

## 第1单元：机械振动

### 1、简谐运动

#### 【教学目标】

##### 1. 知识与技能

- (1) 了解什么是机械振动
- (2) 掌握简谐运动回复力的特征
- (3) 掌握在一次全振动过程中回复力、加速度、速度随偏离平衡位置的位移变化的规律（定性）

##### 2. 过程与方法

- (1) 通过观察演示实验，概括出机械振动的特征，培养学生的观察、概括能力；通过相关物理量变化规律的学习，培养分析、推理能力。
- (2) 渗透物理学方法的教育，运用理想化方法，突出主要因素，忽略次要因素，抽象出物理模型——弹簧振子，研究弹簧振子在理想条件下的振动。

#### 【教学重点】：

- 使学生掌握简谐运动的回复力特征及相关物理量的变化规律。回复力的特征是形成加速度、速度、位移等物理量周期性变化的原因。

#### 【教学难点】：

- 偏离平衡位置的位移与运动学中的位移概念容易混淆，这是难点。在一次全振动中速度的变化（大小、方向）较复杂，比较困难

#### 【教学器材】：

- (1) 演示机械振动：钢板尺、铁架台、单摆、竖直弹簧振子、皮筋球。气垫弹簧振子、微型气源。
- (2) 分析相关物理量的变化：课件

#### 【教学方法】：

- 演示观察引入课题，问题导学、教师教授与学生讨论相结合

#### 【教学过程设计】：

##### （一）引入新课

我们学习机械运动的规律是从简单到复杂：匀速运动、匀变速直线运动、平抛运动、匀速圆周运动，今天学习一种更复杂的运动——简谐运动。

##### （二）教学过程设计

##### 【板书】：1. 机械振动

振动是自然界中普遍存在的一种运动形式，请同学举例说明有哪些具体的运动算是振动？

说明微风中树枝的颤动、心脏的跳动、钟摆的摆动、声带的振动……这些物体的运动都是振动。

演示几个振动的实验，要求同学边看边想：物体振动时有什么特征？

- (1) 单摆——秋千、海盗船、钟摆

(2) 一端固定的钢板尺——琴弦

(3) 弹簧振子

(4) 穿在橡皮绳上的塑料球

提出问题：这些物体的运动各不相同：运动轨迹是直线的、曲线的（如1）；运动方向水平的、竖直的；为什么它们都叫做振动呢？也就是振动这种运动因该有什么共同特征？——归纳出：物体振动时有一中心位置，物体（或物体的一部分）在中心位置两侧做往复运动，振动是机械振动的简称。

明确并【板书】：物体（或物体的一部分）在某一中心位置两侧所做的往复运动，叫做机械振动。

### 【板书】：2. 简谐运动

指出简谐运动是一种最简单、最基本的振动，我们以弹簧振子为例学习简谐运动。

#### 【板书】：（1）弹簧振子

演示气垫弹簧振子的振动。

通过同学的观察、分析、讨论得到：

①滑块的运动是平动，可以看作质点。

②弹簧的质量远远小于滑块的质量，可以忽略不计。

明确：一个轻质弹簧联接一个质点，弹簧的另一端固定，就构成了一个弹簧振子。

③没有气垫时，阻力太大，振子不振动；有了气垫时，阻力很小，振子振动。

说明我们研究在没有阻力的理想条件下弹簧振子的运动。

（2）弹簧振子为什么会振动？

提出问题：当把振子从它静止的位置O拉开一小段距离到B再放开后，它为什么会在BD O D C之间振动呢？

要求同学运用学过的力学知识认真分析、思考。

引导同学分析振子受力及从B→O→C→O→B的运动情况，突出弹力的方向及在O点振子由于惯性继续运动。

归纳得到：物体做机械振动时，一定受到指向中心位置的力，这个力的作用总能使物体回到中心位置，这个力叫回复力。回复力是根据力的效果命名的，对于弹簧振子，它是弹力。

说明回复力可以是弹力，或其它的力，或几个力的合力，或某个力的分力。

在O点，回复力是零，叫振动的平衡位置。

#### 【板书】：（3）简谐运动的特征

说明弹簧振子在振动过程中，回复力的大小和方向与振子偏离平衡位置的位移有直接关系。在研究机械振动时，我们把偏离平衡位置的位移简称为位移。强调：注意，以前我们研究位移总是指物体偏离出发点的位移，在研究振动时则指偏离平衡位置的位移，与出发点无关。

演示：计算机模拟弹簧振子的振动，引导同学分析、讨论：

振子从B运动到E时，位移大小为|OE|，方向向右；振子从C运动到D时，位移大小为|OD|，方向向左；



振子运动到O时，位移为零；位移可以用振子坐标x来表示。

提出问题：弹簧振子振动时，回复力与位移是什么关系？

归纳同学的回答得到：根据胡克定律，弹簧振子的回复力的大小与位移成正比，方向与位移方向相反。

明确：物体在跟位移大小成正比，并且总指向平衡位置的力作用下的振动，叫做简谐运动。写做 $F=-kx$

说明式中F为回复力；x为偏离平衡位置的位移；k是常数，对于弹簧振子，k是劲度系数，对于其他物体的简谐运动，k是别的常数；负号表示回复力与位移的方向总相反。

弹簧振子的振动只是简谐运动的一种。但所有的简谐运动都要符合 $F=-kx$ 。不符合该规律的就不是简谐运动。

### 3. 在一次全振动中，相关物理量的变化规律

演示：计算机模拟弹簧振子的振动。（与前面相似，用箭头加x、v、a、F的显示）

让同学观察当振子从B→O→C→O→B时，就完成了了一次全振动，以后振子会重复上述过程。

(1) 位移的变化——演示：x的变化。

(2) 回复力的变化——提出问题：当位移x变化时，回复力F如何变化？

在同学回答的基础上明确：根据简谐运动的特征，F与x成正比变化，且方向相反。——演示：F的变化。

(3) 加速度的变化——提出问题：当回复力F变化时，加速度a如何变化？

在同学回答的基础上明确：根据牛顿第二定律，a与F成正比，且方向相同。——演示：a的变化。

(4) 速度的变化——引导同学分析讨论：B→O振子怎样运动？

明确：是加速度变小的加速运动，速度v变大，O速度最大。

再分析讨论：O→C振子做什么运动？是不是匀变速运动？——明确：是加速度变大的减速运动，速度v变小，C速度为零。

演示：v的变化。

让同学们将分析结果填入书P5/表1-1D D或自印表格如后图发给学生可增补动能和势能两项，符号约定：增大↑；减小↓；最大M；零0；向左←；向右→；

并将表格用投影幻灯投影在幕上，讨论1~2名同学的所填内容是否正确。

小结：简谐运动是变速运动，但不是匀变速运动。加速度最大时，速度等于零；速度最大时，加速度等于零。

(5) 从简谐运动的运动特点，我们来看它在运动过程中能量如何变化？让我们再来观察。——这次观察的目的是研究能量变化情况，观察时应注意观察振子与弹簧组成的系统

学生很容易回答在不计阻力

	A	AO	O	OD	D	DO	O	OA	A
位移 s									
速度 v									
回复力 F									
加速度 a									
动能									
势能									

的情况下，弹簧振子只有弹力做功，动能与势能相互转化，是一个机械能守恒的过程。请同学写出势能和动能转化的过程以及特殊点的动能和势能值。

小结：简谐运动过程是一个动能和势能的相互转化过程。

### （三）课堂小结

1. 机械振动是一种很普遍的运动形式，大至地壳的振动，小至分子、原子的振动。振动的特征是在中心位置两侧往复运动。


2. 为了研究简谐运动，我们运用了物理学中的理想化方法：从最简单、最基本的情况入手，抓住影响运动的主要因素，去掉次要的、非本质因素的干扰，建立了理想化的物理模型——弹簧振子，并且研究了弹簧振子在无阻力的理想条件下的运动问题，理想化是研究物理问题常用的方法之一。

3. 简谐运动是一种简单的、基本的振动，许多物体的微小振动都可以看作是简谐运动，复杂的振动可以看作简谐运动的叠加，它的特征是：回复力与偏离平衡位置的位移成正比。

4. 简谐运动是一种变加速运动。

### （四）课堂训练： P1/例 1； P2/1、7、8

提高：阅读书 P5/拓展一步和 P2/例 2D D 归纳出如何证明一个物体在做的运动是简谐运动？

 **【布置作业】**：完成书 P6/2（并思考其是否是简谐运动）、4、5

## 2、简谐运动的描述

### 【教学目标】：

#### 1. 知识与技能

- (1) 知道简谐运动的振幅、周期和频率的含义。理解周期和频率的关系。
- (2) 知道振动物体的固有周期和固有频率，并正确理解与振幅无关。
- (3) 理解振动图像的物理意义，能利用图像求振动物体的振幅、周期及任意时刻的位移；会将振动图像与振动物体在某时刻位移与位置对应，并学会在图象上分析与位移  $x$  有关的物理量。
- (4) 知道简谐运动的公式表示  $X=Asin\omega t$ ，知道什么是简谐运动的圆频率，知道简谐运动的圆频率和周期的关系。

#### 2. 过程与方法：

观察砂摆演示实验中拉动木板匀速运动，让学生学会这是将质点运动的位移按时间扫描的基本实验方法。

#### 3. 渗透物理方法的教育：

提高学生观察、分析、实验能力和动手能力，从而让学生知道实验是研究物理科学的重要基础。

### 【教学重点】：

振幅、周期和频率的物理意义；简谐运动图象的物理意义

### 【教学难点】：

理解振动物体的固有周期和固有频率与振幅无关；振动图象与振动轨迹的区别；圆频率与周期的关系

### 【教学器材】：

弹簧振子，音叉，课件；砂摆实验演示：砂摆、砂子、玻璃板（或长木板）

### 【教学方法】：

实验观察、讲授、讨论，计算机辅助教学

### 【教学过程设计】：

### 第 1 课时

#### 1. 新课引入

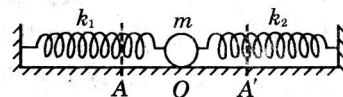
上节课讲了简谐运动的现象和受力情况。我们知道振子在回复力作用下，总以某一位置为中心做往复运动。现在我们观察弹簧振子的运动。将振子拉到平衡位置  $O$  的右侧，放手后，振子在  $O$  点的两侧做往复运动。振子的运动是否具有周期性？

在圆周运动中，物体的运动由于具有周期性，为了研究其运动规律，我们引入了角速度、周期、转速等物理量。为了描述简谐运动，也需要引入新的物理量，即振幅、周期和频率。

#### 【板书】二 振幅、周期和频率（或投影）

#### 2. 新课讲授

实验演示：观察弹簧振子的运动，可知振子总在一定范围内运动。说明振子离开平衡位置的距离在一定的数值



范围内，这就是我们要学的第一个概念——振幅。

### **【板书】1、振动的振幅**

在弹簧振子的振动中，以平衡位置为原点，物体离开平衡位置的距离有一个最大值。如图所示（用投影仪投影），振子总在 AA' 间往复运动，振子离开平衡位置的最大距离为 OA 或 OA'，我们把 OA 或 OA' 的大小称为振子的振幅。

#### **【板书】（1）、振幅 A：振动物体离开平衡位置的最大距离。**

我们要注意，振幅是振动物体离开平衡位置的最大距离，而不是最大位移。这就意味着，振幅是一个数值，指的是最大位移的绝对值。

#### **【板书】振幅是标量，表示振动的强弱。**

实验演示：轻敲一下音叉，声音不太响，音叉振动的振幅较小，振动较弱。重敲一下音叉，声音较响，音叉振动的振幅较大，振动较强。振幅的单位和长度单位一样，在国际单位制中，用米表示。

#### **【板书】（2）、单位：m**

由于简谐运动具有周期性，振子由某一点开始运动，经过一定时间，将回到该点，我们称振子完成了一次全振动。振子完成一次全振动，其位移和速度的大小、方向如何变化？

学生讨论后得出结论：振子完成一次全振动，其位移和速度的大小、方向与从该点开始运动时的位移和速度的大小、方向完全相同。

在匀速圆周运动中，物体运动一个圆周，所需时间是一定的。观察振子的运动，并用秒表或脉搏测定振子完成一次全振动的时间，我们通常测出振子完成 20~30 次全振动的时间，从而求出平均一次全振动的时间。可以发现，振子完成一次全振动的时间是相同的。

### **【板书】2、振动的周期和频率**

#### **（1）、振动的周期 T：做简谐运动的物体完成一次全振动的时间。**

**振动的频率 f：单位时间内完成全振动的次数**

#### **（2）、周期的单位为秒（s）、频率的单位为赫兹（Hz）。**

#### **【板书】（3）、周期和频率都是表示振动快慢的物理量。两者的关系为 $T=1/f$ 或 $f=1/T$**

举例来说，若周期  $T=0.2s$ ，即完成一次全振动需要 0.2s，那么 1s 内完成全振动的次数，就是  $1/0.2=5s^{-1}$ 。也就是说，1s 钟振动 5 次，即频率为 5Hz。

提出问题：振子的周期或频率与什么因素有关呢？

学生猜想：可能与振子的振幅、质量与弹簧的劲度系数有关，要求给出猜想理由并设计实验证明猜想。实验 1：用两个一样的弹簧振子，拉到不同的振幅，用秒表或者脉搏计时实验演示：观察两个弹簧振子，比较一下这两个振子的周期和频率。演示实验表明，振幅不同的同一个弹簧振子，周期和频率相同。即：同一个振子，其完成一次全振动所用时间是不变的，但振动的幅度可以调节。不同的振子，虽振幅可相同，但周期是不同的。

### **【板书】3、简谐运动的周期或频率与振幅无关**

实验演示（引导学生注意听）：敲一下音叉，声音逐渐减弱，即振幅逐渐减小，但音调不发生变化，即频率不变。

实验 2：我们继续观察两个劲度系数不同的同质量振子的运动，我们可以认识到，弹簧振子的振动周期与弹簧的劲度系数有关，劲度系数较大时，周期较小。

实验3：我们继续观察两个劲度系数相同的质量不同的振子的运动,我们用同一弹簧,拴上质量较小和较大的小球,在振幅相同时,分别测出振动的周期 $T_2$ 和 $T_2'$ ,比较后得到结论.弹簧振子的振动周期与振子的质量有关,质量较小时,周期较小.

归纳说明：**【板书】**4、振子的周期(或频率)由振动系统本身的性质决定,称为振子的固有周期或固有频率.

例如:一面锣,它只有一种声音,用锤敲锣,发出响亮的锣声,锣声很快弱下去,但不会变调.摆动着的秋千,虽摆动幅度发生变化,但频率不发生变化.弹簧振子在实际的振动中,会逐渐停下来,但频率是不变的.这些都说明所有能振动的物体,都有自己的固有周期或固有频率.

巩固练习（投影）

1. 一物体从平衡位置出发,做简谐运动,经历了10s的时间,测的物体通过了200cm的路程.已知物体的振动频率为2Hz,该振动的振幅为多大?

2. A、B两个完全一样的弹簧振子,把A振子移到A的平衡位置右边10cm,把B振子移到B的平衡位置右边5cm,然后同时放手,那么:

A. A、B运动的方向总是相同的.

B. A、B运动的方向总是相反的.

C. A、B运动的方向有时相同、有时相反.

D. 无法判断A、B运动的方向的关系.

3. P5/例1、2强调对称性是解简谐运动类题目的关键。

✚ **【布置作业】**：书P11/1~4

## 第2课时

## 回顾图象知识引入新课

同学们知道，物体的运动规律可以用数学图象来描述，你们能说出那些运动图象？

学生讨论后回答：位移图象、速度图象。

引导学生说出匀速直线运动的位移  $s=vt$ ，其图象是一条过原点的直线；初速度为零的匀加速直线运动的位移  $s=at^2/2$ ，其图象是一条过原点的抛物线如图1所示；匀速直线运动的速度不变，图象是一条平行时间轴的直线；初速度为零的匀加速直线运动的速度  $v_t=at$ ，其图象是一条过原点的直线。（教师可在黑板上画出相应的图象或让学生到黑板上画出来）



图1

提问——在图1中x-t图象是抛物线，其图象的横纵坐标、原点分别表示什么？物体运动的轨迹是什么？——答：横轴表示时间；纵轴表示位移；坐标原点表示计时、位移起点。物体运动的轨迹是直线。因此大家要注意区分图象与轨迹。

虽然简谐运动是较复杂的机械运动，其运动规律也可以用图象表示。本节课我们来讨论简谐运动的图象。

## 【板书】：简谐运动的图象

演示一：下面的木板不动，让砂摆振动。

让学生观察现象：

1. 砂在木板上来回划出一条直线，说明振动物体仅仅只在平衡位置两侧来回运动，但由于各个不同时刻的位移在木板上留下的痕迹相互重叠而呈现为一条直线。



图2

2. 砂子堆砌在一条直线上，堆砌的沙子堆，它的纵剖面是矩形吗？

学生答：砂子不是均匀分布的，中央部分（即平衡位置处）堆的少，在摆的两个静止点下方，砂子堆的多（如图2），因为摆在平衡位置运动的最快。

讲解：质点做的是直线运动，但它每时刻的位移都有所不同。如何将不同时刻的位移分别显示出来呢？

演示二：让砂摆振动，同时沿着与振动垂直的方向匀速拉动摆下的长木板（即平板匀速抽动实验，如图3所示）。

让学生观察现象：原先成一条直线的痕迹展开成一条曲线。

讨论图线：（请同学们相互讨论）

- (1) 图线的x、y轴（横、纵坐标）分别表示什么物理量？
- (2) 曲线是不是质点的运动轨迹？质点做的是什运动？
- (3) 图象的物理意义是什么？

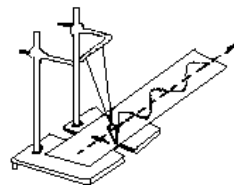


图3

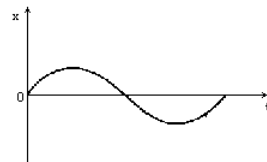


图4



(4) 这条图线的特点是什么？

请同学回答，并讨论得出正确结果。

**【板书】：**一、简谐运动图象

1. 图象（如图4）。

2. x-t图线是一条质点做简谐运动时，位移随时间变化的图象。

3. 振动图象的横坐标表示的是时间t，因此，它不是质点运动的轨迹，质点只是在平衡位置的两侧来回做直线运动。

4. 振动图象是正弦曲线还是余弦曲线，这决定于t=0时刻的选择。（提醒学生注意，t=T/4处，位移x最大，此时位移数值为振幅A，在t=T/8处， $X = \frac{\sqrt{2}}{2}A = 0.707A$ 半周期的简谐运动曲线，不是半圆——强调图线为正弦曲线。）

**【板书】：**二、简谐运动图象描述振动的物理量

通过图5振动图象，让同学回答直接描述量。

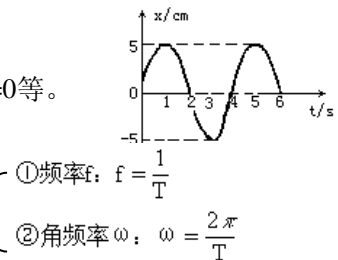
答：振幅为5cm，周期为4s，及t=1s，x=5cm，t=4s，x=0等。

**【板书】：**1. 直接描述量：

①振幅A；②周期T；③任意时刻的位移t。

**【板书】：**2. 间接描述量：（请学生总结回答）

③x-t图线上一点的切线的斜率等于v。



$$\left. \begin{array}{l} \text{①频率: } f = \frac{1}{T} \\ \text{②角频率: } \omega = \frac{2\pi}{T} \end{array} \right\}$$

例：求出上图振动物体的振动频率，角频率及t=5s时的瞬时速度。（请同学计算并回答）

**【板书】：**三、从振动图象中的x分析有关物理量（v，a，F）

简谐运动的特点是周期性。在回复力的作用下，物体的运动在空间上有往复性，即在平衡位置附近做往复的变加速（或变减速）运动；在时间上有周期性，即每经过一定时间，运动就要重复一次。我们能否利用振动图象来判断质点x，F，v，a的变化，它们变化的周期虽相等，但变化步调不同，只有真正理解振动图象的物理意义，才能进一步判断质点的运动情况。

例：图6所示为一单摆的振动图象。

分析：①求A，f， $\omega$ ；②求t=0时刻，单摆的位置；③若规定单摆以偏离平衡位置向右为+，求图中O，A，B，C，D各对应振动过程中的位置；④t=1.5s，对质点的x，F，v，a进行分析。请几位同学分别回答四个问题。

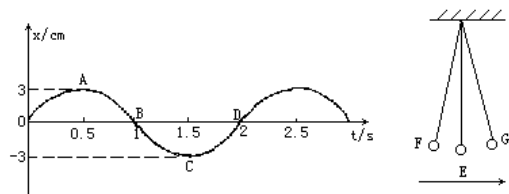


图6

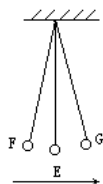


图7

①由振动图象知A=3cm，T=2s，f=0。

②t=0时刻从振动图象看，x=0，质点正摆在E点即将向G方向运动。

③振动图象中的O，B，D三时刻，x=0，都在E位置，A为正的最大位移处，即G处，C为负的最大位移处，即F处。

④t=1.5s，x=-3cm，由F=-kx，F与X反向， $F \propto X$ ，由回复力F为正的最大值， $a \propto F$ ，并与F同向，所以a为正的最大值，C点切线的斜率为零，速度为零。

由 $F=-kx$ ,  $F=ma$ , 分析可知:

1.  $x>0$ ,  $F<0$ ,  $a<0$ ;  $x<0$ ,  $F>0$ ,  $a>0$ 。
2.  $x-t$ 图线上一点切线的斜率等于 $v$ ;  $v-t$ 图线上一点切线的斜率等于 $a$ 。
3.  $x$ ,  $v$ ,  $a$ 的变化周期都相等, 但它们变化的步调不同。

\*可分别做出 $v-t$ 和 $a-t$ 的图象为余弦和反正弦函数。及 $v$ 为 $S-t$ 图的斜率, 而 $a$ 为 $v-t$ 图的斜率。

### 【板书】: 简谐运动的公式

如图的函数规律为正弦函数, 请大家写出它的表达式—— $x=A\sin\theta$ , 其中一个周期时对应 $\theta=2\pi$ , 则 $t$ 时对应 $\frac{t}{T}2\pi=\theta$ ; 因此有 $x=A\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ 。这样不太好理解, 为什么会出现角度这个物理量。而 $\frac{2\pi}{T}$ 又代表什么呢?

