

物理答案详解(上册)

第一章 运动的描述 匀变速直线运动

第1节 运动的描述

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

- 一、1. (1)质量 (2)大小 形状 2. (1)参考 (2)不同 地面
二、1. (1)初位置 末位置 2. (1)矢量 方向 (2)等于
小于
三、1. 位移 时间 位移 2. 某一时刻 某一位置 切线
3. 瞬时速度
四、1. 变化量 4. 合力
易错易误辨析

(1)× (2)√ (3)√ (4)× (5)× (6)×

细研考点·突破题型

考点1

题组突破

1. C [运动员击球动作对运动员本身有影响,故运动员不可以看成质点,A错误;速度是矢量,运动员身体各部分的速度方向不同,故运动员身体各部分的速度不相同,B错误;运动员的成绩对运动员本身没有影响,故运动员可视为质点,C正确;研究花样滑冰运动员的动作时,运动员的动作对运动员本身有影响,故运动员不可视为质点,D错误。]
2. B [加油机相对于“歼-20”战斗机位置不变,以“歼-20”战斗机为参考系,加油机是静止的,故A错误;加油机相对于地面上的房屋位置不断变化,以地面上的房屋为参考系,加油机是运动的,故B正确;加油机相对于加油机中的飞行员位置不变,以加油机中的飞行员为参考系,加油机是静止的,故C错误;加油机相对于“歼-20”战斗机里的飞行员位置不变,以“歼-20”战斗机里的飞行员为参考系,加油机是静止的,故D错误。]
3. C [空间站再次回到A点,位移为0,故A错误;由于它们的轨道半径不相同,故它们各自转一圈,其路程不相等,故B错误;“神舟十七号”再次回到B点,位移为0,故C正确;两者的最大位移大小都等于各自轨道的直径,由于空间站轨道的半径较大,故运动过程中,空间站的最大位移大于“神舟十七号”的最大位移,故D错误。]

考点2

- 典例1 C [根据题意,设RS间的距离为s,则ST间的距离为2s,设R点速度为 v_R ,S点速度为 v_S ,T点速度为 v_T ,加速度为a,根据运动学公式,有 $v_S^2 - v_R^2 = 2as$, $v_T^2 - v_S^2 = 2a \times 2s$,根据在匀变速直线运动中平均速度等于初、末速度的平均值,有 $\frac{v_R + v_S}{2} = 10 \text{ m/s}$, $\frac{v_S + v_T}{2} = 5 \text{ m/s}$,联立解得 $v_T = 1 \text{ m/s}$,C正确。]

考点3

典例2 B [点火后即将升空的火箭的速度为零,但是加速度不为零,故A错误;轿车紧急刹车,速度变化很快,即加速度很大,故B正确;磁悬浮列车高速行驶,速度很大,若做匀速直线运动,加速度为零,故C错误;太空中的“天宫一号”绕地球匀速转动,有向心加速度,其加速度不为零,故D错误。]

典例3 B [取初速度方向为正方向,则 $v_0 = 5 \text{ m/s}$,若2 s后的速度方向沿斜面向上,则 $v = 3 \text{ m/s}$,则 $a = \frac{v - v_0}{t} = -1 \text{ m/s}^2$,即加速度大小为 1 m/s^2 ,方向沿斜面向下。若2 s后的速度方向沿斜面向下,则 $v' = -3 \text{ m/s}$,则 $a' = \frac{v' - v_0}{t} = -4 \text{ m/s}^2$,即加速度大小为 4 m/s^2 ,方向沿斜面向下,故选项B正确。]

第2节 匀变速直线运动的规律

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

- 一、1. 加速度 2. (1)相同 (2)相反
3. (1) $v_0 + at$ (2) $v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ at $\frac{1}{2}at^2$
二、1. (1) $v^2 - v_0^2$ 2. (1) aT^2 (2)一半
3. (1) $1:2:3:\dots:n$ (2) $1^2:2^2:3^2:\dots:n^2$
(3) $1:3:5:\dots:(2N-1)$
(4) $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(2-\sqrt{3}):\dots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$
三、重力 静止 匀加速 $v=gt$ $h=\frac{1}{2}gt^2$ $v^2=2gh$ $v_0 - gt$ $-2gh$

易错易误辨析

(1)√ (2)× (3)× (4)√ (5)× (6)√

细研考点·突破题型

考点1

典例1 B [根据平均速度 $v = \frac{x}{t}$ 知, $x = vt = 2t + t^2$,根据 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 2t + t^2$ 知,质点的初速度 $v_0 = 2 \text{ m/s}$,加速度 $a = 2 \text{ m/s}^2$,质点做匀加速直线运动,故A、C错误;5 s内质点的位移 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 2 \times 5 \text{ m} + \frac{1}{2} \times 2 \times 25 \text{ m} = 35 \text{ m}$,故B正确;质点在3 s末的速度 $v = v_0 + at = 2 \text{ m/s} + 2 \times 3 \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$,故D错误。]

典例2 C [汽车减速至0的时间 $t = \frac{v_0}{a} = 3 \text{ s}$,汽车运动的总位移大小 $x = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 = 9 \text{ m} < 10 \text{ m}$,A、B、D错误;将汽车的运动视为反向的从静止开始的匀加速直线运动,可得汽车最后1 s的位移 $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 1 \text{ m}$,C正确。]

考点 2

典例 3 AD [设高铁车头在经过 A、B、C 三点时的速度分别为 v_A 、 v_B 、 v_C ，根据 AB 段的平均速度为 30 m/s，可以得到 $\bar{v}_{AB} = \frac{v_A + v_B}{2} = 30$ m/s；根据 BC 段的平均速度为 20 m/s，可以得到 $\bar{v}_{BC} = \frac{v_B + v_C}{2} = 20$ m/s；设 $AB = BC = x$ ，整个过程中的平均速度为 $\bar{v} = \frac{2x}{t_{AB} + t_{BC}} = \frac{2x}{\frac{x}{30 \text{ m/s}} + \frac{x}{20 \text{ m/s}}} = 24$ m/s，所以有 $\bar{v}_{AC} = \frac{v_A + v_C}{2} = 24$ m/s，联立解得 $v_A = 34$ m/s， $v_B = 26$ m/s， $v_C = 14$ m/s，由于不知道 AB 和 BC 的具体值，则不能求解运动时间及其加速度的大小，选项 A 正确，B、C 错误； $t_{AB} : t_{BC} = \frac{x}{\bar{v}_{AB}} : \frac{x}{\bar{v}_{BC}} = 2 : 3$ ，选项 D 正确。]

典例 4 ABD [根据位移差公式 $x_{IV} - x_{II} = 2aT^2$ ，得 $a = \frac{x_{IV} - x_{II}}{2T^2} = \frac{8}{2 \times 1^2} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$ ，故 A 正确；第 2 s 内的位移为： $x_2 - x_1 = \frac{1}{2}at_2^2 - \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 4 \times (2^2 - 1^2) \text{ m} = 6 \text{ m}$ ，故 B 正确；第 2 秒末速度为 $v = at_2 = 4 \times 2 \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$ ，故 C 错误；物体在 0~5 s 内的平均速度 $\bar{v} = \frac{x_5}{t_5} = \frac{\frac{1}{2}at_5^2}{t_5} = \frac{\frac{1}{2} \times 4 \times 5^2}{5} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$ ，故 D 正确。]

典例 5 B [初速度为 0 的匀加速直线运动，质点在连续相等时间内通过的位移之比为 $x_I : x_{II} : x_{III} : \dots : x_n = 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$ ，故质点第 3 s 内与第 6 s 内通过的位移之比为 $x_1 : x_2 = x_{III} : x_{VI} = 5 : 11$ ，故 A 错误，B 正确；初速度为 0 的匀加速直线运动，质点在通过连续相等的位移所用时间之比为 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \dots : (\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$ ，故质点通过第 3 个 1 m 与通过第 6 个 1 m 时所用时间之比为 $t_3 : t_6 = (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : (\sqrt{6}-\sqrt{5})$ 。根据平均速度公式 $\bar{v} = \frac{x}{t}$ ，可得质点通过第 3 个 1 m 与第 6 个 1 m 时的平均速度之比为 $v_1 : v_2 = \frac{x}{t_3} : \frac{x}{t_6} = (\sqrt{3}+\sqrt{2}) : (\sqrt{6}+\sqrt{5})$ ，故 C、D 错误。]

考点 3

典例 6 C [汽车速度减为零的时间为： $t_0 = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0-20}{-5} \text{ s} = 4 \text{ s}$ ，2 s 内的位移： $x_1 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 20 \times 2 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 5 \times 4 \text{ m} = 30 \text{ m}$ ，刹车 5 s 内的位移等于刹车 4 s 内的位移，则： $x_2 = \frac{0-v_0^2}{2a} = 40 \text{ m}$ ，所以经过 2 s 与 5 s 汽车的位移之比为 3 : 4，故选项 C 正确。]

典例 7 B [陈芋汐下落的整个过程所用的时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 10}{10}} \text{ s} \approx 1.4 \text{ s}$ ，下落前 5 m 的过程所用的时间为 $t_1 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} \text{ s} = 1 \text{ s}$ ，则陈芋汐用于姿态调整的时间约为 $t_2 = t - t_1 = 0.4 \text{ s}$ ，B 正确，A、C、D 错误。]

• 2 •

典例 8 解析：法一：分段法

根据题意画出运动草图如图所示，在 A → B 段，根据匀变速运动规律可知 t_{AB}

$$= \frac{v_0}{g} = 1 \text{ s}$$

$$h_{AB} = h_{BC} = \frac{1}{2}gt_{AB}^2 = 5 \text{ m}$$

由题意可知 $t_{BD} = 11 \text{ s} - 1 \text{ s} = 10 \text{ s}$

根据自由落体运动规律可得

$$h_{BD} = \frac{1}{2}gt_{BD}^2 = 500 \text{ m}$$

故释放点离地面的高度 $H = h_{BD} - h_{AB} = 495 \text{ m}$ 。

法二：全程法

将产品的运动视为匀变速直线运动，规定向上为正方向，则

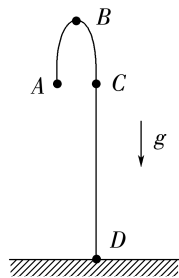
$$v_0 = 10 \text{ m/s}, a = -g = -10 \text{ m/s}^2$$

$$\text{根据 } H = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

解得 $H = -495 \text{ m}$

即产品刚释放时离地面的高度为 495 m。

答案：495 m



考点 4

典例 9 解析：(1)走 ETC 通道时，减速的位移和加速的位移相等，则

$$x_1 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} = 64 \text{ m}$$

故总的位移 $x_{\text{总}1} = 2x_1 + d = 138 \text{ m}$ 。

(2)走人工收费通道时，开始减速时离中心线的距离为 $x_2 =$

$$\frac{v_1^2}{2a} = 72 \text{ m}。$$

(3)走 ETC 通道时，汽车从开始匀减速到匀加速到 v_1 的时间 t_1

$$= \frac{v_1 - v_2}{a} \times 2 + \frac{d}{v_2} = 18.5 \text{ s}$$

走人工收费通道时，汽车从开始匀减速到匀加速到 v_1 的时

$$\text{间 } t_2 = \frac{v_1}{a} \times 2 + t_0 = 44 \text{ s}$$

又 $x_{\text{总}2} = 2x_2 = 144 \text{ m}$

二者的位移差： $\Delta x = x_{\text{总}2} - x_{\text{总}1} = 6 \text{ m}$

在这段位移内汽车以正常行驶速度做匀速直线运动，则 Δt

$$= t_2 - \left(t_1 + \frac{\Delta x}{v_1} \right) = 25 \text{ s}。$$

答案：(1)138 m (2)72 m (3)25 s

专题突破一 运动图像和追及相遇问题

细研考点·突破题型

突破一

典例 1 D [选项图像皆为 $x-t$ 图像， $x-t$ 图像中图线各点切线斜率绝对值表示该点的瞬时速度大小。由题意可知，小车初速度为 0，0~ t_1 时间内小车做匀加速运动，根据公式 $v = at$ ，可知小车速度增大，所以图像斜率增大， $t_1 \sim t_2$ 时间内小车做匀减速运动，图像斜率减小， $t = t_2$ 时刻速度降为 0，故 D 正确。]

典例 2 A [BC 段质点的位移大小为 $x = \frac{5+12}{2} \times 4 \text{ m} = 34 \text{ m}$ ，选项 A 正确；在 18~22 s 时间内，质点的位移为 $x =$

$\frac{12 \times 2}{2} \text{ m} + \left(-\frac{12 \times 2}{2}\right) \text{ m} = 0$, 选项 B 错误; 由题图看出, CE

段图线斜率的绝对值最大, 则 CE 段对应过程的加速度最大, 选项 C 错误; 由题图看出, 在 $0 \sim 20 \text{ s}$ 时间内, 速度均为正值, 质点沿正方向运动, 在 $20 \sim 22 \text{ s}$ 时间内, 速度为负值, 质点沿负方向运动, 所以整个过程中, D 点对应时刻离出发点最远, 选项 D 错误。]

突破二

典例 3 D [题图甲中, 因 $v-t$ 图像与 t 轴围成的面积等于位移, 可知物体在 $0 \sim t_0$ 这段时间内的位移大于 $\frac{v_0 t_0}{2}$, 选项 A 错误; 题图乙中, 根据 $v^2 = 2ax$ 可知 $2a = \frac{15}{15} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$, 则物体的加速度为 0.5 m/s^2 , 选项 B 错误; 题图丙中, 根据 $\Delta v = a \Delta t$ 可知, 阴影面积表示 $t_1 \sim t_2$ 时间内物体的速度变化量, 选项 C 错误; 题图丁中, 由 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 可得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$, 由图像可知 $\frac{1}{2} a = \frac{10}{2} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$, $v_0 = -5 \text{ m/s}$, 则 $a = 10 \text{ m/s}^2$, 则 $t = 3 \text{ s}$ 时物体的速度为 $v_3 = v_0 + a t_3 = 25 \text{ m/s}$, 选项 D 正确。]

突破三

典例 4 解析: 法一: 临界法

利用位移公式、速度公式求解

对 A 车有 $s_A = v_0 t + \frac{1}{2} \times (-2a) \times t^2$

$v_A = v_0 + (-2a) \times t$

对 B 车有 $s_B = \frac{1}{2} a t^2$, $v_B = a t$

对两车有 $s = s_A - s_B$

追上时, 两车不相撞的临界条件是 $v_A = v_B$

联立以上各式解得 $v_0 = \sqrt{6as}$

故要使两车不相撞, A 车的初速度 v_0 应满足的条件是 $v_0 < \sqrt{6as}$ 。

法二: 函数法

利用判别式求解, 由法一可知 $s_A = s + s_B$

即 $v_0 t + \frac{1}{2} \times (-2a) \times t^2 = s + \frac{1}{2} a t^2$

整理得 $3at^2 - 2v_0 t + 2s = 0$

这是一个关于时间 t 的一元二次方程, 当根的判别式 $\Delta = (-2v_0)^2 - 4 \times 3a \times 2s < 0$ 时, t 无实数解, 即两车不相撞, 所以要使两车不相撞, A 车的初速度 v_0 应满足的条件是 $v_0 < \sqrt{6as}$ 。

法三: 图像法

利用速度—时间图像求解, 先作 A、B 两车的速度—时间图像, 其图像如图所示

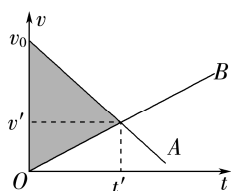
设经过 t' 时间两车刚好不相撞,

则对 A 车有 $v_A = v' = v_0 - 2at'$

对 B 车有 $v_B = v' = at'$

以上两式联立解得 $t' = \frac{v_0}{3a}$

经 t' 时间两车发生的位移大小之差, 即原来两车间的距离 s ,



它可用图中的阴影面积表示, 由图像可知 $s = \frac{1}{2} v_0 \cdot t' =$

$\frac{1}{2} v_0 \cdot \frac{v_0}{3a} = \frac{v_0^2}{6a}$, 所以要使两车不相撞, A 车的初速度 v_0 应满足的条件是 $v_0 < \sqrt{6as}$ 。

答案: $v_0 < \sqrt{6as}$

典例 5 D [$v-t$ 图像的斜率表示加速度, 由题图可得, $0 \sim t_1$ 内乙图线的斜率逐渐变小, 即加速度减小, 故 A 错误; $v-t$ 图像的面积表示位移, 由题图可知在 t_1 时刻, 乙的位移大于甲的位移, 即此时乙在甲前面, 故 B 错误; $v-t$ 图像的面积表示位移, 由题图可得, $0 \sim t_1$ 乙图线与坐标轴所围的面积与甲图线与坐标轴所围的面积之差一直增大, 即甲乙的位移差一直增大, 甲乙之间的距离一直增大, 故 C 错误; 由 B 选项可得, t_1 时刻乙在甲前面, $t_1 \sim t_2$ 由题图可知 $v_{\text{甲}} > v_{\text{乙}}$, 则甲会追上乙, 并超越乙到乙的前面, 即 $t_1 \sim t_2$ 甲乙之间的距离先减小到甲追上乙, 后甲超越乙到乙的前面, 甲乙的距离在增大, 故 D 正确。故选 D。]

实验一 测量做直线运动物体的瞬时速度

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析: (1) 本实验不需要天平测质量, 电火花计时器应用 220 V 交流电源, 也不用秒表测时间, 故不需要的器材为 ②③⑦。

(2) 正确的操作顺序是在安装好实验装置后先接通电源, 再释放小车。纸带和小车相连的一端先被打点, 此时纸带速度较小, 点间距离较小, 故纸带的左端与小车相连。

(3) B 点对应的速度是 $v_B = \frac{\overline{AC}}{2T} = \frac{52.0}{0.2} \times 10^{-3} \text{ m/s} = 0.26 \text{ m/s}$

$a = \frac{\overline{CE} - \overline{AC}}{(2T)^2} = 0.40 \text{ m/s}^2$ 。

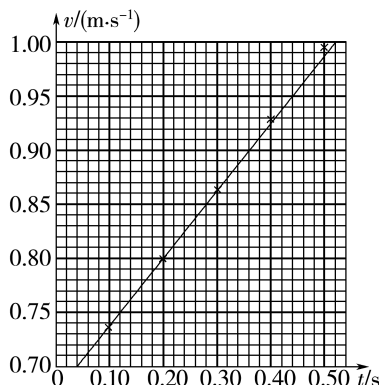
答案: (1) ②③⑦ (2) 接通电源 释放小车 左 (3) 0.26 0.40

典例 2 解析: (1) 根据匀变速直线运动中间时刻的瞬时速度等于这段时间内的平均速度可得

$v_D = \frac{x_3 + x_4}{2 \times (5T)} = \frac{(8.33 + 8.95) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 0.864 \text{ m/s}$

同理可得 $v_E = 0.928 \text{ m/s}$ 。

(2) 根据数据描点连线, 作出小车的速度—时间图线, 如图所示:



(3)在 $v-t$ 图像中,图线的斜率表示加速度,则 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} =$

$$\frac{1.00-0.70}{0.52-0.04} \text{ m/s}^2 = 0.625 \text{ m/s}^2。$$

(4)加速度 $a = \frac{\Delta x}{T^2} = \Delta x \cdot f^2$, 因为实际频率低于 50 Hz, 而计算时代入的仍是 50 Hz, 所以会造成测量值比真实值偏大。

答案:(1)0.864 0.928 (2)图见解析

(3)0.625 (0.61~0.64) (4)大

类型 2

典例 3 解析:(1) $d = 10 \text{ mm} + 0.05 \text{ mm} \times 2 = 10.10 \text{ mm} = 1.010 \text{ cm}。$

$$(2)v_1 = \frac{d}{t_1} = \frac{1.010 \times 10^{-2}}{1.0 \times 10^{-2}} \text{ m/s} \approx 1.0 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{d}{t_2} = \frac{1.010 \times 10^{-2}}{4.0 \times 10^{-3}} \text{ m/s} \approx 2.5 \text{ m/s}。$$

(3) v_1 、 v_2 实质上是滑块通过光电门 1 和 2 时的平均速度, 要使瞬时速度的测量值更接近于真实值, 可将滑块的宽度减小一些。

答案:(1)1.010 (2)1.0 2.5 (3)平均速度 滑块

典例 4 解析:(1)要测量当地重力加速度需要尽量减小小空气阻力的影响, 所以密度大体积小的小钢球最适合。

(2)要完成实验首先应该将刻度尺竖直固定在墙上, 安装好三脚架, 调整好手机摄像头的位置; 因为下落时间很短, 所以一定要先打开摄像头开始摄像, 然后再将小球从刻度尺旁静止释放, 故顺序为①③④②。

(3)由三张图片读出小球所在位置的刻度分别为 2.50 cm、26.50 cm、77.20 cm; 小球做自由落体运动, 由 $\Delta x = gT^2$ 可得 $g = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{(77.20-26.50) \times 10^{-2} - (26.50-2.50) \times 10^{-2}}{\left(\frac{1}{6}\right)^2} \text{ m/s}^2$

$$\approx 9.61 \text{ m/s}^2。$$

(4)因为就算小球偏离了竖直方向, 但是小球在竖直方向上的运动依然是自由落体运动, 对实验结果无影响, 故仍能用前面的方法测量出重力加速度。

答案:(1)小钢球 (2)①③④② (3)9.61(9.5~9.7)

(4)仍能

典例 5 解析:小球做自由落体运动, 出发点在 A 点, 小球在 A 点的速度为 0, 则小球从 A 到 B 的过程:

$$x = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{则 } \frac{x}{t} = \frac{1}{2}gt, \text{ 可知 } \frac{x}{t} - t \text{ 为一次函数图像, 斜率 } k = \frac{g}{2}$$

解得 $g = 2k$

依据速度公式, 则有 $v_B = gt_0 = 2kt_0$

$$\text{两光电门的间距 } x = \frac{1}{2}gt^2 = kt_0^2。$$

答案: $2k$ $2kt_0$ kt_0^2

• 4 •

教考衔接 1 使用手机测自由落体加速度

拓展高考链接

1. 解析:(1)利用频闪照片测重力加速度时需要测量小球下落的距离, 因此实验时必须使用米尺。

(2)将米尺竖直放置, 让小球靠近米尺下落, 从照片上直接读出小球下落的距离。

(3)根据 $\Delta x = gT^2$ 得重力加速度大小

$$g = \frac{bc-ab}{T^2} = \frac{(ac-ab)-ab}{T^2} = \frac{(58.7-24.5-24.5) \times 10^{-2}}{0.1^2} \text{ m/s}^2 = 9.7 \text{ m/s}^2。$$

答案:(1)A (2)将米尺竖直放置, 使小球下落时尽量靠近米尺 (3)9.7

2. 解析:(1)物块匀加速下滑, 经过参考点开始计时, 由运动学公式有 $L = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, 变形得 $\frac{2L}{t} = 2v_0 + at$, 所以题图乙中

图线的纵截距表示通过参考点时速度的 2 倍, 则 $v_0 = \frac{0.64}{2} \text{ m/s} = 0.32 \text{ m/s}$; 图线的斜率表示物块的加速度, 则加速度

$a = \frac{1.85-0.70}{0.395-0.02} \text{ m/s}^2 \approx 3.1 \text{ m/s}^2$ 。(2)物块沿斜面下滑过程中, 由牛顿第二定律有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$, 将 $\theta_1 = 53^\circ$, $a_1 = 5.6 \text{ m/s}^2$; $\theta_2 = 37^\circ$, $a_2 = 3.1 \text{ m/s}^2$ 分别代入, 解得 $g \approx 9.4 \text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)0.32 或 0.33 3.1 (2)9.4

3. 解析:(1)后一水滴经过一个频闪间隔运动到前一水滴的位置, 可看到一串仿佛固定不动的水滴, 即频闪仪频率等于水滴滴落的频率时, 水滴仿佛不动。

$$(2)g = \frac{h_{810} - h_{68}}{\left(\frac{2}{f}\right)^2} = \frac{[(43.67-26.39) - (26.39-13.43)] \times 10^{-2}}{\left(\frac{2}{30}\right)^2} \text{ m/s}^2 = 9.72 \text{ m/s}^2$$

$$v_8 = \frac{h_{79}}{\frac{2}{f}} = \frac{(34.48-19.36) \times 10^{-2}}{\frac{2}{30}} \text{ m/s} \approx 2.27 \text{ m/s}。$$

(3)空气阻力对水滴的运动产生影响; 水滴滴落的频率不恒定也会对实验产生影响。

答案:(1)见解析 (2)9.72 2.27 (3)见解析

第二章 相互作用——力

第 1 节 重力 弹力 摩擦力

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 地球 2. 正比 mg 弹簧测力计 3. 竖直向下 4. 质量 形状 5. 几何中心 悬挂法

二、2. (1)恢复原状 (2)形状 3. (1)恢复原状 (2)接触 弹性形变 (3)相反 4. (1)弹性形变 正比 (2) kx 劲度系数 自身性质 形变量

三、1. 相对运动 相对运动 相对运动 粗糙 压力 相对运动趋势 粗糙 压力 相对运动 $0 < F_f \leq F_{fm}$ 有关 μF_N 相反 相反 相对运动趋势 相对运动 2. (1)相对运动 (2)粗糙程度

