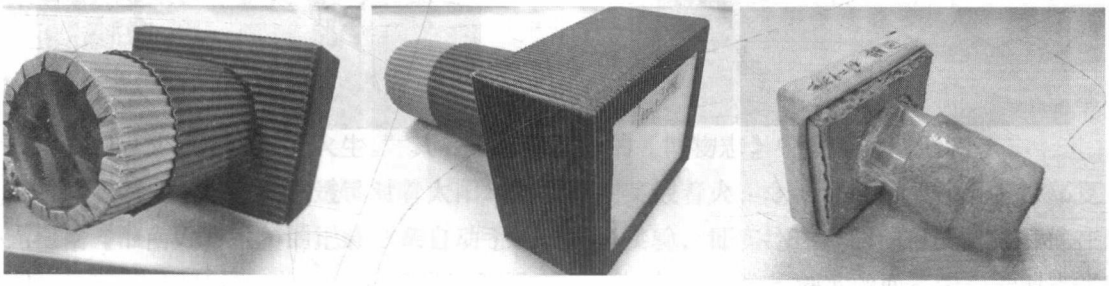


图5-17　照相机模型

2. 透镜组合实验

选择一组透镜（图5-18甲），在透镜背部贴上磁贴（以便在磁性黑板上使用），可以演示多个光学实验。

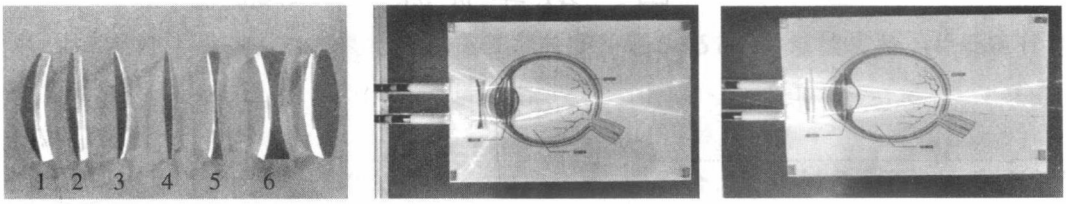
①演示透镜对光的会聚或发散作用。

②演示近视眼的成因及矫正。

在黑板上画上人眼的简单结构图，利用2、3号透镜组合成一个较厚的透镜来演示近

视眼，在组合透镜前放5号透镜可以用来演示近视眼的矫正（图5-18乙）。

在黑板上画上人眼的简单结构图，利用2号（较薄）透镜来演示远视眼，在2号透镜前放1号透镜可以进行远视眼的矫正（图5-18丙）。



甲　　乙　　丙

图5-18

3. 演示眼睛的调节

在一张白纸上画一幅眼睛的示意图，在晶状体的位置放一块柱状透镜，用两束平行激光照在透镜上面（图5-19），作为眼睛的模型。在近视眼睛模型前面放一块焦距合适的凹透镜，可以演示近视眼的调节机理（图5-20甲）；在远视眼睛模型前面放一块焦距合适的凸透镜，可以演示远视眼的调节机理（图5-20乙）。

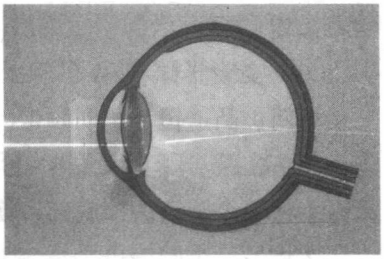
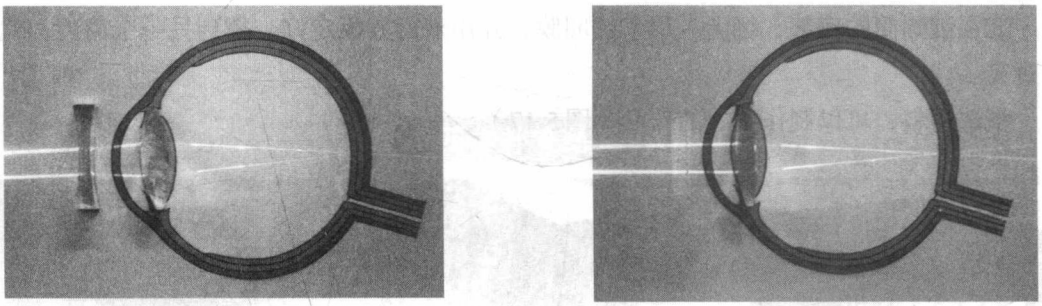


图5-19



甲　　乙

图5-20

4. 测量近点

让学生做下面的实验。

两眼盯着教材，观察教材上的字（或图片），把教材慢慢移近你的眼睛，你发现了什么？当眼睛看不清教材上的字时，估测这时眼睛到教材的距离。利用学过的物理知识，解释你观察到的现象。

照相时，照相机镜头与被拍摄物体的距离不能太近，让学生说一说这是什么原因。

（二）物理史话

1. 伽利略的天文发现

第一架望远镜是荷兰制造眼镜的工匠李普希发明制造的，他在1608年申请了这种仪器的专利。1608年年底，伽利略第一次见到望远镜。他很快就意识到天文观测最需要的是高倍望远镜。1609年年底，伽利略制造出一架40倍的望远镜，并首先把它用作一种科学仪器。

伽利略用望远镜作出的最重要的发现是，木星周围有四颗卫星围绕它转动（目前发现的已远不止四颗）。他在1610年1月7日看到其中的三颗卫星，几天以后看到了第四颗。这一发现令人震惊，因为当时人们普遍认为宇宙中只有地球有卫星。在伽利略看来，木星及其卫星组成的体系，同哥白尼所构想的太阳系十分类似。

伽利略所作出的另一项重要的天文学发现，是他在1610年10月第一次观察到太阳黑子。通过对太阳黑子的研究表明：黑子处于太阳本身之上，而不是由于黑暗物体在太阳附近围绕它旋转的缘故；太阳一定围绕它的轴在转动，可以通过黑子的运动确定太阳的自转周期。

此外，伽利略还清晰地看到月亮像地球一样也有山谷（而不是如亚里士多德和托勒密所说的那样平滑），他甚至根据月球上山的阴影长度估计出它们的高度。至于从望远镜看到的恒星数目，更是远远多于肉眼所看到的。例如，伽利略在昴星团中数出了四十颗恒星，而他用肉眼只能看见其中六颗。

使用简单的望远镜，依靠单独研究，伽利略让人们很好地认识了太阳系、星系和浩瀚的宇宙。他制作的望远镜使人们观察到以前难以观察到的太空景象，加深了人们对宇宙的认识。

2. 我国历史上的冰透镜

早在我国西汉时期成书的《淮南万毕术》中就有关于冰透镜的记载："削冰令圆，举以向日，以艾承其影，则火生。"其后，晋朝张华的《博物志》中也有类似记载。

冰遇阳光会熔化，冰透镜对着太阳却能聚光使艾绒着火，令人怀疑。清代科学家郑复光根据《淮南万毕术》的记载，亲自动手做过一些实验，证实冰透镜的确可以取火。他在"镜镜冷痴"中写道：将一只底部微凹的锡壶，内装沸水，用壶在冰面上旋转，可制成光滑的冰透镜，利用它聚集日光，可使纸点燃。

（三）物理广角

1. 透镜

（1）由透明材料（如玻璃、水晶、透明塑料等）制成的两个折射面都是球面，或一面是球面另一面是平面的透明体，叫做透镜。透镜是一种重要的光学元件。折射面也有制成抛物面或圆柱面等非球面的。

透镜可分为凸透镜和凹透镜两大类。凸透镜和凹透镜按其构造的不同又分为：双凸、平凸、凹凸和双凹、平凹、凸凹各三种类型。在中学里讨论的只限于薄透镜。

有关透镜的一些其他（教材内容外）名词如下。

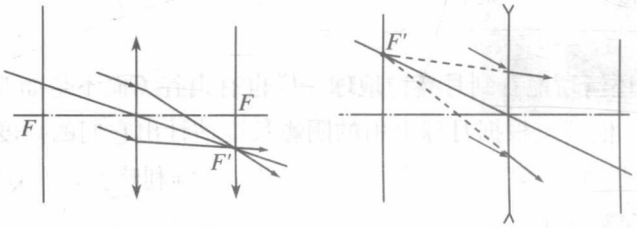
副光轴：除主光轴外通过光心的其他直线叫副光轴。

近轴光线：一般使用透镜时，物体都在主光轴附近，入射光线的入射角很小，这样的光线叫近轴光线。

副焦点：如图5-21甲所示，跟主光轴夹角不大的副光轴的平行光线，经透镜折射后会聚（或发散，其反向延长线会聚）于该副光轴上的一点F'，这个点叫透镜的一个副焦点。

焦平面：通过透镜主焦点并与主光轴垂直的平面，叫做焦平面。每个透镜都有两个焦平面。

虚焦点：通常把凹透镜的焦点叫做虚焦点，如图5-21乙所示。它不是折射光线的交点，而是折射光线的反向延长线的交点。为了区别焦点的实虚，一般凸透镜的焦距取正值，凹透镜的焦距取负值。



甲　凸透镜　　乙　凹透镜

图5-21

焦度：透镜焦距f能表示它会聚光线（凸透镜）或发散光线（凹透镜）本领的大小。焦距越小，这种本领越大，所以用f的倒数表示透镜的这种折光本领，叫做透镜的焦度D，$D=\frac{1}{f}$。式中f的单位用米，则D的单位是屈光度。

凸透镜f取正值，所以D为正值。

凹透镜f取负值，所以D为负值。

眼镜的度数等于D（屈光度）乘以100。

2. 微型手电筒为什么不用回光碗

一般手电筒都有回光碗。回光碗相当于一面凹面镜，它有聚光焦点。当光源在焦点上时，光就会被强烈地反射出来，形成平行光，这样手电筒的光就亮一些。然而，笔形电筒、打火机形电筒等微型电筒并没有回光碗，发出来的光却也能集中。这是什么道理呢？

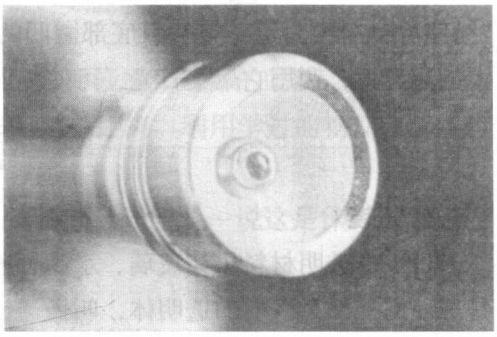


图5-22

原来，微型电筒使用的电珠和普通电筒的电珠不同，它的尖端玻璃很厚，呈半圆形，恰好是一个凸透镜，能起聚光作用（图5-22），所以不用回光碗也能使手电筒发出的光集中。

3. 照相机简介

（1）镜头

由于单个凸透镜在成像中存在着严重的像差问题（包括球差和色差等），因此实际照相机的镜头是由透镜组构成，它起着校正像差的作用。图5-23就是一种照相机的镜头，它由前后两个会聚透镜及中间一个发散透镜构成。

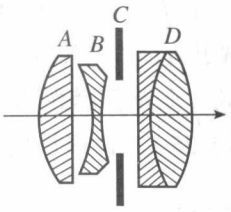


图5-23

A、D：会聚透镜组；B：发散透镜；C：光圈

由于镜头在照相机中有着重要作用，所以要特别用心保护，注意防潮、防晒、防高温、防碰撞、防灰尘、防油气、防污垢，同时切忌用手指或其他物体接触镜面。每次使用后，应立即用镜头盖盖好，并使镜头对焦到无限远处（让镜头收进去）。如镜面有一些浮尘，可用干净柔软的毛笔轻轻拂去灰尘。如需要清洁镜头，应用干净的擦镜头纸或用干净的专用麂皮轻轻地从镜头中心起转圈向边缘擦拭，擦拭的次数越少越好，以免镜头受伤。

（2）光圈

光圈的作用是调节镜头的通光量。现代的光圈，都是由许多叶瓣组成的。只要转动调节圈，即可使叶瓣均匀地开合，呈现出不同的光圈孔径（图5-24）。这种光圈装在镜头的两个透镜组的中间。

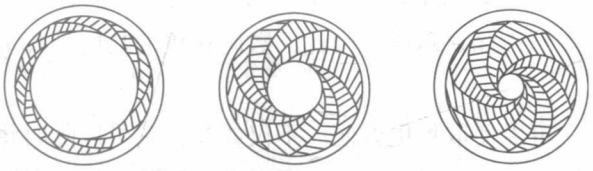


图5-24　光圈

镜头成像的亮度不但跟光圈孔径有关系，而且跟镜头的焦距有关系。因此，镜头的通光量不能用光圈孔径表示，而要用光圈的相对孔径表示。光圈的相对孔径等于光圈的直径与镜头的焦距之比。

一般照相机上光圈的相对孔径选取的数值分别为：$\frac{1}{2}$、$\frac{1}{2.8}$、$\frac{1}{4}$、$\frac{1}{5.6}$、$\frac{1}{8}$、$\frac{1}{11}$、$\frac{1}{16}$、$\frac{1}{22}$等。相对孔径在相机镜头上通常用2、2.8、4、5.6、8、11、16、22等数字表示出来，这些数字只表示出相对孔径的分母，因分子总是1，故略去不写了。因为分母的数值越大，就表示相对孔径越小，所以照相机镜头的光圈环上的数值越大，通光量越小。前面一个数字的通光量是后面一个数字的2倍。

（3）快门

小型照相机的快门，一般可分为叶片式和卷帘式两种。叶片式快门是用3片或5片极薄的金属片制成，装在镜头前后两组透镜中间，叫做镜间快门。快门的速度有$1\sim\frac{1}{200}$ s的，也有$1\sim\frac{1}{500}$ s的。

卷帘式快门装在机身后部，接近于底片平面，叫做焦平面快门。卷帘用坚实的胶质绸或金属帘片制成。在调节曝光速度时，它的进光口能改变宽窄（图5-25）。卷帘快门的速度比叶片式更高，可达$\frac{1}{4\,000}$ s。

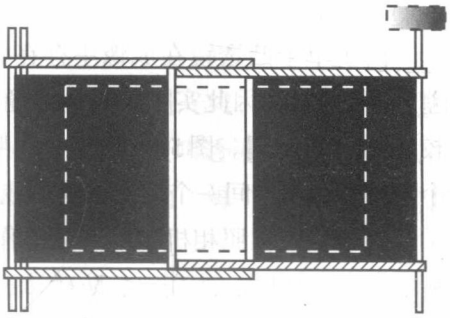


图5-25　卷帘式快门

4. 数码照相机

传统照相机是运用化学方法将影像记录在卤化银胶片上，再经过暗室冲洗和印、扩等复杂的操作，才能得到照片。

数码相机用电荷耦合器件作为图像传感器替代胶片，能把光信号变成电信号，通过模数转换器转变成数字信号。因此，这是一种数字影像。数字信号经压缩由相机内部存储器或内置硬盘来保存。这样，数码相机可以轻而易举地把图像数据传输给计算机，借助于计算机的处理手段，还原成图像，并根据需要修改图像。

目前，数码冲印店都能把存储在磁盘上的照片冲印成普通相片，其价格与传统的相片大致相当。

数码相机除了保留传统相机的取景装置、曝光装置、镜头、快门、自拍定时器之外，还增加了数字程序装置和液晶显示屏。因此，数码相机的功能选择大多可以在液晶显示屏上运用菜单实现。

