

答案详解

第一章 运动的描述 匀变速直线运动的规律

第 1 课时

考点 1

1. (1)质量 (2)大小 形状 (3)理想化

2. (1)参考

3. (1)运动轨迹 (2)初位置 末位置 (3)等于 小于

情境辨析 (1)√ (2)× (3)×

典例 1 C [操控机器人进行挖沟作业、监测机器人搜寻时的转弯姿态、测试机器人敷埋作业时的机械臂动作均不能忽略机器人的大小和形状,需要关注机器人本身的变化情况,因此不可以看作质点,定位机器人在敷埋线路上的位置时可以忽略机器人的大小和形状,可以视为质点。故选 C。]

典例 2 C [“神舟十五号”飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后在轨绕地球做圆周运动,选地球为参考系,二者都是运动的,A、B 错误;“神舟十五号”飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后,二者相对静止,C 正确,D 错误。]

拓展思考 解析:飞船和核心舱于 11 月 30 日 5 时 42 分成功对接,指时刻;6.5 小时是整个对接过程经历的时间,指时间间隔。

答案:11 月 30 日 5 时 42 分是时刻,6.5 小时是时间间隔。

典例 3 CD [根据位移的概念可知,该次作业中小车相对地面的位移大小为 $x = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} \text{ m} = 10 \text{ m}$,小车的路程是 14 m,故选 CD。]

考点 2

1. (1)位移 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 位移 (2)时刻 切线

2. (1)瞬时速度 (2)路程 不一定

判断正误 (1)√ (2)× (3)× (4)√

典例 4 D [分析步频和步幅时,人的大小和形状不能忽略不计,故不能将该同学看成质点,故 A 错误;7 分 24 秒是时间间隔,故 B 错误; $s_2 = 50 \text{ m}$ 为该同学运动的位移的大小,则该同学在运动过程中的平均速度大小为 $\frac{s_2}{t}$, $s_1 = 1.45 \text{ km}$ 为该同学实际运动轨迹的长度,即路程,则整个过程中该同学平均速率为 $\frac{s_1}{t}$,故 C 错误,D 正确。]

典例 5 解析:(1)由于滑块经过光电门时遮光板的挡光时间较短,所以滑块经过光电门的速度可用遮光板挡光时间内的平均速度表示。

(2)滑块经过第一个光电门的速度大小 $v_1 = \frac{d}{\Delta t_1} =$

$$\frac{2.0 \times 10^{-2}}{0.19} \text{ m/s} \approx 0.11 \text{ m/s}.$$

(3)滑块经过第二个光电门的速度大小 $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2} =$

$$\frac{2.0 \times 10^{-2}}{0.05} \text{ m/s} = 0.40 \text{ m/s}.$$

(4)遮光板宽度越小,挡光时间越短,平均速度越接近瞬时速度,误差越小。

答案:(1)平均 (2)0.11 (3)0.40 (4)见解析

考点 3

1. 速度变化

2. 速度 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$

3. Δv 合力 无

4. 快慢 速度变化的快慢和方向 $v - v_0$

判断正误 (1)√ (2)× (3)√ (4)×

典例 6 ABC [当加速度的方向与速度方向相同时,物体做加速运动,加速度减小,速度增大,当加速度减小为 0 时,速度达到最大,故 A 正确,D 错误;当加速度的方向与速度的方向相反,物体做减速运动,可能加速度减小为 0 时,速度恰好减为 0,故 B 正确;当加速度的方向与速度的方向相反,物体做减速运动,若物体速度减为 0 时,加速度还未减为 0,则物体反向做加速直线运动,故 C 正确。]

典例 7 AD [以初速度的方向为正方向,若初、末速度方向相同,加速度 $a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{10 - 4}{1} \text{ m/s}^2 = 6 \text{ m/s}^2$,方向与初速度的方向相同,A 正确,B 错误;若初、末速度方向相反,加速度 $a = \frac{v - v_0}{\Delta t} = \frac{-10 - 4}{1} \text{ m/s}^2 = -14 \text{ m/s}^2$,负号表示加速度方向与初速度的方向相反,C 错误,D 正确。]

第 2 课时

考点 1

1. (1)加速度

2. (1) $v_0 + at$ (2) $v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ (3) $2ax$

情境辨析 (1)× (2)√ (3)√

典例 1 C [根据运动学公式得 $v_t = v_0 + at$,代入数值解得 $a = -6 \text{ m/s}^2$,故加速度大小为 6 m/s^2 。故选 C。]

典例 2 C [根据 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$,代入数据解得 $a = -4 \text{ m/s}^2$,

$$\text{汽车停止运动所需时间为 } t' = \frac{0 - v_0}{a} = \frac{0 - 18}{-4} \text{ s} = 4.5 \text{ s} < 5 \text{ s},$$

所以 4.5 s 末汽车停止运动,则该汽车在 5 s 内的位移为 $x' =$

$$\frac{0 - v_0^2}{2a} = \frac{0 - 18^2}{2 \times (-4)} \text{ m} = 40.5 \text{ m}, \text{故 C 正确。}]$$

典例 3 ABC [以沿斜面向上为正方向, $a = -5 \text{ m/s}^2$,当物体的位移为向上的 7.5 m 时, $x = 7.5 \text{ m}$,由运动学公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$,解得 $t_1 = 3 \text{ s}$ 或 $t_2 = 1 \text{ s}$,A、B 正确;当物体的位移为向

下的 7.5 m 时, $x = -7.5$ m, 由 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, 解得 $t_3 = (2 + \sqrt{7})$ s 或 $t_4 = (2 - \sqrt{7})$ s (舍去), C 正确; 由速度公式 $v_t = v_0 + at$, 解得 $v_1 = -5$ m/s, $v_2 = 5$ m/s, $v_3 = -5\sqrt{7}$ m/s, D 错误。]

考点 2

2. (1) $1:2:3:\dots:n$ (2) $1^2:2^2:3^2:\dots:n^2$
 (3) $1:3:5:\dots:(2n-1)$ (4) $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots:\sqrt{n}$
 (5) $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(2-\sqrt{3}):\dots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

判断正误 (1)× (2)× (3)× (4)√

典例 4 解析: (1) 根据匀变速直线运动规律, 某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度, 可知在 1、2 号锥筒间中间时刻

$$\text{的速度为 } v_1 = \frac{d}{t_1} = 2.25 \text{ m/s}$$

$$\text{在 2、3 号锥筒间中间时刻的速度为 } v_2 = \frac{d}{t_2} = 1.8 \text{ m/s}$$

$$\text{故可得加速度大小为 } a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_2}{\frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2}} = 1 \text{ m/s}^2.$$

(2) 设到达 1 号锥筒时的速度为 v_0 , 根据匀变速直线运动规律

$$\text{得 } d = v_0 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2$$

$$\text{代入数值解得 } v_0 = 2.45 \text{ m/s}$$

运用逆向思维法, 从 1 号锥筒开始到停止时通过的位移大小为

$$x = \frac{v_0^2}{2a} = 3.00125 \text{ m} \approx 3.33d,$$

故可知最远能经过 4 号锥筒。

答案: (1) 1 m/s² (2) 4 号

拓展思考 解析: 根据位移与速度的关系式得 $v_2^2 - v_0^2 = -2ad$, 代入数据解得 $v_2 = 2.05$ m/s。

答案: 2.05 m/s

典例 5 B [小球经过 AB 和 BC 两段所用的时间均为 2 s, 根据

$$\text{位移差公式 } \Delta x = aT^2, \text{ 解得 } a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{30-18}{2^2} \text{ m/s}^2 = 3 \text{ m/s}^2,$$

$$\text{小球经过 B 点时的速度 } v_B = \frac{18+30}{2 \times 2} \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}, \text{ 所以经过}$$

$$A \text{ 点时的速度大小 } v_A = v_B - at = 6 \text{ m/s}, \text{ 经过 C 点的速度大小}$$

$$v_C = v_B + at = 18 \text{ m/s}. \text{ 故选 B。}]$$

典例 6 D [用逆向思维法解答, 则子弹可视为向左做初速度为 0 的匀加速直线运动, 设每个木块厚度为 L , 则 $v_3^2 = 2a \cdot L$, $v_2^2 = 2a \cdot 2L$, $v_1^2 = 2a \cdot 3L$, 所以 $v_1:v_2:v_3 = \sqrt{3}:\sqrt{2}:1$, 选项 A、B 错误; 又由于每个木块厚度相同, 则由初速度为 0 的匀加速直线运动的比例关系可得 $t_1:t_2:t_3 = (\sqrt{3}-\sqrt{2}):(\sqrt{2}-1):1$, 选项 C 错误, D 正确。]

第 3 课时

考点 1

1. 重力 静止

2. 0 g

$$3. gt \quad \frac{1}{2}gt^2 \quad 2gh$$

4. (1) 逻辑推理 (2) 逻辑推理

情境辨析 (1)× (2)√ (3)× (4)×

典例 1 B [重物自由下落做自由落体运动, 与质量无关, 则下落 1 s 后速度为 $v_1 = v_2 = gt = 10 \times 1 \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$, 故选 B。]

典例 2 B [自由落体运动是初速度为 0 的匀加速直线运动, 根据推论可知, 第一个 t 内、第二个 t 内、第三个 t 内位移之比为 $x_1:x_2:x_3 = 1:3:5$, 而总位移为 $h = 27$ m, 且 $x_1 + x_2 + x_3 = h$, 联立解得 $x_3 = 15$ m, 选项 B 正确。]

拓展思考 解析: 石子下落一半高度时有 $v^2 = 2g \cdot \frac{h}{2}$, 解得 $v = 3\sqrt{30}$ m/s。

答案: $3\sqrt{30}$ m/s

典例 3 A [设木棍下端和窗口上边缘对齐时, 下落的时间为 t_1 , 木棍上端和窗口下边缘对齐时, 下落的时间为 t_2 , 根据运动学规律有 $h - L_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$, $h + L_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$, 又 $t_2 - t_1 = t$, 联立解得 $h = 4.55$ m, A 正确。]

考点 2

1. 自由落体

2. 匀变速

$$3. (1) v_0 - gt \quad (2) v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (3) -2gh \quad (4) \frac{v_0^2}{2g} \quad (5) \frac{v_0}{g}$$

4. (1) 相等 (2) 相等

判断正误 (1)√ (2)× (3)√ (4)√

典例 4 解析: 方法一 分段法

根据题意画出运动草图如图所示, 在 A→B 段, 根

$$\text{据匀变速直线运动规律可知 } t_{AB} = \frac{v_0}{g} = 1 \text{ s}, h_{AB} =$$

$$h_{BC} = \frac{1}{2}gt_{AB}^2 = 5 \text{ m}, \text{ 由题意可知 } t_{BD} = 11 \text{ s} - 1 \text{ s} =$$

$$10 \text{ s}, \text{ 根据自由落体运动规律可得 } h_{BD} = \frac{1}{2}gt_{BD}^2 = 500 \text{ m}, \text{ 故释}$$

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

方法二 全程法

将该产品的运动视为匀变速直线运动, 规定向上为正方向, 则

$$v_0 = 10 \text{ m/s}, a = -g = -10 \text{ m/s}^2, \text{ 根据 } H = v_0 t + \frac{1}{2}at^2, \text{ 解得}$$

$$H = -495 \text{ m}, \text{ 即产品刚释放时离地面的高度为 } 495 \text{ m}.$$

答案: 495 m

典例 5 D [根据竖直上抛的对称性可知, 空中的四个球, 有两个在上升, 两个在下降, 由于每隔 0.5 s 抛一个小球, 则从抛出到最高点的时间为 $t = 1$ s, 则小球上升的最大高度为 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2 \text{ m} = 5 \text{ m}$, 故选 D。]

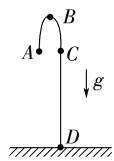
考点 3

情境辨析 (1)× (2)× (3)√ (4)√

典例 6 A [设全过程最大速度为 v_m , 根据匀变速直线运动推

$$\text{论 } \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}, \text{ 可知自由落体阶段和匀减速阶段的平均速度 } \bar{v}_1$$

$$= \bar{v}_2 = \frac{0 + v_m}{2} = \frac{v_m}{2}, \text{ 故 A 正确, B 错误; 根据 } x = \bar{v}t \text{ 可知 } \frac{x_1}{x_2} =$$



$\frac{t_1}{t_2} = \frac{1}{2}$, 故 C 错误; 根据 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_2}{t_1} = \frac{2}{1}$, 故 D 错误。]

典例 7 A [物体匀加速阶段的加速度大小为 $a_1 = \frac{1.0-0.5}{0.2-0.1} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$, 匀减速阶段的加速度大小为 $a_2 = \frac{1.5-1.4}{1.0-0.9} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$, 由题意知物体停止时 $t = 2.4 \text{ s}$ 。设匀加速运动的时间为 t_1 , 在匀加速阶段有 $v = a_1 t_1$, 在匀减速阶段有 $0 - v = -a_2(t - t_1)$, 解得 $t_1 = 0.4 \text{ s}$, 则物体通过 B 点时的速度为 $v_B = a_1 t_1 = 2.0 \text{ m/s}$, 选项 A 正确。]

第 4 课时

进阶点 1

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表示该点的瞬时速度。由题意可知, 小车初速度为 0, $0 \sim t_1$ 时间段小车做匀加速运动, 根据公式 $v = at$, 可知小车速度增大, 所以图像斜率增大, $t_1 \sim t_2$ 时间段小车做匀减速运动, 图像斜率减小, $t = t_2$ 时刻速度降为 0, 故 D 正确。]

典例 2 解析: (1) $0 \sim 2 \text{ s}$ 的平均速度大小 $\bar{v} = \frac{2.8+2.0}{2} \text{ m/s} = 2.4 \text{ m/s}$ 。

(2) $44.2 \sim 46.2 \text{ s}$ 的加速度大小 $a = \frac{2.2-2.0}{46.2-44.2} \text{ m/s}^2 = 0.1 \text{ m/s}^2$ 。

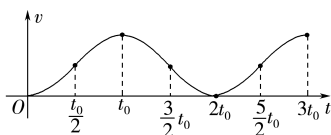
(3) $44.2 \sim 46.2 \text{ s}$ 的位移大小 $x = \frac{(2.2+2.0) \times 2}{2} \text{ m} = 4.2 \text{ m}$ 。

答案: (1) 2.4 m/s (2) 0.1 m/s^2 (3) 4.2 m

典例 3 B [由 $v-t$ 图像可知, $0 \sim 3 \text{ s}$ 物体的平均速度 $\bar{v}_1 = \frac{0+30}{2} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$, A 错误; $3.5 \sim 6 \text{ s}$ 物体速度随时间均匀减小, 为匀减速直线运动, B 正确; $0 \sim 3 \text{ s}$ 和 $3.5 \sim 6 \text{ s}$ 两段 $v-t$ 图线的斜率表示加速度, 由题图可知 $0 \sim 3 \text{ s}$ 物体的加速度大小为 10 m/s^2 , 3.5 s 末的速度大于 25 m/s , 则 $3.5 \sim 6 \text{ s}$ 物体的加速度大小大于 10 m/s^2 , C 错误; $v-t$ 图线与 t 轴围成图形的面积表示位移大小, 由题图可知 $0 \sim 3 \text{ s}$ 物体的位移 $\Delta x_1 = \bar{v}_1 \cdot t = \frac{30 \times 3}{2} \text{ m} = 45 \text{ m}$, $3.5 \sim 6 \text{ s}$ 物体的位移 $\Delta x_2 < \frac{30+0}{2} \times 2.5 \text{ m} = 37.5 \text{ m}$, D 错误。]

典例 4 A [由题意可知题图中 $v < 0$ 表示篮球在向下运动, $v > 0$ 表示篮球在向上运动, 由 $v-t$ 图像与直线 $v=0$ 所围图形的面积表示位移大小, 可知 $v=0$ 上方的图像面积 $S_{\uparrow}$ 减去 $v=0$ 下方的图像面积 $S_{\downarrow}$ 的值越大, 对应的篮球位置越高, 结合题图可知, a, b, c, d 四点中对应篮球位置最高的是 a 点, A 正确。]

典例 5 BD [在 $a-t$ 图像中图线与时间轴围成图形的面积表示速度变化量大小, 故利用 $a-t$ 图像画出 $v-t$ 图像, 如图所示, 可知 B、D 正确; 在 $v-t$ 图像中图线与时间轴围成的图形的面积表示位移大小, 可知 t_0 时刻质点 P 离原点不是最远, A、C 错误。]



进阶点 2

典例 6 B [根据匀变速直线运动规律有 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 变形

可得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} at$, 结合题图可知 $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $\frac{1}{2} a =$

$\frac{10-20}{5} \text{ m/s}^2$, 则 $a = -4 \text{ m/s}^2$, 故 A 错误; 根据速度与时间公

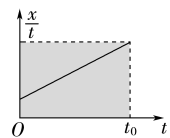
式有 $0 - v_0 = at$, 解得 $t = 5 \text{ s}$, $0 \sim 5 \text{ s}$ 的位移为 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

$= 50 \text{ m}$, 随后质点反向加速, 根据对称性可知质点前 10 s 内的路程为 100 m , 位移为 0, 10 s 末的速度为 -20 m/s , 平均速率

为 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{100}{10} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$, 故 B 正确, C、D 错误。]

拓展思考 答案: $\frac{x}{t}-t$ 图像不是瞬时速度与时间

的关系图像, 所以物体在 $0 \sim t_0$ 时间段, 图像与两个坐标轴所围成图形的面积不表示物



体在这段时间内的位移大小, 由 $\bar{v} = \frac{x}{t}$ 可知 t_0 时刻对应的

$\frac{x}{t}$ 值为 $0 \sim t_0$ 时间段的平均速度大小, 故 t_0 时刻的 $\frac{x}{t}$ 值与 t_0 的乘积等于 $0 \sim t_0$ 时间段物体的位移大小, 对应如图所示阴影部分面积。

典例 7 B [由题图可知, 减速之前汽车的位移为 $x_1 = 4 \text{ m}$, 根据匀变速直线运动的速度-位移公式可得 $v^2 - v_0^2 = 2ax$, 由题图解得 $a = -5 \text{ m/s}^2$, 当速度为 5 m/s 时, 汽车减速后的位移为 $x_2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = 37.5 \text{ m}$, 故汽车的位移为 $x = x_1 + x_2 = 41.5 \text{ m}$, A、C、D 错误, B 正确。]

典例 8 C [A 选项涉及 x 与 t^2 的关系, 由匀变速直线运动位移-时间公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 可得当 $v_0 = 0$ 时, $x-t^2$ 图像为过

原点的倾斜直线, 斜率表示 $\frac{1}{2} a$, 由题图甲得 $\frac{1}{2} a = \frac{\Delta x}{\Delta t^2} =$

$\frac{2}{2} \text{ m/s}^2 = 1 \text{ m/s}^2$, 可得 $a = 2 \text{ m/s}^2$, 所以题图甲表示物体做匀

加速直线运动, A 错误; B 选项涉及 v^2 与 x 的关系, 由匀变速直线运动位移-速度公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$, 整理得 $v^2 = 2ax + v_0^2$,

则 v^2-x 图像的斜率为 $2a$, 由题图乙得 $2a = \frac{\Delta v^2}{\Delta x} = \frac{10}{1} \text{ m/s}^2 =$

10 m/s^2 , 解得 $a = 5 \text{ m/s}^2$, B 错误; 由匀变速直线运动位移-时间

公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 整理得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} at$, 则 $\frac{x}{t}-t$ 图像的

斜率为 $\frac{1}{2} a$, 由题图丙得 $\frac{1}{2} a = -\frac{4}{2} \text{ m/s}^2 = -2 \text{ m/s}^2$, 解得 $a =$

-4 m/s^2 , 则物体加速度大小为 4 m/s^2 , C 正确; 在匀变速直线运动中, $\Delta v = a \Delta t$, 即 $a-t$ 图像与坐标轴所围成图形的面积表示这段时间速度的变化量大小, 由题图丁得前 2 s 内的速度

变化量大小 $\Delta v = \frac{1}{2} \times 2 \times 3 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$, 故 D 错误。]

拓展思考 (1) 原公式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$, 可写成 $x = v_0 \sqrt{t^2} +$

$\frac{1}{2} at^2$, $x-t^2$ 图像不再是直线。

(2) 根据 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, 整理得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$, 由 $\frac{x}{t}-t$ 图像可得 $v_0 = 4 \text{ m/s}$, $a = -4 \text{ m/s}^2$, 所以物体在 $t = 1 \text{ s}$ 后减速为 0 又反向加速, 故 $0 \sim 2 \text{ s}$ 物体做往返运动。

第 5 课时

进阶点 1

典例 1 解析: (1) 赛车出发 3 s 末的瞬时速度大小为

$$v_1 = a_1 t_1 = 2 \times 3 \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}.$$

(2) 设经 t_2 时间追上安全车, 由位移关系得

$$v_0 t_2 + 200 \text{ m} = \frac{1}{2} a_1 t_2^2, \text{ 解得 } t_2 = 20 \text{ s}$$

此时赛车的速度大小

$$v = a_1 t_2 = 2 \times 20 \text{ m/s} = 40 \text{ m/s}.$$

(3) **方法一 情境分析法**

当两车速度相等时, 两车相距最远。

由 $v_0 = a_1 t_3$ 得两车速度相等时, 经过的时间

$$t_3 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{10}{2} \text{ s} = 5 \text{ s}$$

追上之前两车最远相距

$$\Delta s_{\max} = v_0 t_3 + 200 \text{ m} - \frac{1}{2} a_1 t_3^2 = \left(10 \times 5 + 200 - \frac{1}{2} \times 2 \times 5^2 \right) \text{ m} = 225 \text{ m}.$$

方法二 二次函数法

$$\Delta s = v_0 t + 200 - \frac{1}{2} a_1 t^2 = 10t + 200 - t^2$$

当 $t = \frac{-b}{2a} = \frac{-10}{2 \times (-1)} \text{ s} = 5 \text{ s}$ 时 Δs 有极值, 此时相距最远, 将

$t = 5 \text{ s}$ 代入解得 $\Delta s_{\max} = 225 \text{ m}$ 。

方法三 图像分析法

从图像可知, 当赛车速度等于安全车速度, 即 $v_0 = a_1 t_0 = 10 \text{ m/s}$ 时, 得 $t_0 =$

5 s 时相距最远, 最远距离 $\Delta s_{\max} = v_0 t_0 -$

$$\frac{v_0}{2} t_0 + 200 \text{ m} = 225 \text{ m}.$$

答案: (1) 6 m/s (2) 20 s 40 m/s (3) 225 m

拓展思考 解析: 假设再经 t_4 时间两车第二次相遇(两车一直在

运动), 由位移关系得 $v t_4 - \frac{1}{2} a_2 t_4^2 = v_0 t_4$

解得 $t_4 = 15 \text{ s}$

赛车停下来的时间 $t' = \frac{v}{a_2} = \frac{40}{4} \text{ s} = 10 \text{ s}$

所以 $t_4 = 15 \text{ s}$ 不符合实际, 两车第二次相遇时赛车已停止运动, 设再经时间 t_5 两车第二次相遇, 应满足

$$\frac{v^2}{2a_2} = v_0 t_5, \text{ 解得 } t_5 = 20 \text{ s}.$$

答案: 20 s

典例 2 解析: (1) 设从刹车到停止所用的最短时间为 t_2 , 则 $t_2 =$

$$\frac{v_0}{a} = \frac{20}{2.5} \text{ s} = 8 \text{ s}$$

反应时间为 0.6 s, 总时间为 $t = t_1 + t_2 = 0.6 \text{ s} + 8 \text{ s} = 8.6 \text{ s}$ 。

(2) 反应时间内做匀速运动, 则 $x_1 = v_0 t_1 = 20 \times 0.6 \text{ m} = 12 \text{ m}$

从刹车到停止的位移为 $x_2 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{20^2}{2 \times 2.5} \text{ m} = 80 \text{ m}$

货车司机从看清三角警示牌到货车最终停止运动的总距离为

$$x = x_1 + x_2 = 92 \text{ m}$$

三角警示牌到故障车的距离为

$$\Delta x = x - 40 \text{ m} = 52 \text{ m}.$$

答案: (1) 8.6 s (2) 52 m

进阶点 2

典例 3 D [位移-时间关系图线反映位移随时间的变化规律,

图线的斜率表示速度的大小和方向, 在 t_3 时刻, 两车图像斜率的绝对值不相等, 则两车速率不相等, 故 A 错误; 在 $0 \sim t_3$ 时间段, 乙车对应图像斜率不变, 做匀速运动, 故 B 错误; 在 $0 \sim t_3$ 时间段, 当两车共速时相距最远, 根据抛物线 a 的切线斜率可知共速时不是 t_2 时刻, 故 C 错误; 在 $t_1 \sim t_3$ 时间段, 甲车与乙车位移相同, 所用时间相同, 则平均速度相同, 故 D 正确。]

典例 4 BC [a 车在 t_0 后做匀速直线运动, 而 b 车一直做匀加

速直线运动, 而且 $2t_0$ 后 b 的速度大于 a 的速度, 所以要使两车不会相遇, 应为 b 车在前, a 车在后, 故 A 错误; 由题中图像可知, 在 $2t_0$ 时刻两车速度相等, 相距最近, 故 B 正确; 根据匀变速直线运动规律可知, 在 t_0 时刻 b 车的速度大小为 $\frac{v_0}{2}$, 故 C

正确; 出发时两车之间的距离要大于 $\Delta x = \frac{t_0 + 2t_0}{2} \cdot v_0 -$

$\frac{v_0 \times 2t_0}{2} = \frac{v_0 t_0}{2}$, 如果距离为 $\frac{v_0 t_0}{2}$, 在 $2t_0$ 时两车会恰好相遇, 题目已知运动过程中不会相遇, 故 D 错误。故选 BC。]

第 6 课时

一、2. (1) 0.02 s (3) 6 V 交流电源 220 V 交流电源

二、1. 无滑轮 3. 接通电源 释放小车

典例 1 解析: (1) 题图乙中所示是电磁打点计时器, 故选 A。

(2) 根据打点计时器的工作原理可知, 实验装置需要使用交流电源, 故 A 正确; 在“测量小车做直线运动的瞬时速度”的实验中不需要平衡阻力, 也不需要考虑细绳上的拉力是否近似等于钩码重力, 所以不需要钩码质量远小于小车质量, 故 B、C 错误; 为了能够多打出一些点便于数据处理, 小车释放前应靠近打点计时器, 故 D 正确; 实验中应先接通电源, 再释放小车, 故 E 正确。

(3) ①根据连续相等的时间间隔内的位移差基本相等, 可认为小车做匀变速直线运动; 因为小车做加速运动, 计数点之间的距离越来越大, 所以题图丙中纸带左侧是与小车相连的一端。

