

## 第一章 抛体运动

### 1 认识曲线运动

#### 问题式预习

##### 知识点一

1.运动轨迹 2.切线方向 3.变化 变速

##### [判一判]

(1)× (2)× (3)√ (4)×

##### 知识点二

1.合外力 2.加速度

##### [科学思维]

(1)直线 (2)曲线

##### [做一做]

D 解析:钢球在运动过程中速度方向发生了变化,速度是变化的,A 错误;钢球在轨道中的速度发生变化,所以加速度不为零,B 错误;钢球做曲线运动,所受合外力不为零,C 错误;从 A 点飞出时,钢球的速度方向一定沿着 A 点的切线方向,D 正确。

#### 任务型课堂

##### 任务一

##### 【探究活动】

提示:(1)物体经过 A、B、C、D 点时的速度方向沿曲线在相应点的切线方向。

(2)因速度方向时刻在变化,故物体的运动为变速运动。

##### 【评价活动】

1.B 2.A 3.CD 4.C

5.AD 解析:做曲线运动的物体的速度方向在不断改变,所以曲线运动是变速运动,但变速运动不一定是曲线运动,如匀变速直线运动,故 A 项正确,B 项错误;做曲线运动的物体受到的合力可能恒定不变,加速度可能恒定不变,因此曲线运动可能是匀变速运动,C 项错误,D 项正确。

##### 任务二

##### 【探究活动】

提示:(1)离开桌面前小球做匀速直线运动,离开桌面后小球做曲线运动。

(2)在桌面上运动时,小球受到重力和桌面的支持力,受力平衡;离开桌面后,小球只受到竖直向下的重力,并且重力的方向与小球的运动方向不在同一条直线上。

#### 【评价活动】

1.A 2.C 3.A 4.BCD

5.C 解析:根据曲线运动的速度方向沿轨迹上的切线方向,加速度指向轨迹弯曲的内侧可知,该物资在 P 位置时只受重力,速度方向为②,加速度方向为③,选项 A、B、D 错误,C 正确。

## 2 运动的合成与分解

#### 问题式预习

##### 知识点一

1.矢量 平行四边形定则 2.等效替代 3.几何运算

##### [科学思维]

提示:作用效果相同,两种情况下力的作用效果均是把同一桶水提起来,能够等效替代。

##### [判一判]

(1)√ (2)×

##### 知识点二

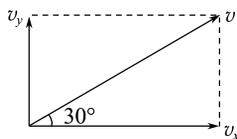
1.垂直 平行 合 2.(1)合 (2)分 3.平行四边形 4.(1)分 合 (2)合 分

##### [科学思维]

(1)竖直 水平 (2)等时性 (3)相互独立 (4)平行四边形定则

##### [做一做]

解析:把速度  $v=300$  km/h 按水平方向和竖直方向分解,如图所示:



可得  $v_x = v \cos 30^\circ \approx 260$  km/h

$v_y = v \sin 30^\circ = 150$  km/h

飞机在水平方向和竖直方向的分速度分别为 260 km/h 和 150 km/h。

答案:260 km/h 150 km/h

#### 任务型课堂

##### 任务一

1.BC 2.BD 3.B

4.B 解析:由题图可知,在  $0 \sim 3$  s 物体在  $x$  轴方向做匀速直线运动,在  $y$  轴方向做初速度为零的匀加速直线运动,物体的合运动是曲线运动,物体的加速度恒定不变,故物

体做匀加速曲线运动,选项 A、D 错误;在 3~4 s 物体在  $x$  轴与  $y$  轴方向均做匀减速直线运动,且加速度分别为  $a_x = -3 \text{ m/s}^2, a_y = -4 \text{ m/s}^2$ ,可得合速度与  $x$  轴夹角  $\theta$  的正切值  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{3}{4}$ ,合加速度与  $x$  轴夹角  $\beta$  的正切

值  $\tan \beta = \frac{a_y}{a_x} = \frac{3}{4}$ ,合加速度的方向与合速度方向在同一条直线上,物体做直线运动,选项 B 正确,C 错误。

5.C 解析:根据题意可知,物块沿斜面向上做匀减速直线运动,设初速度为  $v_0$ ,加速度大小为  $a$ ,斜面倾角为  $\theta$ ,物块在水平方向上做匀减速直线运动,初速度为  $v_{0x} = v_0 \cos \theta$ ,加速度大小为  $a_x = a \cos \theta$ ,则有  $v_x^2 - v_{0x}^2 = -2a_x x$ ,整理可得  $v_x = \sqrt{(v_0 \cos \theta)^2 - 2a \cos \theta \cdot x}$ ,可知,  $v_x-x$  图像为近似抛物线的一部分,故 A、B 错误;物块在竖直方向上做匀减速直线运动,速度为  $v_{0y} = v_0 \sin \theta$ ,加速度大小为  $a_y = a \sin \theta$ ,则有  $v_y^2 - v_{0y}^2 = -2a_y y$ ,整理可得  $v_y = \sqrt{(v_0 \sin \theta)^2 - 2a \sin \theta \cdot y}$ ,可知,  $v_y-y$  图像为近似抛物线的一部分,故 C 正确,D 错误。

## 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)不会,因为在货船渡河时,也会随水流向下游方向运动,若船头正对河岸,无法到达正对岸。

(2)货船将参与垂直于河岸和平行于河岸两个方向的运动;为了保证能够到达正对岸,可以让船头偏向上游适当的角度,使货船的合运动方向刚好垂直于河岸。

### 【评价活动】

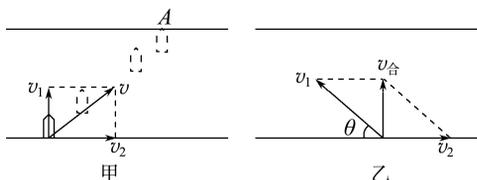
1.BD 2.D 3.B 4.CD

5.解析:(1)当船头垂直于河岸航行时,渡河时间最短,渡河过程如图甲所示,渡河的最短时间

$$t_{\min} = \frac{d}{v_1} = \frac{100}{4} \text{ s} = 25 \text{ s}$$

设船渡过河时到达正对岸的下游 A 处,其顺水漂流的位移为  $x = v_2 t_{\min} = 3 \times 25 \text{ m} = 75 \text{ m}$

船的实际位移大小为  $l = \sqrt{d^2 + x^2} = \sqrt{100^2 + 75^2} \text{ m} = 125 \text{ m}$ 。



(2)由于  $v_1 > v_2$ ,故船的合速度与河岸垂直时,船的航行距离最短,等于河宽。此时船速  $v_1$  的方向(船头的指向)斜向河岸上游,设与河岸成  $\theta$  角,如图乙所示,则

$$\cos \theta = \frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{4}$$

$$\text{所以 } \theta = \arccos \frac{3}{4}$$

船的实际速度为  $v_{\text{合}} = \sqrt{v_1^2 - v_2^2} = \sqrt{4^2 - 3^2} \text{ m/s} = \sqrt{7} \text{ m/s}$

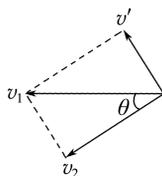
故渡河时间  $t' = \frac{d}{v_{\text{合}}} = \frac{100}{\sqrt{7}} \text{ s} = \frac{100\sqrt{7}}{7} \text{ s}$ 。

答案:见解析

## 任务三

### 【探究活动】

提示:将汽车的速度  $v_1$  分解,如图所示,得物体的上升速度  $v_2 = v_1 \cos \theta$ ,汽车向左运动, $\theta$  减小, $\cos \theta$  增大, $v_2$  增大,所以物体做的不是匀速直线运动。



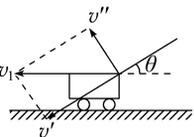
### 【评价活动】

1.AC 2.D 3.CD

4.B 解析:设两边绳与竖直方向的夹角为  $\theta$ ,塔块沿竖直方向匀速下落的速度为  $v_{\text{块}}$ ,将  $v_{\text{块}}$  和  $v$  沿绳方向和垂直绳方向分解,可得  $v_{\text{块}} \cos \theta = v \sin \theta$ ,解得  $v = \frac{v_{\text{块}}}{\tan \theta}$ ,由于塔块匀速下落时  $\theta$  在减小,故可知  $v$  一直增大。故 B 正确。

5.D 解析:如图所示,将小车的速度  $v_1$  向垂直轻绳和沿轻绳方向分解,则沿轻绳方向的速度  $v' = v_1 \cos \theta$ ,故物体的速度  $v_2 = v_1 \cos \theta$ ,A、B 错误;

由于角  $\theta$  逐渐减小, $\cos \theta$  变大,故  $v_2$  逐渐变大,物体加速向上,处于超重状态, $T > mg$ ,C 错误,D 正确。



## 3 探究平抛运动的特点

### 问题式预习

### 【实验思路】

2.水平方向 只受重力

### 【原理启示】

1.水平 竖直 2.(1)水平 (2)竖直

### 【实验器材】

刻度尺

### 任务型课堂

### 【原型实验】

1.解析:A 步骤中要记下小钢球运动途中经过的一系列位置,不可能在一次平抛运动中完成,每一次一般只能确定一个位置,若要确定多个位置,要求小钢球每次的轨迹重合,则小钢球开始平抛时的初速度必须相同,因此小钢球每次必须从同一位置滚下;B 步骤中根据平衡法,如果斜槽末端是水平的,小钢球受到的支持力和重力是平衡的,

将小钢球放到斜槽末端任何位置,小钢球均不会滚动,如果斜槽末端不是水平的,小钢球将发生滚动;C步骤中,

由  $x=v_0t$  及  $y=\frac{1}{2}gt^2$  联立即可求得  $v_0=x\sqrt{\frac{g}{2y}}$ 。

答案:同一 将小钢球放到斜槽末端任一位置,小钢球均不滚动  $x\sqrt{\frac{g}{2y}}$  BADC

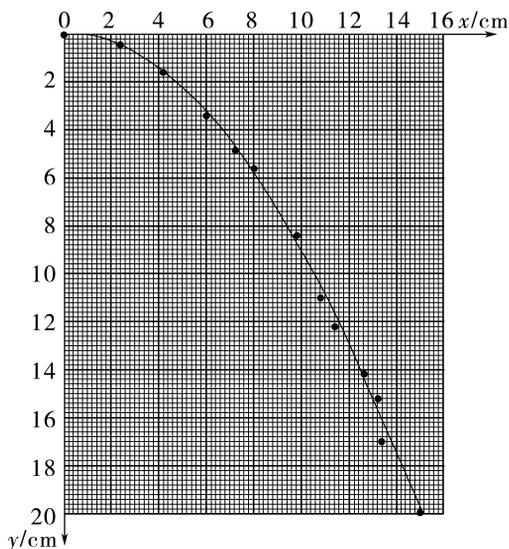
2.解析:(1)探究平抛运动特点的实验中,要使钢球到达斜槽末端的速度相同,则每次由静止释放钢球时,钢球在斜槽上的高度应相同。

(2)用平滑曲线连接坐标纸上的点,即为钢球做平抛运动的轨迹,作图时应尽可能使多的点落在图线上,不在图线上的点应均匀分布在图线两侧,如答图所示。

(3)根据平抛运动规律有  $x=v_0t$  和  $y=\frac{1}{2}gt^2$ ,联立可得

$v_0=\sqrt{\frac{gx^2}{2y}}$ ,在轨迹图线上选取一点(8 cm,5.8 cm),代入数据可得  $v_0=0.74$  m/s。

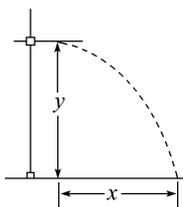
答案:(1)相同 (2)如图所示 (3)0.74(0.69~0.79 均可)



### 【创新实验】

3.解析:根据研究平抛运动的实验和平抛运动的原理,可知弹丸被弹出后做平抛运动,通过测量下落高度可求出时间,再测出水平位移可求出平抛的初速度。

(1)实验示意图如图所示。



(2)弹射器必须保持水平。

(3)实验中需要测量的量为弹丸下落高度  $y$  和水平射程  $x$ 。

(4)在不改变高度  $y$  的条件下进行多次实验,测量水平射程  $x$ ,得出水平射程  $x$  的平均值  $\bar{x}$ ,以减小误差。

(5)因为  $y=\frac{1}{2}gt^2$ ,所以  $t=\sqrt{\frac{2y}{g}}$

又因  $\bar{x}=v_0t$ ,故  $v_0=\frac{\bar{x}}{t}=\frac{\bar{x}}{\sqrt{\frac{2y}{g}}}=\bar{x}\sqrt{\frac{g}{2y}}$ 。

答案:见解析

4.解析:(1)除了题中和题图中所示的器材外,还需要的器材有刻度尺,用来测量距离。

(2)根据做平抛运动的物体在水平方向上做匀速直线运动可知,钢球从  $B$  到  $C$  和从  $C$  到  $D$  的时间相同,设为  $T$ ,做平抛运动的物体在竖直方向上做自由落体运动,根据自由落体运动规律有  $y_3 - y_2 = gT^2$ ,可得  $T = \sqrt{\frac{y_3 - y_2}{g}}$ ,因此  $v_0 = \frac{x}{T} = x\sqrt{\frac{g}{y_3 - y_2}}$ ,代入数据解得

$v_0 = 1.0$  m/s,由题可知  $\Delta h = y_3 - y_2 = 9.80$  cm,则  $y_{AB} = (14.58 - 9.80)$  cm = 4.78 cm,因此桌子的高度  $h_{AD} = 4.78$  cm + 14.58 cm + 24.38 cm = 43.74 cm = 0.44 m。

(3)根据平抛运动的特点可知钢球的运动轨迹在竖直平面内,本实验中需要测量钢球在竖直方向上下落的高度,因此墙壁必须是竖直的,A说法正确;为了保证每次钢球做平抛运动的初速度相同,即运动轨迹相同,每次都应该从斜面上同一位置由静止释放钢球,B说法正确;实验过程中,不可以桌面上向前或向后移动斜面,否则钢球做平抛运动的初速度大小将发生改变,C说法错误;实验中要保证钢球做平抛运动,钢球经过桌面边缘的位置的切线方向应该水平,D说法正确。

答案:(1)刻度尺 (2) $x\sqrt{\frac{g}{y_3 - y_2}}$  1.0 0.44 (3)C

## 4 研究平抛运动的规律

### 5 斜抛运动(选学)

#### 问题式预习

知识点一

1.(1)匀速直线 (2)自由落体  $gt$

(3)  $\sqrt{v_x^2 + v_y^2}$   $\sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$  (4)  $\frac{gt}{v_0}$

2.(1)  $v_0t$   $\frac{1}{2}gt^2$  (2)抛物线

【科学思维】

提示:不是。平抛运动的竖直分速度均匀增大,水平分速度保持不变,因此合速度的大小虽增大但不是均匀增大。平抛运动的“匀变速”特点应理解为相等时间内速度的变化量恒定不变。

[做一做]

解析:(1)设河宽为  $x$ , 运动时间为  $t$ , 由平抛运动的规律得

$$\text{竖直方向上 } h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{水平方向上 } x = v_0 t, \text{ 且 } x = 4h$$

联立上式解得  $t = 1$  s。

(2)小河的宽度为  $x = v_0 t = 20 \times 1$  m = 20 m。

答案:(1)1 s (2)20 m

知识点二

2. 匀速直线  $v_0 \cos \theta$  3.  $v_0 \sin \theta$

[科学思维]

提示:一般的斜抛运动和平抛运动的处理方法相同, 均将运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的匀变速直线运动。

[判一判]

(1)√ (2)√ (3)× (4)×

任务型课堂

任务一

1. BC 2. A 3. C 4. C

5. D 解析:鸟食的运动可视为平抛运动, 则在竖直方向有

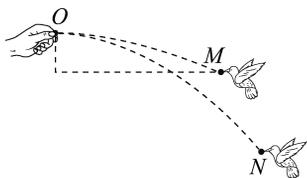
$$h = \frac{1}{2}gt^2, \text{ 由于 } h_M < h_N, \text{ 因此 } t_M < t_N, \text{ 要同时接到鸟}$$

食, 则小鸟在  $N$  点接到的鸟食应先抛出, 故 A、B 错误;

在水平方向有  $x = v_0 t$ , 如图所示, 过  $M$  点作一水平面,

可看出在相同高度  $M$  点鸟食的水平位移较大, 则小鸟在

$M$  点接到的鸟食平抛的初速度较大, 故 C 错误, D 正确。



任务二

1. C 2. B 3. D

4. AC 解析:对位移进行分解可得,  $\frac{1}{2}gt^2 = \tan \theta$ , 得  $t =$

$$\frac{2v_0}{g} \tan \theta, \text{ 则 } t_1 = \frac{2v_{01}}{g} \tan \theta, t_2 = \frac{2v_{02}}{g} \tan \theta, \text{ 水平位移 } x_1 =$$

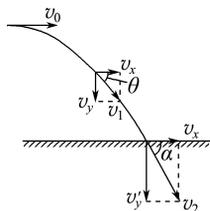
$$v_{01} t_1 = \frac{2v_{01}^2 \tan \theta}{g}, x_2 = v_{02} t_2 = \frac{2v_{02}^2 \tan \theta}{g}, \text{ 由题知 } x_2 =$$

$$2x_1, \text{ 则 } 2v_{01}^2 = v_{02}^2, v_{01} : v_{02} = 1 : \sqrt{2}, \text{ C 正确, D 错误;}$$

$$t_1 : t_2 = v_{01} : v_{02} = 1 : \sqrt{2}, \text{ A 正确, B 错误。}$$

5. 解析:(1)如图所示, 水平方向  $v_x = v_0$ , 竖直方向  $v_y = gt$ ,

抛出 1 s 时速度与水平方向成  $45^\circ$  角, 即  $\theta = 45^\circ$



$$\text{因为 } \tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = 1$$

则初速度  $v_0 = v_y = gt = 10$  m/s。

(2)落地时,  $\cos \alpha = \frac{v_x}{v_2}$ , 其中  $\alpha = 60^\circ$

$$\text{所以落地速度 } v_2 = \frac{v_0}{\cos 60^\circ} = 20 \text{ m/s。}$$

(3)落地时竖直速度  $v'_y = v_x \tan \alpha = 10\sqrt{3}$  m/s

$$\text{飞行时间 } t' = \frac{v'_y}{g} = \sqrt{3} \text{ s}$$

$$\text{降落的高度 } h = \frac{1}{2}gt'^2 = 15 \text{ m。}$$

(4)水平射程  $x = v_0 t' = 10\sqrt{3}$  m。

答案:(1)10 m/s (2)20 m/s (3)15 m

(4)10√3 m

任务三

【探究活动】

提示:(1)从速度的分解来看, 速度偏向角的正切值

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$$

速度偏向角的正切值还可以用长度之比来表示, 即

$$\tan \theta = \frac{y_A}{x_A - x_B} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t - x_B}$$

$$\text{联立解得 } x_B = \frac{1}{2}v_0 t = \frac{1}{2}x_A$$

即速度的反向延长线通过此时水平位移的中点。

(2)由(1)知, 速度偏向角的正切值  $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$

由题图知位移偏向角的正切值

$$\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$$

比较两式可得  $\tan \theta = 2 \tan \alpha$ 。

【评价活动】

1. A 解析:小球落地时竖直方向上的分速度为  $v_y = gt$ , 因为小球落地时速度方向与水平方向的夹角为  $\theta$ , 夹角的正切值  $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$ , 所以小球水平抛出时的初速度为  $v_0 =$

$$\frac{v_y}{\tan \theta} = \frac{gt}{\tan \theta}, \text{ 故 A 正确; 设位移与水平方向的夹角为 } \alpha,$$

$$\text{其正切值 } \tan \alpha = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}, \text{ 所以 } \tan \theta = 2 \tan \alpha, \text{ 但 } \alpha \neq$$

$\frac{\theta}{2}$ ,故 B 错误;根据  $h = \frac{1}{2}gt^2$  解得  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,可知小球的运动时间与下落高度有关,与初速度无关,小球初速度增大,平抛运动的时间不变,故 C 错误;若小球初速度增大,由于下落时间  $t$  不变,又  $\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$ ,则  $\tan \theta$  减小,即  $\theta$  减小,故 D 错误。

2.B 解析:小球落在 Q 点时,由平抛运动的推论可知速度方向与水平方向夹角  $\beta$  的正切值是位移与水平方向夹角  $\theta$  正切值的 2 倍,即  $\tan \beta = 2 \tan \theta$ ;因为位移与水平方向夹角  $\theta$  不变,则速度与水平方向夹角  $\beta$  不变,所以两个角度之差即  $\alpha$  不变,A 错误,B 正确。根据  $\tan \theta = \frac{y}{x} =$

$\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t} = \frac{gt}{2v_0}$ ,解得小球在空中的运动时间为  $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$ ,若初速度变为原来的  $k$  倍,则小球在空中的运动时间变为原来的  $k$  倍,C 错误。小球的水平位移和竖直位移之比为  $\frac{x}{y} = \frac{v_0 t}{\frac{1}{2}gt^2} = \frac{2v_0}{gt}$ ,因为初速度变为原来的

$k$  倍,小球在空中的运动时间变为原来的  $k$  倍,所以位移之比没有变化,D 错误。

3.D 解析:小球做平抛运动,竖直方向有位移, $v_0$  再大小球也不可能击中 B 点,A 错误; $v_0$  不同,小球会落在半球壳内不同点上,落点和 A 点的连线与 AB 间的夹角  $\alpha$  不可能相同,由推论  $\tan \theta = 2 \tan \alpha$  可知,小球落在半球壳的不同位置上时的速度方向和水平方向之间的夹角  $\theta$  也不相同,若小球垂直撞击到半球壳上,则其速度的反向延长线一定经过半球壳的球心,且该反向延长线与 AB 的交点为水平位移的中点,而这是不可能的,故 B、C 错误,D 正确。

4.解析:(1)小球做平抛运动,恰好从半圆柱体的 C 点掠过,OC 与水平方向夹角为  $53^\circ$ ,可知小球在 C 点时速度方向与水平方向的夹角为  $37^\circ$ ,设小球从 B 点运动到 C 点的位移方向与水平方向的夹角为  $\theta$ ,由平抛运动的推论可知  $\tan \theta = \frac{\tan 37^\circ}{2} = \frac{3}{8}$

$$\text{又 } \tan \theta = \frac{y}{x}$$

由几何关系可得  $x = R(1 + \cos 53^\circ) = 1.2 \text{ m}$

联立解得  $y = 0.45 \text{ m}$

$$\text{根据 } y = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{可得 } t = \sqrt{\frac{2y}{g}} = 0.3 \text{ s.}$$

(2)根据  $x = 1.2 \text{ m} = v_0 t$

解得  $v_0 = 4 \text{ m/s}$ 。

答案:(1)0.3 s (2)4 m/s

## 任务四

1.AD 2.AC

3.C 解析:网球水平方向上做匀速直线运动,有  $t = \frac{L}{v_0 \cos \theta}$ ,

设球网高度为  $h$ ,则对斜向下发出的球有  $L - h = v_0 \sin \theta \cdot t +$

$t + \frac{1}{2}gt^2$ ,对斜向上发出的球有  $\frac{L}{2} - h = -v_0 \sin \theta \cdot t +$

$\frac{1}{2}gt^2$ ,联立以上各式,可得  $\tan \theta = \frac{1}{4}$ ,故 C 正确。

4.解析:石子的运动轨迹如图所示,石子落地时的速度方向

和水平方向的夹角为  $60^\circ$ ,则  $\tan 60^\circ = \frac{v_y}{v_x} = \sqrt{3}$

故  $v_y = \sqrt{3}v_x$

又因石子斜向上方抛出时抛射角为  $30^\circ$ ,则

$$v_x = v_0 \cos 30^\circ$$

$$\text{故 } v_y = \sqrt{3}v_0 \cos 30^\circ = \sqrt{3} \times 6 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ m/s} = 9 \text{ m/s}$$

取竖直向上为正方向,石子从抛出到落地,在竖直方向有

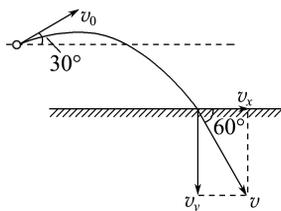
$$-v_y = v_0 \sin 30^\circ - gt$$

得  $t = 1.2 \text{ s}$

在竖直方向,由位移公式得  $h = v_0 \sin 30^\circ \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 =$

$$6 \times \frac{1}{2} \times 1.2 \text{ m} - \frac{1}{2} \times 10 \times 1.2^2 \text{ m} = -3.6 \text{ m},$$

负号表示落地点比抛出点低,即抛出点离地面的高度为 3.6 m。



答案:1.2 s 3.6 m

## 单元活动 1

### 【任务引导】

#### 任务一

提示:(1)根据几何关系可知,足球做平抛运动的竖直高度

为  $h$ ,水平位移为  $x_{*平} = \sqrt{s^2 + \frac{L^2}{4}}$ ,则足球位移的大小为

$$x = \sqrt{x_{*平}^2 + h^2} = \sqrt{s^2 + \frac{L^2}{4} + h^2}.$$

(2)由  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , $x_{*平} = v_0 t$ ,可得足球的初速度为  $v_0 =$

$\sqrt{\frac{g}{2h} \left( \frac{L^2}{4} + s^2 \right)}$ ;初速度方向与球门线夹角的正切值为

$$\tan \theta = \frac{2s}{L}.$$

## 任务二

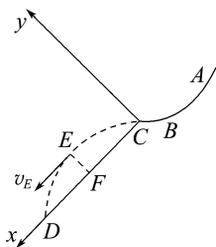
提示:(1)箭做平抛运动,两支箭竖直方向下落的高度相等,则两支箭在空中的运动时间相同,速度变化量  $\Delta v = v_y = gt$  相同,设箭尖插入壶中时与水平面的夹角为  $\theta$ ,箭投出时的初速度为  $v_0$ ,则  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_0}$ ,即  $v_0 = \frac{v_y}{\tan \theta}$ ,两支箭投出时的初速度大小之比为  $\tan 37^\circ : \tan 53^\circ = 9 : 16$ ;设箭尖插入壶中时的速度大小为  $v$ ,则  $v \sin \theta = v_y$ ,即  $v = \frac{v_y}{\sin \theta}$ ,则两支箭落入壶口时的速度大小之比为  $3 : 4$ 。

(2)两种做法:一是保持箭出手点到壶的水平距离和投出的速度不变,降低箭出手点距地面的高度;二是保持箭出手点距地面的高度和到壶的水平距离不变,减小箭的投出速度。

### 【活动达标】

1.A 解析:设水由管口处到落地所用的时间为  $t$ ,则有  $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,单位时间内喷出的水量为  $Q = Sv$ ,空中水的总体积应为  $V = Qt$ ,由以上各式得  $V = Sv\sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,所以 A 正确,B、C、D 错误。

2.C 解析:以 C 点为原点,CD 为  $x$  轴,垂直 CD 向上方向为  $y$  轴,建立坐标系如图所示。



对运动员的运动进行分解, $y$  轴方向做类竖直上抛运动, $x$  轴方向做匀加速直线运动。当运动员的速度方向与轨道平行时,在  $y$  轴方向上到达最高点,根据竖直上抛运动的对称性,知  $t_1 = t_2$ ,A、B 错误;将初速度沿  $x$ 、 $y$  方向分解为  $v_1$ 、 $v_2$ ,将加速度沿  $x$ 、 $y$  方向分解为  $a_1$ 、 $a_2$ ,则运动员的运动时间为  $t = 2\frac{v_2}{a_2}$ ,落在斜面上的距离  $s = v_1 t +$

$\frac{1}{2}a_1 t^2$ ,若运动员离开 C 点的速度加倍,则  $v_1$ 、 $v_2$  加倍, $t$  加倍,由位移公式得  $s$  不是加倍关系,D 错误;设运动员落在斜面上的速度方向与水平方向的夹角为  $\alpha$ ,斜面的

倾角为  $\theta$ ,则有  $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0}$ , $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{\frac{v_y}{2}t}{v_0 t} = \frac{v_y}{2v_0}$ ,可得  $\tan \alpha = 2 \tan \theta$ , $\theta$  一定,则  $\alpha$  一定,则知运动员落在斜面上的速度方向与从 C 点飞出时的速度大小无关,故 C 正确。

3.BD 解析:对重物从 P 运动到 Q 的过程,水平方向上有  $x = v_0 t \cos 30^\circ$ ,竖直方向上有  $y = -v_0 t \sin 30^\circ + \frac{1}{2}gt^2$ ,由几何关系有  $\frac{y}{x} = \tan 30^\circ$ ,联立解得重物的运动时间  $t =$

4 s,A 错误;结合 A 项分析可知,重物落地时的水平分速度  $v_x = v_0 \cos 30^\circ$ ,竖直分速度  $v_y = -v_0 \sin 30^\circ + gt$ ,则  $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \sqrt{3}$ ,所以重物的落地速度与水平方向的夹角为  $60^\circ$ ,B 正确;对重物从 P 运动到 Q 的过程,垂直于 PQ

连线方向有  $2gh_m \cos 30^\circ = (v_0 \sin 60^\circ)^2$ ,解得重物离 PQ 连线的最远距离  $h_m = 10\sqrt{3}$  m,C 错误;结合 B 项分析,竖直方向上有  $2gy_m = v_y^2$ ,联立解得重物轨迹最高点与落点的高度差  $y_m = 45$  m,D 正确。

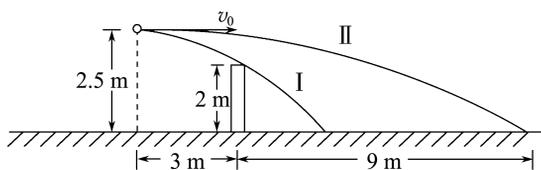
4.D 解析:乒乓球做平抛运动,落到右侧台面上时经历的时间  $t_1$  满足  $3h = \frac{1}{2}gt_1^2$ 。当  $v$  取最大值时其水平位移最大,落点应在右侧台面的台角处,有  $v_{\max} t_1 =$

$\sqrt{L_1^2 + \left(\frac{L_2}{2}\right)^2}$ ,解得  $v_{\max} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g(4L_1^2 + L_2^2)}{6h}}$ ;当  $v$  取

最小值时其水平位移最小,发射方向沿正前方且恰好擦网而过,此时有  $3h - h = \frac{1}{2}gt_2^2$ , $\frac{L_1}{2} = v_{\min} t_2$ ,解得  $v_{\min} =$

$\frac{L_1}{4}\sqrt{\frac{g}{h}}$ 。故 D 项正确。

5.解析:如图所示,排球恰不触网时其运动轨迹为 I,排球恰不出界时其运动轨迹为 II。



根据平抛运动的规律,由  $x = v_0 t$  和  $h = \frac{1}{2}gt^2$  可得,当排球恰不触网时有

$$x_1 = v_1 t_1 = 3 \text{ m}$$

$$h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 = 2.5 \text{ m} - 2 \text{ m} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{联立可得 } v_1 = 3\sqrt{10} \text{ m/s}$$

当排球恰不出界时有

$$x_2 = v_2 t_2 = 3 \text{ m} + 9 \text{ m} = 12 \text{ m}$$

$$h_2 = \frac{1}{2}gt_2^2 = 2.5 \text{ m}$$

$$\text{联立可得 } v_2 = 12\sqrt{2} \text{ m/s}$$

所以排球既不触网也不出界的速度范围是

$$3\sqrt{10} \text{ m/s} \leq v_0 \leq 12\sqrt{2} \text{ m/s}.$$

答案:  $3\sqrt{10} \text{ m/s} \leq v_0 \leq 12\sqrt{2} \text{ m/s}$

6.解析: (1)该运动员在平直高台上从静止开始做匀加速直线运动,有  $v_0^2 = 2al$

解得  $v_0 = 8 \text{ m/s}$

运动员从高台边缘水平跳出后做平抛运动,之后垂直斜面落在其中心位置,有  $\tan 53^\circ = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$

解得  $t = 0.6 \text{ s}$ 。

(2)运动员从高台边缘跳出后做平抛运动,水平方向有  $x = v_0 t$

竖直方向有  $y = \frac{1}{2}gt^2$

斜面中心距地面的竖直距离  $h = 5 \text{ m} - y$

斜面中心距斜面底端的水平距离  $x' = \frac{h}{\tan 53^\circ}$

斜面底端与高台边缘的水平距离  $s = x - x'$

联立解得  $s = 2.4 \text{ m}$ 。

答案: (1)0.6 s (2)2.4 m

## 第二章 匀速圆周运动

### 1 圆周运动

#### 问题式预习

知识点一

1.圆 2.圆弧长度

3.(1)弧长 弧长 (2) $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  (3)运动 (4)切线 垂直

4.(1)角度 时间 (2) $\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$  (3)rad/s (4)不变

5.圈数 一周

[科学思维]

提示:质点做匀速圆周运动时,速度的大小不变,方向时刻在变化,因此,匀速圆周运动不是线速度不变的运动,而是变速曲线运动。匀速圆周运动中的“匀速”是指速度的大小(速率)不变,应该理解成“匀速率”,而“匀速直线运动”中的“匀速”指的是速度不变,即大小、方向都不变,二者并不相同。

[判一判]

(1)√ (2)× (3)√ (4)√ (5)√ (6)×

知识点二

1.乘积 2. $r\omega$

[科学思维]

(1) $r$  (2) $\omega$  (3) $v$

### 任务型课堂

#### 任务一

1.BC 2.A 3.CD 4.C

5.BC 解析:每隔 2 s “点”一次奶油,蛋糕一周均匀“点”上 10 滴奶油,则圆盘转动一圈的时间  $T = 20 \text{ s}$ ,选项 A 错误, B 正确;蛋糕边缘的奶油(可视为质点)的线速度大小

$$\text{约为 } v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \times \frac{0.25}{2}}{20} \text{ m/s} = \frac{\pi}{80} \text{ m/s}, \text{选项 C 正确,}$$

D 错误。

#### 任务二

#### 【探究活动】

提示:(1)线速度大小不同,角速度相同。

(2)线速度大小相同,角速度和转速不同。

#### 【评价活动】

1.AC 2.D 3.BC

4.AD 解析:A 轮、B 轮靠摩擦传动,边缘点的线速度大小相等,故  $v_a : v_b = 1 : 1$ ,根据公式  $v = r\omega$ ,有  $\omega_a : \omega_b = 3 : 2$ ,根据  $\omega = 2\pi n$ ,有  $n_a : n_b = 3 : 2$ ,根据  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ,有

$$T_a : T_b = 2 : 3; B \text{ 轮、} C \text{ 轮是同轴传动,角速度相等,故 } \omega_b : \omega_c = 1 : 1, \text{根据 } v = r\omega, \text{有 } v_b : v_c = 3 : 2, \text{根据 } \omega = 2\pi n, \text{有 } n_b : n_c = 1 : 1, \text{根据 } T = \frac{2\pi}{\omega}, \text{有 } T_b : T_c = 1 : 1.$$

联立可得  $v_a : v_b : v_c = 3 : 3 : 2, \omega_a : \omega_b : \omega_c = 3 : 2 : 2, n_a : n_b : n_c = 3 : 2 : 2, T_a : T_b : T_c = 2 : 3 : 3$ ,故 A、D 两项正确, B、C 两项错误。

5.B 解析:根据题意,  $O'$  固定在底盘上,可知  $O'$  围绕  $O$  点做匀速圆周运动,故 B 正确; A 点的运动为 A 点绕  $O'$  的圆周运动和  $O'$  相对于  $O$  的圆周运动的合运动,轨迹不是圆周,所以 A 点不是做匀速圆周运动,故 A 错误;转杯上 A 点与  $O、O'$  恰好在同一条直线上时, A 点在  $OO'$  延长线上, A 点和  $O'$  点运动方向相同,又因为 A 点相对  $O'$  点做圆周运动,所以此时 A 的速度大于  $O'$  的速度,故 C、D 错误。

#### 任务三

1.AC

2.解析:(1)小球 B 做平抛运动,其在水平方向上做匀速直线运动,则  $R = v_0 t$

在竖直方向上做自由落体运动,则  $h = \frac{1}{2}gt^2$

联立解得  $v_0 = \frac{R}{t} = R\sqrt{\frac{g}{2h}}$ 。

(2)设 A、B 两小球相碰时小球 A 转了  $n$  圈,则小球 A 的

线速度

$$v_A = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi R}{\frac{t}{n}} = 2\pi R n \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

当  $n=1$  时, 其线速度有最小值, 即  $v_{\min} = 2\pi R \sqrt{\frac{g}{2h}}$ 。

答案: (1)  $R \sqrt{\frac{g}{2h}}$  (2)  $2\pi R \sqrt{\frac{g}{2h}}$

3. 解析: (1) 离开容器后, 每一滴水在竖直方向上均做自由

落体运动, 每一滴水滴落到盘面上所用时间  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 。

(2) 要使每一滴水在盘面上的落点都位于同一直线上, 则圆盘在时间  $t$  内转过的弧度为  $k\pi$  ( $k=1, 2, 3, \dots$ ), 则

$$\omega t = k\pi$$

$$\text{即 } \omega = k\pi \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (k=1, 2, 3, \dots)$$

(3) 第二滴水落点到  $O$  点的距离为

$$s_2 = \frac{1}{2}at^2 + (at)t$$

第三滴水落点到  $O$  点的距离为

$$s_3 = \frac{1}{2}a(2t)^2 + (2at)t$$

$$\text{两式中 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\text{又 } \Delta\theta = \omega t = \frac{3}{2}\pi \sqrt{\frac{g}{2h}} \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = \frac{3}{2}\pi$$

即第二滴水和第三滴水分别滴落在圆盘上相互垂直的方向上, 则

$$s_2^2 + s_3^2 = s^2$$

$$\text{联立可得 } a = \frac{\sqrt{73}sg}{73h}$$

答案: (1)  $\sqrt{\frac{2h}{g}}$  (2)  $k\pi \sqrt{\frac{g}{2h}}$  ( $k=1, 2, 3, \dots$ )

(3)  $\frac{\sqrt{73}sg}{73h}$

## 2 匀速圆周运动的向心力和向心加速度

### 第 1 课时 向心力

#### 问题式预习

知识点一

1. 指向圆心 2. (1) 圆心 速度 (2) 方向 3. 作用效果

[判一判]

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

知识点二

1. (2) 质量 角速度 半径 3. 比值

$$4. F = m\omega^2 r \quad F = m \frac{v^2}{r}$$

[做一做]

D 解析: 两轮通过皮带连接, 线速度大小相同、半径相同, 但两球质量不同, 故本实验装置探究的是向心力的大小与物体质量的关系, D 正确, A、B、C 错误。

### 任务型课堂

#### 任务一

1. D 2. D 3. B

4. AD 解析: 向心力总是指向圆心, 而速度总是沿着切线方向, 可知向心力始终垂直于速度, 不改变速度的大小, 故 A 正确; 做匀速圆周运动的物体向心力总是指向圆心, 方向不断变化, 是变力, 故 B 错误; 物体做变速圆周运动时, 所受合力不总是指向圆心, 则合力不一定等于向心力, 故 C 错误; 做匀速圆周运动的物体所受的合力总是指向圆心, 大小不变, 合力充当向心力, 故 D 正确。

#### 任务二

1. 解析: (1) 要探究向心力大小与角速度的关系, 应该控制小球的质量和转动半径一定, 则需选择两个质量相等的小球, 分别放在位置 C 和位置 B。

(2) 通过数据分析可知, 质量和转动半径相等时, 角速度增大为原来的 2 倍, 所受到的向心力增大为原来的 4 倍, 角速度增大为原来的 3 倍, 所受到的向心力增大为原来的 9 倍, 即当质量和转动半径相等时, 向心力大小跟角速度的二次方成正比。

答案: (1) 相等 B (2) 当质量和转动半径相等时, 向心力大小跟角速度的二次方成正比

2. 解析: (1) 在该实验中, 通过纸上的圆测量小钢球做匀速圆周运动的半径  $r$ , 用天平测量钢球的质量  $m$ , 用停表测量钢球转动  $n$  圈所用的时间  $t$ , 即可计算钢球运动所需的向心力  $F_{\text{向}} = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r = m \frac{4n^2 \pi^2}{t^2} r$ 。

(2) 结合上一问测量的物理量, 只要再测出悬点到水平桌面的高度  $h$ , 给定本地的重力加速度  $g$ , 即可计算合力

$$F_{\text{合}} = mg \tan \theta = mg \frac{r}{h}$$

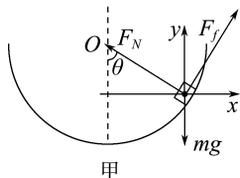
答案: (1) 半径  $r$   $m \frac{4n^2 \pi^2}{t^2} r$  (2)  $mg \frac{r}{h}$

#### 任务三

1. D 解析: 物体做匀速圆周运动, 所受合力指向圆心, 对物体受力分析, 其受重力、向上的静摩擦力和指向圆心的支持力, 重力与静摩擦力平衡, 支持力提供向心力。当圆筒的角速度增大后, 根据  $F_n = m\omega^2 r$  知, 所需向心力变大, 则物体所受弹力增大, 物体仍相对筒壁静止, 即重力与静摩擦力仍平衡, 摩擦力不变, 故 A、B、C 错误, D 正确。

