

## 14. D 【命题点】动量定理的应用

【解析】安全气囊并不能改变碰撞前后司机动量的变化量, **B 错误**; 汽车碰撞瞬间, 安全气囊充满气体, 司机的动能转化为与气囊碰撞过程产生的内能, 气囊延长了司机的受力时间, 由动量定理知, 司机受到的力  $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ , 故司机受到的力减小, 气囊又增大了司机的受力面积, 故司机在单位面积上受力减小, **A、C 错误, D 正确**。

**方法拓展** 涉及动量定理的应用问题, 其核心是  $\Delta p = F\Delta t$  的应用, 若是定性分析, 则一般会分析力如何变化, 若是定量计算, 则可能会计算平均作用力、力的作用时间, 还会结合  $\Delta p = m(v-v')$  分析速度的变化。

## 15. B 【命题点】万有引力定律的应用

【解析】由万有引力定律得在火星表面质量为  $m$  的物体受到的引力为  $F_{\text{火}} = G \cdot \frac{M_{\text{火}} m}{r_{\text{火}}^2}$ , 在地球表面同一物体受到的引力为  $F_{\text{地}} = G \frac{M_{\text{地}} m}{r_{\text{地}}^2}$ , 其中  $M_{\text{火}} = \frac{1}{10} M_{\text{地}}$ ,  $r_{\text{火}} = \frac{1}{2} r_{\text{地}}$ , 联立解得  $\frac{F_{\text{火}}}{F_{\text{地}}} = 0.4$ , **B 正确**。

**快解** 此题可用比例法快速解题, 由万有引力定律得

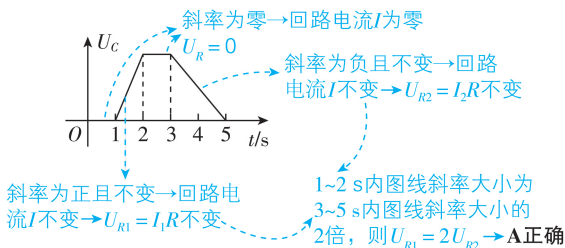
$$F = G \frac{Mm}{r^2}, \frac{F_{\text{火}}}{F_{\text{地}}} = \frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}} \cdot \frac{r_{\text{地}}^2}{r_{\text{火}}^2} = \frac{1}{10} \times 2^2 = 0.4, \text{B 正确}。$$

## 16. B 【命题点】圆周运动中的受力问题

【解析】该同学在荡秋千过程中的最低点, 同学和踏板整体受到的重力和两根绳的拉力的合力提供同学和踏板做圆周运动的向心力, 设每根绳子上平均承受的拉力大小为  $F$ , 由牛顿第二定律得  $2F - mg = m \frac{v^2}{R}$ , 解得  $F = \frac{1}{2} \left( mg + m \frac{v^2}{R} \right) = \frac{1}{2} \times \left[ 50 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 + 50 \text{ kg} \times \frac{(8 \text{ m/s})^2}{10 \text{ m}} \right] = 410 \text{ N}$ , **B 正确**。

## 17. A 【命题点】电容器的充放电问题

【解析】电容  $C = \frac{\Delta Q}{\Delta U}$ , 电流  $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ , 由以上两式解得  $\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{I}{C}$ , 则  $U_C - t$  图像中图线的斜率表示  $\frac{I}{C}$ , 斜率的正负表示电流的方向。



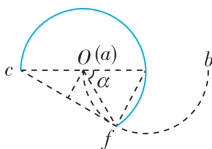
**知识拓展** 电容器充电时, 电路中电流由电源的正极流出, 电容器放电时, 电路中的电流由电容器的正极板经电路流向负极板; 电容器的电容由电容器本身决定, 与电容器极板间的电压及电容器所带电荷量无关。

