



## 小卷提速 · 提分

## 提分小卷 ▶ 1

1. **D** 【解析】本题考查氢原子能级跃迁.

由题图可知,  $H_{\alpha}$  谱线对应的光子的波长最长, 由波长和频率关系可知, 其频率最小, 再由能量子公式  $\varepsilon = h\nu$  可知, 其能量最小, **A 错误**; 由光子的动量与波长的关系有  $p = \frac{h}{\lambda}$ , 由题图可知,  $H_{\alpha}$  谱线对应的光子的波长最长, 所以  $H_{\alpha}$  谱线对应的光子动量最小, **B 错误**; 由选项 A 的分析可知,  $H_{\alpha}$  谱线对应的光子能量最低, 而题意为仅有一种光能使该金属发生光电效应, 所以该光应该是光子能量最大的, 即  $H_{\gamma}$  谱线对应的光子不能使该金属发生光电效应, **C 错误**; 由之前的分析可知,  $H_{\delta}$  谱线对应的光子能量最高, 由巴耳末公式可得  $\frac{1}{410.29} \text{ nm}^{-1} = R_{\infty} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ nm}^{-1}$ , 解得  $n \approx 5.9$ , 取整得  $n = 6$ , 可知其是氢原子从第 5 激发态跃迁到第 1 激发态产生的, **D 正确**.

2. **B** 【解析】本题考查安培力.

由题图可知圆形导线框的大圆弧部分与小圆弧部分并联, 两端圆弧受安培力的等效长度相等, 即  $L = \sqrt{2}r$ , 电流表示数为  $I$ , 由于大圆弧部分的电阻是小圆弧部分电阻的 3 倍, 根据电路串并联规律可得大圆弧部分与小圆弧部分的电流大小分别为  $I_{\text{大}} = \frac{I}{4}$ 、 $I_{\text{小}} = \frac{3I}{4}$ , 故线框所受安培力大小为  $F_{\text{安}} = BI_{\text{大}}L + BI_{\text{小}}L = \sqrt{2}BIr$ , **B 正确**.

3. **A** 【解析】本题考查薄膜干涉.

肥皂膜呈现彩色是光在前后膜的反射光叠加产生的, 属于光的干涉. 由于阳光包含了各种不同颜色的光, 在肥皂膜上不同厚度的地方, 不同颜色的光被加强或减弱的情况不同, 所以会出现彩色条纹. 肥皂膜在重力的作用下厚度并不均匀, 但是在同一高度处, 肥皂膜厚度相同, 形成的条纹间距相等, 所以从上往下看, 在膜上会看到彩色环状条纹, **A 正确**.

4. **A** 【解析】本题考查卫星运动与开普勒定律.

由题意可知, 卫星 A 的线速度大于卫星 B 的线速度, 则卫星 B 的轨道半径大于卫星 A 的轨道半径 (提示: 高轨低速大周期), A、B 间最近距离  $r_B - r_A = 3r$ , A、B 间最远距离  $r_B + r_A = 5r$ , 由开普勒第三定律得  $\frac{T_A^2}{T_B^2} = \frac{r_A^3}{r_B^3}$ , A、B 间相邻两次相距最近满足  $\left( \frac{2\pi}{T_A} - \frac{2\pi}{T_B} \right) \cdot 8T_0 = 2\pi$ , 解得卫星 A、B 绕地球运行的周期分别为  $T_A = 7T_0$ ,  $T_B = 56T_0$ , **A 正确**.

5. **D** 【解析】本题考查机械波.

