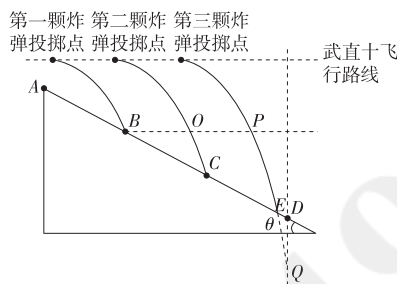




章末素养测评(一)

1. A 【解析】做曲线运动的足球的速度方向应为曲线上该点的切线方向,由图可知,足球做曲线运动,则合力应指向轨迹曲线的凹侧,且由于足球向上运动过程中速度减小,所以合力与速度方向应成钝角.故选 A.
2. A 【解析】若救援所用时间最短,则消防员的速度应与河岸垂直,且出发点应位于礁石上游.故选 A.
3. B 【解析】平抛运动在水平方向上为匀速直线运动,有 $v_0 = \frac{x}{t} = \frac{0.6}{2} \text{ m/s} = 0.3 \text{ m/s}$,故 B 正确.
4. C 【解析】运输机沿水平方向向右做匀速直线运动过程中,间隔相同时间从运输机上静止释放四个相同的物资,则物资落地时间间隔相同;物资由于惯性,在水平方向上保持原来的运动状态不变,继续向右飞行,释放的四件救灾物资在下落过程中,都是以原来的速度向右运动,因此落在地面上前后间隔的距离也相等,按照落地先后顺序排列是①②③④,故 C 正确,A、B、D 错误.
5. B 【解析】根据 $v_x = (1+3t) \text{ m/s}$,可知,物体在 x 方向做匀加速度运动,初速度和加速度大小分别为 $v_{0x} = 1 \text{ m/s}$, $a_x = 3 \text{ m/s}^2$,根据 $y = (2t + 3t^2) \text{ m}$,可知,物体在 y 方向做匀加速运动,初速度和加速度大小分别为 $v_{0y} = 2 \text{ m/s}$, $a_y = 6 \text{ m/s}^2$,根据矢量合成知识可知,合初速度大小 $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = \sqrt{5} \text{ m/s}$,方向与 x 轴夹角满足 $\tan \alpha = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = 2$,合加速度大小 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 3\sqrt{5} \text{ m/s}^2$,方向与 x 轴夹角满足 $\tan \beta = \frac{a_y}{a_x} = 2$,因合初速度和合加速度方向相同,可知物体做匀变速直线运动,故 A、C 正确,不符合题意,B 错误,符合题意;该物体在 1 s 末的速度大小 $v = v_0 + at = \sqrt{5} \text{ m/s} + 3\sqrt{5} \times 1 \text{ m/s} = 4\sqrt{5} \text{ m/s}$,故 D 正确,不符合题意.
6. D 【解析】跳远过程做的是斜抛运动,后半段可视为平抛运动,前半段可视为逆向平抛运动,前、后两段时间相等,由 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$,解得 $t_1 = 0.5 \text{ s}$,则运动员在空中运动的时间是 $t = 2t_1 = 1.0 \text{ s}$,故 A 错误;由 $x = v_0 t_1$,其中 $x = 4.00 \text{ m}$,解得 $v_0 = 8.0 \text{ m/s}$,即运动员在空中最高点的速度大小是 8.0 m/s ,故 B 错误;运动员落入沙坑时的速度大小是 $v = \sqrt{v_0^2 + (gt_1)^2} = \sqrt{89} \text{ m/s}$,故 C 错误;运动员落入沙坑时速度方向与水平面的夹角正切值 $\tan \alpha = \frac{gt_1}{v_0} = \frac{5}{8} = 0.625$,故 D 正确.
7. B 【解析】如图所示,设山坡的倾角为 θ ,A、B、C、D 相邻两点间距为 L .过 B 点作一水平线,使第二、三颗炸弹的轨迹与该水平线分别交于 O、P 两点,过 D 点作一竖直线,使第三颗炸弹的轨迹与该竖直线交于 Q 点.设武直十飞行速度为 v_0 ,则三颗炸弹的水平速度均为 v_0 .因为武直十做匀速运动,且每隔相同时间释放一颗炸弹,则 BO 和 OP 长度相等,设为 x_0 .因为 B、O、P

三点相对直升机飞行路线的高度差相同,则根据自由落体运动规律可知三颗炸弹分别到达 B、O、P 三点时的竖直分速度相同,均设为 v_y .第二颗炸弹从 O 点运动到 C 点的时间设为 t_1 ,第三颗炸弹从 P 点运动到 Q 点的时间设为 t_2 ,根据平抛运动规律,对第二颗炸弹从 O 到 C 的过程有 $x_{OC} = L \cos \theta - x_0 = v_0 t_1$ ①, $y_{OC} = v_y t_1 + \frac{1}{2}gt_1^2$ ②,对第三颗炸弹从 P 到 Q 的过程有 $x_{PQ} = 2L \cos \theta - 2x_0 = v_0 t_2$ ③, $y_{PQ} = v_y t_2 + \frac{1}{2}gt_2^2$ ④,根据①③可得 $t_2 = 2t_1$ ⑤,根据②④⑤可得 $y_{PQ} > 2y_{OC}$ ⑥,根据几何关系可知 Q 点一定在 D 点下方,所以第三颗炸弹落在 C、D 之间的 E 点,故 B 正确,C 错误;由 $x_{BC} > x_{CE}$ 易知炸弹落地的时间间隔不相等,故 A 错误;根据题意每隔相同时间释放一颗炸弹,相邻炸弹轨迹同一高度水平距离同步相等,可知第一颗炸弹释放点到 B 点的水平距离应等于 x_0 ,根据几何关系可知 $x_0 < L \cos \theta$,所以第一颗炸弹在 A 点右上方释放,故 D 错误.



8. CD 【解析】如果 F_x 、 F_y 二力的合力沿 v_0 方向,即 $F_y = F_x \tan \alpha$,那么质点做直线运动,选项 A 错误,C 正确;若 $F_x > \frac{F_y}{\tan \alpha}$,则合力方向在 v_0 与 x 轴正方向之间,轨迹应向 x 轴一侧弯曲,若 $F_x < \frac{F_y}{\tan \alpha}$,则合力方向在 v_0 与 y 轴之间,所以运动轨迹应向 y 轴一侧弯曲,选项 B 错误,D 正确.
9. BD 【解析】平抛的小球只受重力,其加速度为重力加速度 g ,则增大小球质量,加速度不变,轨迹不变,则小球仍落到 P 点,故 A 错误;若只将小球抛出点水平右移,假设竖直位移不变,则水平位移不变,落点将在 P 点右侧,实际竖直位移变大,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$,可知平抛运动时间变长,故 B 正确;若只增大初速度 v_0 ,小球落点在 P 点右侧,因位移偏向角不同且不等于斜面倾角 θ ,则其速度偏向角不同,故小球刚落到斜面上时速度方向不同,故 C 错误;只降低小球的抛出高度 H ,当抛出点与斜面顶点连线与水平方向的夹角正切等于 $\frac{1}{2} \tan \theta$ 时,小球的速度可以和斜面平行,即无碰撞地进入斜面,故 D 正确.
10. BC 【解析】若乙在网后直立不动,则排球到达乙的位置的时间 $t = \frac{L}{v_0} = \frac{3.60}{12} \text{ s} = 0.3 \text{ s}$,排球下落的高度为 $\Delta h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.3^2 \text{ m} = 0.45 \text{ m} < (3.2 - 2.5) \text{ m} = 0.7 \text{ m}$,则不能拦网成功,选项 A 错误;因为乙在空中上升的时间为 $t_1 = \sqrt{\frac{2 \times (2.95 - 2.50)}{10}} \text{ s} = 0.3 \text{ s}$,乙在甲击球时起跳离地,在球到达乙位置时,运动员乙刚好到达最高点,因 $2.95 \text{ m} > 3.2 \text{ m} - 0.45 \text{ m} = 2.75 \text{ m}$,则可以拦网成功,故 B 正确;结合选项 B 的分析,乙在甲击球后 0.18 s 起跳离地,乙上升的初速度为 $v = gt_1 = 10 \times 0.3 \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$,上升时间 $t' = 0.3 \text{ s} - 0.18 \text{ s} = 0.12 \text{ s}$ 时球到达乙位置,乙上升的高度为 $\Delta h' =$

$vt' - \frac{1}{2}gt'^2 = 0.288 \text{ m}, 2.50 \text{ m} + 0.288 \text{ m} = 2.788 \text{ m} > 2.75 \text{ m}$,可以拦网成功,故 C 正确;乙在甲击球前 0.3 s 起跳离地,因为乙在空中的时间为 0.6 s ,排球到达乙位置的时间为 0.3 s ,则当排球到达乙的正上方时,乙已经落地,则拦网不成功,选项 D 错误.

