

1 概念理解与深化

专题 1 冰壶滑行之道

1. C

【解析】

冰壶被掷出之后，冰壶在冰面上滑行时受到冰面的摩擦阻力作用，摩擦力不断改变冰壶的运动状态，速度不断减小，故选项 A 错误；阻力是一种力，惯性是一种性质，是不同的物理量，不能比较大小，故选项 B 错误；冰壶投掷前，运动员对冰壶做功，使冰壶获得一定的速度，具有一定的动能，故选项 C 正确；运动员用毛刷“刷擦”冰壶运行前方的冰面，使冰面熔化，减小冰壶和冰面之间的摩擦力，故选项 D 错误。

2. BD

【解析】

由图可知，甲的速度一直大于乙的速度，所以中途不可能出现甲、乙船头并齐现象，故选项 A 错误；由图可知，开始丙的速度大，后来甲的速度大，速度图像中图像与横轴围成的面积表示位移，由图可以判断在中途甲、丙位移会相同，所以在中途甲、丙船头会并齐，故选项 B 正确；由图可知，丁一直运动在甲的前面，所以中途不可能出现甲、丁船头并齐现象，故选项 C 错误；位移图像的交点表示相遇，所以甲、戊在中途船头会齐，故选项 D 正确。

3. (1) $t_1 = 4 \text{ s}$; (2) 20 s ; (3) $v = 5\sqrt{5} \text{ m/s}$

【解析】

(1) 根据平均速度 $\bar{v} = \frac{s}{t}$ ，解得刹车时间

$$t_1 = 4 \text{ s}$$

(2) 小朋友过斑马线的时间 $t_2 = \frac{l+L}{v_0}$ ，等待时间

$$t = t_2 - t_1 = 20 \text{ s}$$

(3) 根据 $v_2^2 - v^2 = 2as$ ，解得

$$v = 5\sqrt{5} \text{ m/s}$$

专题2 投篮的物理原理

1. C

【解析】

斜抛运动加速度不变，竖直向下，可知速度变化量的方向竖直向下，由矢量三角形知，矢量的变化方向应沿竖直方向，故选项 C 正确。

$$2. \sqrt{5}l; \sqrt{5}l; \sqrt{2}; \frac{\sqrt{17gl}}{2}; \frac{\sqrt{16gl}}{2}$$

【解析】

初位置到末位置的有向线段即为位移大小，根据勾股定理有， $s_A = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l$ ， $s_B = \sqrt{l^2 + (2l)^2} = \sqrt{5}l$ ；平抛运动运动的时间由高度决定，即 $t_A = \sqrt{\frac{2 \times 2l}{g}} = \sqrt{2} \times \sqrt{\frac{2l}{g}}$ ， $t_B = \sqrt{\frac{2 \times l}{g}} = \sqrt{\frac{2l}{g}}$ ，则 $t_A : t_B = \sqrt{2}$ ；平抛运动，在水平方向上做匀速直线运动，则 $v_{xA} = \frac{l}{t_A} = \frac{\sqrt{gl}}{2}$ ， $v_{xB} = \frac{2l}{t_B} = \sqrt{2gl}$ ，小球 A、B 在竖直方向上的速度分别为 $v_{yA} = 2\sqrt{gl}$ ， $v_{yB} = \sqrt{2gl}$ ，根据速度合成法则得 $v_A = \frac{\sqrt{17gl}}{2}$ ， $v_B = 2\sqrt{gl} = \frac{\sqrt{16gl}}{2}$ 。

3. x 坐标区间 $[34 \text{ m}, 36 \text{ m}]$

【解析】

平抛运动的时间为 t ，则由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，解得 $t = 2 \text{ s}$ 。① 若释放鸟蛤的初速度为 $v_1 = 15 \text{ m/s}$ ，设击中岩石左端时，释放点的 x 坐标为 x_1 ，击中右端时，释放点的 x 坐标为 x_2 ，得 $x_1 = v_1 t$ ， $x_2 = x_1 + L$ ，代入数据得 $x_1 = 30 \text{ m}$ ， $x_2 = 36 \text{ m}$ ；② 若释放鸟蛤时的初速度为 $v_2 = 17 \text{ m/s}$ ，设击中岩石左端时，释放点的 x 坐标为 x_1' ，击中右端时，释放点的 x 坐标为 x_2' ，得 $x_1' = v_2 t$ ， $x_2' = x_1' + L$ ，代入数据得 $x_1' = 34 \text{ m}$ ， $x_2' = 40 \text{ m}$ 。综上得 x 坐标区间 $[34 \text{ m}, 36 \text{ m}]$ 。

专题3 神奇的水桶

1. BC

【解析】

甲球运动时， $a = kr$ ，向心加速度与半径成正比，则其角速度大小保持不变，故选项 B 正确；乙球运动时，向心加速度与半径成反，即 $a = \frac{k'}{r}$ ，故其线速度大小保持不变，选项 C 正确。

2. D

【解析】

物块受到的摩擦力小于等于最大静摩擦力, 即 $mg \leq 2F$ 。物块向右匀速运动时, 物块处于平衡状态, 绳子中的张力 $T = mg \leq 2F$, 故选项 A 错误; 小环碰到钉子时, 物块做圆周运动, 根据牛顿第二定律和向心力公式有: $T - mg = \frac{mv^2}{L}$, 则

$$T = mg + \frac{mv^2}{L}$$

所以绳子中的张力与 $2F$ 大小关系不确定, 选项 B 错误; 物块运动到达最高点, 根据动能定理有 $-Mgh = 0 - \frac{1}{2}Mv^2$, 则最大高度 $h = \frac{v^2}{2g}$, 选项 C 错误; 环碰到钉子后, 物块做圆周运动, 在最低点, 物块与夹子间的静摩擦力达到最大值时速度最大, 由牛顿第二定律知: $2F - mg = \frac{mv^2}{L}$, 故最大速度

