# 第五单元 机械振动 机械波

# 一、概述

本单元基础型课程的内容由机械振动及描述机械振动的物理量、机械波及描述机械波的物理量等组成；拓展型课程的内容由简谐运动及其图像、单摆及其振动周期、波的相关特性等组成。机械振动是一种周期性的运动，与圆周运动的相关知识有一定的联系。波的干涉、波的衍射的内容是今后学习光学的基础。

在本单元学习中，通过对机械振动、周期、频率等知识的学习，要认识对周期运动的描述方法。要经历单摆模型的建立过程，感受物理模型在物理研究中的重要作用。要在用单摆测定重力加速度的实验中，认识累积测量是物理实验中的重要方法，体会其在减小实验误差中的作用。

本单元基础型课程需7课时，拓展型课程需10课时。

# 二、学习内容与要求

## （一）内容与水平

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **编号** | **基础型** | **拓展型** | **学习水平** |
| 5.1.1 | 机械振动 |  | A |
| 5.1.2 | 振幅 周期 频率 |  | B |
| 5.1.3 | 机械波的形成 |  | A |
| 5.1.4 | 横波 横波图像 |  | B |
| 5.1.5 | 波速和波长、频率的关系 |  | B |
| 5.2.1 |  | 简谐振动 振动图像 | B |
| 5.2.2 |  | 单摆及其振动周期 | B |
| 5.2.3 |  | 用单摆测定重力加速度（学生实验） | B |
| 5.2.4 |  | 纵波 | A |
| 5.2.5 |  | 波的叠加 | A |
| 5.2.6 |  | 波的干涉 | B |
| 5.2.7 |  | 观察水波的干涉现象（学生实验） | B |
| 5.2.8 |  | 波的衍射 | A |

## （二）导图：

机械振动

机械波

产生的条件：

波源、介质

机械波的描述

波

长

*λ*

周期*T*、频率*f*

*T*＝

关系：*v*＝，*v*＝*λf*

横波

产生的原因：

回复力

振动的描述

振幅*A*

波

速

*v*

波

的图像

在介质中传播

机械振动与机械波

机械波

机械波产生的条件

机械波的描述

波长

波速

周期、频率

波的图像

关系：，

横波

纵波

简谐运动

做简谐运动的条件

振动图像

单摆

单摆是简谐运动的条件

周期：

用单摆测重力加速度

波的叠加

波的干涉

波的衍射

观察水波的干涉现象

机械振动

机械振动的特征

全振动

产生原因：

回复力

描述振动物理量

振幅*A*

周期*T*

频率*f*



物理模型

## （三）要求

5.1.1 知道机械振动。①知道机械振动的概念；②知道机械振动是一种周期运动；③知道机械振动的产生条件；④知道全振动的概念。

5.1.2 理解振幅，理解周期，理解频率。①知道振幅的概念；②理解振幅是描述振动强弱的物理量。③知道周期、频率的概念；④理解周期、频率是描述振动快慢的物理量；⑤能用周期、频率的关系式进行简单的计算。

5.1.3 知道机械波的形成。①知道机械波的概念；②知道机械波产生和传播的条件；③知道描述机械波的物理量，④知道机械波传递的是能量和运动形式。

5.1.4 理解横波，理解横波的图像。①知道横波的概念；②知道波长的概念；③能根据波的传播规律画出不同时刻的波形图；④能根据横波的图像确定波长、振幅；⑤理解在横波传播过程中，质点的振动方向与波的传播方向间的关系。

5.1.5 理解波速和波长、频率的关系。①知道波速的概念；②知道机械波的波速与介质的性质有关；③知道波的周期和频率的概念；④知道机械波的周期和频率由波源决定；⑤能用波速和波长、频率三者间的关系式进行简单计算。

5.2.1 理解简谐运动，理解振动图像。①知道简谐运动的概念；②知道弹簧振子的振动是一种简谐运动；③能分析弹簧振子的振动过程中位移、速度、加速度、回复力的变化。④知道简谐运动的振动图像；⑤能根据振动图像对简谐运动做出相关分析和判断。