易错易辨析

(1)× (2)√ (3)× (4)√ (5)√ (6)×

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 CD [小车静止时,由物体的平衡条件可知此时杆对球的作用力方向为竖直向上,大小等于球的重力 mg ,故选项 A、B 错误;小车向右匀速运动时,小车和小球的加速度为零,杆对小球的作用力方向为竖直向上,大小为 mg ,故选项 C 正确;当小车向右匀加速运动时, $F_y = mg$, $F_x = ma$, $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(ma)^2 + (mg)^2} > mg$,只有当 $\frac{ma}{mg} = \tan \theta$,即 $a = g \tan \theta$ 时,杆对小球的作用力 F 沿杆向上,故选项 D 正确。]

考点 2

典例 2 BD [对题图甲:设物块 m 受到重力、支持力、摩擦力,而重力与支持力平衡,若受到摩擦力作用,其方向与接触面相切,方向水平,则物块 m 受力将不平衡,与题中条件矛盾,故假设不成立,A、C 错误;对题图乙:设物块 m 不受摩擦力,由于 m 匀速下滑, m 必受力平衡,若 m 只受重力、支持力作用,由于支持力与接触面垂直,故重力、支持力的合力不可能为零,可知 m 所受的静摩擦力沿斜面向上,B、D 正确。]

典例 3 A [木块所受木板的滑动摩擦力大小为 $f_1 = \mu_1 mg$,方向水平向左,根据牛顿第三定律得知,木板受到木块的摩擦力方向水平向右,大小等于 $\mu_1 mg$;木板处于静止状态,水平方向受到木块的滑动摩擦力和地面的静摩擦力,根据平衡条件可知木板受到地面的摩擦力的大小也是 $\mu_1 mg$,木板相对于地面处于静止状态,不能使用滑动摩擦力的公式计算木板受到的地面的摩擦力,所以木板与地面之间的摩擦力不一定是 $\mu_2(m+M)g$,故 A 正确,B、C 错误;开始时木板处于静止状态,说明木块与木板之间的摩擦力小于等于木板与地面之间的最大静摩擦力,与拉力 F 的大小无关,所以即使拉力 F 增大到足够大,木板仍静止,故 D 错误。]

考点 3

典例 4 BCD [物体受重力、支持力、摩擦力和沿斜面向上的力 F 作用,又有物体始终处于静止状态,故物体受力平衡,则有 $F_f = mg \sin \theta - F$ 。当 $F_{\max} > mg \sin \theta$ 时,摩擦力在 $t=0$ 时为负,在 $t=t_0$ 时, $F_f = mg \sin \theta$,故 $F_f - t$ 图像如选项 D 所示;当 $F_{\max} = mg \sin \theta$ 时,摩擦力在 $t=0$ 时为零,在 $t=t_0$ 时, $F_f = mg \sin \theta$,故 $F_f - t$ 图像如选项 B 所示;当 $F_{\max} < mg \sin \theta$ 时,摩擦力在 $t=0$ 时为正,在 $t=t_0$ 时, $F_f = mg \sin \theta$,故 $F_f - t$ 图像如选项 C 所示;故 A 错误,BCD 正确。故选 BCD。]

典例 5 ABC [$t=0$ 时刻,力传感器显示拉力为 2 N,则滑块受到的摩擦力为静摩擦力,大小为 2 N,由小车与空沙桶受力平衡可知空沙桶的重力也等于 2 N,A 选项正确; $t=50$ s 时刻摩擦力达到最大值,即最大静摩擦力为 3.5 N,同时小车启动,说明带有沙的沙桶重力等于 3.5 N,此时摩擦力立

即变为滑动摩擦力,故摩擦力突变为 3 N 的滑动摩擦力,B、C 选项正确;此后由于沙和沙桶重力 3.5 N 大于滑动摩擦力 3 N,故 50 s 后小车将加速运动,D 选项错误。]

典例 6 B [滑块上滑过程中受滑动摩擦力,由 $F_f = \mu F_N$ 和 $F_N = mg \cos \theta$,得 $F_f = 6.4$ N,方向沿斜面向下。当滑块的速度减为零后,由于重力的分力 $mg \sin \theta < \mu mg \cos \theta$,滑块将静止,滑块受到的摩擦力为静摩擦力,由平衡条件得 $F_f = mg \sin \theta$,代入可得 $F_f = 6$ N,方向沿斜面向上,故 B 正确。]

典例 7 BD [当小木块速度小于传送带速度时,小木块相对于传送带向上滑动,小木块受到的滑动摩擦力沿传送带向下,加速度 $a = g \sin \theta + \mu g \cos \theta$;当小木块速度达到传送带速度时,由于 $\mu < \tan \theta$,即 $\mu mg \cos \theta < mg \sin \theta$,所以速度能够继续增加,此时滑动摩擦力的大小不变,但方向突变为沿传送带向上, $a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$,加速度变小,则 $v-t$ 图像的斜率变小,所以 B、D 正确。]

第 2 节 力的合成与分解

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. (1)单独作用的效果 合力 分力 (2)等效替代
2. 同一点 延长线 3. (1)合力 (2)共点力 大小 方向 首尾相接 4. (1)分力 (2)平行四边形 三角形 (3)效果

二、1. 方向 平行四边形定则 2. 没有 算术法则

易错易辨析

(1)× (2)× (3)× (4)√ (5)× (6)√

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 解析:法一:作图法

如图 1 所示,自 O 点引两根有向线段 OA 和 OB ,它们跟竖直方向的夹角都为 30° ,取单位长度为 1×10^4 N,则 OA 和 OB 的长度都是 3 个单位长度,量得对角线 OC 长约为 5.2 个单位长度,所以合力的大小为 $F = 5.2 \times 1 \times 10^4$ N $= 5.2 \times 10^4$ N,方向竖直向下。

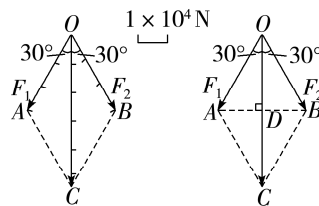


图 1

图 2

法二:计算法

如图 2 所示,根据这个平行四边形是一个菱形的特点,连接 AB ,交 OC 于 D ,则 AB 与 OC 互相垂直平分,即 AB 垂直于 OC ,且 $AD = DB$, $OD = \frac{1}{2}OC$ 。

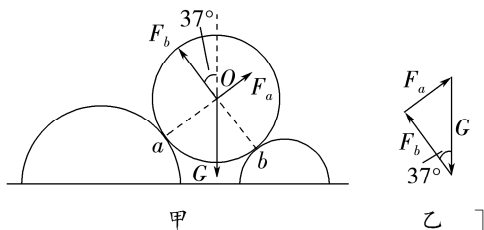
对于直角三角形 AOD , $\angle AOD = 30^\circ$,

则有 $F = 2F_1 \cos 30^\circ = 2 \times 3 \times 10^4 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$ N $\approx 5.2 \times 10^4$ N,方向竖直向下。

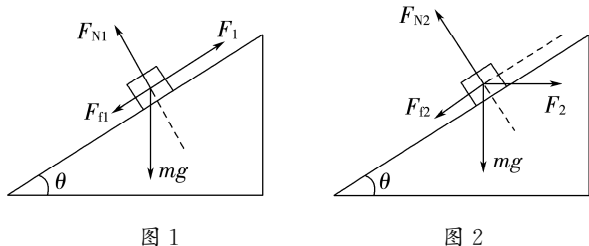
答案: 5.2×10^4 N 方向竖直向下

考点 2

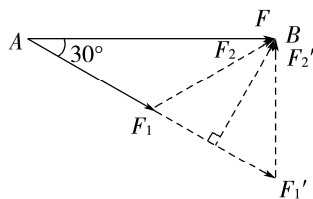
典例 2 D [根据题意,对圆柱体进行受力分析,如图甲所示,把 F_a 、 F_b 、 G 三个力经过平移得到矢量三角形,如图乙所示,根据直角三角形知识可知 $F_a = G \sin 37^\circ = 0.6G$ 、 $F_b = G \cos 37^\circ = 0.8G$,D 正确。]



典例 3 B [物体在力 F_1 作用下和力 F_2 作用下运动时的受力如图 1、图 2 所示。将物体受力沿斜面方向和垂直于斜面方向正交分解,由平衡条件可得: $F_1 = mg \sin \theta + F_{f1}$, $F_{N1} = mg \cos \theta$, $F_{f1} = \mu F_{N1}$, $F_2 \cos \theta = mg \sin \theta + F_{f2}$, $F_{N2} = mg \cos \theta + F_2 \sin \theta$, $F_{f2} = \mu F_{N2}$, 解得: $F_1 = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$, $F_2 = \frac{mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}$, 故 $\frac{F_1}{F_2} = \cos \theta - \mu \sin \theta$, 选项 B 正确。]

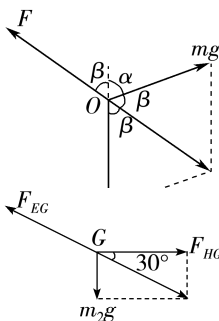


典例 4 AC [根据题意,作出矢量三角形,如图,通过几何关系得, $F_1 = \frac{2\sqrt{3}}{3}F$ 或 $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}F$, 故 A、C 正确, B、D 错误。]



考点 3

典例 5 B [取 O 点为研究对象,在三力的作用下 O 点处于平衡状态,对其受力分析如图所示,根据几何关系可得 $\beta = 55^\circ$ 。]



典例 6 D [题图甲中, C 点可视为“活结”,两段绳的拉力大小都是 m_1g , 互成 120° 角, 因此合力大小是 m_1g , 根据共点力平衡, BC 杆对滑轮的作用力大小也是 m_1g (方向与竖直方向成 60° 角, 斜向右上方), 故 A 错误; 题图乙中, G 点可视为“死结”, 以 G 为研究对象, 分析受力情况如图所示, 由平衡条件得, $F_{HG} \tan 30^\circ = m_2g$, 得 $F_{HG} = \sqrt{3}m_2g$, 即 HG 杆受到绳的作用力为 $\sqrt{3}m_2g$, 故 B 错误; 题图甲中绳 AC 段的拉力 $F_{AC} = m_1g$, 题图乙中由于 $F_{EG} \sin 30^\circ = m_2g$, 得 $F_{EG} = 2m_2g$, 解得 $\frac{F_{AC}}{F_{EG}} = \frac{m_1}{2m_2}$, 故 C 错误, D 正确。]

第 3 节 受力分析 共点力的平衡

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 受力示意图 2. 重力 摩擦力

二、1. 静止 匀速直线运动 2. $F - mg$ $F_1 - F_f$ $F_2 + F_N - mg$

三、1. 相等 相反 2. 合力 3. 其余几个力的合力

易错易误辨析

(1)√ (2)× (3)√ (4)× (5)√ (6)√

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 ACD [B 至少受到重力、A 对 B 的压力、斜面的支持力三个力, A 对 B 可能有摩擦力, 也可能无摩擦力, 斜面对物体 B 可能有静摩擦力, 也可能没有静摩擦力, B 静止, 则这两个摩擦力至少有一个, 因此 B 受到 4 个力或 5 个力; 而 A 除受到支持力与重力外, 还可能受到拉力及 B 对 A 的摩擦力, 因此 A 可能受到 2 个力或 4 个力。当 B 对 A 没有摩擦力时, A、B 受力个数分别为 2 个和 4 个; 当 B 对 A 有摩擦力时, 斜面对物体 B 可能有静摩擦力, 也可能没有静摩擦力, A、B 受力个数可能为 4 个和 4 个或 4 个和 5 个。故选 ACD。]

拓展变式 1 BC [对 A 受力分析, 由平衡条件知 A 只受重力和支持力作用, A 与 B 之间无摩擦力作用, B 一定受重力、斜面的支持力、A 的压力和力 F, 斜面对 B 可能有摩擦力, 也可能没有摩擦力, 故 B 可能受 4 个力或 5 个力, 选项 B、C 正确。]

拓展变式 2 D [对 A 进行受力分析, 根据平衡条件知 A 只受重力和支持力 2 个力的作用, 选项 A 错误; 对 B 进行受力分析, 受重力、A 对 B 的压力、C 施加的垂直斜面向上的支持力、拉力 F, 根据平衡条件知还受 C 施加的平行斜面向上的静摩擦力, 共 5 个力的作用, 选项 B 错误; 以 A、B、C 整体为研究对象进行受力分析, 根据平衡条件知地面对 C 的支持力等于三者重力之和, 选项 C 错误; 对 A、B、C 整体进行受力分析, 根据平衡条件知地面对 C 的摩擦力大小等于 F, 方向水平向左, 选项 D 正确。]

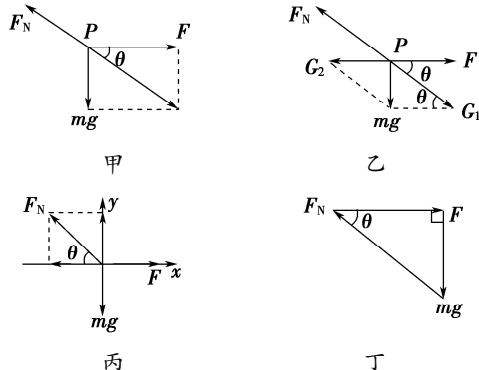
拓展变式 3 B [对 B 受力分析, 木块 B 受重力、A 对 B 的压力、A 对 B 水平向左的静摩擦力、斜面对 B 垂直于斜面向上的支持力、斜面对 B 可能有静摩擦力 (当 A 对 B 向左的静摩擦力平行斜面方向的分力与木块 A 对 B 的压力与木块 B 重力的合力沿斜面方向的分力平衡时, 斜面对 B 没有静摩擦力) 作用, 故 B 受 4 个力或者 5 个力作用, 故 A 错误; 当 A 对 B 向左的静摩擦力平行斜面方向的分力大于木块 A 对 B 的压力与木块 B 重力的合力沿斜面方向的分力时, 木块 B 有上滑趋势, 此时木块 B 受到平行斜面向下的静摩擦力, 故 B 正确; 对木块 A 受力分析, 受水平力 F、重力、B 对 A 的支持力和静摩擦力, 根据平衡条件, B 对 A 的静摩擦力与水平力 F 平衡, 根据牛顿第三定律, A 对 B 的摩擦力水平向左, 大小为 F, 故 C 错误; 对 A、B 整体受力分析, 受重力、斜面对整体的支持力、水平力 F, 可能有静摩擦力 (当推力沿斜面方向的分力与 A、B 整体重力沿斜面方向的分力平衡时, 斜面对 A、B 整体的静摩擦力为零), 所以 A、B 整体可能受三个力作用, 故 D 错误。]

考点 2

典例 2 AC [法一:合成法]

滑块受力如图甲,由平衡条件知 $\frac{mg}{F} = \tan \theta$,

所以 $F = \frac{mg}{\tan \theta}$, $F_N = \frac{mg}{\sin \theta}$ 。



法二:效果分解法

将重力按产生的效果分解,如图乙所示,

$$F = G_2 = \frac{mg}{\tan \theta}, F_N = G_1 = \frac{mg}{\sin \theta}.$$

法三:正交分解法

将滑块受的力沿水平、竖直方向分解,如图丙所示, $mg = F_N \sin \theta$, $F = F_N \cos \theta$,

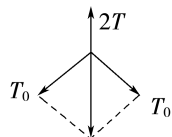
$$\text{联立解得 } F = \frac{mg}{\tan \theta}, F_N = \frac{mg}{\sin \theta}.$$

法四:力的三角形定则法

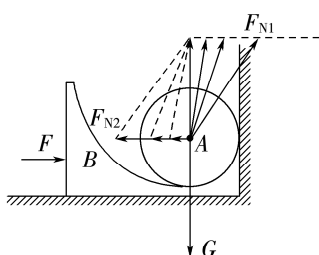
滑块受到的三个力可组成封闭的三角形,如图丁所示,则由几何关系可得 $F = \frac{mg}{\tan \theta}$, $F_N = \frac{mg}{\sin \theta}$ 。

考点 3

典例 3 B [设木板与水平方向的夹角为 θ ,两绳所在平面与木板间的夹角为 α ,圆柱体的质量为 m ,对圆柱体进行受力分析,将两绳对圆柱体的合力记为 $2T$, $2T$ 与每根绳上的拉力 T_0 的关系如图所示,沿木板方向有 $mg \sin \theta = 2T \cos \alpha$, $T = \frac{mg \sin \theta}{2 \cos \alpha}$,垂直木板方向有 $F_N = mg \cos \theta + 2T \sin \alpha = mg \cos \theta + mg \tan \alpha \sin \theta = \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} \cdot mg \cos(\theta - \alpha)$,根据牛顿第三定律可知,圆柱体对木板的压力 $F'_N = F_N$, α 为定值且小于 90° ,木板由竖直缓慢转至水平的过程中, θ 由 90° 逐渐减小,圆柱体对木板的压力先增大后减小,故 B 正确, A、C、D 错误。]



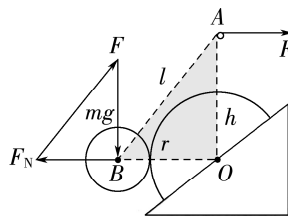
典例 4 B [对小球进行受力分析,小球受到重力、滑块的弹力和墙壁的弹力,如图所示,重力的大小和方向都不变,墙壁的弹力方向不变。滑块的弹力和墙壁的弹力的合力不变,大小等于重力,由图可知,滑块对球的弹力在增大,墙壁对球的弹力在增大,故 A 错误, B 正确;对滑块和小球整体进行受力分析,整体受重力、支持力、墙壁的弹力及推力,竖直方向上滑块和小球



的重力大小等于地面对滑块的弹力,滑块和小球的重力都不变,所以地面对滑块的弹力不变,水平方向上推力 F 大小等于墙壁对球的弹力,所以推力 F 增大,故 C、D 错误。]

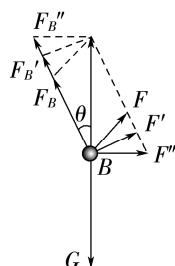
典例 5 D [对圆球 B 受力分析,并合成三角形如图所示,根据几何关系可知图中力构成的矢量三角形与阴影部分的三角形相似,则 $\frac{mg}{h}$

$= \frac{F_N}{r} = \frac{F}{l}$,移动过程中,高度 h 和两球心距离 r 不变,所以半球形滑块对圆球 B 的支持力大小保持不变,绳子长度 l 变短, F 减小, A、B、C 错误, D 正确。]

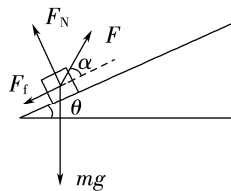


考点 4

典例 6 A [对小球 A 受力分析可知,因 O、A 间轻绳竖直,则 A、B 间轻绳上的拉力为 0。对小球 B 受力分析如图所示,则可知当 F 与 O、B 间轻绳垂直时 F 最小, $F_{\min} = G \sin \theta$,其中 $\sin \theta = \frac{l}{2l} = \frac{1}{2}$,则 $F_{\min} = \frac{1}{2}G$,故选项 A 正确。]



典例 7 A [对木箱受力分析如图所示,木箱沿着斜面向上做匀速直线运动,合力为零,根据平衡条件,在垂直斜面方向,有 $F_N + F \sin \alpha = mg \cos \theta$,在平行斜面方向,有 $F \cos \alpha = mg \sin \theta + F_f$,其中 $F_f = \mu F_N$,联立解得 $F = \frac{mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$



$\frac{(4+3\sqrt{3})mg}{10 \sin(\alpha+60^\circ)}$,当 $\alpha=30^\circ$ 时, F 最小,则在 α 从 0° 逐渐增大到 53° 的过程中, F 先减小后增大,故 A 正确。]

典例 8 A [θ 取 0° 时,下面两圆柱之间将会分开,无法稳定,应适当增大 θ 以保持系统稳定,此时下面两圆柱之间有弹力;当下面两圆柱之间的弹力恰好为 0 时,对应的 θ 为最小值;继续增大 θ ,右圆柱和上圆柱之间弹力减小,若 θ 太大,此两圆柱将分开,当上圆柱和右圆柱之间的弹力恰好为 0,对应的 θ 为最大值。临界情况为 $\theta_{\max}$ 时,左边两圆柱的圆心连线在竖直方向上,保证上圆柱只受到两个力的作用恰好处于平衡状态,此时上圆柱与右圆柱间相互接触且无弹力,可得 $\theta = 30^\circ$,故 A 项正确, B、C、D 项错误。]

实验二 探究弹簧弹力与形变量的关系

实验类型全突破

类型 1

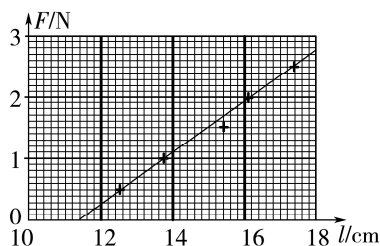
典例 1 解析: (1) 根据实验原理可知还需要刻度尺来测量弹簧原长和挂上钩码后的长度。
(2) 根据实验原理,实验中需要测量的物理量有弹簧的原长、弹簧所受外力与弹簧对应的长度。
(3) 取题图乙中 (0.5 cm, 0) 和 (3.5 cm, 6 N) 两个点,代入 $F = kx$ 解得 $k = 200 \text{ N/m}$,由于弹簧自身的重力,使得实验中弹簧不加外力时就有形变量。

(4)根据实验操作的合理性可知,实验步骤的先后顺序为CBDAEFG。

答案:(1)刻度尺 (2)弹簧原长、弹簧所受外力与弹簧对应的长度 (3)200 弹簧自身重力的影响

(4)CBDAEFG

典例2 解析:(1)由题图甲可知,刻度尺的读数为13.70 cm,描点连线得到的图像如图所示。



①弹力为0时,弹簧原长为11.40 cm。

②根据胡克定律 $F=kx$ 可知,图像斜率的物理意义为弹簧的劲度系数,则有 $k=\frac{2.73}{18.00-11.40} \text{ N/cm} \approx 0.41 \text{ N/cm}$ 。

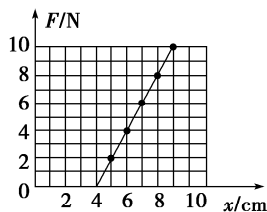
(2)不正确。将两个劲度系数相同的弹簧串接,施加外力后,与单独一个弹簧相比弹簧的等效伸长量变为原来的2倍,所以劲度系数发生改变。

答案:(1)13.70 见解析图 ①11.40 ②0.41

(2)不正确 将两个劲度系数相同的弹簧串接,施加外力后,与单独一个弹簧相比弹簧的等效伸长量变为原来的2倍,所以劲度系数发生改变

类型2

典例3 解析:(1)描点作图,如图所示。



(2)由图线知, $F=0$ 时弹簧的总长度 $x=4.00 \text{ cm}$ 为弹簧的原长,由胡克定律 $\Delta F=k\Delta x$ 可得

$$k=\frac{\Delta F}{\Delta x}=\frac{10.00-2.00}{9.00-5.00} \text{ N/cm}=200 \text{ N/m}。$$

答案:(1)见解析图 (2)4.00 200

典例4 解析:(1)压缩量的变化量 $\Delta L_3=L_6-L_3=18.09 \text{ cm}-12.05 \text{ cm}=6.04 \text{ cm}$,压缩量的平均值 $\overline{\Delta L}=\frac{\Delta L_1+\Delta L_2+\Delta L_3}{3}=6.05 \text{ cm}$ 。

(2)根据(1)问可知, $\overline{\Delta L}$ 为增加3个钢球时产生的平均压缩量。

(3)根据胡克定律的推论可知, $3mg\sin\theta=k\overline{\Delta L}$,代入数值解得 $k\approx 48.6 \text{ N/m}$ 。

答案:(1)6.04 6.05 (2)3 (3)48.6

典例5 解析:(3)①对B分析,根据平衡条件有: $F_{\text{弹}}+m_0g=F$, $F_{\text{弹}}=k(x_0-x)$, x_0 为弹簧初始的压缩量,可得: $F=m_0g+kx_0-kx$,可知 F 与 x 呈线性关系,可知弹簧的弹力与弹簧的形变量成正比;②由题意可知, $F-x$ 图线斜率的绝对值表示弹簧的劲度系数,则 $k=\frac{19.6}{0.2} \text{ N/m}=98 \text{ N/m}$ 。

答案:(3)①正比 ②98

实验三 探究两个互成角度的力的合成规律

实验类型全突破

类型1

典例1 解析:(1)由一个弹簧测力计拉橡皮条至O点的拉力一定沿AO方向;而根据平行四边形定则作出的合力,由于误差的存在,不一定沿AO方向,故一定沿AO方向的是 F' 。

(2)一个力的作用效果与两个力的作用效果相同,它们的作用效果可以等效替代,故本实验采用等效替代法,B正确。

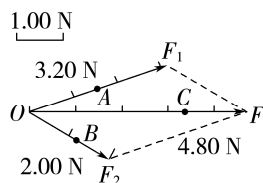
(3)①根据“验证力的平行四边形定则”实验的操作步骤可知,有重要遗漏的步骤的标号是C、E。

②在C中未记下两条细绳的方向,E中未说明是否把橡皮条的结点拉到同一位置O。

答案:(1) F' (2)B (3)①C E ②C中应加上“记下两条细绳的方向” E中应说明“把橡皮条的结点拉到同一位置O”