### 18. C 【命题点】带电粒子在组合边界磁场中的运动

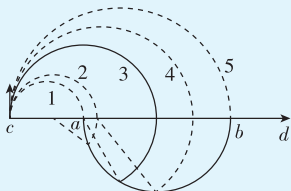
**【解析】** 带电粒子在磁场中运动, 有  $qvB = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ , 又  $T = \frac{2\pi r}{v}$ , 可得  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ , 带电粒子在有界磁场中运动时间  $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ , 则粒子在同一有界磁场中运动的时间与粒子速率无关, 而与粒子运动轨迹所对应的圆心角有关, 当粒子的出射点与  $c$  点的连线与  $\widehat{ab}$  相切时粒子在磁场中运动的轨迹所对应圆心角最大, 粒子运动的时间最长, 其运动轨迹如图所示, 由几何知识知,  $\alpha = 60^\circ$ , 则粒子在磁场中运动的

最长时间为  $t = \frac{180^\circ + 60^\circ}{360^\circ} T = \frac{4\pi m}{3qB}$ , C 正

确, A、B、D 错误。



**方法拓展** 采用放缩法, 粒子垂直  $ac$  入射, 则圆心必在  $ad$  直线上, 将粒子的轨迹半径由零逐渐放大, 设半圆磁场的半径为  $R$ , 粒子在磁场中运动的轨迹半径为  $r$ , 在  $r \leq 0.5R$  和  $r \geq 1.5R$  时, 粒子从  $ac$ 、 $bd$  区域射出, 粒子在磁场中的轨迹为半圆, 运动时间等于半个周期。当  $0.5R < r < 1.5R$  时, 粒子从半圆边界射出, 将轨迹半径从  $0.5R$  逐渐放大, 粒子射出位置从半圆顶端向下移动, 轨迹圆心角从  $\pi$  逐渐增大, 当轨迹半径为  $R$  时, 轨迹所对应的圆心角最大, 然后再增大轨迹半径, 轨迹所对应的圆心角减小, 因此当轨迹半径等于  $R$  时轨迹所对应的圆心角最大。



### 19. BD 【命题点】核反应方程

选项	分析	正误
A	${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^3_2\text{He}$	×
B	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^4_2\text{He}$	✓
C	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{144}_{56}\text{Ba} + {}^{89}_{36}\text{Kr} + 3{}^1_0\text{n}$	×
D	${}^1_0\text{n} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He}$	✓

### 20. AB 【命题点】功能关系, 根据能量图像分析受力情况

**【解析】** 物块在下滑过程中重力势能减少, 动能增加, 故 I 为重力势能随下滑距离  $s$  的变化图线, II 为动能随下滑距离  $s$  的变化图线。由题图可知, 初状态时物块的机械能为  $E_1 = 30 \text{ J}$ , 末状态时物块的机械能为  $E_2 = 10 \text{ J}$ , 故物块下滑过程中机械能不守恒, A 正确; 物块下滑过程损失的机械能转化为克服摩擦力做功产生的内能, 设斜面倾角为  $\theta$ , 物块质量为  $m$ , 由功能关系得  $\mu mg \cos \theta \cdot s = E_1 - E_2$ , 由几何知识知  $\cos \theta =$

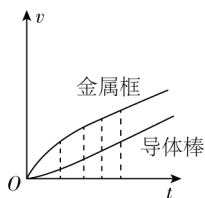
$\frac{4}{5}$ , 物块开始下滑时  $E_p = E_1 = mgh$ , 由以上各式解得  $\mu = 0.5$ ,  $m = 1 \text{ kg}$ , **B 正确**; 由牛顿第二定律得  $mgsin \theta - \mu mgcos \theta = ma$ , 解得  $a = 2.0 \text{ m/s}^2$ , **C 错误**; 由功能关系得, 物块下滑  $2.0 \text{ m}$  时损失的机械能为  $\Delta E = \mu mgcos \theta \cdot s_1 = 8 \text{ J}$ , **D 错误**。