2.B 解析:在A点时,水对舰有向上的浮力,浮力大小等于舰的重力,同时有指向圆心方向的水的推力,两个力的合力方向斜向上,选项A错误;水对舰的合力大小  $F = \sqrt{(mg)^2 + (m\frac{v^2}{r})^2} = \sqrt{(6 \times 10^8)^2 + (6 \times 10^7 \times \frac{20^2}{1000})^2} \text{ N} \approx 6.0 \times 10^8 \text{ N}$ ,选项B正确,C、D错误。

3.解析:(1)若转台处于静止状态,小物块处于平衡状态,受力分析如图甲所示:



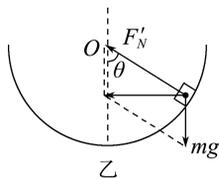
根据力的平衡条件得

$$x \text{ 轴上: } F_N \sin \theta = F_f \cos \theta$$

$$y \text{ 轴上: } F_N \cos \theta + F_f \sin \theta = mg$$

$$\text{联立解得 } F_N = \frac{1}{2}mg, F_f = \frac{\sqrt{3}}{2}mg。$$

(2)当小物块受到的摩擦力为0时,支持力和重力的合力提供向心力,受力分析如图乙所示:



由牛顿第二定律得  $mg \tan \theta = ma = m\omega_0^2 r$ ,且  $r = R \sin \theta$

$$\text{解得 } \omega_0 = \sqrt{\frac{2g}{R}}。$$

$$\text{答案: (1) } \frac{1}{2}mg \quad \frac{\sqrt{3}}{2}mg \quad (2) \sqrt{\frac{2g}{R}}$$

## 第2课时 向心加速度

### 问题式预习

知识点

1.(1)圆心 (2)向心加速度 (3)时刻变化

2.(1)牛顿第二定律 (2)①  $\frac{v^2}{r}$  ②  $\omega^2 r$

[判一判]

(1)× (2)√ (3)×

### 任务型课堂

#### 任务一

#### 【探究活动】

提示:(1)小球和地球的速度方向不断发生变化,所以运动状态发生变化。运动状态发生变化的原因是受到力的作用。

(2)物体的加速度方向跟它所受合力方向一致,所以小球和地球的加速度都是时刻沿半径指向圆心的,即加速度方向是变化的。匀速圆周运动是一种变加速曲线运动。

#### 【评价活动】

1.ABD 2.D

3.C 解析:物体做匀速圆周运动时,只具有向心加速度,加速度方向始终指向圆心,而一般的圆周运动的加速度不一定指向圆心。

#### 任务二

#### 【探究活动】

提示:(1)B点的向心加速度更大;线速度大小相同时,向心加速度与半径成反比。

(2)C点的向心加速度更大;角速度相同时,加速度与半径成正比。

#### 【评价活动】

1.D 2.C

3.B 解析:对汽车,根据速度-位移关系  $v_0^2 - (2v_0)^2 = -2as$ ,可得匀减速运动的加速度大小  $a = \frac{3v_0^2}{2s}$ ,汽车做减

速运动的时间  $t = \frac{2v_0 - v_0}{a} = \frac{2s}{3v_0}$ ,这段时间列车行驶的距离为  $s' = 2v_0 \cdot t = \frac{4s}{3}$ ,B正确,A错误;根据  $a_n = \frac{v^2}{r}$ ,可得汽车在OP段的向心加速度大小为  $a_n = \frac{v_0^2}{R}$ ,C、D错误。

4.解析:(1)根据速度位移公式有  $v^2 = 2ax$  代入数据可得  $a = 2.7 \text{ m/s}^2$ 。

(2)根据向心加速度的表达式  $a = \frac{v^2}{R}$

可得甲、乙两运动员的向心加速度之比为

$$\frac{a_{\text{甲}}}{a_{\text{乙}}} = \frac{v_{\text{甲}}^2}{v_{\text{乙}}^2} \times \frac{R_{\text{乙}}}{R_{\text{甲}}} = \frac{225}{242}$$

甲、乙两名运动员做匀速圆周运动,则运动的时间为

$$t = \frac{\pi R}{v}$$

代入数据可得甲、乙两运动员运动的时间分别为

$$t_{\text{甲}} = \frac{4\pi}{5} \text{ s}, t_{\text{乙}} = \frac{9\pi}{11} \text{ s}$$

因为  $t_{\text{甲}} < t_{\text{乙}}$ ,所以甲运动员先出弯道。

答案:(1)  $2.7 \text{ m/s}^2$  (2)  $\frac{225}{242}$ ,甲运动员,计算过程见解析

#### 任务三

1.C 解析:橡皮做加速圆周运动,合力不指向圆心,但一定

指向圆周的内侧;由于做加速圆周运动,速度不断增大,故合力与速度的夹角小于 $90^\circ$ 。故C项正确。

2.C 解析:斜抛出去的物体同时参与两个方向的运动,即水平方向以速度 $v_x=v_0\cos\alpha$ 做匀速直线运动,竖直方向以初速度 $v_y=v_0\sin\alpha$ 做匀减速直线运动。到最高点时,竖直方向速度为零,其速度为 $v_p=v_0\cos\alpha$ ,且沿水平方向,这时重力提供其做圆周运动的向心力,由 $mg=m\frac{(v_0\cos\alpha)^2}{\rho}$ 得 $\rho=\frac{v_0^2\cos^2\alpha}{g}$ ,所以C正确,A、B、D错误。

3.D 解析:物块P受重力、弹力、摩擦力三个力的作用,合力等于摩擦力。当转盘匀速转动时,摩擦力沿c方向充当向心力,A错误;当转盘加速转动时,摩擦力可能沿b方向,一个分力为向心力,另一个分力为切向力,使物体速率增大,B、C错误;当转盘减速转动时,摩擦力可能沿d方向,一个分力为向心力,另一个分力为切向力,使物体速率减小,D正确。

### 3 圆周运动的实例分析

#### 问题式预习

知识点一

1.重力 桥面的支持力

2.(1) $mg-m\frac{v^2}{R}$  小于 (2) $mg+m\frac{v^2}{R}$  大于

[科学思维]

(1)重力 支持力

(2)重力 桥面对汽车的支持力 失重

[判一判]

(1)× (2)× (3)√

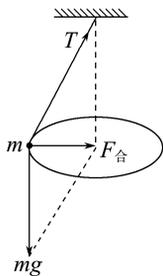
知识点二

2.重力 $mg$  拉力 $T$   $l\sin\alpha$

3. $\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$

[做一做]

解析:(1)小球在水平面内做匀速圆周运动,对小球受力分析,小球所受的合力提供向心力,如图所示:



由几何关系得 $T=\frac{mg}{\cos\theta}$ 。

(2)根据牛顿第二定律得 $mg\tan\theta=ma$ ,解得 $a=g\tan\theta$ 。

(3)由向心加速度公式有 $a=\frac{v^2}{r}$ ,其中 $r=L\sin\theta$

解得 $v=\sqrt{gL\sin\theta\tan\theta}$ 。

答案:(1) $\frac{mg}{\cos\theta}$  (2) $g\tan\theta$  (3) $\sqrt{gL\sin\theta\tan\theta}$

知识点三

1.圆周运动 向心力 外轨 很大 略高于

2.弯道的半径 设计的行驶速度 重力G 支持力N

[判一判]

(1)× (2)× (3)√

知识点四

1.远离 2.消失 3.脱水筒

[判一判]

(1)× (2)√

#### 任务型课堂

任务一

【探究活动】

提示:坦克在B点时对路面的压力最大,在A点时对路面的压力最小。

【评价活动】

1.CD 2.B

3.解析:小汽车通过最低点时受重力 $mg$ 和支持力 $N$ 两个力作用,两者的合力提供汽车做圆周运动的向心力,根据牛顿第二定律得

$$N-mg=m\frac{v^2}{R}$$

$$\text{解得 } N=mg+m\frac{v^2}{R}=8400\text{ N}$$

根据牛顿第三定律,汽车对路面的压力

$$N'=N=8400\text{ N}。$$

答案:8400 N

4.解析:(1)在桥顶时,根据牛顿第二定律得

$$mg-N=m\frac{v^2}{R}$$

$$\text{其中 } N=\frac{1}{2}mg$$

代入数据解得 $R=20\text{ m}$ 。

(2)要使汽车过桥顶时对桥面的压力为零,则此时只由重力提供向心力,根据 $mg=m\frac{v'^2}{R}$ 得,汽车过桥顶时的最小

$$\text{速度 } v'=\sqrt{gR}=\sqrt{10\times 20}\text{ m/s}=10\sqrt{2}\text{ m/s}。$$

答案:(1)20 m (2) $10\sqrt{2}\text{ m/s}$

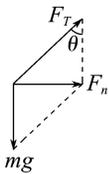
## 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)受力分析如图所示,小球受重力  $mg$

和细绳的拉力  $F_T$ 。由几何关系有  $F_T = \frac{mg}{\cos \theta}$ ,

$F_n = mg \tan \theta$ ; 小球质量一定时,  $\theta$  角越大, 小球受到的拉力与向心力就越大。



(2) 设摆线长为  $L$ , 则有  $r = L \sin \theta$ ,  $a_n = \frac{F_n}{m} = g \tan \theta$ , 根据

牛顿第二定律有  $F_n = mg \tan \theta = m\omega^2 L \sin \theta$ , 解得  $\omega =$

$\sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}$ ; 根据  $v = \omega r$  可得  $v = \sqrt{gL \sin \theta \tan \theta}$ , 可以看出  $\theta$  角

越大, 小球做圆周运动的向心加速度、角速度和线速度就越大。

### 【评价活动】

1.AC 解析: 设绳子与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 小球刚好离开圆锥筒时, 圆锥筒对小球的支持力为零, 则有  $mg \tan \theta =$

$m\omega^2 l \sin \theta$ , 解得  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}}$ , 则绳子越长的球, 其角速

度的临界值越小, 越容易离开圆锥筒, 所以 A 正确, B 错

误; 两小球都离开圆锥筒后, 小球都只受重力与绳子的拉

力, 两小球都随圆锥筒一起转动, 有相同的角速度, 则小

球的高度为  $h = h_{锥} - l \cos \theta$ , 代入数据解得  $h = h_{锥} - \frac{g}{\omega^2}$ ,

所以 C 正确; 两小球都离开圆锥筒时, 绳子的拉力为  $T =$

$\frac{mg}{\cos \theta}$ , 由于绳子长度不同, 则小球离开圆锥筒时绳子与

竖直方向的夹角也不同, 因此拉力也不相同, 所以 D

错误。

2. 解析: 小球在最低点时做圆周运动的向心力由重力  $mg$  和绳

的拉力  $T$  的合力提供(如图所示), 根据牛顿第二定律有

$T - mg = ma = m \frac{v^2}{r}$

解得  $T = 14 \text{ N}$

由牛顿第三定律可知, 小球在最低点时对绳的拉力大

小为  $14 \text{ N}$ 。



答案:  $14 \text{ N}$

3. 解析: (1) 对小球进行受力分析可知, 小球受轻绳的拉力

和重力作用, 由于小球在竖直方向上受力平衡, 因此

$$F_{\text{拉}} = \frac{mg}{\cos 37^\circ}$$

代入数据, 解得  $F_{\text{拉}} = 490 \text{ N}$ 。

(2) 小球做圆周运动的向心力由轻绳的拉力和小球的重

力的合力提供, 由牛顿第二定律可得

$$mg \tan 37^\circ = m\omega^2 (L \sin 37^\circ + L')$$

代入数据, 解得  $\omega = 0.7 \text{ rad/s}$ 。

答案: (1)  $490 \text{ N}$  (2)  $0.7 \text{ rad/s}$

## 任务三

### 【探究活动】

提示: (1) 外侧。

(2) 外轨。

(3) 不是, 是水平面内的圆周运动。

### 【评价活动】

1.AC

2.AD 解析: 依题意, 运动员转弯时, 根据牛顿第二定律和

向心力公式有  $\frac{mg}{\tan \theta} = m \frac{v^2}{R}$ , 可得其转弯时速度的大小为

$v = \sqrt{\frac{gR}{\tan \theta}}$ , 故 A 正确, B 错误; 依题意, 根据运动员转弯

时速度的大小  $v = \sqrt{\frac{gR}{\tan \theta}}$  可知, 若减小蹬冰角  $\theta$ , 则  $\tan \theta$

减小, 运动员转弯速度  $v$  将变大, 故 C 错误, D 正确。

3.B 解析: 火车的重力和轨道对火车的支持力的合力恰好

等于所需的向心力时, 有  $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$ , 火车的速度正

好是  $v = \sqrt{gR \tan \theta}$ 。当火车转弯的速度大于  $\sqrt{gR \tan \theta}$

时, 需要的向心力增大, 而重力与支持力的合力不变, 此

合力小于所需的向心力, 外轨就会对火车产生一个向里

的力, 所以此时外轨对外侧车轮轮缘有挤压, 故 A 项错

误, B 项正确。当内、外轨与车轮缘间没有挤压时, 火车

受重力和支持力,  $N = \frac{mg}{\cos \theta}$ , 由于外轨对火车的作用力  $F$

沿着轨道平面, 此时有  $N' \cos \theta = mg + F \sin \theta$ , 则  $N' =$

$\frac{mg}{\cos \theta} + F \tan \theta$ , 故支持力大于  $\frac{mg}{\cos \theta}$ , 故 C、D 两项错误。

## 任务四

### 【探究活动】

提示: 内筒高速旋转时, 黏稠的糖汁就做离心运动, 从内筒

壁的小孔飞散出去成为丝状, 到达温度较低的外筒时, 迅

速冷却凝固, 变得纤细雪白, 用木棍将这些糖丝缠绕成团,

### 【评价活动】

1.B 2.C

3.C 解析: 发生侧滑的原因是路面对人、车的摩擦力小于

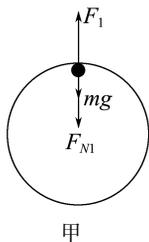
人、车需要的向心力,做离心运动,人、车也不处于平衡状态,故 A、B 两项错误;人、车整体转弯所需的向心力由地面对车轮的摩擦力提供,发生侧滑是因为人、车的速度过大,所需要的向心力过大,人、车受到的合外力小于所需要的向心力,故 C 项正确,D 项错误。

## 单元活动 2

### 【任务引导】

#### 任务一

提示:(1)当陀螺在轨道内侧运动到最高点时,设轨道对陀螺的吸引力为  $F_1$ ,轨道对陀螺的弹力为  $F_{N1}$ ,陀螺所受的重力为  $mg$ ,最高点的速度为  $v_1$ ,受力分析如图甲所示。

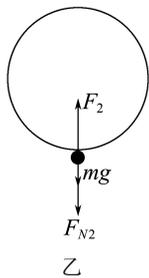


依题意有  $mg + F_{N1} - F_1 = m \frac{v_1^2}{R}$

因  $F_1 = 7mg, v_1 = \sqrt{gR}$

可得  $F_{N1} = 7mg$ 。

(2)设陀螺在轨道外侧运动到最低点时,轨道对陀螺的吸引力为  $F_2$ ,轨道对陀螺的弹力为  $F_{N2}$ ,陀螺所受的重力为  $mg$ ,最低点的速度为  $v_2$ ,受力分析如图乙所示,则有

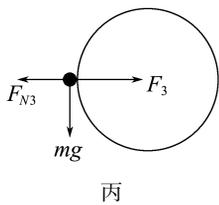


$F_2 - F_{N2} - mg = m \frac{v_2^2}{R}$

$F_2 = 7mg$

由题意可知,当  $F_{N2} = 0$  时,陀螺通过最低点时的速度为最大值,有  $v_2 = \sqrt{6gR}$ 。

(3)设陀螺在轨道外侧运动到与轨道圆心等高处时,轨道对小球的吸引力为  $F_3$ ,轨道对陀螺的弹力为  $F_{N3}$ ,陀螺所受的重力为  $mg$ ,受力分析如图



丙所示,依题意有  $F_3 - F_{N3} = m \frac{v_3^2}{R}$

$v_3 = \sqrt{3gR}$

$F_3 = 7mg$

解得  $F_{N3} = 4mg$ 。

#### 任务二

提示:(1)当转盘转速较小时,茶杯和转盘相对静止,一起做共速圆周运动,静摩擦力提供向心力;随着转盘转速的增大,茶杯做圆周运动所需的向心力逐渐增大,达到最大静摩擦力之后,茶杯将沿转盘边缘飞出桌面。

(2)求出当静摩擦力达到最大值时的角速度,结合牛顿第

二定律及向心力公式有  $\mu mg = m\omega^2 r$ ,可得  $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$ 。

#### 任务三

提示:(1)小球 A 做匀速圆周运动,向心力由 AB 绳上的拉力提供,即  $F_2$ 。

(2)小球 B 做匀速圆周运动,向心力由 OB 绳和 AB 绳拉力的合力提供,即  $F_1 - F_2$ 。

(3)对小球 A 有  $F_2 = m\omega^2 r_A$ ,对小球 B 有  $F_1 - F_2 = m\omega^2 r_B$ ,又  $r_A = 2r_B$ ,所以  $F_1 : F_2 = 3 : 2$ 。

#### 任务四

提示:(1)抛石机支架的高度  $h_1 = L \sin \alpha = 2.5 \text{ m}$

石块的抛出点与 P 点的竖直高度差为

$h_2 = h + h_1 + L - H = 9.5 \text{ m} + 2.5 \text{ m} + 5 \text{ m} - 12 \text{ m} = 5 \text{ m}$

石块被抛出后做平抛运动,则  $h_2 = \frac{1}{2}gt^2, x = vt$

解得石块刚被抛出时的速度大小  $v = 20 \text{ m/s}$ 。

(2)石块转到最高点时,由牛顿第二定律得

$mg + F = m \frac{v^2}{L}$

解得  $F = 350 \text{ N}$

由牛顿第三定律知石块转到最高点时,对弹袋竖直方向作用力的大小  $F' = F = 350 \text{ N}$ 。

(3)当长臂转到水平位置时,对石块在竖直方向上有

$F_1 - mg = ma$

解得竖直方向上弹袋对石块作用力的大小  $F_1 = 150 \text{ N}$

当长臂转到水平位置时,对石块在水平方向上有

$F_2 = m \frac{v_2^2}{L} = 25 \text{ N}$

所以当长臂转到水平位置时,弹袋对石块作用力的大小为

$F_3 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = 25\sqrt{37} \text{ N}$ 。

### 【活动达标】

1.D 解析:根据角速度与周期的关系有  $\omega = \frac{2\pi}{T} =$

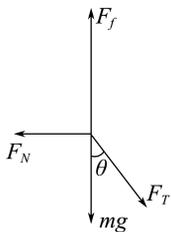
$\frac{\pi}{3} \text{ rad/s}$ ,解得  $T = 6 \text{ s}$ ,故 A 错误;设悬绳与竖直方向的

夹角为  $\theta$ ,有  $mg \tan \theta = m\omega^2 (L \sin \theta + 2)$ ,当  $\theta = 53^\circ$  时,

$\omega \neq \frac{\pi}{3} \text{ rad/s}$ ,故 B 错误;当  $\theta = 37^\circ$  时, $\omega = \frac{\sqrt{6}}{2} \text{ rad/s}$ ,故 D

正确;根据角速度与线速度的关系,有  $v = \omega (L \sin \theta + 2)$ ,由于  $\theta$  会改变,故  $v$  与  $\omega$  不是正比关系,故 C 错误。

2.B 解析:匀速转动时,配重做曲线运动,所受合力不为零,A 错误。若增大转速,配重做圆周运动的半径变大,绳与竖直方向间的夹角  $\theta$  将增大,对腰带受力分析如图所示,可得  $mg = F_T \cos \theta, F_T \sin \theta = F_n$ ,可知增大转速,绳的张力  $F_T$  增大。



腰带受到腰的支持力为  $F_N = F_T \sin \theta$ , 即增大转速, 腰带受到腰的弹力增大, 根据作用力与反作用力, 腰受到腰带的弹力也增大, B 正确。若配重某时刻滑落, 其将沿切线方向做平抛运动, C 错误。由受力分析可知, 配重与腰带不会在同一水平高度做圆周运动, D 错误。

3.A 解析: 最低点处的小球受竖直向下的重力  $mg$  和杆的作用力  $F$ , 两者合力提供向心力, 合力方向向上, 有  $F - mg = m \frac{v_0^2}{R}$ , 则  $F$  一定为拉力, A 正确。

4.BD 解析: 木块 A 以角速度  $\omega$  做匀速圆周运动时的向心力由细绳对 A 的拉力提供, 大小等于木块 B 所受的重力, 而木块 B 所受重力不变, 所以转台角速度增大时, 木块 A 需要的向心力大于 B 所受的重力, A 做离心运动, 故 B 正确; 转台角速度减小时, 木块 A 需要的向心力小于木块 B 所受的重力, A 将靠近圆心, 故 D 正确。

5.D 解析: 电梯沿斜直轨道匀速下行时, 运动员处于平衡状态, 故运动员不处于失重状态, A 错误; 电梯刚向下启动时, 有斜向下的加速度, 则合力方向斜向下, 而只有重力和支持力时, 合力只能在竖直方向上, 故必有摩擦力存在, 则电梯刚向下启动时, 运动员不止受两个力作用, B 错误; 电梯匀速率下行时, 斜直轨道上, 人受力平衡, 重力等于支持力, C 错误; 通过圆弧轨道时, 由牛顿第二定律可得  $mg - F_N = ma = m \frac{v^2}{r}$ , 故可知运动员受到地板的弹力小于他的重力, D 正确。

6.解析: (1) 由题意可知, B 球受到的弹簧弹力提供 B 球做匀速圆周运动的向心力, 设弹簧伸长量为  $\Delta L$ , 满足  $k \Delta L = m_2 \omega^2 (L_1 + L_2)$

$$\text{解得弹簧伸长量 } \Delta L = \frac{m_2 \omega^2 (L_1 + L_2)}{k}.$$

(2) 对 A 球分析, 细线的弹力和弹簧弹力的合力提供 A 球做匀速圆周运动的向心力, 满足  $F - k \Delta L = m_1 \omega^2 L_1$

$$\text{所以细线的弹力 } F = m_2 \omega^2 (L_1 + L_2) + m_1 \omega^2 L_1 = (m_1 L_1 + m_2 L_1 + m_2 L_2) \omega^2.$$

(3) 细线烧断的瞬间, A、B 两球都由弹簧的弹力提供加速度, 则

$$\text{对 A 球有 } k \Delta L = m_1 a_1$$

$$\text{解得 } a_1 = \frac{m_2 \omega^2 (L_1 + L_2)}{m_1}$$

$$\text{对 B 球有 } k \Delta L = m_2 a_2$$

$$\text{解得 } a_2 = \omega^2 (L_1 + L_2).$$

$$\text{答案: (1) } \frac{m_2 \omega^2 (L_1 + L_2)}{k}$$

$$(2) (m_1 L_1 + m_2 L_1 + m_2 L_2) \omega^2$$

$$(3) \frac{m_2 \omega^2 (L_1 + L_2)}{m_1} \quad \omega^2 (L_1 + L_2)$$

7.解析: (1) 人和车从平台飞出后做平抛运动, 根据平抛运动的规律可得, 竖直方向上有  $H = \frac{1}{2} g t^2$ , 水平方向上有

$$s = vt, \text{ 可得 } s = v \sqrt{\frac{2H}{g}} = 4 \times \sqrt{\frac{2 \times 0.8}{10}} \text{ m} = 1.6 \text{ m}.$$

(2) 摩托车落至 A 点时其竖直方向的分速度

$$v_y = gt = 4 \text{ m/s}$$

到达 A 点时的速度

$$v_A = \sqrt{v^2 + v_y^2} = \sqrt{4^2 + 4^2} \text{ m/s} = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$$

设摩托车落地时速度方向与水平方向的夹角为  $\alpha$ , 则  $\tan$

$$\alpha = \frac{v_y}{v} = 1, \text{ 即 } \alpha = 45^\circ, \text{ 所以 } \theta = 2\alpha = 90^\circ.$$

(3) 在最低点 O, 对人和车进行受力分析可知, 人和车受到的指向圆心方向的合力提供其做圆周运动所需的向心力, 所以有  $F_N - mg = m \frac{v'^2}{R}$

$$\text{当 } v' = 6 \text{ m/s 时, 解得 } F_N = 5600 \text{ N}$$

由牛顿第三定律可知, 人和车在最低点 O 时对轨道的压力为 5600 N。

$$\text{答案: (1) } 1.6 \text{ m} \quad (2) 4\sqrt{2} \text{ m/s} \quad 90^\circ \quad (3) 5600 \text{ N}$$

## 第三章 万有引力定律

### 1 天体运动

#### 问题式预习

知识点一

1. 盖天 浑天 宣夜 昕天 穹天 安天

2. 浑天说 3. 浑天仪

知识点二

①地球 ②地球 ③太阳 ④太阳 ⑤匀速圆周 ⑥第谷

[科学思维]

提示: 他的观点错误, 造成“太阳东升西落”的原因是地球的自转, 实际上地球是绕太阳运动的, 而非太阳绕地球运动。

[判一判]

(1) × (2) ×

知识点三

①椭圆 ②焦点 ③相等的时间 ④相等的面积

⑤半长轴 ⑥公转周期 ⑦一个常量

### [科学思维]

提示:由开普勒第二定律可知,由于在相等的时间内,行星与太阳的连线扫过相等的面积,显然相距较近时相等时间内经过的弧长必须较长,因此运动速率较大。

### [判一判]

(1)× (2)× (3)√

## 任务型课堂

### 任务一

1.D 2.BC

3.C 解析:根据开普勒行星运动定律,火星和木星沿各自的椭圆轨道绕太阳运行,太阳位于椭圆的一个焦点上,选项 A 错误;不同行星绕太阳运行的轨道不同,周期不同,运行速度的大小也不同,选项 B 错误;由行星运行的轨道半长轴的三次方与公转周期的二次方之比是一个常量推测可知,选项 C 正确;火星与太阳连线在相同时间内扫过的面积相等,木星与太阳连线在相同时间内扫过的面积相等,但这两个面积不相等,选项 D 错误。

4.B 解析:由开普勒第二定律可知,地球在椭圆轨道上运动的速率不断变化。地球经过近日点时速率大,所以在冬至前后,地球绕太阳的运行速率较大,A 错误,B 正确;地球经过近日点时速率大,经过远日点时速率小,故春夏两季比秋冬两季时间长,C、D 错误。

5.C 解析:由开普勒第一定律可知,地球处于椭圆的一个焦点上,选项 A 错误;根据开普勒第二定律可知,在 A→B→C 的过程中,卫星与地球间的距离逐渐变大,速率逐渐变小,选项 B 错误;卫星由 A→B→C 所用的时间是半个周期,这段运动过程中,速率逐渐变小,而 A→B、B→C 的路程相等,所以卫星在 A→B 过程所用的时间小于在 B→C 过程所用的时间,则卫星在 A→B 过程所用的时间小于  $\frac{T_0}{4}$ ,选项 C 正确;根据开普勒第二定律可知,卫星的速率在 C 点有最小值,选项 D 错误。

### 任务二

#### 【探究活动】

提示:(1)由题图可知,地球到太阳的距离小于火星到太阳的距离,根据开普勒第三定律可得,火星的公转周期更长一些。

(2)由开普勒第三定律有  $\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$ ,要计算火星公转周期,还需知道地球、火星各自轨道的半长轴。

#### 【评价活动】

1.D

2.B 解析:根据开普勒第二定律可知,在相等时间内行星

与太阳的连线扫过的面积相等,即在很短的时间  $t$  内有

$$\frac{1}{2}a \cdot v_a t = \frac{1}{2}b \cdot v_b t, \text{解得 } v_b = \frac{a}{b}v_a, \text{故选 B。}$$

3.C 解析:根据开普勒第三定律可知  $\frac{r_{\text{行}}^3}{T_{\text{行}}^2} = \frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2}$ ,其中  $r_{\text{地}} = 1 \text{ AU}, T_{\text{地}} = 1 \text{ 年}, T_{\text{行}} = 5.8 \text{ 年}$ ,代入解得  $r_{\text{行}} \approx 3.23 \text{ AU}$ ,可知该小行星的公转轨道半径应介于火星与木星的公转轨道半径之间。故 C 正确。

4.解析:所有人造地球卫星在绕地球运转时,都遵循开普勒第三定律。因此,对这两颗卫星有  $\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2}$ ,所以它们的

$$\text{运行周期之比 } \frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\frac{3}{2}}。$$

$$\text{答案: } \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^{\frac{3}{2}}$$

5.解析:将地球的公转轨道半径近似成椭圆轨道的半长轴,设其周期为  $T_1$ ,半长轴为  $r_1$ ;哈雷彗星的周期为  $T_2$ ,轨道半长轴为  $r_2$ 。根据开普勒第三定律有  $\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$

$$\text{已知 } r_2 = 17.8r_1, T_1 = 1 \text{ 年}$$

$$\text{可求得哈雷彗星的公转周期为 } T_2 = \sqrt{\frac{r_2^3}{r_1^3}} \times T_1 \approx 75 \text{ 年}$$

所以它下次飞近地球是在 2061 年。

答案:2061 年

## 2 万有引力定律

### 问题式预习

#### 知识点一

1.吸引力 地心 2.(1)地球 (2)引力 (3)太阳

#### [科学思维]

提示:属于建立理想化物理模型的方法,目的是简化对问题的分析过程,降低对问题分析的难度。由于太阳系中行星绕太阳做椭圆运动的椭圆轨迹的两个焦点靠得很近,椭圆非常接近于圆,因此在现阶段只要没有特殊说明,我们就将天体的运动看作匀速圆周运动。

#### 知识点二

$$1.4\pi^2 \left(\frac{r^3}{T^2}\right) \frac{m}{r^2} \quad \frac{Mm}{r^2} \quad \frac{GMm}{r^2}$$

3.(1)正比 反比

#### [判一判]

(1)× (2)√ (3)√

#### 知识点三

1.卡文迪许 2.(1)质量 距离

#### [做一做]

CD 解析:引力常量在数值上等于两个质量均为 1 kg 的

质点相距 1 m 时的相互吸引力的大小,而引力常量不能说是两质点间的吸引力,故 A 项错误;牛顿发现了万有引力定律,但他并未测出引力常量,引力常量是卡文迪许巧妙地利用扭秤装置,第一次在实验室中比较精确地测出的,故 B 项错误;引力常量的确定,不仅证明了万有引力的存在,而且使人们可以测出天体的质量,这也是测出引力常量的意义所在,故 C、D 两项正确。

### 任务型课堂

#### 任务一

1.AD 2.AB 3.AD

4.BD 解析:由  $F = \frac{GMm}{r^2}$  可知,太阳对行星的引力大小与  $m$ 、 $r$  有关,对同一行星, $r$  越大, $F$  越小,选项 B 正确;对不同行星, $r$  越小, $F$  不一定越大,还要考虑行星的质量,选项 A 错误;公式中  $G$  为比例系数,是一常量,与  $F$ 、 $r$ 、 $M$ 、 $m$  均无关,选项 C 错误;通常在研究中,行星绕太阳运行的椭圆轨道可近似看成圆形轨道,向心力由太阳对行星的引力提供,选项 D 正确。

#### 任务二

1.CD 2.AC 3.B 4.D

5.A 解析:物体间的万有引力是一对相互作用力,是同种性质的力,且始终等大、反向,故 A 正确,D 错误。当物体间距离趋于零时,物体就不能看成质点,物体间的万有引力不会变得无穷大,B 错误;两物体间万有引力的大小只与各自的质量  $m_1$ 、 $m_2$  和两者间的距离  $r$  有关,与是否存在其他物体无关,故 C 错误。

#### 任务三

##### 【探究活动】

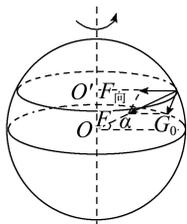
提示:(1)根据万有引力定律  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  可知,人在地球上的不同位置,受到的万有引力大小一样。

(2)重力是万有引力的一个分力,由于人随地球转动,还需要向心力,在地球的不同位置,向心力不同;根据受力分析可知,人在地球的不同位置,受到的重力大小不一样。

##### 【评价活动】

1.ABC 2.D 3.D

4.解析:(1)如图所示为物体在某一纬度为  $\alpha$  的位置的示意图, $O$  为地心, $O'$  为物体随地球自转的轨道圆心, $F_{向}$  为向心力(实际上, $F_{向}$  很小,图为显著适当画长), $F$  为地球引力,则有  $F_{向} = m\omega^2 r = m\omega^2 R \cos \alpha$ 。



对于在某一纬度上的物体  $m$ ,当  $\omega$  增大时, $F_{向}$  增大,而引力  $F$  一定,根据平行四边形定则可知重力  $G_0$  将减小,即地球自转加快时,重力将减小。

(2)对于在赤道上的物体, $\alpha = 0$ , $F_{向} = m\omega^2 R$ ,且  $F_{向}$ 、 $G_0$ 、 $F$  均指向  $O$ ,在同一直线上,则有

$$G_0 = F - F_{向} = G \frac{Mm}{R^2} - m\omega^2 R$$

$$\text{令 } G_0 = 0, \text{ 则 } \omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{(6.37 \times 10^6)^3}} \text{ rad/s} \approx$$

$$1.24 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$$

所以当地球自转角速度为  $1.24 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$  时,赤道上的物体重力为零(完全失重)。

答案:(1)重力将减小 (2) $1.24 \times 10^{-3} \text{ rad/s}$

## 3 预言未知星体 计算天体质量

### 问题式预习

#### 知识点一

1.哈雷彗星 2.近日点

#### 知识点二

1.万有引力定律 2.海王星

#### 【判一判】

(1)× (2)√ (3)√

#### 【做一做】

B 解析:海王星是运用万有引力定律并经过大量的计算后发现的,天王星不是计算发现的,故 A 错误。在 18 世纪已经发现的七颗行星中,人们发现第七颗行星——天王星的运动轨道总是同根据万有引力定律计算出来的结果有比较大的偏差,于是有人推测,在天王星轨道外还有一颗行星,是它的存在引起了上述偏差,故 B 正确。第八颗行星是在 1843 年至 1845 年间被英国剑桥大学的学生亚当斯和法国天文爱好者勒维耶预言的,并由伽勒于 1846 年观测发现,也就是海王星,故 C、D 错误。

#### 知识点三

1.万有引力  $\frac{gR^2}{G}$

2.万有引力  $\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$  轨道半径 周期

#### 【科学思维】

提示:能求出地球的质量,不能求出月球的质量。利用

$$G \frac{m_{地} m_{月}}{r^2} = m_{月} \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r, \text{ 求出地球(中心天体)的质量}$$

$$m_{地} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}。 \text{ 做圆周运动的月球(环绕天体)的质量 } m_{月}$$

在等式中已消掉,所以根据月球的公转周期  $T$ 、公转半径  $r$ ,无法求出月球的质量。

[判一判]

(1)× (2)× (3)√

### 任务型课堂

#### 任务一

##### 【探究活动】

提示:(1)若知道自己的重力,就能结合自己的质量确定该处地球的重力加速度  $g$ ,再结合地球的半径和引力常量  $G$ ,就能依据  $mg = G \frac{Mm}{R^2}$  计算出地球的质量。

(2)地球绕太阳转动时,向心力由万有引力提供,根据  $\frac{GMm}{r^2} = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r$  可求出太阳的质量。

##### 【评价活动】

1.ABC 2.D 3.D

4.解析:(1)设卫星的质量为  $m$ ,天体的质量为  $M$ ,卫星贴

近天体表面运动时有  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} R$

解得  $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT_1^2}$

天体的体积为  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$

故该天体密度为  $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3\pi}{GT_1^2}$

(2)卫星距该天体表面的高度为  $h$  时,有

$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{4\pi^2}{T_2^2} (R+h)$

解得  $M = \frac{4\pi^2 (R+h)^3}{GT_2^2}$

故该天体密度为  $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3\pi(R+h)^3}{GT_2^2 R^3}$

答案:(1)  $\frac{3\pi}{GT_1^2}$  (2)  $\frac{3\pi(R+h)^3}{GT_2^2 R^3}$

#### 任务二

##### 【探究活动】

提示:(1)它们所需的向心力由彼此间的万有引力相互提供。

(2)它们的周期及角速度都相同,即  $T_1 = T_2, \omega_1 = \omega_2$ 。

(3)两个天体的运动半径  $r_1, r_2$  与它们间距  $L$  的关系为  $r_1 + r_2 = L$ 。

##### 【评价活动】

1.BD 2.BC 3.D

4.解析:双星间的万有引力提供了各自做圆周运动的向心

力,对 A 有  $\frac{Gm_1 m_2}{L^2} = m_1 r_1 \omega^2$

对 B 有  $\frac{Gm_1 m_2}{L^2} = m_2 r_2 \omega^2$

且  $r_1 + r_2 = L$

解得  $r_1 = \frac{Lm_2}{m_1 + m_2}, r_2 = \frac{Lm_1}{m_1 + m_2}$

由  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 r_1 \frac{4\pi^2}{T^2}$  及  $r_1 = \frac{Lm_2}{m_1 + m_2}$  得

周期  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 L^3}{G(m_1 + m_2)}}$

答案:  $\frac{Lm_2}{m_1 + m_2} \quad \frac{Lm_1}{m_1 + m_2} \quad \sqrt{\frac{4\pi^2 L^3}{G(m_1 + m_2)}}$

5.解析:要保持两天体间的距离  $L$  不变,二者做圆周运动的角速度  $\omega$  必须相同,故二者轨迹圆的圆心均为  $O$  点,设二者圆周运动的轨道半径分别为  $R_1$  和  $R_2$ 。

(1)对两天体,分别由万有引力提供向心力得

$$G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 R_1 \omega^2 \quad ①$$

$$G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_2 R_2 \omega^2 \quad ②$$

$$\text{故 } \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

因为  $v = \omega R$

$$\text{所以 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

$$(2) \text{由 } ① \text{ 式得 } \omega^2 = \frac{Gm_2}{L^2 R_1} = \frac{Gm_2}{L^2 (L - R_2)}$$

$$\text{由 } ② \text{ 式得 } R_2 = \frac{Gm_1}{L^2 \omega^2}$$

$$\text{联立解得 } \omega = \sqrt{\frac{G(m_1 + m_2)}{L^3}}$$

答案:(1)见解析 (2)  $\sqrt{\frac{G(m_1 + m_2)}{L^3}}$

## 4 人造卫星 宇宙速度

### 问题式预习

知识点一

1.足够大 人造地球卫星 2.ma

[科学思维]

(1)地球的球心 卫星到地球球心

$$(2) 24 \text{ h} \quad (3) 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

[判一判]

(1)× (2)× (3)√

知识点二

1.第一宇宙速度 7.9

2.最小 11.2

3.太阳 太阳系 16.7

[科学思维]

提示:建立匀速圆周运动的模型。卫星绕地球做匀速圆周运动,由万有引力(重力)提供向心力;卫星运行的轨道半径  $r$  近似等于地球半径  $R$ 。

推导依据:  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$  或  $mg = m \frac{v^2}{R}$ 。

[判一判]

(1)× (2)√ (3)×

**任务型课堂**

**任务一**

**【探究活动】**

提示:(1)当抛出速度较小时,物体做平抛运动。当物体刚好不落回地面时,物体绕地球做匀速圆周运动。

(2)若物体刚好不落回地面,应绕地球做匀速圆周运动,由万有引力提供向心力,则有  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ,解得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

(3)当物体紧贴地面飞行时,  $r=R$ ,则有

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

**【评价活动】**

1.D 2.D

3.BD 解析:地球上的第一宇宙速度等于卫星在近地轨道

的环绕速度,根据万有引力定律知  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ ,结合

$$mg = \frac{GMm}{R^2} \text{ 得第一宇宙速度 } v = \sqrt{gR}, \text{ 又 } g_{月} = \frac{1}{6} g_{地},$$

$R_{月} = \frac{1}{4} R_{地}$ ,可知返回舱相对月球的速度小于地球上的

第一宇宙速度,选项 A 错误,B 正确;根据万有引力定律

知,在近地(月)轨道上有  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$ ,又  $GM = gR^2$ ,

$$\text{得 } T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{g}}, \text{ 可得 } \frac{T_{月}}{T_{地}} = \sqrt{\frac{R_{月}}{R_{地}}} \cdot \sqrt{\frac{g_{地}}{g_{月}}} = \sqrt{\frac{3}{2}}, \text{ 可知}$$

选项 C 错误,D 正确。

4.解析:设小行星的第一宇宙速度为  $v_2$ ,其质量为  $M$ ,地球

$$\text{质量为 } M_0, \text{ 则有 } G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v_2^2}{R}, \text{ 得 } v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$\text{而地球第一宇宙速度 } v_1 = \sqrt{\frac{GM_0}{R_0}}$$

$$M = \frac{4}{3} \rho \pi R^3, M_0 = \frac{4}{3} \rho \pi R_0^3$$

$$\text{故 } \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{MR_0}{M_0 R}} = \sqrt{\frac{R^2}{R_0^2}} = \frac{R}{R_0}$$

$$\text{所以 } v_2 = \frac{R v_1}{R_0} = \frac{16 \times 8}{6400} \text{ km/s} = 20 \text{ m/s}.$$