11. (1)切线水平 (2)1.5 m/s (3) $y = \frac{20}{9}x^2$

【解析】(1)实验前,需要反复调整实验装置,直至斜槽末端切线水平;

(2)由平抛运动规律可知 $x = v_0 t$, $y = \frac{1}{2}gt^2$,解得 $y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$,由图中点坐标代入上式解得 $v_0 \approx 1.5 \text{ m/s}$;

(3)根据乙图轨迹,小球的平抛运动轨迹表达式为 $y = \frac{g}{2v_0^2}x^2 = \frac{20}{9}x^2$.

12. (1)AC (2)C (3)2.0 4.0

【解析】(1)通过调节使斜槽末端保持水平,是为了保证小球做平抛运动,故 A 正确;因为要画同一运动的轨迹,必须保证每次释放小球的位置相同,且由静止释放,以保证获得相同的初速度,故 B 错误,C 正确;用描点法描绘运动轨迹时,应将各点连成平滑的曲线,不能连成折线或者直线,故 D 错误.

(2)小球在竖直方向做自由落体运动,有 $y = \frac{1}{2}gt^2$,水平方向做匀速直线运动,有 $x = v_0 t$,联立可得 $y = \frac{gx^2}{2v_0^2}$,因初速度 v_0 相同,故 $\frac{g}{2v_0^2}$ 为常数,故 $y-x^2$ 应为正比例关系,故 C 正确,A、B、D 错误.

(3)根据平抛运动的处理方法,竖直方向做自由落体运动,水平方向做匀速直线运动,所以 $y_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$, $y_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$,水平方向的速度,即平抛小球的初速度为 $v_0 = \frac{\Delta x}{t_2 - t_1}$,联立并代入数据解得 $v_0 = 2.0 \text{ m/s}$;若 C 点的竖直坐标 y_3 为 60.0 cm ,则据公式可得: $v_{Cy}^2 = 2gy_3$,所以 $v_{Cy} = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$,所以 C 点的速度为 $v_C = \sqrt{v_{Cy}^2 + v_0^2} = \sqrt{12 + 4} \text{ m/s} = 4.0 \text{ m/s}$.

13. (1)75 m (2)20 m/s

【解析】(1)运动员在竖直方向上做自由落体运动,有

$$L \sin 37^\circ = \frac{1}{2}gt^2$$

故 A 点与 O 点的距离 $L = \frac{gt^2}{2 \sin 37^\circ} = 75 \text{ m}$.

(2)设运动员离开 O 点时的速度大小为 v_0 ,运动员在水平方向做匀速直线运动,即 $L \cos 37^\circ = v_0 t$

$$\text{解得 } v_0 = \frac{L \cos 37^\circ}{t} = 20 \text{ m/s}.$$

14. (1)0.8 s (2)4.8 m (3)至少为 8 m/s

【解析】(1)将小球在 B 点的速度沿水平方向和竖直方向进行分解,有

$$\tan 37^\circ = \frac{v_0}{v_y}$$

竖直方向上小球做自由落体运动,有 $v_y = gt$

代入数据,解得 $t = 0.8 \text{ s}$

(2)小球在水平方向上做匀速直线运动,有 $x = v_0 t$

代入数据,解得 $x = 4.8 \text{ m}$

(3)恰好从墙上越过时,有 $H-h=\frac{1}{2}gt'^2$, $x=v_0't'$

解得 $v_0'=8\text{ m/s}$

为使小球能越过墙,小球抛出时的初速度至少为 8 m/s

15. (1)5 m (2)20 m (3) $5\sqrt{2}\text{ m/s}$,方向为与水平方向成 45° 角斜向左下方

【解析】(1)小球在水平方向上受风力做匀减速运动时,设水平方向的加速度大小为 a_x ,据牛顿第二定律可得 $F=ma_x$

解得 $a_x=10\text{ m/s}^2$

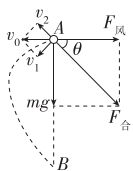
速度减为零的过程,有 $v_0^2=2a_x x$ 解得 $x=5\text{ m}$

(2)因小球在水平方向速度减小为零所需时间为 t_1 ,则有 $v_0=a_x t_1$

由对称性可知从 A 到 B 的时间为 $t=2t_1=2\text{ s}$

竖直方向上 A 、 B 两点间的距离为 $y=\frac{1}{2}gt^2=20\text{ m}$

(3)小球从 A 到 B ,小球运动到速度方向与所受合力方向垂直时速度最小,如图所示



由题意可知,重力与风力大小相等,因此重力和风力的合力 $F_{\text{合}}$ 与水平方向的夹角为 $\theta=45^\circ$,将 v_0 分解为垂直 $F_{\text{合}}$ 方向的 v_1 、与 $F_{\text{合}}$ 反方向的 v_2 ,当 $v_2=0$ 时,小球运动的速度方向与所受合力 $F_{\text{合}}$ 方向垂直,此时速度最小,即 $v_{\min}=v_1=v_0 \sin \theta=5\sqrt{2}\text{ m/s}$,方向为与水平方向成 45° 角斜向左下方。

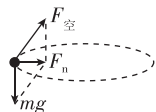
章末素养测评(二)

1. D **【解析】**日晷仪光影转动过程中影子上所有点的角速度均相等,根据 $v=\omega r$ 可知,对应半径大的点线速度也大,因此选项 D 正确,A、B、C 错误。

2. D **【解析】**图甲中路面对 A 汽车的支持力竖直向上,图乙中路面对 B 汽车的支持力垂直于路面向上,A 错误;图甲中路面对 A 汽车指向圆心的摩擦力提供向心力,图乙中路面的支持力与重力的合力提供向心力时,有 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$,可得 $v = \sqrt{gR \tan \theta}$,此时路面对 B 车没有摩擦力作用,若 $v < \sqrt{gR \tan \theta}$,则 B 车受平行于路面指向弯道外侧的摩擦力,故 B、C 错误,D 正确。

3. C **【解析】**根据题意“周期与轨道半径成反比”可知 $T = \frac{k}{r}$ (k 为常数),结合匀速圆周运动向心力公式 $F_n = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,联立可得 $F_n = m \frac{4\pi^2}{k^2} r^3$,其中 $m \frac{4\pi^2}{k^2}$ 为常数, r 的指数为 3,即 $n=3$,故 C 正确。

4. A **【解析】**飞机水平匀速转弯时,所需向心力大小 $F_n = m \frac{v^2}{r}$,选项 A 正确;飞机受到重力、空气作用力,如图所示,所以空气对飞机作用力为 $\sqrt{\left(m \frac{v^2}{r}\right)^2 + (mg)^2}$,选项 B、C 错误;转弯时飞机的向心加速度为 $a_n = \frac{v^2}{r}$,选项 D 错误。



5. D **【解析】**小球 1、2 同轴转动,角速度相等,小球 1 转动的半径小于小球 2,根据 $v=\omega r$ 可知,小球 1 的线速度小,故 A 错误;根据 $a_n=\omega^2 r$ 知,两小球转动的半径不等,则向心加速度大小不等,故 B 错误;小球做圆周运动的向心力由重力和细线的拉力提供,则有 $mg \tan \theta = m\omega^2 r$,由于小球 2 的转动半径大,则小球 2 的细线与竖直方向的夹角大,所以 $\theta_1 < \theta_2$,故 C 错误;又由于细线的拉力 $F_T = \frac{mg}{\cos \theta}$,所以小球 1 所受细线的拉力小于小球 2 所受细线的拉力,故 D 正确。