5.2.2 理解单摆及其振动周期。①知道单摆模型；②知道将单摆看作简谐运动的条件；③理解单摆的振动图像；④能用单摆的周期公式进行简单计算。

5.2.3 学会“用单摆测定重力加速度”的实验。①知道实验原理；②会组装实验装置；③会测量单摆的摆长、周期；④能用累积法提高测量精度；⑤能根据测量数据得出重力加速度的值。

5.2.4 知道纵波。①知道纵波的概念；②知道纵波是机械波的一种。

5.2.5 知道波的叠加。①知道波的传播的独立性；②知道当两列波相遇时，某介质质点的位移是两列波分别引起的位移的矢量和。

5.2.6 理解波的干涉。①知道波的干涉现象；②知道波的干涉图样；③知道波的干涉是波动的特有现象；④理解波的干涉产生的条件；⑤理解干涉图样中的加强点、减弱点的振动情况。

5.2.7 学会“观察水波的干涉现象”的实验。①知道实验器材和实验步骤；②会调试得到稳定的干涉图样；③会描述观察到的实验现象。

5.2.8 知道波的衍射。①知道波的衍射现象；②知道能够产生明显衍射现象的条件；③知道波的衍射是波动的特有现象。

**说明：**

（1）关于横波、波的叠加，不涉及用横波的图像进行复杂的讨论和计算。

（2）关于振动图像不涉及与横波图像间的转换问题。

# 三、学习指引（基础型）

## （一）实验指要

本单元没有必做的学生实验，但教材中的“自主活动”和“探索研究”栏目编排了一些要求动手、观察、测量、探究的小实验，学习时要加以关注。

## （二）应用示例

**例题1**如图所示，一弹簧振子在B、C两点间做机械振动，B、C间距为10 cm，O是平衡位置，振子每次从C运动到B的时间均为0.5 s，则下列说法中正确的是（ ）

O

C

B

（A）该弹簧振子的振幅为10 cm

（B）该弹簧振子的周期为0.5 s

（C）该弹簧振子的频率为1 Hz

（D）振子从O点出发到再次回到O点的过程就是一次全振动

**分析：**振幅是从平衡位置到最大位移的距离，根据题意应为5cm，选项A错；一次全振动应该指振子从C点出发经过O点运动到B，再沿相反方向经O回到C点的过程，所以选项B、D错。根据题中振子从C运动到B的时间为0.5 s的条件，得周期*T* = 2×0.5 = 1 s，所以*f* = = 1 Hz，选项C正确。

**解答：**C

**说明：**本题考查振动、全振动的概念，以及振幅、周期、频率的概念，要求在理解这些概念的基础上，根据弹簧振子的运动规律进行判断。因此学习水平为：理解（B）。

学习内容：5.1.1知道振动；5.1.2理解振幅，理解周期，理解频率。

学习要求：5.1.1 ④知道全振动的概念；5.1.2①知道振幅的概念；③知道周期、频率的概念；⑤能用周期、频率的关系式进行简单的计算。

学习水平：理解（B）。

**例题2**如图所示为一列沿*x*轴正方向传播的横波，实线为*t* = 0时刻的波形图，虚线为*t* = 0.4 s时的波形图，波的周期*T*＞0.4 s，则（ ）

*x*/m

*O*

*y*/m

4

8

0.2

-0.2

P

Q

5

（A）波的波长为4 m

（B）波的周期为0.8 s

（C）波传播的速度为5 m/s

（D）经0.4 s，P点沿*x*轴经过的路程为2 m

**分析：**本题是一道根据波形图求未知量的题目，波长可以直接由图中得出，可见选项A是错误的；求周期时要知道一个周期内波形移动一个波长，根据题意选项B也是错误的；而波传播的速度要根据波的波长和周期计算得出；根据形成波的质点不会随波迁移，只是在其平衡位置两侧来回振动，可以确定选项D错误。

由图及题设已知条件可知：波长*λ* = 8 m，经过0.4 s波形图移动了1/4波长，得*T* = 4×0.4 s = 1.6 s，所以*v* = = m/s = 5 m/s。

