# 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。

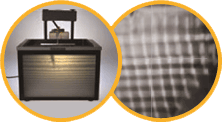
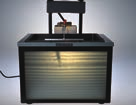


图 3.3-1 水波的反射

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）。

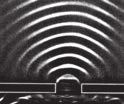
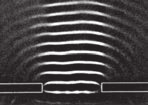


图 3.3-3 波长一定的水波通过宽度不同的狭缝

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。

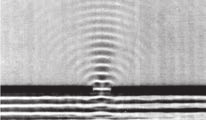
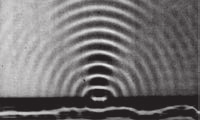
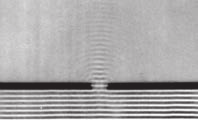


图 3.3-4 波长不同的水波通过宽度一定的狭缝



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。