我们来观察一个现象——计算机模拟圆周运动和弹簧振子的对比课件。请大家说说这样的现象表明了什么?

这一现象说明匀速圆周运动正交分解后可以看作是两个互相垂直的同频率、同振幅的简谐运动的合成。根据参数方程的知识, 可以知道对于圆方程 $X^2+Y^2=R^2$

(我们令 $R=A$ ), 可以写成 $X=A\sin(\theta_0+\Delta\theta)$ 和 $y=A\cos(\theta_0+\Delta\theta)$ 其中 $\theta_0$ 表示起始计时时质点与圆心连线离 $X$ 轴的夹角, 而 $\Delta\theta=\omega t$ 则表示从计时开始到 $t$ 时刻中质点转过的角度。而 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 为圆的角速度。我们知道分运动与合运动具有同时性。所以二者的

周期是一样的。因此我们用 $X=A\sin(\theta_0+\omega t)$ 可以表示简谐运动的规律。其中的 $\omega$ 是我们从圆周运动中借来用的, 所以又叫做角频率, 而角度 $\theta=\theta_0+\omega t$ 能揭示振动物体所处的位置, 所以叫做相位; 而 $\theta_0$ 是刚开始计时时的初始位置, 因此又叫做初相位。

\*匀速圆周运动的两个分运动之间相差 $\frac{\pi}{2}$ 的初位相。如果位相一致或相差其他角度, 则合成的就不是圆周运动了, 大家课后可以讨论一下它们合成的各种情形。

### 3. 课堂小结

(1) 简谐运动的图象表示做简谐运动的质点的位移随时间变化的关系, 是一条正弦(或余弦曲线)曲线, 不是质点运动的轨迹。

(2) 从振动图象可以看出质点的振幅、周期以及它在任意时刻的位移。可以得出 $X$ 随时间变化的公式。

(3) 凡与位移 $x$ 有关的物理量(速度 $v$ , 加速度 $a$ , 回复力 $F$ 等)都可按位移 $x$ 展开, 均可在图象上得到间接描述, 为进一步分析质点在某段时间内的运动情况奠定基础。

### 3、单摆(2课时)

#### 【教学目标】：

##### 1. 知识与技能

- (1) 知道什么是单摆，能从理想化的角度去理解单摆的结构
- (2) 理解单摆振动的回复力来源及做简谐运动的条件，能从力的作用效果的观点去分析回复力，并且采用近似法表达单摆的回复力  $F = -\frac{mg}{L}x$ 。
- (3) 知道单摆的周期和什么因素有关，掌握单摆振动的周期公式，并能用公式解题。

##### 2. 过程与方法：

通过猜想和实验，培养探究物理问题的能力，概括出影响周期的因素，并且能用实验周期公式来测量重力加速度

#### 【教学重点】：

掌握好单摆的周期公式及其成立条件

#### 【教学难点】：

单摆回复力的分析

#### 【教学器材】：

两个单摆（摆长相同，质量不同），单摆课件

#### 【教法学法】：

读书指导，猜想证明，实验对比，计算机辅助教学问题

#### 【教学过程设计】：

#### 第 1 课时

##### 1、 引入新课

在前面我们学习了弹簧振子，知道弹簧振子做简谐运动。那么：物体做简谐运动的条件是什么？

答：物体做机械振动，受到的回复力大小与位移大小成正比，方向与位移方向相反。今天我们学习另一种机械振动——单摆的运动

##### 2、 新课教学

##### 【板书】：单摆模型：

阅读课本 P12 第 2 段，思考：什么是单摆？

（学生阅读毕，出示三个摆——一为橡皮绳、一为粗麻绳，一根绳很短而球很大，问：以下三个摆是否是单摆？）均不是，若为橡皮绳，则绳的伸长不可忽略；若为粗麻绳，则绳的质量不可忽略；若绳太短而球很大，则绳长不是远大于小球直径。为什么对单摆有

上述限制要求呢？

教师指出：线的伸缩和质量可以忽略——使摆线有一定的长度而无质量，质量全部集中在摆球上；线长比球的直径大得多，可把摆球当作一个质点，只有质量无大小，悬线的长度就是摆长。

通过上述学习，我们知道单摆是实际摆的理想化的物理模型。

因此，一根细线上端固定，下端系着一个小球，如果悬挂小球的细线的伸长和质量可以忽略，细线的长度又比小球的直径大得多，这样的装置就叫单摆。

（教师拿出单摆展示，同时演示单摆振动，介绍单摆的构成）

物理上的单摆，是在一个固定的悬点下，用一根不可伸长的细绳，系住一个一定质量的质点，在竖直平面内摆动。所以，实际的单摆要求绳子轻而长，摆球要小而重。摆长指的是从悬点到摆球重心的距离。将摆球拉到某一高度由静止释放，单摆振动类似于钟摆振动。摆球静止时所处的位置就是单摆的平衡位置。

### 【板书】：1. 单摆的受力分析

提问：同学们认为摆球做什么运动？

学生可能答：以悬挂点为圆心在竖直平面内做圆弧运动。

学生还可能答：摆球以平衡位置  $O$  为中心振动。

教师总结，摆球沿着以平衡位置  $O$  为中点的一段圆弧做往复运动，这就是单摆的振动。

用课件模拟摆球所做的运动。问：是什么原因导致摆球以平衡位置  $O$  为中点的一段圆弧做往复运动呢？

物体做机械振动，必然受到回复力的作用，弹簧振子的回复力由弹簧弹力提供，单摆同样做机械振动，回复力由谁来提供，如何表示？（教师画受力图。）

1) 平衡位置：当摆球静止在平衡位置  $O$  点时，细线竖直下垂，摆球所受重力  $G$  和悬线的拉力  $F$  平衡， $O$  点就是摆球的平衡位置。

2) 回复力：将摆球拉离  $O$  点，从  $A$  位置释放，摆球在细线的拉力  $F$  和重力  $G$  的作用下，沿  $AOA'$  圆弧在平衡点  $O$  附近来回振动，当摆球运动到任一位置  $P$  时，此时摆球受重力  $G$ ，拉力  $F$  作用，由于摆球沿圆弧运动，所以将重力分解成切线方向分力  $G_1$ ；和沿半径方向  $G_2$ ，重力分力  $G_1$  不论是在  $O$  左侧还是右侧始终指向平衡位置，而且正是在  $G_1$  作用下摆球才能回到平衡位置。（此处：平衡位置是回复力为零的位置。）因此  $G_1$  就是摆球的回复力。

单摆的回复力  $F_{回}=G_1=mg \sin\theta$ ，单摆的振动是不是简谐运动呢？

单摆受到的回复力  $F_{回}=mg \sin\theta$ ，如图：虽然随着单摆位移  $X$  增大， $\sin\theta$  也增大，但是回复力  $F$  的大小并不是和位移成正比，单摆的振动不是简谐运动。但是，在  $\theta$  值较小的情况下（一般取  $\theta \leq 10^\circ$ ），在误差允许的范围内可以近似的认为  $\sin\theta = X/L$ ，近似的有  $F = mg \sin\theta = (mg/L)x = kx$ （ $k=mg/L$ ），又因为回复力的方向始终指向  $O$  点，与位移方向相反，满足简谐运动的条件，即物体在大小与位移大小成正比，方向与位移方向相反的回力作用下的振动， $F = -(mg/L)x = -kx$ （ $k=mg/L$ ）为简谐运动。所以，当  $\theta \leq 10^\circ$  时，单摆振动是简谐运动。

条件：摆角  $\theta \leq 10^\circ$

位移大时，单摆的回复力大，位移小，回复力小，当单摆经过平衡位置时，单摆的位移为0，回复力也为0，思考：此时，单摆所受的合外力是否为0？

（学生思考，回答，根据学生的回答，引导。）

单摆此时做的是圆周运动，做圆周运动的物体受向心力，单摆也不能例外，也受到向心力的作用（引导学生思考，单摆作圆周运动的向心力从何而来？）。在平衡位置，摆球受绳的拉力F和重力G的作用，绳的拉力大于重力G，它们的合力充当向心力。

所以，单摆经过平衡位置时，受到的回复力为0，但是所受的合外力不为0。

我们在研究单摆问题时要注意单摆同时蕴涵了两个物理的基本模型，一是简谐运动，一是圆周运动。所以单摆的受力要同时产生两个效果，既要在切向上提供单摆简谐运动的回复力，又要在径向上提供圆周运动的向心力。做为一个变速圆周运动，单摆受到的是大小和方向都不断变化的合外力。

### 【板书】：2. 单摆的周期

做机械振动的物体都有振动周期，请思考：单摆的周期受那些因素的影响呢？（引导学生猜想）

生：可能和摆球质量、振幅、摆长有关。

单摆的周期是否和这些因素有关呢？下面我们用实验来证实我们的猜想

为了减小对实验的干扰，每次实验中我们只改变一个物理量，这种研究问题的方法就是——控制变量法。首先，我们研究摆球的质量对单摆周期的影响：

那么就先来看一下摆球质量不同，摆长和振幅相同，单摆振动周期是不是相同。

【演示1】将摆长相同，质量不同的摆球拉到同一高度释放。

现象：两摆球摆动是同步的，即说明单摆的周期与摆球质量无关，不会受影响。

这个实验主要是为研究属于简谐运动的单摆振动的周期，所以摆角不要超过 $10^\circ$ 。

接下来看一下振幅对周期的影响。

【演示2】摆角小于 $10^\circ$ 的情况下，把两个同质量、同绳长的摆球从不同高度释放。

（由一名学生来完成实验验证，教师加以指导）

现象：摆球同步振动，说明单摆振动的周期和振幅无关。

刚才做过的两个演示实验，证实了如果两个摆摆长相等，单摆振动周期和摆球质量、振幅无关。如果摆长L不等，改变了这个条件会不会影响周期？

【演示3】取摆长不同，两个同质量的摆球从同一高度同时释放，注意要 $\theta \leq 10^\circ$ 。

（由一名学生来完成实验验证，教师加以指导）

现象：两摆振动不同步，而且摆长越长，振动就越慢。这说明单摆振动和摆长有关。

具体有什么关系呢？荷兰物理学惠更斯研究了单摆的振动，在大量可靠的实验基础上，经过一系列的理論推导和证明得到：单摆的周期和摆长l的平方根成正比，和重力加速度g的平方根成反比，

【板书】：周期公式： $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

同时这个公式的提出，也是在单摆振动是简谐运动的前提下，条件：摆角 $\theta \leq 10^\circ$

由周期公式我们看到  $T$  与两个因素有关，当  $g$  一定， $T$  与  $\sqrt{l}$  成正比；当  $L$  一定， $T$  与  $\sqrt{g}$  成反比； $L$ ， $g$  都一定， $T$  就一定了，对应每一个单摆有一个固有周期  $T$ ，

周期的应用：单摆周期的这种周期和振幅无关的性质，叫做**等时性**。单摆的等时性是由伽利略首先发现的。（讲述故事：1862年，18岁的伽利略离开神学院进入比萨大学学习医学，他的中充满着奇妙的幻想和对自然科学的无穷疑问，一次他在比萨大学忘掉了向上帝祈祷，双眼注视着天花板上悬垂下来摇摆不定的挂灯，右手按着左手的脉搏，口中默默地数着数字，在一般人熟视无睹的现象中，他却第一个明白了挂灯每摆动一次的时间是相等的，于是制作了单摆的模型，潜心研究了单摆的运动规律，给人类奉献了最初的能准确计时的仪器。）

钟摆的摆动就是一种单摆的运动，摆钟也是根据等时性这个原理制成的，如果条件改变了，比如说摆钟走得慢了，那么就要把摆长调整一下，应缩短  $L$ ，使  $T$  减小；如果这个钟在北京走得好好的，带到广州去会怎么样？由于广州  $g$  小于北京的  $g$  值，所以  $T$  变大，钟也会走慢；同样，把钟带到月球上钟也会变慢。

我们还可以根据这个周期公式测某地的重力加速度，由公式可知只要测出单摆的摆长、周期，就可以得到单摆所在地的重力加速度。

**【板书】**：单摆的振动图象：

我们知道简谐运动的图象是正弦(或余弦曲线)，那么在摆角很小的情况下，既然单摆做的是简谐运动，它振动的图象也是正弦或余弦曲线。

做课本 P9/迷你实验室的演示实验，并用实物投影仪投影——漏斗的漏砂落到匀速拉动的硬纸板上形成的图象是简谐运动的图象。

**总结**：从理论上和实际得到的图象中均可看出：在摆角很小的情况下，单摆做简谐运动。

### 3.课堂小结

本节课主要讲了单摆振动的规律，只有在  $\theta < 10^\circ$  时单摆振动才是简谐运动；单摆振动周期  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ，当  $g$  一定， $T$  与  $\sqrt{l}$  成正比；当  $L$  一定， $T$  与  $\sqrt{g}$  成反比。我们还可以根据这个周期公式测某地的重力加速度，由公式可知只要测出单摆的摆长、周期，就可以得到单摆所在地的重力加速度。

4. 课堂练习：P12/1、2、3、4、6、7

**【布置作业】**：书 P16/1、2、3、4、5、6

## 第2课时——分组实验：单摆测定重力加速度

**【实验目的】**：

学会用单摆测定当地重力加速度，正确熟练使用秒表。

**【实验器材】**：

①球心有小孔的小金属球②长度大于1米的细尼龙线③铁夹④铁架台⑤游标卡尺

⑥ 米尺⑦秒表

**【实验原理】：**

根据单摆周期公式  $T=2\pi\sqrt{l/g}$ ，得： $g=\frac{4\pi^2l}{T^2}$ 。据此，只要测得摆长  $l$  和 周期  $T$  即可算出当地的重力加速度  $g$ 。

**【实验步骤】**

1、用细线拴好小球，悬挂在铁架台上，使摆线自由下垂，如图 1。

注意：线要细且不易伸长，球要用密度大且直径小的金属球，以减小空气阻力影响。

摆线上端的悬点要固定不变，以防摆长改变。

2、用米尺和游标卡尺测出单摆摆长。

注意：摆长应为悬点到球心的距离，即  $l=L+D/2$ ；其中  $L$  为悬点到球面的摆线长， $D$  为球的直径。

3、用秒表测出摆球摆动 30 次的时间  $t$ ，算出周期  $T$ 。

注意：为减小记时误差，采用倒数计数法，即当摆球经过平衡位置时开始计数，“3，2，1，0，1，2，3¼¼”数“0”时开始计时，数到“60”停止计时，则摆球全振动 30 次， $T=t/30$ 。

计时从平衡位置开始是因为此处摆球的速度最大，人在判定它经过此位置的时刻，产生的计时误差较小。

为减小系统误差，摆角  $\alpha$  应不大于  $10^\circ$ ，这可以用量角器粗测。

4、重复上述步骤，将每次对应的摆长  $l$ 、周期  $T$  填于表中，按公式  $T=2\pi\sqrt{l/g}$  算出每次  $g$ ，然后求平均值。

**【实验记录】：**

物理量次	摆长 $l$ (米)	振动次数 $n$ (次)	N 次历时 $t$ (秒)	周期 $T$ (秒)	$g=4\pi^2l/T^2$ (米/秒 <sup>2</sup> )	$g$ (米/秒 <sup>2</sup> )	当地 $g$
1							
2							
3							

注意：（1）为减小计算误差，不应先算  $T$  的平均值再求  $g$ ，而应先求出每次的  $g$  值再平均。

（2）实验过程中：

① 易混淆的是：摆通过平衡位置的次数与全振动的次数。

② 易错的是：图象法求  $g$  值， $g \neq k$  而是  $g=4\pi^2/k$ ； $T=t/n$  和  $T=t/(n-1)$  也经常错用，（前者是摆经平衡位置数“0”开始计时，后者是数“1”开始计时）。

③ 易忘的是：漏加或多加小球半径，悬点未固定；忘了多测几次， $g$  取平均值。

**【实验结论】：**

从表中计算的  $g$  看，与查得的当地标准  $g$  值近似相等，其有效数字至少 3 位。

### 【实验变通】：

**变通（1）：**变器材，用教学楼阳台代替铁架台，用数米长的尼龙细线拴好的小挂锁代替摆球，用米尺只测量摆线的一段长度，用秒表测量周期  $T$  仍能测量当地重力加速度，其简要方法如下：如下图所示，设阳台上的悬点为  $O$ ，挂锁的重心为  $O'$  在摆线上离挂锁附近作一红色标记  $M$ ，用米尺量  $OM=L_1$ ，而  $MO'=L_2$ ，不必测量，则：



$T_1^2=4\pi^2(L_1+L_2)/g$  ① 在悬点处放松（或收起）一段线，再量  $OM=L_2$ ， $MO'=L_0$  不变，则  $T_2=4\pi^2(L_2+L_0)/g$  ②

由①②式得： $g=4\pi^2(L_2+L_1)/(T_1^2-T_2^2)$ （其中  $T_1$ 、 $T_2$  测量方法同上述方法）

此实验也可以用  $T^2-l$  图象法去求。

**变通（2）：**变器材，变对象，在地球表面借助电视机，依据周期公式，用机械手表测月球表面自由落体的加速度  $g_{月}$ 。

有一位物理学家通过电视机观看宇航员登月球的情况，他发现在登月密封舱内悬挂着一个重物在那里微微摆动，其悬绳长跟宇航员的身高相仿，于是他看了看自己的手表，记下了一段时间  $t$  内重物经最低点的次数，就算出了  $g_{月}$ ，已知他记下重物由第一次经最低点开始计时数到  $n=30$  次的时间  $t$  为 1 分 12.5 秒，并估计绳长  $l$  约等于宇航员身高  $l$ 。

由  $T=t/[(n-1)/2]$  和  $T=2\pi\sqrt{l/g}$  计算出了  $g_{月}$ 。

**【附】：**关于秒表的使用——考虑到实验时间，秒表的使用教学应该在第 1 课时的末尾先利用实物投影装置进行



秒表构造：

- 1、外壳按钮：使指针启动、停止和回零，如右图所示。
- 2、表盘刻度：秒针指示大圆周的刻度，其最小分度值常见为 0.1 秒、0.2 秒或 0.5 秒；秒钟转一周历时 30 秒；分针指示小圆周的刻度，其最小分度值常见为 0.1 分或 0.5 分，分针转一周历时 15 分。

秒表的工作原理：机械秒表靠发条转动力矩通过内部齿轮驱动调节器调节摆动的秒针和分针，即将发条的弹性势能转化为动能，使指针摆动。

秒表的读数：

不足 30 秒即秒针转不到一周时，直接读大圆周上秒针所指的黑色分度值，因为大圆周上有红、黑两种字体，黑字 0 30，红字 0 60，意思是秒针转两周才 60 秒；同理分析所指的小圆周上也有两种字体，黑字 0 15，红字 0 30，分针转两周才 30 分；通常是分针读红字，秒针读红字，分针读黑字，秒针读黑字，记时为两个示数之和。

秒表的使用方法：

- A. 按钮开始计时，分针、秒针都启动。
- B. 按钮停止计时，分针、秒针都停止。
- C. 按钮分针、秒针回“0°位”，此时在使用有两个按钮的表时，应按“0°位侧边的钮。

注意事项：



- A. 上发条不宜紧，用完后不必松发条。
- B. 计时中途不可按钮。
- C. 防止打击和强烈振动。
- D. 切勿放在磁铁附近。（如收录机、电视机旁）。

**【布置作业】：**

1. 完成实验报告和 P13/探究应用
2. 补充练习：

(1) 手表的秒针、分针和时针的角速度之比  $\omega_1: \omega_2: \omega_3=?$ 。

(2) 一位同学用单摆做测定重力加速度的实验，他将摆挂起后，进行了如下存在遗漏或错误的步骤，请指出这些步骤的字母并改正。

① 测摆长 L：用米尺量出摆线的长度 L。

② 测周期 T：将摆线拉起，然后放开，在摆球某次通过最低点时，按下秒表开始计时，同时将此次通过最低点作为第一次，接着一直数到第 60 次通过最低点时，按秒表停止计时，读出这段时间 t，算出  $T=t/60$ 。