利用液晶显示屏，可以使取景更方便。不仅如此，它可以随时将拍摄的影像重现在显示屏上，立刻看到拍摄的效果，对不满意的可以立即删除。拍摄者可以对某一场景重复拍摄，直到满意为止，不必像传统摄影那样担心浪费大量的胶卷。

数码相机的重要指标是图像传感器的像素。一般而言，传统35 mm胶片解析度相当于1 800万像素。目前高端数码相机的像素已超过这一数值。

5. 照相机的自动对焦

高档相机大多采用超声波或红外线自动对焦。

超声波自动对焦是由照相机本身发出超声波，然后接收从被摄体返回的声波信号，照相机根据返回时间的长短，计算出被摄体的距离，由机内的微型马达驱动镜头前后伸缩完成自动对焦。

红外线自动对焦，是由照相机向外发射红外线、再接收从被摄体反射回的红外线。照相机内的电子线路把光信号转变为电信号，再根据处理后的信息发出指令，借助照相机的

驱动装置使镜头伸缩，完成自动对焦。

6. 眼睛

由于几何光学仪器都是人眼功能的扩展，为了深入了解各类光学仪器，有必要从几何光学的角度了解一下人眼的构造。

人眼的构造　人的眼球略呈球状，直径约为2.5 cm，其断面如教材中的图5.4-1所示。眼球的前面覆盖着透明的角膜，它是光线进入眼睛的门户，其功能是保护晶状体并使进入眼睛的光线折射。眼球内部的晶状体的形状如双凸透镜，支承在睫状体上，它把眼球分为前后两室。前室充满透明的水状液体，称为水状液；后室充满透明的糊状液体，称为玻璃状液。

从景物来的光线射入眼睛，经过角膜、水状液、晶状体及玻璃状液的一连串折射到视网膜上，在视网膜上形成一个倒立的实像，由视觉神经将实像的信息传递到大脑，大脑便产生正立的视觉效果。

在晶状体的前面还有一层叫做虹膜的薄膜，薄膜并不完全遮盖晶状体，而是四周遮盖，中间部分裸露，形成一个能通过光的小孔——瞳孔。瞳孔的大小可以调节，以便使眼睛适应强弱不同的光。在较强的光线环境下，瞳孔收缩，使进入眼内的光线减少；光线弱时，瞳孔扩张，使进入眼内的光线增多。

眼睛的调节　眼睛能使物距不同的物体都可以成像在像距不变的视网膜上，是因为眼睛可以通过睫状体的收缩来改变晶状体的凸起程度，使得不同距离的物体都能在视网膜上成清晰倒立的实像。眼睛的这种自动调节能力称为视觉调节。看近物时，睫状体会收缩，使晶状体前端凸出，焦距减小；看远景时，睫状体放松，使晶状体前端呈扁平状，焦距增大。

眼睛的调节是有限度的。晶状体变得最扁时，眼睛能看到的最远点，叫做眼睛的远点。正常眼睛的远点在无限远处，即从无限远处的物体射入眼睛的平行光，恰好能成像在视网膜上。晶状体变得最凸时，眼睛能看到的最近点，叫做眼睛的近点。正常眼睛的近点约在离眼睛10 cm的地方。所以靠眼睛自身的调节能看清的范围是从离眼睛10 cm到无限远处。在合适的照明条件下，正常的眼睛看距离眼睛25 cm远的物体，不容易感到疲劳，因此把距眼睛25 cm的距离叫做明视距离。

视角　在黑板上画一个等号“=”，如果两条线之间的距离很小，那么，教室里后排同学看到的可能是一个减号“-”了。这是为什么？

原来，物体能不能被看清，不仅取决于它的像能否成在视网膜上，还取决于像是否有足够的大小。如果像很小，以致物体上两点的像落在眼睛的同一个感光细胞上，那么眼睛就不能分辨它们，而把这两点看成一点。

物体在视网膜上所成的像的大小，取决于物体对眼的光心O所张的角，这个角叫做视角。由图5-26可以看出，空间两物点对人眼所张的视角越大，则这两物点在视网膜所成的像分开的距离越大，视网膜上受到刺激的感光细胞就越多，眼睛对物体的细微结构就看得

越清楚。同一个物体，离眼睛近时视角大，在视网膜上所成的像也大，离眼睛远时视角小，在视网膜上所成的像也小，这就是物体离眼睛近比离眼睛远时看得清楚的原因。人们在观察微小物体时，总是把它放在离眼睛近的地方，以增大视角，使视网膜上成的像大一些。

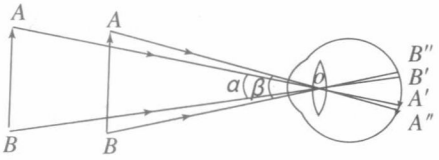


图5-26　视角

要使眼睛把物体上的两个点区分开，必须使这两个点在视网膜上的像落在不同的感光细胞上，这样，这两个点的视角就必须大于某一数值才行。实验证明，正常眼睛的这一数值约等于1′。大小约为0.1 mm的物体，在离眼睛25 cm的明视距离处，所成的视角大约就是1′。

7. 显微镜

显微镜是用来观察微小物体的光学仪器。显微镜由物镜、目镜和镜筒等部分组成，另外还有一个照明物体的聚光系统。图5-27表示显微镜系统的成像原理，L_1为物镜，L_2为目镜。

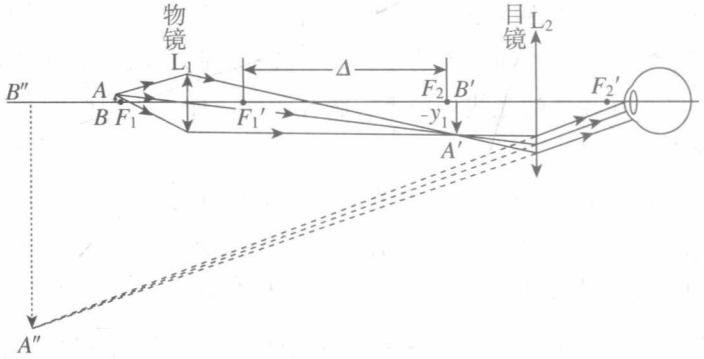


图5-27　显微镜成像原理

物体AB位于物镜焦点以外，经物镜成一个放大倒立的实像$A'B'$，这个实像位于目镜焦点之内，靠近焦点；从目镜观察时，可以看到$A'B'$的放大正立的虚像$A''B''$于明视距离（25 cm）处。显微镜的放大率为

$$M = M_o M_e = -\frac{25\,\text{cm} \times \Delta}{f_1 f_2} = -\frac{25\,\text{cm}}{f'}$$

式中25 cm是明视距离，其他长度均以厘米为单位，$M_o = -\dfrac{\Delta}{f_1}$为物镜的横向放大率，$M_e = \dfrac{25\,\text{cm}}{f_2}$为目镜的视角放大率，$f_1$、$f_2$分别为物镜、目镜的焦距，$\Delta$为光学筒长，即物镜的像方焦点到目镜的物方焦点间的距离，负号表示像是倒立的，f'为物镜与目镜的组合焦距，即显微镜相当于焦距为f'的放大镜。显微镜的物镜、目镜各由数只组成一套，它们的不同组合构成不同的放大倍率。

随着科学技术的发展，出现了各类特殊显微镜。双目立体显微镜，观察物体时有空间立体感，眼睛不易疲劳，视场较大，常用于检验、装配和修理细小精密的零件以及电子线路的焊接等工作。金相显微镜用于观察金属磨片，由于试样不透明，照明光束从上面照射

到试样上。干涉显微镜由显微镜和干涉仪组合而成，可以测量物体表面的微观不平度及透明物体的折射率不均匀性等。偏光显微镜利用偏振光的光学性质可分析和识别物质，广泛应用于矿物学、岩石学、生物学、药物学和冶金等方面。

8. 望远镜

望远镜是用来观察远处物体、能增大视角的光学仪器。第一架望远镜是荷兰制造眼镜的工匠李普希发明制造的。他在1608年申请这种仪器的专利，有关资料保存在海牙档案馆里。意大利的伽利略听到发明望远镜的消息后，立即磨制透镜，在1609年制出了更好的望远镜，并用它观察天体，发现了木星的卫星和月球表面有山和谷等。这种望远镜是用一块凸透镜做物镜，用一块凹透镜做目镜制成的，通常叫做“伽利略望远镜”。此后不久，1611年开普勒在他的光学著作中首先论述了望远镜原理，并于1615年制造出用凸透镜做目镜的望远镜。这种望远镜通常叫做“开普勒望远镜”。

伽利略望远镜的物镜和目镜间的距离较小，结构比较紧凑，并且能形成正像，可满足一般观察的需要。它的光路如图5-28所示。从远处物体射来的近乎平行的光线，进入物镜后在形成实像前，被目镜（凹透镜）折射成发散光线，这些光线进入观察者眼中，观察者可在这些光线的反向延长线的交点处看到物体的虚像（为便于长时间观察，实际上像也位于无限远处）。这种望远镜由于中间没有成实像的平面，无法在像平面处设置十字丝或带刻度的光阑，因此不能作瞄准和测量用。

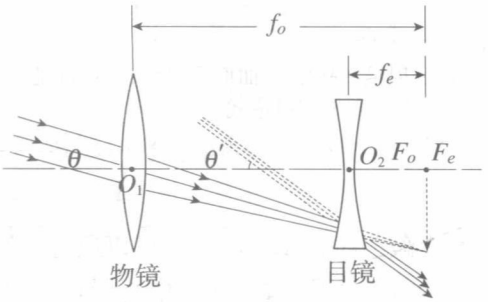


图5-28　伽利略望远镜的光路

开普勒望远镜的光路如图5-29所示。进入物镜的光线在镜后的焦平面处形成倒立的实像，从目镜可看到这实像的放大虚像（实际上，虚像也位于无限远处）。这种望远镜中有成实像的平面，可在实像平面处设置十字丝或带刻度的光阑，因此能作瞄准和测量用。

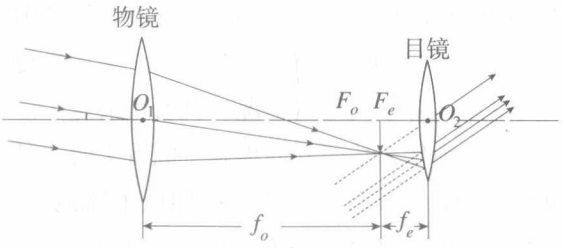
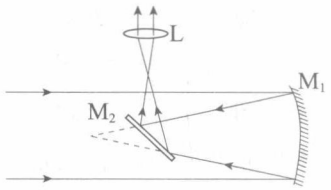


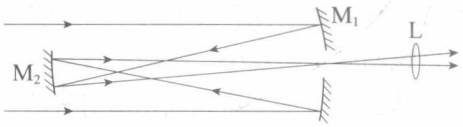
图5-29　开普勒望远镜的光路

1672年牛顿制成了反射望远镜。此后又有许多种不同形式的反射望远镜问世（图5-30）。这种望远镜的物镜是凹面镜，靠反射成像，因此叫反射望远镜。由于凹面镜的反射不产生色差，又便于校正球差，并且大孔径的反射镜比透镜容易制造，所以大孔径（2 m以上）的天文望远镜的物镜都是用反射镜制成的。



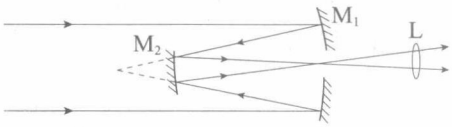
M_1：抛物面反射镜；M_2：平面镜；L：目镜

甲　牛顿式



M_1：抛物面反射镜；M_2：椭球面反射镜；L：目镜

乙　格雷戈里式



M1：抛物面反射镜；M2：双曲面反射镜；L：目镜

丙　卡塞格伦式

图5-30　反射望远镜

9. 门镜的光学原理

门镜俗称“猫眼”，当有人敲门时，屋里的人就可以通过门镜看到门外的情况，辨明来人身份。从室内通过门镜向外看，能看清门外视角约为120° 范围内的所有景象，而从门外通过门镜却无法看到室内的任何东西。若装上此镜，对于家庭的防盗和安全，能发挥一定的作用。

门镜的构造非常简单，由两片透镜组成，靠室外的是凹透镜，靠室内的是凸透镜（图5-31）。当我们从室内向外看时，物镜L_1是凹透镜，目镜L_2是凸透镜，光路见图5-32。物镜L_1的焦距极短，它将门外的人或物AB成一缩得很小的正立虚像$A'B'$，此像正好落在目镜L_2的第一焦点之内，L_2起着放大镜的作用，最后得到一个较大的正立虚像$A''B''$，此像恰又成在人眼的明视距离附近，对于门外的情况，就看得清楚了。

那么，同样通过此门镜，为什么从门外向里看（倒看）时，却什么也见不着呢？

在倒看时的光路见图5-33，L_1变成了目镜，L_2则成了物镜，室内的景物AB通过会聚透镜L_2后的折射光束本应生成倒立的实像$A'B'$，但在尚未成像之前就落到发散透镜L_1上，最后得到距目镜L_1很近的正立虚像$A''B''$。

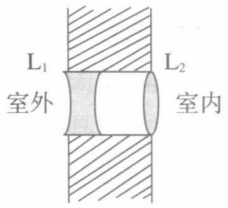


图5-31

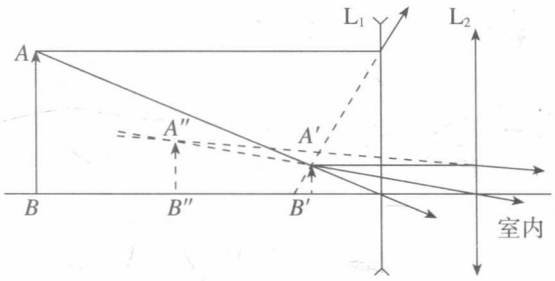


图5-32

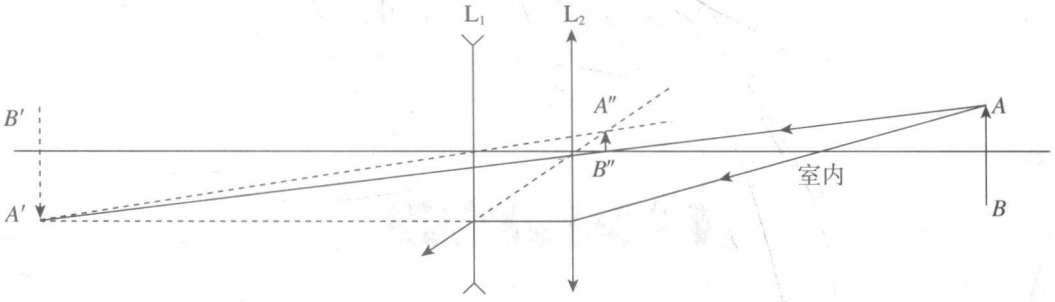


图5-33

我们可以做一简单的估算：假设门镜的凹透镜L_1的焦距约为1 cm，凸透镜L_2的焦距约为3.5 cm，两透镜间的距离约为2.1 cm（与门厚大致相等，但两镜间距离可适当调节），室内物体AB与凸透镜L_2相距1 m。运用透镜成像公式$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$，可得物体$AB$经凸透镜$L_2$后所成的像$A'B'$的像距为$v'=36$ cm，距离L_1则为1.5 cm。由于此像在未成像之前已被凹透镜发散，因此对于凹透镜L_1来说，$A'B'$是虚物，物距为$u''=-1.5$ cm。再次运用成像公式，得$A'B'$经凹透镜L_1后所成的像$A''B''$的像距为$v''=-3.0$ cm。这说明，最后所成之像$A''B''$是个虚像，成在目镜L_1的右侧3 cm处。如果人眼贴着L_1观察，那么这个像距离人眼也就只有3 cm左右，远小于人眼的近点，当然无法看清；如果人眼不贴着L_1观察，由于通光孔很小，进入人眼的外界光线将远远多于由门镜透出的室内光线，人眼同样无法看清。因此，只要室内物体经过门镜最终成像的像距小于10 cm，室外的观察者就无法通过门镜看清室内景物。