选项C正确。

**说明：**本题考查波的图像，要求能根据横波的图像确定波长；理解在横波传播过程中，质点的振动方向与波的传播方向的区别，同时，考查用波长、周期与波速这三者之间的关系进行计算。因此学习水平为：理解（B）。

**解答**：C。

**学习内容**：5.1.4理解横波，理解横波的图像；5.1.5理解波速和波长、频率的关系。

**学习要求**：5.1.4 ④能根据横波的图像确定波长、振幅；⑤理解在横波传播过程中，质点的振动方向与波的传播方向间的关系。5.1.5 ①知道波速的概念；⑤能用波速和波长、频率三者间的关系式进行简单计算。

**学习水平**：理解（B）。

# 四、评价示例（基础型）

## （一）评价建议

单元评价包括日常作业评价、实验评价、单元测试和活动评价等几部分，其中日常作业评价和单元测试的方式与方法具体可参考第一单元；活动评价如课题研究、文献综述等可由学生、家长和教师根据活动过程中的批判性思考、同伴协作和团队合作、演讲表现等方面，完成对学生的学习兴趣、学习习惯和学业成果等维度的评价。

## （二）活动示例

**观察与归纳——水平弹簧振子**

通过实验观察归纳机械振动的概念和形成条件。观察水平弹簧振子的运动，分析振子在一次全振动过程中运动状态的变化和原因，形成机械振动的概念，归纳机械振动的位移、速度、加速度、回复力等周期性变化的特点。

## （三）检测示例

### 填空题

1. 如图所示，O是弹簧振子的平衡位置，B、C两点是离平衡位置的最远距离。振子从B→O过程中，位移变\_\_\_\_\_\_\_\_\_，速度变\_\_\_\_\_\_\_\_\_，加速度变\_\_\_\_\_\_\_\_\_（分别选填“大”或“小”）；如振子从B→O过程中需0.5 s，则其振动频率为\_\_\_\_\_\_\_\_\_Hz。

O

C

B

1. 如图所示为一列自右向左传播的横波，A、B两个质点中，质点\_\_\_\_\_\_\_先开始振动，质点A刚开始振动时是\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“向上”或“向下”）运动的。

A

B

*v*

1. 如图所示为一列向左传播的横波在某时刻的波形图，该波的波长为\_\_\_\_\_\_\_\_m、振幅为\_\_\_\_\_\_\_\_cm；若波源的振动周期为2 s，则波速为\_\_\_\_\_\_\_\_\_m/s。

*x*/m

*y*/cm

1.0

-1.0

0

1.0

2.0

3.0

4.0

5.0

1. 如图为一列沿*x*轴的正方向传播的横波在*t* = 0时刻的波形图，该波的传播速度大小为20 m/s。则该波的频率是\_\_\_\_\_\_\_\_\_Hz，*t* = 0时刻质点A\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“向上”或“向下”）运动。

### 单选题

1. 如图所示的弹簧振子，下列正确的是（ ）。

O

C

B

（A）振子从B点运动到C点过程中，速度先增大后减小

（B）振子从B点运动到C点过程中，加速度先增大后减小

（C）振子从C点运动到B点过程中，加速度方向始终不变

（D）振子从O点到OB中点和从B点到OB中点时，速度、加速度均相同

1. 下列关于振动和波的说法，正确的是（ ）。

（A）有机械振动一定会产生机械波

（B）有机械波就一定有机械振动

（C）只要有介质就一定有机械波

（D）在一个周期内，介质中的质点向前移动的距离总相等

1. 能完整地描述一列波的物理量是（ ）。

（A）周期、频率、波长 （B）周期、振幅、频率

（C）周期、波速、振幅 （D）周期、频率、波速

1. 同一音叉发出的声波同时在水和空气中传播，某时刻的波形图如图所示，已知声波在水中的传播速度大于在空气中传播的速度，下列说法中正确的是（ ）。

b

*O*

*y*

a

*x*

（A）声波在水中波长较大，a是水中声波的波形曲线

（B）声波在空气中波长较大，a是空气中声波的波形曲线

（C）水中质点振动频率较高，b是水中声波的波形曲线

（D）空气中质点振动频率较高，b是空气中声波的波形曲线

### 计算题

1. 设空气中某列声波的周期1×10-3 s，它的频率是多少？它的波长是多少？如果这个声波在水中传播，它的波长是变长还是变短？（已知空气中的声速是340 m/s，水中的声速是1500 m/s）
2. 已知某弹簧振子的振幅为*A*，问：

