

振动和波备考高考应提升的几种能力

刘晓青

机械振动和波与相关运动的物理量关系密切、规律复杂,学生用数学语言难以表达,因此近年高考在考查本节知识时内容单一,一般以选择题、填空题、作图题为主,一道题中同时涉及多个知识单元的机率较少,更加突出考查了各种能力。本节知识在备战高考时,应注重提升以下几种能力。



图像中获取信息、利用图像解决问题的能力。

【例 2】(2006 年黄冈模拟) 一列简谐横波沿 x 轴正方向传播, 频率为 5Hz , 某时刻的波形图如图 2 所示, 介质中的质点 A 距离原点 8cm 、质点 B 距离原点 16cm , 从图像的对应时间算起, 质点 A 的运动状态到与图示时刻质点 B 的运动状态相同时所需要的最短时间为()。

选项: A. 0.08s , B. 0.12s , C. 0.14s , D. 0.16s 。

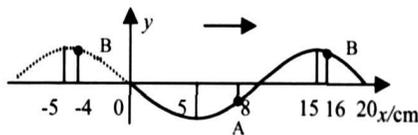


图 2

【分析】解这道题时要善于从图像中获取信息: 从图 2 可知波长 $\lambda = 20\text{cm}$, 从而推出波速 $v = \lambda f = 0.2 \times 5 = 1\text{m/s}$; 其次, 波的传播是质点振动方式的传播, 质点 B 的运动是重复质点 A 曾经经历过的状态, 不妨把波向左延伸(如图 2 中虚线所示), 找到距离原点 4cm 与质点 B 运动状态相同且相距一个波长的质点 B' , 这样问题就昭然若揭了。A 与 B 的运动状态相同, 等效为质点 B' 的振动方式传播到质点 A, 所以 $t = s/v = (8 + 4) \times 10^{-2} / 1 = 0.12\text{s}$, 故正确答案为 B。

三、联想与知识迁移的能力

灵活运用所学知识、发挥联想能力、实现知识迁移, 是高考中能力考查的重点和焦点。为此, 需要在平时的教学中加强这方面能力的训练。

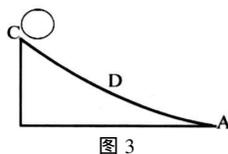


图 3

【例 3】(2007 年广西模拟) 如图 3 所示, AC 为一段很短的光滑圆弧轨道, D 为 AC 上的一点, 现将同一小球先后从 C、D 两点由静止释放, 到达 A 点的速度分别为 v_1 、 v_2 , 所用的时间为 t_1 、 t_2 , 则()。选项: A. $v_1 > v_2$, $t_1 < t_2$, B. $v_1 = v_2$, $t_1 = t_2$, C. $v_1 > v_2$, $t_1 = t_2$, D. $v_1 < v_2$, $t_1 < t_2$ 。

【分析】AC 为一段很短的光滑圆弧轨道, 将同

一、构建物理模型、解决 STS 问题的能力

高考物理命题非常重视理论联系实际, 要求考生认真阅读试题, 从中获取有用信息, 构建物理模型、实现知识迁移、解决实际问题。

【例 1】(2006 年北京) 某同学看到一只鸟落在树枝上的 P 处(图 1), 树枝在 10s 内上下振动了 6 次, 他把 50g 的砝码挂在 P 处, 发现树枝在 10s 内上下振动了 12 次。他又将 50g 的砝码换成 500g 砝码, 发现树枝在 15s 内上下振动了 6 次。你估计鸟的质量最接近()。选项: A. 50g , B. 200g , C. 500g , D. 550g 。

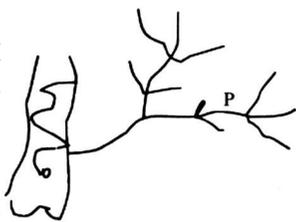


图 1

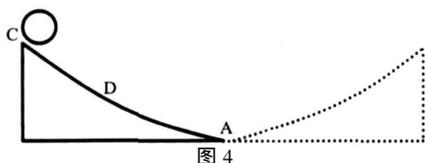
【分析】这道题创意新颖、生活气息浓, 属于 STS (Science Technology Society, 科学、技术、社会) 问题, 要求学生能分析题中的情境, 应用物理模

型、实现知识迁移。振动有两种典型模型, 即单摆和弹簧振子, 而弹簧振子的振动周期是与质量有关的。小鸟落在树上上下振动, 类似于竖直方向弹簧振子的振动。把 50g 砝码挂在 P 处的振动周期为 0.83 秒, 换成 500g 的砝码后的振动周期为 2.50 秒, 而小鸟在 P 处的振动周期为 1.67 秒, 恰好在 50g 砝码和 500g 砝码的振动周期之间。由弹簧振子周期公式 $T = 2\pi \sqrt{m/k}$ 不难知道, 小鸟的质量应大于 50g 、小于 500g , 故只有答案 B 正确。