第六章
质量与密度

一、《课标》要求及课时建议

（一）《课标》要求

1.2.2　知道质量的含义。会测量固体和液体的质量。

1.2.3　通过实验，理解密度的概念。会测量固体和液体的密度。解释生活中一些与密度有关的物理现象。

1.2.4　了解人类关于物质属性的研究对日常生活和科技进步的影响。

（二）课时建议

第1节	质量	2课时
第2节	密度	2课时
第3节	测量物质的密度	1课时
第4节	密度与社会生活	1课时

二、编写意图

（一）本章概述

质量是物理学的一个基本概念。根据课程标准，本章在知识技能方面要让学生知道质量的含义，对质量概念的内涵要求很浅。关于引力质量和惯性质量的知识将在高中以后的课程中介绍，本章的“物理广角”中也有关于这方面的介绍。

教材首先通过举例，让学生认识到世界是由物质组成的。通过让学生思考组成物体的

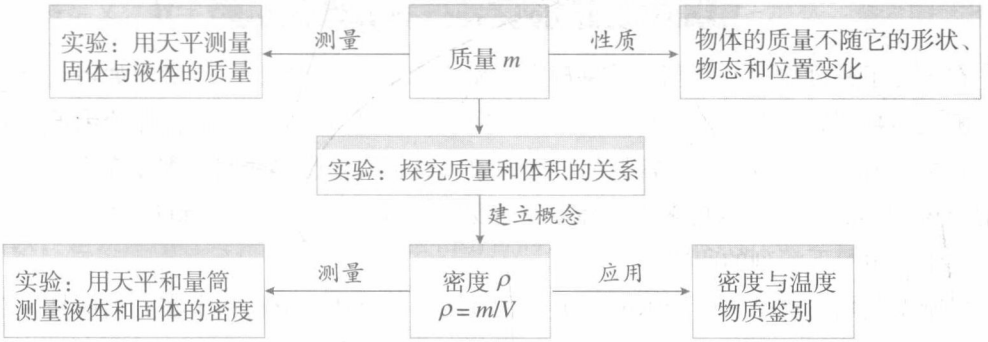
物质有多有少，进而给出质量的初步解释，让学生对质量的大小有初步的感性认识。关于质量的测量，在第1节开篇的图中就给出了古埃及人已经可以用“天平”测物质的多少了。那时的“天平”虽然简单，但与现在的机械天平在基本原理上是相同的。天平是测量质量的基本工具，教材介绍了托盘天平的使用方法。在仔细观察天平的构造、知道使用要求的基础上，让学生在实际测量中学习使用天平的方法。日常生活中经常用秤来称物体的质量，所以在介绍天平的使用之前就介绍了台秤及案秤，之后又介绍了电子天平。这里并不要求学生知道它们称质量的原理，只要知道它们可以称质量就可以了。

密度是在学习了质量之后引入的一个新物理量，是这一章的核心内容。它在全章中起着承上启下的作用，并为以后学习压强和浮力等知识作铺垫。课程标准要求通过实验理解密度的概念。教材首先让学生体会到体积相同的不同物质（如木块、铝块、铁块）的质量不等，表明不同的物质在这方面的性质上存在差异。然后，让学生进行“同种物质的质量和体积的关系”的探究。利用探究结果让学生思考，同种物质的质量与体积成正比，其比值是一定的。物质不同，其比值一般也不同，这反映了物质的一种性质，从而引出密度的概念：由某种物质组成的物体的质量与它的体积之比叫作这种物质的密度。

在学习了密度的概念后，教材安排了实验“测量物质的密度”，用天平测量物体的质量、用量筒直接测量液体的体积或间接测量不规则固体的体积，最后通过$\rho=m/V$计算物质的密度。密度作为物质的重要性质，有着许多重要的应用。在最后一节“密度与社会生活”中体现了“从生活走向物理，从物理走向社会”的理念。通过学习，可以使学生能够运用密度知识解释一些自然现象，学会用密度知识去解决一些实际问题。

本章教材的章首图展示了苗族银饰舞，漂亮的苗银服饰可以引起学生的好奇：这些银白色的饰物是由什么材料制成的？我们怎样才能分辨出来？银饰可以用纯银制作，也可以用含银的合金来制作，而利用密度来鉴定物质正是这一章要学的内容。

本章内容结构如下。



（二）在探究中学习天平的使用

天平是初中物理课中重要的测量仪器，使用规则比较复杂，操作难度较大。教材通过用天平测量固体和液体的质量的实验来让学生学会天平的使用。首先在学生实验前把涉及

器材安全的问题作为强制性要求列出，并提示学生思考这样要求的道理。

在教学中，不应生硬地告诉学生使用托盘天平的三个步骤和要注意的两点，而不讲任何道理，认为学生只要记住了、照着做，就算达到要求了。其实，仪器的使用规则都是有道理的，教材让学生边操作边思考：你所用的天平有没有检查天平底座是否水平的装置？应怎样调平？天平的平衡螺母安装在什么位置？如果指针偏左，应该向哪个方向旋动平衡螺母？这样，学生通过观察和分析，在操作体验的基础上体会天平的操作程序和规则，就明白并学会了如何用天平称量质量。

学习实验操作技能需要充分的体验和反复的操作练习。教材在后续的课程中有目的、有计划地为学生提供多次使用天平进行实验操作的机会。如在“探究同种物质的质量与体积的关系”“测量盐水和小石块的密度”的实验中，都会让学生用到天平。

（三）通过实验探究建立密度的概念，进一步体会用比值定义物理量的方法

教材通过实验探究同种物质的质量与体积的关系，让学生经历密度概念的建立过程。在这个探究活动中，根据铝块的m-V图象找规律是重点和难点。通过分析图象，可以得到铝块的质量和体积成正比，进而在分析、比较的基础上，把实验结果推广到其他物质，使学生逐步认识到“同一物质的质量与它的体积成正比”。如果换用其他物质做实验会发现，物质不同，质量跟体积的比值一般不同。这样就可以引导学生意识到：质量跟体积的比值与物质的种类有关，它反映了物质的一种性质，物理学中就用密度来表示物质的这种性质，通过比较质量跟体积的比值可以分辨不同的物质。

比值定义法是用两个或多个物理量的比值来定义一个新物理量的方法。“速度”概念就是这样建立的。本章采用同样的方法构建出一个新的物理量——密度，使学生进一步体会用比值定义物理量的方法。

（四）重视密度与社会生活的联系

在学习了密度概念及其测量的基础上，本章第4节让学生进一步学习如何利用密度知识来解决实际问题。在“密度与温度”的问题中，通过生活中常见的热胀冷缩的现象引出温度对物质密度的影响。风是常见的自然现象，有了气体受热膨胀、密度变小的知识，就能解释风的形成了。通过自来水管在冬天容易被冻裂，引出了水和冰哪个密度大的问题，也就会给学生留下深刻的印象。

用密度鉴别物质是密度知识的一个重要应用。教材通过分析一个实心铅球是否是纯铅制造的问题，给出了用密度鉴别物质的方法，并呼应了章首语提出的问题。教材还进一步介绍了密度知识在生产和生活中的其他广泛应用，以此引导学生重视密度与社会生活的联系。

不同的材料，因为物理性质不同，在生活中有不同的应用。教材在“材料与社会发展”中简单提到了一些材料的属性，展现了材料科学对社会发展的促进作用。

三、教材分析与教学建议

第1节　质量

（一）教学目标

1. 通过分析一些实例了解质量的初步概念，知道质量的单位及其换算。
2. 通过实际操作，掌握天平的使用方法，学会用天平测量固体和液体的质量。
3. 通过观察、实验，认识质量是不随物体的形状、物态、空间位置而变化的物理量。
4. 通过使用天平的技能训练，培养学生严谨的科学态度与协作精神。

（二）教材分析与教学建议

本节内容包括四部分知识，即“质量的概念”“质量的单位”“用天平测质量”和“质量是物体的一种属性”。教材首先以学生所熟悉的铁锤和铁钉为例，通过比较它们所含有物质的多少，引出质量的概念，接着介绍了质量的单位，又列举了一些物体的质量，目的是让学生对质量的单位千克形成较具体的观念。质量是物理学中的一个基本概念，在初中阶段对质量概念讲得很浅显，只简单地使学生认识到它是物体所含物质的多少。这并不是质量的严格定义，教学中不必过分强调。对于物体的质量不随位置、形状、物态的变化而改变的问题，应引导学生通过观察、实验等活动形成初步的认识。天平作为一种较复杂的测量工具，是后续实验中的重要仪器，也是社会生活中的一种常用测量工具。因此，本节的教学重点和难点是天平的使用。

本节应重视学生的实验操作和分析的过程，引导学生在探究过程中寻找答案，获得知识。所以，建议采用教师指导和学生实验相结合的方法。实验前，引导学生讨论正确使用天平的方法，实验时，要求每个学生明确实验目的、实验原理、实验器材及操作步骤。在学生操作的过程中，教师应不断巡视，做好指导，及时发现学生实验中的亮点，让学生体验成功的喜悦。实验后，组织学生讨论总结，培养学生的合作交流和归纳能力。教师应根据本节的教学容量和所教学生实际情况，合理确定本节的课时数。

1. 质量

关于质量概念的教学。建议教师向学生展示生活中常见的一些物体，通过对比使学

生明白“物体所含物质有多有少”。例如，通过“铁锤与铁钉”“钢尺与钢钉”以及“桌子与椅子”等实例的比较，明白这些物体所含的物质的多少是不同的，从而引入质量的概念。

2. 质量的单位

教材的这部分内容充分体现了从生活走向物理、从物理走向社会的理念。教师可安排学生自主完成下面的任务。

（1）课前收集数据，增加学生对千克和克的感性认识。

（2）阅读教材中的“小资料”和“科学世界”两部分的内容，学习质量的单位。

（3）根据“小资料”中的一些物体质量的大小，练习估测物体的质量（如鸡蛋、苹果等）并与实测质量对比，培养学生的估测能力。

3. 用天平测质量

建议教师利用课件展示各种秤的图片，并重点介绍实验室中用来测量质量的天平。常用的天平有托盘天平和物理天平两种，托盘天平较简单，在初中阶段应重点介绍托盘天平。教学中，可以在每张桌子上都摆上托盘天平，教师通过多媒体课件逐一讲解天平的构造、使用方法以及注意事项，并展示使用方法。对游码刻度值的读法，要充分利用标尺模型，让学生会移动游码并读数。在学生学会天平的使用方法的基础上，教师可放手让学生完成教材上测橡皮、铅笔以及一瓶水的质量的实验。

也可以让学生通过自学天平使用说明书学会操作，在自学过程中设置一些问题，帮助学生总结天平的使用规则。

（1）将游码放到标尺上的零刻度线上时，游码的左侧还是右侧与零刻度线对齐？

（2）如何调节天平横梁平衡？横梁平衡的标志是什么？

（3）若横梁左高右低，应将右边平衡螺母往哪边调？

（4）你的砝码盒里最小砝码的质量是多少？所有砝码的总质量是多少？你的天平标尺上，一个小格相当于多大质量的砝码？

（5）在向右盘加砝码时，应该先添加质量大的砝码还是质量小的砝码？为什么？物体的质量如何计算？

最后和学生一起总结天平使用歌。

一放平，二调零，三转螺母成平衡，一边低向另一边转，针指中线才算完。

左物右码镊子夹，游码最后调平衡，砝码游码加起来，物体质量测出来。

教学片段　用天平测量物体的质量

［教师］问题引入：如何用天平测出小铁块的质量？

［学生］自由回答。

［教师］提问：如何测量一枚大头针的质量？

［学生］讨论得出方法。

［教师］请一位学生讲述本次实验的目的、实验所需器材、实验步骤。及时规范

学生的实验行为，如夹取砝码要用镊子，要轻取轻放等。测量时，态度要认真，要实事求是。仪器放置、操作过程要规范。

在学生回答的基础上，教师再进行补充，教师的示范作用更能帮助学生形成良好的操作习惯。

下面开始学生的分组实验。

［学生］检查本组已有的实验器材，检查无误后开始实验。

一、固体的称量

①调节天平的平衡：将托盘天平平放在实验桌上，把游码移到“0”处，调节平衡螺母，使横梁平衡。

②称量物体时，将被测物体放在左盘，估计物体的质量大小，用镊子往天平的右盘从大到小试加砝码，并尝试移动游码，直到天平平衡。

③将右盘中砝码的总质量和游码所指示的质量数相加，就是被测物体的质量。把测量的结果记在表格中。

二、液体的称量

①用天平测出烧杯的质量。

②取下烧杯，盛上适量的水，测出此时水和烧杯的总质量，填入表格中。

③在烧杯中加适量的水，重复上述步骤。

④用差量法计算出水的质量。

⑤测量完毕，整理好仪器。

［教师］在学生实验过程中巡视、指导，最后作实验总结。

展示几个小组的实验结果。

有意识地把不同的结果选出来，然后请学生分析结果不一致的原因，以培养学生的质疑能力。最后指出各小组实验中的优点和不足，特别是针对实验中普遍存在的问题，着重指出，并进一步讲解。

关于质量是物体的一种属性的教学，教材用“想想做做”栏目引出了这个问题。建议补充一些问题，让学生学会分析和概括。

（1）一根铁钉被弯折后，质量是否会发生变化？

（2）一位同学从一楼跑到五楼，他的质量会发生变化吗？

（3）一块冰熔化成水后的质量是否会发生变化？

通过分析这些问题，归纳出结论：质量不随形状、位置、物态的变化而变化。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 质量是物体的一个基本性质，它不随物体的形状、位置、物态的改变而改变。因此如果把货物从赤道运到南极，货物的质量也不会改变。