③ 将所测得的 l 和 T 代入  $T=2\pi\sqrt{l/g}$  算出 g 作为实验的最后结果写入实验报告中去。

(3) 如下图所示，某同学用单摆测重力加速度时，将一根麻绳系住一个直径约为 4 厘米的木质圆球，上端缠绕在水平放置的较粗的圆棒上，当木球悬挂静止时，用米尺测得绳上悬点到球皮的距离约为 10 厘米，此后，将木球沿与圆棒垂直的方向拉至 A 处，使摆线与铅直方向的夹角为  $60^\circ$ ，释放小球开始计时，待木球第一次到达另一边的最高点时，停止秒表，他将这段时间作为 T，然后将所测得的 l、T 代入  $T=2\pi\sqrt{l/g}$  中求出 g 值，请指出这位同学的操作错误之处。

## 4、生活中的振动

**【教学目标】：****1.知识与技能**

(1) 知道阻尼振动和无阻尼振动，并能从能量的观点给予说明。知道实际的振动过程是阻尼振动，了解阻尼振动的图象。

(2) 知道受迫振动的概念。知道受迫振动的频率取决于驱动力的频率，而跟振动物体的固有频率无关。

(3) 知道共振的概念，理解共振产生的条件，知道常见的共振的应用和危害并了解如何利用有利的共振和防止有害的共振。

**2.过程与方法：**

通过分析实际例子，得到什么是受迫振动和共振现象，培养学生联系实际，提高观察和分析能力；了解共振在实际中的应用和防止，提高理论联系实际的能力

### 3.情感态度价值观：

通过共振的应用和防止的教学，渗透一分为二的观点；通过共振产生条件的教学，认识内因和外因的关系

### 【教学重难点】：

理解受迫振动的频率等于驱动力的频率；掌握共振的条件及其应用

### 【教学器材】：

弹簧振子、受迫振动演示仪、摆的共振演示器、视频（桥在共振时坍塌）若干

### 【教法学法】：

读书指导，猜想证明，实验对比，计算机辅助教学问题

### 【教学过程设计】：

#### 1、复习提问

让学生注意观察教师的演示实验。教师把弹簧振子的振子向右移动至B点，然后释放，则振子在弹性力作用下，在平衡位置附近持续地沿直线振动起来。重复两次让学生在黑板上画出振动图象的示意图（图1I）。

再次演示上面的振动，只是让起始位置明显地靠近平衡位置，再让学生在原坐标上画出第二次振子振动的图象（图1中的II）。I和II应同频、同相、振幅不同。结合图象和振子运动与学生一起分析能量的变化并引入新课。

#### 2、新课教学

现在以弹簧振子为例讨论一下简谐运动的能量问题。

问：振子从B向O运动过程中，它的能量是怎样变化的？引导学生答出弹性势能减少，动能增加。

问：振子从O向C运动过程中能量如何变化？振子由C向O、又由O向B运动的过程中，能量又是如何变化的？

问：振子在振动过程中总的机械能如何变化？引导学生运用机械能守恒定律，得出在不计阻力作用的情况下，总机械能保持不变。

教师指出：将振子从B点释放后在弹簧弹力（回复力）作用下，振子向左运动，速度加大，弹簧形变（位移）减少，弹簧的弹性势能转化为振子的动能。当回到平衡位置O时，弹簧无形变，弹性势能为零，振子动能达到最大值，这时振子的动能等于它在最大位移处（B点）弹簧的弹性势能，也就是等于系统的总机械能。

在任何一位置上，动能和势能之和保持不变，都等于开始振动时的弹性势能，也就是系统的总机械能。

由于简谐运动中总机械能守恒，所以简谐运动中振幅不变。如果初始时B点与O点的距离越大，到O点时，振子的动能越大，则系统所具有的机械能越大。相应地，振子的振幅也就越大，因此简谐运动的振幅与能量相对应。

问：从能量的观点来看，I和II哪一个振动的机械能多？学生答出I的机械

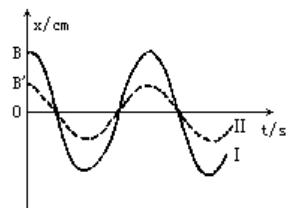


图1

能多。

教师可以指出：可以证明，对于简谐运动，系统的机械能与振幅的平方成正比，即  $E = \frac{1}{2}kA^2$

其中  $E$  是振动系统的机械能， $k$  是简谐运动中回复力与位移的比例系数， $A$  是振幅， $A$  越大， $E$  越大。

简谐运动是一种理想化的振动，像弹簧振子和单摆那样，一旦提供振动系统一定的能量，由于机械能守恒，它们就要以一定的振幅永不停息地振动下去。可是实际上振动系统不可避免地要受到摩擦和其它阻力，那么摆球或弹簧振子的振动图象是什么样的呢？引导学生分析并画出图象（如图2）：在实际情况中存在空气阻力或摩擦阻力，振动系统克服阻力做功，系统的能量就要损耗，振动的振幅也就会逐渐减小，甚至完全停下来。

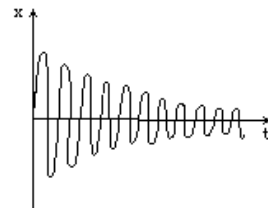


图2

指出：振幅随时间减小的振动叫做阻尼振动。图2就是阻尼振动的图象。

问：怎样才能使受阻力的振动物体的振幅不变，而一直振动下去呢？引导学生答出，应不断地向系统补充损耗的机械能，以使振动物体的振幅不变。

指出：这种振幅不变的振动叫等幅振动。

有时我们要使物体的振动尽快停下来，这就需要增大阻尼，如汽车的减震器和电表指针的电磁阻尼。也有的时候我们希望减小阻尼，让物体振动的次数多些，甚至在一段时间内接近简谐运动，这就要减小阻尼如清洗钟表，填加润滑油，或者在受阻尼的同时增加一个周期性的动力来补充能量，使其振幅不变。举几个等幅振动的例子，例如电铃响的时候，铃锤是做等幅振动。电磁打点计时器工作时，打点针是做等幅振动。挂钟的摆是做等幅振动。……它们的共同特点是，工作时振动物体不断地受到周期性变化外力的作用。

这种周期性变化的外力叫驱动力。

在驱动力作用下物体的振动叫受迫振动。

再让学生举几个受迫振动的例子，例如内燃机气缸中活塞的运动，缝纫机针头的运动，扬声器纸盆的运动，电话耳机中膜片的运动等都是受迫振动。

问：显然，扬声器的喇叭纸盆的振动可快可慢，不是一个固有频率，那么，受迫振动的频率跟什么有关呢？

让学生注意观察演示（图3）。用不同的转速匀速地转动把手，可以发现，开始振子的运动情况比较复杂，但达到稳定后，振子的运动就比较稳定，可以明显地观察到受迫振动的周期等于驱动力的周期。这样就可以得到物体做受迫振动的频率等于驱动力的频率，而跟振子的固有频率无关。

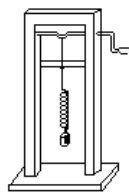


图3

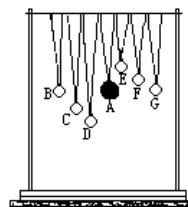


图4

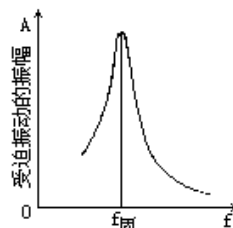


图5

问：大家在观察实验中还发现了什么？——引导学生关注

到受迫振动在驱动力频率不同时又不同的振幅。

演示摆的共振（装置如图4），在一根绷紧的绳上挂几个单摆，其中A、B、G球的摆长相等。当使A摆动起来后，A球的振动通过张紧的绳给其余各摆施加周期性的驱动力，经一段时间后，它们都会振动起来。驱动力的频率等于A摆的频率。实验发现，在A摆多次摆动后，各球都将以A球的频率振动起来，但振幅不同，固有频率与驱动力频率相等的B、G球的振幅最大，而频率与驱动力频率相差最大的D、E球的振幅最小。

明确指出：驱动力的频率跟物体的固有频率相等时，物体可以最有效的吸收外来的能量，所以振幅最大，这种现象叫共振。

演示音叉的共鸣。取两个频率相同的音叉A和B，相隔不远并排放在桌上，打击音叉A的叉股，使它发声。过一会儿，用手按住音叉A的叉股，使它停止发音，可以听到没有被敲的音叉B发出了声音。如果在音叉B的叉股上套上一个套管来改变B叉的固有频率，重复上述实验，就听不到音叉B发出的声音。

如何来解释这种现象呢？音叉A振动后，在空气中激起声波，声波传到B后，给B一个周期性的驱动力。由于驱动力的频率跟音叉B的固有频率相等，于是B发生共振，发出声音。这种声音的共振现象叫做共鸣。

音叉下面所装的空箱叫共鸣箱，音叉发声后，共鸣箱发生共鸣，可以使音叉的声音加强，家用的音箱的原理类似于此。

展示受迫振动的振幅随驱动力频率变化的关系投影片（如图5），并加以解释。

共振在中国古代就有非常奇妙的利用了，请大家阅读书P2的导入部分，说说鱼洗喷水的原理是什么。请大家阅读书P20，看看你的解释对不对，并说一说共振在生活中还有哪些利用。

共振在技术上有其有利的一面，但任何物体都有两面性，共振有时也存在不利的一面。看视频——塔科马悬索桥的垮塌。结合课本让同学思考，在生活实际中利用共振和防止共振的实例。

如：共振现象有许多应用，把一些不同长度的钢片装在同一个支架上，可用于制成测量发动机转速的转速计。使转速计与开动着的机器紧密接触，机器振动引起转速计的轻微振动，这时固有频率与机器运转频率相同的那片钢片发生共振，有较大的振幅。若已知钢片的固有频率，就可知道机器的转速。

共振筛（课本图9-33）也是利用共振现象制成的。把筛子用四根弹簧支起来，在筛架上安装一个偏心轮，就成了共振筛。偏心轮在发动机的带动下发生转动时，适当调节偏心轮的转速，可以使筛子受到驱动力的频率接近筛子的固有频率，这时筛子发生共振，有较大的振幅，提高了筛除杂物的效率。

在某些情况下，共振也可能造成损害。军队或火车过桥时，整齐的步伐或车轮对铁轨接头处的撞击会对桥梁产生周期性的驱动力，如果驱动力的频率接近桥梁的固有频率，就可能使桥梁的振幅显著增大，以致使桥梁发生断裂。因此，部队过桥要用便步，以免产生周期性的驱动力。火车过桥要慢开，使驱动力的频率远小于桥梁的固有频率。

轮船航行时，如果所受波浪冲击力的频率接近轮船左右摇摆的固有频率，可能使轮

船倾覆，这时可以改变轮船的航向和速度，使波浪冲击力的频率远离轮船摇摆的固有频率。

机器运转时，零部件的运动（如活塞的运动、轮的转动）会产生周期性的驱动力，如果驱动力的频率接近机器本身或支持物的固有频率，就会发生共振，使机器或支持物受到损坏。这时要采取措施，如调节机器转速，使驱动力的频率与机器或支持物的固有频率不一致。同样，厂房建筑物的固有频率也不能处在机器所能引起的振动频率范围之内。

总之，在需要利用共振时，应使驱动力的频率接近或等于振动物体的固有频率；在需要防止共振时，应使驱动力的频率与物体的固有频率不同，而且相差越大越好。

### 3、小结本节要点

1. 振动物体都具有能量，能量的大小与振幅有关，振幅越大，振动能量也越大；
2. 当振动物体的能量逐渐减小时，振幅也随着减小，这样的振动叫阻尼振动；
3. 振幅保持不变的振动叫等幅振动；
4. 物体在驱动力作用下的振动是受迫振动，受迫振动的频率等于驱动力的频率；
5. 当驱动力的频率等于物体的固有频率时，受迫振动振幅最大的现象叫共振；共振在技术上有其有利的一面，也存在不利的一面；有利的要尽量利用，不利的要尽量防止。

### 4、巩固练习

- (1) 支持火车车厢的弹簧的固有频率为 $2\text{Hz}$ ，行驶在每节铁轨长 $10\text{m}$ 的铁路上，则当运行速度为\_\_\_\_ $\text{m/s}$ 时，车厢振动最剧烈。 [ $20\text{m/s}$ ]
- (2) A、B两个单摆，A摆的固有频率为 $f$ ，B摆的固有频率为 $4f$ 。若让它们在频率为 $5f$ 的驱动力作用下做受迫振动，那么 A、B两个单摆比较  
A. A摆的振幅较大，振动频率为 $f$ 。 B. B摆的振幅较大，振动频率为 $4f$ 。  
C. A摆的振幅较大，振动频率为 $5f$ 。 D. B摆的振幅较大，振动频率为 $5f$ 。
- (3) 一船在海上以某速度朝东北方向行驶，正遇上自北向南的海浪，海浪每分钟拍打船体 $15$ 次，船在水中振动的固有周期是 $6\text{s}$ ，为避免发生共振，以下可采用的四种措施中，最有效的是  
A. 把船改向东航行，并使船速增大。 B. 把船改向东航行，并使船速减小。  
C. 把船改向北航行，并使船速增大。 D. 把船改向北航行，并使船速减小。
- (4) 顶尖 P16/4、5、8、9

**【布置作业】：**

1. 复习本节课文，联系实际列举几个共振的应用和防止实例。
2. 书 P21/1、2、3

## 第二单元 机械波 ]

### 1、波的形成和描述 （2课时）

#### ✚ 【教学目标】：

##### 1. 知识与技能

- (1) 认识波的产生和形成条件，理解波的概念、实质和特点，以及波和振动的关系，能够对机械波进行分类
- (2) 知道波向外传播的是运动形式和能量
- (3) 理解波的图象的意义，知道波的图象中横纵坐标各表示什么物理量，知道什么是简谐波。
- (4) 掌握波的特征，能在简谐波的图象中指出波长和质点振动的振幅。理解波长、频率和波速的物理意义及其定量关系。

2. 过程与方法：通过观察绳波，知道机械波的形成过程，通过对现象的观察与分析，培养观察和思考能力，并在讨论中养成敢于发表自己观点，既坚持原则又尊重他人的良好习惯。

✚ 【教学重点】：

机械波的形成和概念

✚ 【教学难点】：

✚ 波的图象与振动图象易混淆。

✚ 【教学器材】：

✚ 波动演示仪（横波和纵波）、“横波的形成”挂图、Flash 课件“横波和纵波”

✚ 【教法学法】：

✚ 实验观察，计算机辅助教学问题

✚ 【教学过程设计】：

### 第 1 课时

#### 1、导入：——实验及视频

(1) 演示：用手握住柔软绳子的一端在“光滑”的水平面上抖动（观察绳子的运动）——绳波：用手握住绳子的一端上下抖动，就会看到凹凸相间的波向绳的另一端传播出去，形成绳波；视频素材：体操运动员进行长绸舞、舞龙表演、

(2) 演示：在水面上的某处周期性的施加扰动（观察水面的运动）——水波：向平静的水面投一小石子或用水树枝不断地点水，会看到水面上一圈圈起伏不平的波纹逐渐向四周传播出去，形成水波。

(3) 视频素材：联系影片《功夫》中的“狮子吼”…)

在以上的事实中，我们或看到了一种在空间形成的、起伏跌宕的运动，或感受到了一种振动能量通过介质的传播。这就是我们本章要研究的一种特殊运动——波。

以上这些波都叫做机械波。板书：机械波的概念：机械振动在介质中的传播就形成机械波

#### 2、新课教学

##### 【板书】：1. 机械波的形成

(1) 介质模型：把介质看成由无数个质点弹性连接而成，可以想象为(图1所示)

(2) 机械波的形成过程：

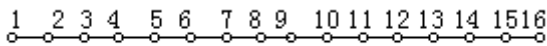


图1

由于相邻质点的弹力的作用，当介质中某一质点发生振动时，就会带动周围的质点振动起来，从而使振动向远处传播。例如：

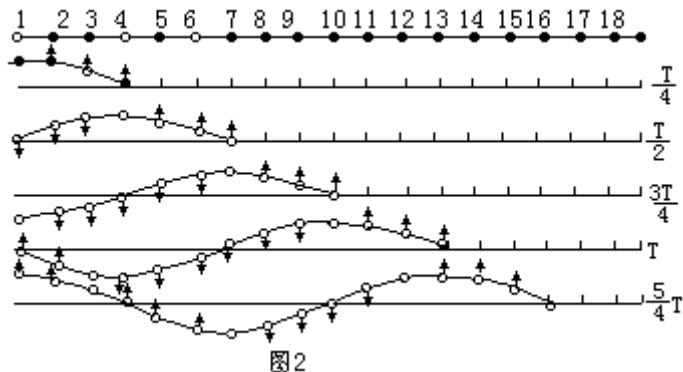


图2

图2表示绳上一列波的形成过程。图中1到18各小点代表绳上的一排质点，质点间有弹力联系着。图中的第一行表示在开始时刻( $t=0$ )各质点的位置，这时所有质点都处在平衡位置。其中第一个质点受到外力作用将开始在垂直方向上做简谐运动，设振动周期为 $T$ ，则第二行表示经过 $T/4$ 时各质点的位置，这时质点1已达到最大位移，正开始向下运动；质点2的振动较质点1落后一些，仍向上运动；质点3更落后一些，此时振动刚传到了质点4。第三行表示经过 $T/2$ 时各质点的位置，这时质点1又回到平衡位置，并继续向下运动，质点4刚到达最大位移处，此时振动传到了质点7。依次推论，第四、五、六行分别表示了经过 $3T/4$ 、 $T$ 和 $5T/4$ 后的各质点的位置，并分别显示了各个对应时刻所有质点所排列成的波形。

### 归纳：

(1)水、绳等物质，可以分成许多小部分，每一部分看作质点。

(2)在无外来扰动之前，各个质点排列在同一直线上，各个质点所在的位置称为各自的平衡位置。

(3)由于外来的扰动，在水、绳中的某一质点会引起振动，首先振动的这个质点称为波源。

(4)由于介质之间存在着相互作用力，作为振源的质点就带动周围质点振动，并依次带动邻近质点振动，于是振动就在介质中由近及远地传播。

### 【板书】：(1)形成的条件：

对以上过程的分析可知，如果没有初始的振动，会不会有波的形成？在以上的事例中，如果绳子断掉、没有水、没有空气，以上的波还会传播吗？

所以波的形成需要两个条件，一是产生振动的波源，二是能够使机械波传播的物质——介质。

振源——产生机械振动的物质，如在绳波中绳子端点在手的作用下不停抖动就是振源。

介质——传播振动的介质，如绳子、水。

### 【板书】：(2)波是振动和能量的传播，而不是质点的传播

设问：在上面的“波的形成过程”分析中，第1个质点振动时，第2个质点为什么会振动？

提问：第2个质点做的是何种振动？周期和第1个质点有什么关系、频率有什么关系？



（振动图象有什么关系？）

通过上面关于形成过程的分析，我们发现，波的传播路径上，每一个质点的振动特征都和波源的振动特征相同。理解这一点是至关重要的，这意味着——波是信息传播的重要手段。

提问：利用波能传播信息，是我们要学习、应用波的重要出发点，大家还能举出这方面（波传播信息）的例子吗？

用投影片展示水波的形成过程，注意提示学生观察水面上两块小塑料片的运动情况。演示横波演示器，实验说明了波传播的过程中介质中的每个质点都只在平衡位置附近做往复运动，并不随着波一起传播。

从声波能震碎酒杯这样的事实，我们已经感受到波能传播能量。在医院里，医生要治疗病人的结石，有些什么手段？…超声波碎石就是手段之一。这些事实都说明波是能量传播的手段之一，这也正是物理学对波感兴趣的原因之一。提问：请大家结合生活或传媒，举出波能传播能量的事例。（武打片中，关于“隔山打牛”技术的描述就属于此…）

**归纳出：**

- (1)机械波是构成介质的无数质点的一种共同运动形式；
- (2)当介质发生振动时，各个质点在各自的平衡位置附近往复运动，质点本身并不随波迁移，机械波向外传播的只是机械振动的形式；
- (3)波是传播能量的一种方式。

**【板书】：**（3）横波和纵波

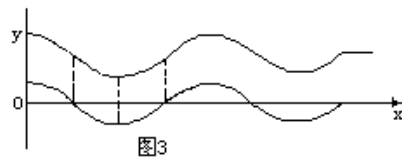
- (1) 波的分类：按激发的方式（如声波、地震波）、按传播的空间（如一维波、二维波）、按波形（如正弦波、方波）、按振动方向和传播方向的关系（如——）
- (2) 横波和纵波