答案:20 m/s

5.解析:根据匀变速直线运动的规律可得,该星球表面的重

$$\text{力加速度为 } g = \frac{2v}{t}$$

该星球的第一宇宙速度  $v_1$  即为卫星绕其表面做匀速圆周运动的线速度,该星球对卫星的引力(重力)提供卫星

$$\text{做圆周运动的向心力,则 } mg = \frac{m v_1^2}{R}$$

$$\text{该星球的第一宇宙速度为 } v_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{\frac{2vR}{t}}$$

$$\text{答案: } \sqrt{\frac{2vR}{t}}$$

**任务二**

**【探究活动】**

提示:(1)卫星所受的向心力由地球对其的万有引力提供,故所有卫星的轨道平面都经过地心。

$$(2) \text{ 由 } G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r \text{ 得 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \omega =$$

$$\sqrt{\frac{GM}{r^3}}, T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}, \text{ 可知卫星的线速度、角速度、周期等}$$

与地球质量及其轨道半径有关。

**【评价活动】**

1.A 2.BD 3.A

4.AC 解析:探月航天器在接近月球表面的轨道上飞行,

$$\text{万有引力提供向心力,有 } G \frac{Mm}{R^2} = ma = m \frac{v^2}{R} = m \omega^2 R =$$

$$m \frac{4\pi^2}{T^2} R, \text{ 可得 } a = \frac{GM}{R^2}, v = \sqrt{\frac{GM}{R}}, \omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}, T =$$

$$2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}, \text{ 所以 A 正确,D 错误;又由于不考虑月球自转}$$

$$\text{的影响,则 } G \frac{Mm}{R^2} = mg, \text{ 即 } GM = gR^2, \text{ 因此 } \omega = \sqrt{\frac{g}{R}},$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}, \text{ 所以 B 错误,C 正确。}$$

5.解析:火星和地球均绕太阳做匀速圆周运动,太阳对它们的万有引力提供向心力。

$$(1) \text{ 由 } \frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \text{ 得, } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

地球轨道半径  $r_{地}$  小于火星轨道半径  $r_{火}$ ,地球的速度大。

$$(2) \text{ 由 } \frac{GMm}{r^2} = m r \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \text{ 得 } T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

则  $T_{地} < T_{火}$ , 由于  $T_{地} = 1$  年, 则  $T_{火} > 1$  年, 因此经过 1 年后火星还没有回到原位置。

答案: (1) 地球 (2) 没有回到原位置

### 任务三

1.B 2.B 3.D

4.BD 解析: 地球同步卫星由万有引力提供向心力, 得

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m(R+h) \frac{4\pi^2}{T^2}, \text{ 所以 } h = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R, \text{ A 错误;}$$

第一宇宙速度是最大的环绕速度, B 正确; 同步卫星

运动的向心力等于万有引力, 应为  $F = \frac{GMm}{(R+h)^2}$ , C 错误;

同步卫星的向心加速度为  $a = \frac{GM}{(R+h)^2}$ , 地球表面的

重力加速度  $g = \frac{GM}{R^2}$ , 所以  $g > a$ , D 正确。

## 单元活动 3

### 【任务引导】

#### 任务一

提示: (1) 球体挖去一部分后, 不再是规则球体, 不能直接应用万有引力定律进行计算。

(2) 设想将被挖部分重新补回, 则完整球体对质点  $P$  的万有引力为  $F$ , 可以看作是剩余部分对质点  $P$  的万有引力  $F_1$  与被挖的“小球”对质点的万有引力  $F_2$  的合力, 即  $F = F_1 + F_2$ 。

#### 任务二

提示: (1) 在题图甲的形式中, 运转的星体由其余两颗星体

对其引力的合力提供向心力,  $F_{\text{合}} = \frac{Gm^2}{r^2} + \frac{Gm^2}{(2r)^2} = \frac{5Gm^2}{4r^2}$ ;

在题图乙的形式中, 每颗星体运行所需的向心力都由其余

两颗星体对其引力的合力来提供, 有  $F_{\text{合}} = \frac{Gm^2}{L^2} \times 2 \times$

$$\cos 30^\circ, \text{ 其中 } L = 2r \cos 30^\circ, \text{ 则 } F_{\text{合}} = \frac{\sqrt{3}Gm^2}{3r^2}.$$

(2) 在题图甲的形式中, 运转的两颗星体转动的方向相同, 周期、角速度与线速度的大小相等。在题图乙的形式中, 三颗星体转动的方向相同, 周期、角速度与线速度的大小相等。

#### 任务三

提示: (1) 宇宙飞船做匀速圆周运动的向心力是由地球对它

的万有引力提供的, 由牛顿第二定律有  $\frac{Gm_{地}m}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ , 得

$$v = \sqrt{\frac{Gm_{地}}{R}}, \text{ 其中 } m_{地} \text{ 为地球质量, } R \text{ 为飞船的轨道半径。}$$

(2) 如果加速, 飞船会做离心运动, 在更高轨道稳定后, 由

$$v = \sqrt{\frac{Gm_{地}}{R}} \text{ 知, 速度会变小, 无法完成对接。}$$

(3) 要想完成对接, 飞船应先减速, 轨道半径减小后, 速度增大了, 故在低轨道上飞船可接近或超过空间站。当飞船运动到合适的位置后再加速, 则其轨道半径增大, 同时速度减小, 当刚好运动到空间站所在轨道处与空间站相遇, 并使飞船的速度刚好等于空间站的速度, 即可完成对接。

### 任务四

提示: (1) A、B、C 都是以地球球心为圆心做匀速圆周运动; A、B 做匀速圆周运动的半径近似相同, 都为地球的半径  $R$ ; A、C 做匀速圆周运动过程中角速度和周期相同。

(2) B、C 是卫星, 均由万有引力提供向心力, 有  $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$ ; 而赤道上的 A 随地球自转做圆周运动需要的向心力

很小, 是万有引力的一个分力,  $G \frac{Mm}{R^2} \neq m \frac{v^2}{R}$ 。

(3) B、C 是卫星, 均由万有引力提供向心力, 有  $\frac{GMm}{r^2} =$

$ma$ , 所以  $a = \frac{GM}{r^2}$ , 得  $\frac{a_B}{a_C} = \frac{r^2}{R^2}$ ; A、C 有相同的角速度, 由

$$a = \omega^2 r \text{ 得 } \frac{a_A}{a_C} = \frac{R}{r}.$$

### 任务五

提示: (1) 根据  $\frac{GMm}{r^2} = m\omega^2 r$  得  $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ , 判断出  $\omega_A < \omega_B$ 。

(2) 它们再一次在同一直线上时, B 比 A 多转了一圈, 即  $2\pi$ , 则  $(\omega_B - \omega_A)t = 2\pi$ ,  $t = \frac{2\pi}{\omega_B - \omega_A}$ 。

(3) 它们再一次在同一直线上且分居地球两侧时, B 比 A 多转了半圈, 即  $\pi$ , 则  $(\omega_B - \omega_A)t = \pi$ ,  $t = \frac{\pi}{\omega_B - \omega_A}$ 。

### 【活动达标】

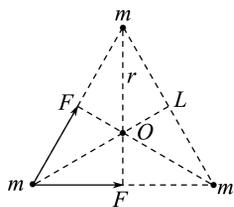
1.C 解析: 原来球体和质点  $P$  间的万有引力为  $F$ , 挖去半径为  $\frac{R}{2}$  的球体的质量为原来球体质量的  $\frac{1}{8}$ , 其他条件不变, 故剩余部分对质点  $P$  的万有引力为  $F - \frac{F}{8} = \frac{7}{8}F$ , C 项正确。

2.D 解析: 把整个球体对质点的引力看成挖去的小球体和剩余部分对质点的引力之和。其中完整的均匀球体对球外质点  $m$  的引力为  $F_1 = \frac{GMm}{(2R)^2} \cdot 2\cos 30^\circ = \frac{GMm}{4R^2} \cdot$

$2\cos 30^\circ$ , 此力可以看成挖去后的剩余部分对质点的引力  $F_2$  与半径为  $\frac{R}{2}$  的小球对质点的引力  $F'$  之和, 即  $F_1 = F_2$

+  $F'$ . 因半径为  $\frac{R}{2}$  的小球质量  $M' = \frac{4}{3}\pi \cdot \left(\frac{R}{2}\right)^3 \cdot \rho = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{R}{2}\right)^3 \cdot \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{M}{8}$ , 则有  $F' = G \frac{\frac{1}{8}Mm}{\left(\frac{3}{2}R\right)^2} \cdot 2\cos 30^\circ = \frac{GMm}{18R^2} \cdot 2\cos 30^\circ$ , 所以挖去后的剩余部分对球外质点的引力为  $F_2 = F_1 - F' = \left(\frac{GMm}{4R^2} - \frac{GMm}{18R^2}\right) \cdot 2\cos 30^\circ = \frac{7GMm}{36R^2} \cdot 2\cos 30^\circ$ , 所以有  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{7}{9}$ , 故 D 正确, A、B、C 错误.

3.C 解析: 任意两星体间的万有引力  $F = G \frac{m^2}{L^2}$ , 对任意一星体进行受力分析, 如图所示, 由图中几何关系知  $r = \frac{\sqrt{3}}{3}L$ ,  $F_{\text{合}} = 2F\cos 30^\circ = \sqrt{3}F$ , 由牛顿第二定律和向心力公式可得  $F_{\text{合}} = m\omega^2 r$ , 联立可得  $\omega = \sqrt{\frac{3Gm}{L^3}}$ ,  $a = \omega^2 r = \frac{\sqrt{3}Gm}{L^2}$ , 故 A、B 两项错误; 由周期公式可得  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L^3}{3Gm}}$ ,  $L$  和  $m$  都变为原来的 2 倍, 则周期  $T' = 2T$ , 故 C 项正确; 由速度公式可得  $v = \omega r = \sqrt{\frac{Gm}{L}}$ ,  $L$  和  $m$  都变为原来的 2 倍, 则线速度  $v' = v$ , 大小不变, 故 D 项错误.



4.ACD 解析: 四星系统中, 其中一颗星体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; 在每颗星体表面, 根据万有引力近似等于重力, 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  $\frac{Gm^2}{(\frac{\sqrt{2}}{2}a)^2} + \frac{\sqrt{2}Gm^2}{a^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{\sqrt{2}a}{2}$ , 解得  $T = 2\pi a \sqrt{\frac{2a}{(4+\sqrt{2})Gm}}$ , 故 D 正确.

5.B 解析: 卫星在圆轨道上做匀速圆周运动时有  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ,  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 因为  $r_1 < r_3$ , 所以  $v_1 > v_3$ , A 项错误; 由开普勒第三定律知  $T_3 > T_2$ , B 项正确; 卫星在 Q 点从轨道 1 到轨道 2 做离心运动, 所以在 Q 点  $v_{2Q} > v_{1Q}$ , C 项错误; 在同一点 P, 由  $\frac{GMm}{r^2} = ma_n$  知, 卫星在轨道 2 上经过 P 点的加速度等于它在轨道 3 上经过 P 点的加速度, D 项错误.

6.A 解析: 变轨前后, 根据  $a = \frac{GM}{r^2}$  可知, 空间站在 P 点的加速度相同, A 正确; 由于变轨后的轨道半长轴大于变轨前的轨道半径, 则根据开普勒第三定律可知, 空间站变轨后的运动周期比变轨前的大, B 错误; 变轨时, 空间站喷气加速, 因此变轨后其在 P 点的速度比变轨前的大, C 错误; 变轨后, 空间站在近地点的速度最大, 大于变轨后在 P 点的速度, 结合 C 项分析可知, 变轨后空间站在近地点的速度大于变轨前的速度, D 错误.

7.C 解析: 对地球同步卫星, 根据万有引力定律可得  $\frac{GMm}{r^2} = ma_2$ , 解得地球的质量  $M = \frac{a_2 r^2}{G}$ , 故 A、B 错误. 地球赤道上的物体和地球同步卫星的角速度相等, 根据  $a = \omega^2 r$  知,  $a_1 < a_2$ ; 对于地球近地卫星有  $\frac{GMm}{R^2} = mg$ , 得  $g = \frac{GM}{R^2}$ , 对于地球同步卫星有  $\frac{GMm}{r^2} = ma_2$ , 得  $a_2 = \frac{GM}{r^2}$ , 因为  $r > R$ , 所以  $a_2 < g$ , 综合得  $g > a_2 > a_1$ , 故 C 正确. 地球赤道上的物体与地球同步卫星角速度相同, 则根据  $a = \omega^2 r$ , 地球赤道上的物体与地球同步卫星的向心力加速度大小之比  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{R}{r}$ , 故 D 错误.

8.B 解析: 同步卫星的周期与地球自转周期相同, 角速度相同, 根据  $a = \omega^2 r$  可知, 卫星 c 的向心加速度大于卫星 a 的向心加速度, 已知近地轨道上的卫星, 可近似认为向心力是由重力提供的, 故 b 的向心加速度约为  $g$ , 由  $\frac{GMm}{r^2} = ma$  知,  $a = \frac{GM}{r^2}$ , 轨道半径越大, 向心加速度越小, 则卫星 c 的向心加速度小于卫星 b 的向心加速度, 卫星 a 的向心加速度小于重力加速度  $g$ , A 项错误; 万有引力提供卫星做圆周运动所需的向心力, 由牛顿第二定律和向心力公式得  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 卫星轨道半径越大, 速度越小, 则 b 的速度最大, 在相同时间内

转过的弧长最长, B 项正确; 卫星  $c$  是地球同步卫星, 周期是 24 h, 卫星  $c$  在 4 h 内转过的圆心角是  $\frac{\pi}{3}$ , C 项错误; 根据  $\frac{GMm}{r^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$  得  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ , 轨道半径越大, 周期越大, 则卫星  $d$  的周期大于卫星  $c$  的周期, 大于 24 h, D 项错误。

9. C 解析: 由开普勒第三定律得  $\frac{r_A^3}{T_A^2} = \frac{r_B^3}{T_B^2}$ , 故  $T_B =$

$$\sqrt{\left(\frac{r_B}{r_A}\right)^3} T_A = \frac{T_0}{\sqrt{k^3}},$$

设两卫星至少经过时间  $t$  距离达到

最远, 即  $B$  比  $A$  多转半圈, 有  $\frac{t}{T_B} - \frac{t}{T_A} = \frac{1}{2}$ , 又  $T_A = T_0$ ,

$$\text{解得 } t = \frac{T_0}{2(\sqrt{k^3} - 1)}, \text{ C 项正确, A、B、D 项错误。}$$

10. A 解析: 设甲、乙卫星的周期分别为  $T_1$ 、 $T_2$ , 由

$$\left(\frac{2\pi}{T_1} - \frac{2\pi}{T_2}\right) \cdot 9\text{ h} = 2\pi, T_1 = 9\text{ h}, \text{ 解得 } \frac{T_2}{T_1} = \frac{9}{8};$$

根据开普勒定律得  $\frac{r_2}{r_1} = \left(\frac{9}{8}\right)^{\frac{2}{3}}$ , 线速度的大小为  $v = \frac{2\pi r}{T}$ ,

$$\text{则 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{8}{9}\right)^{\frac{2}{3}} \times \frac{9}{8} = \frac{\sqrt[3]{9}}{2}, \text{ A 正确。}$$

11. 解析: 设想将被挖部分重新补回, 则完整球体对质点  $Q$

的万有引力为  $F_1$ , 可以看作是剩余部分对质点  $Q$  的万有引力  $F$  与被挖小球对质点  $Q$  的万有引力  $F_2$  的合力, 即  $F_1 = F + F_2$

设被挖小球的质量为  $M'$ , 其球心到质点间的距离为  $R'$ , 由题意知  $M' = \frac{M}{8}, R' = \frac{3R}{2}$ , 由万有引力定律得

$$F_1 = \frac{GMm}{(2R)^2} = G \frac{Mm}{4R^2}, F_2 = G \frac{M'm}{R'^2} = G \frac{Mm}{18R^2}$$

$$\text{故 } F = F_1 - F_2 = \frac{7GMm}{36R^2}.$$

$$\text{答案: } \frac{7GMm}{36R^2}$$

12. 解析: (1) 地球对卫星的万有引力提供卫星做圆周运动的向心力, 故卫星  $B$  有

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

若不考虑地球自转的影响, 地面上质量为  $m'$  的物体所受的重力等于地球对物体的引力, 即  $m'g = \frac{GMm'}{R^2}$

$$\text{联立解得 } T_B = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}}.$$

(2) 它们再一次相距最近时, 一定是  $B$  比  $A$  多转了一

圈, 有  $(\omega_B - \omega_0)t = 2\pi$

$$\text{又因为 } \omega_B = \frac{2\pi}{T_B} = \sqrt{\frac{gR^2}{(R+h)^3}}$$

$$\text{所以解得 } t = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{gR^2}{(R+h)^3}} - \omega_0} = \frac{2\pi \sqrt{(R+h)^3}}{\sqrt{gR^2} - \omega_0 \sqrt{(R+h)^3}}.$$

$$\text{答案: (1) } 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{gR^2}} \quad (2) \frac{2\pi \sqrt{(R+h)^3}}{\sqrt{gR^2} - \omega_0 \sqrt{(R+h)^3}}$$

## 第四章 机械能及其守恒定律

### 1 功

#### 问题式预习

知识点一

1. 力的方向 2. 力的方向 3. 能量转化

[科学思维]

提示: 物理学中的“做功”必须满足做功的两个必要条件。日常生活中的“做工”泛指一切消耗脑力或体力的活动。因此“做工”不一定“做功”, 但“做功”一定“做工”。

[判一判]

(1) × (2) × (3) × (4) ×

知识点二

1. (1)  $Fx$  (2)  $Fx \cos \alpha$  2. 力的大小 位移的大小

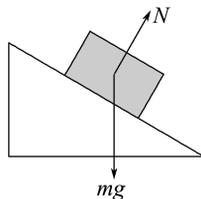
4. (1) 代数和 (2) 合力

[科学思维]

提示: 不正确。踢球时的作用力仅在脚与球接触的时间内存在, 球在地上滚动前进 20 m 的过程中甲同学对它无作用力, 即沿作用力方向的位移不是 20 m, 所以这种求功的方法不正确。

[做一做]

解析: (1) 物块受重力  $mg$ 、支持力  $N$ , 受力示意图如图所示。



(2) 支持力  $N$  与位移垂直, 做功为 0

重力做功  $W_G = mgL \cos(90^\circ - \theta) = mgL \sin \theta$ 。

答案: (1) 重力、支持力 见解析图

(2) 支持力做功为 0, 重力做功为  $mgL \sin \theta$

知识点三

1. 不做功 2. 正功 3. 负功

[科学思维]

提示:不对。功是标量,做功的正负仅表示是动力做功还是阻力做功,不表示做功的多少,故该同学的说法错误。

[做一做]

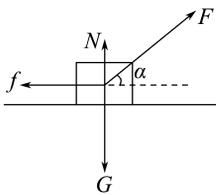
答案:甲:  $\frac{\sqrt{3}}{2}Fx$  乙:  $-\frac{\sqrt{3}}{2}Fx$  (“-”说明物体克服拉力做功)

任务型课堂

任务一

1.A 2.ACD

3.解析:如图所示,雪橇受到重力  $G$ 、支持力  $N$ 、拉力  $F$  和摩擦力  $f$  的作用。



(1)由于雪橇做匀速直线运动,因此摩擦力  $f = F \cos \alpha$

则重力做功为  $W_G = Gx \cos 90^\circ = 0$

支持力做功为  $W_N = Nx \cos 90^\circ = 0$

拉力  $F$  做功为  $W_F = Fx \cos \alpha$

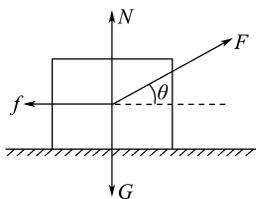
摩擦力做功为  $W_f = fx \cos 180^\circ = -Fx \cos \alpha$ 。

(2)外力做的总功为  $W_{\text{总}} = W_G + W_N + W_F + W_f = 0$ 。

答案:(1)  $W_G = 0$   $W_N = 0$   $W_F = Fx \cos \alpha$

$W_f = -Fx \cos \alpha$  (2)零

4.解析:(1)对物体进行受力分析,如图所示,拉力  $F$  做的功  $W_1 = Fx \cos \theta = 10 \times 2 \times 0.8 \text{ J} = 16 \text{ J}$ 。



(2)竖直方向有  $N = G - F \sin \theta = 2 \times 10 \text{ N} - 10 \times 0.6 \text{ N} = 14 \text{ N}$

摩擦力  $f = \mu N = 0.3 \times 14 \text{ N} = 4.2 \text{ N}$

摩擦力做的功

$W_2 = fx \cos 180^\circ = -4.2 \times 2 \text{ J} = -8.4 \text{ J}$ ,“-”表明物体克服摩擦力做功。

(3)重力做功  $W_3 = Gx \cos 90^\circ = 0$ 。

(4)弹力做功  $W_4 = Nx \cos 90^\circ = 0$ 。

(5)合力所做的功  $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 7.6 \text{ J}$ 。

答案:(1)16 J (2)-8.4 J (3)零 (4)零 (5)7.6 J

任务二

1.BC 2.AC 3.C

4.解析:滑块所受摩擦力  $f = \mu mg$ ,位移为  $(l+L)$ ,且摩擦

力与位移方向相反,故摩擦力对滑块做的功为

$$W_1 = -\mu mg(l+L)$$

木板受到的摩擦力  $f' = f = \mu mg$ ,方向与其位移  $l$  方向相同,故摩擦力对木板做的功  $W_2 = \mu mgl$

摩擦力做的总功  $W = W_1 + W_2 = -\mu mgL$ 。

答案:  $-\mu mg(l+L)$   $\mu mgl$   $-\mu mgL$

任务三

【探究活动】

提示:将木块的圆周运动分为若干小段,则每一小段可看成直线,摩擦力在每一小段所做的功可用  $f \Delta x$  表示,则  $W_f = f \cdot \Delta x_1 + f \cdot \Delta x_2 + f \cdot \Delta x_3 + \dots = f(\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \dots) = 2\pi Rf$ 。

【评价活动】

1.D

2.解析:推力随位移逐渐减小,属于变力做功,不能直接用功的定义式求解。由分析可知力的方向始终与位移方向相同,仅大小变化,可把位移分成无数小段,在每一小段位移内,力可认为是恒力,则每一小段恒力做的功可以求解,再对各小段恒力做的功求和。由  $F-x$  图像的物理意义可知,图线与坐标轴所包围的面积恰好是推力所做的功,所以可根据面积求推力做的功,  $W = \frac{1}{4} \pi R^2 = \frac{1}{4} \times$

$$3.14 \times 4^2 \text{ J} = 12.56 \text{ J}。$$

答案:12.56 J

3.解析:方法一 平均值法

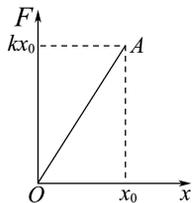
因为拉力与位移成正比,所以这一过程中拉力的平均值

$$\bar{F} = \frac{kx_0}{2}$$

$$\text{则 } W = \bar{F}x_0 = \frac{1}{2} kx_0^2。$$

方法二 图像法

由题意及力的平衡条件分析可知,拉力  $F$  与弹簧弹力大小相等,则  $F-x$  图像如图所示:



$0 \sim x_0$ ,图像与  $x$  轴所围的面积大小即为拉力做的功,则

$$W = \frac{1}{2} kx_0^2。$$

答案:  $\frac{1}{2} kx_0^2$

4.解析:人对绳的拉力方向时刻在变,是变力,故不能用  $W = Fx \cos \alpha$  直接求拉力做的功。但人对绳的拉力所做

的功和绳对物体的拉力所做的功是相等的,物体匀速上升,则绳的拉力恒等于物体的重力。设滑轮距人手的高度为  $h$ ,则

$$\frac{h}{\tan 30^\circ} - \frac{h}{\tan 60^\circ} = l$$

人由  $A$  点运动到  $B$  点的过程中,重物上升的高度

$$\Delta h = \frac{h}{\sin 30^\circ} - \frac{h}{\sin 60^\circ}$$

故人对绳的拉力所做的功  $W = mg \Delta h$

代入数据解得  $W \approx 732 \text{ J}$ 。

答案:732 J

## 2 功率

### 问题式预习

知识点一

1.功率  $\frac{W}{t}$  2.瓦特 瓦 W 千瓦 kW

[科学思维]

提示:乙做功快。比较方法是做功与时间的比值的大小反映做功的快慢,以前学过的速度、加速度都是采用的这种方法。

[做一做]

解析:物体的加速度  $a = \frac{F}{m} = \frac{6}{3} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$

0~3 s 物体的位移

$$x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 3^2 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

0~3 s 力  $F$  所做的功  $W = Fx = 6 \times 9 \text{ J} = 54 \text{ J}$

力  $F$  做功的平均功率  $\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{54}{3} \text{ W} = 18 \text{ W}$ 。

答案:18 W

知识点二

1.正常 最大 2.实际 3.小于

[科学思维]

(1)700 W (2)牵引

[判一判]

(1)× (2)√ (3)×

知识点三

1. $Fv$  平均功率 瞬时功率 2.减小

[科学思维]

提示:(1)根据  $P = Fv$ ,汽车载重时和空车时以相同速度匀速行驶, $v$  相同,由  $F = f$  知空车时阻力小,汽车输出功率小,载重时阻力大,汽车输出功率大。

(2)根据  $P = Fv$ ,可知功率恒定时, $v$  越大,发动机提供的牵引力越小;爬坡时要提供更大的牵引力,速度要小,应该换用低速挡。

[做一做]

解析:(1) $f = 0.1mg = 0.1 \times 5 \times 10^3 \times 10 \text{ N} = 5 \times 10^3 \text{ N}$

当达到最大速度时  $F_{\text{牵}} = f$

由  $P = F_{\text{牵}} v_m$  得

$$v_m = 12 \text{ m/s}$$

(2)当  $v = 4 \text{ m/s}$  时,设牵引力为  $F$ ,由  $P = Fv$  得

$$F = 1.5 \times 10^4 \text{ N}$$

由牛顿第二定律有  $F - f = ma$

解得  $a = 2 \text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)12 m/s (2)2 m/s<sup>2</sup>

### 任务型课堂

任务一

1.D 2.BC 3.A

4.解析:(1)设货物所受的拉力为  $F$ ,加速度为  $a$ ,则由  $a =$

$$\frac{v}{t}$$
 得

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

结合牛顿第二定律,得牵引力  $F = mg + ma = 1.0 \times 10^3 \times 10 \text{ N} + 1.0 \times 10^3 \times 2 \text{ N} = 1.2 \times 10^4 \text{ N}$

$$2 \text{ s 内货物上升的高度 } h = \frac{1}{2} at^2 = 4 \text{ m}$$

起重机在这 2 s 内对货物所做的功

$$W = Fh = 1.2 \times 10^4 \times 4 \text{ J} = 4.8 \times 10^4 \text{ J}$$

起重机在这 2 s 内的平均功率

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{4.8 \times 10^4}{2} \text{ W} = 2.4 \times 10^4 \text{ W}$$

(2)起重机在 2 s 末的瞬时功率

$$P' = Fv = 1.2 \times 10^4 \times 4 \text{ W} = 4.8 \times 10^4 \text{ W}$$

答案:(1) $2.4 \times 10^4 \text{ W}$  (2) $4.8 \times 10^4 \text{ W}$

5.解析:(1)木块所受的合力

$$F_{\text{合}} = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta$$

代入数据解得  $F_{\text{合}} = 4 \text{ N}$

$$\text{木块的加速度 } a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{前 } 2 \text{ s 内木块的位移 } x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

所以重力在前 2 s 内做的功

$$W = mgs \sin \theta \cdot x = 2 \times 10 \times 0.6 \times 4 \text{ J} = 48 \text{ J}$$

(2)重力在前 2 s 内的平均功率

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{48}{2} \text{ W} = 24 \text{ W}$$

(3)木块在 2 s 末的速度  $v = at = 2 \times 2 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$

重力在 2 s 末的瞬时功率

$$P = mg \sin \theta \cdot v = 2 \times 10 \times 0.6 \times 4 \text{ W} = 48 \text{ W}.$$

答案:(1)48 J (2)24 W (3)48 W

## 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)根据  $P = Fv$ , 功率不变, 速度增大时, 牵引力必定减小, 由牛顿第二定律可知, 汽车的加速度将减小。

(2)加速度不变, 由牛顿第二定律可知牵引力不变, 由  $P = Fv$  可知, 随着速度的增大, 发动机的功率将不断增大。

### 【评价活动】

1.C 2.BCD 3.D

4.解析:(1)当  $F = f$  时,  $v = v_{\max}$

则  $P = Fv = fv_{\max}$

$$\text{故 } f = \frac{P}{v_{\max}} = \frac{80 \times 10^3}{20} \text{ N} = 4 \times 10^3 \text{ N}.$$

(2)设汽车做匀加速运动时的牵引力为  $F'$ , 由牛顿第二定律得  $F' - f = ma$

$$\text{故 } F' = ma + f = 8 \times 10^3 \text{ N}$$

汽车做匀加速运动能达到的最大速度

$$v'_{\max} = \frac{P}{F'} = \frac{80 \times 10^3}{8 \times 10^3} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}$$

匀加速运动阶段的时间为

$$t = \frac{v'_{\max}}{a} = \frac{10}{2} \text{ s} = 5 \text{ s} > 3 \text{ s}$$

故第 3 s 末汽车的瞬时功率

$$P_3 = F'v_3 = F'at_3 = 8 \times 10^3 \times 2 \times 3 \text{ W} = 48 \text{ kW}.$$

答案:(1) $4 \times 10^3 \text{ N}$  (2)48 kW

5.解析:(1)当汽车速度最大时,  $a_1 = 0$ ,  $F_1 = f =$

$$\frac{1}{10}mg, P = P_{\text{额}}, \text{由 } P_{\text{额}} = F_1 v_{\max} \text{ 得}$$

$$v_{\max} = \frac{P_{\text{额}}}{f} = \frac{100 \times 10^3}{0.1 \times 10 \times 10^3 \times 10} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}.$$

(2)汽车从静止开始做匀加速直线运动的过程中,  $a_2$  不变,  $v$  变大,  $P$  也变大, 当  $P = P_{\text{额}}$  时, 此过程结束。

$$F_2 = f + ma_2 = (0.1 \times 10^4 \times 10 + 10^4 \times 0.5) \text{ N} = 1.5 \times 10^4 \text{ N}$$

$$v_2 = \frac{P_{\text{额}}}{F_2} = \frac{10^5}{1.5 \times 10^4} \text{ m/s} = \frac{20}{3} \text{ m/s}$$

$$\text{则 } t = \frac{v_2}{a_2} = \frac{\frac{20}{3}}{0.5} \text{ s} \approx 13.3 \text{ s}.$$

(3)当汽车的加速度为  $a_3 = 2 \text{ m/s}^2$  时, 牵引力

$$F_3 = f + ma_3 = (0.1 \times 10^4 \times 10 + 10^4 \times 2) \text{ N} = 3 \times 10^4 \text{ N}$$

$$v_3 = \frac{P_{\text{额}}}{F_3} = \frac{10^5}{3 \times 10^4} \text{ m/s} \approx 3.3 \text{ m/s}.$$

答案:(1)10 m/s (2)13.3 s (3)3.3 m/s

## 3 动能 动能定理

### 问题式预习

知识点一

1.(1)运动 (2) $\frac{1}{2}mv^2$  (3)焦耳  $1 \text{ N} \cdot \text{m}$   $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$

(4)①状态量 ②地面 ③标量

2.(1)动能的变化量 (2)① $E_{k2} - E_{k1}$  外力所做的功  
代数数和 增加 减少 (3)恒力 直线 变力 曲线

[判一判]

(1)× (2)× (3)× (4)× (5)× (6)× (7)√

知识点二

(1)砝码及砝码盘受到的总重力 砝码及砝码盘的质量远小于小车的质量

(2)平衡小车受到的摩擦力 不挂砝码及砝码盘

(3)动能变化量

(4)动能变化量 拉力对小车做的功 动能的增量

[做一做]

提示:根据做功公式可知,从  $O$  点到  $B$  点的过程,拉力对小车

做的功为  $W = mgx_{OB} = mgx_2$ , 因为  $v_B = \bar{v}_{AC} = \frac{x_{AC}}{2T} =$

$\frac{x_3 - x_1}{2T}$ , 所以打  $B$  点时小车的动能为  $E_k = \frac{1}{2}Mv_B^2 =$

$$\frac{M(x_3 - x_1)^2}{8T^2}.$$

$$\text{答案: } mgx_2 \quad \frac{M(x_3 - x_1)^2}{8T^2}$$

### 任务型课堂

#### 任务一

1.BD 2.ABC 3.B

4.A 解析:根据力对物体做功的定义可知,合外力为零时,合外力对物体做的功一定为零,故 A 正确;若物体在合外力的方向上的位移为零,那么合外力对物体做的功为零,但合外力不一定为零,故 B 错误;物体在合外力作用下做匀变速直线运动,动能在一段过程中变化量可能为零,例如,竖直上抛运动,经过一段时间后物体回到原来的位置,位移为零,合外力做功为零,动能变化为零,故 C 错误;合外力对物体做的功等于物体动能的变化量,物体的动能不发生变化,说明合外力做功为零,但是物体所受的合外力不一定为零,故 D 错误。

#### 任务二

### 【探究活动】

提示:(1)小球受到的重力和阻力都对小球做了负功,支持力不做功。

(2)根据动能定理有  $-mgh - W_f = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 可求得小球

克服阻力做的功  $W_f = \frac{1}{2}mv_0^2 - mgh$ 。

### 【评价活动】

1.B 2.B 3.C

4.解析:(1)由题意可知重物下降过程中受力平衡,设此时

$P$  绳中拉力的大小为  $F_P$ 、 $Q$  绳中拉力的大小为  $F_Q$ , 则

在竖直方向上有  $F_P \cos \alpha = F_Q \cos \beta + mg$

在水平方向上有  $F_P \sin \alpha = F_Q \sin \beta$

联立并代入数据解得  $F_P = 1\ 200\ \text{N}$ 、 $F_Q = 900\ \text{N}$ 。

(2)重物下降到地面的过程,根据动能定理有

$mgh + W_{\text{总}} = 0$

代入数据解得  $W_{\text{总}} = -4\ 200\ \text{J}$ 。

答案:(1)1 200 N 900 N (2)-4 200 J

5.解析:(1)飞机起飞时的动能  $E_k = \frac{1}{2}Mv^2$

代入数据得  $E_k = 1.08 \times 10^7\ \text{J}$ 。

(2)设牵引力为  $F_1$ , 由动能定理得

$F_1 x = E_k - 0$

代入数据解得  $F_1 = 1.5 \times 10^4\ \text{N}$ 。

(3)设滑行距离为  $x'$ , 由动能定理得

$F_1 x' - f x' = E_k - 0$

整理得  $x' = \frac{E_k}{F_1 - f}$

代入数据解得  $x' = 900\ \text{m}$ 。

答案:(1) $1.08 \times 10^7\ \text{J}$  (2) $1.5 \times 10^4\ \text{N}$  (3)900 m

### 任务三

1.D 2.D

3.解析:物体在曲面上受到的力为重力、弹力、摩擦力,其中

弹力始终与速度方向垂直,不做功。设摩擦力做功为

$W_f$ , 由  $A$  点到  $B$  点,由动能定理知

$mgh + W_f = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

解得  $W_f = -32\ \text{J}$

故物体在下滑过程中克服阻力所做的功为  $32\ \text{J}$ 。

答案:32 J

4.解析:(1)若小球刚好能沿轨道运动,小球到达大圆轨道

最高点时对轨道无压力,由重力提供向心力,则

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

得  $v = \sqrt{gR}$

设释放位置的高度为  $h$ , 由动能定理得

$mg(h - 2R) = \frac{1}{2}mv^2$

解得  $h = \frac{5}{2}R$ 。

(2)设到达小圆轨道最高点时的速度为  $v'$ , 根据动能定理有

$mg\left(h - \frac{4}{3}R\right) = \frac{1}{2}mv'^2$

由向心力公式得  $N + mg = \frac{mv'^2}{\frac{2}{3}R}$

解得  $N = \frac{5}{2}mg$

由牛顿第三定律可知,小球对轨道的压力为  $\frac{5}{2}mg$ 。

答案:(1) $\frac{5}{2}R$  (2) $\frac{5}{2}mg$

5.解析:(1)根据题意和题图可得,小球运动到  $A$  点的过程中由动能定理得

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

所以  $v_A = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 2.0}\ \text{m/s} = 2\sqrt{10}\ \text{m/s}$ 。

(2)小球运动到  $D$  点时,由重力提供向心力,则

$F_n = mg = m \frac{v_D^2}{R}$

则  $v_D = \sqrt{gR} = 2\ \text{m/s}$

在小球由  $B$  点运动到  $D$  点过程中,由动能定理得

$-mg \times 2R = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$

解得  $v_B = \sqrt{4gR + v_D^2} = 2\sqrt{5}\ \text{m/s}$

所以从  $A$  点到  $B$  点的过程中,由动能定理得

$W_f = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2} \times 0.1 \times (20 - 40)\ \text{J} = -1\ \text{J}$ 。

(3)小球从  $D$  点飞出后做平抛运动,故有

竖直位移  $y = 2R = \frac{1}{2}gt^2$

则  $t = \sqrt{\frac{4R}{g}} = 0.4\ \text{s}$

水平位移  $x_{BE} = v_D t = 0.8\ \text{m}$

所以  $x_{AE} = x_{AB} - x_{BE} = 1.2\ \text{m}$ 。

答案:(1) $2\sqrt{10}\ \text{m/s}$  (2)-1 J (3)1.2 m

## 单元活动 4

### 【任务引导】

#### 任务一

提示:(1)小球受到轨道的支持力和重力,只有重力做功。

(2)小球从  $A$  点运动到  $B$  点的过程中,由动能定理得  $mgR =$

$\frac{1}{2}mv_B^2$ , 可得  $v_B = \sqrt{2gR}$ 。

(3) 小球从 B 点到 C 点的过程中受到的摩擦阻力是变力。可直接由动能定理求出小球从 B 点到 C 点的过程中摩擦阻力所做的功  $W_f$ , 即从 A 点到 C 点, 根据动能定理得  $mgH + W_f = \frac{1}{2}mv^2$ , 解得  $W_f = \frac{1}{2}mv^2 - mgH, W_f < 0$ , 即小球克服摩擦力做功。

## 任务二

提示: (1) 石头在空中做自由落体运动, 落地速度

$$v = \sqrt{2gH}$$

在泥潭中的运动阶段, 设石头做减速运动的平均加速度大小

$$为 \bar{a}, 则有 v^2 = 2\bar{a}h, 解得 \bar{a} = \frac{H}{h}g$$

由牛顿第二定律有  $\bar{F} - mg = m\bar{a}$

所以泥潭对石头的平均阻力

$$\bar{F} = m(g + \bar{a}) = m\left(g + \frac{H}{h}g\right) = \frac{H+h}{h}mg = \frac{2+0.05}{0.05} \times 2 \times$$

10 N = 820 N。

(2) 设石头着地时的速度为  $v$ , 对石头在空中运动阶段应用

$$动能定理, 有 mgH = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

对石头在泥潭中运动阶段应用动能定理, 有

$$mgh - \bar{F}h = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

由以上两式解得泥潭对石头的平均阻力

$$\bar{F} = \frac{H+h}{h}mg = \frac{2+0.05}{0.05} \times 2 \times 10 \text{ N} = 820 \text{ N}。$$

(3) 对石头下落的全过程应用功能定理, 有

$$mg(H+h) - \bar{F}h = 0 - 0$$

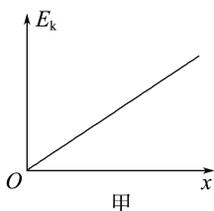
$$解得 \bar{F} = \frac{H+h}{h}mg = \frac{2+0.05}{0.05} \times 2 \times 10 \text{ N} = 820 \text{ N}。$$

## 任务三

提示: (1) 物块在粗糙水平地面上滑行, 合外力为摩擦力,

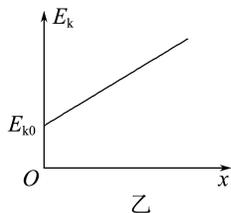
由动能定理知  $-fx = E_k - E_{k_0}$ , 变形得  $E_k = E_{k_0} - fx$ , 故直线的斜率等于物体受到的合外力, 即摩擦力, 大小是 10 N; 纵轴截距是初动能, 故物块的初动能是 100 J。