6. B **【解析】**若把乒乓球换成等体积的水球,则此水球将会做圆周运动,提供水球做圆周运动的向心力是两侧水的合压力,而且这两侧压力不论是对乒乓球还是水球都是一样的,但由于乒乓球的质量小于相同体积的水球的质量,所以此合压力大于乒乓球在相同轨道相同角速度下做圆周运动所需的向心力,所以乒乓球将会做近心运动,故选 B。

7. A **【解析】**根据公式 $F_n = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,可得 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 mr}{F_n}}$,由题意,甲、乙两运动员质量相等,他们做圆周运动时所需向心力大小相等,可知,做圆周运动的半径越大,周期越大,甲的半径小于乙的半径,则甲先完成半圆周运动,故 A 正确,B 错误。根据公式 $F_n = m \frac{v^2}{r}$,可得,甲、乙运动员滑行速度为 $v = \sqrt{\frac{F_n r}{m}}$,可知乙的滑行速度大于甲的滑行速度,在直线加速阶段,根据 $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ 可知,甲的滑行时间大于乙的滑行时间,根据 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 可知,甲到达终点线时的速度小于乙到达终点线时的速度,故 C、D 错误。

8. BD **【解析】**汽车在弯道上行驶速度最大时,最大静摩擦力提供向心力,由牛顿第二定律知 $\mu mg = m \frac{v^2}{R}$,可得 $v = \sqrt{\mu g R} = 12\text{ m/s}$,即最大速度为 12 m/s 。在 OM 段汽车做匀减速直线运动,在弯道以最大速度行驶时,减速运动的加速度最小,则 $v^2 - v_0^2 = -2ax_{OM}$,解得 $a = 4\text{ m/s}^2$,即最小加速度为 4 m/s^2 ,故选 B、D。

9. AC **【解析】**在最高点,盒子与小球之间恰好无作用力,可知小球靠重力提供向心力,根据 $mg = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$,得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$,A 正确;当盒子运动到图示球心与 O 点位于同一水平面位置时,小球的右侧面对小球的压力提供做圆周运动的向心力,则小球对盒子右侧面有压力,而对左侧面无压力,B 错误;若盒子以角速度 $2\sqrt{\frac{R}{g}}$ 做匀速圆周运动,则当盒子运动到最高点时,根据牛顿第二定律有 $F_N + mg = m\omega^2 R$,解得 $F_N = 3mg$,根据牛顿第三定律,则小球对盒子上面的力为 $3mg$,C 正确;盒子从最低点向最高点做匀速圆周运动的过程中,加速度为向心加速度,其竖直分量先向上后向下,则球先处于超重状态,后处于失重状态;当盒子从最高点向最低点做匀速圆周运动的过程中,加速度的竖直分量先向下后向上,则球先处于失重状态,后处于超重状态,D 错误。

10. BD **【解析】**若 $h_1 = h_2$,则下落时间相同,由平抛知识可知,水平方向 $R = vt$,则 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2}$,A 错误;若 $v_1 = v_2$,则下落时间不同,由于 $h = \frac{1}{2}gt^2$,得 $h = \frac{1}{2}g \left(\frac{R}{v}\right)^2$,则 $\frac{h_1}{h_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$,B 正确;若 $\omega_1 = \omega_2$,则转动一周时间一样,若 $v_1 = v_2$,则喷嘴转动一周喷出的总水量相同,但两个圆周不同,则落入不同圆

上花盆的水量不同,C 错误;若 $h_1 = h_2$,则水下落时间相同,要能浇到花,肯定满足 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{2\pi R_1}{2\pi R_2}$,即喷水嘴出水速度之比等于两个圆周长之比,若落入每个花盆水量相同,则 T 相等,即 $\omega_1 = \omega_2$,D 正确。

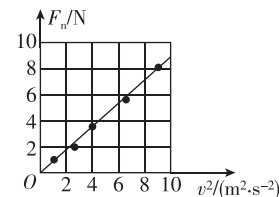
11. (1)A (2)C (3)B

【解析】(1)根据控制变量法的原理可知,在探究向心力的大小 F_n 与质量 m 的关系时,要保持其他的物理量不变,即保持角速度 ω 与半径 r 相同,故 A 正确。

(2)图中所示两球的质量相同,转动的半径相同,转动角速度不同,则探究的是向心力的大小 F_n 与角速度 ω 的关系,故 C 正确。

(3)根据 $F_n = m\omega^2 r$,两球的向心力之比为 $1:9$,半径和质量相等,则转动的角速度之比为 $1:3$,因为靠皮带传动,变速塔轮的线速度大小相等,根据 $v = \omega r$ 可知,与皮带连接的变速塔轮对应的半径之比为 $3:1$,故 B 正确。

12. (1)B (2)①如图所示 ②0.18



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

(2)①作出 $F_n - v^2$ 图线,如图所示。

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

13. (1)0.1 m (2)不打滑,0.25 N

【解析】(1)在直线皮带上对小物件分析有

$$\mu mg = ma_1$$

假设小物件能够匀加速至 v ,则有

$$v^2 = 2a_1 x_1$$

解得 $x_1 = 0.1\text{ m} < L = 3.2\text{ m}$

可知,小物件在直线段落还有一段匀速过程,则有

$$x = x_1 = 0.1\text{ m}$$

(2)假设小物件在圆弧处不打滑,则所需向心力为

$$F_n = m \frac{v^2}{R} = 0.25\text{ N}$$

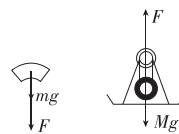
小物件与皮带之间的最大静摩擦力为

$$F_{\text{fmax}} = \mu mg = 2.5\text{ N} > F_n$$

可知假设成立,且摩擦力大小为 $F_f = F_n = 0.25\text{ N}$

14. (1) $\sqrt{\frac{(M+m)g}{mR}}$ (2) $2(M+m)g$

【解析】(1)根据题意,分别画出重锤和底座的受力分析图,如图所示



底座刚好离开地面时

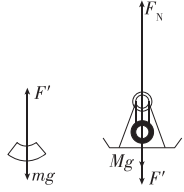
$$F = Mg$$

对重锤,由牛顿第二定律有

$$mg + F = m\omega^2 R$$

$$\text{解得 } \omega = \sqrt{\frac{(M+m)g}{mR}}$$

(2)根据题意,分别画出重锤和底座的受力分析图,如图所示



在最低点,对重锤,由牛顿第二定律有

$$F' - mg = m\omega^2 R$$

对底座有

$$F_N = Mg + F'$$

$$\text{联立解得 } F_N = 2(M+m)g$$

由牛顿第三定律有

$$F_N' = F_N = 2(M+m)g$$

15. (1) $v_C \geq 3.5 \text{ m/s}$ (2) 0.40 N ,方向水平向右 (3) 3 m/s

$$(4) \frac{10\sqrt{19}}{19} \text{ m/s} \leq v \leq \frac{14\sqrt{13}}{13} \text{ m/s}$$

【解析】(1)飞镖能沿圆轨道通过BDC最高点C,应有 $mg \leq m \frac{v_C^2}{R}$

解得 $v_C \geq 3.5 \text{ m/s}$

(2)飞镖经过圆轨道与圆心等高的D点时,有 $F_N = m \frac{v^2}{R}$

解得 $F_N = 0.40 \text{ N}$

根据牛顿第三定律可知,此时飞镖对轨道的压力大小为 0.40 N ,方向水平向右.

(3)飞镖离开水平轨道后,设能垂直击中靶心时在E处的速度为 v_0 ,则击中

$$\text{靶心时竖直分速度 } v_y = \frac{v_0}{\tan 37^\circ}$$

$$\text{由几何关系得 } L + R_0 \cos 37^\circ = v_0 \frac{v_y}{g}$$

解得 $v_0 = 3 \text{ m/s}$

(4)为使飞镖击中靶上F所在的直径上的位置,速度最小时,有

$$L = v_{\min} \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$\text{解得 } v_{\min} = \frac{10\sqrt{19}}{19} \text{ m/s}$$

$$\text{速度最大时,有 } L + 2R_0 \cos 37^\circ = v_{\max} \cdot \sqrt{\frac{2(H - 2R_0 \sin 37^\circ)}{g}}$$

$$\text{解得 } v_{\max} = \frac{14\sqrt{13}}{13} \text{ m/s}$$

章末素养测评(三)

- D 【解析】由对称性得 $t_{AB} = t_{BA}$,选项A、B错误;由开普勒第二定律可知,卫星在近地点时运动快,在远地点时运动慢,所以 $t_{CD} < t_{DC}$,选项C错误,D正确.
- B 【解析】对环绕地球做匀速圆周运动的卫星而言,由于所需的向心力由万有引力提供,所以其圆轨道的圆心应为地心,选项A错误,B正确;同步卫

星的轨道与赤道共面,选项C、D错误.