按波的传播方向和质点的振动方向可以将波分为两类：横波和纵波。

**A 横波：**波的传播方向和质点的振动方向垂直的波

定义：质点的振动方向与波的传播方向垂直。

波形特点：凸凹相间的波纹(观察横波演示器)，又叫起伏波。如图3波形所示。相关名词：波峰、波谷  
生活中的横波（学生列举）…



是不是质点的振动方向一定要和传播方向垂直呢？

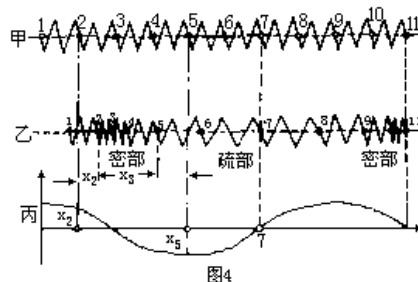
——演示纵波演示器。提问：这是不是波？（是不是振动的传播？是不是能量的传播？）

**B 纵波**

定义：质点的振动方向与波的传播方向在一条直线上。

这样的波是否还具有起伏跌宕的外部特征？所以，我们只好用另外的名词来描述它

**D D 波形特点：**疏密相间的波形，又叫疏密波。如图4波形所示。相关名词：疏部、密部



生活中的纵波（学生列举）…

例：声波是纵波，其中：振源——声带；  
介质——空气、固体、液体。

一般来讲，波源的种类和波的种类有确定的对应关系，但也有这样的现象：同一个波源在振动时，可能同时激发横波和纵波（如地震）。

事实上，还有这样的波存在，那就是：传播方向和振动方向既不垂直，也不在一条直线上，因为它比较复杂，我们这里不做详细介绍（如严格意义上的水波）。

从传播的介质角度来看，横波只能在弹性的固体介质中传播，但纵波却可以在固体、液体和气体三种介质中传播。

### 【板书】：2.描述机械波的物理量

#### (1)波长

定义：沿着波的传播方向，两个相邻的在振动过程中对平衡位置的位移总是相等的质点间的距离。

单位：米（m）符号： $\lambda$

演示：观察演示仪器，从中可以看出：

①在横波中波长等于相邻两个波峰或波谷之间的距离；

在纵波中波长等于相邻两个密部或疏部的中央之间的距离。

②质点振动一个周期，振动形式在介质中传播的距离恰好等于一个波长，即在一个周期里振动在介质中传播的距离等于一个波长。

#### (2)波速

定义：波的传播快慢，其大小由介质的性质决定的，在不同的介质中速度并不相同。单位：米/秒（m/s） 符号： $v$

表达式： $v=\lambda T$

#### (3)频率

质点振动的周期又叫做波的周期(T)；质点振动的频率又叫做波的频率(f)。波的振动周期和频率只与振源有关，与介质无关。

### 3.小结及课堂练习：

(1) 波是振动在介质中传播形成的，波是传递能量的一种形式，在介质中各点接受传递过来的能量，依同样的振动形式振动，介质中距离波源越远的点开始振动的时间越晚。机械波向外传递的只是运动的形式——机械振动，介质本身并不随波迁移。

(2) 产生机械波的条件：有振源和传播振动的介质。

例：下列说法正确的是（ ）

A、有机械振动，一定有机械波（逆命题成立否？）

B、在同一列波的传播路径上，所有质点的振动频率都是相同的（频率换成振幅，成立否？）

C、波在传播时，界质中的质点也随波发生了迁移

D、横波在传播过程中，质点的振动方向都是竖直的

### 【布置作业】：

书 P29/例题

✚ P25~26/1、2、3、4、11

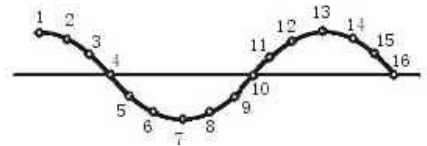
## 第 2 课时

### 1、导入新课

用多媒体模拟一列横波形成后某一时刻各个质点的情况：机械波是机械振动在介质里的传播过程，从波源开始，随着波的传播，介质中的大量质点先后开始振动起来，虽然这些质点只在平衡位置附近做重复波源的振动。但由于它们振动步调不一致，所以，在某一时刻介质中各质点对平衡位置的位移各不相同。

为了从总体上形象地描绘出波的运动情况，物理学中采用了波的图象。

本节课我们就来学习这个问题：板书课题：波的图象。



### 2、新课教学

(1) 波的图象的建立：

① 学生阅读课文，回答下列问题：

a: 波的图象中横坐标轴和纵坐标轴的物理意义如何？

b: 在坐标轴意义确定的情况下，如何描绘得到波的图象？

② 学生阅读后，回答上述问题：

③ 教师讲解并用多媒体展示：

a: 用横坐标  $x$  表示在波的传播方向上各个质点的平衡位置。

纵坐标  $y$  表示某一时刻各个质点偏离平衡位置的位移。

b: 在坐标轴意义确定的情况下，规定横波中位移的方向向上时为正值，位移的方向向下时为负值，在  $xOy$  坐标平面上，画出各个质点的平衡位置  $x$  与各个质点偏离平衡位置的位移  $y$  的各个点  $(x,y)$ ，并把这些点连成曲线，就得到某一时刻的波的图象。

c: 分步描绘波的图象。

第一步：描出坐标轴。

第二步：描出各个质点的平衡位置  $x$  与各该质点偏离平衡位置的位移  $y$  的各个点  $(x,y)$ 。

第三步：把上述点连成曲线。

(2) 图象的特点：

① 横波的图象特点：

a. 用多媒体展示绳子中形成的横波及作出的横波的图象。

b. 学生比较后得到：

横波的图象的形状和波在传播过程中介质中各质点某时刻的分布形成相似.波的图象又叫波形图.纵波的图象较为复杂,不再深入讨论.

c.教师总结:波形中的波峰也就是图象中的位移正向最大值,波谷即为图象中位移负向最大值.波形中通过平衡位置的质点在图象中也恰处于平衡位置.

② 教师讲解图象的物理意义.

波的图象是振动在介质中传播过程中某一时刻的一幅“照片”,即表示在波的传播过程中各个质点在同一时刻偏离各自平衡位置的位移.

教师比喻:波的图象的物理意义与下列例子中的情况相似:

下课后,同学们都将偏离自己的座位,此时,我们用照相机给全体同学照一张像,通过照片即可得到在同一时刻各位同学的活动情况.

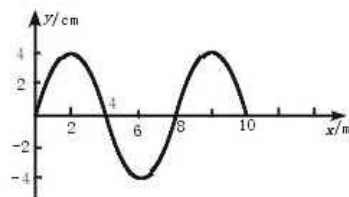
**【板书】:** 波的图象表示介质中的各个质点在同一时刻偏离各自平衡位置的情况.

(3) 由波的图象可获取的信息:

① 用多媒体出示一幅波的图象.

② 学生讨论后总结可得到的信息:

a:可以直接看出在该时刻沿传播方向上各个质点的位移:  
方法是:找到图线上各点的纵坐标,则该纵坐标的值表示的是各点在该时刻的位移.



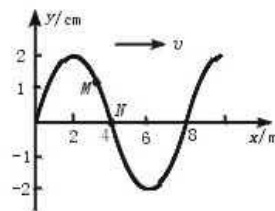
b:可以看出在波的传播过程中介质中各质点的振幅A.

方法是:波动图线上纵坐标最大值的绝对值就是介质中各质点的振幅A.

c:教师讲解如何判断沿传播方向上各质点在该时刻的运动方向.

展示一幅波的图象.

方法1:特殊点法:根据波的传播方向确定波源方位,把该点与其附近的波峰或波谷进行比较.



方法2:平移法:作出经微小时间 $\Delta t$  ( $\Delta t < \frac{T}{4}$ )后的波形,就知道了各质点经过 $\Delta t$ 到达的位置,则运动方向就知道了.

**【板书】:** 3.简谐波

A: 学生阅读课文有关内容.

B: 出示思考题.

- 什么是简谐波?
- 简谐波的波形图有什么特点?为什么会出现两种不同的波形?
- 简谐波的波源振动有什么特点?
- 对于简谐波而言,各个质点振动的周期和振幅有什么关系?

C: 学生回答上述问题.

简谐波是最基本最简单的波.它是由做简谐运动的波源引起的;简谐波的波形图线是正弦曲线或余弦曲线,之所以出现上述两种曲线是由于所选计时起点的不同而产生的.如果以平衡位置开始计时,则得到的是正弦曲线,如果以物体振动到最大位移处开始计时,则得到的是余弦曲线;简谐波的波源做的是简谐振动;对于简谐波而言,各个质点振动的振幅都相同,各质点振动的周期都与波源振动的周期相同.

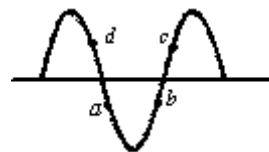
**【板书】：4. 波的图象与振动图象的区别**

- (1) 横坐标代表的物理量不同。  
 (2) 振动图象表示的是一个质点在一段时间内的运动情况，而波的图象表示的是许多质点在同一时刻的运动情况。

	振动图象	波的图象
1	用横坐标表示时间 $t$	用横坐标表示各质点的平衡位置
2	用纵坐标表示振动质点偏离平衡位置的位移	用纵坐标表示某一时刻各质点偏离平衡位置的位移
3	能直观地表示振动质点在一段时间内运动情况	能直观地表示一列波在时刻 $t$ 的波形
4	能直接得出振动质点在任意时刻的位移	能直接得出各质点在时刻 $t$ 的位移
5	能得到振动的振幅	能得到波的振幅

**3、巩固训练**

- (1) 一列波沿水平方向传播，某时刻的波形如图所示，则图中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四点在此时刻具有相同运动方向的是 (BC)



- A.  $a$  和  $c$     B.  $b$  和  $c$     C.  $a$  和  $d$     D.  $b$  和  $d$

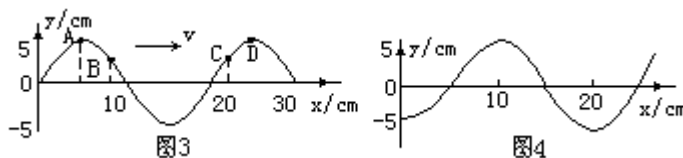
- (2) 如图3所示为一列简谐波在某一时刻的波的图象。

求：(1) 该波的振幅和波长。

(2) 已知波向右

传播，说明

A、B、C、D质点的振动方向。



(3) 画出经过  $T/4$

后的波的图象。

解：(1) 振幅是质点偏离平衡位置的最大位移，波长是两个相邻的峰峰或谷谷之间的距离，所以振幅  $A=5\text{cm}$ ，波长  $\lambda=20\text{m}$ 。

(2) 根据波的传播方向和波的形成过程，可以知道质点B开始的时间比它左边的质点A要滞后一些，质点A已到达正向最大位移处，所以质点B此刻的运动方向是向上的，同理可判断出C、D质点的运动方向是向下的。

(3) 由于波是向右传播的，由此时刻经  $T/4$  后波的图象，即为此刻的波形沿波的传播方向推进  $\lambda/4$  的波的图象，如图4所示。

**【讨论与交流】：**

1. 若已知波速为  $20\text{m/s}$ ，从图示时刻开始计时，说出经过  $5\text{s}$ ，C点的位移和通

过的路程。

2. 若波是向左传播的，以上问题的答案应如何？

3. 从波的图象可以知道什么？

(3) 顶尖 P24/例 1

(4) 顶尖 P24/例 2

(5) 一列简谐横波在x轴上传播，图5所示的

实线和虚线分别为 $t_1$ 和 $t_2$ 两个时刻的波的图象，

已知波速为 $16\text{m/s}$ 。

(1)如果波是向右传播的，时间间隔( $t_2 - t_1$ )是多少？

(2)如果波是向左传播的，时间间隔( $t_2 - t_1$ )是多少？

解：(1)从波形上看， $t_2$ 时刻的虚线波形在 $t_1$ 时刻的实线波形的 $1/4$ 波长处，再考虑到波的传播的周期性，所以时间间隔( $t_2 - t_1$ )是 $(n+1/4)T$ 。

(2)同理，从波形上看， $t_2$ 时刻的虚线波形在 $t_1$ 时刻的实线波形的左侧 $3/4$ 波长处，再考虑到波的传播的周期性，所以时间间隔( $t_2 - t_1$ )是 $(n+3/4)T$ 。

#### 4、小结

通过本节课的学习，我们学到了以下知识：

1: 对于波的图象◆

① 横坐标  $x$  表示在波的传播方向上各个质点的平衡位置.

② 纵坐标  $y$  表示某一时刻各个质点偏离平衡位置的位移.

③ 波的图象的物理意义.

波的图象表示了一列波在某一时刻沿着波的传播方向上介质中各质点离开各自的平衡位置的位移情况.

2. 波的图象能反映出波的传播情况：从波的图象上可获取的物理信息是：

A 波长和振幅。

B 已知波的传播方向可求各个质点的振动方向。(若已知某一质点的振动方向也可确定波的传播方向。可以提出问题，启发学生思考。)

C 经过一段时间后的波形图。

D 质点在一段时间内通过的路程和位移。

#### 【布置作业】：

书 P30/1~4；P26~27/5、6、7、8、9、10

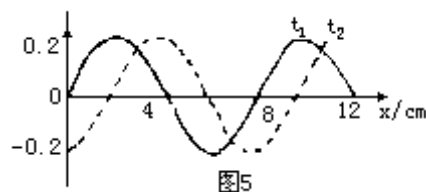


图5

### 3、波的干涉与衍射（2课时）

#### ✚ 【教学目标】：

##### 1.知识与技能

- (1) 知道什么是波的衍射现象和发生明显衍射现象的条件。
- (2) 知道波的干涉现象是特殊条件下的叠加现象；知道两列频率相同的波才能发生干涉现象；知道衍射现象的特点。
- (3) 知道衍射和干涉现象是波动特有的现象。

##### 2.过程与方法：

通过观察水波的衍射现象，认识衍射现象的特征。通过观察波的独立前进，波的叠加和水波的干涉现象，认识波的干涉条件及干涉现象的特征

##### 3.情感态度价值观：

经过运用惠更斯原理解释波的反射和折射现象，体验从理论上研究物理问题的严谨性。

#### ✚ 【教学重点】：

波的衍射、波的叠加及发生波的干涉的条件惠更斯原理，波的反射和折射规律

#### ✚ 【教学难点】：

对稳定的波的干涉图样的理解

#### ✚ 【教学器材】：

水槽演示仪，长条橡胶管，投影仪，flash 课件

#### ✚ 【教法学法】：

计算机和实验辅助教学问题

#### ✚ 【教学过程设计】

##### 1.引入新课

上一节课我们学习了惠更斯原理，知道波在传播中的任何一个时刻的波面形状都可以用子波包络面来推算出来。那么让我们来设想一下这样一个情况：向平静的湖面上投入一个小石子，可以看到石子激起的水波形成圆形的波纹，并向周围传播。当波纹遇到障碍物后会怎样？如果同时投入两个小石子，形成了两列波，当它们相遇在一起时又会怎样？本节课就要通过对现象的观察，结合惠更斯原理，对以上现象进行初步解释。

##### 【板书】：2.波的衍射

##### 【板书】：(1)波的衍射现象

首先观察水槽中水波的传播：圆形的水波向外扩散，越来越大。

然后，在水槽中放入一个不大的障碍屏，观察水波绕过障碍屏传播的情况。由此给出波的衍射定义。

波绕过障碍物的现象，叫做波的衍射。

再引导学生观察：在水槽中放入一个有孔的障碍屏，水波通过孔后也会发生衍射现象。

看教材中的插图，解释“绕过障碍物”的含义。

**【板书】：(2)发生明显波的衍射的条件**

在前面观察的基础上，引导学生进行下面的观察：①在不改变波源的条件下，将障碍屏的孔由较大逐渐变小。可以看到波的衍射现象越来越明显。由此得出结论：障碍物越小，衍射现象越明显。②可能的话，在不改变障碍孔的条件下，使水波的波长逐渐变大或逐渐变小。可以看到，当波长越小时，波的衍射现象越明显。由此指出：当障碍物的大小与波长相差不多时，波的衍射现象较明显。

**【板书】：发生明显衍射的条件是：障碍物或孔的大小比波长小，或者与波长相差不多。**

**【注意】**一切波都能发生衍射，而要发生明显的衍射现象须满足上述条件，当不满足上述条件时，衍射现象仍存在，只不过是衍射现象不明显，不易被我们观察到。

**【例1】**在做水波通过小孔衍射的演示实验时，激发水波的振子振动频率为5Hz，水波在水槽中传播速度为0.05m/s，为使实验效果更明显，使用小孔直径 $d$ 应为\_\_\_\_\_m。

[解析] 由发生明显衍射现象的条件知，当 $d \leq \lambda$ 时满足要求。

$$\text{由 } v = \lambda f \text{ 知 } \lambda = \frac{v}{f} = \frac{0.05}{5} = 0.01(\text{m}) \text{ 因为 } \text{所以 } d \leq 0.01\text{m}$$

最后告诉学生：波的衍射现象是波所特有的现象。只要是波，无论是机械波或是电磁波都能发生衍射现象，都能在一定条件下观察到。但如果不是波，而是质点就不会发生衍射现象。

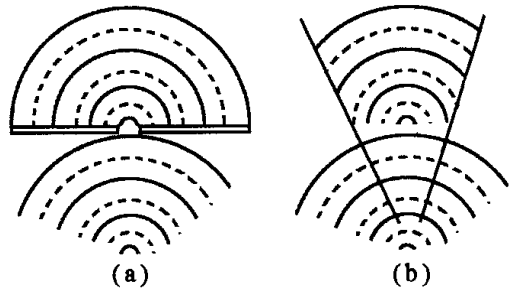
请大家举例说明：为什么声波的衍射非常明显？为什么光波的衍射不明显？

在生活中，可遇到的波的衍射现象有：声音传播中的“隔墙有耳”现象；在房间中可以接收到收音机和电视信号，是电磁波的衍射现象。

课堂巩固练习：

1、波的衍射现象是指波绕过障碍物继续传播的现象；通过衍射，波能把能量传到“阴影”区域，这是波的特有现象。

2、如图所示，波长相同的水波通过宽度不同的孔，在a图发生了明显的衍射现象，这是因为孔的宽度和波长差不多的缘故；在b图，孔后面的水波是在连接波源和孔边的两条直线所限制的区域里传播，这是因为孔的宽度比波长大得多缘故。

**【板书】：3.波的干涉**

观察现象①：在水槽演示仪上有两个振源的条件，单独使用其中的一个振源，水波按照该振源的振动方式向外传播；再单独使用另一个振源，水波按照该振源的振动方式向外传播。现象的结论：每一个波源都按其自己的方式，在介质中产生振动，并能使介质将这种振动向外传播。

观察现象②：找两个同学拉着一条长橡皮管，让他们同时分别抖动一下橡



皮管的端点，则会从两端各产生一个波包向对方传播。当两个波包在中间相遇时，形状发生变化，相遇后又各自传播。现象的结论：波相遇时，发生叠加。以后仍按原来的方式传播。

### 【板书】：(1)波的叠加

在观察前面现象的基础上，向学生说明什么是波的叠加。

两列波相遇时，在波的重叠区域，任何一个质点的总位移，都等于两列波分别引起的位移的矢量和。

结合图1，解释此结论。

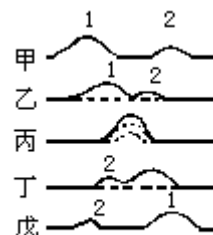


图 1

解释时可以这样说：在介质中选一点P为研究对象，在某一时刻，当波源1的振动传播到P点时，若恰好是波峰，则引起P点向上振动；同时，波源2的振动也传播到了P点，若恰好也是波峰，则也会引起P点向上振动；这时，P点的振动就是两个向上的振动的叠加，P点的振动被加强了。(当然，在某一时刻，当波源1的振动传播到P点时，若恰好是波谷，则引起P点向下振动；同时，波源2的振动传播到了P点时，若恰好也是波谷，则也会引起P点向下振动；这时，P点的振动就是两个向下的振动的叠加，P点的振动还是被加强了。)用以上的分析，说明什么是振动被加强。

波源1经过半周期后，传播到P点的振动变为波谷，就会使P点的振动向下，但此时波源2传过来的振动不一定是波谷(因为两波源的周期可能不同)，所以，此时P点的振动可能被减弱，也可能是被加强的。(让学生来说明原因)

提问：如果希望P点的振动总能被加强，应有什么条件？

提问：如果在介质中有另一质点Q，希望Q点的振动总能被减弱，应有什么条件？

结论：波源1和波源2的周期应相同。

演示课件：波的叠加。

### 【板书】：(2)波的干涉

观察现象③：水槽中的水波的干涉。对水波干涉图样的解释中，特别要强调两列水波的频率是相同的，所以产生了在水面上有些点的振动加强，而另一些点的振动减弱的现象，加强和减弱的点的分布是稳定的。

详细解释教材中给出的插图，如图2所示。在解释和说明中，特别应强调的几点是：①此图是某时刻两列波传播的情况；②两列波的频率(波长)相等；③当两列波的波峰在某点相遇时，这点的振动位移是正的最大值，过半周期后，这点就是波谷和波谷相遇，则这点的振动位移是负的最大值；④振动加强的点的振动总是加强的，振动减弱的点的振动总是减弱的。

在以上分析的基础上，给出干涉的定义：频率相同的两列波叠加，使某些区域的振动加强，某些区域的振动减弱，并且振动加强和振动减弱的区域

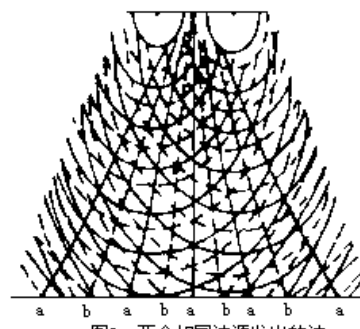


图2 两个相同波源发出的波的叠加示意图

互相间隔，这种现象叫波的干涉，形成的图样叫做波的干涉图样。

反复观察水槽中的水波的干涉，分清哪些区域为振动加强的区域，哪些区域为振动减弱的区域。

最后应帮助学生分析清楚：介质中某点的振动加强，是指这个质点以较大的振幅振动；而某点的振动减弱，是指这个质点以较小的振幅振动，这与只有一个波源的振动在介质中传播时，各质点均按此波源的振动方式振动是不同的。