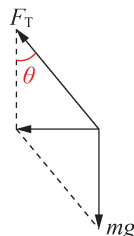
$$v = \sqrt{\frac{(2F - mg)L}{m}}$$

所以选项 D 正确。

3. 见解答

【解析】

(1) 小球刚好离开锥面, 则小球只受到重力和细线拉力, 如图所示, 小球做匀速圆周运动的轨迹圆在水平面上, 故向心力水平, 在水平方向运用牛顿第二定律及向心力公式得 $mg \tan \theta = m\omega_0^2 l \sin \theta$, 得 $\omega_0^2 = \frac{g}{l \cos \theta}$ 即



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}} = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ rad/s}$$

(2) 当细线与竖直方向成 60° 角时, 由牛顿第二定律及向心力公式 $mg \tan \alpha = m\omega'^2 l \sin \alpha$, 解得 $\omega'^2 = \frac{g}{l \cos \alpha}$, 即

$$\omega' = \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}} = 2\sqrt{5} \text{ rad/s}$$

专题 4 “嫦娥奔月” 成功的奥秘

1. A

【解析】

由开普勒第三定律 $\frac{R^3}{T^2} = \frac{\left(\frac{R+7R}{2}\right)^3}{T_1^2}$, 解得 $T_1 = 8$ 年, 故选项 A 正确。

2. $\frac{k}{b}$; $\frac{k}{G}$; $\sqrt{b}$

【解析】

卫星绕行星做匀速圆周运动，由万有引力提供向心力，则有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ，得 $v^2 = GM \cdot \frac{1}{r}$ ，设行星的半径为 R ，由图知，当 $r=R$ 时， $v^2=b$ ， $GM=k$ ，解得 $R=\frac{k}{b}$ 。由 $GM=k$ ，得行星的质量为 $M=\frac{k}{G}$ 。卫星在行星表面做匀速圆周运动时，运行速度为第一宇宙速度 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R}$ ，解得第一宇宙速度 $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{b}$ 。

专题 5 力的行为差异

1. D

【解析】

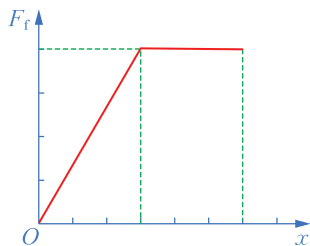
发生相互作用的物体均会发生形变，故选项 A 错误；发生形变的物体为了恢复原状，会对与它接触的物体产生弹力的作用，故运动员受到的支持力是跳板发生形变而产生的，选项 B 错误；在最低点时，运动员虽然处于瞬时静止状态，但接着运动员要加速上升，故此时跳板对运动员的支持力大于运动员的重力，选项 C 错误，选项 D 正确。

2. D

【解析】

第 1 张牌相对于手指的运动方向与手指的运动方向相反，则受到手指的滑动摩擦力方向与手指的运动方向相同，故选项 A 错误；设手指对第 1 张牌的压力为 F ，对第 2 张牌分析，第 3 张牌对它的最大静摩擦力 $f_3 = \mu_2(2mg + F)$ ，而受到的第 1 张牌的最大静摩擦力为 $f_1 = \mu_2(mg + F) < f_3$ ，第 2 张牌与第 3 张牌之间不发生相对滑动；同理，第 3 张牌以下相邻两张牌之间也不发生相对滑动，选项 B、C 错误；桌面对第 54 张牌的最大静摩擦力 $f_{\text{静max}} = \mu_3(F + 54mg)$ ，第 53 张牌对它的最大静摩擦力 $f_{53} = \mu_2(F + 53mg) < f_{\text{静max}}$ ，第 54 张牌相对桌面静止，由整体法可判断，其受到桌面的静摩擦力方向向左，选项 D 正确。

3. 如图所示



专题6 “飞来石”的平衡问题

1. B

【解析】

以 B 为研究对象

$$2F_{T1} \cos \alpha = Mg \quad ①$$

以 B 和 A 整体为研究对象，则

$$2F_{T2} \cos \beta = (m+M)g \quad ②$$

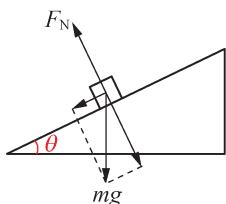
$$F_{T1} \sin \alpha = F_{T2} \sin \beta \quad ③$$

由①②③得 $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{m+M}{M}$ ，故选项 B 满足题设要求。

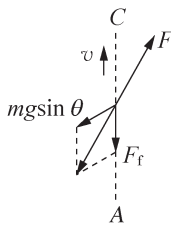
2. A

【解析】

对物块受力分析，如图甲、乙所示，重力沿斜面向下的分力为 $mg \sin \theta$ ，支持力 $F_N = mg \cos \theta$ ，滑动摩擦力 $F_f = \mu F_N = mg \sin \theta$ ，则拉力 $F = 2mg \sin \theta \cos \frac{\theta}{2}$ ，故 A 正确。



