

限时小测试参考答案

小测试(一) 认识曲线运动

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)✓

2. B 解析:做曲线运动的物体速度一定发生变化,但加速度可以不变(恒力作用),例如把物体水平抛出后,物体只受重力,加速度不变,但在空中做曲线运动,A、D 错误;做曲线运动的物体,速度大小可以不变,但方向一定发生变化,由于速度是矢量,速度发生变化,一定有加速度,B 正确,C 错误.

针对训练

1. ABC 解析:做曲线运动的物体,速度方向时刻在改变,则一定是变速运动,可能是匀变速运动,A 正确,D 错误;做曲线运动的物体,运动状态时刻在改变,根据牛顿第二定律可知,物体所受合力一定不为零,B 正确;如果物体不受外力,根据牛顿第一定律可知,物体将保持静止或匀速直线运动状态,故 C 正确.

2. C 解析:物体做曲线运动时速度方向发生变化,加速度不为零,所受的合力不为零,A 错误;物体所受的合力方向与速度方向共线时,物体做匀变速直线运动,B 错误;物体受到的恒力方向与速度方向不共线时物体做曲线运动,C 正确,D 错误.

3. AB 解析:若恒力 F_1 与速度方向相反,则撤去恒力 F_1 后剩余力的合力与速度方向相同,物体做匀加速直线运动,A 正确;若恒力 F_1 与速度方向相同,则撤去恒力 F_1 后剩余力的合力与速度方向相反,物体做匀减速直线运动,B 正确;只有当恒力 F_1 的方向与速度方向不在同一直线上时,物体做匀变速曲线运动,C 错误;由上分析可知,物体不可能做变加速曲线运动,故 D 错误.

4. C 解析:物体的位移是指从初位置指向末位置的有向线段,而路程是指实际的运动轨迹的长度,物体做曲线运动的位移小于路程,A 错误;物体的速度方向为运动轨迹的切线方向,则曲线运动的速度方向一定会发生变化,所以是变速运动,B 错误;物体做曲线运动的条件是合外力方向与速度方向不在同一直线上,可知一定有合外力,由牛顿第二定律知,加速度方向与速度方向一定不在同一直线上,故 C 正确,D 错误.

5. A 解析:由于不考虑空气阻力,乒乓球运动中只受重力,根据牛顿第二定律,乒乓球的加速度为重力

加速度 g ,是匀变速运动,B、D 错误;做曲线运动的乒乓球在运动轨迹上某点的速度方向沿曲线在该点的切线方向,因此乒乓球在 B 点的速度沿 BD 方向,A 正确,C 错误.

6. B 解析:由题图可知,物体从 M 运动到 N 的过程中,沿初速度方向做减速运动,故物体受到与初速度方向相反的一个分力;同时物体向右做加速运动,故物体还受到向右的一个分力.由平行四边形定则知,物体受到的合力方向可能沿 F_2 方向,B 正确,A、C、D 错误.

7. D 解析:小球在光滑的水平面上以 v_0 向右运动,给小球一个向北的水平恒力,根据曲线运动条件,合力指向物体做曲线运动轨迹的凹侧,通过风带后,小球所受合力为零,出风带的速度的方向沿着曲线的切线方向,故 D 正确,A、B、C 错误.

8. 见解析 解析:由题意知,质点的加速度大小和方向均不变,且加速度指向轨迹弯曲的方向(向上);质点从 A 到 D 的过程中加速度方向与速度方向的夹角是钝角,运动到 D 点以后由直角变为锐角,即质点先减速后加速.

小测试(二) 运动的合成与分解

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)× (4)✓

2. C 解析:合运动的速度等于两分运动速度的矢量和,A 错误;合运动的速度不一定大于某一个分运动的速度,也可能小于或等于某一个分速度,B 错误;合运动的方向就是物体实际运动的方向,C 正确;只有两个分速度的大小而不知道分速度的方向,不能确定合速度的大小,D 错误.

3. A 解析:决定物体运动性质的条件是初速度和加速度,当加速度方向与速度方向不在一条直线上时,物体做曲线运动,当加速度方向与速度方向在一条直线上时,物体做直线运动,若加速度恒定,则物体做匀变速运动.相互垂直的一个匀速直线运动和一个匀加速直线运动,两个运动不在一条直线上,且加速度是不变的,故一定是匀变速曲线运动,A 正确,B、C、D 错误.

针对训练

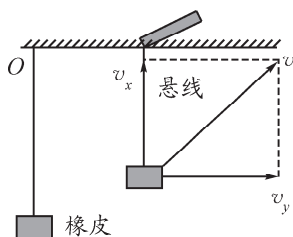
1. D 解析:根据平行四边形定则知合位移可能比分位移大,可能比分位移小,可能与分位移大小相等,A 错误;根据平行四边形定则知合速度可能比分速

度大,可能比分速度小,可能与分速度大小相等,B错误;两个匀速直线运动都没有加速度,故合运动也没有加速度,只能是匀速直线运动,C错误;分运动和合运动的位移、速度、加速度都是矢量,故它们的关系均符合平行四边形定则,D正确。

2. C 解析:根据平行四边形定则知,合速度可能比分速度大,可能比分速度小,可能与分速度大小相等,A错误;两个直线运动的合运动可能是直线运动,也可能是曲线运动,若两个匀变速直线运动的合加速度与合初速度方向共线时,则合运动是匀变速直线运动,若不共线时,则合运动是匀变速曲线运动,故B、D错误,C正确。

3. A 解析:物体乙沿甲的斜面匀速下滑,则乙受重力、支持力、摩擦力的作用,合力为零,即水平方向和竖直方向的合力均为零,所以物体乙在水平和竖直方向的分运动都是匀速运动,A正确,B、C、D错误。

4. A 解析:橡皮参与了水平向右和竖直向上的分运动,如图所示,两个方向的分运动都是匀速直线运动,则合运动也为匀速直线运动,A正确,B、C、D错误。



5. D 解析:由题意知,画笔相对于白板竖直向下做匀速运动,水平方向先向右做匀加速运动,根据运动的合成和分解可知此时画笔做曲线运动,由于合加速度向右,则曲线向右弯曲,然后水平方向向右做匀减速运动,同理可知轨迹仍为曲线运动,由于合加速度向左,则曲线向左弯曲,D正确,A、B、C错误。

6. BC 解析:由题意知,无人机有水平方向的初速度,且在竖直方向做匀加速直线运动,无人机合外力不为零,且合外力方向与初速度方向不在同一直线上,则无人机做曲线运动,A错误;由于无人机在水平方向做匀速直线运动,且水平位移为160 m,则 $t = \frac{x}{v_x} = 4$ s,B正确;无人机在竖直方向做初速度为零的匀加速直线运动,且 $t = 4$ s,根据运动学规律可知 $y = \frac{1}{2}at^2$,代入数据解得 $a = 20$ m/s²,C正确;此时无人机的竖直分速度为 $v_y = at = 80$ m/s,D错误。

7. A 解析:降落伞和人在水平方向、竖直方向都是匀速直线运动,受到平衡力作用,所以降落伞的姿态

应为竖直方向.降落伞在风场中稳定下落,降落伞和人在水平向右方向上匀速直线运动;降落伞和人在竖直方向上也是匀速直线运动;因此合运动也为匀速直线运动,则合速度的方向斜向下,故运动轨迹为一条倾斜向下的直线,A正确,B、C、D错误。

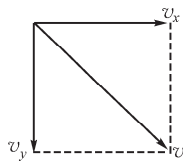
8. C 解析:光斑在墙壁上的移动速度大小 $v = v_0 \cos \theta = 1.6$ m/s,C正确,A、B、D错误。

9. D 解析:根据题意可知,物体在 x 方向做初速度为零的匀加速直线运动,在 y 方向做匀速直线运动,2 s末, $v_x = 3$ m/s, $v_y = 4$ m/s,因而 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 5$ m/s,A错误; $a_x = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 1.5$ m/s², $a_y = 0$,根据牛顿第二定律得 $F_x = ma_x = 1 \times 1.5$ N = 1.5 N, $F_y = 0$,合外力 $F = 1.5$ N,B错误; $t = 0$ 时, $v_x = 0$, $v_y = 4$ m/s,初速度 $v_0 = 4$ m/s,C错误;由于初速度 $v_0 = 4$ m/s 沿 y 方向,合外力 $F = 1.5$ N 沿 x 方向,故物体做匀变速曲线运动,D正确。

10. C 解析:0~2 s内,无人机在水平方向做匀加速直线运动,在竖直方向也做匀加速直线运动,但初速度沿水平方向,合力与速度方向有夹角,因此,无人机做匀变速曲线运动,A错误;2~4 s内,无人机在水平方向做匀速直线运动,在竖直方向做匀减速直线运动,则合运动为匀变速曲线运动,B错误;0~4 s内,竖直方向速度一直为正,即一直向上运动, $t = 4$ s时,竖直方向速度为0,所以无人机在 $t = 4$ s时运动到最高点,C正确;0~5 s内,无人机的水平位移为9 m,竖直位移为1.75 m,则合位移不等于9 m,D错误。

11. (1)20 s (2) $\sqrt{26}$ m/s (3)20 m

解析:如图所示,物资的实际运动可以看作是竖直方向的匀速直线运动和水平方向的匀速直线运动两个分运动的合运动。



(1)分运动与合运动具有等时性,故物资实际运动的时间与竖直方向分运动的时间相等.所以 $t =$

$$\frac{h}{v_y} = \frac{100}{5} \text{ s} = 20 \text{ s}.$$

(2)物资落地时 $v_y = 5$ m/s, $v_x = 1$ m/s,由平行四边形定则得 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{1^2 + 5^2} \text{ m/s} = \sqrt{26} \text{ m/s}.$

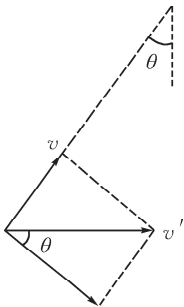
(3)物资水平方向的位移大小为 $x = v_x t = 1 \times 20 \text{ m} = 20 \text{ m}.$

专题卷(一) 关联速度和小船渡河

1. A 解析:将 A 物体的速度按图

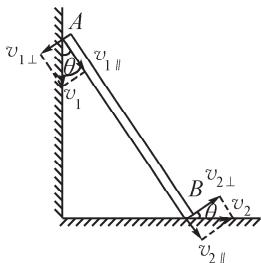
示两个方向分解,如图所示.可得绳子速率 $v_{\text{绳}} = v \sin \theta$,而绳子速率等于物体 B 的速率,则有物体 B 的速度大小为 $v_B = v_{\text{绳}} = v \sin \theta$,故 A 正确,B、C、D 错误.

2. D 解析:由题意知,小猴子沿绳子方向的速度等于老猴子拉绳子的速度,如图所示.设小猴子沿水平方向的速度为 v' ,即 $v = v' \sin \theta$,所以小猴子沿水平方向的运动速度 $v' = \frac{v}{\sin \theta}$,D 正确,A、B、C 错误.



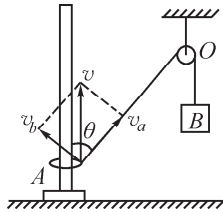
3. AD 解析:将 A、B 两球的速度分别沿绳方向和垂直于绳方向分解,A、B 两球沿绳方向的分速度大小相等,则 $v \cos \alpha = v_B \cos \beta$,可得 $v_B = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} v$,故 A 正确,B 错误;在 A 球向左匀速运动的过程中,角 α 减小、角 β 增大,故在 β 增大到 90° 的过程中,B 球做加速运动,故 D 正确,C 错误.

4. C 解析:将杆 A 端的速度沿直杆方向和垂直于直杆方向分解,沿直杆方向上的分速度为 $v_{1\parallel} = v_1 \cos \theta$;将杆 B 端的速度沿直杆方向和垂直于直杆方向分解,沿直杆方向上的分速度 $v_{2\parallel} = v_2 \sin \theta$. 由于 $v_{1\parallel} = v_{2\parallel}$,故 $v_1 = v_2 \tan \theta$,C 正确,A、B、D 错误.

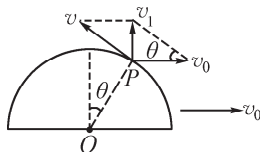


5. AD 解析:对轻环 A 沿轻绳和垂直轻绳方向正交分解,如图所示, v_a 就是物体 B 的速度 v_B (同一根绳子,速度大小相同),故 B 的速度为 $v_B = v \cos \theta$,A 正确;当 A 匀速上升时,夹角 θ 增大,由 $v_B = v \cos \theta$ 知 B 做减速运动,由牛顿第二定律知轻绳对 B 的拉力大于 B 的重力,故 B 错误,D 正确;当 A 环上升至与定滑轮的连线处于水平位置时 $v_a = 0$,所以 B 的

速度 $v_B = 0$,C 错误.

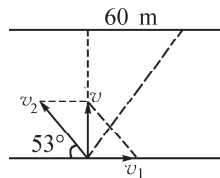


6. B 解析:杆的实际速度是接触点沿切线方向的速度与半圆柱体速度的合速度,如图所示,解得 $v_1 = v_0 \tan \theta$,B 正确,A、C、D 错误.



7. BC 解析:因为船在静水中的速度小于河水的流速,由平行四边形定则求合速度不可能垂直河岸,故小船不可能垂直河岸到达正对岸,最短位移不可能为河宽 150 m,A、D 错误;当船在静水中的速度垂直河岸时,渡河时间最短 $t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}} = 50$ s,B 正确;船以最短时间渡河时,它沿水流方向的位移大小 $x = v_{\text{水}} t_{\min} = 200$ m,C 正确.

8. C 解析:第一次船头垂直对岸方向航行时,出发后 20 s 到达对岸下游 60 m 处,则有水流速度的大小 $v_1 = \frac{x}{t_0} = \frac{60}{20}$ m/s = 3 m/s. 第二次船头保持与河岸成 $\theta = 53^\circ$ 角向上游航行时,如图所示



依据三角函数,则有 $v_2 = \frac{v_1}{\cos 53^\circ} = \frac{3}{0.6}$ m/s = 5 m/s,在第一次渡河中,河宽 $d = v_2 t_0 = 5 \times 20$ m = 100 m,则第二次过河时间 $t_1 = \frac{d}{v_2 \sin 53^\circ}$. 代入数据,解得第二次过河时间为 $t_1 = \frac{100}{5 \times 0.8}$ s = 25 s,故 C 正确,A、B、D 错误.

9. ACD 解析:渡河时间 $t = \frac{d}{v_{\text{船}}} = 20$ s,A 正确;由于

航线与岸的夹角为 60° ,可得 $\tan 60^\circ = \frac{v_{\text{船}}}{v_{\text{水}}}$,解得

$v_{\text{水}} = \frac{5}{3}\sqrt{3}$ m/s,B 错误;实际渡河位移为 $s =$

$\frac{d}{\sin 60^\circ} = \frac{200}{3}\sqrt{3}$ m,C 正确;由于 $v_{\text{船}} > v_{\text{水}}$,当船头与

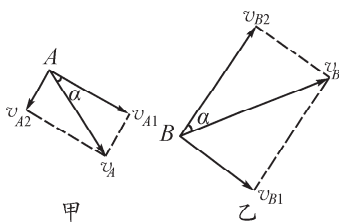
上游河岸的夹角 θ 满足 $\cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$ 时,船可到达正

对岸,D正确.

10. C 解析:由题意知,两船渡河的时间相等,两船沿垂直河岸方向的分速度 v_1 相等,由 $v_1 = v \sin \theta$ 知两船在静水中的划行速率 v 相等,A 错误;乙船沿 BD 到达 D 点,可见河水流速 $v_{\text{水}}$ 方向沿 AB 方向,则甲船不可能到达正对岸,所以甲船渡河的路程较大,B 错误;根据速度的合成与分解, $v_{\text{水}} = v \cos \theta$,而 $v \sin \theta = \frac{d}{t}$,得 $v_{\text{水}} = \frac{d}{t \tan \theta}$,D 错误;甲船沿 AB 方向的位移大小 $x = (v \cos \theta + v_{\text{水}}) t = \frac{2d}{\tan \theta} = l_{AB}$,可见两船同时到达 D 点,C 正确.

11. BC 解析:要使快艇在最短的时间内渡河,就要使快艇船头与河岸垂直,由于分运动的独立性,水的流速不影响快艇过河的时间,由题中图甲可知,前 8 s 内快艇做初速度为零的匀加速运动,其位移为 $x_1 = \frac{12 \times 8}{2} \text{ m} = 48 \text{ m}$,则快艇匀速运动的位移 $x_2 = x - x_1 = 96 \text{ m} - 48 \text{ m} = 48 \text{ m}$,匀速运动的时间 $t_2 = \frac{x_2}{v} = \frac{48}{12} \text{ s} = 4 \text{ s}$,所以快艇最短的渡河时间 $t = t_1 + t_2 = 8 \text{ s} + 4 \text{ s} = 12 \text{ s}$,A 错误;由图乙可知,水速 $v' = \frac{x}{t} = \frac{36}{4} \text{ m/s} = 9 \text{ m/s}$,所以快艇到达河正对岸下游 $x' = v' t = 9 \times 12 \text{ m} = 108 \text{ m}$,B 正确;快艇到达河对岸的速度 $v_{\text{合}} = \sqrt{v^2 + v'^2} = \sqrt{12^2 + 9^2} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s}$,C 正确;前 8 s 内快艇的运动由初速度为零的匀加速直线运动和匀速直线运动合成,运动轨迹为曲线,D 错误.

12. $\frac{v_A}{\tan \alpha}$ 解析:A 球以 v_A 的速度沿斜槽滑下时,可分解为一个使杆压缩的分运动,设其速度为 v_{A1} ,另一个使杆转动的分运动,设其速度为 v_{A2} .而 B 球沿斜槽上滑的运动可分解为一个使杆伸长的分运动,设其速度为 v_{B1} , $v_{B1} = v_{A1}$,另一个使杆转动的分运动,设其速度为 v_{B2} .由图可知 $v_{A1} = v_A \cos \alpha$, $v_{B1} = v_B \sin \alpha$,故 $v_B = \frac{v_A}{\tan \alpha}$.



13. (1) 50 s 正对岸下游 100 m 处 (2) 船头与上游河岸成 60° 角 $\frac{100\sqrt{3}}{3} \text{ s}$ (3) 船头与上游河岸成 53° 角 $\frac{800}{3} \text{ m}$

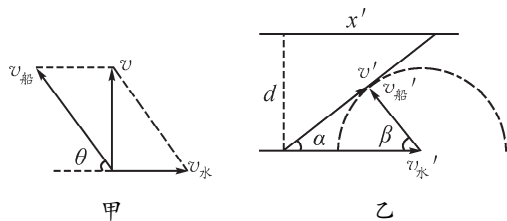
解析:(1) 小船渡河的时间 $t_1 = \frac{d}{v_{\text{船}}} = \frac{200}{4} \text{ s} = 50 \text{ s}$,

小船沿水流方向的位移 $s_{\text{水}} = v_{\text{水}} t = 2 \times 50 \text{ m} = 100 \text{ m}$,即船将在正对岸下游 100 m 处靠岸.

(2) 要使小船到达正对岸,合速度 v 应垂直于河岸,如图甲所示,则 $\cos \theta = \frac{v_{\text{水}}}{v_{\text{船}}} = \frac{1}{2}$,故 $\theta = 60^\circ$.即

船的航向与上游河岸成 60° 角,渡河时间 $t_2 = \frac{d}{v}$ =

$$\frac{d}{v_{\text{船}} \sin \theta} = \frac{200}{4 \times \sin 60^\circ} = \frac{100\sqrt{3}}{3} \text{ s}.$$



(3) 因为 $v'_{\text{船}} = 3 \text{ m/s} < v'_{\text{水}} = 5 \text{ m/s}$,所以船不可能垂直河岸横渡,不论航向如何,总会被水流冲向下游.如图乙所示,设船头 ($v'_{\text{船}}$) 与上游河岸成 β 角,合速度 v' 与下游河岸成 α 角,可以看出 α 角越大,船漂向下游的距离 x' 越短.船漂向下游的距离最短时,有 $\cos \beta = \frac{v'_{\text{船}}}{v'_{\text{水}}} = \frac{3}{5}$,故船头与上游河岸的夹

角 $\beta = 53^\circ$,又因为 $\frac{x'}{d} = \frac{v'}{v'_{\text{船}}} = \frac{\sqrt{v'_{\text{水}}^2 - v'_{\text{船}}^2}}{v'_{\text{船}}}$,代入数据解得 $x' = \frac{800}{3} \text{ m}$.

小测试(三) 探究平抛运动的特点

预习自评

1. D 解析:将物体向空中抛出,若空气阻力不可以忽略,这样的运动就不是抛体运动,A 错误;物体只在重力作用下运动,若初速度为 0,物体做自由落体运动,不是抛体运动,B 错误;伞兵在降落伞张开前后,空气阻力的作用都不能忽略,故伞兵不做抛体运动,C 错误;物体有一定的初速度,仅在重力作用下的运动为抛体运动,D 正确.

2. C 解析:在做“探究平抛运动的特点”实验时,除了木板、小球、斜槽、铅笔、图钉、坐标纸之外,还需要重垂线,确保小球抛出后在竖直面内运动;本实验中不需要测量力、时间以及质量,故不需要弹簧测力计、秒表和天平,C 正确,A、B、D 错误.

针对训练

1. (1) B (2) 小铁球 1 (3) 自由落体 解析:(1) 平抛运动的初速度沿水平方向,故为了保证小铁球飞出时初速度水平,实验中,轨道 A 末端的切线必须是水平的,B 正确;(2) 由于轨道 A 出口略向下倾斜,

则射出后,小铁球 1 有竖直方向上的初速度,并且与小铁球 3 下降的高度相同,而小铁球 3 竖直方向上的初速度为零,故小铁球 1 先到达 P 点;(3)小铁球 1 和小铁球 3 总是在空中相碰,说明两者在竖直方向上的运动性质相同,故说明小铁球 1 在竖直方向上做自由落体运动.

2. (1)平抛运动的竖直分运动是自由落体运动

(2)两球 P、Q 将相碰 平抛运动的水平分运动是匀速直线运动 (3)0.05 1.0 **解析:**(1)金属片把 A 球沿水平方向弹出,同时 B 球被松开自由下落,两球同时落地,改变 A 球被弹出时的速度,两球仍然同时落地,说明 A 球在竖直方向上的运动规律与 B 球相同,即平抛运动的竖直分运动是自由落体运动.(2)两小球能以相同的初速度 v_0 同时分别从轨道 M、N 的末端射出.实验可观察到两球将相碰,知 P 球水平方向上的运动规律与 Q 球相同,即平抛运动在水平方向上的分运动是匀速直线运动.(3)因为小球在水平方向上做匀速直线运动,在竖直方向上做自由落体运动.根据 $\Delta y = gT^2$,即 $L = gT^2$,解得 $T = \sqrt{\frac{L}{g}} = \sqrt{\frac{0.025}{10}} \text{ s} = 0.05 \text{ s}$,又因为 $2L = v_0 T$,解得 $v_0 = 1.0 \text{ m/s}$.

3. (1)切线水平 (3)同一位置由静止

(4) $L\sqrt{\frac{g}{h_2-h_1}}$ **解析:**(1)为了保证小球做平抛运动,需保证斜槽末端切线水平.(3)为了保证小球做平抛运动的初速度相同,每次将小球从同一位置由静止释放.(4)在竖直方向上,根据匀变速直线运动的推论 $h_2 - h_1 = gT^2$,解得 $T = \sqrt{\frac{h_2-h_1}{g}}$.水平方向做匀速运动,小球做平抛运动的初速度 $v_0 = \frac{L}{T} = L\sqrt{\frac{g}{h_2-h_1}}$.

4. 1.00 4 (-20, -20) **解析:**由图乙可知 A、B、C 中相邻两点间水平距离相等,所以运动时间相等,设为 T ,根据运动学公式有 $\Delta y = y_{BC} - y_{AB} = gT^2$,解得 $T = 0.2 \text{ s}$,小球平抛的初速度大小为 $v_0 = \frac{x_{AB}}{T} = 1.00 \text{ m/s}$,小球经过 B 点时竖直方向上的速度大小为 $v_{By} = \frac{y_{AC}}{2T} = 4 \text{ m/s}$.小球从抛出点运动到 B 点的时间为 $t = \frac{v_{By}}{g} = 0.4 \text{ s}$,则抛出点的横坐标为 $x = x_B - v_0 t = -20 \text{ cm}$,纵坐标为 $y = y_B - \frac{1}{2} g t^2 = -20 \text{ cm}$.

5. (1)见解析 (2)见解析 (3) $x\sqrt{\frac{g}{y_2-y_1}}$

(4)1.00 **解析:**(1)为了确保小球每次抛出的轨迹相同,应该使小球抛出时的初速度相同,因此每次都应使小球从斜槽上紧靠挡板处由静止释放.

(2)因为小球水平方向做匀速直线运动,由 $x = v_0 t$ 知,若 x 相同,则时间 t 相等.(3)在竖直方向上

$\Delta y = y_2 - y_1 = g t^2$,则 $t = \sqrt{\frac{y_2-y_1}{g}}$,水平方向上

$x = v_0 t$,初速度 $v_0 = \frac{x}{t} = x\sqrt{\frac{g}{y_2-y_1}}$.(4)代入数据解得: $v_0 = 1.00 \text{ m/s}$.

小测试(四) 研究平抛运动的规律(一)

预习自评

1. C **解析:**平抛运动的时间由高度决定,根据 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 知,高度越大,飞行的时间越长,与初速度无

关,A 错误;由水平位移 $x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 可知,水平位移与初速度、抛出点的高度都有关,故 B、D 错误;做平抛运动的物体只受重力作用,加速度等于 g 不变,C 正确.

2. C **解析:**对于做平抛运动的物体,水平方向上 $x = v_0 t$;竖直方向上 $h = \frac{1}{2} g t^2$,所以水平位移为 $x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$,所以水平方向通过的最大距离取决于物体的高度和初速度,故 C 正确,A、B、D 错误.

3. A **解析:**发球机发出的球,速度较大的球越过球网,速度较小的球没有越过球网,原因是发球机到网的水平距离一定,速度大,则球从发球机运动到球网所用的时间较少,球下降的高度较小,容易越过球网;速度较小的球在下降相同距离时通过的水平位移较少,故 A 正确,B、C、D 错误.

