



## 物理

## 用核心知识串联机械振动与机械波

北京市第一七一中学 时子豪

机械振动与机械波是北京物理等级考的必考模块，也是考生复习波动光学、电磁振荡等后续知识的基础。在复习该部分时考生需立足教材夯实基础，结合等级考命题规律梳理核心考点，通过典型例题强化应用能力，同时注重科学思维的培养，确保复习高效精准。

## 梳理高考试题 找到重点内容

从近几年高考命题特点来看，机械振动与机械波部分的试题注重基本概念理解、图像综合分析能力、实物情境应用以及基本规律计算的考查。考生在整体复习策略上应抓住重点知识理解，熟练掌握简谐运动的基本特征和规律证明、简谐运动表达式和图像的应用、单摆实验及周期公式、波的形成与传播机制、波的图像分析等核心内容，也要了解受迫振动、共振、波的干涉和衍射、多普勒效应的现象及应用。

## 核心知识梳理 结合例题精练

复习时，考生务必要形成清晰的知识结构，可以将机械振动与机械波这两部分内容联系起来，其核心关系是：振动是波动的源，波动是振动的传播。

## 1. 简谐运动

**核心概念：**回复力、平衡位置、位移、振幅、周期、频率。

**两个理想模型：**弹簧振子（图1）、单摆（图2）。

## 核心规律：

① 动力学特征： $F_{回} = -kx$ （判断是否是简谐运动的标准）、 $a = -\frac{kx}{m}$

② 运动学特征： $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ 、变加速运动、周期性、对称性

③ 能量特征： $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = C$ 、动能和势能相互转化，总机械能守恒

**振动图像（ $x-t$  图）：**横轴为时间，纵轴为质点偏离平衡位置的位移，通过图像可直接读出振幅  $A$ 、周期  $T$ 。由图像可判断质点的速度方向、加速度方向、受力方向。图像斜率表示速度，可分析位移、速度、加速度的变化规律。

**【例1】**（2024年北京等级考第9题）图甲为用手机和轻弹簧制作的一个振动装置。手机加速度传感器记录了手机在竖直方向的振动情况，以向上为正方向，得到手机振动过程中加速度  $a$  随时间  $t$  变化的曲线为正弦曲线，如图乙所示。下列说法正确的是：

- A.  $t=0$  时，弹簧弹力为 0
- B.  $t=0.2s$  时，手机位于平衡位置上方
- C. 从  $t=0$  至  $t=0.2s$ ，手机的动能增大

D.  $a$  随  $t$  变化的关系式为  $a=4 \sin(2.5\pi t)m/s^2$

本题答案为 D 选项。

**【分析】** 本题考查了竖直弹簧振子做简谐运动的基本规律，考生需要非常清楚物体在“平衡位置”加速度为 0，动能最大的特点，以及对振动图像（ $x-t$ 、 $v-t$ 、 $a-t$ ）关键信息的提取。

## 2. 单摆实验——测重力加速度

装置如图3，单摆在偏角小于  $5^\circ$  时，可视为简谐运动，其振动周期跟偏角的大小和摆球的质量无关，推导得到单摆的周期公式是  $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ，整理得  $g=\frac{4\pi^2 L}{T^2}$ 。因此，只要测出摆长  $L$  和周期  $T$ ，就可以求出当地的重力加速度  $g$  的值。

## 方法1：公式法。

方法2：作  $L-T^2$  图像（图4），图线应是一条过原点的倾斜直线，斜率  $k=\frac{g}{4\pi^2}$ ，可消除摆球质量分布不均、多加或漏加球半径所造成的系统误差。

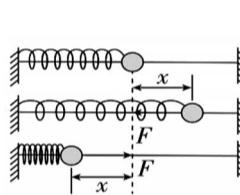


图1

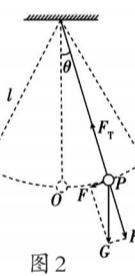
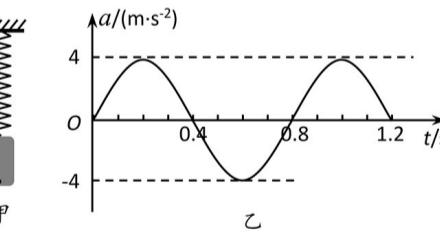