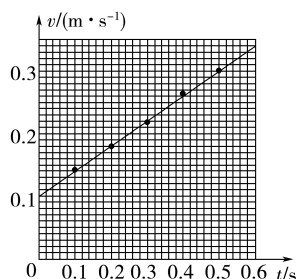
②在打下 C 点时小车的速度大小为 $v_C = \frac{(7.58 + 9.30) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 0.844 \text{ m/s}$ 。小车运动的加速度大

小为 $a = \frac{(12.72 + 11.01) \times 10^{-2} - (9.30 + 7.58) \times 10^{-2}}{(2 \times 0.1)^2} \text{ m/s}^2 \approx 1.71 \text{ m/s}^2$ 。

答案: (1) A (2) ADE (3) ①位移差 左 ② 0.844 1.71

典例 2 解析: (1) 电火花打点计时器使用的是交流电源, 工作电压为 220 V。每相邻两个计数点间还有 4 个点没有画出, 所以相邻的计数点间的时间间隔为 $5T$, 根据匀变速直线运动中, 中间时刻的速度等于该过程中的平均速度, 得 $v_F = \frac{d_6 - d_4}{10T}$ 。

(2) 用描点法作出 $v-t$ 图像, 如图所示。由速度-时间图像的斜率表示加速度, 得 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.3 - 0.1}{0.5} \text{ m/s}^2 = 0.40 \text{ m/s}^2$ 。



(3) 如果当时电网中交流电源的电压变成 210 V, 而做实验的同学并不知道, 但电源频率不变, 则打点的周期不变, 那么加速度的测量值与实际值相比不变。

答案: (1) 电火花 $\frac{d_6 - d_4}{10T}$ (2) 见解析图 0.40 (3) 不变

典例 3 解析: (1) 实验中, 首先调整滑轮位置使细线与木板平行, 确保力的方向正确; 接着接通打点计时器电源, 让计时器先工作; 最后释放小车, 故顺序为 CBA。

(2) 小车做匀加速直线运动时, 速度越来越大, 纸带上点间距逐渐增大。题图 2 中纸带左端点间距小, 右端点间距大, 说明纸带左端与小车相连。

(3) 根据匀变速直线运动中, 中间时刻的瞬时速度等于该段时间内的平均速度, B 点为 A 、 C 的中间时刻, A 、 C 间距离为 x_2 , 时间间隔为 $2T$, 可知 $v = \frac{x_2}{2T}$ 。

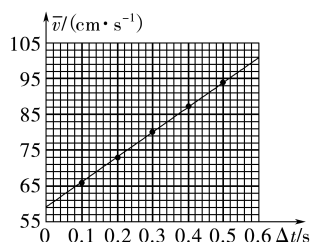
(4) 根据逐差法可知

$$a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{4T^2} = \frac{(19.24 - 8.00 - 8.00) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \text{ m/s}^2 = 0.81 \text{ m/s}^2。$$

答案: (1) CBA (2) 左端 (3) $\frac{x_2}{2T}$ (4) 0.81

典例 4 解析: (1) 由纸带数值得出 $\Delta x_{AD} = 6.60 \text{ cm} + 8.00 \text{ cm} + 9.40 \text{ cm} = 24.00 \text{ cm}$, 则 $\bar{v}_{AD} = \frac{\Delta x_{AD}}{t_{AD}} = 80.0 \text{ cm/s}$ 。

(2) 如图所示。



(3) 由图像可求得直线斜率 $k = \frac{101.0 - 59.0}{0.6 - 0} \text{ cm/s}^2 \approx 70.0 \text{ cm/s}^2$, $b = 59.0 \text{ cm/s}$ 。

(4) 由于小车做匀加速直线运动, 以 A 点为运动起点, 其位移方程为 $\Delta x = v_A \Delta t + \frac{1}{2} a (\Delta t)^2$, 则平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = v_A + \frac{1}{2} a \Delta t$, 故斜率 $k = \frac{1}{2} a$, $b = v_A$, 所以 $a = 2k$, $v_A = b$ 。

答案: (1) 24.00 80.0 (2) 见解析图 (3) 70.0 (68.5~71.5 均可) 59.0 (58.0~60.0 均可) (4) b $2k$

第二章 相互作用

第 7 课时

考点 1

- (1) 物体 (2) 运动状态 (3) 矢量
- (1) 地球的吸引 (3) 竖直向下 (4) 一点 质量 悬挂

情境辨析 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$

典例 1 A [物体各部分都受重力作用, 但可以认为物体各部分所受重力集中于一点, 这个点就是物体的重心, 重力的方向总是竖直向下的, 而不是垂直向下, 所以选项 A 正确, B 错误; 从题图中可以看出, 汽车(包括货物)的形状和质量分布发生了变化, 重心的位置就发生了变化, 所以选项 C 错误; 力不是使物体运动的原因, 而是改变物体运动状态的原因, 所以选项 D 错误。]

典例 2 D [由于水桶可以绕水平轴转动, 因此一段时间后, 当水桶内水变多导致重心升高到一定程度时, 就会造成水桶翻转, 选项 D 正确, 选项 A、B、C 错误。]

典例 3 A [重力的作用点叫重心, 物体的重心不一定在物体上, 如空心圆环的重心, 故 A 错误, 符合题意; 重力的方向竖直向下, 与支持面是否水平无关, 用线竖直悬挂的物体静止时, 线的方向一定通过重心, 故 B、C 正确, 不符合题意; 重力的计算公式为 $G = mg$, 一车荔枝(质量不变)从广东运到北京, g 值变大, 其重力变大, 故 D 正确, 不符合题意。故选 A。]

拓展思考 答案: 物体挂在弹簧测力计下处于平衡状态时, 弹簧测力计的示数才等于物体受到的重力。

考点 2

- (1) 形变 (2) 弹性形变 (3) 相反
- (2) 没有 有

判断正误 (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\times$ (4) $\times$

典例 4 C [选项 A 中, 小球 A 只受重力和杆的弹力且处于静止状态, 由二力平衡可得小球受到的弹力方向应竖直向上, A 错误; 选项 B 中, 如果左边的绳有拉力, 则竖直向上的那根绳就会发生倾斜, 所以左边的绳没有拉力, B 错误; 选项 D 中, 小球与大半圆为面接触, 其所受弹力的方向应过接触点垂直于接触面, 即在接触点与小球球心的连线上, 所以大半圆对小球 A 的支持力 F_2 应是沿着过小球球心与圆弧接触点的半径, 且指向大半圆圆心的弹力, D 错误; 选项 C 中, 小球 A 所受弹力的方向应垂直于过接触点的公切面, 即在两球心的连线上, 且指向受力小球 A, C 正确。]

典例 5 D [对小球进行受力分析可知,当 a 大小不同时,杆上的弹力与竖直方向的夹角也不同,杆对小球的弹力方向不一定沿杆,但一定是斜向上,且 $F > mg$,选项 A、B、C 错误;由几何关系可知, $F = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2}$,选项 D 正确。]

典例 6 B [由题图可知,当弹簧的长度为 6 cm 时,弹簧的弹力为 0,即弹簧的原长为 $l_0 = 6$ cm,故 A 正确;弹簧的劲度系数为 $k = \frac{\Delta F}{\Delta l} = \frac{2-0}{(8-6) \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 100 \text{ N/m}$,故 B 错误;弹簧长度为 0.16 m 时弹力的大小为 $F_1 = 100 \times (0.16 - 0.06) \text{ N} = 10 \text{ N}$,故 C 正确;在该弹簧两端各加 2 N 拉力时,弹簧的弹力为 2 N,则弹簧的伸长量为 $\Delta l_1 = \frac{F_{\text{弹}}}{k} = \frac{2}{100} \text{ m} = 2 \text{ cm}$,则弹簧的长度为 $l = l_0 + \Delta l_1 = 6 \text{ cm} + 2 \text{ cm} = 8 \text{ cm}$,故 D 正确。]

典例 7 B [设托盘上每减少一个盘子时每根弹簧的形变量的减小量为 Δx ,由题意知 $mg = 3k\Delta x$,解得 $k = 100 \text{ N/m}$,B 正确, A、C、D 错误。]

第 8 课时

考点 1

1. 相对运动 相对运动趋势
2. (1)粗糙 (2)压力 (3)相对运动 相对运动趋势
3. 相对运动 相对运动趋势
4. (1) μN (2)0 $f_{\text{静max}}$
5. 一定有 不一定有

情境辨析 (1)× (2)× (3)×

典例 1 D [在题图甲中, P 做匀速直线运动,在水平方向所受合力为 0,所以 P 不受摩擦力;在题图乙中,假设 P 不受摩擦力, P 将相对 Q 沿斜面向下运动,因此 P 受到与力 F 方向相同的摩擦力。D 正确。]

典例 2 D [第一张白纸相对于滚轮有向左的运动趋势,则受到滚轮的摩擦力向右, A 错误;对除第一张白纸外的所有白纸整体进行研究,处于静止状态,水平方向受到第一张白纸的滑动摩擦力,方向向右,则根据平衡条件知,最后一张白纸受到纸槽底座的摩擦力向左, B 错误;根据题意,因上一张白纸相对下一张白纸向右滑动或有向右滑动的趋势,则上一张白纸受到下一张白纸的摩擦力一定向左,那么下一张白纸受到上一张白纸的摩擦力一定向右, C 错误;正常情况下单张纸打印必须满足滚轮与白纸之间的最大静摩擦力大于纸与纸之间的滑动摩擦力,则 $\mu_1 > \mu_2$, D 正确。]

拓展思考 答案: 第一、二张白纸间的摩擦力为滑动摩擦力,大小为 $f_{12} = \mu_2(F + mg)$;第二张白纸处于静止状态,第二、三张白纸间的摩擦力为静摩擦力,大小等于第一、二张白纸间的摩擦力,即 $f_{23} = \mu_2(F + mg)$ 。

考点 2

情境辨析 (1)√ (2)× (3)√

典例 3 BC [最大静摩擦力为 $f_{\text{max}} = \mu N = 15 \text{ N}$, F_1 、 F_2 的合力为 $F = F_1 - F_2 = 12 \text{ N} < 15 \text{ N}$,方向向右,所以木块处于静止状

态,所受的合力为 0,故木块受到的静摩擦力向左,大小为 12 N, A 错误, B 正确;若将 F_1 撤去,因为 $F_2 < 15 \text{ N}$,木块在 F_2 的作用下仍然处于静止状态,则木块受到的摩擦力大小等于 F_2 的大小,为 8 N,方向与力 F_2 的方向相反,即方向水平向右, C 正确, D 错误。]

典例 4 AD [由题图可知,当拉力 F 增大到 10 N 时,木块受到的摩擦力为静摩擦力,当拉力 F 增大到 12 N 时,木块受到的摩擦力为最大静摩擦力,此后木块开始运动,受到的滑动摩擦力大小为 10 N。当拉力 F 增大到 10 N 时,木块受到静摩擦力,此时木块仍处于静止状态,故 A 正确;当拉力 F 增大到 11 N 时,木块仍受到静摩擦力的作用,木块处于静止状态,故 B 错误;滑动摩擦力大小为 10 N,动摩擦因数 $\mu = \frac{f}{G} = \frac{10 \text{ N}}{20 \text{ N}} = 0.5$,故 C 错误;当拉力 F 增大到 13 N 时,木块受到滑动摩擦力的作用,大小为 10 N,故 D 正确。]

典例 5 B [滑块上滑过程中受到滑动摩擦力,此时 $f = \mu N$, $N = mg \cos \theta$,联立得 $f = 6.4 \text{ N}$,方向沿斜面向下。当滑块的速度减为 0 后,由于重力的分力 $mg \sin \theta < \mu mg \cos \theta$,所以滑块静止,滑块受到的摩擦力为静摩擦力,由平衡条件得 $f' = mg \sin \theta$,代入数据可得 $f' = 6 \text{ N}$,方向沿斜面向上。B 正确。]

典例 6 BD [小木块刚放在传送带上之后的一段时间内,其所受滑动摩擦力沿传送带向下,由牛顿第二定律可得 $mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta = ma_1$,小木块与传送带共速后,因 $\mu < \tan \theta$,小木块将继续向下加速运动,此时有 $mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$,所以 $a_1 > a_2$,故 B、D 正确, A、C 错误。]

第 9 课时

考点 1

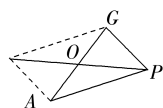
1. (1)效果 合力 分力 (2)等效替代
3. (1)合力 (2)邻边 对角线 有向线段
4. $|F_1 - F_2|$ $F_1 + F_2$ (1)减小 (2) $|F_1 - F_2|$ $F_1 + F_2$

情境辨析 (1)√ (2)√ (3)× (4)×

典例 1 C [由题图可知,当两力夹角为 π 时,两力的合力为 2 N,而当两力夹角为 $\frac{\pi}{2}$ 时,两力的合力为 10 N,则这两个力的大小分别为 6 N、8 N,故 C 正确, D 错误;当两个力方向相同时,合力大小等于这两个力的大小之和,为 14 N,当两个力方向相反时,合力大小等于这两个力的大小之差,为 2 N,由此可见,合力大小的变化范围是 $2 \text{ N} \leq F \leq 14 \text{ N}$,故 A、B 错误。]

典例 2 B [根据平行四边形定则可知,该牙所受两牵引力的合力大小为 $F_{\text{合}} = 2F \cos \frac{\alpha}{2}$,故选 B。]

典例 3 D [如答图所示,易知点 O 为 AG 的中点,由平行四边形定则可知力 F_{PA} 、 F_{PG} 的合力为 $2F_0$,同理,力 F_{PB} 和 F_{PH} 的合力、力 F_{PC} 和 F_{PE} 的合力、力 F_{PD} 和 F_{PF} 的合力均为 $2F_0$,所以质点 P 受到的合力为 $8F_0$ 。故选 D。]



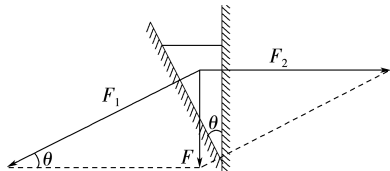
考点 2

1. (1)分力 逆运算 (2)平行四边形 (3)垂直

2. (1)方向 平行四边形 (2)方向 算术

判断正误 (1)× (2)× (3)× (4)×

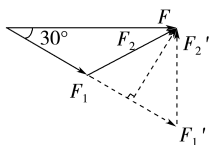
典例 4 D [F_1 和 F_2 是木工凿对木头的压力,其大小等于 F 在垂直两接触面方向上的分力大小,故 A 错误。将 F 沿垂直两接触面分解,如答图所示,分力大小分别等于 F_1 和 F_2 ,则由数学知识可知 F_1 一定大于 F 和 F_2 ;当 $\theta < 45^\circ$ 时, $F_2 > F$, 当 $\theta > 45^\circ$ 时, $F_2 < F$, 当 $\theta = 45^\circ$ 时, $F_2 = F$, 故 B、C 错误, D 正确。故选 D。]



典例 5 解析:由题意可知重物下降过程中受力平衡,设此时 P 绳中拉力的大小为 F_P 、 Q 绳中拉力的大小为 F_Q ,则在竖直方向上有 $F_P \cos \alpha = F_Q \cos \beta + mg$ 在水平方向上有 $F_P \sin \alpha = F_Q \sin \beta$ 联立并代入数据解得 $F_P = 1\,200\text{ N}$, $F_Q = 900\text{ N}$ 。

答案:1 200 N 900 N

典例 6 AC [根据题意,作出矢量三角形,如答图所示,通过几何关系得 $F_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}F$ 或 $F_1' = \frac{2\sqrt{3}}{3}F$,故 A、C 正确, B、D 错误。]



拓展思考 解析:根据三角形定则可知,当另一个分力 F_2 与 F_1 垂直时, F_2 最小,则 $F_1 = F \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}F$ 。

答案: $\frac{\sqrt{3}}{2}F$

第 10 课时

考点 1

1. 相反 同一条直线上

情境辨析 (1)√ (2)× (3)× (4)×

典例 1 D [杠铃的重力为 $G = mg = 121 \times 10\text{ N} = 1\,210\text{ N}$, 手臂与水平的杠铃之间有夹角,假设手臂与竖直方向夹角为 θ ,根据平衡条件可知 $2F \cos \theta = G$,故双臂夹角越大, F 越大,结合 $\cos \theta < 1$,解得杠铃对手臂的作用力 $F > 605\text{ N}$, A、B 错误;杠铃对手臂的压力和手臂对杠铃的支持力是一对相互作用力, C 错误;加速举起杠铃,人和杠铃构成的相互作用系统加速度向上,由牛顿第二定律可知地面对人的支持力大于人与杠铃的总重力, D 正确。故选 D。]

拓展思考 作用力与反作用力

考点 2

1. 受力示意图

2. (1)重力 (2)弹力 (3)摩擦力

情境辨析 (1)× (2)√ (3)√

典例 2 C [对 A 进行受力分析可知,其受重力、B 的支持力,由于 A 静止,则 A 还受 B 沿斜面向上的静摩擦力,对 B 进行受力分析可知,其受重力、斜面的支持力、A 的压力、拉力 F , B 还受 A 沿斜面向下的摩擦力,由于 B 静止,则 B 还受沿斜面向上的摩擦力,即 B 受 6 个力作用。故选 C。]

典例 3 ACD [木块 B 必定受到重力、木块 A 对木块 B 的压力、斜面的支持力三个力,此外,木块 A 对木块 B 可能有摩擦力,也可能无摩擦力,斜面对木块 B 可能有静摩擦力,也可能没有静摩擦力,木块 B 静止,则这两个摩擦力至少有一个,因此木块 B 受到 4 个力或 5 个力;而木块 A 除受到支持力与重力外,还可能受到拉力及木块 B 对木块 A 的摩擦力,因此木块 A 可能受到 2 个力或 4 个力。当木块 B 对木块 A 没有摩擦力时,木块 A、木块 B 受力分别为 2 个和 4 个;当木块 B 对木块 A 有摩擦力时,斜面对木块 B 可能有静摩擦力,也可能没有静摩擦力,木块 A、木块 B 受力可能为 4 个和 4 个或 4 个和 5 个。故选 ACD。]

拓展思考 BC [对木块 A 进行受力分析,由平衡条件知木块 A 只受重力和支持力作用,木块 A 与木块 B 之间无摩擦力作用,木块 B 一定受重力、斜面的支持力、木块 A 的压力和力 F ,斜面对木块 B 可能有摩擦力,也可能没有摩擦力,故木块 B 可能受 4 个力或 5 个力,选项 B、C 正确。]

考点 3

1. 同一点

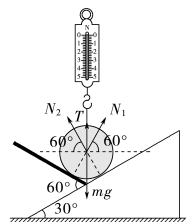
2. 匀速直线运动

4. (1)相等 相反 (2)相等 相反 三角形 (3)相等 相反

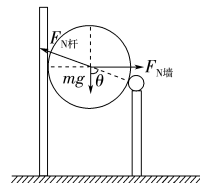
判断正误 (1)× (2)√ (3)× (4)×

典例 4 B [以钢管为研究对象,设轻绳的拉力为 T ,根据对称性可知两边绳子拉力相等,根据平衡条件有 $2T \cos 60^\circ = mg$, 可得 $T = mg$, 故选 B。]

典例 5 A [对球体进行受力分析,球体受重力 mg 、弹簧测力计的拉力 T 、挡板对其的支持力 N_1 、斜面对其的支持力 N_2 ,如图所示。在水平方向上有 $N_1 \cos 60^\circ = N_2 \cos 60^\circ$, 在竖直方向上有 $N_1 \sin 60^\circ + N_2 \sin 60^\circ + T = mg$, 联立解得 $N_1 = N_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}N$, A 正确。]



典例 6 D [对球进行受力分析,如图所示:



由图可知, $F_{N\text{墙}} \cos \theta = mg$, $\sin \theta = \frac{1.8R - R}{R}$, $\cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta}$, 联立解得 $F_{N\text{墙}} = \frac{5}{3}mg$, 由牛顿第三定律可得 $F'_{N\text{墙}} = \frac{5}{3}mg$, D 正确。]

素养提升 1

典例 1 AD [题图甲中 B 点受力如图 1, 杆对 B 点的作用力方向沿杆, 由平行四边形定则可知, $F_{N1} = \frac{mg}{\tan 30^\circ} = \sqrt{3}mg$, $F_{T1} = \frac{mg}{\sin 30^\circ} = 2mg$, 则与轻杆 AB 连接的铰链受到杆的弹力大小为 $\sqrt{3}mg$, 故 A 正确; 题图乙中 D 点受力如图 2, D 点滑轮受到杆的作用力方向不沿杆, 绳中两个拉力大小相同, 可知轻杆 CD 上的小滑轮受到杆的弹力大小为 $F_{N2} = F_{T1}' = F_{T2}' = mg$, 故 B、C 错误; 若甲、乙中轻绳能承受的最大拉力相同, 但甲、乙中绳子拉力大小关系为 $F_{T1} > F_{T1}'$, 则重物的质量增加时, 甲中轻绳更容易断裂, 故 D 正确。]

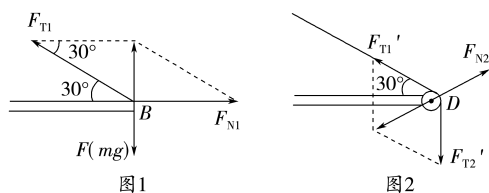


图1

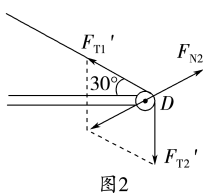


图2

典例 2 C [甲中, 对滑轮进行受力分析如图 1 所示:

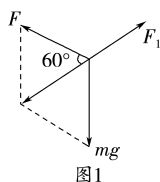


图1

由图 1 可知杆可以保持静止, 对滑轮的作用力大小为 $F_1 = mg$, 与竖直方向成 60° 夹角。

乙中, 对滑轮进行受力分析如图 2 所示:

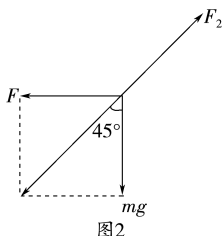


图2

由图 2 可知杆可以保持静止, 对滑轮的作用力大小为 $F_2 = \sqrt{2}mg$, 与竖直方向成 45° 夹角。

丙中, 对滑轮进行受力分析如图 3 所示:

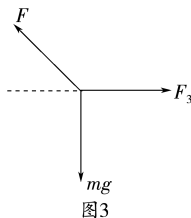


图3

由图 3 可知, 滑轮受力不平衡, 杆不能静止。

丁中, 对滑轮进行受力分析如图 4 所示:

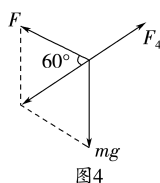


图4

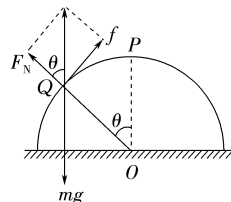
由图 4 可知杆可以保持静止, 对滑轮的作用力大小为 $F_4 = mg$, 与竖直方向成 60° 夹角。综上所述, 能够保持静止且杆的作用力相同的是甲和丁。故选 C。]

典例 3 AB [如图所示, 由于是“活结”模型, 两段绳子是对称的, 与竖直方向的夹角是相等的, 与水平方向的夹角也相等, 设绳与水平方向的夹角为 θ , 绳子的长度为 x , 则有 $x \cos \theta = L$, 绳子一端在上下移动的时候, 绳子的长度不变, 两杆之间的距离不变, 则 θ 角度不变。两段绳子的合力向上, 大小等于衣服和衣架的重力, 由于夹角不变, 所以绳子的拉力不变, A 正确, C 错误。当 N 向右移动后, 根据 $x \cos \theta = L$, 即 L 变大, 绳长不变, 所以 θ 角减小, 绳子与竖直方向的夹角变大, 绳子的拉力变大, B 正确。绳长和两杆之间的距离不变的情况下, θ 不变, 所以挂的衣服质量变化, 不会影响悬挂点的位置, D 错误。]

第 11 课时

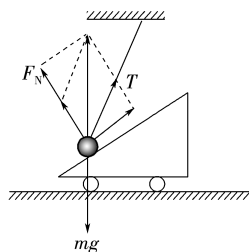
进阶点 1

典例 1 C [对小蚂蚁进行受力分析如



图所示, 可知大理石半球对小蚂蚁的作用力为支持力与摩擦力的合力, 大小始终等于小蚂蚁的重力, 保持不变; 小蚂蚁受到的摩擦力为 $f = mg \sin \theta$, 小蚂蚁受到的支持力为 $F_N = mg \cos \theta$, 小蚂蚁缓慢从图中 Q 点沿圆弧爬向 P 点的过程中 θ 逐渐变小, 则小蚂蚁受到的支持力变大, 摩擦力变小, 大理石半球对小蚂蚁的作用力不变, 故 A、B 错误。选取大理石半球与小蚂蚁组成的整体为研究对象, 可知二者只受到重力与地面的支持力, 所以大理石半球受到地面的支持力大小始终等于二者重力的合力, 保持不变, 大理石半球与地面之间没有摩擦力的作用, 故 C 正确, D 错误。故选 C。]

典例 2 D [缓慢拉升重物的过程中, 重物所受重力的大小、方向不变, 支持力的方向不变, 而轻绳拉力的方向不断变化, 受力如图所示。由图可知, 重物所受支持力 F_N 不断增大, 轻绳拉力 T 不断减小。故选 D。]



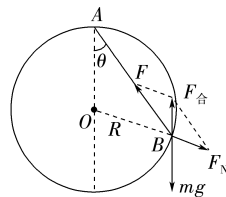
典例 3 C [对小环进行受力分析, 如图

所示, 由力矢量三角形与几何三角形相

似可得 $\frac{mg}{AO} = \frac{F_N}{BO} = \frac{F}{AB}$, 可得小环受到

大环的支持力 $F_N = mg$, 设弹簧长度为

$AB = L$, 由胡克定律有 $k(L - L_0) = 2mg \cos \theta$, 由几何关系有 $L = 2R \cos \theta$, 联立方程解得 $\theta = 30^\circ$, $L = \sqrt{3}R = 3L_0$, 弹簧弹力为 $k(L - L_0) = \sqrt{3}mg$, 故选 C。]



典例 4 C [对 O 点进行受力分析,如

答图所示。根据正弦定理可得

$$\frac{mg}{\sin(\pi-\theta)} = \frac{F_{AO}}{\sin\angle 1} = \frac{F_{BO}}{\sin\angle 2}, \text{由题意}$$

可知,在整个装置绕点 A 垂直于纸

面的轴在竖直平面内逆时针缓慢转动的过程中, $(\pi-\theta)$ 保持不

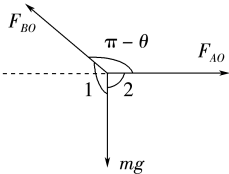
变,即 $\frac{mg}{\sin(\pi-\theta)}$ 保持不变。由于 $\angle 1$ 变小,从钝角变为锐角,