甲



乙

3. (1) $\frac{3}{2}\mu mg < F \leq 3\mu mg$; (2) $\frac{1}{2}\mu g$

【解析】

(1) 设 B 对 A 的摩擦力为 F_{f1} ，A 对 B 的摩擦力为 F_{f2} ，地面对 B 的摩擦力为 F_{f3} ，由牛顿第三定律可知 F_{f1} 与 F_{f2} 大小相等，方向相反， F_{f1} 和 F_{f2} 的最大值均为 $2\mu mg$ ， F_{f3} 的最大值为 $\frac{3}{2}\mu mg$ ，故当 $0 < F \leq \frac{3}{2}\mu mg$ 时，A、B 均保持静止；继续增大 F ，在一定范围内 A、B 将相对静止以共同的加速度开始运动，设当 A、B 恰好发生相对滑动时的拉力为 F' ，加速度为 a' ，则对 A，有 $F' - 2\mu mg = 2ma'$ ，对 A、B 整体，有 $F' - \frac{3}{2}\mu mg = 3ma'$ ，解得 $F' = 3\mu mg$ ，故当 $\frac{3}{2}\mu mg < F \leq 3\mu mg$ 时，A 相对于 B 静止，二者以共同的加

速度开始运动；当 $F > 3\mu mg$ 时，A 相对于 B 滑动。

(2) 对 B 来说，其所受合力的最大值 $F_{\text{Bm}} = 2\mu mg - \frac{3}{2}\mu mg = \frac{1}{2}\mu mg$ ，可得 B 的加速度不会超过 $\frac{1}{2}\mu g$ ，即

$$a_{\text{max}} = \frac{1}{2}\mu g$$

专题 7 空间站里测质量

1. C

【解析】

由题图(b)可知，在 $0 \sim 2t_0$ 时间内，物块先处于超重状态，后处于失重状态，故 A 错误；由题图(b)可知，在 $t_0 \sim 3t_0$ 时间内，物块先处于超重状态，后处于失重状态，故 B 错误；由题图(b)可知， $t = t_0$ 时刻，物块所受的支持力大小为 mg ，则 C 正确；由题图(b)可知， $t = 3t_0$ 时刻，物块所受的支持力大小为 mg ，故 D 错误。

2. D

【解析】

物体上升过程中 $mg + kv = ma_{\uparrow}$ ，则随速度的减小，加速度减小，最高点时加速度大小为 g ，物体下降过程中 $mg - kv = ma_{\downarrow}$ ，则随速度的增加，加速度减小；因 $v-t$ 图象的斜率等于加速度，可知图象 D 符合题意。

$$3. m = \frac{F_2(m_1 + 2m_2)}{F_1 - F_2}$$

【解析】

以整体为研究对象，由牛顿第二运动定律有 $F_1 = (m_1 + 2m_2 + m)a$ ；隔离 B 物体，牛顿第二运动定律有 $F_2 = ma$ ；联立 2 个方程解得

$$m = \frac{F_2(m_1 + 2m_2)}{F_1 - F_2}$$

专题 8 亚里斯多德的难题

1. 1; 2

【解析】

设物体的质量为 m ，则物体在上升过程中，受到竖直向下的重力 mg 和竖直向下的外力为 F ，由动能定理结合题图可得 $-(mg + F) \times 3 \text{ m} = (36 - 72) \text{ J}$ ；物体在下落过程中，受到竖直向下的重力 mg 和竖直向上的外力 F ，再由动能定理结合题图可得 $(mg - F) \times 3 \text{ m} = (48 - 24) \text{ J}$ ，联立解得

$$m=1\text{ kg}, F=2\text{ N}$$

2. 2; 16; 80

【解析】

根据题意可知遥控车在 11 s 末撤去牵引力后, 小车只在阻力 F_f 作用下做匀减速直线运动, 设其加速度大小为 a , 根据图象可知 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=2\text{ m/s}^2$, 根据牛顿第二定律有

$$F_f=ma=2\text{ N}$$

设小车在匀速运动阶段的牵引力为 F , 则 $F=F_f$, 由图可知 $v_m=8\text{ m/s}$, 则有

$$P=Fv_m=16\text{ W}$$

在 2~9 s 内的变加速过程, $\Delta t=7\text{ s}$, 由动能定理可得 $P\Delta t-fx_2=\frac{1}{2}mv_m^2-\frac{1}{2}mv_x^2$, 解得 $x_2=44\text{ m}$; 0~2 s 内通过的路程为 $x_1=\frac{4}{2}\times 2\text{ m}=4\text{ m}$; 9~11 s 内小车做匀速直线运动通过的路程为 $x_3=8\times 2\text{ m}=16\text{ m}$; 11~15 s 内通过的路程为 $x_4=\frac{8}{2}\times 4\text{ m}=16\text{ m}$, 则小车在 0~15 s 内通过的距离是

$$x=x_1+x_2+x_3+x_4=80\text{ m}$$

3. (1) 0.521; (2) 24.4 J

【解析】

(1) 物块从 A 点到被弹簧弹到 D 点的过程中, 弹簧弹性势能没有发生变化, 机械能的减少量全部用来克服摩擦力做功, 即 $\frac{1}{2}mv_0^2+mg\cdot AD\cdot \sin\theta=\mu mg\cos\theta\cdot (AB+2BC+BD)$, 代入数据解得

$$\mu=0.521$$

(2) 物块由 A 到 C 的过程中, 动能减少量 $\Delta E_k=\frac{1}{2}mv_0^2$, 重力势能减少量 $\Delta E_p=mg\sin 37^\circ\cdot AC$, 摩擦产生的热量 $Q=\mu mg\cos 37^\circ\cdot AC$, 由功和能之间的关系可得弹簧的最大弹性势能为

$$E_{pm}=\Delta E_k+\Delta E_p-Q\approx 24.4\text{ J}$$

专题 9 胸口碎大石的奥秘

1. C

【解析】

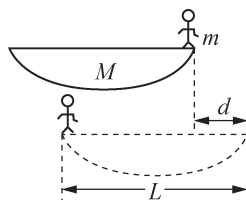
设足球自由下落 80 cm 时的速度为 v_1 , 时间为 t_1 , 有 $v_1=\sqrt{2gh}=4\text{ m/s}$, $t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}$