根据题图乙知,  $x = 4 \text{ m}$  处质点在  $t = 1.0 \text{ s}$  时向上振动, 根据“上下坡”法可判断该简谐横波沿  $x$  轴负方向传播, 根据“微平移”法可知  $t = 1.0 \text{ s}$  时, 质点 M 沿  $y$  轴正方向振动, 由题图可知该简谐横波的波长和周期分别为  $\lambda = 8 \text{ m}$ 、 $T = 2 \text{ s}$ , 可得该波传播速度为  $v = \frac{\lambda}{T} = 4 \text{ m/s}$ , **A、B 错误**; 介质中的质点只在平衡位置附近上下振动, 而不会随波向前移动, **C 错误**;  $t =$



1.0 s 时,质点  $N$  由平衡位置向下振动, $t = 1.0$  s 至  $t = 3.5$  s,质点  $N$  振动了  $\frac{5}{4}T$ ,所以  $t = 3.5$  s 时质点  $N$  在波谷,加速度最大,速度为零,**D 正确**.

6. **A** 【解析】本题考查瞬时加速度.

剪断细绳之前,细绳的拉力大小为  $T = 2mg$ ,剪断细绳的瞬间,弹簧的弹力不能突变,则此时  $B$  的加速度仍为零,即  $a_B = 0$ ,**A 正确,B 错误**;  $A$  的加速度为  $a_A = \frac{T}{m} = 2g$ ,**C、D 错误**.

### 模型提取

#### 牛顿第二定律瞬时性问题的几种模型

| 模型  | 受外力时<br>形变特点 | 受外力时<br>形变量 | 弹力能<br>否突变  | 产生拉力<br>或压力   |
|-----|--------------|-------------|-------------|---------------|
| 轻绳  | 不可伸长         | 微小不计        | 可以突变        | 只能产生拉力,不能产生压力 |
| 橡皮绳 | 只能变长,不能变短    | 较大          | 两端连有物体时不能突变 | 只能产生拉力,不能产生压力 |
| 轻弹簧 | 既可伸长又可缩短     | 较大          | 两端连有物体时不能突变 | 既能产生拉力,又能产生压力 |
| 轻杆  | 不可伸长或缩短      | 微小不计        | 可以突变        | 既能产生拉力,又能产生压力 |

7. **A** 【解析】本题考查弹簧连接体.

托盘挂在轻弹簧下端处于静止状态时,弹簧弹力与托盘所受重力平衡,有  $F = Mg = 0.2 \times 10 \text{ N} = 2 \text{ N}$ ,物体放在托盘上的瞬间,弹簧还未再一次发生形变(提示:弹簧发生形变需要时间),弹簧弹力不变,分析物体与托盘组成的整体受力有  $(m+M)g - F = (m+M)a$ ,代入数据解得加速度大小为  $a = 6 \text{ m/s}^2$ ,**A 正确**;物体放在托盘上的瞬间,分析物体受力,由牛顿第二定律得  $mg - F_N = ma$ ,解得物体所受支持力大小  $F_N = 1.2 \text{ N}$ ,由牛顿第三定律知此时物体对托盘的压力大小为  $1.2 \text{ N}$ ,**B 错误**;当弹簧弹力  $F = (M+m)g$  时,整体的加速度为零,此时二者速度达到最大,托盘对物体的支持力大小等于物体的重力大小,物体对托盘的压力大小等于  $mg$ ,**C 错误**;向下运动过程中,整体所受重力不变,弹簧弹力  $F$  逐渐增大,对整体由牛顿第二定律得  $(m+M)g - F = (m+M)a$ ,加速度  $a = \frac{(m+M)g - F}{m+M}$ ,逐渐减小,直至  $a$  减小到零时,速度达到最大,之后整体继续向下运动过程弹簧弹力大于整体的重力,整体所受合力向上,加速度向上,逐渐增大,整体向下做减速运动,直至速度减到零,到达最低点,则向下运动过程中,加速度大小先减小后增大,**D 错误**.

8. **A** 【解析】本题考查点电荷运动的  $v-t$  图像.