- C 【解析】第一宇宙速度 7.9 km/s 是环绕地球做圆运动的最大速度,则神舟十五号载人飞船的运行速度小于 7.9 km/s ,选项A错误;根据 $G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h)$ 可得地球的质量为 $M = \frac{4\pi^2 (R+h)^3}{GT^2}$,选项B错误;根据 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ 可得地球表面重力加速度为 $g = \frac{4\pi^2 (R+h)^3}{R^2 T^2}$,选项C正确;根据开普勒第三定律可知,若离地高度增大为 $2h$,神舟十五号载人飞船运行周期将会变大,选项D错误.
- D 【解析】由于物体的质量不随位置变化而改变,所以选项A错误;地面上物体与同步卫星角速度相同,由 $a = \omega^2 r$ 可得 $a_{\text{地}} < a_{\text{同}}$,对同步卫星和空间站进行比较,根据 $a = \frac{GM}{r^2}$,可得 $a_{\text{空}} > a_{\text{同}}$,所以 $a_{\text{空}} > a_{\text{同}} > a_{\text{地}}$,由于 $F_{\text{合}} = ma$,故物资在空间站所受合力大于在地面上所受合力,所以选项B错误;根据 $F_{\text{引}} = \frac{GMm}{r^2}$,空间站轨道半径较大,可得所受地球引力较小,所以选项C错误;根据 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ 可知, $\omega_{\text{空}} > \omega_{\text{同}}$,而 $\omega_{\text{地}} = \omega_{\text{同}}$,可得 $\omega_{\text{空}} > \omega_{\text{地}}$,所以选项D正确.
- B 【解析】由图可知,恒星S2绕黑洞运行半个周期的时间为8年,所以 $T_{\text{S2}} = 16$ 年.根据开普勒第三定律可知,恒星S2与以半径 $r = 1000 \text{ AU}$ 绕黑洞做匀速圆周运动的天体的周期相同,根据万有引力提供向心力可知, $\frac{GM_{\text{黑}} m}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T_{\text{S2}}^2} r$,地球绕太阳做圆周运动的半径 $r_{\text{日地}} = 1 \text{ AU}$, $T = 1$ 年,根据万有引力提供向心力可知, $\frac{GMm}{r_{\text{日地}}^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r_{\text{日地}}$,联立两式得 $M_{\text{黑}} = 4 \times 10^6 M$,B正确.
- D 【解析】设木卫一、木卫二、木卫三的轨道半径分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 ,由万有引力提供卫星做圆周运动的向心力,有 $\frac{GM_{\text{木}} m_3}{R_3^2} = m_3 \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R_3$, $\frac{GM_{\text{地}} m}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_0} \right)^2 r$,且 $\frac{R_3}{r} = n$,则 $\frac{M_{\text{木}}}{M_{\text{地}}} = \frac{T_0^2}{T^2} n^3$,选项D正确;若地球、木星质量相等,则根据上式可知 $\frac{T^2}{T_0^2} = n^3$,但木星、地球质量并不相等,所以选项C错误;根据开普勒第三定律 $\frac{R^3}{T^2} = k$ 可知, $R_1^3 : R_2^3 : R_3^3 = T_1^2 : T_2^2 : T^2 = 1 : 4 : 16$,所以木卫一的轨道半径应该为 $\frac{nr}{\sqrt[3]{16}}$,木卫二的轨道半径为 $\frac{nr}{\sqrt[3]{4}}$,选项A、B错误.
- C 【解析】设两个黑洞质量分别为 m_A 、 m_B ,轨道半径分别为 R_A 、 R_B ,角速度为 ω ,则由万有引力定律可知 $\frac{Gm_A m_B}{L^2} = m_A \omega^2 R_A$, $\frac{Gm_A m_B}{L^2} = m_B \omega^2 R_B$, $R_A + R_B = L$,联立可以得到 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{R_B}{R_A}$,而 $R_A > R_B$,所以 $m_A < m_B$,故选项A错误;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B错误;联立方程式 $\frac{Gm_A m_B}{L^2} = m_A \omega^2 R_A$, $\frac{Gm_A m_B}{L^2} = m_B \omega^2 R_B$, $R_A + R_B = L$,可以得到 $M = m_A + m_B = \frac{\omega^2 L^3}{G}$,而且 $T = \frac{2\pi}{\omega}$,整理可以得到

$T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3}{GM}}$,可知当总质量 M 一定, L 越大,则 T 越大,角速度越小,故选项C正确,D错误.

- CD 【解析】三颗卫星的质量关系不确定,所以不能比较向心力大小关系,选项A错误;地球赤道上的物体与同步卫星具有相同的角速度和周期,即 $T_a = T_c$,卫星绕地球做圆周运动,由万有引力提供向心力,由牛顿第二定律得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$,由于 $r_c > r_b$,则 $T_c > T_b$,所以 $T_a = T_c > T_b$,故B错误;地球赤道上的物体与同步卫星具有相同的角速度,即 $\omega_a = \omega_c$,由于 $r_c > r_a$,根据 $v = \omega r$ 可知 $v_c > v_a$,卫星绕地球做圆周运动,由万有引力提供向心力,由牛顿第二定律得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$,解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,由于 $r_c > r_b$,则 $v_c < v_b$,所以 $v_b > v_c > v_a$,故C正确;地球赤道上的物体与同步卫星具有相同的角速度,即 $\omega_a = \omega_c$,由于 $r_c > r_a$,根据 $a_n = \omega^2 r$ 可知 $a_{nc} > a_{na}$,卫星绕地球做圆周运动,由万有引力提供向心力,由牛顿第二定律得 $G \frac{Mm}{r^2} = ma_n$,解得 $a_n = \frac{GM}{r^2}$,由于 $r_c > r_b$,则 $a_{nc} < a_{nb}$,所以 $a_{nb} > a_{nc} > a_{na}$,故D正确.
- AC 【解析】“鹊桥”的轨道半径大于月球的轨道半径,但两者运行的角速度相同,由 $v = \omega r$,可知“鹊桥”的线速度大于月球的线速度,由向心加速度 $a_n = \omega^2 r$,可知“鹊桥”的向心加速度大于月球的向心加速度,A、C正确;“鹊桥”位于地月系统的拉格朗日点 L_2 ,与月球同步绕地球做匀速圆周运动,所受合外力指向地心,处于非平衡状态,B错误;“鹊桥”的向心力由地球和月球的引力共同提供,D错误.
- BD 【解析】对地球表面的物体有 $\frac{GMm}{R^2} = mg$,可得 $M = \frac{gR^2}{G}$,则地球的平均密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{\frac{gR^2}{G}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3g}{4\pi GR}$,选项A、C错误;空间站绕地球运行,由万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm'}{(R+h)^2} = m' \frac{v^2}{R+h}$,解得 $v = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$,选项B正确;由牛顿第二定律有 $\frac{GMm'}{(R+h)^2} = m' \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h)$,解得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}$,选项D正确.
- AB 【解析】第一宇宙速度是围绕行星表面做圆周运动的速度,则由题图可知,行星A、B的第一宇宙速度相等,即 $v = \sqrt{\frac{GM_A}{R}} = \sqrt{\frac{GM_B}{3R}}$,解得 $M_B = 3M_A$,选项A、B正确;两行星的密度满足 $\rho_A = \frac{M_A}{\frac{4}{3}\pi R^3}$, $\rho_B = \frac{M_B}{\frac{4}{3}\pi R^3}$,可得行星A的密度是行星B的9倍,选项C错误;在行星表面有 $g_A = \frac{GM_A}{R^2}$, $g_B = \frac{GM_B}{9R^2}$,可得行星A表面的重力加速度大小是行星B表面重力加速度大小的3倍,选项D错误.
- CD 【解析】根据开普勒第三定律得 $\frac{r_{\text{火}}^3}{r_{\text{地}}^3} = \frac{T_{\text{火}}^2}{T_{\text{地}}^2}$,可得火星公转周期是地球