针对训练

1. A **解析:**做平抛运动的物体受力大小和方向都不变,则加速度不变,因此平抛运动是匀变速运动,故 A 正确,B 错误;做平抛运动的物体,其运动时间由高度决定,与初速度无关,水平位移由初速度和高度共同决定,故 C、D 错误.

2. D **解析:**由平抛运动的规律可知小球速度的改变量即为小球竖直方向的末速度 $\Delta v = v_y = \sqrt{v^2 - v_0^2}$,A 错误;小球运动的时间为 $t = \frac{v_y}{g} = \frac{\sqrt{v^2 - v_0^2}}{g}$,B 错误;小球水平位移为 $x = v_0 t = \frac{v_0 \sqrt{v^2 - v_0^2}}{g}$,竖直位移为 $y = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2g}$,实际

发生的位移为 $s = \sqrt{x^2 + y^2}$, 联立解得 $s = \frac{\sqrt{(v^2 - v_0^2)(v^2 + 3v_0^2)}}{2g}$, C 错误, D 正确.

3. D 解析: 两小球 A 和 B 都做平抛运动, 相遇时竖直位移 h 相同, 由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知两球下落时间相同, 即两球同时抛出, C 错误, D 正确; 因两球同时抛出, 水平方向上都做匀速直线运动, 由于 A 的水平位移比 B 的水平位移大, 由 $x = v_0t$ 知小球 A 的初速度比小球 B 的大, A、B 错误.

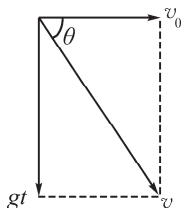
4. D 解析: 根据 $x = v_0t$, $y = \frac{1}{2}gt^2$, 将已知数据代入可得 $v_0 = 20$ m/s, 故 D 正确, A、B、C 错误.

5. C 解析: 小球 B 水平方向以速度 v_0 做匀速直线运动, 故二者同时到达 C 点, C 正确, A、B、D 错误.

6. C 解析: 炸弹运行的时间 $t = \frac{x}{v_1}$, 它在这段时间内竖直方向上的位移 $h_1 = \frac{1}{2}gt^2$, 拦截炮弹在这段时间内向上运动的位移 $h_2 = v_2t - \frac{1}{2}gt^2$, 则 $H = h_1 + h_2 = v_2t$, 所以 $H = v_2 \frac{x}{v_1}$, 解得 $v_1 = \frac{x}{H}v_2$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

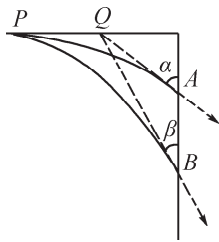
7. C 解析: 套圈做平抛运动, 竖直分运动是自由落体运动, 根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 有 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 故 $t_1 = t_3 > t_2$, C 正确, D 错误; A、B 水平分位移相同, 由于 $t_1 > t_2$, 根据 $x = v_0t$, 有 $v_1 < v_2$; 由于 $t_1 = t_3$, $x_1 < x_3$, 根据 $x = v_0t$, 有 $v_1 < v_3$; v_2 和 v_3 关系不能确定, 故 A、B 错误.

8. D 解析: 如图所示, 小球竖直方向的速度为 $v_y = gt$, 则初速度为 $v_0 = \frac{gt}{\tan \theta}$, A 错误; 平抛运动的时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 由高度决定, 与初速度无关, C 错误; 设位移方向与水平方向的夹角为 α , $\tan \alpha = \frac{h}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t} = \frac{gt}{2v_0}$, $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$, 则 $\tan \theta = 2 \tan \alpha$, 故 $\alpha \neq \frac{\theta}{2}$, B 错误; 由于 $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$, 若小球的初速度增大, 则 θ 减小, D 正确.



9. D 解析: 根据平抛运动在竖直方向上做自由落体运动有 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 可得 $t = 2$ s, B 错误; 质点在水平方向的位移为 $x = v_0t = 40$ m, A 错误; 因为在竖直方向上做自由落体运动, 有 $v_y = gt = 20$ m/s, 所以质点在 P 点的速度为 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 20\sqrt{2}$ m/s, C 错误; 因为 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = 1$, 所以质点在 P 点的速度与水平方向的夹角为 45° , D 正确.

10. $\frac{24d}{7}$ 解析: 如图所示, 设射出点 P 离墙壁的水平距离为 L , 飞镖甲下降的高度为 h_1 , 飞镖乙下降的高度为 h_2 , 根据平抛运动的重要推论可知, 两飞镖速度的反向延长线一定通过水平位移的中点 Q, 如图所示, 由此得 $\frac{\frac{L}{2}}{\tan \beta} - \frac{\frac{L}{2}}{\tan \alpha} = d$, 代入数值得 $L = \frac{24d}{7}$.



小测试(五) 研究平抛运动的规律(二)

预习自评

1. AC 解析: 从 B 点到 C 点, 小球做平抛运动, 由题可知小球在 C 点的速度方向与水平方向成 37° 角, 由速度的分解可知, 竖直分速度大小为 $v_y = v_0 \tan 37^\circ = gt$, 水平方向有 $R + R \cos 53^\circ = v_0t$, 联立解得 $t = 0.3$ s, $v_0 = 4$ m/s, 故 A、C 正确, B、D 错误.

2. AD 解析: 小球下降的高度 $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.4^2$ m = 0.8 m. 若小球落在左边四分之一圆弧上, 根据几何关系有 $R^2 = h^2 + (R - x)^2$, 解得水平位移 $x = 0.4$ m, 则初速度 $v_0 = \frac{x}{t} = \frac{0.4}{0.4}$ m/s = 1 m/s. 若小球落在右边四分之一圆弧上, 根据几何关系有 $R^2 = h^2 + (x' - R)^2$, 解得水平位移 $x' = 1.6$ m, 初速度 $v'_0 = \frac{x'}{t} = \frac{1.6}{0.4}$ m/s = 4 m/s. 故 A、D 正确, B、C 错误.

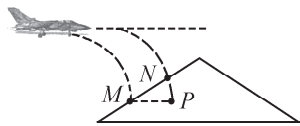
针对训练

1. D 解析: 小球落在斜面上时, 总有 $\tan \theta = \frac{y}{x}$, 可知小球的水平位移和竖直位移之比不变, A 错误; 因为平抛运动在某时刻速度与水平方向夹角正切值

是位移与水平方向夹角正切值的 2 倍,则速度与水平方向夹角也不变,所以 α 不变,B 错误;由 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$,故 PQ 的间距 $s = \frac{x}{\cos \theta} = \frac{v_0 t}{\cos \theta} = \frac{2v_0^2 \tan \theta}{g \cos \theta}$,则若初速度变为原来的 k 倍, PQ 间距变为原来的 k^2 倍,C 错误;根据 $\tan \theta = \frac{y}{x}$ 得小球在空中的运动时间 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$,若初速度变为原来的 k 倍,则运动的时间变为原来的 k 倍,D 正确.

2. C 解析:由 $v_0 = \frac{x}{t} = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$ 可知,落在 c 点时小球的初速度最大,A 错误;由题图可看出落点 b 最低,此时小球在竖直方向上下落的距离最大,由 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 可知,小球落在 b 点时在空中运动的时间最长,B 错误;小球落在 a, b 两点时, $\tan \theta = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t}$,解得 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$,可知小球落在 a 点和 b 点时在空中运动的时间之比等于初速度之比,C 正确;因为小球落到 b 点时运动时间最长,由 $\Delta v = gt$ 可知,三个落点比较,小球落在 b 点,运动过程中速度变化最大,D 错误.

3. B 解析:两颗炸弹以相同的初速度做平抛运动,假设落在 N 点的炸弹穿过山坡到达与 M 等高的 P 点,如图所示,因为下落到 M, P 的两炸弹竖直位移相同,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 知所用时间相同,落到 M, P 的时间间隔 $t_P - t_M = (t + \Delta t_1) - t = \Delta t_1$,显然落到 N 点的时间 $t_N < t_P$,设 $t_P = t_N + \Delta t$,故 $t_N - t_M = \Delta t_2 = \Delta t_1 - \Delta t < \Delta t_1$,B 正确,C、D 错误;由上式可知只有当 $\Delta t = \Delta t_1$ 时, $\Delta t_2 = 0$,故 A 错误.



4. CD 解析:平抛运动在竖直方向上做自由落体运动,相等时间内竖直方向上下落的位移相等,所以三球同时抛出, b 处的球不可能与 a, c 处的两球中的任意一个在空中相遇,故 A 错误,D 正确;若 a, b 处的两球在地面相遇,则下降的高度之比为 $2:1$,根据 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,可知 a, b 处两球在空中运动的时间之比为 $\sqrt{2}:1$,B 错误;若 a, c 处两球在 e 点相遇,下降的高度相等,时间相等,因为水平位移相等,可知两球的初速度大小相等,C 正确.
5. AB 解析:两球刚好落在坑中同一点,说明两球在

竖直方向的位移相同,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 可知,两球在空中飞行的时间相等.设半球形坑的半径为 R ,则甲同学抛出的球的水平位移为 $x_{\text{甲}} = R - R\cos 60^\circ = \frac{R}{2}$,乙同学抛出的球的水平位移为 $x_{\text{乙}} = R + R\cos 60^\circ = \frac{3R}{2}$,由 $x = vt$ 可知,甲、乙两同学抛出球的速率之比为 $v_1:v_2 = x_{\text{甲}}:x_{\text{乙}} = 1:3$,A 正确;若仅增大 v_1 ,两球相撞时有 $v_1 t + v_2 t = 2R$,则 t 减小,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 得 h 减小,故两球将在落入坑中之前相撞,B 正确;要两小球落在弧面上的同一点,则水平位移之和为 $2R$,落点不同,竖直方向位移不同,则时间 t 不同,由 $2R = (v_1 + v_2)t$ 可知, $v_1 + v_2$ 不是一个定值,C 错误;根据平抛运动规律的推论,小球落入坑中时速度方向的反向延长线与水平直径的交点在水平位移的 $\frac{1}{2}$ 处,即若仅从 M 点水平抛出小球,改变小球抛出的速度,小球不可能垂直坑壁落入坑中,D 错误.

6. BC 解析:两球抛出后都做平抛运动,两球从同一高度抛出落到同一点,小球在竖直方向做自由落体运动,由于竖直位移 h 相等,它们的运动时 $t =$

$$\sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ 相等,对球 } M \text{ 有 } \tan 37^\circ = \frac{y_1}{x_1} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_1 t} = \frac{gt}{2v_1},$$

解得 $v_1 = \frac{2}{3}gt$,球 N 垂直打在斜面上,则有 $v_2 =$

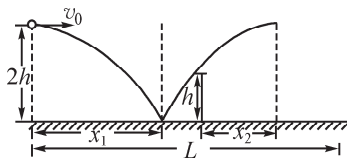
$$v_y \tan 37^\circ = gt \tan 37^\circ = \frac{3}{4}gt, \text{ 则 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{2}{3}gt}{\frac{3}{4}gt} = \frac{8}{9}, \text{ 故}$$

A 错误,B 正确;两球同时抛出,竖直方向上做自由落体运动,相等时间内下降的高度相同,则始终在同一水平面上,根据 $x = v_1 t + v_2 t$ 知,当两球的抛出速度都变为原来的 2 倍时,两球从抛出到相遇经过的时间变为 $\frac{t}{2}$,故 C 正确,D 错误.

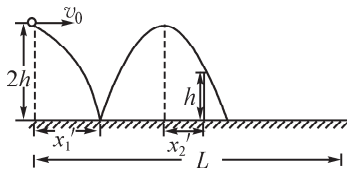
7. AB 解析:若球反弹后在上升过程中刚好能贴着球网飞过,轨迹如图甲所示,则 $2h = \frac{1}{2}gt_1^2$, $x_1 = v_0 t_1$,球反弹后从飞过球网到上升至最高点的过程中 $h = \frac{1}{2}gt_2^2$, $x_2 = v_0 t_2$,则有 $2x_1 - x_2 = \frac{L}{2}$,解得 $v_0 = \frac{L}{2(4-\sqrt{2})} \sqrt{\frac{g}{h}}$.若球反弹后在下降过程中刚好能贴着球网飞过,轨迹如图乙所示,则 $2h = \frac{1}{2}gt_1'^2$, $x_1' = v_0' t_1'$,球反弹后从最高点到下降至球网

的过程中 $h = \frac{1}{2}gt_2^2$, $x_2' = v_0't_2$, 则有 $2x_1' + x_2' = \frac{L}{2}$.

解得 $v_0' = \frac{L}{2(4+\sqrt{2})}\sqrt{\frac{g}{h}}$. 故 A、B 正确, C、D 错误.



甲



乙

8. AD 解析: 当小球恰好从 A 平抛到 B 时, $h = l \sin 30^\circ = 5 \text{ m}$, $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 5}{10}} \text{ s} = 1 \text{ s}$, $v_0 = \frac{l \cos 30^\circ}{t} = \frac{10 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{1} \text{ m/s} = 5\sqrt{3} \text{ m/s}$, 故当 $v_0 < 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ 时, 小球落到斜面上, 当 $v_0 > 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ 时, 小球落到水平地面上, 故 A 正确, B 错误; 当 $v_0 < 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ 时, 小球落到斜面上, 它的位移方向与水平方向的夹角为 30° 不变, 当 $v_0 > 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ 时, 小球落到水平地面上, 它的位移方向与水平方向的夹角 β 的正切值 $\tan \beta = \frac{l \sin \alpha}{v_0 t} = \frac{5}{v_0}$, v_0 变大, 则 β 变小, 故 C 错误; 当 $v_0 < 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ 时, 小球落到斜面上, 它的位移方向与水平方向的夹角为 30° 不变, 根据平抛运动的推论, 小球在落点时的速度方向与水平方向夹角 θ 的正切值不变, $\tan \theta = 2 \tan 30^\circ$, 则小球在落点时的速度方向与水平方向的夹角可能不变, 故 D 正确.

9. (1) 3 m/s (2) 1.4 s

解析: (1) 小球落在斜面顶端并恰好无碰撞地沿斜面下滑, 说明此时小球速度方向与斜面平行. 竖直分位移 $h = \frac{1}{2}gt_1^2$, 解得 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.8}{10}} \text{ s} = 0.4 \text{ s}$, 所以竖直分速度 $v_y = gt_1 = 4 \text{ m/s}$, 则水平抛出的初速度 $v_0 = \frac{v_y}{\tan 53^\circ} = 3 \text{ m/s}$.

(2) 小球沿斜面做匀加速直线运动, 其加速度 $a = \frac{mg \sin 53^\circ}{m} = 8 \text{ m/s}^2$, 小球沿斜面做匀加速直线运动的初速度 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 5 \text{ m/s}$, 根据运动学公式可得 $\frac{H}{\sin 53^\circ} = vt_2 + \frac{1}{2}at_2^2$, 代入数据解得 $t_2 = 1 \text{ s}$, 所

以小球从平台水平抛出至到达斜面底端所用的时间 $t = t_1 + t_2 = 1.4 \text{ s}$.

小测试(六) 斜抛运动(选学)

预习自评

1. A 解析: 因为 A、B 两球只在重力作用下做抛体运动, 并且抛出时的速率和方向均相同, 故两球的运动轨迹相同, A 正确, B、C、D 错误.
2. C 解析: 做斜抛运动的物体到达最高点时, 竖直分速度为零, 水平分速度不为零, 运动过程中始终仅受重力作用, 所以有竖直向下的重力加速度 g , 故 C 正确, A、B、D 错误.

针对训练

1. CD 解析: A、B 两球都做斜上抛运动, 只受重力作用, 加速度即为重力加速度, A 错误; 两球在竖直方向上做竖直上抛运动, 由于上升的竖直高度相同, 竖直分速度相等, 所以两小球在空中飞行的时间相等, B 错误; 由于 B 球的水平射程比 A 球的大, 故 B 球的水平速度及落地时的速度均比 A 球的大, C、D 正确.
2. AC 解析: 三个物体上升的最大高度相同, 则三个物体的运动时间相同, B 错误; 由对称性知, 物体上升时间与下落时间相同, 由 $v_y = gt$ 知, 三个物体抛出时初速度的竖直分量相等, C 正确; 由题图知, 沿路径 1 抛出的物体水平位移最大, 由 $x = v_x t$ 知, 沿路径 1 抛出的物体初速度的水平分量最大, D 错误; 物体落地时的速率 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, 则沿路径 1 抛出的物体落地的速率最大, A 正确.
3. D 解析: 设标枪离开手时的速度方向与水平方向的夹角为 θ , 则竖直方向有 $v_y = v \sin \theta$, 设标枪的出手位置距离地面的高度为 h , 取向上为正方向, 则运动的时间 $-h = v_y t - \frac{1}{2}gt^2 = (v \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$, 解得 $t = \frac{v \sin \theta + \sqrt{v^2 \sin^2 \theta + 2gh}}{g}$ (另一个不符合题意舍掉), 角度不同, 时间不相等, 水平位移 $x = (v \cos \theta)t$ 不一定相等, A、B 错误; 根据竖直方向 $v_y = v \sin \theta$, 则运动的时间 $t = 2 \frac{v_y}{g} = \frac{2v \sin \theta}{g}$, 解得 $x = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$, 知 $\theta = 45^\circ$ 时, $\sin 2\theta$ 最大, 则落地点和抛出点间的水平距离最大, C 错误, D 正确.
4. D 解析: 将篮球看成反向平抛运动, 篮球在竖直方向的高度相同, 根据竖直方向上的位移—时间公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 解得运动时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, 所以两次在空中运动的时间相等, 故 B 错误, D 正确; 在水平方向

上,根据运动学公式 $x=v_0t$,解得 $v_{01}<v_{02}$,即第一次在最高点的速度小于第二次在最高点时的速度,故 C 错误;根据运动的合成与分解,被抛出的速度大小为 $v=\sqrt{v_0^2+(gt)^2}$,结合 $v_{01}<v_{02}$,可得 $v_1<v_2$,即第一次球被抛出的速度小,故 A 错误。

5. BC 解析:篮球从 A 到 C 的斜上抛运动由逆向思维可看成由 C 到 A 的平抛运动,水平方向做匀速直线运动,有 $v_{Cx}=v_0\cos 60^\circ=\frac{v_0}{2}$,竖直方向为匀加速直线运动,有 $(v_0\sin 60^\circ)^2=2gh$,解得 $h=\frac{3v_0^2}{8g}$,故 A 错误,B 正确;C 到 A 的时间为 $t_A=\frac{v_0\sin 60^\circ}{g}=\frac{\sqrt{3}v_0}{2g}$,C 点到 B 点的时间为 t_B ,有 $\tan 45^\circ=\frac{gt_B}{v_{Cx}}$,可得 $t_B=\frac{v_0}{2g}$,则 $t_A:t_B=\sqrt{3}:1$,故 C 正确,D 错误。

6. (1)30 m/s 与水平方向夹角为 37° (2)3.6 s
解析:(1)根据斜抛运动的对称性,物体抛出时的速度与落地时的速度大小相等,故 $v_0=v_t=30$ m/s,设与水平方向夹角为 θ ,则 $\cos \theta=\frac{v}{v_0}=\frac{4}{5}$,故 $\theta=37^\circ$ 。

(2) 竖直方向的初速度为 $v_{0y}=\sqrt{v_0^2-v^2}=\sqrt{30^2-24^2}$ m/s=18 m/s,故飞行时间 $t=2\cdot\frac{v_{0y}}{g}=2\times\frac{18}{10}$ s=3.6 s。

小测试(七) 圆周运动

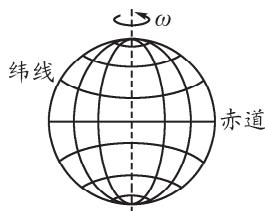
预习自评

1. BC 解析:做匀速圆周运动的物体,其线速度方向是时刻变化的,所受合力不为零,因此处于非平衡状态,A 错误;做匀速圆周运动的物体,线速度的方向总是在该点的切线方向,时刻是变化的,物体运动快慢可用线速度描述,故 B、C 正确;做匀速圆周运动的物体在任意相等时间内通过的弧长即路程相等,但位移的方向可能不同,故 D 错误。
2. C 解析:绳子绕 O 点转动,a、b 两点角速度相等, $\omega_a=\omega_b$,D 错误,C 正确;因 $r_a<r_b$,故 $v_a<v_b$,A、B 错误。

针对训练

1. A 解析:如图所示,地球绕自转轴转动时,地球上各点的运动周期及角速度都是相同的。静止在地球表面上的物体,随地球做圆周运动的平面是物体所在纬线平面,其圆心分布在整条自转轴上,不同纬线上的物体做圆周运动的半径一般是不同的,同一纬线上的物体转动半径相等,线速度的大小相等,

但即使物体的线速度大小相同,方向也各不相同,故 A 正确,B、C、D 错误。



2. D 解析:公式 $v=r\omega$ (或 $\omega=\frac{v}{r}$) 是三个物理量之间的关系式,只有当 ω 一定时, v 与 r 才成正比,只有 v 一定时, ω 与 r 才成反比,A、B 错误;公式 $\omega=2\pi n$, n 表示转速,而不是表示整数,故不能说角速度 ω 大小等于 π 的整数倍,C 错误; $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 是两个物理量之间的关系, ω 与周期 T 成反比,故 D 正确。

3. A 解析:由于是同轴转动,可知 $\omega_B=\omega_C$,根据 $T=\frac{2\pi}{\omega}$,得转动周期相等,即 $T_B=T_C$,根据 $v=r\omega$,因为 $r_B<r_C$,则 $v_B<v_C$,故 B、C、D 错误,A 正确。

4. B 解析:a、b、c 三点的角速度相同,而线速度不同,由 $v=\omega r$ 得 $v_a=v_b>v_c$,故 B 正确,A、C、D 错误。

5. B 解析:汽车匀速行驶, t 时间内行驶的路程 $x=vt$,车轮 t 时间内转过的圈数 $N=nt$,车轮上某点转动的路程 $x'=N\cdot 2\pi R$,汽车在公路上行驶不打滑,故 $x=x'$,联立解得 $vt=nt\cdot 2\pi R$,有 $n=\frac{v}{2\pi R}=\frac{120}{2\times 3.14\times 0.3}$ r/s ≈ 17.7 r/s $\approx 1\,000$ r/min,故 B 正确,A、C、D 错误。

6. BD 解析:A 轮与 B 轮边缘上的点与传动链条接触,其速度大小和传动链条的速度大小一致,所以 A 轮边缘与 B 轮边缘的线速度大小相等,根据公式 $v=r\omega$ 可知线速度相等时,半径小的角速度大,所以 A 轮角速度小于 B 轮的角速度,故 A 错误,B 正确;B 轮与 C 轮在同一个轮子上,所以 B 轮边缘与 C 轮边缘的角速度相同,根据公式 $v=\omega r$ 可知角速度相同时,半径小的线速度小,所以 B 轮边缘的线速度小于 C 轮边缘的线速度,故 C 错误,D 正确。

7. B 解析:A、C 是同轴转动,有 $\omega_A=\omega_C$, $v_A=\omega_A r_A$, $v_C=\omega_C r_C$,又因 $2r_C=r_A$,故 $v_A=2v_C$,又 $v_A=v_B$, $v_A=2v_C$,有 $v_B=2v_C$,故 A、C、D 错误,B 正确。

8. BC 解析:A 轮通过链条分别与 C、D 连接,自行车可有两种挡位,B 轮通过链条分别与 C、D 连接,又可有两种挡位,所以该车可变换 4 种挡位,故 A 错误,B 正确;当 A 与 D 组合时,两轮边缘线速度大小相等,A 轮转一圈,D 轮转 4 圈,即 $\frac{\omega_A}{\omega_D}=\frac{1}{4}$,故 C 正

确,D错误.

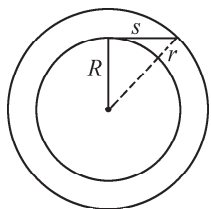
9. AC 解析:子弹在圆筒中飞行的时间内,圆筒转动的角度为 $(2n-1)\pi(n=1,2,3,\dots)$,则飞行时间为 $t=\frac{(2n-1)\pi}{\omega}(n=1,2,3,\dots)$,所以子弹的速度为 $v=\frac{d}{t}=\frac{d\omega}{(2n-1)\pi}(n=1,2,3,\dots)$.当 $n=1$ 时, $v=\frac{d\omega}{\pi}$;当 $n=2$ 时, $v=\frac{d\omega}{3\pi}$;当 $n=3$ 时, $v=\frac{d\omega}{5\pi}$.故 A、C 正确,B、D 错误.

10. AD 解析:飞镖水平抛出做平抛运动,在水平方向做匀速直线运动,则有 $t=\frac{L}{v_0}$,A 正确;分析可知,飞镖击中 P 点时,P 恰好在圆盘最下方,有 $2r=\frac{1}{2}gt^2$,解得圆盘的半径 $r=\frac{gL^2}{4v_0^2}$,故 B 错误;飞镖击中 P 点,则 P 点转过的角度满足 $\theta=\omega t=\pi+2k\pi(k=0,1,2,\dots)$,可得 $\omega=\frac{\theta}{t}=\frac{(2k+1)\pi v_0}{L}$,则圆盘转动角速度的最小值为 $\frac{\pi v_0}{L}$,C 错误;P 点随圆盘转动的线速度大小为 $v=\omega r=\frac{(2k+1)\pi v_0}{L}\times\frac{gL^2}{4v_0^2}=\frac{(2k+1)\pi gL}{4v_0}$,当 $k=2$ 时, $v=\frac{5\pi gL}{4v_0}$,故 D 正确.

11. AD 解析:轮胎转速保持 $n=600\text{ r/min}=10\text{ r/s}$,所以 $\omega=2\pi n=20\pi\text{ rad/s}$,周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=0.1\text{ s}$,轮胎半径 $R=20\text{ cm}=0.2\text{ m}$,汽车行驶速度 $v=\omega R=4\pi\text{ m/s}\approx 45\text{ km/h}$,A 正确;点 A 相对于轮胎转轴做匀速圆周运动,轮胎转轴相对地面做匀速直线运动,所以点 A 相对于地面不是在做匀速圆周运动,B 错误;经过 $t=0.1\text{ s}$,车前进距离为 $s=vt=0.4\pi\text{ m}$,由于点 A 相对轮胎转轴转动,所以其路程不等于 $0.4\pi\text{ m}$,C 错误;经过 $t=0.05\text{ s}$,即半个周期,车前进距离为 $s=vt=0.2\pi\text{ m}$,A 点位于最高点,与地面距离为 0.4 m ,由几何关系得,点 A 的位移大小为 $0.2\sqrt{\pi^2+4}\text{ m}$,D 正确.