由题图可知,正电荷从  $A$  点运动到  $B$  点过程中速率始终不变,且仅受电场力作用,根据动能定理可知电场力不做功,由功能关系可知系统的电势能保持不变,**A 正确**;由题图可知,正电荷的速率始终不变,且仅受电场力作用,则该正电荷做匀速圆周运动,**B 错误**;由该正电荷做匀速圆周运动、电场力提供向心力可知, $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小相同,方向不同,**C 错误**;正电荷运动过程中由电场力提供向心力,由于运动的电荷为正电荷,则



电场可能是一个负点电荷产生的，**D 错误**。

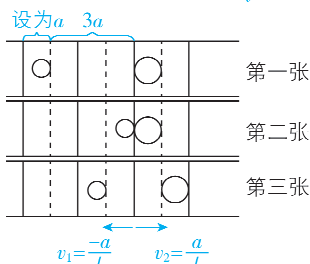
### 易错警示

本题容易忽略物体的受力情况，错误地把速率当成速度，认为  $v-t$  图像是一条平行于时间轴的直线，该正电荷做匀速直线运动；电场强度是矢量，容易忽略其方向导致判断错误。

## 9. C

### 题图剖析

设小球初速度为  $v_0$ ，则  $v_0 = \frac{3a}{t}$



碰后，大、小球速度大小相等，方向相反

**【解析】** 本题考查碰撞问题。

设大、小球的质量分别为  $M$  和  $m$ ，小正方形的边长为  $2a$ ，拍摄照片的时间间隔为  $t$ ，向右为正方向，通过题中照片分析可知小球碰撞前的速度为  $v_0 = \frac{3a}{t}$ ，碰撞后小球的速度为  $v_1 = -\frac{a}{t}$ ，初动能

$E_{k0} = \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{9ma^2}{2t^2}$ ，碰后动能  $E_{km} = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{ma^2}{2t^2}$ ，碰撞前后重力势能不变，动能改变，因此小球机械能改变，**A 错误**；大球碰撞

后的速度为  $v_2 = \frac{a}{t}$ ，根据动量守恒有  $m \frac{3a}{t} = -m \frac{a}{t} + M \frac{a}{t}$ ，由

此可知  $4m = M$ ，则碰撞后大球获得的动能  $E_{kM} = \frac{1}{2}Mv_2^2 = \frac{2ma^2}{t^2}$ ，系统初状态机械能  $E = E_{k0} = \frac{9ma^2}{2t^2}$ ，末状态机械能  $E' =$

$E_{km} + E_{kM} = \frac{5ma^2}{2t^2}$ ，所以碰撞过程系统机械能不守恒，不为弹性

碰撞，**B 错误，C 正确**；碰撞后大球获得的动能为  $E_{kM} = \frac{2ma^2}{t^2}$ ，小球初动能为  $E_{k0} = \frac{9ma^2}{2t^2}$ ，则  $E_{kM} : E_{k0} = 4 : 9$ ，**D 错误**。



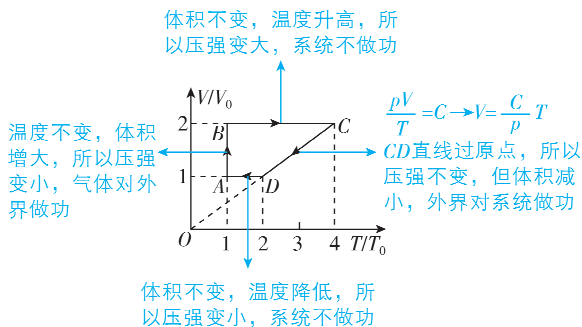
### 30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

无论哪种碰撞，动量一定守恒，设碰撞前小球速度为  $3v$ ，碰撞后小球速度为  $-v$ ，大球速度为  $v$ ，先从动量守恒入手直接计算，可得质量满足  $4m = M$ ，**C 正确**。