（1）从任意位置开始，一个周期内振子的位移大小和通过的路程各是多少？

（2）从任意位置开始，半个周期内振子的位移大小和通过的路程各是多少？

# 五、学习指引（拓展型）

## （一）实验指要

### 学生实验：“用单摆测定重力加速度”

1．主要器材：单摆（已知直径的小球）、直尺、铁架台、停表、DIS（光电门传感器、数据采集器、计算机等）。

2．实验要点：

（1）实验过程中，要用铁夹夹住摆线。不能随意地把摆线绕在铁架上，造成摆动中摆长不断变化。

（2）摆线要细，弹性要小，质量要轻，其质量要远小于摆球质量。摆球要用金属球，做到质量大而体积小，以符合单摆的模型，且在摆动中可忽略空气阻力。

（3）在实验中，摆角要小于5o。如摆长为1 m，则摆球离开平衡位置的距离应小于8.7 cm。

（4）要确保单摆的摆动始终在同一竖直平面内，避免出现圆锥摆的状态。

（5）用直尺测量摆长时，单摆要处于自然下垂状态，摆长 = 摆线长+摆球半径，测量值要精确到1 mm。

（6）在测量单摆周期时，要采用累积法，即测定30或50次全振动所需的时间后，再计算得到周期值。

（7）本实验也可以应用DIS实验系统，用光电门传感器接到数据采集器，点击实验菜单中的“用单摆测重力加速度”。实验时，先两处摆球的半径与摆线的长度，输入计算机。让单摆摆动后，点击“记录数据”，显示屏将得出一组单摆的周期与重力加速度的值。

## （二）应用示例

**例题1**同一地点的甲、乙两单摆，在相同时间内甲振动 35 次，乙振动 21 次。若甲的摆长为 45 cm，则乙的摆长\_\_\_\_\_\_\_cm。

**分析：**两单摆在同一地点，表明在重力加速度相等的情况下，单摆的周期与摆长的平方根成正比。本题根据在相同时间内两单摆振动的次数，可以得到两者的周期之比，从而得到甲、乙两单摆的摆长关系。

因为*T* = ，所以

 = 21/35 = 。

又因为*T* = 2π，所以得

*l*乙 = *l*甲（）2 = 45×（）2 = 125 cm。

**说明：**本题考查单摆及其振动周期公式，在重力加速度相等的情况下，运用单摆的周期与摆长的平方根成正比的关系进行计算。因此学习水平为：理解（B）。

**解答：**125。

**学习内容**：5.2.2理解单摆及其振动周期。

**学习要求**：5.2.2①知道单摆模型；④能用单摆的周期公式进行简单计算。

**学习水平**：理解（B）。

**例题2**如图所示是两列相干波的干涉图样，实线表示波峰，虚线表示波谷，图中C点为AB连线的中点．则A、B、C、D、E五个点其中振动加强的点是\_\_\_\_\_\_\_\_\_，振动减弱的点是\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_；如两列波的振幅都为10 cm，则A点的振幅为\_\_\_\_\_\_\_\_cm；图示时刻C点的振动方向\_\_\_\_\_\_\_\_\_（选填“向上”或“向下”）。

D

B

C

E

A

**分析：**本题是一道观察、分析波的干涉图样的题目，图中实线表示波峰，虚线表示波谷，波峰与波峰叠加、波谷与波谷叠加是加强区，而波峰与波谷叠加是减弱区。题图中的C点在加强区的线上。所以振动加强点是A、B、C；振动减弱点是D、E；A点的振幅为20cm；根据波的传播方向，C点正向波谷方向振动，故C点向下运动。