$=0.4\text{ s}$, 反弹后做竖直上抛运动, 而上升的最大高度也为 80 cm , 根据运动的对称性可知上抛的初速度 $v_2=v_1=4\text{ m/s}$, 上升的时间 $t_2=t_1=0.4\text{ s}$; 对足球与人接触的过程, $\Delta t=0.1\text{ s}$, 取向上为正, 由动量定理有 $(F-mg)\cdot\Delta t=mv_2-(-mv_1)=\Delta p$, 解得 $F=36\text{ N}$, $\Delta p=3.2\text{ kg}\cdot\text{m/s}$, 即头部对足球的平均作用力为 36 N , 而足球的重力为 4 N , 则头部对足球的平均作用力是重力的 9 倍, 此过程的动量变化量大小为 $\Delta p=3.2\text{ kg}\cdot\text{m/s}$, 故选项 A 错误, 选项 C 正确; 足球刚接触头部时的动量为 $p_1=mv_1=1.6\text{ kg}\cdot\text{m/s}$, 故选项 B 错误; 足球运动的全过程, 所受重力的冲量为 $I_G=mg(t_1+\Delta t+t_2)=3.6\text{ N}\cdot\text{s}$, 故选项 D 错误。

2. A

【解析】

画出如图所示的草图, 设人走动时船的速度大小为 v , 人的速度大小为 v' , 船的质量为 M , 人从船尾走到船头所用时间为 t 。则 $v=\frac{d}{t}$, $v'=\frac{L-d}{t}$; 人和船组成的系统在水平方向上动量守恒, 取船的速度方向为正方向, 根据动量守恒定律得 $Mv-mv'=0$, 解得船的质量 $M=\frac{m(L-d)}{d}$, 故选项 A 正确。



3. (1) $\frac{1}{g}\sqrt{\frac{2E}{m}}$; (2) $\frac{2E}{mg}$

【解析】

(1) 设烟花弹上升的初速度为 v_0 , 由题给条件有 $E=\frac{1}{2}mv_0^2$, 设烟花弹从地面开始上升到火药爆炸所用的时间为 t , 由运动学公式有 $0-v_0=-gt$, 得

$$t=\frac{1}{g}\sqrt{\frac{2E}{m}}$$

(2) 设爆炸时烟花弹距地面的高度为 h_1 , 由机械能守恒定律有 $E=mgh_1$, 火药爆炸后, 烟花弹上、下两部分均沿竖直方向运动, 设爆炸后瞬间其速度分别为 v_1 和 v_2 。由题给条件和动量守恒定律有 $\frac{1}{4}mv_1^2+\frac{1}{4}mv_2^2=E$, $\frac{1}{2}mv_1+\frac{1}{2}mv_2=0$; 烟花弹两部分的速度方向相反, 向上运动的部分做竖直上抛运动。设爆炸后烟花弹向上运动的部分继续上升的高度为 h_2 , 由机械能守恒定律有 $\frac{1}{4}mv_1^2=\frac{1}{2}mgh_2$, 烟花弹向上运动的部分距地面的最大高度

$$h=h_1+h_2=\frac{2E}{mg}$$

专题 10 达芬奇的水波

1. C

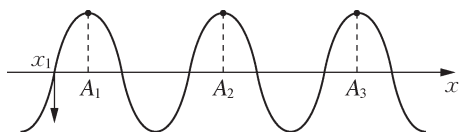
【解析】

题图(a)是 $t=0.2\text{ s}$ 时的波形图, 题图(b)是 P 质点的振动图象, 在 $t=0.2\text{ s}$ 时, 质点 P 沿 y 轴负方向传播, 根据波动规律可知, 波沿 x 轴负方向传播, 故 A 错误; 由题图(a)确定波长 $\lambda=6.0\text{ m}$, 由题图(b)确定周期 $T=0.4\text{ s}$, 根据波长、波速和周期的关系可知 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{6.0}{0.4}\text{ m/s}=15\text{ m/s}$, 故 B 错误; $t=0.2\text{ s}$ 时, 质点 Q 处于波峰, 则 $t=0.1\text{ s}=\frac{T}{4}$ 时, 质点 Q 处于平衡位置向上振动, 故 C 正确; 质点 P 、 Q 的平衡位置相隔 $\frac{3}{4}\lambda$, 当质点 P 、 Q 关于波谷或波峰对称分布时, 位置相同, 加速度相同, 故 D 错误。

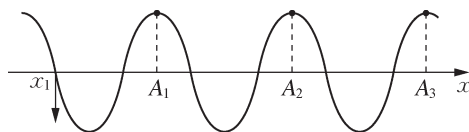
2. BC

【解析】

由题图可知周期 $T=4\text{ s}$, 零时刻 x_1 处质点在平衡位置且向下振动, 而 x_2 处质点在正的最大位移处。① 该列波若沿 x 轴正方向传播, 其波形如图(c)所示, x_2 处质点的平衡位置可能在 A_1 或 A_2 或 A_3 ……



(c)



(d)

则有 $x_2 - x_1 = \left(n + \frac{1}{4}\right)\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 得波速表达式 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\frac{x_2 - x_1}{n + \frac{1}{4}}}{T} = \frac{6}{4n+1}$ ($n=0, 1, 2, \dots$), 当 $n=0$ 时, $v=6\text{ m/s}$; 当 $n=1$ 时, $v=1.2\text{ m/s}$ 。故选项 C 正确。