## 10. D

### 题图剖析





【解析】本题考查理想气体的  $V-T$  图像。

$A \rightarrow B$  过程中, 气体温度不变, 体积增大到原来的 2 倍, 由玻意耳定律可知, 气体压强将减小到  $A$  状态时的二分之一;  $B \rightarrow C$  过程中, 气体的体积不变, 温度升高到原来的 4 倍, 由查理定律可知, 气体的压强将增大到  $B$  状态时的 4 倍; 即  $A \rightarrow B \rightarrow C$  过程气体压强先减小后增大, **A 错误**;  $C \rightarrow D \rightarrow A$  过程中, 气体的体积先减小后不变 (关键: 气体的质量不变), 所以单位体积内分子数先增加后不变, **B 错误**;  $A \rightarrow B$  的过程中, 气体等温膨胀, 内能不变, 但对外做功, 由热力学第一定律  $\Delta U_1 = Q_1 + W_1$  可知, 气体从外界吸收了热量;  $B \rightarrow C$  的过程中, 气体体积不变, 温度升高, 内能增加, 气体和外界没有相互做功, 由  $\Delta U_2 = Q_2 + W_2$  可知, 气体从外界吸收了热量;  $C \rightarrow D$  过程中, 气体体积减小, 温度降低, 内能减小, 由题图可知  $\frac{V}{T}$  是定值, 则由  $\frac{p_c V_c}{T_c} = \frac{p_d V_d}{T_d}$  可知, 气体经历了等压压缩, 外界对气体做了功, 由  $\Delta U_3 = Q_3 + W_3$  可知, 气体向外界释放了热量;  $D \rightarrow A$  过程中, 气体经历了等容降温, 内能减小, 压强减小, 气体与外界没有相互做功, 由  $\Delta U_4 = Q_4 + W_4$  可知, 气体向外界释放了热量。综上所述, 气体与外界相互做功发生在  $A \rightarrow B$  和  $C \rightarrow D$  过程中, 其中  $A \rightarrow B$  是一个降压过程,  $C \rightarrow D$  是一个等压过程, 由  $D \rightarrow A$  过程可知,  $A \rightarrow B$  过程中压强的最大值  $p_A$  小于  $C \rightarrow D$  过程中的压强, 两个过程中气体的体积变化量绝对值相等, 所以  $A \rightarrow B$  过程中气体对外界做的功小于  $C \rightarrow D$  过程中外界对气体做的功, **C 错误**; 由上面的分析可知, 整个循环过程中, 外界对气体做的功大于气体对外界做的功, 气体的温度、体积最终回到了开始状态, 内能变化量为零, 由热力学第一定律  $\Delta U = Q + W$  (提示: 对整个过程应用热力学第一定律), 可知气体对外界释放了热量, **D 正确**。

### 方法总结

处理热力学第一定律与气体图像的综合问题的思路

(1) 根据气体图像的特点判断气体的温度、体积的变化情况, 从而判断气体与外界的吸、放热关系及做功关系。

(2) 在  $p-V$  图像中, 图线与  $V$  轴围成图形的面积大小表示气体对外界或外界对气体做功的绝对值。

(3) 结合热力学第一定律判断有关问题:

|   | $W$              | $Q$       | $\Delta U$ |
|---|------------------|-----------|------------|
| + | 体积减小, 外界对热力学系统做功 | 热力学系统吸收热量 | 内能增加       |
| - | 体积增大, 热力学系统对外界做功 | 热力学系统放出热量 | 内能减少       |

### 11. D 【解析】本题考查单棒切割与图像的结合。

由  $i-x$  图像可知  $i = x + 0.25$  (A), 则金属棒在  $x = 2$  m 处的电流为  $I_1 = 2.25$  A, 根据  $E_1 = Bdv_1$ ,  $I_1 = \frac{E_1}{R}$ , 解得  $v_1 = 9$  m/s, **A 错误**;

根据  $i = \frac{Bdv}{R} = \frac{v}{4}$  (A) =  $x + 0.25$  (A), 即  $v = 4x + 1$  (m/s), 可得  $\frac{\Delta v}{\Delta x} = 4$  s<sup>-1</sup>,  $\frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{a}{v}$ , 解得  $a = 4v$  (m/s<sup>2</sup>), 加速度随  $v$  增大而增大, **B 错误**; 回路中产生的焦耳热等于克服安培力做的功, 安培力大小为  $F_A = Bid = x + 0.25$  (N), 由安培力与位移的线性关系知从开始到  $x = 2$  m



