# 第三章 第5节 多普勒效应

## 问题？

仔细听急救车的鸣笛声，你会发现一个现象：当车从你身边疾驰而过的时候，鸣笛的音调会由高变低。这到底是怎么回事？



1842 年，奥地利物理学家多普勒带着女儿在铁道旁散步时就注意到了类似上面描述的现象。他经过认真的研究，发现波源与观察者相互靠近或者相互远离时，接收到的波的频率都会发生变化。人们把这种现象叫作多普勒效应（Doppler effect）。

## 多普勒效应

### 演示

**蜂鸣器音调的变化**

将一个以电池为电源的蜂鸣器固定在长竹竿的一端，闭合开关后听一听它发出的声音。请一位同学用竹竿把蜂鸣器举起并在头顶快速转动（图 3.5–1），在几米之外听它的声音有什么变化。

图 3.5-1 蜂鸣器音调的变化

要了解多普勒效应，可以做如下的模拟实验。让一队人沿路行走，观察者站在路旁不动，假设每分钟有 30 个人从他身边通过（图 3.5–2 甲），这种情况下的“过人频率”是 30 人每分。如果观察者逆着队伍行走，每分钟与观察者相遇的人数增加，也就是频率增加（图 3.5–2 乙）；反之，如果观察者顺着队伍行走，频率降低（图 3.5–2 丙）。

图 3.5–2 多普勒效应的模拟实验

甲

乙

丙

在这个模拟实验中，人不表示介质中的质点，只代表传播中的波峰或波谷，于是“过人频率”就代表波的频率。

观察者顺着队伍的方向行走时，假设他的速度小于队伍行进的速度。

我们可以这样理解声波的多普勒效应：当波源与观察者相对静止时，1 s 内通过观察者的波峰（或密部）的数目是一定的，观测到的频率等于波源振动的频率；当波源与观察者相互接近时，1 s 内通过观察者的波峰（或密部）的数目增加，观测到的频率增加；反之，当波源与观察者相互远离时，观测到的频率变小。

### 思考与讨论

固定在振动片上的金属丝周期性触动水面可以形成水波。当振动片在水面上移动时拍得一幅如图 3.5–3 所示的照片，显示出此时波的图样。由照片是否可知，振动片正在向图中哪个方向移动？单位时间内是水波槽左边接收完全波个数多还是右边接收完全波个数多？

图 3.5-3


## 多普勒效应的应用

多普勒效应在科学技术中有广泛的应用。交通警察向行进中的车辆发射频率已知的超声波，同时测量反射波的频率，根据反射波频率变化的多少就能知道车辆的速度。装有多普勒测速仪的监视器可以装在公路上方，在测速的同时把车辆牌号拍摄下来，并把测得的速度自动打印在照片上。利用多普勒测速仪，还可以测量水在海底的流速，为养殖场寻找适合贝类生长的场所（图3.5–4）。

图 3.5-4 水下多普勒测速仪

医生向人体内发射频率已知的超声波，超声波被血管中的血流反射后又被仪器接收。测出反射波的频率变化，就能知道血流的速度。这种方法俗称“彩超”，可以检查心脏、大脑和眼底血管的病变。

理论和实验都证明，光波或电磁波都有多普勒效应，多普勒效应在科学技术中也有着广泛的应用。宇宙中的星球都在不停地运动。测量星球上某些元素发出的光波的频率，然后与地球上这些元素静止时发光的频率对照，就可以算出星球靠近或远离我们的速度。

## 练习与应用

1．为了理解多普勒效应，可以设想一个抛球的游戏（图 3.5–5）。设想甲每隔 1 s 向乙抛一个球，如果甲、乙都站着不动，乙每隔 1 s 接到一个球。如果甲抛球时仍然站着不动，而乙以一定速度向甲运动，这时乙接球的时间间隔是否还是 1 s ？如果乙靠向甲的速度增大，乙接球的时间间隔是否会有变化？

图 3.5–5

甲

甲

乙

乙

抛球时两人站着不动

抛球时乙向甲跑来

**参考解答**：当乙向甲运动时，由于间距缩短，乙接到球的时间间隔会减小，所以乙每次接球的时间间隔小于 1 s。这就相当于观察者向波源靠近时接收到的波的频率增大的情形。如果乙靠向甲的速度增大，乙接球的时间间隔会变得更短。

2．火车上有一个声源发出频率一定的乐音。当火车静止、观察者也静止时，观察者听到并记住了这个乐音的音调。以下哪种情况中，观察者听到这个乐音的音调比原来低？请解释原因。

A．观察者静止，火车向他驶来

B．观察者静止，火车离他驶去

C．火车静止，观察者乘汽车向着火车运动

D．火车静止，观察者乘汽车远离火车运动

**参考解答**：BD

3．在网络搜索引擎上键入“多普勒效应”一词，查找多普勒效应的应用，并写出一篇介绍文章，全班同学进行交流。

**参考解答**：略

# 第 5 节 多普勒效应 教学建议

## 1．教学目标

（1）通过实验了解多普勒效应及其产生的原因，知道多普勒效应是波特有的现象。

（2）知道多普勒效应的简单应用。

## 2．教材分析与教学建议

本节主要以声波为例介绍多普勒效应。声波的多普勒效应比较常见，但是学生对相关概念比较陌生，也缺少对此类现象的关注。教材以救护车鸣笛声音调的变化为情境，引导学生关注生活现象，用物理眼光审视生活现象。