12. $R\sqrt{1+\frac{2\omega^2 h}{g}}$

解析:间距关系如图所示(俯视图)



水滴飞出的速度大小为 $v=\omega R$,水滴做平抛运动,

在竖直方向上有 $h=\frac{1}{2}gt^2$,在水平方向上有 $s=vt$,由几何关系知,甩出的水滴在地面上所形成圆的半径 $r=\sqrt{R^2+s^2}$,联立上式解得 $r=R\sqrt{1+\frac{2\omega^2 h}{g}}$.

小测试(八) 匀速圆周运动的向心力和向心加速度(一)

预习自评

1. BC 解析:物体做圆周运动就需要有向心力,向心力由指向圆心方向的合力提供,它是根据力的作用效果命名的,向心力可以是重力、弹力、摩擦力等各种力来提供,或者是他们的合力来提供,也可以是某个力的分力来提供,故 A 错误,B、C 正确;在非匀速圆周运动中,向心力由合力沿圆心方向的分力提供,故 D 错误.
2. BC 解析:对木块受力分析可知,木块受到重力、支持力和摩擦力的作用,重力是竖直向下的,支持力是竖直向上的,重力和支持力都在竖直方向上,这两个力为平衡力,只有摩擦力提供物体做圆周运动的向心力,所以摩擦力的方向应该是指向圆心的,A、D 错误,B 正确;当圆盘的角速度超过一定数值时,最大静摩擦力不足以提供向心力,则木块将滑动,故 C 正确.

针对训练

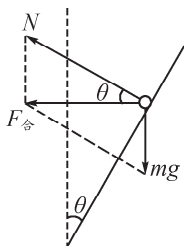
1. ACD 解析:向心力是根据力的作用效果来命名的,它可以是物体受到的重力、弹力、摩擦力中的某个力或这些力中某几个力的合力,也可以是某一个力的分力,因此,在进行受力分析时,不能再分析向心力,B 错误,C 正确;向心力时刻指向圆心,是一个变力,与线速度方向垂直,所以向心力只改变线速度方向,不改变线速度大小,A、D 正确.
2. D 解析:容器绕其轴线转动时,两个物体随容器一起转动,以 A 为研究对象,在水平方向上,容器施加的弹力提供 A 做圆周运动的向心力;在竖直方向,重力和静摩擦力平衡,所以当转速增大后,物体 A 受到的摩擦力大小保持不变.以 B 为研究对象,水平方向的静摩擦力提供向心力,由 $f=F_{\text{向}}=m\omega^2 r$ 可知其受到的摩擦力随着转速的增大而增大,故 D 正确,A、B、C 错误.

3. C 解析: $F_B=mg$, $F_A=mg+m\frac{v^2}{L}=3mg$,所以 $F_B:F_A=1:3$.故 C 正确,A、B、D 错误.

4. AC 解析:两球均沿着筒的内壁在水平面内做匀速圆周运动,它们均受到重力和筒壁对它们的弹力作用,这两个力的合力提供向心力,如图所示,

$$F_{\text{合}} = \frac{mg}{\tan \theta}, \text{由牛顿第二定律可得 } \frac{mg}{\tan \theta} = m\omega^2 R = \frac{mv^2}{R} = \frac{m \cdot 4\pi^2 R}{T^2}, \text{解得 } \omega = \sqrt{\frac{g}{R \tan \theta}}, v = \sqrt{\frac{gR}{\tan \theta}},$$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{R \tan \theta}{g}}$, 筒壁对小球的弹力 $N = \frac{mg}{\sin \theta}$. 由于 A 球运动的半径大于 B 球运动的半径, 故 A 球的角速度必小于 B 球的角速度, A 球的线速度必大于 B 球的线速度, A 球的运动周期必大于 B 球的运动周期, A 球对筒壁的压力一定等于 B 球对筒壁的压力, 故 A、C 正确, B、D 错误.



5. C 解析: 小球摆动过程中, 靠沿绳子方向的合力提供向心力, 不是靠合力提供向心力, 故 A 错误; 在最高点 A 和 B, 小球的速度为零, 向心力为零, 但是小球所受的合力不为零, 故 B 错误; 小球在最低点, 有 $F - mg = m\frac{v^2}{R}$, 小球所受绳子的拉力大于小球的重力, C 正确; 小球在摆动的过程中, 由于绳子的拉力与速度方向始终垂直, 则拉力不会使小球速率发生变化, 故 D 错误.

6. BD 解析: 物体随圆筒一起转动时受重力、弹力和摩擦力, B 正确, A 错误; 由牛顿第二定律得 $N = m\omega^2 R$, 角速度 ω 增大, 弹力增大, 但摩擦力不变且仍等于物体的重力, D 正确; 要使物体随圆筒一起转动而不下滑, 则有 $f = mg \leq f_m = \mu N$ 且 $N = m\frac{4\pi^2}{T^2}R$, 解得 $T \leq 2\pi\sqrt{\frac{\mu R}{g}}$, 即周期不能大于 $2\pi\sqrt{\frac{\mu R}{g}}$, 故 C 错误.

7. B 解析: 根据题意, 可得 $m_2 g = m_1 r \omega^2$, 得 $r = \frac{m_2 g}{m_1} \cdot \frac{1}{\omega^2}$, 可知 r 与 $\frac{1}{\omega^2}$ 成正比, 故 r 与 ω^2 成反比, A 错误, B 正确; 由 $r = \frac{m_2 g}{m_1} \cdot \frac{1}{\omega^2}$ 可得 $\frac{1}{r} = \frac{m_1}{m_2 g} \cdot \omega^2$, 则 $\frac{1}{r}$ 与 ω^2 成正比, C、D 错误.

8. D 解析: 当圆环最终以角速度 ω 绕竖直直径匀速转动时, 小球做匀速圆周运动的向心力 $F_{\text{向}} = mg \tan \theta = mR\omega^2 \sin \theta$, 可得 $\cos \theta = \frac{g}{R\omega^2}$, 由此可知, θ 与 ω 大小、 R 大小有关, 与小球质量无关, 故 D 正确, A、B、C 错误.

9. (1)C (2)C (3)A 解析: (1)在研究向心力的大小 F 与质量 m 、角速度 ω 和半径 r 之间的关系时我们主要用到了物理学中的控制变量法, 故 C 正确, A、B、D 错误. (2)图中所示, 若两个钢球质量和运动半径相等, 则是在研究向心力的大小 F 与角速度 ω 的关系, 故 C 正确, A、B、D 错误. (3)若两个钢球质量 m 和运动半径 r 相等, 图中标尺上黑白相间的等分格显示出钢球 1 和钢球 2 所受向心力的比值为 $1:4$, 由 $F_{\text{向}} \propto \omega^2$ 可知两轮的角速度之比为 $1:2$, 根据 $v = \omega R$ 可知, 因为变速塔轮 1 和变速塔轮 2 是皮带传动, 边缘线速度相等, 则与皮带连接的变速塔轮 1 和变速塔轮 2 的半径之比为 $2:1$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

小测试(九) 匀速圆周运动的向心力和向心加速度(二)

预习自评

1. BC 解析: 向心加速度是描述做圆周运动的物体线速度方向变化快慢的物理量, 向心加速度越大, 说明做圆周运动的物体线速度的方向变化越快, A 错误, B 正确; 向心加速度的方向始终与线速度的方向垂直, C 正确; 在匀速圆周运动中向心加速度方向不断变化, 不是恒量, D 错误.

2. B 解析: 根据向心加速度公式 $a = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$, 代入数据可得 $\frac{a_{\text{甲}}}{a_{\text{乙}}} = \frac{16}{81}$, 故 B 正确, A、C、D 错误.

针对训练

1. D 解析: 根据 $a = \frac{v^2}{r}$ 可知, 当线速度大小保持不变时, 向心加速度的大小一定跟圆周运动的半径成反比, A 错误; 根据 $a = \omega^2 r$ 可知, 当角速度保持不变时, 向心加速度的大小一定跟圆周运动的半径成正比, B 错误; 根据 $\omega = \frac{v}{r}$ 可知, 当线速度大小保持不变时, 角速度一定跟圆周运动的半径成反比, C 错误; 根据 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 可知, 角速度的大小一定跟转动周期成反比, D 正确.

2. C 解析: A、B 两点线速度大小相等, 根据 $a = \frac{v^2}{r}$, 因 $r_A > r_B$, 则 $a_A < a_B$; A、C 两点角速度相等, 根据 $a = r\omega^2$, 因 $r_A > r_C$, 则 $a_A > a_C$, 故 $a_B > a_A > a_C$, C 正确, A、B、D 错误.

3. A 解析: 由图像可知, a 与 r 成反比, 则由向心加速度公式 $a = \frac{v^2}{r}$ 可知, 物体的线速度大小不变, A 正确; 根据 $a = \omega^2 r$ 知, 若 ω 不变, $a \propto r$, B 错误; 根据

$a = (2\pi n)^2 r$ 可知,若转速不变, $a \propto r$, C 错误;若向心力保持不变,向心加速度就不随半径变化, D 错误.

4. D 解析: a 、 b 点所在轮盘为皮带传动,所以线速度大小相等, A 错误; $r_b = 2r_a$, 根据 $\omega = \frac{v}{r}$, 可知 a 、 b 的角速度之比为 $2:1$, b 、 c 点所在轮盘为同轴转动, 角速度之比为 $1:1$, 所以 a 、 b 、 c 三点角速度之比为 $2:1:1$, B 错误; $r_c = 2r_b$, 根据 $a = r\omega^2$, 可知 b 、 c 向心加速度之比为 $1:2$, 根据 $a = \frac{v^2}{r}$, 可知 a 、 b 的向心加速度之比为 $2:1$, 则 a 、 b 、 c 三点的向心加速度之比为 $2:1:2$, C 错误; 根据 $\omega = 2\pi n$, 可知 a 、 b 、 c 三点转速之比为 $2:1:1$, D 正确.

5. C 解析: A 、 C 两点为同轴转动, 则两点角速度相同, 根据 $a = r\omega^2$, 有 $\frac{a_A}{a_C} = \frac{2}{1}$, 即 $a_A = 2a_C$; A 、 B 两点线速度大小相等, 根据 $a = \frac{v^2}{r}$, 有 $\frac{a_A}{a_B} = \frac{1}{2}$, 即 $a_A = \frac{1}{2}a_B$. 故 C 正确, A 、 B 、 D 错误.

6. AB 解析: A 、 B 两球所需的向心力都由细绳拉力提供, 大小相等, D 错误; 两球都随杆转动, 角速度相等; 设两球的运动半径分别为 r_A 、 r_B , 转动角速度为 ω , 则 $m_A\omega^2 r_A = m_B\omega^2 r_B$, 所以 $r_A : r_B = m_B : m_A = 1:2$, A 正确; $\frac{a_A}{a_B} = \frac{\omega^2 r_A}{\omega^2 r_B} = \frac{1}{2}$, B 正确; $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\omega r_A}{\omega r_B} = \frac{1}{2}$, C 错误.

7. D 解析: 质点运动过程中的速度大小不变、方向变化, A 错误; 质点的角速度大小 $\omega = \frac{\theta}{t}$ rad/s, 轨迹圆的半径 $r = \frac{l}{\theta} = 0.5$ m, 故质点在 A 点的向心加速度大小 $a = \omega^2 r = \frac{\pi^2}{18}$ m/s², B 错误; 质点做圆周运动的速度大小 $v = \omega r = \frac{\pi}{6}$ m/s, 根据矢量关系, 质点从 A 点到 B 点的速度变化量大小 $\Delta v = v = \frac{\pi}{6}$ m/s, 质点从 A 点到 B 点的平均加速度大小 $\bar{a} = \frac{\Delta v}{t} = \frac{\pi}{6}$ m/s², C 错误, D 正确.

8. C 解析: 对小球进行受力分析, 小球受两个力, 一个是重力, 另一个是杆对小球的作用力 F , 两个力的合力充当向心力. 由平行四边形定则可得 $F = m\sqrt{g^2 + \omega^4 R^2}$, 再根据牛顿第三定律, 可知杆受到球对其作用力的大小为 $m\sqrt{g^2 + \omega^4 R^2}$, 故 C 正确, A 、 B 、 D 错误.

9. AD 解析: B 做平抛运动, 到达小球 A 所在水平面时, 在竖直方向上有 $R = \frac{1}{2}gt^2$, 得 $t = \sqrt{\frac{2R}{g}}$, 则水平方向的位移为 $x = v_0 t = \sqrt{gR} \cdot \sqrt{\frac{2R}{g}} = \sqrt{2}R$, 若要使小球 A 在运动一周的时间内能与小球 B 相碰, 根据几何关系可知, 相碰时 A 可能运动了 $\frac{T}{4}$ 或 $\frac{3T}{4}$, 则有 $t = \sqrt{\frac{2R}{g}} = \frac{T}{4}$ 或 $t = \sqrt{\frac{2R}{g}} = \frac{3T}{4}$, 又有 $a = \frac{4\pi^2}{T^2}R$, 联立解得 $a = \frac{\pi^2 g}{8}$ 或 $a = \frac{9\pi^2 g}{8}$, 故 A 、 D 正确, B 、 C 错误.

10. (1) 5 rad/s (2) $\frac{10}{3}$ N (3) $\sqrt{2}$ rad/s $\leq \omega_B \leq \sqrt{14}$ rad/s

解析: (1) 对小球 A , 由牛顿第二定律得 $m_A g \tan \theta = m_A r_A \omega_A^2$, $r_A = (L - R) \sin \theta$, 解得小球 A 做匀速圆周运动的角速度为 $\omega_A = 5$ rad/s.

(2) 对小球 A , 由受力分析得 $T = \frac{m_A g}{\cos \theta} = 2.5$ N, 对小物块 B 有 $T \leq \mu(m_B g + F)$, 解得 $F \geq \frac{10}{3}$ N, 即 F 的最小值为 $\frac{10}{3}$ N.

(3) 对小球 A 有 $T' = m_A g = 2$ N, 当小物块 B 刚好不向内侧滑动时, 由牛顿第二定律得 $T' - \mu m_B g = m_B R \omega_1^2$, 解得 $\omega_1 = \sqrt{2}$ rad/s; 当小物块 B 刚好不向外侧滑动时, 由牛顿第二定律得 $T' + \mu m_B g = m_B R \omega_2^2$, 解得 $\omega_2 = \sqrt{14}$ rad/s, 故 $\sqrt{2}$ rad/s $\leq \omega_B \leq \sqrt{14}$ rad/s.

小测试(十) 圆周运动的实例分析 圆周运动与人类文明(选学)

预习自评

1. ACD 解析: 离心沉淀器的原理属于离心现象, A 正确; 标枪运动员掷出的标枪做斜上抛运动, 受到恒力的作用, 所以投出的标枪的运动不属于离心现象, B 错误; 通过旋转雨伞来甩干伞上的雨滴, 当转动加快时雨滴所需要的向心力增加, 当超过雨伞对雨滴的吸附力时, 雨滴做离心运动, C 正确; 脱水桶高速转动, 需要的向心力大于水和衣服之间的附着力时, 水做离心运动被从衣服上甩掉, 属于离心现象, 故 D 正确.
2. D 解析: 在最低点, 根据牛顿第二定律知, 地面对车的支持力与车的重力的合力提供了向心力, 设桥对车的支持力为 N , 有 $N - mg = m \frac{v^2}{R}$, 所以 $N >$

mg , 根据牛顿第三定律得车对桥的压力大于重力, A、B、C 错误; 由 $N = m \frac{v^2}{R} + mg$, 为了防止爆胎, 应减小桥对车的支持力 N , 所以应该减小速度, D 正确.

针对训练

1. B 解析: 水滴的附着力是一定的, 根据 $F = ma = m\omega^2 R$, 可知 ω 增大会使所需的向心力 F 增大, 当水受到的合力不足以提供向心力时, 水滴就会被甩出去, 故 A 错误, B 正确; 脱水桶高速旋转时, 衣物有沿着筒壁切线飞出的趋势, 故被“甩”至筒壁, 因此经过脱水流程后, 打开洗衣机, 发现衣物主要集中在筒壁附近, C 错误; 水发生离心现象是由于受到的指向圆心的力小于需要的向心力, 不能说水受到离心力的作用, 故 D 错误.

2. ACD 解析: 由 $F = \frac{mv^2}{R}$ 知, 拉力变小, F 提供的向心力不足, 小球做离心运动, C 正确, B 错误; 反之, F 变大, 小球做近心运动, D 正确; 当 F 突然消失时, 小球将沿该点的切线飞出做直线运动, A 正确.

3. D 解析: 玩具车通过拱桥顶端时处于失重状态, 速度越大电子秤示数越小, 故 D 正确, A、B、C 错误.

4. B 解析: 根据牛顿第二定律得 $mg - N = m \frac{v^2}{r}$, 即 $mg - \frac{3}{4}mg = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $r = \frac{4v^2}{g} = 40 \text{ m}$; 当桥面支持力为零时, 有 $mg = m \frac{v'^2}{r}$, 解得 $v' = \sqrt{gr} = 20 \text{ m/s}$, 故 B 正确, A、C、D 错误.

5. AD 解析: 在最高点, 根据牛顿第二定律得 $mg - N = m \frac{v_0^2}{R}$, 解得 $N = 0$, 可知物体立即离开半圆球做平抛运动, 离开球面后, 物体只受重力作用, 故 A 正确, B 错误; 平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动, 根据竖直方向 $R = \frac{1}{2}gt^2$ 得 $t = \sqrt{\frac{2R}{g}}$, 则水平射程 $x = v_0 t = \sqrt{gR} \cdot \sqrt{\frac{2R}{g}} = \sqrt{2}R$, 故 C 错误, D 正确.

6. D 解析: 汽车转弯时受到重力、地面的支持力以及地面的摩擦力, 不存在向心力, 向心力是根据力的效果命名的, A 错误; 当最大静摩擦力提供向心力时, 速度为临界速度, 大于这个速度则发生侧滑, 根据牛顿第二定律可知 $F_{\max} = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{F_{\max} r}{m}} = 20 \sqrt{1.4} \text{ m/s}$, 所以汽车转弯的速度为 20 m/s 时, 所需的向心力小于 $1.4 \times 10^4 \text{ N}$, 汽车不会发生侧滑, B、C 错误; 汽车能安全转弯的向心加

速度 $a = \frac{v^2}{r} = \frac{560^2}{80} \text{ m/s}^2 = 7 \text{ m/s}^2$, 即汽车能安全转弯的向心加速度不超过 7.0 m/s^2 , D 正确.

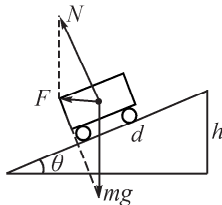
7. C 解析: 若火车速率大于规定速度大小时, 重力和支持力的合力不足以提供向心力, 此时外轨对轮缘有侧压力, 即轮缘挤压外轨, A 错误; 以规定的速度转弯时, 火车不侧向挤压车轮轮缘, 靠重力和支持力的合力提供向心力, 根据牛顿第二定律得 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$, 解得 $v = \sqrt{gR \tan \theta}$, 此时的速度大

小与质量无关, B 错误; 再由 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$, 解得

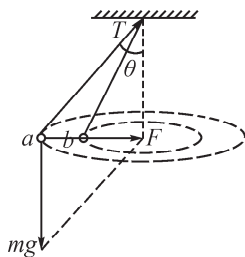
$R = \frac{v^2}{g \tan \theta}$, C 正确; 按规定速度行驶时, 对支持力在水平和竖直方向正交分解, 支持力水平方向的分力提供向心力, 支持力竖直方向上的分力平衡重力, 故支持力大于重力, D 错误.

8. C 解析: 汽车转弯时没有侧向的摩擦力, 由重力和支持力的合力提供汽车转弯所需的向心力时的速度是最合理的速度, 对此状态下的汽车受力如图所示. 由牛顿第二定律得 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$, 因路面倾角

θ 很小, 可认为 $\tan \theta = \sin \theta = \frac{h}{d}$, 联立解得 $v = \sqrt{\frac{ghR}{d}}$, 故 A、B、D 错误, C 正确.

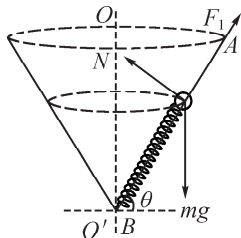


9. BC 解析: 如图所示, 对其中一个球受力分析, 重力和细线的拉力的合力提供小球做匀速圆周运动的向心力. 设细线与竖直方向夹角为 θ , 由几何关系可知, 小球所受合力 $F = mg \tan \theta$, 由向心力公式可得 $F = mr\omega^2$, 设小球与悬挂点的高度差为 h , 则有 $r = h \tan \theta$, 联立可得 $\omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$, 由此可知两球的角速度相等, 即 $\omega_a = \omega_b$, A 错误; 由图可知 $r_a > r_b$, 根据 $v = r\omega$ 可得 $v_a > v_b$, B 正确. 两球质量相等且 $r_a > r_b$, 根据 $F = mr\omega^2$ 可得 $F_a > F_b$, C 正确; 由 $a = r\omega^2$ 可知 $a_a > a_b$, D 错误.

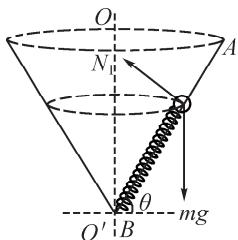


10. (1) 80 N/m (2) $\frac{20}{3}$ rad/s (3) $\frac{120}{19}$ N

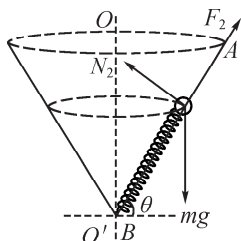
解析: (1) 静止时弹簧被压缩了 $\frac{1}{5}L$, 设此时弹簧弹力为 F_1 , 对小球受力分析如图所示. 此时弹簧弹力 $F_1 = \frac{1}{5}kL$, 由平衡条件可得 $F_1 = mg \sin \theta$, 解得 $k = 80$ N/m.



(2) 轻弹簧恰为原长时, 小球只受重力和杆的支持力 N_1 , 如图所示. 则竖直方向上有 $N_1 \cos \theta = mg$, 水平方向上有 $N_1 \sin \theta = mr\omega_0^2$, 由几何关系得 $r = L \cos \theta$, 解得 $\omega_0 = \frac{20}{3}$ rad/s.



(3) 当 $\omega = \frac{1}{2}\omega_0$ 时, 设杆对小球的支持力为 N_2 , 弹簧弹力为 F_2 , 压缩量为 x , 对小球受力分析如图所示. 由胡克定律 $F_2 = kx$, 竖直方向上有 $N_2 \cos \theta + F_2 \sin \theta = mg$, 水平方向上有 $N_2 \sin \theta - F_2 \cos \theta = mR\omega^2$, 由几何关系得 $R = (L - x) \cos \theta$, 解得 $F_2 = \frac{120}{19}$ N.



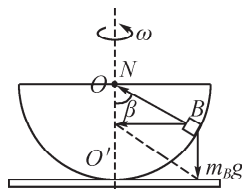
专题卷(二) 水平与竖直面内的圆周运动

针对训练

1. D **解析:** 三个物体都未发生相对滑动时, 角速度相同, 根据向心加速度公式 $a = \omega^2 r$ 知, C 的向心加速度最大, 故 A 错误; 三个物体的角速度相同, 设角速度为 ω , 则三个物体受到的静摩擦力分别为 $f_A = 2m\omega^2 r$, $f_B = m\omega^2 r$, $f_C = m\omega^2 \cdot 2r$, 所以 B 物体受到

的摩擦力最小, 故 B 错误; 物体恰好不滑动时, 最大静摩擦力提供向心力, 根据牛顿第二定律, 有 $\mu mg = m\omega^2 r$, 解得 $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$, $\omega \propto \sqrt{\frac{1}{r}}$, 故三个物体中, 物体 C 最先滑动起来, A、B 同时滑动, 故 D 正确, C 错误.

2. D **解析:** 当 B 所受摩擦力恰为零时, 受力分析如图, 根据牛顿第二定律得: $m_B g \tan \beta = m_B \omega_B^2 R \sin \beta$, 解得 $\omega_B = \sqrt{\frac{g}{R \cos \beta}}$, 同理可得 $\omega_A = \sqrt{\frac{g}{R \cos \alpha}}$, 物块转动的角速度与物块的质量无关, 所以无法判断 A、B 质量的大小关系, A 错误; 由于 $\alpha > \beta$, 所以 $\omega_A > \omega_B$, 即 A、B 受到的摩擦力不可能同时为零, B 错误; 若 A 不受摩擦力, 此时转台的角速度为 ω_A , 又因为 $\omega_A > \omega_B$, 所以此时物块 B 所需的向心力大于其所受摩擦力为零时所需的向心力, 受力分析可知, 此时 B 受沿容器壁向下的摩擦力, C 错误; 如果转台角速度从 A 不受摩擦力开始增大, A、B 所需的向心力都增大, 所受的摩擦力均沿容器壁向下, 且均增大, D 正确.