公转周期的 $\sqrt{\frac{27}{8}}$ 倍,A 错误;由于地球的公转速度比火星大,所以在冲日处,地球上的观测者,观测到火星相对于恒星背景由东向西运动,为逆行,B 错误,C 正确;地球、火星的速度以及二者的相对速度,可以构成一个矢量三角形,由于三角形的两边之差小于第三边,可知冲日时,二者的相对速度最小,D 正确。

13. (1) $\frac{7GM^2}{64d^2}$ (2) $\frac{GM^2}{8}\left[\frac{1}{d^2}-\frac{1}{8(d-\frac{R}{2})^2}\right]$

【解析】设匀质实心球的密度为 ρ ,则有

$$M=\rho\times\frac{4}{3}\pi R^3$$

挖去的小球质量

$$m=\rho\times\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3$$

解得 $m=\frac{1}{8}M$

剩余空心球的质量 $M'=\frac{7}{8}M$

(1)由图甲知,空心球的质量分布对称,由万有引力定律得两球之间的引力

$$F_1=G\frac{M'm}{d^2}=\frac{7GM^2}{64d^2}$$

(2)由图乙知,空心球质量分布不均匀,不能直接用万有引力公式计算,可利用“割补法”.先将空心球转化为理想模型,即用同样的材料将其填补为实心球,这时,两者之间的引力

$$F=G\frac{Mm}{d^2}=\frac{GM^2}{8d^2}$$

由于填补空心球而增加的引力

$$\Delta F=G\frac{m^2}{\left(d-\frac{R}{2}\right)^2}=\frac{GM^2}{64\left(d-\frac{R}{2}\right)^2}$$

所以空心球与挖去的小球之间的引力

$$F_2=F-\Delta F=\frac{GM^2}{8}\left[\frac{1}{d^2}-\frac{1}{8\left(d-\frac{R}{2}\right)^2}\right]$$

14. (1) $\frac{gR^2}{(R+h_1)^2}$ (2) $\sqrt{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}}-R$

【解析】(1)设地球质量为 M ,卫星质量为 m ,引力常量为 G ,卫星在 A 点的

加速度大小为 a ,由牛顿第二定律得 $G\frac{Mm}{(R+h_1)^2}=ma$

物体在地球赤道表面上受到的万有引力等于重力,有 $G\frac{Mm'}{R^2}=m'g$

联立解得 $a=\frac{gR^2}{(R+h_1)^2}$

(2)设远地点 B 距地面的高度为 h_2 ,卫星在同步轨道上受到的万有引力提供向心力,

由牛顿第二定律得 $G\frac{Mm}{(R+h_2)^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}(R+h_2)$

解得 $h_2=\sqrt{\frac{3gR^2T^2}{4\pi^2}}-R$

15. (1) $\sqrt{\frac{R}{r}}v$ (2) $\frac{3v^2}{4\pi rRG}$ (3) $4\pi\sqrt{\frac{2Rr}{v^2}}$

【解析】(1)小球在最高点时,由重力提供向心力,有 $mg=m\frac{v^2}{r}$

环月卫星的最小发射速度 v_1 满足 $m'g=m'\frac{v_1^2}{R}$

联立解得 $v_1=\sqrt{\frac{R}{r}}v$

(2)由 $\frac{GMm}{R^2}=mg$ 可得 $M=\frac{gR^2}{G}$

又因为 $\rho=\frac{M}{V}=\frac{M}{\frac{4\pi}{3}R^3}$

所以解得 $\rho=\frac{3v^2}{4\pi rRG}$

(3)对该卫星,有 $G\frac{Mm_1}{(2R)^2}=m_1\frac{4\pi^2}{T^2}\cdot 2R$

解得 $T=4\pi\sqrt{\frac{2Rr}{v^2}}$

16. (1) $\sqrt{\frac{3gR^2T^2}{4\pi^2}}-R$ (2) $\sqrt{gR}$ (3) $\sqrt{\frac{35gR}{6}}$ (4) $\frac{3g}{4\pi GR}$

【解析】(1)根据 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$

$$G\frac{Mm}{(R+h)^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}(R+h)$$

得同步卫星距地面的高度

$$h=\sqrt{\frac{3gR^2T^2}{4\pi^2}}-R$$

(2)根据 $mg=m\frac{v_1^2}{R}$

得地球的第一宇宙速度

$$v_1=\sqrt{gR}$$

(3)根据 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v_1^2}{R}$

$$v_1=\sqrt{\frac{GM}{R}}$$

同理 $v_2=\sqrt{\frac{G\times 14M}{2.4R}}=\sqrt{\frac{35gR}{6}}$

(4)地球的密度 $\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$

结合 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$

得 $\rho=\frac{3g}{4\pi GR}$

章末素养测评(四)

1. B 【解析】乘客随座舱在竖直面内做匀速圆周运动,动能保持不变,而重力势能时刻改变,故乘客的机械能一直改变,A 错误;在最高点合外力提供向心力,向心力方向向下,所以在最高点,乘客重力大于座椅对他的支持力,B 正确;摩天轮转动一周时,乘客重力做的功为零,C 错误;乘客竖直方向的瞬

时速度分量时刻在改变,所以重力的瞬时功率也时刻在变化,D 错误。

2. B 【解析】根据动能定理得 $-F_1x=0-\frac{1}{2}mv^2$,其中 $v=1600\text{ m/s}-(80\times 2)\text{ m/s}=1440\text{ m/s}$,代入数据得 $F_1\approx 6.22\times 10^7\text{ N}$,所以选项 B 正确,A、C、D 错误。
3. B 【解析】电动车从静止出发,在平直公路上加速前进,由于发动机的功率一定,由 $P=Fv$,可知电动车的牵引力不断减小,故 A 错误;由牛顿第二定律可得 $F-F_1=ma$,由于牵引力减小、阻力不变,所以电动车的加速度不断减小,故 B 正确;由 $a=\frac{F-F_1}{m}=\frac{P}{mv}-\frac{F_1}{m}$,可知该电动车做初速度为零的变加速直线运动,且加速度大小随速度增大而减小,加速度与速度不成正比也不成反比,故 C 错误;电动车合力的功率为 $P'=F_{\text{合}}v=ma v=(F-F_1)v=P-F_1v$,由于发动机的功率一定,阻力大小不变,速度增大,所以电动车合力的功率不断减小,故 D 错误。
4. D 【解析】两小球组成的系统机械能守恒,杆竖直时 A 在最高点, B 在最低点, A 球的动能增大,重力势能增加, A 的机械能增加,即 $W>0$,而 B 的机械能减少,即 $\Delta E<0$,选项 D 正确。
5. B 【解析】滑块相对平板运动到右端的过程中,所受的摩擦力方向水平向左,与位移方向反,相对于地的位移大小为 $x+L$,所以摩擦力对滑块做的功为 $W_1=-F_1(L+x)$,故 A 错误;平板向右运动,所受的摩擦力方向水平向右,摩擦力对平板做正功,平板的对地位移为 x ,摩擦力对平板做的功为 $W_2=F_1x$,故 B 正确;摩擦力对系统做的总功为 $W=W_1+W_2=-F_1L$,故 C 错误;由功能关系可知,系统产生的热量等于摩擦力对系统做的总功的绝对值,即 $Q=F_1L$,故 D 错误。
6. D 【解析】拉力对重物做的功,等于重物的机械能变化量,则有 $E=Fh$,结合图像可知,图像的斜率为拉力 F ,由图可知,钢索拉重物的力先减小后不变,故 A、B 错误;第二阶段,斜率保持不变,钢索对重物的拉力 F 不变,但 F 与 mg 大小关系不能确定,可能 $F>mg$,做匀加速直线运动,可能 $F=mg$,做匀速直线运动,故 C 错误,D 正确。
7. D 【解析】建立以太阳为中心,太阳与地球间距为半径的球体模型,则球面积 $S=4\pi r^2\approx 2.8\times 10^{23}\text{ m}^2$,已知太阳每秒辐射的能量约为 $E=3.86\times 10^{26}\text{ J}$,太阳能发电板的面积为 $S_0=120\text{ m}^2$,太阳能转化为电能的效率为 5%,则每秒产生的电能为 $E_0=\frac{E}{S}\times S_0\times 5\%\approx 8.27\times 10^3\text{ J}$,根据焦耳与千瓦时的公式换算可知,这家用户一天的太阳能发电约为 $E_{\text{总}}=6\times 3600E_0=\frac{6\times 3600\times 8.27\times 10^3}{3600\times 10^3}\text{ kW}\cdot\text{h}\approx 49.6\text{ kW}\cdot\text{h}$,故 A、B 错误;发电一小时的能量 $E_1=3600E_0$,可供 22 W 的灯泡正常工作时间 $t=\frac{3600E_0}{P}=\frac{3600\times 8.27\times 10^3}{22\times 3600}\text{ h}\approx 376\text{ h}$,故 C 错误,D 正确。
8. AC 【解析】抛体运动的加速度恒为 g ,故小球飞行过程中单位时间内速度的变化量相同,选项 A 正确;小球落地时,竖直方向的速度大小不同,故重力做功的瞬时功率不同,选项 B 错误;由 $W_G=mgh$ 知,从开始运动到落地,重力对小球做功相同,但所用时间不同,所以重力对小球做功的平均功率不同,选项 C 正确,D 错误。
9. CD 【解析】由小球沿轨道到达最高点 B 时恰好对轨道没有压力可得 $mg=m\frac{v_B^2}{R}$,则在 B 点时小球速度为 $v_B=\sqrt{gR}$,小球从 B 点飞出后做平抛