### 一题多解

斜面倾角的正弦值  $\sin \theta = \frac{3}{5}$ , 可得  $\theta = 37^\circ$ , 物块的重力势能表达式为  $E_p = mg(l-s) \sin \theta = -mgssin \theta + mgl \sin \theta$ , 则  $E_p-s$  图像的斜率绝对值为  $k_1 = mgsin \theta = 6 \text{ N}$ , 得  $m = 1 \text{ kg}$ ,  $E_k-s$  图像的斜率绝对值表示合外力,  $k_2 = mgsin \theta - \mu mgcos \theta = 2 \text{ N}$ , 解得  $\mu = 0.5$ , 由于  $k_1 \neq k_2$ , 表明物块的合力不等于重力沿斜面向下的分力, 还要受到滑动摩擦力, 机械能不守恒, 故 **A、B 正确**; 又  $k_2 = ma$ , 解得  $a = 2 \text{ m/s}^2$ , **C 错误**; 由题图可知  $s = 2 \text{ m}$  时物块的机械能为  $22 \text{ J}$ , 损失的机械能为  $8 \text{ J}$ , **D 错误**。

## 21. BC 【命题点】电磁感应定律与力学问题的综合

【解析】金属框在外力作用下向右运动过程中, 由楞次定律知, 导体棒向右运动, 设某时刻金属框的速度为  $v_1$ , 导体棒的速度为  $v_2$ , 导体棒接入电路的电阻为  $R$ , 回路中感应电动势  $E = BL(v_1 - v_2)$ ,



由闭合电路欧姆定律得, 回路中的电流  $I = \frac{E}{R} = \frac{BL(v_1 - v_2)}{R}$ 。设金属框的质量为  $m_1$ , 导体棒的质量为  $m_2$ , 对金属框, 由牛顿第二定律得  $F - BIL = m_1 a_1$ , 整理得  $a_1 = \frac{F}{m_1} - \frac{B^2 L^2 (v_1 - v_2)}{m_1 R}$ , 对导体棒, 由牛顿第二定律得  $a_2 = \frac{B^2 L^2 (v_1 - v_2)}{m_2 R}$ , 当  $a_1 > a_2$  时,  $v_1 - v_2$  增大, 金属框的加速度  $a_1$  减小, 导体棒的加速度  $a_2$  增大, 当  $a_1 = a_2$  时, 此时  $F = (m_1 + m_2) a$ ,  $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$ ,  $v_1 - v_2$  不变, 回路中的电流不变, 金属框和导体棒所受安培力不变, 两者以相同的加速度做匀加速直线运动, 故金属框的加速度大小趋于恒定值, 速度越来越大, 其  $v-t$  图像如图所示, **A 错误, B 正确**; 由于回路中的电流趋于恒定值, 故导体棒所受安培力大小趋于恒定值, **C 正确**; 导体棒与金属框的加速度相同时, 金属框的速度较大, 由匀加速直线运动规律知, 导体棒到金属框  $bc$  边的距离越来越大, **D 错误**。

### 一题多解

对金属框和导体棒受力分析可知, 二者所受的安培力属于内力, 采用整体法分析可知在一段时间之后  $a_{\text{末}} = \frac{F}{m_1 + m_2}$ , 二者最终以相同的加速度运动, 即二者以恒定的速度差运动, **A、D 错误, B 正确**; 由于导体棒仅在安培力作用下加速运动, 所以导体棒所受安培力最终趋于恒定, **C 正确**。

22. (1)  $O$ 、 $P$  (1 分) (2)  $I$  (1 分) 50.5 (2 分)  
(3) 50.0 (2 分)

【命题点】伏安法测电阻实验的数据处理

【解析】(1)若电压表跨接在  $O$ 、 $P$  之间时,由于电压表的分流作用使得电流的测量值偏大,由  $R_x = \frac{U}{I}$  知,  $R_x$  的测量值偏小;若电压表跨接在  $O$ 、 $Q$  之间时,由于电流表的分压作用使得电压的测量值偏大,由  $R_x = \frac{U}{I}$  知,  $R_x$  的测量值偏大。由于标记为Ⅱ的图线斜率较小,则标记为Ⅱ的  $R_x$  测量值偏小,即标记为Ⅱ的图线是采用电压表跨接在  $O$ 、 $P$  两点的方案测量得到的。