典例2 解析:(1)对拉弹簧测力计是为了校准两弹簧测力计,但是在校准前必须要调零,然后在水平面对拉两弹簧测力计,若其读数相等,则可正常使用,竖直方向上对拉时考虑弹簧自身重力的影响,并且与弹簧的量程无关,所以A、D正确,B、C错误。

(2)①如图所示。



②适当增大两细绳的夹角或增大A、B两点到O点的距离。

答案:(1)AD (2)①见解析图 ②适当增大两细绳的夹角或增大A、B两点到O点的距离

类型2

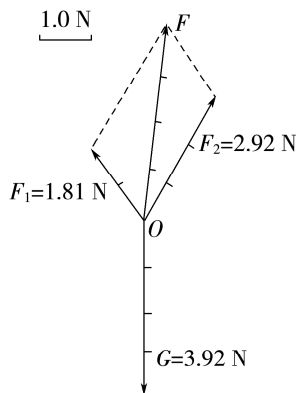
典例3 解析:(1)实验开始前,需要调节木板使其位于竖直平面内,以保证钩码重力等于细线中的拉力,A正确;该装置每次实验不需要保证结点位于O点,B错误;实验时需要记录钩码数量、两力传感器的示数和三细绳的方向,C正确;悬挂于O点的钩码的总重力可以根据钩码的质量得出,不需要力传感器测量,D错误。

(2)利用平行四边形定则作出 F_1 和 F_2 的合力 F 。该合力方向不完全在竖直方向的可能原因是定滑轮有摩擦、木板未竖直放置等。

答案:(1)AC (2)如解析图所示 定滑轮有摩擦、木板未竖直放置等(回答出一项合理答案即可)

典例4 解析:(1)要测量装满水的水杯的重力,则应记下水杯静止时电子秤的示数 F 。

(2)要画出平行四边形,则需要记录分力的大小和方向,所以在白纸上记下结点O的位置的同时,也要记录三根细线的方向以及电子秤的示数 F_1 。



(3)已经记录了一个分力的大小,还要记录另一个分力的大小,则结点O的位置不能变化,力的方向也都不能变化,所以应使结点O的位置和三根细线的方向与(2)中重合,记录电子秤的示数 F_2 。

(4)根据平行四边形定则作出 F_1 、 F_2 的合力 F' 的图示,若 F 和 F' 在误差允许的范围内重合,则平行四边形定则得到验证。

答案:(1)静止 (2)三根细线的方向 (3)结点O的位置
(4) F 和 F' 在误差允许的范围内重合

典例5 解析:(1)在坐标系中描点,用平滑的曲线(直线)将各点连接起来,不在直线上的点均匀分布在直线的两侧。如图1所示,由图线可知与横轴的交点 $l_0=10.00\text{ cm}$ 。

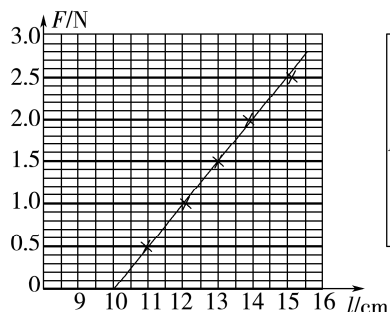


图1

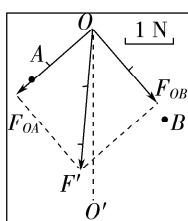


图2

(2)橡皮筋的长度 $l=OA+OB=13.60\text{ cm}$,由图1可得 $F=1.80\text{ N}$,所以 $F_{OA}=F_{OB}=F=1.80\text{ N}$ 。

(3)利用给出的标度作出 F_{OA} 和 F_{OB} 的图示,然后以 F_{OA} 和 F_{OB} 为邻边作出平行四边形,过O点的对角线即为合力 F' ,如图2所示。

(4) $F_{OO'}$ 的作用效果和 F_{OA} 、 F_{OB} 两个力的作用效果相同, F' 是 F_{OA} 、 F_{OB} 两个力的合力,所以只要比较 F' 和 $F_{OO'}$ 的大小和方向,即可得出实验结论。

答案:(1)如解析图1所示 10.00(9.90~10.10 均可)
(2)1.80(1.70~1.90 均可) (3)如解析图2所示 (4) $F_{OO'}$

第三章 运动和力的关系

第1节 牛顿运动三定律

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

- 一、1. 匀速直线运动 静止 改变 2. (1)维持 改变 加速度 (2)惯性 惯性定律 3. (1)匀速直线运动 静止 (2)质量 质量大 质量小 (3)固有
二、1. (1)正比 反比 相同 (2) ma (3)静止 匀速直线运动 宏观 低速 2. (1)基本 导出 (2)长度 质量 时间 米 千克 秒 (3)物理关系
三、1. 相互 2. (1)相等 相反

易错易误辨析

- (1)√ (2)× (3)× (4)× (5)× (6)× (7)×

细研考点·突破题型

考点1

题组突破

1. D [惯性只与质量有关,与速度无关,A、C 错误;失重或重力加速度发生变化时,物体质量不变,惯性不变,B 错误,D 正确。]

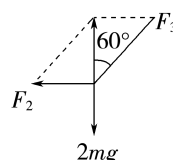
2. D [火车在长直水平轨道上匀速行驶,火车和人在水平方向上所受合外力均为零。人竖直跳起后上升和落下的整个过程中,均没有受到水平方向上力的作用,根据牛顿第一定律,人保持水平方向的匀速直线运动状态,与火车一起匀速前进,仍落回到原处,故 D 正确。]

3. B [由题意知,小球在水平方向上不受外力作用,由牛顿第一定律,小球在此方向上将保持原有的运动状态不变,即静止而不向左或向右运动,只有竖直方向上的运动,因此运动轨迹是一条竖直向下的直线。故 B 正确。]

考点2

典例1 BC [对水平面上的物体根据牛顿第二定律有 $F-\mu mg=ma$,整理得 $F=ma+\mu mg$,则 $F-a$ 图像中图线的斜率 $k=m$,截距为 μmg ,由题 $F-a$ 图像可知 $k_{\text{甲}}>k_{\text{乙}}$,则 $m_{\text{甲}}>m_{\text{乙}}$,A 错误,B 正确;由题 $F-a$ 图像可知两图线的截距相同,则 $\mu_{\text{甲}}m_{\text{甲}}g=\mu_{\text{乙}}m_{\text{乙}}g$,因为 $m_{\text{甲}}>m_{\text{乙}}$,所以 $\mu_{\text{甲}}<\mu_{\text{乙}}$,C 正确,D 错误。]

典例2 A [对b球受力分析, $F_1=mg=k_2x$,对a、b球,N 弹簧整体受力分析,根据平衡条件,可知 $F_2=2mg\cdot \tan 60^\circ=2\sqrt{3}mg=k_1x$, $F_3=4mg$,故 $\frac{k_1}{k_2}=2\sqrt{3}$,故 A 正确,B 错误;剪断轻



绳,其它两个力来不及变化,合力 $F_{\text{合}}=F_3=4mg$, $a=\frac{F_{\text{合}}}{m}\neq 0$,故 C 错误;剪断M,b球受力不变,故 $F_{\text{合b}}=0$, $a_b=0$,故 D 错误。]

考点3

题组突破

1. B [观察分析两个力传感器的相互作用力随时间变化的曲线,可以看出作用力与反作用力总是大小相等、方向相反、同时变化,A、C 错误,B 正确;作用力与反作用力总是等大、反向、共线的关系,与物体的运动状态无关,D 错误。]
2. C [桌子受到的重力与地面对桌子的支持力是一对平衡力,故 A 错误;桌子对地面的压力与地面对桌子的支持力是一对作用力和反作用力,故 B 错误;同学推桌子的力与桌子受到的摩擦力都作用在桌子上,且大小相等,方向相反,是一对平衡力,故 C 正确;同学推桌子的力受力物体是桌子,同学受到的摩擦力的施力物体是地面,所以这两个力不是一对相互作用力,故 D 错误。]

3. A

第2节 牛顿第二定律的基本应用

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

- 一、1. 运动情况 受力情况 2. 加速度 牛顿运动定律
二、1. (1)无关 (2)不等于 2. (1)大于 (2)向上 3. (1)小于 (2)向下 4. (1)完全没有 (2) g

易错易误辨析

- (1)× (2)× (3)√ (4)√ (5)× (6)√

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 解析: (1) 设无人机上升时加速度为 a , 由牛顿第二定律得 $F - mg - f = ma$, 解得 $a = 6 \text{ m/s}^2$

$$\text{由 } h = \frac{1}{2}at^2, \text{ 解得 } h = 75 \text{ m}.$$

(2) 设无人机坠落过程中加速度为 a_1 , 由牛顿第二定律得 $mg - f = ma_1$

$$\text{解得 } a_1 = 8 \text{ m/s}^2$$

$$\text{由 } v^2 = 2a_1 H, \text{ 解得 } v = 40 \text{ m/s}.$$

答案: (1) 75 m (2) 40 m/s

拓展变式 解析: 设无人机恢复升力后向下减速时加速度为 a_2 , 由牛顿第二定律得 $F - mg + f = ma_2$, 解得 $a_2 = 10 \text{ m/s}^2$
设无人机恢复升力时速度为 v_m , 则有

$$\frac{v_m^2}{2a_1} + \frac{v_m^2}{2a_2} = H$$

$$\text{解得 } v_m = \frac{40\sqrt{5}}{3} \text{ m/s}, \text{ 由 } v_m = a_1 t_1, \text{ 解得 } t_1 = \frac{5\sqrt{5}}{3} \text{ s}.$$

$$\text{答案: } \frac{5\sqrt{5}}{3} \text{ s}$$

考点 2

题组突破

1. **C** [开始时人处于平衡状态, 人对传感器的压力约为 900 N, 人的重力也约为 900 N, 故 A 错误; b 到 c 的过程中, 人先处于失重状态再处于超重状态, 故 B 错误; 双脚离开力板的过程中只受重力的作用, 处于完全失重状态, 故 C 正确; b 点弹力与重力的差值要小于 c 点弹力与重力的差值, 则人在 b 点的加速度要小于在 c 点的加速度, 故 D 错误。]

2. **B** [当箱子随电梯以 $a = 4.0 \text{ m/s}^2$ 的加速度竖直向上做匀减速运动时, 对金属块受力分析, 由牛顿第二定律知 $F_{N\perp} + mg - F_{N\text{F}} = ma$, $m = \frac{F_{N\text{F}} - F_{N\perp}}{g - a} = \frac{10 - 4}{10 - 4} \text{ kg} = 1 \text{ kg}$, $G = mg = 10 \text{ N}$ 。若下底板传感器示数不变, 上顶板传感器的示数是下底板传感器的示数的一半, 则上顶板传感器的示数是 5 N, 对金属块, 由牛顿第二定律知 $F'_{N\perp} + mg - F'_{N\text{F}} = ma'$, 解得 $a' = 5 \text{ m/s}^2$, 方向向下, 故电梯以 $a = 5 \text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速下降, 或以 $a = 5 \text{ m/s}^2$ 的加速度匀减速上升, 故 A、C、D 错误, B 正确。]

考点 3

典例 2 AB [分析知木板受到的摩擦力 $f' = f$, $0 \sim 2 \text{ s}$ 内, 木板静止, $F = f'$, F 逐渐增大, C 错误; $4 \sim 5 \text{ s}$ 内, 木板加速度大小 $a_2 = \frac{0.4 - 0.2}{1} \text{ m/s}^2 = 0.2 \text{ m/s}^2$, 对木板受力分析, $f' = ma_2 = 0.2 \text{ N}$, 得 $m = 1 \text{ kg}$, A 正确; $2 \sim 4 \text{ s}$ 内, 对木板 $F - f' = ma_1$, $F = f' + ma_1 = 0.2 \text{ N} + 1 \times \frac{0.4 - 0}{2} \text{ N} = 0.4 \text{ N}$, B 正确; 由于无法确定物块的质量, 尽管知道滑动摩擦力大小, 仍无法确定物块与木板间的动摩擦因数, 故 D 错误。]

典例 3 AD [从跳下至第一次到达最低点的运动过程中, 绳子拉直前, 人先做自由落体运动, $v-t$ 图线斜率恒定; 绳子拉

直后在弹力等于重力之前, 人做加速度逐渐减小的加速运动, $v-t$ 图线斜率减小; 弹力等于重力之后, 人开始做减速运动, 随着弹力增大加速度逐渐增大, $v-t$ 图线斜率逐渐增大, 直到速度减到零, 故选项 A 正确, B 错误; 设向下运动的位移为 y , 绳子刚产生弹力时位移为 y_0 , 则 $mg - k(y - y_0) = ma$, 加速度为 $a = g - \frac{k(y - y_0)}{m}$, 所以 a 与 y 的关系图线斜率是恒定的, 故选项 D 正确, C 错误。]

教考衔接 2 太空中质量的测量

拓展高考链接

1. **解析:** (1) 初始时弹簧的伸长量为 5.00 cm, 结合图乙可读出弹簧弹力为 0.610 N, 由 $F = kx$ 可得弹簧的劲度系数 $k \approx 12 \text{ N/m}$ 。

(2) 根据牛顿第二定律 $F = ma$, 结合图丙可得 $a-F$ 图线斜率的倒数表示滑块与加速度传感器的质量, 代入数据得 $m = 0.20 \text{ kg}$ 。

(3) 同理图像斜率的倒数 $\frac{1}{k} = m + m_{\text{测}}$, 得 $m_{\text{测}} \approx 0.13 \text{ kg}$ 。

答案: (1) 12 (2) 0.20 (3) 0.13

2. **BC** [对飞船和火箭组组成的整体, 由牛顿第二定律, 有 $F = (m_1 + m_2)a$, 设飞船对火箭的弹力大小为 F_N , 对火箭组,

由牛顿第二定律, 有 $F_N = m_2 a$, 解得 $F_N = \frac{m_2 F}{m_1 + m_2} < F$, 故 A

错误; 由运动学公式, 有 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 且 $F = (m_1 + m_2)a$, 解得 m_1

$+ m_2 = \frac{F \Delta t}{\Delta v}$, 故 B 正确; 对整体 $F = (m_1 + m_2) \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 由于 $(m_1$

$+ m_2)$ 为火箭组和宇宙飞船的总质量不变, 则推力 F 越大,

$\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 就越大, 且 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 与 F 成正比, 故 C 正确; 推力 F 减小, 根据牛

顿第二定律知整体的加速度减小, 速度仍增大, 不过增加变慢, 所以飞船与火箭组不会分离, 故 D 错误。]

实验四 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析: (1) 探究这三个物理量之间的定量关系的思想方法是控制变量法。

(2) 想用沙和沙桶的总重力表示小车受到的合外力 F , 为了减小这种做法带来的实验误差, 应使沙和沙桶的总质量远小于小车的质量; 还要用小木块将长木板不带定滑轮的一端垫高, 目的是平衡摩擦力。

(3) 利用实验中打出的纸带求加速度时, 需要根据 $a = \frac{\Delta x}{T^2}$, 利用逐差法计算, B 正确。

答案: (1) 控制变量法 (2) ①平衡摩擦力 ②沙和沙桶的总重力 (3) B

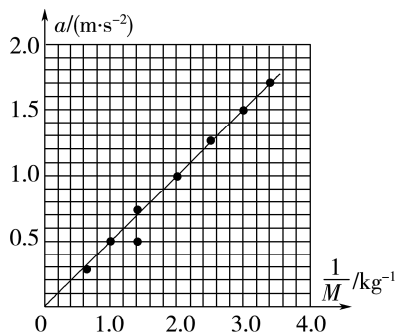
典例 2 解析: (1) AC 这段位移的平均速度等于 AC 这段时间中间时刻的速度, 即 B 点的瞬时速度, 故

$$v_B = \frac{AB+BC}{4T} = \frac{(6.19+6.70) \times 10^{-2}}{4 \times 0.02} \text{ m/s} \approx 1.6 \text{ m/s}.$$

由逐差法求解小车的加速度,

$$a = \frac{(CD+DE)-(AB+BC)}{4 \times (2T)^2} = \frac{(7.21+7.72-6.19-6.70) \times 10^{-2}}{4 \times (2 \times 0.02)^2} \text{ m/s}^2 \approx 3.2 \text{ m/s}^2.$$

(2)将坐标系中各点连成一条直线,连线时应使直线过尽可能多的点,不在直线上的点应大致对称地分布在直线的两侧,离直线较远的点应视为错误数据,不予考虑,连线如图所示。



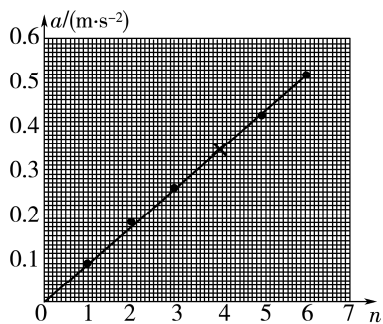
(3)图线与横轴有截距,说明实验前没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不足。

(4)在实验中认为细绳的张力 F 等于细沙和小桶的总重力 mg ,实际上,细绳张力 $F' = Ma$, $mg - F' = ma$,即 $F' = \frac{M}{M+m} \cdot mg$, $a = \frac{1}{M+m} \cdot mg = \frac{1}{M+m} \cdot F$,所以当拉力 F 变大时, m 必定变大, $\frac{1}{M+m}$ 必定减小。当 $M \gg m$ 时, $a-F$ 图像为直线,当不满足 $M \gg m$ 时,便有 $a-F$ 图像的斜率逐渐变小, C 正确。

答案:(1)1.6 3.2 (2)图见解析 (3)实验前没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不足 (4)C

类型 2

典例 3 解析:(1)根据游标卡尺读数规则可知 $h = 10 \text{ mm} + 2 \times 0.1 \text{ mm} = 10.2 \text{ mm} = 1.02 \text{ cm}$ 。(2)根据题表中数据描点,绘制图线如图所示,由图可知第 4 组数据中的加速度 a 为 0.345 m/s^2 。



答案:(1)1.02 (5)如图所示 0.345

典例 4 解析:(2)由题图(b)可知从左往右点间距逐渐增大,说明小车做加速运动,即平衡摩擦力过度,应减小木板的倾角,即将垫块往右移。

(4)打 F 点时小车的速度大小等于打 E 、 G 两点之间小车的平均速度大小,即

$$v_F = \frac{x_{EG}}{2T} = \frac{(6.92-3.85) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} \approx 0.15 \text{ m/s}.$$

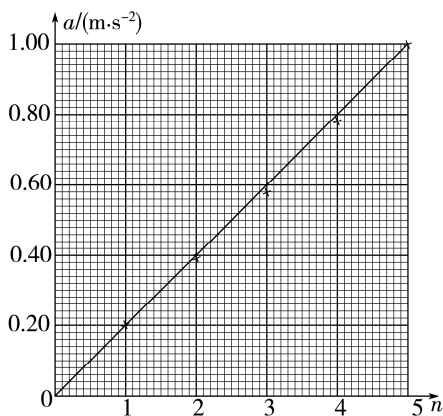
(5) $v-t$ 图像的斜率表示加速度,由图像可知小车加速度大小逐渐变小。根据牛顿第二定律可知小车所受合外力 F 随速度的增大而变小。装上薄板后,设小车所受空气阻力大小为 f ,则 $F = F_T - f$,而细绳拉力 F_T 不变,故由此得到的结论是空气阻力随速度增大而增大。

答案:(2)往右移 (4)0.15 (5)逐渐变小 空气阻力随速度增大而增大

典例 5 解析:(3)因为小车做初速度为零的匀加速直线运动,

将图中点 $(2 \text{ s}, 0.78 \text{ m})$ 代入 $s = \frac{1}{2}at^2$ 可得, $a = 0.39 \text{ m/s}^2$ 。

(4)根据描点法可得如图所示图线:



(5)由 c 图可知,对钩码与小车组成的系统,根据牛顿第二定律可得 $nm_0g = (m+5m_0)a$,则 $a = \frac{m_0g}{m+5m_0}n$,图线斜率 $k =$

$$\frac{m_0g}{m+5m_0} = \frac{1.00}{5} \text{ m/s}^2, \text{ 可得 } m = 0.44 \text{ kg}.$$

(6)平衡摩擦力时,以小车和钩码整体为研究对象有: $nm_0g = (m+5m_0)a$,则 $a = \frac{m_0g}{m+5m_0}n$,即 $a-n$ 图像的斜率为

$$\frac{m_0g}{m+5m_0}.$$

若保持木板水平,则小车将受到木板的摩擦力,有

$$nm_0g - \mu[mg + (5-n)m_0g] = (m+5m_0)a', a' = \frac{nm_0g}{m+5m_0} -$$

$$\frac{\mu[mg + (5-n)m_0g]}{m+5m_0} = \frac{(1+\mu)m_0g}{m+5m_0} \cdot n - \mu g.$$

说明 $a-n$ 图像

仍为直线,但不再过原点,且斜率变大,故 B、C 正确。

答案:(3)0.39 (4)见解析图 (5)0.44 (0.43~0.47)

(6)BC

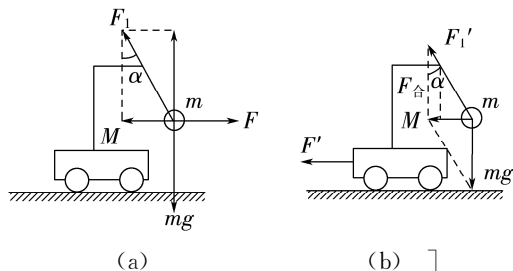
专题突破二 动力学的连接体和临界极值问题

细研考点·突破题型 突破一

典例 1 D [先对题图甲中的整体受力分析,受重力、支持力和拉力,根据牛顿第二定律,有 $F = (M+m)a$ 。再隔离题图甲中的小球受力分析,如图(a)所示。根据牛顿第二定律,有 $F - F_1 \sin \alpha = ma$, $F_1 \cos \alpha - mg = 0$,联立以上三式解得 $F_1 =$

$\frac{mg}{\cos \alpha}$, $a = \frac{mg \tan \alpha}{M}$ 。再隔离题图乙中小球受力分析,如图

(b)所示。由几何关系得 $F_{\text{合}} = mg \tan \alpha$, $F_1' = \frac{mg}{\cos \alpha}$, 由牛顿第二定律,得 $a' = g \tan \alpha$, 由于 $M > m$, 故 $a' > a$, $F_1' = F_1$, 故 D 正确。



突破二

典例 2 解析: 设开始时弹簧的压缩量为 x_0

由平衡条件得

$$(m_1 + m_2)g \sin \theta = kx_0$$

代入数据解得 $x_0 = 0.12 \text{ m}$

因前 0.2 s 时间内 F 为变力, 之后为恒力, 则 0.2 s 时刻两物体分离, 此时 P 、 Q 之间的弹力为零, 设此时弹簧的压缩量为 x_1

对物体 P , 由牛顿第二定律得

$$kx_1 - m_1 g \sin \theta = m_1 a$$

前 0.2 s 时间内两物体的位移

$$x_0 - x_1 = \frac{1}{2} a t^2$$

联立解得 $a = 3 \text{ m/s}^2$

对两物体受力分析知, 开始运动时拉力最小, 分离时拉力最大

$$F_{\min} = (m_1 + m_2)a = 36 \text{ N}$$

对 Q 应用牛顿第二定律得

$$F_{\max} - m_2 g \sin \theta = m_2 a$$

解得 $F_{\max} = m_2(g \sin \theta + a) = 72 \text{ N}$ 。

答案: 72 N 36 N

典例 3 BCD [设 B 对 A 的摩擦力为 f_1 , A 对 B 的摩擦力为 f_2 , 地面对 B 的摩擦力为 f_3 , 由牛顿第三定律可知 f_1 与 f_2 大小相等, 方向相反, f_1 和 f_2 的最大值均为 $2\mu mg$, f_3 的最大值为 $\frac{3}{2}\mu mg$ 。故当 $0 < F \leq \frac{3}{2}\mu mg$ 时, A 、 B 均保持静止; 继续增大 F , 在一定范围内 A 、 B 将相对静止以共同的加速度开始运动, 故 A 错误; 设当 A 、 B 恰好发生相对滑动时的拉力为 F' , 加速度为 a' , 则对 A , 有 $F' - 2\mu mg = 2ma'$, 对 A 、 B 整体, 有 $F' - \frac{3}{2}\mu mg = 3ma'$, 解得 $F' = 3\mu mg$, 故当 $\frac{3}{2}\mu mg < F \leq 3\mu mg$ 时, A 相对于 B 静止, 二者以共同的加速度开始运动; 当 $F > 3\mu mg$ 时, A 相对于 B 滑动, C 正确; 当 $F = \frac{5}{2}\mu mg$ 时, A 、 B 以共同的加速度开始运动, 将 A 、 B 看作整体, 由牛顿第二定律有 $F - \frac{3}{2}\mu mg = 3ma$, 解得 $a = \frac{\mu g}{3}$, B 正确; 对 B 来说, 其所受合力的最大值 $F_m = 2\mu mg - \frac{3}{2}\mu mg = \frac{1}{2}\mu mg$, 即 B 的加速度不会超过 $\frac{1}{2}\mu g$, D 正确。]