(2) 由动能定理得  $Fx = E_k - 0$ , 变形得  $E_k = Fx, E_k - x$  的图像如图甲所示。



(3) 若物体有一定的初速度, 由动能定理得  $Fx = E_k - E_{k_0}$ ,

变形得  $E_k = Fx + E_{k_0}, E_k - x$  的图像如图乙所示。

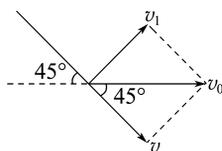


## 【活动达标】

1.C 解析: 如图所示, 人从平台边缘的下方开始沿水平地面向右行至绳与水平方向夹角为  $45^\circ$  处时, 沿绳方向的速度  $v = v_0 \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$ , 故质量为  $m$  的物体的速度  $v' =$

$v = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0$ , 由动能定理可知, 在此过程中人所做的功为

$$W = \frac{1}{2}mv'^2 = \frac{mv_0^2}{4}, 故 C 项正确。$$



2.B 解析: 设小球可进入水中的深度为  $x$ , 对全过程利用

动能定理有  $mg(h+x) - fx = 0$ , 则  $x = \frac{mgh}{f-mg}$ , 代入数

据解得  $x = 2 \text{ m}$ 。故 B 项正确。

3.A 解析: 由题图乙可知,  $0 \sim 10 \text{ m}$  物块上滑, 由动能定理

得  $-mg \sin 30^\circ \cdot s - F_f s = E_k - E_{k_0}$ , 整理得  $E_k = E_{k_0} -$

$(mg \sin 30^\circ + F_f)s$ , 结合  $0 \sim 10 \text{ m}$  的  $E_k - s$  图像得, 斜率的

绝对值  $|k| = mg \sin 30^\circ + F_f = 4 \text{ N}$ 。  $10 \sim 20 \text{ m}$  物块下滑, 由

动能定理得  $(mg \sin 30^\circ - F_f)(s - s_1) = E_k$ , 整理得  $E_k =$

$(mg \sin 30^\circ - F_f)s - (mg \sin 30^\circ - F_f)s_1$ , 结合  $10 \sim 20 \text{ m}$

的  $E_k - s$  图像得, 斜率  $k' = mg \sin 30^\circ - F_f = 3 \text{ N}$ , 联立解

得  $F_f = 0.5 \text{ N}, m = 0.7 \text{ kg}$ , 故选 A。

4.解析: 对物体由牛顿第二定律得

$$拉力为 F 时, F = m \frac{v_1^2}{r}$$

$$拉力为 8F 时, 8F = m \frac{v_2^2}{r}$$

联立各式, 运用动能定理可得拉力做功

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = 2Fr - \frac{1}{2}Fr = \frac{3}{2}Fr。$$

答案:  $\frac{3}{2}Fr$

5.解析: 滑块在斜面上运动时受到的摩擦力大小

$$f = \mu N = \mu mg \cos \theta$$

整个过程滑块下落的总高度  $h = s_0 \sin \theta$

对全过程利用动能定理有  $mgh - fs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$

$$\text{联立以上各式得 } s = \frac{s_0 \tan \theta}{\mu} + \frac{v_0^2}{2\mu g \cos \theta}$$

$$\text{答案: } \frac{s_0 \tan \theta}{\mu} + \frac{v_0^2}{2\mu g \cos \theta}$$

6.解析:(1)由牛顿第二定律得  $F - \mu mg = ma$

当物体刚出发时,推力  $F_0 = 100 \text{ N}$ ,物体所受的合力最大,加速度最大,代入数据得  $a = 20 \text{ m/s}^2$ 。

(2)根据图像得推力对物体做的功等于图线与  $x$  轴围成的面积,则推力对物体做功

$$W = \frac{1}{2} F_0 x = 250 \text{ J}$$

设物体能够运动的最大位移为  $x_m$ ,根据动能定理可得

$$W - \mu mg x_m = 0$$

$$\text{解得 } x_m = 12.5 \text{ m}。$$

$$\text{答案: (1) } 20 \text{ m/s}^2 \quad (2) 12.5 \text{ m}$$

7.解析:(1)小球由静止运动到  $B$  点的过程,由动能定理得

$$2mgd = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{在 } B \text{ 点,由牛顿第二定律得 } F_N - mg = m \frac{v^2}{d}$$

$$\text{解得 } F_N = 5mg$$

根据牛顿第三定律,可知小球在  $B$  点对轨道的压力大小

$$F'_N = F_N = 5mg。$$

$$(2) \text{ 小球恰能通过 } C \text{ 点,则 } mg = m \frac{v_C^2}{2}$$

小球从  $B$  点运动到  $C$  点的过程,由动能定理得

$$-mgd + W_f = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{得 } W_f = -\frac{3}{4}mgd。$$

$$\text{答案: (1) } 5mg \quad (2) -\frac{3}{4}mgd$$

## 4 势能

### 问题式预习

知识点一

1.高度差 初位置 末位置 2.质量 初、末位置 路径

3.正 负

[科学思维]

$$mgh \quad mgh \quad mgh$$

[判一判]

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

知识点二

1.零势能面 高度 2.重力 高度  $mgh$  3.焦耳

4.(1) $E_{p1} - E_{p2}$  (2)①正 减少 等于 ②负 增加

等于 物体克服重力做功 5.高度

[科学思维]

提示:巨大的山坡从高处滑落下来,其本身具有较大的重力势能。瀑布的落差越大,水流的重力势能的减少量越大,动能的增加量越大,水流速度也越大。

[判一判]

$$(1)\checkmark \quad (2)\checkmark \quad (3)\times \quad (4)\times \quad (5)\checkmark$$

知识点三

1.弹性形变 弹力 2.零 拉长 压缩 3.减少 增加

4.(1)形变量 (2)劲度系数

[判一判]

$$(1)\checkmark \quad (2)\checkmark \quad (3)\checkmark \quad (4)\checkmark$$

知识点四

1.水平面 水平面 零 2.参考平面 3.地球与物体

[判一判]

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

### 任务型课堂

任务一

1.ABC 2.C

3.解析:(1)以平台表面为参考平面,物体的重力势能为零。

(2)以地面为参考平面,物体的重力势能

$$E_p = mgh = 3 \times 10 \times 4 \text{ J} = 120 \text{ J}。$$

(3)以地面为参考平面,物体从平台落到地面,重力势能变化了  $\Delta E_p = 0 - 120 \text{ J} = -120 \text{ J}$ 。

$$\text{答案: (1) 零 (2) } 120 \text{ J (3) 减少了 } 120 \text{ J}$$

4.解析:以地面为参考平面,物体的高度

$$h_1 = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{物体的重力势能 } E_{p1} = mgh_1 = 2 \times 10 \times 1.2 \text{ J} = 24 \text{ J}$$

$$\text{物体落至桌面时的高度 } h_2 = 0.8 \text{ m}$$

$$\text{重力势能 } E_{p2} = mgh_2 = 2 \times 10 \times 0.8 \text{ J} = 16 \text{ J}$$

物体由支架下落到桌面的过程中,重力势能的减少量

$$\Delta E_p = E_{p1} - E_{p2} = 24 \text{ J} - 16 \text{ J} = 8 \text{ J}。$$

$$\text{答案: } 24 \text{ J} \quad 8 \text{ J}$$

任务二

【探究活动】

提示:(1)由  $W = mgh$  知,这两个过程重力做功相同。

(2)物体重力势能的变化量仅与重力做功有关,与有无其他力做功无关,因此这两个过程中重力势能的改变量也相同。

【评价活动】

1.C 2.BC

3.解析:重力做功与路径无关,只与初、末位置高度差有关,故重力做的功为  $W_G = mg\Delta h = mg(h_1 - h_2)$

因为高度减小,重力做正功,所以重力势能减少,且减少的重力势能等于重力所做的功,故小球的重力势能减少

了  $mg(h_1 - h_2)$ 。

答案:  $mg(h_1 - h_2)$  减少了  $mg(h_1 - h_2)$

4. 解析: 取桌面为参考平面, 刚开始时绳子的重力势能为

$$E_{p1} = \frac{1}{4}mg \times \left(-\frac{1}{8}l\right) = -\frac{1}{32}mgl$$

当绳子刚好全部离开桌面时, 绳子的重力势能为

$$E_{p2} = mg \times \left(-\frac{1}{2}l\right) = -\frac{1}{2}mgl$$

则绳子的重力势能变化量

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = -\frac{1}{2}mgl - \left(-\frac{1}{32}mgl\right) = -\frac{15}{32}mgl$$

负号表示重力势能减少

由  $W_G = -\Delta E_p$  知重力做功为  $\frac{15}{32}mgl$ 。

答案:  $\frac{15}{32}mgl$  减少  $\frac{15}{32}mgl$

### 任务三

1. C 2. B

3. C 解析: 弹簧由伸长量为 8 cm 到伸长量为 4 cm 的过程中,  $F-l$  图线与坐标轴围成的面积表示弹力做的功, 结合题图可知, 弹力做的功  $W = \frac{30+60}{2} \times 0.04 \text{ J} = 1.8 \text{ J} > 0$ , 故弹性势能减少 1.8 J, 故选项 C 正确。

4. D 解析: 从 O 点到 B 点过程中, 游客的高度降低, 则重力势能减小, 选项 A 错误; 从 B 点到 D 点过程中, 弹性绳的拉力先小于重力, 后大于重力, 则游客先加速后减速, 游客的速度先增大后减小, 选项 B 错误, D 正确; 从 B 点到 C 点的过程中, 弹性绳的长度一直增加, 则弹性势能一直增大, 选项 C 错误。

5. 解析: (1) 物体离开地面后, 弹簧的弹性势能达到最大值, 形变量  $x = 0.1 \text{ m}$ , 弹簧弹性势能最大值  $E_p = \frac{1}{2}kx^2 = 1 \text{ J}$ 。

(2) 绳子下拉 0.1 m 时物体开始离开地面, 则有

$$kx = mg$$

解得物体的质量  $m = 2 \text{ kg}$

物体缓慢升高到离地高  $h = 0.5 \text{ m}$  处, 重力势能的增量为  $\Delta E_p = mgh = 10 \text{ J}$ 。

答案: (1) 1 J (2) 10 J

## 5 机械能守恒定律

### 问题式预习

知识点一

1. (1) 减少 增加 增加 减少 动能 重力势能

(2) 增加 减少 动能 弹性势能 减少 增加 动能

2. 势 动

[判一判]

(1) × (2) × (3) √ (4) √

知识点二

1. 重力 弹力 动能 势能 总机械能

2.  $E_{p1} + E_{k1} = E_{p2} + E_{k2}$  3. 重力 弹力

[判一判]

(1) × (2) × (3) √ (4) √

知识点三

1. (1) 重力和绳的拉力 重力 绳的拉力

(2) 小球的机械能守恒

2. (1) 重力和轨道的支持力 重力 轨道的支持力

(2) 小球的机械能守恒

[做一做]

AD 解析: 从地面到海平面, 重力对物体做功为  $mgh$ , 故 A 正确; 以地面为零势能面, 物体在海平面上的重力势能为  $E_p = -mgh$ , 故 B 错误; 物体在地面上的机械能  $E = \frac{1}{2}mv_0^2$ , 由机械能守恒得, 物体在海平面上的机械能也为  $\frac{1}{2}mv_0^2$ , 故 D 正确; 物体在海平面上的动能  $E_k = E - E_p = \frac{1}{2}mv_0^2 - (-mgh) = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$ , 故 C 错误。

知识点四

(1) 地球 物体系统 (2) 机械能是否守恒 (3) 机械能

[做一做]

解析: (1) 运动员在 A 点时的机械能

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 70 \times 10^2 \text{ J} + 70 \times 10 \times 10 \text{ J} = 10\,500 \text{ J}。$$

(2) 运动员从 A 点运动到 B 点的过程, 根据机械能守恒定律得

$$E = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{解得 } v_B = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 10\,500}{70}} \text{ m/s} = 10\sqrt{3} \text{ m/s}。$$

(3) 运动员从 A 点运动到右侧斜坡上最高点的过程, 由机械能守恒得  $E = mgh'$

$$\text{解得 } h' = \frac{E}{mg} = \frac{10\,500}{70 \times 10} \text{ m} = 15 \text{ m}。$$

答案: (1) 10 500 J (2)  $10\sqrt{3}$  m/s (3) 15 m

### 任务型课堂

任务一

1. BD 2. ABC 3. C

4. BCD 解析: 题图甲中只有重力和弹力对物体 A 做功, 物体 A 和弹簧组成的系统机械能守恒, 但物体 A 机械能不守恒, A 错误; 题图乙中物体 B 除受重力外, 还受支持力、拉力、摩擦力作用, 但当拉力与摩擦力大小相等时, 除重力之外的三个力做功的代数和为零, 故物体 B 机械能守恒, B 正确; 题图丙中绳子的张力对 A 做负功, 对 B 做

正功,两者代数和为零,又不计任何阻力,故物体 A、B 组成的系统机械能守恒,C 正确;题图丁中小球的动能不变,势能不变,故机械能守恒,D 正确。

## 任务二

### 【探究活动】

提示:甲、乙到达 B 处时速度大小相等。

### 【评价活动】

1.B 2.B

3.解析:方法一 应用机械能守恒定律求解

物块从 C 处到 A 处的过程中,只有重力做功,机械能守恒,则  $\Delta E_p = -\Delta E_k$

$$\text{即 } 2mgR = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2$$

物块从 A 处到 D 处的过程中做平抛运动,则

$$\text{竖直方向有 } 2R = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{水平方向有 } x = vt$$

联立以上各式并代入数据得  $x = 1 \text{ m}$ 。

方法二 应用动能定理求解

物块从 C 处到 A 处的过程中,只有重力做功,由动能定理得

$$-mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

物块从 A 处到 D 处的过程中做平抛运动,则

$$\text{竖直方向有 } 2R = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{水平方向有 } x = vt$$

联立以上各式并代入数据得  $x = 1 \text{ m}$ 。

答案:1 m

4.解析:(1)由于物体在运动过程中只有重力做功,因此机械能守恒。以地面为参考平面,则  $E_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$

在最高点动能为零,故  $E_2 = mgh$

由机械能守恒定律有  $E_1 = E_2$ ,可得

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

$$\text{所以 } h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \times 10} \text{ m} = 5 \text{ m}。$$

(2)初态物体在地面上,  $E_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$ ,设重力势能与动能相等时在距离地面  $h_1$  高处,则

$E_3 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = 2mgh_1$

由机械能守恒定律有  $E_1 = E_3$ ,可得

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = 2mgh_1$$

所以  $h_1 = \frac{v_0^2}{4g} = 2.5 \text{ m}。$

$$\text{所以 } h_1 = \frac{v_0^2}{4g} = 2.5 \text{ m}。$$

答案:(1)5 m (2)距地面高 2.5 m 处

## 任务三

1.A

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

$$\text{解得小物块到达 D 点的速度大小 } v_D = \sqrt{gR}。$$

(2)小物块由 C 到 D 的过程,由动能定理有  $-mgR(1 + \cos 60^\circ) = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$

$$\text{小物块由 B 到 C 做平抛运动,由速度的分解可知 } v_B = v_C \cos 60^\circ$$

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

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

代入数据解得  $h = 0$ 。

(3)小物块由 A 到 B 的过程,由动能定理有

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

解得小物块在 A 点的初速度大小  $v_A = \sqrt{3gR}$ 。

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

3.解析:(1)设当杆转到竖直位置时,A 球和 B 球的速度分别为  $v_A$  和  $v_B$ 。如果把轻杆、两球组成的系统作为研究对象,因为机械能没有转化为其他形式的能,故系统机械能守恒,可得

$$mgl + \frac{1}{2}mgl = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2$$

因 A 球与 B 球在各个时刻对应的角速度大小相同,由  $v = \omega r$  知  $v_B = 2v_A$

联立以上两式得  $v_A = \sqrt{\frac{3gl}{5}}$ ,  $v_B = \sqrt{\frac{12gl}{5}}$ 。

(2)根据动能定理,可分别解出杆对 A、B 两球做的功。

对 A 有  $W_A + mg \cdot \frac{l}{2} = \frac{1}{2}mv_A^2 - 0$

$$\text{所以 } W_A = -\frac{1}{5}mgl$$

对 B 有  $W_B + mgl = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$

$$\text{所以 } W_B = \frac{1}{5}mgl。$$

答案:(1)  $\sqrt{\frac{3gl}{5}}$   $\sqrt{\frac{12gl}{5}}$  (2)  $-\frac{1}{5}mgl$   $\frac{1}{5}mgl$

4.解析:取斜面的最高点所在的水平面为参考平面,链条的总质量记为  $m$ ,则开始时斜面上的那部分链条的重力势能为  $E_{p1} = -\frac{mg}{2} \cdot \frac{L}{4} \sin \theta$

竖直的那部分链条的重力势能为

$$E_{p2} = -\frac{mg}{2} \cdot \frac{L}{4}$$

则开始时的机械能为

$$E_1 = E_{p1} + E_{p2} = -\frac{mg}{2} \cdot \frac{L}{4} \sin \theta + \left( -\frac{mg}{2} \cdot \frac{L}{4} \right) = -\frac{mgL}{8}(1 + \sin \theta)$$

当链条刚好全部滑出斜面时,重力势能为

$$E_p = -mg \cdot \frac{L}{2}$$

动能为  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , 则机械能为

$$E_2 = E_k + E_p = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mgL$$

因为只有重力做功,所以链条的机械能守恒,则由机械能守恒定律得  $E_1 = E_2$ , 即

$$-\frac{mgL}{8}(1 + \sin \theta) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mgL$$

$$\text{解得 } v = \frac{1}{2}\sqrt{gL(3 - \sin \theta)}$$

$$\text{答案: } \frac{1}{2}\sqrt{gL(3 - \sin \theta)}$$

## 6 实验:验证机械能守恒定律

### 问题式预习

#### 【原理启示】

- $mgh_1 - mgh_2$  (或  $mg\Delta h$ )
- 质量大、体积小 竖直 纸带与限位孔

### 任务型课堂

#### 【原型实验】

1. 解析:验证机械能守恒的表达式为  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $m$  可

消掉,验证  $gh = \frac{1}{2}v^2$  即可,没必要称量重物 and 夹子的质量。打点计时器本身就是计时仪器,不需要用停表计时。

答案:AG EDBCHIJMKFL

2. 解析:仔细分析可知,步骤 B 是错误的,应该将打点计时器接到电源的交流输出端;步骤 D 是错误的,应该先接通电源,待打点稳定后再释放纸带;步骤 C 不必要,根据测量原理,重锤的动能和重力势能中都包含了质量  $m$ ,可以约去。

答案:见解析

3. 解析:(1)重物最好选择密度较大的铁块,铁块受到的阻力对实验的影响较小,故 A 错误;本题是以自由落体运动为例来验证机械能守恒定律,需要验证的关系式是  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ,  $m$  可约去,不需要测量重物的质量,故 B 正确;实验中应先接通电源,后释放纸带,故 C 正确;不能利用公式  $v = \sqrt{2gh}$  来求解瞬时速度,否则就成为用机械能守恒定律验证机械能守恒,故 D 错误。

(2)重力势能减少量  $\Delta E_p = mgh = 0.5 \times 9.8 \times 0.4365 \text{ J} \approx$

2.14 J。利用匀变速直线运动的推论知  $v_D = \frac{x_{CE}}{\Delta t} =$

$$\frac{0.4966 - 0.3802}{0.04} \text{ m/s} = 2.91 \text{ m/s}, E_{kD} = \frac{1}{2}mv_D^2 = \frac{1}{2} \times$$

$0.5 \times 2.91^2 \text{ J} \approx 2.12 \text{ J}$ , 动能增加量  $\Delta E_k = E_{kD} - 0 = 2.12 \text{ J}$ 。由于存在阻力作用,所以减少的重力势能大于增加的动能。

(3)根据表达式  $mgh' = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ , 则有  $v^2 =$

$2gh' + v_A^2$ , 当  $v^2 - h'$  图像的斜率为重力加速度的 2 倍时,即可

验证机械能守恒,而题图的斜率  $k = \frac{10.36 - 5.48}{0.25} \text{ m/s}^2 =$

$19.52 \text{ m/s}^2 \approx 2g$ , 因此能粗略验证自由下落的物体机械能守恒。

答案:(1)BC (2)2.14 2.12 重物下落过程中受到阻力作用 (3)图像的斜率为  $19.52 \text{ m/s}^2$ , 约为重力加速度  $g$  的 2 倍

4. 解析:(1)小钢球的直径即为通过光电门的路程,则小钢

球经过光电门的速度为  $v = \frac{d}{t} = 5 \text{ m/s}$ 。

(2)小钢球重力势能的变化量为  $\Delta E_p = -mgL \approx -5.06 \text{ J}$ , 小钢球动能的变化量为  $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = 5.00 \text{ J}$ 。

(3)根据(2)可知重力势能的减小量与动能的变化量近似相等,可得出结论:在误差允许的范围内,小钢球的机械能守恒。

答案:(1)5 (2)-5.06 5.00 (3)在误差允许的范围内,小钢球的机械能守恒

#### 【创新实验】

5. 解析:(1)光电门 1 的安装位置不合理;由题图甲可知,光电门 1 靠近释放点,滑块到光电门 1 的距离较短,速度较小,导致滑块通过光电门 1 的速度测量误差较大,应适当向右移动光电门 1。

(2)当  $L = 65.00 \text{ cm}$  时,由表格可知通过光电门 2 的时间为  $\Delta t_2 = 4.787 \text{ ms}$ , 故通过光电门 2 的速度  $v_2 = \frac{d}{\Delta t_2} =$

$$\frac{4.82 \times 10^{-3}}{4.787 \times 10^{-3}} \text{ m/s} \approx 1.01 \text{ m/s}$$

根据几何关系可得滑块通过两光电门下降的高度  $H_L = L \sin \theta = 65 \times 0.0613 \text{ cm} \approx 3.98 \text{ cm}$ 。

(3)滑块在下滑过程中机械能守恒;根据题图乙可知图线的斜率约为  $k = \frac{(0.790 - 0.398) \text{ m}^2/\text{s}^2}{(0.040 - 0.020) \text{ m}} = \frac{0.392}{0.020} \text{ m/s}^2 = 19.6 \text{ m/s}^2 = 2g$ , 故在误差范围内  $\Delta v^2 = 2gH_L$  成立,说明下滑过程中滑块的动能增加量等于重力势能的减少量,即机械能守恒。

答案:(1)1 适当向右移动光电门 1

(2)1.01 3.98

(3)守恒 见解析

6.解析:(1)设小钢球在初始位置时,轻绳与竖直方向的夹角为 $\theta$ ,则轻绳拉力最小值为 $F_{T\min}=mg\cos\theta$ ,到最低点时轻绳拉力最大,有 $mgL(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$ , $F_{T\max}-mg=m\frac{v^2}{L}$ ,联立可得 $F_{T\max}=3mg-2F_{T\min}$ ,即若小钢球摆动过程中机械能守恒,则题图乙中直线斜率的理论值为-2。

(2)由题图乙得直线的斜率为 $k=-\frac{1.77-1.35}{0.20}=-2.1$ ,

$3mg=1.77\text{ N}$ ,得小钢球的重力为 $mg=0.59\text{ N}$ 。

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

答案:(1)-2 (2)-2.1 0.59 (3)C

## 单元活动 5

### 【任务引导】

#### 任务一

提示:(1)万有引力做负功,重力势能增大;发动机的动力做正功,动能增大,总的机械能增大。

(2) $E_{pA}$ 增大, $E_{kA}$ 减小, $E_{pB}$ 与 $E_{kB}$ 不变,A与B构成的系统总机械能增大。

#### 任务二

提示:(1)根据题意可知,释放前后小球的受力如图所示,

释放前,小球处于平衡状态有

$$F_1 = F + mg$$

释放后有 $F_1 - mg = ma$

$$\text{解得 } a = 20\text{ m/s}^2$$

由题意可知,上升最后阶段弹性绳松弛,小球只受重力,做匀减速运动到最高点,可以逆向看成自由落体运动,最后1 s内上升的高度为 $h = \frac{1}{2}gt^2 = 5\text{ m}$ 。

(2)在B点时小球的速度最大,此时弹性绳的弹力刚好与重力大小相等,设此时弹性绳的伸长量为 $x_1$ ,则

$$F_{\text{弹}} = kx_1 = mg, x_1 = L_{BC} - h$$

$$\text{解得 } k = 150\text{ N/m}$$

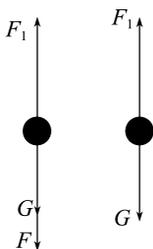
释放前,弹性绳的拉力为 $F_1 = 1\,500\text{ N}$

此时弹性绳的伸长量为 $x_2 = \frac{F_1}{k} = 10\text{ m}$

所以小球从释放点到最高点的距离为

$$H = h + x_2 = 15\text{ m}$$

上升过程中机械能守恒,则根据机械能守恒定律,得释放前弹性绳的弹性势能



上升过程中机械能守恒,则根据机械能守恒定律,得释放前弹性绳的弹性势能

$$E_p = mgH = 7\,500\text{ J}.$$

### 任务三

提示:仅靠这种方式,不能使电动车持续运动下去。因为靠这种方式,只能将电动车的一部分能量收集起来,但电动车运动时受到的阻力做负功,不断把电动车的机械能转化为内能,根据能量守恒定律,要想使电动车持续运动下去,必须不断地给电动车补充新的能量,如给电动车安装链条和踏板并用脚踏踏板,或给电动车的电池持续充电。

### 【活动达标】

1.C 解析:泵车的输送量为 $150\text{ m}^3/\text{h}$ ,则1 h输送的混凝土的体积为 $V = 150 \times 1\text{ m}^3 = 150\text{ m}^3$ ,1 h时间内输送的混凝土质量为 $m = \rho V = 2.4 \times 10^3 \times 150\text{ kg} = 3.6 \times 10^5\text{ kg}$ ,将这些混凝土匀速输送到30 m高处,泵送系统对混凝土做的功最少,为 $W = mgh = 3.6 \times 10^5 \times 10 \times 30\text{ J} = 1.08 \times 10^8\text{ J}$ ,故C正确,A、B、D错误。

2.AC 解析:石块平抛运动的高度 $h = L + L\sin 30^\circ = 10\text{ m} + 10 \times \frac{1}{2}\text{ m} = 15\text{ m}$ ,竖直方向有 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,水平方向有 $s = v_0t$ ,代入数据解得 $v_0 = 10\sqrt{3}\text{ m/s}$ ,故A正确;长臂转动过程中,重物的动能也在增加,因此重物重力势能的减少量不等于石块机械能的增加量,故B错误;石块从A到最高点的过程中,石袋对石块做的功等于石块机械能的增加量,则有 $W = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 50 \times (10\sqrt{3})^2\text{ J} + 50 \times 10 \times 15\text{ J} = 15\,000\text{ J}$ ,故C正确;石块运动至最高点时,由牛顿第二定律得 $F + mg = ma = \frac{mv_0^2}{L}$ ,代入数据解得 $F = 1\,000\text{ N}$ ,故D错误。

3.D 解析:根据题意可知,飞船在轨道II上从P点到Q点的运动过程中,只有万有引力做负功,则机械能不变,动能减小,则速率减小。故D正确。

4.C 解析:天问一号的发射速度应在地球的第一宇宙速度和第二宇宙速度之间,在火星停泊轨道上运行时的速度应小于火星的第一宇宙速度,故A错误;天问一号从地球无动力飞向火星的过程中,只有引力做负功,则天问一号的势能增加,机械能守恒,故B错误;天问一号从火星捕获轨道转移到火星停泊轨道时,需要在Q点减速,即动能减小,故C正确;如要回收探测器,则探测器在火星停泊轨道上要加速才能进入地火转移轨道,故D错误。

5.解析:(1)设物块由D点以初速度 $v_D$ 做平抛运动,落到P点时其竖直速度为 $v_y$ ,有

$$v_y^2 = 2gR$$

$$\frac{v_y}{v_D} = \tan 45^\circ, \text{解得 } v_D = 4\text{ m/s}$$

物块从C→D的过程机械能守恒,可得

$$E_p = E_k = \frac{1}{2}mv_D^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 4^2\text{ J} = 1.6\text{ J}.$$

(2) 设物块能沿轨道到达  $M$  点, 其速度为  $v_M$ , 则从  $C \rightarrow M$  整个过程由机械能守恒定律得

$$E_p = \frac{1}{2}mv_M^2 + mgR \cdot \cos 45^\circ$$

代入数据解得  $v_M \approx 2.2 \text{ m/s}$

在  $M$  处当仅由重力提供向心力时, 有

$$mg = m \frac{v^2}{R}, v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \times 0.8} \text{ m/s} \approx 2.8 \text{ m/s}$$

因为  $v_M < v$ , 所以物块不能到达  $M$  点。

答案: (1) 1.6 J (2) 不能到达  $M$  点

## 第五章 经典力学的局限性与相对论初步

### 1 经典力学的成就与局限性

### 2 相对论时空观简介

### 3 宇宙的起源和演化

#### 问题式预习

#### 知识点一

1. 牛顿运动定律 万有引力

2. (1) 远小于光速  $c$  接近光速  $c$  (2) 弱 低速 宏观

#### [做一做]

B 解析: 牛顿力学并不等于牛顿运动定律, 牛顿运动定律只是牛顿力学的基础; 牛顿运动定律和牛顿力学不是万能的, 也有其适用范围, 并不能解决自然界中的所有问题。故 B 项正确。

#### 知识点二

1. 一样的 相同的 运动 同时

(1) 同时的 一先一后

$$(2) \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} \quad (3) l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$$

$$(4) \textcircled{1} E = mc^2 \quad \textcircled{2} \frac{m_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

2. 自然界遵循的规律 广义相对性原理 等效原理

广义相对论

#### [科学思维]

提示: (1) 以车厢为参考系:

车上的观察者以车厢为参考系, 因为车厢是个惯性系, 光向前、后传播的速率相同, 光源又在车厢的中央, 闪光会同时到达前、后两壁, 如图甲所示。



(2) 以地面为参考系:

对于车外的观察者来说, 他以地面为参考系, 因闪光向前、后传播的速度对地面是相同的, 但在闪光射向两壁的过程中, 车厢向前行进了一段距离, 所以向前的光传播的路程长些。他观测到的结果应该是: 闪光先到达后壁, 后到达前壁, 如图乙所示。

#### [判一判]

(1)  (2)  (3)

#### 知识点三

1. 宇宙膨胀 粒子反应理论 2. 膨胀下去 引力

#### [判一判]

(1)  (2)

### 任务型课堂

#### 任务一

#### 【探究活动】

提示: (1) 不是看到同时举旗, 而是他看到  $A$  处的人先举旗。

(2) 观察者  $C'$  认为列车长度和站台长度不相同, 他认为列车长。

(3) 观察者  $C$  观察到的时间不是  $t$ , 他观察到的这个时间比  $t$  长。

#### 【评价活动】

1. A 2. D 3. D

4. 解析: 当火箭速度较低 (远小于光速) 时, 长度基本不变, 还是 100 km。当火箭的速度达到  $0.6c$  时, 由相对论长度公式得  $l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2} = 100 \times \sqrt{1 - 0.6^2} \text{ km} = 80 \text{ km}$ 。

答案: 100 km 80 km

5. 解析: (1) 根据爱因斯坦的狭义相对论  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  得,

运动后电子的质量增大了, 有

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(6 \times 10^6)^2}{(3 \times 10^8)^2}}} \approx 1.000 2 m_0$$

所以改变的百分比为  $\frac{m - m_0}{m_0} \times 100\% \approx 0.02\%$ 。

(2) 由题意知  $m = 2m_0$ , 代入  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  得

$$v = \frac{\sqrt{3}}{2}c \approx 2.6 \times 10^8 \text{ m/s}$$

答案: (1) 增大了 0.02% (2)  $2.6 \times 10^8 \text{ m/s}$

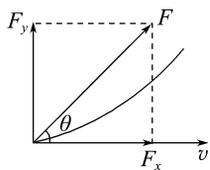
#### 任务二

1. B 2. BC 3. D 4. A

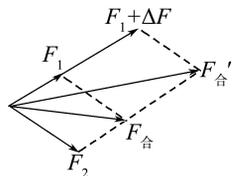
5. B 解析: 经典力学是相对论在一定条件下的特殊情形, 选项 A 错误, B 正确; 经典力学适用于宏观、低速、弱引力场的领域, 量子力学适用于所有的物体系统, 选项 C、D 错误。

## 课后素养评价(一)

- 1.B 解析:当物体所受合外力与物体速度方向始终垂直时,物体的速度大小即速率不变,所以A选项错误;物体既然做曲线运动,那么它的速度方向肯定是不断变化的,所以速度一直在变化,所以B选项正确;当物体所受合力与速度不在同一条直线上时,物体做曲线运动,但合力不一定改变,加速度也不一定改变,如平抛运动,所以C、D选项错误。
- 2.D 解析:做曲线运动的物体,在一段时间内可能回到出发点,位移可能为零,但路程不为零,A错误;做曲线运动的物体的速度方向一定变化,所以曲线运动一定是变速运动,B错误;由牛顿第一定律可知,在平衡力作用下,物体一定做匀速直线运动或处于静止状态,C错误;不论是否为恒力,只要物体所受合力方向与物体速度方向不共线,物体就做曲线运动,D正确。
- 3.B 解析:物体做曲线运动是由于所受合力的方向与速度方向不在同一条直线上,而与合力是恒力还是变力、合力方向是否变化均无关,故A、D错误,B正确;由牛顿第二定律可知,加速度的方向与合力方向相同,故C错误。
- 4.C 解析:在曲线运动中,物体所受合力的方向总是指向轨迹的内侧,速度方向沿轨迹的切线方向,C正确,A、B、D错误。
- 5.B 解析:运动轨迹夹在速度方向和合力方向之间,且速度沿轨迹的切线方向, $F$ 指向运动轨迹的内侧,故B正确。
- 6.B 解析:根据 $l=H-t+t^2$ 可知, $B$ 在竖直方向上匀减速上升,绳索对 $B$ 的拉力小于 $B$ 的重力; $B$ 在水平方向上匀速运动,所以 $F$ 、 $G$ 都在竖直方向上,又因为 $B$ 向上减速,其合力方向竖直向下,运动轨迹应向下弯曲,故只有选项B符合题意。
- 7.BC 解析:物体原来所受合力为零,当将分力中与速度反方向的 $2\text{ N}$ 的力水平旋转 $90^\circ$ 后其受力如图所示,其中 $F$ 是 $F_x$ 、 $F_y$ 的合力,即 $F=2\sqrt{2}\text{ N}$ ,且大小、方向都不变,是恒力,那么物体的加速度大小 $a=\frac{F}{m}=\frac{2\sqrt{2}}{2}\text{ m/s}^2=\sqrt{2}\text{ m/s}^2$ ;又因为 $F$ 与 $v$ 的夹角 $\theta<90^\circ$ ,所以物体做速度越来越大、加速度大小恒为 $\sqrt{2}\text{ m/s}^2$ 的匀变速曲线运动。故B、C正确。



- 8.B 解析:物体做匀变速曲线运动,加速度恒定,则物体在各点的加速度相同,A、C两项错误;物体运动到 $B$ 点时速度方向与加速度方向恰好互相垂直,结合运动轨迹可知,物体从 $A$ 点运动到 $B$ 点的过程中,加速度方向和速度方向的夹角大于 $90^\circ$ ,且夹角在不断减小,物体做减速曲线运动,物体从 $B$ 点运动到 $C$ 点的过程中,加速度方向和速度方向的夹角小于 $90^\circ$ ,且夹角在不断减小,物体做加速曲线运动,因此物体从 $A$ 点运动到 $C$ 点的过程中,加速度方向和速度方向的夹角一直在减小,物体在 $B$ 点的速率最小,故B项正确,D项错误。
- 9.C 解析:物体经过 $P$ 点时,其速度 $v$ 与合力 $F$ 的方向不在同一直线上,物体做曲线运动,合力应指向运动轨迹的内侧,当合力方向与速度方向相同时,物体做直线运动,所以物体从 $Q$ 点到 $M$ 点做直线运动,故C正确。
- 10.D 解析:曲线运动的轨迹位于速度方向和合力方向所夹的范围内,且向合力方向弯曲,故B、C错误;若恒力 $F$ 沿 $x$ 轴正方向,则 $A$ 点速度方向不可能与 $x$ 轴平行,故A错误,D正确。
- 11.C 解析:因质点在恒力作用下运动,由牛顿第二定律可知,质点在 $M$ 、 $N$ 两点间的运动是匀变速曲线运动,故A错误;由 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 得 $\Delta v=a\Delta t$ ,因加速度不变,则质点在这两段时间内的速度变化量大小相等、方向相同,故B错误,C正确;从 $M$ 点到 $N$ 点过程中,根据 $v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$ 可知,速度大小发生变化,故D错误。
- 12.A 解析:质点受两恒力 $F_1$ 和 $F_2$ 的作用从静止开始沿这两个力的合力方向做匀加速直线运动,当 $F_1$ 发生变化后, $F_1+\Delta F$ 和 $F_2$ 合力 $F'_\text{合}$ 的大小和方向与原合力 $F_\text{合}$ 相比均发生了变化,如图所示,此时合力仍为恒力,但方向与原来的合力方向不同,即与速度方向不在同一直线上,所以此后质点将做匀变速曲线运动,故选项A正确。



## 课后素养评价(二)

- 1.D 解析:本题考查两直线运动的合运动性质,解题关键是明确做曲线运动的条件是合外力的方向(即合加速度的方向)与合速度的方向不在一条直线上。如果 $\frac{a_1}{a_2}=\frac{v_1}{v_2}$ ,那么,合加速度的方向与合速度的方向一定在同一

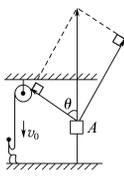
条直线上,所以D正确。

2.D 解析:根据运动的独立性原理,水平方向吹来的风不会影响竖直方向的运动,A、B错误;根据速度的合成规律,落地时速度  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ ,若风速越大,即  $v_x$  越大,则降落伞落地时速度越大,C错误,D正确。

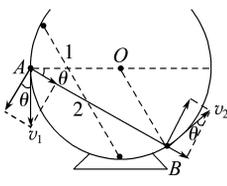
3.BC 解析:轮船渡河时间  $t = \frac{d}{v_{\perp}}$ ,其中  $v_{\perp}$  为轮船的速度在垂直于河岸方向的分速度,可见当船头垂直于河岸时,渡河时间最短,渡河时间与水流速度无关,A、D错误,B正确;欲使轮船垂直驶达对岸,则船的合速度方向应垂直于河岸,C正确。

4.B 解析:小船相对于岸的速度大小  $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$ ,故B正确,A、C错误;小船的实际运动是船在水流方向的运动与垂直河岸方向的运动的合运动,小船的实际运动轨迹偏向河的下流,不可能与河岸垂直,故D错误。

5.A 解析:将A的速度沿绳子方向和垂直于绳子方向分解,如图所示,拉绳子的速度等于A沿绳子方向的分速度,根据平行四边形定则可得,物体A的实际速度  $v = \frac{v_0}{\cos \theta}$ ,故A正确,B、C、D错误。

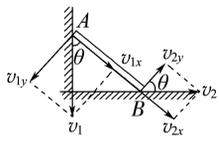


6.C 解析:根据题意,将小球A的速度分解成沿着杆与垂直于杆的方向,同时将小球B的速度也分解成沿着杆与垂直于杆的方向,如图所示。根据矢量关系,则对



小球A在平行于杆方向有  $v'_A = v_1 \sin \theta$ ,而对小球B在平行于杆方向有  $v'_B = v_2 \sin \theta$ ,由于A、B两球在同一杆上,则有  $v_1 \sin \theta = v_2 \sin \theta$ ,因此  $v_2 = v_1$ ,故C正确,A、B、D错误。

7.C 解析:可以把A、B两点的速度分解,如图所示,由于杆不能变长或变短,沿杆方向的速度应满足  $v_{1x} = v_{2x}$ ,即  $v_1 \cos \theta = v_2 \sin \theta$ ,则  $v_1 = v_2 \tan \theta$ ,C正确。



8.C 解析:飞机做匀速直线运动,水平位移  $x = v \cos 37^\circ \cdot t = 640 \text{ m}$ ,A错误;飞机在竖直方向的分速度  $v_y = v \sin 37^\circ = 120 \text{ m/s}$ ,B错误;经过  $t = 4 \text{ s}$ ,飞机在竖直方向上升的高度  $h = v_y t = 480 \text{ m}$ ,C正确;飞机做匀速直线运动,加速度为0,竖直方向没有加速度,飞行员没有处于完全失重状态,D错误。

9.A 解析:橡皮参与了两个分运动,一个是沿水平方向与铅笔速度相同的匀速直线运动,另一个是沿竖直方向与铅笔移动速度大小相等的匀速直线运动,这两个直线运动的合运动是斜向上的匀速直线运动,故选项A正确。

10.C 解析:气流对雨滴有排斥力,当雨滴接近空气伞时,受到水平方向的作用力,此时雨滴所受的合力与运动的方向不在同一条直线上,所以其运动轨迹将逐渐发生弯曲,速度的方向不能发生突变,故A、B两项错误;雨滴原来的运动方向沿竖直方向向下,当受到水平方向的作用力后,水平方向做匀加速直线运动,竖直方向做加速直线运动,从受力点开始,合外力和速度成锐角,雨滴所做的运动的轨迹一定是向合外力方向发生弯曲,雨滴离开气流区域后,在重力作用下,运动轨迹向下弯曲,故C项正确,D项错误。