② 若该列波沿 x 轴负方向传播, 其波形如图(d)所示。

则有 $x_2 - x_1 = \left(n + \frac{3}{4}\right)\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$), 得 $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{\frac{x_2 - x_1}{n + \frac{3}{4}}}{T} = \frac{6}{4n+3}$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 当 $n=0$ 时, $v=2\text{ m/s}$; 当 $n=1$ 时, $v \approx 0.86\text{ m/s}$ 。所以选项 B 正确。

3. (1) 沿 x 轴的正方向; (2) 13 m/s

【解析】

(1) 由题意, $x=0$ 处的质点在 $0\sim 1\text{ s}$ 的时间内通过的路程为 $s=4A+0.5=4.5\text{ cm}$, 则结合图可知: $t=0$ 时刻 $x=0$ 处的质点沿 y 轴的负方向运动, 则由质点的振动和波的传播方向关系可知: 该波的传播方向为沿 x 轴的正方向。

(2) 由题意可知, $t=1\text{ s}$ 为 $\frac{13}{12}T$, 解得 $T=\frac{12}{13}\text{ s}$ 。

由图可知, $\lambda=12\text{ m}$, 则

$$v=\frac{\lambda}{T}=\frac{12}{\frac{12}{13}}\text{ m/s}=13\text{ m/s}$$

2 知识应用与拓展

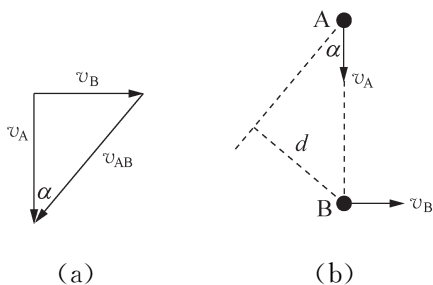
专题 11 绝对时空观下的相对运动

$$1. d_{\min}=\frac{Lv_B}{\sqrt{v_A^2+v_B^2}}$$

【解析】

以 B 为参考系, 如图(a), A 的朝相对 v_{AB} 方向做匀速直线运动, $\cos \alpha=\frac{v_A}{\sqrt{v_A^2+v_B^2}}$, 如图(b), AB 之间的最小距离

$$d=L\sin \alpha=\frac{Lv_B}{\sqrt{v_A^2+v_B^2}}$$



$$2. (1) v_0=v\cos \theta; (2) F=mg+m(\frac{v^2\sin^2\theta}{L}+a\cos \theta)$$

【解析】

(1) 将汽车的速度 B 点的速度沿绳和垂直绳分解, 可得 $v_{//}=v\cos \theta$, 因为绳子不可伸长, 所以重物此时的速度

$$v_0=v\cos \theta$$

(2) 在垂直绳子方向, 可得 $v_{\perp}=v\sin \theta$, 所以 B 点相对于滑轮相切点的向心加速度 $a_{n\text{相}}=\frac{(v\sin \theta)^2}{L}$ 。

由于汽车的加速度沿绳分量 (绝对加速度) 等于重物加速度 (牵连加速度) 与 B 点相对于滑轮切点的向心加速度 (相对加速度) 的矢量和, 所以 $a\cos \theta=-a_n+a'$, 可

得 $a' = \frac{(v \sin \theta)^2}{L} + a \cos \theta$ 。

由牛顿第二定律可知 $F - mg = ma'$ ，即

$$F = mg + m \left(\frac{v^2 \sin^2 \theta}{L} + a \cos \theta \right)$$

3. (1) $v = 0.6v_0$; (2) $F = \mu mg$; (3) $Q = \frac{5}{6} \mu mgL$

【解析】

(1) 将物块的速度沿挡板 and 垂直挡板分解，如图(a)所示，可得

$$v = v_0 \cos \alpha = 0.6v_0$$

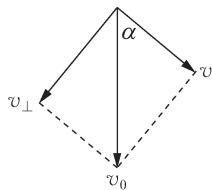
(2) 以皮带为参考系，皮带速度 v_0 匀速即为牵连速度，物块速度 v 为绝对速度，则相对速度如图(b)所示，由矢量三角形可知： $v_{\text{相}} = 0.8v_0$ 垂直于挡板，可见皮带对物体的滑动摩擦力垂直于挡板与 v_0 方向成 37° ，所以沿挡板运动过程中对挡板的压力

$$F = F_f = \mu mg$$

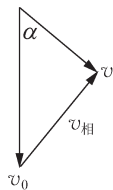
(3) 设物块相对皮带的位移 $x_{\text{相}}$ ，如图(c)所示，绝对位移 $x = \frac{L}{2 \sin 53^\circ} = \frac{5}{8}L$ 。

由几何关系可得 $x_{\text{相}} = x \tan 53^\circ = \frac{5}{8}L \cdot \frac{4}{3} = \frac{5}{6}L$ ，因摩擦产生的热量

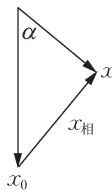
$$Q = \mu mg x_{\text{相}} = \frac{5}{6} \mu mgL$$



(a)



(b)



(c)

专题 12 天体运动的有序性

1. BC

【解析】

对于“模型一”，是双星问题，设月球和地球做匀速圆周运动的轨道半径分别为 r 和 R ，间距为 L ，运行周期为 T ，根据万有引力定律有 $G \frac{Mm}{L^2} = M \frac{4\pi^2}{T^2} R = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ，其中 $R + r = L$ ，解得 $M + m = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2}$ ，可以确定月球和地球的总质量，故 A 错误，C 正确。

