

重点二 运动



重点

剖析

物体的运动问题是高中物理研究的基本问题,是贯穿高中物理的一条主线,可以分为运动学和动力学两部分.运动学只考虑物体怎样运动,不讨论它与所受力的关系.动力学主要讨论物体运动和所受力的关系.

对于运动学部分,应熟练掌握几种典型运动形式的特征及其研究方法,如匀速直线运动、匀变速直线运动、平抛运动、匀速圆周运动、简谐运动、机械波等;对于动力学部分,重点应掌握解决动力学问题的三种观点,一是“力的观点”(综合运用牛顿运动定律和运动学公式),二是“动量观点”(运用动量定理和动量守恒定律),三是“能量观点”(运用动能定理和能量守恒定律).



典

例

考点一 单个物体参与一种运动

调研

【调研1】如图1-2-1所示的是测量玩具手枪子弹离开枪口时速度的装置,子弹从枪口水平射出,在飞行途中穿过两块竖直平行放置的薄板P、Q,两板相距为L,P板距枪口距离为s,测出子弹穿过两薄板后留下的C、D两孔间的高度差为h,不计空气及薄板阻力.根据以上给出的数据,求出子弹离开枪口时的速度 v_0 .

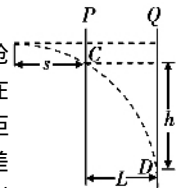


图1-2-1

解析 子弹离开枪口后做平抛运动,设子弹射到P板的时间为 t_1 ,射到Q板的时间为 t_2 ,在水平方向 $s_1 = v_0 t_1$, $s_2 = \frac{s+L}{v_0}$

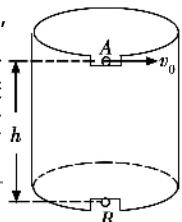
$$\text{在竖直方向 } h = \frac{1}{2} g t_2^2 - \frac{1}{2} g t_1^2$$

$$\text{整理得 } v_0 = \sqrt{\frac{gL}{h} \left(s + \frac{L}{2} \right)}$$

技巧点拨 平抛运动可以看作水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动的合运动,因而处理平抛运动的基本方法就是将其分解为两个简单的分运动.另外,本题一改大多数情况下通过竖直方向的自由落体运动来求解平抛运动的时间,而是通过水平方向的匀速直线运动求时间,这是值得注意的.单个物体参与一种运动问题,研究对象和研究过程并不复杂,只要理顺思路,定会迎刃而解.

考点二 单个物体参与多种运动

【调研2】如图1-2-2所示,竖直圆筒内壁光滑,半径为R,顶部有入口A,在A的正下方h处有出口B,一质量为m的小球从入口A沿切线方向水平射入圆筒内,要使小球从B处飞出,小球进入入口A的速度 v_0 应满足什么条件?在运动过程中小球对筒的压力有多大?



进入高三数日,有《试题调研》的陪伴,我逐渐充满自信.希望我们搏,共拓美好前程.

——安徽省宿州市萧县鹏程中学

刘馨 1-2 心语



解析 小球的运动是竖直方向的自由落体运动和水平面内的匀速圆周运动的合运动.

设小球在水平面内转过了 n 圈 ($n=1,2,3,\dots$)

$$\text{则 } v_0 = \frac{2\pi R \cdot n}{t} \quad (n=1,2,3,\dots)$$

$$\text{由于 } \frac{1}{2}gt^2 = h, t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \text{ 即 } v_0 = \frac{2\pi R\sqrt{g}}{\sqrt{2h}} \cdot n \quad (n=1,2,3,\dots)$$

筒对球的弹力提供了向心力

$$\text{即 } N = \frac{mv_0^2}{R} = \frac{2n^2\pi^2 Rmg}{h} \quad (n=1,2,3,\dots)$$

根据牛顿第三定律得小球对筒的压力为 $\frac{2n^2\pi^2 Rmg}{h}$ ($n=1,2,3,\dots$).

误区警示 小球所做的运动是一种复杂的不等距螺旋运动,不能够直接研究,部分考生不能将小球的运动分解为竖直方向的自由落体运动和水平面内的匀速圆周运动,还有一些考生忽略了匀速圆周运动的周期性,漏掉了表达式中的“ n ”.