11.解析:(1)小船从A点出发,若船头指向河正对岸的C点,则此时  $v_1$  方向的位移大小为  $d$ ,故有

$$v_1 = \frac{d}{t_{\min}} = \frac{120}{60 \times 8} \text{ m/s} = 0.25 \text{ m/s}.$$

(2)船头指向B点时,设AB与河岸上游成  $\alpha$  角,由题意可知,此时恰好到达河正对岸的C点,故  $v_1$  沿河岸方向的分速度大小恰好等于河水的流速  $v_2$  的大小,即  $v_2 = v_1 \cos \alpha$

$$\text{此时渡河时间为 } t = \frac{d}{v_1 \sin \alpha}$$

$$\text{所以 } \sin \alpha = \frac{d}{v_1 t} = 0.8$$

$$\text{故 } v_2 = v_1 \cos \alpha = 0.15 \text{ m/s}.$$

(3)在第二次渡河时小船被冲向下游的距离为  $x_{CD} = v_2 t_{\min} = 72 \text{ m}$ 。

答案:(1)0.25 m/s (2)0.15 m/s (3)72 m

## 课后素养评价(三)

1.ACD 解析:因为平抛运动要求物体在抛出时必须只具有水平方向的速度,所以必须保证斜槽末端水平,故A正确;在用描点法作平抛运动的轨迹时,每次只能描出一个点,应让小球多次沿同一轨道做相同的平抛运动,因此每次必须从同一位置由静止释放小球,故B错误,C正确;小球在下落过程中不能与白纸(或方格纸)相接触,否则摩擦或碰撞会改变小球做平抛运动的轨迹,故D正确。

2.解析:(1)实验中需要在坐标纸上记录小球的位置,描绘小球的运动轨迹,需要利用重垂线确定坐标轴的y轴,故C、F是需要的。

(2)使小球从斜槽上同一位置由静止滑下,才能保证每次的轨迹相同,A正确;斜槽没必要光滑,只要能使小球滑出的初速度相同即可,B错误;实验中记录的点越多,轨迹越精确,C正确;斜槽末端必须水平,才能保证小球离开斜槽后做平抛运动,D错误。

答案:(1)CF (2)AC

3.解析:(1)只要保证小球每次从同一位置由静止释放,到达斜槽末端的速度大小都相同即可,与实验所用斜槽是否光滑无关,故A错误;画轨迹时应舍去误差较大的点,把误差小的点用平滑的曲线连接起来,故B错误;求平抛运动的初速度时应读取轨迹上离原点较远的点的数据,便于减小读数产生的偶然误差,故C正确。

(2)坐标原点O为抛出点,由平抛运动规律有 $x_0 = v_0 t$ ,

$y_0 = \frac{1}{2} g t^2$ ,联立解得小球做平抛运动的初速度为 $v_0 =$

$x_0 \sqrt{\frac{g}{2y_0}}$ ,故D正确。

(3)小球多次从斜槽上同一位置由静止释放是为了保证小球到达斜槽末端的速度大小都相同,从而能确保多次运动的轨迹相同。

答案:(1)C (2)D (3)确保多次运动的轨迹相同

4.解析:(1)由平抛运动规律得,在x轴方向上 $x_{Oc} = v_0 T$ ,在竖直方向上 $h_{bc} - h_{Oc} = gT^2$ ,代入数据解得 $T = 0.1$  s, $v_0 = 2$  m/s。

(2)小球经过b点时竖直分速度 $v_{by} = \frac{h_{Oc}}{T} = 1.5$  m/s,小球从开始至运动到b点历时 $t_b = \frac{v_{by}}{g} = 0.15$  s,说明小球经过O点时已经运动了 $t_0 = 0.05$  s,所以小球抛出点的坐标

$x = -v_0 t_0 = -10$  cm, $y = -\frac{1}{2} g t_0^2 = -1.25$  cm。

答案:(1)2 (2)-10 -1.25

5.解析:(1)根据胡克定律 $F = k \Delta x$ ,可得 $k = \frac{F}{\Delta x}$ ,弹簧的劲度系数可由弹簧的伸长量(或压缩量)和弹力计算。

(2)实验时需要多次将弹簧的右端压到同一位置,保证小球每次抛出时具有相同初速度;物体做平抛运动时,水平方向

上 $x = v_0 t$ ,竖直方向上 $h = \frac{1}{2} g t^2$ ,所以 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$ 。

答案:(1)弹簧测力计的示数F 弹簧的伸长量 $\Delta x$

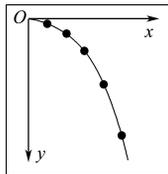
$k = \frac{F}{\Delta x}$

(2)同一 水平位移x 竖直高度h  $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2h}}$

6.解析:(1)实验前要反复调节斜轨,使斜轨末端水平。小球每次离开斜轨后,应做轨迹相同的平抛运动,所以每次让小球从同一位置由静止释放,是为了使小球每次平抛时的初速度相同。

(2)每次B板插入后一槽中会使小球的水平位移增加d,所以每次将B板向纸面内侧平移距离d,就可以对应水平位移的变化,使B板上x轴的坐标能表示水平位置的变化。

(3)用平滑曲线连接各点,可得轨迹如图所示。



答案:(1)斜轨末端水平 保证小球每次平抛时的初速度相同 (2)使板上x轴的坐标能表示小球的水平位移

(3)见解析图

7.解析:(1)通过实验发现,两球的运动具有等时性,由此说明做平抛运动的物体在竖直方向上做自由落体运动。

(2)可观察到两球在水平轨道上相遇,水平方向运动情况相同,说明平抛运动的水平分运动是匀速直线运动。

(3)小球在竖直方向上做加速度为g的匀加速直线运动,所以有 $\Delta y = gT^2$ , $\Delta y = 1.25 \times 10^{-2}$  m

得 $T \approx 3.57 \times 10^{-2}$  s

又因为每个闪光时间内水平位移

$x = 2 \times 1.25 \times 10^{-2}$  m $= 2.5 \times 10^{-2}$  m

则 $v_0 = \frac{x}{T} = \frac{2.5 \times 10^{-2}}{3.57 \times 10^{-2}}$  m/s $\approx 0.7$  m/s。

答案:(1)做平抛运动的物体在竖直方向上做自由落体运动 (2)P球击中Q球 做平抛运动的物体在水平方向上做匀速直线运动 (3) $3.57 \times 10^{-2}$  0.7

## 课后素养评价(四)

1.BD 解析:平抛运动是初速度沿水平方向且只在重力作用下所做的运动,所以是加速度恒为g的匀变速运动,A、C错误,B正确;平抛运动可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,D正确。

2.D 解析:斜抛运动和平抛运动都是只受重力作用、加速度恒为g的匀变速曲线运动,A、B错误;斜抛运动的速度是增大还是减小,要看初速度与重力的夹角,若成锐角,则速度增大,若成钝角,则速度先减小后增大,C错误;由 $\Delta v = g \Delta t$ 知,D正确。

3.B 解析:平抛运动在水平方向上的分速度不变且为 $v_0$ ,在竖直方向上的分速度为 $v_y = gt$ , $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$ ,g与

$v_0$  为定值,所以  $\tan \alpha$  与  $t$  成正比,故 B 项正确。

4. AD 解析:由题图知,  $h_b > h_a$ , 因为  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , 所以  $t_a < t_b$ , 又因为  $x = v_0 t$ , 且  $x_a > x_b$ , 所以  $v_a > v_b$ , 故 A、D 两项正确。

5. C 解析:起跳时, 竖直方向上的分速度  $v_{0y} = v_0 \sin 30^\circ = 10 \times \frac{1}{2} \text{ m/s} = 5 \text{ m/s}$ , 所以该运动员在空中滞留的时间  $t = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2 \times 5}{10} \text{ s} = 1 \text{ s}$ , 故 C 正确。

6. 解析:设该运动员过河的最小初速度为  $v_0$ , 其水平分速度  $v_{0x} = v_0 \cos 37^\circ$

则水平位移  $x = v_{0x} t$

竖直分速度  $v_{0y} = v_0 \sin 37^\circ$

运动时间  $t = 2 \frac{v_{0y}}{g}$

联立并代入数据得  $v_0 = \frac{5\sqrt{10}}{2} \text{ m/s}$ 。

答案:  $\frac{5\sqrt{10}}{2} \text{ m/s}$

7. A 解析:篮球垂直击中 A 点, 其逆过程是平抛运动, 平抛的水平速度越大, 抛出后落地速度越大, 落地速度与水平面的夹角越小, 落地时的水平位移越大。若水平速度减小, 则落地速度变小, 落地速度与水平面的夹角变大, 落地时的水平位移变小, 因此斜向上抛出篮球时, 若抛射点 B 向篮板方向水平移动一小段距离, 则只有增大抛射角, 同时减小抛出速度, 篮球才能仍垂直打到篮板上的 A 点, 故 A 正确, B、C、D 错误。

8. B 解析:忽略空气阻力, 两支飞镖都只受重力, 加速度都为  $g$ , 则  $a_1 = a_2$ , 故选项 A 错误; 飞镖 1 下落的高度小, 根据  $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , 知  $t_1 < t_2$ , 故选项 B 正确; 由于水平位移相等, 根据  $x = v_0 t$ , 知  $v_1 > v_2$ , 故选项 C 错误; 根据  $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y}$ , 由于  $v_{1y} < v_{2y}$ ,  $v_1 > v_2$ , 则  $\tan \theta_1 > \tan \theta_2$ , 所以  $\theta_1 > \theta_2$ , 故选项 D 错误。

9. A 解析:设排水口到落点的竖直高度为  $h$ , 水下落的时间为  $t$ , 减排前、后水排出时的速度分别为  $v_0$  和  $v_1$ , 则竖直方向有  $h = \frac{1}{2}gt^2$ , 可得  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ , 水平方向有  $x_0 = v_0 t$ ,  $x_1 = v_1 t$ ; 设排水管的横截面积为  $S$ , 则减排前、后单位时间  $t_0$  内的排水量分别为  $V_0 = Sv_0 t_0$ ,  $V_1 = Sv_1 t_0$ , 则  $\frac{V_0}{V_1} = \frac{Sv_0 t_0}{Sv_1 t_0} = \frac{v_0}{v_1} = \frac{x_0}{x_1}$ , 故 A 正确, B、C、D 错误。

10. 解析:(1) 设小球做平抛运动的时间为  $t$ , 沿竖直方向有

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

$$\text{解得 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2 \text{ s}。$$

(2) 设小球做平抛运动的初速度为  $v_0$ , 沿水平方向有

$$x = v_0 t$$

$$\text{解得 } v_0 = 10 \text{ m/s}。$$

(3) 小球落地时竖直方向的速度大小

$$v_y = gt = 20 \text{ m/s}$$

小球落地时的速度大小为

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 10\sqrt{5} \text{ m/s}。$$

答案:(1) 2 s (2) 10 m/s (3)  $10\sqrt{5}$  m/s

11. 解析:(1) 棋子从最高点落到平台 B 上表面中心的运动

可视为平抛运动, 则运动的时间  $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ 。

(2) 棋子落到平台 B 上表面中心时的竖直分速度

$$v_y = \sqrt{2gH}$$

$$\text{水平分速度 } v_x = \frac{x}{t} = \frac{L}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} = L\sqrt{\frac{g}{2H}}$$

则速度与水平方向夹角的正切值

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{2H}{L}。$$

(3) 若棋子落到平台 B 的左边缘, 则水平方向有

$$v_1 \cos \theta \cdot t_1 = 1.5L$$

$$\text{竖直方向有 } t_1 = \frac{2v_1 \sin \theta}{g}$$

$$\text{解得 } v_1 = \sqrt{\frac{3gL}{2\sin 2\theta}}$$

若棋子落到平台 B 的右边缘, 则水平方向有

$$v_2 \cos \theta \cdot t_2 = 2.5L$$

$$\text{竖直方向有 } t_2 = \frac{2v_2 \sin \theta}{g}$$

$$\text{解得 } v_2 = \sqrt{\frac{5gL}{2\sin 2\theta}}$$

则棋子初速度大小的范围为

$$\sqrt{\frac{3gL}{2\sin 2\theta}} \leq v \leq \sqrt{\frac{5gL}{2\sin 2\theta}}。$$

答案:(1)  $\sqrt{\frac{2H}{g}}$  (2)  $\frac{2H}{L}$  (3)  $\sqrt{\frac{3gL}{2\sin 2\theta}} \leq v \leq \sqrt{\frac{5gL}{2\sin 2\theta}}$

12. 解析:(1) 飞机水平速度不变, 则  $l = v_0 t$

竖直方向加速度恒定, 有  $h = \frac{at^2}{2}$

$$\text{联立解得 } a = \frac{2hv_0^2}{l^2}$$

由牛顿第二定律知  $F - mg = ma$

$$\text{解得 } F = mg + ma = mg \left( 1 + \frac{2hv_0^2}{gl^2} \right).$$

(2) 在高度  $h$  处, 飞机竖直方向的速度

$$v_y = at = \frac{2hv_0}{l}$$

$$\text{则速度大小 } v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = v_0 \sqrt{1 + \frac{4h^2}{l^2}}.$$

$$\text{答案: (1) } mg \left( 1 + \frac{2hv_0^2}{gl^2} \right) \quad (2) v_0 \sqrt{1 + \frac{4h^2}{l^2}}$$

## 课后素养评价(五)

1.C 解析: 由  $v = \omega r$  得  $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{v_1}{v_2} \cdot \frac{r_2}{r_1} = \frac{3}{2} \times \frac{5}{1} = \frac{15}{2}$ , A、B

错误; 由  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  得  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{2}{15}$ , C 正确, D 错误。

2.B 解析: 时间  $t$  内转过  $n$  周, 则周期  $T = \frac{t}{n}$ , 角速度  $\omega =$

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi n}{t}, \text{线速度大小 } v = R\omega = \frac{2\pi Rn}{t}, \text{B 正确。}$$

3.BD 解析: A、B 两点的运动属于皮带传动, 线速度大小相同, B 正确; B、C 两点的运动属于同轴传动, 角速度相同, 由  $v = r\omega$  可知, D 正确。

4.BC 解析: 由题意知, A 轮通过链条分别与 C 轮、D 轮连接, 自行车可有两种不同挡位, B 轮通过链条分别与 C 轮、D 轮连接, 又可有两种不同挡位, 所以该车可变换四种挡位; 当 A 轮与 D 轮组合时, 两轮边缘线速度大小相等, A 轮转 1 圈, D 轮转 4 圈, 即  $\frac{\omega_A}{\omega_D} = \frac{1}{4}$ 。故选项 B、C 正确。

5.C 解析: 子弹从 A 盘到 B 盘, B 盘转过的角度  $\theta =$

$$2n\pi + \frac{\pi}{6} (n=0, 1, 2, \dots), \text{B 盘转动的角速度 } \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f =$$

$$2\pi n = 2\pi \times \frac{3600}{60} \text{ rad/s} = 120\pi \text{ rad/s}, \text{子弹在 A、B 盘间运}$$

动的的时间等于 B 盘转动的的时间, 即  $\frac{l}{v} = \frac{\theta}{\omega}$ , 所以  $v = \frac{l\omega}{\theta}$

$$= \frac{1440}{12n+1} \text{ m/s} (n=0, 1, 2, \dots), n=0 \text{ 时}, v = 1440 \text{ m/s}; n$$

$=1$  时,  $v \approx 110.77 \text{ m/s}; n=2$  时,  $v = 57.6 \text{ m/s}$ , C 正确。

6.解析: 子弹穿过圆筒后做匀速直线运动, 当它再次到达圆筒壁时, 若原来的弹孔也恰好运动到此处, 则圆筒上只留下一个弹孔。所以, 在子弹运动位移为  $d$  的时间内, 圆筒转过的角度为  $2n\pi + \pi (n=0, 1, 2, 3, \dots)$ , 则  $\frac{d}{v} = \frac{2n\pi + \pi}{\omega}$ ,

$$\text{解得角速度 } \omega = \frac{2n\pi + \pi}{d} v (n=0, 1, 2, 3, \dots).$$

$$\text{答案: } \frac{2n\pi + \pi}{d} v (n=0, 1, 2, 3, \dots)$$

7.C 解析: 脚踏板转速为  $n$ , 则 I 轮角速度  $\omega_1 = 2\pi n$ , 线速度大小  $v_1 = r_1 \omega_1 = 2\pi n r_1$ , I、II 轮边缘线速度大小相同, 则  $v_2 = v_1 = 2\pi n r_1 = r_2 \omega_2$ , 得  $\omega_2 = \frac{2\pi n r_1}{r_2}$ , II、III 轮角

速度相同, 则  $v_3 = r_3 \omega_2 = \frac{2\pi n r_1 r_3}{r_2}$ , C 正确。

8.B 解析: 小球在竖直方向上做自由落体运动, 则  $h = \frac{1}{2} g t^2$ ; 又因圆筒内壁光滑, 故小球沿水平方向做匀速圆周运动。若小球恰能从 B 点飞出, 则水平方向做圆周运动的最短路程  $s = 2\pi R$ , 所以小球刚进入 A 口时的最小速率  $v_0 = \frac{s}{t} = 2\pi R \sqrt{\frac{g}{2h}} = \pi R \sqrt{\frac{2g}{h}}$ , 故 B 选项正确。

9.D 解析: 因为 M、N 在运动过程中始终处于同一高度, 所以 N 的速度  $v_N$  与 M 在竖直方向的分速度  $v_{My}$  大小相等, 设 M 做匀速圆周运动的角速度为  $\omega$ , 半径为  $r$ , 其竖直方向的分速度  $v_{My} = \omega r \cos \omega t$ , 即  $v_N = \omega r \cos \omega t$ , 为余弦函数, 则 D 正确, A、B、C 错误。

10.C 解析: 分针与秒针的角速度分别为  $\omega_{\text{分}} = \frac{2\pi}{3600} \text{ rad/s}$ ,

$$\omega_{\text{秒}} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s}.$$

设两次重合的时间间隔为  $\Delta t$ , 则有  $\varphi_{\text{分}} = \omega_{\text{分}} \Delta t$ ,  $\varphi_{\text{秒}} = \omega_{\text{秒}} \Delta t$ ,  $\varphi_{\text{秒}} - \varphi_{\text{分}} = 2\pi$ , 则  $\Delta t = \frac{2\pi}{\omega_{\text{秒}} - \omega_{\text{分}}}$

$$\frac{2\pi}{\frac{2\pi}{60} - \frac{2\pi}{3600}} \text{ s} = \frac{3600}{59} \text{ s} = \frac{60}{59} \text{ min}, \text{故选项 C 正确。}$$

11.解析: 要使两物体速度相同, 则 A 物体必须运动到最低点方向才会一致, 所用时间为

$$t_A = \frac{3T}{4} + nT = \frac{3+4n}{2\omega} \cdot \pi (n=0, 1, 2, \dots)$$

线速度  $v_A = \omega R$

B 物体匀加速, 经过同样时间速度达到

$$v_B = at_A = \frac{F}{M} \cdot \frac{3+4n}{2\omega} \cdot \pi$$

$$\text{令 } v_A = v_B, \text{ 则有 } \omega = \sqrt{\frac{(3+4n)\pi F}{2MR}} (n=0, 1, 2, \dots).$$

$$\text{答案: } \sqrt{\frac{(3+4n)\pi F}{2MR}} (n=0, 1, 2, \dots)$$

12.解析: (1) 由于两轮边缘线速度大小相等, 由公式  $v =$

$$\frac{2\pi r}{T} \text{ 可得, 两轮转动周期之比 } \frac{T_A}{T_B} = \frac{r_A}{r_B} = \frac{1}{2}.$$

(2) 由公式  $v = \omega r$  可得, 两轮转动的角速度之比

$$\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_B}{r_A} = 2$$

则  $\omega_B = \frac{1}{2}\omega_A = \frac{1}{2}\omega$ 。

答案:(1)1:2 (2) $\frac{1}{2}\omega$

13.解析:(1)由题意知,  $a$  点物体脱落后做平抛运动,  $h_b > h_a$ , 若  $b$  点物体与  $a$  点物体脱落后下落的时间相同, 则  $b$  点物体必须做竖直下抛运动, 故知圆轮转动方向为逆时针方向。

(2) $a$  点物体做平抛运动, 则有  $R = \frac{1}{2}gt^2$

$b$  点物体竖直下抛, 则有  $2R = v_0t + \frac{1}{2}gt^2$

联立解得  $v_0 = \sqrt{\frac{gR}{2}}$

又因  $\omega = \frac{v_0}{R}$

解得  $\omega = \sqrt{\frac{g}{2R}}$ 。

答案:(1)逆时针 理由见解析 (2) $\sqrt{\frac{g}{2R}}$

## 课后素养评价(六)

1.ACD 解析:向心力是使物体做圆周运动的原因,它可由各种性质力的合力、某一个力或某一个力的分力提供,方向始终从做圆周运动的物体所在位置指向圆心,向心力是根据力的作用效果命名的,向心力只改变线速度的方向,不改变线速度的大小,B错误,A、C、D正确。

2.A 解析:两车所受静摩擦力分别提供两车转弯时的向心力,  $f_{甲} = m \frac{v^2}{r_{甲}}$ ,  $f_{乙} = m \frac{v^2}{r_{乙}}$ , 因  $r_{甲} > r_{乙}$ , 故  $f_{甲} < f_{乙}$ , A正确。

3.D 解析:设两球受绳子的拉力分别为  $F_1$ 、 $F_2$ , 对 A 有  $F_1 = m_1 r_1 \omega_1^2$ , 对 B 有  $F_2 = m_2 r_2 \omega_2^2$ , 因为  $F_1 = F_2$ ,  $\omega_1 = \omega_2$ , 解得  $\frac{r_1}{r_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{2}$ , D正确。

4.解析:(1)根据向心力公式有  $F_{向} = m\omega^2 r$ , 由细绳拉力提供向心力有  $T_{拉} = m\omega^2 r$ 。保持质量、绳长不变, 增大转速, 根据公式可知, 绳对手的拉力将增大, 故 A 项错误, B 项正确; 保持质量、角速度不变, 增大绳长, 根据公式可知, 绳对手的拉力将变大, 故 C 项错误, D 项正确。

(2)①操作四与操作一相比较, 角速度、半径相同, 向心力大小与质量有关。

②此种实验方法叫控制变量法。

③该同学受力分析的对象是自己的手, 而该实验受力分析的对象是纸杯, 细绳的拉力提供纸杯做圆周运动的向

心力, 指向圆心。细绳对手的拉力与向心力的大小相等, 方向相反, 背离圆心。

答案:(1)BD (2)①角速度 半径 质量

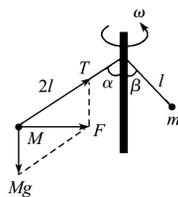
②控制变量 ③见解析

5.BC 解析:向心加速度是表示圆周运动中速度方向变化快慢的物理量, 向心加速度越大, 速度方向变化得越快, 选项 A 错误, B、C 正确; 在匀速圆周运动中, 向心加速度的大小不变, 方向始终指向圆心且时刻变化, 向心加速度不是恒量, 而是变量, 选项 D 错误。

6.D 解析:研究三个物理量之间的关系时, 需要在某一个量一定时, 研究另外两个量的关系, 比如  $a = \frac{v^2}{r}$ , 只有在  $r$  一定的前提下, 才能说速度  $v$  越大, 向心加速度  $a$  越大。故 A、B、C 均不正确, 选 D。

7.AD 解析:A、B 一起随转台转动, 有  $\omega_A = \omega_B$ , 根据  $a = r\omega^2$  得 A 正确; 根据  $v = r\omega$ ,  $r_B > r_A$  得 B 的线速度比 A 大, D 正确。

8.A 解析:对于质量为  $M$  的球, 受重力和轻绳拉力作用, 由两个力的合力提供向心力, 如图所示, 设它们转动的角速度是  $\omega$ , 由  $Mg \tan \alpha = M \cdot 2l \sin \alpha \cdot \omega^2$ , 可得  $\cos \alpha = \frac{g}{2l\omega^2}$ 。同理可得  $\cos \beta = \frac{g}{l\omega^2}$ , 则  $\cos \alpha = \frac{1}{2} \cos \beta$ , 所以选项 A 正确。



9.AD 解析:小球在水平面内做匀速圆周运动, 其所受合力提供向心力, 大小为  $m\omega^2 R$ , A 正确, B 错误; 设杆对小球的作用力为  $F$ , 沿竖直方向的分力为  $F_y$ , 沿水平方向的分力为  $F_x$ , 则  $F_x = m\omega^2 R$ ,  $F_y = mg$ , 故杆对小球的作用力大小为  $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = m \sqrt{\omega^4 R^2 + g^2}$ , 由牛顿第三定律可知, 小球对杆的作用力大小为  $m \sqrt{\omega^4 R^2 + g^2}$ , C 错误, D 正确。

10.C 解析:设该质点的质量为  $m$ , 运动周期为  $T$ , 轨道半径为  $r$ , 所受合力为  $F$ , 由题意知运动周期与轨道半径成反比, 所以有  $T = \frac{k}{r}$ ,  $k$  为比例系数, 再由圆周运动知

和牛顿第二定律有  $F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ , 将  $T = \frac{k}{r}$  代入, 解得

$F = m \frac{4\pi^2}{k^2} r^3$ , 因为质点所受合力的大小与轨道半径的  $n$

次方成正比, 所以  $n = 3$ , C 正确。

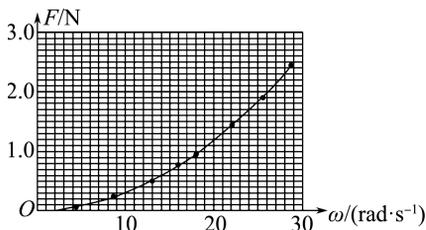
11. B 解析: 根据  $a_1 = \frac{v_1^2}{r_1}$ , 可得小车在 BC 段的最大速度

为  $v_{1m} = \sqrt{6}$  m/s, 根据  $a_2 = \frac{v_2^2}{r_2}$ , 可得小车在 CD 段的最大速度为  $v_{2m} = 2$  m/s  $< v_{1m}$ , 所以小车在 BCD 段运动时的速率为  $v = 2$  m/s, 在 BCD 段运动的时间为  $t_3 = \frac{\pi r_1 + \pi r_2}{v} = \frac{7\pi}{2}$  s。小车在 AB 段从最大速度  $v_m$  减速到  $v$  的时间  $t_1 = \frac{v_m - v}{a_1} = \frac{4 - 2}{2}$  s = 1 s, 位移  $x_2 = \frac{v_m^2 - v^2}{2a_1} = 3$  m, 则小车在 AB 段做匀速直线运动的最长距离为  $l = 8$  m - 3 m = 5 m, 匀速运动的时间  $t_2 = \frac{l}{v_m} = \frac{5}{4}$  s, 则小车从 A 到 D 所需最短时间为  $t = t_1 + t_2 + t_3 = (\frac{9}{4} + \frac{7\pi}{2})$  s, 故选 B。

12. 解析: 周期  $T = 25 \times 60$  s = 1 500 s, 向心加速度大小  $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \approx 8.6 \times 10^{-4}$  m/s<sup>2</sup>。

答案: 1 500  $8.6 \times 10^{-4}$

13. 解析: (1) 描点绘图时注意尽量让所描的点落到同一条曲线上, 不能落到曲线上的点应均匀分布在曲线两侧, 如图所示。



(2) 可以通过进一步的转换, 通过绘出  $F-\omega^2$  关系图像来确定他们的猜测是否正确, 如果猜测正确, 作出的  $F-\omega^2$  关系图像应当为一条倾斜直线。

(3) 在题图乙中做一条平行于纵轴的辅助线, 观察其和三条曲线的交点中力的数值之比是否为 1:2:3, 如果比例成立, 则说明向心力与物体做圆周运动的半径成正比。

(4) 做圆周运动的物体受到的向心力  $F$  与角速度  $\omega$ 、半径  $r$  的数学关系式是  $F = k\omega^2 r$ , 代入题图甲中任意一点的坐标数值, 比如 (13.0, 0.50), 此时半径为 0.08 m, 解得  $k = 0.037$  kg。

答案: (1) 见解析图 (2)  $F-\omega^2$  (3) 在图乙中做一条平行于纵轴的辅助线, 观察其和三条曲线的交点中力的数值之比是否为 1:2:3 (4) 0.037 kg

14. 解析: 根据小球做圆周运动的轨迹找圆心, 定半径, 由题

意知小球轨迹圆心为  $O'$  点, 运动半径为  $r = R \sin \theta$ , 受力分析如图所示, 小球受重力  $mg$  及碗对小球的弹力  $N$  的作用, 向心力为弹力的水平分力, 由向心力公式得

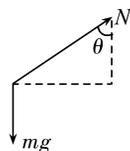
$$N \sin \theta = m \frac{v^2}{R \sin \theta}$$

竖直方向上小球的加速度为 0, 所以竖直方向上所受的合力为 0, 即  $N \cos \theta = mg$

$$\text{解得 } N = \frac{mg}{\cos \theta}$$

可解得物体做匀速圆周运动的线速度大小为

$$v = \sqrt{gR \sin \theta \tan \theta}.$$



$$\text{答案: } \sqrt{gR \sin \theta \tan \theta} \quad \frac{mg}{\cos \theta}$$

15. 解析: 同一轮子上的 S 点和 P 点的角速度相同, 即

$$\omega_S = \omega_P$$

根据向心加速度公式  $a = \omega^2 r$  可得

$$\frac{a_S}{a_P} = \frac{r_S}{r_P}$$

$$\text{故 } a_S = \frac{r_S}{r_P} a_P = \frac{1}{3} \times 12 \text{ m/s}^2 = 4 \text{ m/s}^2$$

又因为皮带不打滑, 所以皮带传动的两轮边缘上各点的线速度大小相等, 即  $v_P = v_Q$

$$\text{由向心加速度公式 } a = \frac{v^2}{r} \text{ 可得 } \frac{a_P}{a_Q} = \frac{r_Q}{r_P}$$

$$\text{故 } a_Q = \frac{r_P}{r_Q} a_P = 2 \times 12 \text{ m/s}^2 = 24 \text{ m/s}^2.$$

答案: 4 m/s<sup>2</sup> 24 m/s<sup>2</sup>

16. 解析: 乙做自由落体运动, 由  $h = \frac{1}{2} g t^2$  得下落高度  $R$

$$\text{所用时间 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

在  $t$  时间内甲第一次运动至 B 点, 则有  $t = \frac{3T}{4}$

$$\text{得 } T = \frac{4t}{3} = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

$$\text{角速度 } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{2R}}$$

甲的向心加速度大小为

$$a = R\omega^2 = R \left( \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{2R}} \right)^2 = \frac{9\pi^2}{8} g.$$

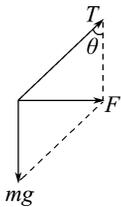
答案:  $\frac{9\pi^2}{8} g$

## 课后素养评价(七)

1.B 解析:设弹簧原长为  $l_0$ , 汽车在水平面上运动时, 有  $k(l_1 - l_0) = mg$ , 汽车在拱形桥最高点时, 有  $mg - k(l_2 - l_0) = \frac{mv^2}{R}$ , 两式比较得  $l_1 > l_2$ , 故 B 正确。

2.D 解析: 当  $v_0 = \sqrt{gR}$  时, 所需向心力  $F = m \frac{v_0^2}{R} = mg$ , 此时物体与半圆球顶部接触但无弹力作用, 物体只受重力作用, 故物体将做平抛运动, 选项 D 正确。

3.C 解析: 金属块 Q 在桌面上保持静止, 对金属块 Q 受力分析, 其受细线的拉力、重力、桌面的支持力和摩擦力, 竖直方向没有加速度, 根据平衡条件得知, Q 所受桌面的支持力等于 Q 所受重力, 且保持不变, 故 A 错误; 设细线与竖直方向的夹角为  $\theta$ , 细线的拉力大小为  $T$ , 细线的长度为  $L$ , 小球做匀速圆周运动时, 由重力和细线的拉力的合力提供向心力, 如图所示, 则有  $T = \frac{mg}{\cos \theta}$ ,  $mg \tan \theta = m\omega^2 L \sin \theta$ , 得角速度  $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}$ , 将小球改到一个更高一些的水平面上做匀速圆周运动时,  $\theta$  增大,  $\cos \theta$  减小,  $\tan \theta$ 、 $\sin \theta$  都增大, 则细线拉力  $T$  增大, 角速度  $\omega$  增大, 周期  $T$  变小, 即小球在 P 平面内时, 运动的角速度较小, 运动的向心加速度较小, 细线的拉力较小, 所以对金属块 Q, 由平衡条件可知, Q 受到桌面的静摩擦力较小, 故 C 正确, B、D 错误。



4.解析: (1) 以座椅(含人)为研究对象, 设绳的拉力为  $T$ , 竖直方向有  $T \cos \theta = mg$   
解得  $T = 2\,000\text{ N}$ 。

(2) 水平方向, 根据牛顿第二定律得

$$T \sin \theta = m\omega^2 (r + L \sin \theta)$$

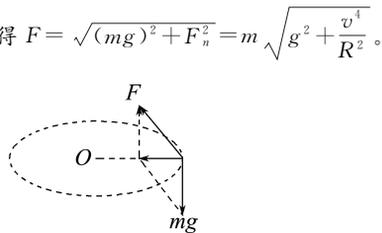
$$\text{解得 } \omega = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ rad/s}.$$

$$\text{答案: (1) } 2\,000\text{ N} \quad (2) \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ rad/s}$$

5.AC 解析: 当火车以规定速度转弯时, 火车对外轨、内轨无侧压力, 由火车重力与轨道面支持力的合力提供向心力, A 正确, B 错误; 当速度大于  $v$  时, 只由重力和支持力的合力无法提供足够的向心力, 此时轮缘会挤压外轨, C

正确, D 错误。

6.C 解析: 飞机在空中水平盘旋时在水平面内做匀速圆周运动, 受到重力和空气的作用力两个力的作用, 其合力提供向心力, 有  $F_n = m \frac{v^2}{R}$ ; 飞机受力情况示意图如图所示, 根据勾股定理得  $F = \sqrt{(mg)^2 + F_n^2} = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$ 。



7.AC 解析: 衣服受到重力、筒壁的弹力和摩擦力的作用, A 正确; 衣服随筒壁在水平面内做圆周运动, 筒壁的弹力提供向心力, B 错误; 因为  $N = m\omega^2 r$ , 所以筒壁的弹力随筒的转速增大而增大, C 正确; 衣服在竖直方向的合力等于零, 所以筒壁对衣服的摩擦力大小始终等于重力, 不随转速变化, D 错误。

8.C 解析: 铁水做圆周运动, 重力和弹力的合力提供向心力, 没有离心力, 故 A 错误; 铁水做圆周运动的向心力由重力和弹力的径向分力提供, 不是匀速圆周运动, 故模具各个方向上受到的铁水的作用力不一定相同, 故 B 错误; 若最上部的铁水恰好不开模具内壁, 则重力恰好提供向心力, 故 C 正确; 为了使铁水紧紧地覆盖在模具的内壁上, 管状模具转动的角速度不能小于临界角速度  $\sqrt{\frac{g}{R}}$ , 故 D 错误。

9.B 解析: 设路面的倾角为  $\theta$ , 根据牛顿第二定律得  $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$ , 又由数学知识可知  $\tan \theta = \frac{h}{d}$ , 联立解得

$$v = \sqrt{\frac{gRh}{d}}, \text{ 选项 B 正确。}$$

10.解析: 由题意可知, 在 B 点, 有

$$F_B + mg = m \frac{v_1^2}{R}$$

$$\text{已知 } v_1 = \sqrt{2gR}$$

联立解得  $F_B = mg$ , 方向竖直向下

$$\text{在 A 点, 有 } F_A - mg = m \frac{v_2^2}{R}$$

$$\text{又 } v_2 = \sqrt{3} v_1$$

联立解得  $F_A = 7mg$ , 方向竖直向上

所以在 A、B 两点轨道对车的压力大小相差  $6mg$ 。

答案:  $6mg$

11.解析: (1) 小球在竖直方向上受力平衡, 则有

$$T \cos \theta = mg$$

解得绳的拉力  $T = \frac{mg}{\cos \theta}$ 。

(2) 水平方向上, 小球做匀速圆周运动, 轨道半径为

$$r = R + L \sin \theta$$

$$\text{向心力 } F = T \sin \theta = mg \tan \theta$$

$$\text{而 } F = m\omega^2 r$$

$$\text{所以 } mg \tan \theta = m\omega^2 (R + L \sin \theta)$$

$$\text{联立可得 } \omega = \sqrt{\frac{g \tan \theta}{R + L \sin \theta}}$$

答案: (1)  $\frac{mg}{\cos \theta}$  (2)  $\sqrt{\frac{g \tan \theta}{R + L \sin \theta}}$

## 课后素养评价(八)

1. CD 解析: 宇宙是一个无限的空间, 时刻都在运动, 太阳系只是其中很小的一个星系, 地心说与日心说在研究行星运动时都是有局限的, 故选项 C、D 正确。

2. A 解析: 根据开普勒第一定律的内容, 所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆, 太阳处在椭圆的一个焦点上, A 项正确, B 项错误; 根据开普勒第三定律的内容, 所有绕同一中心天体运行的行星, 其轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等, C、D 两项错误。

3. D 解析: 根据开普勒第三定律  $\frac{a^3}{T^2} = k$ , 因为金星绕太阳公转的周期小于地球绕太阳公转的周期, 所以金星到太阳的距离小于地球到太阳的距离, C 错误, D 正确; 由题意无法判断金星的半径与地球的半径之间的大小关系, B 错误; 由题意无法判断金星的质量和地球质量之间的大小关系, A 错误。

4. B 解析: 由表中数据知  $T_{\text{地}} = 1$  年,  $T_{\text{火}} = 1.88$  年, 由  $\frac{r_{\text{火}}^3}{T_{\text{火}}^2} = \frac{r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2}$  得  $r_{\text{火}} = \sqrt[3]{\frac{T_{\text{火}}^2 r_{\text{地}}^3}{T_{\text{地}}^2}} \approx 2.3 \times 10^8$  km, 故 B 正确。

5. C 解析: 由开普勒第三定律得  $\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2}$ , 解得  $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt[3]{\frac{T_1^2}{T_2^2}} = \frac{4}{1}$ , 由  $v = \frac{2\pi R}{T}$  得  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{1} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$ , C 正确。

6. B 解析: 两卫星只能在图示位置或由图示位置转过半圆的位置才能相遇, 由  $T = \sqrt{\frac{r^3}{k}} \propto \sqrt{r^3}$  知  $T_{\text{乙}} = 5T_{\text{甲}}$ , 当乙运行 0.5 周、1 周、1.5 周时, 甲刚好运行了 2.5 周、5 周、7.5 周, 即甲运行 8 周的时间内, 二者相遇了 3 次。

7. C 解析: 根据开普勒第二定律可知, 卫星与地球的连线

在相同时间内扫过的面积相等, 故面积  $S_1 = S_2$ , A 项错误; 根据开普勒第二定律可知, 卫星在轨道上 A 点的速度大于在 B 点的速度, B 项错误; 根据开普勒第三定律可知  $\frac{a^3}{T^2} = k$ ,  $a$  为椭圆半长轴, 故 C 项正确, D 项错误。

8. 解析: 设哈雷彗星的周期为  $T$ , 其轨道半长轴为  $R$ , 由开普勒第三定律  $\frac{R^3}{T^2} = k$  得

$$R = \sqrt[3]{T^2 k} \approx 2.68 \times 10^{12} \text{ m}$$

则最近距离  $d' = 2R - d_0 \approx 5.27 \times 10^{12} \text{ m}$ 。

答案:  $5.27 \times 10^{12} \text{ m}$

9. 解析: 嫦娥六号绕月球做圆周运动时, 有  $\frac{R^3}{T^2} = k$

嫦娥六号进入椭圆轨道运动时, 其椭圆轨道的半长轴为

$$\frac{R + R_0}{2}, \text{ 有 } \frac{\left(\frac{R + R_0}{2}\right)^3}{T'^2} = k$$

解得嫦娥六号在椭圆轨道上运动的周期

$$T' = \sqrt{\frac{(R + R_0)^3}{8R^3}} T$$

嫦娥六号由 A 点运动到 B 点所经历的时间为

$$t = \frac{1}{2} T' = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{(R + R_0)^3}{2R^3}} T$$

答案:  $\frac{1}{4} \sqrt{\frac{(R + R_0)^3}{2R^3}} T$

## 课后素养评价(九)

1. C 解析: 行星的惯性使行星沿直线运动, A 错误; 太阳不是宇宙的中心, 并非所有星体都绕太阳运动, B 错误; 行星绕太阳做曲线运动, 轨迹向太阳方向弯曲是因为太阳对行星有引力作用, C 正确; 行星之所以没有落向太阳, 是因为行星在引力作用下做圆周运动, 引力提供行星做圆周运动的向心力, 并不是因为行星对太阳有排斥力, D 错误。