对于“模型二”，月球绕地球做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，有 $G \frac{Mm}{L^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} L$ ，解得地球的质量为 $M = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2}$ ，可以确定地球的质量，无法确定月球的质量，故 B 正确，D 错误。

$$2. (1) T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}; (2) \frac{(R-d)(R+h)^2}{R^3}$$

【解析】

(1) 根据万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h)$ ，地球表面的物体受到的万有引力等于重力，即

$$mg = \frac{GMm}{R^2}$$

联立解得

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$$

(2) 令地球的密度为 ρ ，对地球表面的物体 $g = \frac{GM}{R^2}$ ，由于地球的质量 $M = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$ ，所以重力加速度的表达式可写成

$$g = \frac{GM}{R^2} = \frac{G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} = \frac{4}{3}\pi G\rho R$$

根据万有引力提供向心力

$$\frac{GMm}{(R+h)^2} = mg_1$$

“天宫一号”的加速度

$$g_1 = \frac{GM}{(R+h)^2}, \quad \frac{g_1}{g} = \frac{R^2}{(R+h)^2}$$

根据题意有，质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为 0，固在深度为 d 的地球内部，受到地球的万有引力即为半径等于 $(R-d)$ 的球体在其表面产生的万有引力，故海底的重力加速度 $g_2 = \frac{4}{3}\pi G\rho(R-d)$ ，所以有 $\frac{g_2}{g} = \frac{R-d}{R}$ ，即

$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{(R-d)(R+h)^2}{R^3}$$

3. (1) $2\sqrt{3}G\frac{m^2}{a^2}$; (2) $\sqrt{7}G\frac{m^2}{a^2}$; (3) $\frac{\sqrt{7}}{4}a$; (4) $\pi\sqrt{\frac{a^3}{Gm}}$

【解析】

(1) 由万有引力定律, A 星体所受 B、C 星体的引力大小为 $F_{BA} = G\frac{m_A m_B}{r^2} = G\frac{2m^2}{a^2} = F_{CA}$, 方向如图。

则合力的大小

$$F_A = 2F_{BA} \cos 30^\circ = 2\sqrt{3}G\frac{m^2}{a^2}$$

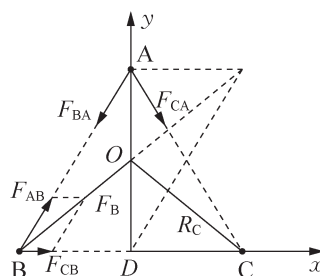
(2) 同上, B 星体所受 A、C 星体的引力大小分别为

$$F_{AB} = G\frac{m_A m_B}{r^2} = G\frac{2m^2}{a^2}, F_{CB} = G\frac{m_C m_B}{r^2} = G\frac{m^2}{a^2}, \text{ 方向}$$

如图。

$$F_{Bx} = F_{AB} \cos 60^\circ + F_{CB} = 2G\frac{m^2}{a^2}, F_{By} = F_{AB} \sin 60^\circ =$$

$$\sqrt{3}G\frac{m^2}{a^2}, \text{ 则合力的大小}$$



$$F_B = \sqrt{F_{Bx}^2 + F_{By}^2} = \sqrt{7}G\frac{m^2}{a^2}$$

(3) 通过分析可知, 圆心 O 在中垂线 AD 的中点, 则

$$R_C = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{4}a\right)^2 + \left(\frac{1}{2}a\right)^2} = \frac{\sqrt{7}}{4}a$$

(4) 三星体运动周期相同, 对 C 星体, 由 $F_C = F_B = \sqrt{7}G\frac{m^2}{a^2} = mR_C\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$, 解得

$$T = \pi\sqrt{\frac{a^3}{Gm}}$$

专题 13 木块与长木板的“约会”

1. A

【解析】

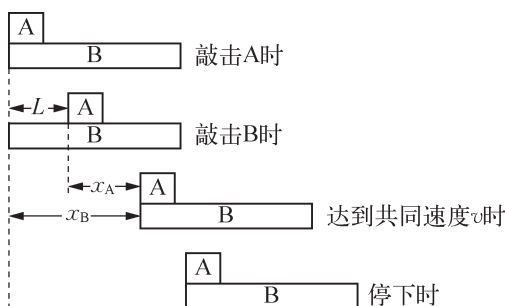
A、B 放在轻质长木板上, 长木板质量不计, 所受合力始终为 0, 即 A、B 所受摩擦力大小相等。由于 A、B 受到长木板的最大静摩擦力的大小关系为 $f_{A\max} < f_{B\max}$, 所以 B 始终相对长木板静止, 当拉力增加到一定程度时, A 相对长木板滑动, B 受到的最

大合力等于 A 的最大静摩擦力, 即 $f_B = f_{A\max} = \mu m_A g$, 由 $f_B = m_B a_{B\max}$, 可知 B 的加速度最大为 2 m/s^2 , 故选项 A 正确。

2. (1) $v_A = \sqrt{2\mu g L}$; (2) $a_B = 3\mu g$, $a_B' = \mu g$; (3) $v_B = 2\sqrt{2\mu g L}$