3. C **解析:** 当转盘加速转动时, 木块加速转动, 则沿切线方向存在加速度, 加速度由摩擦力提供, 此时摩擦力不沿轻绳方向, A 错误; 在转速一定且较大的情况下, 根据牛顿第二定律有 $f + mg = m\omega^2 r = m\omega^2 (2\pi n)^2$, 木块受到的摩擦力跟木块到转轴的距离不是正比关系, B 错误; 转盘以角速度 $\omega = 4$ rad/s 匀速转动时, 根据牛顿第二定律有 $f + mg = m\omega^2 r$, 解得木块受到摩擦力为 $f = -0.04$ N, 故摩擦力大小为 0.04 N, C 正确; 要保持木块与转盘相对静止, 当摩擦力达到最大时, 根据牛顿第二定律有 $\mu mg + mg = m\omega_m^2 r$, 解得 $\omega_m = 2\sqrt{5}$ rad/s, 故 D 错误.
4. D **解析:** 木块随圆盘一起转动, 当绳子上无拉力时, 静摩擦力提供向心力, 由牛顿第二定律得 $f = m\omega^2 r$, $f_m = kmg$, 联立得 $\omega_m = \sqrt{\frac{kg}{r}}$, 故随着 ω 增大, b 先达到临界角速度, b 与圆盘间的摩擦力先达到最大静摩擦力, A 错误; 在 b 所受的静摩擦力没有达到最大前, 由于 $f = m\omega^2 r$, a、b 质量分别是 $2m$ 和 m , 其做圆周运动的半径分别为 L 和 $2L$, 所以开始时 a 和 b 受到的摩擦力是相等的; 当 b 受到的静摩擦力达到最大后, $\omega > \sqrt{\frac{kg}{2L}}$, 对于 b 木块有

$kmg + F = m\omega^2 \cdot 2L$, 对于 a 木块有 $f - F = 2m\omega^2 L$, 联立得 $f = 4m\omega^2 L - kmg > kmg$, 二者受到的摩擦力不相等, B 错误; b 刚要滑动时, 对 b 木块有 $kmg + F = m\omega_0^2 \cdot 2L$, 对 a 木块有 $k \cdot 2mg - F = 2m\omega_0^2 L$, 联立得 $kmg + 2km\omega_0^2 L = 4m\omega_0^2 L$, 得 $\omega_0 = \sqrt{\frac{3kg}{4L}}$, C 错误; 当 $\omega = \sqrt{\frac{2kg}{3L}}$ 时, b 未滑动, a 所受摩擦力大小 $f = 4m\omega^2 L - kmg = \frac{5km\omega^2 L}{3}$, D 正确。

5. BCD 解析: 因为小球刚好在最高点不脱离圆轨道, 则在最高点轨道对球的弹力为零, 所以小球对圆轨道的压力为零, 此时小球的向心力由重力提供, A 错误, B 正确; 根据牛顿第二定律得 $mg = m\frac{v^2}{R} = ma$, 知线速度 $v = \sqrt{gR}$, 向心加速度为 $a = g$, C、D 正确。

6. BCD 解析: 由于是轻杆, 即使小球在最高点速度为零, 小球也不会掉下来, 因此 v 的最小值是零, A 错误; v 由零逐渐增大, 由 $F = \frac{mv^2}{l}$ 知, F 也增大, B 正确; 当 $v = \sqrt{gl}$ 时, $F = \frac{mv^2}{l} = mg$, 此时杆恰好对小球无作用力, 向心力只由其自身重力提供; 当 $v > \sqrt{gl}$ 时, 杆对球的力为拉力, 由 $mg + F = \frac{mv^2}{l}$ 可得 $F = m\frac{v^2}{l} - mg$, 则当 v 由 $\sqrt{gl}$ 逐渐增大时, 拉力 F 逐渐增大; 当 $v < \sqrt{gl}$ 时, 杆对球的力为支持力, 此时, $mg - F' = \frac{mv^2}{l}$, 可得 $F' = mg - \frac{mv^2}{l}$, 当 v 由 $\sqrt{gl}$ 逐渐减小时, 支持力 F' 逐渐增大; 杆对球的拉力、支持力都为弹力, 故 C、D 正确。

7. CD 解析: 当 $F = 0$ 时, $v^2 = a$, 则有 $mg = \frac{ma}{R}$, 解得 $g = \frac{a}{R}$, A 错误; 在最高点, 根据牛顿第二定律得 $F + mg = m\frac{v^2}{R}$, 则 $v^2 = \frac{R}{m}F + gR$, 图线的斜率 $k = \frac{R}{m}$, 绳长不变时, 小球质量越小, 斜率越大, 故 B 错误, C 正确; 根据 $v^2 = \frac{R}{m}F + gR$, 当 $F = 0$ 时, $v^2 = gR = a$, 可知图线与纵轴的交点坐标 a 的位置与小球质量无关, 故 D 正确。

8. ABD 解析: 小球在 A 点时, 若 $v = \sqrt{gR}$, 则轨道对小球的作用力为零, 有 $N = Mg$; 若 $v > \sqrt{gR}$, 则轨道对小球有向下的弹力, 所以小球对轨道有向上的弹力, 有 $N < Mg$; 若 $v < \sqrt{gR}$, 则轨道对小球有向上的弹力, 所以小球对轨道有向下的弹力, 有 $N >$

Mg , 故 A 错误; 小球在 B 点时, 根据 $N = m\frac{v_B^2}{R}$ 知, 轨道对小球有向右的弹力, 则小球对轨道有向左的弹力, 底座受到向右的摩擦力, 压力 $N = Mg$, B 错误; 小球运动到 C 点时, 根据 $N' - mg = m\frac{v_C^2}{R}$ 知, 轨道对小球有向上的支持力, 则小球对轨道有向下的压力, 压力大于 mg , 则底座对地面的压力 $N > mg + Mg$, 底座在水平方向上没有运动趋势, 不受摩擦力, C 正确; 小球运动到 D 点时, 根据 $N'' = m\frac{v_D^2}{R}$ 知, 轨道对小球有向左的弹力, 则小球对轨道有向右的弹力, 轨道底座所受的摩擦力方向向左, 压力 $N = Mg$, 故 D 错误。本题选错误的, 故选 A、B、D。

9. 3R 解析: 两个小球在最高点时, 受重力和管壁的作用力, 这两个力的合力提供向心力, 离开轨道后两球均做平抛运动, A、B 两球落地点间的距离等于它们平抛运动的水平位移之差。对 A 球由牛顿第二定律得 $3mg + mg = m\frac{v_A^2}{R}$, 解得 A 球通过最高点 C 时的速度大小为 $v_A = 2\sqrt{gR}$, 对 B 球由牛顿第二定律得 $mg - 0.75mg = m\frac{v_B^2}{R}$, 解得 B 球通过最高点 C 时的速度大小为 $v_B = \frac{\sqrt{gR}}{2}$, A、B 球做平抛运动的时间相同, 由 $2R = \frac{1}{2}gt^2$ 可得 $t = \sqrt{\frac{2 \times 2R}{g}} = 2\sqrt{\frac{R}{g}}$, 两球做平抛运动的水平分位移分别为 $x_A = v_A t = 4R$, $x_B = v_B t = R$, A、B 两球落地点间的距离 $\Delta x = x_A - x_B = 3R$ 。

10. (1) $2\sqrt{2}$ rad/s (2) 28 N (3) $\sqrt{5}$ rad/s 45 N, 沿半径指向圆心

解析: (1) B 物体即将发生滑动时, 对 B 由牛顿第二定律有 $\mu_2 m_B g = m_B \omega^2 R$, 解得 $\omega = 2\sqrt{2}$ rad/s。

(2) 假设 A、B 无相对运动, 则它们恰好滑离台面时, 对 A、B 组成的整体有 $\mu_2 (m_A + m_B) g = (m_A + m_B) \omega_0^2 R$, 解得 $\omega_0 = 2\sqrt{2}$ rad/s, 同理, A 恰好滑离 B 时, 对 A 有 $\mu_1 m_A g = m_A \omega_0'^2 R$, 解得 $\omega_0' = \sqrt{6}$ rad/s, 由于 $\omega_1 < \omega_0' < \omega_0$, 所以此时 A、B 和转台保持相对静止, 则对 A、B 组成的整体有 $f = (m_A + m_B) \omega_1^2 R$, 由牛顿第三定律可知 B 对转台的摩擦力为 $f' = f = 28$ N。

(3) 绳子即将拉断的瞬间, 设绳与竖直方向的夹角为 θ , 对 C 受力分析, 竖直方向有 $T \cos \theta = m_C g$, 水平方向有 $T \sin \theta = m_C \omega_2^2 (R + l \sin \theta)$, 解得 $\omega_2 = \sqrt{5}$ rad/s, $\theta = 45^\circ$, 由于 $\omega_2 < \omega_0'$, 则物体 A 不可能单

独滑离转台,设 A、B 与转台保持相对静止,B 受静摩擦力为 f_B ,对 A、B 组成的整体有 $f_B - T \sin \theta = (m_A + m_B) \omega^2 R$,解得 $f_B = 45 \text{ N} < \mu_2 (m_A + m_B + m_C) g$,则假设成立,则 $f_B = 45 \text{ N}$,方向沿半径指向圆心。

小测试(十一) 天体运动

预习自评

1. AC 解析:太阳系中的行星绕太阳运动的轨道都是椭圆,而太阳位于行星椭圆轨道的一个公共焦点上,A 正确,B 错误;行星的运动是曲线运动,运动方向总是沿着轨道的切线方向,C 正确;行星从近日点向远日点运动时,行星的运动方向和它与太阳连线的夹角大于 90° ,行星从远日点向近日点运动时,行星的运动方向和它与太阳连线的夹角小于 90° ,D 错误。
2. BD 解析:根据开普勒第二定律可知,行星与太阳连线在相同时间内扫过的面积相等,故离太阳近时运动速度大,离太阳远时运动速度小,太阳引力的方向一直变化,所以行星绕太阳运动时,一定是变加速曲线运动,故 B、D 正确,A、C 错误。

针对训练

1. C 解析:第谷进行了长期观测,记录了大量数据,开普勒通过对数据研究总结得出了开普勒行星运动定律,A 错误;行星围绕太阳运动的轨道是椭圆,太阳处于椭圆的一个焦点上,B 错误;根据开普勒第二定律,行星距离太阳越近,其运动速度越大,距离太阳越远,其运动速度越小,C 正确;根据开普勒第三定律,行星围绕太阳运动轨道的半长轴的三次方跟它公转周期的二次方成正比,D 错误。
2. B 解析:开普勒第三定律适用于宇宙中所有围绕恒星运动的行星,也适用于围绕行星运动的卫星,故 A 错误,B 正确;开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2} = k$,式中 k 值与中心天体的质量有关,对围绕同一中心天体运行的行星(或卫星)都相同,故 C、D 错误。
3. A 解析:根据开普勒第二定律可知,太阳和行星的连线在相等的时间内扫过相等的面积,因为行星在 A 点的速率比在 B 点的速率大,所以太阳在离 A 点近的焦点上,故太阳位于 F_2 ,A 正确,B、C、D 错误。
4. C
5. C 解析:根据开普勒第三定律得 $\frac{r_{海}^3}{T_{海}^2} = \frac{r_{地}^3}{T_{地}^2}$,又因为 $r_{海} = 30 r_{地}$,解得 $T_{海} = \sqrt{30^3} T_{地} = 30 \sqrt{30}$ 年,故 C 正确,A、B、D 错误。
6. A 解析:设探测器变轨前后的轨道半径分别为 r_1

和 r_2 ,根据开普勒第三定律有 $\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$,解得探测器变轨前后轨道半径之比为 $\sqrt[3]{\frac{T_1^2}{T_2^2}}$,A 正确,B、C、D 错误。

7. AC 解析:根据开普勒第一定律可知,地球位于 B 卫星的椭圆轨道的一个焦点上,位于 C 卫星圆轨道的圆心上,A 正确;卫星 B 在椭圆轨道上运动,不断地在做离心运动和近心运动,近地点的线速度最大,远地点的线速度最小,而卫星 C 在圆轨道上运动,运行的速度大小不变,B 错误;由开普勒第三定律可知 $\frac{a^3}{T^2} = \frac{r^3}{T^2} = k$, k 值与中心天体(地球)的质量有关,与太阳无关,故 C 正确,D 错误。
8. $(1+k^2)^{\frac{3}{4}}$ 解析:设地球与太阳距离为 r ,根据题述可知木星与太阳的距离为 $R = \sqrt{r^2 + (kr)^2} = r(1+k^2)^{\frac{1}{2}}$,设木星的公转周期为 T ,根据开普勒第三定律,则有 $\frac{T^2}{(1 \text{ 年})^2} = \frac{r^3(1+k^2)^{\frac{3}{2}}}{r^3}$,解得 $T = (1+k^2)^{\frac{3}{4}}$ 年。

小测试(十二) 万有引力定律

预习自评

1. CD 解析:开普勒是在第谷的观测数据基础上提出行星运动三大定律,A 错误;牛顿提出地球绕太阳运动是因为受到来自太阳的引力,B 错误;卡文迪许在实验室里通过几个铅球之间万有引力的测量,得出了引力常量的数值,C 正确;牛顿认为如果重力和星体间的引力是同一性质的力,都与距离的二次方成正比关系,那么月球绕地球做近似圆周运动的向心加速度就应该是地球表面重力加速度的 $\frac{1}{3600}$,因为月心到地心的距离是地球半径的 60 倍,牛顿通过计算证明他的猜想是正确的,所以牛顿通过比较月球公转的向心加速度和地球表面的重力加速度,对万有引力定律进行了“月地检验”,故 D 正确。
2. D 解析:月—地检验是判断地球对月球的引力与地球对表面物体的引力是否为同一性质力,故 D 正确,A、B、C 错误。

针对训练

1. AB 解析:在建立万有引力定律的过程中,牛顿根据地球上一切物体都以相同加速度下落的事实,得出物体受地球的引力与其质量成正比,即 $F \propto m$ 的结论;同时牛顿接受了平方反比猜想,再根据牛顿第三定律进而得出 $F \propto m_1 m_2$;然后进行月—地检

验,进一步得出地球与物体间的引力与天体间的引力是同一种力;但牛顿没有测出比例系数 G 的大小,而在牛顿提出万有引力定律 100 多年后,卡文迪许利用扭秤测量出引力常量 G 的大小,A、B 正确,C、D 错误。

2. A 解析:两个物体之间的万有引力是作用力与反作用力,它们大小总是相等的,与两个物体的质量是否相等无关,A 正确;当两个物体间的距离 r 趋近于零时,两物体不能看作质点,万有引力公式不再适用,万有引力不会趋近于无穷大,B 错误;公式中的 G 是引力常量,是卡文迪许第一次在实验室中用扭秤装置测量出来的,C 错误;万有引力定律适用于质点间引力大小的计算,对质量较小的物体间的万有引力仍然适用,故 D 错误。

3. ABC 解析:由万有引力定律 $F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$ 可知,A、B、C 项中两物体间的万有引力都减少到原来的 $\frac{1}{4}$,而 D 项中两物体间的万有引力保持不变,故 A、B、C 正确,D 错误。

4. BC 解析:宇航员 A 受到重力作用,重力就是万有引力,充当了向心力,故 A 错误,B 正确;宇航员 A 处于完全失重状态,故与“地面”B 之间无弹力的作用,C 正确;宇航员 A 将手中的一小球无初速度(相对空间站)释放,小球也处于完全失重状态,与空间站内物品相对静止,不会下落,D 错误。

5. B 解析:在星球表面近似有 $mg=G\frac{Mm}{R^2}$,设火星表面的重力加速度为 $g_{火}$,则有 $\frac{g_{火}}{g}=\frac{M_{火}}{M_{地}}\cdot\left(\frac{R_{地}}{R_{火}}\right)^2=0.4$,故 B 正确,A、C、D 错误。

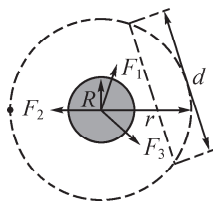
6. A 解析:设月球质量为 M' ,半径为 R' ,地球质量为 M ,半径为 R . 已知 $\frac{M}{M'}=81$, $\frac{R}{R'}=4$,在天体表面附近万有引力等于重力,由 $\frac{GMm}{R^2}=mg$,得 $g=\frac{GM}{R^2}$,因此 $\frac{g_{月}}{g}=\frac{81}{16}$. 由题意知物体从同样高度处抛出, $h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}g't'^2$, $t'=\sqrt{\frac{g}{g'}}t=\frac{9}{4}t$,在地球上物体的水平位移 $s_{地}=v_0t$,在月球上物体的水平位移 $s_{月}=v_0t'$,所以 $s_{月}:s_{地}$ 约为 9:4, A 正确,B、C、D 错误。

7. B 解析:若想检验“使月球绕地球运动的力”与“使苹果落地的力”遵循同样的规律——万有引力定律,则应满足 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$,即加速度 a 与距离 r 的平方成反比,由题中数据知,B 正确,A、C、D 错误。

8. BC 解析:根据万有引力定律,地球和一颗卫星之

间的引力 $F=G\frac{Mm}{r^2}$, B 正确,A 错误;卫星之间的关系图如图所示,由几何关系知,两同步卫星间的距离 $d=\sqrt{3}r$,则两卫星间的万有引力 $F'=G\frac{m^2}{d^2}=$

$\frac{Gm^2}{3r^2}$, C 正确;卫星对地球的引力均沿卫星与地球球心间的连线向外,由于三颗卫星质量相等,各自对地球的引力大小相等,且三颗卫星等间隔分布,由几何关系知,相邻两个力的方向成 120° 角,故三颗卫星对地球引力的合力大小为 0, D 错误。



9. D 解析:质点与大球球心相距 $2R$,由万有引力定律得大球对质点的万有引力 $F_1=G\frac{Mm}{(2R)^2}=\frac{1}{4}G\frac{Mm}{R^2}$,大球体的质量 $M=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3$,挖去的小球的质量 $M'=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3$,则有 $M'=\frac{M}{8}$. 小球球心与质点间相距 $\frac{3}{2}R$,小球与质点间的万有引力 $F'_1=G\frac{M'm}{\left(\frac{3}{2}R\right)^2}=\frac{1}{18}G\frac{Mm}{R^2}$,则剩余部分对质点的万有引力 $F_2=F_1-F'_1=\frac{7}{36}G\frac{Mm}{R^2}$,则 $\frac{F_1}{F_2}=\frac{9}{7}$,故 D 正确,A、B、C 错误。

10. A 解析:由题意知,物体在地球内部距离球心 $x(x<R)$ 的位置时,外面球壳对其引力为 0,内部以 x 为半径的球体对物体的引力为 $F=G\frac{Mm}{x^2}=\frac{\rho\cdot\frac{4}{3}\pi x^3m}{x^2}=\frac{4}{3}\pi G\rho mx$, $F\propto x$,图像为过原点的倾斜直线;当 $x\geq R$ 时,地球对物体的引力为 $F=G\frac{M'm}{x^2}=G\frac{\rho\cdot\frac{4}{3}\pi R^3m}{x^2}$, $F\propto\frac{1}{x^2}$,图像为随 x 增大而减小的曲线,故 A 正确,B、C、D 错误。

11. (1) 9.803 7 m (2) 17 倍

解析:(1)在赤道上, $F_{万}=mg+F_{向}=mg+ma=9.803 7 m$.

(2)要使在赤道上的物体由于地球自转而处于完全失重状态,则有 $F_{万}=F'_{向}=m\omega_0^2 R$, $\omega_0=\sqrt{\frac{F_{万}}{mR}}$. ω_0 为物体完全失重时地球自转角速度, R 为地球

半径, 正常情况即实际角速度为 ω , 则 $m\omega^2 R = ma$,
 $\omega = \sqrt{\frac{a}{R}}$. 故 $\frac{\omega_0}{\omega} = \sqrt{\frac{F_{\text{万}}}{ma}} = \sqrt{\frac{9.8037}{3.37 \times 10^{-2}}} \approx 17$. 即
 地球自转角速度应加快到实际角速度的 17 倍.

小测试(十三) 预言未知星体 计算天体质量

预习自评

1. AC 解析: 海王星是人们根据万有引力定律计算出其轨道, 然后由天文工作者在预言的位置附近观察到的, 天王星是人们通过望远镜观察发现的; 由于天王星的运行轨道偏离根据万有引力定律计算出来的轨道, 引起了人们的思考, 推测天王星轨道以外存在其他行星, 进而发现了海王星. 故 A、C 正确, B、D 错误.

2. B 解析: 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 可得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, 即若知道太阳的某一行星绕太阳做匀速圆周运动的轨道半径为 r , 周期为 T , 引力常量为 G , 则可求得太阳的质量, 但是由于太阳的半径未知, 不能求解太阳的密度. 故 B 正确, A、C、D 错误.

针对训练

1. D 解析: 若已知火星表面的重力加速度 g , 则有 $mg = \frac{GMm}{R^2}$, 解得 $M = \frac{gR^2}{G}$, 不知道火星的半径, 无法求解火星的质量, 若已知火星绕太阳做匀速圆周运动的轨道半径 r 和火星的公转周期 T , 根据万有引力提供向心力可得 $\frac{GM_{\text{日}}}{r^2} M = Mr \frac{4\pi^2}{T^2}$, 解得 $M_{\text{日}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, 可以求出太阳的质量, 而火星的质量在计算过程中约去, 无法求解火星的质量, 故 A、B 错误; 若已知某卫星绕火星做匀速圆周运动的周期 T , 根据万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm_0}{r^2} = m_0 r \frac{4\pi^2}{T^2}$, 解得 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, 若还已知该卫星绕火星做匀速圆周运动的轨道半径 r , 就可以求解火星的质量, 故 D 正确, C 错误.

2. B 解析: 根据题意, 卫星运行的角速度 $\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{1}{t}$, 由几何知识可知弧长 $s = r\theta$, 所以 $r = \frac{s}{1} = s$, 设月球的质量为 M , 卫星的质量为 m , 根据万有引力提供向心力得 $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r$, 联立解得 $M = \frac{s^3}{Gt^2}$, 故 B 正确, A、C、D 错误.

3. A 解析: 由 $h = \frac{1}{2} gt^2$, $mg = G \frac{Mm}{R^2}$, $M = \rho \cdot$

$\frac{4}{3} \pi R^3$, 解得 $\rho = \frac{3h}{2\pi GRt^2}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

4. ACD 解析: 设火星表面附近运行的卫星质量为 m , 火星的质量为 M , 根据万有引力提供向心力, 有

$$\frac{GMm}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = m \frac{4\pi^2 \left(\frac{d}{2}\right)}{T^2}, \text{解得 } M = \frac{\pi^2 d^3}{2GT^2}, \text{火星的密度}$$

$$\text{为 } \rho = \frac{M}{V} = \frac{\frac{\pi^2 d^3}{2GT^2}}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3} = \frac{3\pi}{GT^2}, \text{又由火星对火星表}$$

面上物体的万有引力近似等于该物体的重力, 有 $\frac{GMm'}{\left(\frac{d}{2}\right)^2} = m'g_0$, 解得 $M = \frac{g_0 d^2}{4G}$, 火星的密度为 $\rho =$

$$\frac{M}{V} = \frac{3g_0}{2\pi Gd}, \text{已知火星的质量和直径, 则得火星的密度为 } \rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^3} = \frac{6M}{\pi d^3}, \text{A、C、D 正确, B}$$

错误.

5. A 解析: 在两极有 $G \frac{Mm}{R^2} = F_1$, 在赤道上有 $G \frac{Mm}{R^2} - F_2 = m\omega^2 R$, 联立解得 $R = \frac{F_1 - F_2}{m\omega^2}$, 由 $G \frac{Mm}{R^2} = F_1$, $M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$, 联立解得 $\rho = \frac{3F_1 \omega^2}{4\pi G(F_1 - F_2)}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

6. A 解析: 由 $g = G \frac{M}{R^2} = \frac{4\pi^2 r}{T^2}$, $h = \frac{1}{2} g \left(\frac{t}{2}\right)^2$ 解得 $g = \frac{8h}{t^2}$, 月球的半径为 $r = \frac{2hT^2}{\pi^2 t^2}$, A 正确; 月球的质量为 $M = \frac{32h^3 T^4}{G\pi^4 t^6}$, B 错误; 由 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi r^3}$, $g = \frac{8h}{t^2}$, $g = \frac{8h}{t^2}$, 解得月球的平均密度为 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$, C 错误; 由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, $g = G \frac{M}{t^2}$ 得 $v = \sqrt{gr} = \frac{4hT}{\pi t^2}$, D 错误.