考点三 多个物体同时参与一种运动

【调研3】如图1-2-3所示为某一时刻的简谐横波的图像,波的传播方向沿 x 轴正方向.下列说法正确的是

- A. 质点 A、D 的振幅相等
- B. 在该时刻质点 B、E 的速度大小相等,方向相同
- C. 在该时刻质点 C、F 的加速度为零
- D. 在该时刻质点 D 正向下运动

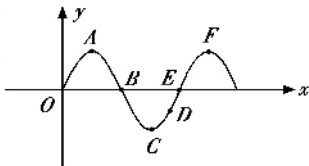


图 1-2-3

解析 在简谐波的传播方向上,介质中各质点均做简谐运动,振幅相等,选项 A 正确.质点 C、F 均在最大位移处,加速度最大,选项 C 错误.根据在波的传播方向上由近及远振动质点的相位依次落后,即离波源较远的质点总是模仿邻近的离波源较近的质点的动作,可在待判断运动方向质点的左侧(靠近波源的一侧)找一参考点,若参考点在待确定运动方向的质点上方,则待确定运动方向的质点向上运动;反之,则待确定运动方向的质点向下运动.据此,可判断出质点 B 向上运动, D 向下运动, E 向下运动,故选项 B 错误, D 正确.答案为 AD.

方法探究 机械波是大量质点同时但不同步的简谐运动所呈现出来的一种整体效果.在简谐波形成与传播过程中,波源做简谐运动,带动邻近的介质质点也做简谐运动.在波的传播方向上,先振动的质点带动后振动的质点运动,由近及远振动质点的相位依次落后.根据这一特征,可以根据某时刻简谐横波的波形、波的传播方向,判断介质质点的振动方向;也可以根据波形、波形上某个介质质点的运动方向,判断简谐横波的传播方向.



考点四 多个物体同时参与多种运动

【调研4】如图1-2-4所示，a、b、c三个相同的小球，a从光滑斜面顶端由静止开始自由下滑，同时b、c从同一高度分别开始自由下落和平抛。下列说法正确的有

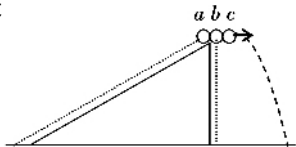


图 1-2-4

- A. 它们同时到达同一水平面
- B. 重力对它们的冲量相同
- C. 它们的末动能相同
- D. 它们动量变化的大小相同

解析 b、c 飞行时间相同(都是 $\sqrt{\frac{2h}{g}}$)，a 与 b 比较，两者平均速度大小相同(末动能相同)，但显然 a 的位移大，所以用的时间长，因此选项 A、B 都不对。由于机械能守恒，c 的机械能最大(有初动能)，到地面时末动能也大，因此 C 项也不对。a、b 的初动量都是零，末动量大小又相同，所以动量变化大小相同，b、c 所受冲量相同，所以动量变化大小也相同，故 D 项正确。答案为 D。

技巧点拨 这道题看似简单，实际上考查了平均速度、功、冲量等很多知识。另外，在比较中以 b 为中介，a、b 的初、末动能相同，平均速度大小相同，但重力作用时间不同，b、c 飞行时间相同(都等于自由落体时间)，但初动能不同。本题如果去掉 b 球将更难做一些。



强化闯关

1. (基础题)如图1-2-5所示，半径为 R 的半圆形光滑轨道固定在水平地面上，A、B 两点在同一竖直线上，质量为 m 的小球以某一初速度从 C 运动自 A 点进入轨道，它经最高点 B 处飞出又落回到 C 点，AC = 2R，则小球自 A 点进入轨道时的速度

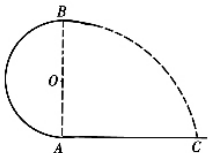


图 1-2-5

- A. \sqrt{gR} B. $\sqrt{3gR}$
- C. $2\sqrt{gR}$ D. $\sqrt{5gR}$

2. (易错题)斜面上有 a、b、c、d 四个点，如图1-2-6所示，ab = bc = cd，从 a 点正上方 O 点以速度 v 水平抛出一个球，它落在斜面上的 b 点。若小球从 O 点以速度 2v 水平抛出，不计空气阻力，则它落在斜面上的

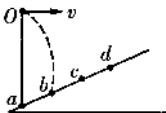
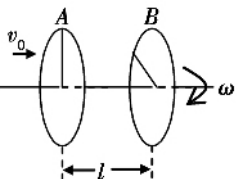


图 1-2-6

- A. b 与 c 之间某一点 B. c 点
- C. c 与 d 之间某一点 D. d 点

3. (经典题)如图1-2-7所示，A、B 是两个圆盘，它们能绕共同的轴以相同的角速度转动，两盘相距为 l。有一颗子弹以一定速度垂直盘面射向 A 盘后又穿过 B 盘，子弹分别在 A、B 盘上留下的弹孔所在的半径之间的夹角为 θ 。现测得