2. 为方便起见，可以取10的整数倍（如20根）的大头针，用天平测出这些大头针的

总质量$m_{总}$，则一根大头针的质量$m=\frac{m_{总}}{20}$。

3. A。

4. 171.6 g。

5. 略。

（四）补充练习

1. 质量是指物体所含_____。宇航员将质量为5 kg的装备带回地球后，该装备的质量应_____5 kg（填“大于”“小于”或“等于”）。

答案：物质的多少；等于

2. 下列物质中，质量约为200 g的物体可能是（　　）

A. 一只蚊子　　B. 一只小鸡　　C. 一头小猪　　D. 一头小象

答案：B

3. 在使用托盘天平时，应先把天平放在_____上，将游码调到_____，然后调节_____使横梁平衡。

答案：水平桌面；零刻度线处；平衡螺母

4. 托盘天平横梁上都有标尺和游码，测量物体质量时，向右移动游码的作用是（　　）

A. 相当于向左调节平衡螺母　　B. 可代替指针用来指示平衡

C. 相当于在右盘中加小砝码　　D. 使横梁静止

答案：C

5. 一个铝合金块的质量为8.6 kg。在下列哪种情况下，它的质量将发生变化？（　　）

A. 把铝合金块熔化后，全部铸成一个零件

B. 把铝合金块压成铝合金板

C. 把铝合金块从赤道拿到南极

D. 把铝合金块锉成一个规则的零件

答案：D

第2节　密度

（一）教学目标

1. 探究同种物质的质量与体积的关系，体会利用比值不变反映的数量关系来定义物理量的方法。

2. 知道密度的定义、公式和单位，理解密度的物理意义。

3. 会查密度表。

4. 能联系实际运用密度公式进行有关计算，会计算不能直接测量的物体的质量或不能直接测量的物体的体积。

（二）教材分析与教学建议

密度是一个应用十分广泛的物理概念，也是以后学习压强、大气压强、阿基米德原理和物体浮沉条件等内容的必要基础。通过本节教学应使学生掌握密度的概念、会查密度表、知道水的密度。让学生掌握密度的概念是本节教学的重点，理解“密度是物质的一种性质”是本节的教学难点。教材是通过实验引入密度的。因此，做好实验是本节教学的关键。

在生活中，尽管学生对密度已有了一些相关的知识和经验，如同样大小（体积）的铁棒比木棒要重、油比水轻……但是，物理学中的“密度”是表征物质性质的一个重要物理量，概念比较抽象，学生学习时往往感到难以理解，这一节也是初中物理教学的一个难点，应给予充分的重视。

1. 密度概念的引出

通过密度的教学，不仅要使学生学到相关的知识，而且要在探究“物质的质量和体积的关系”的活动中，体验用比值不变反映的数量关系来定义物理量的方法。为引出“密度”的概念，可以首先让学生用天平称量体积相同的木块、铝块、铁块的质量，使学生认识到“体积相同的不同物质，质量不同”。然后开始探究“同种物质（铝块）的质量和体积的关系”，收集数据后，通过分析图象得到“同种物质的质量和体积成正比”。最后分别计算每个铝块、每个铁块、每个木块各自的质量与体积的比值，说明同种物质的质量与体积的比值是一定的。物质不同，它们的质量与体积的比值也不同，这反映了不同物质的不同性质，物理学中就用“密度”表示这种性质。由于“用比值不变反映的数量关系来定义物理量”的方法本身比较抽象，本实验所用的数据处理方法也是学生第一次遇到，这些都增加了学生学习的难度。教学中可采取以下办法降低难度。

（1）提出问题

教师在讲台上摆放几组由不同物质组成的物体（如铝块和铜块、水和酒精、盐水和糖水、木头和海绵等），请学生进行分辨，并说明判断方法。

学生根据物质的颜色、气味、味道、软硬程度等性质可以分辨不同的物质，这些性质常常是某种物质所特有的。事实上，我们分辨不同的物质，就是利用了它们所具有的某些性质。

教师取出“两块用纸套包裹的体积相等的铜块和铁块”“两块用纸套包裹的质量相等的铜块和铁块”“两块用纸套包裹的体积、质量均不相等的铜块和铁块”。请学生充分讨论，寻找分辨的方法。

通过讨论，使学生明确，此时既不能仅通过比较质量来分辨，也不能仅通过比较体积来分辨。究竟通过比较什么能够分辨铜块和铁块，这正是本节要探究的问题。

（2）猜想

在提出问题后，应给学生留出充足的时间进行讨论并猜想。不要求学生一定猜出正确答案，而是希望能够预测各种可能性：既然单纯比较质量或体积都不能分辨它们，而且好像通过质量和体积应该能够找到一种方法，那么……

（3）设计实验

教师提出问题后学生讨论，设计实验方案。然后交流、选择合理的研究方案。也可以选用其他材料进行实验，如肥皂、蜡块等。

（4）进行实验和分析论证

学生根据设计的方案进行实验研究，测量各个铁块和铜块的质量和体积，然后通过比较、分析，寻找这些数据中包含的规律。教师要组织、指导学生实验，帮助学生解决实验中遇到的困难。在引导学生探究时，教师可以给出如下提示：

①比较不同的铁块，它们的质量跟体积有什么关系？不同的铁块有什么相同点？

②比较不同的铜块，它们的质量跟体积有什么关系？不同的铜块有什么相同点？

在学生测量和分析的基础上，选择几个小组展示他们探究的成果。展示时，要让学生把分析、比较的过程说清楚，让全体学生体会分析、比较的方法。教师在组织学生汇报时，可以根据学生汇报的情况进行必要的提示和引导，但尽量不要打断学生的展示。如果学生的分析没有到位，可以在总结时予以补充。

本探究活动的教学重点应该放在如何分析数据上，通过数据比较，逐步认识到“同种物质的质量与它的体积成正比”。教学中尤其应突出其中的关系：被测物体的体积增加了多少倍、它的质量也增加了相同的倍数。在分析、比较的基础上，教师可以提醒学生及时把实验结果推广到其他物质：如果换用其他物质做实验会发现，物质不同，质量跟体积的比值一般不同；物质相同，质量跟体积的比值就相同。此外，还应引导学生认识到质量跟体积的比值与物质的种类有关，通过比较质量跟体积的比值可以分辨不同的物质，它反映了物质的一种性质，在物理学中就用密度来表示物质的这种性质。最后引导学生得出密度的定义、公式、单位及不同密度单位间的换算关系。

（5）评估交流

教师可以通过下面的几个提示性问题，引导学生对本课的探究过程进行回顾总结，并作出评价。

①你提出的问题是否得到了解决？由此你得到了什么结论？学到了哪些知识？

②你探究的思路是什么？经历了哪几个过程？

③在探究过程中，你运用了哪些科学方法？你有哪些收获和体会？

④对于探究过程和密度的概念，你还有哪些疑问和想法？

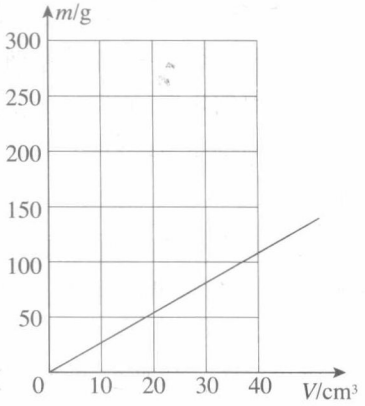


图6-1

教学片段　用图象来处理数据（以铝为例）

绘制图象

根据实验数据绘制出如图6-1所示的图象。

分析图象

m与V成正比，写出其一般式$m=kV$，代入一组（m，V）数据，即可算出$k=2.7\ \mathrm{g/cm^3}$。

得到结论

同种物质的质量与体积成正比，质量与体积的比值m/V是一个恒量。对不同物质，这个比值一般不同，说明这个比值反映的是物质的某种特性。物理学中就用密度来表示这种特性。

2. 密度的单位

教学时应让学生弄清密度单位的组成、符号、读法、写法，千克每立方米（$\mathrm{kg/m^3}$）和克每立方厘米（$\mathrm{g/cm^3}$）之间的关系。进行例题教学时，应注意强调统一单位制。

充分利用教材中的密度表，让学生查阅密度表，回答以下问题：

（1）表中固体、液体和气体中密度最大、最小的各是什么物质？有没有密度相同的物质？有哪些？

（2）水的密度是多少？冰的密度是多少？同种物质的密度与物态有关吗？

3. 密度的应用

密度的应用一般有三个方面。一是鉴别物质，二是计算不能直接称量的较大物体的质量，三是计算不便于直接测量的较大物体的体积。

教材以计算人民英雄纪念碑碑心石的质量为例，介绍了测量不能直接称量的物体的质量的方法。教学时还可以补充联系实际的鉴别物质和计算不便于直接测量的物体体积的例题，以培养学生运用物理知识解决实际问题的能力。

为了让学生熟练运用密度公式进行计算，解题时还应注意引导学生理清思路，掌握求解计算题的格式和步骤，养成良好的解题习惯。尽量“一题多解”。例如，对于用密度鉴别物质的问题，可引导学生用多种方法解题，并说出每种方法的思路。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 180 kg。提示：先算出澡盆的体积V，再利用$m=\rho V$算出水的质量。

2. 提示：先算出教室的体积V，再利用$m=\rho V$算出空气的质量。

3. 提示：知道自己身体的质量，再利用$V=\dfrac{m}{\rho}$计算出自己身体的体积。

4. 2.5 kg；2.25 kg。

5. 400 m。

（四）补充练习

1. 对于密度公式$\rho=m/V$的理解，下列说法中正确的是（　　）

A. 密度ρ与物体的质量m成正比

B. 密度ρ与物体的体积V成正比

C. 密度ρ与物体的质量m和体积V都有关

D. 密度是物质本身的一种性质，密度ρ在数值上等于质量m与体积V的比值

答案：D

2. 有一瓶食用油用掉一半，则剩下的半瓶油（　　）

A. 密度变为原来的一半　　B. 质量变为原来的一半

C. 质量不变　　D. 质量、密度都变为原来的一半

答案：B

3. 冰的密度是0.9×10^3 kg/m^3。有一块冰，它的质量是900 g，它的体积是_____ m^3。如果冰全部熔化成水，则水的质量是_____ kg，水的体积是_____ m^3。

答案：10^{-3}；0.9；9×10^{-4}

4. 图6-2中牛奶的质量为_____ kg，密度为_____ kg/m^3，喝掉一半后，牛奶的密度将_____（填“变大”“变小”或“不变”）。



图6-2

答案：0.25 kg；1.03×10^3 kg/m^3；不变

5. 为制作高度为2 m的英雄塑像，先用同样的材料制作一个样品，高度为20 cm，质量为3 kg，那么这个塑像成品的质量是_____ t。

答案：3

第3节　测量物质的密度

（一）教学目标

1. 会用量筒测量液体的体积、固体的体积，并利用天平和量筒测量不同形状固体和液体的密度，体会等量替换的方法。

2. 会利用物理公式间接地测定某个物理量，进一步巩固密度的概念。

3. 在测量固体和液体密度的过程中，熟悉天平、量筒的使用技能，规范实验操作步骤，培养严谨的科学态度。

（二）教材分析与教学建议

测量物质的密度是初中阶段的一个重要实验，对培养学生的实验能力有重要的作用。在这个实验中，要求学生利用物理公式间接地测定一个物理量。教师应从实验原理、仪器使用、实验设计、数据记录与得出结果等方面，对学生进行较为全面的训练。

由于教材中没有现成的实验步骤，但本实验又要求学生有目的、有计划地进行操作，正确地记录数据并得出结果，因此，在实验前可与学生讨论如何利用密度公式来测定物质的密度。例如，需要测出哪些量？需要选用什么测量工具和器材？用什么办法来测量？以启发学生思考，使他们明确实验的目的、知道实验的原理，并在实验设计中，会选择实验器材，明白实验的步骤，能及时正确地将采集的数据填入自己设计的表格中，最后得出结果。实验中要对学生严格要求，掌握各组学生的实验情况，及时交流反馈。

1. 用量筒测体积

为使学生系统地了解测量体积的工具以及生活中各种物体的体积，建议教师课前安排学生收集一些相关信息，让他们到课堂上展示、交流，教师也可以利用多媒体展示生活中常见物体的体积。关于量筒的使用，可在让学生观察实物的基础上，通过阅读教材，回答教材中提出的几个有关问题，并动手操作，学习使用量筒测量液体和不规则固体体积的方法及注意事项。

用量筒测量不规则形状物体体积的方法有助于学生以后学习浮力部分的知识。教学时，教师还可以提出“如果要测量的不规则物体的体积过大无法浸入现有量筒之内，你有什么办法测量它的体积？”“如何用量筒测量在水中不下沉的不规则物体（如石蜡）的体积？”等问题，启发学生去思考，提出解决办法，以拓展思维。可采用“溢杯法”来测量体积过大的不规则物体的体积，即将物体浸入盛满水的容器内，同时将溢出的水接到量筒中，读取的数值便是该物体的体积。如果现有量筒一次仍不能盛取溢出的水，可慢慢将物体浸入，并多次盛接和读取数据，最后相加得到物体的体积。如果要测量不能沉入水中物体的体积，可先取一个重物浸没于量筒中，并记下读数，然后将石蜡和重物系在一起浸入量筒中，读取此时的读数，两者的差值便是石蜡的体积。

教学片段　测定在水中不下沉物体的体积

压入法。在量筒中装入适量的水，记下此时水面所对应的刻度值V_1，用一根细而长的铁丝将物体压入水中，记下此时量筒中水面所对应的刻度值V_2，那么物体体积为V_2-V_1。

配重法。用细线将一个钩码系在物体下面，用细线吊着物体和钩码放入量筒，钩码先浸入水中，记下此时量筒中水面对应的刻度值V_1，然后将钩码和物体一起浸入水中，记下此时量筒中水面对应的刻度值V_2，那么物体体积为V_2-V_1。

2. 测量液体和固体的密度

在复习密度知识的基础上，引导学生讨论如果要利用密度公式来测定物质的密度，需

要测出哪些量？用什么办法和哪些仪器来测量？建议启发学生思考，搞清实验原理和实验方法。为保证实验顺利进行，第一次测量时不要设置任何障碍，可以给规则的物体（用刻度尺测量体积），也可给能在水中下沉的不规则固体。

关于实验方案。可用画简图的方法，把学生设计的方案画出来，先不立即作评价。然后引导学生分析它们的利与弊，得出最佳方案。

关于测固体密度的实验，学生通常会有两种设计方案（图6-3），经过分析后，找到最佳的方案为方案2。

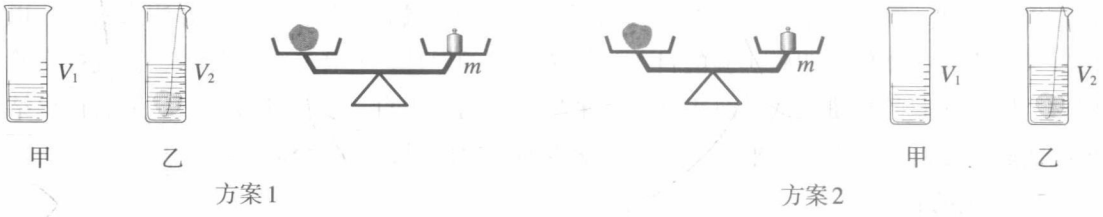


图6-3

关于测液体密度的实验方案，也可以让学生通过比较下面三种方案的优劣（图6-4），引导学生找到最佳方案（方案3）。

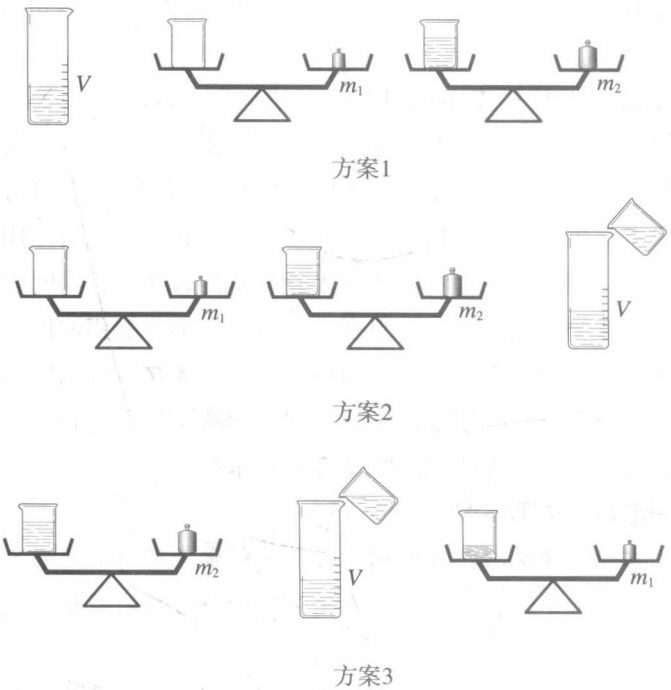


图6-4

本实验记录表格应包括的内容有：直接测量量（中文名称、符号、单位）、间接测量量（中文名称、符号、单位）以及待测量。表格的形式不强求一致，但这些基本内容应该体现出来。表6-1、表6-2给了两个例子，供参考。