【解析】

A、B 的运动过程如图所示



(1) 由牛顿第二定律知, A 的加速度大小 $a_A = \mu g$,
匀变速直线运动 $v_A^2 = 2a_A L$, 解得

$$v_A = \sqrt{2\mu g L}$$

(2) 设 A、B 的质量均为 m 。

对齐前, B 所受合外力大小 $F = 3\mu mg$, 由牛顿第二定律 $F = ma_B$, 得

$$a_B = 3\mu g$$

对齐后, A、B 整体所受合外力大小 $F' = 2\mu mg$, 由牛顿第二定律 $F' = 2ma_B'$, 得

$$a_B' = \mu g$$

(3) 设经过时间 t , A、B 达到共同速度 v , 位移分别为 x_A 、 x_B , A 加速度的大小等于 a_A , 则 $v = a_A t$, $v = v_B - a_B t$, $x_A = \frac{1}{2} a_A t^2$, $x_B = v_B t - \frac{1}{2} a_B t^2$, 且 $x_B - x_A = L$, 解得

$$v_B = 2\sqrt{2\mu g L}$$

3. (1) $F = 6 \text{ N}$; (2) $0.5 \text{ s} \leq t \leq 1.08 \text{ s}$

【解析】

(1) 设恒力 F 取最小值为 F_1 , 滑块加速度为 a_1 , 此时滑块恰好到达车的左端, 则滑块运动到车左端的时间 $t_1 = \frac{v_0}{a_1}$, 由几何关系有 $v_0 t_1 - \frac{v_0}{2} t_1 = \frac{L}{2}$ 。

由牛顿运动定律有 $F_1 + \mu mg = ma_1$ 。

各式联立代入数据解得

$$t_1 = 0.5 \text{ s}$$

$$F_1 = 6 \text{ N}$$

(2) 当滑块运动到车左端后, 为使滑块恰不从右端滑出, 相对车先做匀加速运动 (设运动加速度为 a_2 , 时间为 t_2), 再做匀减速运动 (设运动加速度大小为 a_3), 到达车右端时, 与车达到共同速度, 则有 $F_1 - \mu mg = ma_2$, $\mu mg = ma_3$, $\frac{1}{2}a_2 t_2^2 + \frac{a_2^2 t_2^2}{2a_3} = L$ 。代入数据解得

$$t_2 = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ s} \approx 0.58 \text{ s}$$

则力 F 的作用时间 t 应满足 $t_1 \leq t \leq t_1 + t_2$, 即 $0.5 \text{ s} \leq t \leq 1.08 \text{ s}$ 。

专题 14 圆周运动临界问题研究

$$1. r = \frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\omega^2} g$$

【解析】

当物体转到圆盘的最低点时, 所受的静摩擦力沿斜面向上达到最大值。因为角速度一定, 由牛顿第二定律得 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = m\omega^2 r$, 解得

$$r = \frac{\mu \cos \theta - \sin \theta}{\omega^2} g$$

$$2. (1) \omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{2r}}; (2) T = 3\mu mg, \omega_2 = \sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$$

【解析】

(1) 因为 B 的向心力较大, 即 B 的静摩擦力达到最大值时, 绳子开始产生拉力, 此时 $\mu mg = m2r\omega_1^2$, 转盘角速度

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{2r}}$$

(2) 当圆盘转速加快到两物体刚好还未发生滑动时, B 所受的最大静摩擦力方向沿绳指向圆心, A 所受的最大静摩擦力方向沿绳指向圆外。

以 B 为研究对象, 有 $F_T + \mu mg = 2mr\omega_2^2$; 以 A 为研究对象, 有 $F_T - \mu mg = mr\omega_2^2$, 联立解得

$$F_T = 3\mu mg, \omega_2 = \sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$$

$$3. (1) F = 0, k = \frac{5mg}{L}; (2) \cos \theta_0 = \frac{2}{5}, \omega_0 = \sqrt{\frac{5g}{2L}}$$

【解析】

(1) 平台光滑, 此时轻杆对 B 的作用力 $F=0$, 弹簧的形变量 $\Delta L=L-L\cos\theta$, 对 A 有 $k\Delta L=mg$, 解得

$$k=\frac{5mg}{L}$$

(2) B、C 刚要脱离圆台时对桌面无弹力, A、B、C 系统在竖直方向合力为 0, 则 $k(L-L\cos\theta_0)=3mg$, 解得

$$\cos\theta_0=\frac{2}{5}$$

对 B 由向心力公式有 $mg\tan\theta_0=m\omega_0^2L\sin\theta_0$, 解得

$$\omega_0=\sqrt{\frac{5g}{2L}}$$

专题 15 弹簧连接体问题剖析

1. (1) $\sqrt{3gL}$; (2) $\frac{25}{12}mgL$

【解析】

(1) 小球从 A 点下滑到 C 点的过程中, 弹簧先由 A 处伸长到 B 处恢复原长再到 C 处伸长, 则弹簧势能先变小再变大, 而小球与弹簧组成系统机械能守恒, 由于 A、C 两点关于 B 对称, $OA=OC$, 弹簧弹性势能相等 (或者说弹力做的功为 0), 则重力势能转化为小球动能, 即 $mg \cdot 2L\tan 37^\circ = \frac{1}{2}mv^2$, 得

$$v=\sqrt{3gL}$$

(2) 小球从 C 点下滑到 D 点的过程中, 小球的动能与减小的重力势能转化为弹簧弹性势能, 则弹簧的弹性势能增加量

$$\Delta E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mg(L\tan 53^\circ - L\tan 37^\circ) = \frac{25}{12}mgL$$

2. (1) $x_0=0.16\text{ m}$; (2) $a=\frac{10}{3}\text{ m/s}^2$; (3) $F_{\min}=\frac{160}{3}\text{ N}$, $F_{\max}=\frac{280}{3}\text{ N}$