7. B 解析: “嫦娥五号”探月卫星做圆周运动的环月轨道半径为 r_2 , 周期为 T_2 , 由月球的万有引力提供向心力有 $G \frac{M_{\text{月}} m_{\text{嫦}}}{r_2^2} = m_{\text{嫦}} r_2 \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2$, 得 $M_{\text{月}} = \frac{4\pi^2 r_2^3}{GT_2^2}$, 可求出月球的质量, 根据条件不能求出“嫦娥五号”探月卫星的质量, 故 A 错误, B 正确; 由开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$ 知, 月球绕地球做圆周运动, 中心天体为地球, “嫦娥五号”探月卫星做圆周运动的中心天体为月球, 二者中心天体不同, C 错误; 由

于地球的半径未知,不能求出地球的体积,就不能求出地球的密度,故 D 错误。

8. C 解析:太阳对小行星的引力 $F=G\frac{Mm}{r^2}$,由于各小行星轨道半径和质量关系均未知,故不能得出太阳对小行星的引力相同的结论,A 错误;小行星绕太阳做匀速圆周运动,由万有引力提供向心力,则有 $G\frac{Mm}{r^2}=ma=m\frac{v^2}{r}=\frac{4\pi^2mr}{T^2}$,解得 $a=\frac{GM}{r^2}$, $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$, $T=\sqrt{\frac{4\pi^2r^3}{GM}}$,根据 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2r^3}{GM}}$,可知各小行星绕太阳运动的周期均大于地球的公转周期,即均大于 1 年,B 错误;根据 $a=\frac{GM}{r^2}$ 可知小行星带内侧小行星的向心加速度值大于外侧小行星的向心加速度值,C 正确;根据 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ 可知小行星带内各小行星圆周运动的线速度值均小于地球公转的线速度值,故 D 错误。

9. C 解析:由万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2r}{T^2}$,解得 $r^3=\frac{GM}{4\pi^2}T^2$,则图线的斜率 $k=\frac{GM}{4\pi^2}$,由于木星质量大于地球质量,故斜率大的图线为木星的图线,设木星质量为 M_1 ,地球质量为 M_2 ,由图知 $\frac{b}{c}=\frac{GM_1}{4\pi^2}$, $\frac{a}{d}=\frac{GM_2}{4\pi^2}$,木星与地球的质量之比为 $\frac{M_1}{M_2}=\frac{bd}{ac}$,A 错误;由万有引力提供向心力得 $G\frac{M_{\text{日}}M}{r^2}=M\frac{v^2}{r}$,解得线速度为 $v=\sqrt{\frac{GM_{\text{日}}}{r}}$,则木星与地球的线速度之比为 $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}=\frac{\sqrt{5}}{5}$,B 错误;对地球,由题图知, $\frac{GM_2}{4\pi^2}=\frac{a}{d}$,解得地球的质量 $M_2=\frac{4\pi^2a}{Gd}$,则地球的密度为 $\rho_2=\frac{M_2}{\frac{4}{3}\pi R^3}=\frac{3\pi a}{GdR^3}$,C 正确;木星的密度 $\rho_1=\frac{M_1}{\frac{4}{3}\pi(11R)^3}=\frac{3\pi b}{1331GcR^3}$,D 错误。

10. (1) $\frac{2\pi}{\omega}$ (2) $\frac{\omega^2(R+h)^3}{G}$ (3) $\frac{\omega^2(R+h)^3}{R^2}$

解析:(1)由 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 可知“嫦娥五号”做匀速圆周运动的周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}$ 。

(2)设“嫦娥五号”的质量为 m ,由万有引力提供向心力,有 $G\frac{Mm}{(R+h)^2}=m\omega^2(R+h)$,解得月球的质量

$$M=\frac{\omega^2(R+h)^3}{G}.$$

(3)设月球表面的物体质量为 m_1 ,物体受到的万有引力近似等于重力,有 $G\frac{Mm_1}{R^2}=m_1g$,又因为 $M=\frac{\omega^2(R+h)^3}{G}$,联立解得 $g=\frac{\omega^2(R+h)^3}{R^2}$ 。

小测试(十四) 人造卫星 宇宙速度 太空探索(选学)

预习自评

1. B 解析:第一宇宙速度是人造地球卫星的最小发射速度,为 7.9 km/s,也是人造地球卫星绕地球做匀速圆周运动的最大运行速度,A 错误;第二宇宙速度是在地面附近使物体挣脱地球引力束缚,成为绕太阳运行的人造小行星的最小发射速度,为 11.2 km/s,B 正确;人造卫星绕地球在圆轨道上运行时的速度一定小于第一宇宙速度,C 错误;我国发射的火星探测器,其发射速度应大于第二宇宙速度,小于第三宇宙速度,D 错误。

2. A 解析:地球同步卫星公转周期等于地球自转周期,由万有引力提供向心力可知,高度都相同,所以线速度、向心加速度大小都相同,但是不同的同步卫星质量可能不同,故 A 正确,B、C、D 错误。

针对训练

1. B 解析:由万有引力提供向心力得 $G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2r$,解得 $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$,人造地球卫星的轨道半径变大,角速度变小,故不能根据公式 $v=\omega r$ 分析卫星线速度的变化情况,A 错误;根据公式 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$,可知卫星运动的线速度减小到原来的 $\frac{\sqrt{3}}{3}$,B 正确;由 $G\frac{Mm}{r^2}=mg$ 知,人造地球卫星的轨道半径变大, g 变小,不能根据公式 $v=\sqrt{gr}$ 分析线速度的变化情况,C 错误;根据 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$,可知人造地球卫星轨道半径变大,线速度变小,不能通过 $F=m\frac{v^2}{r}$ 分析向心力的变化,因为线速度在变化,D 错误。

2. C 解析:人造地球卫星绕地球做圆周运动的向心力由万有引力提供,有 $G\frac{Mm}{r^2}=mr\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2=m\frac{v^2}{r}$,可得 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2r^3}{GM}}$, $\frac{T_1}{T_2}=\sqrt{\frac{r_1^3}{r_2^3}}=\frac{3\sqrt{3}}{1}$,A 错误; $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$, $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{r_2}{r_1}}=\frac{1}{\sqrt{3}}$,B 错误; $a=\frac{GM}{r^2}$, $\frac{a_1}{a_2}=\frac{r_2^2}{r_1^2}=\frac{1}{9}$,C 正确;

$\frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{1}{9}$, C 正确; 由 $F=ma$ 知, 它们的向心力之比是 $F_1:F_2=1:18$, D 错误.

3. C 解析: 同一轨道平面内的三颗人造地球卫星绕同一中心天体(地球)做圆周运动, 根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$, 得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 由题图可以看出卫星的轨道半径 $r_C > r_B > r_A$, 故可判断 $v_A > v_B > v_C$, A 错误; 因不知三颗人造地球卫星的质量关系, 故无法判断它们与地球间的万有引力大小关系, B 错误; 由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r$ 得 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$, 又因为 $r_C > r_B > r_A$, 所以 $\omega_A > \omega_B > \omega_C$, C 正确; 根据 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ 可得 $a = \frac{GM}{r^2}$, 又因为 $r_C > r_B > r_A$, 所以 $a_A > a_B > a_C$, D 错误.

4. A 解析: 设月球表面重力加速度为 g , 半径为 R , 月球“第一宇宙速度”为 v , 则有 $mg = m\frac{v^2}{R}$, $v = \sqrt{Rg}$, 同理 $v_{\text{地}} = \sqrt{knRg}$, $\frac{v_{\text{地}}}{v} = \sqrt{kn}$, 故 A 正确, B、C、D 错误.

5. A 解析: 第一宇宙速度是卫星的最小发射速度, 要想发射卫星, 发射速度至少为第一宇宙速度, 且轨道越高发射速度越大, 椭圆轨道为某卫星的运行轨道, 则此卫星的发射速度应大于第一宇宙速度, A 正确; 第一宇宙速度是近地卫星绕地球表面做圆周运动的运行速度, 也是卫星做圆周运动的最大环绕速度, 此卫星在远地点做近心运动, 此时卫星的速度小于在离地相同高度的圆轨道上做圆周运动的运行速度, 故此卫星在远地点的速度小于第一宇宙速度, 故 B 错误; 卫星的发射速度大于第二宇宙速度将脱离地球的束缚, 绕太阳运动, 故 C、D 错误.

6. CD 解析: 火星探测器前往火星, 脱离地球引力束缚, 还在太阳系内, 发射速度应大于第二宇宙速度、小于第三宇宙速度, A、B 错误, C 正确; 由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ 得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. 已知火星的质量约为地球质量的 $\frac{1}{9}$, 火星的半径约为地球半径的 $\frac{1}{2}$, 可得火星的第一宇宙速度与地球第一宇宙速度之比 $\frac{v_{\text{火}}}{v_{\text{地}}} = \sqrt{\frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{R_{\text{地}}}{R_{\text{火}}}} = \sqrt{\frac{1}{9} \times \frac{2}{1}} = \frac{\sqrt{2}}{3}$, D 正确.

7. AD 解析: 同步卫星的轨道半径为 $r=R+h$, 其运动周期等于地球自转的周期 T , 则线速度 $v = \frac{2\pi(R+h)}{T}$, 故 A 正确; 根据万有引力提供向心力得

$G\frac{Mm}{(R+h)^2} = m\frac{v^2}{(R+h)}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$, 而 $\frac{2\pi}{T} = \omega \neq \frac{1}{R+h}$, 故 B、C 错误; 因为 $\frac{GMm}{R^2} = mg$, $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$, 所以 $v = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$, D 正确.

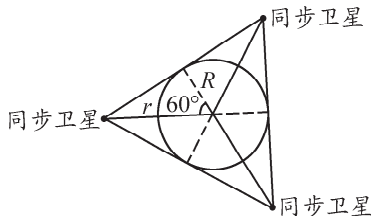
8. C 解析: 根据 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ 得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 同步卫星运行速度是近地卫星环绕速度的 $\sqrt{\frac{1}{n}}$, 同步卫星运行速度是第一宇宙速度的 $\sqrt{\frac{1}{n}}$, A 错误, C 正确; 根据 $v = \omega r$, 同步卫星的运行速度是地球赤道上物体随地球自转线速度的 n 倍, B 错误; 根据 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ 得 $a = \frac{GM}{r^2}$, 同步卫星的向心加速度是地球表面重力加速度的 $\frac{1}{n^2}$, D 错误.

9. ACD 解析: 随地球自转的物体 A 与地球同步卫星 C 的周期相同, 即 $T_A = T_C$, 对于环绕卫星, 由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ 可得, $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$, 又 $r_B < r_C$, 则 $T_B < T_C$, A 正确; 由 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 可得, 三者角速度的大小关系为 $\omega_A = \omega_C < \omega_B$, C 正确; 由于 $T_A = T_C$, $r_A < r_C$, 由 $a = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ 可得, $a_A < a_C$, 由 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ 可得, $a = G\frac{M}{r^2}$, 又 $r_B < r_C$, 所以 $a_B > a_C$, 则 $a_B > a_C > a_A$, B 错误; 由于 $T_A = T_C$, $r_A < r_C$, 由 $v = \frac{2\pi r}{T}$ 可得, $v_A < v_C$, 对于环绕卫星, 由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$ 可得, $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 又 $r_B < r_C$, 所以 $v_B > v_C$, 故 D 正确.

10. B 解析: 同步卫星的轨道平面必须在赤道平面上, 不能经过北京正上空, A 错误; 已知同步卫星的轨道半径、地球自转周期(同步卫星公转周期), 根据万有引力提供向心力可知 $\frac{GMm}{r^2} = \frac{m \cdot 4\pi^2}{T^2}r$, 解得地球质量 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$, B 正确; 第一宇宙速度是卫星绕地球做圆周运动的最大的环绕速度, 倾斜地球同步轨道卫星比近地卫星轨道半径大, 所以运行速度小于第一宇宙速度, C 错误; 倾斜轨道和同步轨道, 一天中相遇两次, 当两轨道相遇时, 该卫星经过赤道上同一点, 故该卫星在一个周期内有两次经过赤道上同一位置, D 错误.

11. 4 h 解析: 设地球半径为 R , 画出仅用三颗地球同步卫星使地球赤道上任意两点之间保持无线电通

信时同步卫星的最小轨道半径示意图,如图所示,由图中几何关系可得,同步卫星的最小轨道半径 $r=2R$. 设地球自转周期的最小值为 T ,则由开普勒第三定律可得, $\frac{(6.6R)^3}{(2R)^3} = \frac{(24\text{ h})^2}{T^2}$,解得 $T \approx 4\text{ h}$.



专题卷(三) 卫星的变轨和双星问题

针对训练

- B 解析:** 当宇宙飞船加速时,它所需向心力增大,飞船将做离心运动,轨道半径增大,由此知,A错误,B正确;由 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ 可知, r 增大, T 增大,C错误;由于 r 增大,则 $a=\frac{GM}{r^2}$ 变小,D错误.
- D 解析:** 研究飞船绕地球做匀速圆周运动,根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$,解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, M 为地球的质量, r 为轨道半径. 因为 $r_1 < r_3$,所以 $v_1 > v_3$,A错误;根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r$,得出 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$,则半径大的角速度小,B错误;根据万有引力提供向心力,有 $G\frac{mM}{r^2} = ma$,则在同一位置加速度相同,C错误;飞船从轨道1进入轨道2必须加速做离心运动,D正确.
- BC 解析:** 卫星在近地圆轨道上运行时受到的万有引力大小保持不变,在 P 点短时间点火加速后高度不变,由 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ 可知 $a_1 = a_2$;在 P 点短时间点火加速之后卫星的速率增大,故 $v_1 < v_2$,A错误,B正确;卫星在 Q 点点火加速,故 $v_3 < v_4$;从 Q 点进入圆轨道后卫星离地面的高度将保持不变,由 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$ 可知 $a_3 = a_4$,所以C正确,D错误.
- D 解析:** “天问一号”要脱离地球引力束缚,到达火星,发射速度大于第二宇宙速度,小于第三宇宙速度,故发射速度小于 16.7 km/s ,A错误;卫星从 P 点由轨道I进入轨道II,为从高轨道变轨到低轨道,需要点火减速,B错误;根据开普勒第三定律可知,轨道半长轴越大,运行周期越大,轨道I的半长轴大于轨

道III的半长轴,则“天问一号”在轨道I上运行的周期大于在轨道III运行的周期,C错误;“天问一号”在轨道III上经过 P 点和在轨道I上经过 P 点时,到火星的距离相同,受到的万有引力相同,D正确.

- B 解析:** 根据万有引力提供向心力可知 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$,解得 $a = G\frac{M}{r^2}$,地球公转半径 r 较小,则向心加速度较大,A错误;火星距离地球最远时有4亿千米,从地球发出一个指令,约22分钟才能到达火星,火星距离地球最近时大约0.55亿千米,因为指令传播速度相同,则传播时间为 $t = \frac{22 \times 0.55}{4} \text{ min} = 3.025 \text{ min}$,B正确;探测器沿轨迹AC运动到C点,其轨道半长轴与火星轨道半径不相等,根据开普勒第三定律,运动周期不相同,因此探测器与火星不能在C点相遇,C错误;地球的公转周期为1年,火星的公转周期约是地球公转周期的1.9倍,则两者再次相距最近需要的时间为 $t = \left(\frac{2\pi}{\frac{2\pi}{1} - \frac{2\pi}{1.9}} \right) \approx 2.1 \text{ 年}$,D错误.
- AC 解析:** 由 $G\frac{Mm}{r^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r = m\frac{v^2}{r}$ 可得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$,因为 $r_a < r_b$,可知 $v_a > v_b$, $T_a < T_b$,故A正确,B错误;设 a 、 b 再次相距最近时需要的时间为 t ,则 $\frac{2\pi}{T_a}t - \frac{2\pi}{T_b}t = 2\pi$,解得 $t = \frac{T_a T_b}{T_b - T_a}$,故C正确,D错误.
- BC 解析:** 行星的轨道发生最大的偏离时一定是行星与未知行星相距最近时,设某时刻行星和未知行星相距最近,经过 t_0 时间,行星和未知行星再次相距最近,则行星转过的角度为 $\theta_1 = \frac{2\pi}{T_0} \cdot t_0$,未知行星转过的角度为 $\theta_2 = \frac{2\pi}{T} \cdot t_0$,有 $\theta_1 - \theta_2 = 2\pi$,解得 $T = \frac{t_0}{\frac{t_0}{T_0} - 1} T_0$,A错误,B正确;根据开普勒第三定律有 $\frac{R^3}{T^2} = \frac{R_0^3}{T_0^2}$,故有 $R = R_0 \sqrt[3]{\left(\frac{t_0}{t_0 - T_0}\right)^2}$,C正确,D错误.
- C 解析:** 月球和地球绕 O 点做匀速圆周运动,它们之间的万有引力提供各自的向心力,则地球和月球的向心力相等. 且月球和地球和 O 点始终共线,说明月球和地球有相同的角速度和周期. 因此有 $m\omega^2 r = M\omega^2 R$,所以 $\frac{v_m}{v_M} = \frac{\omega r}{\omega R} = \frac{M}{m} = 80$,C正确,A、B、D错误.

9. C 解析: A 和 B 连线始终在同一条直线上, 所以角速度相同, 根据 $a = \omega^2 r$, 当角速度大小相同时, r 越大, a 越大, A 错误; 对 A 和 B 来说万有引力大小相同, 所以 $F = G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 \omega^2 r_1 = m_2 \omega^2 r_2$, 即轨道半径与质量成反比, 轨道半径大的质量小, B 错误; $F = G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 \omega^2 r_1 = m_2 \omega^2 r_2$, $r_2 + r_1 = L$, $T = \frac{2\pi}{\omega}$, 联立可得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3}{G(m_1 + m_2)}}$, 若两黑洞质量保持不变, 在两黑洞间距 L 减小后, 两黑洞的绕行周期变小, 故 C 正确; 由 $\frac{Gm_1 m_2}{L^2} = m_1 a_1 = m_2 a_2$, 解得 $a_1 = \frac{Gm_2}{L^2}$, $a_2 = \frac{Gm_1}{L^2}$, 若两黑洞质量保持不变, 在两黑洞间距 L 减小后, 向心加速度均变大, 故 D 错误.

10. B 解析: 根据几何关系可得, 三颗星的轨道半径为 $r = \frac{l}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3} l$, 三颗星做匀速圆周运动, 对于任意一颗星, 由另外两颗星的万有引力的合力提供向心力, 根据对称性可知, 三颗星的质量一定相等. 根据牛顿第二定律, 有 $2G \frac{m^2}{l^2} \cos 30^\circ = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 解得三颗星的质量均为 $m = \frac{4\pi^2 l^3}{3GT^2}$, 故 A 错误, B 正确; 三颗星的线速度大小均为 $v = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\sqrt{3}\pi l}{3T}$, C 错误; 任意两颗星间的万有引力大小为 $F = G \frac{m^2}{l^2} = \frac{16\pi^4 l^4}{9GT^4}$, 故 D 错误.

11. ACD 解析: 四星系统中任一颗星体均受其他三颗星体的万有引力作用, 合力方向指向对角线的交点, 围绕正方形对角线的交点做匀速圆周运动, 由几何知识可得轨道半径均为 $\frac{\sqrt{2}}{2} a$, 故 A 正确, B 错误; 在星体表面, 根据万有引力等于重力, 可得 $G \frac{mm'}{R^2} = m'g$, 解得 $g = \frac{Gm}{R^2}$, 故 C 正确; 由万有引力定律和向心力公式得 $\frac{Gm^2}{(\sqrt{2}a)^2} + \frac{\sqrt{2}Gm^2}{a^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{\sqrt{2}a}{2}$, 解得 $T = 2\pi a \sqrt{\frac{2a}{(4 + \sqrt{2})Gm}}$, 故 D 正确.

12. (1) $\frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2}$ (2) $\frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2} = \frac{v^3 T}{2\pi G}$

解析: (1) 设 A、B 的圆轨道半径分别为 r_1 、 r_2 , 由题意知, A、B 做匀速圆周运动的角速度相同, 设为

ω . 由牛顿运动定律, 有 $F_A = m_1 \omega^2 r_1$, $F_B = m_2 \omega^2 r_2$, $F_A = F_B$, 设 A、B 之间的距离为 r , 又 $r = r_1 + r_2$, 由上述各式得 $r = \frac{(m_1 + m_2)r_1}{m_2}$, 由万有引力定律, 有 $F_A = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$, 联立解得 $F_A = G \frac{m_1 m_2^3}{(m_1 + m_2)^2 r_1^2}$, 令 $F_A = G \frac{m_1 m'}{r_1^2}$, 可得 $m' = \frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2}$.

(2) 由牛顿第二定律, 有 $G \frac{m_1 m'}{r_1^2} = m_1 \frac{v^2}{r_1}$, 又可见星 A 的轨道半径 $r_1 = \frac{vT}{2\pi}$, 则 $\frac{m_2^3}{(m_1 + m_2)^2} = \frac{v^3 T}{2\pi G}$.

小测试(十五) 功

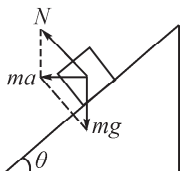
预习自评

1. B 解析: 小新将包提起来, 包受到了向上的力的作用, 并且包在力的方向上移动了距离, 根据 $W = Fl$ 知, 拉力做功, A 不符合题意; 小新站在水平匀速行驶的车上, 小新提着包, 但是包没有在力的方向上移动距离, 即 $l = 0$, 根据 $W = Fl$ 知, 拉力不做功, B 符合题意; 因为小新是乘升降电梯, 在提包的力的方向上移动了距离, 根据 $W = Fl$ 知, 拉力做功, C 不符合题意; 小新提着包上楼, 手提着包的力是向上的, 提包在力的方向上移动了距离, 根据 $W = Fl$ 知拉力做功, D 不符合题意.
2. A 解析: 女士站立在台阶式自动扶梯上, 女士匀速上楼, 支持力向上, 与速度方向的夹角为锐角, 支持力做正功, 不受静摩擦力作用, 摩擦力不做功, 故 A 正确, C 错误; 男士受支持力与速度方向垂直, 支持力不做功, 摩擦力方向与速度方向相同, 做正功, 故 B、D 错误.
3. AD 解析: 摩擦力大小为 f , 则摩擦力所做的功 $W_f = -fs$, A 正确; 由题意知, 拉力方向与位移方向的夹角为 $(90^\circ - \theta)$, 根据功的公式可得 $W_F = F_s \cos(90^\circ - \theta) = F_s \sin \theta$, 故 B 错误, D 正确; 由于竖直方向上没有位移, 故重力不做功, C 错误.

针对训练

1. D 解析: 功有正、负之分, 说明是动力做功还是阻力做功, 不说明方向, 功是标量, 故 A、B 错误; 根据 $W = Fl \cos \alpha$ 可知, 当力的方向与位移的方向垂直时, 力不做功, 但有位移, C 错误; 根据 $W = Fl \cos \alpha$ 可知, 一个恒力对物体做的功由力的大小和物体在该力的方向上发生的位移决定, D 正确.
2. ACD 解析: 支持力方向垂直斜面向上, 与位移方向成锐角, 故支持力一定做正功, A 正确; 若摩擦力恰为零, 则物体 m 只受支持力与重力, 此时的加速

度为 $a = g \tan \theta$, 即 $a = g \tan \theta$ 时摩擦力不做功; 若 $a > g \tan \theta$, 则摩擦力沿斜面向下, 摩擦力做正功; 若 $a < g \tan \theta$, 则摩擦力沿斜面向上, 摩擦力做负功, B 错误, C、D 正确。



3. B 解析: 如果合外力不做功, 则合外力可能为零, 也可能与速度方向垂直 (如匀速圆周运动), 故物体不一定做匀速直线运动, A 错误; 功是标量, 合力做的功等于各分力做的功的代数和, 功的正、负表示外力对物体做正功或是物体克服外力做功, B 正确; 如果作用力做正功, 则反作用力可能做负功, 可能做正功, 也可能不做功, C 错误; 人托着一个物体沿水平方向匀速前进, 人对物体的支持力方向竖直向上, 与物体的位移方向垂直, 故人对物体不做功, D 错误。

4. A 解析: A 选项中, 拉力做功为 $W = Fs$; B 选项中, 拉力做功为 $W = F \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} Fs$; C 选项中, 拉力做功为 $W = F \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} Fs$; D 选项中, 拉力做功为 $W = F \cos 60^\circ = \frac{1}{2} Fs$, A 选项中拉力 F 做功最大, 故选 A。

5. C 解析: 棒对桌面的摩擦力和桌面对棒的摩擦力为作用力和反作用力, 大小相等, 方向相反, 从 A 运动到 B 的过程中, 棒受到的摩擦力大小为 f , 位移为 s , 摩擦力做的是负功, 所以桌面对棒的摩擦力做的功为 $-fs$, 桌面受到的摩擦力的大小也为 f , 但桌面没动, 位移是 0, 所以棒对桌面的摩擦力做的功为 0, C 正确, A、B、D 错误。

6. B 解析: 各秒内滑块的位移等于速度图线与横轴所围的“面积”, 由题图乙可知 $x_1 = \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$, $x_2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$, $x_3 = 1 \times 1 \text{ m} = 1 \text{ m}$, 结合题图甲, 可以求得 $W_1 = 1 \times 0.5 \text{ J} = 0.5 \text{ J}$, $W_2 = 3 \times 0.5 \text{ J} = 1.5 \text{ J}$, $W_3 = 2 \times 1 \text{ J} = 2 \text{ J}$, 故 B 正确, A、C、D 错误。

7. B 解析: 由题意知, 物块时刻处于平衡状态, 故所受合力为零, $W_{\text{合}} = 0$, 其所受摩擦力不做功, $W_f = 0$, 由 $W_N = W_f + W_G$ 可得 $W_N = 2 \text{ J}$, 故 B 正确, A、C、D 错误。

8. C 解析: 小方块依次进入粗糙区域, 摩擦力逐渐增大, 设小方块全部进入粗糙区域时的摩擦力为 f , 则

$f = \mu Mg$, 整个过程中的平均摩擦力 $\bar{f} = \frac{0+f}{2} = \frac{1}{2} \mu Mg$, 摩擦力对所有小方块做的功 $W = -\bar{f} \cdot l = -\frac{1}{2} \mu Mgl$, 做功的数值为 $\frac{1}{2} \mu Mgl$, 故 C 正确, A、B、D 错误。

9. (1) $-3\,000 \text{ J}$ (2) $-1\,000 \text{ J}$ (3) 0

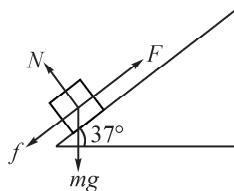
解析: 物体受力情况如图所示。

(1) $W_G = -mgL \sin \theta = -3\,000 \text{ J}$ 。

(2) $f = \mu N = \mu mg \cos \theta$, $W_f = -fL = -\mu mg \cos \theta \cdot L = -1\,000 \text{ J}$ 。

(3) 方法一: $W_F = FL = 4\,000 \text{ J}$, 合力做功 $W = W_F + W_G + W_f = 0$ 。

方法二: 物体做匀速运动, $F_{\text{合}} = 0$, 故合力做功 $W = 0$ 。



10. 20 J 解析: 木块刚要滑动时, 拉力的大小 $F = kx_1 = 200 \times 0.2 \text{ N} = 40 \text{ N}$, 从开始拉弹簧到木块刚滑动的过程, 拉力做的功 $W_1 = \frac{0+F}{2} x_1 = \frac{40}{2} \times 0.2 \text{ J} = 4 \text{ J}$, 木块缓慢移动的过程中, 拉力做的功 $W_2 = Fx_2 = 40 \times 0.4 \text{ J} = 16 \text{ J}$, 故拉力所做的总功 $W = W_1 + W_2 = 20 \text{ J}$ 。

小测试(十六) 功率

预习自评

1. (1) $\checkmark$ (2) $\times$ (3) $\times$ (4) $\times$

2. C 解析: 功率是描述力对物体做功快慢的物理量, 力对物体做功越快, 力的功率越大, A 错误, C 正确; 力对物体做功时间长, 未必做功慢, B 错误; 力对物体做功多, 未必做功快, D 错误。

针对训练

1. D 解析: 由功率公式 $P = \frac{W}{t}$ 可知, 在相同时间内, 做功多的机器, 功率一定大, 选项 A 无“相同时间”这一条件, 故 A 错误; 根据 $P = Fv$ 可知, 发动机功率一定时, 汽车的牵引力与速度成反比, 故 B 错误, D 正确; 公式 $P = \frac{W}{t}$ 求的是一段时间内的平均功率, 故 C 错误。

2. B 解析: 用同一水平拉力 F 先后两次拉同一物体, 物体的位移都是 s , 由 $W = Fs$ 可知 $W_1 = W_2$, 物体在粗糙水平面上前进时, 加速度较小, 由 $s = \frac{1}{2} at^2$

可知用时较长,再由 $P = \frac{W}{t}$ 可知 $P_1 > P_2$, B 正确.

