# 第三章 3 波的反射、折射和衍射

## 问题？

我们知道，声音在传播过程中，遇到障碍物时会发生反射。对着远处的峭壁大喊一声会听到回声，就是声波在峭壁上反射的结果。生活中，你是否注意过水波的反射？波的反射应该遵从什么规律？



## 波的反射

我们可以通过实验来研究水波的反射规律。

### 演示

**水波的反射**

如图 3.3–1 甲，在发波水槽一端有一平板振动发生器，振动发生器在水槽中能够产生水波。在水槽中斜向放置一个挡板，观察水波在传播过程中发生的现象。

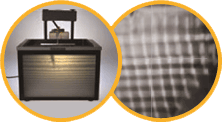
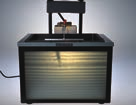


图 3.3–1 水波的反射

甲

乙



如图 3.3–1 乙，当水波遇到挡板时会发生**反射**（reflection）。如果用一条射线代表水波的入射方向（入射线），用另一条射线代表水波的反射方向（反射线），我们发现水波的反射与初中学过的光的反射遵循同样的规律。反射线、法线与入射线在同一平面内，反射线与入射线分居法线两侧，反射角等于入射角。

## 波的折射

我们知道光从一种介质进入另一种介质时会发生折射，机械波会发生折射吗？理论和实验证明，一切波都会发生折射现象。一列水波在深度不同的水域传播时，在交界面处将发生**折射**（refraction），如图 3.3–2 所示。



图 3.3–2 水波的折射

如果用一条射线代表水波的入射方向，用另一条射线代表水波的折射方向，可以更清晰地看出水波的折射现象。

## 波的衍射

在水塘里，微风激起的水波遇到小石、芦苇等细小的障碍物，会绕过它们继续传播。在波的前进方向上放一个有孔的屏，可以看到波通过小孔而在屏的后面向各个方向传播。

波可以绕过障碍物继续传播，这种现象叫作波的**衍射**（diffraction）。波在什么条件下能够发生明显的衍射现象？

### 演示

**水波的衍射**

在水槽里放两块挡板，中间留一个狭缝，观察水波通过狭缝后的传播情况（图 3.3–3 甲）。

保持水波的波长不变，改变狭缝的宽度，观察水波的传播情况有什么变化（图 3.3–3 乙）。

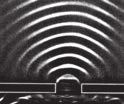
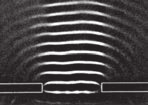


图 3.3–3 波长一定的水波通过宽度不同的狭缝

甲

乙

通过实验可以看到，在狭缝宽度比波长大得多的情况下，波的传播如同光沿直线传播一样，在挡板后面产生“阴影区”，如图 3.3–3 甲所示；在狭缝宽度与波长相差不多或者狭缝宽度比波长更小的情况下，发生明显的衍射现象，水波可以绕到挡板后面继续传播，如图 3.3–3 乙所示。

保持狭缝的宽度不变，改变水波的波长，观察波的传播情况有什么变化。图3.3–4是实验时拍摄的照片，在甲、乙、丙三幅照片中，波长分别是狭缝宽度的 、 、 。对比这三张照片会再次看到，波长与狭缝宽度相差不多时，有明显的衍射现象，随着波长的减小，衍射现象变得不明显。可以推测，当波长与狭缝宽度相比非常小时，水波将沿直线传播，观察不到衍射现象。

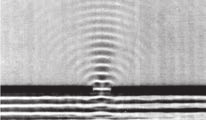
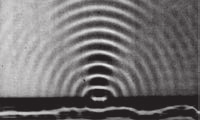
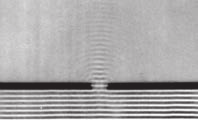


图 3.3–4 波长不同的水波通过宽度一定的狭缝



甲

乙

丙

实验表明，只有缝、孔的宽度或障碍物的尺寸跟波长相差不多，或者比波长更小时，才能观察到明显的衍射现象。

不只是水波，声波也能发生衍射。“闻其声而不见其人”，这是司空见惯的现象。通常的声波，波长在 1.7 cm ~17 m 之间，跟一般障碍物的尺寸相当，所以声波能绕过一般的障碍物，使我们能听到障碍物另一侧的声音。

一切波都能发生衍射。衍射是波特有的现象。

## 练习与应用

本节共 4 道习题。第 1 题为开放性习题，学生必须利用题目所给信息进行综合分析与计算。第 2 题理论联系实际，让学生用衍射知识对现象进行分析。第 3 题帮助学生更形象直观地认识波的衍射条件，加深对波衍射条件的理解，答案也具有一定的开放性。第 4 题充分发挥学生应用知识的想象和迁移能力，引导学生基于知识进行合理推断。