【解析】

(1) 设开始时弹簧的压缩量为 x_0 。

对整体受力分析, 平行斜面方向有 $(m_1+m_2)g\sin\theta=kx_0$, 解得

$$x_0 = 0.16 \text{ m}$$

(2) 前 0.2 s 时间内 F 为变力, 之后为恒力, 则 0.2 s 时刻两物体分离, 此时 P、Q 之间的弹力为 0 且加速度大小相等, 设此时弹簧的压缩量为 x_1 。

对物体 P, 由牛顿第二定律得 $kx_1 - m_1 g \sin \theta = m_1 a$, 前 0.2 s 时间内两物体的位移 $x_0 - x_1 = \frac{1}{2} a t^2$ 。联立解得

$$a = \frac{10}{3} \text{ m/s}^2$$

(3) 对两物体受力分析知: 开始运动时 F 最小, 分离时 F 最大, 则

$$F_{\min} = (m_1 + m_2) a = \frac{160}{3} \text{ N}$$

对 Q 应用牛顿第二定律得: $F_{\max} - m_2 g \sin \theta = m_2 a$, 解得

$$F_{\max} = \frac{280}{3} \text{ N}$$

$$3. (1) v_B = \sqrt{6gl}, s = 2\sqrt{2}l; (2) \frac{5}{3}m \leq M < \frac{5}{2}m$$

【解析】

(1) 依题意, 当弹簧竖直放置, 长度被压缩至 l 时, 质量为 $5m$ 的物体的动能为 0, 其重力势能转化为弹簧的弹性势能。

由机械能守恒定律, 弹簧长度为 l 时的弹性势能

$$E_p = 5mgl \quad ①$$

若 P 的质量为 m , 到达 B 点时的速度大小为 v_B , 由能量守恒定律得

$$E_p = \frac{1}{2} m v_B^2 + \mu mg \cdot 4l \quad ②$$

联立①②式, 解得

$$v_B = \sqrt{6gl} \quad ③$$

若 P 能沿圆轨道运动到 D 点, 其到达 D 点时的向心力不能小于重力, 即 P 此时的速度大小 v 应满足

$$\frac{mv^2}{l} \geq mg \quad ④$$

设 P 滑到 D 点时的速度为 v_D , 由机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_D^2 + mg \cdot 2l \quad (5)$$

联立③⑤式得

$$v_D = \sqrt{2gl} \quad (6)$$

v_D 满足④式要求, 故 P 能运动到 D 点, 并从 D 点以速度 v_D 水平射出。设 P 落回到轨道 AB 所需的时间为 t , 由运动学公式得

$$2l = \frac{1}{2}gt^2 \quad (7)$$

P 落回到 AB 上的位置与 B 点之间的距离为

$$s = v_D t \quad (8)$$

联立⑥⑦⑧式得

$$s = 2\sqrt{2}l \quad (9)$$

(2) 为使 P 能滑上圆轨道, 它到达 B 点时的速度不能小于 0。

由①②式可知

$$5mgl > \mu Mg \cdot 4l \quad (10)$$

要使 P 仍能沿圆轨道滑回, P 在圆轨道的上升高度不能超过半圆轨道的中点 C。

由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}Mv_B^2 \leqslant Mgl \quad (11)$$

联立①②⑩⑪式得

$$\frac{5}{3}m \leqslant M < \frac{5}{2}m$$

专题 16 破译物理图像

1. C

【解析】

皮球向上运动所受重力与空气阻力方向都向下, 由牛顿第二定律可知: 上升过程 $mg + kv = ma$, $a = g + \frac{kv}{m}$, 速度随时间减小, 所以加速度随时间减小, 在最高点时, 加速度为 g , 即不为 0, 若从最高点继续下落加速度继续减小最后趋向于 0, 显然 A、B 错

误。因为本题只要研究上升过程，所以 D 错误，只有 C 正确。

2. D

【解析】

由 $E_k = W = Fx$ ，可得： E_k 与 x 成正比，故图(b)是物体动能随位置变化的图线，则图(a)为物体动能随时间变化的图线，故 A、B 错误。在图(b)中，由 $E_k = Fx$ 得 $F = \frac{E_k}{x}$ ，即斜率

$$q = \frac{E_k}{x} \quad ①$$

则合力 $F = q$ ，故 C 错误。

在图(a)中

$$p = \frac{E_k}{t} \quad ②$$

由①②得

$$\frac{p}{q} = \frac{x}{t} \quad ③$$

又因为在这个过程中平均速度 $\bar{v} = \frac{v}{2}$ ，所以

$$x = \frac{v}{2}t \quad ④$$

将④代入③得 $\frac{p}{q} = \frac{\frac{v}{2}t}{t} = \frac{v}{2}$ ，解得

$$v = \frac{2p}{q}$$

故 D 正确。

3. B

【解析】

由图可知，当物体被抛出时的动能是 72 J，到高度为 3 m 时动能变为 36 J，由于到 3 m 时物体还有向上的动能，故物体上升的高度要大于 3 m，选项 A 错误；对上升到 3 m 时的过程，利用动能定理得： $-mgh - fh = 36 \text{ J} - 72 \text{ J}$ ，故物体受到的空气阻力大小为 $f = 2 \text{ N}$ ，选项 B 正确；物体在上升过程中受到的合外力 $F_{\text{合}} = mg + f = 12 \text{ N}$ ，故此时的加速度大小为 12 m/s^2 ，选项 C 错误；设物体上升的高度为 x ，则物体上升时由动能定理得： $-(mg + f)x = 72 \text{ J}$ ，所以 $x = 6 \text{ m}$ ；则下落时它也会下落 6 m 的，所以下落过程中克服阻力做的功为 $W_f = fx = 2 \text{ N} \times 6 \text{ m} = 12 \text{ J}$ ，选项 D 错误。