3. B 解析:赛车上坡时要克服重力做功,因此需要较大的牵引力,由功率 $P = Fv$ 得牵引力为 $F = \frac{P}{v}$,增大发动机输出功率 P 的情况下,同时减小速度 v ,才能获得更大的牵引力 F ,因此应当将变速箱拨到低速挡,并加大油门,故 B 正确, A、C、D 错误.

4. D 解析:设斜面高度为 h ,斜面倾角为 θ , a 沿斜面下滑的时间为 t ,则有 $\frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2} g \sin \theta t^2$,解得 $t = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2h}{g}}$; b 、 c 从同一高度分别开始自由落体和平抛运动,根据 $h = \frac{1}{2} g t_1^2$ 解得 b 、 c 两球运动时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$,由此可知,三个小球运动的时间不相等,故 A 错误;三个小球的重力一样,下落的高度一样,根据 $W = mgh$ 可知,三个小球在运动过程中重力做的功相等,而重力做功平均功率为 $\bar{P} = \frac{W}{t}$,因运动时间不同,则三个小球从开始到落地的运动过程中重力做功的平均功率不相等,故 B 错误;因为 a 、 b 两球初速度为 0,由运动学公式可知, a 、 b 两球的落地时的速度大小相等,但速度的方向不同,所以它们落地时的速度不相同,故 C 错误;重力做功的瞬时功率公式为 $P = mgv_y$, b 、 c 从同一高度分别做自由落体和平抛运动,则 b 落地时的速度与 c 落地时的竖直分速度相同,则它们重力的瞬时功率相同,故 D 正确.

5. B 解析:由牛顿第二定律 $mg \sin 30^\circ = ma$,解得滑块的加速度大小为 $a = 5 \text{ m/s}^2$,则 A、B 间的距离 $x = \frac{1}{2} at^2 = 10 \text{ m}$,到达 B 点的速度大小为 $v = at = 10 \text{ m/s}$,故从 A 到 B 滑块重力的平均功率为 $\bar{P} = \frac{mgx \sin 30^\circ}{t} = 50 \text{ W}$,到达 B 点时重力的瞬时功率 $P = mgv \sin 30^\circ = 100 \text{ W}$,故 A 错误, B 正确;从 A 到 B 合外力的平均功率为 $\bar{P}' = \frac{ma \cdot x}{t} = 50 \text{ W}$,到 B 点时合外力的瞬时功率为 $P' = ma \cdot v = 100 \text{ W}$,故 C、D 错误.

6. BD 解析:由题图丙可知,第 1 s 内物体保持静止状态,在推力方向上没有位移,故推力做功为 0, A 错误;由题图乙、丙可知,第 3 s 内物体做匀速直线运动, $F = 2 \text{ N}$,故 $f = F = 2 \text{ N}$;由 $v-t$ 图像知,第 2 s 内物体的位移 $x = \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \text{ m} = 1 \text{ m}$,第 2 s 内物体克服摩擦力做的功 $W = fx = 2 \text{ J}$,故 B 正确;第 2 s

内推力 $F = 3 \text{ N}$, $t = 1.5 \text{ s}$ 时物体的速度 $v = 1 \text{ m/s}$,故推力 F 的功率 $P = Fv = 3 \text{ W}$,第 2 s 内推力 F 做的功 $W_F = Fx = 3 \times 1 \text{ J} = 3 \text{ J}$,故第 2 s 内推力 F 做功的平均功率 $\bar{P} = \frac{W_F}{t} = 3 \text{ W}$,故 C 错误, D 正确.

7. (1) 13.5 W (2) 30 W (3) -36 J

解析:由题图知, $0 \sim 3 \text{ m}$ 内,拉力的大小 $F_1 = \frac{30}{3} \text{ N} = 10 \text{ N}$, $3 \sim 9 \text{ m}$ 内,拉力的大小 $F_2 = \frac{54-30}{6} \text{ N} = 4 \text{ N}$,摩擦力大小为 $f = \mu mg = 0.1 \times 40 \text{ N} = 4 \text{ N}$,故物体先做匀加速运动后做匀速运动;
(1) $0 \sim 9 \text{ m}$ 内,拉力做功为 54 J,匀加速运动过程的加速度 $a = \frac{F_1 - f}{m} = 1.5 \text{ m/s}^2$,由 $x_1 = \frac{1}{2} at_1^2$ 得,匀加速运动过程的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2x_1}{a}} = 2 \text{ s}$,匀加速运动的末速度为 $v = at_1 = 3 \text{ m/s}$,匀速运动过程的时间 $t_2 = \frac{x_2}{v} = 2 \text{ s}$,则拉力的平均功率为 $P = \frac{W}{t_1 + t_2} = \frac{54 \text{ J}}{4 \text{ s}} = 13.5 \text{ W}$;
(2) 拉力的最大瞬时功率为 $P = F_1 v = 10 \times 3 \text{ W} = 30 \text{ W}$;
(3) 摩擦力做功为 $W_1 = -fs = -36 \text{ J}$.

专题卷(四) 机车启动问题

针对训练

1. B 解析:根据瞬时功率 $P = Fv$ 可知,大型汽车上坡时,司机一般都将变速挡换到低速挡位上,使汽车获得较大的牵引力;小型汽车加大油门,使汽车获得较大的功率,牵引力增大,更容易上坡, A、C 错误, B 正确;根据上述分析可知两种操作方式与节省燃料无关, D 错误.

2. BCD 解析:当牵引力等于阻力时,速度最大,此时 $F_{\text{阻}} = \frac{P}{v}$, A 错误, B 正确;根据 $F - F_{\text{阻}} = ma$ 且 $F = \frac{P}{v'}$, $F_{\text{阻}} = \frac{P}{v}$,可得 $a = \frac{\frac{P}{v'} - \frac{P}{v}}{m}$,则当 $v' = \frac{1}{3}v$ 时 $a = \frac{2P}{mv}$,当 $v' = \frac{1}{2}v$ 时 $a = \frac{P}{mv}$,故 C、D 正确.

3. C 解析: $P = fv$, $F - f = ma = \frac{3P}{v}$, $P = Fv'$,由以上三式解得 $v' = \frac{v}{4}$,故 C 正确, A、B、D 错误.

4. B 解析:匀加速提升重物时钢绳拉力最大,且等于匀加速运动结束时的拉力,由 $P = Fv$ 得 $F_m = \frac{P}{v_1}$,故 A 正确, B 错误;重物以最大速度为 v_2 匀速上升

时,则 $F=mg$,所以 $v_2=\frac{P}{F}=\frac{P}{mg}$,故 C 正确;重物做匀加速运动的加速度 $a=\frac{F_m-mg}{m}=\frac{P-mgv_1}{mv_1}$,则匀加速运动的时间为 $t=\frac{v_1}{a}=\frac{mv_1^2}{P-mgv_1}$,故 D 正确. 本题选不正确的,故选 B.

5. BCD 解析:轿车以恒定的牵引力 F 启动,由 $a=\frac{F-F_{\text{阻}}}{m}$ 得,轿车先做匀加速运动,由 $P=Fv$ 知,轿车的输出功率均匀增加,当功率达到额定功率时,牵引力逐渐减小,加速度逐渐减小,轿车做加速度逐渐减小的加速运动,当 $F=F_{\text{阻}}$ 时,速度达到最大,之后轿车做匀速运动,B、C、D 正确,A 错误.

6. ABD 解析:无论汽车以何种方式启动, $P_{\text{额}}=F_{\text{阻}}v_m$ 总成立,因此汽车的最大速度 $v_m=\frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}}=\frac{80\times 10^3}{4\times 10^3}\text{ m/s}=20\text{ m/s}$,A 正确;汽车以 2 m/s^2 的加速度匀加速启动,启动后第 2 s 末的速度为 $v=at=4\text{ m/s}$,汽车牵引力 $F=ma+F_{\text{阻}}=2\times 10^3\times 2\text{ N}+4\times 10^3\text{ N}=8\times 10^3\text{ N}$,此时功率为 $P=Fv=3.2\times 10^4\text{ W}=32\text{ kW}$,故 B 正确;当汽车的瞬时功率达到额定功率时,匀加速运动结束,此时有 $P_{\text{额}}=Fv_1$,则 $v_1=\frac{P_{\text{额}}}{F}=\frac{80\times 10^3}{8\times 10^3}\text{ m/s}=10\text{ m/s}$,所以匀加速时间 $t'=\frac{v_1}{a}=5\text{ s}$,故 C 错误;若汽车保持额定功率启动,则当其速度为 5 m/s 时,牵引力为 $F'=\frac{P_{\text{额}}}{v}$,加速度为 $a'=\frac{F'-F_{\text{阻}}}{m}=6\text{ m/s}^2$,故 D 正确.

7. BC 解析: $O\sim t_1$ 时间内,汽车做匀加速直线运动,在 t_1 时刻获得的速度 $v_1=at_1$,根据牛顿第二定律可知 $F-f=ma$,解得 $F=f+ma$,在 t_1 时刻达到额定功率,则有 $P=Fv_1$,联立解得 $a=4\text{ m/s}^2$, $F=6000\text{ N}$,故 A 错误;在前 2.5 s 内通过的位移为 $x=\frac{1}{2}at_1^2=\frac{1}{2}\times 4\times 2.5^2\text{ m}=12.5\text{ m}$,牵引力做功为 $W=Fx=7.5\times 10^4\text{ J}$,故 B 正确;在 2 s 时,汽车做匀加速直线运动,2 s 时的速度为 $v'=at=8\text{ m/s}$,故此时的功率为 $P'=Fv'=6000\times 8\text{ W}=4.8\times 10^4\text{ W}$,故 C 正确;汽车做匀加速直线运动时达到的最大速度 $v_1=\frac{P}{F}=10\text{ m/s}$,在以 20 m/s 的速度运动时,此时的牵引力为 $F'=\frac{P}{v}=\frac{60000}{20}\text{ N}=3000\text{ N}$,根据牛顿第二定律可知 $F'-f=ma'$,解得 $a'=1\text{ m/s}^2$,故 D 错误.

8. BD 解析:根据题目中牵引力和速度的图像以及功

率 $P=Fv$ 得,汽车运动中的最大功率为 F_1v_1 ,A 错误;汽车运动过程中先保持某一恒定加速度,后保持恒定的功率,所以速度为 v_2 时的功率是 F_1v_1 ,根据功率 $P=Fv$ 得,速度为 v_2 时的牵引力是 $\frac{F_1v_1}{v_2}$,

对汽车受力分析可知其受重力、支持力、牵引力和阻力,该车达到最大速度时加速度为零,所以此时阻力等于牵引力,则阻力 $f=\frac{F_1v_1}{v_3}$,根据牛顿第二

定律得 $\frac{F_1v_1}{v_2}-f=ma$,解得速度为 v_2 时加速度大

小 $a=\frac{F_1v_1}{mv_2}-\frac{F_1v_1}{mv_3}$,B 正确,C 错误;恒定加速度过程,根据牛顿第二定律, $F_1-f=ma'$,解得加速度 $a'=\frac{F_1}{m}-\frac{F_1v_1}{mv_3}$,D 正确.

9. B 解析:对物体进行受力分析,由牛顿第二定律得 $F-f=ma$,整理得 $\frac{1}{v}=\frac{m}{P}a+\frac{f}{P}$,则图像斜率为

$k=\frac{m}{P}=\frac{0.1}{3}\text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^3=\frac{1}{30}\text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^3$,所以 $m=1\text{ kg}$,

故 A 正确,B 错误;图像纵轴截距为 $\frac{f}{P}=0.1\text{ s/m}$,

所以 $f=3\text{ N}$,故 D 正确;由功率的计算公式可得,

当加速度为零时,最大速度为 $v_{\text{max}}=\frac{P}{f}=\frac{30}{3}\text{ m/s}=10\text{ m/s}$,故 C 正确. 本题选错误选项,故选 B.

10. (1) $1\times 10^4\text{ N}\cdot\text{s/m}$ (2) $2.25\times 10^6\text{ W}$ (3) $2.7\times 10^{10}\text{ J}$

解析:(1)根据牛顿第二定律得 $F-f=ma$,当 $a=0$,即 $F=f$ 时,速度最大,即 $v_m=30\text{ m/s}$,根据 $P=Fv$ 得 $P=F_1v_m=k v_m^2$,解得 $k=\frac{P}{v_m^2}=\frac{9\times 10^6}{30^2}\text{ N}\cdot\text{s/m}=1\times 10^4\text{ N}\cdot\text{s/m}$.

(2)根据题意,气垫船以 $v=15\text{ m/s}$ 匀速运动时,根据 $F=f$, $P=Fv$ 得 $P_{\text{实}}=F_1v_1=k v_1^2=1\times 10^4\times 15^2\text{ W}=2.25\times 10^6\text{ W}$.

(3)根据 $W=Pt$ 得 $W=Pt=9\times 10^6\times 50\times 60\text{ J}=2.7\times 10^{10}\text{ J}$.

11. (1) 12.5 m/s (2) 13.9 s (3) $1\times 10^6\text{ J}$

解析:(1)汽车在公路上匀速行驶,有 $F=kmg+mgsin\alpha=4800\text{ N}$,汽车所能达到的最大速度 $v_m=\frac{P}{F}=12.5\text{ m/s}$.

(2)汽车从静止开始,以 $a_1=0.6\text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速行驶,由牛顿第二定律有 $F'-kmg-mgsin\alpha=ma_1$,解得 $F'=ma_1+kmg+mgsin\alpha=7.2\times 10^3\text{ N}$,保持这一牵引力,汽车可达到匀加速

行驶的最大速度 v'_m , 有 $v'_m = \frac{P}{F'} = \frac{25}{3} \text{ m/s}$, 此过程

能维持的时间 $t = \frac{v'_m}{a_1} = \frac{125}{9} \text{ s} \approx 13.9 \text{ s}$.

(3) 汽车从静止开始, 以 $a_2 = 0.3 \text{ m/s}^2$ 的加速度匀加速行驶, 由牛顿第二定律有 $F'' - kmg - mg\sin\alpha = ma_2$, 解得 $F'' = ma_2 + kmg + mg\sin\alpha = 6 \times 10^3 \text{ N}$, 保持这一牵引力, 汽车可达到匀加速行驶的最大速度 v''_m , 有 $v''_m = \frac{P}{F''} = 10 \text{ m/s}$. 匀加速阶段汽车的位移 $x = \frac{v''_m^2}{2a_2} = \frac{500}{3} \text{ m}$, 汽车发动机做的功为 $W = F''x = 1 \times 10^6 \text{ J}$.

小测试(十七) 动能 动能定理(一)

预习自评

1. A 解析: 一定质量的物体, 动能变化, 则速度大小一定变化, 所以速度一定发生变化, 故 A 正确; 一定质量的物体, 速度变化, 有可能是速度方向改变, 大小不变, 如匀速圆周运动, 则动能不变, 故 B 错误; 一定质量的物体, 动能不变, 速度大小一定不变, 但是方向可以改变, 如匀速圆周运动, 所以速度有可能变化, 故 C 错误; 一定质量的物体, 速度不变, 也就是速度的大小和方向都不变, 则动能一定不变, 故 D 错误.
2. D 解析: 合力做的总功等于各个力单独做功的代数和, A 错误; 根据动能定理, 决定动能是否改变的是总功, 而不是某一个力做的功, B 错误; 动能定理既适用于直线运动, 也适用于曲线运动; 既适用于恒力做功的情况, 又适用于变力做功的情况, 故 C 错误, D 正确.

针对训练

1. C 解析: 物体做变速运动, 合外力一定不为零, 但是动能不一定变化, 例如做匀速圆周运动的物体, A 错误; 若合外力对物体做功为零, 但合外力不一定为零, 例如做匀速圆周运动的物体, B 错误; 根据动能定理可知, 物体的合外力做功, 它的速度大小一定发生变化, C 正确; 物体的动能不变, 所受的合外力不一定为零, 例如做匀速圆周运动的物体, D 错误.
2. C 解析: 物体受到重力和支持力的作用向上加速运动, 根据动能定理有 $W_N - mgH = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 故 C 正确, A、D 错误; 电梯竖直向上加速运动, $v_1 < v_2$, $W_{\text{合}} > 0$, 故 B 错误.
3. C 解析: 由动能定理得 $mgh + W_f = \frac{1}{2}mv^2$, 故 $W_f = \frac{1}{2}mv^2 - mgh = \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2 \text{ J} - 1 \times 10 \times 5 \text{ J} =$

-32 J , 则下滑过程中物体克服阻力做功 32 J , C 正确.

4. BC 解析: 由 $W = Fx\cos\alpha$ 可知, 力 F 对甲、乙两个物体做的功一样多, A 错误, B 正确; 根据动能定理, 对甲有 $Fs = E_{k1}$, 对乙有 $Fs - fs = E_{k2}$, 可知 $E_{k1} > E_{k2}$, 即甲物体获得的动能比乙的大, C 正确, D 错误.
5. B 解析: 小滑块由 $A \rightarrow D$ 的过程中, 设克服摩擦力做功为 W_{AD} , 由动能定理有 $mgh - W_{AD} = 0$, 即得 $W_{AD} = mgh$, 由功的计算公式有 $W_{AD} = \mu mgl + \frac{\mu mgh}{\tan\theta}$; 小滑块由 $D \rightarrow A$ 的过程中, 动能变化量为零, 设克服摩擦力做功为 W_{DA} , 由动能定理有 $W_F - mgh - W_{DA} = 0$, 又因为 $W_{DA} = W_{AD}$. 联立得 $W_F = 2mgh = 2W_{AD} = 2\left(\mu mgl + \frac{\mu mgh}{\tan\theta}\right)$, 故 B 正确, A、C、D 错误.
6. B 解析: 物块即将滑动时, 由牛顿第二定律有 $\mu mg = m\frac{v^2}{R}$; 物块从开始转动至恰好相对转台滑动过程由动能定理得 $W_f = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $W_f = \frac{1}{2}\mu mgR$, 故 B 正确, A、C、D 错误.
7. A 解析: 由 A 到 C 的过程运用动能定理可得: $-mgh + W = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 所以 $W = mgh - \frac{1}{2}mv^2$, 故 A 正确, B、C、D 错误.
8. B 解析: 根据动能定理可知 $F_{\text{合}}\Delta h = \Delta E_k$, 解得 $E_k - h$ 图像的斜率大小 $k = F_{\text{合}}$, 上升过程中有 $mg + F_{\text{阻}} = \frac{\Delta E_{k1}}{\Delta h} = \frac{72-36}{3-0} \text{ N} = 12 \text{ N}$, 下落过程中有 $mg - F_{\text{阻}} = \frac{\Delta E_{k2}}{\Delta h} = \frac{48-24}{3-0} \text{ N} = 8 \text{ N}$, 联立解得 $F_{\text{阻}} = 2 \text{ N}$, 故 B 正确, A、C、D 错误.
9. C 解析: 质点滑到轨道最低点 N 时, 对轨道压力为 $4mg$, 利用牛顿第三定律可知, 轨道对质点的支持力为 $4mg$, 在最低点, 由牛顿第二定律得, $4mg - mg = m\frac{v^2}{R}$, 解得质点滑到最低点的速度 $v = \sqrt{3gR}$. 研究质点从开始下落到滑到最低点的过程, 设此过程摩擦力做功为 W , 由动能定理得 $2mgR - W = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $W = \frac{1}{2}mgR$. 质点由最低点继续上滑的过程, 相比于在 PN 段, 质点速度较小, 受到的支持力较小, 克服摩擦力做功较小, 质点到达 Q 点时, 克服重力做功 mgR , 克服摩擦力做功 W' 要小于 $W = \frac{1}{2}mgR$, 由此可知, 质点到达 Q 点

后,可继续上升一段距离,C正确,A、B、D错误。

10. (1) 50.00 (2) $F_s = \frac{1}{2} M \left(\frac{d}{\Delta t_2} \right)^2 - \frac{1}{2} M \left(\frac{d}{\Delta t_1} \right)^2$

(3) 否 解析: (1) 由题图可知, 刻度尺的分度值为 1 mm, 两光电门中心之间的距离 $s = 70.30 \text{ cm} - 20.30 \text{ cm} = 50.00 \text{ cm}$. (2) 短时间内的平均速度近似等于瞬时速度, 滑块经过两光电门时的速度分别为 $v_1 = \frac{d}{\Delta t_1}$, $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2}$, 对滑块(含挡光条)运用动能定理得 $F_s = \frac{1}{2} M v_2^2 - \frac{1}{2} M v_1^2$, 即 $F_s = \frac{1}{2} M \left(\frac{d}{\Delta t_2} \right)^2 - \frac{1}{2} M \left(\frac{d}{\Delta t_1} \right)^2$. (3) 滑块受到的拉力可以由拉力传感器测出, 则实验不需要满足砝码盘和砝码的总质量远小于滑块、挡光条和传感器的总质量。

小测试(十八) 动能 动能定理(二)

预习自评

1. C 解析: $F-x$ 图像中图线与横轴所围面积表示功, 横轴上方为正功, 下方为负功, $x=8 \text{ m}$ 时, 可得 $W=8 \text{ J}$; 由动能定理有 $W = \frac{1}{2} m v^2$, 代入数值解得 $v=4\sqrt{2} \text{ m/s}$, 故 C 正确, A、B、D 错误。

2. AB 解析: 第一过程速度增量为 $\Delta v_1 = v$, 动能增量为 $\Delta E_{k1} = \frac{1}{2} m v^2$, 合力做功 $W_1 = \Delta E_{k1} = \frac{1}{2} m v^2$; 第二过程速度增量 $\Delta v_2 = 2v - v = v$, 动能增量 $\Delta E_{k2} = \frac{1}{2} m \cdot (2v)^2 - \frac{1}{2} m v^2 = \frac{3}{2} m v^2 = 3\Delta E_{k1}$, 合力做功 $W_2 = \Delta E_{k2} = \frac{3}{2} m v^2 = 3W_1$, 故 A、B 正确, C、D 错误。

针对训练

1. C 解析: 在最低点, 根据牛顿第三定律可知, 轨道对小球的支持力 $N=2mg$, 根据牛顿第二定律可得 $N-mg=m\frac{v^2}{R}$, 从 P 点到最低点 Q 的过程, 由动能定理可得 $mgR-W_f=\frac{1}{2}mv^2$, 联立可得克服摩擦力做的功 $W_f=\frac{1}{2}mgR$, 故 C 正确, A、B、D 错误。

2. D 解析: 在最低点有 $N'_1-mg=m\frac{v_1^2}{R}$, 在最高点有 $N'_2+mg=m\frac{v_2^2}{R}$. 由牛顿第三定律有 $N'_1=N_1$, $N'_2=N_2$, 小球在由最低点到最高点的运动过程中由动能定理得 $-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $N_1-N_2=6mg$, D 正确, A、B、C 错误。

3. CD 解析: 小球在最低点时, 重力与拉力的合力提供向心力, 所以小球受到的拉力一定大于重力, 则小球处于超重状态, 故 A 错误; 设小球在最高点的速度为 v_1 , 最低点的速度为 v_2 , 由动能定理得 $mg(2l) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 小球经过最高点 P 时有 $mg+F_1 = \frac{mv_1^2}{l}$, 小球经过最低点 Q 时有 $F_2-mg = \frac{mv_2^2}{l}$, 联立解得 $F_2-F_1=6mg$, 则 P、Q 两点绳对小球的拉力差与小球的初速度无关, B 错误; 当小球恰好经过最高点 P 速度取最小值时, 只受重力, 重力提供向心力有 $mg = \frac{mv_3^2}{l}$, 解得 $v_3 = \sqrt{gl}$, 小球以初速度 $v_0 = \sqrt{6gl}$ 向上运动到最高点的过程, 由动能定理得 $-mg \times 2l = \frac{1}{2}mv_4^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 得 $v_4 = \sqrt{2gl} > \sqrt{gl} = v_3$, 所以当 $v_0 > \sqrt{6gl}$ 时, 小球一定能够通过最高点, 故 C 正确; 若 $v_0 < \sqrt{gl}$, 设小球能够上升的最大高度为 h , 由动能定理得 $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2 < \frac{1}{2}mgl$, 所以 $h < \frac{l}{2}$, 小球上升的最高点尚且达不到与 O 点等高的高度, 绳的拉力与重力背离圆心方向分力的合力始终提供向心力, 所以轻绳始终处于绷紧状态, 故 D 正确。

4. ACD 解析: 由图像可知, 物体运动的总位移为 10 m, 根据动能定理得, $-fx = 0 - E_{k0}$, 解得 $f = \frac{E_{k0}}{x} = \frac{100}{10} \text{ N} = 10 \text{ N}$, 故 A、D 正确; 根据牛顿第二定律得物体运动的加速度大小 $a = \frac{f}{m} = \frac{10}{2} \text{ m/s}^2 = 5 \text{ m/s}^2$, 故 B 错误; 根据 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2$ 得 $v_0 = \sqrt{\frac{2E_{k0}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 100}{2}} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$, 故 C 正确。

5. BC 解析: 全过程初、末状态的动能都为零, 对全过程应用动能定理得 $W_1-W_2=0$, 即 $W_1=W_2$, C 正确, D 错误; 设汽车在 0~1 s 内和 1~4 s 内运动的位移大小分别为 x_1 、 x_2 , 则 $W_1=Fx_1$, $W_2=f(x_1+x_2)$, 在 $v-t$ 图像中, 图线与时间轴所围的面积表示位移, 由图像可知, $x_2=3x_1$, 联立解得 $F:f=4:1$, A 错误, B 正确。

6. B 解析: 物块位移从 0~ $2x_0$ 的过程中, 由动能定理得 $F \cdot 2x_0 - f \cdot 2x_0 = E_{k0} - 0$, 从 $2x_0 \sim 3x_0$ 的过程中, 由动能定理得 $-fx_0 = 0 - E_{k0}$, 联立可解得水平拉力 F 的大小和物块与水平地面之间的摩擦力 f 的大小, 由于物块的质量未知, 则无法确定物块与水平地面之间的动摩擦因数; 设物块运动过程中

的最大速度为 $v_{\max}$, 则有 $2x_0 = \frac{v_{\max}}{2} t_1$, $x_0 = \frac{v_{\max}}{2} t_2$, 联立可求得物块加速运动和减速运动的时间之比; 由 A 项分析可解得 $F = \frac{3}{2}f$, 则物块加速运动和减

速运动的加速度大小之比 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{\frac{F-f}{m}}{\frac{f}{m}} = \frac{1}{2}$. 本题选

不能确定的物理量, 故选 B.