1．蝙蝠是通过声波的反射来判断前方是否有障碍物的。科学家在蝙蝠飞行的空间里横跨了很多系有铜铃的绳索，蝙蝠黑暗中在此空间飞行时不会碰撞这些绳索而导致铜铃发声。据此，你认为蝙蝠发出的声波频率应该具有怎样的特征？尽可能用数量级来描述你的估算。

**参考解答**：蝙蝠发出的声波波长应该很短，频率很高，应该高于 104 Hz。

提示：蝙蝠是通过声波的反射来定位的，这要求声波遇到障碍物不能友生明显的衍射现象，假设障碍物尺寸为 1 cm 左右，那么蝙蝠发出的声波的波长要小于 1 cm，由于声波在空气中的传播速度约为 340 m/s，根据公式 *v* = *λf* 可估算蝙蝠发出的声波的频率应该高于 104 Hz。

2．操场上的喇叭正在播放音乐，有高音也有低音。走到离操场不远的教学大楼后面，听到喇叭播放的音乐声有所减弱。是高音还是低音减弱得明显一些？为什么？

**参考解答**：高音减弱得明显一些。因为高音频率高，波长短，在障碍物相同的情况下，高音更不容易发生衍射现象，或衍射现象更不明显，也就不容易绕过障碍物。

3．如图 3.3–5，挡板 M 是固定的，挡板 N 可以上下移动。现在把 M、N 两块挡板中的空隙当作一个“小孔”做水波的衍射实验，出现了图示中的图样，P 点的水没有振动起来。为了使挡板左边的振动传到 P 点，可以采用什么办法？

M

N

P

图 3.3–5

**参考解答**：可以减小波源的频率来增加水波的波长，也可以适当上移挡板 N。

提示：若移动挡板，只能适当上移挡板 N，使“小孔”的大小和波长相当。如果“小孔”太小，衍射现象也会发生，但是由于能量的问题，P 点的振动不容易观察。

4．假想人耳可听的声音波长在毫米数量级。从波的衍射角度思考，这对我们的生活会产生什么影响？

**参考解答**：如果人可听的声波波长为毫米级，由于这一波长比一般障碍物的尺寸小得多，不容易发生衍射现象，障碍物就很容易阻挡这些声波，给人们通过声音传播信息造成困难。例如，“闻其声而不见其人”这种现象就不容易发生了。

# 第 3 节 波的反射、折射和衍射 教学建议

## 1．教学目标

（1）通过实验认识波的反射和折射现象。

（2）通过用射线解释反射、折射现象，认识波动中建构物理模型的方法。

（3）知道波的衍射现象和波产生明显衍射现象的条件。

## 2．教材分析与教学建议

学生在初中阶段已经学过光的反射、折射以及回声等的初步知识。本节内容在相关实例的基础上，以生活中常见的水波为例，介绍了波的反射、折射和衍射现象，进一步加深对波的特性的认识。对波的衍射现象的研究是一个科学探究的过程，教学的关键在于对实验的演示、观察和对实验现象的分析。为了有助于分析实验现象，可以在观察真实现象的同时利用动画进行模拟，以便学生对衍射现象留下更加深刻的印彖。

波的反射、折射是常见的现象，可通过与光的反射、折射的类比，从对实验现象的研究中概括出规律。对波的反射、折射和衍射现象的研究，既是对运动观念的拓展，也是培养科学思维与科学探究能力的重要途径，还是培养学生科学态度与责任的载体。

### （1）问题引入

学生对声的反射和光的反射现象体验比较深刻，但对波的反射现象中存在哪些规律、是不是与声和光的反射规律相同等问题还没有深入地思考过。教材一开始，提出了“你是否注意过水波的反射？波的反射应该遵从什么规律？”等问题，促使学生回忆生活经历，引发思考。

### （2）波的反射

教师演示水波的反射，学生在思考、讨论中可能会产生这样的问题：水波的反射跟光的反射满足同样的规律吗？反射角等于入射角吗？

通过与光的反射现象类比，建构“射线”（即教材中的“入射线”和“反射线”）模型，确市波在反射中的法线、入射角、反射角等，得到波反射时遵循的规律。在这个环节中，教师首先要鼓励学生大胆表达自己的看法和困惑（比如，波的传播方向如何表示？），充分肯定学生的思考，同时需结合实验演示引发学生进一步的思考，为波的折射的教学作准备。

### （3）波的折射

光的折射现象容易演示和观察，对机械波的折射学生比较陌生。我们可以通过光的折射引导学生思考机械波是否也有类似的现象发生。同时，做好水波的折射实验，增强学生的感性认识，增强学生对机械波折射现象的认识。因此，可以将该实验作为探究性实验来进行教学，以培养学生的科学探究意识，激发学生的求知欲望与合作、创新意识。