典例 4 解析: (1) 当 $\theta = 30^\circ$ 时, 小物块恰好能沿着木板匀速下滑, 则 $mg \sin \theta = F_f$, $F_f = \mu mg \cos \theta$

$$\text{联立解得: } \mu = \frac{\sqrt{3}}{3}.$$

(2) 当 θ 变化时, 设沿斜面向上为正方向, 物块的加速度为 a , 则

$$-mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

$$\text{由 } 0 - v_0^2 = 2ax \text{ 得 } x = \frac{v_0^2}{2g(\sin \theta + \mu \cos \theta)}$$

$$\text{令 } \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}, \sin \alpha = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$$

$$\text{即 } \tan \alpha = \mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

故 $\alpha = 30^\circ$

$$\text{又因 } x = \frac{v_0^2}{2g \sqrt{1+\mu^2} \sin(\theta + \alpha)}$$

当 $\alpha + \theta = 90^\circ$ 时, x 最小, 即 $\theta = 60^\circ$

所以 x 最小值为 $x_{\min} =$

$$\frac{v_0^2}{2g(\sin 60^\circ + \mu \cos 60^\circ)} = \frac{\sqrt{3} v_0^2}{4g} = \frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ m}.$$

答案: (1) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (2) $\theta = 60^\circ$ $\frac{5\sqrt{3}}{2} \text{ m}$

专题突破三 动力学中的两类典型模型

细研考点 · 突破题型

突破一

典例 1 解析: (1) 传送带的速度为 $v = 4.0 \text{ m/s}$ 时, 载物箱在传送带上先做匀减速运动, 设其加速度大小为 a , 由牛顿第二定律有

$$\mu mg = ma \quad ①$$

设载物箱滑上传送带后匀减速运动的位移为 x_1 , 由运动学公式有

$$v^2 - v_0^2 = -2ax_1 \quad ②$$

联立①②式, 代入题给数据得

$$x_1 = 4.5 \text{ m} \quad ③$$

因此, 载物箱在到达右侧平台前, 速度先减小到 v , 然后开始做匀速运动。设载物箱从滑上传送带到离开传送带所用的时间为 t_1 , 做匀减速运动所用的时间为 t_1' , 由运动学公式有

$$v = v_0 - at_1' \quad ④$$

$$t_1 = t_1' + \frac{L - x_1}{v} \quad ⑤$$

联立①③④⑤式并代入题给数据得

$$t_1 = 2.75 \text{ s} \quad ⑥$$

(2) 当载物箱滑上传送带后一直做匀减速运动时, 到达右侧平台时的速度最小, 设为 v_1 ; 当载物箱滑上传送带后一直做匀加速运动时, 到达右侧平台时的速度最大, 设为 v_2 , 则

$$v_1^2 - v_0^2 = -2\mu gL \quad ⑦$$

$$v_2^2 - v_0^2 = 2\mu gL \quad ⑧$$

由⑦⑧式并代入题给条件得

$$v_1 = \sqrt{2} \text{ m/s}, v_2 = 4\sqrt{3} \text{ m/s}.$$

答案: (1) 2.75 s (2) $4\sqrt{3} \text{ m/s}$ $\sqrt{2} \text{ m/s}$

典例 2 解析: (1) 开始阶段, 由牛顿第二定律得

$$mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta = ma_1$$

$$\text{所以 } a_1 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta$$

$$\text{解得 } a_1 = 10 \text{ m/s}^2$$

煤块加速至与传送带速度相等时需要的时间为

$$t_1 = \frac{v}{a_1} = \frac{10}{10} \text{ s} = 1 \text{ s}$$

煤块发生的位移为

$$x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 \text{ m} = 5 \text{ m} < 16 \text{ m}$$

所以煤块加速到 10 m/s 时仍未到达 B 点, 此后摩擦力方向改变;

$$\text{第二阶段有 } mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma_2$$

$$\text{解得 } a_2 = 2 \text{ m/s}^2$$

设第二阶段煤块滑动到 B 点的时间为 t_2 , 则 $L_{AB} - x_1 = vt_2$

$$+ \frac{1}{2} a_2 t_2^2$$

$$\text{解得 } t_2 = 1 \text{ s}$$

煤块从 A 到 B 的时间 $t = t_1 + t_2 = 1 \text{ s} + 1 \text{ s} = 2 \text{ s}$ 。

(2) 第一阶段煤块的速度小于传送带速度, 煤块相对传送带向上移动, 煤块与传送带的相对位移大小为

$$\Delta x_1 = vt_1 - x_1 = 10 \times 1 \text{ m} - 5 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

故煤块相对于传送带上移 5 m

第二阶段煤块的速度大于传送带速度, 煤块相对传送带向下移动, 煤块相对于传送带的位移大小为

$$\Delta x_2 = (L_{AB} - x_1) - vt_2$$

$$\text{解得 } \Delta x_2 = 1 \text{ m}$$

即煤块相对传送带下移 1 m

故传送带表面留下黑色炭迹的长度为 $L = \Delta x_1 = 5 \text{ m}$ 。

(3) 若增加传送带的速度, 煤块一直以加速度 a_1 做匀加速运动时, 从 A 运动到 B 的时间最短,

$$\text{则有 } L_{AB} = \frac{1}{2} a_1 t_{\min}^2$$

$$\text{可得 } t_{\min} = \frac{\sqrt{5}}{5} \text{ s}$$

$$\text{答案: (1) } 2 \text{ s} \quad (2) 5 \text{ m} \quad (3) \frac{\sqrt{5}}{5} \text{ s}$$

突破二

典例 3 解析: (1) 根据图像可以判定碰撞前小物块与木板共同速度为 $v = 4 \text{ m/s}$

碰撞后木板速度水平向左, 大小也是 $v = 4 \text{ m/s}$

小物块受到滑动摩擦力而向右做匀减速直线运动, 加速度

$$\text{大小 } a_2 = \frac{v-0}{t} = \frac{4-0}{1} \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$$

根据牛顿第二定律有 $\mu_2 mg = ma_2$, 解得 $\mu_2 = 0.4$

木板与墙壁碰撞前, 匀减速运动时间 $t = 1 \text{ s}$, 位移 $x = 4.5 \text{ m}$, 末速度 $v = 4 \text{ m/s}$

其逆运动则为匀加速直线运动, 可得

$$x = vt + \frac{1}{2} a_1 t^2$$

$$\text{解得 } a_1 = 1 \text{ m/s}^2$$

设小物块的质量为 m , 则木板的质量为 $15m$, 对小物块和木

板整体受力分析, 地面对木板的滑动摩擦力提供合外力, 由牛顿第二定律得 $\mu_1 (m+15m)g = (m+15m)a_1$, 即 $\mu_1 g = a_1$, 解得 $\mu_1 = 0.1$ 。

(2) 碰撞后, 木板向左做匀减速运动, 依据牛顿第二定律有 $\mu_1 (15m+m)g + \mu_2 mg = 15ma_3$

$$\text{可得 } a_3 = \frac{4}{3} \text{ m/s}^2$$

对小物块, 加速度大小为 $a_2 = 4 \text{ m/s}^2$

由于 $a_2 > a_3$, 所以小物块速度先减小到 0, 所用时间为 $t_1 = 1 \text{ s}$ 的过程中, 木板向左运动的位移为

$$x_1 = vt_1 - \frac{1}{2} a_3 t_1^2 = \frac{10}{3} \text{ m}, \text{ 末速度 } v_1 = v - a_3 t_1 = \frac{8}{3} \text{ m/s}$$

$$\text{小物块向右运动的位移 } x_2 = \frac{v+0}{2} t_1 = 2 \text{ m}$$

此后, 小物块开始向左加速, 加速度大小仍为 $a_2 = 4 \text{ m/s}^2$

木板继续减速, 加速度大小仍为

$$a_3 = \frac{4}{3} \text{ m/s}^2$$

假设又经历 t_2 二者速度相等, 则有

$$a_2 t_2 = v_1 - a_3 t_2$$

$$\text{解得 } t_2 = 0.5 \text{ s}$$

此过程中, 木板向左运动的位移

$$x_3 = v_1 t_2 - \frac{1}{2} a_3 t_2^2 = \frac{7}{6} \text{ m}, \text{ 末速度 } v_3 = v_1 - a_3 t_2 = 2 \text{ m/s}$$

$$\text{小物块向左运动的位移 } x_4 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = 0.5 \text{ m}$$

此后小物块和木板一起匀减速运动, 二者的相对位移最大为 $\Delta x = x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 6 \text{ m}$

小物块始终没有离开木板, 所以木板最小的长度为 6 m。

(3) 最后阶段小物块和木板一起匀减速直到停止, 整体加速度大小为 $a_1 = 1 \text{ m/s}^2$

$$\text{向左运动的位移为 } x_5 = \frac{v_3^2}{2a_1} = 2 \text{ m}$$

所以木板右端离墙壁最远的距离为

$$x = x_1 + x_3 + x_5 = 6.5 \text{ m}。$$

答案: (1) 0.1 0.4 (2) 6 m (3) 6.5 m

典例 4 解析: (1) 设 0~2 s 时间内 A 和 B 的加速度大小分别为 a_1 和 a_2

对 A, 由牛顿第二定律得

$$mg\sin\theta - \mu_1 mg\cos\theta = ma_1$$

$$\text{解得 } a_1 = 3 \text{ m/s}^2$$

对 B, 由牛顿第二定律得

$$mg\sin\theta + \mu_1 mg\cos\theta - \mu_2 \cdot 2mg\cos\theta = ma_2$$

$$\text{解得 } a_2 = 1 \text{ m/s}^2。$$

(2) 2 s 时, A 的速度大小 $v_1 = a_1 t_1 = 6 \text{ m/s}$

B 的速度大小 $v_2 = a_2 t_2 = 2 \text{ m/s}$

2 s 后对 A, 由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta = ma'_1$

$$\text{解得 } a'_1 = 6 \text{ m/s}^2$$

2 s 后对 B, 由牛顿第二定律得

$$mg\sin\theta - \mu_2 \cdot 2mg\cos\theta = ma'_2$$

解得 $a'_2 = -2 \text{ m/s}^2$, 即 2 s 后, B 做减速运动直至静止

设经过时间 t_2 , B 的速度减为零

则 $v_2 + a_2' t_2 = 0$, 解得 $t_2 = 1 \text{ s}$

在 $t_1 + t_2 = 3 \text{ s}$ 时间内 A 相对 B 运动的距离

$$x = \left(\frac{1}{2} a_1 t_1^2 + v_1 t_2 + \frac{1}{2} a_1' t_2^2 \right) - \left(\frac{1}{2} a_2 t_1^2 + v_2 t_2 + \frac{1}{2} a_2' t_2^2 \right) = 12 \text{ m}$$

$x = l = 12 \text{ m}$, 所以 A 在 B 上运动的总时间 $t = t_1 + t_2 = 3 \text{ s}$ 。

答案: (1) 3 m/s^2 1 m/s^2 (2) 3 s

第四章 曲线运动 万有引力与宇宙航行

第1节 曲线运动的合成与分解

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 切线方向 2. 变速 3. 合外力

二、1. (1) 分运动 (2) 合运动 2. 实际效果 正交分解 3. 平行四边形

易错易误辨析

(1) $\sqrt{\quad}$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\sqrt{\quad}$ (6) $\sqrt{\quad}$

细研考点·突破题型

考点1

题组突破

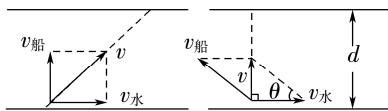
1. A [若有 $F_y = F_x \tan \alpha$, 则合力与 v_0 共线, 质点将做直线运动, 故 A 正确; 若只知道 $F_y < F_x$ 则无法判断合力方向与速度方向是否共线, 故不能判断质点是否做曲线运动, 故 B、C 错误; 做曲线运动的条件是合力与速度不共线而不是分力与速度不共线, 故 D 错误。]
2. C [根据图示乙运动员由 M 向 N 做曲线运动, 乙运动员在 v_M 方向的速度减小, 同时在 v_N 方向的速度增大, 故合外力的方向指向 F_2 水平线下方, 故 F_3 的方向可能是正确的, C 正确, A、B、D 错误。]
3. C [质点做匀变速曲线运动, B 点到 C 点的加速度方向与速度方向夹角小于 90° , 速率增大, 所以 C 点的速率比 B 点速率大, 故 A 错误, C 正确; 质点做匀变速曲线运动, 则加速度大小和方向不变, 所以质点经过 C 点时的加速度与 A 点的相同, 故 B 错误; 若质点从 A 点运动到 C 点, 则有 A 点速度与加速度方向夹角大于 90° , 质点运动到 B 点时速度方向与加速度方向恰好互相垂直, C 点的加速度方向与速度方向夹角小于 90° , 所以 A 点到 C 点加速度与速度的夹角逐渐减小, 故 D 错误。]

考点2

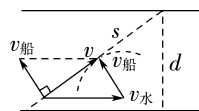
典例1 ABD [由 x 方向的速度图像可知, 在 x 方向的加速度为 1.5 m/s^2 , 受力 $F_x = 3 \text{ N}$, 由 y 方向的位移图像可知在 y 方向做匀速直线运动, 速度为 $v_y = 4 \text{ m/s}$, 受力 $F_y = 0$, 在 x 方向的初速度 $v_x = 3 \text{ m/s}$, 因此质点的初速度为 5 m/s , A 正确; 受到的合外力为 3 N , 显然, 质点初速度方向与合外力方向不在同一条直线上, 质点做匀加速曲线运动, B 正确; 2 s 末质点速度应该为 $v = \sqrt{6^2 + 4^2} \text{ m/s} = 2\sqrt{13} \text{ m/s}$, C 错误; 2 s 内 x 方向上位移大小 $x = v_x t + \frac{1}{2} a t^2 = 9 \text{ m}$, y 方向上位移大小 $y = 8 \text{ m}$, 合位移大小 $l = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{145} \text{ m} \approx 12 \text{ m}$, D 正确。]

考点3

典例2 BC [如图(1)所示, 船头正对对岸划船, 合速度方向倾斜, 无法到达正对岸, 选项 A 错误; 如图(2)所示若要垂直到达正对岸, 需要满足 $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$, 该题中 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$, 所以不论怎样调整船头方向都不能垂直到达正对岸, 选项 B 正确; 如图(3)所示, 当 $v \perp v_{\text{船}}$ 时, 合速度 v 与河岸夹角最大, 位移最小。根据三角形相似 $\frac{d}{s} = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$, 解得 $s = 150 \text{ m}$, 选项 C 正确; 以最短位移渡河时, 所需时间 $t = \frac{s}{\sqrt{v_{\text{水}}^2 - v_{\text{船}}^2}} = 37.5 \text{ s}$, 选项 D 错误。



图(1) 图(2)

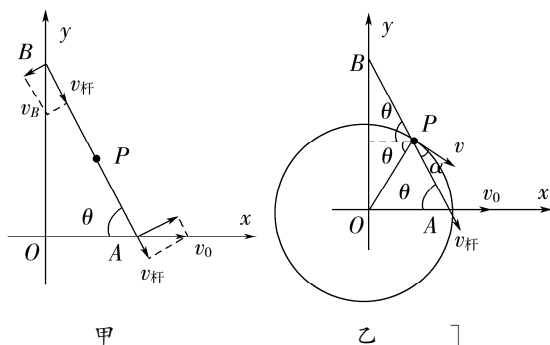


图(3)

考点4

典例3 B [P、Q 用同一根绳连接, 则 Q 沿绳子方向的速度与 P 的速度大小相等, 则当 $\theta = 60^\circ$ 时, Q 沿绳子方向的分速度 $v_Q \cos 60^\circ = v_P$, 解得 $\frac{v_P}{v_Q} = \frac{1}{2}$, 故选项 A 错误; 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 即 Q 到达 O 点正下方, 垂直 Q 运动方向上的分速度为 0, 即 $v_P = 0$, 此时 P 的机械能最小, Q 的速度最大, 故选项 B 正确, C 错误; 当 θ 向 90° 增大的过程中 Q 的合力逐渐减小, 当 $\theta = 90^\circ$ 时, Q 的速度最大, 加速度为零, 合力为零, 故选项 D 错误。]

典例4 ACD [如图甲, 根据运动的合成与分解, 结合矢量合成法则及三角函数, 则有 $v_B \sin \theta = v_0 \cos \theta$, 得 $v_B = \frac{v_0}{\tan \theta}$, 故 A 正确, B 错误; 设 P 点坐标为 (x, y) , 则 A、B 点的坐标分别为 $(2x, 0)$, $(0, 2y)$, AB 长度一定, 设为 L , 根据勾股定理, 则有 $(2x)^2 + (2y)^2 = L^2$, 解得 $x^2 + y^2 = \left(\frac{L}{2}\right)^2$, 因此 P 点的运动轨迹是圆的一部分, 半径为 $\frac{L}{2}$, 故 C 正确; 画出 P 点的运动轨迹, 如图乙, 速度 v 与杆的夹角 $\alpha = 2\theta - 90^\circ$, 由于杆不可以伸长, 故 P 点的速度沿着杆方向的分速度与 A 点速度沿着杆方向的分速度相等, 则 $v \cos \alpha = v_0 \cos \theta$, 即 $v \cos (2\theta - 90^\circ) = v_0 \cos \theta$, 得 $v = \frac{v_0}{2 \sin \theta}$, 故 D 正确。



第2节 抛体运动

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 水平方向 重力 2. 匀变速 抛物线 3. 水平方向 重力 4. 匀速直线 自由落体 5. (1) $v_0 t$ $\frac{1}{2}gt^2$ $\sqrt{x^2+y^2}$

$$(2) gt \quad \frac{gt}{v_0}$$

二、1. 斜向上方 重力 2. g 匀变速 抛物线 3. (1) 匀速 (2) 匀变速 4. (1) $v_0 \cos \theta$ (2) $v_0 \sin \theta$

易错易误辨析

(1) × (2) × (3) √ (4) √ (5) × (6) × (7) √

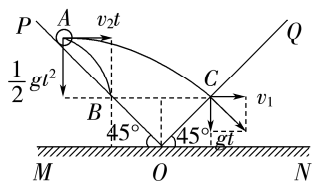
细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 AD [由题意可知,落地后,小球 A 的位移的大小为 $s_A = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l$, 小球 B 的位移的大小为 $s_B = \sqrt{x_B^2 + y_B^2} = \sqrt{(2l)^2 + l^2} = \sqrt{5}l$, 显然小球 A、B 的位移大小相等, A 正确; 小球 A 的运动时间为 $t_A = \sqrt{\frac{2y_A}{g}} = \sqrt{\frac{4l}{g}}$, 小球 B 的运动时间为 $t_B = \sqrt{\frac{2y_B}{g}} = \sqrt{\frac{2l}{g}}$, 则 $t_A : t_B = \sqrt{2} : 1$, B 错误; 小球 A 的初速度为 $v_{xA} = \frac{x_A}{t_A} = \frac{l}{\sqrt{\frac{4l}{g}}} = \sqrt{\frac{gl}{4}}$, 小球 B 的初速度为 $v_{xB} = \frac{x_B}{t_B} = \frac{2l}{\sqrt{\frac{2l}{g}}} = \sqrt{2gl}$, 则 $v_{xA} : v_{xB} = 1 : 2\sqrt{2}$, C 错误; 落地瞬间, 小球 A 竖直方向的速度为 $v_{yA} = gt_A = \sqrt{4gl}$, 小球 B 竖直方向的速度为 $v_{yB} = gt_B = \sqrt{2gl}$, 则落地瞬间小球 A 的速度为 $v_A = \sqrt{v_{xA}^2 + v_{yA}^2} = \sqrt{\frac{17gl}{4}}$, 小球 B 的速度为 $v_B = \sqrt{v_{xB}^2 + v_{yB}^2} = \sqrt{4gl}$, 显然 $v_A > v_B$, D 正确。]

考点 2

典例 2 ACD [落于 C 点的小球速度垂直于 QO, 则两分速度大小相等, 即 $v_1 = gt$, 得出水平位移 $x_1 = v_1 t = gt^2$, 故选项 C 正确; 落于 B 点的小球分解



位移如图所示, 其中, B、C 在同一水平面, 故飞行时间都为 t , 由图可得 $\tan 45^\circ = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_2 t} = \frac{gt}{2v_2}$, 所以 $v_2 = \frac{gt}{2}$, 故选项 A 正确, B 错误; 设 C 点距水平面 MN 的高度为 h , 由几何关系知 $x_1 = 2h + v_2 t$, 联立以上几式可得 $h = \frac{1}{4}gt^2$, 故 A 距水平面高度 $H = h + \frac{1}{2}gt^2 = \frac{3}{4}gt^2$, 故选项 D 正确。]

典例 3 B [平抛运动水平方向为匀速直线运动, 竖直方向为自由落体运动, 小球恰好沿 B 点的切线方向进入圆轨道, 说

明小球在 B 点时, 合速度方向沿着圆弧轨道的切线方向。将合速度正交分解, 根据几何关系可得, 其与水平方向的夹角为 α , 则 $\tan \alpha = \frac{gt}{v_0}$, 解得 $t = \frac{v_0 \tan \alpha}{g}$, 设 AB 连线与水平方向夹角为 θ , 则 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$, 此时 θ 不等于 α , 故 A 错误, B 正确; 小球运动到 B 点时, 重力的瞬时功率 $P = mgv_y = mgv_0 \tan \alpha$, 故 C 错误; 小球运动到竖直圆弧轨道的最低点时, 有向上的加速度, 所以处于超重状态, 故 D 错误。]

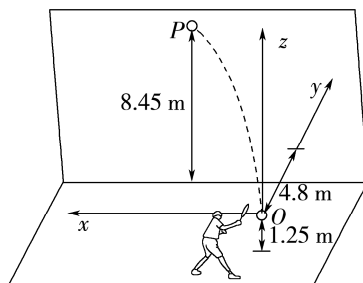
考点 3

典例 4 D [乒乓球做平抛运动, 落到右侧台面上时经历的时间 t_1 满足 $3h = \frac{1}{2}gt_1^2$ 。当 v 取最大值时其水平位移最大, 落点应在右侧台面的台角处, 有 $v_{\max} t_1 = \sqrt{L_1^2 + \left(\frac{L_2}{2}\right)^2}$, 解得 $v_{\max} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{(4L_1^2 + L_2^2)g}{6h}}$; 当 v 取最小值时其水平位移最小, 发射方向沿正前方且恰好擦网而过, 此时有 $3h - h = \frac{1}{2}gt_2^2$, $\frac{L_1}{2} = v_{\min} t_2$, 解得 $v_{\min} = \frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}$, 故 D 正确。]

考点 4

典例 5 解析: (1) 在斜面上小球沿 v_0 方向做匀速直线运动, 在沿斜面向下方向做初速度为零、加速度为 a 的匀加速运动, 由牛顿第二定律得 $ma = mg \sin 30^\circ$, 小球的加速度 $a = g \sin 30^\circ$, 沿 v_0 方向水平位移 $x = v_0 t$, 沿斜面向下方向有 $l = \frac{1}{2}at^2$, 解得运动时间 $t = \sqrt{\frac{2l}{g \sin 30^\circ}} = \sqrt{\frac{2 \times 10}{10 \times 0.5}} \text{ s} = 2 \text{ s}$, 所以沿 v_0 方向水平位移 $x = v_0 t = 20 \text{ m}$ 。
(2) 小球到达斜面底端时, 速度 $v = \sqrt{v_0^2 + (at)^2} = \sqrt{10^2 + (5 \times 2)^2} \text{ m/s} \approx 14.1 \text{ m/s}$ 。
答案: (1) 2 s 20 m (2) 14.1 m/s

典例 6 BD [建立如图所示的三维坐标系, 网球在竖直方向做竖直上抛运动, 上升的最大高度 $h_1 = (8.45 - 1.25) \text{ m} = 7.20 \text{ m}$, 所以在击球点竖直方向的分速度 $v_{0z} = \sqrt{2gh_1} = 12 \text{ m/s}$, 上升时间 $t_1 = \frac{v_{0z}}{g} = 1.2 \text{ s}$, 则 $v_{0y} = \frac{4.8}{1.2} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$, 故沿 x 方向的分速度 $v_{0x} = \sqrt{v_0^2 - v_{0z}^2 - v_{0y}^2} = 3 \text{ m/s}$; 到达最高点 P 与墙壁碰撞后, 沿 x 方向的分速度 $v_{0x} = 3 \text{ m/s}$, 沿 y 方向的分速度大小变为 $v'_{0y} = 4 \times 0.75 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$, 所以网球碰撞以后的速度大小为 $v = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = 3\sqrt{2} \text{ m/s}$, 所以 B 项正确, A 项错误; 下落的时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2 \times 8.45}{10}} \text{ s} = 1.3 \text{ s}$, 网球着地点到墙壁的距离 $d = v'_{0y} t_2 = 3.9 \text{ m}$, 所以 D 项正确, C 项错误。]



第3节 圆周运动

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. (1)大小 (2)垂直 (3)圆心 2. 快慢 m/s 转动快慢 rad/s 一周 圈数 s Hz r/s , r/min 方向 圆心 $\omega^2 r$ m/s^2