(2)电压表的内阻为  $1\text{ k}\Omega$ ,电流表的内阻为  $0.5\ \Omega$ ,  $R_x$  约为  $50\ \Omega$ ,由于  $R_x > \sqrt{R_A R_V}$ ,则电流表采用内接法,故图线Ⅰ得到的结果更接近真实值;结果为  $R_x = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{3.02\text{ V} - 1.00\text{ V}}{0.060\text{ A} - 0.020\text{ A}} = 50.5\ \Omega$ 。

(3)实验实际测量的是电流表与被测电阻串联的总电阻,则  $R_x = R'_x + R_A$ ,解得修正后待测电阻的阻值为  $R'_x = 50.0\ \Omega$ 。

**方法拓展** (1)电流表连接方式的选择方法:若  $R_x < \sqrt{R_V R_A}$ ,则电流表采用外接法,若  $R_x > \sqrt{R_V R_A}$ ,则电流表采用内接法,简记为“大内小外”。(2)电流表内接时,由于电流表的分压,待测电阻的测量值偏大,电流表外接时,由于电压表的分流,待测电阻的测量值偏小,可记为“内大外小”。

23. (1)大约相等(1分) (5)  $m_1 g t_{12}$ (1分)

$m_2 d \left( \frac{1}{\Delta t_2} - \frac{1}{\Delta t_1} \right)$  (1分) (6)  $0.221$  (2分)  $0.212$  (2分)  
(7)  $4$  (2分)

【命题点】验证动量定理实验的实验操作、数据处理

【解析】(1)气垫导轨水平时滑块做匀速直线运动,故当滑块上的遮光片经过两个光电门的遮光时间**大约相等**时,可认为气垫导轨水平。

(5)拉力的冲量大小为  $I = Ft = m_1 g t_{12}$ ;滑块通过  $A$  点的速度大小为  $v_A = \frac{d}{\Delta t_1}$ ,滑块通过  $B$  点的速度大小为  $v_B = \frac{d}{\Delta t_2}$ ,则滑块动量改变量的大小为  $\Delta p = m_2 v_B - m_2 v_A = m_2 d \left( \frac{1}{\Delta t_2} - \frac{1}{\Delta t_1} \right)$ 。

(6)将题给数据代入(5)中各表达式可得:  $I = m_1 g t_{12} = 1.50 \times 10^{-2}\text{ kg} \times 9.80\text{ m/s}^2 \times 1.50\text{ s} \approx 0.221\text{ N} \cdot \text{s}$ ;  $\Delta p = m_2 d \cdot \left( \frac{1}{\Delta t_2} - \frac{1}{\Delta t_1} \right) = 0.400\text{ kg} \times 0.010\text{ m} \times \left( \frac{1}{1.270 \times 10^{-2}\text{ s}} - \frac{1}{3.900 \times 10^{-2}\text{ s}} \right) \approx 0.212\text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

(7)  $\delta = \left| \frac{I - \Delta p}{I} \right| \times 100\% = \left| \frac{0.221\text{ N} \cdot \text{s} - 0.212\text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}}{0.221\text{ N} \cdot \text{s}} \right| \times 100\% \approx 4\%$ 。

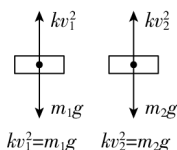
**关键点拨** 解答本题的关键是明确实验原理,清楚由于遮光片的宽度很窄,则可认为滑块通过光电门的瞬时速度近似等于遮光片通过光电门的平均速度。

24. (1)  $78\text{ m/s}$  (2)  $2\text{ m/s}^2$   $39\text{ s}$

【命题点】受力分析和匀变速直线运动规律

【思路点拨】

(1)受力情况



(2) 速度—位移公式:  $v^2 = 2as$ 。

【解析】(1) 设飞机装载货物前质量为  $m_1$ , 起飞离地速度为  $v_1$ ; 装载货物后质量为  $m_2$ , 起飞离地速度为  $v_2$ , 重力加速度大小为  $g$ 。飞机起飞离地应满足条件

$$m_1 g = kv_1^2 \quad (1) \quad (2 \text{ 分})$$

$$m_2 g = kv_2^2 \quad (2) \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由①②式及题给条件得 } v_2 = 78 \text{ m/s} \quad (3) \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 设飞机滑行距离为  $s$ , 滑行过程中加速度大小为  $a$ , 所用时间为  $t$ 。由匀变速直线运动公式有