7. C 解析: 设 A、B 两物体所受摩擦力大小分别为 f_1 和 f_2 , 撤去水平恒力后, A 的加速度大小为 $a_1 = \frac{v_0}{2t_0}$, B 的加速度大小为 $a_2 = \frac{v_0}{t_0}$, 根据牛顿第二定律可知, 对 A 有 $f_1 = 2ma_1 = \frac{mv_0}{t_0}$, 对 B 有 $f_2 = ma_2 = \frac{mv_0}{2t_0}$, 所以有 $f_1 = f_2$, 对两物体运动的全过程, 由动能定理有 $F_1 \frac{v_0 t_0}{2} - f_1 \frac{3v_0 t_0}{2} = 0$, $F_2 \frac{2v_0 t_0}{2} - f_2 \frac{3v_0 t_0}{2} = 0$, 解得 $F_1 : F_2 = 2 : 1$, 故 A 错误, C 正确; F_1 和 F_2 对 A、B 做功之比为 $W_1 : W_2 = (F_1 \frac{v_0 t_0}{2}) : (F_2 \frac{v_0 \cdot 2t_0}{2}) = 1 : 1$, 故 B 错误; 对两物体运动的全过程, 根据动能定理知, 摩擦力对 A、B 做的功等于水平恒力做的功, 则全过程中摩擦力对 A、B 做功之比为 $1 : 1$, 故 D 错误.

8. B 解析: 汽车受到的阻力大小 $f = 0.1mg = 0.1 \times 2 \times 10^3 \times 10 \text{ N} = 2 \times 10^3 \text{ N}$, 汽车在前 4 s 内做加速度 $a = 1 \text{ m/s}^2$ 的匀加速直线运动, 根据牛顿第二定律得 $F - f = ma$, 则 $F = f + ma = (2 \times 10^3 + 2 \times 10^3 \times 1) \text{ N} = 4 \times 10^3 \text{ N}$, 匀加速运动的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 4^2 = 8 \text{ m}$, 因此匀加速过程牵引力做功为 $W_1 = Fx_1 = 4 \times 10^3 \times 8 \text{ J} = 3.2 \times 10^4 \text{ J}$, 匀加速运动的末速度 $v = at_1 = 1 \times 4 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$, 所以汽车的额定功率 $P = Fv = 4 \times 10^3 \times 4 \text{ W} = 1.6 \times 10^4 \text{ W} = 16 \text{ kW}$, 汽车的功率达到额定功率后开始保持额定功率继续做变加速运动, 此过程牵引力做功 $W_2 = Pt_2 = 1.6 \times 10^4 \times 10 \text{ J} = 1.6 \times 10^5 \text{ J}$, 故加速过程汽车牵引力做功为 $W = W_1 + W_2 = 3.2 \times 10^4 \text{ J} + 1.6 \times 10^5 \text{ J} = 1.92 \times 10^5 \text{ J}$, 故 A、C 错误; 汽车做匀加速直线运动时牵引力不变, 达到额定功率后, 由 $P = Fv$ 知随着速度的增大, 牵引力逐渐减小, 加速度逐渐减小, 当加速度减至零时牵引力等于阻力, 牵引力不再变化, 所以汽车做匀加速运动时牵引力最大, 故汽车启动过程中牵引力最大为 $4 \times 10^3 \text{ N}$, 故 B 正确; 设汽车做变加速运动的位移为 x_2 , 最大速度为 v_m . 当牵引力等于阻力时, 汽车达到最大速

度, 则 $P = fv_m$, 故 $v_m = \frac{P}{f} = \frac{1.6 \times 10^4}{2 \times 10^3} \text{ m/s} = 8 \text{ m/s}$, 汽车做变加速运动的过程, 由动能定理得 $W_2 - fx_2 = \frac{1}{2}mv_m^2 - \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $x_2 = 56 \text{ m}$, 因此汽车启动过程的位移 $x = x_1 + x_2 = 8 \text{ m} + 56 \text{ m} = 64 \text{ m}$, 故 D 错误.

9. BC 解析: 重力对小球做功为 $mg(H+h)$, 小球重力势能减少了 $mg(H+h)$, A 错误, B 正确; 由动能定理知, 合力对小球所做的总功为零, C 正确; 全过程中, 由动能定理得 $mg(H+h) - fh = 0$, 解得小球在沙坑中受到的平均阻力为 $f = mg(\frac{H}{h} + 1)$, D 错误.

10. (1) 1080 N (2) $\frac{4(2+\sqrt{5})}{5} \text{ m}$ (3) 1.2 m

解析: (1) 人从开始到最低点过程, 由动能定理得 $mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2}mv^2$, 代入数值解得 $v = 4 \text{ m/s}$.

在最低点由牛顿第二定律得 $F' - mg = m\frac{v^2}{l}$, 由牛顿第三定律知, 人对绳的拉力 $F = F'$, 解得 $F = 1080 \text{ N}$.

(2) 选手松手后做平抛运动, $H - l = \frac{1}{2}gt^2$, $x = vt$, 解得 $x = \frac{4\sqrt{5}}{5} \text{ m}$, $x_{\text{总}} = l \sin \alpha + x = \frac{4(2+\sqrt{5})}{5} \text{ m}$.

(3) 对整个过程由动能定理得 $mg(H - l \cos \alpha + d) - (f_1 + f_2)d = 0$, 则 $d = \frac{mg(H - l \cos \alpha)}{f_1 + f_2 - mg}$, 解得 $d = 1.2 \text{ m}$.

小测试(十九) 势能

预习自评

1. AB 解析: 重力势能的变化只跟物体所处的初、末位置有关, 与物体实际经过的路径无关, 故 A 正确; 重力做功, 物体重力势能变化, 重力势能的变化只跟重力做功有关, 和其他力做功多少无关, 故 B 正确; 重力势能是标量, 只有大小, 没有方向, 重力势能的正负不表示方向, 与零势能面的选取有关, 故 C 错误; 重力势能的减少量等于重力对物体做的功, 故 D 错误.
2. B 解析: 发生弹性形变的物体具有弹性势能, 故 B 正确, A、C、D 错误.

针对训练

1. A 解析: 重力势能是地球和物体共同具有的, 而不是物体单独具有的, A 正确; 重力势能的大小与零势能面的选择有关, B 错误; 重力势能是相对量, 零势能面是人为选取的, 重力势能等于零的物体, 仍

然可能对别的物体做功, C 错误; 如果取地面以上某水平面为零势能面, 即使在地面上方的物体, 它的重力势能也可能小于零, D 错误。

2. C 解析: 重力势能具有相对性, 某个物体处于某个位置, 相对于不同的零势能面具有不同的重力势能, 故 A 错误; 重力势能 $E_p = mgh$, h 为相对零势能面的高度差, 即重力势能的大小与质量和高度两个因素有关, 如果在参考平面下方, 距离越大则越向下, 重力势能越小, 故 B 错误; 重力势能可以为负, 一个物体的重力势能从 -5 J 变化到 -3 J , 说明物体克服重力做功, 重力势能增加, 故 C 正确; 在地面上的物体, 若所选的零势能面为地面, 其重力势能等于零, 若所选的零势能面不是地面, 其重力势能不等于零, 故 D 错误。

3. D 解析: 重力做功与物体的运动路径无关, 只与物体初末位置的高度差有关, 不论是光滑路径还是粗糙路径, 也不论是直线运动还是曲线运动, 物体克服重力做多少功(重力做多少负功), 它的重力势能必增加多少, 故 D 正确, A、B、C 错误。

4. D 解析: 重力做功与路径无关, 根据两点间的高度差即可求得重力做的功, 因 A、B 两点间的高度差为 H , 则重力做功 $W = mgH$, D 正确, A、B、C 错误。

5. BD 解析: 李同学步行从一楼走楼梯回十楼, 位移方向与重力方向相反, 所以重力做负功, 当李同学受到楼梯的支持力时, 支持力的作用点并没有发生位移, 故楼梯的支持力不做功, 故 A 错误, B 正确; 重力做负功, 重力势能增加 $\Delta E_p = -W = mgh = 50 \times 10 \times 3 \times (10 - 1) \text{ J} = 1.35 \times 10^4 \text{ J}$, 故 C 错误, D 正确。

6. B 解析: 若以桌面为参考平面, 小球落地时的重力势能为 $E_p = -mgh = -5 \text{ J}$, 整个下落过程中重力势能的变化 $\Delta E_p = mg(H + h) = 1 \times 10 \times (1.5 + 0.5) \text{ J} = 20 \text{ J}$, 即重力势能减少 20 J , 故 B 正确, A、C、D 错误。

7. ACD 解析: 因物体的加速度为 $\frac{4}{5}g$, 由牛顿第二定律可知, $mg - f = ma$, 解得空气阻力 $f = \frac{1}{5}mg$ 。

重力做功 $W_G = mgh$, 阻力做功 $W_f = -\frac{1}{5}mgh$, A、D 正确, B 错误; 重力做功与重力势能变化的关系为 $W_G = -\Delta E_p$, 重力做正功 mgh , 故重力势能减小 mgh , C 正确。

8. BD 解析: 对于同一弹簧, 其弹性势能的大小取决于它的形变量, 将物体由 A 推到 B 和将物体由 A 推到 B 再推到 C 最后再回到 B 的弹簧形变量相同, 故有 $W_1 = W_2$, 而且均是外界对弹簧做正功, 故弹簧弹性势能均增加, A、C 错误, B、D 正确。

9. A 解析: 在小明将蹦蹦杆中的弹簧向下压缩的过程中, 重力做正功, 则小明的重力势能减少。弹簧的形变量增大, 其弹性势能增大, 故 A 正确, B、C、D 错误。

10. C 解析: 当弹簧的伸长量由 3.0 cm 变到 6.0 cm 的过程中, 弹簧的弹力做负功, 根据 $F-x$ 图线与 x 轴所围面积即弹簧弹力所做的功, 得 $W = -F\Delta l = \frac{10+20}{2} \times 0.03 \text{ J} = -0.45 \text{ J}$, 所以弹簧的弹性势能增加了 0.45 J , 故 C 正确, A、B、D 错误。

11. (1) 拉力 F 所做的功 (2) $\frac{1}{2}kx^2$ 解析: (1) 根据 $W = Fx$ 可知, 直角三角形 PQO 的面积表示的物理意义是拉力 F 所做的功。 (2) 由题图乙可知拉力做功为 $W = \frac{1}{2}Fx = \frac{1}{2}kx^2$, 可知在弹性限度内, 当其形变量大小为 x 时, 弹簧的弹性势能的表达式为 $E_p = W = \frac{1}{2}kx^2$ 。

12. (1) $-\frac{1}{8}mgL(1 + \sin \theta)$ $-\frac{1}{2}mgL$
(2) $\frac{1}{8}mgL(3 - \sin \theta)$ 解析: (1) 开始时, 左边一半链条的重力势能为 $E_{p1} = -\frac{m}{2}g \cdot \frac{L}{4} \sin \theta = -\frac{1}{8}mgL \sin \theta$ 。右边一半链条的重力势能为 $E_{p2} = -\frac{m}{2}g \cdot \frac{L}{4} = -\frac{1}{8}mgL \sin \theta$ 。左、右两部分总的重力势能为 $E_p = E_{p1} + E_{p2} = -\frac{1}{8}mgL(1 + \sin \theta)$ 。最后链条从右侧刚好全部滑出时, 重力势能 $E'_p = -\frac{1}{2}mgL$ 。(2) 重力势能减少了 $\Delta E_{p\text{减}} = E_p - E'_p = \frac{1}{8}mgL(3 - \sin \theta)$ 。

小测试(二十) 机械能守恒定律(一)

预习自评

1. B 解析: 汽车在平直路面上加速行驶, 说明汽车的牵引力在对汽车做功, 所以汽车的机械能不守恒, 故 A 错误; 做自由落体运动的物体只受重力的作用, 所以小球的机械能守恒, 故 B 正确; 降落伞在空中匀速下落, 说明重力和空气的阻力大小相等, 阻力做了负功, 所以机械能不守恒, 故 C 错误; 木块沿斜面匀速下滑, 说明此时的木块要受到沿斜面的摩擦力的作用, 且对木块做了负功, 所以其机械能不守恒, 故 D 错误。

2. B 解析: 由 A 到 C 的过程运用机械能守恒定律得 $mgh + E_p = \frac{1}{2}mv^2$, 所以 $E_p = \frac{1}{2}mv^2 - mgh$, 故 B

正确,A、C、D错误。

针对训练

1. B 解析:做匀速直线运动的物体,若除重力做功以外,还有其他力做功,则机械能不守恒,如降落伞匀速下降,有阻力做功,机械能减小,故 A 错误;合力对物体所做的功不为零,可能仅受重力,只有重力做功,则机械能守恒,比如自由落体运动,故 B 正确;合力对物体所做的功等于零时,根据动能定理可知,动能不变,但重力势能可能变化,故机械能不一定守恒,C 错误;对于竖直放置的弹簧振子,受重力和弹力作用,机械能守恒,故 D 错误。
2. C 解析:在 A、B 两图中,木块受三个力作用,即重力、支持力和推力,因有外力 F 做功,故木块机械能不守恒;在 D 图中,因有摩擦力对木块做功,机械能也不守恒,在 C 图中只有重力对木块做功,机械能守恒,故 C 正确,A、B、D 错误。
3. CD 解析:甲图中在物体 A 压缩弹簧的过程中,弹簧和物体 A 组成的系统,只有重力和弹力做功,系统机械能守恒,对于 A,由于弹簧的弹性势能在增加,则 A 的机械能减小,故 A 错误;乙图中物块 B 沿 A 下滑的过程中,A 要向后退,A、B 组成的系统,只有重力势能和动能的转化,机械能守恒,由于 A 的机械能增大,所以 B 的机械能在减小,不守恒,故 B 错误;丙图中对 A、B 组成的系统,不计空气阻力,只有重力做功,A、B 组成的系统机械能守恒,故 C 正确;丁图中小球在做圆锥摆匀速运动的过程中,重力势能和动能都不变,机械能守恒,故 D 正确。
4. B 解析:物体总的机械能为 mgH ,设当高度为 h 时,其动能是重力势能的一半,即动能为 $\frac{1}{2}mgh$,由机械能守恒定律可得 $mgh + \frac{1}{2}mgh = mgH$,则 $h = \frac{2}{3}H$,故 B 正确,A、C、D 错误。
5. A 解析:小球离开平台后做平抛运动,由 $h = \frac{1}{2}gt^2$ 和 $v_y = gt$ 得 $v_y = \sqrt{30}$ m/s;落地时, $\tan 60^\circ = \frac{v_y}{v_0}$,可得 $v_0 = \frac{v_y}{\tan 60^\circ} = \sqrt{10}$ m/s;由弹簧与小球组成的系统机械能守恒得 $E_p = \frac{mv_0^2}{2}$,可求得 $E_p = 10$ J,故 A 正确,B、C、D 错误。
6. AC 解析:设小球经过最低点时的速度大小为 v ,轻绳长为 l ,小球质量为 m ,重力加速度为 g ,根据机械能守恒定律有 $mg l = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $v = \sqrt{2gl}$,因为 $l_A > l_B$,所以两球经最低点时 A 球的速度大于 B 球的速度,故 A 正确;小球经过最低点时的向心加速度大小为 $a = \frac{v^2}{l} = 2g$,所以两球经最低点时 A 球的向心加速度等于 B 球的向心加速度,故 B 错误;由题意可知 A、B 两球初始时机械能相等,且运动到最低点的过程中绳的拉力不做功,机械能守恒,所以两球经最低点时的机械能相等,故 C 正确;设经过最低点时绳对小球的拉力大小为 F ,则根据牛顿第二定律有 $F - mg = m\frac{v^2}{l}$,解得 $F = 3mg$,根据牛顿第三定律可知小球对绳的拉力大小为 $F' = F = 3mg$,所以经过最低点时 A 球对绳的拉力等于 B 球对绳的拉力,故 D 错误。
7. AC 解析:小球接触弹簧后,先向下做加速度减小的加速运动,当弹簧的弹力与重力相等时,速度最大,然后做加速度逐渐增大的减速运动,到达最低点时,弹力最大,弹性势能最大,可知 t_2 时刻小球到达最低点,弹力最大,弹性势能最大,重力势能最小,A 正确,D 错误;根据对称性可知 t_3 时刻小球离开弹簧做竖直上抛运动, t_4 时刻小球落回到弹簧上,则 $h = \frac{1}{2}g\left(\frac{t_4 - t_3}{2}\right)^2$,B 错误; $t_1 \sim t_3$ 这段时间内,弹簧的弹力先增大后减小,知弹性势能先增大后减小,C 正确。
8. A 解析:取水平桌面所在的平面为零势能面,甲的重力势能的变化量 $\Delta E_{p甲} = -2mg \times \frac{L}{2} - (-mg \times \frac{L}{4}) = -\frac{3}{4}mgL$,即甲的重力势能减少了 $\frac{3}{4}mgL$,故重力对甲做功 $W_{甲} = \frac{3}{4}mgL$;乙的重力势能的变化量 $\Delta E_{p乙} = -mgL - (-mg \times \frac{L}{2}) = -\frac{1}{2}mgL$,即乙的重力势能减少了 $\frac{1}{2}mgL$,故重力对乙做功 $W_{乙} = \frac{1}{2}mgL$,即甲的重力做的功大于乙的重力做的功,甲、乙重力势能的减少量不相等,故 A 正确,B、C、D 错误。
9. B 解析:由于 $\cos \angle AOE = \frac{OE}{R} = \frac{1}{2}$,故 $\angle AOE = 60^\circ$, $\angle BOC = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$, $h_{BC} = R - R\cos 30^\circ = (2 - \sqrt{3})m$, $h_{AB} = h_{AC} - h_{BC} = (\sqrt{3} - 1)m$,根据机械能守恒定律得 $mgh_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2$,所以 $v_B = \sqrt{2gh_{AB}} = 2\sqrt{5(\sqrt{3} - 1)}$ m/s,A 错误,B 正确;小球离开 B 点后做斜上抛运动,C 错误;小球到达最高点时,具有水平方向的速度,由机械能守恒定律知,小球离开 B 点后到达最高点时的高度低于 A、D 点的高度,D 错误。

10. (1) $\sqrt{7}$ m/s (2)0.5 m (3)6 J

解析: (1) 小球进入管口 C 端时, 它与圆管上管壁有大小为 $N = 2.5mg$ 的相互作用力, 故小球的向心力为 $F_{\text{向}} = 2.5mg + mg = 3.5mg = 3.5 \times 1 \times 10 \text{ N} = 35 \text{ N}$, 在 C 点, 由牛顿第二定律得 $F_{\text{向}} = m \frac{v_C^2}{r}$, 代入数据得 $v_C = \sqrt{7} \text{ m/s}$.

(2) 小球从 A 点运动到 C 点过程, 由动能定理得 $mgh - \mu mgs = \frac{1}{2}mv_C^2$, 解得 B、C 间距离 $s = 0.5 \text{ m}$.

(3) 由机械能守恒定律有 $mg(r + x_0) + \frac{1}{2}mv_C^2 = E_{\text{km}} + E_p$, 得 $E_{\text{km}} = mg(r + x_0) + \frac{1}{2}mv_C^2 - E_p = (3 + 3.5 - 0.5) \text{ J} = 6 \text{ J}$.

小测试(二十一) 机械能守恒定律(二)

预习自评

1. C **解析:** 设 A、B 的质量分别为 $2m$ 、 m , 当 A 落到地面时, B 恰好运动到与圆柱轴心等高处, 以 A、B 整体为研究对象, 由机械能守恒有 $2mgR - mgR = \frac{1}{2}(2m + m)v^2$, 当 A 落地后, B 球以速度 v 竖直上抛, 到达最高点时上升的高度为 $h' = \frac{v^2}{2g}$, 故 B 上升的最大高度为 $R + h' = \frac{4}{3}R$, C 正确, A、B、D 错误.

2. BC **解析:** 刚开始下滑时 B 的速度为零, 重力对 B 做功的功率为零, B 在圆弧轨道最低点时, 重力与速度方向垂直, 重力对 B 做功的功率为零, 故下滑过程中重力对 B 做功的功率不可能一直增大, A 错误; A、B 和轻杆作为系统, 在运动过程中系统机械能守恒, 根据机械能守恒定律得 $mgR = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2$, 解得 B 滑到圆弧轨道最低点时的速度为 $v = \sqrt{gR}$, B 正确; 设整个过程中轻杆对 A 做的功为 W , 对 A 根据动能定理得 $W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mgR$, C 正确; A、B 和轻杆组成的系统机械能守恒, A 的机械能增加, 则 B 的机械能减少, D 错误.

针对训练

1. B **解析:** A、B 组成的系统机械能守恒, 设物体 A 的动能与其势能相等时, 物体 A 距地面的高度是 h , A 的速度是 v , 则有 $m_Agh = \frac{1}{2}m_Av^2$, 可得 $v^2 = 2gh$, 从开始到距地面的高度为 h 的过程中, 系统减少的重力势能 $\Delta E_p = m_{AG}(H - h) = 2m_Bg(H - h)$, 系统增加的动能 $\Delta E_k = \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2 =$

$\frac{1}{2}(3m_B) \cdot 2gh = 3m_Bgh$, 由 $\Delta E_p = \Delta E_k$ 得 $h = \frac{2}{5}H$, 故 B 正确, A、C、D 错误.

2. D **解析:** 剪断 B 与 C 之间的细绳, 开始一段时间内 B 上升, 绳的拉力对 B 做正功, 故 B 的机械能先增加, A 错误; 剪断 B 与 C 之间的细绳, 当 A、B 的加速度为零时 A 的动能最大, 再压缩弹簧, A 的动能又随之减小, B 错误; 剪断轻弹簧, A、B、C 组成的系统机械能守恒, 故 B 与 C 的机械能减少量等于 A 的机械能增加量, 系统的重力势能减少量等于系统动能增加量, C 错误, D 正确.

3. BC **解析:** 当 A 球到达最低点时, 对 A、B 组成的系统由机械能守恒定律得 $(2mg - mg) \cdot \frac{L}{2} =$

$\frac{1}{2}(2m + m)v^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{gL}{3}}$, 即此时 A、B 两球的

速度均为 $\sqrt{\frac{gL}{3}}$, 则 A 错误, B 正确; 当 A 球到达最

低点时, 对 A 球由动能定理得 $2mg \cdot \frac{L}{2} + W =$

$\frac{1}{2} \cdot 2mv^2$, 解得 $W = -\frac{2}{3}mgL$, 则 C 正确; 摆动过程

中, A、B 组成的系统的机械能守恒, A 球机械能不守恒, D 错误.

4. D **解析:** 根据几何关系有, 环从 A 下滑至 B 点时, 下降的高度为 d , 则重物上升的高度为 $h = \sqrt{2}d - d = (\sqrt{2} - 1)d$, 故 A 错误; 环到达 B 处时, 将环的速度沿绳子方向和垂直于绳子方向分解, 在沿绳子方向上的分速度等于重物的速度, 有 $v_{\text{环}} \cos 45^\circ = v_{\text{物}}$, 所以有 $v_{\text{环}} = \sqrt{2}v_{\text{物}}$, 故 B 错误; 环下滑过程中无摩擦力做功, 故系统机械能守恒, 即环减少的机械能等于重物增加的机械能, 故 C 错误; 设环下滑的最大高度为 H , 此时环和重物的速度均为 0, 此时重物上升的最大高度为 $\sqrt{H^2 + d^2} - d$, 根据系统的机械能守恒有 $mgH = 2mg(\sqrt{H^2 + d^2} - d)$, 解得 $H = \frac{4d}{3}$, 故 D 正确.

5. D **解析:** 在 B 球顺时针摆动到最低位置的过程中, 两球的动能都增大, A 球的重力势能也增大, 所以 A 球的机械能增大, 杆对 A 球要做功, 所以 A 球和地球组成的系统机械能不守恒, 以 A、B 两球组成的系统为研究对象, 由于只有重力做功, 所以系统的机械能守恒, 则 B 球的机械能减少, 故 A、B 错误; 设 B 球摆动到最低位置时的速度大小为 v , 则 A 球摆动到最高位置时的速度大小也为 v , 对于 A 球和 B 球组成的系统, 由动能定理, 有 $2mg \cdot R -$

$mg \cdot R = \frac{1}{2} \cdot 3mv^2 - 0$, 解得 $v = \sqrt{\frac{2}{3}gR}$, 则 A 的机械能增加量 $\Delta E_A = mgR + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{4}{3}mgR$, 故 C 错误; B 的动能增加量 $\Delta E_{kB} = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2 = \frac{2}{3}mgR$, 故 D 正确.

6. BC 解析: 以弹簧为研究对象, 小球运动过程中, 弹簧的形变量先变小到原长, 后变大, 所以弹簧的弹性势能 E_{p1} 先减小后增大, 再以弹簧和小球组成的系统为研究对象, 只有重力、弹力做功, 所以系统的机械能守恒, 则弹簧的弹性势能 E_{p1} 、小球的动能 E_k 和重力势能 E_{p2} 之和保持不变, 即 $E_k + E_{p1} + E_{p2} = \text{恒量}$, 由于 E_{p1} 先减小后增大, 故小球的动能与重力势能之和先增大后减小, A 错误, B 正确; 由于 E_{p2} 一直减小, 所以 E_k 与 E_{p1} 之和一直增大, C 正确; 由题意知, 小球的速度先增大后减小, 即 E_k 先增大后减小, 所以 E_{p1} 与 E_{p2} 之和先减小后增大, D 错误.

7. ACD 解析: a 下落通过杆推动 b 运动, 对 a 、 b 组成的系统, 杆对 a 、 b 的一对内力做功总和为零, 系统机械能不损失, a 、 b 整体机械能守恒, 故 A 正确; a 运动到最低点时, b 的速度为零, 根据系统机械能守恒得 $mgh = \frac{1}{2}mv_a^2$, 解得 $v_a = \sqrt{2gh}$, 故 B 错误; 在整个过程中, b 的速度先增大后减小, 所以杆对 b 的作用力先是动力后是阻力, 杆对 a 的作用力先是阻力后是动力, 力的大小先减小后增大, 故 C 正确; a 、 b 整体的机械能守恒, 当 a 的机械能最小时, b 的速度最大, 此时 b 受到杆的推力为零, b 只受到重力的作用, 所以 b 对地面的压力大小为 mg , 故 D 正确.