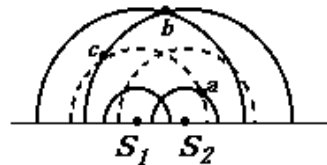
### 【板书】：(3)波的干涉与叠加的关系

有了前面的基础，可以启发学生说一说干涉与叠加的关系。

帮助学生认识：干涉是一种特殊的叠加。任何两列波都可以进行叠加，但只有两列频率相同的波的叠加，才有可能形成干涉。

最后指出：干涉是波特有的现象。

课堂练习：两个振动情况完全相同的波源  $S_1$ 、 $S_2$  产生的波叠加，某时刻形成的干涉图样如右图所示，实线表示波峰，虚线表示波谷。在  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三个点里，振动加强的点是，振动减弱的点是\_\_\_\_\_；从该时刻起，经  $1/4$  周期，它们中位移为 0 的点是\_\_\_\_\_。



（答案：b；a 和 c；a、b、c）

## 4.课堂小结

今天，我们学习了波特有的现象：波的衍射和波的干涉。请同学再表达一下：什么叫波的衍射？什么叫波的干涉？什么条件下可能发生波的干涉？

**强调：**(1)“障碍物或孔的大小比波长小，或者与波长相差不多”是产生明显衍射现象的条件，而不是产生衍射现象的条件。波遇到障碍物就会发生衍射，只是在上述的条件下可以明显观察到。(2)波的干涉的条件是：同一类的两列波，频率(波长)相同，相差恒定，在同一平面内振动。当它们发生叠加时，会出现干涉现象，由于这一节课本中没有提出相和相差的概念，并且只讨论一维的振动情况，所以，教学中只强调“频率相同”的条件就可以了。

5.巩固练习：——课堂讨论书P40/1~4



【布置作业】： P34~35/1~14

## 2、波的反射与折射

### 【教学目标】：

#### 1.知识与技能

(1) 通过实验，建立球面波和平面波的概念。知道波面和波线，以及波传播到两种介质的界面时同时发生反射和折射

(2) 知道波发生反射现象时，反射角等于入射角，知道反射波的频率，波速和波长与入射波相同

(3) 知道折射波与入射波的频率相同，波速与波长不同，理解波发生折射的原因是波在不同介质中速度不同，掌握入射角与折射角的关系

#### 2.过程与方法：

通过画波面图，理解惠更斯原理，培养分析问题的能力；通过作图，尝试运用惠更斯原理解释波的折射现象，推导折射定律。

#### 3.情感态度价值观：

经过运用惠更斯原理解释波的反射和折射现象，体验从理论上研究物理问题的严谨性。

### 【教学重难点】：

惠更斯原理，波的反射和折射规律

### 【教学器材】：

flash 课件，水波发生器演示实验

### 【教法学法】：

计算机辅助教学问题

### 【教学过程设计】

#### 1、导入新课

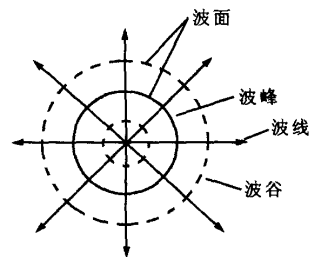
(1) 蝙蝠的“眼睛”：18世纪，意大利教士兼生物学家斯帕兰扎尼研究蝙蝠在夜间活动时，发现蝙蝠是靠高频的尖叫来确定障碍物的位置的。这种尖叫声在每秒2万到10万赫兹之间，我们的耳朵对这样频率范围内的声波是听不到的。这样的声波称为超声波。蝙蝠发出超声波，然后借助物体反射回来的回声，就能判断出所接近的物体的大小、形状和运动方式。

(2) 雷达和隐形飞机：雷达是利用无线电波发现目标，并测定其位置的设备。由于无线电波具有恒速、定向传播的规律，因此，当雷达波碰到飞行目标(飞机、导弹)等时，一部分雷达波便会反射回来，根据反射雷达波的时间和方位便可以计算出飞行目标的位置。由于一般飞机的外形比较复杂，总有许多部分能够强烈反射雷达波，因此整个隐形飞机FD 117飞机表面涂以黑色的吸收雷达波的涂料。

## 2、【板书】：波面和波线

波面：同一时刻，介质中处于波峰或波谷的质点所构成的面叫做波面。

波线：用来表示波的传播方向的跟各个波面垂直的线叫做波线。



## 3、【板书】：惠更斯原理

(1) 惠更斯原理：介质中任一波面上的各点，都可以看作发射子波的波源，而后再任意时刻，这些子波在波前进方向的包络面便是新的波面。

演示1：水波的平面波（在水槽中用直尺周期性排击水面形成）和球面波（在水槽中用振针周期性点击水面形成）。

演示2：演示平面波和球面波通过小孔，要求观察波面的形状变化。得出结论：波面上的每一个点都可以当成一个新的波源，称为子波源，这些子波源发出子波，各个子波继续向前传播。

惠更斯提出了一个叫包络面的概念——所谓包络面，就是某时刻与子波波面相切的曲面。

惠更斯原理——每一个子波源发出的子波，经过一段时间以后，这些子波源的包络面就形成下一时刻的波面。

(2) 根据惠更斯原理，只要知道某一时刻的波阵面，就可以确定下一时刻的波阵面。

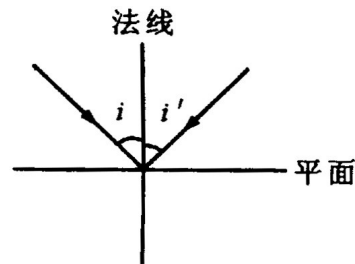
如上图，平面波在传播时，每一个点都形成子波源，向外发出球面波，而各子波的包络面恰好形成了平面。请大家根据这些知识来解释一下球面波的形成。

## 4、【板书】：波的反射

(1) 波遇到障碍物会返回来继续传播，这种现象叫做波的反射。

演示3：水波的平面波倾斜射到挡板上的反射。——波在反射中波面的形状和波线的形状发生改变，即波的传播方向发生了变化。

波的发射遵循反射定律，这反射定律的表述与初中所学的光的反射定律一样。



(2) 反射规律

·反射定律：入射线、法线、反射线在同一平面内，入射线与反射线分居法线两侧，反射角等于入射角。

·入射角 ( $i$ ) 和反射角 ( $i'$ )：入射波的波线与平面法线的夹角  $i$  叫做入射角。反射波的波线与平面法线的夹角  $i'$  叫做反射角。

·在波的反射中，反射波的波长、频率、波速都跟入射波相同。（频率由波源决定，波速由介质决定，波长则由频率和波速共同决定。）

·波遇到两种介质界面时，总存在反射

为什么波会有这样的反射定律呢？我们能否尝试运用惠更斯原理来解释一下？

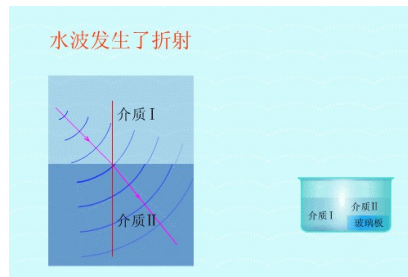
（内容书上 P34 页已经比较详尽，可先让学生阅读，然后教师尝试通过在黑板上逐步作图的方法来解说。

归纳：要用惠更斯原理来推断波面，必须 1、先设想一个时刻的波面和波线（二者互相垂直），2、找到界面上的子波源，3、画出界面上的子波源在  $t$  时刻的各个子波，4、然后找到反射的包络面和波线。

## 5、【板书】：波的折射

(1) 波的折射：波从一种介质进入另一种介质时，波的传播方向发生了改变的现象叫做波的折射。

演示 4：水波的平面波从深水区射到浅水区的折射——波在折射中波面的形状和波线的形状发生改变，即波的传播方向发生了变化。



(2) 折射规律：

- 折射角 ( $r$ )：折射波的波线与两介质界面法线的夹角  $r$  叫做折射角。
- 折射定律：入射线、法线、折射线在同一平面内，入射线与折射线分居法线两侧。入射角的正弦跟折射角的正弦之比等于波在第一种介质中的速度跟波在第二种

$$\text{介质中的速度之比：} \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

- 当入射速度大于折射速度时，折射角折向法线；入射速度小于折射速度时，折射角折离法线。
- 当垂直界面入射时，传播方向不改变，属折射中的特例。

在波的折射中，波的频率不改变，波速和波长都发生改变。

（频率由波源决定，波速由介质决定，波长则由频率和波速共同决定。）波发生折射的原因正是因为波在不同介质中的速度不同导致了它们的波长不同。

请大家思考能否用惠更斯原理解释为什么波速不同会导致波在不同介质中传播方向（即波线发生偏折）呢？

教师归纳：（具体证明过程参照书 P36）由惠更斯原理， $A$ 、 $B$  为同一波面上的两点， $A$ 、 $B$  点会发射子波，经  $\Delta t$  后， $B$  点发射的子波到达界面处  $D$  点， $A$  点的到达  $C$  点，

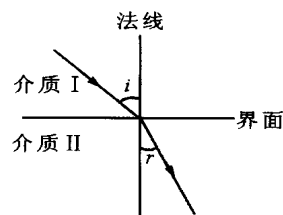
$$\text{由 } \sin i = \frac{BD}{AD} = \frac{v_1 \Delta t}{AD} \text{ 和 } \sin r = \frac{AC}{AD} = \frac{v_2 \Delta t}{AD} \text{ 可以推出 } \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 / \Delta t}{\lambda_2 / \Delta t} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = n_{12}。$$

强调：波的反射与折射定律虽然是由机械波推导出来的，但可以适用于一切波，包括电磁波，所以光的折射和反射也遵循同一律。

## 6、课堂练习：

书 P36/1、2、3； P30~31/2、8

【布置作业】： P30~31/1、3、4、5、6、7、9、10；



## 4、多普勒效应

### 【教学目标】：

#### 1.知识与技能

- (1) 知道波源的频率和观察者接受到的频率的区别
- (2) 知道什么是多普勒效应
- (3) 了解多普勒效应的一些应用知道什么是波的衍射现象和发生明显衍射现象的条件。

#### 2.过程与方法：

通过观察实验现象，培养眼观、耳闻的技能，并培养表述物理问题的能力。

#### 3.情感态度价值观：

体验生活与物理的关系，激发分析和探究物理现象的兴趣，培养合作与交流的习惯。

### 【教学重点】：

多普勒效应及其产生的原因

### 【教学难点】：

波源的频率和观察者接受到的频率的区别

### 【教学器材】：

多普勒效应素材视频、投影仪

### 【教法学法】：

计算机辅助教学问题、分析法

### 【教学过程设计】：：

#### 1、复习引入

- (1) 波的叠加遵从的基本原理是什么？波的干涉的必要条件是什么？干涉图样的特征是什么？
- (2) 什么是波面：也称波阵面。从波源发出的振动，在传播过程中，在界质中振动相位相同的点组成的面。
- (3) 在谈波的传播时，我们已经知道，频率是有波源决定的、波速是由界质决定的，波长则由频率和波速共同决定。也就是说，波源的振动频率确定后，波的频率就会固定不变，在同一界质中它的波长也不会改变。

这种情况是不是绝对的呢？今天，我们就来看一看波在传播时的一种特殊现象——

#### 2、【板书】：多普勒效应

- (1) 素材展示：播放视频“火车进站和出站”…

学生观察：火车进站时汽笛的声调和出站时声调的高低比较。

学生思考：火车汽笛本身的发音是否变化（回忆：作为乘客坐在火车上的人，感受汽笛的声调发生变化吗？）

分析：坐在火车上的乘客感到汽笛声未变，是因为声源相对听者是静止的，路旁的人感到汽笛声调发生变化，是因为声源相对听者是运动的。而当声调发生变化时，根据我们的物理常识可以判断，应该是声音的频率发生了变化。我们这种因为波源和观察者之间有

相对运动而使观察者感到波的频率发生变化的现象称为——

**【板书】**：多普勒效应：波源相对观察者发生运动时，观察者感到波的频率发生改变。

这一效应是奥地利物理学家多普勒在 1842 年首先发现的，所以称为多普勒效应。

多普勒效应是在波源与观察者之间有相对运动时产生的现象。

学生列举：多普勒效应的事例补充…

过渡：形成多普勒效应的原因是什么呢？

## (2) 多普勒效应分析

A 做分析之前，我们需要介绍几个新的名词——

a、完全波：一个波长的波可以称为完全波。

b、波源的频率和观察者接受到的频率：波源的频率：单位时间内，波源发出的完全波的个数。观察者接受到的频率：观察者在单位时间内接受到的完全波的个数。

### B 多普勒效应分析

板图以及板图说明（一根实线表示一个完全波的波面）…

分析：a、当波源相对观察者不动时…

b、当波源相对观察者运动时

① 波源不动，观察者向波源运动。分析教材图 10-29。说明：波长未变，观察者“提前”接受到了波源发出的波，接受到的频率大于波源频率。

\*计算：设波源频率为  $f$ ，波速为  $v$ ，观察者运动速度为  $u$ ，则观察者接受到的频率  $f'$  为多少？

解：在时间  $t$  内，波源发波  $ft$  个，观察者接受的波的个数为  $ft + \frac{ut}{\lambda} = ft +$

$$\frac{ut}{v/f}$$

$$\text{答：} f' = \frac{v+u}{v} f$$

说明：如果  $u$  的方向不是正对声源…

学生定性解释“观察者相对声源远离”的多普勒效应…

② 观察者不动，波源向观察者运动。分析教材图 10-30。说明：波面被“压缩”，波长变短，波速未变，致使接受到的频率大于波源频率。

\*计算：设波源频率为  $f$ ，波速为  $v$ ，波源运动速度为  $u$ ，则观察者接受到的频率  $f'$  为多少？

解：在时间  $t$  内，波源发波  $ft$  个，“新波长”  $\lambda' = \frac{(ft)\lambda - ut}{ft} = \lambda - \frac{u}{f}$  然后  $f' =$

$$\frac{v}{\lambda'}$$

$$\text{答：} f' = \frac{v}{v-u} f$$

说明：如果  $u$  的方向不是正对声源…

说明：两类多普勒效应不能用运动的相对性简单地解释成一种，应分开分析。

学生定性解释“声源远离观察者”的多普勒效应…

### 3、【板书】：多普勒效应的应用

(1) 不仅是机械波，以后要学到的电磁波和光波，也会发生多普勒效应。  
板书：多普勒效应是波动过程共有的特征。

(2) 学生阅读课文最后一段，总结多普勒效应的应用：◆

- ① 有经验的铁路工人可以从火车的汽笛声判断火车的运动方向和快慢.
- ② 有经验的战士可以从炮弹飞行时的尖叫声判断飞行的炮弹是接近还是远去.
- ③ 交通警察向行进中的汽车发射一个已知频率的电磁波，波被运动的汽车反射回来时，接收到的频率发生变化，由此可指示汽车的速度.
- ④ 由地球上接收到遥远天体发出的光波的频率可以判断遥远天体相对于地球的运动速度.

### 4、小结

本节我们学习了多普勒效应，并对多普勒效应作了定性和定量地解释，我们需要掌握的时定性分析。

**多普勒效应是波在传播时的一种特殊现象，不仅机械波有多普勒效应，电磁波也有。**

#### 巩固练习：

- (1) 关于多普勒效应,下列说法中正确的是
- A.多普勒效应是由波的干涉引起的
  - B.多普勒效应说明波源的频率发生了改变
  - C.多普勒效应是由于波源和观察者之间有相对运动而产生的
  - D.只有声波才能产生多普勒效应
- (2) 炮弹由远处飞来从头顶呼啸而过的整个过程中,我们所听到的音调
- A.越来越高
  - B.越来越低
  - C.先变高后变低



D.先变低后变高

E.因不知炮弹的速度为多少,所以无法判断

**【布置作业】：**

阅读书本本节内容；完成书后习题

P38~39/1~10，做在书上。

## 第三单元 电磁波

### 1、电磁波的产生（2课时）

**【教学目标】：****1. 知识与技能**

(1) 了解电磁振荡的概念，知道什么是振荡电流和 LC 振荡电路。

(2) 理解 LC 振荡电路中振荡电流的产生过程，理解电磁振荡产生过程中，电路中的电量、电场能、电流、磁场能相互转化的过程，能用之结实有关的问题。

(3) 知道什么是电磁振荡的周期和频率，掌握 LC 回路的周期和频率公式并进行有关的计算或判定。

(4) 理解麦克斯韦电磁理论的两个要点，了解电磁场和电磁波的联系与区别以及电磁波的特性。

(5) 理解赫兹实验的原理及意义。

**2. 过程与方法：**

通过对振荡电路中个物理量的分析，培养分析能力和逻辑推理能力并培养表述物理问题的能力。

**【教学重点】：**

LC 振荡电路的各个量的相互转化过程及麦克斯韦电磁理论的两个要点。

**【教学难点】：**

LC 振荡电路的各个量的相互转化过程

**【教学器材】：**

FLASH 课件

**【教法学法】：**

计算机辅助教学问题、分析法

**【教学过程设计】：**

#### 第 1 课时

**1、引入新课**

无线广播、电视、人造卫星、导弹、宇宙飞船等，传递信息和跟地面的联系都要利用电磁波。

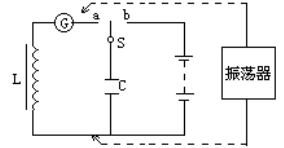
现代社会的各个部门，几乎都离不开“电磁波”，可以说“电”作为现代文明的标志，“电磁波”就是现代文明的神经中枢，或者叫现代化的代名词。

那么，电磁波是什么？它是怎样产生的？就要从电磁振荡开始学习。

## 2、【板书】：电磁振荡.

【板书】：（1）观察演示实验.

简介仪器：电磁振荡示教板，电感L、电容C；另附晶体管振荡器，市售40V干电池（可延长电流表指针往复摆动时间，达十几次以上）。连接成如图1所示电路。

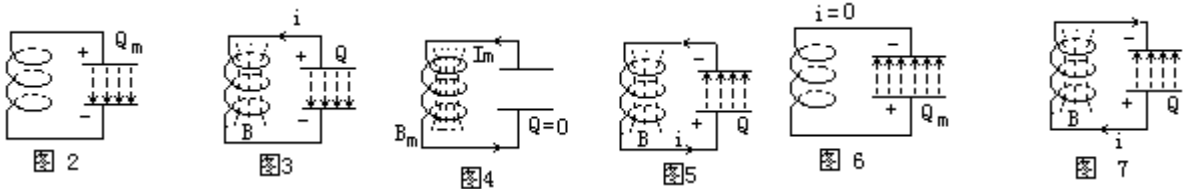


演示操作：先用40V电源（用6V电源也可）给电容C充电，若将开关S拨到a端。

提出问题：将会发生什么现象？它说明了什么？

引导启发同学边看边想，电流表G指针为什么摆动？往复摆动说明通过G的电流有什么特点？

在同学回答的基础上，总结得出几个概念：



像这样产生的大小和方向交替变化的电流叫做振荡电流，能产生振荡电流的电路叫振荡电路，上面的LC回路叫LC振荡电路。

上述实验中，为什么电流表G指针往复摆动的幅度越来越小？如果LC回路中

无电阻，也没有其它形式的能量损失，则电流表的指针将一直摆动下去，可是实际中总有能量损失，要维持LC回路中一直有振荡电流，可借助于一种晶体管振荡器，不断地补充能量。然后接上振荡器，再观察现象：最后，再将振荡电流信号取出，接在示波器上观察波形后，指出振荡电流是一种什么性质的电流？有何特点？它是怎样产生的？总结指出，振荡电流实质上就是前边学过的交流电，它也按正弦规律变化。下面研究它的产生过程。

【板书】：（2）电磁振荡的产生过程（可结合画图或投影幻灯，启发思考进行分析讲解）。

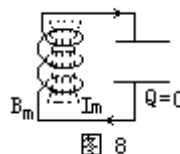
①给电容C充电——如图2所示，电容器中储存一定的电场能（ $E_{电}$ ）。

②电容C放电——如图3所示，电场能转化为磁场能：C上带电量、电场能（电压）逐渐减小（降低），电路中的电流、磁场能则逐渐增大，请同学们想一下这样转化的条件是什么？为什么是“逐渐”的？随后指出这是由于电容器C的放电作用（两极板上正、负电荷的吸引作用）和电感L中电流变化时产生的自感电动势的“阻碍”作用所至。当C放电完了时，如图4所示（电场能为零，

$Q_C=0, U_C=0$ ），磁场能达到最大（与之对应振荡电流也达到最大 $I_m$ ）

③反向充电过程，如图5所示，是磁场能转化为电场能的过程，C放电完了时，由于L的自感作用，电路中移动的电荷不能立即停止运动，仍保持原方向流动，经C反向充电，同理则有*i*减小， $E_{磁}$ 减小，而 $E_{电}$ 增大（ $Q_C, U_C$ 也随之增大）。直到 $E_{磁}$ （*i*）减为零， $E_{电}$ （ $Q_C, U_C$ ）增为最大，如图6所示。

④电容C再次反向放电过程，——如图7所示，同理可知 $E_{电}$ （ $Q_C, U_C$ ）减小，直到为零， $E_{磁}$ （*i*）增大，直到最大（ $I_m$ ）如图8所示。如此下去，回路中就产生了振荡电流。