二、1. 方向 大小 2. $m\omega^2 r$ 3. 变力 4. 合力

三、1. 逐渐远离 2. (2)切线 (3)远离 (4)近心 3. 小于
易错易误辨析

(1)√ (2)× (3)× (4)√ (5)× (6)√ (7)√

细研考点·突破题型

考点1

题组突破

- D** [小孩做圆周运动的周期 $T = \frac{t}{n} = 12 \text{ s}$, 则角速度为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{6} \text{ rad/s}$, A 错误; 线速度为 $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{\pi}{2} \text{ m/s}$, B 错误; 在 1 min 内通过的路程 $s = n \cdot 2\pi r = 30\pi \text{ m}$, C 错误; 向心加速度为 $a_n = \omega^2 r = \frac{\pi^2}{12} \text{ m/s}^2$, D 正确。]
- C** [由题图可知, B 与 C 属于共轴转动, 则它们的角速度是相等的, 即 $\omega_C = \omega_B$, 向心加速度 $a = \omega^2 r$, 因 $OC > OB$, 可知 C 的向心加速度较大, 选项 A、B 错误; 由于 $OC > OB$, 由 $v = \omega r$ 可知 C 点的线速度大, 选项 C 正确; 舂米锤对稻谷的作用力和稻谷对舂米锤的作用力是一对作用力与反作用力, 二者大小相等, 选项 D 错误。]
- B** [飞轮与链轮通过链条链接, 所以线速度相等。设飞轮和后轮角速度相等为 ω_1 , 链轮和飞轮的边缘线速度相等为 v , 链轮和踏板角速度相等为 ω_2 , 由于半径与齿数成正比, 故 $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{38}{16} = \frac{19}{8}$, 又 $v = R\omega_1 = 5 \text{ m/s}$, $R = 0.33 \text{ m}$, 代入数值得 $\omega_2 \approx 6.4 \text{ rad/s}$, 故 B 正确, A、C、D 错误。故选 B。]
- AC** [题图中三个齿轮边缘线速度大小相等, A 点和 B 点的线速度大小之比为 1:1; 由 $v = \omega r$ 可得, 线速度大小一定时, 角速度与半径成反比, A 点和 B 点角速度之比为 3:1; 由 $a_n = \omega^2 r$ 可知, A 点和 B 点的向心加速度大小之比为 3:1。故选项 A、C 正确, B、D 错误。]

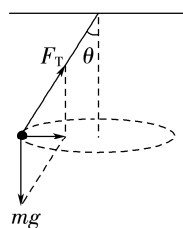
考点2

典例1 BC [小球受重力、绳的拉力作用, 二者合力提供向心力, 由牛顿第二定律可得 $F \cos \theta = mg$, $F \sin \theta = m \frac{v^2}{L \sin \theta}$, 可求得 $v = \sqrt{gL \sin \theta \tan \theta}$, $T = \frac{2\pi L \sin \theta}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta}{g}}$, 可见 θ 越大, v 越大, T 越小, 综上所述, 可知选项 B、C 正确, A、D 错误。]

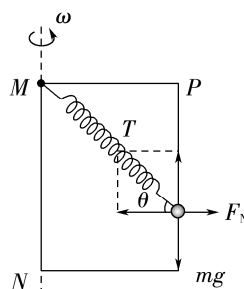
拓展变式1 AC [对其中一个小球受力分析, 其受到重力和绳的拉力 F_T , 绳中拉力在竖直方向的分力与重力平衡, 设轻绳与竖直方向的夹角为 θ , 则有 $F_T \cos \theta = mg$, 拉力在水平方向上的分力提供向心力, 设该小球到 P 的距离为 l , 则有 $F_T \sin \theta = mg \tan \theta = m \frac{4\pi^2}{T^2} l \sin \theta$, 解得周期为 $T =$

$2\pi \sqrt{\frac{l \cos \theta}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$, 因为任意时刻两球均在同一水平面内, 故两球运动的周期相等, 选项 A 正确; 连接两球的绳的张力 F_T 相等, 由于向心力为 $F_n = F_T \sin \theta = m\omega^2 l \sin \theta$, 故 m 与 l 成反比, 由 $m_1 \neq m_2$, 可得 $l_1 \neq l_2$, 又小球的向心加速度 $a_n = \omega^2 l \sin \theta = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l \sin \theta$, 故向心加速度大小不相等, 选项 C 正确, B、D 错误。]

拓展变式2 D [小球受力如图所示, 设绳长为 L , 小球到悬点的高度差为 h , 由图可知, 小球做圆周运动的向心力 $F_n = mg \tan \theta = m\omega^2 L \sin \theta$, 解得 $g = \omega^2 L \cos \theta = \omega^2 h$, 因两小球运动的角速度 ω 相同, 所以 h 也相同, 故 D 正确, A、B、C 错误。]



拓展变式3 BD [对小球受力分析, 如图所示, 设弹力为 T , 弹簧与水平方向的夹角为 θ , 则对小球竖直方向 $T \sin \theta = mg$, 而 $T = k \left(\frac{MP}{\cos \theta} - l_0 \right)$, 可知 θ 为定值, T 不变, 则当转速增大后, 小球的高度不变, 弹簧的弹力不变, 则 A 错误, B 正确; 水平方向当转速较小时, 杆对小球的弹力 F_N 背离转轴, 则 $T \cos \theta - F_N = m\omega^2 r$, 即 $F_N = T \cos \theta - m\omega^2 r$, 随 ω 增大, F_N 减小, 当转速较大时, F_N 指向转轴, $T \cos \theta + F_N' = m\omega'^2 r$, 即 $F_N' = m\omega'^2 r - T \cos \theta$, 随 ω' 增大, F_N' 增大, 根据牛顿第三定律可知, 小球对杆的压力不一定变大, 则 C 错误; 根据 $F_{\text{合}} = m\omega^2 r$, 可知, 因角速度变大, 则小球受合外力变大, 则 D 正确。]



考点3

典例2 解析: (1) 小物块恰好运动到光滑圆弧轨道 CDE 的最高点时, 有 $mg = m \frac{v_D^2}{R}$

解得小物块到达 D 点的速度大小 $v_D = \sqrt{gR}$ 。

(2) 小物块由 C 到 D 的过程, 由动能定理有

$$-mgR(1 + \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

小物块由 B 到 C 做平抛运动, 由速度的分解可知,

$$v_B = v_C \cos 60^\circ$$

设 B 和 D 两点的高度差为 h , 小物块由 B 到 D 的过程, 由动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

代入数据解得 $v_B = \sqrt{gR}$, $h = 0$ 。

(3) 小物块由 A 到 B 的过程, 由动能定理有

$$-\mu mg \cdot \pi \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

解得小物块在 A 点的初速度大小 $v_A = \sqrt{3gR}$ 。

答案: (1) $\sqrt{gR}$ (2) 0 (3) $\sqrt{3gR}$

典例 3 ACD [对小球在最高点进行受力分析,速度为零时, $F-mg=0$,结合图像可知 $a-mg=0$,当 $F=0$ 时,由牛顿第二定律可得 $mg=\frac{mv^2}{R}$,结合图像可知 $mg=\frac{mb}{R}$,联立解得 $g=\frac{b}{R}$, $m=\frac{aR}{b}$,A正确,B错误;由图像可知 $b<c$,当 $v^2=c$ 时,根据牛顿第二定律有 $F+mg=\frac{mc}{R}$,则杆对小球有向下的拉力,由牛顿第三定律可知,C正确;当 $v^2=2b$ 时,由牛顿第二定律可得 $mg+F'=\frac{m \cdot 2b}{R}$,可得 $F'=mg$,D正确。]

第4节 万有引力与宇宙航行

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 椭圆 焦点 2. 扫过相等的面积

3. 半长轴 公转周期 $\frac{a^3}{T^2}$

二、1. (1)任何 (2)连线上 (3)成正比 成反比 2. $G\frac{m_1m_2}{r^2}$
卡文迪什扭秤

3. (1)质点 (2)两球心间

三、1. 7.9 11.2 16.7 2. (1) $\sqrt{\frac{GM}{R}}$ (2) $\sqrt{gR}$

易错易误辨析

(1)× (2)× (3)× (4)× (5)√ (6)×

细研考点·突破题型

考点 1

题组突破

1. C

2. **CD** [由行星运动的对称性可知,从P经M到Q点的时间为 $\frac{1}{2}T_0$,根据开普勒第二定律可知,从P到M运动的速率大于从M到Q运动的速率,可知从P到M所用的时间小于 $\frac{1}{4}T_0$,选项A错误;海王星在运动过程中只受太阳的引力作用,故机械能守恒,选项B错误;根据开普勒第二定律可知,从P到Q阶段,速率逐渐变小,选项C正确;海王星受到的万有引力指向太阳,从M到N阶段,万有引力对它先做负功后做正功,选项D正确。]

3. **D** [设地球半径为R,则行星的半径为4R,根据开普勒第三定律得 $\frac{R^3}{T^2}=\frac{(4R)^3}{T_{\text{行}}^2}$,解得 $T_{\text{行}}=\sqrt{4^3}T=8T$,故D正确。]

考点 2

典例 1 C [设比例系数为k,根据牛顿的猜想,地球表面物体的重力可表示为 $mg=k\frac{Mm}{R^2}$,地球对月球的吸引力可表示为 $F_{\text{月}}=k\frac{Mm_{\text{月}}}{r^2}$,月球绕地球做匀速圆周运动,地球对月球的吸引力提供向心力,有 $F_{\text{月}}=m_{\text{月}}\frac{4\pi^2}{T^2}r$,又 $r=60R$,联立解得 $T=120\pi\sqrt{\frac{r}{g}}$,C正确。]

典例 2 D [设太阳、地球、月球的半径分别为 $R_{\text{太}}$ 、 $R_{\text{地}}$ 、 $R_{\text{月}}$,月球绕地球转动的半径为 $r_{\text{月}}$,地球绕太阳转动的半径为 $r_{\text{地}}$,根据题意,由几何关系,有 $\frac{R_{\text{太}}}{r_{\text{地}}}=\frac{R_{\text{月}}}{r_{\text{月}}}$,根据万有引力提供向心力,有 $\frac{GM_{\text{地}}m_{\text{月}}}{r_{\text{月}}^2}=m_{\text{月}}\frac{4\pi^2}{T_1^2}r_{\text{月}}$, $\frac{GM_{\text{太}}M_{\text{地}}}{r_{\text{地}}^2}=M_{\text{地}}\frac{4\pi^2}{T_2^2}r_{\text{地}}$,星球的密度 $\rho_{\text{地}}=\frac{M_{\text{地}}}{\frac{4}{3}\pi R_{\text{地}}^3}$, $\rho_{\text{太}}=\frac{M_{\text{太}}}{\frac{4}{3}\pi R_{\text{太}}^3}$,可得 $\frac{\rho_{\text{地}}}{\rho_{\text{太}}}=\left(\frac{R_{\text{月}}}{R_{\text{地}}}\right)^3\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2=\frac{1}{k^3}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$,故D正确,A、B、C错误。]

考点 3

典例 3 B [天宫空间站运行过程中因稀薄气体阻力的影响,天宫空间站的机械能减小,天宫空间站轨道高度降低,则与修正前相比,修正后天宫空间站运行的轨道半径增大,故A错误;根据万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$,可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$,修正后天宫空间站运行的轨道半径增大,则速率减小,故B正确;根据牛顿第二定律 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$,可得 $a=\frac{GM}{r^2}$,修正后天宫空间站运行的轨道半径增大,则向心加速度减小,故C错误;根据万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$,可得 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$,修正后天宫空间站运行的轨道半径增大,则周期增大,故D错误。故选B。]

专题突破四 天体运动的三类热点问题

细研考点·突破题型

突破一

典例 1 C [天问一号发射后要脱离地球引力束缚,则发射速度要超过11.2 km/s,故选项A错误;由题图可知地火转移轨道的半长轴长度比地球轨道半径要大,根据开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2}=\frac{R_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2}$ 可知,天问一号在地火转移轨道上运行的周期大于12个月,因此从P到Q的时间大于6个月,故选项B错误;同理根据开普勒第三定律,并结合停泊轨道、调相轨道的半长轴长度关系可知,天问一号在环绕火星的停泊轨道运行的周期比在调相轨道上小,故选项C正确;天问一号在P点点火加速,做离心运动进入地火转移轨道,故在地火转移轨道上P点的速度比地球环绕太阳的速度大,但在到达Q点之后,要加速进入火星轨道,即 $v_{\text{火}}>v_{\text{地火Q}}$,根据 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$ 可知地球绕太阳的速度大于火星绕太阳的速度,即 $v_{\text{地}}>v_{\text{火}}$,所以 $v_{\text{地}}>v_{\text{火}}>v_{\text{地火Q}}$,即天问一号在地火转移轨道上并不是每一点的速度都比地球绕太阳的速度大,故选项D错误。]

突破二

典例 2 AD [根据开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2}=k$,可知a、b运动的周期之比为1:8,A正确,B错误;设图示位置夹角为 $\theta<\frac{\pi}{2}$,b转动一周(圆心角为 2π)的时间为 $t=T_b$,则a、b相距

最远时: $\frac{2\pi}{T_a}T_b - \frac{2\pi}{T_b}T_b = (\pi - \theta) + n \cdot 2\pi (n=0, 1, 2, 3, \dots)$, 可知 $n < 6.75$, n 可取 7 个值; a, b 相距最近时: $\frac{2\pi}{T_a}T_b - \frac{2\pi}{T_b}T_b = (2\pi - \theta) + m \cdot 2\pi (m=0, 1, 2, 3, \dots)$, 可知 $m < 6.25$, m 可取 7 个值, 故在 b 转动一周的过程中, a, b, c 共线 14 次, D 正确, C 错误。]

典例 3 C [若使飞船与“空间站”在同一轨道上运行, 然后飞船加速, 所需向心力变大, 则飞船将脱离原轨道而进入更高的轨道, 不能实现对接, A 错误; 若使飞船与“空间站”在同一轨道上运行, 然后“空间站”减速, 所需向心力变小, 则“空间站”将脱离原轨道而进入更低的轨道, 不能实现对接, B 错误; 要想实现对接, 可使飞船在比“空间站”半径较小的轨道上加速, 飞船将进入较高的“空间站”轨道, 逐渐靠近“空间站”后, 两者速度接近时实现对接, C 正确; 若飞船在比“空间站”半径较小的轨道上减速, 则飞船将进入更低的轨道, 不能实现对接, D 错误。]

突破三

典例 4 C [设 B 星球质量为 M , B 表面某物体的质量为 m , 忽略自转的影响, 则有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$, 解得 $M = \frac{gR^2}{G}$, B 球到 O 点的距离为 r_1 , A 球质量为 M' , 到 O 点的距离为 r_2 , 则 $G \frac{MM'}{L^2} = M \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r_1$, $G \frac{MM'}{L^2} = M' \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r_2$, 可得 $Mr_1 = M'r_2$, 由于它们角速度相同且 $v = \omega r$, 则 $Mr_1\omega = M'r_2\omega$, $Mv_1 = M'v_2$, 又因为 $r_1 + r_2 = L$, 联立解得 $M + M' = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2}$, A 星球质量 $M' = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2} - \frac{gR^2}{G}$, 故 A、B 错误, C 正确; A 星球与 B 星球的引力大小相同, 质量不同, 所以加速度大小不等, 故 D 错误。]

典例 5 BC [直线三星系统中甲星和丙星的线速度大小相同, 方向相反, 选项 A 错误; 对直线三星系统, 根据万有引力和牛顿第二定律有 $G \frac{M^2}{R^2} + G \frac{M^2}{(2R)^2} = M \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 解得 $T = 4\pi R \sqrt{\frac{R}{5GM}}$, 选项 B 正确; 对三角形三星系统, 根据万有引力和牛顿第二定律得 $2G \frac{M^2}{L^2} \cos 30^\circ = M \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{L}{2\cos 30^\circ}$, 联立解得 $L = \sqrt{\frac{12}{5}} R$, 选项 C 正确; 三角形三星系统的线速度大小为 $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \frac{L}{2\cos 30^\circ}}{T}$, 代入解得 $v = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \sqrt{\frac{12}{5}} \cdot \sqrt{\frac{5GM}{R}}$, 选项 D 错误。]

实验五 探究平抛运动的特点

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析: (1) 步骤 A 中, 根据平衡条件, 将小球静止放在槽口任一位置, 小球不会滚动, 此时 F_N 竖直向上, 说明末端水平; 步骤 B 中要记下小球运动途中经过一系列位置, 不可能在一次平抛中完成, 每次平抛只能确定一个位置, 要确定多个位置, 要求小球每次的轨迹重合, 故小球平抛时的初速度

必须相同, 小球每次从同一位置滚下; 步骤 C 中, 由 $x = v_0 t$ 及 $y = \frac{1}{2} g t^2$ 得 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2y}}$ 。

(2) “探究平抛运动”的特点, 一是尽量减小小球运动中空气阻力的影响, 二是准确地描绘出小球的轨迹, 故 A、C 正确。

答案: (1) 让小球置于槽口任一位置, 小球均不发生滚动 同

一 $x \sqrt{\frac{g}{2y}}$ (2) AC

典例 2 解析: (1) 小球在水平方向上做匀速直线运动, 小球运动到 A 点时, 由题图 (b) 可知, 其速度的水平分量大小为 $v_x = \frac{L}{T} = \frac{5 \times 10^{-2}}{0.05} \text{ m/s} = 1.0 \text{ m/s}$, 小球在竖直方向上做匀加速直线运动, 根据中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度可知, 小球运动到 A 点时, 其速度的竖直分量大小为 $v_y = \frac{(8.6 + 11.0) \times 10^{-2}}{2 \times 0.05} \text{ m/s} \approx 2.0 \text{ m/s}$ 。

(2) 在竖直方向上, 根据 $\Delta y = g T^2$, 解得当地的重力加速度 $g = \frac{(13.4 + 11.0 - 8.6 - 6.1) \times 10^{-2}}{0.1^2} \text{ m/s}^2 = 9.7 \text{ m/s}^2$ 。

答案: (1) 1.0 2.0 (2) 9.7

类型 2

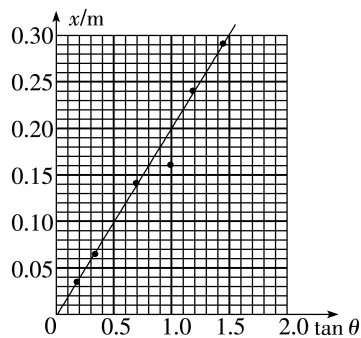
典例 3 解析: (1) 由题表中数据可知, h 一定时, 小球的水平位移 d 与初速度 v_0 成正比关系, 与时间 t 无关。

(2) 该同学计算时重力加速度取的是 10 m/s^2 , 一般情况下应取 9.8 m/s^2 , 从而导致约 3 ms 的偏差。

(3) 光电门传感器置于槽口的内侧, 传感器的中心距水平槽口 (小球开始做平抛运动的位置) 还有一段很小的距离, 故从小球经过传感器到小球到达抛出点还有一段很短的时间, 而且速度越大该时间越短。使测量值大于理论值。

答案: (1) 正比 飞行时间 t (2) 计算时重力加速度取值 (10 m/s^2) 大于实际值 (3) 见解析

典例 4 解析: (1) $x - \tan \theta$ 的关系图像如图所示:



(2) 根据 $\tan \theta = \frac{\frac{1}{2} g t^2}{v_0 t}$, 得 $t = \frac{2 v_0 \tan \theta}{g}$,

则水平射程为 $x = v_0 t = \frac{2 v_0^2 \tan \theta}{g}$ 。

可知图线的斜率 $k = \frac{2 v_0^2}{g}$, 由图可知 $k = \frac{0.30}{1.5} = 0.2$, 解得 v_0

$= \sqrt{\frac{k g}{2}} = \sqrt{\frac{0.2 \times 10}{2}} \text{ m/s} = 1.0 \text{ m/s}$ 。

当 $\theta = 60^\circ$ 时, 有 $t = \frac{2 v_0 \tan \theta}{g} = \frac{\sqrt{3}}{5} \text{ s}$,

则斜面的长度为 $s = \frac{v_0 t}{\cos 60^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{5} \text{ m} \approx 0.69 \text{ m}$ 。

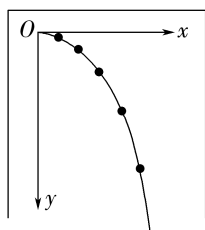
(3) 实验中有一组数据出现明显错误,由图可知,水平射程偏小,由 $x=v_0 t=\frac{2v_0^2 \tan \theta}{g}$ 知,初速度偏小,即小球释放位置低于其他几次实验。

答案:(1) 见解析图 (2) 1.0 (0.96~1.04 均可) 0.69 (0.65~0.73 均可) (3) 小球释放位置与其他几次实验不同(低于其他几次实验)

典例 5 解析:(1) 对实验装置反复调节的目的:①使斜轨道末端切线水平,以保证小球离开轨道时做平抛运动;②使 A 板水平,保证 B 板总处于同一高度;③使插槽 $P_0 P_0'$ 垂直斜轨道并在斜轨道末端正下方,以保证 B 板在 $P_0 P_0'$ 时小球的痕迹为抛出点。每次让小球从同一位置由静止释放,是为了保证小球每次以相同初速度做平抛运动。

(2) 每次将 B 板向内侧平移距离 d ,是为了使记录纸上每两点间的水平距离相等。

(3) 如图所示。



答案:(1) 斜轨道末端切线水平、A 板水平、插槽 $P_0 P_0'$ 垂直斜轨道并在斜轨道末端正下方 使小球每次做平抛运动的初速度都相同 (2) 使记录纸上每两点之间的水平距离相等

(3) 见解析图

实验六 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析:(1) 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系,要采用控制变量法探究,故正确选项为 A。

(2) 实验中,两小球的种类不同,故是保持两小球的转动半径、转动的角速度相同,探究向心力的大小跟物体质量的定量关系,故正确选项为 D。

(3) 两小球的转动半径、转动的角速度相同,探究向心力的大小跟物体质量成正比,故正确选项为 C。

答案:(1) A (2) D (3) C

典例 2 解析:(1) 皮带传动边缘上的点线速度大小相等,所以 $v_a=v_b$, a, b 轮半径之比为 1:1,所以 a, b 两轮转动的角速度相同,而两槽的角速度与两轮的角速度相同,则两槽转动的角速度相等,即 $\omega_A=\omega_B$ 。

(2) 钢球①、②的角速度相同,半径之比为 2:1,则根据 $v=\omega r$ 可知,线速度之比为 2:1;根据 $F=m\omega^2 r$ 可知,受到的向心力之比为 2:1。

答案:(1) = (2) 2:1 2:1

类型 2

典例 3 解析:(1) 挡光杆转动的线速度 $v=\frac{d}{\Delta t}$

由 $\omega=\frac{v}{r}$ 计算得出挡光杆的角速度 $\omega=\frac{d}{r\Delta t}$

因砝码与挡光杆的角速度相同,故计算砝码角速度的表达式为 $\omega=\frac{d}{r\Delta t}$ 。

(2) 题图中抛物线说明向心力 F 与 ω^2 成正比,若保持角速度和半径都不变,则物体做圆周运动的向心加速度不变,由牛顿第二定律 $F=ma$ 可知,质量大的物体需要的向心力大,所以曲线①对应的砝码质量小于曲线②对应的砝码质量。

答案:(1) $\frac{d}{r\Delta t}$ (2) 小于

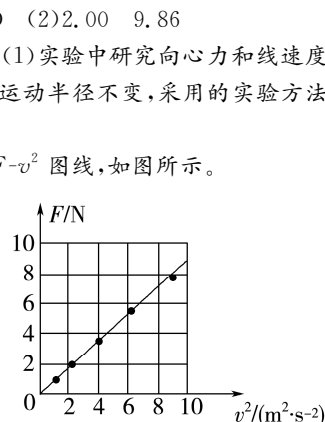
典例 4 解析:(1) 从球第 1 次到第 n 次通过 A 位置,转动圈数为 $n-1$,时间为 t ,周期 $T=\frac{t}{n-1}$, A 错误;小球的线速度大小为 $v=\frac{2\pi R}{T}=\frac{2\pi(n-1)R}{t}$, B 正确;小球受重力和拉力,合力提供向心力,设细绳与竖直方向的夹角为 α ,有 $F_T \cos \alpha=mg$, $F_T \sin \alpha=F_n$,则 $F_n=mg \tan \alpha=mg \frac{R-r}{h}$, C 错误;若电动机的转速增加,则转动半径增加,激光笔 1、2 应分别左移、上移, D 正确。

(2) 小球做圆周运动的周期 $T=\frac{t}{n-1}=2.00$ s,向心力 $F_n=mg \frac{R-r}{h}=mR \frac{4\pi^2}{T^2}$,解得 $g=\frac{4\pi^2 Rh}{(R-r)T^2} \approx 9.86$ m/s²。

答案:(1) BD (2) 2.00 9.86

典例 5 解析:(1) 实验中研究向心力和线速度的关系,保持圆柱体质量和运动半径不变,采用的实验方法是控制变量法,故选 B。

(2) ①作出 $F-v^2$ 图线,如图所示。



② 根据 $F=m \frac{v^2}{r}$,图线的斜率 $k=\frac{m}{r}$,代入数据解得 $m \approx 0.18$ kg。

答案:(1) B (2) ① 见解析图 ② 0.18

第五章 机械能

第 1 节 功和功率

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 位移 2. $F \cos \alpha$ (1) 位移 (2) 恒力 3. 正 负 不做功