$\sin\angle 1$ 先变大后变小,则铅笔的弹力 F_{AO} 先变大后变小,A

点的刺痛感先增强后减弱。由于 $\angle 2$ 变大,且大于 $\frac{\pi}{2}$, $\sin\angle 2$

变小,则 OB 绳的拉力 F_{BO} 变小,所以 OB 绳一定不会被拉断。

故选 C。



进阶点 2

典例 5 BC [如图,小球受重力 mg 、细线拉力

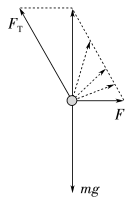
F_T 、拉力 F ,三个力的合力为 0,逆时针缓慢转动

力 F 至竖直方向的过程中, F 先减小后增大。初

位置 $F = mg \tan 30^\circ \approx 28.9 \text{ N}$; F 与细线垂直时最

小,为 $F = mg \sin 30^\circ = 25 \text{ N}$; 竖直位置时 F 最大,为 $F = mg =$

50 N。故 A、D 错误,B、C 正确。]



拓展思考 解析:对球 A 进行受力分析,其受重力和竖直细线的

拉力,根据受力平衡,连接两球的细线拉力为 0,竖直细线拉力

等于球 A 的重力,所以 F 转动过程中,竖直细线和连接两球细

线的拉力不变, F 的最大值、最小值与[典例 5]中相同,答案仍

为 BC。若把连接两球的细线换成轻杆,结论也是如此。

答案:见解析

典例 6 B [设外力 F 与斜面的夹角为 θ ,物块在斜面上以恒定

速度沿斜面向上运动,由垂直于斜面方向平衡得 $F_N + F \sin \theta$

$= mg \cos 37^\circ$,由平行于斜面方向平衡得 $F \cos \theta - mg \sin 37^\circ -$

$$F_f = 0, \text{又 } F_f = \mu F_N, \text{设 } \sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}, \cos \alpha = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}},$$

$$\text{整理得 } F = \frac{mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ}{\sqrt{1+\mu^2} \sin(\alpha+\theta)}, \text{当 } \alpha+\theta=90^\circ \text{ 时,外力 } F$$

$$\text{有最小值, } F_{\min} = \frac{mg \sin 37^\circ + \mu mg \cos 37^\circ}{\sqrt{1+\mu^2}} = 8\sqrt{5} \text{ N, 故选 B。}]$$

第 12 课时

典例 1 解析:(1)题图乙中毫米刻度尺的分度值为 0.1 cm,可知

$$l_0 = 6.00 \text{ cm}.$$

(2)在测量弹簧原长时,应将弹簧竖直悬挂,待其静止时测出长

度,故 A 错误;在安装毫米刻度尺时,必须使刻度尺保持竖直

状态,故 B 正确;弹簧上端的读数未知,不挂钩码时,上下两端

的读数之差为弹簧原长,故 C 错误;为减小误差,每次添加钩码

后,应保证钩码处于静止状态再读数,故 D 正确。故选 BD。

(3)设弹簧的原长为 l_0 ,根据胡克定律可得 $F = k(l - l_0)$,可知

图像中的直线不过坐标原点的原因是:横轴截距表示弹簧的原

长。 $F-l$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数,所以通过 $F-l$ 图像

能准确测出弹簧的劲度系数。

(4)根据 $F = k(l - l_0)$ 可知 $F-l$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系

数,由题图丙可知,弹簧 a 劲度系数小于弹簧 b 的劲度系数,故

用弹簧 a 来制作弹簧秤,可以满足当弹簧秤示数相同时,形变

量更大,灵敏度更高。

答案:(1)6.00 (2)BD (3)横轴截距表示弹簧的原长 能

(4)a

典例 2 解析:(1)根据螺旋测微器的读数规则有 $7 \text{ mm} + 41.5 \times$

$$0.01 \text{ mm} = 7.415 \text{ mm}.$$

(2)当弹力为 0 时弹簧处于原长,为 17.6 mm。

将图线反向延长与纵坐标的交点为 2.54 N,则根据胡克定律

$$\text{可知弹簧的劲度系数为 } k = \frac{\Delta F}{\Delta x} \approx 187 \text{ N/m}.$$

答案:(1)7.415 (2)187(185~189 均可) 17.6

典例 3 解析:(1)由题图 1 读出刻度尺读数为 13.15 cm。

(4)设小桶质量为 m ,当小桶中水的体积为 V 时,由平衡条件

$$\text{可知 } kx = mg + \rho Vg, \text{可得 } x = \frac{\rho g}{k} V + \frac{mg}{k}, \text{以桶中水的体积 } V$$

为横坐标,弹簧伸长量 x 为纵坐标,则图线的斜率 $k' = \frac{\rho g}{k}$,代

入数据解得 $k = 49 \text{ N/m}$ 。

$$(5) \text{由 } x = \frac{\rho g}{k} V + \frac{mg}{k} \text{ 可知题图 3 中直线的截距 } b = \frac{mg}{k}, \text{代入数}$$

据解得 $m = 0.028 \text{ kg}$ 。

答案:(1)13.15(13.13~13.17 均可) (4)49 (5)0.028

第 13 课时

典例 1 解析:(1)本实验中,两个力拉橡皮条的作用效果与一个

力拉橡皮条的作用效果相同,采用的研究方法是等效替代法。

故选 C。

(2)实验前必须对测力计进行校准和调零,故 A 正确;连接测

力计的细绳之间的夹角不能太大,也不能太小,适当就好,故 B

错误;为了保持作用效果相同,进行题图丙的实验操作时,需要

用一个弹簧测力计将小圆环拉到 O 点,故 C 错误;重复实验再

次进行验证时,由于不是同一次实验,所以小圆环到达的平衡

位置 O 点可以与前一组不同,故 D 正确。故选 AD。

(3)题图丁中 F' 是以 F_1 、 F_2 为邻边构成的平行四边形的对

角线,由于存在一定的误差, F' 不一定沿 GO 方向; F 是一个力拉

橡皮条得到的合力实际值,根据二力平衡可知, F 一定沿 GO

方向。

答案:(1)C (2)AD (3)F

典例 2 解析:(1)由三力平衡,细线 AO、BO 的拉力 F_1 、 F_2 的合

力 F' 与重力 G 等大、反向,即 F_1 和 F_2 实际合力大小为 G ,方

向坚直向上。

(2) θ 、 β 不应相等,做实验不能用特殊情况来处理,要用一般情

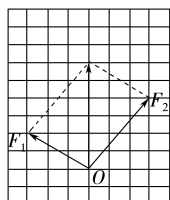
况来探究问题,同理 F_1 、 F_2 大小也不应相等,故 A、B 错误;由

于 F' 方向坚直向上, F 与 F' 不重合,因此 F 不会坚直向上,故

C 错误;平行四边形定则适用于所有的矢量合成,故 D 正确。

(3)题图丙中每一小格边长均代表 0.8 N,由平行四边形定则

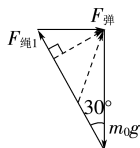
在题图丙中作出 F_1 与 F_2 的合力,如图所示:



用取定标度求得 $F_{\text{合}} = 6 \times 0.8 \text{ N} = 4.8 \text{ N}$ 。

答案: (1)G 竖直向上 (2)D (3)4.8 N

典例 3 解析: (1)根据题图(b)杯中物体质量 m 与橡皮筋长度 x 的 $x-m$ 线性关系图线可知,当橡皮筋长度 x 为 11.60 cm 时,对应杯中芒果的质量 $m_0 = 107 \text{ g}$;对细绳 1、2 和橡皮筋的连接点进行受力分析的矢量三角形图如图所示,由图可知,当橡皮筋与绳 1 垂直时,橡皮筋的拉力最小,若杯中放入芒果后,绳 1 与竖直方向夹角虽为 30° 但与橡皮筋不垂直,这会导致橡皮筋的拉力变大,橡皮筋的长度变长。因此,从题图(b)中读出的芒果质量与 m_0 相比会偏大。



(2)水杯质量过小不影响 m 与 x 的线性关系,选项 A 不符合题意;绳套长度过大和弹力与伸长量是否成正比关系无关,选项 B 不符合题意;当橡皮筋伸长量过大而超出弹性限度后,弹力与伸长量不再遵循胡克定律,导致图线弯曲,选项 C 符合题意。

(3)使题述装置测量的质量范围增大的措施:①更换劲度系数更大的橡皮筋,使其在更大拉力下伸长量适中;②减小绳 1 与竖直方向的夹角(如从 30° 减小到 15°),使橡皮筋承担的分力减小,从而可测量更大的质量。

答案: (1)107(106~108 均可) 偏大 (2)C (3)见解析

第三章 牛顿运动定律

第 14 课时

考点 1

1. (1)匀速直线运动 (2)惯性 惯性 维持 加速度

2. (1)匀速直线运动 (2)大 小 (3)无关

判断正误 (1)× (2)√ (3)√ (4)×

典例 1 B [伽利略做了上百次实验,结果表明小球在斜面上做匀加速运动,通过合理外推,得出了自由落体运动为匀变速直线运动的结论,A 错误;由于当时用滴水法计时,无法记录自由落体的较短时间,伽利略让铜球沿阻力很小的斜面滚下,来“冲淡”重力,而小球在斜面上运动的加速度要比它竖直下落的加速度小得多,运动相同位移所用时间长得多,所以容易测量时间,B 正确;完全没有摩擦阻力的斜面是不存在的,C 错误;伽利略通过逻辑推理得出物体的运动不需要力来维持的结论,D 错误。]

典例 2 C [惯性是物体的固有属性,只由物体的质量决定,与其他因素无关,质量越大惯性越大。采用了大功率发动机的一级方程式赛车质量不变,即惯性不变,与速度大小无关,故 A 错误;子弹的质量未变,惯性不变,与产生效果无关,故 B 错误;货运列车运行到不同的车站时,经常要摘解或加挂一些车厢,质量改变了,它的惯性也改变了,故 C 正确;摩托车转弯时,车手采取了一些措施防止侧滑,但人和车的质量没有发生变化,所以人和车的惯性并没有改变,故 D 错误。]

考点 2

1. 正比 反比 相同

2. ma

3. (1)静止 匀速直线运动 (2)宏观 低速

判断正误 (1)√ (2)× (3)×

典例 3 ACD [由于物体的加速度与合力是瞬时对应关系,因此此在力刚作用瞬间,物体会立即获得加速度,A 正确;合力是产生加速度的原因,即物体由于受合力作用,才会产生加速度,B 错误;牛顿第二定律 $F=ma$ 是矢量式, a 的方向与 F 的方向相同,与速度方向无关,C 正确;由牛顿第二定律知物体所受合力减小,加速度一定会减小,而速度的变化由加速度的大小和方向共同决定,不一定会减小,D 正确。]

典例 4 A [细线剪断前,对 B、C、D 整体受力分析,由力的平衡条件有 A、B 间弹簧的弹力 $F_{AB} = 6mg$,对 D 受力分析,由力的平衡条件有 C、D 间弹簧的弹力 $F_{CD} = mg$,细线剪断瞬间,对 B 由牛顿第二定律有 $3mg - F_{AB} = 3ma_B$,对 C 由牛顿第二定律有 $2mg + F_{CD} = 2ma_C$,联立解得 $a_B = -g$, $a_C = 1.5g$,A 正确。]

拓展思考 解析:假设 C、D 间细线拉力大小为 F_T ,剪断 B、C 间细线瞬间,两球运动状态相同,

对 C: $2mg + F_T = 2ma$

对 D: $mg - F_T = ma$

联立可得: $a = g$, $F_T = 0$ 。

答案: g 0

典例 5 C [由题意,根据牛顿第二定律知乒乓球上升阶段有 $mg + kv = ma_1$,下降阶段有 $mg - kv = ma_2$,可得乒乓球在上升和下降阶段加速度大小分别为 $a_1 = g + \frac{kv}{m}$, $a_2 = g - \frac{kv}{m}$,上升阶段 v 逐渐减小,则 a_1 逐渐减小,下降阶段 v 逐渐增大,则 a_2 也逐渐减小,即 $v-t$ 图像的斜率始终减小,直至减为 0,综上所述可知 C 可能正确,A、B、D 不可能正确。故选 C。]

考点 3

1. 基本 导出

2. 长度 质量 时间 米 千克 秒

3. 物理关系

判断正误 (1)× (2)× (3)√

典例 6 AC [根据题意可知, $\frac{a^2 b}{c^2}$ 的单位为 $\frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{s}^2} = \text{kg} \cdot (\text{m/s})^2$,

结合动能公式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 可知 $\text{kg} \cdot (\text{m/s})^2$ 为能量单位,故

A 正确;同理, $\frac{ab^2}{c^2}$ 的单位为 $\frac{\text{m} \cdot \text{kg}^2}{\text{s}^2} = \text{kg}^2 \cdot \text{m/s}^2$,根据 $F=ma$

可知 $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ 为力的单位,故可知 $\text{kg}^2 \cdot \text{m/s}^2$ 为力与质量乘积的单位,不是能量单位,故 B 错误; $\frac{d^2}{b}$ 的单位为

$\frac{(\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1})^2}{\text{kg}} = \text{kg} \cdot (\text{m/s})^2$,根据前面 A 选项分析可知该

单位为能量单位,故 C 正确; $\frac{b^2}{d}$ 的单位为 $\frac{\text{kg}^2}{\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}} =$

$\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}}$,不是能量单位,故 D 错误。]

第 15 课时

考点 1

- (1)大于 (2)向上
- (1)小于 (2)向下
- (1)完全没有 (2) g

情境辨析 (1)✓ (2)× (3)✓ (4)✓

典例 1 解析:(1)根据弹簧测力计的读数规则可知,其读数为 5.0 N。

(2)根据(1)问结合力的平衡条件可知, $mg=5.0\text{ N}$,电梯上行时,测力计示数为 $4.5\text{ N}<mg$,故物体处于失重状态,根据牛顿第二定律有 $mg-F=ma$,代入数据解得 $a\approx 1.0\text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)5.0 (2)失重 1.0

典例 2 B $[t_1\sim t_3, f$ 向下,先增大后减小,可知此时速度方向向上,先增大后减小,故实验舱先处于弹射过程后做竖直上抛运动,故 A 错误; $t_2\sim t_3, f$ 向下在减小,可知此时速度方向向上,速度在减小,根据牛顿第二定律有 $mg+f=ma$,即 $a=\frac{f}{m}+g$,故加速度大小在减小,故 B 正确; $t_3\sim t_5, f$ 向上,先增大后减小,可知此时速度方向向下,先增大后减小,先向下加速后向下减速,加速度先向下后向上,先失重后超重,故 C 错误;根据前面分析可知 t_3 时刻速度方向改变,实验舱从向上变成向下运动,故 t_3 时刻到达最高点,故 D 错误。故选 B。]

考点 2

判断正误 (1)× (2)✓ (3)×

典例 3 解析:(1)速度小于 6 m/s 时,有

$$mg\sin 37^\circ - \mu_1 mg\cos 37^\circ = ma_1$$

$$\text{则有 } v_1^2 = 2a_1x_1$$

$$\text{速度大于或等于 } 6\text{ m/s 时,有 } mg\sin 37^\circ - \mu_2 mg\cos 37^\circ = ma_2$$

$$\text{则有 } v_2^2 - v_1^2 = 2a_2(x_{AB} - x_1)$$

$$\text{联立解得 } v_2 = 12\text{ m/s}。$$

(2)在水平雪地上运动,速度大于或等于 6 m/s 时,有

$$\mu_2 mg = ma_3$$

$$\text{则有 } v_2^2 - v_1^2 = 2a_3x_3$$

$$\text{速度小于 } 6\text{ m/s 时,有 } \mu_1 mg = ma_4$$

$$\text{则有 } v_1^2 = 2a_4x_4$$

$$\text{在水平雪地上运动的距离 } x = x_3 + x_4, \text{解得 } x = 42\text{ m}。$$

答案:(1)12 m/s (2)42 m

典例 4 解析:(1)在 5 s 时间内,小车的平均速度

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} = 45\text{ km/h} = 12.5\text{ m/s}$$

$$\text{小车的位移大小 } x = \bar{v}t = 62.5\text{ m}。$$

$$(2)\text{在 } 5\text{ s 时间内,小车的加速度 } a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{5 - 20}{5}\text{ m/s}^2 = -3\text{ m/s}^2$$

$$\text{由牛顿第二定律得 } mg\sin 4.8^\circ - F - f = ma$$

$$\text{解得 } F = 5\,200\text{ N}。$$

答案:(1)62.5 m (2)5 200 N

考点 3

情境辨析 (1)✓ (2)× (3)✓

典例 5 BCD [设想还有一根光滑固定细杆 ca ,则 ca 、 Oa 、 da 三细杆交于圆的最低点 a ,三杆顶点均在圆周上,根据“等时圆”模型可知,由 c 、 O 、 d 无初速度释放的小滑环到达 a 点的时间相等,即 $t_{ca}=t_1=t_3$,而由 $c\rightarrow a$ 与由 $O\rightarrow b$ 滑动的小滑环相比较,滑行位移大小相等,初速度均为 0,但平均加速度 $a_{ca}>a_{Ob}$,由 $x=\frac{1}{2}at^2$ 可知, $t_2>t_{ca}$,即 $t_2>t_1=t_3$,故选 BCD。]

第 16 课时

典例 1 解析:(1)为使细绳上的拉力近似等于槽码重力,需使小车及车上砝码的质量远大于槽码质量,A 错误;补偿阻力时,需调整垫块的位置,使小车拖动纸带打出点迹均匀的点,B 正确,C 错误;应先接通打点计时器电源,待打点稳定后,再释放小车,D 错误。

(2)根据逐差法及 $\Delta x=aT^2$ 求加速度可知,用尽量多的各段位移数据进行求解,方法最优,则加速度的最优计算式为 $a=\frac{1}{4}\left(\frac{s_8-s_4}{4T^2}+\frac{s_7-s_3}{4T^2}+\frac{s_6-s_2}{4T^2}+\frac{s_5-s_1}{4T^2}\right)$,D 正确。

(3)根据题图 3 可知, $\frac{1}{a}$ 与 M 成正比,则 a 与 M 成反比;根据牛顿第二定律可得 $mg=Ma$,变形得 $\frac{1}{a}=\frac{1}{mg}M$,甲组图像的斜率小,则甲组所用槽码的质量 m 比乙组的更大。

答案:(1)B (2)D (3)反比 槽码

典例 2 解析:(1)该实验中同时研究三个物理量间的关系是很困难的,因此我们可以控制其中一个物理量不变,研究另外两个物理量之间的关系,即采用了控制变量法。故选 B。

(2)平衡阻力时小车需要连接纸带,一方面是需要连同纸带所受的阻力一并平衡,另外一方面是通过纸带上的点间距判断小车是否在长木板上做匀速直线运动,故 A 错误;由于小车速度较快,且运动距离有限,打出的纸带长度也有限,为了能在长度有限的纸带上尽可能多地获取间距适当的数据点,实验时应先接通打点计时器电源,后释放小车,故 B 正确;为使小车所受拉力与速度同向,应调节滑轮高度使细绳与长木板平行,故 C 错误。故选 B。

(3)设小车质量为 M ,槽码质量为 m 。对小车和槽码根据牛顿第二定律分别有 $F=Ma$, $mg-F=ma$,联立解得 $F=\frac{Mmg}{m+M}=\frac{mg}{\frac{m}{M}+1}$,由此可知在小车质量远大于槽码质量时,可以认为

细绳拉力近似等于槽码的重力。上述做法引起的误差是实验方法或原理不完善造成的,属于系统误差。该误差是将细绳拉力用槽码重力近似替代所引入的,不是由于车与木板间存在阻力(实验中已经平衡了阻力)或是速度测量精度低,为减小此误差,可在小车与细绳之间加装力传感器,测出小车实际所受拉力大小。故选 C。

(4) 相邻两计数点间的时间间隔为 $t=5T$, 打计数点 5 时小车速度的表达式为 $v=\frac{x_6-x_4}{2t}=\frac{x_6-x_4}{10T}$, 根据逐差法可得小车速度的表达式是 $a=\frac{x_6-x_3-x_3}{(3t)^2}=\frac{x_6-2x_3}{(15T)^2}$, 故选 A。

答案: (1) B (2) B (3) 远大于 系统误差 C (4) $\frac{x_6-x_4}{10T}$

A

典例 3 解析: (1) 在研究两个物理量间的关系时, 保持其他量不变, 所使用的方法为控制变量法。

(2) 为了使细绳拉力为小车所受的合外力, 需要让连接小车的细绳与轨道平面保持平行。

(3) 力传感器上显示的示数为细绳的拉力, 要以该拉力作为小车所受的合外力, 需要补偿小车所受的阻力, 具体操作为撤去细绳连接的力传感器和重物, 将木板左端用垫块垫起适当高度, 使小车能沿木板匀速下滑。

(4) 根据初速度为 0 的匀加速直线运动的位移-时间公式 $x=\frac{1}{2}at^2$ 可知, $a_M t_M^2=a_N t_N^2$, 又 $t_M:t_N=n$, 解得 $a_M:a_N=1:n^2$ 。

答案: (1) 控制变量法 (2) 平行 (3) 需要。撤去细绳连接的力传感器和重物, 将木板左端用垫块垫起适当高度, 使小车能沿木板匀速下滑 (4) $1:n^2$

典例 4 解析: (1) 该实验是用遮光时间内的平均速度表示遮光片运动到光电门时小车的瞬时速度, 由运动学规律可知, 遮光片的宽度越窄, 两个速度越接近, 即小车的瞬时速度测量越精准, 所以选用 $d=1.00\text{ cm}$ 的遮光片。

(2) 根据题意可得, 小车的加速度 $a=\frac{v_2-v_1}{t}=0.41\text{ m/s}^2$ 。

(3) 对小车由牛顿第二定律有 $F+mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta=ma$, 整理得 $a=\frac{F}{m}+g\sin\theta-\mu g\cos\theta$, 结合题图乙可知 $g\sin\theta-\mu g\cos\theta<0$, 若要得到一条过原点的直线, 应使 $\sin\theta-\mu\cos\theta=0$, 则应增大轨道的倾角 θ 。

(4) 结合(3)问分析可知, 题图乙中直线斜率表示质量的倒数, 则其单位为 kg^{-1} 。

答案: (1) 1.00 (2) 0.41 (3) 增大 (4) kg^{-1}

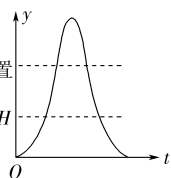
第 17 课时

进阶点 1

典例 1 A [由牛顿第二定律结合题图可知, $0\sim 1\text{ s}$ 时间段和 $2\sim 3\text{ s}$ 时间段机器人的加速度大小相等、方向相反, 又由 $v-t$ 图像的斜率表示加速度可知, $0\sim 1\text{ s}$ 时间段和 $2\sim 3\text{ s}$ 时间段机器人 $v-t$ 图像斜率互为相反数, A 可能正确。]

典例 2 B [在木块下落 H 高度之前,

木块所受合力为木块的重力, 保持不变, 即 $F=mg$, 当木块接触弹簧后, 弹簧弹力向上, 则木块所受的合力 $F=mg-k(y-H)$, 到合力为 0 前, 随着 y 增大, F 减小; 弹簧弹力大于木块的重力后, 至木块运动到



最低点的过程中木块所受合力向上, 随着 y 增大, F 增大, 之后, 木块开始反弹, 反弹过程木块按原路返回, 故 A 错误, B 正确; 在木块下落 H 高度之前, 木块做自由落体运动, 根据 $y=\frac{1}{2}gt^2$, 速度逐渐增大, $y-t$ 图像的斜率逐渐增大, 当木块接触弹簧后到合力为 0 前, 根据牛顿第二定律有 $mg-k(y-H)=F=ma$, 木块的速度继续增大, 做加速度减小的加速运动, 所以 $y-t$ 图像的斜率继续增大, 当弹簧弹力大于木块的重力后至木块运动到最低点过程中有 $F=k(y-H)-mg$, 木块所受合力向上, 木块做加速度增大的减速运动, 所以 $y-t$ 图像的斜率减小, 到达最低点后木块开始反弹, 上升过程由运动的对称性可知 $y-t$ 图线对称, 正确的 $y-t$ 图像如图所示, 故 C、D 错误。]

典例 3 AD [由题意可知两 $x-t$ 图线均为抛物线, 则物块甲、乙均做匀变速直线运动, 由题图(b)可知物块甲做匀加速直线运动, 物块乙做匀减速直线运动, 对甲有 $3x_0=v_0t_0+\frac{1}{2}a_{\text{甲}}t_0^2$, 对

乙有 $x_0=v_0t_0-\frac{1}{2}a_{\text{乙}}t_0^2$, 由于 $t=t_0$ 时乙的 $x-t$ 图线的斜率为 0, 则此时乙的速度为 0, 则有 $t_0=\frac{v_0}{a_{\text{乙}}}$, 由以上整理得 $a_{\text{甲}}=a_{\text{乙}}$,

由牛顿第二定律对甲有 $mg\sin\theta-\mu_1 mg\cos\theta=ma_{\text{甲}}$, 对乙有 $\mu_2 mg\cos\theta-mg\sin\theta=ma_{\text{乙}}$, 整理得 $\mu_1+\mu_2=2\tan\theta$, A 正确; $t=t_0$ 时, 甲的速度大小为 $v=v_0+a_{\text{甲}}t_0$, 联立以上得 $v=2v_0$, B 错误; $t=t_0$ 前, 由于物块甲、乙的加速度大小相等、方向相反, 则物块甲、乙组成的整体合力为 0, 由于斜面静止, 斜面受到的合力也为 0, 则三者组成的整体合力为 0, 地面对斜面的作用力等于三者组成的整体的重力, 所以地面对斜面的摩擦力为 0, C 错误; $t=t_0$ 时, 物块乙的速度减为零, 此后, 物块乙静止在斜面上, 物块甲继续沿斜面向下加速运动, 物块甲的加速度有水平向左的分量, 对两物块和斜面组成的整体, 合力水平向左, 则地面对斜面的摩擦力的方向水平向左, D 正确。]

进阶点 2

典例 4 BC [对整体进行受力分析, 根据牛顿第二定律有 $F-(m_1+m_2)g\sin\theta=(m_1+m_2)a$, 解得 $a=\frac{F}{m_1+m_2}-g\sin\theta$, 故

A 错误; 对 Q 进行受力分析, 根据牛顿第二定律有 $T-m_2 g\sin\theta=m_2 a$, 解得 $T=\frac{m_2 F}{m_1+m_2}$, 故 B 正确; 根据 $T=\frac{m_2 F}{m_1+m_2}=\frac{F}{\frac{m_1}{m_2}+1}$ 可知, 若只增大 m_2 , 两物块一起向上匀加速