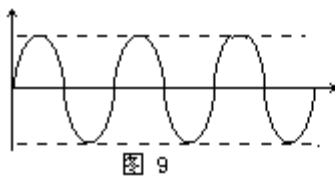


**归纳总结指出：**

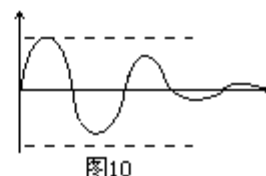
像上述情况，电路中的电场能和磁场能（与之对应的电荷Q和电流*i*）做周期性交替变化的现象叫做电磁振荡现象，微观实质是导线中的电子在其平衡位置附近做简谐运动。

**3、【板书】：无阻尼振荡和阻尼振荡。**

(1) 振荡电路中，若没有能量损耗，则振荡电流的振幅（ $I_m$ ）将不变，如图9所示，叫做无阻尼振荡（或等幅振荡）。



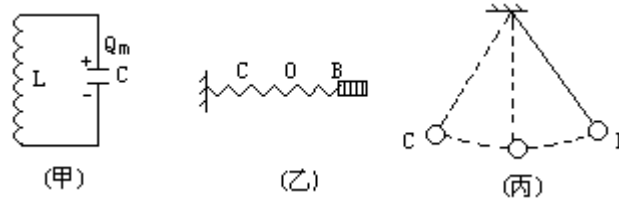
(2) 阻尼振荡。任何振荡电路中，总存在能量损耗，使振荡电流*i*的振幅逐渐减小，如图10所示，这叫做阻尼振荡（或叫减幅振荡）。请同学们想一下：电路损耗的能量哪里去了？



如果用振荡器周期性地给振荡电路补充能量，就可以保持等幅振荡，这类类似于受迫振动。

**4、小结**

1. 电磁振荡抽象，过程复杂，难以理解，要抓住问题的本质、关键，即电场能和磁场能交替转化。为便于接受，可借助于以前学过的简谐运动和电磁感应的相关知识，类比分析加深对新知识的准确理解，LC振荡电路中的电磁振荡的过程等，可以形象地用弹簧振子或单摆做简谐运动的相似性类比。它们的对应关系和相应的意义简述如下，如图11所示。



LC 回路中	简谐运动
①给电容器充电	①外力把 <i>m</i> 拉离平衡位置做功
②电容 <i>C</i>	②劲度系数 <i>k</i> （或单摆的 <i>l</i> ）
③电感 <i>L</i> （相当于惯性）	③振动质量 <i>m</i> （惯性）
④电荷 <i>Q</i>	④位移 <i>x</i>
⑤电流 <i>i</i>	⑤速度 <i>v</i>
⑥电场能 $E_{电}$	⑥势能 $E_p$
⑦磁场能 $E_{磁}$	⑦动能 $E_k^*$

2. 同学容易产生误解的地方是：电容C两极板带等量异种电荷，当它放电时正、负电荷正好中和，就没有电荷在电路里往复运动了，哪里还有振荡电

流！对于这类问题除强调能量的转化和C、L的作用外，还应从电磁感应的知识，采用图12略加分析：

当电容C中储存电场能最大时（带电量、场强值最大、电压最高），电路中电流为零，磁场能为零；随着电容C逐渐放电，电场能 $E_{电}$ （带电量Q，电压U）逐渐减小，而磁场能 $E_{磁}$ （电流i）将逐渐增大…

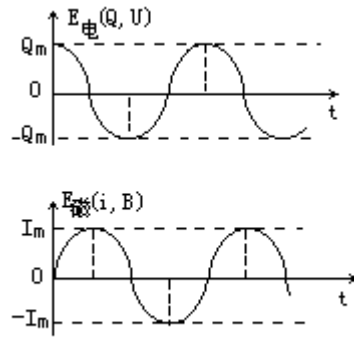


图12

### 5、课堂巩固练习：

书P51/1； P46/例1； P62/例1

#### 【布置作业】：

书P51/2； P48/1、2、7、9； P66/12

## 第 2 课 时

### 1、【板书】：电磁振荡的周期和频率

电磁振荡完成一次周期性变化需要的时间叫做周期。一秒钟内完成周期性变化的次数叫做频率。振荡电路中发生电磁振荡时，如果没有能量损失也不受其他外界影响，这时电磁振、赫。振荡电路的周期和频率决定于电路中线圈的自感系数和电容器的电容。因此，适当地选择电容器和线圈就可以使振荡电路的周期和频率符合我们的需要。振荡的周期和频率叫做振荡电路的固有周期和固有频率，简称振荡电路的周期和频率。

LC回路的周期和频率跟哪些因素有关呢？

LC回路的周期和频率跟电容器的电容C和线圈自感系数L的大小有关。电容或电感增加时，周期变长，频率变低；电容或电感减小时，周期变短，频率变高。进一步的研究证明，周期T和频率f跟自感系数L和电容C的关系是：

$$T = 2\pi\sqrt{LC}, \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}。$$

上面两个式子中的T、L、C、f的单位分别是秒、亨、法。下面举两个例题。

**例1** LC回路的频率为100Hz，电容为0.1 $\mu$ F。求电感是多大？如果LC回路的频率为1000Hz，电容不变，电感又应是多大？

解：因为 
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

所以

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C f^2} = \frac{1}{4\pi^2 \times 0.1 \times 10^{-6} \times 100^2} \\ = 25 \text{ (H)} .$$

因为 
$$\frac{f}{f'} = \frac{\sqrt{L'}}{\sqrt{L}},$$

所以

$$L' = \left(\frac{f}{f'}\right)^2 L = \frac{100^2}{1000^2} \times 25 = 0.25 \text{ (H)} = 250 \text{ (mH)} .$$

**例2** 由自感线圈和可变电容器组成的振荡电路，能够产生500KHz到1500KHz的电磁振荡，已知线圈的自感系数是280mH，可变电容器的最大电容和最小电容各是多少？

解：因为 
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

所以 
$$C = \frac{1}{4\pi^2 L f^2} = \frac{1}{4\pi^2 \times 280 \times 10^{-6} \times (500 \times 10^3)^2} \\ = 360 \times 10^{-12} \text{ (F)} = 360 \text{ (PF)} . \text{——最大电容.}$$

因为 
$$\frac{f}{f'} = \frac{\sqrt{C'}}{\sqrt{C}},$$

所以 
$$C' = \left(\frac{f}{f'}\right)^2 C = \left(\frac{500}{1500}\right)^2 \times 360 = 40 \text{ (PF)} . \text{——最小电容.}$$

## 2、【板书】：麦克斯韦电磁理论：

做两个演示实验：

一是“变化的磁场产生电场”，把铁心插入原线圈，原线圈两端接220伏交流电，再把拾电圈接上小电珠后，套在铁心上，即可见小电珠发出亮光

二是“变化的电场产生磁场”，感应圈初级接学生电源，感应圈次级产生的高频电压加在平行板电容器的两块极板上。在电容器的两板间放入小磁针盘，使盘面与板面平行。接通电路，可见盘上许多小磁针发生偏转，显示出同心圆形。

教师先演示第一个实验，让学生观察并解释。

在变化的磁场中放一个闭合电路，在这个闭合电路里要产生感应电流，这是我们学过的电磁感应现象（见图1甲）。英国科学家麦克斯韦用场的观点来研究电磁感应现象。

他认为在变化的磁场周围产生了一个电场，这个电场驱使闭合电路里的自由电子做定向的移动，于是产生了感应电流。刚才做的实验就证实了这个电场的存在。

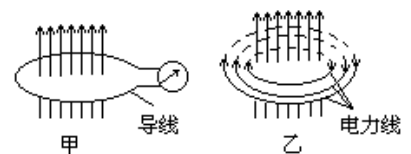


图1

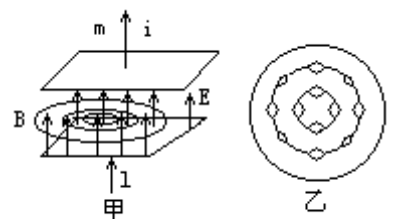


图2

拾电圈导线中的自由电子，在变化磁场产生的电场作用下定向移动，形成电流使电珠发光。麦克斯韦还把这种用场来描述电磁感应现象的观点推广到不存在闭合电路的情形。他认为，在变化的磁场周围产生电场，是一种普遍存在的现象，跟闭合电路是否存在无关（见图1乙）。这就是说，即使没有拾电圈，这个电场仍然是客观存在的。只要磁场发生变化，在它的周围就有电场产生，跟是否放有闭合电路无关。产生的电场和变化的磁场是同时存在的。

教师再演示第二个实验，让学生观察并解释。从变化的磁场能产生电场，我们很自然会联想到，变化的电场是否能产生磁场呢？第二个实验证实了这个想法。在给电容器充电的时候，不仅导体中的电流要产生磁场，而且在电容器两极板间周期性变化的电场周围也要产生磁场（见图2甲）。这个磁场，使放入两极板间圆盘上的小磁针排成同心圆状（见图2乙）。

麦克斯韦根据自己的理论进一步指出，如果在空间某区域中有周期性变化的电场，那么，这个变化的电场就在它周围空间产生周期性变化的磁场；这个变化的磁场又在它周围空间产生新的周期性变化的电场……可见，变化的电场和变化的磁场是相互联系着的，形成一个不可分离的统一体，这就是电磁场。

根据麦克斯韦的电磁场理论，变化的电场和变化的磁场总是交替产生，并且不局限于空间某个区域，而是要由发生的区域向周围空间传播开去。电磁场由发生的区域向远处的传播就是电磁波。

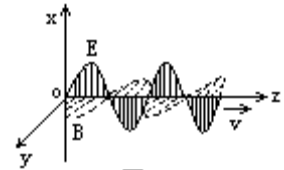


图 3

在电磁波中，每处的电场强度和磁感应强度的方向总是互相垂直的，并且都跟那里的电磁波的传播方向垂直，因此电磁波是横波。图3是电磁波传播的示意图。

在真空中电磁波的传播速度跟光速相等。任何频率的电磁波在真空中的传播速度都是  $c=3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

波的传播速度  $v$  等于波长  $\lambda$  和频率  $f$  的乘积，即  $v=f\lambda$ 。这个关系式对电磁波也是适用的。由于在真空中各种频率的电磁波的传播速度都是  $c$ ，因此频率不同的电磁波的波长不同。例如某广播电台发射一种频率为  $820 \text{ KHz}$  的电磁波，它的波长

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.00 \times 10^8}{820 \times 10^3} = 366(\text{m})$$

无线电技术中使用的电磁波叫做无线电波。无线电波的波长从几毫米到几十千米。通常根据波长或频率把无线电波分成几个波段。书上有一张表，同学们可自学。

### 3、小结：

变化的磁场产生电场，变化的电场产生磁场，这是麦克斯韦电磁场理论的两个要点。按照这个理论，变化的电场和磁场总是相互联系的，形成一个不可分离的统一体，这就是电磁场。电磁场由发生的区域向远处的传播就是电磁波。

机械振动可以产生机械波，电磁振荡可以产生电磁波。电磁波有一点跟机械波大不相同。机械波要靠媒质来传播，电磁波可以在真空中传播，它的传播并不需要靠别的物质来做媒质。由于变化的电场和变化的磁场具有不可分割的联系，电磁波本身就

能够传播。

电磁场是物质的一种特殊形态。它具有能量。电磁波的发射过程，也就是能量的辐射过程。

#### 4、课堂练习：

P47/例2、例3、例4； P48/3、4、5、6

#### 【布置作业】：

书P51/3、4； P48/8、10、11、12、13

## 2、电磁波的发射与接收

### 3、电磁波的利用与防护（2课时）

#### 【教学目标】：

##### 1.知识与技能

- (1) 了解无线电发射装置的基本组成。理解开放电路和调制的意义
- (2) 理解调谐和检波的作用及原理
- (3) 了解无线电波的波长范围

##### 2.过程与方法：

通过对振荡电路中个物理量的分析，培养分析能力和逻辑推理能力并培养表述物理问题的能力。

#### 【教学重难点】：

调制的意义及高频调幅电流的波形，调谐和检波的原理

#### 【教学器材】：

FLASH 课件

#### 【教法学法】：

计算机辅助教学问题、分析法

#### 【教学过程设计】：

#### 【板书】：电磁波的发射：

1、复习提问：什么叫电磁波？电磁波是怎样形成的？答：（略）。

周期性变化的电场和磁场由近及远地传播形成电磁波；振荡电流周有周期性变化的电场和磁场；振荡电路可以产生振荡电流。那么，能不能说，有一个LC振荡电路就可以向外发送电磁波呢？

##### 2、开放式回路

我们学习机械波时已经知道，波的传播过程不仅是振动的运动形式传播的过程，

而且也是能量的传播过程。同样，电磁波的传播过程，也是向外辐射能量的过程。怎样才能向外辐射更多的能量？

向学生说明，LC振荡电路，即闭合电路，辐射出去的能量极少，不能用来发射电磁波。只有把电场或磁场分散到尽可能大的空间，才能更有效地把电磁波的能量传播出去。

如果把振荡电路的电容器两板张开一些，电场线就会向外扩展一些。把两板整个翻转过来，就可以使电场和磁场敞露在外部空间。把电容器的上板做成天线架设在空间，把电容器的下板埋在地里，成为地线，这样，组成了能够向外发射电磁波的开放电路。

振荡电路的L、C决定了振荡电流的频率，即电磁波的频率。通过L和L<sub>1</sub>的电磁感应，开放电路中有同样频率的振荡电流，并向外发射电磁波。

天线的形状、大小由电磁波的频率决定，波长越长，所需天线也越长。无线电广播选用波长较长的电磁波，需架设很大很大的天线。电视所用的电磁波波长较短，天线则做成不大的蝴蝶状，架设在楼顶上或发射塔尖上。天线的形状还由它所发送的电磁波担负的任务决定。例如，雷达天线为了具有很强的方向性而做成抛物面状。

### 3、调制

有了开放电路是否就可以将声音讯号变成音频电流直接发送出去呢？列举下列几个事实供学生思考。

输电线路中通有电流很大的频率为50赫兹的交流电，它也能引起周围空间有变化的磁场和电场，如果把电话线架在它的附近，就会使电话线中产生同频率的感应电流，耳机里听到嗡嗡的干扰声。如果把电话线移到马路的另一侧架设，这种干扰就基本消除。

无线电广播采用频率为几百千赫的电磁波，可以传到几百千米远的地方，电视采用频率为几百、几千兆赫的电磁波，就可以传到三万六千千米远的同步通讯卫星上。

以上事实说明，振荡电流的频率越高，向外辐射电磁波能量的本领也越强。单位时间内辐射出去的能量，与电磁波频率的四次方成正比。

要想电磁波传得远，就必须使用高频率的电磁波。但我们要传递的讯号却不是这些等幅高频振荡电流，而是一些低频讯号，如：声音讯号频率只有几百至几千赫兹，图像讯号频率也不过上万赫兹，不可能把它们直接发送出去。这就好像把沉重的货物运到远方去，把货物放在地上向前拖，极为困难，无法达到遥远的目的地；开着汽车虽然很容易到达目的地，但我们需要的并不是汽车而是货物，那么我们总是先把货物装上汽车，汽车驶向目的地，到了目的地再把货物从汽车上卸下来。

在电磁波发射技术中，高频等幅振荡电流就好比是运货的汽车，“汽车”出发之前，需要给它装上“货物”——要传送的声音、图象等讯号。这个“装上货物”的过程就是调制。

向学生指出调制、调制器的定义。

调制：使电磁波随各种信号而改变的技术叫做调制。



- (1) 调幅：一种调制方式是使高频电流或电压的振幅随信号改变，这种调制叫做调幅，用 AM 表示。
- (2) 调频：使高频电流或电压的频率随信号改变的调制方式叫做调频。用 FM 表示。

无线电报的调制是通过一个电键来实现的。把电键串联在振荡电路中，电键的通与断决定了电流的有与无。电键接通时间的短与长就形成了讯号的“点”与“划”之分。

如果将电键换成话筒，话筒就是个调制器。向学生叙述声音使话筒电阻改变，引起振荡电流振幅改变的过程。画出图。

使高频振荡电流的振幅随讯号改变叫调幅。无线电广播、无线电话，电视广播的图象讯号都是利用调幅的办法进行调制。当然，要使调幅的效果更好，还要有更复杂的电子线路，课本图6-10只是简单的示意图。

广播电台还有调频广播节目，它的调制过程是使高频振荡电流的频率随讯号改变，这叫调频。电视广播的声音讯号也是利用调频的方法进行调制的。调频比调幅的原理、方法都更复杂，但在讯号被放大的过程中不易失真，在接收机中被复原为声音讯号时有更好的音响效果。

- 4、**总结：**无线电发射，除了产生讯号的工作部分（如广播电台的播音、电视台的录音、录像等等）之外还必须三个基本组成部分。即：产生高频振荡电流的振荡器，对讯号进行调制的调制器，以及发射电磁波的由天线、地线组成的开放电路。

### **【板书】：电磁波的传播：**

电磁波因其产生的机理不同，也有很多不同的传播方式，这里主要介绍无线电波（振荡回路形成的电磁波）的传播——波长越长的波越容易绕过障碍物，所以长波和部分中波常靠地面传输，称为地波；短波则能被大气中电离层反射所以可以靠这个来传播，称为天波（由于电离层中电子密度不稳定，所以短波的传输不稳定）；微波与超短波可以穿越电离层，所以可以靠卫星来接受，发射，称为空间波。

### **【板书】：电磁波的接收**

- 1、复习提问：发射电磁波所必须的组成部分有哪些？答：（略）。

无线电广播电台所发射的调幅波有什么特征？（频率是高频的，振幅是变的，且变化的规律恰是依照声音讯号的变化规律。 ）

- 2、选台，电谐振：

将某个导体放在这个传播着电磁波的空间中，导体处于变化的磁场中就会产生感应电流，感应电流的能量来自电磁波，感应电流的频率及变化规律都与电磁波的频率及变化规律相同。也就是说，有一根处于空间的导线——天线，就可以接收电磁波。在黑板上画出天线电路。

但是，空间并不是只存在一种电磁波，各种电台、电视台都在发射电磁波，还有电报、无线电话、步话机等等也都在发射电磁波，我们周围的空间充满形形色色的电磁波，如果不加选择地一股脑儿都接收下来，转变成声音，就会是一片嘈杂声，什

么都听不清。或者是只听到一个离我们最近、发射功率最大的电台的声音，别的什么也别想听。就好象一个教室里几十个同学一起来按自己的意愿各自说起话来，除了一片嘈杂声，什么也听不清。

怎样解决这个矛盾呢？一方面，各个无线电台都必须采用各不相同的频率来发射自己电台的电磁波，就象各个厂家生产的各种商品都要有自己特有的商标、铭牌一样，使人们有可能将它们区别开来。另一方面，接收机必须有“选台”的功能，有鉴别各种“商标”的能力。

所谓选台，就是要使其它各种频率的电磁波在自己的接收机里激起的感应电流都极小，小到不起作用的程度，只有所需要的电磁波激起的感应电流很强，这样就可以只听见一个电台的声音了。

重现机械共振的实验。一根绳上拴了几个不同摆长的单摆，当某个作为策动力的单摆摆动起来之后，其它各摆做受迫振动，振幅都很小，只有与策动力的摆长相同的单摆振幅最大，这是已经学过的共振。

振荡电路也有固有频率，电现象中有没有共振？如果有，应当是：当电磁波的频率与接收机的固有频率相同时，在接收机里引起的振荡电流就最强；否则，振荡电流就极弱。要做这个实验需要两个振荡电路：一个振荡电路发射一定频率的电磁波，另一个振荡电路接收电磁波，改变接收电路的固有频率，观察接收到的感应电流的强弱是否与接收电路的固有频率有关。

观察莱顿瓶的实验。实验前，首先应向学生说清莱顿瓶的结构，指出瓶内外两层金属箔片组成一个电容器，它与相当于线圈的矩形金属框正好组成一个振荡电路。其次说明改变固有频率的方法是调节矩形金属框的面积。最后指出哪个是发射，哪个是接收。

莱顿瓶带电可采取感应圈供电的办法。观察谐振，可以按书上的观察氖管是否发光的方法；也可以用另一种方法：用一条锡箔把接收振荡的莱顿瓶的里层金属通过金属圆头沿瓶外表面向下连接到接近外层金属箔片边缘的地方，让里外两层极板之间只有一个小缝隙，从而观察谐振时在缝隙处的放电现象。通过实验，总结出电谐振的定义。

调谐：接收机从诸多的电磁波中反我们需要的选出来，这叫做调谐。

收音机为了与某一电台的电磁波发生谐振，就必须加上LC振荡电路。在黑板上的天线电路上加上LC电路。一个收音机需要收听若干个不同的电台，要求它的固有频率能改变，把黑板上面的LC回路的电容改成可变电容，这就组成了调谐电路。

实验：收音机示教板，闭合电键，听到清晰的声音，改变可变电容的大小，收到了不同电台的声音。我们的收音机调台旋钮就是连接着调谐电路的电容的。

问：如果现在听到的是中央台640千周的节目，要改听北京台820千周的节目，应当怎样调节？电容器的动片往里转还是往外转？

答：（略）。

电容的调节总有个范围，要使收音机接收更大频率范围的节目，不仅能收近处电台发射的中波，还能接收远处电台发射的短波。可以把LC回路中的L也变成可调的，

做成有几个抽头的线圈，用波段开关控制，这就使收音机有几个波段。

### 3、检波和解调

我们注意到收音机示教板上有LC回路，有耳机L。要向学生说明，为了使大家都听到声音，我们用放大器加扬声器来替代耳机，此外，还有另外一部分（指检波二极管和旁路电容）。