表6-1　测盐水的密度实验数据记录表

烧杯和盐水的质量 m_1/g	烧杯和剩余盐水的质量 m_2/g	量筒中盐水的体积 V/cm^3	量筒中盐水质量 m/g	盐水的密度 ρ/(g·cm^{-3})

表6-2　测铝块密度的实验数据记录表

质量 m/g	放入前水的体积 V_1/cm^3	放入水后总体积 V_2/cm^3	体积 V/cm^3	密度 ρ/(g·cm^{-3})

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 先用天平测出铝箔的质量 m，再用刻度尺测出它的长 a 和宽 b，然后依据 $d=\dfrac{m}{\rho_{铝}ab}$，计算出铝箔的厚度。

2. 260车。

3. 3.93×10^{10} t。

4. 39；5；7.8；7.8×10^3。

（四）补充练习

1. 为测金属块的密度，需要完成下面的任务。

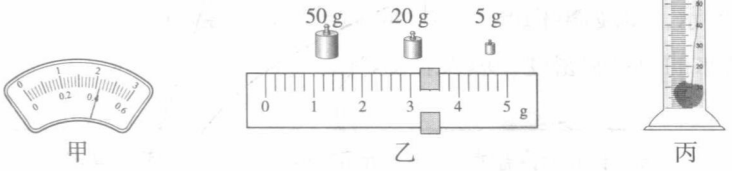


图6-5

（1）对放在水平桌面上的天平进行调节，将游码放在标尺的零刻度线处，发现指针的位置如图6-5甲所示，要使横梁平衡，应将平衡螺母向_____调节（填“左”或“右”）。

（2）用调节好的天平称实心金属块的质量，把金属块放在天平左盘内，右盘放入砝码并调节游码，当天平重新平衡时，所用砝码和游码在标尺上的位置如图6-5乙所示，金属块的质量为_____g。

（3）若把金属块放入装有70 cm^{3}水的量筒内，量筒中的水面如图6-5丙所示，则金属块的体积是_____cm^3。

（4）这种金属的密度是_____ g/cm^3，合_____ kg/cm^3。

（5）查表6-3可知，组成此金属块的物质可能是_____。

表6-3

物质	密度ρ/（$kg \cdot m^{-3}$）
铜	8.9×10^3
铁	7.8×10^3
铝	2.7×10^3

答案：（1）左；（2）78.2；（3）10；（4）7.82、7.82×10^3；（5）铁。

2. 为用天平和量筒测盐水的密度，需要完成下面的任务。

（1）在使用天平前要对天平进行调节，正确的顺序是_____。

A. 把天平放在水平台面上。

B. 调节天平的平衡螺母，使天平横梁水平平衡。

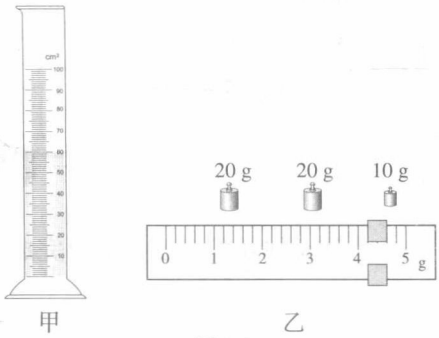
C. 把游码放在标尺的零刻度线处。

（2）实验依据的公式是_____。

（3）实验过程如下。

①在玻璃杯中盛入盐水，放在调节好的天平的左盘称量，当天平重新平衡时，记下砝码和游码的读数为130.2 g（已填入表6-4中）。

②把玻璃杯中的部分盐水倒入量筒中，如图6-6甲所示，记下量筒中盐水的体积并填入表6-4中。



甲　　乙

图6-6

③把玻璃杯和剩余盐水放在天平左盘中称量，当天平重新平衡时，所用砝码、游码的位置如图6-6乙所示，将玻璃杯和剩余盐水的质量填入表6-4中。

④计算出盐水的质量和密度，填入表6-4中。

表6-4

玻璃杯和盐水的质量m_1/g	玻璃杯和剩余盐水的质量m_2/g	量筒中盐水的质量m/g	量筒中盐水的体积V/cm^3	盐水的密度ρ/（$g \cdot cm^{-3}$）
130.2				

答案：（1）ACB；（2）$\rho=m/V$；（3）答案见表6-5。

表6-5

玻璃杯和盐水的质量m_1/g	玻璃杯和剩余盐水的质量m_2/g	量筒中盐水的质量m/g	量筒中盐水的体积V/cm^3	盐水的密度ρ/（$g \cdot cm^{-3}$）
130.2	54.2	76	60	1.27

3. 表6-6为小明在“测定液体密度”的实验中记录的数据。

（1）根据表中数据可得液体的密度是_____，容器的质量为_____。

（2）按照表中的数据，在图6-7中画出质量与体积的关系图象。

表6–6

实验次数	1	2	3	4
液体的体积 V / cm^3	20	40	60	80
液体和容器的总质量 m / g	40	60	80	100

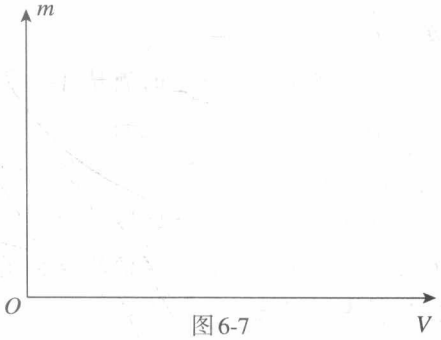


图6-7

答案：（1）1 g/cm^3，20 g；（2）图略。

第4节　密度与社会生活

（一）教学目标

1. 通过学习温度对密度的影响，知道密度对生产和生活的重要作用，能解释密度与社会生活相关的简单问题。

2. 通过分析实例，理解密度是物质的一种性质，并能运用密度知识鉴别物质。

3. 通过学习密度知识的应用，认识到物理理论在解决实际问题中的重要作用。

（二）教材分析与教学建议

本节在密度概念及其测量的基础上，进一步介绍如何利用密度知识解决实际问题。教学中可先组织学生阅读教材第一段，通过讨论分析，了解密度知识的应用，再利用多媒体素材和小实验来具体研究密度与温度的关系，最后研究密度在物质鉴别中的应用。

1. 密度与温度

可以用下面的情景引入新课：

（1）冬天，自来水管为什么容易冻裂？

（2）地质工作者如何估测矿山、油田的储量？

此外，也可以播放多媒体素材，展示密度在生活和生产中的应用，使学生了解密度知识与社会生产、生活密切相关。

关于风的形成，建议以演示实验、播放录像、交流讨论等方式进行教学。关于水的反

常膨胀的教学，建议利用好教材上的图片及文字说明，并结合生活实际进行解释。

教学片段　风的形成

［教师］演示实验。

吹鼓两个气球。分别把它们放在一大堆冰块和温水中。提问：你发现了什么现象？为什么？

把纸风车放在点燃的酒精灯上方，让学生观察现象。

播放关于龙卷风的视频文件。

［师生］分析总结。

空气受热后，体积膨胀，密度变小。一定质量的气体体积膨胀后，密度变小而上升。热空气上升后，温度低的冷空气就从四面八方流过来，这就形成了风。

2. 密度与物质鉴别

建议先提出几个学生感兴趣的问题，让学生思考解决的办法，调动学生的积极性。例如，这里有失去标签的两个相同的瓶子，分别装有体积相等的酱油和可乐，如何分辨它们？这里还有两瓶质量相同的盐和洗衣粉，如何分辨它们？等等。

从前面的密度表可知，不同物质的密度有可能是相同的。例如，酒精和煤油的密度都是$0.8\times10^3\ \mathrm{kg/m^3}$。可见，利用密度这一重要属性，可以初步鉴别物质，但是要准确地鉴别物质，常常需要采用多种方法。

（三）“动手动脑学物理”参考答案及提示

1. 先分别称几枚硬币的质量，再用量筒测它们的体积。用刻度尺、两只三角板分别测出1角、5角、1元硬币的直径，算出各硬币的面积S，用刻度尺测出硬币的厚度d，进而算出各硬币的体积V。用天平分别测出各硬币的质量，再利用密度公式，便可算出各硬币的密度，进行判断。

2. 0.9 g；$0.9\ \mathrm{cm^3}$。

3. 暖气片周围的空气受热后体积膨胀，密度变小而上升。靠近窗户的冷空气密度大，下沉到暖气片周围，又受热上升。利用这种冷、热空气的对流，可以使整个屋子暖和起来。

（四）补充练习

1. 室内发生火灾时，受困人员应采取弯腰甚至匍匐的姿势撤离，以尽量减少吸入有害气体或被灼伤。这是因为含有毒有害物质的空气（　　）

A. 温度较低，密度较大，大量集聚在房间的下方

B. 温度较低，密度较小，大量集聚在房间的下方

C. 温度较高，密度较大，大量集聚在房间的上方

D. 温度较高，密度较小，大量集聚在房间的上方

答案：D

2. 有一铝球的质量是24 kg，体积是12 dm^3，它是空心的还是实心的？$\rho_{铝}=2.7\times10^3\ kg/m^3$。

解：由 $\rho_{铝}=\frac{m}{V}$ 得

$$m=\rho_{铝}V=2.7\times10^3\ kg/m^3\times12\times10^{-3}\ m^3=32.4\ kg>24\ kg$$

该铝球是空心的。

3. 一个瓶子的质量是200 g，装满水时的总质量是700 g，装满某种液体时的总质量是600 g，则这种液体的密度是多少？

解：由 $\rho=\frac{m}{V}$ 得

$$V=\frac{m_{水}}{\rho_{水}}=\frac{(700-200)\ g}{1\ g/cm^3}=500\ cm^3$$

所以

$$\rho_{液}=\frac{m_{液}}{V}=\frac{(600-200)\ g}{500\ cm^3}=0.8\ g/cm^3=0.8\times10^3\ kg/m^3$$

4. 在生产和生活中，人们常以密度作为选择材料的主要因素。下面属于主要从密度的角度考虑选材的是（　　）

A. 用水做汽车发动机的冷却液　　B. 用塑料做电源插座外壳

C. 用塑料泡沫做表演场景中的“滚石”　　D. 用橡胶作为汽车轮胎的材料

答案：C

四、教学资源

（一）实验天地

1. 自制小天平和量筒

用均匀的细木条（或塑料尺）做天平的横梁，在横梁的中间穿孔，拴一个提纽。然后在横梁两端距中间孔等距离的地方穿孔，再用两个同样的硬纸片做为称盘，就制成了一个小天平（图6-8）。



图6-8

用几个质量已知的不同面值的硬币做砝码，就可以用自制的

小天平来测量铅笔、橡皮等物体的质量了。

用玻璃瓶或玻璃杯自制一个量筒。

在瓶的外壁贴上一个纸条，如图6-9所示。用实验室里的量筒量出20 mL的水，倒入瓶中，在纸条上画出水面的位置，再用量筒量出20 mL的水，倒入瓶中，画出水面的位置……继续按这个方法操作，在纸条上标上刻度。



图6-9

如果瓶的中间部分是粗细均匀的，你可以用较为简便的办法标定刻度，想想看，怎么做？

有了自制的小天平和量筒，就可以用它们来测定橡皮等物体的密度了。

2. 演示“调制鸡尾酒”

（1）实验目的

通过表演“调制鸡尾酒”的过程（图6-10），引入新课。

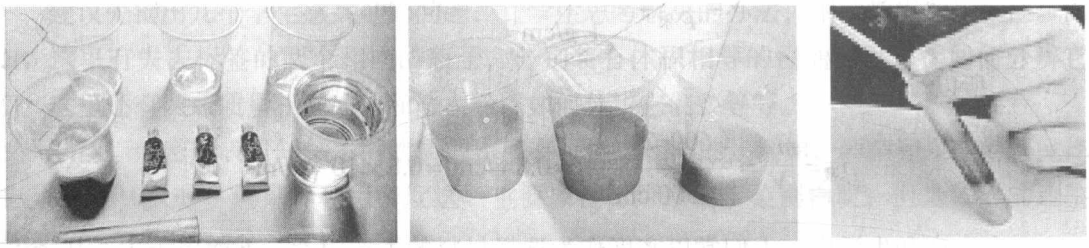


图6-10

（2）实验器材

4个塑料杯、三种颜料、盐、清水、一支试管和两根滴管、搅拌棒。

（3）实验方法

①在两个塑料杯里加同样多的水，然后分别加上两勺盐和一勺盐，最后搅拌溶解。再取一个塑料杯，加比前两杯稍少些的水。

②选择三种颜色的颜料，按顺序挤入杯子，最后搅拌溶解。

③把搅拌好的溶液用滴管依次滴入试管中，形成分层效果。

【注意事项】

先滴入含盐最多的溶液，没放盐的溶液最后滴入。滴入的时候动作要轻，切不可用力把溶液冲进去或把溶液滴到试管边上。

3. 用电子秤测量液体的密度

（1）实验目的

通过改造电子秤，了解测量液体密度的方法。

（2）实验器材

电子秤一个（图6-11，最小测量值1 g）、带刻度的烧杯一个（至少100 mL）、圆形黑色小贴纸。

（3）实验方法

①将烧杯放置在电子秤上，进行归零操作（电子秤会自动除去空烧杯的质量）。

②在电子秤的百位和十位数字之间用黑色小贴纸，自行粘贴一个小数点。

③将未知的待测液体注入烧杯，直至液面与100 mL刻线齐平。此时液晶屏上显示的数字即为待测液体的密度值（单位为g/cm^3）。

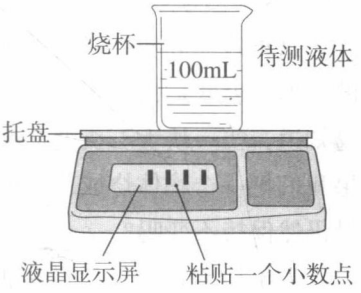


图6-11

（二）物理史话

1. 古代埃及天平

迄今发现的最古老的天平（图6-12），出自约公元前2500年的埃及。它长约8.5 cm，中间和两端都有钻孔，天平横梁的横截面积从中间到两端相差不大。这种天平的灵敏度较低，准确度也低。新王朝时代的埃及天平靠水平穿过横梁中点的金属环挂在三脚架上，横梁的两端被做成喇叭形，秤盘由从横梁穿出的绳子悬挂起来，负荷秤盘和砝码秤盘的作用点被固定下来，因此改善了天平的等臂性（图6-13）。横梁截面向两头显著变细，横梁的重变轻了，天平的灵敏度提高了。特别值得一提的是，由指针和吊线铅锤组成的指示元件，使准确地和可重复地校准天平横梁的平衡状态变为可能。