运动时, 弹簧弹力变大, 根据胡克定律可知, 弹簧伸长量变大, 则两物块的间距变大, 故 C 正确; 根据 $T=\frac{m_2 F}{m_1+m_2}$ 可知, 只增大 θ , 两物块一起向上匀加速运动时, 弹力不变, 根据胡克定律可知, 弹簧伸长量不变, 则两物块的间距不变, 故 D 错误。]

典例 5 A [对小车和木块整体进行受力分析, 受到重力、支持力和拉力作用, 根据牛顿第二定律有 $F=(M+m)a$, 而木块受重力、支持力和与 F 同向的静摩擦力作用, 则有 $F_f=ma$, 联立解得 $F_f=ma=\frac{m}{M+m}F$ 。选项 A 正确。]

拓展思考 解析:对小车和木块整体,有 $F=(M+m)a$,对小车

$$有 F'_f=Ma, 联立解得 F'_f=Ma=\frac{MF}{M+m}.$$

$$\text{答案: } \frac{MF}{M+m}$$

典例 6 C [甲相对木箱向右运动,则甲受到木箱的摩擦力方向向左,由牛顿第三定律可知甲对木箱的摩擦力方向向右,A 错误;对甲由牛顿第二定律有 $T-\mu mg=ma$,对乙由牛顿第二定律有 $mg-T=ma$,联立解得甲运动的加速度大小 $a=2.5 \text{ m/s}^2$,绳子拉力大小 $T=7.5 \text{ N}$,C 正确,D 错误;对整体受力分析,竖直方向上乙的加速度大小不变,可知地面对木箱的支持力 F_N 不变,B 错误。]

进阶点 3

典例 7 C [设静止时弹簧的压缩量为 x_0 ,初状态时对整体有 $kx_0=(2m+m)g=3mg$,两物块分离时,加速度相等且它们之间没有弹力。设分离时弹簧的压缩量为 x_1 ,对下面物块,有 $kx_1-mg=ma=m \times \frac{1}{5}g$,解得 $kx_1=1.2mg$,因此 $x_1=0.4x_0$,分离之前两物块做匀加速运动,则有 $v^2=2a(x_0-x_1)$,解得 $v=\frac{3}{5}g\sqrt{\frac{2m}{k}}$,故选 C。]

典例 8 B [书相对于桌面不滑动,说明书与高铁的加速度相同,当桌面与书之间的摩擦力为最大静摩擦力时,书所受合力最大,加速度最大,由牛顿第二定律有 $f_m=\mu mg=ma_m$,解得 $a_m=\mu g=4.0 \text{ m/s}^2$,即高铁的最大加速度不超过 4.0 m/s^2 ,故选 B。]

第 18 课时

进阶点 1

典例 1 解析:(1)对行李,根据 $\mu mg=ma$

$$\text{解得 } a=2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{根据 } v=at_1, \text{ 匀加速运动的时间 } t_1=0.2 \text{ s}$$

$$\text{匀加速运动的位移大小 } x=\frac{1}{2}at_1^2=0.04 \text{ m}<2 \text{ m}, \text{ 故行李先匀}$$

$$\text{加速再匀速,匀速运动的时间为 } t_2=\frac{L-x}{v}=\frac{2-0.04}{0.4} \text{ s}=4.9 \text{ s}$$

$$\text{可得行李从 A 到 B 的时间为 } t=t_1+t_2=5.1 \text{ s}.$$

$$(2) \text{ 在传送带上留下的摩擦痕迹长度为 } \Delta x=vt_1-x=(0.4 \times 0.2-0.04) \text{ m}=0.04 \text{ m}.$$

$$\text{答案: (1) } 5.1 \text{ s} \quad (2) 0.04 \text{ m}$$

拓展思考 解析:传送带转动速度反向,若行李放在 A 处时的初速度为 $v_0=0.2 \text{ m/s}$,行李先向右做匀减速运动,加速度大小为 $a=2 \text{ m/s}^2$

$$\text{匀减速运动的时间 } t_1=\frac{v_0}{a}=0.1 \text{ s}$$

$$\text{匀减速运动的位移大小 } x=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2=0.01 \text{ m}<2 \text{ m}$$

行李不会从右端滑出,接着行李向左做匀加速运动,匀加速运动的时间 $t_2=t_1=0.1 \text{ s}$,行李从左端离开,在传送带上的运动

$$\text{时间为 } t=t_1+t_2=0.2 \text{ s}$$

$$\text{行李在传送带上留下的摩擦痕迹长度为 } \Delta x=vt_1+x+vt_2-x=0.08 \text{ m}.$$

$$\text{答案: } 0.08 \text{ m}$$

典例 2 C [0~ t_0 时间段:物块轻放在传送带上,做加速运动。对物块受力分析可知,物块受重力、支持力、滑动摩擦力,滑动摩擦力大于重力沿斜面的分力,合力不变,故做匀加速运动。 t_0 之后:当物块速度与传送带相同时,静摩擦力与重力沿斜面的分力相等,加速度突变为 0,物块做匀速直线运动。故 C 正确,A、B、D 错误。]

典例 3 解析:(1)由于 $mg \sin 37^\circ > \mu mg \cos 37^\circ$,所以当煤块与传送带速度相同时,接下来它们不能相对静止。

(2)煤块刚放上时,受到沿斜面向下的摩擦力,其加速度为

$$a_1=g(\sin \theta+\mu \cos \theta)=10 \text{ m/s}^2$$

$$\text{煤块加速运动至与传送带速度相同时需要的时间 } t_1=\frac{v_0}{a_1}=$$

$$1 \text{ s}, \text{ 发生的位移 } x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2=5 \text{ m}$$

煤块速度达到 v_0 后,加速度大小改变,继续沿传送带向下加速运动,则有 $a_2=g(\sin \theta-\mu \cos \theta)=2 \text{ m/s}^2$

$$x_2=L-x_1=5.25 \text{ m}$$

$$\text{由 } x_2=v_0t_2+\frac{1}{2}a_2t_2^2$$

$$\text{得 } t_2=0.5 \text{ s}$$

故煤块从 A 运动到 B 的时间为

$$t=t_1+t_2=1.5 \text{ s}$$

$v-t$ 图像如图所示。

$$(3) \text{ 第一过程痕迹长 } \Delta x_1=v_0t_1-x_1=5 \text{ m}$$

$$\text{第二过程痕迹长 } \Delta x_2=x_2-v_0t_2=0.25 \text{ m}$$

$$\Delta x_2 \text{ 与 } \Delta x_1 \text{ 部分重合,故痕迹总长为 } 5 \text{ m}.$$

$$\text{答案: (1) 不能} \quad (2) 1.5 \text{ s} \quad \text{见解析图} \quad (3) 5 \text{ m}$$

拓展思考 解析:由于 $F_f=\mu'F_N=\mu'mg \cos \theta=mg \sin \theta$

即最大静摩擦力等于煤块重力沿传送带向下的分力,故煤块和传送带达到共速后将做匀速直线运动,所以煤块先做匀加速直线运动,后做匀速直线运动。

$$a'=g(\sin \theta+\mu' \cos \theta)$$

$$\text{匀加速运动时间 } t'_1=\frac{v_0}{a'}$$

$$\text{匀加速运动位移 } x'_1=\frac{1}{2}a't_1'^2$$

$$\text{匀速运动位移 } x'_2=L-x'_1$$

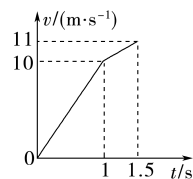
$$\text{匀速运动时间 } t'_2=\frac{x'_2}{v_0}$$

$$\text{总时间 } t'=t'_1+t'_2 \approx 1.44 \text{ s}.$$

$$\text{答案: } 1.44 \text{ s}$$

进阶点 2

典例 4 解析:(1)根据 $v-t$ 图像可知,物体 A 在小车 B 上做匀减速直线运动,加速度的大小 $a_1=\frac{\Delta v}{\Delta t}=3 \text{ m/s}^2$,设物体 A 的质量



为 m , 与小车 B 上表面间的动摩擦因数为 μ , 则有 $\mu mg = ma_1$, 联立可得 $\mu = 0.3$ 。

(2) 设小车 B 的质量为 M , 加速度大小为 a_2 , 由 $v-t$ 图像知 $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律知 $\mu mg = Ma_2$, 得 $\frac{m}{M} = \frac{1}{3}$ 。

(3) 设小车 B 的最小长度为 L , 由 $v-t$ 图像与 t 轴围成的面积表示位移大小可知, 物体 A 相对小车 B 的位移大小为 $L = \frac{1}{2} \times 1 \times 4 \text{ m} = 2 \text{ m}$ 。

答案: (1) 0.3 (2) 1:3 (3) 2 m

典例 5 解析: (1) 因为作用力作用在课本上, 所以当橡皮与课本间的静摩擦力达到最大时, 即橡皮的加速度达到最大时, 二者恰好相对静止, 此时的力 F 为临界值, 设橡皮的最大加速度为 a_1 , 对橡皮, 由牛顿第二定律有 $2\mu mg = ma_1$

解得 $a_1 = 2\mu g$

对整体, 由牛顿第二定律有 $F - \mu(9m + m)g = (9m + m)a_1$
代入数据解得 $F = 30\mu mg$ 。

(2) 若施加力 $F = 66\mu mg$ 时, 显然超过临界值, 橡皮和课本能相对滑动, 此时橡皮的加速度仍为 a_1 , 设课本的加速度为 a_2 , 对课本, 由牛顿第二定律有 $F - \mu(9m + m)g - 2\mu mg = 9ma_2$
代入数据解得 $a_2 = 6\mu g$

则橡皮的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2$

课本的位移为 $x_2 = \frac{1}{2}a_2t^2$

二者位移关系为 $x_2 - x_1 = \frac{L}{2}$

代入数据解得 $t = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{\mu g}}$ 。

答案: (1) $30\mu mg$ (2) $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{\mu g}}$

第四章 曲线运动 万有引力定律 相对论初步

第 19 课时

考点 1

- 切线
- 方向 变速
- (1) 加速度 (2) 合力
- 合力 速度 凹

情境辨析 (1)√ (2)× (3)×

典例 1 D [第一次实验中, 小钢球受到沿初速度方向的磁铁的吸引力作用, 做直线运动, 并且随着距离的减小, 吸引力变大, 加速度变大, 故小钢球做非匀变速直线运动, 选项 A 错误; 第二次实验中, 小钢球所受的磁铁的吸引力方向总是指向磁铁, 是变力, 故小钢球的运动不是类平抛运动, 其运动轨迹也不是一条抛物线, 选项 B 错误; 该实验说明物体做曲线运动的条件是物体受到的合力的方向与速度方向不在同一条直线上, 但是不能说明做曲线运动的物体的速度方向沿轨迹的切线方向, 选

项 C 错误, D 正确。]

典例 2 B [无人机做曲线运动时, 所受合力指向轨迹凹侧, F_3 、 F_4 指向轨迹凸侧, C、D 错误; 曲线运动的速度方向沿轨迹的切线方向, 因无人机从 M 向 N 做加速运动, 故无人机所受合力方向与速度方向夹角应为锐角, 由题图可知, 在 P 点 F_1 方向与速度方向所成的角为钝角, F_2 方向与速度方向所成的角为锐角, A 错误, B 正确。]

考点 2

- (1) 开始 结束 相等 独立 相同
- (1) 合运动 平行四边形定则 (2) 两分运动 互逆

判断正误 (1)× (2)× (3)√

思考 (1) 静止 (2) 匀速直线 (3) 匀加速直线 (4) 匀减速直线 反向匀加速直线 (5) 匀变速曲线 (6) 变速曲线

典例 3 BC [运动员同时参与两个分运动: 竖直向下的运动, 水平方向沿风力的运动。两个分运动具有独立性、等时性, 竖直分运动不受风力影响, 运动员下落时间由竖直分运动决定, 与风力无关, 风力越大, 落地时的水平分速度越大, 合速度越大, 有可能对运动员造成伤害, 故 B、C 正确, A、D 错误。]

典例 4 BC [质点在水平方向做匀速直线运动, 在竖直方向做匀加速直线运动, 质点速度方向和受力方向不在同一条直线上, 质点做曲线运动, A 错误; $t = 2 \text{ s}$ 时, 质点竖直方向上的速度 $v_y = at = 2 \text{ m/s}$, 质点的合速度方向与水平方向的夹角 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = 1$, 质点的合速度方向与水平方向成 45° 角, B 正确; $t = 3 \text{ s}$ 时, 竖直方向上的速度 $v_y = at = 3 \text{ m/s}$, 质点合速度的大小为 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{13} \text{ m/s}$, C 正确; $t = 4 \text{ s}$ 时, 质点水平方向的位移大小为 $x = v_x t = 8 \text{ m}$, 质点竖直方向上的位移大小为 $y = \frac{1}{2}at^2 = 8 \text{ m}$, 故质点的合位移大小为 $s = \sqrt{x^2 + y^2} = 8\sqrt{2} \text{ m}$, D 错误。故选 BC。]

考点 3

情境辨析 (1)√ (2)√ (3)×

典例 5 BD [河中水流速度为 $v_2 = v_1 \cos 60^\circ = 2.5 \text{ m/s}$, 选项 A 错误; 小船以最短位移渡河的时间为 $t = \frac{d}{v_1 \sin 60^\circ} = \frac{180}{5 \times \frac{\sqrt{3}}{2}} \text{ s} = 24\sqrt{3} \text{ s}$, 选项 B 正确; 当船头方向指向正对岸时渡河时间最短, 则小船渡河的最短时间为 $t_{\min} = \frac{d}{v_1} = \frac{180}{5} \text{ s} = 36 \text{ s}$, 选项 C 错误; 小船以最短时间渡河到达对岸时, 水流方向的位移大小是 $x = v_2 t_{\min} = 2.5 \times 36 \text{ m} = 90 \text{ m}$, 则总位移大小 $s = \sqrt{d^2 + x^2} = 90\sqrt{5} \text{ m}$, 选项 D 正确。]

拓展思考 渡河时间不变, 渡河时间与河水速度无关。

考点 4

情境辨析 (1)× (2)× (3)√

典例 6 B [设塔块匀速下落的速度为 v_0 , 细绳与水平方向的夹

角为 α , 将塔块的速度沿细绳、垂直于细绳的方向分解, 则沿细绳方向的速度为 $v_1 = v_0 \sin \alpha$, 将手的速度沿细绳、垂直于细绳的方向分解, 则沿细绳方向的速度为 $v_2 = v \cos \alpha$, 又 $v_1 = v_2$, 整理得 $v = v_0 \tan \alpha$, 由于两人相向运动的过程中, 细绳与水平方向的夹角 α 逐渐增大, v_0 保持不变, 所以 v 一直增大, B 正确, A、C、D 错误。]

典例 7 B [设乙球距离起点 3 m 时, 如图 10-10 所示, 轻杆与竖直方向的夹角为 θ , 则 v_1 在沿杆方向的分量为 $v_{1杆} = v_1 \cos \theta$, v_2 在沿杆方向的分量为 $v_{2杆} = v_2 \sin \theta$, 而 $v_{1杆} = v_{2杆}$, 由题意有 $\cos \theta = \frac{\sqrt{7}}{4}$, $\sin \theta = \frac{3}{4}$, 解得此时甲、乙两球的速度大小之比为 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{3\sqrt{7}}{7}$, A 错误, B 正确; 当甲球即将落地时, 有 $\theta = 90^\circ$, 此时甲球的速度达到最大, 而乙球的速度为 0, C、D 错误。]

第 20 课时

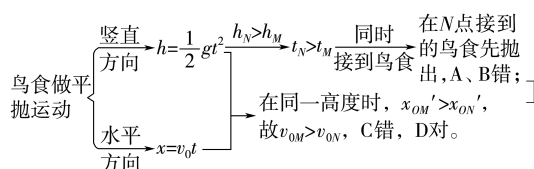
考点 1

1. 重力
2. 匀变速
3. (1) 匀速 (2) 自由落体

$$4. (1) v_0 t \quad \frac{1}{2} g t^2 \quad \sqrt{x^2 + y^2} \quad \frac{g t}{2 v_0} \quad g t \quad \frac{g t}{v_0}$$

情境辨析 (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$

典例 1 D [



典例 2 C [平抛运动 $\begin{cases} \text{水平方向: } x = v_0 t \\ \text{竖直方向: } h = \frac{1}{2} g t^2 \end{cases} \rightarrow v_0 =$

$$\sqrt{\frac{g x^2}{2 h}} \xrightarrow{\frac{x_c^2}{h_c} \text{ 最小}} v_{0c} \text{ 最小, C 正确。}]$$

拓展思考 A [由于甲青蛙距离荷叶 c 高度高, 运动时间长, 故甲青蛙必定先跳出, 选项 A 正确, B 错误; 由于甲、乙青蛙运动的水平距离未知, 故无法得到两青蛙初速度的大小关系, 选项 C、D 错误。]

考点 2

判断正误 (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$

典例 3 BC [由题图可知, 斜面的倾角 θ 等于小球 A 落在斜面上时的位移与水平方向的夹角, 由平抛运动的推论可知, $\tan \varphi = 2 \tan \theta$, B 项正确, A 项错误; 设小球 A 在空中运动的时间为 t_1 , 小球 B 在空中运动的时间为 t_2 , 则由平抛运动的规律可得

$$\tan \theta = \frac{\frac{1}{2} g t_1^2}{v_0 t_1}, \tan \theta = \frac{v_0}{g t_2}, \text{ 故 } \frac{t_1}{t_2} = 2 \tan^2 \theta, \text{ C 项正确, D 项}$$

错误。]

典例 4 C [小球做平抛运动, 根据 $h = \frac{1}{2} g t^2$ 可知, 运动时间相同, A 错误; 根据 $\Delta v = g t$ 可知, 由于运动时间相同, 所以速度变化量也相同, B 错误; 设小球的水平位移分别为 x_1 和 x_2 , 由几何关系可知 $x_1 = R - \sqrt{R^2 - h^2}$, $x_2 = R + \sqrt{R^2 - h^2}$, 根据平抛运动规律可知 $x_1 = v_1 t$, $x_2 = v_2 t$, $h = \frac{1}{2} g t^2$, 联立可得 $v_1 + v_2 = 2R \sqrt{\frac{g}{2h}}$, C 正确; 若撞击 C 点时的速度方向与球壳垂直, 则 C 点速度方向的反向延长线过球心 O 点, 根据平抛运动的推论, 速度的反向延长线一定过水平位移的中点, 而 O 点不是水平位移的中点, 与假设相矛盾, 所以撞击 C 点时的速度方向与球壳不垂直, D 错误。]

考点 3

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

情境辨析 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$

典例 5 C [网球两次运动过程沿水平方向都有 $L = (v_0 \cos \theta) \cdot t$, 设球网最高处离地高度为 H , 斜向上将球击出后, 沿竖直方向有 $H - \frac{L}{2} = (v_0 \sin \theta) \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$, 斜向下将球击出后, 沿竖直方向有 $L - H = (v_0 \sin \theta) \cdot t + \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $\tan \theta = \frac{1}{4}$, C 正确。]

典例 6 解析: (1) 运动员起跳时竖直分速度大小

$$v_y = v_0 \cos 37^\circ = 16 \text{ m/s}$$

从 A 点到 C 点过程中速度变化量大小为 $\Delta v = 2v_y = 32 \text{ m/s}$ 。

(2) 方法一 设沿缓冲坡方向为 x 轴正方向, 起跳方向为 y 轴正方向。 y 轴正方向加速度大小为 $a_y = g \cos 37^\circ = 8 \text{ m/s}^2$ 运动员从 A 到 B 所用时间为

$$t = 2 \times \frac{v_0}{a_y} = 5 \text{ s}$$

x 轴正方向加速度大小为

$$a_x = g \sin 37^\circ = 6 \text{ m/s}^2$$

A、B 两点间的距离为

$$L = \frac{1}{2} a_x t^2 = 75 \text{ m}。$$

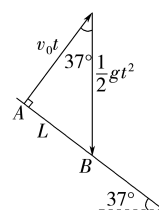
方法二 如图所示, 把运动员的运动分解为沿初速度方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动, 由图可知 $\cos 37^\circ = \frac{v_0 t}{\frac{1}{2} g t^2}$

$$\text{解得 } t = 5 \text{ s}$$

A、B 两点间的距离为合位移

$$L = v_0 t \tan 37^\circ = 75 \text{ m}。$$

(3) 设运动员落在 B 点时的速度方向与斜面的夹角为 β , 沿斜面方向的速度



$$v_{//} = a_x t = 30 \text{ m/s}$$

$$\text{则 } \tan \beta = \frac{v_0}{v_{//}} = \frac{2}{3}。$$

答案:(1)32 m/s (2)75 m (3) $\frac{2}{3}$

素养提升 2

典例 1 B [根据平抛运动规律有 $d = v_0 t$, $h = \frac{1}{2} g t^2$, 代入数据解得 $h = 5 \text{ m}$, B 正确。]

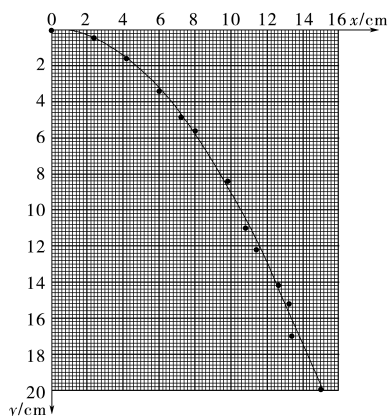
典例 2 解析: 设石子抛出时的水平速度为 v_0 , 接触水面时竖直方向的速度为 v_y , 不计空气阻力, 石子做平抛运动, 竖直方向有 $v_y^2 = 2gh$, 恰好可以观察到“水漂”时, 有 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$, 联立解得 $v_0 = \frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$ 。

答案: $\frac{\sqrt{2gh}}{\tan \theta}$

典例 3 C [根据平抛运动的两个分运动规律, 有 $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2} g t^2$, 联立可得 $y = \frac{g}{2v_0^2} x^2$, 刚能过网的条件为 $x = \frac{L}{2}$, $y = 1.5h - h = 0.5h$, 代入轨迹方程可得最小初速度为 $v_{0\min} = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{g}{h}}$, 故 A 错误; 能落在界内的最大位移是落在斜对角上, 由几何关系有 $s_{\max} = \sqrt{(1.5h)^2 + L^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2}$, 故 B 错误; 能过网而不出界且落在斜对角上时有最大初速度, 条件为 $x = \sqrt{L^2 + \left(\frac{s}{2}\right)^2}$, $y = 1.5h$, 代入轨迹方程可得最大初速度为 $v_{0\max} = \sqrt{\frac{g}{3h} \left(L^2 + \frac{s^2}{4}\right)}$, 故 C 正确; 根据末速度的合成规律可知, 能落在界内的最大末速度为 $v_{\max} = \sqrt{v_{0\max}^2 + 2g \cdot 1.5h} = \sqrt{\frac{g}{3h} \left(L^2 + \frac{s^2}{4}\right) + 3gh}$, 故 D 错误。]

第 21 课时

典例 1 解析: (1) 为保证钢球每次做平抛运动的初速度相同, 必须让钢球在斜槽上同一位置由静止释放, 故高度应相同。
(2) 描点连线时用平滑曲线将所描点连接, 钢球做平抛运动的轨迹如图所示。



(3) 根据平抛运动规律有 $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2} g t^2$, 联立可得 $v_0 = \sqrt{\frac{g x^2}{2y}}$, 在轨迹图线上选取一点 (8 cm, 5.8 cm), 代入数据可得 $v_0 \approx 0.74 \text{ m/s}$ 。

答案:(1)相同 (2)见解析图 (3)0.74(0.73~0.75 均可)

典例 2 解析: (1) 用题图甲所示的实验装置, 只能探究平抛运动竖直分运动的特点, A、C 错误; 在实验过程中, 需要改变小锤击打的力度, 多次重复实验, B 正确。

(2) 为了保证小钢球做平抛运动, 需要斜槽末端水平, 为了保证小钢球抛出时速度相等, 每一次小钢球需要由静止从同一位置释放, 斜槽不需要光滑, A 错误, C 正确; 上下调节挡板 N 时不必每次等间距移动, B 错误。

(3) 在竖直方向有 $y_1 = \frac{1}{2} g t^2$, 水平方向有 $x - \frac{d}{2} = v_0 t$, 联立可得 $v_0 = \left(x - \frac{d}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{2y_1}}$, A 错误; 竖直方向有 $\Delta y = y_2 - 2y_1 = g t^2$, 水平方向有 $x - \frac{d}{2} = v_0 t$, 联立可得 $v_0 = \left(x - \frac{d}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{y_2 - 2y_1}}$, B 错误; 竖直方向有 $y_4 = \frac{1}{2} g t_4^2$, 水平方向有 $4x - \frac{d}{2} = v_0 t_4$, 联立可得 $v_0 = \left(4x - \frac{d}{2}\right) \sqrt{\frac{g}{2y_4}}$, D 正确, C 错误。

答案:(1)B (2)C (3)D

典例 3 解析: (1) 射出水的初速度与侧孔上方水高有关, 与下方水高无关, 上方水高越大, 射出水的初速度越大。上方水高会越来越小, 射出水的初速度越来越小, 水柱水平距离越来越小, 故选 B。

(2) 为了描绘水柱, 透明薄板竖直放置且要靠近水柱但不能接触水柱, 选用瓶径越大, 上方水高下降越慢, 射出水的初速度变化越慢, 水柱形状越稳定, 有利于描绘水柱, 侧孔开口口径越大, 上方水高下降越快, 水柱越不稳定, 故选 BC。

(3) 由 $x_{bc} = x_{ab} = v_0 t$, $y_{bc} - y_{ab} = g t^2$ 代入数据可得 $v_0 = 2.0 \text{ m/s}$ 。

答案:(1)B (2)BC (3)2.0

典例 4 解析: (1) 小球在水平方向做匀速直线运动, 在竖直方向做自由落体运动, 所以 $\Delta y = y_2 - y_1 = g t^2$, 解得 $t = 0.1 \text{ s}$, 故小球做平抛运动的初速度为 $v_0 = \frac{x}{t} = \frac{0.2}{0.1} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$ 。

(2) 实验中需要小球每次做平抛运动的轨迹相同, 即从斜槽末端抛出时的初速度相同, 所以每次释放小球的位置必须相同, 且每次小球均需要由静止释放, 而斜槽轨道并不一定要光滑, 故 A、B、C 正确; 由于斜槽不可能完全光滑, 且存在空气阻力, 所以不能由机械能守恒定律求解小球的初速度, 故 D 错误。