实验：上述收音机示教板上去掉检波二极管及旁路电容，用一根导线代替，就听不到声音了。这两个元件起什么作用呢？

结合黑板上的高频调幅波的图来讲述。经过调谐电路得到了某一电台的电磁波引起的感应电流，变化如黑板图所示，这样的电流通过耳机或喇叭时，不能引起振动。由于振动片的惯性，不可能让振动片按调幅波的高频发生机械振动，何况，我们要听的是音频讯号的声音，不需要这个高频振动，关键是振动片也不能按照调幅波的振幅变化情况即声音讯号变化规律来振动。因为调幅波的正、负最大值相同，就好比将两个大小相等、方向相反的力几乎同时地加在振动片上，振动片就无法振动了。所以，我们还需要从高频调幅波中“检”出声音讯号电流来。就象汽车把货物运到目的地后，要使用货物，就要从载货的汽车上先把货物卸下来一样。

指出检波、解调的定义。

检波（解调）：接收机收到的是带有信息标记的高频电流，还不能使我们直接感受到所需要的信号，还必须从高频振荡电流中“检”出所携带的信号，这叫做检波。检波是调制的逆过程和，因此也叫解调。

收音机中对调幅波的检波主要是依靠晶体二极管来完成。实验：上述收音机示教板上，先不加旁路电容，只放上二极管，就可以听到声音。二极管能检波是因为它具有单向导电性。

对于使用乙种本的学生，这里应先做一下单向导电性的实验，使学生对此有感性认识。把晶体二极管串联在收音机电路中，正半周，二极管电阻很小，有电流；

负半周，二极管电阻无穷大，整个电路没有电流，形成单向脉动电流。画出课本图6-15。

实验：将收音机示教板上LC回路两端接于示波器的输入端，显示高频调幅波的波形，再将示波器的输入端改接于检波输出端，显示出单向脉动电流的波形，验证了黑板上的图。

单向脉动电流通过耳机，振动片上受单方向的力，就可以振动起来了。

单向脉动电流可以看成是音频电流和高频电流的叠加（用两种颜色粉笔在上述黑板图上描出两种电流），后者对耳机也是多余的，最好给它另开一条路，使它不通过耳机。那么用一个电容器与耳机并联，由于电容器对高频电流阻抗小，对音频电流阻抗大，就可以达到目的，耳机里基本上通过的是音频电流，完成了检波任务。

实验：将示教板上加上检波旁路电容，示波器显示音频电流波形。

#### 小结：

通过这一节的学习，我们知道了最简单的收音机，如课本图6-14所示。在黑板上将电路图加上检波部分，画成课本图6-14。收音机应当有四个组成部分：接

收电磁波的天线，选择电台的调谐电路，把音频电流从高频调幅波中分离出来的检波电路以及把电流讯号变成声音的耳机。这种简单的收音机，唯一的能源就是空间传来的电磁波，所以只能使耳机发出很小的声音，要得到更大能量的声音，还必须使用电源及适当的电子线路，进行能量转换，做成我们一般使用的收音机。

### **【板书】：电磁波的利用与防护：**

- 1、复习回顾：电磁波的特点是什么？（略）
- 2、导入：人类认识电磁波到现在不过一百年，但电磁波在科学技术上已经得到十分广泛的应用，本节介绍无线电波在现代社会中的应用
- 3、参书 P58~60/了解电磁波的构成——电磁波谱，简单了解每一种电磁波的频率高低以及它们的特点和功能。如无线电波的中长波因其波长长，易绕过障碍物，所以适合于广播信号。而短波则适合与通过中继站进行长距离的广播信号传输。微波有很好的直线传播特性，又能穿过电离层，所以可用于卫星电视的视频传输和移动电话，还可以用于雷达测距和定位。同时由于微波和红外线都具有较强的热效应——其频率能使水（微波炉采用的微波）、蛋白质、脂肪（光波炉采用的红外线）等极性分子发生共振，从而加热物体。由于一切物体都能发射红外线，温度不同，红外线也不同，而红外线又能使一些底片暴光，所以红外线也常用于探测和军事。可见光能引发视觉。紫外线可用于医疗的消毒或利用其荧光效应来验钞等等。X光（伦琴射线）可用于透视， $\gamma$ 射线则利用它强大的穿透性来做钢板的探伤或利用其高能量成为医学手术上的 $\gamma$ 刀。
- 4、电磁辐射有利也有害。阅读书 P63/了解电磁辐射会对人造成哪些危害？该如何进行防护？

### **【布置作业】：**

- 1.阅读课文，上网查找电磁波的利用与防护的相关材料。观察自己家中或家周围有无较强的电磁辐射源，提出防护的办法。
- 2.查找家中微波炉的参数。说说微波炉的工作原理和使用注意事项。
- 3.P54~55，P59~60 的内容。

## 【背景材料】

### 雷达

雷达是一种无线电探测装置，雷达的发明汇集了许多科学工作者的贡献。

1922年9月，美国海军实验员泰勒和扬格，在华盛顿附件的波特麦克河畔两岸无线电通信试验。在试验中他们发现，每当有船只从此地通过，耳机中就会出现异常的怪声，有时甚至导致通信中断。经分析，他们认为是行船障碍了电磁波的传播。这就是有名的“波特麦克试验”。试验结果表明，无线电波遇到金属物体时，能够像光一样进行反射。泰勒和扬格因此受到启发，产生了用无线电波寻找障碍物，寻找敌机的念头。这就是有关雷达的初步设想。

1924年，英国剑桥的物理学家爱德华·阿普尔顿在进行无线电实验时发现了电离层。当时，他使用接收机从一个已知距离的地点发去无线电波。然而从接收到的电波分析，其中一部分是直接到达接收机的；还有一些似乎经历更长的路程。爱德华·阿普尔顿反复做了试验，从大量数据资料中，他整理归纳出一条方程式。可以通过计算电波直线传播和绕道走的路程差值，很容易地求出反射点，即大气层中电离层的高度。爱德华·阿普尔顿后来又采用美国人发明的脉冲发射系统，对地球上空电离层进行了验证。它的这些工作为雷达的出现奠定了基础。

真正的雷达诞生于世纪30年代，它首先应用于军事目的。1934年，英国皇家物理研究所的沃森·瓦特博士，带领一批科学家对地球大气层进行无线电科学考察。一天，沃森·瓦特在观察荧光屏上的图像时，被一串亮点吸引住了。从其亮度分析，它不可能来自大气层，而像是被某个物体反射回来的无线电波信号。沃森·瓦特博士由此想到“我们已经了解的电磁波来探测在空中发行的飞机，这将是可能的。”沃森·瓦特博士及时开展了应用电磁波探测飞行物的研究。1935年夏，沃森·瓦特博士研制成功第一套实用雷达装置。

1938年，英国在东海岸建起对空警戒雷达网。100米高的天线，能探测到160公里以外的敌机。敌机距离可根据无线脉冲的反射波传回雷达站所用时间来计算。雷达天线摆动扫描，一收到反射波立即停下，据此可判断敌机所在的方向。显示方位的反射波在阴极射线屏上是以一道光波振荡的形式出现的。第二次世界大战爆发以后，德国飞机经常飞越大西洋对英国狂轰滥炸。但是，英国凭借雷达网，及时地把敌机的架数、航向、速度和抵达英国领空的时间十分准确地测出，牢牢把握着主动权，有效地防止了德国的空袭。

第二次世界大战期间，雷达已作用得十分普遍，英、美、德、日本德国陆续拥有了军用雷达设备。由于各国都投入了相当的力量从事雷达研究，使雷达技术有了长足的进步。

雷达发展至今，种类越来越多，技术性能越来越完善，应用领域大大扩展。除了军用方面外，还有其它用途。人们使用雷达测定人造卫星、宇宙飞船等飞行物的速度和轨道，测定水面舰船、陆上目标以及大气中的云雾团等。此外，雷达技术还应用于精密跟踪、导航、

测绘摄影、空中交通管制、巷口监视、气象预报、资源勘探、天文学、宇宙航行等领域。

为什么飞机要用雷达来控制？

雷达在航空事业中的用途是十分广泛的。军用飞机和大城市的明航机场是十分繁忙。虽然机场很大，由于飞机速度很快，为了避免飞机碰撞，必须严格地控制飞机在机场上空的飞行以及起飞和着陆。雷达是怎样工作的呢？

为了完成这个任务，机场的调度人员就必须及时掌握距离机场几百公里和所有飞机的位置、速度和方向，这样机场调度人员就可以向各架飞机起飞着陆的指示。雷达是完成这一任务的最好工具。机场上装有雷达，机场调度人员就可以从雷达显示器上，清楚地看到机场上空几百公里范围之内的全部情况，而且不受天气情况的限制，进行空中交通的指挥工作。这种雷达一般叫做“空中交通管制雷达”和“精密着陆雷达”。

飞机着陆大致可分两个阶段。第一阶段叫做“引近”，这个阶段的任务。就是飞机进入机场临近上空准备着陆，飞机沿着机场跑道的延长线逐渐下降，直到离地面只有 30 米左右的地面；第二阶段叫做“拉平”，在这阶段，飞机逐渐改变上一阶段的下降角度，而按照一定的曲线飘飞着陆。在飞机着陆的这两个阶段中，机场上安装的精密着陆雷达就要起作用了。在这种雷达的显示器上，预先显示出—条理想的飞机降落轨道，通常叫做“下滑线”。在飞机着陆过程中，雷达连续地测量飞机的位置，观察飞机是否在正确的飞行道上，并通过无线电话指挥驾驶员按正确的下滑线飞下，直至降落在跑道上。

## 第四单元 光的折射与全反射

### 1、光的折射(3课时)

#### 【教学目标】：

##### 1.知识与技能

- (1) 了解介质的折射率与光速的关系；
- (2) 掌握光的折射定律
- (3) 掌握介质的折射率的概念
- (4) 会用折射定律解释简单的现象

##### 2.过程与方法：

通过观察演示实验，使学生了解到光在两种介质界面上发生的现象（反射和折射），观察反射光线、折射光线随入射角的变化而变化，培养学生的观察、概括能力，通过相关物理量变化规律的学习，培养学生分析、推理能力

##### 3.情感态度价值观：

渗透物理研究和学习的科学态度的教育。实验的客观性与人的观察的主观性的矛盾应如何解决，人的直接观察与用仪器探测是有差别的，我们应用科学的态度看待用仪器探测的结果。

#### 【教学重点】：

光的折射定律、折射率。折射率是反映介质光学性质的物理量，由介质来决定

【教学难点】：

光的折射定律和折射率的应用。通过问题的分析解决加深对折射率概念的理解，学会解决问题的方法

【教学器材】：

光的折射激光演示器。

【教法学法】：

问题导学/实验演示 / 讨论 / 探究/讲授

【教学过程设计】：

### 第 1 课时——折射定律与折射率

#### 1、复习引入新课

我们在第二章里学过由惠更斯原理可以推导出波的反射和折射定律。

回顾反射定律和折射定律。

这里波的反射定律与初中的光的反射定律是一样的，而且第三章里我们又学过光也是电磁波谱中的一部分。那么光的折射是否也遵循波的折射定律呢？

#### 2、由光的折射实验演示得出折射定律：

将光的激光演示仪接通电源，将半圆柱透明玻璃放入对应的位置。打开开关，将激光管点燃，让一束激光照在半圆柱透明玻璃的平面上，让光线垂直于平面过圆心入射（沿法线入射），观察折射情况：提示学生要从两个方面即（a. 角度，b. 明暗程度与入射光线进行对比。）然后改变入射角进行记录，再次观察能量改变的情况。最后进行概括、归纳、小结。

（1）**明暗程度**：明暗程度表明了反射光和折射光的能量关系：右下表是科学家测定的当光从空气射到某种玻璃的界面上时在两种介质的分界面上入射光线、反射光线、折射光线的能量分配。

入射角	（入射光线能量为 100%）	反射光线能量	折射光线能量
0°	100%	4.7%	95.3%
30°	100%	4.9%	95.1%
60°	100%	9.8%	90.2%
80°	100%	39%	61%
90°	100%	100%	0%

从中我们可以看出：随入射角的增大，反射光线的能量比例逐渐增加，而折射光线的能量比例逐渐减小。

（2）**角度**：关于光的折射，究竟有什么样的定量规律？在一千多年前，人们就开始在思考、探索这个问题。根据历史记载，在探索光的折射规律的实践中，做出过重要贡献的有托勒密、开普勒、斯涅尔、笛卡儿、费马等人，他们研究的内容包括传播方向规律，传播速度规律、能量分配规律等等。本节课，我们主要介绍他们在研究传播方向与速度方面的成就——

公元 140 年，古希腊天文学家托勒密通过实验得到：折射光线跟入射光线和法线在同一平面内；B. 折射光线和入射光线分居在法线的两侧；C. 折射角正比于入射角。

（托勒密的实验数据记录非常详细、准确，只可惜欠缺数学眼光，致使结论的总结出现错误。而这个看来仅仅一步之遥的距离却又使人类经历了一千五百多年的探索！）

1622年，荷兰数学家斯涅耳经过进一步的实验，并在借鉴前人观点的基础上总结出现在的折射定律——

- a) **【板书】：折射定律：**折射光线跟入射光线和法线在同一平面内，折射光线和入射光线分别位于法线两侧；入射角的正弦跟折射角的正弦成正比。如果用  $n$  表示这个比例常数，就有  $\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = n$

实践是检验真理的唯一标准，我们很希望通过自己的实验来验证斯涅耳的折射定律，但由于条件所限，今天只能“略过”。下表展示了人们经过精确测量后，得出的光线从空气射入玻璃时相关数据，我们可以看出：①在小角度情形下托勒密结论的“正确性”；②在实验误差允许的范围内，斯涅耳定律的广泛正确性。

入射角 $\theta_1(^{\circ})$	折射角 $\theta_2(^{\circ})$	$\theta_1/\theta_2$	$\sin\theta_1/\sin\theta_2$
10	6.7	1.50	1.49
20	13.3	1.50	1.49
30	19.6	1.53	1.49
40	25.2	1.59	1.51
50	30.7	1.63	1.50
60	35.1	1.71	1.51
70	38.6	1.81	1.50
80	40.6	1.97	1.51

（这一部分材料可以选用）斯涅耳的折射定律并非完全没有受到挑战——1637年，法国哲学家、数学家、物理学家笛卡儿出版《屈光学》一书，认为光的传播可以用网球在两种介质分界面上运动来模拟反射、折射和全反射，并假定平行于界面的速度分量不变，导出“ $\sin i/\sin r = \text{常数}$ ；光线在光密介质中传播速度较大”的折射定律。

（笛卡儿的折射规律是一种纯理论的推测，尽管有正弦之比等于常数的结论，但他认为光从光疏介质进入光密介质时折射角较大，传播速度也会更大，这两个定性结论都是错误的。）

1661年，法国数学家、物理学家费马起来批驳笛卡儿的理论，他用的也是纯理论的方法——光程最短法。这是一个在现代光学中普遍适用的理论，尽管在当时还不是能够很好的被人们接受，但费马证明的结果，认为斯涅耳的结论是正确的。

启发：请同学们比较一下折射定律和反射定律，它们有什么相同点和不同点？——“两侧”、“共面”是相同的，角度关系是不同的。

其实，这两个定律还有一个共同点，人们研究发现，（参看图2）当光线沿BO方向入射，那么它的折射方向将沿OA方向，也就是说——

- b) **【板书】：折射光路是可逆的。**

这一点，在折射定律的应用中常常起到非常重要的作用。

过渡：斯涅耳的折射定律中出现了一个比例常数  $n$ ，这个常数是相对不变的还是“万

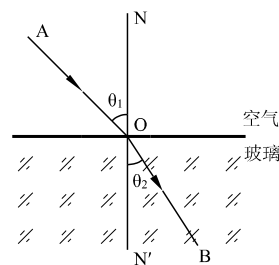


图 2



古不变”的呢？

### 3、【板书】：折射率

进一步的实验研究表明，折射定律中的比例常数  $n$  并不是一个“万古不变”的常数，只要改变两种介质中的任何一种， $n$  将随之改变。

下面是几个折射情形的  $n$  值展示：空气到玻璃——1.50；空气到水——1.33；水到玻璃——1.13；…

为了探讨这个常数的规律，人们先将一种介质定下来，那么， $n$  就只和另一种介质相关了。譬如，我们将入射空间的介质定下来，而且规定为一种最简单的介质——真空，那么

- a) **【板书】：折射率：**光从真空射入某种介质发生折射时，入射角  $\theta_1$  的正弦与折射角  $\theta_2$  的正弦的比值  $n$ ，叫做这种介质的折射率。

从折射定律不难得出，真空自身作为一种介质，它的折射率为多少？——为 1。

每种透明介质的折射率都有一个固定值，下表展示了几种常见介质的折射率——

从表中可以看出，空气的折射率非常接近于 1，所以，我们常常将空气介质近似看成真空。

由折射定律可以得出，对于相同入射角  $\theta_1$ ， $n$  越大时，折射角  $\theta_2$  会怎样？——越小。

对应光的偏折量大，还是小？——大。

$N$  大，光线偏折越厉害。所以——

- b) **【板书】：物理意义：**折射率  $n$  是表明材料对光线偏折能力大小的物理量。

材料折射率的存在，不仅可以改变光的传播方向，还能改变光的传播速度。光在介质中的传播速度  $v$  和真空中的光速  $c$ 、材料  $n$  之间有以下关系

- c) **【板书】：**光的传播速度和折射率的关系： $v = \frac{c}{n}$ 。

鉴于真空之外的任何介质的折射率都大于 1，所以，光在真空之外任何介质的传播速度都小于  $c$ 。

而且，从上式不难发现，光在介质中的速度规律与光的入射方向并没有什么关系，这和方向规律是略有不同的（折射定律中规定“斜射”，这里就没有必要了）。

大家回想一下，以前有没有接触过这一规律呢？——波的折射定律表达为  $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$ ，

所以光的折射定律就是波的折射定律的一个应用。折射率由于反映了界面两边的两种不同介质中的光速比，所以对于不同的介质，折射率不一样。我们把真空中光速与介质中光速的比叫做介质的绝对折射率，而把两种不同介质中的光速之比叫做相对折射率。参书 P73/ 拓展一步。

- d) **【板书】：**折射率的定义式为量度式。折射率无单位，任何介质的绝对折射率不能小于 1，记住水的折射率约为 4/3；

金刚石	2.42	岩盐	1.55
二硫化碳	1.63	酒精	1.36
玻璃	1.5~1.9	水	1.33
水晶	1.55	空气	1.00028

了解了光的折射的方向规律和速度规律，下面做一个应用——

例1 光在某介质中的传播速度是 $2.122 \times 10^8 \text{m/s}$ ，当光线以 $30^\circ$ 入射角，由该介质射入空气时，折射角为多少？

解：由介质的折射率与光速的关系得  $n = \frac{c}{v}$ ；又根据介质折射率的定义式得  $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$r$ 为在空气中光线、法线间的夹角即为所求。 $i$ 为在介质中光线与法线间的夹角 $30^\circ$ 。

由（1）、（2）两式解得： $r=45^\circ$ 。

光线从空气射入甲介质中时，入射角 $i=45^\circ$ ，折射角 $r=30^\circ$ ，光线从空气中射入乙介质中时，入射角 $i'=60^\circ$ ，折射角 $r'=30^\circ$ 。求光在甲、乙两种介质中的传播速度比。

解：设光在甲介质中传播的速度为 $v_{\text{甲}}$ ，光在乙介质中传播的速度为 $v_{\text{乙}}$ 。

$$n_{\text{甲}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

根据折射率的定义式得：

$$n_{\text{乙}} = \frac{\sin i'}{\sin r'} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

根据折射率与光速的关系得：

$$n_{\text{甲}} = \frac{c}{v_{\text{甲}}}, n_{\text{乙}} = \frac{c}{v_{\text{乙}}}, \text{得 } v_{\text{甲}} = \frac{c}{n_{\text{甲}}}, v_{\text{乙}} = \frac{c}{n_{\text{乙}}}$$

所以，

$$\frac{v_{\text{甲}}}{v_{\text{乙}}} = \frac{\frac{c}{n_{\text{甲}}}}{\frac{c}{n_{\text{乙}}}} = \frac{n_{\text{乙}}}{n_{\text{甲}}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

练习：（1）已知水的折射率为 $\frac{4}{3}$ ，某种玻璃的折射率是 $\frac{3}{2}$ ，则光在水中和在这种玻璃中传播的速度之比是多少？ $9:8$ 。

（2）光线由空气射入某种介质，折射光线与反射光线恰好垂直，已知入射角是 $53^\circ$ ，则这种介质可能是什么？水

（3）一束宽度为 $10\text{cm}$ 的平行光束，以 $60^\circ$ 的入射角从空气射入折射率为 $\sqrt{3}$ 的介质中，截面光滑平整，求反射光束和折射光束的宽度？

$10\text{cm}$ ， $17.3\text{cm}$ 。

### （三）课堂小结

1. 光的折射定律是几何光学的三大基本规律之一。（另外两个规律是：光

的直线传播规律，光的反射定律）是研究几何光学的重要法宝。高中阶段只研究在两种介质中其中一种是空气的两界面间的折射情况及所遵循的规律。在应用时，一定要注意作图。突出几何的特点。

2. 折射率是几何光学中非常重要的基本概念之一。它反映介质的光学性质。每一种介质在一定条件下有一个确切的折射率，不同种类的介质在相同的条件下，一般具有不同的折射率。例如：玻璃的折射率是1.50，水的折射率是1.33。

3. 通常说的介质的折射率是指介质的绝对折射率，即光从真空射入某种介质时的折射率。设光由介质1射入介质2，这时的折射率确切地说应该叫做介质2对介质1的相对折射率，通常用 $n_{21}$ 来表示。

## 第2课时——实验测量玻璃的折射率

### 问题导入：

对宝石鉴定专家来说，硬度和折射率是鉴定的两项非常重要的参数。如果给你们一块美丽的透明晶体，你能鉴定出它是玻璃？水晶？皓石还是钻石？我们可以通过测量它的绝对折射率来确定这一点。

那么如何测出物体的折射率呢？我们可以利用折射定律（斯涅耳定律）来间接测量。假定我们要测量的是这一块梯形的玻璃砖一样的物质。（展示）请大家考虑一下测量方案，需要什么器材？——激光（用于显示光路），量角器（用来测量入射角和折射角），直尺（用于作图）

遗憾的是，激光器比较贵，我们未给大家准备，而是准备了一些大头针来代替它显示光路。另有一张白纸是让大家做光路图用的，图钉是固定白纸用的。

请大家思考一下，大头针怎么祈祷显示光路的作用呢？提示，两点可以确定一条直

线。

学生讨论后教师总结方法并强调两个大头针之间的距离不宜太近，入射角也不宜太大或太小否则将影响实验误差。强调边界的准确确定很重要，并提示学生思考如果边界未画准，而是将玻璃砖画太宽了，会是实验结果如何？

### 学生实验

拓展1：如果实验室未配备量角器，而是给了刻度尺和圆规，那么可以怎么测量。（将角度转换成长度比）；

拓展2：如果玻璃砖不是梯形，而是半圆型、圆形或三角形，那么可以怎么测量。（只要能作出光路就可以）

拓展3：在本实验中的光路中你还发现了什么？（出射光与入射光平行）该如何解释这一现象？（光路可逆）

.....