图6-12


图6-13

摘自《中国计量》，骆钦华、骆英，2003年第9期

2. 质量守恒定律

宇宙中物质的总量保持不变的想法，确实是很早就有了。早在公元前5世纪，在希腊就有这种想法，公元前1世纪罗马的诗人卢克里特重申了这一想法：

没有任何力量能改变物质的总和；因为宇宙之外无物，既不会从宇宙中冒出什么物质，也不会从宇宙之外新添什么东西，来改变物质的本性和它们的运动。

在牛顿诞生前22年，英国哲学家培根在他的《现代科学的基本原理》中指出：

在自然界中，没有什么比下面两个相连的命题更真实："物质不能无中生有"以及

“物质不能化为乌有”……物质的总量保持不变，既不增加也不减少。

这种观点和我们日常的观察在某种程度上是相符的。虽然物质存在的形式是能够变化的，但是就我们的一般经验而言，物质总是以某种方式表现为不可毁灭的。例如，我们容易知道，当一块大石头变为一些小石头和灰粒时，并不影响宇宙中物质的总量。但是，如果我们把一个物体烧成灰，或把它溶在酸里，那又怎样呢？在这些化学反应中，物质的总量仍然保持不变吗？

为了检验物质的总量是否总是保持恒定，我们必须知道如何去量度物质之量。显然，并不能简单地按照物质的体积来测定物质的量。例如，我们将水倒在容器中，标出水面的高度，然后让水结成冰。我们发现，冰的体积大于原来水的体积。即使我们把容器密封起来，使得不可能有水从外面跑进去，结果还是那样。同样，当我们压缩封闭容器中的气体时，虽然没有气体从容器中跑掉，气体的体积却在减小。

按照牛顿的观点，我们把一个物体的质量当做这个物体所包含的物质的总量的合适的量度。但是，一根烧过的火柴比一根没有烧过的质量小；一根铁钉生锈后质量增加了。科学家们总是假设有某种东西在火柴燃烧时跑掉了，或者有某种东西加到生锈的铁钉中来了。这种想法直到18世纪末才得到了实验证据，这是由化学家拉瓦锡作出的。

拉瓦锡让化学反应在密封的瓶子中进行，并且仔细地称量瓶子和反应前后瓶子里的东西。他指出，当铁在密封的瓶子里燃烧时，所产生的氧化铁的质量等于参加这个反应的铁和氧的总量。根据这样的实验证据，他有把握地宣布：

我们能够得出一个无可辩驳的公理：在所有人为的和自然的变化过程中，一切事物是不能凭空创造的；实验前后存在的物质之量是相等的，……除了这些元素的结合有所改变外，其他什么也没有发生。

拉瓦锡使我们相信，如果他把一些物质放在瓶子里，把瓶口密封起来，称出它们的质量，然后，随便过多久，再称出它们的质量，无论瓶子里的物质发生了什么变化，称出的质量还是相同的。尽管瓶子里的物质可以由固体变为液体，或者由液体变为气体，尽管颜色和浓度会发生变化，尽管有剧烈的化学反应发生，但至少有一个量——瓶子里物质的总质量——是不变的。

在拉瓦锡的首创性工作之后的若干年里，人们以更高的精度做了大量的实验，结果总是一样的。根据现有的灵敏的天平进行的测量（精确度高于0.000 001%），在化学反应中质量是守恒的。

总之，尽管有位置、形状、化学组成等变化，任一封闭系统的质量是守恒的。这就是所谓的质量守恒定律。

摘自《力学的成就》，杰拉尔德等，文化教育出版社，1981年4月第1版

（三）物理广角

1. 质量

质量是物理学的七个基本量之一。最初，牛顿把质量定义为物质的量，同物质的密度和体积成正比。直到19世纪下半叶，以马赫为代表的一批物理学家对牛顿力学的基础进行了认真的考查，对牛顿的质量定义提出了非议，在实验事实的基础上建立了惯性质量和引力质量的概念。

在牛顿运动定律中，质量是物体惯性大小的量度，叫做惯性质量。在万有引力定律中，质量反映物体受到的和产生的引力的大小，与惯性无关，叫做引力质量。惯性质量和引力质量反映的是物体的两种不同属性，它们之间有什么关系呢？牛顿在《自然哲学的数学原理》一书中，对运动定律和万有引力定律都用同一个“质量”的概念，隐含着惯性质量等于引力质量。牛顿的这种做法是否正确呢？

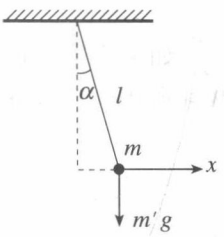


图6-14

牛顿虽然没有提出惯性质量和引力质量的概念，但他是意识到这个问题的，并用单摆实验来求证两者的关系。如图6-14所示，设单摆摆长为l，摆球的惯性质量为m，引力质量为m'，在摆角α很小时，单摆的运动方程为

$$ma=-m'g\frac{x}{l}$$

由此求出摆球做简谐振动的周期为

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\sqrt{\frac{m}{m'}}$$

采用不同材料做成不同质量的摆球，但保证摆长相同，实验结果是周期全都相同。这就证明，对所有摆球，m与m'的比值是一个普适常量。

既然m'与m的比值是个普适常量，只要选取适当单位，就可以使二者相等，即$m'=m$。这样，我们就可以不再区分它们，而认为质量既表示引力质量又表示惯性质量。

爱因斯坦深刻地看出了这个简单结论的重要意义，在引力质量与惯性质量相等的基础上提出了“等效原理”，这一原理成为爱因斯坦建立广义相对论的基本原理之一。

2. 密度

分布均匀的物质，它的密度定义为由该物质组成的物体的质量与体积之比，或单位体积内所含该物质的质量。用m和V分别表示物体的质量和体积，用ρ表示组成该物体的物质的密度，则有$\rho=\frac{m}{V}$。密度的单位是千克每立方米，符号是kg/m^3。

分布不均匀的物质，可用质量与体积之比表示物体的平均密度

$$\rho_{平均}=\frac{m}{V}$$

物质的密度随外界的压强和温度的变化而变化，一般说来，压强增大，物质的密度也

增大；温度升高，物质的密度减小。水是一个例外，它在4 ℃时的密度最大。

在给定条件下某一物质的密度ρ_1与另一参考物质的密度ρ_2的比$d=\frac{\rho_1}{\rho_2}$，叫做该物质的相对密度。相对密度是一个无量纲的量。

物质分布不均匀的物体，物体中各点的密度不同。某一点的密度ρ定义为含有该点的体积元ΔV的质量Δm与ΔV之比，当ΔV收缩到一点时的极限值就是该点的密度

$$\rho=\lim_{\Delta V\to 0}\frac{\Delta m}{\Delta V}=\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}V}$$

整个物体的质量可表示为

$$m=\int_0^V \rho \mathrm{d}V$$

如果质量分布在曲面或曲线上，则可类似地给出相应的面密度σ和线密度λ的定义及其与整体质量的关系

$$\sigma=\frac{m}{S} \qquad \sigma_{\text{平均}}=\frac{m}{S}$$

$$\sigma=\lim_{\Delta S\to 0}\frac{\Delta m}{\Delta S}=\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}S} \qquad m=\int_0^S \sigma\,\mathrm{d}S$$

$$\lambda=\frac{m}{l} \qquad \lambda_{\text{平均}}=\frac{m}{l}$$

$$\lambda=\lim_{\Delta l\to 0}\frac{\Delta m}{\Delta l}=\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}l} \qquad m=\int_0^l \lambda\,\mathrm{d}l$$

式中的ΔS表示曲面上面元的面积，Δl表示曲线上线元的长度。

3. 密度极小的固体——气凝胶

一般常见的气凝胶为硅气凝胶。硅气凝胶成分与玻璃相似，但气凝胶中99.8%的部分都是空气。因此，硅气凝胶密度极低，约为空气密度的3倍，只有玻璃密度的千分之一。这种物质看上去像凝固的烟，由于里面的颗粒非常小（纳米量级），所以可见光经过它时散射较小，就像阳光经过空气一样。

由于气凝胶的密度极小，又有非常好的性能，例如：非常坚固耐用，它可以承受相当于自身重量几千倍的压力；熔点高，在温度达到1 200 ℃时才会熔化；绝缘能力非常强。气凝胶的这些特性在航天探测上有多种用途。

附录1
教学案例

一、“物态变化”复习课

案例撰写：北京市草场地中学　　张素华
案例分析：北京市第九十四中学　刘　敏

（一）教学目标

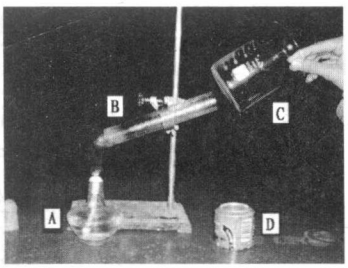
1. 通过分析水的三态变化过程，巩固熔化、凝固、汽化、液化、升华和凝华的知识，并熟悉它们之间的联系和区别，提高梳理知识的能力。

2. 通过水的三态变化实验，引导学生观察、分析物理现象，提高分析问题的能力。

3. 通过学习水循环的知识，提高学生的环保与节水意识，增强社会责任感，并体会物理与社会和生活的密切联系，进而乐于探索自然现象中蕴含的物理道理。

（二）教学资源

可以用图附1-1所示的实验来展示水的物态变化。其中A是酒精灯；B是试管，管内装有碎冰；C为烧杯，烧杯的底部靠近试管口，用来承接试管内水沸腾时冒出来的水蒸气；D是由两个高约5 cm的易拉罐的底部对扣而成的盒子，内装2/3的碎冰与1/3的食盐作为制冷剂，该盒位于烧杯底的正下方，可以接从烧杯底部滴下来的水。



图附1-1

该实验不仅能看到冰化成水、水沸腾变成水蒸气、水蒸气在烧杯底凝结成水的过程，还能看到滴在D盒上的水滴很快凝固成冰、D盒的侧面出现许多霜的现象。本实验过程用时大约6 min，能展示6个物态变化中的5个变化过程。

（三）教学过程

教学环节一

［教师］指导学生分组做实验，把冰块放在试管中，再把试管固定在铁架台上用酒精灯加热。提问：可以观察到什么现象？条件是什么？

［学生］观察后回答：冰变成水、又生成气，看到了熔化、汽化现象，发生的条件是需要吸热。

［教师］继续实验，把烧杯底放到试管口，提问：又会出现什么现象？

［学生］观察后回答：看到了液化现象，这个过程会放热。

［教师］继续实验，使液化的水滴落到下面的D盒上（盒子内部是冰与食盐的混合物，温度可以保持在-20 ℃左右），提问：出现了什么现象？

［学生］观察后回答：看到了水瞬间变成冰，这是凝固现象，会放热。

［教师］引导学生观察D盒周围的霜。提问：这是什么物态变化？条件是什么？

［学生］观察后回答：观察到凝华现象，会放热。

分析：开始实验时，有些学生显得有点漫不经心，毕竟冰块的熔化现象司空见惯。随后，当看到升腾的“水汽”碰到烧杯底部，不断地变成晶莹的水滴，学生的兴趣开始被调动起来。当水滴不断地滴落到下面的D盒上并很快结成冰，更加点燃了学生的兴奋点，争相仔细查看。

通过这样的一个小实验，就可以把一个完整的水循环过程在短短几分钟里实现了，春夏秋冬仿佛浓缩在这短短的几分钟里。也许，在复习课上反复强调物态变化过程，通过有关例题进一步强化，学生也可以记住相关知识。但有了这个实验的铺垫，学生肯定能获得不一样的体验和感悟。

教学环节二

［教师］奔腾的江河湖泊，皑皑的冰山雪岭，飘荡的白云……地球上的水在不停地运动着、变化着，形成了一个巨大的循环系统。

请学生朗诵“小水滴的自述”，思考其中包含了哪些物态变化过程。

［学生甲］……

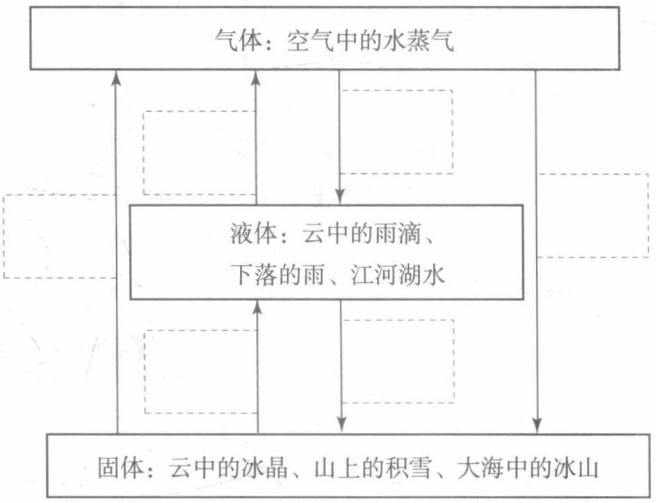
［学生乙］……

［学生丙］……

［教师］请学生讲述其中的物态变化过程，学会运用物理知识解决实际问题。

［学生］用所学知识解释现象。

［教师］总结：自然界中的云、雨、露、霜、雪、雹等现象都是水不断地循环发生变化形成的。然后引导学生讨论，并完成图附1-2所示的框图。



图附1-2

［教师］作为对学生进一步的鼓励与考验，请学生集体朗读小

诗：我曾经是东海一朵小小的浪花……

［教师］请学生挑一句诗，并说明它描述了一个什么样的物态变化。

［学生］……

分析：教师将学生从眼前桌面上的“小水循环”带到自然界中的大水循环系统中，让学生不由自主地把自己“化成”了这样的一个“小水滴”，在大自然的怀抱里经历水、气、云、雨……的物态变化过程。

教学环节三

［教师］引入：暑假的一天，小成踢完球回到家，感到很热，就从冰箱里拿出一只雪糕。他发现包装纸上有许多白白的“粉”；去掉包装纸他看到雪糕开始冒“烟”。雪糕太硬了，小成把它放到空茶杯里，一会，茶杯外壁出“汗”了。

［教师］请学生运用所学知识分析“粉”“烟”“汗”的成因，说明它们与哪些自然现象相似。

分析：从大自然回到学生身边的生活实际，唤醒学生的感性生活体验，将生活实际与物理知识有机结合。

教学环节四

［老师］引入：“小水滴”到哪里去了？让我们继续“小水滴”的旅程。

［学生］继续朗诵诗歌：我又伴着一江春水顺流而下……

［老师］提问：水是生命的乳汁，这些诗句分别描述了什么样的场景？引起学生的关注与思考。

［学生］分析：地球上水的总量很大，但可供我们人类直接利用的水并不多，只占总水量的0.3 %。我国是世界上严重缺水的国家之一，却存在着水资源严重浪费和水环境严重污染的现象。长此下去，水将成为制约我国经济、社会发展的重要因素。因此，我们应树立节约用水和保护水资源的意识。