运动有 $R = \frac{1}{2}gt^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2R}{g}}$, 则水平距离 $x = v_B t = \sqrt{gR} \times \sqrt{\frac{2R}{g}} = \sqrt{2}R$, 故 A 错误; 若整个过程小球机械能守恒, 则从 P 点释放到 B 点有 $mgR = \frac{1}{2}mv_B'^2$, 则在 B 点的速度应该是 $\sqrt{2gR}$, 可见机械能减小, 故 B 错误; 从 P 到 B 的运动过程中, 合外力做功等于物体动能的变化量, 即 $v_{\text{合}} = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv_B'^2 = \frac{1}{2}mgR$, 故 C 正确; 克服摩擦力做功等于系统机械能的减少量 $\Delta E = mgR - \frac{1}{2}mv_B'^2 = \frac{1}{2}mgR$, 故 D 正确.

10. BD 【解析】对煤屑, 由牛顿第二定律有 $a = \frac{\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta}{m} = 0.4 \text{ m/s}^2$, 煤屑从落到传送带开始, 运动到与传送带速度相等时前进的位移 $x = \frac{v^2}{2a} = 1.25 \text{ m}$, 故 A 错误; 煤屑从落到传送带开始, 运动到与传送带速度相等时所用的时间 $t = \frac{v}{a} = 2.5 \text{ s}$, 故 B 正确; 设经过 Δt 时间, 煤屑动能增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}m\Delta t v^2$, 重力势能增加量 $\Delta E_p = m\Delta t gh$, 摩擦产生的热量 $Q = \mu m\Delta t g \cos \theta \cdot (vt - x)$, 传送带电机因输送煤屑而增加的输出功率 $P = \frac{\Delta E_k + \Delta E_p + Q}{\Delta t} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh + \mu mg \cos \theta \cdot (vt - x) = 154 \text{ W}$, 故 C 错误, D 正确.

11. (1) ABD (2) ① Δt_1 ② $\frac{d}{\Delta t_2}$ ③ $-mgL$ ④ 存在较大空气阻力

【解析】(1) 探究平抛运动规律时, 斜槽轨道不必是光滑的, 只需要每次都从同一位置由静止释放即可, 故 C 错误, A、B、D 正确.
(2) ① 钢球弹起后先经过光电门 2, 后经过光电门 1, 所以经过光电门 2 时的速度较大, 时间短, 因此光电门 1 的遮光时间是 Δt_1 ; ② 经过光电门 2 的瞬时速度为 $\frac{d}{\Delta t_2}$; ③ 从光电门 2 运动到光电门 1 的过程, 小钢球向上运动, 重力做负功, 重力做功为 $-mgL$; ④ 若发现重力势能增加量与动能减少量始终有较大差距, 说明存在较大空气阻力, 运动过程中要克服空气阻力做功.

12. (1) 2.40 4.80 (2) 1.176 1.152 (3) 0.04

【解析】(1) 打 B 点时, 纸带的速度 $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{0.2160 + 0.2640}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 2.40 \text{ m/s}$, 加速度 $a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{0.2640 - 0.2160}{0.1^2} \text{ m/s}^2 = 4.80 \text{ m/s}^2$.
(2) 减少的重力势能 $\Delta E_p = (m_1 - m_2)gh = (0.3 - 0.1) \times 9.8 \times (0.3840 + 0.2160) \text{ J} = 1.176 \text{ J}$, 系统增加的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v_B'^2 = \frac{1}{2}(0.3 + 0.1) \times 2.40^2 \text{ J} = 1.152 \text{ J}$.

(3) 由动能定理得 $W_G - F_{\text{阻}}h = \Delta E_k$, 又 $W_G = 1.176 \text{ J}$, 代入数据得 $F_{\text{阻}} = 0.04 \text{ N}$.

13. (1) 2 N (2) $2\sqrt{5} \text{ m/s}$

【解析】(1) 由 P 到 A , 由动能定理得 $-(mg \sin \alpha + F_f)x_1 = E_{kA} - E_{k0}$ 而 $-F_fx_1 = \Delta E_{\text{机}}$ 联立解得 $F_f = 2 \text{ N}$
(2) 由 P 到最高点, 由动能定理得 $-(mg \sin \alpha + F_f)x_2 = 0 - E_{k0}$

解得 $x_2 = 2.5 \text{ m}$

滑块从最高点到 P 点, 由动能定理得 $(mg \sin \alpha - F_f)x_2 = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

解得 $v = 2\sqrt{5} \text{ m/s}$

14. (1) $2\sqrt{2} \text{ m/s}$ (2) 1 m/s (3) 0.05 m

【解析】(1) 由于竖直平面内轨道光滑, 则从 P 到 A 机械能守恒, 即

$$mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv_A'^2$$

$$v_A = \sqrt{2gR(1 - \cos \theta)} = 2\sqrt{2} \text{ m/s}$$

$$(2) \text{从 } A \text{ 到 } C, \text{ 根据动能定理得 } -\mu mgL_{BC} = \frac{1}{2}mv_C'^2 - \frac{1}{2}mv_A'^2$$

$$\text{则 } v_C = 1 \text{ m/s}$$

$$(3) \text{从 } C \text{ 到 } D, \text{ 小球机械能守恒, 则 } mgh + \frac{1}{2}mv_D'^2 = \frac{1}{2}mv_C'^2$$

从 D 点平抛, 落点到 D 点的水平距离 $x = v_D t$

$$\text{其中 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\text{联立以上各式得 } x = \sqrt{\frac{2h}{g}(v_C'^2 - 2gh)} = \sqrt{0.2h(1 - 20h)}$$

当 $h = \frac{1}{40} \text{ m}$ 时, 水平位移最大, 最大值为 0.05 m .