承认自己的落后，正是进步的开始。从来就没有不付出代价的
有在失败与痛苦中孕育，才能步步成功。



转轴的转速为 $n \text{ r/min}$, 则子弹飞行的速度(设在子弹穿过 A、B 两盘过程中, 两盘转动均未超过一周)

$$A. v = \frac{n\pi l}{100} \text{ m/s}$$

$$B. v = \frac{n\pi l}{200} \text{ m/s}$$

$$C. v = \frac{n\pi l}{300} \text{ m/s}$$

$$D. v = \frac{n\pi l}{600} \text{ m/s}$$

4. (拔高题) 如图 1-2-8 所示, 长为 L 的细绳, 一端系着一只小球, 另一端悬于 O 点. 将小球由图示位置由静止释放, 当摆到 O 点正下方时, 绳被钉子挡住. 当钉子分别处于图中 A、B、C 三个不同位置时, 小球继续摆的最大高度分别为 h_1 、 h_2 、 h_3 , 则

$$A. h_1 > h_2 > h_3 \quad B. h_1 = h_2 = h_3$$

$$C. h_1 > h_2 = h_3 \quad D. h_1 = h_2 > h_3$$

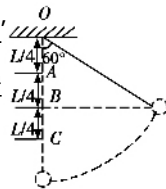


图 1-2-8

5. (综合题) 图示 1-2-9 是建筑工地常用的一种“深穴打夯机”. 工作时, 电动机带动两个紧压夯杆的滚轮匀速运转将夯杆从深为 h 的坑中提上来, 当两个滚轮彼此分开时, 夯杆被释放, 最后夯杆在自身重力作用下, 落回深坑, 夯实坑底. 然后, 两个滚轮再次压紧, 夯杆再次被提上来, 如此周而复始工作. 已知两个滚轮边缘线速度 v 恒为 4 m/s , 每个滚轮对夯杆的正压力 F_N 为 $2 \times 10^4 \text{ N}$, 滚轮与夯杆间的动摩擦因数 μ 为 0.3 , 夯杆质量 m 为 $1 \times 10^3 \text{ kg}$, 坑深 h 为 6.4 m . 假定在打夯的过程中坑的深度变化不大, 且夯杆底端升到坑口时, 速度正好为零. 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$. 求:

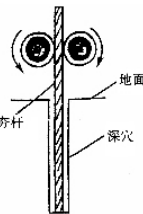


图 1-2-9

(1) 夯杆上升过程中被滚轮释放时的速度为多大, 此时夯杆底端离坑底多高;

(2) 打夯周期.

6. (创新题) 继“勇气”号之后, “机遇”号火星探测器再次成功登陆火星. 在人类成功登陆火星之前, 人类为了探测距离地球大约 $3.0 \times 10^5 \text{ km}$ 的月球, 也发射了一种类似四轮小车的月球探测器. 它能够在自动导航系统的控制下行走, 且每隔 10 s 向地球发射一次信号. 探测器上还装着两个相同的减速器(其中一个备用的), 这种减速器可提供的最大加速度为 5 m/s^2 . 某次探测器的自动导航系统出现故障, 从而使探测器只能匀速前进而不再能自动避开障碍物. 此时地球上的科学家必须对探测器进行人工遥控操作. 下表为控制中心的显示屏的数据:

收到信号时间	与前方障碍物距离(单位 m)
9:10 ₂₀	52
9:10 ₃₀	32
发射信号时间	给减速器设定的加速度(单位 m/s^2)
9:10 ₃₃	2
收到信号时间	与前方障碍物距离(单位 m)
9:10 ₄₀	12

已知控制中心的信号发射与接收设备工作速度极快. 科学家每次分析数据并输入命令最少需要 3 s. 问:

- (1) 经过数据分析, 你认为减速器是否执行了减速命令?
 (2) 假如你是控制中心的工作人员, 应采取怎样的措施? 加速度需满足什么条件? 请计算说明.



参考答案

1. D 设小球在 B 点速度为 v_B , 所以由平抛运动规律有 $2R = v_B \sqrt{\frac{4R}{g}}$, 得 $v_B = \sqrt{gR}$;

设小球在 A 点速度为 v_A , 由机械能守恒得: $\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 + 2mgR$, 所以 $v_A = \sqrt{5gR}$.

2. A 如图 1-2-10 过 b 点设定一落地水平面 $O'M$, 在等高的前提下, 小球在水平面上的落地点分别为 b、A, 由于 $ab = bc$, 则 $O'b = bA$, 由抛物线的形状可知, 小球在斜面上的落点必在 b、c 之间. 所以 A 正确.