(3) 根据 (1) 题分析可知 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{\Delta y}{g}}$, 整理得 $\Delta y = \frac{g}{v_0^2} x^2$, 所以 $k = \frac{g}{v_0^2}$, 解得 $v_0 = \sqrt{\frac{g}{k}}$ 。

答案:(1)2 (2)D (3) $v_0 = \sqrt{\frac{g}{k}}$

第 22 课时

考点 1

1. (2) 圆心 (3) 速度

2. 快慢 $\frac{2\pi r}{T}$ m/s 转动快慢 $\frac{2\pi}{T}$ rad/s 一周 $\frac{2\pi r}{v}$ $\frac{2\pi}{\omega}$
s 圆心 $r\omega^2$ m/s²

情境辨析 (1)× (2)× (3)√ (4)×

典例 1 AD [手绢做匀速圆周运动,由题图可知 P、Q 绕同一转轴转动,故角速度相同,即角速度之比为 1:1, B 错误;由 $v = \omega r$ 可知, P、Q 的线速度大小之比 $v_P : v_Q = r_{OP} : r_{OQ} = 1 : \sqrt{3}$, A 正确;由 $a = \omega^2 r$ 可知, P、Q 的向心加速度大小之比 $a_P : a_Q = r_{OP} : r_{OQ} = 1 : \sqrt{3}$, C 错误; P 点做匀速圆周运动,其所受合力提供向心力,总是指向圆心 O, D 正确。]

典例 2 C [根据题意可知跳绳的转动角速度为 $\omega = \frac{\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{\pi}{6}}{\frac{1}{30}}$ rad/s = 5π rad/s, 故每分钟跳绳的圈数为 $n = \frac{5\pi \times 60}{2\pi} = 150$, 故选 C。]

典例 3 BD [对于同一根皮带连接的传动轮边缘的点,线速度大小相等,同轴转动的点,角速度相等,则 $v_A = v_C$, $\omega_A = \omega_B$, 选项 B 正确;根据 $v_A = v_C$ 及关系式 $v = \omega R$, 可得 $\omega_A R_A = \omega_C R_C$, 又 $R_C = \frac{R_A}{2}$, 所以 $\omega_A = \frac{\omega_C}{2}$, 选项 A 错误;根据 $\omega_A = \omega_B$, $\omega_A = \frac{\omega_C}{2}$, 可得 $\omega_B = \frac{\omega_C}{2}$, 即 B 点与 C 点的角速度之比为 1:2, 选项 C 错误;根据 $\omega_B = \frac{\omega_C}{2}$ 及关系式 $a = \omega^2 R$, 可得 $a_B = \frac{a_C}{4}$, 即 B 点与 C 点的向心加速度大小之比为 1:4, 选项 D 正确。]

典例 4 D [根据 $\beta = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$, 可知 $\Delta\omega = \beta\Delta t$, 即图线与坐标轴围成的面积表示角速度的变化量,第 4 s 末,角速度的变化量最大,转盘未停止转动,故 A 错误;角加速度的变化率的单位为 rad/s³, 故 B 错误;由题图乙可知, 0~2 s 转盘的角加速度均匀增加,则转盘做非匀角加速圆周运动,故 C 错误;图线与坐标轴围成的面积表示角速度的变化量,可知第 2 s 末,转盘的角速度大小为 $\omega = \frac{1}{2} \times 2 \times 10$ rad/s = 10 rad/s, 故 D 正确。]

拓展思考 1 类比速度-时间公式有 $\omega = \omega_0 + \beta t$, 代入数据解得 $\omega = 11$ rad/s

类比位移-时间公式有 $\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2$, 代入数据解得 $\theta = 12$ rad。

拓展思考 2 当转盘角速度为 0 时,经过的时间为 $t = 2.2$ s, 则 3 s 末转盘的角速度为 0。

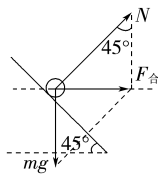
考点 2

1. (1) 方向 大小 (2) $m\omega^2 r$ (3) 圆心 (4) 合力 分力

2. (1) 逐渐远离 (2) 切线 远离 近心 (3) 小于

判断正误 (1)√ (2)× (3)× (4)×

典例 5 AC [对小球进行受力分析如图所示:



由牛顿第二定律可得 $F_{\text{合}} = mg \tan 45^\circ = m\omega^2 R = m \frac{v^2}{R} = ma$,

$N = \frac{mg}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}$ N, D 错误;由上述分析可得该小球的向心加

速度大小 $a = \frac{mg \tan 45^\circ}{m} = 10$ m/s², C 正确;角速度 $\omega =$

$\sqrt{\frac{a}{R}} = 5$ rad/s, A 正确;线速度大小 $v = \omega R = 2$ m/s, B 错误。]

典例 6 A [由题意可知当插销刚卡进固定端盖时,弹簧的伸长量为 $\Delta x = \frac{l}{2}$, 根据胡克定律有 $F = k\Delta x = \frac{kl}{2}$, 插销与卷轴同轴转动,角速度相同,对插销分析,由弹力提供向心力有 $F = m\omega^2 l$, 对卷轴边缘有 $v' = v = \omega r$, 联立解得 $v = r\sqrt{\frac{k}{2m}}$ 。故选 A。]

典例 7 BC [设管外绳子与竖直方向的夹角为 θ , 长度为 l , 小球所在平面距离顶点的竖直高度为 h , 对小球分析有 $F_{\text{向}} = mg \tan \theta = m \frac{4\pi^2}{T^2} l \sin \theta = m\omega^2 l \sin \theta = m \frac{v^2}{l \sin \theta} = ma$, 整理有 $v = \sqrt{gl \tan \theta \sin \theta}$, $\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}}$, $a = g \tan \theta$, 由于 $v = \sqrt{gl \tan \theta \sin \theta}$, 小球从 A 处到达 B 处, l 减小, θ 增大, 则无法判断 v_A 、 v_B 的关系, 故 A 错误;由于 $\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}}$, 其中 $\cos \theta = \frac{h}{l}$, 联立有 $\omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$, 由题意可知, 小球从 A 处到达 B 处, h 减小, 则 $\omega_A < \omega_B$, 故 B 正确;由于 $a = g \tan \theta$, 由题意可知, θ 变大, 所以小球所受向心力变大, 即 $F_A < F_B$, 向心加速度也变大, 即 $a_A < a_B$, 故 C 正确, D 错误。故选 BC。]

拓展思考 解析:对题图中小球进行受力分析,设绳与竖直方向的夹角为 θ , 小球的质量为 m , 绳上拉力为 T , 则有 $mg \tan \theta = ma$, $T \cos \theta = mg$, 解得 $a = g \tan \theta$, $T = \frac{mg}{\cos \theta}$, 所以小球在 A、B 两处的向心加速度大小相同, 受到绳的拉力大小也相同。
答案:见解析

第 23 课时

进阶点 1

典例 1 D [对与工作台一起匀速转动的陶屑进行受力分析, 由摩擦力提供向心力, 有 $\mu mg \geq m\omega^2 r$, 解得陶屑与 OO' 间的距离 $r \leq \frac{\mu g}{\omega^2}$, 则陶屑只能分布在某一半径的圆内, C 错误, D 正确;由上述分析可知, 陶屑与台面边缘的距离与其质量无关, A、B 错误。]

典例 2 解析: (1) 当物块 A 所受静摩擦力最大时, 与其相连的细绳即将出现张力, 对物块 A 分析有 $\mu mg = m\omega^2 r$, 解得 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ 。

(2) 设细绳与竖直方向的夹角为 α , 当转盘对物块的支持力恰好为 0 时, 竖直方向有 $T \cos \alpha = mg$, 水平方向有 $T \sin \alpha = m\omega_m^2 r$, 联立解得 $\omega_m = \sqrt{\frac{g \tan \alpha}{r}}$ 。由上式可知, 由于与物块 A 相连的细绳与竖直方向的夹角较小, 所以物块 A 先脱离转盘。

答案: (1) $\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ (2) 见解析

进阶点 2

典例 3 C [根据题意可知, 在曝光时间内小球运动的长度 $\Delta l = \frac{1}{5}R = \frac{1}{5} \times 0.6 \text{ m} = 0.12 \text{ m}$, 近似认为在曝光时间内小球做匀速直线运动, 则小球经过最低点的速率约为 $v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{0.12}{\frac{1}{50}} \text{ m/s} = 6 \text{ m/s}$, 在最低点对小球由牛顿第二定律有 $T - mg = m \frac{v^2}{R}$, 解得小球在最低点时细线的拉力大小为 $T = 7 \text{ N}$, C 正确。]

典例 4 B [人经过最低点时, 具有向上(指向圆心)的加速度, 故处于超重状态, A 错误; 当经过最高点, 人只受重力作用时, 由重力提供向心力有 $mg = \frac{mv^2}{R}$, 解得 $v = \sqrt{gR}$, 当速度小于 $\sqrt{gR}$ 时, 保险装置对人有拉力, B 正确, C 错误; 人经过与圆心等高处时, 座椅对人的作用力在竖直方向上的分力与重力的合力产生切向的加速度(若做匀速圆周运动, 则二者平衡), 水平方向上的分力为其做圆周运动提供向心力, D 错误。]

典例 5 CD [设杆的长度为 L , 转轴受到的杆的作用力 F 与杆对小球的作用力大小相等、方向相反, 因此对小球进行受力分析, 有 $-F + mg = \frac{mv^2}{L}$, 整理可得 $F = -\frac{mv^2}{L} + mg$, 对比题图乙可知 $m = 1 \text{ kg}$, $L = 3.6 \text{ m}$, A、B 错误; 当 $v = 3.6 \text{ m/s}$ 时, 代入上式得 $F = 6.4 \text{ N}$, 即杆对小球的作用力大小为 6.4 N , 若小球通过最高点时的速度大小为 6 m/s , 则小球受到的合力大小为 $F_{\text{合}} = \frac{mv^2}{L} = \frac{1 \times 6^2}{3.6} \text{ N} = 10 \text{ N}$, C、D 正确。故选 CD。]

典例 6 D [若小球在 A 点的速度大小为 $\sqrt{gR}$, 则小球在 A 点只受重力, 管壁对小球无作用力, 故 A 错误; 在 B 点, 外侧管壁对小球的作用力提供小球做圆周运动的向心力, 且有 $F_N = m \frac{v_B^2}{R} = mg$, 故 B 错误; 在 C 点, 小球受竖直向下的重力和竖直向上的弹力, 该弹力为外壁对小球的作用力, 且有 $F_N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$, 解得 $F_N = 2mg$, 故 C 错误; 在 D 点时, 若只受重力, 则

有 $mg \sin 45^\circ = m \frac{v_D^2}{R}$, 解得 $v_D = \sqrt{gR \sin 45^\circ}$, 由于 $\sqrt{gR \sin 45^\circ} < \sqrt{gR}$, 故外侧管壁对小球有指向圆心的作用力, 故 D 正确。故选 D。]

第 24 课时

典例 1 解析: (1) 本实验先控制住其他几个因素不变, 集中研究其中一个因素变化所产生的影响, 采用的实验方法是控制变量法, 故选 A。

(2) 标尺上露出的红白相间的等分格数之比为两个小球所需向心力的比值, 根据 $F = m\omega^2 r$ 可知比值等于两小球的角速度平方之比, 逐渐加大手柄转速的过程中, 该比值不变, 故左右标尺露出的格数之比不变。

答案: (1) A (2) 角速度平方 不变

典例 2 解析: (1) 本实验采用的实验方法为控制变量法。故选 C。

(2) 皮带传动方式, 线速度大小相同, 根据 $v = \omega r$, 可得 $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R}{2R} = \frac{1}{2}$ 。

(3) 当两小球置于 A、C 位置时有 $m_1 = m_2$, 转动半径 $r_1 = r_2$, 皮带盘采用图丙组合方式, $\omega_1 : \omega_2 = 1 : 2$, 而观察到格子数之比为 $1 : 4$, 即向心力之比为 $1 : 4$, 所以 F 与 ω^2 成正比。

答案: (1) C (2) $1 : 2$ (3) 质量和转动半径一定时, 向心力大小与角速度平方成正比

典例 3 解析: (1) 当转速传感器的示数为 n 时, 物块转动的角速度为 $\omega = 2\pi n$ 。

(2) 对物块进行受力分析, 可知沿半径方向, 物块除受轻绳拉力外, 还受摩擦力作用, 根据牛顿第二定律有 $F + F_f = m\omega^2 r$ 变形得 $F = m\omega^2 r - F_f$ 可知图线不过坐标原点的原因是物块与平台之间存在摩擦力。根据 $F = m\omega^2 r - F_f$, 可知 $F - \omega^2$ 图像的斜率为 $k = mr$, 由题图乙可得 $F - \omega^2$ 图像的斜率 $k = \frac{0.5}{4} = m \times 0.5$, 解得 $m = 0.25 \text{ kg}$ 。

答案: (1) $2\pi n$ (2) 物块与平台之间存在摩擦力 0.25

典例 4 解析: (1) 小球通过最低点时的线速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$, 由 $v = \omega L$, 可得角速度 $\omega = \frac{d}{L \Delta t}$ 。

(2) 在最低点对小球进行受力分析可得 $F - mg = m\omega^2 L$, 把 $\omega = \frac{d}{L \Delta t}$ 代入, 可得 $F = mg + \frac{md^2}{L} \cdot \frac{1}{(\Delta t)^2}$, 则 $\frac{md^2}{L} = k$, $mg = b$, 解得 $m = \frac{kL}{d^2}$, $g = \frac{d^2 b}{kL}$ 。

答案: (1) $\frac{d}{L \Delta t}$ (2) $\frac{kL}{d^2}$ $\frac{d^2 b}{kL}$

第 25 课时

考点 1

椭圆 椭圆 面积 三次方 二次方

情境辨析 (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\checkmark$

第 26 课时

考点 1

1. (2)球心
3. (1)地球自转周期相同 24 h (2)赤道平面 (4)地球表面

情境辨析 (1)× (2)× (3)√ (4)√

典例 1 A [由 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ 可知,行星的轨道半径越大,周期越长,A 正确;由 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ 可知,轨道半径越大,线速度越小,B 错误;根据 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ 可知,行星的轨道半径越大,角速度越小,C 错误;根据 $a = \frac{GM}{r^2}$ 可知,行星的轨道半径越大,向心加速度越小,D 错误。]

典例 2 D [太阳直径远小于金星的轨道半径,太阳直径忽略不计,根据题意结合几何知识可知地球和金星绕太阳运动的轨道半径之比为 $\frac{r_{\text{地}}}{r_{\text{金}}} = \frac{d+L}{L}$,故 A 错误;根据万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r = m \frac{v^2}{r} = ma$,解得 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $a = \frac{GM}{r^2}$,故可得周期之比为 $\frac{T_{\text{地}}}{T_{\text{金}}} = \sqrt{\left(\frac{d+L}{L} \right)^3}$,线速度大小之比为 $\frac{v_{\text{地}}}{v_{\text{金}}} = \sqrt{\frac{L}{d+L}}$,向心加速度大小之比为 $\frac{a_{\text{地}}}{a_{\text{金}}} = \left(\frac{L}{d+L} \right)^2$,故 B、C 错误,D 正确]

考点 2

1. 最小 最大 7.9
2. 11.2
3. 16.7
判断正误 (1)× (2)× (3)√ (4)√

思考 答案:方法一:由 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R}$ 得

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{6.4 \times 10^6}} \text{ m/s} \approx 7.9 \times 10^3 \text{ m/s}.$$

方法二:由 $mg = m \frac{v_1^2}{R}$ 得 $v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{9.8 \times 6.4 \times 10^6} \text{ m/s} \approx 7.9 \times 10^3 \text{ m/s}.$

典例 3 BCD [由题意可知,阿特拉斯沿双曲线轨道穿越太阳系,则其远离太阳系后不会回归,A 错误;阿特拉斯在 b 点受太阳的万有引力,有 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$,可得 $a = G \frac{M}{r^2}$,B 正确;阿特拉斯从 a 到 b 过程系统机械能守恒,有 $\frac{1}{2} mv^2 - G \frac{Mm}{r_0} = \frac{1}{2} mv_b^2 - G \frac{Mm}{r}$,可得 $v_b = \sqrt{v^2 + 2GM \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right)}$,C 正确;若某天体绕太阳做圆周运动的轨道半径为 r_1 ,轨道恰与阿特拉斯轨道在 b 处相切,阿特拉斯经过圆周上的 b 点时做离心运动,所以其在 b 点的速度大于这个天体的速度,因这个天体的

典例 1 C [由开普勒第三定律 $\frac{T_{\text{行}}^2}{R_{\text{行}}^3} = \frac{T_{\text{地}}^2}{R_{\text{地}}^3}$ 得 $R_{\text{行}} = \sqrt[3]{\frac{T_{\text{行}}^2}{T_{\text{地}}^2}} R_{\text{地}}$,代入数据解得 $R_{\text{行}} \approx 3.2 \text{ AU}$,结合题表可知该小行星的公转轨道应介于火星与木星的公转轨道之间,C 正确。]

典例 2 C [由于地球在相同时间内的路程分别为 s_1 、 s_2 且有 $s_1 < s_2$,根据开普勒第二定律可知 $v_1 < v_2$,所以太阳处于 F_2 处,故 A 错误;从春分到夏至的过程中地球距离太阳越来越远,做减速运动,故 B 错误;根据万有引力定律 $F = \frac{Gm_{\text{太}} m_{\text{地}}}{r^2}$ 可知,在夏至和冬至时太阳对地球的引力之比为 $r_2^2 : r_1^2$,故 C 正确;根据题目和图中信息无法求解地球的质量,故 D 错误。故选 C。]

考点 2

1. (1)正比 反比 (3)质点 两球心

判断正误 (1)× (2)√ (3)×

典例 3 D [在环月飞行时,样品所受的合力提供向心力,不为 0,A 错误;若将样品放置在月球背面,根据牛顿第三定律可知,它对月球表面的压力等于月球对它的支持力,根据力的平衡条件可知,月球对它的支持力等于它在月球上的重力,不为 0,故它对月球表面的压力不为 0,B 错误;质量是物体的固有属性,不会随受到的引力的变化而变化,C 错误;由于月球表面重力加速度较地球表面的小,则样品在月球表面所受重力较在地球表面的小,结合 B 项分析可知,样品放置在月球背面时对月球的压力较其放在地球表面对地球的压力小,D 正确。]

典例 4 AD [在月球“北极点”时,物体受到的“重力”与万有引力大小相等,有 $mg = G \frac{Mm}{R^2}$,解得 $M = \frac{gR^2}{G}$,故 A 正确,B 错误;由于在月球“赤道”上该物体的“重力”为 mg_0 ,则有 $mg - mg_0 = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R$,解得月球自转的周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g - g_0}}$,故 C 错误,D 正确。故选 AD。]

考点 3

典例 5 D [设中心天体质量为 M ,在星球表面,万有引力近似等于重力,则有 $G \frac{Mm}{r^2} = mg$,解得 $M = \frac{gr^2}{G}$;由于该星球表面重力加速度是地球表面重力加速度的 3 倍,该星球的半径约为地球半径的 10 倍,则有 $\frac{M_{\text{星}}}{M_{\text{地}}} = \frac{g_{\text{星}} r_{\text{星}}^2}{g_{\text{地}} r_{\text{地}}^2} = 300$,即该星球质量约为地球质量的 300 倍。故选 D。]

典例 6 A [由开普勒第三定律有 $\frac{(R+h)^3}{R^3} = \frac{T_0^2}{T_1^2}$,得 $R = \frac{T_1^{\frac{2}{3}}}{T_0^{\frac{2}{3}} - T_1^{\frac{2}{3}}} h$,所以 $a = T_1$, $b = T_0$,C、D 错误;该卫星在该小行星表面附近做匀速圆周运动时,有 $\frac{GMm}{R^2} = mR \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2$,得 $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT_1^2}$,故 c 为 T_1 ,A 正确,B 错误。]

拓展思考 不能

轨道半径小于火星的轨道半径,由 $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r_1}}$ 可知,该天体的速度大于火星的环绕速度,所以阿特拉斯在 b 处的速度大于火星的环绕速度, D 正确。]

典例 4 A [根据题意,由万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, 可知,若 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, 小星球做匀速圆周运动, 故 A 正确;结合 A 项分析可知,若 $\sqrt{\frac{GM}{R}} < v < \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, 万有引力不足以提供小星球做匀速圆周运动所需要的向心力,小星球做离心运动,但又不能脱离恒星的引力范围,所以小星球做椭圆运动,而不是抛物线运动,故 B 错误;若 $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, 这是小星球脱离恒星引力束缚的临界速度,小星球将做抛物线运动,而不是椭圆运动,故 C 错误;若 $v > \sqrt{\frac{2GM}{R}}$, 小星球将脱离恒星引力束缚,做双曲线运动,不可能与恒星相撞,故 D 错误。故选 A。]

典例 5 BD [地球上的第一宇宙速度等于卫星在近地轨道的环绕速度,根据万有引力定律知 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$, 结合 $mg = \frac{GMm}{R^2}$ 得第一宇宙速度 $v = \sqrt{gR}$, 又 $g_{月} = \frac{1}{6}g_{地}$, $R_{月} = \frac{1}{4}R_{地}$, 可知返回舱相对月球的速度小于地球上的第一宇宙速度,选项 A 错误, B 正确;根据万有引力定律知,在近地(月)轨道上有 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 又 $GM = gR^2$, 得 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{g}}$, 可得 $\frac{T_{月}}{T_{地}} = \sqrt{\frac{R_{月}}{R_{地}}} \cdot \sqrt{\frac{g_{地}}{g_{月}}} = \sqrt{\frac{3}{2}}$, 可知选项 C 错误, D 正确。]

考点 3

判断正误 (1)× (2)×

典例 6 AD [根据万有引力提供向心力,有 $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h)$, 其中 R 为地球半径, h 为同步卫星离地面的高度,由于同步卫星的周期与地球自转周期相同,即 T 为一定值,根据上面等式可知,同步卫星离地面的高度 h 也为一定值,则轨道半径一定,根据 $v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$ 可知,线速度的大小也一定,故 A 正确;同步卫星的周期与地球自转周期相同,结合上述可知,高度与线速度大小均为定值,故 B 错误;地球同步卫星只需要周期与地球自转周期相等,其可以在除赤道所在平面外的平面,而静止卫星相对于地球静止不动,即静止卫星一定与赤道共面,故 C 错误;理论上可在地球任何地方发射卫星,卫星可通过变轨到达指定轨道,故 D 正确。故选 AD。]

典例 7 BD [b 、 c 围绕地球做匀速圆周运动,由万有引力提供向心力, a 为地球赤道上的物体,由万有引力和地面的支持力的合力提供向心力,故 A 错误; c 为地球同步卫星, a 为地球赤

道上的物体,两者的周期与地球自转周期相等,对于 b 、 c ,根据开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$, 由题图可知 $r_b < r_c$, 则 $T_b < T_c$, 所以周期关系为 $T_a = T_c > T_b$, 故 B 正确;根据 $v = \omega r$, a 、 c 角速度相等, a 的轨道半径比 c 的小,可得 $v_a < v_c$, 对于 b 、 c ,由万有引力提供向心力,有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, c 的轨道半径大于 b 的轨道半径,则 $v_c < v_b$, 所以线速度的大小关系为 $v_a < v_c < v_b$, 故 C 错误;根据向心加速度公式 $a = \omega^2 r$, a 、 c 角速度相等, a 的运动半径比 c 的半径小,则有 $a_c > a_a$, 对于 b 、 c ,根据牛顿第二定律可得 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$, 解得 $a = G \frac{M}{r^2}$, 由于 c 的轨道半径大于 b 的轨道半径,则 c 的加速度小于 b 的加速度,所以有 $a_b > a_c > a_a$, 故 D 正确。故选 BD。]

考点 4

1. (1)相同 (2)相同

$$3. l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$$

典例 8 AD [一枚静止时长 30 m 的火箭以 0.5c 的速度飞行,根据相对论时空观得,火箭上的人测得火箭的长度为 30 m,故 A 正确;根据 $l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$ 得,地面上的观察者测得火箭的长度 $l \approx 26$ m, 故 B 错误;根据时间延缓效应,运动的时钟比静止的时钟走得慢,而且运动速度越大,时钟走得越慢,同时运动是相对的,火箭相对于地面上的人是运动的,地面上的人相对于火箭也是运动的,所以若 $v = 0.5c$, 火箭上的观察者认为地面上的时钟走得慢,地面上的观察者认为火箭上的时钟走得慢,故 C 错误, D 正确。]

第 27 课时

进阶点 1

典例 1 A [在轨道 2 上从 A 向 B 运动过程中,探测器远离月球,月球对探测器的引力做负功,根据动能定理可知,动能逐渐减小, A 正确;探测器受到万有引力,由 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$, 得 $a = G \frac{M}{r^2}$, 在轨道 2 上从 A 向 B 运动过程中, r 增大,加速度逐渐变小, B 错误;探测器在 A 点从轨道 1 变轨到轨道 2,需要加速,机械能增加,所以探测器在轨道 2 上的机械能大于在轨道 1 上的机械能, C 错误;探测器在轨道 1 上做圆周运动,根据万有引力提供向心力,得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 解得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, 利用引力常量 G 和轨道 1 的周期 T , 还需要知道轨道 1 的半径 r , 才能求出月球的质量, D 错误。故选 A。]

典例 2 B [飞行器在轨道半径 $r = 2R_0$ 处的总机械能包括动能和势能。引力势能为 $E_p = \frac{1}{2}mg_0R_0$, 根据万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{(2R_0)^2} = m \frac{v^2}{2R_0}$, 在星球表面有 $\frac{GMm}{R_0^2} = mg_0$, 解得轨道

速度满足 $v^2 = \frac{g_0 R_0}{2}$, 对应动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{4}mg_0 R_0$, 总机械能 $E_{\text{总}} = \frac{3}{4}mg_0 R_0$, 根据机械能守恒定律, 初始动能 $\frac{1}{2}mv_0^2 = E_{\text{总}}$, 解得 $v_0 = \sqrt{\frac{3g_0 R_0}{2}}$, 故选 B。

进阶点 2

典例 3 A [设卫星转动的周期为 T' , 根据题意可得 $\frac{2\pi}{T'} \cdot \frac{T}{2} - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2} = 2\pi$, 可得 $T' = \frac{T}{3}$, 根据万有引力提供向心力, 有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T'^2} r$, 可得 $r = \sqrt[3]{\frac{GMT'^2}{4\pi^2}}$, 代入 $T' = \frac{T}{3}$, 可得 $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{36\pi^2}}$, 故选 A。