15. (1) $6.25 \times 10^{10} \text{ kW}$ (2) $5 \times 10^{10} \text{ kW}$ (3) 420 W

$$\text{【解析】(1) 由题可知 } \frac{P_2}{P_1} = \frac{S_2}{S_1}$$

$$\text{则 } P_2 = \frac{P_1 S_2}{S_1} = \frac{50 \text{ kW} \times 5000 \times 10^6 \text{ m}^2}{4 \text{ m}^2} = 6.25 \times 10^{10} \text{ kW}$$

$$(2) \text{由 } \eta = \frac{P_{\text{实}}}{P_{\text{总}}} \times 100\%$$

$$\text{可知 } P_{\text{实}} = \eta P_2 = 6.25 \times 10^{10} \text{ kW} \times 80\% = 5 \times 10^{10} \text{ kW}$$

(3) 太阳灶的功率

$$P_3 = \frac{W}{t} = \frac{2 \text{ m}^2 \times 8.4 \times 10^4 \text{ J/m}^2 \times 15\%}{60 \text{ s}} = 420 \text{ W}$$

模块综合测评

1. C 【解析】战机沿曲线 ab 运动时, 由于速度方向是变化的, 则速度是变化的, 故战机的加速度不为零, 根据牛顿第二定律可知, 战机所受的合外力不为零, A 错误; 战机在 ab 段做曲线运动的速率不变, 所受合外力与速度方向垂直, 由于速度方向时刻在变, 则合外力的方向也时刻在变化, 并非始终都竖直向上, B 错误; 战机飞行速率不变, 沿 ab 曲线飞行时, 速度与竖直方向的夹角逐渐减小, 故竖直方向的分速度逐渐增大, 水平方向的分速度逐渐减小, C 正确, D 错误.
2. D 【解析】根据题意可知, 小球竖直方向上的速度减小, 即小球在空中运动的时间减小, 上升的高度逐渐减小, 水平速度不变, 水平位移逐渐减小. 故选 D.
3. C 【解析】喷出的水柱最高达 30 m , 可得最大速度 $v = \sqrt{2gh} = 10\sqrt{6} \text{ m/s}$, t 时间内喷出水的质量为 $m = \rho V = \rho S v = \rho \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 v t$, 喷出水的动能为 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, 电动机的输出功率 $P = \frac{E_k}{t} \approx 58 \text{ kW}$, 故 C 正确.
4. B 【解析】对卫星, 有 $G \frac{Mm}{r^2} = ma = m \frac{v^2}{r} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$, 因为 $r_a < r_b < r_c$, 加

速度 $a = \frac{GM}{r^2}$, 故三颗卫星的加速度大小 $a_a > a_b > a_c$, 选项 A 错误; 速度 $v =$

$\sqrt{\frac{GM}{r}}$, 故三颗卫星的运行速度大小 $v_a > v_b > v_c$, 选项 C 错误; 周期 $T =$

$2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$, 故三颗卫星的运行周期 $T_a < T_b < T_c$, 选项 D 错误; 由 $F =$

$\frac{GMm}{r^2}$, 可知因为三颗卫星受到的万有引力大小相等, 故三颗卫星的质量

$m_a < m_b < m_c$, 选项 B 正确.

5. C 【解析】对 MN 过程, 有 $a = g \sin \theta, v = at$; 对 NP 过程, 有 $a = 0, v$ 恒定;

对 PQ 过程, 有 $a = g, v = \sqrt{v_0^2 + g^2(t - t_0)^2}$, 整理得 $\frac{v^2}{v_0^2} - \frac{(t - t_0)^2}{\frac{v_0^2}{g^2}} = 1$, 对

应的 $v-t$ 图线为双曲线的一支, 所以 C 正确.

6. D 【解析】风速在 $5 \sim 10 \text{ m/s}$ 范围内, 转化效率 η 可视为不变. 某段时间风的

动能转化为风力发电机的电能, 即 $\frac{1}{2}mv^2 \cdot \eta = Pt, m = \rho \cdot Avt$, 联立得

$P = \frac{1}{2}\eta \rho A v^3$, 因此选项 A、B 错误. 每天平均有 $1.0 \times 10^8 \text{ kW}$ 的风能资源, 即使每天 24 小时发电, 但转化效率不可能是 100% , 所以选项 C 错误. 风速为

6 m/s 时的输出电功率为 $P' = \left(\frac{6^3}{9^3}\right)P = 120 \text{ kW}$, 每年至少能发电 $W =$

$P't = 6 \times 10^5 \text{ kW} \cdot \text{h}$, 选项 D 正确.

7. A 【解析】空间站的轨道半径 $r_1 = R + h_1 = 6.85 \times 10^6 \text{ m}$, 北斗中轨道卫星

A 的轨道半径 $r_2 = R + h_2 = 2.74 \times 10^7 \text{ m}$, 可得 $\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{4}$, 根据开普勒第三定

律 $\frac{r^3}{T^2} = k$, 从而得出二者的周期之比为 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{r_1 \sqrt{r_1}}{r_2 \sqrt{r_2}} = \frac{1}{8}$, 从图示位置开始,

二者转过的角度相差 $n2\pi$, 得 $\left(\frac{2\pi}{T_1} - \frac{2\pi}{T_2}\right)t = n2\pi (n = 1, 2, 3, \dots)$, 化简 $t =$

$\frac{nT_2}{7}$, 在卫星 A 运行一周时间 T_2 内, n 取值 $(0, 7]$, 所以共 7 次相距最近. 故

选 A.

8. BC 【解析】由开普勒第三定律可知, 金星绕太阳运动的公转轨道半径比水

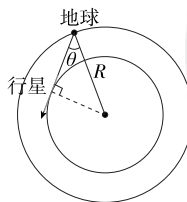
星大, 则它的公转周期比水星大, A 错误; 由牛顿第二定律有 $G \frac{Mm}{r^2} = ma$, 解

得 $a = G \frac{M}{r^2}$, 水星的公转轨道半径更小, 则其向心加速度更大, B 正确; 当地

球与行星的连线与行星运行轨迹相切时, 夹角取得最大值, 如图所示, 设地球的公转轨道半径为 R , 则水星公转轨道半径为 $R \sin \alpha_m$, 金星公转轨道半径为 $R \sin \beta_m$, 水星与金星的公转轨道半径之比为 $\sin \alpha_m : \sin \beta_m$, C 正确; 由万有

引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 水星与金星的公转线速

度之比为 $\sqrt{\sin \beta_m} : \sqrt{\sin \alpha_m}$, D 错误.



9. CD **【解析】**由图像可得,汽车匀加速阶段的加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1 \text{ m/s}^2$,汽车匀加速阶段的牵引力大小 $F = \frac{P}{v} = 3000 \text{ N}$,在匀加速阶段由牛顿第二定律得 $F - \frac{1}{5}mg = ma$,解得 $m = 1000 \text{ kg}$,A 错误;牵引力功率为 15 kW 时,汽车行驶的最大速度 $v_0 = \frac{P}{F_f} = \frac{5P}{mg} = 7.5 \text{ m/s}$,B 错误;前 5 s 内汽车的位移大小 $x = \frac{1}{2}at_1^2 = 12.5 \text{ m}$,克服阻力做功 $W_f = \frac{1}{5}mgx_1 = 2.5 \times 10^4 \text{ J}$,C 正确; $5 \sim 15 \text{ s}$ 内,由动能定理得 $Pt_2 - F_fx_2 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2$,解得 $x_2 \approx 67.19 \text{ m}$,D 正确.

10. CD **【解析】**根据题意,如果我们取 O 点的重力势能为 0 ,这个“势能”也为 0 ,则质量相等的小液滴,由于它们在液面上稳定时具有相同的总势能,即某点的总势能为 $E_p = mgy - \frac{1}{2}m\omega^2x^2 = 0$,整理可得 $y = \frac{\omega^2}{2g}x^2$,可知, y 与 x 是二次函数的关系,所以桶中水面的纵截面为抛物线,不是圆的一部分,故 A 错误;根据题意,若我们取水面 A 处有一个小液滴,它离 O 点有一定的高度,因为在水面上稳定时相同质量的水将具有相同的总势能,而 A 点的重力势能大于 O 点,所以这个特殊的“势能”在 A 点要小于 O 点,故由 O 到 A 的过程中,这个“势能”减小,故它对应的力做的是正功,则与该“势能”对应的“力”的方向不可能指向 y 轴,故 B 错误;根据题意,设这个“力”为 F ,则有 $Fx = 0 - \left(-\frac{1}{2}m\omega^2x^2\right)$,可得 $F = \frac{1}{2}m\omega^2|x|$,则与该“势能”对应的“力”的大小随 $|x|$ 的增加而增大,故 C 正确;根据题意可知, O 点的这个“势能”最大,而“势能”表达式为 $E_{px} = -\frac{1}{2}m\omega^2x^2$,则是选取 y 轴“势能”为零,故 D 正确.