二、从图像获取信息的能力

图像具有直观、简明、形象的特点, 是研究物理现象和规律的一种重要方法, 是高考中的亮点和难点。历年高考在考查机械振动和波时, 尤为重视从

一小球先后从 C、D 两点由静止释放，由于高度不同且 $h_C > h_D$ ，由机械能守恒定律 $mgh = (1/2)mv^2$ 不难得出 $v_1 > v_2$ 。但很多同学在分析时间时就感到无从下手了，原因是小球从 C、D 由静止释放时，做变加速曲线运动，找不出运动时间的定量关系。若采用填补法，在右侧补上一个对称的光滑圆弧轨道（图 4），问题就会简单明了。由于 AC 为一段很短的光滑圆弧轨道，意味着圆弧偏角很小，这时会很自然地联想到单摆的简谐运动，问题也就迎刃而解了。小球从 C、D 由静止释放时类似单摆的简谐运动，且都是摆长为圆弧轨道半径 R 的单摆周期的 $1/4$ ，由单摆的周期公式得 $t_1 = t_2$ ，所以正确答案为 C。



四、应用对称思维解决问题的能力

对称思维是一种重要的思维方法，有时用它解题会取得意想不到的效果。简谐振动是一种对称运动，其运动过程中物理量（如时间、位移大小、速度大小、回复力大小等）的对称性都是解决问题的关键。

【例 4】（2006 年江西模拟）如图 5 所示，一轻质弹簧与质量为 m 的物体组成的弹簧振子，物体在同一条竖直线上的 A、B 间做简谐振动，O 为平衡位置，C 为 AO 的中点，已知 $OC = h$ 、振子的周期为 T ，某时刻物体恰好经过 C 点向上运动，则从此时刻开始半个周期内，下列说法错误的是（ ）。选项：A. 重力做功 $2mgh$ ，B. 重力的冲量大小为 $mg(T/2)$ ，C. 合外力的冲量为零，D. 合外力做功为零。

【分析】这是应用对称思维的一道典型题，解题关键在于找出经过 $T/2$ 时物体的位置，由简谐振动的对称性可知 $t_{CA} + t_{OD} = t_{AC} + t_{CO} = T/4$ ，所以振子经过 $T/2$ 后恰好运动到 OB 的中点 D，由恒力做功 $W = FS$ 得重力做功 $W = 2mgh$ ，故 A 正确。由恒力冲量 $I = Ft$ 得重力的冲量 $I = mg(T/2)$ ，故 B 正确。由于物体经过 C 和 D 点时速度方向不同，由动量定理，合外力的冲量 $I = \Delta P$ ，所以 C 错。由速度大小的对称性，物体经过 C 点和 D 点时速度大小相等，由动能定理可得答案 D。

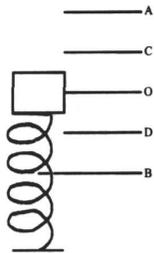


图 5

所以本题应选 C。

对称思维通常还用于解决双物体构成的竖直方向的弹簧振子物体与物体间是否分离的临界问题。

五、作图能力及不定思维能力

对于机械振动和波，高考考查的另一种重要能力就是作图及不定思维能力，通常综合考查，几乎每年必考，所以应作为重中之重。波的作图包括严格作图和一般作图，严格作图有特殊点法和平移法两种方法，而一般作图只要求画出大致的波。由于波的传播的双向性及振动的周期性，造成了波的多解性，这就要考查不定思维能力。

【例 5】（2007 年广西南宁模拟）如图 6 所示，一简谐横波在 x 轴上传播，轴上 A、B 两点相距 $12m$ 。 $t = 0$ 时，A 点为波峰，B 点为波谷； $t = 0.5s$ 时，A 点为波谷，B 点为波峰。下列说法正确的是（ ）。选项：A. 波一定沿 x 轴正方向传播，B. 波长可能是 $8m$ ，C. 周期可能是 $0.5s$ ，D. 波速一定是 $24m/s$ 。

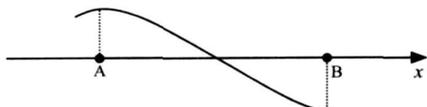


图 6

【分析】首先应根据已知条件画出最简单的大致波形图，这是解题的关键。波的传播具有双向性，因此无法判断波的传播方向，即波既可能沿 x 轴正方向、又可能沿 x 轴负方向传播，故答案 A 错误。由于波的多解性，此题中的波不论沿哪个方向传播都有 $S_{AB} = n\lambda + (1/2)\lambda$ （其中 $n = 0, 1, 2, \dots$ ）、 $t = NT + (1/2)T$ （其中 $N = 0, 1, 2, \dots$ ），把 n 及 N 的可能值代入可得波长 $\lambda = 8m$ ，但周期不可能为 $0.5s$ ，故答案 B 正确、C 错误。虽然波速 $V = \lambda T$ ，但由于波长和周期的多解性， n 和 N 可以有不同值，从而导致波速有多个解，所以 D 错，本题应选 B。