典例 4 C [根据万有引力提供向心力 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 可得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 可知卫星 a 的速度大于卫星 b 的速度, 卫星 c 在 N 点做近心运动, 需要减速, 所以卫星 c 在 N 点的速度小于卫星 b 的速度, 则卫星 c 在 N 点的速度小于卫星 a 的速度, 故 A 错误; 根据题图乙可知卫星 a 、 b 最远距离为 $5R$, 最近距离为 $3R$, 则 $r_b - r_a = 3R$, $r_b + r_a = 5R$, 可得 $r_a = R$, $r_b = 4R$, 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 可得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$, 可知卫星 a 、 b 的运动周期之比为 $1:8$, 故 B 错误; 设卫星 a 的周期为 T_a , 卫星 b 的周期为 T_b , 根据两卫星从相距最远到相距最近有 $\frac{2\pi}{T_a} T + \frac{2\pi}{T_b} T = \pi$, 又 $T_b = 8T_a$, 联立解得 $T_a = \frac{9}{4} T$, 故 C 正确; 卫星 a 的加速度大小 $a_a = \left(\frac{2\pi}{T_a}\right)^2 r_a = \frac{64\pi^2 R}{81T^2}$, 故 D 错误。]

拓展思考 解析: a 、 b 两卫星绕行方向相同, 则两卫星从相距最远到相距最近有 $\frac{2\pi}{T_a} T - \frac{2\pi}{T_b} T = \pi$, 又根据 $T_b = 8T_a$, 解得 $T_a = \frac{7}{4} T$, 则 $a_a = \left(\frac{2\pi}{T_a}\right)^2 R = \frac{64\pi^2 R}{49T^2}$ 。
答案: $\frac{7}{4} T \quad \frac{64\pi^2 R}{49T^2}$

进阶点 3

典例 5 C [设两个天体的质量分别为 m_A 、 m_B , 轨道半径分别为 R_A 、 R_B , 角速度为 ω , 由于二者角速度相等, 则线速度分别为 $v_A = \omega R_A$, $v_B = \omega R_B$, 则 $v_A > v_B$, 故选项 A 错误; 由万有引力定律可知 $\frac{Gm_A m_B}{L^2} = m_A \omega^2 R_A = m_B \omega^2 R_B$, $\frac{m_A}{m_B} = \frac{R_B}{R_A}$, 而 $R_A > R_B$, 可得 $m_A < m_B$, 故选项 B 错误; 对两个天体, 有 $\frac{Gm_A m_B}{L^2} = m_A \omega^2 R_A = m_B \omega^2 R_B$, 由几何关系知 $R_A + R_B = L$, 联立解得 $M = m_A + m_B = \frac{\omega^2 L^3}{G}$, 又 $T = \frac{2\pi}{\omega}$, 整理可以得到 $T =$

$2\pi \sqrt{\frac{L^3}{GM}}$, 可知两天体的运动周期与 M 、 L 有关, 且当总质量 M 一定时, L 越大, T 越大, 角速度越小, 故 C 正确, D 错误。故选 C。

典例 6 A [a 、 b 、 c 三个天体的角速度相同, 由于 $m \ll M$, 则对 a 天体有 $G \frac{MM}{(2r)^2} = M\omega^2 r$, 解得 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{4r^3}}$, 故 D 错误; 设 c 与 a 、 b 的连线与 a 、 b 连线中垂线的夹角为 α , 对 c 天体有 $2G \frac{Mm}{\left(\frac{r}{\sin \alpha}\right)^2} \cos \alpha = m\omega^2 \frac{r}{\tan \alpha}$, 解得 $\alpha = 30^\circ$, 则 c 的轨道半径为 $r_c = \frac{r}{\tan 30^\circ} = \sqrt{3}r$, 由 $v = \omega R$, 可知 c 的线速度大小为 a 的 $\sqrt{3}$ 倍, 故 A 正确; 由 $a = \omega^2 R$, 可知 c 的向心加速度大小是 b 的 $\sqrt{3}$ 倍, 故 B 错误; c 在一个周期内运动的路程为 $s = 2\pi r_c = 2\sqrt{3}\pi r$, 故 C 错误。]

第五章 机械能及其守恒定律

第 28 课时

考点 1

- 力的方向上
- 位移
- $Fx \cos \alpha$ 力 F 位移 x
- 标量 (1)正 (2)负 (3)不
- 情境辨析 (1)√ (2)√ (3)× (4)×

典例 1 A [返回舱减速下落, 加速度向上, 则其处于超重状态, A 正确, B 错误; 主伞的拉力向上, 而返回舱速度向下, 则主伞的拉力做负功, C 错误; 返回舱的重力向下, 速度向下, 则重力对返回舱做正功, D 错误。]

典例 2 AC [对运动员进行受力分析, 如图所示, 重力做功 $W_G = mgh = 60 \times 10 \times 10 \text{ J} = 6\,000 \text{ J}$, 阻力做功 $W_f = -f \cdot \frac{h}{\sin \theta} = -50 \times \frac{10}{\left(\frac{1}{2}\right)} \text{ J} = -1\,000 \text{ J}$, 由于支持力方向与位移方向垂直, 故支持力不做功, 即 $W_N = 0$, 各力做的总功 $W_{\text{总}} = W_G + W_f + W_N = 5\,000 \text{ J}$, 故 A、C 正确, B、D 错误。]

考点 2

- 比值
- 做功的快慢
- (1)平均功率 (2)平均功率 瞬时功率
- Fv 牵引
- 判断正误 (1)× (2)√ (3)× (4)√

典例 3 A [方法一 $0 \sim 2 \text{ m}$, 物块做匀加速直线运动, 加速度为 a_1 , 根据牛顿第二定律有 $F_1 = ma_1$, 代入数据解得 $a_1 = 3 \text{ m/s}^2$, 根据运动学公式 $v_1^2 = 2a_1 x_1$, 其中 $x_1 = 2 \text{ m}$, 解得 $x = 2 \text{ m}$ 处的瞬时速度 $v_1 = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$ 。在 $2 \sim 3 \text{ m}$, 物块以加速度

a_2 做匀加速直线运动,根据牛顿第二定律有 $F_2 = ma_2$,代入数据解得 $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$,根据运动学公式 $v_2^2 - v_1^2 = 2a_2x_2$,其中 $x_2 = 3 \text{ m} - 2 \text{ m} = 1 \text{ m}$,则 $x = 3 \text{ m}$ 处的瞬时速度为 $v_2 = 4 \text{ m/s}$,根据功率公式,物块运动到 $x = 3 \text{ m}$ 处时, F 做功的瞬时功率为 $P = F_2v_2 = 2 \times 4 \text{ W} = 8 \text{ W}$,A 正确,B、C、D 错误。

方法二 设物块运动到 $x = 3 \text{ m}$ 处的速度为 v ,对全过程运用动能定理得 $F_1x_1 + F_2x_2 = \frac{1}{2}mv^2$,其中 $x_1 = 2 \text{ m}$, $x_2 = 3 \text{ m} - 2 \text{ m} = 1 \text{ m}$,代入数据解得 $v = 4 \text{ m/s}$,则物块运动到 $x = 3 \text{ m}$ 处时, F 做功的瞬时功率为 $P = F_2v = 2 \times 4 \text{ W} = 8 \text{ W}$,A 正确,B、C、D 错误。]

典例 4 B [每次克服重力做功 $W_{\text{单次}} = mgh$,假设该同学质量 $m = 50 \text{ kg}$,重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$,重心升高 $h = 0.05 \text{ m}$,则 $W_{\text{单次}} = 50 \times 10 \times 0.05 \text{ J} = 25 \text{ J}$,1 分钟跳 120 次,总功为 $W_{\text{总}} = 25 \text{ J} \times 120 = 3\,000 \text{ J}$,则平均功率 $P = \frac{W}{t} = \frac{3\,000}{60} \text{ W} = 50 \text{ W}$,故选 B。]

典例 5 AD [汽车在平直路面上匀速行驶时,汽车牵引力与阻力平衡,则有 $F_{\text{牵}} = f_{\text{阻}} = 0.01mg = 1.02 \times 10^2 \text{ N}$,选项 A 正确;驱动电机提供的机械功率为 $P_{\text{机}} = F_{\text{牵}}v$,设太阳能组件输出的电功率为 P_1 ,则有 $90\%P_1 = P_{\text{机}}$,解得 $P_1 \approx 2.493 \times 10^3 \text{ W}$,选项 B 错误;设太阳能组件单位面积接收的照射光的功率为 P_2 ,由 $P_2S\eta_1 = P_1$,解得 $P_2 \approx 9.93 \times 10^2 \text{ W}$,选项 C 错误,D 正确。]

考点 3

判断正误 (1)√ (2)× (3)× (4)√

典例 6 A [当牵引力等于阻力时,汽车的速度达到最大,则有 $P = f_{\text{甲}} \cdot 4v_0$, $P = f_{\text{乙}} \cdot 3v_0$,可得在甲、乙两道路上汽车所受阻力大小之比为 $f_{\text{甲}} : f_{\text{乙}} = 3 : 4$,故选 A。]

典例 7 解析: (1)当超级电容车速度达到最大时,超级电容车的牵引力与阻力平衡,即 $F = f$

$$f = kmg = 2\,000 \text{ N}$$

$$P = fv_{\text{m}}$$

$$\text{解得 } v_{\text{m}} = \frac{P}{f} = 30 \text{ m/s}。$$

(2)超级电容车做匀加速运动,由牛顿第二定律得 $F_1 - f = ma$
解得 $F_1 = 3\,000 \text{ N}$

设超级电容车刚达到额定功率时的速度为 v_1 ,又 $P = F_1v_1$,则

$$v_1 = \frac{P}{F_1} = 20 \text{ m/s}$$

设超级电容车匀加速运动的时间为 t ,则 $v_1 = at$

$$\text{解得 } t = \frac{v_1}{a} = 40 \text{ s}。$$

(3)超级电容车从静止到达到最大速度,整个过程只有牵引力

$$\text{与阻力做功,由动能定理得 } Pt_2 - fx = \frac{1}{2}mv_{\text{m}}^2$$

$$\text{解得 } x = 1\,050 \text{ m}。$$

答案: (1)30 m/s (2)40 s (3)1 050 m

拓展思考 解析: 超级电容车以额定功率做加速运动,当 $v = 10 \text{ m/s}$ 时,牵引力 $F = \frac{P}{v} = 6\,000 \text{ N}$,超级电容车的加速度 $a = \frac{F - f}{m} = 2 \text{ m/s}^2$ 。

答案: 2 m/s^2

素养提升 3

典例 1 AB [等效转换法:轻绳对物块拉力的方向一直在变化,但轻绳拉力大小不变,可将变力做功问题转化为恒力做功来处理,轻绳对物块拉力做的功和恒力 F 做的功相等,故题图甲中物块从 A 到 C 过程中绳对物块做的功为 $W = F(l_{\text{OA}} - l_{\text{OC}})$,故 A 正确;图像法:题图乙中, $F-x$ 图线与坐标轴围成的面积代表功,则全过程中 F 做的总功为 $W = 15 \times 6 \text{ J} + (-3) \times 6 \text{ J} = 72 \text{ J}$,故 B 正确;微元法:题图丙中,绳长为 R ,若空气阻力 f 大小不变,方向始终与运动方向相反,可用微元法得小球从 A 运动到 B 过程中空气阻力做的功为 $W = -f \cdot \frac{2\pi R}{4} = -\frac{1}{2}\pi Rf$,故 C 错误;动能定理法:题图丁中, F 始终保持水平,当 F 为恒力时,将小球从 P 拉到 Q 的过程, F 做的功是 $W = Fl \sin \theta$,而 F 缓慢将小球从 P 拉到 Q, F 为水平方向的变力, F 做的功不能直接用力乘以位移计算,要根据动能定理求解力 F 做的功,故 D 错误。]

典例 2 D [F 与摩擦力一直是平衡力, F 克服摩擦力做功,因 F 大小不变,方向不断变化,则在微小的位移内可认为是恒力,则微元功为 $\Delta W = F\Delta x$,根据 $W = \sum \Delta W = F \sum \Delta x = F \cdot 2\pi L = 10 \times 2\pi \times 0.3 \text{ J} = 6\pi \text{ J} \approx 19 \text{ J}$,可知摩擦力所做的功约为 -19 J ,故选 D。]

典例 3 B [由于水桶匀速上升,故拉力大小等于水和桶受到的总重力,由于水和桶的总质量随位移均匀减小,故拉力与位移成线性关系,所以可用平均力法求解变力做功。结合题图可知, $F_1 = m_1g = 100 \text{ N}$, $F_2 = m_2g = 80 \text{ N}$,则在提水的整个过程中,拉力对水桶做的功为 $W_{\text{拉}} = \frac{F_1 + F_2}{2}h = 1\,800 \text{ J}$,故 B 正确。]

第 29 课时

考点 1

1. (1)运动 (2) $\frac{1}{2}mv^2$ (3)焦耳(J) (4)标量 无关 (5)末

$$\text{动能 初动能 } \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

2. (1)动能的变化 (2) $\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ (3)合力

情境辨析 (1)× (2)× (3)× (4)√

典例 1 B [由单位制可知 $144 \text{ km/h} = 40 \text{ m/s}$,高中生的质量约为 $m = 50 \text{ kg}$,则当列车加速到 $v = 40 \text{ m/s}$ 时高中生的动能约为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = 40\,000 \text{ J}$,对高中生由动能定理得 $W = E_k - 0$,解得列车对高中生所做的功约为 $W = 4 \times 10^4 \text{ J}$,B 正确。]

典例 2 D [人在下滑的过程中,由动能定理可得 $mgh - W_f = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,可得此过程中人与滑板克服摩擦力做的功为 $W_f = mgh - \frac{1}{2}mv^2$,故 D 正确。]

典例 3 BCD [重力做的功为 $W_G = mgh = 800 \text{ J}$, A 错误; 下滑过程根据动能定理可得 $W_G - W_{\text{克f}} = \frac{1}{2}mv_Q^2$, 代入数据解得克服阻力做的功为 $W_{\text{克f}} = 440 \text{ J}$, B 正确; 经过 Q 点时向心加速度大小为 $a = \frac{v_Q^2}{h} = 9 \text{ m/s}^2$, C 正确; 经过 Q 点时, 根据牛顿第二定律可得 $F - mg = ma$, 解得货物受到的支持力大小为 $F = 380 \text{ N}$, 根据牛顿第三定律可知, 货物对轨道的压力大小为 380 N , D 正确。]

典例 4 解析: (1) 雪块从屋顶上的 O 点由静止开始下滑到 A 点的过程中, 由动能定理有

$$mgx \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot x = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

解得 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 。

(2) 雪块从 A 点到落地的过程中, 由动能定理有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得 $v_1 = 8 \text{ m/s}$

雪块离开 A 点时的水平速度大小为

$$v_x = v_0 \cos \theta$$

则雪块落地时的速度方向与水平方向的夹角满足 $\cos \alpha = \frac{v_x}{v_1}$

解得 $\alpha = 60^\circ$ 。

答案: (1) 5 m/s (2) 8 m/s 60°

考点 2

情境辨析 (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$

典例 5 A [设斜面倾角为 θ , 不计摩擦力和空气阻力, 由题意可知, 运动员在沿斜面下滑过程中根据动能定理有 $E_k = mgx \tan \theta$, 即 $\frac{E_k}{x} = mg \tan \theta$, 下滑过程中开始阶段倾角 θ 不变, E_k - x 图像为一条直线; 经过圆弧轨道过程中 θ 先减小后增大, 即图像的斜率的绝对值先减小后增大。故选 A。]

典例 6 B [当牵引力等于阻力时, 速度达到最大值, 则有 $f = \frac{P}{v_m} = \frac{360 \times 10^3}{40} \text{ N} = 9\,000 \text{ N}$, 故 A 错误; 汽车做匀加速运动的牵引力最大, $t = 8 \text{ s}$ 时, 牵引力大小为 $F_1 = \frac{P}{v_1} = 15\,000 \text{ N}$, 故 B 正确; 由题图可知, 汽车在 $0 \sim 8 \text{ s}$ 做匀加速直线运动, 加速度大小为 $a = 3 \text{ m/s}^2$, 由牛顿第二定律有 $F_1 - f = ma$, 解得 $m = \frac{15\,000 - 9\,000}{3} \text{ kg} = 2\,000 \text{ kg}$, 故 C 错误; $8 \sim 28 \text{ s}$ 牵引力做的功为 $W_2 = P\Delta t = 7.2 \times 10^6 \text{ J}$, 由动能定理有 $W_2 - f x_2 = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得汽车在做变加速运动过程中的位移大小 $x_2 \approx 686 \text{ m}$, 故 D 错误。故选 B。]

素养提升 4

典例 1 解析: (1) 由于物体沿斜面匀速下滑, 如图所示, 对物体受力分析可知

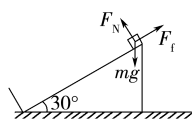
$$mg \sin \theta = F_f$$

解得物体与斜面间摩擦力的大小为 $F_f = 10 \text{ N}$ 。

(2) 由滑动摩擦力的计算公式可知

$$F_f = \mu F_N$$

$$F_N = mg \cos \theta$$



解得 $\mu = \tan \theta = \frac{\sqrt{3}}{3}$ 。

(3) 由 $\mu' = \frac{\sqrt{3}}{6}$, 可得

$$mg \sin \theta = 10 \text{ N} > \mu' mg \cos \theta = 5 \text{ N}$$

物体重力沿斜面的分力大于物体与斜面间的最大静摩擦力, 故物体最终停在斜面的底端, 设物体在斜面上运动的总路程为 s , 根据动能定理可知

$$-\mu' mg \cos \theta \cdot s + mgL \sin \theta = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得 $s = 96.8 \text{ m}$ 。

答案: (1) 10 N (2) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (3) 96.8 m

典例 2 解析: (1) 根据题意, 钢球经 B 点时, 由牛顿第二定律有

$$F_N + mg = \frac{mv_B^2}{R}, \text{ 其中 } F_N = 3mg, \text{ 解得 } v_B = 2\sqrt{gR}, \text{ 钢球由 A}$$

到 B 过程中, 由动能定理有 $mg(H - 2R) = \frac{1}{2}mv_B^2$, 解得 $H = 4R$ 。

(2) 根据题意, 钢球由 A 到 D 过程中, 由动能定理有 $mg(4R - L \sin \theta) - kmgL = 0$, 解得 $L = \frac{4R}{\sin \theta + k}$ 。

答案: (1) $4R$ (2) $L = \frac{4R}{\sin \theta + k}$

典例 3 解析: (1) 滑块从 A 点到 D 点, 该过程弹簧弹力对滑块做的功为 W , 由动能定理得

$$mgR - \mu mgL_{BC} - mgL_{CD} \sin 30^\circ + W = 0$$

其中弹性势能 $E_p = -W$

解得弹性势能 $E_p = 2.1 \text{ J}$ 。

(2) 滑块最终停止在水平轨道 BC 间, 从滑块第一次经过 B 点到最终停下来的全过程, 由动能定理可得 $-\mu mg \cdot s = 0 - \frac{1}{2}mv_B^2$

滑块从 A 点到 B 点的过程, 由动能定理得 $mgR = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$

解得 $s = 2.25 \text{ m}$

则滑块在 BC 上运动的次数为 $n = \frac{2.25 \text{ m}}{0.4 \text{ m}} = 5.625$

说明滑块在 BC 上滑动了 5 次, 又向左运动 $0.625 \times 0.4 \text{ m} = 0.25 \text{ m}$

故滑块最终停止在 BC 间距 B 点 0.15 m 处 (或距 C 点 0.25 m 处)。

答案: (1) 2.1 J (2) 距 B 点 0.15 m 处 (或距 C 点 0.25 m 处)

第 30 课时

考点 1

- (1) mgh (2) 路径 高度差
- (1) mgh (2) 地球 有关 无关 (3) 减小 增大
- (1) 弹性形变 (2) $-\Delta E_p$ 减小 增大
- 动能 势能 弹性势能 重力势能
- (1) 动能 势能 保持不变

情境辨析 (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$

典例 1 B [电梯匀速下降, 说明电梯处于受力平衡状态, 并不是只有重力做功, 机械能不守恒, 故 A 错误; 物体在光滑斜面

上,受重力和支持力的作用,但是支持力的方向和物体运动的方向垂直,支持力不做功,只有重力做功,机械能守恒,故 B 正确;物体沿着粗糙斜面匀速下滑,物体处于受力平衡状态,摩擦力和重力都要做功,机械能不守恒,故 C 错误;拉着物体沿光滑斜面匀速上升,物体处于受力平衡状态,拉力和重力都要做功,机械能不守恒,故 D 错误。]

典例 2 B [游客从跳台下落直到最低点的过程中,游客的重力做正功,重力势能减小,B 正确;橡皮绳绷紧后形变量一直增大,弹性势能一直增大,A 错误;橡皮绳绷紧后的过程,橡皮绳的弹力对游客做负功,因此游客的机械能减小,C 错误;绳绷紧后游客先加速后减速,因此游客的动能先增大后减小,D 错误。]

典例 3 B [当运动员在最高点速度为 0 时,重心提升高度最大,以地面为零势能面,根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, 可得其理论的最大高度 $h = 5$ m,故选 B。]

典例 4 C [设小环运动轨迹所对的圆心角为 $\theta (0 \leq \theta \leq \pi)$,大圆环的半径为 R ,大圆环对小环的作用力为 F ,则由动能定理有 $mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2$,又小环做圆周运动,则有 $F + mg \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$,联立得小环下滑过程中受到大圆环的作用力 $F = mg(2 - 3 \cos \theta)$,则 F 的大小先减小后增大,且当 $\cos \theta = \frac{2}{3}$ 时 F 最小,当 $\cos \theta = -1$,即小环在大圆环最低点时 F 最大,结合牛顿第三定律可知,C 正确。]

考点 2

情境辨析 (1)√ (2)× (3)√

典例 5 解析: (1)对 B 下落 h 的过程分析,由 B 和 A 组成的系统机械能守恒有 $3mgh - mgh = \frac{1}{2} \times 4mv_A^2$,解得 $v_A = \sqrt{gh}$ 。

(2)对 A 球,根据动能定理有 $W_A - mgh = \frac{1}{2}mv_A^2$,解得 $W_A = \frac{3}{2}mgh$ 。

(3)B 球落地后,A 球竖直上抛高度 $h' = \frac{v_A^2}{2g} = \frac{1}{2}h$,A 球上升的最大高度 $H_m = h + \frac{1}{2}h = \frac{3}{2}h$ 。

答案: (1) $\sqrt{gh}$ (2) $\frac{3}{2}mgh$ (3) $\frac{3}{2}h$

典例 6 D [由题知 B 运动到最高点时恰好对杆无作用力,有 $mg = m \frac{v^2}{2L}$,解得 B 在最高点时速度大小为 $v = \sqrt{2gL}$,因为 A、B 的角速度相同,A 的转动半径为 B 的一半,所以 A 的速度大小为 $\frac{v}{2}$,当 B 由最高点转至与 O 点等高时,取 O 点所在水平面的重力势能为 0,根据 A、B 组成的系统的机械能守恒,有 $mg \cdot 2L - mgL + \frac{1}{2}m \left(\frac{v}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2$, $v_B = 2v_A$,解得 $v_A = \frac{3\sqrt{10gL}}{10}$, $v_B = \frac{3\sqrt{10gL}}{5}$,故 C

错误,D 正确;设杆对 B 做的功为 W ,对 B 由动能定理得 $mg \cdot 2L + W = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv^2$,解得 $W = -\frac{6}{5}mgL$,所以杆对 B 做负功,B 的机械能不守恒,故 A、B 错误。]

第 31 课时

考点 1

1. 能对外做功
2. (1)能量转化 多少能量 (2)能量的转化 能量转化
3. 重力势能 弹性势能 电势能 分子势能 动能 机械能 内能 电能

情境辨析 (1)× (2)√ (3)√ (4)×

典例 1 B [由足球的运动轨迹可知,足球在空中运动时一定受到空气阻力作用,机械能减少,从 1 到 2 重力势能增加 mgh ,则从 1 到 2 动能减少量大于 mgh ,A 错误,B 正确;从 2 到 3 过程中受到空气阻力作用,机械能减少,重力势能减少 mgh ,则动能增加量小于 mgh ,C、D 错误。]

典例 2 BD [根据题意分析可知,物块做匀减速运动、木板做匀加速运动,物块离开木板时,物块的速度大于木板的速度,则有物块位移 $x_{\text{物}} = \frac{v_0 + v_1}{2}t$,木板位移 $x_{\text{木}} = \frac{v_2}{2}t$,又 $x_{\text{物}} - x_{\text{木}} = l$, $v_0 > v_1 > v_2$, $x_{\text{物}} > 2x_{\text{木}}$,可知 $x_{\text{木}} < l$,根据动能定理有 $f x_{\text{木}} = E_{k\text{木}}$,可知木板的动能一定小于 fl ,故 A 错误,B 正确;根据能量守恒,有 $\frac{1}{2}mv_0^2 = fl + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$,可知物块的动能 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - fl - \frac{1}{2}Mv_2^2$,故 C 错误,D 正确。]

典例 3 A [设斜面的倾角为 θ ,物块沿斜面运动的过程中重力做功的绝对值 $W_G = mg s \sin \theta$,故 A 正确;物块在斜面上运动时,上升过程中所受的合力 $F = mg \sin \theta + kv$,根据动能定理有 $-Fs = E_k - E_{k0}$, $E_k - s$ 图线的斜率的绝对值越来越小,下滑过程中,位移 s 减小,所受的合力 $F = mg \sin \theta - kv$, $E_k - s$ 图线的斜率的绝对值越来越小,且 $E_k - s$ 图线应该是一个 s 对应两个 E_k 值,即上升和下滑同一个位移有两个 E_k 值,故 B 错误;根据受力分析,物块上滑到最高点所用的时间小于下滑到原点的的时间,故 C 错误;物块沿斜面运动的过程中,由于阻力做负功,物块的机械能一直在减小,故 D 错误。故选 A。]

典例 4 AC [运动员由静止匀加速下滑,根据 $v = at$ 可知,速度与时间成正比,A 正确;运动员做匀加速直线运动,加速度不变,B 错误;设雪坡的倾角为 θ ,运动员加速下滑的过程中,经过时间 t ,沿斜面下滑的距离为 $s = \frac{1}{2}at^2$,重力势能 $E_p = E_{p0} - mg \cdot \frac{1}{2}at^2 \sin \theta$, $E_p - t$ 图像为开口向下的抛物线的一部分,C 正确;运动员的机械能 $E = E_{p0} - f \cdot \frac{1}{2}at^2$, $E - t$ 图像也为开口向下的抛物线的一部分,但运动员到达坡底时的机械能不为 0,D 错误。故选 AC。]