**解答**：A、B、C；D、E；20；向下。

**说明：**本题考查波的干涉图样，要求能在干涉图样中对加强点、减弱点的振动情况做出正确的分析并进行判断。因此学习水平为：理解（B）。

**学习内容**：5.2.6理解波的干涉。

**学习要求**：5.2.6 ②知道波的干涉图样；⑤理解干涉图样中的加强点、减弱点的振动情况。

**学习水平**：理解（B）。

# 六、评价示例（拓展型）

## （一）活动示例

### 1．观察与归纳——波的干涉

利用频闪光源观察水波干涉的现象，描述干涉图样的特点。改变波源的振动频率，进行对比实验，通过观察比较，得出产生稳定干涉图样的条件。

### 2．研究与制作——自制消音器

以小组合作的形式，开展关于波的干涉的应用研究。如围绕“如何自制消音器”的课题，查找资料，了解原理，并利用适当的器材完成干涉型消音器的制作和交流展示。

## （二）检测示例

### 填空题

1. 当两列波相遇时，它们保持\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_继续传播。在它们相遇的区域，介质质点的位移是两列波分别引起的\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
2. 甲、乙两单摆在同一地点相同时间内，甲摆动5次，乙摆动4次，则两单摆振动的周期之比为\_\_\_\_\_\_\_\_\_，摆长之比为\_\_\_\_\_\_\_\_\_。
3. 一列简谐波沿*x*轴正方向传播，其波速为50 m/s，如图所示为*t*0 = 0时刻的波形，则该波的周期为\_\_\_\_\_\_\_\_\_s；试在图中画出*t* = 0.5 s时的波形图。

*x*/m

*O*

*y*/cm

2

－2

5 10 15 20 25 30

### 单选题

1. 若单摆的摆长不变，摆球的质量增加为原来的4倍，摆球经过平衡位置时的速度减为原来的1/2，则单摆振动的（ ）。

（A）周期不变，振幅不变 （B）周期改变，振幅变大

（C）周期改变，振幅不变 （D）周期不变，振幅变小

1. 作简谐运动的物体，回复力和位移的关系图是下图所给四个图像中的（ ）。



1. 如图所示是水波遇到小孔或障碍物后的图像，图中每两条实线间的距离表示一个波长，其中正确的图像是（ ）。

（A） （B） （C） （D）

1. 如图所示，S1、S2是两个频率相同的波源，它们发出的两列简谐横波在空间相遇，图中虚线和实线分别表示某时刻这两列波的波谷和波峰，则下列正确的是（ ）。

A

S1

D

C

B

S2

（A）质点A、B、C的振动总是加强的

（B）质点C、D的振动总是减弱的

（C）质点B、D的振动总是减弱的

（D）质点B、C、D的振动总是减弱的

### 实验题

1. 在“用单摆测重力加速度”的实验中：

（1）从下列器材中选用最合适的（填写器材代号）\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

（A）小铁球 （B）小塑料球 （C）30 cm长的摆线

（D）长100 cm的摆线 （E）手表 （F）秒表

（G）米尺 （H）铁架台

（2）某次测定单摆完成50次全振动的时间为99.8 s，单摆的周期为\_\_\_\_\_\_\_\_\_s。

S1

S2

（3）若在某次实验中，若测得的*g*值偏小，可能的原因是（ ）

（A）单摆振动过程中振幅有减小

（B）测摆长时，仅测了摆线长度

（C）测摆长时，将线长加了小球直径

（D）测周期时，把*N*次全振动误记为*N*+1

1. 利用发波水槽可以观察“波的干涉现象”如图所示，S1、S2是两个振动频率相同的波源，发出两列水波，图中虚线和实线分别代表某时刻这两列波的波谷和波峰，请在图中分别用实线和虚线画出振动加强区域和振动减弱区域。

### 计算题

1. 一横波在*t* = 0时刻的波形图如图所示，此时波恰传到A点，波的传播方向向右，当*t* = 15 s时，该波传到B点，求：

*y*/cm

*x*/cm

0

A

B

60

120

180

240

300

*v*

（1）该波的周期；

（2）B点第二次出现波峰的时间。