$$v_2^2 = 2as \quad (4) \quad (2 \text{ 分})$$

$$v_2 = at \quad (5) \quad (2 \text{ 分})$$

联立③④⑤式及题给条件得

$$a = 2 \text{ m/s}^2 \quad (6) \quad (1 \text{ 分})$$

$$t = 39 \text{ s} \quad (7) \quad (1 \text{ 分})$$

### 一题多解

(2) 由  $x = \frac{1}{2}at^2$  得飞机滑行所用时间为  $t = \frac{2s}{v_2} =$

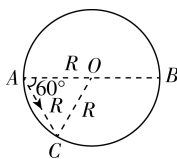
39 s, 飞机滑行的加速度大小为  $a = \frac{v_2^2}{2s} = 2 \text{ m/s}^2$ 。

25. (1)  $\frac{mv_0^2}{2qR}$  (2)  $\frac{\sqrt{2}}{4}v_0$  (3)  $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$  或 0

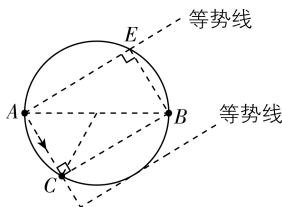
【命题点】带电粒子在电场中加速和偏转问题

【思路点拨】

(1) 初速度为零的带电粒子沿  $AC$  方向运动, 说明电场力方向沿  $AC$ ,  $q > 0$ , 电场方向沿  $AC$  向下,  $qE \cdot AC = \frac{1}{2}mv_0^2$ 。



(2) 粒子从  $A$  点进入电场, 穿过电场后动能增量最大  $\Rightarrow$  粒子在电场中运动位移最大 (沿电场方向)  $\Rightarrow$  作等势线与圆的切线确定位置。



(3) 动量变化量的大小为  $mv_0$ , 说明粒子在电场中沿电场方向运

动位移大小为  $\overline{AC}$   $\begin{cases} \text{①速度为零, 由 } A \text{ 至 } C \\ \text{②速度沿 } AE, \text{ 做类平抛运动, 从 } B \text{ 点出电场} \end{cases}$

【解析】(1) 粒子初速度为零, 由  $C$  点射出电场, 故电场方向与  $AC$  平行, 由  $A$  指向  $C$ 。由几何关系和电场强度的定义知

$$AC = R \quad (1) \quad (1 \text{ 分})$$

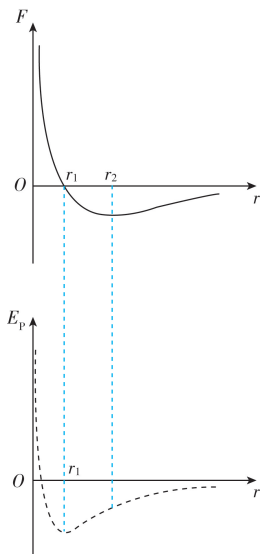
$$F = qE \quad (2) \quad (1 \text{ 分})$$



33. (1)减小(2分) 减小(2分) 小于(1分)

【命题点】结合  $F-r$  图像分析分子间势能的变化情况

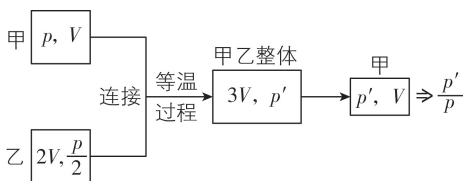
【解析】若一分子固定于  $O$  点,另一分子从距  $O$  点很远处向  $O$  点运动,在两分子间距减小到  $r_2$  的过程中,分子间的作用力表现为引力,引力做正功,势能减小;在间距由  $r_2$  减小到  $r_1$  的过程中,分子间作用力仍表现为引力,引力仍做正功,势能继续减小;在间距等于  $r_1$  处势能最小且小于零。