六、综合应用知识处理创新实验的能力

高考实验考查既源于课本，又不拘于课本，要求考生有较高的综合素质，能够利用基本原理和方法创新、灵活地应用所学知识。

【例 6】（2007 年学海联考）某同学利用焊有细钢针的音叉（固有频率）、熏有煤油灯烟灰的均匀金属片和刻度尺，测定重力加速度。他的实验步骤有：A. 将熏有烟灰的金属片静止悬挂，调整音叉的位置，使音叉不振动时，针尖刚好能水平接触金属片（图 7）；B. 轻敲音叉，使它振动，同时烧断悬线，

使金属片自由下落; C. 从金属片上选取针尖划痕清晰的一段, 从某时刻起针尖经过平衡位置的点依次为 B、C、D、E、F、G、H, 测出它们相邻之间的距离为 b_1 、 b_2 、 b_3 、... b_6 (图 8)。

(1) 推导出计算重力加速度的表达式;
(2) 金属片自由下落后(不计针尖与金属片间的摩擦), 你认为图 9 中针尖在金属片上的划痕正确的是() (钢针在开始计时, 向左运动, 设向左为正向)。

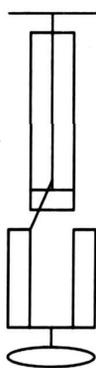


图 7

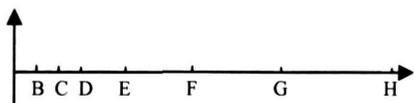


图 8

【分析】这是一道具有创新性的实验题, 牵涉的知识面比较广。(1) 钢针作简谐振动, 故图 8 中相邻两质点的时间间隔为 $T/2$ (即 $t = 1/2f_0$), 金属片在竖直方向上做自由落体运动。由图 8 联想到纸带问题的处理方法, $\Delta S = gt^2$ 由逐差法得 $g_1 = (b_4 - b_1)/3t^2 = (4/3)(b_4 - b_1)f_0^2$, 同理 $g_2 = (4/3)(b_5 - b_2)f_0^2$, $g_3 = (4/3)(b_6 - b_3)f_0^2$, 所以 $g = (1/3) \cdot (g_1 + g_2 + g_3) = (4/9)(b_4 + b_5 + b_6 - b_1 - b_2 - b_3) \cdot f_0^2$ 。(2) 由于金属片在竖直方向上做自由落体运动, 相邻平衡位置的间隔越来越大。已知钢针在开始计时向左运动(设向左为正向), 所以图 9 中正确的波形图为 D。

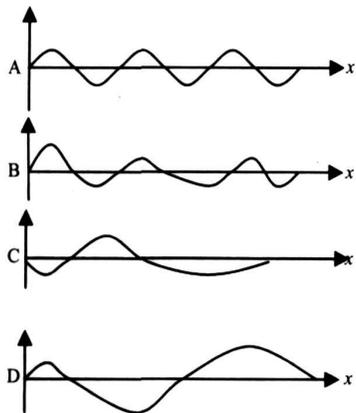


图 9

七、应用波的特殊性质分析问题的能力

多普勒效应是波特有的现象, 在近年的高考中频频出现, 要求学生有应用波的特殊性质分析问题的能力。

【例 7】(2006 年南京) 关于多普勒效应的叙述,

下列说法正确的是()。选项: A. 产生多普勒效应的原因是波源频率发生了变化; B. 产生多普勒效应的原因是观察者和波源之间发生了相对运动; C. 甲乙两列车相向运动, 两车均鸣笛, 且所发出的笛声频率相同, 乙车中的某旅客听到的甲车笛声频率低于他所听到的乙车笛声的频率; D. 哈勃太空望远镜发现所接收到的来自于遥远星系上的某种原子光谱, 与地球上同种原子的光谱相比较, 光谱中各条谱线的波长均变长(称哈勃谱红移), 这说明该星系正在远离我们而去。

【分析】波在波源移向观察者时频率变高, 而在波源远离观察者时频率变低。当观察者移动时也能得到同样的结论。假设原有波源的波长为 λ , 波速为 c , 观察者移动速度为 v : 当观察者走近波源时观察到的波源频率为 $(v + c)/\lambda$; 如果观察者远离波源, 观察到的波源频率则为 $(v - c)/\lambda$ 但波源频率并未改变。多普勒效应不仅适用于声波, 也适用于所有类型的波(包括光波、电波)。科学家哈勃使用多普勒效应得出宇宙正在膨胀的结论。他发现远离银河系的天体发射的光线频率变低, 即移向光谱的红端(称为红移), 天体距离越远、红移越大, 这说明这些天体在远离银河系。反之, 如果天体正移向银河系, 则光线会发生蓝移。由以上分析可知 A 错、B 正确、C 错、D 正确, 所以正确答案为 B、D。

总之, 在复习机械振动和波时要瞄准高考, 在突出基础的前提下注重提升以上几种能力, 灵活运用所学知识解决实际问题。

(广西南丹县高级中学 547200)