二、1. 时间 2. 快慢 3. (1) 平均功率

(2) 平均功率 瞬时功率 4. (1) 正常工作 最大 (2) 实际工作 小于或等于

易错易误辨析

(1) × (2) √ (3) × (4) √ (5) √ (6) ×

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 A [根据功的公式可知,人对车的推力做的功为 $W=FL$,故 A 正确;在水平方向上,由牛顿第二定律可知车对人的作用力为 $F'=ma$,由牛顿第三定律可知人对车的作用力为 $-ma$,人对车做的功为 $W=-maL$,故 B 错误;人在水平方向受到车的作用力为 ma ,竖直方向上车对人还有支持力,故车对人的作用力为 $F_N = \sqrt{(ma)^2 + (mg)^2} = m\sqrt{a^2 + g^2}$,故 C 错误;对人,由牛顿第二定律可得 $F_f - F = ma$,则 $F_f = ma + F$,车对人的摩擦力做的功为 $W = F_f L = (F + ma)L$,故 D 错误。]

考点 2

典例 2 C [将圆弧分成很多小段 $l_1, l_2, \dots, l_n$,拉力 F 在每小段上做的功为 $W_1, W_2, \dots, W_n$,因拉力 F 大小不变,方向始终与小球运动方向成 37° 角,所以 $W_1 = Fl_1 \cos 37^\circ, W_2 = Fl_2 \cos 37^\circ, \dots, W_n = Fl_n \cos 37^\circ$ 。 $W = W_1 + W_2 + \dots + W_n = F \cos 37^\circ (l_1 + l_2 + \dots + l_n) = F \cos 37^\circ \cdot \frac{\pi}{3} R = \frac{40}{3} \pi \text{ J}$ 。同理可得小球克服摩擦力做的功 $W_f = \mu mg \cdot \frac{\pi}{3} R = \frac{20}{3} \pi \text{ J}$,拉力 F 做的功与小球克服摩擦力做的功之比为 $2:1$,故选项 C 正确。]

典例 3 解析: (1) 滑块运动到 C 点时速度最大,则在 C 点有

$$F \cos 53^\circ = mg$$

$$\text{解得 } F = \frac{5}{3} mg。$$

(2) 由能量守恒可知,拉力 F 对绳端点做的功就等于绳的拉力 F 对滑块做的功

$$\text{滑轮与 A 点间绳长 } L_1 = \frac{d}{\sin 37^\circ}$$

$$\text{滑轮与 C 点间绳长 } L_2 = \frac{d}{\sin 53^\circ}$$

$$\text{则滑轮右侧绳子增加的长度 } \Delta L = L_1 - L_2 = \frac{d}{\sin 37^\circ} - \frac{d}{\sin 53^\circ} = \frac{5d}{12}$$

$$\text{故拉力做的功 } W = F \Delta L = \frac{25}{36} mgd。$$

$$\text{答案: (1) } \frac{5}{3} mg \quad (2) \frac{25}{36} mgd$$

考点 3

题组突破

1. **C** [该同学身高约 1.6 m,则每次上半身重心上升的距离约为 $h = \frac{1}{4} \times 1.6 \text{ m} = 0.4 \text{ m}$,则她每一次克服重力做的功 $W = 0.6 mgh = 0.6 \times 50 \times 10 \times 0.4 \text{ J} = 120 \text{ J}$,1 min 内她克服重力所做的总功 $W_{\text{总}} = 50W = 50 \times 120 \text{ J} = 6\,000 \text{ J}$,她克服重力做功的平均功率为 $P = \frac{W}{t} = \frac{6\,000}{60} \text{ W} = 100 \text{ W}$,故 C 正确, A、B、D 错误。]

2. **A** [运动员入水前的运动过程可看成自由落体运动,故触水时的速度为 $v = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{2} \text{ m/s}$,运动员的质量约为 $m = 50 \text{ kg}$,故触水时重力的瞬时功率为 $P = mgv \approx 7\,000 \text{ W}$,故 A 正确。]

3. **BD** [根据 $v-t$ 图像知加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 0.5 \text{ m/s}^2$,故 A 错误;

$$\text{由牛顿第二定律得 } 2F - mg = ma, \text{解得 } F = \frac{mg + ma}{2} =$$

$$\frac{20 + 1}{2} \text{ N} = 10.5 \text{ N}, \text{故 B 正确;物体在 4 s 内的位移 } x = \frac{1}{2} at^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.5 \times 4^2 \text{ m} = 4 \text{ m}, \text{则拉力作用点的位移 } x' = 8 \text{ m}, \text{则}$$

$$\text{拉力 } F \text{ 做功的大小为 } W = Fx' = 10.5 \times 8 \text{ J} = 84 \text{ J}, \text{平均功率}$$

$$P' = \frac{W}{t} = \frac{84}{4} \text{ W} = 21 \text{ W}, \text{故 C 错误;4 s 末物体的速度为}$$

$$2 \text{ m/s}, \text{则拉力作用点的速度为 } 4 \text{ m/s}, \text{则拉力 } F \text{ 的功率 } P = Fv = 10.5 \times 4 \text{ W} = 42 \text{ W}, \text{故 D 正确。}]$$

考点 4

典例 4 解析: (1) 汽车在整个运动过程中速度达到最大时,牵引力与阻力大小相等

$$\text{即 } F = F_f = 0.1 mg = 5.0 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\text{又 } P = Fv$$

$$\text{所以最大速度 } v = \frac{60\,000}{5\,000} \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}。$$

(2) 当汽车速度 $v' = 6 \text{ m/s}$ 时,汽车的牵引力

$$F' = \frac{P}{v'} = 1 \times 10^4 \text{ N}$$

设此时汽车的加速度为 a ,根据牛顿第二定律,

$$\text{有 } F' - F_f = ma$$

$$\text{得 } a = \frac{F' - F_f}{m} = 1 \text{ m/s}^2。$$

答案: (1) 12 m/s (2) 1 m/s²

典例 5 AC [平衡车最终匀速运动时,牵引力与阻力相等,根据 $P = Fv = F_f v_m$ 代入数据,可得 $F_f = 50 \text{ N}$ 。在 $0 \sim 3 \text{ s}$ 时间

内,平衡车做匀加速运动,根据图像可知 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1 \text{ m/s}^2$,根据牛顿第二定律 $F - F_f = ma$,可得 $F = 130 \text{ N}$,在 $0 \sim 3 \text{ s}$ 时间

内的位移 $s_1 = \frac{1}{2} at^2 = 4.5 \text{ m}$,因此 $0 \sim 3 \text{ s}$ 时间内,牵引力做功 $W_1 = Fs_1 = 585 \text{ J}$,故 A 正确;在 $3 \sim 10 \text{ s}$ 时间内,根据动能定理 $Pt - W_{\text{阻}} = \frac{1}{2} mv_m^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$,代入数据得 $W_{\text{阻}} =$

$1\,020 \text{ J}$,故 C 正确;在 $3 \sim 10 \text{ s}$ 时间内,平衡车做加速度逐渐减小的加速运动,因此平衡车的平均速度 $\bar{v} \neq \frac{v_1 + v_m}{2} =$

4.5 m/s ,故 B 错误;平衡车在 2 s 末的功率 $P_2 = Fv_2 =$

260 W ,因此 $\frac{P_2}{P_{14}} = \frac{260}{300} = \frac{13}{15}$,故 D 错误。]

第 2 节 动能定理及其应用

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. 运动 2. $\frac{1}{2} mv^2$ 3. 焦耳 4. 标量

$$5. \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$$

二、2. $\frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2$ 3. 合外力 4. (1) 曲线运动 (2) 变力做功 (3) 不同时作用

易错易辨析

(1)✓ (2)× (3)✓ (4)× (5)× (6)✓

细研考点·突破题型

考点 1

题组突破

1. **D** [设小球离开弹簧时的动能是 E_{k0} , 小球离开弹簧后摩擦力做功为 W_{f1} , 小球从离开弹簧到落地的过程, 根据动能定理得: $mgh + W_{f1} = \frac{1}{2}mv^2 - E_{k0}$, 可得 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv^2 - W_{f1} - mgh$, 故 A 错误; 设弹簧弹力做的功为 $W_{弹}$, 从烧断细绳到小球离开弹簧过程中摩擦力做功为 W'_{f1} , 根据功能关系可得: $W_{弹} = E_{k0} + W'_{f1} = \frac{1}{2}mv^2 - W_{f1} - mgh + W'_{f1}$, 故 B 错误; 对从烧断细绳到小球刚要落地的过程, 设摩擦力做功为 W_{f2} , 根据动能定理得 $W_{弹} + mgh + W_{f2} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 则 $W_{弹} + mgh = \frac{1}{2}mv^2 - W_{f2}$, 故 C 错误; 根据 $W_{弹} + mgh + W_{f2} = \frac{1}{2}mv^2 - 0$, 得 $W_{弹} + W_{f2} = \frac{1}{2}mv^2 - mgh$, 故 D 正确。故选 D。]

2. **A** [小球下落的高度为 $h = \pi R - \frac{\pi}{2}R + R = \frac{\pi+2}{2}R$, 小球下落过程中, 根据动能定理有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 综上有 $v = \sqrt{(\pi+2)gR}$, 故选 A。]

考点 2

典例 1 **A** [0~10 m 内物块上滑, 由动能定理得 $-mgsin 30^\circ \cdot s - fs = E_k - E_{k0}$, 整理得 $E_k = E_{k0} - (mgsin 30^\circ + f)s$, 结合 0~10 m 内的图像得, 斜率的绝对值 $|k| = mgsin 30^\circ + f = 4 \text{ N}$; 10~20 m 内物块下滑, 由动能定理得 $(mgsin 30^\circ - f)(s - s_1) = E_k$, 整理得 $E_k = (mgsin 30^\circ - f)s - (mgsin 30^\circ - f)s_1$, 结合 10~20 m 内的图像得, 斜率 $k' = mgsin 30^\circ - f = 3 \text{ N}$ 。联立解得 $f = 0.5 \text{ N}$, $m = 0.7 \text{ kg}$, A 正确, B、C、D 错误。]

考点 3

典例 2 **解析**: (1) 设过山车在 C 点的速度大小为 v_C , 过山车从 A 运动到 C 过程中, 由动能定理得

$$mgh - \mu_1 mg \cos 45^\circ \cdot \frac{h}{\sin 45^\circ} = \frac{1}{2}mv_C^2$$

代入数据得 $v_C = 8\sqrt{10} \text{ m/s}$ 。

(2) 设过山车在 D 点速度大小为 v_D , 过山车从 C 运动到 D 过程中, 由动能定理得

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$F + mg = m \frac{v_D^2}{R}, \text{ 解得 } F = 7 \times 10^3 \text{ N}$$

由牛顿第三定律知, 过山车在 D 点对轨道的作用力大小为 $7 \times 10^3 \text{ N}$ 。

(3) 全程应用动能定理 $mg[h - (l-x)\tan 37^\circ] - \mu_1 mg \cos 45^\circ \cdot$

$$\frac{h}{\sin 45^\circ} - \mu_1 mg \cos 37^\circ \cdot \frac{l-x}{\cos 37^\circ} - \mu_2 mgx = 0$$

解得 $x = 30 \text{ m}$ 。

答案: (1) $8\sqrt{10} \text{ m/s}$ (2) $7 \times 10^3 \text{ N}$ (3) 30 m

典例 3 **BCD** [对物体受力和运动分析, 物体接触弹簧前做匀加速运动, 加速度为 $g \sin \theta - \mu g \cos \theta$, 接触弹簧瞬间加速度突变为 $g \sin \theta$, 压缩弹簧过程中, 根据牛顿运动定律

可知, 加速度 $a = \frac{mg \sin \theta - kx_0}{m}$, 说明加速度在接触弹簧时

突然增大, 再逐渐减小到零, 最后反向增大, 故选项 A 错误。物体从 A 点到第 2 次滑到 Q 点的过程中, 弹簧弹力做功为

零, 由动能定理得 $mg \cdot \frac{1}{2}x \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot \frac{3}{2}x = 0$, 解得

$\mu = \frac{\tan \theta}{3}$, 故选项 B 正确。由于物体在 AB 段运动时会有机械能损失, 故物体每次反弹后上升的高度逐渐减小, 最终可以看作物体以 B 点为最高点做简谐运动, 之后不会克服摩擦力做功, 则从开始释放至物体到 B 点的速度为零, 有 $W_f =$

$mgx \sin \theta$, 故选项 C 正确。设物体第 n 次运动到最高点时离 B 的距离为 x_n , 物体第 $(n-1)$ 次运动到最高点时离 B 的距离为 x_{n-1} , 则物体由第 $(n-1)$ 次运动到最高点至第 n 次运动到最高点有 $mg(x_{n-1} - x_n) \sin \theta - \mu mg(x_{n-1} + x_n) \cos \theta = 0$,

将 μ 代入得 $x_n = \frac{1}{2}x_{n-1}$, 为等比数列 (其中 $x_1 = \frac{1}{2}x$), 其公比为 $\frac{1}{2}$; 物体第 13 次经过 B 点时, 此时物体第 6 次运动到最高点后向下经过 B 点, 物体在 AB 段运动经过的路程为 s

$$= 2 \times \frac{1 - \left(\frac{1}{2}\right)^6}{1 - \frac{1}{2}} x_1 + x = \frac{95}{32}x, \text{ 故选项 D 正确。}]$$

第 3 节 机械能守恒定律及其应用

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. (2) mgh 2. (1) 路径 高度差 (2) 机械能 3. (1) 减小 增大 (2) 等于 减小 $-\Delta E_p$ (3) 无关 4. (1) 弹性形变 (2) 越大 越大 (3) $-\Delta E_p$

二、1. 动能 势能 弹性势能 重力势能 2. (1) 重力或弹力 保持不变 (2) 重力 不做功 3. 零势能

易错易辨析

(1)✓ (2)× (3)✓ (4)✓ (5)× (6)×

细研考点·突破题型

考点 1

题组突破

1. **A** [如果没有摩擦, 小球运动过程中只有重力做功, 机械能守恒, 选项 A 正确, D 错误; 如果没有摩擦, 小球机械能守恒, 小球运动到另一斜面上最高点的高度将与释放时的高度相同, 选项 B、C 错误。]

2. **BC** [b 球从水平位置下摆到最低点的过程中, a 球升至最高点, 重力势能增加, 动能也增加, 机械能增加。由于 a、b 系统只有重力做功, 则系统机械能守恒, 既然 a 球机械能增加, b 球机械能一定减小。可见, 杆对 a 球做了正功, 杆对 b 球做了负功。故选 BC。]

3. **D** [细绳烧断后, 由于弹簧处于伸长状态, 通过对 P、Q 两球受力分析可知 $a_P > a_Q$, 在任一时刻, 两球的动能不一定相等, 选项 A、B 错误; 系统内有弹力做功, 弹性势能发生变化, 系统的动能与重力势能之和发生变化, 选项 C 错误; Q 落地前, 两球及弹簧组成的系统只有重力和弹簧的弹力做功, 整个系统的机械能守恒, 选项 D 正确。]

考点 2

典例 1 解析: (1) 设小球的质量为 m , 小球在 A 点的动能为

$$E_{kA}, \text{由机械能守恒定律得 } E_{kA} = mg \frac{R}{4}$$

设小球在 B 点的动能为 E_{kB} ,

$$\text{同理有 } E_{kB} = mg \left(R + \frac{R}{4} \right)$$

$$\text{解得 } \frac{E_{kB}}{E_{kA}} = \frac{5}{1}.$$

(2) 若小球能沿轨道运动到 C 点, 小球在 C 点所受轨道的弹力 N 应满足 $N \geq 0$

设小球在 C 点的速度大小为 v_C , 由牛顿运动定律和向心力

$$\text{公式有 } N + mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

v_C 应满足 $mg \leq m \frac{v_C^2}{R}$, 当且仅当小球恰好到达 C 时取等号,

$$\text{此时 } v_C = \sqrt{\frac{gR}{2}}$$

由机械能守恒定律有 $mg \frac{R}{4} = \frac{1}{2} m v_C^2$, 解得

$$v_C = \sqrt{\frac{gR}{2}}$$

得出小球恰好可以沿轨道运动到 C 点。

答案: (1) 5 : 1 (2) 见解析

考点 3

典例 2 D [球 B 运动到最低点, A 球运动到最高点, 两个球组成的系统机械能守恒, 故 A 球增加的机械能等于 B 球减少的机械能, 故 A 错误; A 球重力势能增加 $mg \cdot 2R$, B 球重力势能减小 $2mg \cdot 2R$, 故 B 错误; 两个球组成的系统机械能守恒, 当 B 球运动到最低点时, 速度最大, 有 $2mg \cdot 2R - mg \cdot 2R = \frac{1}{2} (m + 2m) v^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{4}{3} gR}$, 故 C 错误; 除重力外其他力做的功等于物体机械能的增加量, 故细杆对 A 球做的功等于 A 球机械能的增加量, 有 $W = \frac{1}{2} m v^2 + mg \cdot 2R = \frac{2}{3} mgR + 2mgR = \frac{8}{3} mgR$, 故 D 正确。]

典例 3 A [圆环下降 3 m 后的速度

可以按如图所示分解, 故可得 $v_A =$

$$v \cos \theta = \frac{vh}{\sqrt{h^2 + l^2}}, \text{A、B 和绳子看}$$

成一个整体, 整体只有重力做功, 机械能守恒, 当圆环下降 $h = 3 \text{ m}$ 时, 根据机械能守恒定律可得 $mgh =$

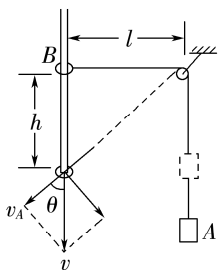
$$Mgh_A + \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} M v_A^2, \text{其中}$$

$$h_A = \sqrt{h^2 + l^2} - l, \text{联立可得 } \frac{M}{m} = \frac{35}{29}, \text{故 A 正确。}]$$

典例 4 解析: (1) 由题意可知, 当 A 沿斜面向下滑至速度最大时, C 恰好离开地面, A 的加速度此时为零。

由牛顿第二定律得 $4mg \sin \alpha - 2mg = 0$, 则

$$\sin \alpha = \frac{1}{2}, \alpha = 30^\circ.$$



(2) 由题意可知, $mg = k \Delta x$, B 球上升的高度 $x = 2 \Delta x = \frac{2mg}{k}$ 。

A、B 两小球及轻质弹簧组成的系统在初始时和 A 沿斜面向下滑至速度最大时弹簧的弹性势能相等, 对 A、B、C 三小球和弹簧组成的系统, 由机械能守恒定律得

$$4mgx \sin \alpha - mgx = \frac{1}{2} (5m) v_m^2$$

$$\text{联立化简得 } v_m = 2g \sqrt{\frac{m}{5k}}.$$

$$\text{答案: (1) } 30^\circ \quad (2) 2g \sqrt{\frac{m}{5k}}$$

考点 4

题组突破

1. ACD [把连接两筒的阀门打开到两筒水面高度相等的过程中大气

压力对左筒水面做正功, 对右筒水面做负功, 抵消为零。水柱的机械能守恒, 重力做功等于重力势能的减少量, 等于水柱增加的动能, 等效于把左管高

$\frac{h_1 - h_2}{2}$ 的水柱移至右管, 如图中的阴影部分所示, 重心下降

$\frac{h_1 - h_2}{2}$, 重力所做正功 $W_G = \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right) \rho g S \cdot \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right) =$

$$\frac{1}{4} \rho g S (h_1 - h_2)^2, \text{故 A、C、D 正确。}]$$

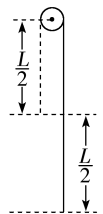
2. C [铁链向一侧滑动的过程受重力和滑轮弹力的作用, 弹力始终与对应各节链条的运动方向

垂直, 故弹力不做功, 只有重力做功。设铁链刚好完全离开滑轮时的速度为 v , 由机械能

守恒定律有 $\frac{1}{2} m v^2 + \Delta E_p = 0$, 其中铁链重力势能的变化量相当于滑离时下半部分的重力

势能减去滑动前左半部分的重力势能, 如图所示, 即 $\Delta E_p =$

$$-\frac{1}{2} mg \cdot \frac{L}{2}, \text{解得 } v = \sqrt{\frac{gL}{2}}, \text{故 C 正确。}]$$



专题突破五 功能关系 能量守恒定律

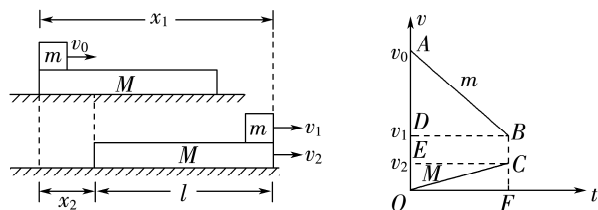
细研考点 · 突破题型

突破一

题组突破

1. C [设物块在 A 点时的动能为 E_k , 斜面的倾角为 θ , 物块由 A 点运动至 B 点的过程中, 对物块由能量守恒有 $E_k + mgL_{AB} \sin \theta = E_p$, 可知, 物块由 A 点运动至 B 点的过程中, 物块的机械能转化成了弹簧的弹性势能, 因此可知, 弹簧弹性势能增加量大于物块动能的减少量, 同样大于物块重力势能的减少量, 而等于物块机械能的减少量, 故 A、B 错误, C 正确; 显然, 物块由 A 点运动至 B 点的过程中, 弹簧弹性势能最大时即弹簧被压缩至最短时, 而物块动能最大时, 弹簧的弹力等于物块重力沿斜面向下的分力, 即此时弹簧已被压缩, 具有了一定的弹性势能, 而此后物块还要继续向下运动, 直至速度减为零, 弹簧被压缩至最短, 因此弹簧弹性势能的最大值大于物块动能的最大值, 故 D 错误。故选 C。]

2. BD [物块和木板的运动示意图和 $v-t$ 图像如下



根据动能定理可知

$$\text{对 } m \text{ 有 } -fx_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \quad (1)$$

$$\text{对 } M \text{ 有 } fx_2 = \frac{1}{2}Mv_2^2 \quad (2)$$

根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积 S 表示物体运动的位移可知 $x_2 = S_{\triangle COF}$, $x_1 = S_{ABFO}$, 根据位移关系可知 $l = x_1 - x_2 =$

$$S_{ABCO} > x_2 = S_{\triangle COF}, \text{ 因此 } fl > fx_2 = \frac{1}{2}Mv_2^2, \text{ 即木板的动能一定}$$

$$\text{小于 } fl, \text{ A 错误, B 正确; 将 (1)、(2) 两式相加得 } -fl = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$+ \frac{1}{2}Mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_0^2, \text{ 变形得物块离开木板时的动能 } \frac{1}{2}mv_1^2 =$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 - fl - \frac{1}{2}Mv_2^2 < \frac{1}{2}mv_0^2 - fl, \text{ C 错误, D 正确。}]$$

3. AB [由重力势能和动能随下滑距离 s 变化的图像可知, 重力势能和动能之和随下滑距离 s 的增大而减小, 可知物块下滑过程中机械能不守恒, A 项正确; 在斜面顶端, 重力势能 $mgh = 30 \text{ J}$, 解得物块质量 $m = 1 \text{ kg}$, 由重力势能随下滑距离 s 变化图像可知, 重力势能可以表示为 $E_p = (30 - 6s) \text{ J}$, 由动能随下滑距离 s 变化图像可知, 动能可以表示为 $E_k = 2s \text{ J}$, 设斜面倾角为 θ , 则有 $\sin \theta = \frac{h}{L} = \frac{3}{5}$, $\cos \theta = \frac{4}{5}$, 由功能关系有 $-\mu mg \cos \theta \cdot s = E_p + E_k - 30 \text{ J} = (30 - 6s + 2s - 30) \text{ J} = -4s \text{ J}$, 可得 $\mu = 0.5$, B 项正确; 由 $E_k = 2s \text{ J}$, $E_k = \frac{mv^2}{2}$ 可得, $v^2 = 4s \text{ m}^2/\text{s}^2$, 对比匀变速直线运动公式 $v^2 = 2as$, 可得 $a = 2 \text{ m/s}^2$, 即物块下滑时加速度的大小为 2.0 m/s^2 , C 项错误; 由重力势能和动能随下滑距离 s 变化图像可知, 当物块下滑 2.0 m 时机械能为 $E = 18 \text{ J} + 4 \text{ J} = 22 \text{ J}$, 机械能损失了 $\Delta E = 30 \text{ J} - 22 \text{ J} = 8 \text{ J}$, D 项错误。]

突破二

典例 1 解析: (1) 小兰和跳杆处于竖直静止状态时受力平衡, 重力与弹簧弹力等大反向, 有 $5mg = kx_0$,

$$\text{解得 } k = \frac{5mg}{x_0}.$$

(2) 小兰受到的合力为零时, 速度最大, 此时小兰上升高度为 $4x_0$, 根据系统能量守恒定律可知, $\frac{1}{2}k(5x_0)^2 = 5mg \cdot 4x_0 +$

$$\frac{1}{2}kx_0^2 + \frac{1}{2} \times 5mv_m^2$$

$$\text{解得 } v_m = 4\sqrt{gx_0}.$$

$$\text{答案: (1) } \frac{5mg}{x_0} \quad (2) 4\sqrt{gx_0}$$

突破三

典例 2 解析: (1) 传送带长 $x = \frac{h}{\sin \theta} = 3 \text{ m}$

工件速度达到 v_0 前, 做匀加速运动的位移

$$x_1 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0}{2} t_1$$

工件速度到达 v_0 后, 匀速运动的位移为

$$x - x_1 = v_0(t - t_1)$$

解得加速运动的时间 $t_1 = 0.8 \text{ s}$

加速运动的位移 $x_1 = 0.8 \text{ m}$

$$\text{所以加速度 } a = \frac{v_0}{t_1} = 2.5 \text{ m/s}^2$$

由牛顿第二定律得

$$\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$$

$$\text{解得 } \mu = \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

(2) 在时间 t_1 内, 传送带运动的位移

$$x_{\text{传送带}} = v_0 t_1 = 1.6 \text{ m}$$

在时间 t_1 内, 工件相对传送带的位移

$$x_{\text{相对}} = x_{\text{传送带}} - x_1 = 0.8 \text{ m}$$

在时间 t_1 内, 摩擦生热

$$Q = \mu mg \cos \theta \cdot x_{\text{相对}} = 60 \text{ J}$$

$$\text{工件获得的动能 } E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 = 20 \text{ J}$$

$$\text{工件增加的势能 } E_p = mgh = 150 \text{ J}$$

$$\text{故电动机多消耗的电能 } W = Q + E_k + E_p = 230 \text{ J}.$$

$$\text{答案: (1) } \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (2) 230 \text{ J}$$

典例 3 解析: (1) 设小物块与长木板间的动摩擦因数为 μ_1 , 长木板与地面间的动摩擦因数为 μ_2 , 长木板达到的最大速度为 v_m , 长木板加速过程中, 由牛顿第二定律得

$$\mu_1 mg - 2\mu_2 mg = ma_1$$

$$v_m = a_1 t_1$$

木板和物块相对静止, 共同减速过程中, 由牛顿第二定律得

$$\mu_2 \cdot 2mg = 2ma_2$$

$$v_m = a_2 t_2$$

由图像可知, $v_m = 2 \text{ m/s}$, $t_1 = 2 \text{ s}$, $t_2 = 1 \text{ s}$

联立解得 $\mu_1 = 0.5$.