2. BD 解析: 根据牛顿第三定律, 太阳对行星的引力与行星对太阳的引力是作用力与反作用力, 两个力大小相等, 方向相反, 故 A 错误, B 正确; 太阳对行星的引力受力物体是行星, 行星对太阳的引力受力物体是太阳, 这两个力不是同一个力, 故 C 错误; 行星绕太阳做匀速圆周运动, 太阳对行星的引力提供行星绕太阳做圆周运动的向心力, 故 D 正确。

3. B 解析: 由万有引力定律得  $F = G \frac{m^2}{r^2}$ ,  $F' = G \frac{(2m)^2}{(2r)^2} =$

$$G \frac{m^2}{r^2} = F, \text{B 正确.}$$

4.D 解析:由万有引力定律公式中“ $r$ ”应为两球重心之间的距离,得  $r = R_1 + R_2 + R$ ,故两球之间的万有引力为

$$F = G \frac{m_1 m_2}{(R_1 + R_2 + R)^2}, \text{D 正确.}$$

5.D 解析:物体在此星球表面的重力等于万有引力,即

$$G_{星} = G \frac{M_{星} m}{r_{星}^2} = G \frac{\frac{1}{2} M_{地} m}{\left(\frac{1}{2} r_{地}\right)^2} = 2G_{地}, \text{D 正确.}$$

6.解析:设月球和地球对飞行器的引力的合力为零时,飞行器到地心的距离为  $r_1$ ,到月心的距离为  $r_2$ ,根据公式  $F =$

$$G \frac{Mm}{r^2}, \text{可得 } \frac{GM_{地}m}{r_1^2} = G \frac{M_{月}m}{r_2^2}, \text{所以 } \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_{地}}{M_{月}}} = \sqrt{n}.$$

答案:  $\sqrt{n} : 1$

7.A 解析:将地球分成无数块,每一块都对物体有引力作用,根据力的对称性,可知最终引力的合力为零,则物体与地球间的万有引力等于零。

8.ABC 解析:物体的质量与物体所处的位置及运动状态无关,A 正确,D 错误;由题意知,月球表面的重力加速度为地球表面的重力加速度的  $\frac{1}{6}$ ,即  $F = m \times \frac{1}{6} g = 980 \text{ N}$ ,B 正确;由  $F = \frac{Gm_1 m_2}{r^2}$  知, $r$  增大时,引力  $F$  减小,C 正确。

9.B 解析:航天员在地球上所受的万有引力  $F_1 = G \frac{m_1 m}{R_1^2}$ ,

航天员在该星球上所受的万有引力  $F_2 = G \frac{m_2 m}{R_2^2}$ ,由题意

知  $m_2 = \frac{1}{8} m_1, R_2 = \frac{1}{2} R_1$ ,解得  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{m_2 R_1^2}{m_1 R_2^2} = \frac{1}{2}$ ,故 B 正确。

10.C 解析:天都一号在环月椭圆轨道上运行时与月球之间的距离不断发生变化,根据  $F = G \frac{Mm}{r^2}$  可知其受月球的引力大小不断发生变化,离月球越近,其所受月球的引力越大,故 A、D 错误;根据开普勒第二定律可知天都一号在环月椭圆轨道上运行时相对月球的速度大小在不断改变,近月点速度最大,远月点速度最小,即离月球越近,相对月球的速度越大,故 B 错误,C 正确。

11.BC 解析:地球对三颗卫星的引力均为  $F = G \frac{Mm}{r^2}$ ,根据牛顿第三定律,一颗卫星对地球的引力大小为  $\frac{GMm}{r^2}$ ,

A 错误,B 正确;两颗卫星之间距离  $d = \sqrt{3} r$ ,引力为

$$F' = \frac{Gm^2}{(\sqrt{3}r)^2} = \frac{Gm^2}{3r^2}, \text{C 正确;三颗卫星对地球的引力大小相等,互成 } 120^\circ \text{ 角,合力为零,D 错误.}$$

12.解析:火箭上升过程中,物体受竖直向下的重力和向上的支持力,设高度为  $h$  时,重力加速度为  $g'$ 。

$$\text{启动前 } N_1 = mg$$

$$\text{启动后 } N_2 = \frac{17}{18} N_1$$

$$\text{由牛顿第二定律得 } N_2 - mg' = m \frac{g}{2}$$

$$\text{联立解得 } g' = \frac{4}{9} g$$

$$\text{由万有引力定律知 } G \frac{Mm}{R^2} = mg$$

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = mg'$$

$$\text{联立可得 } h = \frac{R}{2}.$$

$$\text{答案: } \frac{R}{2}$$

## 课后素养评价(十)

1.A 解析:月球表面物体的重力等于万有引力,有  $mg = G \frac{Mm}{r^2}$ ,解得  $M = \frac{gr^2}{G}$ ,故 A 正确,B 错误;由月球绕地球的运动不能求出月球的质量,故 C、D 错误。

2.B 解析:对月球有  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ,可得地球质量  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ ,而月球质量无法求出,其密度也无法计算,故 B 正确,A、C 错误;因不知道地球自身半径,故无法计算地球的密度,故 D 错误。

3.A 解析:由  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$  知选项 A 正确;由  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$  知选项 B 错误;由  $a = \frac{GM}{r^2}$  知选项 C 错误;由  $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$  知选项 D 错误。

4.解析:该行星的线速度  $v = \frac{2\pi R}{T}$

$$\text{由万有引力提供向心力,得 } G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

$$\text{解得太阳的质量 } M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}.$$

$$\text{答案: } \frac{2\pi R}{T} \quad \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$$

5.C 解析：“双星系统”在相互之间的万有引力作用下绕连线上的O点做周期相同的匀速圆周运动，角速度相同，A项错误；由  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 \omega^2 r_1 = m_2 \omega^2 r_2$  得  $r_1 : r_2 = m_2 : m_1 = 2 : 3$ ，由  $v = \omega r$  得  $S_1、S_2$  做圆周运动的线速度大小之比为  $v_1 : v_2 = r_1 : r_2 = 2 : 3$ ，B项错误；由  $r_1 + r_2 = L$  与  $r_1 : r_2 = 2 : 3$  可知， $S_1$  做圆周运动的半径为  $\frac{2}{5}L$ ， $S_2$  做圆周运动的半径为  $\frac{3}{5}L$ ，C项正确，D项错误。

6.解析：设两颗恒星的质量分别为  $m_1、m_2$ ，做圆周运动的半径分别为  $r_1、r_2$ ，角速度分别为  $\omega_1、\omega_2$ 。根据题意有  $\omega_1 = \omega_2, r_1 + r_2 = L$  根据万有引力定律和牛顿运动定律，有

$$G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 \omega_1^2 r_1, G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_2 \omega_2^2 r_2$$

根据角速度与周期的关系知  $\omega_1 = \omega_2 = \frac{2\pi}{T}$

$$\text{联立解得 } m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 L^3}{T^2 G}$$

$$\text{答案: } \frac{4\pi^2 L^3}{T^2 G}$$

7.BC 解析：由于引力常量  $G$  在缓慢减小，地球所受的万有引力在变化，故地球的公转半径  $R$ 、速率  $v$ 、周期  $T$ 、角速度  $\omega$  等都在变化，则地球做的不是匀速圆周运动，但由于  $G$  变化缓慢，在并不太长的时间内，可认为是做匀速圆周运动。由  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R} = m \frac{4\pi^2 R}{T^2} = m\omega^2 R$ ，得  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM}}$ ， $\omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$ ，对于漫长的演变过程而言，由于  $G$  在减小，地球所受万有引力在逐渐减小，有  $G \frac{Mm}{R^2} < m \frac{v^2}{R}$ ，则地球做离心运动，公转半径  $R$  增大，由此可知， $v$  减小、 $T$  增大、 $\omega$  减小，故 B、C 正确。

8.B 解析：由  $F = mg$  得  $g = \frac{F}{m}$ ，在行星表面有  $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ ，卫星绕行星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，则  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ ，联立以上各式得  $M = \frac{mv^4}{GF}$ ，故 B 正确。

9.B 解析：根据开普勒第三定律有  $\frac{T^2}{R^3} = \frac{T_{地}^2}{R_{地}^3}$ ，解得  $T = \sqrt{\left(\frac{R}{R_{地}}\right)^3} T_{地}$ ，设相邻两次“冲日”时间间隔为  $t$ ，则  $2\pi = \left(\frac{2\pi}{T_{地}} - \frac{2\pi}{T}\right)t$ ，解得  $t = \frac{TT_{地}}{T - T_{地}} = \frac{T_{地}}{1 - \sqrt{\frac{R_{地}^3}{R^3}}}$ ，由表格中的

数据可得火星“冲日”的时间间隔约为 800 天，天王星“冲日”的时间间隔约为 369 天，故选 B。

10.A 解析：双星做匀速圆周运动时具有相同的角速度，靠相互间的万有引力提供向心力。根据  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 r_1 \omega^2 = m_2 r_2 \omega^2$ ，得  $m_1 r_1 = m_2 r_2$ ，可知轨道半径之比等于质量之反比，双星间的距离减小，则双星的轨道半径都变小，根据万有引力提供向心力知，角速度变大，周期变小，故 A 项正确，B 项错误；根据  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1 a_1 = m_2 a_2$  知， $L$  变小，两星体的向心加速度均增大，故 C 项错误；根据  $G \frac{m_1 m_2}{L^2} = \frac{m_1 v_1^2}{r_1}$ ，解得  $v_1 = \sqrt{\frac{Gm_2 r_1}{L^2}}$ ，由于  $L^2$  的减小量比  $r_1$  的减小量大，则线速度增大，故 D 项错误。

11.C 解析：卫星从北纬  $30^\circ$  的正上方，第一次运行至南纬  $60^\circ$  正上方时，刚好为运行周期的  $\frac{1}{4}$ ，所以卫星运行的周期为  $4t$ ，A 项能求出；知道卫星的运行周期、地球的半径与地球表面重力加速度，由  $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 (R+h)$  和  $\frac{GMm}{R^2} = mg$ ，可以算出卫星距地面的高度，B 项能求出；通过上面的公式可以看出，只能算出中心天体地球的质量，即 D 项能求出，C 项不能求出。

12.D 解析：太阳直径远小于金星的轨道半径，太阳直径忽略不计，根据题意并结合几何知识可知地球和金星绕太阳运动的轨道半径之比为  $\frac{r_{地}}{r_{金}} = \frac{d+L}{L}$ ，故 A 错误；根据万有引力提供向心力，有  $\frac{Gm_0 m}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r = m \frac{v^2}{r} = ma$ ，解得  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{Gm_0}}$ ， $v = \sqrt{\frac{Gm_0}{r}}$ ， $a = \frac{Gm_0}{r^2}$ ，故可得周期之比为  $\frac{T_{地}}{T_{金}} = \sqrt{\left(\frac{d+L}{L}\right)^3}$ ，线速度大小之比为  $\frac{v_{地}}{v_{金}} = \sqrt{\frac{L}{d+L}}$ ，向心加速度大小之比为  $\frac{a_{地}}{a_{金}} = \left(\frac{L}{d+L}\right)^2$ ，故 B、C 错误，D 正确。

13.解析：(1) 在地球表面竖直上抛小球时有  $t = \frac{2v_0}{g}$  在某星球表面竖直上抛小球时有  $5t = \frac{2v_0}{g'}$  所以  $g' = \frac{1}{5}g = 2 \text{ m/s}^2$ 。(2) 由  $G \frac{Mm}{R^2} = mg$  得

$$M = \frac{gR^2}{G}$$

$$\text{所以 } \frac{M_{\text{星}}}{M_{\text{地}}} = \frac{g'R_{\text{星}}^2}{gR_{\text{地}}^2} = \frac{1}{5} \times \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{80}.$$

答案: (1)  $2 \text{ m/s}^2$  (2)  $1:80$

14. 解析: 设行星的质量为  $M$ , 半径为  $R$ , 表面的重力加速度

$$\text{为 } g, \text{ 由万有引力定律得 } F = mg = G \frac{Mm}{R^2}$$

飞船沿星球表面做匀速圆周运动, 由牛顿第二定律和向心力公式得

$$G \frac{Mm'}{R^2} = m' \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$\text{联立解得 } M = \frac{F^3 T^4}{16G\pi^4 m^3}$$

由万有引力提供飞船的向心力得

$$G \frac{Mm'}{R^2} = m' \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$$

$$\text{将 } M \text{ 代入 } \rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \text{ 得 } \rho = \frac{3\pi}{GT^2}.$$

$$\text{答案: } \frac{F^3 T^4}{16G\pi^4 m^3} \quad \frac{3\pi}{GT^2}$$

## 课后素养评价(十一)

1.D 解析: 第一宇宙速度是近地卫星绕地球做匀速圆周运动的线速度, 其运行周期约为  $85 \text{ min}$ , 该同学错误地认为近地卫星的周期为  $24 \text{ h}$ , 因此得出错误的结果, 故 D 正确。

2.ABC 解析: 第一宇宙速度等于近地卫星运行的速度, 由

$$mg = \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv_1^2}{R}, \text{ 解得第一宇宙速度 } v_1 = \sqrt{gR} =$$

$$\sqrt{\frac{GM}{R}}, \text{ A、C 正确; 对同步卫星, 设其运行半径为 } r, \text{ 由}$$

$$v = \omega r, \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}, \text{ 结合 } \frac{GMm}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R} \text{ 得 } v_1 = \sqrt{\frac{v^3}{\omega R}}, \text{ B}$$

正确, D 错误。

3.B 解析: 由  $\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R = m \frac{4\pi^2 R}{T^2} = ma$  可知,

绕地球运行的卫星或者太空垃圾随着离地面高度的增大, 它们的线速度、角速度、向心加速度均变小, 而周期变大, 故 B 正确, A、C 错误; 在同一轨道上的太空垃圾和航天器运行速率相等, 又因为它们同向飞行, 故不会相撞, 故 D 错误。

4.AD 解析: 先研究  $a_1$  与  $a_2$  的关系, 由于地球同步卫星的运行周期与地球自转周期相同, 因此, 同步卫星与赤道上的物体的角速度相等, 由  $a = r\omega^2$  得  $\frac{a_1}{a_2} = \frac{r}{R}$ , 选项 A 正确, B 错误; 再研究  $v_1$  与  $v_2$  的关系, 由万有引力提供

$$\text{向心力可得 } \frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}, \text{ 则 } v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \text{ 故 } \frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R}{r}}, \text{ 选}$$

项 D 正确, C 错误。

5.ACD 解析: 地球对天宫二号的万有引力提供向心力, 即

$$G \frac{M_{\text{地}} m}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}, \text{ 得 } M_{\text{地}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}, \text{ A 项正确; 由于天宫}$$

二号的质量未知, 故不能求出地球对天宫二号的引力大小, B 项错误; 在近地点  $P$  处, 天舟一号要做“离心”运动进入椭圆轨道, 所需要的速度比天宫二号的大, 要实现安全对接(两者的速度相等), 需对天舟一号制动减速, C、D 两项正确。

6.D 解析: 物体的质量不随位置的变化而变化, A 错误;

对接后, 物资环绕地球做匀速圆周运动时, 所受的万有引力提供向心力, 即合力  $F_{\text{合}} = G \frac{m_{\text{地}} m}{r^2}$ , 物资在地面上静止

时, 所受合力为 0, B 错误; 空间站所处轨道半径比地球半径大, 由万有引力定律可知, 对接后物资所受的地球引力比静止在地面上时小, C 错误; 地球自转的角速度等于地球同步卫星的角速度, 由  $G \frac{m_{\text{地}} m}{r^2} = m\omega^2 r$  得  $\omega =$

$$\sqrt{\frac{Gm_{\text{地}}}{r^3}}, \text{ 由于空间站的轨道半径小于同步卫星的轨道半}$$

径, 因此空间站的角速度大于同步卫星的角速度, 即对接后物资的角速度比地球自转的角速度大, D 正确。

7.AD 解析: 对于乙和丙, 由  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} = ma = m \frac{v^2}{r}$

$$\text{可得 } T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}, a = G \frac{M}{r^2}, v = \sqrt{\frac{GM}{r}}, \text{ 又 } T_{\text{乙}} < T_{\text{丙}},$$

所以  $r_{\text{乙}} < r_{\text{丙}}$ , 可知  $a_{\text{乙}} > a_{\text{丙}}, v_{\text{乙}} > v_{\text{丙}}$ , B 错误; 又因为甲和丙的角速度相同, 由  $a = \omega^2 r$  可得,  $a_{\text{丙}} > a_{\text{甲}}$ , 故  $a_{\text{乙}} > a_{\text{丙}} > a_{\text{甲}}$ , A 正确; 甲是赤道上的一个物体, 不是近地卫

星, 故不能由  $\rho = \frac{3\pi}{GT_{\text{甲}}^2}$  计算地球的密度, C 错误; 由  $G \frac{Mm}{r^2} =$

$$m r_{\text{乙}} \frac{4\pi^2}{T_{\text{乙}}^2} \text{ 可得, 地球质量 } M = \frac{4\pi^2 r_{\text{乙}}^3}{GT_{\text{乙}}^2}, \text{ D 正确。}$$

8.AD 解析: 若该环是土星的一部分, 则各层转动的角速度

相等, 根据  $v = \omega R$  得  $v \propto R$ , 故 A 正确, C 错误; 若该环是土星的卫星群, 则向心力由万有引力提供, 根据  $\frac{GMm}{R^2} =$

$m \frac{v^2}{R}$ , 得  $v^2 = \frac{GM}{R}$ , 即  $v^2 \propto \frac{1}{R}$ , 故 B 错误, D 正确。

9.C 解析: 因发射的卫星要能变轨到绕太阳转动, 则发射速度要大于第二宇宙速度, 即发射速度介于 11.2 km/s 与 16.7 km/s 之间, 故 A 错误; 因从 P 点转移到 Q 点的转移轨道的半长轴大于地球公转轨道半径, 则其周期大于地球公转周期(1 年, 即 12 个月), 则从 P 点转移到 Q 点的时间, 即轨道周期的一半, 应大于 6 个月, 故 B 错误; 因环绕火星的停泊轨道的半长轴小于调相轨道的半长轴, 则由开普勒第三定律可知在环绕火星的停泊轨道运行的周期比在调相轨道上短, 故 C 正确; 卫星从 Q 点变轨时要加速, 即在地火转移轨道 Q 点的速度小于火星轨道的速度, 而由  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$  可得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 可知火星轨道速度小于地球轨道速度, 因此卫星在地火转移轨道上 Q 点的速度小于地球绕太阳的速度, 故 D 错误。

10. 解析: 设地球同步卫星离地面高度为  $h$ , 万有引力提供其做圆周运动的向心力, 由牛顿第二定律有

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

$$\text{在地球表面, 有 } mg = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$\text{联立解得 } a = \sqrt[3]{\frac{16\pi^4 g R^2}{T^4}}$$

$$\text{答案: } \sqrt[3]{\frac{16\pi^4 g R^2}{T^4}}$$

11. 解析: 对环月卫星, 根据万有引力定律和牛顿第二定律得

$$\frac{GMm}{r^2} = ma = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

$$\text{解得 } T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

$$r = R_{\text{月}} \text{ 时, } T \text{ 有最小值, 又 } \frac{GM}{R_{\text{月}}^2} = g_{\text{月}}$$

$$\text{故 } T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{R_{\text{月}}}{g_{\text{月}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{1}{4} R_{\text{地}}}{\frac{1}{6} g_{\text{地}}}} = 2\pi \sqrt{\frac{3R_{\text{地}}}{2g_{\text{地}}}}$$

$$\text{代入数据得 } T_{\min} \approx 1.73 \text{ h}$$

即环月卫星最小周期为 1.73 h, 故该报道是则假新闻。

答案: 见解析

12. 解析: (1) 设月球的质量为  $M$ , 则在月球表面有

$$G \frac{Mm'}{R^2} = m'g$$

$$\text{得月球质量 } M = g \frac{R^2}{G}$$

(2) 设轨道舱的速度为  $v$ , 周期为  $T$ , 则

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{代入解得 } v = R \sqrt{\frac{g}{r}}$$

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

$$\text{代入解得 } T = \frac{2\pi r}{R} \sqrt{\frac{r}{g}}$$

$$\text{答案: (1) } g \frac{R^2}{G} \quad (2) R \sqrt{\frac{g}{r}} \quad \frac{2\pi r}{R} \sqrt{\frac{r}{g}}$$

## 课后素养评价(十二)

1.A 解析: 物体在向下的重力、向上的拉力共同作用下向下做减速运动, 所受合力方向向上, 则重力做正功, 拉力做负功, 合力做负功, A 正确。

2.A 解析: 题图甲中支持力竖直向上, 对人做正功, A 正确; 题图乙中支持力垂直人行道斜向上, 对人不做功, B 错误; 题图甲中摩擦力为 0, C 错误; 题图乙中摩擦力沿人行道向上, 对人做正功, D 错误。

3.D 解析: 力  $F_1$  与  $F_2$  的合力对物体做的功等于力  $F_1$  和力  $F_2$  分别对物体做功的代数和, 即  $W_{\text{合}} = W_{F_1} + W_{F_2} = 4 \text{ J} + 3 \text{ J} = 7 \text{ J}$ , D 项正确。

4.D 解析: 因地面在摩擦力方向上的位移为零, 故摩擦力对地面不做功; 汽车在摩擦力方向上的位移为  $-x$ , 摩擦力对汽车做功  $W = -fx$ , D 项正确, A、B、C 三项错误。

5.C 解析: 虽然拉力方向时刻改变, 但拉力方向与运动方向始终一致, 用微元法, 在很小的一段位移内  $F$  可以看成恒力, 小球的路程为  $x = \pi R + \pi \cdot \frac{R}{2} = \frac{3}{2} \pi R$ , 则拉力做的功为  $W = Fx = \frac{3}{2} \pi FR$ , 故 C 正确。

6.BC 解析: A 点转一周通过的弧长为  $x = 2\pi R = 2\pi \text{ m}$ , 因为  $F$  的方向始终与速度方向相同, 力  $F$  做的功为力与转过弧长的乘积, 则转动一周  $F$  做的功为  $W = Fx = 10 \times 2\pi \text{ J} = 20\pi \text{ J}$ , 选项 A 错误, B 正确; A 处的质点所需的向心力方向始终与速度方向垂直, 则向心力做的总功为 0, 选项 C 正确, D 错误。

7.ACD 解析: 要判断传送带对物体的做功情况, 需分析物体所受摩擦力的情况。设传送带速度大小为  $v_1$ , 物体刚滑上传送带时的速度大小为  $v_2$ 。当  $v_2 = v_1$  时, 物体随

传送带一起匀速运动,故传送带与物体之间不存在摩擦力,即传送带对物体始终不做功,A正确;当 $v_2 > v_1$ 时,物体相对传送带向右运动,物体受到的滑动摩擦力方向向左,则物体先做匀减速运动,直到速度减为 $v_1$ ,再做匀速运动,故传送带对物体先做负功,后不做功,B错误,D正确;当 $v_2 < v_1$ 时,物体相对传送带向左运动,物体受到的滑动摩擦力方向向右,则物体先做匀加速运动,直到速度达到 $v_1$ ,再做匀速运动,故传送带对物体先做正功,后不做功,C正确。

8.C 解析:飞行包(包括人)在竖直匀速降落的过程中,发动机的动力向上,则发动机对飞行包做负功,故A错误;高度下降,飞行包的重力做正功,故B错误;空气阻力竖直向上,与位移方向相反,则空气阻力对飞行包做负功,故C正确;飞行包匀速运动,合力为零,则飞行包的合力不做功,故D错误。

9.C 解析:摩擦力做的功 $W = -fx$ ,故A错误;力 $F$ 做的功为 $Fx \cos(90^\circ - \theta) = Fx \sin \theta$ ,故B错误,C正确;重力与位移相互垂直,则重力不做功,故D错误。

10.解析:工件放在传送带上瞬间,工件所受合外力为工件所受到的摩擦力,所以工件的加速度 $a = \mu g = 0.2 \times 10 \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ ,经过 $t = \frac{v}{a} = 1 \text{ s}$ ,工件的速度与传送带速度相同,之后工件就随传送带一起做匀速直线运动,所以工件在5 s内的位移

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v(t_0 - t) = \frac{1}{2} \times 2 \times 1^2 + 2 \times 4 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

$$\text{工件在1 s内的位移 } x_0 = \frac{1}{2}at_0^2 = 1 \text{ m}$$

摩擦力对工件做正功,有 $W_f = \mu mgx_0 = 0.2 \times 2 \times 10 \times 1 \text{ J} = 4 \text{ J}$ 。

答案:9 m 4 J

## 课后素养评价(十三)

1.CD 解析:功率是表示做功快慢的物理量,不仅与做功的多少有关,而且与做功所用的时间有关,故C正确,A、B错误;发动机的实际功率可能等于额定功率,也可能不等于额定功率,故D正确。

2.C 解析: $t$ 秒内小球下落高度 $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,重力做功 $W = mgh = \frac{1}{2}mg^2t^2$ ,重力做功的平均功率 $\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{1}{2}mg^2t$ ;  $t$ 秒末小球速度 $v = gt$ ,重力做功的瞬时功率 $P = mgv = mg^2t$ ,C正确。

3.B 解析:由速度-时间图像可得加速度 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$ ,A项错误;由牛顿第二定律有 $2F - mg = ma$ ,得 $F = \frac{mg + ma}{2} = 10.5 \text{ N}$ ,C项错误;4 s末 $F$ 的功率 $P = F \cdot 2v = 10.5 \times 2 \times 2 \text{ W} = 42 \text{ W}$ ,B项正确,4 s内 $F$ 的平均功率 $\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{Fx}{t} = \frac{10.5 \times 2 \times 4}{4} \text{ W} = 21 \text{ W}$ ,D项错误。

4.B 解析:汽车受到地面的阻力为车重的 $\frac{1}{10}$ ,则阻力 $f = \frac{1}{10}mg = \frac{1}{10} \times 2 \times 10^3 \times 10 \text{ N} = 2000 \text{ N}$ ,选项A错误;由题图知前5 s内的加速度 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2 \text{ m/s}^2$ ,由牛顿第二定律知 $F - f = ma$ ,得前5 s内的牵引力 $F = f + ma = (2000 + 2 \times 10^3 \times 2) \text{ N} = 6 \times 10^3 \text{ N}$ ,选项B正确;5 s末达到额定功率,则 $P_{\text{额}} = Fv_5 = 6 \times 10^3 \times 10 \text{ W} = 6 \times 10^4 \text{ W} = 60 \text{ kW}$ ,最大速度 $v_{\text{max}} = \frac{P_{\text{额}}}{f} = \frac{6 \times 10^4}{2000} \text{ m/s} = 30 \text{ m/s}$ ,选项C、D错误。

5.A 解析:根据 $P = Fv$ 可知,将变速杆挂入低速挡是为了增大牵引力,A正确,B错误;徐徐踩下加速踏板时发动机的输出功率缓慢增大,根据 $P = Fv$ 可知,可以逐渐增大牵引力,C、D错误。

6.D 解析:小车在水平面上做匀速直线运动,则初速度不为零,所以初始功率不为零;小车所受的牵引力 $F$ 和阻力 $f$ 都恒定不变,且牵引力 $F$ 大于阻力 $f$ ,所以小车做匀加速直线运动,速度均匀增大,根据 $P = Fv$ 可知,功率 $P$ 随时间 $t$ 均匀增大,所以D正确,A、B、C错误。

7.CD 解析:由 $v-t$ 图像得两段时间内的加速度大小分别为 $a_1 = 2 \text{ m/s}^2$ , $a_2 = 1 \text{ m/s}^2$ 。根据牛顿第二定律有 $F + \mu mg = ma_1$ , $F - \mu mg = ma_2$ ,解得 $F = 3 \text{ N}$ , $\mu = 0.05$ ,A错误;10 s末恒力 $F$ 的瞬时功率 $P = Fv = 18 \text{ W}$ ,B错误;10 s内物体的位移 $x = \frac{8}{2} \times 4 \text{ m} - \frac{6}{2} \times 6 \text{ m} = -2 \text{ m}$ ,说明10 s末物体在计时起点左侧2 m处,C正确;整个过程的路程 $s = \frac{8}{2} \times 4 \text{ m} + \frac{6}{2} \times 6 \text{ m} = 34 \text{ m}$ ,所以10 s内物体克服摩擦力做功 $W = \mu mgs = 34 \text{ J}$ ,D正确。

8.解析:(1) $W_G = mgh = 2 \times 10 \times 30 \text{ J} = 600 \text{ J}$ 。

$$(2)P = mg \cdot v = mg^2t = 400 \text{ W}。$$

$$(3)\Delta h = \frac{1}{2}gt_2^2 - \frac{1}{2}gt_1^2 = 15 \text{ m}$$

$$\bar{P} = \frac{W}{t'} = \frac{mg\Delta h}{t'} = \frac{2 \times 10 \times 15}{1} \text{ W} = 300 \text{ W}。$$

答案:(1)600 J (2)400 W (3)300 W

9.解析:(1)设汽车匀加速运动所能达到的最大速度为  $v_0$ ,

对汽车由牛顿第二定律得  $F - f = ma$

$$\text{即 } \frac{P_{\text{额}}}{v_0} - kmg = ma$$

代入数据得  $v_0 = 10 \text{ m/s}$

所以汽车做匀加速直线运动的时间

$$t_0 = \frac{v_0}{a} = \frac{10}{1} \text{ s} = 10 \text{ s}.$$

(2)由于 10 s 末汽车达到了额定功率,因此第 5 s 末汽车还处于匀加速运动阶段,  $P = Fv = (f + ma)at = (0.06 \times 5 \times 10^3 \times 10 + 5 \times 10^3 \times 1) \times 1 \times 5 \text{ W} = 40 \text{ kW}$

第 15 s 末汽车已经达到了额定功率,  $P' = P_{\text{额}} = 80 \text{ kW}$ .

答案:(1)10 s (2)40 kW 80 kW

## 课后素养评价(十四)

1.C 解析:只要物体速率不变,动能就不变,故 A 错误;物体做平抛运动时,速率增大,动能增加,动能是标量,讨论某一方向上的动能变化没有意义,故 B 错误;物体做自由落体运动时,由  $v = gt$  知,速度逐渐变大,物体的动能增加,故 C 正确;物体的动能变化时,速度的大小一定变化,故 D 错误。

2.C 解析:由动能定理可知,合外力做功相同,则动能变化量相同,故 C 选项正确。

3.B 解析:从 A 到 B 的过程中,重力和摩擦力都做负功,根据动能定理可得  $0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -mgh - W_f$ ;从 B 到 A 的过程中,重力做正功,摩擦力做负功(因为是沿原路返回,所以两种情况下摩擦力做功大小相等),根据动能定理可得  $mgh - W_f = \frac{1}{2}mv^2$ ,两式联立得再次经过 A 点时的速度大小为  $\sqrt{4gh - v_0^2}$ ,B 正确。

4.CD 解析:由题图知,第 1 s 末、第 3 s 末、第 7 s 末速度的大小关系为  $v_1 = v_3 = v_7$ ,由题知  $W = \frac{1}{2}mv_1^2 - 0$ ,则由动能定理知第 1 s 末到第 3 s 末合外力做功  $W_1 = \frac{1}{2}mv_3^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = 0$ ,故 A 错误;第 3 s 末到第 5 s 末合外力做功  $W_2 = 0 - \frac{1}{2}mv_3^2 = -W$ ,故 B 错误;第 5 s 末到第 7 s 末合外力做功  $W_3 = \frac{1}{2}mv_7^2 - 0 = W$ ,故 C 正确;第 3 s 末到第 4 s 末合外力做功  $W_4 = \frac{1}{2}mv_4^2 - \frac{1}{2}mv_3^2$ ,因为  $v_4 =$

$\frac{1}{2}v_3$ ,所以  $W_4 = -0.75W$ ,故 D 正确。

5.BC 解析:小球到达圆环顶点 C 时,对轨道的压力刚好为零,在 C 点,由重力提供向心力,则根据牛顿第二定律得  $mg = m\frac{v^2}{R}$ ,小球从  $H = 12 \text{ m}$  高处由静止释放后通过光滑弧形轨道 AB 上升到顶点 C 过程中,根据动能定理得  $mg(H - 2R) - W_f = \frac{1}{2}mv^2$ ,得  $W_f = \frac{1}{2}mgR$ .从 C 到 D 由动能定理得  $mg(2R - h) - W'_f = 0 - \frac{1}{2}mv^2$ ,因为摩擦力做负功,所以上升过程的平均速度比下降过程的平均速度大,对轨道的压力和摩擦力也更大,所以  $0 < W'_f < W_f$ ,解得  $8 \text{ m} < h < 10 \text{ m}$ ,所以 B、C 正确。

6.B 解析:设斜面高度为  $h$ ,倾角为  $\theta$ ,物体的质量为  $m$ .根据平衡条件得,拉力  $F = mg \sin \theta$ ,由题图知斜面 AC 的倾角  $\theta$  较大,对应的拉力  $F_C$  较大;根据动能定理  $W - mgh = 0$ ,即沿斜面匀速上升过程中拉力做的功  $W = mgh$ ,故  $W_B = W_C$ .所以选项 B 正确。

7.A 解析:对全过程由动能定理得  $-W - \mu mg(s + x) = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,故物体克服弹簧弹力做功  $W = \frac{1}{2}mv_0^2 - \mu mg(s + x)$ ,A 正确。

8.ABD 解析:重力做的功  $W_G = -mgh$ ,A 正确;根据动能定理,可知合外力做的功  $W = E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ,B 正确;推力做的功  $W = Fx = \frac{1}{2}mv^2 + mgh - W_f$ ,C 错误;由上述分析得阻力做的功  $W_f = \frac{1}{2}mv^2 + mgh - Fx$ ,D 正确。

9.解析:(1)设平均空气阻力大小为  $f$ ,由动能定理

$$\text{上升时,有 } -mgh - fh = 0 - \frac{1}{2}m \times (3v_0)^2$$

$$\text{对全程,有 } -2fh = \frac{1}{2}m \times \left(\frac{3}{4}v_0\right)^2 - \frac{1}{2}m \times (3v_0)^2$$

$$\text{由以上两式可解得 } f = \frac{15}{17}mg.$$

(2)设物体以  $2v_0$  速度竖直上抛时能到达的最大高度为

$$H, \text{由动能定理有 } -fH - mgH = 0 - \frac{1}{2}m \times (2v_0)^2$$

$$\text{得 } H = \frac{17v_0^2}{16g}.$$

答案:(1) $\frac{15}{17}mg$  (2) $\frac{17v_0^2}{16g}$

10.解析:(1)在 3~5 s 物块在水平恒力  $F$  作用下由 B 点匀加速运动到 A 点.设物块的加速度的大小为  $a$ ,A 点与

B 点间的距离为  $x$ , 时间间隔  $t=2\text{ s}$ , 由牛顿第二定律得

$$F - \mu mg = ma$$

$$\text{又 } x = \frac{1}{2}at^2$$

解得  $a=2\text{ m/s}^2$ ,  $x=4\text{ m}$ 。

(2) 设物块回到 A 点时的速度为  $v_A$ , 则

$$v_A^2 = 2ax$$

解得  $v_A=4\text{ m/s}$

设整个过程中  $F$  做的功为  $W$ , 由动能定理得

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

解得  $W=24\text{ J}$ 。

答案: (1) 4 m (2) 24 J

11. 解析: (1) 对物体从 A 点经 BC 到达 D 点的过程, 由动能定理得

$$-mg(h-H) - \mu mgl_{BC} = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得  $\mu=0.5$ 。

(2) 物体第 5 次经过 B 点时, 已在 BC 轨道上运动了 4 次, 由动能定理得

$$mgH - \mu mg \cdot 4l_{BC} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得  $v_2 \approx 13.3\text{ m/s}$ 。

(3) 分析整个过程, 由动能定理得

$$mgH - \mu mgl = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

解得  $l=21.6\text{ m}$

所以物体在 ABCD 轨道上来回运动了 10 次后, 还可以在 BC 段运动 1.6 m, 故最后停止的位置到 B 点的距离为  $x=2\text{ m}-1.6\text{ m}=0.4\text{ m}$ 。

答案: (1) 0.5 (2) 13.3 m/s (或  $4\sqrt{11}\text{ m/s}$ )

(3) BC 上距 B 点 0.4 m 处

12. 解析: (1) 设弹簧弹力对物体做的功为  $W$ , 由动能定理有

$$W = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$$

在 B 点由牛顿第二定律得  $7mg - mg = m\frac{v_B^2}{R}$

解得  $W=3mgR$ 。

(2) 设物块从 B 点到 C 点克服阻力所做的功为  $W_f$ , 由动能定理得

$$-W_f - 2mgR = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$$

物块在 C 点时, 有  $mg = m\frac{v_C^2}{R}$

$$\text{解得 } W_f = \frac{1}{2}mgR$$

即物块从 B 点到 C 点克服阻力做功为  $\frac{1}{2}mgR$ 。

(3) 物块从 C 点平抛到落回水平面的过程中, 由动能定理得

$$2mgR = E_k - \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$\text{解得 } E_k = \frac{5}{2}mgR$$

答案: (1)  $3mgR$  (2)  $\frac{1}{2}mgR$  (3)  $\frac{5}{2}mgR$

## 课后素养评价(十五)

1.D 解析: 根据  $E_p = mgh$  知, 重力势能由物体所受的重力和它所处的高度共同决定, 故 A 错误; 重力势能是一个相对量, 只有相对一个参考平面(零势能面), 重力势能才有确定值, 在地面上的物体, 重力势能不一定为零, 故 C 错误; 重力势能有正有负, 故 B 错误; 重力势能是物体和地球组成的系统所共有的, 故 D 正确。

2.B 解析: 根据重力做功与路径无关的特点, 有  $W = mg\left(h - \frac{h}{4}\right) = \frac{3}{4}mgh$ , B 正确。

3. 解析: 小球做圆周运动的半径  $R = l - \frac{2}{3}l = \frac{1}{3}l$

从 A 点运动到 C 点, 小球下落的高度

$$h = l - 2R = \frac{1}{3}l$$

故重力做功  $W_G = mgh = \frac{1}{3}mgl$

重力势能的变化量  $\Delta E_p = -W_G = -\frac{1}{3}mgl$ , 负号表示小球的重力势能减少了。

答案: (1) 减少了  $\frac{1}{3}mgl$  (2)  $\frac{1}{3}mgl$

4.C 解析: 竿刚刚触地时, 竿的弹性形变很小, 所以弹性势能很小, 故 A 错误; 运动员撑竿跳起到达最高点时, 重力势能最大, 运动员的速度最小, 竿的弹性形变最小, 所以竿的弹性势能最小, 故 B 错误; 由于竿弹性形变的最大值出现在从触地到上升到最高点间的某一时刻, 因此竿的弹性势能的最大值也出现在这一时刻, 故 C 正确, D 错误。

5.AB 解析: 发生弹性形变的物体的各部分之间由于弹力作用而具有的势能, 叫作弹性势能。任何发生弹性形变的物体都具有弹性势能, 任何具有弹性势能的物体一定发生了弹性形变, 故 A、B 正确; 物体发生了形变, 若是非弹性形变, 无弹力作用, 则物体就不具有弹性势能, 故 C

错误;弹簧的弹性势能除了跟弹簧被拉伸或压缩的长度有关,还跟弹簧的劲度系数有关,故D错误。

6.D 解析:不管选哪里为参考平面,A点和B点相对于参考平面的高度均相等,所以小球在A点和B点的重力势能相等,D正确;两小球到达C点和D点时,不在同一水平面,重力势能不相等,C错误;重力势能 $E_p=mgh$ 具有相对性,如果选A、P、B三点所在平面为参考平面,则两球在运动过程中其他位置的重力势能都为负值,A错误;另外,重力做功跟路径无关,只取决于物体初、末位置之间的高度差,而两球从开始运动至到达C点和D点时下降高度不相等,所以重力做功不相等,B错误。

7.C 解析:提起前半段绳子时,前半段绳子的重心升高了 $\frac{1}{4}L$ ,所以做的功 $W_1=\frac{1}{2}mg \times \frac{1}{4}L=\frac{1}{8}mgL$ 。提起后半段绳子过程中,人做的功 $W_2=mg \times \frac{1}{2}L-W_1=\frac{1}{2}mgL-\frac{1}{8}mgL=\frac{3}{8}mgL$ 。因此, $W_1:W_2=1:3$ ,C正确。

8.ABC 解析:以竖直向下为正方向,则初速度为负向最大,重力加速度为正,D错误;小球匀减速运动到最高点时速度为零,然后反向匀加速运动,A正确;因为抛出点为零势能点,所以重力势能最初为零,上升过程中重力势能增大,下落过程中重力势能减小,回到原点变为零,又 $E_p=mgx=mg(v_0t-\frac{1}{2}gt^2)$ ,可知图线为抛物线,B正确;因为位移始终在抛出点上方,所以一直为负值,又 $x=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$ ,可知图线为抛物线,C正确。

9.解析:(1)以释放点所在水平面为参考平面,在第2s末小球所处的高度为

$$h=-\frac{1}{2}gt^2=-\frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 \text{ m}=-20 \text{ m}$$