(2)(i)  $\frac{2}{3}p$  (ii)  $\frac{2}{3}$

【命题点】气体变质量问题

【思路点拨】



【解析】(i) 假设乙罐中的气体被压缩到压强为  $p$ , 其体积变为  $V_1$ , 由玻意耳定律有

$$\frac{1}{2}p(2V) = pV_1 \quad (1) \quad (2 \text{ 分})$$

现两罐气体压强均为  $p$ , 总体积为  $(V+V_1)$ 。设调配后两罐中气体的压强为  $p'$ , 由玻意耳定律有

$$p(V+V_1) = p'(V+2V) \quad (2) \quad (2 \text{ 分})$$

联立①②式可得

$$p' = \frac{2}{3}p \quad (3) \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 若调配后甲罐中的气体再被压缩到原来的压强  $p$  时, 体积为  $V_2$ , 由玻意耳定律有

$$p'V = pV_2 \quad (4) \quad (2 \text{ 分})$$

设调配后甲罐中气体的质量与甲罐中原有气体的质量之比为  $k$ , 由密度的定义有

$$k = \frac{V_2}{V} \quad (2 \text{ 分}) \quad (5)$$

联立③④⑤式可得

$$k = \frac{2}{3} \quad (1 \text{ 分}) \quad (6)$$

### 34. (1) BCE 【命题点】光、机械波、多普勒效应

【解析】光的传播速度大于声的传播速度,故雷雨天看到闪电后,稍过一会儿才能听到雷声,与多普勒效应无关, **A 错误**;超声波被血管中的血液反射后,探测器接收到的超声波频率发生变化,是多普勒效应的体现, **B 正确**;列车远去时观察者接收到的汽笛声频率变小,音调会变低,是多普勒效应的体现, **C 正确**;机械波的传播速度与介质有关,故同一声源发出的声波在空气和水中的传播速度不同,与多普勒效应无关, **D 错误**;天文学上观察到双星光谱随时间的周期性变化的原因是双星与观察者之间的距离随时间周期性变化,观察者接收到的光谱的频率周期性变化,是多普勒效应的体现, **E 正确**。

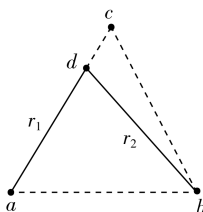
**知识拓展** 机械波的传播频率与波源有关,传播速度与介质有关,与波源无关;波源靠近观察者时观察者接收到的波的频率增大,波源远离观察者时观察者接收到的波的频率减小。

$$(2) (i) \frac{1}{4}l \quad (ii) \frac{fl}{4}$$

### 【命题点】通过波的传播考查波的叠加

【思路分析】因为  $a$ 、 $b$  两波源到  $c$  点的路程差为零,所以距  $c$  最近的振幅最大的点  $d$ ,  $a$ 、 $b$  两波源到该点的路程差为一个波长,根据几何知识分别求出两波源到  $d$  点的距离即可求解。

【解析】(i) 如图,设距  $c$  点最近的振幅极大的点为  $d$  点,  $a$  与  $d$  的距离为  $r_1$ ,  $b$  与  $d$  的距离为  $r_2$ ,  $d$  与  $c$  的距离为  $s$ , 波长为  $\lambda$ 。则



$$r_2 - r_1 = \lambda \quad (2 \text{ 分}) \quad (1)$$

由几何关系有

$$r_1 = l - s \quad (2 \text{ 分}) \quad (2)$$

$$r_2^2 = (r_1 \sin 60^\circ)^2 + (l - r_1 \cos 60^\circ)^2 \quad (2 \text{ 分}) \quad (3)$$

联立①②③式并代入题给数据得

$$\lambda = \frac{1}{4}l \quad (1 \text{ 分}) \quad (4)$$

(ii) 波的频率为  $f$ , 设波的传播速度为  $v$ , 有

$$v = f\lambda \quad (2 \text{ 分}) \quad (5)$$



联立④⑤式得

$$v = \frac{fl}{4} \quad \text{⑥}$$

(1分)

**易错警示** 本题的易错点在于错误认为由于波长大小未知,  $a$ 、 $c$  之间有多少个振幅极大的点也未知, 所以存在多解的情况, 从而得到错误的多解。