**教学片段**

**水波的折射**

教材图 3.3–2 呈现了水波折射现象，在前面光的反射与波的反射类比的基础上，结合光的折射引导学生猜想波的折射的特征，进行实验演示并组织学生观察，从以下几点开展探究活动。

问题 1．水波波面分布有什么变化？是否出现弯折的情况？（弯折处的连线就是浅水区和深水区的分界线）

问题 2．如何利用射线表示入射和折射方向？

问题 3．如何确定入射角和折射角？同时观察角度的大小。

问题 4．与光的折射类比，猜测波的折射规律。

### （4）波的衍射

对波的衍射现象的研究是本节重点，也是难点。这主要有以下几方面原因：一是波的衍射概念比较抽象，是学生第一次按触，容易与“扩散”“散射”等词语混淆；二是在衍射现象是否明显的问题上，容易将不明显的衍射现象理解为没有发生衍射；三是对明显衍射条件的认识，会忽略障碍物或孔的尺寸与波长比较的相对性。

水波衍射实验是重点，要改变条件多次演示，边演示边引导学生对比观察到的现象。充分利用教材提供的图片进行讲解，突出实验中观察到的现象，帮助学生从中归纳出结论。

**教学片段**

**水波的衍射**

生活中，我们经常看到水流过桥洞、绕过礁石等现象（可用图片展示相关情境）。如果在水槽里放两块挡板，中间留一条缝来模拟桥洞，水波通过狭缝后继续传播，会观察到什么现象？学生通常认为波与光一样沿直线向前传播。

在确定水波波长的情况下，演示缝比较宽时的实验现象，要求学生观察水波传播的情况，由学生表述观察到的现象。同时根据直线传播的规律，从波源到狭缝边缘作直线，比较图中的波的传播情况与实验现象是否相同。

进一步提出问题：如果减小狭缝宽度，水波的传播情况是否会发生变化？这会使学生已有的认识受到极大的挑战，要抓住时机，引导学生认真观察实验。

演示实验现象：缝小了，水波能传播到直线区域之外的地方，明显不沿直线传播，这就是水波的衍射现象。

教师可多次演示缝相对比较宽时的实验现象，并要求学生仔细观察水波边缘的情况，通过实验对比，得出发生明显衍射现象的条件：缝的宽度与波长差不多或比波长更小。

再次提出问题：缝宽度比较大时，就一定不能发生明显衍射现象吗？或者说缝比较窄时，一定有明显衍射现象发生吗？可以让学生先表述自己的想法。

以不同波长的水波进行实验比较，学生通过观察现象，归纳分析，得到发生明显衍射现象的一般条件。

对于衍射现象，在高中阶段不从理论上进行讨论。因此，不用引导学生探究诸如“为什么会发生衍射？”“为什么发生明显衍射现象的条件是障碍物或缝的尺寸比波长小？”等问题。

## 3．“练习与应用”参考答案与提示

本节共 4 道习题。第 1 题为开放性习题，学生必须利用题目所给信息进行综合分析与计算。第 2 题理论联系实际，让学生用衍射知识对现象进行分析。第 3 题帮助学生更形象直观地认识波的衍射条件，加深对波衍射条件的理解，答案也具有一定的开放性。第 4 题充分发挥学生应用知识的想象和迁移能力，引导学生基于知识进行合理推断。

1．蝙蝠发出的声波波长应该很短，频率很高，应该高于 104 Hz。

提示：蝙蝠是通过声波的反射来定位的，这要求声波遇到障碍物不能友生明显的衍射现象，假设障碍物尺寸为 1 cm 左右，那么蝙蝠发出的声波的波长要小于 1 cm，由于声波在空气中的传播速度约为 340 m/s，根据公式 *v* = *λf* 可估算蝙蝠发出的声波的频率应该高于 104 Hz。

2．高音减弱得明显一些。因为高音频率高，波长短，在障碍物相同的情况下，高音更不容易发生衍射现象，或衍射现象更不明显，也就不容易绕过障碍物。

3．可以减小波源的频率来增加水波的波长，也可以适当上移挡板 N。

提示：若移动挡板，只能适当上移挡板 N，使“小孔”的大小和波长相当。如果“小孔”太小，衍射现象也会发生，但是由于能量的问题，P 点的振动不容易观察。

4．如果人可听的声波波长为毫米级，由于这一波长比一般障碍物的尺寸小得多，不容易发生衍射现象，障碍物就很容易阻挡这些声波，给人们通过声音传播信息造成困难。例如，“闻其声而不见其人”这种现象就不容易发生了。