重力势能 $E_p=mgh=200 \times 10^{-3} \times 10 \times (-20) \text{ J}=-40 \text{ J}$ 负号说明小球在参考平面的下方。

(2)在第3s末小球所处的高度为

$$h'=-\frac{1}{2}gt'^2=-\frac{1}{2} \times 10 \times 3^2 \text{ m}=-45 \text{ m}$$

第3s内重力做正功,为

$$W_G=mg(h-h')=200 \times 10^{-3} \times 10 \times (-20+45) \text{ J}=50 \text{ J}$$

由重力做功与重力势能改变的关系可知,小球的重力势能减少了50J。

答案:(1)-40J (2)50J 减少了50J

10.解析:设吊车钢索对物体的拉力为F,物体的加速度

$$a=\frac{g}{4}, \text{方向向下,由牛顿第二定律得 } mg-F=ma$$

$$\text{故 } F=mg-ma=\frac{3}{4}mg, \text{方向竖直向上}$$

$$\text{所以拉力做的功 } W=Fh=\frac{3}{4}mgh$$

$$\text{重力做的功 } W_G=-mgh$$

即此过程中物体克服重力做功 $mgh$ ,物体的重力势能增加了 $mgh$ 。

$$\text{答案: } \frac{3}{4}mgh \quad mgh \quad \text{增加了 } mgh$$

## 课后素养评价(十六)

1.C 解析:A项,势能不变,动能增加;B项,动能不变,势能增加;C项,只有重力做功,机械能守恒;D项,动能不变,势能减少。综上所述,选项C正确。

2.D 解析:重物由A点下摆到B点的过程中,弹簧被拉长,弹簧的弹力对重物做了负功,所以重物的机械能减少,故选项A、B错误;此过程中,因为只有重力和弹簧的弹力做功,所以重物与弹簧组成的系统机械能守恒,即重物减少的重力势能等于重物获得的动能与弹簧获得的弹性势能之和,故选项C错误,D正确。

3.A 解析:设小环在A点的速度为 $v_0$ ,在B点的速度为 $v$ ,由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv^2=mgh+\frac{1}{2}mv_0^2$ ,则 $v^2=v_0^2+2gh$ ,可见 $v^2$ 与 $h$ 成线性关系。若 $v_0=0$ ,则 $v^2=2gh$ ,图像为过原点的直线;若 $v_0 \neq 0$ ,当 $h=0$ 时,有纵截距。故A正确。

4.解析:运动员在滑雪过程中只有重力做功,故运动员在滑雪过程中机械能守恒。取B点所在水平面为参考平面。由题意知A点到B点的高度差 $h_1=4 \text{ m}$

B点到C点的高度差 $h_2=10 \text{ m}$

从A点到B点的过程,由机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv_B^2=mgh_1$$

$$\text{故 } v_B=\sqrt{2gh_1}=4\sqrt{5} \text{ m/s}$$

从B点到C点的过程,由机械能守恒定律得

$$\frac{1}{2}mv_C^2=-mgh_2+\frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{故 } v_C=\sqrt{2g(h_1+h_2)}=2\sqrt{70} \text{ m/s.}$$

答案: $4\sqrt{5} \text{ m/s}$   $2\sqrt{70} \text{ m/s}$

5.C 解析:A、B的质量分别记为 $2m$ 、 $m$ ,当A落到地面上时,B恰好运动到与圆柱轴心等高处,以A、B整体为研究对象,A、B组成的系统机械能守恒,故有 $2mgR-mgR=\frac{1}{2}(2m+m)v^2$ ,A落到地面上以后,B以速度 $v$

竖直上抛,又上升的高度为  $h' = \frac{v^2}{2g}$ ,解得  $h' = \frac{1}{3}R$ ,此时绳子未绷直,即 B 上升的最大高度为  $R + h' = \frac{4}{3}R$ ,故 C 项正确。

6.AD 解析:物体由静止开始下滑的过程中重力势能减少,动能增加,A 项正确;物体在下滑过程中,斜面向右做加速运动,机械能增加,B 项错误;物体沿斜面向下运动,既沿斜面向下运动,又随斜面向右运动,所受弹力方向垂直于接触面,但与其速度方向之间的夹角大于  $90^\circ$ ,所以斜面作用于物体的作用力对物体做负功,C 项错误;对物体与斜面组成的系统,只有物体的重力和物体与斜面间的弹力做功,机械能守恒,D 项正确。

7.B 解析:在圆环下滑过程中,圆环的重力和弹簧的弹力对圆环做功,圆环的机械能不守恒,圆环和弹簧组成的系统机械能守恒,系统的机械能等于圆环的动能和重力势能以及弹簧的弹性势能之和,选项 A、D 错误;对圆环进行受力分析,可知圆环从静止开始先向下加速运动且加速度逐渐减小,当弹簧对圆环的弹力沿竖直长杆方向的分力与圆环所受重力大小相等时,加速度为零,速度达到最大,而后加速度反向且逐渐增大,圆环开始做减速运动,当圆环下滑到最低点时,所受合力最大,选项 C 错误;由题图中几何关系知圆环的下降高度为  $\sqrt{3}L$ ,由系统机械能守恒可得  $mg \times \sqrt{3}L = \Delta E_p$ ,解得  $\Delta E_p = \sqrt{3}mgL$ ,选项 B 正确。

8.ABD 解析:由题意知在 P 点时,重力恰好提供向心力,  $mg = m \frac{v^2}{R}$ ,故小球经过 P 点时的速度大小  $v = \sqrt{gR}$ ,C 错误;由  $2R = \frac{1}{2}gt^2$ 、 $x = vt$  得小球落地点到 O 点的水平距离为  $2R$ ,A 正确;平抛运动过程中,根据能量守恒定律有  $mg \cdot 2R + \frac{1}{2}mv^2 = E_k$ ,可知小球落地时的动能  $E_k = 2mgR + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{5}{2}mgR$ ,B 正确;若将圆弧轨道上部  $\frac{1}{4}$  截去,则小球离开轨道后做竖直上抛运动,设能达到的最大高度为  $h$ ,由  $mgh = \frac{5}{2}mgR$  得小球能达到的最大高度  $h = 2.5R$ ,比 P 点高  $0.5R$ ,D 正确。

9.B 解析:设 A 的动能与重力势能相等时 A 距地面的高度为  $h$ ,对 A、B 组成的系统,由机械能守恒得  $m_A g(H - h) = \frac{1}{2}m_A v^2 + \frac{1}{2}m_B v^2$ ,又由题意得  $m_A gh = \frac{1}{2}m_A v^2$ ,  $m_A = 2m_B$ ,解得  $h = \frac{2}{5}H$ ,故 B 正确。

10.D 解析:小球从 B 位置至 C 位置的过程中,重力大于弹簧的弹力,合力向下,小球做加速运动;从 C 位置到 D 位置过程中,重力小于弹力,合力向上,小球做减速运动,故在 C 点小球动能最大,A 错误。下落过程中小球受到的弹力做负功,所以小球机械能不守恒,但小球和弹簧组成的系统机械能守恒,即小球的重力势能、动能和弹簧的弹性势能总和保持不变;从 A 位置→D 位置,小球的动能变化量为零,根据系统的机械能守恒可知,小球重力势能的减少量等于弹簧弹性势能的增加量;从 A 位置→C 位置小球减少的重力势能一部分转化为小球的动能,另一部分转化为弹簧的弹性势能,故从 A 位置→C 位置小球重力势能的减少量大于弹簧弹性势能的增加量,D 正确,B、C 错误。

11.解析:(1)从 A 点到 B 点的过程,根据机械能守恒定律有

$$mgL = \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$\text{在 B 处,由牛顿第二定律得 } T_{\max} - mg = ma = \frac{mv_B^2}{L}$$

$$\text{故最大拉力 } T_{\max} = 3mg = 60 \text{ N.}$$

(2)细绳断开后,小球做平抛运动,竖直方向上有

$$H - L = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{解得 } t = \sqrt{\frac{2(H-L)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times (6.05 - 1.05)}{10}} \text{ s} = 1 \text{ s.}$$

(3)整个过程,小球的机械能守恒,故

$$mgH = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$\text{解得 } v_C = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 10 \times 6.05} \text{ m/s} = 11 \text{ m/s.}$$

答案:(1)60 N (2)1 s (3)11 m/s

12.解析:(1)小球在 BCD 段运动时,受到重力  $mg$ 、轨道支持力  $N$  的作用,小球在最高点 C 所受轨道支持力为零。设小球在 C 点的速度大小为  $v_C$ ,根据牛顿第二定律有

$$mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

小球从 B 点运动到 C 点,机械能守恒。设在 B 点处小球的速度大小为  $v_B$ ,有

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_C^2 + 2mgR$$

由于小球在 AB 段由静止开始做匀加速运动,设加速度大小为  $a$ ,由运动学公式有

$$v_B^2 = 2aR$$

$$\text{联立以上各式解得 } a = \frac{5}{2}g.$$

(2)设小球在 D 点处的速度大小为  $v_D$ ,下落到 A 点时

的速度大小为  $v$ , 由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgR$$

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

设从  $D$  点运动到  $A$  点所用的时间为  $t$ , 由运动学公式得

$$gt = v - v_D$$

$$\text{解得 } t = (\sqrt{5} - \sqrt{3})\sqrt{\frac{R}{g}}$$

$$\text{答案: (1) } \frac{5}{2}g \quad (2) (\sqrt{5} - \sqrt{3})\sqrt{\frac{R}{g}}$$

## 课后素养评价(十七)

1.D 解析:打点计时器应接交流电源,故 A 项错误;实验时,应先给打点计时器通电,再释放纸带,让纸带随着重物一同落下,如果先放开纸带让重物下落,再接通电源,则纸带记录的重物起始速度不为零,不利于数据的采集和处理,会使实验产生较大的误差,故 B 项错误;该实验可以通过打点计时器计算时间,不需要秒表,故 C 项错误;测出纸带上两点迹间的距离,可知重物相应的下落高度,故 D 项正确。

2.C 解析:根据  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$  可知,测量结果与重锤质量  $m$  无关,A 项错误;本实验中的测量结果与电压无关,B 项错误; $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ,其中  $v = \frac{x_1 + x_2}{2T} = \frac{(x_1 + x_2)f}{2}$ ,所以若交流电源的实际频率小于 50 Hz,而将  $f = 50$  Hz 代入上式求出的速度要大于实际速度,从而导致  $\Delta E_k > \Delta E_p$ ,C 项正确;若重锤下落时受到的阻力过大,则重锤动能的增加量应小于重力势能的减少量,D 项错误。

3.解析:(1)每相邻两个计数点之间有一个计时点,则相邻两个计数点之间的时间间隔为  $t = 0.04$  s,则

$$v_B = \frac{x_{AC}}{2t} = \frac{0.1254 - 0.0320}{2 \times 0.04} \text{ m/s} \approx 1.2 \text{ m/s}$$

$$E_{kB} = \frac{1}{2}mv_B^2 = 0.72 \text{ J}$$

(2)重锤的重力势能减少量

$$\Delta E_p = mgh = 1 \times 9.8 \times 0.0740 \text{ J} \approx 0.73 \text{ J}$$

(3)在误差允许范围内,重锤重力势能减少量等于重锤动能的增加量,则重锤下落的过程中机械能守恒。

(4)由机械能守恒可知  $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,图线不过坐标原点的原因是开始打点时重锤有一定的速度。

答案:(1)1.2 0.72 (2)0.73 (3)重锤下落过程中机械能守恒 (4)开始打点时重锤有一定的速度

$$4. \text{解析: (1) } v_1 = \frac{l}{t_1} = \frac{5.00 \times 10^{-2}}{5.00 \times 10^{-2}} \text{ m/s} = 1.00 \text{ m/s}$$

$$v_2 = \frac{l}{t_2} = \frac{5.00 \times 10^{-2}}{2.00 \times 10^{-2}} \text{ m/s} = 2.50 \text{ m/s}$$

(2)动能增加量

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = 5.25 \text{ J}$$

重力势能的减少量

$$\Delta E_p = mgx \sin 30^\circ \approx 5.29 \text{ J}$$

(3)由实验数据可知,在实验误差允许的范围内,滑块的机械能守恒。

答案:(1)1.00 2.50 (2)5.25 5.29 (3)在实验误差允许的范围内,滑块的机械能守恒

5.解析:(1)为完成该实验,还缺少的主要操作是将气垫导轨调节水平。

(2)滑块经过两个光电门时的速度分别为  $v_1 = \frac{d}{t_1}$ ,  $v_2 = \frac{d}{t_2}$ ,

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

$\frac{1}{2}(M+m) \left[ \left( \frac{d}{t_2} \right)^2 - \left( \frac{d}{t_1} \right)^2 \right]$ ,则还需要测量的物理量

是遮光条的宽度  $d$ 、两个光电门之间的距离  $L$ 、滑块(含遮光条)的质量  $M$ 、钩码的质量  $m$ 。

(3)对于滑块(含遮光条)和钩码组成的系统,重力势能的减少量  $\Delta E_p = mgL$ ;动能的增加量  $\Delta E_k = \frac{1}{2}(M +$

$m) \left[ \left( \frac{d}{t_2} \right)^2 - \left( \frac{d}{t_1} \right)^2 \right]$ 。

(4)若  $\Delta E_p = \Delta E_k$ ,则直线倾角为  $45^\circ$ ,而现在题图乙中直线倾角为  $42^\circ$ ,可知  $\Delta E_p < \Delta E_k$ ,原因可能是滑块的重力做正功,即气垫导轨没有调水平且  $B$  端偏低。

答案:(1)将气垫导轨调节水平 (2)BCDE

$$(3)mgL - \frac{1}{2}(M+m) \left[ \left( \frac{d}{t_2} \right)^2 - \left( \frac{d}{t_1} \right)^2 \right]$$

(4)气垫导轨没有调水平且  $B$  端偏低

6.解析:(1) $t_5$  时刻小球的速度

$$v_5 = \frac{16.14 + 18.66}{2 \times 0.05} \times 10^{-2} \text{ m/s} = 3.48 \text{ m/s}$$

(2)从  $t_2$  到  $t_5$  时间内,重力势能增加量  $\Delta E_p = mgh_{25} = 0.2 \times 9.8 \times (23.68 + 21.16 + 18.66) \times 10^{-2} \text{ J} \approx 1.24 \text{ J}$ ,动能减少

量  $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_5^2 \approx 1.28 \text{ J}$ 。

(3)由以上分析可知  $\Delta E_p < \Delta E_k$ ,说明小球运动过程中机械能减少,造成这种结果的主要原因是上升过程中存在空气阻力。

答案:(1)3.48 (2)1.24 1.28 (3) $<$  存在空气阻力

7.解析:(1)采用题图乙所示方案时,由于小车与斜面间存在摩擦力的作用,且不能忽略,所以小车在下滑的过程中机械能不守恒;题图甲所示方案误差相对较小。

(2)匀变速直线运动中中间时刻的瞬时速度等于该过程的平均速度,因此有  $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} \approx 1.37 \text{ m/s}$ 。

(3)由机械能守恒得  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ,得  $v^2 = 2gh$ ,由此可知,图像的斜率  $k = 2g$ ,由题图丁可知,  $k = \frac{v^2}{h} = \frac{3.90}{0.2} \text{ m/s}^2 = 19.5 \text{ m/s}^2$ ,所以  $g \approx 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)甲 方案乙中小车与斜面间存在摩擦力的作用,且不能忽略,所以小车在下滑的过程中机械能不守恒

(2)1.37 (3)9.8

## 课后素养评价(十八)

1.C 解析:对于接近光速的运动问题,经典力学已不再适用,故选 C。

2.AC 解析:牛顿力学适用于宏观、低速、弱引力场的物体运动,“墨子号”绕地球的运动属于宏观低速运动,故 A 正确;量子力学适用于微观高速的物体运动,如光的运动,而对于高速运动的光子,牛顿力学已经不再适用,故

B 错误,C 正确;牛顿力学与量子力学的适用范围不同,各自在自己的适用范围内是有价值的,故 D 错误。

3.D 解析:取路旁的人为惯性系,车上的箱子相对于路旁的人高速运动,根据长度收缩效应,箱子在运动方向上长度变短,但在垂直于运动方向上的高度不变,故 D 正确。

4.BC 解析:如果把甲看成静止,那么乙相对甲是以某个接近光速的速度飞行,不会超过光速,故 A 项错误;沿运动方向才有长度收缩效应,身高是沿竖直方向,他们的运动方向为水平方向,所以两者看到对方的身高不变,故 B 项正确;根据相对论的长度收缩效应,甲观察到乙所乘的飞船变短,故 C 项正确;根据相对论的时间延缓效应,乙相对甲在接近光速运动,甲观察到乙的钟表时间变慢了,故 D 项错误。

5.B 解析:由于动尺收缩效应,在运动的方向上,长度要缩短,因此车窗的长度比静止时更短,但是与运动方向垂直的宽不会变化,所以 B 正确。

6.C 解析:列车上的观察者看到的是由 B 发出后经过 A 和 C 反射的光,由于列车在这段时间内向 C 运动,而远离 A,所以 C 的反射光先到达列车上的观察者,观察者会看到 C 先被照亮,故只有 C 正确。

## 章末质量评估(一)

1.C 解析:由题图可知, $x$ 方向的初速度沿 $x$ 轴正方向, $y$ 方向的初速度沿 $y$ 轴负方向,则合运动的初速度方向不在 $y$ 轴方向上; $x$ 轴方向的分运动是匀速直线运动,加速度为零, $y$ 轴方向的分运动是匀变速直线运动,加速度沿 $y$ 轴正方向,所以合运动的加速度沿 $y$ 轴方向,与合初速度方向不在同一直线上,因此物体做曲线运动。根据速度的合成可知,物体的合速度先减小后增大,故A错误;物体运动的加速度等于 $y$ 轴方向的加速度,保持不变,故B错误;根据题图可知物体的初速度大小为 $v_0 = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} \text{ m/s} = 50 \text{ m/s}$ ,故C正确,D错误。

2.A 解析:由题意可知,从A处落下的小球落到地面所用的时间等于小车从A处运动到B处所用的时间与在B点悬挂的小球落地所用的时间之和,即 $\sqrt{\frac{2H}{g}} = \frac{d}{v} + \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,代入数据解得 $h = 1.25 \text{ m}$ ,故选项A正确。

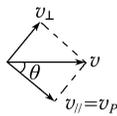
3.C 解析:设a球落地的时间为 $t_1$ ,b球落地的时间为 $t_2$ ,有 $PO = v_1 t_1 = v_1 \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ , $OQ = v_2 t_2 = v_2 \sqrt{\frac{2h_2}{g}}$ , $\frac{PO}{OQ} = \frac{v_1 \sqrt{h_1}}{v_2 \sqrt{h_2}}$ ,故C正确。

4.A 解析:甲做平抛运动,在竖直方向上有 $h = \frac{1}{2} g t^2$ ,得运动时间 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ;乙沿斜面下滑,位移 $x = \frac{h}{\sin 45^\circ} = \sqrt{2} h$ ,加速度 $a = g \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} g$ ,则有 $x = v_0 t' + \frac{1}{2} a t'^2$ ,已知甲、乙同时到达地面,则 $t' = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ,联立解得 $v_0 = \frac{\sqrt{gh}}{2}$ ,故A项正确。

5.A 解析:由于空气阻力的大小与瞬时速度的大小成正比,小石子在O点时速度斜向上方,此时速度最大,空气阻力斜向下且最大,上升过程中与竖直方向夹角最小,故此时刻空气阻力分解在竖直方向的分量最大,根据牛顿第二定律可知此时竖直方向分运动的加速度最大,故选A。

6.B 解析:如图所示,绳子与水平方向的夹角为 $\theta$ ,将小车的

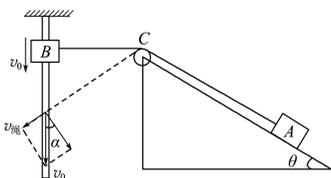
速度沿绳子方向和垂直于绳子方向分解,沿绳子方向的速度等于物体P的速度,根据平行四边形定则得 $v_P = v \cos \theta$ ,故B正确,A、C、D错误。



7.C 解析:设水平距离为 $x$ ,飞镖的初速度为 $v_0$ ,击中墙面的速度为 $v$ ,速度与竖直方向的夹角为 $\theta$ ,则 $\tan \theta = \frac{v_x}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$ , $x = v_0 t$ ,联立解得 $v_0 = \sqrt{gx \tan \theta}$ ,由于从同一位置O抛出, $x$ 相同,因此有 $v_{A0} > v_{B0} > v_{C0}$ ,故A正确;击中墙面的速度为 $v = \frac{v_0}{\sin \theta} = \frac{\sqrt{gx \tan \theta}}{\sin \theta} = \sqrt{\frac{gx}{\sin \theta \cos \theta}} = \sqrt{\frac{2gx}{\sin 2\theta}}$ ,则有 $v_B < v_A = v_C$ ,故B正确,C错误;根据任意时刻速度的反向延长线一定经过此时沿抛出方向水平总位移的中点可知,插在墙上的三枚飞镖的反向延长线一定交于同一点,故D正确。

8.ACD 解析:射出的麻醉弹做平抛运动,根据平抛运动的特点,麻醉弹在竖直方向做自由落体运动,所以无论松鼠自由落下,还是迎着枪口沿AB方向水平跳离树枝,或背着枪口沿AC方向水平跳离树枝,竖直方向的运动情况都与麻醉弹相同,故一定会被射中,A、C、D正确。

9.AD 解析:由题意可知,将B的实际运动分解成两个分运动,如图所示,根据平行四边形定则,可知 $v_0 \sin \alpha = v_{绳}$ ;因为B以速度 $v_0$ 匀速下滑,又 $\alpha$ 增大,所以 $v_{绳}$ 增大,则物体A做加速运动,根据受力分析,结合牛顿第二定律,则有 $T > mg \sin \theta$ ,故A、D正确。

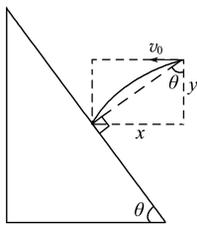


10.BC 解析:由题意知,小球落到斜面时的位移最小,则抛出点和落点的连线与斜面垂直,分解位移,如图所示,设平抛时间为 $t$ ,结合几何关系知 $\tan \theta = \frac{x}{y}$ , $x = v_0 t$ ,

$y = \frac{1}{2}gt^2$ , 解得  $t = \frac{2\sqrt{3}v_0}{3g}$ , 故选项 A 错误, B 正确; 从

抛出点到斜面的距离  $s = \frac{x}{\sin\theta} = \frac{v_0 t}{\sin\theta} = \frac{4v_0^2}{3g}$ , 选项 C 正

确, D 错误。



**11. 解析:** (1) 初速度为零的匀加速直线运动经过相同的时间通过的位移大小之比为  $1:3:5:\dots:(2n-1)$  可知,  $a$  点是竖直方向上自由落体运动的起点, 即抛出点。

(2) 由  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$  水平距离相同可知,  $a$  到  $b$  和  $b$  到  $c$  的运动时间相同, 设为  $T$ , 则  $T = 0.10$  s, 在竖直方向有

$\Delta h = gT^2$ , 可求出  $g = 8 \text{ m/s}^2$ 。

(3) 两位置间的时间间隔为  $0.10$  s, 水平距离为  $8$  cm, 由  $x = v_x T$ , 得水平速度为  $v_x = 0.8 \text{ m/s}$ 。

(4)  $b$  点的竖直分速度为  $a$ 、 $c$  两点间的竖直平均速度, 则

$$v_{by} = \frac{4 \times 4 \times 1 \times 10^{-2}}{2 \times 0.10} \text{ m/s} = 0.8 \text{ m/s}$$

所以  $v_b = \sqrt{v_x^2 + v_{by}^2} = \frac{4\sqrt{2}}{5} \text{ m/s}$ 。

**答案:** (1) 是 (2) 8 (3) 0.8 (4)  $\frac{4\sqrt{2}}{5}$

**12. 解析:** (1) 为正确研究钢球运动的规律, 将白纸从背板上取下前, 还应根据铅垂线在白纸上标记竖直方向。

(2) 水平方向上, 钢球做匀速直线运动, 其所以位移随时间均匀增大, 即图线甲为水平位移随时间变化的图线。

此次钢球做平抛运动的初速度为  $v = \frac{0.3}{0.15} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$ 。

**答案:** (1) 铅垂线

(2) 甲 2

**13. 解析:** (1) 由题图可看出, 物体沿  $x$  方向的分运动为匀速直线运动, 沿  $y$  方向的分运动为匀变速直线运动。

$x$  方向的初速度  $v_{x0} = 30 \text{ m/s}$

$y$  方向的初速度  $v_{y0} = -40 \text{ m/s}$

则物体的初速度大小为  $v_0 = \sqrt{v_{x0}^2 + v_{y0}^2} = 50 \text{ m/s}$ 。

(2) 在前  $3$  s 内,  $x$  方向的分位移大小

$$x_3 = v_{x0} t = 30 \times 3 \text{ m} = 90 \text{ m}$$

$y$  方向的分位移大小

$$y_3 = \frac{|v_{y0}|}{2} t = \frac{40}{2} \times 3 \text{ m} = 60 \text{ m}$$

故  $s = \sqrt{x_3^2 + y_3^2} = \sqrt{90^2 + 60^2} \text{ m} = 30\sqrt{13} \text{ m}$ 。

**答案:** (1)  $50 \text{ m/s}$  (2)  $30\sqrt{13} \text{ m}$

**14. 解析:** 频闪仪每隔  $0.05$  s 发出一次闪光, 每相邻两个球之间被删去  $3$  个影像, 故相邻两球的时间间隔为  $t = 4T = 4 \times 0.05 \text{ s} = 0.2 \text{ s}$ 。

设抛出瞬间小球的速度为  $v_0$ , 题图中每相邻两球在水平方向上的位移为  $x$ , 竖直方向上的位移分别为  $y_1$ 、 $y_2$ , 根据平抛运动位移公式有

$$x = v_0 t$$

$$y_1 = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 0.2^2 \text{ m} = 0.2 \text{ m}$$

$$y_2 = \frac{1}{2}g(2t)^2 - \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times (0.4^2 - 0.2^2) \text{ m} = 0.6 \text{ m}$$

令  $y_1 = y$ , 则有  $y_2 = 3y_1 = 3y$

已标注的线段  $s_1$ 、 $s_2$  分别为

$$s_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$s_2 = \sqrt{x^2 + (3y)^2} = \sqrt{x^2 + 9y^2}$$

则有  $\sqrt{x^2 + y^2} : \sqrt{x^2 + 9y^2} = 3 : 7$

$$\text{整理得 } x = \frac{2\sqrt{5}}{5}y$$

故在抛出瞬间小球的速度大小为

$$v_0 = \frac{x}{t} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$$

**答案:**  $\frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$

**15. 解析:** (1) 物体  $A$  上滑过程中, 由牛顿第二定律得

$$mg \sin 37^\circ = ma$$

代入数据得  $a = g \sin 37^\circ = 6 \text{ m/s}^2$

设物体  $A$  滑到最高点所用时间为  $t$ , 由运动学公式知

$$at = v_1 - 0$$

解得  $t=1$  s。

(2) 物体 B 平抛的水平分位移大小与 A 运动的水平分位移大小相等, 有  $x = \frac{1}{2}v_1 t \cos 37^\circ = 2.4$  m

物体 B 平抛的初速度大小  $v_2 = \frac{x}{t} = 2.4$  m/s。

(3) 物体 A、B 间初始位置的高度差

$$h = \frac{1}{2}v_1 t \sin 37^\circ + \frac{1}{2}gt^2 = 6.8 \text{ m}。$$

答案: (1) 1 s (2) 2.4 m/s (3) 6.8 m

## 章末质量评估(二)

1. D

2. C 解析: 根据题意可知在曝光时间内小球运动的长度

$$\Delta l = \frac{1}{5}r = \frac{1}{5} \times 0.6 \text{ m} = 0.12 \text{ m}, \text{ 近似认为在曝光时间}$$

内小球做匀速直线运动, 故有  $v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = \frac{0.12}{\frac{1}{50}}$  m/s = 6 m/s,

在最低点根据牛顿第二定律有  $T - mg = m\frac{v^2}{r}$ , 代入数据解得  $T = 7$  N, 故 C 正确。

3. B 解析: 物块滑到最低点时受竖直方向的重力、支持力和水平方向的摩擦力三个力作用, 根据牛顿第二定律得

$$N - mg = m\frac{v^2}{R}, \text{ 又 } f = \mu N, \text{ 联立解得 } \mu = \frac{f}{mg + m\frac{v^2}{R}}, \text{ 选}$$

项 B 正确。

4. C 解析: 当主动轮匀速转动时, A、B 两轮边缘上的线速

度大小相等, 由  $\omega = \frac{v}{r}$  得  $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_B}{r_A} = \frac{1}{2}$ 。因 A、B 材料相

同, 故小木块与 A、B 间的动摩擦因数相同, 由于小木块恰能在 A 边缘上相对静止, 即由静摩擦力提供的向心力达到最大值  $f_m$ , 得  $f_m = m\omega_A^2 r_A$ , 设小木块放在 B 轮上

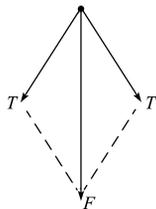
恰能相对静止时到 B 轮转轴的最大距离为  $r$ , 则向心力由最大静摩擦力提供, 故  $f_m = m\omega_B^2 r$ , 联立解得  $r =$

$$\left(\frac{\omega_A}{\omega_B}\right)^2 r_A = \left(\frac{1}{2}\right)^2 r_A = \frac{r_A}{4} = \frac{r_B}{2}, \text{ C 正确。}$$

5. D 解析: 当小球到达最高点的速率为  $v$  时, 有  $mg =$

$m\frac{v^2}{r}$ 。当小球到达最高点的速率为  $2v$  时, 设两细线中

张力的合力为  $F$ , 应有  $F + mg = m\frac{(2v)^2}{r} = 4mg$ , 所以  $F = 3mg$ , 此时两细线对球的作用力如图所示, 解得  $T = \sqrt{3}mg$ , 选项 D 正确, A、B、C 错误。



6. B 解析: A 在竖直方向上受到重力和支持力, 二力平衡, 在水平方向上受到绳子的拉力, 也可能受到静摩擦力。设 A 所受静摩擦力方向指向圆心, 根据牛顿第二定律和向心力公式得  $T + f = M\omega^2 r$ , 又  $T = mg$ , 则  $f = M\omega^2 r - mg$ 。若  $M\omega^2 r > mg$ , 则  $f > 0$ , 静摩擦力方向指向圆心; 若  $M\omega^2 r < mg$ , 则  $f < 0$ , 静摩擦力方向背离圆心, 故 A 错误, B 正确。根据 B 项分析, 由平衡条件得  $T = mg$ , 说明细线的拉力保持不变, 故 C、D 错误。

7. D 解析: 汽车在最高点时有  $mg - N = \frac{mv^2}{r}$ , 知  $N < mg$ , 汽车处于失重状态, 故 A 错误; 题图乙所示圆锥摆的重力和拉力的合力提供向心力, 则  $mg \tan \theta = m\omega^2 r$ ,  $r =$

$$h \tan \theta, \text{ 解得 } \omega = \sqrt{\frac{g}{h}}, \text{ 则增大 } \theta, \text{ 但保持圆锥的高不变}$$

时, 角速度不变, 故 B 错误; 题图丙中根据受力分析知小球在 A、B 两位置受力情况相同, 即向心力相同, 由  $F = m\omega^2 r$  知,  $r$  不同时角速度不同, 故 C 错误; 火车转弯超过规定速度行驶时, 外轨对外轮缘会有挤压作用, 故 D 正确。

8. AD 解析: 过山车上的人经过最高点及最低点时的受力如图所示:



在最高点, 有  $mg + N = m\frac{v_1^2}{R}$ , 可得  $N = m\left(\frac{v_1^2}{R} - g\right)$ , 在

最低点, 有  $N' - mg = m\frac{v_2^2}{R}$ , 可得  $N' = m\left(\frac{v_2^2}{R} + g\right)$ , 由支

持力(等于压力)表达式分析知, 当  $v_1$  较大时, 在最高点人可能会对座位产生压力, 大小因  $v_1$  而定, 所以 A 正确, B 错误; 人在最高点和最低点两处向心力大小不相

等,向心加速度大小也不相等,所以 C 错误;在最低点  $N' > mg$ ,所以 D 正确。

9.AC 解析:设小物体的质量为  $m$ ,当小物体恰好被水平抛出时,在皮带轮最高点应满足  $mg = \frac{mv^2}{r}$ ,即速度最小为  $\sqrt{gr}$ ,选项 A 正确;又因为  $v = 2\pi rn$ ,可得  $n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{r}}$ ,选项 C 正确。

10.BC 解析:物品从无人机上释放后做平抛运动,竖直方向  $H = \frac{1}{2}gt^2$ ,可得  $t = 2$  s,要使得物品落在目标区域内,水平方向满足  $x = \sqrt{R_1^2 - R_2^2} = vt$ ,最大角速度等于  $\omega_{\max} = \frac{v}{R_2}$ ,联立可得  $\omega_{\max} = \frac{2}{3}$  rad/s,故 A 错误,B 正确;无人机从 A 点到 B 点所用的时间  $t' = \frac{\pi}{\omega_{\max}} = \frac{3\pi}{4}$  s,由于  $t' > t$ ,可知无人机运动到 B 点时,在 A 点释放的物品已经落地,故 C 正确,D 错误。

11.解析:需测量物体做圆周运动的周期  $T$ 、圆周运动的半径  $R$  以及弹簧测力计的示数  $F$ ,则有  $F = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$ ,所以

$$\text{待测物体质量的表达式为 } m = \frac{FT^2}{4\pi^2 R}.$$

答案:(1)弹簧测力计的示数  $F$ 、物体做圆周运动的半径  $R$ 、物体做圆周运动的周期  $T$  (2)  $\frac{FT^2}{4\pi^2 R}$

12.解析:(1)根据  $F = mr\omega^2$  可知,要研究小球受到的向心力大小与角速度的关系,需控制小球的质量和小球运动的半径不变,故 A 正确,B、C、D 错误。

(2)由前面分析可知该实验采用的是控制变量法。

$$(3) \text{ 由 } F = mr\omega^2 \text{ 得 } \frac{\omega_{\text{左}}}{\omega_{\text{右}}} = \sqrt{\frac{F_{\text{左}}}{F_{\text{右}}} \cdot \frac{r_{\text{右}}}{r_{\text{左}}}} = \frac{1}{2}.$$

答案:(1)A (2)控制变量法 (3)1:2

13.解析:(1)根据线速度的定义式  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  可得

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{100}{10} \text{ m/s} = 10 \text{ m/s}.$$

$$(2) \text{ 根据 } v = \omega r, \text{ 可得 } \omega = \frac{v}{r} = \frac{10}{20} \text{ rad/s} = 0.5 \text{ rad/s}.$$

$$(3) \text{ 周期 } T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{0.5} \text{ s} = 4\pi \text{ s}.$$

答案:(1)10 m/s (2)0.5 rad/s (3)4π s

14.解析:(1)绳子拉力为零时,转盘角速度要达到最大,即恰由最大静摩擦力提供向心力,设此时转盘转动的角速度为  $\omega_0$ ,则根据牛顿第二定律有  $\mu mg = ma = m\omega_0^2 r$

$$\text{得 } \omega_0 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}.$$

(2)当  $\omega = \sqrt{\frac{3\mu g}{2r}}$  时,  $\omega > \omega_0$ ,所以绳子的拉力  $F$  和最大静摩擦力共同提供向心力,此时有  $F + \mu mg = m\omega^2 r$

$$\text{即 } F + \mu mg = m \cdot \left(\sqrt{\frac{3\mu g}{2r}}\right)^2 \cdot r$$

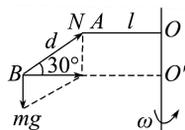
$$\text{得 } F = \frac{1}{2}\mu mg.$$

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

15.解析:(1)被测试者做匀速圆周运动的向心力由重力  $mg$  和座位对他的支持力  $N$  的合力提供,受力分析如图所

$$\text{示,可得 } N = \frac{mg}{\sin 30^\circ} = 2mg$$

再根据牛顿第三定律得被测试者对座位的压力为重力的 2 倍。



(2)沿水平方向由牛顿第二定律和向心力公式得

$$N \cos 30^\circ = m\omega^2 r$$

被测试者做圆周运动的半径  $r = l + d \cos 30^\circ$

$$\text{联立解得试验器转动的角速度 } \omega = \sqrt{\frac{2\sqrt{3}g}{2l + \sqrt{3}d}}.$$

答案:(1)2 倍 (2)  $\sqrt{\frac{2\sqrt{3}g}{2l + \sqrt{3}d}}$

## 章末质量评估(三)

1.B 解析:第一宇宙速度是人造卫星在地面附近绕地球做匀速圆周运动所必须具有的速度,而人造卫星环绕地球运动的速度随着半径的增大而减小,故 A 错误,B 正确;地球同步卫星的运行轨道是位于地球赤道平面上的圆形轨道,运行周期与地球的自转周期相等,故 C、D 错误。

2.D 解析:由万有引力提供向心力得  $\frac{GMm}{R^2} = mR \frac{4\pi^2}{T^2}$ , 解

得  $\frac{R^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$ , 则公式  $\frac{R^3}{T^2} = k$  中的  $k = \frac{GM}{4\pi^2}$ ,  $G$ 、 $\pi$  为常数,  $M$

是中心天体的质量, 故  $k$  是一个与行星无关的常量, ①正确; 因为地球和月球分别绕不同的中心天体运动, 故

$\frac{a^3}{T_1^2} \neq \frac{b^3}{T_2^2}$ , ②错误; 由①可知, 公式  $\frac{R^3}{T^2} = k$  中的  $T$  表示行

星绕中心天体的公转周期, ③错误, ④正确。故 D 正确。

3.C 解析: 根据万有引力提供圆周运动的向心力有

$$G \frac{Mm}{r^2} = m r \omega^2 = m r \frac{4\pi^2}{T^2}, \text{ 解得 } \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}, T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}},$$

轨道半径越大, 周期越大, 角速度越小, 相同的时间内转过

的角度越小。因为  $R_A < R_B < R_C$ , 所以  $\omega_A > \omega_B > \omega_C$ ,

在卫星 A 转过  $\frac{1}{4}T$  的时间内, 三颗卫星相对地球转过的

角度:  $\theta_A > \theta_B > \theta_C$ , 所以 C 正确, A、B、D 错误。

4.B 解析: 第一宇宙速度  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 8 \text{ km/s}$ , 而距该星球

表面高度为  $3R$  的宇宙飞船的运行速度  $v' = \sqrt{\frac{GM}{r}} =$

$$\sqrt{\frac{GM}{4R}} = \frac{v}{2} = 4 \text{ km/s}.$$

5.A 解析: 地球绕太阳公转所需的向心力由太阳对地球

的引力提供, 则由万有引力定律和动力学知识得  $\frac{GMm}{r^2} =$

$m r \frac{4\pi^2}{T^2}$ , 对地球表面物体, 根据万有引力等于重力得

$$\frac{Gmm'}{R^2} = m'g, \text{ 两式联立得 } M = \frac{4\pi^2 m r^3}{T^2 R^2 g}.$$

6.C 解析: 由  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$  得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ,  $r$  越大, 则  $v$  越

小, 故  $v_A < v_B < v_C$ , 选项 A 错误; 由  $\frac{GMm}{r^2} = m \omega^2 r$  得

$\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ,  $r$  越大, 则  $\omega$  越小, 故  $\omega_A < \omega_B < \omega_C$ , 选项 B、

D 错误; 由  $\frac{GMm}{r^2} = ma$  得  $a = \frac{GM}{r^2}$ ,  $r$  越大, 则  $a$  越小, 故

$a_A < a_B < a_C$ , 选项 C 正确。

7.A 解析: 根据题意, 卫星在小行星同步轨道和表面附近

轨道运行时轨道半径分别为  $R+h$ 、 $R$ , 设小行星和卫星

的质量分别为  $m_0$ 、 $m$ , 由开普勒第三定律有  $\frac{(R+h)^3}{T_0^2} =$

$\frac{R^3}{T_1^2}$ , 解得  $R = \frac{T_1^{\frac{2}{3}}}{T_0^{\frac{2}{3}} - T_1^{\frac{2}{3}}} h$ , 卫星绕小行星表面附近做匀

速圆周运动, 由万有引力提供向心力有  $\frac{Gm_0 m}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} R$ ,

解得  $m_0 = \frac{4\pi^2 R^3}{G T_1^2}$ 。根据对应结果可得  $a$  为  $T_1$ ,  $b$  为  $T_0$ ,  $c$