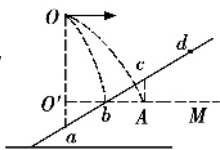


图 1-2-10

3. C 由于两盘绕共同的轴以相同的角速度转动, 所以在一定时间内, 两盘转过的角度也相等. 分别将两圆盘和子弹作为研究对象, 两圆盘做匀速圆周运动, 子弹穿过两圆盘的时间很短, 可以近似看作是匀速直线运动. 子弹从 A 盘穿至 B 盘, 圆盘转过的角度为 θ . 由于转轴的转速为 $n \text{ r/min}$, 所以圆盘转动角速度 $\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ rad/s} = \frac{n\pi}{30} \text{ rad/s}$, 子弹在 A、B 盘间运动的时间等于圆盘转过 θ 角所用的时间 $t = \frac{\theta}{\omega} = \frac{30\theta}{n\pi} \text{ s}$, 所以子弹的飞行速度为 $v = \frac{l}{t} = \frac{n\pi l}{30\theta} \text{ m/s}$.

4. D 小球在摆动过程中, 绳的拉力不做功, 只有重力做功, 小球的机械能守恒. 无论钉子放在 A、B、C 哪一点, 小球继续摆动所能上升的最大高度, 不会超过 B 点所在



平面即原释放点的高度.当钉子放在 A、B 点时,小球不会摆动到圆心的位置以上,故不会脱离圆周.到最高点时速度为零,动能为零,能上升到原来的高度即 $h_1 = h_2$.

当钉子放在 C 点时,小球摆到最低点后开始以 C 点为圆心,以 $\frac{L}{4}$ 为半径做圆周运动.根据竖直面内圆周运动的规律,小球上升到某一位置会脱离圆周,故到最高点时,速度不是零,动能不是零,所以上升不到原下落点高度, $h_3 < h_1 = h_2$. 所以 D 项正确.

$$5.(1) \text{ 由已知条件知 } f_1 = 2\mu N = 1.2 \times 10^4 \text{ N } \lambda_1 = \frac{f_1 - mg}{m} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{当夯杆与滚轮相对静止时 } v = a_1 t_1 = 4 \text{ m/s } t_1 = 2 \text{ s } h_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 4 \text{ m}$$

$$\text{当夯杆以 } v = 4 \text{ m/s} \text{ 的初速度竖直上抛,上升高度为 } h_2 = \frac{v^2}{2g} = 0.8 \text{ m}$$

则当夯杆加速向上运动速度到达 $v = 4 \text{ m/s}$ 后,夯杆匀速上升,匀速上升高度为:

$$h_3 = h - h_1 - h_2 = 1.6 \text{ m}$$

因此,夯杆先匀加速上升,后匀速上升,再竖直上抛.

故夯杆上升过程中被滚轮释放时的速度为 4 m/s ,此时夯杆底端离夯底 $\Delta h = h - h_2 = 5.6 \text{ m}$.

$$(2) \text{ 夯杆上抛运动的时间为 } t_2 = \frac{v}{g} = 0.4 \text{ s}$$

$$\text{夯杆匀速上升的时间为 } t_3 = \frac{h_3}{v} = 0.4 \text{ s}$$

$$\text{夯杆自由落体的时间为 } t_4 = \frac{1}{2} g t_4^2 \quad t_4 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \approx 1.13 \text{ s}$$

$$\text{故打夯周期为 } T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 \approx 3.93 \text{ s.}$$

$$6.(1) \text{ 设在地球和月球之间传播电磁波需时为 } t_0 \quad t_0 = \frac{s_{\text{月地}}}{c} = 1 \text{ s}$$

$$\text{从前两次收到的信号可知,探测器的速度 } v_1 = \frac{52 - 32}{10} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$$

由题意可知,从发射信号到探测器收到信号并执行命令的时刻为 9:10₃₄. 控制中心第三次收到的信号是探测器在 9:10₃₉ 发出的.

$$\text{从后两次收到的信号可知探测器的速度 } v = \frac{32 - 12}{10} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$$

可见,探测器速度未变,并未执行命令而减速,减速器出现故障.

(2) 应启用另一个备用减速器.再经过 3 s 分析数据和 1 s 接收时间,探测器在 9:10₄₄ 执行命令,此时距前方障碍物距离 $s = 2 \text{ m}$. 设定减速器加速度为 a , 则有 $s =$

$$\frac{v^2}{2a} \leq 2 \text{ m, 可得 } a \geq 1 \text{ m/s}^2. \text{ 即只要设定加速度 } a \geq 1 \text{ m/s}^2, \text{ 便可使探测器不与障碍物}$$



相撞.

重点突破

愚者用肉体监视心灵,智者用心灵监视肉体。