观察者与波源之间发生相对运动时，会产生多普勒效应。要理解多普勒效应，应主要关注以下两个方面：一方面是相对运动与运动的区别，另一方面是音调与音量的区别。教材只对多普勒效应作定性的分析说明，使学生对多普勒效应有初步的了解，教学中不宜作过多的定量推导。

多普勒效应在生活中普遍存在，随着科学技术的发展，它的应用日益广泛，应结合实际给学生多作介绍，拓展学生的视野，认识到科学、技术、社会和环境之间存在的相互联系。

### （1）问题引入

运动的波源并不少见，但学生对于多普勒效应缺乏关注，有时甚至产生错误的认识，比如有时会将声音变尖（“音调”变化）理解成声音变响（“音量”变化）。教学中也可以提供更直观的生活实例，让学生认识生活中有关的物理现象，比如通过播放行驶的火车鸣笛时、赛车靠近看台时产生多普勒效应的视频材料引入课题。

### （2）多普勒效应

教材以蜂鸣器实验引入多普勒效应。实验时学生的充分体验是认识和理解多普勒效应的前提，实验可以从调节蜂鸣器音量大小、改变蜂鸣器旋转速度等多个方面展开。

实验也可以借助智能手机中的音频分析软件和同屏技术，实现频率数据可视化，更直观地反映多普勒效应。

**教学片段**

**演示蜂鸣器音调的变化**

生活中我们经常会听到各种各样的声音，声音有强有弱，发声物体有的运动、有的静止。这些声音对我们观察者来说产生的感觉有什么不同呢？

实验演示：把蜂鸣器固定在竹竿的一端，闭合开关后听它发出的声音，并调节音量的大小来让学生进行比较。要求同学注意感受，并表述听到的现象。这一环节是为了让学生熟悉音量大小的变化。

提出问题：如果用竹竿拴着蜂鸣器运动，可能会有什么现象发生？这是一个比较开放的问题，既可以是学生自己举着竹竿运动并感受声音的变化，也可以是一位同学举着竹竿运动，其他同学感受声音的变化。目的是让学生正确认识多普勒效应中观察者与波源相对运动的特征。

实验演示：①一位同学用竹竿举着蜂鸣器靠近、远离其他同学（举竿者与蜂鸣器相对静止），举竿同学和其他同学均注意感受蜂鸣器声音的变化情况，并描述感受；②更换举竿同学，再次感受实验现象；③一位同学用竹竿举着蜂鸣器并在头项快速旋转，其他同学感受声音的变化。

教师可邀请多位同学演示实验现象，并结合前面的实验和学生表述，要求学生仔细感受和辨析是声音的音调变化还是音量变化。

归纳、总结实验现象，得出结论。

多普勒效应是指由于波源或观察者的运动而出现的观测频率（接收到的频率）与波源频率不同的现象。

对于多普勒效应现象的解释，应把握以下几点。

①声源与观察者相对静止，观察者所接收到的频率等于声源振动的频率。

②声源与观察者相对靠近，观察者所接收到的频率大于声源振动的频率。

③声源与观察者相对远离，观察者所接收到的频率小于声源振动的频率。

教材图 3.5–2 比较直观、形象地帮助学生理解接收到的频率，教学中应认真对待，可以安排学牛进行模拟，加深体验。教材“思考与讨论”中的水波实验既可作为演示实验在课堂上进行研究，也可作为探究性实验供学牛课后观察、分析。

**教学片段**

**用传感器显示多普勒效应**

在通过听觉感受多普勒效应的基础上，借助手机中的音频分析软件可以更直观、更本质地揭示多普勒效应。

实验演示：①手机固定在教室中某位置，打开手机上安装的音频分析软件，打开蜂鸣器，观察手机接收到的音频信号（信号的强弱和频率）；②调节蜂鸣器音量，观察音频信号图像的变化情况；③手机位置固定，蜂鸣器靠近、远离手机，观察音频信号图像的变化情况；④蜂鸣器位置固定，手机靠近、远离蜂鸣器，观察音频信号图像的变化情况。

### （3）多普勒效应的应用

多普勒效应在科学技术中有广泛的应用。通过对多普勒效应的体验，学生对多普勒效应有了一定的认识。鼓励学生利用物理知识解决一些实际问题，是引导学生从课堂走向社会，从物理走向生活的重要途径。关于多普勒效应的应用，除了教材中提到的，还可以根据实际情况，补充介绍一些应用实例，也可以让学生利用网络查找相关信息，并与全班同学进行交流。

## 3．“练习与应用”参考答案与提示

本节共 3 道习题。第 1 题贴近生活，采用类比思想帮助学生形象直观地理解多普勒效应的成因。第 2 题利用多普勒效应解释相关现象。第 3 题具有开放性，有助于培养和提高学生自主探究和协作能力。

1．当乙向甲运动时，由于间距缩短，乙接到球的时间间隔会减小，所以乙每次接球的时间间隔小于 1 s。这就相当于观察者向波源靠近时接收到的波的频率增大的情形。如果乙靠向甲的速度增大，乙接球的时间间隔会变得更短。

2．B、D

3．略