［教师］引导：说说自己身边有哪些浪费水的现象和节约用水的方法。

［教师］请学生设计一条号召节约用水的标语。

［学生］交流：节约用水从我做起；节约用水从点滴做起；长流水是我们的眼泪；水是多么宝贵的资源，大家都有保护的责任；地球上最后一滴水也许是我们人类的眼泪……

［教师］总结：这节课我们的收获是什么？

［学生］自由回答。

分析：如果就知识目标的达成而言，前面的三个环节已经完成了。关于“水循环”教育意义的进一步开发则体现在第四个环节上。在第一个环节中，学生已经通过实验重现了水循环的过程，兴致很高。在第四个环节中，通过诗歌朗诵的形式把物态变化的知识与节约用水的教育有机地结合起来，令人耳目一新。

二、平面镜成像

案例撰写：北京市第二中学分校　　牛　颖
案例分析：北京市东城区教师研修中心　王苏凤

（一）教学目标

1. 通过经历猜想、假设、设计并进行实验，进而分析现象并得出结论的过程，初步体验自主探究的乐趣。

2. 初步学会阅读说明书，并根据实验器材的特点，设计、改进实验方案。

3. 了解平面镜成像的特点。

4. 体会和感悟实验方法对研究物理问题的重要性，得到科学研究方法的教育。

（二）教学资源

教学用具：Q/HZG平面镜成像实验器材一套；大平面镜一块；直径20 cm左右的石英钟；坐标纸一张；A4白纸一张（上面画有应用对称法找镜中字母F及其虚像的图，先不画作图线）；黑色记号笔一支；铅笔一支；平面镜一块；激光笔一支；课件。

教室环境：四面墙壁为平面镜的形体教室。上课时有窗帘遮挡，教学结束时拉开窗帘，可以使学生置身于“多重反射成像”的环境中。

（三）教学过程

教学环节一：创设情境 引出问题

［教师］展示一幅水中丹顶鹤的图片，并提问：你认为这张图片美在哪里？

［学生］观察、思考后回答：图片体现了一种“对称美”，表现在丹顶鹤与其水中倒影的对称。

［教师］演示：将石英钟斜放在较大的平面镜前，观察镜中的指针与实际指针的位置关系特点，再用带来的镜子观察自己在镜中成的像，是否都有一种对称关系体现出来？

［学生］观察自带的镜中的像，然后做出肯定回答。

［教师］引导：依据观察到的现象，提出一些你们感兴趣的问题。

［学生］

问题1：在平面镜中，镜中的像的大小跟实际物体的大小一样吗？

问题2：当改变物体与平面镜的距离时，像的大小改变吗？

问题3：物体到镜面的距离改变了，像到镜面的距离会变化吗？

……

［教师］小结：平静的水面、生活中用到的镜子，它们都能反射光，且表面很平，我们将这样的镜面称为平面镜。

板书：

第三节　平面镜成像

一、平面镜

分析：教师展示一幅丹顶鹤站立在水中的图片，一上课就让学生在感受“对称美”的同时，自然而然地进入问题情境中——镜面成像。

教学环节二：猜想假设

［教师］平面镜成像有什么特点和规律？本节将通过实验探究，得出结论。

板书：

二、平面镜成像特点

［教师］引导：根据体验和生活经验的积累，你认为平面镜成像有什么特点？

［学生］

猜想1：像是正立的。

猜想2：像的大小跟物体是等大的。

猜想3：像的左右跟物体左右是相反的。

猜想4：人向平面镜运动，像也向平面镜运动。

猜想5：像与物是关于平面镜对称的。

……

分析：学生在观察与体验中发现问题，萌发了求知欲望。在猜想的引领下开始主动的探究活动。

教学环节三：初步探究

［教师］提问：小孔成像的特点是什么？用演示文稿展示。

［学生］回答：倒立的像。

［教师］提问：若将蜡烛放在平面镜前，将会在镜子中看到什么样的像呢？用演示文稿展示。

［学生］回答：正立的像。

［教师］提问：在小孔成像的实验中，若在小孔后用纸遮挡，屏上就看不到烛焰的像了。若在平面镜后面遮挡，会不会在镜中也看不到像了呢？同学们可以借助手中的小镜子体验一下。

［学生］把纸放在镜子的背后，依然可以看到镜中的像。

［教师］演示：将石英钟斜放在较大的平面镜前，并在平面镜的后面放一张纸。

［学生］观察：依然可以观察到镜中石英钟的像。

［教师］提问：实验现象说明了什么？平面镜成的像是实际光线会聚所成的吗？

［学生］回答：平面镜成的像与小孔成的像不同，不是实际光线会聚成像。

［教师］动画演示：应用反射定律，作图研究平面镜成像。

［学生］观察并小结：平面镜成的像为实际光线反向延长线会聚的结果，所以为虚像。

［教师］板书：

正立、虚像

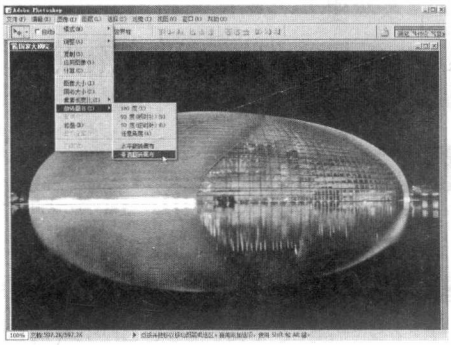
［教师］展示图片（图附1-3），继续提问：倒影中的像是正立，还是倒立的呢？

［学生］观察并猜测：正立？倒立？

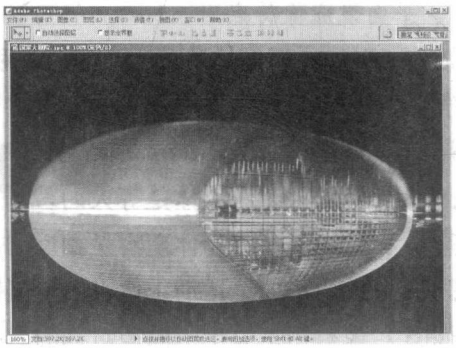
［教师］将图片垂直翻转后（图附1-4），让学生再次观察图片体现出来的上下关系，说明倒影也为正立的虚像。

［学生］观察并小结：倒影是正立的虚像，也是光的反射现象。

［教师］引出课题：关于平面镜成像的其他特点，我们将用实验的方法来研究。



图附1-3



图附1-4

分析：教师大胆创新，实施对比教学，让学生在回忆小孔成像特点的基础上，结合生活经验的积累解决了平面镜成正立虚像的问题，使学生下一步集中精力去探究平面镜成像特点中的“等大”和“物像对称”。对“倒影”的“正立”与“倒立”问题的讨论，巧妙地应用计算机来辅助处理，生动有趣。

教学环节四：方案设计

［教师］展示演示文稿（图附1-5），介绍实验器材。

［学生］观察实验器材。

［教师］讲解使用激光笔的注意事项，强调安全。

［教师］展示演示文稿（图附1-6）。引导学生通过阅读说明书，了解器材的使用方法。

［学生］阅读说明书，学习如何使用实验器材。

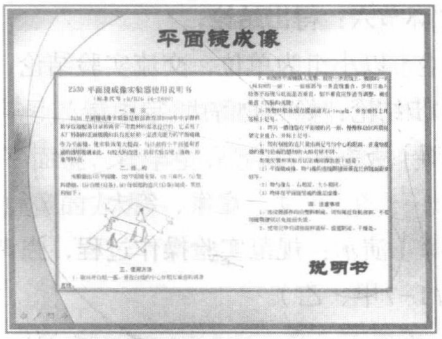
［教师］提问：

1．器材中的“平面镜”与生活中的平面镜有什么不同？

2．为什么用玻璃板而不用平面镜？



图附1-5



图附1-6

3．如何用四个平面镜支架和一个红色的塑料“火焰”模拟成像过程？

4．为什么准备两支完全一样的“蜡烛”？

5．坐标纸有什么作用？

［学生］观察、思考，小组内讨论后回答：

1．器材中的“平面镜”既能反射光线，又能透过它观察镜后面的物体。

2．平面镜不能透光，无法实现借助器材找虚像。

3．两个做镜面的支架，另外两个分别模拟点燃的和未点燃的“蜡烛”。

4．可以用来比较像与物的大小。

5．利用坐标纸，可确定物和像、平面镜三者的位置关系。

［教师］各小组交流实验方案。

［学生］交流、互动，初步形成共识。

分析：引导学生阅读仪器说明书，自主学习仪器的使用，并完善自己的实验方案，无疑可以提高学生的实验操作能力。另外，通过引导学生用坐标纸做实验，可以有效地降低“确定物和像、平面镜三者的位置关系”的探究难度。

教学环节五：实验操作

［教师］

1．针对交流中暴露出的问题加以强调。

2．强调一些重要步骤的操作技巧，如：

（1）如何垂直于水平面放置玻璃板？

（2）如何放置两支“蜡烛”？

（3）是否都需要装上“火焰”？

（4）如何利用坐标纸记录两支“蜡烛”的位置？

3．应在多次实验的基础上寻找并归纳初步结论。

［学生］听完注意事项后，分组进行实验。

［教师］在学生实验的过程中，注意巡视、指导，并用数码相机抓拍典型的实验场景，用作实验后的交流与评价。

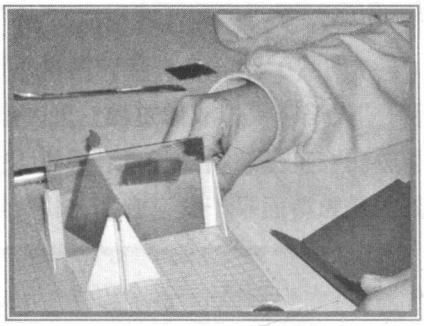
教学环节六：得出结论

［学生］以小组为单位，交流实验结论，展示实验作图痕迹，并加以说明。在此基础上得出初步结论：像与物等大。

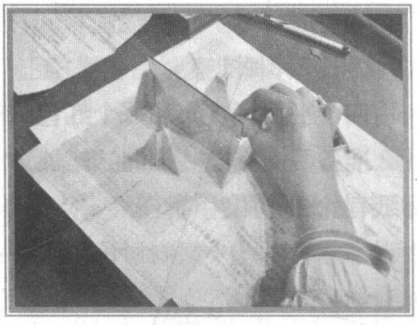
［教师］板书：

正立、虚像、等大

［教师］演示：规范实验操作过程，强调重要细节。之后，结合抓拍的典型场景作补充（图附1–7甲、乙）。



甲



乙

图附1–7

说明：

1. 教师应引导学生针对暴露出的物像对称性不理想的问题，教给学生如何判断玻璃板后面的“蜡烛”与玻璃板前面点燃的“蜡烛”的像是否完全重合。具体操作为：移动头部，直到从不同位置看起来“蜡烛”和像完全重合为止。

2. 应该让学生多次变换物体的位置，重复操作，在多次实验的基础上寻找规律，以培养学生严谨的科学态度。

［教师］引导：利用坐标纸上的网格，观察物与像对应点到镜面的距离，有什么特点？

［学生］观察、思考并回答：物与像对应点到镜面的距离相等，连线被镜面垂直平分。

［教师］进一步引导：将坐标纸沿镜面所在的位置对折，用笔刺穿物体所在位置上的某点，打开纸后会发现虚像所在位置的对应点也被刺穿，从而说明“对称”的关系。

［学生］体验，观察，进一步得出规律：物、像对应点的连线被镜面垂直平分。

［教师］板书：

物、像对应点的连线被镜面垂直平分。

教学环节七：应用规律解决问题

［教师］展示演示文稿，用倒影图片让学生体会“对称性”，为应用“对称性”找像作铺垫。

［教师］板书：

三、应用对称法、作图法找物体在镜中的像。

过渡：应用所学知识完成下一个活动。

［学生］

活动一：字母F照镜子

取一张A4纸，在上面写字母F、平面镜符号及镜中字母F虚像的图，先不画上作图线。沿平面镜所在的位置对折，将字母F靠近平面镜，让学生观察镜中的像的特点。然后打开对折的纸，补齐作图线，体会用对称法找虚像的方法。

活动二：石英钟照镜子

［教师］把石英钟靠近平面镜。

［学生］观察镜中像显示的时间与实际时间的对称关系。

在教师的引导下，学生上讲台用虚线连接“6”和“12”两个位置，发现所作虚线为对称轴。

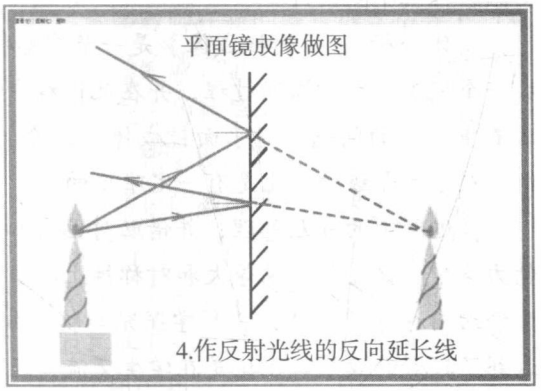
小结：要确定实际时间，可以用轴对称法作图，翻转时针、分针即可。

说明：在此过程中，教师要强调作图的规范。

活动三：观看动画

［教师］播放动画（图附1-8）。

［学生］观看动画，了解用光路图法找物体的像的过程。



图附1-8

活动四：模拟潜望镜

上课前，教师在讲台下藏好一面镜子（镜子背面与地面成45°角），事先不能让学生看到。活动时选两名学生上讲台，一名学生蹲在讲台后，另一名学生手持一块平面镜站立，镜面与地面成45°角（两面镜子的反射面平行，构成潜望镜的基本结构），再请一名学生站在教室后面做手势。教师提出活动要求：蹲在讲台后的学生在不能抬头看站立学生手中的镜子的情况下，判断教室后的学生所做的手势。学生往往会认为根本不可能完成这一任务，以造成悬念。当教室后面的学生做出手势时，前面的两名学生通过两面平面镜的配合，从而看到后面学生的动作，并轻而易举地作出回答。教师让台下的学生猜测原因，适时揭示隐藏镜子的秘密。此时，学生自然会联想到潜水艇中的潜望镜。

［教师］播放潜水艇中潜望镜的工作实景视频文件。

教学环节八：知识拓展

［教师］提问：潜望镜中两块平面镜是平行放置的，若改变两块平面镜的角度，会有什么样的现象呢？

用两组实验器材，完成模拟“万花筒”的实验。

为增强实验效果和美感，用激光笔照亮塑料“烛焰”，看起来好像真的被点燃一样。此时教室环境灯光应该很暗，以便观察现象。

［学生］两个实验组结合，利用两套实验器材完成。将两块平面镜垂直放置，把“蜡烛”置于两平面镜间，用激光笔照射“烛焰”，关掉室内照明灯，可在镜中明显看到三个“烛焰”的像。逐渐减小夹角，会发现镜中像的个数逐渐增多。进而体会“万花筒”的成像原理。

［教师］抓拍实验效果好的场景，用以交流、分享。

教学环节九：交流评价

［学生］交流分享本节的收获与体会。

［教师］拉开教室四周的窗帘，让学生置身于镜子的包围中。镜中出现了无穷多个像，再次激发学生进一步探究的兴趣。小结：看似深奥的现象背后，也许应用一条物理规律就可以解释其中的道理。

