



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

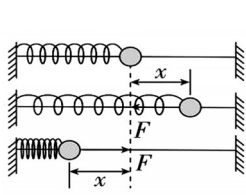


图1

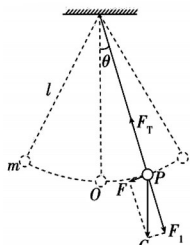


图2

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

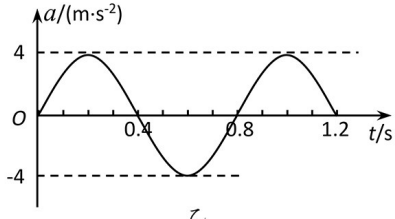
③ 能量特征: $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 = C$ 、动能和势能相互转化,总机械能守恒

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:



甲



乙

- A. $t=0$ 时,弹簧弹力为0
B. $t=0.2\text{s}$ 时,手机位于平衡位置上方
C. 从 $t=0$ 至 $t=0.2\text{s}$,手机的动能增大
D. a 随 t 变化的关系式为 $a = 4 \sin(2.5\pi t) \text{ m/s}^2$

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° 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。

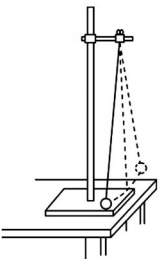


图3

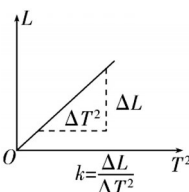


图4

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 λ 。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*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*沿*y*轴负方向运动
B. $t=\frac{3}{4}T$ 时,质点*P*的速度最大
C. $t=\frac{3}{4}T$ 时,质点*P*和*P*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*和*P*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。