(2) 设小物块初速度为 v_0 , 刚滑上长木板时的加速度大小为 a_0 , 则有

$$\mu_1 mg = ma_0$$

$$v_m = v_0 - a_0 t_1$$

在整个过程中, 由能量守恒定律得

$$Q = \frac{1}{2}mv_0^2 = 72 \text{ J}.$$

$$\text{答案: (1) } 0.5 \quad (2) 72 \text{ J}$$

实验七 验证机械能守恒定律

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析: (1) 打点计时器应接到电源的交流输出端上, 故

B 错误; 验证机械能是否守恒只需验证 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 即 gh

$$= \frac{1}{2}v^2, m \text{ 可约去, 故不需要用天平测重物的质量, 故 C 没}$$

有必要进行; 开始记录时, 应先给打点计时器通电打点, 然后再释放重物, 让它带着纸带一同落下, 如果先放开纸带让重物下落, 再接通打点计时器的电源, 由于重物运动较快, 不利于数据的采集和处理, 会使实验产生较大的误差, 故 D 错误。

(2)利用 $\frac{1}{2}v^2-h$ 图线处理数据,物体自由下落过程中机械能守恒, $mgh=\frac{1}{2}mv^2$, 即 $\frac{1}{2}v^2=gh$, 若以 $\frac{1}{2}v^2$ 为纵轴、以 h 为横轴,画出的图线应是过原点的倾斜直线,由以上易知 $\frac{1}{2}v^2-h$ 图线的斜率就等于重力加速度 g 的数值。

答案:(1)BCD (2)过原点的倾斜直线 重力加速度 g

典例 2 解析:(1)在验证机械能守恒定律实验时阻力越小越好,因为密度大的相同体积的重物,其阻力与重力之比更小,所以选用密度大的重物。

(2)由图 2 中可知 OC 之间的距离为 $x_{OC}=27.90\text{ cm}$,因此重力势能的减少量为 $|\Delta E_p|=mgx_{OC}=0.2\times 9.8\times 0.2790\text{ J}\approx 0.547\text{ J}$

匀变速直线运动中间时刻的速度等于这段时间的平均速度,因此

$$v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=\frac{0.330-0.233}{2\times 0.02}\text{ m/s}=2.425\text{ m/s}$$

因此动能的增加量为 $E_{kC}=\frac{1}{2}mv_C^2=\frac{1}{2}\times 0.2\times 2.425^2\times 2.425\text{ J}\approx 0.588\text{ J}$

工作电压偏高不会影响实验的误差,存在摩擦力会使重力势能的减少量大于动能的增加量,只有提前释放了纸带,纸带的初速度不为零,下落到同一位置的速度偏大才会导致动能的增加量大于重力势能的减少量。

答案:(1)阻力与重力之比更小(或其他合理解释)

(2)0.547 0.588 C

类型 2

典例 3 解析:(1)小球经过光电门中心时的速度为 $v=\frac{d}{\Delta t}$

则小球从释放点下落至此光电门中心时的动能增加量为 $\Delta E_k=\frac{1}{2}mv^2-0=\frac{1}{2}m\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$

小球从释放点下落至此光电门中心时的重力势能减小量 $\Delta E_p=mgh$ 。

(2)根据机械能守恒定律可得 $\Delta E_k=\Delta E_p$

则作出 $\Delta E_k-\Delta E_p$ 的图像中虚线的斜率 $k\approx 1$,则可验证机械能守恒定律。

(3)第三个光电门的中心与释放点的竖直距离测量值偏大,则 ΔE_p 的测量值偏大,使得 ΔE_k 小于 ΔE_p ,故 A 错误;第三个光电门的中心偏离小球下落时球心所在的竖直线,使得挡光宽度小于小球的直径,则速度测量值偏大, ΔE_k 的测量值偏大,使得 ΔE_k 大于 ΔE_p ,故 B 正确;小球下落过程中受到空气阻力的作用,使得减少的重力势能有一部分转化为内能,则 ΔE_k 小于 ΔE_p ,故 C 错误。故选 B。

答案:(1) $\frac{1}{2}m\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$ mgh (2)1 (3)B

典例 4 解析:(1)设初始位置时,细线与竖直方向夹角为 θ ,则细线拉力最小值为 $T_{\min}=mg\cos\theta$

到最低点时细线拉力最大,则

$$mgl(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2, T_{\max}-mg=m\frac{v^2}{l}$$

联立可得 $T_{\max}=3mg-2T_{\min}$

若小钢球摆动过程中机械能守恒,则图乙中直线斜率的理论值为 -2 。

(2)由图乙得直线的斜率为 $k=-\frac{1.77-1.35}{0.2}=-2.1$

纵轴截距 $3mg=1.77\text{ N}$

则小钢球的重力为 $mg=0.59\text{ N}$ 。

(3)该实验系统误差的主要来源是小钢球摆动过程中有空气阻力,使得机械能减小,故选 C。

答案:(1)-2 (2)-2.1 0.59 (3)C

典例 5 解析:(1)用游标卡尺测量遮光条的宽度

$$d=0.6\text{ cm}+0.05\text{ mm}\times 12=0.660\text{ cm}。$$

(2)系统重力势能减小量为 $\Delta E_p=mgx$

$$\text{动能增加量为 } \Delta E_k=\frac{1}{2}(M+m)(v_2^2-v_1^2)$$

则要验证的关系式为 $mgx=\frac{1}{2}(M+m)(v_2^2-v_1^2)$ 。

(3)由表达式 $mgx=\frac{1}{2}(M+m)(v_2^2-v_1^2)$ 可得

$$\frac{1}{v_2^2-v_1^2}=\frac{M}{2gx}+\frac{1}{2gx}$$

则 $\frac{1}{v_2^2-v_1^2}-\frac{1}{m}$ 图像的斜率为 $k=\frac{M}{2gx}$ 。

答案:(1)0.660 (2) $mgx=\frac{1}{2}(M+m)(v_2^2-v_1^2)$ (3) $\frac{M}{2gx}$

第六章 动量

第 1 节 动量和动量定理

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. (1)速度 (2) mv (3) $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ (4)速度 2. (1)矢量 相同 (2) $p'-p$ 3. (1)作用时间 $F\cdot\Delta t$ (2)牛·秒 $\text{N}\cdot\text{s}$ (3)相同

二、1. 动量 力 3. 合外力

易错易辨析

(1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$ (5) $\times$ (6) $\sqrt$

细研考点·突破题型

考点 1

题组突破

1. **BD** [根据动量定理可知,动量的改变量越大,冲量越大,动量和冲量无直接联系,故 A 错误;匀速圆周运动的速度方向时刻变化,所以动量变化,但速度大小不变,所以动能不变,故 B 正确,C 错误;由公式 $\Delta p=p'-p$ 可知,由于动量和动量变化量为矢量,遵循平行四边形定则,则物体动量变化的方向可能与初动量的方向不在同一直线上,故 D 正确。]

2. **B** [以初速度方向为正方向,有 $\Delta p=p_2-p_1=-\frac{1}{2}mv_0-mv_0=-\frac{3}{2}mv_0$,所以滑块的动量改变量的大小为 $\frac{3}{2}mv_0$,方向与 v_0 的方向相反,故 A、C 错误,B 正确;根据 $I=Ft$ 得重力的冲量为 $I=mgt$,不为零,故 D 错误。]

3. **D** [由题图可知,物体在摩擦力和恒力 F 作用下先向正方向做匀减速运动,然后反向加速,由题图可知,第 1 s 内与第 2 s 内的位移不同,则摩擦力做的功不同,水平恒力做的功也不同,选项 A、C 错误;第 1 s 内与第 2 s 内摩擦力的方向不同,则摩擦力的冲量不同,选项 B 错误;水平恒力的冲量 $I=Ft$,则水平恒力的冲量相同,选项 D 正确。]

考点 2

典例 1 D [行驶中的汽车如果发生剧烈碰撞,车内安全气囊被弹出并瞬间充满气体,增大了司机的受力面积,减少了司机单位面积的受力大小,可以延长司机的受力时间,从而减小了司机受到的作用力,A项错误,D项正确;碰撞前司机动量等于其质量与速度的乘积,碰撞后司机动量为零,所以安全气囊不能减少碰撞前后司机动量的变化量,B项错误;碰撞过程中通过安全气囊将司机的动能转化为气体的内能,C项错误。]

典例 2 C [矿泉水的质量约为 $m=0.5\text{ kg}$,4楼窗户离地高度约为 $h=4\times 3\text{ m}=12\text{ m}$,矿泉水瓶做自由落体运动,落地速度为 $v=\sqrt{2gh}=4\sqrt{15}\text{ m/s}$,未反弹,则末速度为零,对矿泉水瓶撞地的过程,取向为正,由动量定理有 $mg\Delta t-F\Delta t=0-mv$,由牛顿第三定律可知地面对瓶的支持力等于瓶对地面的冲击力 $F'=F$,联立可得 $F'\approx 11.12\times 10^2\text{ N}$,故选项 C 正确。]

典例 3 D [高压水枪单位时间喷出水的质量等于单位时间内喷出的水柱的质量,即 $m_0=\rho V=\rho\pi\frac{D^2}{4}\cdot v=\frac{1}{4}\pi\rho vD^2$,故 A、B 错误;水柱对汽车的平均冲力为 F ,设汽车对水柱的平均冲力为 F' ,由动量定理得 $F't=mv$,其中 $F'=F$,即 $Ft=\frac{1}{4}\pi\rho vD^2\cdot t\cdot v$,解得 $F=\frac{1}{4}\pi\rho v^2D^2$,选项 C 错误;高压水枪

喷出的水对汽车产生的压强 $p=\frac{F}{S}=\frac{\frac{1}{4}\pi\rho v^2D^2}{\frac{1}{4}\pi D^2}=\rho v^2$,则当

高压水枪喷口的出水速度变为原来的 2 倍时,压强变为原来的 4 倍,选项 D 正确。]

第 2 节 动量守恒定律及其应用

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. (1)不受外力 (2) $m_1v_1'+m_2v_2'$ 2. (2)远大于 (3)合外力

二、1. (1)远大于 (2)守恒 最大 2. (1)动量 (2)远大于 守恒

易错易误辨析

(1)× (2)√ (3)× (4)√ (5)√

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 BC [以 a 、 b 及弹簧组成的系统为研究对象,撤去外力后, b 向右运动,在 a 尚未离开墙壁前,系统所受合外力不为零,因此该过程系统动量不守恒,故 A 错误,B 正确;当 a 离开墙壁后,系统水平方向不受外力,系统动量守恒,故 C 正确,D 错误。]

典例 2 A [人在跃出的过程中船人组成的系统水平方向合外力为零,动量守恒,以河岸为参考系,规定水平向右的方向为正方向,设救生员跃出后小船的速率为 v' ,救生员的速率为 v ,其中 $v+v'=6\text{ m/s}$,则由动量守恒定律得 $(M+m)v_0=Mv'-mv$,代入数据解得 $v'=4.2\text{ m/s}$,故 A 正确,B、C、D 错误。]

考点 2

典例 3 解析:长木板 A 与滑块 C 处于光滑水平轨道上,两者碰撞时间极短,碰撞过程中滑块 B 与长木板 A 间的摩擦力可以忽略不计,以向右为正方向,长木板 A 与滑块 C 组成的系统在碰撞过程中动量守恒,则 $m_Av_0=m_Av_A+m_Cv_C$ 。两者碰撞后,长木板 A 与滑块 B 组成的系统在两者达到同速之前所受合外力为零,系统动量守恒,则 $m_Av_A+m_Bv_0=(m_A+m_B)v$ 。长木板 A 和滑块 B 达到共同速度后,恰好不再与滑块 C 碰撞,则最后三者速度相等, $v_C=v$ 。联立以上各式,代入数据解得 $v_A=2\text{ m/s}$ 。

答案:2 m/s

拓展 解析:(1)整个作用过程中, A 、 B 、 C 三个物体组成的系统动量守恒,最终三者具有相同的速度,根据动量守恒

$$(m_A+m_B)v_0=(m_A+m_B+m_C)v$$

代入数据可得 $v=3\text{ m/s}$ 。

(2)三者最后的速度 $v=3\text{ m/s}$

$$\text{相互作用前 } E_1=\frac{1}{2}(m_A+m_B)v_0^2=37.5\text{ J}$$

A 、 B 再次达到共同速度时

$$E_2=\frac{1}{2}(m_A+m_B+m_C)v^2=22.5\text{ J}$$

机械能损失 $\Delta E=E_1-E_2=15\text{ J}$ 。

答案:(1)3 m/s (2)15 J

考点 3

题组突破

1. **BC** [若子弹射出方向与船前进的方向在同一直线上,则子弹、机枪和小船组成的系统动量守恒,有 $Mv_0=(M-5m)v'\pm 5mv$,若子弹向船前进的方向射出,反冲作用使船速减小, $v_1'=\frac{Mv_0-5mv}{M-5m}\approx 0.7\text{ m/s}$;若子弹向船前进的反方向射出, $v_2'=\frac{Mv_0+5mv}{M-5m}\approx 1.3\text{ m/s}$,可见船速应在 $0.7\sim 1.3\text{ m/s}$ 之间,故 B、C 正确。]

2. **B** [设质量小的碎块的质量为 m ,则质量大的碎块的质量为 $2m$;设爆炸时质量大的碎块的水平速度大小为 v ,质量小的碎块的水平速度大小为 v' ,根据动量守恒定律有 $2mv-mv'=0$,解得 $v'=2v$;两碎块都做平抛运动,设其下落时间为 t ,则 $vt=v_{\text{平}}(t_1-t)$, $2vt=v_{\text{平}}(t_2-t)$,其中 $t_1=5\text{ s}$, $t_2=6\text{ s}$,解得 $t=4\text{ s}$, $v=85\text{ m/s}$;再由 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 可得,爆炸点离地面的高度为 80 m ,B 正确,两碎块的水平位移大小之比为 $1:2$,但从爆炸物爆炸成两碎块开始抛出到落地的位移大小之比不等于 $1:2$,A 错误,爆炸后质量大的碎块的初速度为 85 m/s ,C 错误,爆炸后两碎块向相反的方向运动,水平间距 $\Delta x=(v+2v)t=(85+85\times 2)\times 4\text{ m}=1\,020\text{ m}$,D 错误。]

3. **BD** [系统只是在水平方向所受的合力为零,竖直方向的合力不为零,故水平方向的动量守恒,而总动量不守恒,A 错误,B 正确;根据水平方向的动量守恒及机械能守恒得,小球仍能向左摆到原高度,C 错误;小球相对于小车的最大位移为 $2l$,根据“人船模型”,系统水平方向动量守恒,设小球的平均速度为 v_1 ,小车的平均速度为 v_2 , $m_1v_1-m_2v_2=0$,两边同时乘以运动时间 t , $m_1v_1t-m_2v_2t=0$,即 $m_1x_1=m_2x_2$,又 $x_1+x_2=2l$,解得小车移动的最大距离为 $x_2=\frac{2m_1l}{m_2+m_1}$,D 正确。]

专题突破六 三大力学观点的综合应用

细研考点·突破题型

突破一

典例 1 解析:设碰后 A、B 和 C 共同速度的大小为 v , 由动量守恒定律得 $3mv = mv_0$ ①

设 C 离开弹簧时, A、B 的速度大小为 v_1 , 由动量守恒定律得 $3mv = 2mv_1 + mv_0$ ②

设弹簧的弹性势能为 E_p , 从细线断开到 C 与弹簧分开的过程中机械能守恒, 有 $\frac{1}{2}(3m)v^2 + E_p = \frac{1}{2}(2m)v_1^2 + \frac{1}{2}mv_0^2$ ③

由①②③式得弹簧所释放的势能为 $E_p = \frac{1}{3}mv_0^2$.

答案: $\frac{1}{3}mv_0^2$

典例 2 解析:(1) 设子弹射入木块后与木块的共同速度为 v , 对子弹和木块组成的系统, 由动量守恒定律得

$$mv_0 = (M+m)v$$

解得 $v = 6 \text{ m/s}$

此过程系统所产生的内能

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v^2 = 882 \text{ J}.$$

(2) 假设子弹以 $v_0' = 400 \text{ m/s}$ 的速度入射时没有射穿木块, 则对以子弹和木块组成的系统, 由动量守恒定律得 $mv_0' = (M+m)v'$

解得 $v' = 8 \text{ m/s}$

此过程系统所损耗的机械能为

$$\Delta E' = \frac{1}{2}mv_0'^2 - \frac{1}{2}(M+m)v'^2 = 1\,568 \text{ J}$$

由功能关系有 $\Delta E = F_{\text{阻}} x_{\text{相}} = F_{\text{阻}} d$

$$\Delta E' = F_{\text{阻}} x_{\text{相}}' = F_{\text{阻}} d'$$

$$\text{则 } \frac{\Delta E}{\Delta E'} = \frac{F_{\text{阻}} d}{F_{\text{阻}} d'} = \frac{d}{d'}$$

$$\text{解得 } d' = \frac{1\,568}{147} \text{ cm}$$

因为 $d' > 10 \text{ cm}$, 所以能射穿木块。

答案: (1) 6 m/s 882 J (2) 能

典例 3 解析:(1) 对 A 有 $\mu mg = ma_A$, 得 $a_A = \mu g$

对 B、C 有 $\mu mg = 2ma_B$, 解得 $a_B = \frac{\mu g}{2}$.

(2) 若 A、B 刚好不发生碰撞, 则三者正好达到共同速度, A 相对于 C 滑行距离为 L , 由动量守恒有 $mv_1 = 3mv_{\text{共}}$

且有 $\mu mgL \geq \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2} \times 3mv_{\text{共}}^2$, 解得

$$v_1 \leq \sqrt{3\mu gL}.$$

(3) 由于弹性碰撞, A、B 碰后交换速度, 等同于 A 与 C 相对静止一起向前加速, B 继续减速, 刚好不滑下木板时, 三者达到共同速度, 由动量守恒有

$$mv_0 = 3mv_{\text{共}}'$$

$$\text{且有 } \mu mgL_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2} \times 3mv_{\text{共}}'^2$$

$$\text{联立解得 } L_{\text{总}} = \frac{v_0^2}{3\mu g}.$$

答案: (1) μg $\frac{\mu g}{2}$ (2) $v_1 \leq \sqrt{3\mu gL}$ (3) $\frac{v_0^2}{3\mu g}$

突破二

典例 4 解析:(1) 设小球与圆盘碰撞前瞬间速度大小为 v_0 , 根据自由落体运动规律可得 $v_0^2 = 2gl$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{2gl}$$

小球与圆盘发生的碰撞为弹性碰撞, 根据动量守恒定律可得 $mv_0 = mv_1 + Mv_2$

$$\text{根据机械能守恒定律可得 } \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$

$$\text{联立解得 } v_1 = -\frac{1}{2}v_0, v_2 = \frac{1}{2}v_0$$

$$\text{即 } v_1 = -\frac{1}{2}\sqrt{2gl}, v_2 = \frac{1}{2}\sqrt{2gl}.$$

(2) 在第一次碰撞到第二次碰撞之间, 小球先向上做匀减速直线运动, 到最高点再向下做匀加速直线运动, 圆盘一直向下做匀速直线运动, 当小球速度向下且与圆盘速度相等时, 两物体间距最大, 设此过程所经历的时间为 t , 对小球, 由匀变速直线运动公式得

$$\frac{\sqrt{2gl}}{2} = -\frac{\sqrt{2gl}}{2} + gt$$

$$\text{解得 } t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

由竖直上抛运动的对称性知, 此时小球又回到了与圆盘第一次碰撞的位置, 故圆盘下落的距离就是此时两物体的间距, 也是在第一次碰撞到第二次碰撞之间两物体的最远距离, 为

$$s_{\text{max}} = v_2 t = \frac{\sqrt{2gl}}{2} \times \sqrt{\frac{2l}{g}} = l.$$

(3) 设从第一次碰撞后到第二次碰撞所用时间为 t_1 ,

$$\text{则有 } v_2 t_1 = v_1 t_1 + \frac{1}{2}gt_1^2$$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{2v_0}{g}$$

则这段时间内圆盘运动的距离 $x_1 = v_2 t_1 = 2l$

$$\text{第二次碰撞前瞬间小球的速度 } v_1' = v_1 + gt_1 = \frac{3}{2}v_0$$

小球与圆盘第二次碰撞, 根据动量守恒定律可得

$$mv_1' + Mv_2 = mv_3 + Mv_4$$

根据机械能守恒定律可得

$$\frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2$$

$$\text{联立解得 } v_3 = 0, v_4 = v_0 = \sqrt{2gl}$$

碰撞后小球相对圆盘向上做初速度为 v_0 的竖直上抛运动,

$$\text{则分析可知第二次碰撞后到第三次碰撞所用时间 } t_2 = \frac{2v_0}{g}$$

$$\text{圆盘运动的距离 } x_2 = v_4 t_2 = 4l$$

$$\text{第三次碰撞前瞬间小球的速度 } v_3' = v_3 + gt_2 = 2v_0$$

小球与圆盘第三次碰撞, 根据动量守恒定律可得

$$mv_3' + Mv_4 = mv_5 + Mv_6$$

根据机械能守恒定律可得

$$\frac{1}{2}mv_3'^2 + \frac{1}{2}Mv_4^2 = \frac{1}{2}mv_5^2 + \frac{1}{2}Mv_6^2$$

联立解得碰撞后小球和圆盘的速度分别为

$$v_5 = \frac{1}{2}v_0 = \frac{1}{2}\sqrt{2gl}, v_6 = \frac{3}{2}v_0 = \frac{3}{2}\sqrt{2gl}$$

碰撞后小球相对圆盘向上做初速度为 v_0 的竖直上抛运动, 则第三次碰撞后到第四次碰撞所用时间

$$t_3 = \frac{2v_0}{g}$$

圆盘运动的距离 $x_3 = v_0 t_3 = 6l$

由以上规律知,第四次碰撞后圆盘运动的距离 $x_4 = 8l$,因为 $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 20l > 19l$,所以小球与圆盘在管内运动过程中只能碰撞4次。

答案:(1) $\frac{1}{2}\sqrt{2gl}$ $\frac{1}{2}\sqrt{2gl}$ (2) l (3) 4次

实验八 验证动量守恒定律

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析: (1) 如题图所示,用尽可能小的圆把小球落点圈在里面,由此可见圆心的位置是 65.7 cm,即碰撞后 B 球的水平射程应为 65.7 cm (65.6~65.8 cm 都可以)。

(2) 本实验需要验证的方程是: $m_A \overline{OK} = m_A \overline{ON} + m_B \overline{OM}$, (其中的 K、N、M 分别是 A 球未与 B 球碰撞时的平均落地点、A 球与 B 球相碰后 A 球的平均落地点以及 A 球与 B 球相碰后 B 球的平均落地点),则需要测量两球的质量 m_A 、 m_B ,水平槽上未放 B 球时,测量 A 球平均落点位置到 O 点的距离 $\overline{OK}$ 。A 球与 B 球碰撞后,测量两球落点位置到 O 点的平均距离 $\overline{ON}$ 和 $\overline{OM}$ 。故 A、B、D 正确, C、E 错误。

答案:(1) 65.7 (±0.1) (2) ABD

典例 2 解析: (1) 滑块 1 通过光电门 1 的速度为

$$v_1 = \frac{d}{\Delta t_1} = \frac{0.50 \times 10^{-2}}{0.050} \text{ m/s} = 0.10 \text{ m/s},$$