为  $T_1$ 。故 A 正确。

8.BC 解析: 卫星 A 在太空电梯上运动到 B 处时, 与地球

的自转角速度相同, 即与同步卫星的角速度、周期都相同, 而卫星 C 的轨道高度小于同步卫星的轨道高度, 卫

星 C 的角速度大于同步卫星的角速度, 所以卫星 A 在太

空电梯上运动到 B 处时, 其角速度小于卫星 C 的角速

度, 故 A 错误, B 正确; 离开电梯瞬间, 卫星 A 相对于太

空电梯的速度为零, 万有引力大于需要的向心力, 此后会

做向心运动, 即卫星脱离太空电梯的最初一段时间内将

做逐渐靠近地心的曲线运动, 故 C 正确; 欲使卫星脱离太

空电梯后做匀速圆周运动, 需要增大速度, 使得万有引力

等于向心力, 即  $G \frac{Mm}{(0.8R+r)^2} = m \frac{v^2}{0.8R+r}$ , 又  $\frac{GMm}{r^2} =$

$mg$ , 故  $v = \sqrt{\frac{gr^2}{0.8R+r}}$ , 故 D 错误。

9.BC 解析: 该星球表面的重力加速度  $g' = \frac{g}{6}$ , 由  $mg' =$

$\frac{m v_1^2}{R}$  可得该星球的第一宇宙速度  $v_1 = \sqrt{\frac{g'R}{3}} = \sqrt{\frac{gR}{18}}$ ,

该星球的第二宇宙速度  $v_2 = \sqrt{2} v_1 = \frac{\sqrt{gR}}{3}$ , 故 A 错误, B

正确; 地球表面上物体的重力等于万有引力, 即  $G \frac{Mm}{R^2} =$

$mg$ , 地球的质量为  $M = \frac{gR^2}{G} = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$ , 同理, 该星球

的质量为  $M' = \frac{g'R'^2}{G} = \rho' \cdot \frac{4}{3} \pi R'^3$ , 联立解得  $\rho' = \frac{\rho}{2}$ ,

$M' = \frac{2\pi\rho R^3}{81}$ , 故 C 正确, D 错误。

10.BC 解析: 对于题述的环月椭圆轨道和环月圆轨道, 根

据开普勒第三定律有  $\frac{(a+b+2R)^3}{T^2} = \frac{r^3}{T^2}$ , 可得  $r =$

$\frac{a+b}{2}+R$ ,故 A 错误,B 正确;对于环月圆轨道,根据万

有引力提供向心力可得  $\frac{Gm_{\text{月}}m}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ ,解得

$$m_{\text{月}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}, \text{故 C 正确,D 错误.}$$

11.解析:飞船绕行时,对质量为  $m$  的物体,由万有引力提

供向心力,则有

$$G \frac{Mm}{R^2} = mR \frac{4\pi^2}{T^2} = F$$

$$\text{得 } R = \frac{FT^2}{4\pi^2 m}$$

由上式还可得

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$$

$$\text{则 } \rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\pi}{GT^2}$$

因而需要用停表测量绕行周期  $T$ ,用弹簧测力计测量物体的重力  $F$ 。

答案:(1)A B 和 C (2)绕行周期  $T$  物体的重力  $F$

$$(3) \frac{FT^2}{4\pi^2 m} \quad \frac{3\pi}{GT^2}$$

12.解析:(1)同步卫星 A 的周期与地球自转周期相等,所

以卫星 A 运行的角速度大小为  $\omega = \frac{2\pi}{T_0}$ 。

(2)卫星 B 绕地球做匀速圆周运动,设地球质量为  $M$ ,根据万有引力定律和牛顿第二定律,有

$$G \frac{Mm_2}{(R+h)^2} = m_2 \frac{v^2}{R+h}$$

在地球表面有  $G \frac{Mm}{R^2} = mg$

$$\text{联立解得 } v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

$$\text{答案:(1)} \frac{2\pi}{T_0} \quad (2) R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$$

13.解析:当上升到距地面  $h$  高处时,对飞船中的物体进行

受力分析,运用牛顿第二定律有

$$F - mg' = ma$$

由万有引力近似等于物体重力得

$$\text{开始升空时 } mg = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$\text{在 } h \text{ 高处时 } mg' = G \frac{Mm}{(R+h)^2}$$

由以上三式解得  $h = \frac{R}{2} = 3\,200 \text{ km}$ 。

答案:3 200 km

14.解析:(1)物体落在斜面上有

$$\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0 t}$$

$$\text{所以 } g = \frac{2v_0 \tan \alpha}{t}$$

(2)根据万有引力等于重力得  $\frac{GMm}{R^2} = mg$

$$\text{解得星球的质量 } M = \frac{gR^2}{G}$$

$$\text{而 } V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\text{则密度 } \rho = \frac{M}{V} = \frac{\frac{gR^2}{G}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3v_0 \tan \alpha}{2\pi GRt}$$

(3)根据万有引力提供向心力得  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{则 } v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{gR} = \sqrt{\frac{2v_0 R \tan \alpha}{t}}$$

$$\text{答案:(1)} \frac{2v_0 \tan \alpha}{t} \quad (2) \frac{3v_0 \tan \alpha}{2\pi GRt} \quad (3) \sqrt{\frac{2v_0 R \tan \alpha}{t}}$$

15.解析:(1)设地球的质量为  $M$ ,同步卫星的质量为  $m$ ,运动周期为  $T$ ,因为卫星做圆周运动的向心力由万有引力提供,故

$$G \frac{Mm}{R^2} = mR \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$$

同步卫星的周期  $T = T_0$ 。

而在地球表面附近,万有引力等于重力,有  $G \frac{Mm}{R_0^2} = mg$

$$\text{联立解得 } R = \sqrt[3]{\frac{gR_0^3 T_0^2}{4\pi^2}}$$

(2)根据开普勒第三定律  $\frac{a^3}{T^2} = k$ ,得  $\frac{T'^2}{T_0^2} = \left(\frac{R}{4R}\right)^3$

$$\text{因而 } T' = \frac{T_0}{8}$$

设卫星至少每隔  $t$  时间在同一城市的正上方出现一次,根据圆周运动角速度大小与所转过圆心角的关系

$$\theta = \omega t \text{ 得 } \frac{2\pi}{T_0}t = 2\pi + \frac{2\pi}{T_0}t$$

$$\text{解得 } t = \frac{T_0}{7}$$

即卫星至少每隔  $\frac{T_0}{7}$  时间在同一城市的正上方出现一次。

$$\text{答案: (1)} \sqrt[3]{\frac{gR_0^2 T_0^2}{4\pi^2}} \quad (2) \frac{T_0}{7}$$

## 章末质量评估(四)

1.B 解析:相对论给出了物体在高速运动时所遵循的规律,牛顿力学为它在低速运动时的特例,牛顿力学在自己的适用范围内还将继续发挥作用,且有简捷的优势,故 A、C、D 错误, B 正确。

2.D 解析:A 球运动过程中,仅有重力对其做功, B 球运动过程中,仅有重力和弹簧弹力对其做功,故 A、B 球所在系统的机械能均守恒。以过 C 点的水平面为参考平面, A、B 球在运动过程中重力做功相同,重力势能的减少量相同,但 B 球有一部分重力势能转化为弹簧的弹性势能,所以到达 C 点时 A 球的动能大,速度大,故 D 正确。

3.B

4.B 解析:由题图可知,物体 A 的加速度大小  $a_A = \frac{v_0}{t_0}$ ,物

体 B 的加速度大小  $a_B = \frac{v_0}{2t_0}$ ,根据牛顿第二定律可知,物

体 A、B 受到的摩擦力分别为  $f_A = m_A a_A$ ,  $f_B = m_B a_B$ ,

又  $m_A : m_B = 2 : 1$ ,所以  $f_A : f_B = 4 : 1$ ;  $v-t$  图像中图线与横轴所围的面积表示位移,从开始运动到停止, A、B 两

物体的位移分别为  $x_A = \frac{v_0 t_0}{2}$ ,  $x_B = \frac{2v_0 t_0}{2} = v_0 t_0$ , 又

$W = Fx \cos \alpha$ , 所以  $W_A : W_B = (f_A x_A) : (f_B x_B) = 2 : 1$ 。

故选项 B 正确。

5.D 解析:设物块在 BC 面上运动的总路程为  $s$ , 由动能定理知  $W_{\text{合}} = mgh - \mu mg s = E_{k1} - E_{k0}$ , 其中  $E_{k1} = E_{k0} = 0$ ,

所以,  $\mu mg s = mgh$ , 则  $s = \frac{h}{\mu} = \frac{0.30}{0.10} \text{ m} = 3 \text{ m}$ , 因为  $d =$

$0.5 \text{ m}$ , 则  $\frac{x}{d} = \frac{3 \text{ m}}{0.5 \text{ m}} = 6$ , 可见物块最后停在 B 点, 故 D

正确。

6.B 解析:由  $l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$  知 A 项错误, B 项正确;

由相对论时空观的基本假设知光信号的速度都等于  $c$ , C、D 两项错误。

7.C 解析:对物块根据牛顿第二定律有  $\mu mg \cos 30^\circ -$

$mg \sin 30^\circ = ma$ , 解得  $a = \frac{1}{4}g$ , 根据运动学公式有  $v_0^2 =$

$2ax_1$ , 解得物块的位移大小为  $x_1 = \frac{2v_0^2}{g}$ , 故 A 错误; 物块

的机械能增量为  $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_1 \cdot \sin 30^\circ =$

$\frac{3}{2}mv_0^2$ , 故 B 错误; 对小车根据动能定理有  $Pt -$

$(\mu mg \cos 30^\circ + mg \sin 30^\circ)x_2 = \frac{1}{2}mv_0^2$ , 其中  $t = \frac{v_0}{a}$ , 联

立解得  $x_2 = \frac{16Pv_0}{5mg^2} - \frac{2v_0^2}{5g}$ , 故 C 正确; 小车的机械能增量为

$\Delta E' = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_2 \sin 30^\circ = \frac{8Pv_0}{5g} + \frac{3mv_0^2}{10}$ , 故 D 错误。

8.AC 解析:根据动能定理得  $W_{\text{升}} - mgh = \frac{1}{2}mv^2$ , 可解得

$W_{\text{升}} = 5\,800 \text{ J}$ , A 正确; 合外力做的功为  $W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv^2 =$

$\frac{1}{2} \times 100 \times 4^2 \text{ J} = 800 \text{ J}$ , B 错误; 物体重力势能增加  $mgh =$

$100 \times 10 \times 5 \text{ J} = 5\,000 \text{ J}$ , C 正确; 物体机械能的增加量等于升降机对物体做的功,  $\Delta E = W_{\text{升}} = 5\,800 \text{ J}$ , D 错误。

9.CD 解析:公式  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  中,  $m_0$  为物体静止时的质

量,  $m$  是物体速度为  $v$  时的质量, A 错误; 物体速度远小于光速时, 质量的变化可以忽略不计, 即经典力学适用于低速运动, 不适用于高速运动, B 错误, C 正确; 地球上的物体运动速度一般比较小, 经典力学仍适用, D 正确。

10.BCD 解析:因为 A 处小球质量大, 位置高, 所以三角

形支架处于不稳定状态, 释放后支架就会向左摆动。摆动过程中只有 A、B 处小球受到的重力对系统做功, 故

系统的机械能守恒, B、D 正确; 设支架边长是  $L$ , 则 A

处小球到最低点时小球下落的高度为  $\frac{1}{2}L$ , B 处小球上

升的高度也是  $\frac{1}{2}L$ , 但 A 处小球的质量比 B 处小球的

大,故有 $\frac{1}{2}mgL$ 的重力势能转化为A、B两处小球的动能,因而此时A处小球的速度不为零,A错误;当A处小球到达最低点时有向左运动的速度,还要继续向左摆,B处小球仍要继续上升,因此B处小球能到达的最高位置比A处小球开始运动时的高度还要高,C正确。

**11.解析:**(1)本实验使用的是打点计时器,根据打点计时器的工作原理,必须使用交流电源,而该同学使用的是直流电源;纸带总长约1 m,要尽可能在纸带上多打一些点,所以应让重锤紧靠打点计时器,而该同学释放重锤的位置离打点计时器太远,故该同学在实验操作中存在的两处明显错误或不当的地方是:①打点计时器接了直流电源;②重锤离打点计时器太远。

(2)①打点计时器所接电源为频率是50 Hz的交流电源,选取的计数点A、B、C、D依次间隔一个点,所以相邻的计数点间的时间间隔是 $T=0.04$  s。根据匀变速直线运动的规律有 $v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{(125.4-31.4) \times 10^{-3}}{2 \times 0.04}$  m/s $\approx$

$$1.18 \text{ m/s}, \text{动能 } E_k = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2} \times 1 \times 1.18^2 \text{ J} = 0.696 \text{ J},$$

从开始下落到打点计时器记录B点时,重锤势能减少量为 $\Delta E_p = mgx_{OB} = 1 \times 9.8 \times 70.6 \times 10^{-3} \text{ J} = 0.692 \text{ J}$ 。

②从前面的计算可以看出重锤动能增加量近似等于重锤重力势能减少量,即在误差允许的范围内重锤下落过程中机械能守恒。

**答案:**(1)①打点计时器接了直流电源 ②重锤离打点计时器太远 (2)①1.18 m/s 0.696 J 0.692 J

②在实验误差允许的范围内重锤下落过程中机械能守恒

**12.解析:**本题中另一坐标系以速度 $v$ 相对立方体运动,立方体的一条边与运动方向平行,则后一坐标系中观察者

$$\text{测得该条边的长度为 } l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$$\text{测得立方体的体积为 } V = l_0^2 l = l_0^3 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}.$$

$$\text{答案: } l_0^3 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

**13.解析:**(1)小球在水平方向做匀速圆周运动,筒壁对小球

的弹力提供向心力,则

$$F_N = m \frac{v_0^2}{R} = 0.2 \times \frac{6^2}{0.8} \text{ N} = 9 \text{ N}.$$

(2)小球射出时竖直分速度 $v_y$ 满足

$$v_y^2 - 0 = 2gh$$

$$\text{解得 } v_y = 8 \text{ m/s}$$

$$\text{小球射出时的速度大小 } v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 10 \text{ m/s}.$$

**答案:**(1)9 N (2)10 m/s

**14.解析:**(1)由A点到C点过程,应用机械能守恒定律得

$$mg(h + \Delta h) = \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$\text{又 } \Delta h = R(1 - \cos 37^\circ)$$

$$\text{解得 } v_C = 14 \text{ m/s}.$$

(2)在C点,由牛顿第二定律和向心力公式得

$$N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

$$\text{解得 } N = 3\,936 \text{ N}$$

由牛顿第三定律知,运动员在C点对轨道的压力大小为3 936 N。

**答案:**(1)14 m/s (2)3 936 N

**15.解析:**(1)小球从最下端以速度 $v_0$ 抛出到运动到M正下方距离为 $L$ 的位置时,根据机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = mg \cdot 2L + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{在该位置时根据牛顿第二定律有 } T - mg = m \frac{v^2}{L}$$

$$\text{解得 } v = 4\sqrt{5} \text{ m/s}, T = 17 \text{ N}.$$

$$(2) \text{小球做平抛运动时有 } x = vt, 2L = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{解得 } x = 4 \text{ m}.$$

(3)若小球经过N点正上方时绳子恰好不松弛,则满足

$$mg = m \frac{v'^2}{2L}$$

从最低点到该位置由动能定理得

$$\frac{1}{2}mv_0'^2 = mg \cdot 5L + \frac{1}{2}mv'^2$$

$$\text{解得 } v'_0 = 2\sqrt{15} \text{ m/s}.$$

**答案:**(1) $4\sqrt{5}$  m/s 17 N (2)4 m (3) $2\sqrt{15}$  m/s

## 综合质量评估(一)

1.D 解析: A 项, 质点做直线运动, 所以受力的方向与速度的方向一定在同一条直线上, 故 A 错误; B 项, 质点受力的方向与速度的方向在同一条直线上, 则质点将做直线运动, 故 B 错误; C 项, 由于质点做的是曲线运动, 根据质点做曲线运动时合外力指向轨迹弯曲的一侧可知, 质点受到的力应该指向下方, 故 C 错误; D 项, 由于质点做的也是曲线运动, 质点受到的力指向轨迹的凹侧, 故 D 正确。

2.A 解析: 飞船向后喷气做加速运动, 飞船做圆周运动的半径  $r$  增大, 在新的轨道达到新平衡后, 继续做匀速圆周运动; 根据公式  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$ , 得线速度  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 周期  $T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ , 由此可知, 当  $r$  变大时,  $v$  变小,  $T$  变大。在飞船向后喷气做加速运动过程中, 喷出的气体对飞船做正功, 飞船的机械能增加, 故 A 正确, B、C、D 错误。

3.B 解析: 小球 A 恰好能垂直落在斜坡上, 由几何关系可知, 小球 A 竖直方向的速度增量  $v_y = gt_1 = v_0$ , 水平位移  $s = v_0 t_1$ , 竖直位移  $h_A = \frac{1}{2} g t_1^2$ , 解得  $\frac{h_A}{x} = \frac{1}{2}$ , 由几何关系可知, 小球 B 自由下落的高度为  $h_A + x = \frac{1}{2} g t_2^2$ , 联立以上各式解得  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ , 故 B 正确, A、C、D 错误。

4.A 解析: 轨道 I 和轨道 III 的半径分别为  $r_1 = 4R$ ,  $r_2 = R$ , 由  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$  得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 则  $v_1 : v_2 = 1 : 2$ , A 正确; 由  $\omega = \frac{v}{r}$  得  $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ , 则  $\omega_1 : \omega_2 = \sqrt{R^3} : (4R)^3 = 1 : 8$ , B 错误; 在 A 点由轨道 I 变轨至轨道 II, 需减速使飞船做近心运动, 飞船动能减小, C 错误; 飞船在轨道 II 上稳定运行时, 由开普勒第二定律可知, 在近月点和远月点的线速度不相等, D 错误。

5.A 解析: 设该卫星运行的周期为  $T'$ , 根据题意可得  $\frac{2\pi}{T'} \cdot \frac{T}{2} - \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2} = 2\pi$ , 可得  $T' = \frac{T}{3}$ , 根据万有引力提

供向心力有  $G \frac{m_0 m}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T'^2} r$ , 可得  $r = \sqrt[3]{\frac{Gm_0 T'^2}{4\pi^2}}$ , 代入

$T' = \frac{T}{3}$ , 可得  $r = \sqrt[3]{\frac{Gm_0 T^2}{36\pi^2}}$ , 故 A 正确。

6.B 解析: 飞行器在轨道半径  $r = 2R_0$  处的总机械能包括动能和势能, 引力势能为  $E_p = \frac{1}{2} m g_0 R_0$ , 根据万有引力提供向心力有  $\frac{Gm_0 m}{(2R_0)^2} = m \frac{v^2}{2R_0}$ , 在星球表面有  $\frac{Gm_0 m}{R_0^2} = m g_0$ , 解得轨道速度满足  $v^2 = \frac{g_0 R_0}{2}$ , 对应动能  $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{4} m g_0 R_0$ , 总机械能  $E_{\text{总}} = \frac{3}{4} m g_0 R_0$ , 根据机械能守恒, 初始动能  $\frac{1}{2} m v_0^2 = E_{\text{总}}$ , 解得  $v_0 = \sqrt{\frac{3g_0 R_0}{2}}$ 。故选 B。

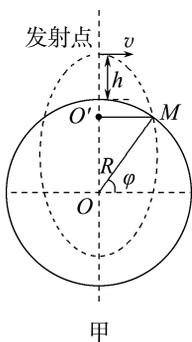
7.A 解析: 在小车拉着物体行驶位移  $s_1$  的过程中, 对小车和物体整体根据动能定理得  $(F - F_{\text{阻}} - \mu m_2 g) s_1 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v^2$ , 轻绳从物体上脱落至物体停下的过程中, 对物体根据动能定理得  $-\mu m_2 g (s_2 - s_1) = 0 - \frac{1}{2} m_2 v^2$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{2(F - F_{\text{阻}})(s_2 - s_1)s_1}{(m_1 + m_2)s_2 - m_1 s_1}}$ , 则小车的额定功率  $P_0 = Fv = \sqrt{\frac{2F^2(F - F_{\text{阻}})(s_2 - s_1)s_1}{(m_1 + m_2)s_2 - m_1 s_1}}$ , A 正确。

8.AC 解析: 人在下落过程中重力势能逐渐减小, 若规定初位置重力势能为零, 则  $E_p = -mgh$ , 即重力势能与高度呈线性关系, 故 A 正确; 机械能的变化等于除重力外其他力做的功, 打开伞之前做自由落体运动, 此过程中人的机械能守恒, 故 B 错误; 运动员从直升机上跳伞, 伞打开前可看成做自由落体运动, 即空气阻力忽略不计, 故只受重力, 打开伞后减速下降, 空气阻力大于重力, 故合力向上, 速度减小, 阻力减小, 当阻力减小到等于重力时, 合力为零, 人做匀速直线运动, 即合力先等于重力不变, 然后突然反向, 后逐渐减小到零, 故 C 正确; 打开伞后减速下降, 减速过程中加速度是变化的, 而题图 D 中此过程却为匀减速运动, 不符合实际, 故 D 错误。

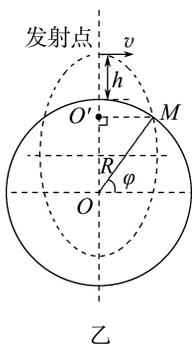
9.AC 解析: A、B 两球共轴转动, 角速度始终相等, 故 A 正确; 在初位置, B 球速度为零, 重力的功率为零, 在最低

点,重力方向与速度方向垂直,重力的功率为零,所以重力对B球做功的瞬时功率是先增大后减小,故B错误;对于A球和B球组成的系统,只有重力做功,系统机械能守恒,则有  $2mgl - mgl = \frac{1}{2} \times 2mv_B^2 + \frac{1}{2}mv_A^2$ ,  $v_A = v_B$ ,解得  $v_B = \sqrt{\frac{2}{3}gl}$ ,故C正确;A球机械能增大,B球机械能减小,杆对B球做负功,B球机械能不守恒,故D错误。

10. BC 解析:根据题意可知椭圆轨道的一个焦点为O,设椭圆的另外一个焦点为O',如图甲所示:



设椭圆的半长轴为a,焦距为2c,根据椭圆知识可知  $O'M + OM = 2a$ ,根据开普勒第三定律  $\frac{a^3}{T^2} = C$ 可知,如果物体沿椭圆运动的周期最短,则椭圆的半长轴最小,根据几何关系可知,当MO'垂直于OO'时,半长轴a最小,如图乙所示:



由几何关系有  $2a = R\cos\varphi + R$ ,解得  $a = \frac{3R}{4}$ ,根据几何关系可得椭圆的焦距  $2c = OO' = R\sin\varphi = \frac{\sqrt{3}R}{2}$ ,故C正确;根据几何关系可得发射点离月球表面的高度  $h = a + c - R = \frac{\sqrt{3}-1}{4}R$ ,故A错误;设物体绕月球表面做匀

速圆周运动时的周期为  $T_0$ ,则由重力提供向心力得  $mg_{月} = m\frac{4\pi^2}{T_0^2}R$ ,结合开普勒第三定律  $\frac{R^3}{T_0^2} = \frac{a^3}{T^2}$ ,联立可得物体沿椭圆运动的周期为  $T = \frac{3\pi}{4}\sqrt{\frac{3R}{g_{月}}}$ ,故B正确;由引力势能公式  $E_p = -\frac{Gm_{月}m}{r}$ ,结合万有引力公式有  $m'g_{月} = G\frac{m_{月}m'}{R^2}$ ,结合机械能守恒定律有  $-\frac{Gm_{月}m'}{R+h} + \frac{1}{2}m'v^2 = -\frac{Gm_{月}m'}{R} + \frac{1}{2}m'v_M^2$ ,联立可得  $v_M = \sqrt{v^2 + \frac{2g_{月}hR}{R+h}}$ ,另外  $g_{月}$  是月球表面的重力加速度,而发射点到M处的重力和速度并不是恒定不变的,也不能直接用“ $2g_{月}h$ ”计算,故D错误。

11. 解析:(1)滑块到达B点时的速度  $v = \frac{b}{t}$ ,则系统动能的增加量  $\Delta E_k = \frac{1}{2}(M+m)v^2 = \frac{(M+m)b^2}{2t^2}$ 。系统重力势能的减少量  $\Delta E_p = mgd - Mgd\sin 30^\circ =$

$$\left(m - \frac{M}{2}\right)gd。$$

(2)根据系统机械能守恒有  $\frac{1}{2}(M+m)v^2 =$

$$\left(m - \frac{M}{2}\right)gd, \text{ 则 } v^2 = \frac{(2m-M)g}{M+m}d, \text{ 则题图乙中图线的}$$

斜率  $k = \frac{2m-M}{M+m}g$ ,又  $M=m$ ,则  $k = \frac{g}{2}$ ,由题图乙可解得  $g = 9.6 \text{ m/s}^2$ 。

得  $g = 9.6 \text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)  $\frac{(M+m)b^2}{2t^2}$   $\left(m - \frac{M}{2}\right)gd$  (2) 9.6

12. 解析:(1)正确步骤:将斜槽安置于底座,安装光电门,调节斜槽在竖直平面内,调节斜槽末端水平,顺序为④①②③。故C正确。

(2)测量小球直径的正确操作需要确保测量工具与小球接触良好,并且小球的位置不会导致测量误差。在题图的情形中,题图乙的测量方式更准确,适合测量钢球直径;而题图丙的测量方式更适合测量内径、槽宽等。故图乙操作正确。

(3)根据  $\Delta E_p = mgh$ ,可知下降高度为  $8.0 \times 10^{-2} \text{ m}$  时减

少的重力势能为下降高度为  $4.0 \times 10^{-2} \text{ m}$  的二倍,代入数据可得  $\Delta E_p \approx 15.7 \times 10^{-3} \text{ J}$ 。

(4) 根据动能定理可得  $mgH - W_{\text{测}} = 0$ , 可得  $W_{\text{测}} = mgH$ 。

(5) 不同意。小球减小的重力势能有一部分转化为小球的转动动能,  $\Delta E$  与  $W_f$  相差很大的原因是没有计入小球的转动动能。

答案:(1)C (2)乙 (3)15.7 (4) $mgH$

(5)不同意 小球减小的重力势能有一部分转化为小球的转动动能,  $\Delta E$  与  $W_f$  相差很大的原因是没有计入小球的转动动能

13. 解析:(1) 设该运动员由 B 点

到 C 点做平抛运动的时间为

$t$ , 运用平抛运动的规律得

竖直方向

$$h_{BC} = s \sin 37^\circ = \frac{1}{2}gt^2$$

水平方向  $s \cos 37^\circ = v_B t$

代入数据, 联立两式得

$$v_B = 20 \text{ m/s}.$$

(2) 运动员从 A 点到 B 点的过程, 由动能定理有

$$mgh + W_f = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$$

代入数据, 解得  $W_f = -3\ 000 \text{ J}$ , “-”表明运动员从 A 点到 B 点的过程中克服摩擦力做功。

答案:(1)20 m/s (2)3 000 J

14. 解析:(1) 设滑块第一次滑至 C 点时的速度为  $v_C$ , 滑至半圆形轨道 C 点时轨道对滑块的支持力为  $N$ , 由 P 点到 C 点的过程, 有

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

$$\text{在 C 点有 } N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$$

解得  $N = 2mg$

由牛顿第三定律得, 滑块对半圆形轨道 C 点的压力大小  $N' = 2mg$ , 方向竖直向下。

(2) 对滑块由 P 点经 C 点到 Q 点的过程, 有

$$mgR(1 - \cos 60^\circ) - \mu mg \times 2R = 0$$

解得  $\mu = 0.25$ 。

(3) 因小球刚好通过 A 点, 根据牛顿第二定律得

$$mg = m \frac{v_A^2}{R}$$

由 Q 点经 C 点到 A 点的过程, 由能量守恒定律得

$$E_p = \frac{1}{2}mv_A^2 + mg \times 2R + \mu mg \times 2R$$

弹性势能  $E_p = 3mgR$ 。

答案:(1) $2mg$ , 方向竖直向下 (2)0.25 (3) $3mgR$

15. 解析:(1) 设小球在 B 点的速度为  $v$ , 对小球从 A 点到 B

点, 由动能定理得  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

绳子断开后, 小球做平抛运动, 设运动时间为  $t$ , 竖直方向

$$\text{向有 } H = \frac{1}{2}gt^2$$

水平方向有  $x = vt$

$$\text{解得 } x = \sqrt{4Hh} = \sqrt{4 \times 1.0 \times 0.5} \text{ m} = \sqrt{2} \text{ m}.$$

(2) 在 B 点轻绳所受拉力最大, 设绳子对小球的最大拉力为  $F$ , 由牛顿第二定律和向心力公式得

$$F - mg = \frac{mv^2}{l}$$

解得  $F = 20 \text{ N}$

根据牛顿第三定律, 轻绳所受的最大拉力  $F' = F = 20 \text{ N}$ 。

答案:(1) $\sqrt{2} \text{ m}$  (2)20 N

## 综合质量评估(二)

1.A 解析: 根据卫星做圆周运动的向心力等于万有引力,

可知  $G \frac{m_0 m}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$ , 可得  $T =$

$$2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_0}}, v = \sqrt{\frac{Gm_0}{r}}, \omega = \sqrt{\frac{Gm_0}{r^3}}, a = \frac{Gm_0}{r^2}, \text{ 因 } r_{\text{甲}} <$$

$r_{\text{乙}}$ , 可知卫星甲、乙运动的周期:  $T_{\text{甲}} < T_{\text{乙}}$ , 线速度:  $v_{\text{甲}} >$

$v_{\text{乙}}$ , 角速度:  $\omega_{\text{甲}} > \omega_{\text{乙}}$ , 向心加速度:  $a_{\text{甲}} > a_{\text{乙}}$ , 故 A 正确。

2.C 解析: 由平抛运动规律可知, 小球下落时间只由下落

做的功  $W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 20^2 \text{ J} = 100 \text{ J}$ , 故 C 正确,

A、B、D 错误。

4.A 解析: 适时启动卫星上的小型喷气发动机使卫星进入较高的同步轨道运行, 可知卫星做加速运动, 机械能增大, 所以同步轨道上卫星的机械能增大; 根据  $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$  得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 可知同步轨道上卫星的线速度小, 所以动能也小, 故 B、C、D 错误, A 正确。

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

6.D 解析: 滑块向上做匀减速直线运动, 向下做匀加速直线运动, 加速度始终向下, 根据位移与时间的关系式可知, 位移与时间成二次函数关系, 所以  $x-t$  图像应是两段开口向下的抛物线, 故 A 错误; 由 A 项分析知, 上滑和下滑过程速度方向相反, 故 B 错误; 根据  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$  知, 动能先减小后增大, 与时间为二次函数关系, 故 C 错误; 设斜面倾角为  $\theta$ ,  $E_p = mgh = mgx \sin \theta$ , 故图像与  $x-t$  图像类似, 为两段开口向下的抛物线, 故 D 正确。

7.D 解析: 无人机沿水平方向飞行, 零件相对于无人机静止, 则零件也沿水平方向飞行做直线运动, 故零件的高度不变, 可知零件的重力势能保持不变, 故 D 正确; 对零件进行受力分析, 受重力和绳子的拉力, 由于零件沿水平方向做直线运动, 可知合外力沿水平方向, 提供水平方向的加速度, 因此零件水平向左做匀加速直线运动, 故 A、B 错误; 惯性的大小只

与质量有关, 零件的质量不变, 故零件的惯性不变, C 错误。

8.BD 解析: 当航天器运动到 Q 点时, 由霍曼轨道进入火星轨道, 即由低轨道进入高轨道则需要做离心运动, 即在 Q 点点火加速, A 错误; 根据  $G \frac{m_{\text{火}}m}{r^2} = ma$ , 解得  $a = \frac{Gm_{\text{火}}}{r^2}$ , 因为地球轨道的半径小于火星轨道的半径, 所以航天器在地球轨道上的加速度大于在火星轨道上的加速度, B 正确; 根据  $G \frac{m_{\text{火}}m}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{Gm_{\text{火}}}{r}}$ , 因为地球轨道的半径小于火星轨道的半径, 则航天器在地球轨道上运行的线速度大于在火星轨道上运行的线速度, C 错误; 根据  $\frac{r_{\text{地}}^3}{r_{\text{火}}^3} = \frac{T_{\text{地}}^2}{T_{\text{火}}^2}$ , 又  $r_{\text{火}} = \frac{r_{\text{地}} + kr_{\text{地}}}{2}$ ,  $T_{\text{地}} = 1$  年, 得  $T_{\text{火}} = \frac{\sqrt{2}}{4}(k+1)^{\frac{3}{2}}$  年, D 正确。

9.AD 解析: 根据线速度  $v = \omega r$ , 得  $v = \frac{\omega D}{2}$ , 故 A 正确, B 错误; 根据功的定义  $W = fs = \mu mgs$ , 对应圆的周长  $s = 2\pi r$ , 解得  $r = \frac{W}{2\pi \mu mg}$ , 故 C 错误, D 正确。

10.AD 解析: 小球若做平抛运动, 运动的时间  $t = \frac{x}{v_0}$ , 则 A 端距离地面的高度  $h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{gx^2}{2v_0^2}$ , 故 A 正确; 对小球分析, 根据动能定理得  $mgh = \frac{1}{2}mv_B^2$ , 解得小球运动到 B 端时的速度  $v_B = \sqrt{2gh} = \frac{gx}{v_0}$ , 按平抛运动规律分析 B 点的速度方向与水平方向夹角的正切值  $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gx}{v_0^2}$ , 可知小球运动至 B 端时沿水平方向分速度  $v_x = v_B \cos \alpha = \frac{gxv_0}{\sqrt{v_0^4 + g^2x^2}}$ , 故 B 错误, D 正确; 小球从 A 到 B 做的运动不是平抛运动, 则运动的时间  $t' \neq \frac{x}{v_0}$ , 故 C 错误。

11.解析: (1) 用频闪照相记录水平抛出的小球在不同时刻的位置, 选择体积小、质量大的小球可以减小空气阻力的影响, A、D 正确; 本实验需要借助重垂线确定竖直方向, B 正确; 实验过程应先打开频闪仪, 再水平抛出小球, C 错误。

(2) 根据任意时刻 A、B 两球的竖直高度相同, 可以判断出 A 球在竖直方向做自由落体运动; 根据 A 球相邻两

位置水平距离相等,可以判断 A 球在水平方向做匀速直线运动。

(3) 小球从高度为 0.8 m 的桌面水平抛出,根据运动学公式  $h = \frac{1}{2}gt^2$ ,解得  $t = 0.4$  s,频闪仪每秒频闪 25 次,

频闪周期  $T = \frac{1}{25}$  s = 0.04 s,故最多可以得到小球在空中

运动位置个数为  $\frac{t}{T} = 10$ (个)。

(4) 分别计算  $x$  轴和  $y$  轴方向的加速度,有  $|(x_2 - x_1) - x_1| = g_x T^2$ ,  $(y_2 - y_1) - y_1 = g_y T^2$ ,设重力加速度与

$y$  轴之间的夹角为  $\theta$ ,则有  $\tan \theta = \frac{g_x}{g_y} = \frac{|x_2 - 2x_1|}{y_2 - 2y_1}$ 。

答案:(1)ABD (2)自由落体运动 A 球相邻两位置水

平距离相等 (3)10 (4)  $\frac{|x_2 - 2x_1|}{y_2 - 2y_1}$

12. 解析:(1) 实验步骤:将纸带下端固定在重锤上,穿过打

点计时器的限位孔,用手捏住纸带上端,先接通电源,打

点计时器开始打点,然后释放纸带,关闭电源,取下纸

带,在纸带上选取一段,用刻度尺测量该段内各点到起

点的距离,记录并分析数据,根据  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$  可知质

量可以约掉,不需要用电子天平称量重锤的质量。故正

确选择并排序为④①⑥⑤。

(2) 根据题意可知纸带上相邻计数点的时间间隔  $T = \frac{1}{f} =$

0.02 s,根据匀变速直线运动中时刻瞬时速度等于该过程

平均速度可得  $v_B = \frac{h_{AC}}{2T}$ ,代入数据可得  $v_B \approx 1.79$  m/s。

(3) 根据  $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ ,整理可得  $v^2 = 2g \cdot h$ ,可知理论

上,若机械能守恒,图中直线应通过原点,且斜率  $k =$

$2g$ 。由题图丙得直线的斜率  $k = \frac{5.0 - 1.0}{0.265 - 0.05} \approx 18.6$ 。

(4) 根据题意有  $\eta = \frac{mgh - \frac{1}{2}mv^2}{mgh} \times 100\%$ ,由  $v^2 = kh$

可得  $\eta = \frac{2g - k}{2g} \times 100\%$ 。当地重力加速度大小  $g$  取

9.80 m/s<sup>2</sup>,代入数据可得  $\eta \approx 5.1\%$ 。

答案:(1)④①⑥⑤

(2)1.79

(3)通过 2g 18.6

(4)  $\frac{2g - k}{2g}$  5.1

13. 解析:小滑块从 A 到 C 的过程中,由动能定理得

$$mg(h_1 - h_2) - \mu mg \cos 53^\circ \cdot \frac{h_1}{\sin 53^\circ} - \mu mg \cos 37^\circ \cdot$$

$$\frac{h_2}{\sin 37^\circ} = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

代入数值可解得  $g = 6$  m/s<sup>2</sup>。

设探测器质量为  $m'$ ,探测器绕该星球表面做匀速圆周

运动时运行速度最大,由万有引力提供做圆周运动的向

心力得

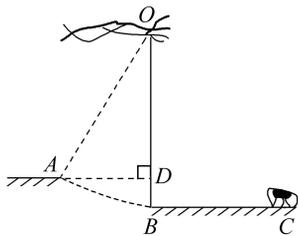
$$G \frac{Mm'}{R^2} = m' \frac{v^2}{R}$$

又由该星球表面重力和万有引力相等,有  $G \frac{Mm'}{R^2} = m'g$

解得  $v = \sqrt{gR} = 6 \times 10^3$  m/s。

答案: $6 \times 10^3$  m/s

14. 解析:(1) 如图所示,过 A 点作 OB 的垂线 OD,



在直角三角形 OAD 中

$$x_{OD} = \sqrt{x_{OA}^2 - x_{AD}^2} = \sqrt{5^2 - 3^2} \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$\Delta E_p = mg(x_{OB} - x_{OD}) = 50 \times (5 - 4) \text{ J} = 50 \text{ J}$$

即猴子的重力势能增加了 50 J。

(2) 猴子从 B 到 A 的过程中,动能全部转化为重力势能

时,速度最小,则

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \Delta E_p$$

解得  $v_1 = 2\sqrt{5}$  m/s。

(3) 猴子在平坦小路上加速,末速度为  $v_1$  时,加速度最

小,则

$$a_1 = \frac{v_1^2}{2x_{BC}} = \frac{(2\sqrt{5})^2}{2 \times 4} \text{ m/s}^2 = 2.5 \text{ m/s}^2$$

当猴子抓住藤条时,若藤条刚好没有断开,由牛顿第二定律和向心力公式得

$$T - mg = m \frac{v_2^2}{x_{OB}}$$

解得  $v_2 = 6 \text{ m/s}$

猴子在平坦小路上加速的末速度为  $v_2$  时,加速度最大,

$$\text{则 } a_2 = \frac{v_2^2}{2x_{BC}} = \frac{6^2}{2 \times 4} \text{ m/s}^2 = 4.5 \text{ m/s}^2$$

所以,猴子在平坦的小路上的加速度满足  $2.5 \text{ m/s}^2 \leq a \leq 4.5 \text{ m/s}^2$ 。

答案:(1)增加了 50 J (2)  $2\sqrt{5} \text{ m/s}$

(3)  $2.5 \text{ m/s}^2 \leq a \leq 4.5 \text{ m/s}^2$

15. 解析:(1)小木块从平台滑出后做平抛运动,有

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

$$\text{得 } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.8}{10}} \text{ s} = 0.4 \text{ s}$$

木块滑出平台时的速度  $v = \frac{s}{t} = \frac{0.8}{0.4} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$ 。

(2)因为小木块在平台上滑动过程中做匀减速运动,根据

$$v^2 - v_1^2 = 2ax_2$$

得小木块在平台上滑动的加速度

$$a = \frac{v^2 - v_1^2}{2x_2} = \frac{2^2 - 10}{2 \times 1} \text{ m/s}^2 = -3 \text{ m/s}^2$$

$$\text{又 } v^2 - v_0^2 = 2ad$$

$$\text{得 } v_0 = \sqrt{v^2 - 2ad} = \sqrt{2^2 - 2 \times (-3) \times 2} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$$

根据速度与时间的关系  $v = v_0 + at$

$$\text{得 } t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{2 - 4}{-3} \text{ s} = \frac{2}{3} \text{ s}。$$

(3)根据牛顿第二定律得

$$f = Ma = 1 \times (-3) \text{ N} = -3 \text{ N}$$

$$\text{摩擦力做功 } W_f = fd = -3 \times 2 \text{ J} = -6 \text{ J}$$

故小木块在平台上滑动过程中产生的热量  $Q = 6 \text{ J}$ 。

答案:(1) 2 m/s (2)  $\frac{2}{3} \text{ s}$  (3) 6 J