考点 2

1. 转化 转移 保持不变

判断正误 (1)× (2)√ (3)√

典例 5 A [小车匀速运动时,电动机的输出功率等于小车受到的阻力的功率,有 $P_{\text{电出}} = f v = k v^2$,所以电动机的输入功率(光伏电池的输出功率)为 $P_{\text{光出}} = \frac{P_{\text{电出}}}{50\%} = 2 k v^2$,则光伏电池的输入功率(单位时间内获得的太阳能)为 $P_{\text{太阳能}} = \frac{P_{\text{光出}}}{\eta} = \frac{2 k v^2}{\eta}$,A 正确。]

典例 6 C [设物体恰好到达 C 点时的速度大小为 v ,则在 C 点重力完全提供向心力,有 $mg = m \frac{v^2}{r} = m a_{\text{向}}$,解得 $v = \sqrt{gr}$,向心加速度 $a_{\text{向}} = g$,A、B 错误,C 正确;对物体从 A 点到 C 点的过程,由机械能守恒定律可知,弹簧的弹性势能转化为物体在 C 点的重力势能和动能,D 错误。]

典例 7 C [对物块根据牛顿第二定律有 $\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$,解得 $a = \frac{1}{4}g$,根据运动学公式有 $v_0^2 = 2 a x_1$,解得物块的位移大小为 $x_1 = \frac{2 v_0^2}{g}$,故 A 错误;物块机械能的增量为 $\Delta E = \frac{1}{2} m v_0^2 + mg x_1 \cdot \sin 30^\circ = \frac{3}{2} m v_0^2$,故 B 错误;对小车根据动能定理有 $P t - (\mu mg \cos 30^\circ + mg \sin 30^\circ) x = \frac{1}{2} m v_0^2$,其中 $t = \frac{v_0}{a}$,联立解得 $x = \frac{16 P v_0}{5 m g^2} - \frac{2 v_0^2}{5 g}$,故 C 正确;小车机械能的增量为 $\Delta E' = \frac{1}{2} m v_0^2 + mg x \sin 30^\circ = \frac{8 P v_0}{5 g} + \frac{3 m v_0^2}{10}$,故 D 错误。故选 C。]

第 32 课时

进阶点 1

典例 1 B [小物箱相对传送带的位移就是传送带与小物箱在 t 时间内的位移差,有 $\Delta x = v_0 t - \frac{v_0}{2} t = \frac{1}{2} v_0 t$,故 A 错误;小物箱在时间 t 内做匀加速直线运动,加速度 $a = \frac{f}{m} = \mu g$,速度 $v_0 = at$,解得 $\mu = \frac{v_0}{g t}$,故 B 正确;小物箱与传送带间因摩擦产生的热量 $Q = f \Delta x = \mu mg \times \frac{1}{2} v_0 t = \frac{1}{2} m v_0^2$,故 C 错误;由功能关系可知因传送小物箱,电动机至少要多做的功等于小物箱增加的动能与系统摩擦产生的内能之和,有 $W = \frac{1}{2} m v_0^2 + Q = m v_0^2$,故 D 错误。故选 B。]

典例 2 D [快递包速度小于传送带速度的过程,根据牛顿第二定律有 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$,解得 $a = 1 \text{ m/s}^2$,时间 $t_1 = \frac{v_0}{a} = 2 \text{ s}$,此过程快递包沿传送带向上运动的距离 $x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 = 2 \text{ m}$,快递包匀速运动的时间 $t_2 = \frac{L - x_1}{v_0} = 3 \text{ s}$,则把快递包从 A 点运送到 B 点所需时间 $t = t_1 + t_2 = 5 \text{ s}$,故 A 错误;传送带对快递包做功 $W = \frac{1}{2} m v_0^2 + mg \sin \theta \cdot L$,代入数据可得 W

$= 42 \text{ J}$,故 B 错误;摩擦产生的热量 $Q = \mu mg \cos \theta \times (v_0 t_1 - x_1)$,代入数据可得 $Q = 12 \text{ J}$,根据能量守恒定律可得电动机因运送此快递包多做的功 $W' = W + Q = 54 \text{ J}$,故 C 错误,D 正确。]

进阶点 2

典例 3 C [由题图乙可知,A 在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 的加速度 $a_1 = \frac{v_1 - v_0}{t_1} = -2 \text{ m/s}^2$,对 A 由牛顿第二定律得 $-\mu_1 mg = m a_1$,解得 $\mu_1 = 0.2$,A 错误;由题图乙知,A、B 在 $1 \sim 3 \text{ s}$ 共速,加速度大小 $a_3 = \frac{v_3 - v_1}{t_2} = -1 \text{ m/s}^2$,对 A、B 整体由牛顿第二定律得 $-\mu_2 (M + m) g = (M + m) a_3$,解得 $\mu_2 = 0.1$,B 错误;由题图乙可知 B 在 $0 \sim 1 \text{ s}$ 的加速度大小 $a_2 = \frac{v_1}{t_1} = 2 \text{ m/s}^2$,对 B 由牛顿第二定律得 $\mu_1 mg - \mu_2 (M + m) g = M a_2$,代入数据解得 $m = 6 \text{ kg}$,C 正确,D 错误。]

典例 4 解析:(1)小物块刚放到小车上时,以小物块为研究对象,根据牛顿第二定律可得 $\mu mg = m a_1$,解得小物块的加速度大小为 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$,以小车为研究对象,根据牛顿第二定律可得 $F - \mu mg = M a_2$,解得小车的加速度大小为 $a_2 = 0.5 \text{ m/s}^2$ 。(2)设经过时间 t ,小物块与小车达到共同速度,根据运动学公式可得 $v_{\text{共}} = a_1 t$, $v_{\text{共}} = v_0 + a_2 t$,联立解得 $t = 2 \text{ s}$, $v_{\text{共}} = 4 \text{ m/s}$ 。(3)在达到共同速度的过程中,小物块与小车发生的相对位移为 $\Delta x = \frac{v_0 + v_{\text{共}}}{2} t - \frac{v_{\text{共}}}{2} t = 3 \text{ m}$,则小物块与小车之间因摩擦产生的热量为 $Q = \mu mg \Delta x = 12 \text{ J}$ 。

答案:(1) 2 m/s^2 0.5 m/s^2 (2) 2 s 4 m/s (3) 12 J

第 33 课时

典例 1 解析:(1)实验时应用手提着纸带上端使纸带竖直,同时使重物靠近打点计时器,由静止释放,故选 B。

(2)根据匀变速直线运动中间时刻的瞬时速度等于该过程的平均速度,可得打点“13”时重锤下落的速度大小 $v_{13} = \frac{0.6069 - 0.4733}{2 \times 0.02} \text{ m/s} = 3.34 \text{ m/s}$ 。

(3)该结果不能验证机械能守恒定律,理由是:该同学求出的 9.77 m/s^2 是重锤受到空气阻力时做匀加速运动的加速度,不是当地的重力加速度, 5.09 m 也不是重力势能的减少量。没有当地的重力加速度的数值,无法求出重力势能的减少量,所以无法验证机械能守恒定律,故选 B。

答案:(1) B (2) 3.34 (3) 不能 B

典例 2 解析:(1)根据题图 1 可知,本实验的原理是通过验证重锤重力势能的减少量等于动能的增加量,来验证机械能守恒定律,验证的关系式为 $mgh = \frac{1}{2} m v^2$,因为等式两边的质量可以消去,所以测量重锤的质量(步骤③)不是必需的;测量重锤下落的高度和速度均能通过打点计时器与纸带完成,按照打点计时器与纸带的使用规则可知,应先接通打点计时器的电源,打点计时器工作稳定后再释放纸带,步骤②错误,所以步骤①④⑤⑥是必需且正确的,正确实验操作排序为④①⑥⑤。

(2)重锤带动纸带做匀加速直线运动,某段时间中间时刻的速度等于该段时间的平均速度,所以打出B点时重锤下落的速度大小 $v_B = \frac{s_{AC}}{\frac{2}{f}} = \frac{(20.34-13.20) \times 50}{2} \times 10^{-2} \text{ m/s} \approx 1.79 \text{ m/s}$ 。

(3)若机械能守恒,对重锤有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$,整理得 $v^2 = 2gh$,所以 v^2-h 图线应通过原点且斜率为 $2g$ 。由题图3可知直线的斜率 $k = \frac{5.6-1.4}{0.295-0.075} \text{ m/s}^2 \approx 19.1 \text{ m/s}^2$ 。

(4) $\eta = \left| \frac{mgh - \frac{1}{2}mv^2}{mgh} \right| \times 100\% = \left| 1 - \frac{k}{2g} \right| \times 100\%$,代入数据解得 $\eta \approx 2.6\%$ 。

答案:(1)④①⑥⑤ (2)1.79 (3)通过 $2g$ 19.1 m/s^2

(4) $\left| 1 - \frac{k}{2g} \right|$ 2.6

典例3 解析:(1)小球经过光电门的挡光时间为 Δt ,可得小球到达平衡位置的速度 $v = \frac{d}{\Delta t}$

为验证机械能守恒定律,此过程中重力势能转化为动能,有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

联立解得 $\frac{1}{(\Delta t)^2} = \frac{2g}{d^2}h$,可得纵坐标为 $\frac{1}{(\Delta t)^2}$,图像的斜率为 $k = \frac{2g}{d^2}$ 。

(2)①10分度、20分度、50分度的游标卡尺的精度分别为0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm

此游标卡尺测得小球直径 $d = 20.48 \text{ mm}$,可以判断所用的是50分度的游标卡尺。

②若为25分度的游标卡尺,其精度为0.04 mm,用此游标卡尺测量该小球直径,可得 $n = \frac{0.48}{0.04} = 12$,则游标尺上第12条刻度线与主尺上的刻度线对齐。

答案:(1) $\frac{1}{(\Delta t)^2}$ $\frac{2g}{d^2}$ (2)①50 ②12

典例4 解析:(1)根据游标卡尺的读数规则,该读数为 $d = 4 \text{ mm} + 0.1 \times 0 \text{ mm} = 4.0 \text{ mm}$ 。

(2)根据光电门的测速原理可知,挡光片通过光电门的速度大小为 $v = \frac{d}{\Delta t}$ 。

(3)对钩码B与C组成的系统进行分析,细绳拉力对该系统做负功,则该系统机械能减小,即钩码B与C组成的系统机械能不守恒。

(4)对钩码A、B、C与轻绳组成的系统进行分析,系统重力势能的减少量 $E_{p\text{减}} = (m_1 + m_2)gh - m_1gh = m_2gh$ 系统动能的增加量

$E_{k\text{增}} = \frac{1}{2}(2m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2}(2m_1 + m_2)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$

若钩码A、B、C与轻绳组成的系统机械能守恒,则有 $E_{p\text{减}} = E_{k\text{增}}$

解得 $m_2gh = \frac{1}{2}(2m_1 + m_2)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$ 。

答案:(1)4.0 (2) $\frac{d}{\Delta t}$ (3)不守恒

(4) $m_2gh = \frac{1}{2}(2m_1 + m_2)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$

第六章 动量与动量守恒定律

第34课时

考点1

- (1)质量 速度 (2) mv (3)速度
- (1)矢量 相同 (2) $p' - p$
- (1)力 力的作用时间 (2) $I = F\Delta t$ (3) $N \cdot s$ (4)矢量 相同

情境辨析 (1)✓ (2)× (3)✓ (4)✓

典例1 AD [做匀速圆周运动的电动小车,速度大小不变,方向时刻改变,因此小车的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 不变,动量 $p = mv$ 大小不变,方向时刻改变,A正确,B错误;小车所受的合外力提供向心力,始终指向圆心,根据牛顿第二定律可知,小车的加速度始终指向圆心,大小不变,方向时刻变化,C错误,D正确。]

典例2 D [根据冲量的定义式有 $I = Ft$,可知物体所受拉力 F 的冲量方向与 F 相同,故A错误;物体所受拉力 F 的冲量大小是 Ft ,故B错误;物体处于平衡状态,则有 $F_f = F\cos\theta$,则物体所受摩擦力的冲量大小为 $I_f = F_f t = Ft\cos\theta$,故C错误;物体所受合力为0,所以物体所受合力的冲量大小为0,故D正确。]

典例3 D [由题图可知,0~2 s力 F 的方向和质点运动的方向相同,质点经历了加速度逐渐增大的加速运动和加速度逐渐减小的加速运动,所以第2 s末,质点的速度最大,动量最大,方向不变,故A、B错误;2~4 s力 F 的方向与0~2 s力 F 的方向相反,该质点0~2 s做加速运动,2~4 s做减速运动,第4 s末,物体速度减为0,所以质点在0~4 s的位移均为正,第4 s末,质点没有回到出发点,故C错误;在 $F-t$ 图像中,图线与横轴所围的面积表示力 F 的冲量,由题图可知,1~2 s的面积与2~3 s的面积大小相等,一正一负,则在1~3 s,力 F 的冲量为0,故D正确。]

考点2

- 力 动量
- $mv' - mv$ $I = p' - p$
- 合力的冲量

思考 解析:沙坑中的沙子起到缓冲作用,延长力的作用时间,根据动量定理 $F\Delta t = \Delta p$ 可知,在 Δp 一定的情况下,人跳到沙坑里受到的冲击力比跳到水泥地上小。

答案:见解析

典例 4 C [由动量定理 $I = mv - mv_0$ 可知,无论是缩短还是延长双脚与鞋底冲击时间,合力对双脚的冲量都保持不变,故 A、B 错误;由 $I = \overline{F} \Delta t$ 可知,延长双脚与鞋底的冲击时间,可以减小鞋底对双脚的平均冲击力,故 C 正确,D 错误。]

典例 5 B [沙尘颗粒开始时速度较小,阻力较小,可知 $mg - kv = ma$,沙尘颗粒速度增大,阻力增大,加速度减小,当 $a = 0$ 时,沙尘颗粒速度达到最大且稳定,此时速度满足 $mg = kv_m$,解得 $v_m = 2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$,由动量定理得 $mgt - k\overline{v}t = mv_m$,即 $mgt - kh = mv_m$,则沙尘下落时间 $t = \frac{kh + mv_m}{mg}$,由于 $mv_m \ll kh$,故 $t \approx \frac{kh}{mg} = 10^4 \text{ s} \approx 3 \text{ h}$,故选 B。]

典例 6 BD [根据题图分析可知, $t = 0.15 \text{ s}$ 时,运动员对蹦床的作用力最大,则此时运动员下降至最低点,运动员的重力势能最小,A 错误;根据题图分析可知, $t = 0.30 \text{ s}$ 时运动员离开蹦床,做竖直上抛运动,经 2 s 后,即 $t = 2.30 \text{ s}$ 时再次落至蹦床上,根据竖直上抛运动的对称性可知, $t = 1.30 \text{ s}$ 时,运动员运动至最大高度处,根据 $v = g \Delta t$ 可知,运动员在 $t = 0.30 \text{ s}$ 时的速度大小 $v_0 = 10 \text{ m/s}$,B 正确,C 错误;对运动员与蹦床一次相互作用过程,根据动量定理有 $(\overline{F} - mg) \Delta t' = mv_0 - (-mv_0)$,代入数据解得 $\overline{F} = 4\,600 \text{ N}$,D 正确。]

考点 3

典例 7 A [无人机在空中悬停时,四个相同的螺旋桨向下推动空气获得升力,根据平衡条件有 $4F = mg$,设 Δt 时间内每个螺旋桨向下吹出的空气的质量为 $\Delta m = \rho S v \Delta t$,对向下推动的空气由动量定理有 $F' \Delta t = \Delta m v - 0$,且 $F = F'$,联立解得 $v = \sqrt{\frac{mg}{4\rho S}}$,故选 A。]

第 35 课时

考点 1

1. 矢量和

2. (2) $m_1 v'_1 + m_2 v'_2$ (3) $-\Delta p_2$

3. (1) 0 (2) 远大于 (3) 这一方向

情境辨析 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\checkmark$

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,系统受到墙壁的弹力作用,合力不为 0,因此该过程系统动量不守恒,A 错误,B 正确;当 a 离开墙壁后,系统所受合力为 0,此后过程系统动量守恒,C 正确,D 错误。]

典例 2 A [小球沿滑块上滑的过程中,小球和滑块组成的系统在水平方向上不受外力,因而系统在水平方向上动量守恒,小球到达最高点时和滑块具有相同的对地速度 v (若速度不相同,必然相对运动,此时一定不是最高点),由系统在水平方向上动量守恒得 $mv_0 = (M + m)v$,所以 $v = \frac{mv_0}{M + m}$,A 正确。]

典例 3 解析: (1) 光滑水平面上,两小车与人组成的系统动量守恒,所以两小车和人组成的系统的初动量就等于最终 A 车停

止运动,B 车获得反向速度时系统的动量,由系统动量守恒可得 $p = (M + m)v_0$ 。

(2) 为避免两车发生碰撞,最终两车和人具有相同速度,设共速时速度为 v_1 ,由系统动量守恒有 $(M + m)v_0 = (2M + m)v_1$,解得 $v_1 = \frac{M + m}{2M + m}v_0$ 。

答案: (1) $(M + m)v_0$ (2) $\frac{M + m}{2M + m}v_0$

拓展思考 解析: A 车上的人以最小的水平速度 v_1 从 A 车跳到 B 车,A 车速度方向不变,根据动量守恒定律得 $(M + m)v = Mv_A + mv_1$

人跳上 B 车,与 B 车具有共同速度 v_B , $mv_1 = (M + m)v_B$,两车不相撞,则 $v_A = v_B$

联立解得 $v_1 = 2.25 \text{ m/s}$ 。

答案: 2.25 m/s

考点 2

典例 4 解析: (1) A、B 组成的系统沿速度方向动量守恒,由动量守恒定律有 $(m + M)v_0 = Mv_B + mv_A$

解得分离后 A 的速度 $v_A = \frac{(m + M)v_0 - Mv_B}{m}$ 。

(2) A、B 分离的过程,对 B 由动量定理有

$F \Delta t = Mv_B - Mv_0$

解得分离时 A 对 B 的推力大小为 $F = \frac{Mv_B - Mv_0}{\Delta t}$ 。

答案: (1) $\frac{(m + M)v_0 - Mv_B}{m}$ (2) $\frac{Mv_B - Mv_0}{\Delta t}$

典例 5 解析: (1) 物体竖直上抛至最高点时速度为 0,由运动学公式 $0 = v_0 - gt$,可得 $v_0 = gt$ 。

(2) 爆炸瞬间水平方向动量守恒,爆炸前水平方向总动量为 0。爆炸后 A 速度为 v ,设 B 速度为 v_B ,由动量守恒定律得 $0 = 2m \cdot v + m \cdot v_B$,解得 $v_B = -2v$,即大小为 $2v$ 。

(3) 根据竖直上抛运动的对称性,可知下落时间与上升时间均为 t ,则 A 的水平位移 $x_A = vt$

B 的水平位移 $x_B = v_B t = -2vt$

所以 A、B 落地点之间的距离 $d = |x_A| + |x_B| = vt + 2vt = 3vt$ 。

答案: (1) gt (2) $2v$ (3) $3vt$

典例 6 B [设船的质量为 M ,人走动的时候船的速度大小为 v ,人的速度大小为 v' ,人从船尾走到船头用时为 t ,船的位移大小为 d ,人的位移大小为 $L - d$,所以 $v = \frac{d}{t}$, $v' = \frac{L - d}{t}$ 。以船后退的方向为正方向,根据动量守恒定律有 $Mv - mv' = 0$,可得 $M \frac{d}{t} = \frac{m(L - d)}{t}$,船的质量为 $M = \frac{m(L - d)}{d}$,B 正确。]

典例 7 解析: (1) 小球从静止到第一次运动到轨道最低点的过程,小球和凹槽组成的系统水平方向上动量守恒,有 $0 = mv_1 - Mv_2$ 对小球与凹槽组成的系统,由机械能守恒定律有 $mgb = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$

$$\text{联立解得 } v_2 = \sqrt{\frac{2gbm^2}{M(m+M)}}.$$

(2)根据“人—船”模型规律,在水平方向上有 $mx_1 = Mx_2$

又由位移关系知 $x_1 + x_2 = a$

$$\text{解得凹槽相对于初始时刻运动的距离 } x_2 = \frac{ma}{M+m}.$$

$$\text{答案: (1)} \sqrt{\frac{2gbm^2}{M(m+M)}} \quad (2) \frac{ma}{M+m}$$

第 36 课时

进阶点 1

典例 1 BC [以 A 球的初速度方向为正方向,由碰撞过程系统

动量守恒得 $p_A = p_A' + p_B'$,解得 $p_A' = 10 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$,根据碰撞

过程总动能不增加,有 $\frac{p_A^2}{2m_A} \geq \frac{p_A'^2}{2m_A} + \frac{p_B'^2}{2m_B}$,解得 $m_B \geq \frac{2}{3}m_A$,

碰后两球同向运动, A 的速度不大于 B 的速度,则有 $\frac{p_A'}{m_A} \leq \frac{p_B'}{m_B}$,

解得 $m_B \leq 4m_A$,因此,两球质量关系为 $\frac{2}{3}m_A \leq m_B \leq 4m_A$, B、

C 正确。]

典例 2 B [根据题意可知,小球 A 和 B 碰撞过程中,水平方向

上动量守恒,竖直方向上 A 球的竖直速度不变,设碰撞后 A 球

水平速度为 v_1 , B 球水平速度为 v_2 ,则有 $mv = mv_1 + mv_2$,碰撞

为完全弹性碰撞,则由能量守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv_A^2 =$

$\frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$,联立解得 $v_1 = v, v_2 = 0$,小球 A 在

竖直方向上做匀加速直线运动,则有 $h = \frac{1}{2}gt^2$,解得 $t = 2 \text{ s}$,

可知,碰撞后,小球 A 运动 $t' = 1 \text{ s}$ 落地,则水平方向上有 $x =$

vt' ,解得 $v = 3.0 \text{ m/s}$,故选 B。]

典例 3 D [对小车 P、N 的碰撞过程,由动量守恒定律有

$m_P v_P + m_N v_{N1} = m_P v_P' + m_N v_{N1}'$,整理得 $m_P(v_P - v_P') =$

$m_N(v_{N1}' - v_{N1})$,由题图甲可知 $v_P - v_P' > v_{N1}' - v_{N1}$,解得

$m_P < m_N$;对小车 Q、N 的碰撞过程,由动量守恒定律有

$m_Q v_Q + m_N v_{N2} = m_Q v_Q' + m_N v_{N2}'$,整理得 $m_Q(v_Q - v_Q') =$

$m_N(v_{N2}' - v_{N2})$,由题图乙可知 $v_Q - v_Q' < v_{N2}' - v_{N2}$,解得

$m_Q > m_N$ 。综上可得 $m_Q > m_N > m_P$, D 正确。]

进阶点 2

典例 4 解析: (1)以水平向右为正方向,根据动量守恒定律

有 $m_2 v_0 = (m_1 + m_2)v$

$$\text{解得 } v = \frac{m_2 v_0}{m_1 + m_2} = 0.8 \text{ m/s}.$$

(2)对物块由动量定理有 $-\mu m_2 g t = m_2 v - m_2 v_0$

$$\text{解得 } t = \frac{v_0 - v}{\mu g} = 0.24 \text{ s}.$$

(3)对小车,根据动能定理有 $\mu m_2 g x_1 = \frac{1}{2}m_1 v^2 - 0$

$$\text{解得 } x_1 = \frac{m_1 v^2}{2\mu m_2 g} = 0.096 \text{ m}.$$

$$(4) x_2 = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{2 + 0.8}{2} \times 0.24 \text{ m} = 0.336 \text{ m}.$$

答案: (1) 0.8 m/s (2) 0.24 s (3) 0.096 m (4) 0.336 m

拓展思考 解析: (1)根据能量守恒定律,摩擦产生的内能 $Q =$

$$\frac{1}{2}m_2 v_0^2 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{m_1 m_2 v_0^2}{2(m_1 + m_2)}, \text{代入数据可得 } Q =$$

0.24 J。由计算过程可知,动摩擦因数不影响因摩擦产生的内能,若增大动摩擦因数,摩擦产生的内能不变。

(2)要使物块恰好不从小车右端滑出,需物块到小车右端时与小车有共同的速度 v' ,以向右为正方向,由动量守恒定律得

$$m_2 v_0' = (m_1 + m_2)v', \text{由能量守恒定律得 } \frac{1}{2}m_2 v_0'^2 =$$

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v'^2 + \mu m_2 g L, \text{解得 } v_0' = 5 \text{ m/s}.$$

答案: (1) 0.24 J 不会 (2) 5 m/s

典例 5 BC [由题可知,小球及小车组成的系统在水平方向上

动量守恒,当小球返回到小车的左端时,二者类似于弹性碰撞,

由于小球与小车的质量相等,二者交换速度,故此时小球的速度

为 0,小车的速度为 v_0 ,小球在重力的作用下做自由落体运动,故 A 错误, B 正确;根据动能定理可知,小球对小车所做的

功 $W = \Delta E_k = \frac{1}{2}Mv_0^2$,故 C 正确;设小球在圆弧轨道上上升的

最大高度为 h ,此时小球与小车水平方向共速,设速度为 v ,系

统在水平方向上动量守恒,则有 $Mv_0 = 2Mv$,根据能量守恒定

律可得 $\frac{1}{2}Mv_0^2 = Mgh + \frac{1}{2} \cdot 2Mv^2$,联立解得 $h = \frac{v_0^2}{4g}$,故 D

错误。]

进阶点 3

典例 6 BC [两个物块和弹簧组成的系统所受合力为 0,且只有

弹簧弹力做功,所以两个物块和弹簧组成的系统动量守恒,机

械能也守恒,故 A 错误;任意时刻物块 A 所受合力始终与物块

B 所受合力大小相等,都等于弹簧的弹力,根据 $F_{\text{合}} = ma$,物块

A 的质量是物块 B 的 $\frac{1}{2}$,可得任意时刻物块 A 加速度的大小

始终是物块 B 加速度大小的 2 倍,故 B 正确;当物块 A 和物块

B 共速时,两物块的动能最小,弹簧的弹性势能最大,根据动量

守恒定律得 $m_1 v_0 = (m_1 + m_2)v_{\text{共}}$,根据机械能守恒得 $\frac{1}{2}m_1 v_0^2 =$

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_{\text{共}}^2 + E_{\text{pm}}, \text{解得 } E_{\text{pm}} = 6 \text{ J}, \text{故 C 正确;取物块 A}$$

的初速度方向为正方向,设弹簧恢复原长时,物块 A 的速度为

v_1 ,物块 B 的速度为 v_2 , A、B 组成的系统动量守恒,有 $m_1 v_0 =$

$m_1 v_1 + m_2 v_2$,机械能守恒,有 $\frac{1}{2}m_1 v_0^2 = \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2$,