11. (1) $mg(x_0 + x_1) - \frac{1}{2}m\left(\frac{x_1 + x_2}{4T}\right)^2$ 重锤下落过程中克服空气阻力和纸带摩擦力做功 (2)在实验误差允许范围内,若 k 近似等于 $2g$,则可认为这一过程机械能守恒 **【解析】**(1)减少的重力势能为 $\Delta E_p = mg(x_0 + x_1)$, C 为 AE 的时间中点,用 AE 段的平均速度大小表示 C 点的速度, $v_c = \frac{AE}{2 \cdot 2T} = \frac{x_1 + x_2}{4T}$,所以动能增量为 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_c^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{x_1 + x_2}{4T}\right)^2$,重锤下落过程中克服空气阻力和纸带摩擦力做功,有一部分机械能转化为内能,因此减小的重力势能总是大于重锤增加的动能.

(2)根据 $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$,可得 $v^2 = 2gh + v_A^2$,由此可知,在实验误差允许范围内,若 v^2-h 图像斜率 k 近似等于 $2g$,则可认为这一过程机械能守恒.

12. (1)刻度尺 (2)将钢球放在斜槽的末端,看钢球能否静止在斜槽的末端 (3)D (4)0.5 9.75 **【解析】**(1)实验中钢球飞出后做平抛运动,根据平抛运动的规律可知,应测出高度和水平位移的大小,故应用到刻度尺. (2)在实验操作中检测斜槽末端是否水平的方法:将钢球放在斜槽的末端,看钢球能否静止(或用水平仪检查斜槽末端是否水平).

(3)钢球做平抛运动,有 $x = v_0t, y = \frac{1}{2}gt^2$,联立得 $y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$,关系式中的 a 应等于 $\frac{g}{2v_0^2}$,故 D 正确,A、B、C 错误.

(4)平抛运动的初速度为 $v_0 = \frac{x}{T} = xf = 1.0 \times 10^{-2} \times 50 \text{ m/s} = 0.5 \text{ m/s}$;由 $\Delta y = gT^2$,解得当地的重力加速度 $g = \frac{\Delta y}{T^2} = [(y_3 - y_2) - (y_2 - y_1)]f^2 = 9.75 \text{ m/s}^2$.

13. (1) $\sqrt{\frac{2E_p}{m}}$ (2) $\frac{5}{2}\sqrt{\frac{E_ph}{mg}}$

【解析】(1)设小球离开桌面时速度大小为 v_0 ,根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv_0^2 = E_p$

解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2E_p}{m}}$

(2)设小球平抛所用时间为 t ,第一次落地点距桌面上飞出点的水平距离为 x ,小球与地面第一次碰撞前瞬间竖直方向速度的大小为 v_1 ,碰撞后瞬间竖直方向速度的大小为 v_2 ,由运动学公式、机械能守恒定律及题目所给条件有

$$x = v_0t$$

$$v_1 = gt$$

$$v_2 = \frac{4}{5}v_1$$

$$mgh = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\text{联立以上各式得 } x = \frac{5}{2}\sqrt{\frac{E_ph}{mg}}$$

14. (1) 2 m/s^2 7 m/s^2 (2) 10.2 J (3) 80.28 J

【解析】(1)滑块与木板取得相同的速度前,对滑块和木板根据牛顿第二定律分别有

$$\mu_1 mg = ma_1$$

$$\mu_1 mg + \mu_2(m + M)g = Ma_2$$

$$\text{解得 } a_1 = 2 \text{ m/s}^2, a_2 = 7 \text{ m/s}^2$$

(2)设经过 t_1 时间两者速度相等,根据运动学规律有 $a_1t_1 = v - a_2t_1$

$$\text{解得 } t_1 = 1 \text{ s}$$

此时两者的共同速度为 $v_1 = a_1t_1 = 2 \text{ m/s}$

达到共同速度前,滑块和木板的位移分别为

$$x_1 = \frac{v_1t_1}{2} = 1 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{(v_1 + v)t_1}{2} = 5.5 \text{ m}$$

两者相对位移为 $\Delta x_1 = x_2 - x_1 = 4.5 \text{ m}$

达到共同速度后,假设两者可以以相同的加速度做匀减速运动,根据牛顿第二定律有 $\mu_2(m + M)g = (m + M)a$

$$\text{解得 } a = 4 \text{ m/s}^2$$

此时滑块所受摩擦力大小为 $F_f = ma = 4 \text{ N} > \mu_1 mg = 2 \text{ N}$

即假设不成立,所以到达共同速度后两者做加速度不同的匀减速运动,对

滑块和木板分别有

$$\mu_1 mg = ma_3$$

$$\mu_2(m + M)g - \mu_1 mg = Ma_4$$

$$\text{解得 } a_3 = 2 \text{ m/s}^2, a_4 = 5 \text{ m/s}^2$$

易知木板先停止运动,从达到共速到各自停下的过程中,滑块和木板的位移分别为

$$x_3 = \frac{v_1^2}{2a_3} = 1 \text{ m}$$

$$x_4 = \frac{v_1^2}{2a_4} = 0.4 \text{ m}$$

两者相对位移为 $\Delta x_2 = x_3 - x_4 = 0.6 \text{ m}$

根据功能关系可得 $Q = \mu_1 mg(\Delta x_1 + \Delta x_2) = 10.2 \text{ J}$

(3)两者共速后,设木板经 t_2 停止运动,则 $t_2 = \frac{v_1}{a_4} = 0.4 \text{ s}$

木板停下时,滑块的速度为 $v_2 = v_1 - a_3t_2 = 1.2 \text{ m/s}$

从开始至木板刚停止时,根据动能定理有 $W_f = \frac{1}{2}Mv^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = U$

$$\text{解得 } U = 80.28 \text{ J}$$

15. (1) 5 m (2) $R_2 \leq 1.52 \text{ m}$ 或 $R_2 \geq 3.8 \text{ m}$ (3) $5 \text{ m} \leq h \leq 5.32 \text{ m}$

【解析】(1)小球恰好能过第一个竖直圆轨道,则在最高点满足 $mg = m\frac{v_1^2}{R_1}$

小球从 A 点到第一个圆轨道最高点根据机械能守恒定律有

$$mg(h - 2R_1) = \frac{1}{2}mv_1^2$$

联立解得 $h = 5 \text{ m}$

(2)要保证小球不脱离圆轨道 2,可分两种情况进行讨论

I. 轨道半径较小时,小球恰能通过第二个圆轨道,设在最高点的速度为 v_2 ,

$$\text{应满足 } mg = m\frac{v_2^2}{R_2}$$

同时满足,小球能通过第一个圆轨道,根据动能定理有

$$mg(2R_1 - 2R_2) - \mu mgL_{BC} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\text{或者 } mg(h - 2R_2) - \mu mgL_{BC} = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\text{联立解得 } R_2 = 1.52 \text{ m}$$

II. 轨道半径较大时,小球上升的最大高度为 R_2 ,根据动能定理有

$$mg(2R_1 - R_2) - \mu mgL_{BC} = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$\text{或者 } mg(h - R_2) - \mu mgL_{BC} = 0$$

$$\text{联立解得 } R_2 = 3.8 \text{ m}$$

故 $R_2 \leq 1.52 \text{ m}$ 或 $R_2 \geq 3.8 \text{ m}$

(3)若小球刚好停在 E 点,从出发点到 E ,根据动能定理得

$$mg(h - L_{DE} \sin \alpha) - \mu mg(L_{BC} + L_{CD}) - \mu mgL_{DE} \cos \alpha = 0$$

$$\text{解得 } h = 3.32 \text{ m} < 5 \text{ m}$$

说明若小球刚好停在 E 点,小球就过不了第一个圆轨道,如果小球停在 F 点,从出发点到 F 点,根据动能定理可得

$$mg(h - L_{DE} \sin \alpha) - \mu mg(L_{BC} + L_{CD} + L_{EF}) - \mu mgL_{DE} \cos \alpha = 0$$

$$\text{解得 } h = 5.32 \text{ m}$$

综上可知 $5 \text{ m} \leq h \leq 5.32 \text{ m}$.