## 第3课时——折射定律的应用，一些折射现象

### 1、【板书】：光的色散

复习提问1：在初中，我们已经知道：什么是单色光、什么是复色光？

☆学生：问答…

复习提问2：单色光和复色光能不能通过眼睛的视觉来判断？

☆学生：回忆“光的色散”的知识（教师补充颜色混合的基本常识）…

常见介质的折射率（钠黄光 $\lambda = 5893 \text{ \AA}$ ）			
金刚石	2.42	岩盐	1.55
$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$

那么，光的色散是怎样形成的呢？我们这里先看一个高一级学校教材关于介质折射率展示的表格——

这个表格给了我们一个两方面的信息：①光的折射率和介质相关；②光的折射率和光的颜色相关。

光的折射率和光的颜色究竟有什么样的关系？我们看下表——

各种色光在冕牌玻璃中的折射率						
色光	紫、靛	蓝	绿	黄	橙	红
折射率	1.532	1.528	1.519	1.517	1.514	1.513

从该表我们可以看出：①在同一介质，光的颜色从紫、蓝到橙、红变化时，折射率逐渐减小；②在同一介质中，光的折射率随光色的变化的幅度并不是很大。

对于其它介质，这种规律基本相同（只是平均数字有所不同而已）。

下面我们看这两点在折射光路中具体会形成什么效应。

当一束很细的“白光”以60°的入射角从空气射到冕牌玻璃表面，它的折射光路怎样？——计算紫光、红光的折射角（分别为34.4°、34.9°）；画光路图（如图1）…

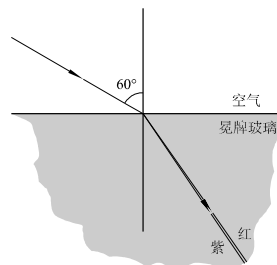


图 1

启发：在这个光路中色散是否已经发生？——。

色散：复色光在介质中由于折射率不同而分解成单色光的现象。

在上面的光路中，要观察色散现象，是否容易？——否。

为了让色散现象明显，我们可以采取哪些努力呢？——

**2、【板书】：三棱镜的折射与色散**

棱镜：截面为三角形或多边形的柱形透明体。示例：（迈克尔逊测光速的）八棱镜、（分组实验用到的）梯形玻璃砖、（实物展示）三棱镜。

典型的三棱镜有：等腰三棱镜、等边三棱镜、45°直角棱镜。

过渡：光线通过三棱镜的光路如何呢？

a) 光线向底边偏折——光路展示图2；演示：激光光源演示图2的光路。偏折角  $\theta = \alpha + \beta$

\*根据折射率的物理意义，n较大， $\alpha$ 和 $\beta$ 均较大，故 $\theta$ 较大。

启发：同学们，我们刚才在图2中画的是单色光的情形，如果是复色光，光路又会怎样？——在草稿上尝试画图（如图3）…

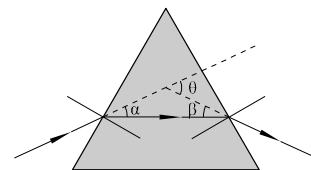


图 2

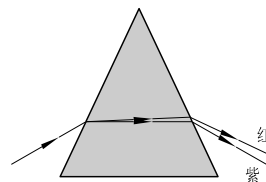


图 3

（师生共同）小结：由于n的不同导致每折射一次，不同色光散开一次，两次的折射将使不同色光分得更开——所以，

b) 用三棱镜，能是光的色散现象更明显。——教师演示：“白光”光源下三棱镜对光的色散。

3、 例题： P68/例1~例3D D 折射产生的现象，课本 P79 例题

4、 例题： P82/例1、例2、例4D D 三棱镜折射与色散所产生的现象，例4为大气层连续折射产生的现象。

**【布置作业】：**

第1课时：熟悉折射定律与折射率的概念： P69/1~7；书 P77/1、2、3

第2课时：理解测量折射率的方法，完成实验报告， P71/10；P86/9

第3课时：关于色散和棱镜的折射问题，以及折射在生活中的各种应用。书P77/5、P70/8、\*9、11；P84/1； P86/10、11

## 2、全反射

### 【教学目标】：

#### 1. 知识与技能：

- (1) 正确理解光密介质和光疏介质；理解光的全反射现象
- (2) 掌握临界角的概念和全反射条件；了解全反射现象的应用，能够应用全反射的知识来解释相关的自然现象

## 2. 过程与方法：

通过观察演示实验，理解光的全反射现象，概括出发生全反射的条件，培养学生的观察、概括能力；通过观察演示实验引起学生思维中的波澜，培养透过现象分析本质的方法、能力。

## 3. 情感态度价值观：

渗透学生爱科学的教育，培养学生学科学、爱科学、用科学的习惯，生活中的物理现象很多，能否用科学的理论来解释它，更科学的应用生活中常见的仪器、物品。

### 【教学重难点】：

掌握临界角的概念和发生全反射的条件，折射角等于 $90^\circ$ 时的入射角叫做临界角，当光线从光密介质射到它与光疏介质的界面上时，如果入射角等于或大于临界角就发生全反射现象。全反射的应用，对全反射现象的解释。光导纤维、自行车的尾灯是利用了全反射现象制成的；海市蜃楼、沙漠里的蜃景也是由于全反射的原因而呈现的自然现象

### 【教学器材】：

全反射现象演示仪，半圆柱透明玻璃；烧杯，水，蜡烛，火柴，试管夹、镀铬的光亮铁球（可夹在试管夹上）；直尺。

### 【教法学法】：

演示实验，观察分析，概括总结

### 【教学过程】：

#### （一）引入新课

1、演示：将光亮铁球出示给学生看，在阳光下很刺眼，将光亮铁球夹在试管夹上，放在点燃蜡烛上熏黑，将试管夹和铁球置于烛焰的内焰进行熏制，一定要全部熏黑，再让学生观察，然后将熏黑的铁球浸没在盛有清水的烧杯中，现象发生了，放在水中的铁球变得比在阳光下更亮。好奇的学生误认为是水泡掉了铁球上黑色物。当老师把试管夹从水中取出时，发现熏黑的铁球依然如故，再将其再放入水中时，出现的现象和前述一样，学生大惑不解，让学生带着这个疑问开始学习新的知识——全反射现象。

2、复习启发：我们才作过“测定玻璃折射率”的实验，请同学们回忆一下，当入射角非常接近 $90^\circ$ 时，我们做实验观察时有什么感觉？——学生：比较难以看清 $P_1$ 和 $P_2$ 两颗针。

为什么会出这种现象呢？——我们在折射一课中曾经观察到但光的入射角增大时，折射角也跟着增大，很多同学当时发现除了角度外，折射光的亮度和反射光的亮度也发生了明显变化。（演示：光从空气斜射到玻璃中的情况）实验现象表明随着入射角的增大，反射光的能量分配加大，而折射光的能量分配减小。

事实上，这种能量的分配情况在交换介质之后，还会出现更加有趣的情形——

#### （二）新课教学

##### 1. 【板书】：全反射现象。

演示：（交换介质）让光从玻璃斜射到空气中时，增大入射角，让学生注意观察有什么现象发生——当入射角比较小时，同时发生反射和折射现象，当入射角增大到一定值时，折射光消失，只剩下反射光，光全部返回到原介质中传播的现象叫全反射现象。为什么会发生这样的现象呢？

## 2. 【板书】：全反射现象的形成：

当光从玻璃斜射到空气中的时候，光线要向偏离法线的一侧偏折，这就使得折射角大于入射角，而随着入射角的增大，折射角也跟着增大，同时伴随着折射光能量的减小，结果入射角还没有增大到 $90^\circ$ ，折射角已经增大到 $90^\circ$ 了，折射的能量也接近于零。此后就没有折射光了。即所有的入射能量全部被反射回介质中。这是一个量变到质变的过程。

那么，从这个现象形成的原因中我们可以判断一下，到底全反射会发生在什么情况下呢？也就是全发射的条件是什么？

学生讨论：一是入射角要大于某个值，二是折射角要大于入射角。

教师继续引导：为什么折射角要大于入射角？如果折射角小于入射角会不会产生全反射呢？

学生分析：当折射角小于入射角时，入射角就是增大到 $90^\circ$ ，折射角也还没增大到 $90^\circ$ ，还是可以有折射光线的。（教师实验演示加以证实）

继续分析：入射角和折射角谁大谁小是由什么因素来决定的呢？

学生讨论：根据斯涅耳定律，是由光在界面两侧的介质来决定的，当光从光速大的介质进入光速小的介质时，折射角小于入射角，当光从光速小的进入光速大的介质时，折射角大于入射角。所以从玻璃进入空气（或真空）时才可能发生全反射；从真空到玻璃怎么增大入射角都不行。

教师继续设置问题：那么是不是一定要光从介质进入空气才会全反射？

学生分析：只要光从折射率大（也就是波速小）的介质进入折射率小（波速大）的介质，且入射角要足够大，就可以了，比如从玻璃到水也可能发生全反射。

## 3. 【板书】：光疏介质和光密介质

教师：非常好，看来大家的确已经抓住了全反射的根本条件了。为了方便表达全反射的规律，这里先介绍两个新的名词——光疏介质和光密介质

光疏介质：两种介质中折射率较小的介质叫做光疏介质。

光密介质：两种介质中折射率较大的介质叫做光密介质。

很显然，这是一个通过相互比较得出的概念，所以没有绝对的光疏介质和绝对的光密介质。

示例：水和空气比较水是光疏介质；水和金刚石比较则是光密介质。

提问3：光密介质的密度是不是一定比光疏介质大？——查“几种介质的折射率”表格，再做结论。

很显然，光疏和光密是相对光的传播而言，而与物质的密度没有必然联系。但对于空气来说有密度大的相对密度小的空气为光密介质。



因此，当光从光密介质进入光疏介质时，折射角大于入射角。当入射角增大到某一角度时，折射角等于  $90^\circ$ ，此时，折射光完全消失，入射光全部返回原来的介质中，这种现象叫做全反射。

全反射的物理意义：折射光的能量为零，入射光的能量全部等于反射光。

#### 4. 【板书】：临界角

那么，入射角到底增大到多少，才会发生全反射呢？我们把刚好发生全反射的角叫做临界角。我们看一种简单的全反射情形——某介质（折射率为  $n$ ）到真空（或空气）。大家能求出临界角的大小吗？

学生讨论：为了应用已经学过的折射定律，我们先假设它的可逆光路（参看图1）……然后，不难得出。 $\theta_2$  有解和无解的临界情形是  $\theta_2 = 90^\circ$ ，此时  $\theta_1 =$

$$\arcsin \frac{1}{n}。$$

教师：为了显示这个角的特殊意义，我们给它一个特定的字母  $C$

，并将它称为临界角。即  $C = \arcsin \frac{1}{n}$

那么，临界角的物理意义又是什么呢？当光线以相同的入射角从不同的介质射入真空（或空气），临界角大的介质容易发生全反射还是临界角小的介质容易发生全反射？——临界角小的。

那么，请同学们查一查“几种介质的折射率”表格，当光线从这些介质中射入真空（或空气），最容易发生全反射的介质是什么？——学生：金刚石。

事实上，钻石的璀璨、神秘的光芒正是由于光线在其中发生多次全反射的结果。此外，玻璃中的气泡显得特别明亮、露珠显得幽暗，这些都是全反射造成的。

#### 5. 小结全反射条件：

有了临界角  $C$ ，现在我们可以准确的总结出全反射的条件——**光从光密介质进入光疏介质且入射角大于等于临界角**。这两个条件都是必要条件，两个条件都满足就组成了发生全反射的充要条件。

教师：那么从光疏介质到光密介质就不会发生全反射，这是否违背了光路可逆的规律呢？

学生讨论：不违背，当光从光疏介质进入光密介质时，无论入射角怎么增大，折射角都不会超过临界角，这就是光路可逆的证明。

#### （三）【板书】：全反射现象的应用

1. 引入新课的演示实验：被蜡烛熏黑的光亮铁球外表面附着一层未燃烧完全的碳蜡混和物，对水来说是不浸润的，当该球从空气进入水中时，在其外表面上会形成一层很薄的空气膜，当有光线透过水照射到水和空气界面上时，会发生全反射现象，而正对小球看过去会出现一些较暗的区域，这是入射角小于临界角的区域，明白了这个道理再来看这个实验，学生会有另一番感受。

2. 演示海市蜃楼的视频和沙漠里的蜃景的视频。——教师通过做图解释海边的蜃景，让学生来解释沙漠中的蜃景。给出夏日柏油路上的全反射形成的水洼现象。

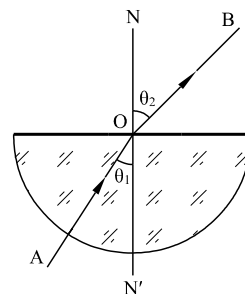
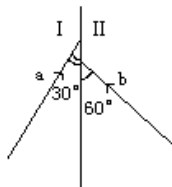


图 1

3. 展示钻石与花枝上有的水珠闪闪发光，有的却显得幽暗的图片——让学生分析它们的原因。

**例1：**已知如图所示，介质2为空气，介质1折射率为 $\sqrt{3}$ ，下列说法中正确的是（ ）

- (A) 光线a、b都不能发生全反射  
 (B) 光线a、b都能发生全反射  
 (C) 光线a发生全反射，光线 b不发生全反射  
 (D) 光线a不发生全反射，光线b发生全反射

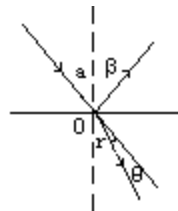


**解析：**根据发生全反射的条件，光从光密介质射到光疏介质中时，介质 I 对空气 II 来说是光密介质，所以光线a可能发生全反射，介质 I 的临界角为：

$$\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{3}}, C = 45^\circ$$

注意图中光线a给的是与界面的夹角 $30^\circ$ ，而此时的入射角为 $60^\circ > 45^\circ$ ，故光线a能发生全反射，故正确选择答案为（C）。

**例2** 如图所示，一束光线从空气射入某介质，入射光线与反射光线夹角为 $90^\circ$ ，折射光线与入射光线延长线间夹角为 $15^\circ$ ，求：（1）该介质的折射率；（2）光在该介质中传播的速度；（3）当光从介质射入空气时的临界角。



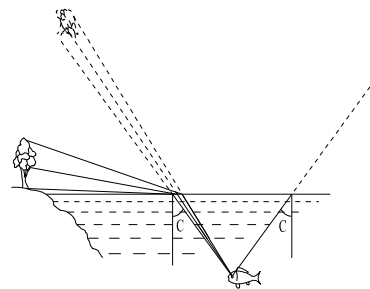
**解：**根据题意入射光线与反射光线的夹角为 $90^\circ$ ，又根据光的反射定律，反射角等于入射角，即  $\alpha = \beta = 45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$ 。

**例3：**在水中的鱼看来，水面上和岸上的所有景物，都出现在顶角约为 $97.6^\circ$ 的倒立锥面里（如图所示），为什么？

**分析：**本题是一个全反射的逆向应用。根据水的折射率，不难求出光线从水射入空气的临界角，而这个临界光路的可逆光路事实上涵盖了水面上所有可能入射到水中的光线，所以…

**解：**水的临界角  $C = \arcsin \frac{1}{n} = \arcsin \frac{1}{1.33} = 48.8^\circ$

当光线以 $90^\circ$ 的最大入射角射入水中时，折射角为 $C$ ，故所有射入水中的光线的折射角均小于 $C$ ，根据空间旋转对称，水面上所有的景物都落在顶角为 $2C = 97.6^\circ$ 的锥面内。




#### （四）小结：

本节课，我们学习了光的全反射现象及其规律。从物理的角度看，它是能量分配规律形成必然结果，从数学角度看，它是一般的折射定律在特定情形下“无解”的必然。大家一定要把握好发生全反射的两个必要条件：①从光密介质射入光疏介质，

②入射角大于或等于临界角。

**【布置作业】：**

### 3、全反射的应用

 **【教学目标】：**

**1.知识与技能：**

- (1) 巩固关于光的全反射的条件和现象等知识
- (2) 能够应用全反射的知识来解释彩虹的形成，以及光纤通讯的原理，知道全反射棱镜的原理。

**2.过程与方法：**

通过观察演示实验，理解全反射棱镜的工作原理和光纤的通讯原理，培养学生的观察、概括能力；通过观察演示实验引起学生思维中的波澜，培养透过现象分析本质的方法、能力。

**3.情感态度价值观：**

渗透学生爱科学的教育，培养学生学科学、爱科学、用科学的习惯，生活中的物理现象很多，能否用科学的理论来解释它，更科学的应用生活中常见的仪器、物品。

**【教学重难点】：**

彩虹的形成（外红内紫是怎么形成的？）全反射棱镜的原理。

**【教学器材】：**

光导纤维演示仪，三角形透明玻璃棱镜，激光演示仪

**【教法学法】：**

演示实验，观察分析，概括总结

**【教学过程】：**

1、演示：光导纤维通讯——利用光导纤维传输图象和音乐。

试让学生讨论光导纤维的原理。

教师引导——这是利用了全反射的原理

回顾：全反射现象是什么样的？要发生全反射现象，需要什么条件？

练习： P76/10

讨论光导纤维的结构及应用：光导纤维是比头发丝还细的玻璃丝，有芯线和包层。包层有一定韧性，能轻微弯折，其作用是保护里面细而脆的芯线不断裂，芯线与包层相比较是光密介质，光从芯线射向包层的界面时能发生全反射，这样光就可以在芯线内从光纤的一端传输到另一端。许多光纤并成一束，实现传光和传像。例如胃镜，光纤通讯等。

光纤中的全反射光路图。请学生看右图并分析光路。

教师解释光导纤维的模拟实验。

阅读书本有关光导纤维的内容并让学生提出问题作为课堂或课后讨论内容。（略提其传输容量和各信息之间互不干扰、能量衰减等问题）如：

可能的问题1**DD** 通过光导纤维的光是否会发生色散？因此光纤通讯时要注意什么？——会，应采用特定频率的单色光，几列信息分别用不同频率的单色光。

可能的问题2**DD** 光在光纤中传输时是否会发生能量损失？——有，所以一方面要在材料上下工夫，减少能量损失；另一方面需要隔一段距离加一个能量中继站，把减弱的信息再放大。我国福建、江苏的许多高科技工业园区都有从事这一



行的工厂。

可能的问题3D D 光在光纤中速度会比空气中慢多少？——例题：参顶尖练习P81/7

2、其实，全反射在生活中还有很多用途，如全反射棱镜。

演示全反射棱镜实验。请学生画光路图并分析其现象。

全反射棱镜与平面镜相比，其能量损失比较少，所以可以成像更清晰。常用于潜望镜和望远镜。——课件演示。

练习： P73/例1

生活中类似全反射棱镜的狸子——自行车的尾灯，请学生解释为什么尾灯里面并没有光源，而夜晚在汽车前灯的照射下看起来却非常的亮？

3、彩虹的形成：夏天气温高，水分蒸发快，因此雨后天空中充满了小水滴，太阳光入射到悬浮在大气中的水滴时，经它折射、色散和内反射(全反射)就会形成虹、霓。经两次折射、色散和一次内反射，被偏转的光线形成了虹，两次折射和两次内反射，被偏转的光线形成了霓。


练习： P74/例3

4、其他现象：如喷泉中的彩灯？——不同彩灯的视觉深度不同，形成的光圈的大小不同。

**课堂练习：**

练习P79~80/1~5

**【布置作业】：**

 P77/8、12、13；P85/5、6、7、12、14