对于滑块 1 与滑块 2 组成的系统,碰撞前系统的总动量为

$$p = m_1 v_1 = 0.20 \times 0.10 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.020 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

滑块 1 与静止的滑块 2 碰撞后黏合在一起,通过光电门 2 的速度为

$$v_2 = \frac{2d}{\Delta t_2} = \frac{0.10 \times 10^{-2}}{0.068 + 0.065} \text{ m/s} \approx 0.075 \text{ m/s}$$

对于滑块 1 与滑块 2 组成的系统,碰撞后系统的总动量为

$$p' = (m_1 + m_2) v_2 = (0.20 + 0.10) \times 0.075 \text{ kg} \cdot \text{m/s} = 0.023 \text{ kg} \cdot \text{m/s}.$$

(2) 根据题意可知,碰撞后滑块 2 与滑块 1 做加速直线运动,气垫导轨右端高,所以碰撞前后系统的总动量并不完全相等的原因是导轨不水平,右端高。

答案:(1) 0.020 0.023 (2) 导轨不水平,右端高

类型 2

典例 3 解析: 按定义,滑块运动的瞬时速度大小为

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad ①$$

式中 Δs 为滑块在很短时间 Δt 内走过的路程。

设纸带上打出相邻两点的的时间间隔为 Δt_A ,则

$$\Delta t_A = \frac{1}{f} = 0.02 \text{ s} \quad ②$$

Δt_A 可视为很短。

设 A 在碰撞前、后瞬时速度大小分别为 v_0 、 v_1 。将②式和图

$$\text{给实验数据代入①式得 } v_0 = \frac{0.04}{0.02} \text{ m/s} = 2.00 \text{ m/s} \quad ③$$

$$v_1 = \frac{0.0194}{0.02} \text{ m/s} = 0.970 \text{ m/s} \quad ④$$

设 B 在碰撞后的速度大小为 v_2 ,由①式有

$$v_2 = \frac{d}{\Delta t_B} \quad ⑤$$

代入题给实验数据得 $v_2 \approx 2.86 \text{ m/s}$

设两滑块在碰撞前、后的总动量分别为 p 和 p' ,则

$$p = m_1 v_0 \quad ⑦$$

$$p' = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad ⑧$$

两滑块在碰撞前后总动量相对误差的绝对值为

$$\delta_p = \left| \frac{p - p'}{p} \right| \times 100\% \quad ⑨$$

联立③④⑥⑦⑧⑨式并代入有关数据,得

$$\delta_p \approx 1.7\% < 5\%$$

因此,本实验在允许的误差范围内验证了动量守恒定律。

答案:见解析

典例 4 解析: (2) 要使碰撞后两滑块的运动方向相反,必须使质量较小的滑块碰撞质量较大的静止滑块,所以应选取质量为 0.304 kg 的滑块作为 A。(6) $s_1 = v_1 t_1$, $s_2 = v_2 t_2$, $s_1 = s_2$,

解得 $k_2 = \frac{t_2}{t_1} \approx 0.31$ 。(7) $\frac{v_1}{v_2}$ 的平均值为 $(0.31 + 0.31 + 0.33 + 0.33 + 0.33) \div 5 \approx 0.32$ 。(8) 由碰撞过程遵循动量守恒定律有 $m_1 v_0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$,若两滑块的碰撞为弹性碰撞,则碰撞前后系统总动能不变,即 $\frac{1}{2} m_1 v_0^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$,

联立解得 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2 - m_1}{2m_1}$,将题给数据代入可得 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2 - m_1}{2m_1} \approx 0.34$ 。

答案:(2) 0.304 (6) 0.31 (7) 0.32

$$(8) \frac{m_2 - m_1}{2m_1} \quad 0.34$$

典例 5 解析: (1) 由题意可知,碰撞后,小球 1 的落点是图中的 D 点,小球 2 的落点是图中的 F 点。(2) 设斜面 BC 的倾角为 θ ,小球从斜面顶端平抛落到斜面上,两者距离为 L ,由平抛运动的知识可知, $L \cos \theta = vt$, $L \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2$,可得 $v =$

$L \cos \theta \sqrt{\frac{g}{2L \sin \theta}} = \cos \theta \sqrt{\frac{gL}{2 \sin \theta}}$,由于 θ 、 g 都是恒量,所以 $v \propto \sqrt{L}$, $v^2 \propto L$,所以动量守恒的表达式可以化简为 $m_1 \sqrt{L_E} = m_1 \sqrt{L_D} + m_2 \sqrt{L_F}$ 。(3) 机械能守恒的表达式可以化简为 $m_1 L_E = m_1 L_D + m_2 L_F$ 。

答案:(1) D F (2) $m_1 \sqrt{L_E} = m_1 \sqrt{L_D} + m_2 \sqrt{L_F}$

$$(3) m_1 L_E = m_1 L_D + m_2 L_F$$

教考衔接 3 动量定理在实际中的应用

拓展高考链接

1. 解析:(1) 设 B 车的质量为 m_B ,碰后加速度大小为 a_B 。根据牛顿第二定律有 $\mu m_B g = m_B a_B$

式中 μ 是汽车与路面间的动摩擦因数。

设碰撞后瞬间 B 车速度的大小为 v'_B ,碰撞后滑行的距离为 s_B 。由运动学公式有 $v'^2_B = 2a_B s_B$

联立①②式并利用题给数据得

$$v'_B = 3.0 \text{ m/s} \quad ③$$

(2) 设 A 车的质量为 m_A ,碰后加速度大小为 a_A 。根据牛顿第二定律有

$$\mu m_A g = m_A a_A \quad ④$$

设碰撞后瞬间 A 车速度的大小为 v'_A ,碰撞后滑行的距离为 s_A 。由运动学公式有 $v'^2_A = 2a_A s_A$

设碰撞前的瞬间 A 车速度的大小为 v_A 。两车在碰撞过程中动量守恒,有

$$m_A v_A = m_A v'_A + m_B v'_B \quad ⑥$$

联立③④⑤⑥式并利用题给数据得

$$v_A = 4.25 \text{ m/s} \quad ⑦$$

答案:(1)3.0 m/s (2)4.25 m/s

2. C [汽车无论是紧急制动还是撞到坚固的墙上,动量都是由 mv 变为 0,所以动量的变化量一样大,A、B 错误;汽车紧急制动过程中,平均作用力 $F_1 = \frac{mv}{t_1} \approx 15\ 053\text{ N}$,C 正确;汽车撞到坚固的墙上,平均作用力 $F_2 = \frac{mv}{t_2} = 260\ 000\text{ N}$,D 错误。]

3. 解析:(1)设 A 壶与 B 壶碰后的速度分别为 v_A 、 v_B ,由动能定理

$$-\mu mgR = 0 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$-\mu mg(4R) = 0 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{解得 } v_A = \sqrt{2\mu gR}, v_B = 2\sqrt{2\mu gR}$$

设 A 壶与 B 壶碰后运动时间 t A 壶停止运动,在时间 t 内 A 壶运动距离为 x_A ,B 壶运动的距离为 x_B ,则

$$v_A = \mu gt$$

$$x_A = \frac{v_A^2}{2\mu g} = R$$

$$\text{解得 } t = \sqrt{\frac{2R}{\mu g}}$$

$$x_B = v_B t - \frac{1}{2}\mu gt^2$$

$$\text{解得 } x_B = 3R$$

此时 A 壶与 B 壶的距离 $\Delta x = x_B - x_A = 2R$ 。

(2)设 A 壶与 B 壶碰前瞬间的速度为 v ,A 壶与 B 壶碰撞过程中动量守恒,则

$$mv = mv_A + mv_B$$

碰撞过程中损失的机械能

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv^2 - \left(\frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 \right)$$

$$\text{解得 } v = 3\sqrt{2\mu gR}, \Delta E = 4\mu mgR$$

答案:(1)2R (2)4 μmgR

第七章 机械振动 机械波

第 1 节 机械振动

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1. (1)平衡位置 (2)回复力 (3)平衡位置 平衡位置

效果 合力 分力 (4) $-kx$ 2. 弹力 重力 原长

二、1. (1) $-kx$ (2) $A\sin(\omega t + \varphi)$ 2. (1)平衡位置 (2)最大位移处

三、1. (1)驱动力 (2)驱动力 无 2. (1)相等

易错易误辨析

(1)√ (2)× (3)√ (4)× (5)√ (6)×

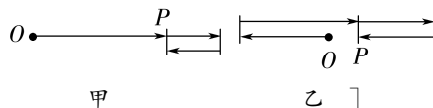
细研考点·突破题型

考点 1

题组突破

1. BCD [位移的方向始终是由平衡位置指向振子所在处,A 错误;加速度的方向始终是由振子所在处指向平衡位置,B 正确;经过半个周期,振子经过的路程是振幅的 2 倍,若两时刻相差半个周期,两时刻弹簧的形变量一定相等,C、D 正确。]
2. AD [若振子从 O 点开始向右振动,作出示意图如图甲所示,则振子的振动周期为 $T_1 = (0.5 + 0.1) \times 4\text{ s} = 2.4\text{ s}$,则

该质点再经过时间 $\Delta t = T_1 - 0.2\text{ s} = 2.2\text{ s}$,第三次经过 P 点;若振子从 O 点开始向左振动,作出示意图如图乙所示,则有 $0.5\text{ s} + 0.1\text{ s} = \frac{3}{4}T_2$,振子的振动周期为 $T_2 = 0.8\text{ s}$,则该振子再经过时间 $\Delta t' = T_2 - 0.2\text{ s} = 0.6\text{ s}$,第三次经过 P 点,B、C 错误,A、D 正确。



3. C [由题图可知,1~2 s 内小球的位移减小,说明弹性势能

转化为动能即速度增大,由 $a = -\frac{kx}{m}$ 可知,加速度减小,故 A 错误;2~3 s 内小球的位移增大,说明动能转化为弹性势能即弹性势能增大,弹簧弹力逐渐增大,故 B 错误; $t = 4\text{ s}$ 时,小球位于平衡位置,此时动能最大,由能量守恒可知,弹簧的弹性势能达到最小值,故 C 正确; $t = 5\text{ s}$ 时,小球的位移正向最大,则弹簧弹力为负的最大值,小球的加速度为负的最大值,故 D 错误。]

考点 2

- 典例 1 D [弹簧振子从 B 点经过 O 点再运动到 C 点为 0.5 次全振动,故 A 错误;根据乙图可知,弹簧振子的振幅 $A = 0.1\text{ m}$,周期 $T = 1\text{ s}$,则 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\text{ rad/s}$,规定向右为正方向, $t = 0$ 时刻位移为 0.1 m,表示振子从 B 点开始运动,初相为 $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$,则振动方程为 $x = A\sin(\omega t + \varphi_0) = 0.1\sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)\text{ m}$,故 B 错误;简谐运动图像中的 P 点时刻速度方向为负,振子正在沿负方向做减速运动,加速度方向为正,故 C 错误;因周期 $T = 1\text{ s}$,则时间 2.5 s 和周期的关系为 $2.5\text{ s} = 2T + \frac{T}{2}$,则振子从 B 点开始振动的路程为 $s = 2 \times 4A + 2A = 10 \times 0.1\text{ m} = 1\text{ m}$,故 D 正确。]

考点 3

- 典例 2 BD [由图像知,单摆的周期是 8 s,A 错误; $t = 2\text{ s}$ 时,摆球位于平衡位置,速度最大,B 正确;根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,周期与质量无关,C 错误;代入 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得摆长 $l \approx 16\text{ m}$,D 正确。]

考点 4

题组突破

1. D [摇把匀速转动的频率 $f = n = \frac{240}{60}\text{ Hz} = 4\text{ Hz}$,周期 $T = \frac{1}{f} = 0.25\text{ s}$,当振子稳定振动时,它的振动周期及频率均与驱动力的周期及频率相等,A、B 错误;当转速减小时,其频率将更接近振子的固有频率 2 Hz,弹簧振子的振幅将增大,C 错误,D 正确。]
2. AC [共振筛的工作原理是,当电动偏心轮的转动周期跟筛子的固有周期相等时,就会发生共振。在题给条件下,筛子振动的固有周期 $T_{\text{固}} = \frac{15}{10}\text{ s} = 1.5\text{ s}$,电动偏心轮的转动周期(对筛子来说是驱动力的周期) $T_{\text{驱}} = \frac{60}{36}\text{ s} \approx 1.67\text{ s}$ 。要使筛子振幅增大,就得使这两个周期值靠近,可采用两种做法:第一,提高输入电压使偏心轮转得快一些,减小驱动力的周期;第二,增加筛子的质量使筛子的固有周期增大。正确选项为 A、C。]

3. D [由图线可知,此单摆的固有频率为0.5 Hz,固有周期为2 s,A 错误;由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,可解得此单摆的摆长约为1 m,B 错误;若摆长增大,单摆的固有周期增大,固有频率减小,共振曲线的峰将向左移动,C 错误,D 正确。]

实验九 用单摆测量重力加速度的大小

实验类型全突破

类型 1

典例 1 解析:(1)实验时需要从上述器材中选择:A.长约1 m的细线;C.直径约2 cm的铁球;E.米尺;G.停表。故选ACEG。

(2)其中步骤②中应该测得摆线长度加上摆球的半径作为单摆的摆长。

(3)设摆球的半径为 r ,则根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可得 $T_1=2\pi\sqrt{\frac{l_1+r}{g}}$, $T_2=2\pi\sqrt{\frac{l_2+r}{g}}$,联立解得 $g=\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}$ 。

(4) $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 是单摆做简谐运动的周期公式,当摆角较小时才可以将单摆的运动视为简谐运动。

答案:(1)ACEG (2)② (3) $\frac{4\pi^2(l_1-l_2)}{T_1^2-T_2^2}$

(4)见解析

典例 2 解析:(1)摆球的直径为 $d=20\text{ mm}+6\times\frac{1}{10}\text{ mm}=20.6\text{ mm}=2.06\text{ cm}$ 。

(2)停表的读数为 $t=60\text{ s}+7.5\text{ s}=67.5\text{ s}$,

根据题意有 $t=\frac{60-1}{2}T=\frac{59}{2}T$,所以周期 $T=\frac{2t}{59}\approx 2.29\text{ s}$ 。

(3)根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,可得

$T^2=\frac{4\pi^2}{g}l$,所以 T^2-l 图线的斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}$,选项 C 正确。

(4)因为 $\frac{T^2}{l}=\frac{4\pi^2}{g}=k$ (常数),所以 $\frac{\Delta T^2}{\Delta l}=\frac{4\pi^2}{g}=k$,

若误将摆线长当作摆长,画出的直线将不通过原点,但图线的斜率仍然满足 $\frac{T_1^2-T_2^2}{l_1-l_2}=\frac{4\pi^2}{g}=k$,所以由图线的斜率得到的重力加速度不变。

答案:(1)2.06 (2)2.29 (3)C (4)C

类型 2

典例 3 解析:(1)根据题图(b)的信息可得,摆球第一次摆到最低点时,力传感器显示的力最大,所对应的时刻为 $t=0.5\text{ s}$;根据题图(b)的信息可得,单摆周期 $T=1.6\text{ s}$,由单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$,解得摆长为 $l=0.64\text{ m}$ 。

(2)单摆振动的回复力是摆球重力在垂直摆线方向上的分力,而摆球所受重力和摆线对摆球拉力的合力在径向上提供向心力,选项 B 正确。

(3)测得摆长应为 $l+\frac{d}{2}$,选项 B 错误;若让小球在水平面内做圆周运动,则为圆锥摆运动,测得的摆动周期不是单摆运动周期,选项 D 错误。

答案:(1)0.5 0.64 (2)B (3)AC

典例 4 解析:(1)图像的斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}=\frac{4.0-0}{[99-(-1)]\times 10^{-2}}\text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}=4\text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$,故重力加速度 $g=9.87\text{ m/s}^2$ 。

(2)根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 得: $T^2=\frac{4\pi^2 l}{g}$,根据数学知识可知, T^2-l 图像的斜率 $k=\frac{4\pi^2}{g}$,当地的重力加速度 g

$=\frac{4\pi^2}{k}$,若图像不通过原点,如题图甲所示,则 $T^2=\frac{4\pi^2(l+r)}{g}=\frac{4\pi^2 l}{g}+\frac{4\pi^2 r}{g}$,根据数学知识可知,对于 T^2-l 图像来说两种情况下图像的斜率不变,所以测得的 g 值不变;由题意可知,图像不过坐标原点的原因是摆长测量值偏小,若利用 $g=\frac{4\pi^2 l}{T^2}$,采用公式法计算,则求出的重力加速度 g 值与当地真实值相比偏小。

(3)该同学的实验步骤中有重大错误的是 BDF。B 步骤中摆长应是悬点到大理石块重心的距离;D 步骤中第 30 次经过最低点,则一共完成了 15 个全振动,所以周期为 $T=\frac{t}{15}$;F 步骤中必须先分别求出各组 l 和 T 值对应的 g ,再取所求得各个 g 的平均值。

答案:(1)9.87 (2)不变 偏小 (3)BDF

典例 5 解析:(1)由 $T=2\pi\sqrt{\frac{I_c+mr^2}{mgr}}$,可得 $T^2 r=\frac{4\pi^2 I_c}{mg}+\frac{4\pi^2}{g}r^2$,所以图中纵轴表示 $T^2 r$ 。

(2) I_c 的单位与 mr^2 单位一致,因为 mr^2 的国际单位为 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$,所以 I_c 的国际单位为 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$;

结合 $T^2 r=\frac{4\pi^2 I_c}{mg}+\frac{4\pi^2}{g}r^2$ 和题图乙中的截距和斜率有 $k=\frac{4\pi^2}{g}=\frac{1.95-1.25}{0.19}\approx 3.68$

$\frac{4\pi^2}{mg}I_c=1.25$

解得 I_c 的值约为 0.17。

(3)重力加速度 g 的测量值是通过求斜率 $\frac{4\pi^2}{g}$ 得到的,与质量无关,所以若摆的质量测量值偏大,重力加速度 g 的测量值不变。

答案:(1) $T^2 r$ (2) $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 0.17

(3)不变

第 2 节 机械波

链接教材·夯基固本

梳理·必备知识

一、1.(1)波源 (2)介质 2.(1)形式 能量 迁移 (2)波源 (3)4A 零 3.(1)垂直 波峰 波谷 (2)同一直线

密部 疏部

二、1.(1)平衡位置 位移 (2)平衡位置 2.(1)相同 (2)介质 (3)振动频率

(4) λf $\frac{\lambda}{T}$

三、1.相同 尺寸 干涉图样 绕过障碍物 2.(1)相对运动 (2)频率 (3)不变 变化

易错易误辨析

(1)√ (2)× (3)√ (4)× (5)× (6)×

细研考点·突破题型

考点 1

典例 1 解析: (1) 因波速 $v=20\text{ cm/s}$, 波长大于 20 cm , 所以周期 $T>1\text{ s}$,

又由 $t=0$ 时刻后每隔 0.6 s A、B 两者偏离平衡位置的位移大小相等、方向相同, 可知该波周期 $T=1.2\text{ s}$,

该波波长 $\lambda=vT=24\text{ cm}$,

故 A、B 的平衡位置相距 $\frac{2}{3}\lambda$,

从 t_1 时刻开始, 质点 B 最少要经过 $\frac{2}{3}T=0.8\text{ s}$ 位于波峰。

(2) 在 t_1 时刻 ($t_1>0$), 质点 A 位于波峰, A、B 平衡位置相距 $\frac{2}{3}\lambda$, 可知质点 B 偏离平衡位置的位移

$$y_B = y \cos\left(2\pi \times \frac{2}{3}\right) = -0.5\text{ cm}.$$

答案: (1) 0.8 s (2) -0.5 cm

考点 2

典例 2 C [由题图振动图像可看出该波的周期是 4 s , A 错误; 由于 Q、P 两个质点振动反向, 则可知两者间距离等于 $\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda\text{ m}$, $n=0, 1, 2, \dots$, 则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{3}{2n+1}\text{ m/s}$, $n=0, 1, 2, \dots$, B 错误; 由 P 质点的振动图像可看出, 在 4 s 时 P 质点在平衡位置向上振动, C 正确; 由 Q 质点的振动图像可看出, 在 4 s 时 Q 质点在平衡位置向下振动, D 错误。]

考点 3

典例 3 B [由题图可知, 3 s 末 a、b 两质点的位移不同, 一个在平衡位置, 一个在波谷, 故 A 错误; 由题图可知, 波的周期为 $T=4\text{ s}$, 质点 a 的振动传到 b 用时 $t=3\text{ s}+nT$ ($n=0, 1, 2, \dots$), 则该波的波速为 $v=\frac{s}{t}=\frac{6}{3+4n}\text{ m/s}$ ($n=0, 1, 2, \dots$), 该波的波长为 $\lambda=vT=\frac{24}{3+4n}\text{ m}$ ($n=0, 1, 2, \dots$), 根据题意, 波长大于 3.6 m , 则 n 只能取 0 , 故 $t=3\text{ s}$, $v=2\text{ m/s}$, $\lambda=8\text{ m}$, 故 B 正确, C、D 错误。]

典例 4 解析: (1) 由图知, 该波的波长为 $\lambda=4\text{ m}$ 波沿 x 轴负方向传播时, 传播的可能距离为:

$$\Delta x = \left(n + \frac{3}{4}\right)\lambda = (4n+3)\text{ m} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

传播的速度为:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = (20n+15)\text{ m/s} \quad (n=0, 1, 2, \dots).$$

(2) 波沿 x 轴正方向传播, 传播的时间与周期关系为:

$$\Delta t = \left(n + \frac{1}{4}\right)T \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$\text{得: } T = \frac{4\Delta t}{4n+1} = \frac{0.8}{4n+1}\text{ s} \quad (n=0, 1, 2, \dots).$$

当 $n=0$ 时周期最大, 即最大周期为 0.8 s 。

(3) 波在 0.2 s 内传播的距离为:

$$\Delta x = v\Delta t = 25 \times 0.2\text{ m} = 5\text{ m},$$

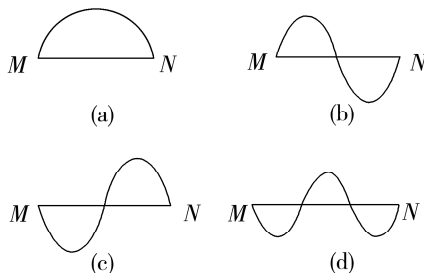
传播的波长数 $n = \frac{\Delta x}{\lambda} = 1\frac{1}{4}$, 可见波形图平移了 $\frac{1}{4}\lambda$ 的距离。

由题图知波沿 x 轴正方向传播, 所以 P 点在 $t=0$ 时刻沿 y 轴负方向运动。

答案: (1) $(20n+15)\text{ m/s}$ ($n=0, 1, 2, \dots$)

(2) 0.8 s (3) 沿 y 轴负方向

典例 5 解析: 由题意可知 t 时刻的波形可能有四种情况, 如图所示



对图(a), N 质点正经过平衡位置向上振动, 则 Δt 可能为

$$\frac{T}{4}, \frac{5T}{4}, \frac{9T}{4}, \dots, \text{即 } \Delta t = \left(n + \frac{1}{4}\right)T \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$\text{所以 } v_a = \frac{\lambda}{T} = \frac{2\Delta x}{T} = \frac{(4n+1)\Delta x}{2\Delta t} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

同理, 对于图(b)(c)(d)分别有:

$$v_b = \frac{(4n+3)\Delta x}{4\Delta t} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$v_c = \frac{(4n+1)\Delta x}{4\Delta t} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$v_d = \frac{(4n+3)\Delta x}{6\Delta t} \quad (n=0, 1, 2, \dots).$$

答案: 见解析

考点 4

题组突破

1. **A** [Q 点是波峰与波峰相遇点, 是振动加强点, 但并不是始终处于波峰的位置, 选项 A 错误; R、S 两点是波峰与波谷相遇点, 是振动减弱点, 振幅为零, 则始终处于静止状态, 选项 B 正确; P、Q 两点都是振动加强点, 故 P、Q 连线上各点振动始终加强, 选项 C 正确; P 点是振动加强点, 在题图所示的时刻处于波谷, 再过 $\frac{1}{4}$ 周期处于平衡位置, 选项 D 正确。]

2. **ABC** [由题图可知, 孔的尺寸与水波的波长差不多, 故此时能观察到明显的波的衍射现象, 故 A 正确; 波通过孔后, 波速、频率、波长不变, 则挡板前后波纹间的距离相等, 故 B 正确; 如果将孔 AB 扩大, 若孔的尺寸远大于水波的波长, 可能观察不到明显的衍射现象, 故 C 正确; 如果孔的大小不变, 使波源频率增大, 因为波速不变, 根据 $\lambda = \frac{v}{f}$ 知, 波长减小, 可能观察不到明显的衍射现象, 故 D 错误。]

3. **BC** [先看到闪电后听到雷声是因为声音的传播速度比光的传播速度慢, A 错误; 超声波与血液中的血小板等细胞发生反射时, 由于血小板的运动使得探测器接收到的超声波频率发生变化, B 正确; 列车和人的相对位置变化了, 所以听到的声音频率发生了变化, C 正确; 同一声波的传播速度不同是因为介质不同, D 错误。]