8. (1) $\sqrt{gR}$ $2mg$ (2) $\frac{\sqrt{3}-1}{2}mgR - \frac{1}{2}mv_2^2$

解析: (1) 当 $\theta = 60^\circ$ 时, 小圆环恰好运动到导轨最低点 C_1 , 由几何关系可得细绳的伸长量为 $\Delta l = 0$, 即弹性细绳恰好恢复到原长, 小圆环下落高度为 $H_1 = R - R\cos 60^\circ = \frac{1}{2}R$, 由机械能守恒定律得 $mgH_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$, 得 $v_1 = \sqrt{gR}$. 由牛顿第二定律可得 $N - mg = m\frac{v_1^2}{R}$, 解得 $N = 2mg$.

(2) 当 $\theta = 90^\circ$ 时, 小圆环运动到导轨 C_2 点, 此时弹性细绳处于伸长状态. 此过程小圆环下落的高度为 $H_2 = \sqrt{2}R\sin 15^\circ = R\cos 30^\circ - R\sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}-1}{2}R$. 取小圆环初始释放位置为重力势能零势面, 由机械能

守恒得 $0 = \frac{1}{2}mv_2^2 + (-mgH_2) + E_{\text{弹}}$, 得 $E_{\text{弹}} = \frac{\sqrt{3}-1}{2}mgR - \frac{1}{2}mv_2^2$.

小测试(二十二) 实验:验证机械能守恒定律

预习自评

1. CD 解析: 在“验证机械能守恒定律”的实验中, 阻力与重力相比越小, 实验中的误差就越小, 所以选择下落的重物时应既要足够重, 又要体积足够小, 即密度要大些, 而且还应便于夹紧纸带, 故 C、D 正确, A、B 错误.

2. AB 解析: 本实验的原理是利用重物的自由落体运动来验证机械能守恒定律, 因此打点计时器打第一个点时, 重物运动的速度应为零, A 正确; h_n 与 v_n 分别表示打第 n 个点时重物下落的高度和对应的瞬时速度, B 正确; 本实验中, 不需要测量重物的质量, 因为公式 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 的两边都有 m , 故只要 $gh = \frac{1}{2}v^2$ 成立, $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ 就成立, 机械能守恒定律也就被验证了, C 错误; 实验中应用公式 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$ 来计算 v_n , D 错误.

针对训练

1. (1) AD (2) 同一竖直线上 接通电源 释放纸带 (3) A (4) BC 解析: (1) 毫米刻度尺可以测量纸带上两点间的距离, 故 A 正确; 打点计时器就是计时仪器, 不需要秒表, 故 B 错误; 电磁打点计时器需选用低压交流电源, 故 C 错误, D 正确. (2) 安装打点计时器时, 要求两个限位孔必须在同一竖直线上, 以减小纸带跟计时器的摩擦; 开始打点时, 应先接通电源, 再释放纸带. (3) 重锤选用质量和密度较大的金属锤, 可以减小空气阻力对实验的影响, 故 A 正确; 实验中只要验证 $gh = \frac{1}{2}v^2$ 即可, 不需要测量出重锤的质量, 故 B 错误; 用手托稳重锤时, 上方的纸带会弯曲, 从而增大与打点计时器间的阻力, 会增大误差, 故 C 错误; 利用公式 $v = \sqrt{2gh}$ 来求解瞬时速度的话, 就默认了机械能守恒, 失去验证的意义, 并不能减小误差, 故 D 错误. (4) AD 和 EG 不是相邻相等时间的位移, 不能求出打某个点时重锤的速度, 故不能验证机械能守恒, 故 A 错误; 测出 OC 的长度, 就可以求出打 C 点时重锤的速度, 可以验证机械能守恒, 故 B 正确; 测出 BD 的长度, 可以求出打 C 点时重锤的速度, 测出 EG 的长度, 可以求出打 F 点时重锤的速度, 测出 CF 可以求出重锤

从C到F重力势能的减少量,可以验证机械能守恒,故C正确;根据上述分析,测出AC、BD和EG的长度,不能验证机械能守恒,故D错误.

2. (1) 0.96 -0.47m -0.01m (2) 空气阻力或纸带与限位孔间的摩擦 **解析:** (1) 打“5”点时重物的速度等于4~6段的平均速度,则有 $v_5 = \frac{x_{46}}{2T} = \frac{69.1-30.7}{2 \times 0.02} \times 10^{-3} \text{ m/s} = 0.96 \text{ m/s}$. 取刚下落时重物所在位置为零势能面,可得出打“5”点时重物的重力势能为 $E_p = -mgh_5 = -m \times 9.8 \times 48.0 \times 10^{-3} \text{ J} = -0.47m \text{ J}$, 此时重物的机械能为 $E_5 = E_{k5} + E_{p5} = \frac{1}{2} \times m \times 0.96^2 \text{ J} - 0.47m \text{ J} \approx -0.01m \text{ J}$. (2) 发现 $E_6 < E_5$, 造成该误差的主要因素是空气阻力或纸带与限位孔间的摩擦.

3. (1) AC (2) 0.58 0.59 在误差允许的范围内系统的机械能守恒 (3) 9.7 **解析:** (1) 打点计时器使用交流电源,故A错误;为充分利用纸带,实验时应先接通电源再释放物体B,故B正确;为减小测量误差,应选择距离较远的两个计数点进行研究,故C错误;根据测量的结果,分别计算系统减少的重力势能和增加的动能,故D正确;本题选择操作不当的步骤,故选A、C. (2) 每相邻两计数点间还有4个点未画出,计数点间的时间间隔 $t = 5T = 5 \times 0.02 \text{ s} = 0.1 \text{ s}$, 做匀变速直线运动的物体在某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度,在纸带上打下计数点5时的速度 $v = \frac{x_{46}}{2t} = \frac{(21.60+26.40) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 2.4 \text{ m/s}$; 在打0~5

点的过程中系统动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2 = \frac{1}{2} \times (0.050 + 0.150) \times 2.4^2 \text{ J} \approx 0.58 \text{ J}$; 系统重力势能的减少量 $\Delta E_p = (m_2 - m_1) g x_{05} = (0.150 - 0.050) \times 9.8 \times (38.40 + 21.60) \times 10^{-2} \text{ J} \approx 0.59 \text{ J}$; 在误差允许范围内,系统重力势能的减少量等于动能的增加量,由此可得在误差允许的范围内系统的机械能守恒. (3) 系统机械能守恒,由机械能守恒定律得 $(m_2 - m_1) g' h = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$, 整理得 $\frac{1}{2} v^2 = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g' h$, $\frac{1}{2} v^2 - h$ 图像的斜率 $k = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g' = \frac{5.82}{1.20} \text{ m/s}^2$, 则 $g' = \frac{4.85(m_1 + m_2)}{m_2 - m_1}$, 代入数据解得 $g' = 9.7 \text{ m/s}^2$.

4. (1) $\frac{1}{2} m \left(\frac{D^2}{t_2^2} - \frac{D^2}{t_1^2} \right) mgh$ (2) < **解析:** (1) 小钢

珠通过光电门1的速度为 $v_1 = \frac{D}{t_1}$, 小钢珠通过光电门2的速度为 $v_2 = \frac{D}{t_2}$, 小钢珠从光电门1运动到

光电门2的过程中动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{1}{2} m \left(\frac{D^2}{t_2^2} - \frac{D^2}{t_1^2} \right)$; 小钢珠从光电门1运动到光电门2的过程中重力势能的减少量 $\Delta E_p = mgh$. (2) 实际操作中由于空气阻力的影响,重力势能的减少量大于动能的增加量,则 $\Delta E_k < \Delta E_p$.

5. (1) $mgh \frac{(F_m - mg)L}{2}$ (2) 空气阻力做负功,导致

机械能有损失 (3) 较大 **解析:** (1) 小球第一次摆动至最低点的过程,重心下降了 h , 则重力势能的减少量为 $\Delta E_p = mgh$, 小球第一次摆动至最低点,初速度为零,最低点速度为 v_m , 由牛顿第二定律有

$$F_m - mg = m \frac{v_m^2}{L}, \text{ 解得 } \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{(F_m - mg)L}{2}, \text{ 所以}$$

$$\text{动能的增加量为 } \Delta E_k = \frac{1}{2} m v_m^2 - 0 = \frac{(F_m - mg)L}{2};$$

(2) 根据 $F-t$ 图像可知小球做周期性的摆动每次经过最低点时拉力最大,而最大拉力逐渐变小,说明经过最低点的最大速度逐渐变小,主要原因是空气阻力做负功,导致机械能有损失; (3) 为了减小因空气阻力带来的误差,应选择密度较大、体积较小的球进行实验,这样可以减少实验的相对误差.

专题卷(五) 功能关系 能量守恒定律

针对训练

1. D **解析:** 小球在平抛运动过程中只有重力做功,小球的机械能守恒,A错误,D正确;重力做正功,由动能定理可知小球动能增大,B、C错误.
2. D **解析:** 重力做正功,重力势能减小,重力做功30 J,物体重力势能减小30 J,故A、B错误;只有重力做功,物体的机械能不变,故C错误;重力为物体所受的合力,根据动能定理,重力做功30 J,物体动能增加了30 J,故D正确.
3. AD **解析:** 小球由 $b \rightarrow c$ 运动过程中,对于小球和弹簧组成的系统,由于只有重力和弹簧的弹力做功,所以系统总机械能守恒,A正确;小球不断下降,重力势能不断减小,B错误;小球从 b 到 c 过程,先加速后减速,故动能先变大后变小,动能最大的位置在 b 、 c 之间的某点,C错误;小球从 b 到 c 过程中,重力势能、动能、弹性势能相互转化,机械能总量守恒,故动能和重力势能的减少量等于弹性势能的增加量,即小球动能的减少量小于弹簧弹性势能的增加量,故D正确.

4. B 解析:物体上升到某一点的过程中,重力、空气阻力均做负功,根据动能定理有 $W_{\text{合}} = \Delta E_k = -50 \text{ J}$,空气阻力做功对应着机械能的变化,则有 $W_f = \Delta E = -10 \text{ J}$,可得 $W_{\text{合}} = 5W_f$;物体的初动能为 $E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \text{ J} = 100 \text{ J}$,在物体从A点到最高点的过程中,物体的动能减小了100 J,由动能定理可得,合力做的功 $W_{\text{合上}} = -100 \text{ J}$,由于空气阻力大小恒定,所以空气阻力做功为 $W_{f\text{上}} = \frac{1}{5}W_{\text{合上}} = -20 \text{ J}$,由功能关系知,物体的机械能损失了20 J,所以下落过程物体的机械能也损失了20 J,则该物体再落回A点时的动能为 $100 \text{ J} - 2 \times 20 \text{ J} = 60 \text{ J}$,故A、C、D错误,B正确。

5. AD 解析:物体在传送带上的划痕长等于物体在传送带上的相对位移,物体达到速度 v 所需的时间 $t = \frac{v}{\mu g}$,在这段时间内物体的位移 $x_1 = \frac{v^2}{2\mu g}$,传送带的位移 $x_2 = vt = \frac{v^2}{\mu g}$,则物体相对传送带的位移 $x = x_2 - x_1 = \frac{v^2}{2\mu g}$,故A正确;电动机多做的功转化成了物体的动能和摩擦产生的内能,物体在这个过程中获得的动能是 $\frac{1}{2}mv^2$,由于滑动摩擦力做功,相对位移 $x = \frac{v^2}{2\mu g}$,则产生的热量 $Q = \mu mg \times \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{1}{2}mv^2$,传送带克服摩擦力做的功即电动机多做的功,为 mv^2 ,故B、C错误;电动机增加的功率即克服摩擦力做功的功率,为 $fv = \mu mgv$,故D正确。

6. AB 解析:在 $0 \sim x_1$ 过程中,物体机械能在减小,可知力 F 在做负功,力 F 方向沿斜面向上,所以物体的位移方向沿斜面向下,即物体在沿斜面向下运动;根据功能关系有 $\Delta E = F \cdot \Delta x$,得 $F = \frac{\Delta E}{\Delta x}$,可知 $E-x$ 图线的斜率表示力 F ,在 $0 \sim x_1$ 过程中图线的斜率的绝对值逐渐减小到零,可知力 F 逐渐减小到零,故A正确;在 $0 \sim x_1$ 过程中,物体沿斜面向下运动,而 F 沿斜面向上并逐渐减小到零,则物体的加速度向下且逐渐增大,物体做加速运动,物体的动能一直在增大,故B正确;由 $E-x$ 图线的斜率表示力 F 知,在 $x_1 \sim x_2$ 过程中,力 $F=0$,物体机械能守恒,向下运动,重力势能减小,则动能增大,物体的速度在增大,故C错误;在 $x_2 \sim x_3$ 的过程中,机械能继续减小,力 F 做负功,力 F 方向沿斜面向上, $E-x$ 图像的斜率恒定,故力 F 为恒力,由于不知道力 F 与重力分力 $mg \sin \theta$ 的大小关系,故物体可能做匀速直线运动、匀减速直线运动或匀加速直线运

动,故D错误。

7. CD 解析:由于小物块从A到B做匀速圆周运动,由动能定理可知,合力对小物块做功为0,A正确;小物块经过P点时,重力的瞬时功率 $P = mgv_0 \cos 45^\circ = 1 \times 10 \times \sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ W} = 10 \text{ W}$,B正确;由能量守恒定律可知,小物块在AP段产生的热量为 $Q_1 = mgR \cos 45^\circ = 10 \times 5 \times \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ J} = 25\sqrt{2} \text{ J}$,小物块在PB段产生的热量为 $Q_2 = mgR(1 - \cos 45^\circ) = 10 \times 5 \times \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \text{ J} = 25(2 - \sqrt{2}) \text{ J}$,C错误;小物块经过B点时,有 $N - mg = m \frac{v_0^2}{R}$,解得圆弧轨道对小物块的支持力大小为 $N = 10.4 \text{ N}$,根据牛顿第三定律,小物块对圆弧轨道的压力大小为 $N' = N = 10.4 \text{ N}$,D错误。

8. CD 解析:对于P、Q组成的系统,由于弹簧对Q要做功,所以系统的机械能不守恒.但对P、Q、弹簧组成的系统,只有重力和弹簧弹力做功,系统的机械能守恒,故A错误;根据P、Q沿轻杆方向的分速度相等得 $v_P \cos \alpha = v_Q \cos(90^\circ - \alpha)$,当 $\alpha = 45^\circ$ 时,可得 $v_P = v_Q$,故B错误;当P运动到最低点时,速度为0,Q的速度也为0,根据系统机械能守恒可得弹性势能的最大值为 $E_p = 2mgL(\cos 30^\circ - \cos 60^\circ) = (\sqrt{3} - 1)mgL$,故C正确;P下降过程中动能达到最大前,P加速下降,对P、Q整体,在竖直方向上根据牛顿第二定律有 $3mg - N = 3ma$,P达到最大动能时, $a=0$,可得 $N=3mg$,故D正确。

9. D 解析:物块在斜面上做匀加速直线运动,设加速度为 a_0 ,到达B点速度为 v ,则有 $x = \frac{v}{2}t_0$,解得 $v = \frac{2x}{t_0} = \frac{2 \times 4}{2} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$,则加速度为 $a_0 = \frac{v}{t_0} = \frac{4}{2} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,根据牛顿第二定律可得 $mg \sin 37^\circ - \mu_0 mg \cos 37^\circ = ma_0$,解得小物块与斜面AB间的动摩擦因数 $\mu_0 = 0.5$,故B正确;滑上传送带后,物块在传送带上先做匀加速直线运动,设加速度为 a ,根据牛顿第二定律 $\mu mg = ma$,解得 $a = \mu g = 0.2 \times 10 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$,小物块达到与传送带速度相等时经过的位移为 x' ,根据速度—位移关系 $v_{\text{带}}^2 - v^2 = 2ax'$,代入数据解得 $x' = 5 \text{ m} < 8 \text{ m}$,之后小物块匀速运动,匀加速运动的时间 $t_1 = \frac{v_{\text{带}} - v}{a} = \frac{6 - 4}{2} \text{ s} = 1 \text{ s}$,匀速运动的时间 $t_2 = \frac{L - x'}{v_{\text{带}}} = \frac{8 - 5}{6} \text{ s} = 0.5 \text{ s}$,所以小物块在传送带B、C之间的运动时间

为 $t = t_1 + t_2 = 1 \text{ s} + 0.5 \text{ s} = 1.5 \text{ s}$, 故 A 正确; 小物块与传送带发生相对滑动的过程中相对位移 $\Delta x = v_{\text{带}} t_1 - x'_1 = (6 \times 1 - 5) \text{ m} = 1 \text{ m}$, 产生的热量 $Q = \mu mg \Delta x = 0.2 \times 1 \times 10 \times 1 \text{ J} = 2 \text{ J}$, 故 C 正确; 物块滑上传送带后, 传动系统因此而多消耗的电能 $E = Q + \left(\frac{1}{2} m v_{\text{带}}^2 - \frac{1}{2} m v^2 \right)$, 代入数据解得 $E = 12 \text{ J}$, 故 D 错误。

10. BD **解析:** 弹簧处于自然长度时物块位于 O 点, 将物块从 O 点拉至 A 点, 撤去拉力后物块由静止向上运动, 当弹簧对物块沿斜面向上的弹力等于物块重力沿斜面的分力和滑动摩擦力之和时, 合力为零, 物块的动能最大, 由此可知, 物块经过 A、O 之间某一位置时, 物块的动能最大, 物块动能最大的位置与 AO 的距离无关, A 错误, B 正确; 由功能关系知, 物块从 A 向 O 运动过程中, 弹性势能的减少量等于动能与重力势能的增加量与物块克服摩擦力做功产生的热量之和, C 错误; 物块从 O 向 B 运动过程中, 动能的减少量等于物块增加的重力势能、弹簧增加的弹性势能和克服摩擦力做功产生的热量之和, 故物块动能的减少量大于弹簧弹性势能的增加量, D 正确。

11. (1) 8 m/s (2) $4\sqrt{5} \text{ m/s}$ (3) 216 N

解析: 猴子先做平抛运动, 后做圆周运动, 两运动过程机械能均守恒。

(1) 设猴子从 A 点水平跳离时速度最小值为 $v_{\min}$, 根据平抛运动规律, 有 $h_1 = \frac{1}{2} g t^2$, $x_1 = v_{\min} t$. 联立解得 $v_{\min} = 8 \text{ m/s}$.

(2) 猴子抓住青藤后的运动过程中机械能守恒, 设荡起时速度为 v_C , 有 $(M+m)gh_2 = \frac{1}{2}(M+m)v_C^2$, 解得 $v_C = \sqrt{2gh_2} = \sqrt{80} \text{ m/s} = 4\sqrt{5} \text{ m/s}$.

(3) 设青藤对猴子的拉力为 T , 青藤长度为 L , 在最低点, 由牛顿第二定律得 $T - (M+m)g = \frac{(M+m)v_C^2}{L}$, 由几何关系有 $(L-h_2)^2 + x_2^2 = L^2$, 故 $L = 10 \text{ m}$, 联立上式并代入数据得 $T = 216 \text{ N}$.

12. (1) 5 m/s (2) 10 N 方向竖直向下 (3) 123 J

解析: (1) 物块从 B 到 C 斜上抛可逆向视为从 C 到 B 的平抛运动, 竖直分速度 $v_y = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 0.45} \text{ m/s} = 3 \text{ m/s}$, 则 $v_B = \frac{v_y}{\sin 37^\circ} = \frac{3}{0.6} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$;

(2) 小物块经过 C 点时速度 $v_C = \frac{v_y}{\tan 37^\circ} = \frac{3}{0.75} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$, 在 C 点处, 设管道对小物块的

弹力为 F , 方向向下, 由牛顿第二定律得 $F + mg = m \frac{v_C^2}{R}$, 代入数据解得 $F = 10 \text{ N}$, 方向竖直向下;

(3) 从 C 点到物块被弹簧反弹刚好回到 D 点, 由动能定理得 $mg \cdot 2R - \mu mg \cdot 2s = 0 - \frac{1}{2} m v_C^2$, 解得 $\mu = \frac{7}{8}$, 物块在传送带上运动时, 由牛顿第二定律得 $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma$, 代入数据解得 $a = 1 \text{ m/s}^2$, $x = \frac{v_{\text{传}}^2}{2a} = \frac{5^2}{2 \times 1} \text{ m} = 12.5 \text{ m} < 17.5 \text{ m}$, 故物块在传送带上先匀加速运动后匀速运动, 匀加速的时间为 $t = \frac{v_{\text{传}}}{a} = \frac{5}{1} \text{ s} = 5 \text{ s}$, 传送带多消耗的电能等于传送带克服摩擦力做的功 $\Delta E_{\text{电}} = \mu mg \cos \theta v_{\text{传}} t + mg \sin \theta (L_{AB} - x)$, 代入数据解得 $\Delta E_{\text{电}} = 123 \text{ J}$.

小测试(二十三) 经典力学的成就与局限性 相对论时空观简介 宇宙的起源和演化

预习自评

- ACD **解析:** 经典力学把天体的运动与地上物体的运动统一起来, 是人类认识史上的一次重大飞跃, 对后来的理论有重要影响, 故 A、D 正确; 时间的相对性是相对论的观点, 故 B 错误; 航天器的发射与运行是牛顿力学规律的应用范例, 故 C 正确。
- AB **解析:** 相对论时空观中, 在不同的惯性参考系中, 一切物理规律都是相同的, A 正确; 在一切惯性参考系中, 光在真空中的速度都等于 c , 与光源的运动无关, B 正确; 相对论时空观中, 时间和空间具有相对性, 故 C、D 错误。

针对训练

- B **解析:** 经典力学并不等于牛顿运动定律, 牛顿运动定律只是经典力学的基础; 经典力学并非万能, 也有其适用范围, 它并不能解决自然界中所有的问题, 没有哪个理论可以解决自然界中所有的问题, 故 B 正确, A、C、D 错误。
- A **解析:** 牛顿力学属于经典力学, 它只适用于低速、宏观物体的运动以及引力不太强时的情况, 故 A 正确, B、C、D 错误。
- D **解析:** 前三个选项说的都属于“宏观世界”, 但都很片面, 没有全面描述, 本题应选 D。
- BC **解析:** 首先必须知道, 牛顿力学解决低速宏观问题, 高速问题应由相对论理论解决, 微观问题应由量子力学解决。相对论并没有否定牛顿力学, 而是认为牛顿力学是相对论理论在一定条件下的特殊情况, 故 A、D 错误, B、C 正确。

5. B 解析:爱因斯坦对相对论提出的两条基本假设为:(1)在不同的惯性参考系中,一切物理规律的形式都是相同的;(2)真空中的光速在不同的惯性参考系中大小都是相同的.其他内容均建立在这两点的基础之上,故 B 正确,A、C、D 错误.
6. A 解析:牛顿力学完全适用于宏观低速运动的物体,A 正确;牛顿力学取得了巨大的成就,但它也有一定的局限性,并不是普遍适用的,B 错误;在微观高速情况下,要用量子力学和相对论来解释,但是并不会因为相对论和量子力学的出现,就否定了牛顿力学,牛顿力学在其适用范围内仍然是正确的,故不会过时也不会失去应用价值,故 C、D 错误.
7. AC 解析:经典力学适用于宏观、低速物体的运动,“墨子号”绕地球的运动属于宏观、低速的运动,而对于高速运动的光子,经典力学已经不再适用,故 A 正确,B 错误;量子力学和经典力学的适用范围不同,各自在自己的范围内是有价值的,量子力学可以描述光子的运动规律,故 C 正确,D 错误.
8. C 解析:列车上观察者以列车为参考系,观察到的是由 B 发出后经 A、C 反射的光,由于列车在这段时间内靠近 C 而远离 A,所以 C 的反射光先到达列车上的观察者,即铁塔 C 先被照亮,C 正确,A、B、D 错误.
9. C 解析:甲时钟放在地面上,在地面上的人看来,甲时钟没有变化;乙、丙两时钟放在两个火箭上,根据爱因斯坦相对论可知,乙、丙时钟变慢,由于 $v_{\text{乙}} < v_{\text{丙}}$,丙时钟比乙时钟走得更慢,所以甲时钟走得最快,丙时钟走得最慢,C 正确,A、B、D 错误.

10. A 解析:根据狭义相对论可知,飞船相对该考生以 $0.3c$ 的速度匀速飞过,飞船上的观察者认为该考生考完这场考试所用的时间 $t = \frac{t_0}{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} >$

t_0 ,可知飞船上的观察者认为该考生考完这场考试所用的时间大于 100 分钟,A 正确,B、C、D 错误.

11. D 解析:由公式 $l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ 可知,在运动方向上,人的宽度要减小,在垂直于运动方向上,人的高度不变,故 D 正确,A、B、C 错误.

12. C 解析:火箭上的人与火箭相对静止,他测得的数值应为 $L_2 = 30 \text{ m}$,而观察者的测量值为 $L_1 = L_2 \sqrt{1 - \left(\frac{0.6c}{c}\right)^2} = 30 \times 0.8 \text{ m} = 24 \text{ m}$,故 C 正确,A、B、D 错误.

13. (1) $2.87 \times 10^8 \text{ s}$ (2) $1.28 \times 10^7 \text{ s}$

解析:(1)由于题中恒星与地球的距离 s 和宇宙飞船的速度 v 均是地球上的观察者测量的,故飞船往返一次,地球时钟所测时间间隔 $\Delta t = \frac{2s}{v} = 2.87 \times 10^8 \text{ s}$.

(2)从相对论的时间延缓效应考虑.把飞船离开地球和回到地球视为两个事件,显然飞船上的时钟测出两事件的时间间隔 $\Delta t'$ 是固定的,地球上所测的时间间隔 Δt 与 $\Delta t'$ 之间满足时间延缓效应的关系式.以飞船上的时钟计算,飞船往返一次的时间间隔为 $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = 1.28 \times 10^7 \text{ s}$.