总体分析：《平面镜成像》是一节实验探究课。如何使学生在教师的引领、启发下完成一个完整的科学探究过程，并在此过程中体会学习的乐趣与成功的快乐，是教学设计时应着重考虑的问题。对平面镜成像的三个特点的逐一探究，以及物、像的轴对称性的理解，对于八年级的学生是有一定难度的。

通过教师的分层处理，并借助对已有知识的铺垫，达到了减少探究的知识点，把主要精力集中在探究物、像等大和对称性上的目的。通过教学过程中创设现实问题情景，让学生经历自主学习过程，将科学探究与物理知识的学习结合起来，采用多样化的教学方式，达到了较好的效果。无论是在学生交流，还是分组实验等教学环节，都渗透了合作学习与自主学习相结合的思想。课上教师充分利用了多媒体技术，为学生的学习活动准备了充足的信息化资源。既活跃了课堂气氛，又非常有针对性。

总之，在落实知识与能力目标的基础上，教师突破传统的教学模式，通过情景创设、问题启发，很好地达到了预设的教学目标。此外，教师还注意让学生在充分的活动中形成对知识的认知，在动手实践中促成能力的形成。比如教师设计的“石英钟照镜子”“模拟潜望镜”等游戏，以及模拟“万花筒”等实验，都可以让学生在活动中巩固对所学知识的理解。

附录2
教学设计的内容及应注意的问题

一、教学设计的内容

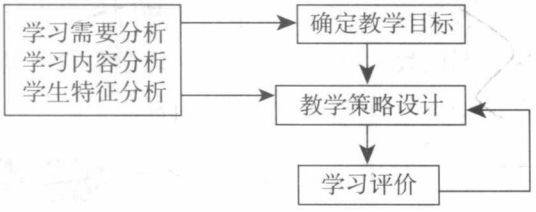
实施新课程以来，课堂教学发生了很大的变化，许多教师在新的教育理念指导下，对课堂教学进行了精心的设计，更多的教师不再仅凭个人经验或者个人的主观意向设计物理课的教学，而是应用现代教育理论、科学的教学方法、先进的教学手段对教学进行精心的设计和安排，这也就是现在物理教学中人们经常提到的“教学设计”。

教学设计通常分宏观设计和微观设计两大类，我们常说的教师所作的课堂设计属于微观设计，基本含义是指教师在教学之前根据社会要求和学生特点，对教学的目标、内容、方法、媒体、程序、环境以及评价等要素进行系统谋划，形成教学思路和方案的过程。不同的学者、流派对教学设计的要素有不同的分法，但其基本内容都包含下述三部分内容：

1. 分析与确定教学目标，即明确学生要学习什么知识和技能，学习什么方法和要达到哪些能力等；

2. 设计教学策略，即为达到预期的教学目标，应采用什么过程和方法，准备如何进行教学；

3. 进行学习评价，即及时获得反馈信息，检查是否达到预期目标，以修正教学过程。



图附2-1　教学设计流程示意图

要确定教学目标、设计教学策略，就要对学习内容、学生情况等进行分析，所以常见的教学设计步骤一般由如下几方面组成：学习需要分析、学习内容分析、学生特征分析、教学目标确定、教学策略设计、教学评价几部分。这几部分的关系可用图附2-1表示。

其中，学习需要分析更多的是由教育行政部门或学校教务机构来考虑并作出规定，它对教学目标的确定有重要意义。而学习内容分析中包括两方面的含义，一是选择教学内容、确定内容的范围和深度，与“教什么”有关，二是揭示教学内容的各个部分之间的关系，安排其呈现顺序，与“如何教”有关。前者主要是由教育行政部门来考虑，而后者则需要

由老师来思考、分析。它既对教学目标的确定有作用，更是教师在进行教学策略设计中必须要认真分析和考虑的。另外在教学设计中还要考虑的一个方面就是学习的主体——学生，要准确地确定教学目标、设计教学过程，就必须对学生进行客观、正确的分析，只有从学生的实际出发，才能保证教学设计是客观的、可行的。

（一）教学目标的确定

教学目标是教师在分析本学科课程标准、教学内容和学生特征的基础上，分析教学内容结构与学生原有的知识结构之间的差距，对本单元或本节的教学过程中所要解决的问题，提出恰当的要求。从教学的实践来看，教学目标的确定往往需要综合考虑课程的需要、学生的能力与个体差异、教师自身的教学经验等因素。教学目标的确定要综合考虑知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三维目标的要求。只有目标明确、具体，才有可能围绕这些目标来合理地设计教学过程。

（二）教学策略的制定

教学策略是指在特定的教学情境中为实现教学目标和适应学生学习需要而采取的教学行为方式。它包括教学活动的程序、方法、形式和媒体等，解决“怎么教”和“怎么学”的问题。

在教学策略的制定这一环节涉及的因素比较多，包括教材的讲解、教学媒体的使用、问题的设计、师生间学习活动的设计等。在诸多因素中要特别注意教学方法的采用和具体教学活动的设计。要体现教学策略的灵活性，即同一教学内容，可以有不同的处理方式。教师在教学策略的制定中，要依据素质教育的教学观，依据学生和教学内容的特点，力争选择最适合达到这些学习目标的认识途径。

教学策略的制定最能反映教师教学设计和掌控教学过程的水平，只有非常了解学生情况、明确教学目标、熟悉各种教学手段并具有深厚的学科功底的老师，才能设计出好的教学活动，使教学达到预期的目标。

（三）教学评价

教学评价是指对教和学的行为作出评判，通常是通过观察和测试等考查学习者是否达到了教学目标中所规定的内容，从而判定教学目标是否合理以及教学设计中的策略是否正确和有效，以便及时修正和改进。

二、教学设计中应注意的问题

新课程提倡学生的主动式学习，提倡学生的全面发展。在新课程理念的指导下，以前那种只注重知识教学的教学设计已不再受宠，广大物理老师在积极地探索着如何能更好地体现知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三维目标的教学设计。在广泛的实践中的确涌现出了许多好的案例，但同时也出现了一定的问题。这里结合实验地区教学的实例谈谈物理教学设计应该注意的几个问题。

（一）教学设计要充分考虑三维教学目标的落实

在新课程理念下，物理教育不再仅仅是传授给学生知识，还要学生学习和掌握科学的方法、经历必要的过程，并培养学生良好的情感态度和价值观。因此在教学设计中就要充分地考虑这些因素，设计好具体的教学过程。教学中我们常常可以看到有些教师出于担心学生学不懂等原因，教学中一讲到底。但是一讲到底的效果却未必好，测验时常常发现自己在课堂上非常强调的问题，学生还是不会，于是就只好不断地做题，反复地训练，而学生则是相当反感。其实单从学习知识的角度来看，这也是违背学习规律的。因为没有学习者主动参与的学习活动不可能达到很好的学习效果。只有学习者带着问题去思考、活动、探究，在不断地与自己原有认知相互碰撞的过程中，去构建新的认知，才能达到对新事物的准确认识。这种认知不是外人强加的，是经过自己内化后形成的，是有生命力的。另外，学习者在这种主动学习的过程中不仅得到了新的认识，同时也会逐渐地形成自己处理问题的方法，提高解决问题的能力，还会对自己在与人交流、讨论、合作等过程中培养自己良好的情感态度和价值观。所以说在新的物理教学设计中一定要注意三维目标的确定和落实。现在有些老师出于对考试的顾虑，还不能很好地理解和运用新的教学方法，常常用十几分钟讲解新课，二十几分钟训练、做题的方法来教学，这是应该坚决摒弃的。

（二）教学设计要目标明确

一堂课的教学目标是否明确，决定了教师能否设计出好的教学过程。试想一个教师对这堂课要达到什么样的一个目标不是很清楚，那他能设计出好的教学过程，能有好的教学思路吗？新的物理课程提倡三维教学目标的教学，从整个的教育过程来讲，每一节的教学都要注意这三维目标的落实。但是具体到每一节中，由于每节的内容、目的等不同，因此每节在这三维目标方面所体现的程度也会不同，有些课可能知识和技能的目标所占的比例

大些，有些课可能过程和方法的目标所占的比例会大些。一个好的设计者首先要明确这节重点的目标是什么，其次是采用什么样的方法去达到这一目标。比如关于“速度”，《课标》中是这样要求的：“用速度描述物体运动的快慢。通过实验测量物体运动的速度。用速度公式进行简单计算。”仅就《课标》在知识层面的要求来看，知道速度是描述物体运动快慢的物理量，会在路程、时间、速度三个物理量中，由两个量求出第三个量，就可以说是达到了这一单元的基本目标。但是不同的学校的教师，面对不同的学生，会提出不同的教学目标。有的教师可能会以小学科学及数学中有关速度的粗浅认识为基础，结合生活中的实例引入速度的概念和公式，然后做一些基本的练习，就可以了。而有的教师则可能除了会将目标定在“用速度描述物体运动的快慢，通过实验测量物体运动的速度。用速度公式进行简单计算”外，还让学生体会用比值定义物理量的方法和具体含义。比如有的教师问学生：“咱班谁跑百米最快呀？”学生回答是某一个学生。教师进一步问：“为什么说他最快？有多快呀？”学生回答：“他用的时间最短，百米才用了13秒！”教师由此引导学生思考、讨论：“这种情况下是如何比较快慢的呀？”学生很容易得出“是在路程一定的情况下，比谁用的时间少”。教师进一步提问：“还有没有别的比较方法呢？”学生就会得出“同样的时间，比谁跑的远”“如果时间和路程都不相同，应该用时间除以路程或用路程除以时间”等一些结论。由此可见，不同的教学目标，就会有不同的教学设计。所以在教学设计中，要注意根据教学的实际情况，合理地确定教学目标，并注意在教学活动的设计中始终围绕这些目标开展教学，不偏离主线。

（三）教学设计要体现探究精神

新课程提倡探究式教学，那么何为探究呢？广义地讲，学生或通过自己的活动，或在教师的引领下，通过各种方式的主动学习，从未知到已知的过程，均可谓探究过程。探究过程中最重要的是学生在学习过程中经历自我发现问题、解决问题的过程。学生不能一遇到问题不去想办法解决，而总是等着教师给出答案。同样，教师也不能学生一遇到问题就急忙将答案告诉学生，而是应该合理地引导学生经过主动的探究，找出解决问题的办法。

探究过程中要注意两类问题，一是不能牵着学生的鼻子搞“探究”；二是探究不能只放不收。在教学实践中经常能看到有些教师课前按着自己的思路设计了探究的程序，准备了必要的活动用具等，但是在学生具体活动、探究中又放不开手脚，怕探究偏离了自己设计的主线，怕探究花费了太多的时间，怕这怕那。所以只能是嘴上说“大家可以就这个问题探究一下，看看到底为什么？”之类的话，但是还没等学生探出个结果，教师又草草收场，提出下一个设计好的问题。所以教学中看不出学生思维活跃、主动探究的场面，而是被动地跟着教师“探究”，这实际上不是探究，而应该叫做“设圈上套”。这样的探究与其说有，还不如说无。因为它不但不能使学生真正地学到科学的方法，还会曲解科学探究的方法，百害而无一利。当然，教学中不可能处处都让学生探究，由学生自己总结出科学

规律。但是教学设计中一旦安排了科学探究，就应该让学生真的去探究，不能是教师一问，学生一答，教师牵着学生的鼻子搞“探究”。

在教学实践中也经常能看到有些教师活动倒是放得很开，学生做了充分地活动，但是教学的主线并不清晰，满足于学生热热闹闹的活动，而忽略了重要的物理规律的得出。例如有一位教师是按下面的方式上“光的直线传播”的。

首先教师为学生准备了许多实验用具，有激光笔、玻璃砖、水槽、喷雾器、蚊香、可乐瓶等。然后教师让学生做实验看看光是如何传播的。做完实验后教师让学生说各自的看法，有学生说光是沿直线传播的，有学生说光不是沿直线传播的。教师说：“你说说看为什么？”有的学生说光从空气射向水中时方向发生了偏折，所以光不沿直线传播，有的学生说光从空气中进入玻璃时发生偏折，有的学生说不发生偏折，所以沿直线传播，等等。教师对于每个学生的结论只是说“噢，你认为光是沿直线传播的。”“噢，你认为光不沿直线传播。”“噢，你认为光是沿折线传播的。”……至于光在什么情况下沿直线传播，在什么情况下不沿直线传播，并没有引导学生把条件讨论清楚。

由于学生实验及发表意见用去了很多时间，以至于下课时，教师也没有时间再把什么情况下光沿直线传播，什么情况下光不沿直线传播的条件说清楚。这样的“探究”多了，学生就只会看现象，不会总结、提炼、得出规律。

关于探究有一点应该澄清，就是探究式教学不一定非得要有实验活动。其实在初中物理学习中，由于学习内容、学习时间、设备条件等因素的影响，物理课不可能，也没必要都上成实验课。但是探究的思想，却可以在绝大多数情况下加以实现。比如许多讲授加讨论式的教学都可以设计成探究式的教学，关键是充分调动学生的主动性，积极地参与、思考，想办法解决问题。比如上面提到的速度教学，后面一种方式就有探究的思想，值得提倡。

（四）教学设计要符合实际，不搞花架子

新课程强调探究式教学，一是因为探究式教学符合人们认识事物的规律，能激发起学生学习的兴趣；二是因为以往的教学机械式的讲解、操练太多了。但是我们也不能不承认在初中每周2~3课时的情况下，要完成课程标准里所规定的内容，如果完全用探究式教学，特别是实验探究，那是根本不可能的，其实也是不必要的。因为有些内容在初中根本就不适合做实验，例如光速的问题，初中不能做实验，也不必做实验，让学生知道光在传播中有一定的速度，其值为多少即可。另外，新课程强调探究式教学，指的是与直接将知识“填给”学生的做法相对的自主探究的思想、探究的精神。从这个意义上讲我们教学中常用的“讲授式”“讨论式”“指导式”等教学方法，都可以设计成探究式的学习。所以在教学中要正确理解课程标准中所提到的“提出问题”“猜想与假设”“制订计划与设计实验”“进行实验与收集证据”“分析与论证”“评估”“交流与合作”七个要素。有些内容根

本就没有实验，所以也就不可能涉及第三个和第四个要素。其实《课标》中将科学探究按七个要素来划分，是为了方便学生了解和学习，但实际的科学探究，特别是初中物理教学中的探究更多的则是涉及这七个要素的某个或某几个，或者说更多的则是探究的思想了。因此，教学中一定要根据教学的内容和学生的情况来合理地进行教学设计，突出科学探究的思想，切不可机械地套用课程标准中的七个要素，搞华而不实的教学。

人民教育出版社
PEOPLE'S EDUCATION PRESS

责任编辑／金新喜
封面设计／于　艳　李宏庆

YIWU JIAOYU JIAOKESHU

JIAOSHI JIAOXUE YONGSHU WULI

BANIANJI SHANGCE

教师教学用书　物　理

八年级　上册

登录“教师网络培训和服务平台”
即刻免费获得优质、专业、全面的服务

◇ 独家权威解读新版本新课标教材
◇ 全面系统推出各科教材配套资源
◇ 在线活动引领课程教材教法改革
◇ 网络研修助力一线教师专业成长

请通过人教网顶部 “培训服务”菜单访问本平台，或使用微信搜索并关注“人教教材培训”公众号，获取更多最新培训资讯和精彩内容。

ISBN 978-7-107-25551-9

定价：34.00元