图2



乙

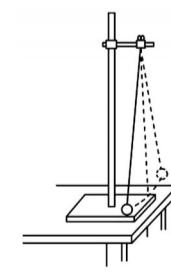


图3

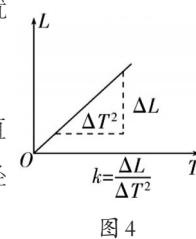


图4

## 3. 机械波

**核心概念：**波源、介质、横波、纵波、波长、波速、频率。

**核心关系：**  $v=\lambda f=\frac{\lambda}{T}$ 。此公式贯穿始终，考生要知道频率由波源决定，波速由介质决定，波长由两者共同决定。

**波动图像（ $y-x$  图）：**横轴为质点的平衡位置坐标，纵轴为该时刻各质点的位移。通过图像可直接读出振幅  $A$ 、波长  $\lambda$ 。考生要能够通过波速方向判断质点振动方向（或反之），常用方法有“上下坡法”“微平移法（同侧法）”。

**波的特性：**干涉、衍射。考生要掌握产生稳定干涉（频率相同、相位差恒定）和明显衍射（障碍物或孔尺寸与波长相近）的条件。

**振动与波的桥梁：**每个质点都在做受迫振动，其频率等于波源的频率。沿波传播方向，后一个质点总是“模仿”前一个质点的运动，存在恒定的相位差。

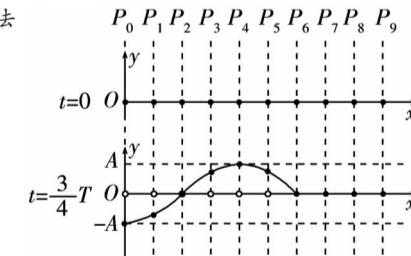
## 振动图像和波的图像的比较

类型	振动图像	波的图像
图像		
物理意义	表示某质点各个时刻相对平衡位置的位移	表示某时刻各质点相对平衡位置的位移
图像信息	(1)质点振动周期 (2)质点振幅 (3)各时刻质点位移 (4)各时刻质点的速度、加速度方向	(1)波长、振幅 (2)任意一质点在该时刻的位移 (3)任意一质点在该时刻加速度方向 (4)传播方向、振动方向的互判
图像变化	随时间推移，图像延续，但已有形状不变	随时间推移，图像沿传播方向平移

**【例2】**（2022北京等级考第6题）在如图所示的  $xOy$  坐标系中，一条弹性绳沿  $x$  轴放置，图中小黑点代表绳上的质点，相邻质点的间距为  $a$ 。 $t=0$  时， $x=0$  处的质点  $P_0$  开始沿  $y$  轴做周期为  $T$ 、振幅为  $A$  的简谐运动。 $t=\frac{3}{4}T$  时的波形如图所示。下列说法正确的是：

- A.  $t=0$  时，质点  $P_0$  沿  $y$  轴负方向运动
- B.  $t=\frac{3}{4}T$  时，质点  $P_4$  的速度最大
- C.  $t=\frac{3}{4}T$  时，质点  $P_3$  和  $P_5$  相位相同
- D. 该列绳波的波速为  $\frac{8a}{T}$

本题答案为 D 选项。



**【分析】** 本题源自教材中波的形成与传播过程，前面的质点带动后面的质点，后面每个质点都受前一质点的驱动从而做受迫振动——它们的起振方向相同，振动的  $T$ 、 $f$  都相同。题中 C 选项， $t=\frac{3}{4}T$  时，质点  $P_3$  和  $P_5$  振动方向相反，相位应相差  $\frac{\pi}{2}$ 。

机械振动与机械波单元高效备考的关键在于，考生要深入理解物理本质。这不仅要求考生扎实掌握基本概念、透彻理解典型模型，还需熟练掌握图像语言，从而构建起系统化的知识网络。