解得 $v_1 = -1 \text{ m/s}$,所以弹簧恢复原长时,物块 A 的速度大小

为 1 m/s,方向与初速度方向相反,水平向左,故 D 错误。]

第 37 课时

典例 1 解析: (1)实验要求小球从斜槽末端离开后做平抛运动,

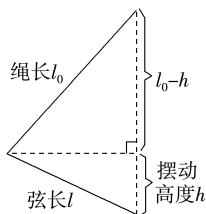
因此斜槽末端需要水平, A 正确;实验时需要选择半径相同的小

球发生一维对心碰撞, B 错误;为使碰撞后质量为 m_1 的小球

不反弹而从斜槽末端水平离开,需要用质量大的小球碰撞质量小的小球,C正确。

(2)利用圆规画圆,尽可能用最小的圆将某位置所有的落点圈在其中,这个圆的圆心位置即为平均落点;小球从斜槽末端飞出后均做平抛运动,下落高度相同,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知下落时间相同,则由 $x = vt$ 可知小球落地时的水平位移与离开斜槽末端的速度成正比,又由动量守恒定律有 $m_1v_P = m_1v_M + m_2v_N$,则有 $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$,故若关系式 $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$ 成立,即可验证碰撞前后动量守恒。

(3)小球摆动过程几何关系如图,由勾股定理可知 $l^2 - h^2 = l_0^2 - (l_0 - h)^2$,解得 $l^2 = 2l_0h$,则 $h = \frac{l^2}{2l_0}$,可知 $h \propto l^2$,设小球在最低点时的速度大小为 v ,则由动能定理有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $v^2 = 2gh$,可知 $v \propto \sqrt{h} \propto l$,规定水平向右为正方向,则小球碰撞过程由动量守恒定律有 $mv_1 = -mv_2 + Mv_3$,变形得 $ml_1 = -ml_2 + Ml_3$,故若 m, M, l_1, l_2, l_3 满足 $ml_1 = -ml_2 + Ml_3$,即可验证碰撞前后动量守恒。



答案:(1)AC (2)见解析 $m_1 \cdot OP = m_1 \cdot OM + m_2 \cdot ON$
(3) $ml_1 = -ml_2 + Ml_3$

典例2 解析:(1)由题图乙可知,两滑块在 $t = 2$ s 时发生碰撞。

1~2 s 滑块A做匀速运动,其速度大小为 $v_A = \frac{x}{t} \approx 0.30$ m/s。

(2)结合(1)可知,碰撞前瞬间滑块A的动量大小为

$$p_1 = m_A v_A = 0.090 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

碰撞后瞬间两滑块的速度大小为 $v_{AB} = \frac{x'}{t'} = 0.175$ m/s

故碰撞后两滑块(含粘扣和信号发射器)的总动量大小为

$$p' = (m_A + m_B)v_{AB} \approx 0.088 \text{ kg} \cdot \text{m/s}。$$

(3)由实验算得的数据可知,在误差允许范围内,两滑块碰撞前后动量守恒。

答案:(1)2 0.30 (2)0.090 0.088 (3)在误差允许的范围内,两滑块碰撞前后动量守恒

典例3 解析:(1)根据题意,由题图甲可知,小球的直径为 $d = 8 \text{ mm} + 26.0 \times 0.01 \text{ mm} = 8.260 \text{ mm}$ 。

(2)若已平衡小车在轨道甲上所受摩擦力及其他阻力,小车将在轨道甲上做匀速直线运动,通过两个光电门的速度相等,即通过光电门A和B的时间相等。

若两个小车发生弹性碰撞,由于两个小车的质量相等,则碰撞后两个小车的速度互换,即碰撞后小车1的速度等于碰撞前小

车2的速度,则 $t_2 = t_1$ 。

根据题意可知,碰撞前小车2的速度为 $v_0 = \frac{d}{\Delta t_1} =$

$$\frac{1 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-3}} \text{ m/s} = 1 \text{ m/s}$$

碰撞后,小车1和小车2的速度分别为 $v_1 = \frac{d}{\Delta t_2} = \frac{2}{3} \text{ m/s}, v_2 =$

$$= \frac{d}{\Delta t_3} = \frac{1}{3} \text{ m/s}$$

则碰撞后两小车总动能与碰撞前小车2动能的比值为 $\frac{E'_k}{E_k} =$

$$\frac{\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2}{\frac{1}{2}mv_0^2} = \frac{5}{9} \approx 0.56。$$

答案:(1)8.260(8.259~8.261 均可) (2)时间相等 = 0.56

典例4 解析:(1)由 $x-t$ 图像的斜率表示速度可知,两滑块的速度在 $t = 1.0$ s 时发生突变,即发生了碰撞。

(2)由 $x-t$ 图像斜率的绝对值表示速度大小可知,碰撞前瞬间

$$B \text{ 的速度大小 } v = \left| \frac{90 - 110}{1.0} \right| \text{ cm/s} = 0.20 \text{ m/s}。$$

(3)由题图乙可知,碰撞前A的速度大小 $v_A = 0.50$ m/s,碰撞后A的速度大小 $v'_A \approx 0.36$ m/s,由题图丙可知,碰撞后B的速度大小 $v' = 0.50$ m/s,对A和B的碰撞过程由动量守恒定律有 $m_A v_A + m_B v = m_A v'_A + m_B v'$,代入数据解得 $\frac{m_A}{m_B} \approx 2$,所以

质量为 200.0 g 的滑块是B。
答案:(1)1.0 (2)0.20 (3)B

第七章 机械振动 机械波

第38课时

考点1

1. (1)时间 (2)正比 平衡位置 (3)回复力 (4)平衡位置
平衡位置 效果 合力 分力

2. 最大距离 强弱 全振动 单位时间 快慢

情境辨析 (1)× (2)√ (3)× (4)× (5)√

典例1 B [设弹簧的形变量为 x ,根据牛顿第二定律可得,A、

B整体的加速度为 $a = \frac{kx}{m_1 + m_2}$,对A物体有 $F_f = m_1 a =$

$\frac{km_1}{m_1 + m_2}x$,所以作用在A物体上的静摩擦力大小为 F_f ,即回

复力的大小与位移大小之比为 $\frac{km_1}{m_1 + m_2}$,故A错误;把物体A

与滑块B看成一个整体,则其回复力满足 $F = -kx$,则回复力大小跟位移大小之比为 k ,故B正确;滑块B做简谐运动,回复力由弹簧的弹力和A对B的静摩擦力的合力提供,故C错误;根据题意知,物体间的静摩擦力最大时,其振幅最大,设为A,以A、B整体为研究对象,回复力由弹簧的弹力提供,由牛顿第

二定律有 $kA = (m_1 + m_2)a'$, 以 A 为研究对象, 由牛顿第二定律有 $\mu m_1 g = m_1 a'$, 联立解得振幅为 $A = \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{k}$, 故 D 错误。]

典例 2 AC [对小球施加向下的力使其偏离平衡位置, 在 $t=0$ 时由静止释放, 可知此时小球位于最低点, 且小球的运动可视为简谐运动, 周期为 T , 则小球在 $t=1.5T$ 时刻处于最高点位置, 此时位移最大, 方向向上(正方向), A 正确; 此时小球受到的回复力最大, 方向向下, 则小球的加速度最大, 方向向下(负方向), C 正确, D 错误; 此时小球的速度为 0, B 错误。]

典例 3 AD [经分析可知, 只要小球 a 不运动, 将小球 b 下拉 l 长度后由静止释放, 小球 b 始终做简谐运动, 且振幅为 l , B 错误; 系统静止时, 对小球 b 由平衡条件可得此时弹簧的伸长量 $x_1 = \frac{mg}{k}$, 当小球 a 恰好不运动时, 对小球 a 由平衡条件可知, 此时小球 b 运动到最高点且弹簧的压缩量 $x_2 = \frac{mg}{k}$, 此时小球 b 的振幅为 $\frac{2mg}{k}$, 所以当且仅当 $l \leq \frac{2mg}{k}$ 时, 小球 b 才能始终做简谐运动, C 错误, D 正确; 综上所述, 当 $l > \frac{2mg}{k}$ 时, 小球 a 会运动, A 正确。]

考点 2

- (1) $-kx$ (2) $A\sin(\omega t + \varphi_0)$ 初相位
- (1) 平衡位置 (2) 最大位移

情境辨析 (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\times$ (4) $\times$

典例 4 B [由题图可知, 影子 P 做简谐运动的振幅为 R , 以向上为正方向, 设 P 的振动方程为 $x = R\sin(\omega t + \varphi)$, 由题图可知, 当 $t=0$ 时, P 的位移为 R , 代入振动方程解得 $\varphi = \frac{\pi}{2}$, 则 P 做简谐运动的表达式为 $x = R\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$, 故 B 正确, A、C、D 错误。]

典例 5 D [由题图乙可知, $t=0$ 时, 手机加速度为 0, 则此时手机所受合力为 0, 可知此时弹簧弹力大小不为 0, A 错误; 由题图乙可知, $t=0.2$ s 时, 手机加速度向上, 则此时弹簧弹力向上且大于重力, 由胡克定律可知, 此时弹簧伸长量大于平衡位置弹簧的伸长量, 故此时手机处于平衡位置下方, B 错误; 从 $t=0$ 至 $t=0.2$ s, 手机由平衡位置向下运动, 又合力方向向上, 则合力对手机做负功, 由动能定理可知, 该过程手机的动能减小, C 错误; 由题图乙可知 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.8 \text{ s}} = 2.5\pi \text{ rad/s}$, 则 a 随 t 变化的关系式为 $a = 4\sin(2.5\pi t) \text{ m/s}^2$, D 正确。]

拓展思考 解析: 手机振动过程中, 弹簧和手机组成的系统只有重力做功, 系统机械能守恒, 但手机的机械能不守恒。

答案: 手机机械能不守恒。

考点 3

- 质量 直径

判断正误 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$ (4) $\times$

典例 6 C [根据题图可知, 单摆的周期 $T = 1.0\pi \text{ s} - 0.2\pi \text{ s} = 0.8\pi \text{ s}$, 结合单摆的周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ 可得单摆的摆长 $L = 1.6 \text{ m}$; 起始时刻, 单摆的位移最大, 加速度最大, 速度为 0, A、B 两点速度大小相等, 方向相反, A、C 两点速度相同, 故 A、B、D 错误, C 正确。]

典例 7 D [设细绳被铁钉卡住前、后单摆的周期分别为 T_1 和 T_2 , 由题图乙可知 $\frac{1}{4}T_1 = 2t_0$, $\frac{1}{2}T_2 = 2t_0$, 即 $\frac{T_1}{T_2} = 2$, 设 $O、O'$ 间距为 x , 则 $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l-x}{g}}$, 联立得 $x = \frac{3}{4}l$, 故选 D。]

考点 4

- 驱动力 驱动力 无关
- 相等

判断正误 (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\times$

典例 8 AC [若棒做自由振动, 则振动按照固有频率振动, 故 A 正确; 随着手振动的频率增大, 飞力士棒振动的频率随之增大, 但是幅度可能越来越小, 故 B 错误; 手振动频率为 $f = \frac{210}{60} \text{ Hz} = 3.5 \text{ Hz}$, 此时频率与固有频率相等, 飞力士棒发生共振, 故 C 正确; 负重头质量减小, PVC 软杆长度不变, 则其结构改变, 飞力士棒的固有频率会变化, 故 D 错误。]

典例 9 B [单摆做受迫振动的振幅最大时, 单摆的振动频率与固有频率相等, 由题图可知 $f_{\text{固}} = 0.5 \text{ Hz}$, 则此单摆的固有周期为 $T = \frac{1}{f} = 2 \text{ s}$, 根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, 可知此单摆的摆长为 $l = \frac{gT^2}{4\pi^2} \approx 1 \text{ m}$, 故 A 错误, B 正确; 若摆长增大, 由单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 可知, 单摆的固有周期增大, 则固有频率减小, 所以共振曲线的峰将向左移动, 故 C、D 错误。]

第 39 课时

典例 1 解析: (1) 单摆的摆长为 $L = l + \frac{d}{2} = 80.00 \text{ cm}$ 。

(2) 为减小实验计时误差, 需在球经过最低点时开始计时。

$$\text{单摆周期 } T = \frac{t}{n} = \frac{54}{30} \text{ s} = 1.8 \text{ s}$$

根据单摆周期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 可得 $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$, 代入数据得 $g \approx 9.88 \text{ m/s}^2$ 。

答案: (1) 80.00 (2) 最低 1.8 9.88

典例 2 解析: (1) 题图甲中螺旋测微器读数为 $0.6 \times 0.01 \text{ mm} = 0.006 \text{ mm}$; 题图乙中螺旋测微器读数为 $20.0 \text{ mm} + 3.5 \times 0.01 \text{ mm} = 20.035 \text{ mm}$, 摆球直径 $d = 20.035 \text{ mm} - 0.006 \text{ mm} = 20.029 \text{ mm}$ 。

(2)假设将角度盘放置在距离悬点极近位置,摆球摆动时,角度盘显示角度小于实际摆动角度,故实际摆角大于 5° 。

(3)摆长 $L=s+\frac{1}{2}d=81.50\text{ cm}+\frac{1}{2}\times 2.0029\text{ cm}\approx 82.5\text{ cm}$ 。

从摆球第1次经过最低点到第61次经过最低点一共经历30个周期,周期 $T=\frac{54.60}{30}\text{ s}=1.82\text{ s}$,根据单摆周期公式 $T=$

$2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$,得 $g=\frac{4\pi^2 L}{T^2}=\frac{4\times 9.870\times 0.825}{1.82^2}\text{ m/s}^2\approx 9.83\text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)0.006(0.005~0.007均可) 20.035(20.034~20.036均可) 20.029(20.027~20.031均可) (2)大于
(3)82.5 1.82 9.83

典例3 解析:(1)单摆摆动过程中,在最低点绳子的拉力最大,相邻两次拉力最大的时间间隔为半个周期。由题图乙可知,从起始值到终止值经历的时间间隔

$\Delta t=7.6530\text{ s}-1.1277\text{ s}=6.5253\text{ s}$

则有 $\Delta t=10\cdot\frac{T}{2}$,解得 $T\approx 1.31\text{ s}$

由题可得 $(n-1)\frac{T}{2}=t$,解得周期为 $T=\frac{2t}{n-1}$ 。

(2)设小钢球重心到摆线下端的高度差为 h ,则摆长为 $L=h+l$

根据单摆周期公式 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$,可得 $T=2\pi\sqrt{\frac{h+l}{g}}$

变形得 $l=\frac{g}{4\pi^2}T^2-h$,可得 $l-T^2$ 图像的斜率为 $k=\frac{g}{4\pi^2}$

解得 $g=4\pi^2 k$

当 $T^2=b$ 时 $l=0$,则有 $0=\frac{g}{4\pi^2}\times b-h$

解得小钢球重心到摆线下端的高度差 $h=kb$ 。

(3)存在阻力,导致实际测出的周期大于理想情况下的周期, g 的测量值小于真实值。

答案:(1) $1.31\frac{2t}{n-1}$ (2) $4\pi^2 k$ kb (3)见解析

典例4 解析:(1)根据刻度尺的读数规则可知 $D=7.55\text{ cm}$ 。

(2)结合单摆的运动分析可知,积木左端与 O 点等高后,向下(向上)运动后再次与 O 点等高,之后向上(向下)运动后又一次与 O 点等高,此过程为一个周期,则题述过程中积木摆动了10个周期。

(3)根据题图丁有 $\ln T=k\ln D+b$,其中 $k=\frac{-0.50-(-1.00)}{2.80-1.80}=\frac{1}{2}$,则有 $\ln T=\frac{1}{2}\ln D+b=\ln\sqrt{D}+b$,

根据数学知识可得 T 与 D 的近似关系为 $T\propto\sqrt{D}$,A正确。

(4)可以多次测量同一颜色的积木的周期求平均值,从而减小实验误差。

答案:(1)7.55(7.54~7.56均可) (2)10

(3)A (4)多次测量同一颜色的积木的周期求平均值

第40课时

考点1

1. (1)波源 (2)介质

2. (1)能量 (2)迁移

3. (1)垂直 (2)平行

4. (1)相同 波长 波长 (2)波源 (3)介质 (4) λf

5. (1)平衡位置 位移 (2)平衡位置

情境辨析 (1) $\checkmark$ (2) $\checkmark$ (3) $\checkmark$ (4) $\times$

典例1 B [机械波的波速 v 不变,设 $OA=2AB=2L$,可得

$t_1=\frac{2L}{v}, t_{AB}=\frac{L}{v}=\frac{1}{2}t_1$,故 B 振动的时刻为 $t=t_1+t_{AB}=\frac{3}{2}t_1$,故选B。]

典例2 D [由题意可知 $x_{AB}=\frac{3}{2}\lambda$,则该波的波长为 $\lambda=4\text{ m}$,A

错误;根据题意可知该波的周期 $T=1\text{ s}$,结合A项分析可得该波的波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=4\text{ m/s}$,B错误;由于 t_0 时刻A点、B点分别位于波谷、波峰位置,则 t_0 时刻A点、B点的速度均为0,从 t_0 时刻到 $t_0+0.25\text{ s}$ 时刻,B点振动了 $\frac{1}{4}$ 个周期,运动至平衡位置,速度最大,C错误;从 t_0 时刻到 $t_0+0.5\text{ s}$ 时刻,A点振动了 $\frac{1}{2}$ 个周期,运动至波峰位置,速度为0,D正确。]

典例3 B [由题图可知,该波上质点的振动方向与波的传播方向垂直,是横波,故A错误;由题图,根据同侧法可知,质点P开始振动的方向向上,则质点S开始振动时向上运动,故B正确;由题图可知,S、P两质点平衡位置间的距离为 $\frac{3}{2}\lambda$,则两质点振动步调相反,故C错误;质点不随波传播,只在平衡位置附近上下振动,故D错误。]

典例4 BD [由题图可知,甲波的波长 $\lambda_{\text{甲}}=4\text{ m}$,由 $v=\frac{\lambda}{T}$ 可知,甲波的周期 $T_{\text{甲}}=4\text{ s}$,A错误;设 $t=0$ 时刻乙波的波形图表达式为 $y=A\sin(\frac{2\pi}{\lambda_{\text{乙}}}x+\varphi)$,结合题图有 $\sin(\frac{2\pi}{\lambda_{\text{乙}}}\times 2+\varphi)=\frac{1}{2}$, $\sin(\frac{2\pi}{\lambda_{\text{乙}}}\times 6+\varphi)=\frac{1}{2}$,且 $4\text{ m}<\lambda_{\text{乙}}<8\text{ m}$,即 $\frac{\lambda_{\text{乙}}}{2}+\frac{\lambda_{\text{乙}}}{12}\times 2=\frac{4}{6}\lambda_{\text{乙}}=4\text{ m}$,解得乙波的波长为 $\lambda_{\text{乙}}=6\text{ m}$,B正确;结合题图由同侧法可知, $t=0$ 时刻M向y轴正方向运动,则 $t=6\text{ s}=\frac{3}{2}T_{\text{甲}}$ 时刻,M向y轴负方向运动,C错误;结合B项分析和 $v=\frac{\lambda}{T}$ 可知,乙波的周期为 $T_{\text{乙}}=6\text{ s}$,由题图可知 $t=0$ 时刻N向y轴负方向运动,则 $t=6\text{ s}=T_{\text{乙}}$ 时刻,N向y轴负方向运动,D正确。]

考点2

典例5 ABE [由波的图像可知 $\lambda=4\text{ m}$,由振动图像可知 $T=2\text{ s}$,则波速 $v=\frac{\lambda}{T}=2\text{ m/s}$,A正确;由题图乙可知质点P在 $t=0$ 时刻向下运动,在题图甲中,根据同侧法可判断简谐横波向左传播,B正确;由题图甲可知振幅为 5 cm ,C错误; $0\sim 7\text{ s}$,质点振动 $3\frac{1}{2}T$, $x=3\text{ m}$ 处的质点将运动到正向最大位移处,

D 错误;质点 P 在一个周期内运动的路程为 $4A$, 所以 $0 \sim 7 \text{ s}$,

质点 P 运动的路程为 $3 \times \frac{1}{2} \times 4A = 70 \text{ cm}$, E 正确。]

典例 6 A [a 、 b 两质点平衡位置的距
离 $\Delta x = (120 + \frac{40}{3}) \text{ cm} = \frac{4}{3} \lambda = \lambda +$

$\frac{\lambda}{3}$, a 质点的振动情况和 b 质点左侧与 b 质点的平衡位置相差
 $\frac{\lambda}{3}$ 的质点的振动情况相同, 由波向 x 轴正方向传播, 某时刻 b
质点的位移为 $y = 4 \text{ cm}$, 且向 y 轴正方向运动, 可推出 a 、 b 两
质点之间的波形如图所示, 此刻 a 质点向下振动, 速度增大, 且
此刻 a 质点与 b 质点位移相同, 为 $y = 4 \text{ cm}$, 振动图像为 A, 故
A 正确, B、C、D 错误。]

第 41 课时

考点 1

典例 1 D [由题图可知波长为 10 cm , 故 A 错误; $t = 0$ 时刻到
 $t = 0.5 \text{ s}$ 的过程中, $\Delta t = nT + \frac{3}{4}T$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), 已知波的
周期 $T > 0.5 \text{ s}$, 解得 n 只能取 0, 则 $T = \frac{2}{3} \text{ s}$, 波速为 $v = \frac{\lambda}{T} =$
 15 cm/s , 故 B、C 错误; 简谐横波沿着 x 轴正方向传播, 根据同
侧法可知 $t = 0$ 时刻, 质点 M 向下振动, 故 D 正确。]

典例 2 CD [根据振动图像可知当波的传播方向为 a 到 b 时,
 $x_{ab} = \frac{1}{4}\lambda + n\lambda$ ($n = 0, 1, 2, \dots$), $\lambda > 1 \text{ m}$, 解得 $n = 0$ 或 1, 即 x_{ab}
 $= \frac{1}{4}\lambda$ 或 $\frac{5}{4}\lambda$, 当波的传播方向为 b 到 a 时, $x_{ab} = \frac{3}{4}\lambda + n\lambda$
($n = 0, 1, 2, \dots$), $\lambda > 1 \text{ m}$, 解得 $n = 0$ 或 1, 即 $x_{ab} = \frac{3}{4}\lambda$ 或 $\frac{7}{4}\lambda$,
同时 $t = 0$ 时, a 处于平衡位置, b 处于波谷位置, 结合图像可知
C、D 符合, 故选 CD。]

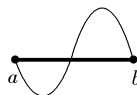
典例 3 C [由题图乙可知, 波源的振幅和周期分别为 $A =$
 2 cm 、 $T = 4 \text{ s}$, 则圆频率为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2} \text{ rad/s}$, 所以, 波源的振
动方程为 $x = A \sin \omega t = 2 \sin \frac{\pi}{2} t$ (cm), 故 A 错误。由题可知
 $t = 40 \text{ s} = 10T$, 故路程为 $s = 10 \times 4A = 80 \text{ cm}$, 故 B 错误。第 1
种情况, 如图示:



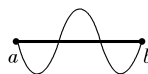
则 $x = \frac{\lambda}{2}$, 此时波速为 $v_1 = \frac{\lambda}{T} = 15 \text{ m/s}$; 第 2 种情况, 如图
所示:



则 $x = \lambda$, 此时波速为 $v_2 = \frac{\lambda}{T} = 7.5 \text{ m/s}$; 第 3 种情况, 如图
所示:



则 $x = \lambda$, 此时波速为 $v_3 = \frac{\lambda}{T} = 7.5 \text{ m/s}$; 第 4 种情况, 如图所示:



则 $x = \frac{3\lambda}{2}$, 此时波速为 $v_4 = \frac{\lambda}{T} = 5 \text{ m/s}$ 。综上, 该简谐横波传
播速度大小的可能值为 15 m/s 、 7.5 m/s 、 5 m/s , 故 C 正确, D
错误。]

考点 2

2. (1) 加强 (2) 减弱

5. (1) 靠近 (2) 远离 (3) 频率

判断正误 (1) $\times$ (2) $\times$ (3) $\checkmark$

典例 4 B [根据多普勒效应可知, 探测器接收到的回声频率与
被探测物相对探测器运动的速度有关, 而两列声波发生干涉的
条件是频率相等, 所以两列声波相遇时不一定发生干涉, 故 A、
D 错误; 声波由水中传播到空气中时, 声波的波速发生变化, 所
以波长会发生改变, 故 B 正确; 根据波长的计算公式可得 $\lambda =$
 $\frac{v}{f} = \frac{1500}{1.5 \times 10^6} \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$, 当遇到尺寸约 1 m 的被探测物
时不会发生明显衍射, 故 C 错误。]

典例 5 D [对于粒子而言, 德布罗意波长 λ 决定了其波动性,
衍射的明显程度通常与波长 λ 和狭缝宽度 d 的比值相关, 当
 $\frac{\lambda}{d}$ 接近或大于 1 时, 产生明显衍射现象, 则可知电子的衍射现
象最明显, 故选 D。]

典例 6 C [由于 P 点位于其最大正位移处, 所以 P 点位于波
峰与波峰的交点, 故 B、D 错误; 由题图可知, 两列波分别向左、
上传播, 沿左上 $\rightarrow$ 右下将减弱点连线, 则连线上的点均为振
动减弱点, 故 A 错误, C 正确。]

典例 7 AD [根据波速、波长与频率间的关系 $v = \lambda f$ 得 $\lambda = \frac{v}{f}$
 $= 4 \text{ m}$, A 正确; 根据几何关系可知, $s_{BC} = \sqrt{s_{AB}^2 + s_{AC}^2} = 5 \text{ m}$, 则
 B 处波源形成的波传播至 C 点所需的时间 $t_{BC} = \frac{s_{BC}}{v} = 0.5 \text{ s}$, A
处波源形成的波传播至 C 点所需的时间 $t_{AC} = \frac{s_{AC}}{v} = 0.3 \text{ s}$, 故
 $t = 0.4 \text{ s}$ 时, 只有 A 处波源形成的波传播到了 C 点, 且 C 处质
点振动了 $0.1 \text{ s} = 0.1 \times 2.5 T = \frac{T}{4}$, 即此时 C 处质点振动到了
最大位移处, 加速度最大, 速度为 0, B、C 错误; $t = 0.6 \text{ s}$ 时, A
处波源与 B 处波源形成的波均传播到了 C 点, A 处波源形成
的波使 C 点振动了 $0.3 \text{ s} = 0.3 \times 2.5 T = \frac{3T}{4}$, B 处波源形成的
波使 C 点振动了 $0.1 \text{ s} = 0.1 \times 2.5 T = \frac{T}{4}$, 又两波源产生的波
振幅相同, 起振方向相同, 根据波的叠加, 可知 C 处质点静止,
即速度为 0, D 正确。]