处回路中产生的焦耳热为  $Q = W_{\text{克A}} = \bar{F}_A x = \frac{0.25 + 2.25}{2} \times 2 \text{ J} =$

$2.5 \text{ J}$ , **C 错误**; 根据  $v = 4x + 1 \text{ (m/s)}$ , 可知金属棒在  $x = 0$  处的速度  $v_0 = 1 \text{ m/s}$ , 在  $x = 2 \text{ m}$  处的速度  $v_1 = 9 \text{ m/s}$ , 根据动能定

理有  $W - W_{\text{克A}} - \mu mgx = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 解得从开始到  $x = 2 \text{ m}$  处

拉力做功  $W = 90.5 \text{ J}$ , **D 正确**.



## 提分小卷 ▶ 2

1. **B** 【解析】本题考查单位制. 根据运算单位

$$\sqrt{\frac{\text{J} \cdot \text{s} \cdot \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2}{(\text{m/s})^3}} = \sqrt{\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2}{\text{m}^3/\text{s}^3}} = \text{m},$$

则普朗克长度表达式可能是  $\left(\frac{hG}{c^3}\right)^{\frac{1}{2}}$ , **B** 正确.

2. **C** 【解析】本题考查氢原子跃迁.

根据氢原子的能级跃迁规律知,大量处于  $n=4$  能级的氢原子向低能级跃迁时,总共辐射出 6 种不同频率的光,其能量大小分别为:  $\varepsilon_1 = -0.85 \text{ eV} - (-1.51 \text{ eV}) = 0.66 \text{ eV}$ ,  $\varepsilon_2 = -1.51 \text{ eV} - (-3.4 \text{ eV}) = 1.89 \text{ eV}$ ,  $\varepsilon_3 = -1.51 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 12.09 \text{ eV}$ ,  $\varepsilon_4 = -0.85 \text{ eV} - (-3.4 \text{ eV}) = 2.55 \text{ eV}$ ,  $\varepsilon_5 = -3.4 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$ ,  $\varepsilon_6 = -0.85 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 12.75 \text{ eV}$ , 紫外光的光子能量大于  $3.11 \text{ eV}$ , 则辐射出的不同频率的紫外光有 3 种, **C** 正确.

## 技巧必背

一群氢原子从  $n$  能级向低能级跃迁,发出的光子频率的种数为  $C_n^2$ , 一个氢原子从  $n$  能级向低能级跃迁,发出的光子频率的种数最多为  $(n-1)$ .

3. **C** 【解析】本题考查流体的运动学方程.

设  $\Delta t$  时间内,从喷口喷出的水的质量为  $\Delta m$ , 则  $\Delta m = \rho \Delta V$ ,

$\Delta V = v\pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 \Delta t$ , 在离喷口高度为  $H$  时,由运动学规律有  $v^2 -$

$v_0^2 = -2gH$ , 且  $v_0 \Delta t \cdot \pi\left(\frac{D}{2}\right)^2 = v \Delta t \cdot \pi\left(\frac{D'}{2}\right)^2$ , 联立解得  $D' =$

$$\sqrt{\frac{D^2 v_0}{\sqrt{v_0^2 - 2gH}}}, \text{C 正确.}$$

## 另解

根据生活常识可知喷泉越往上水柱直径越大,直接排除 **A、B、D**.

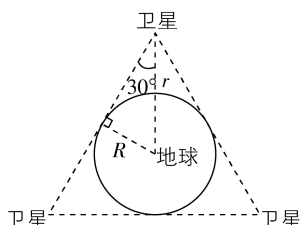
4. **B** 【解析】本题考查库仑力作用下的受力平衡问题和静电感应.

由于静电感应,开始时  $A$  端感应出负电荷,  $B$  端感应出正电荷,将导体的  $A$  端接地,负电荷会从大地运动到枕形导体上,  $A$  端带负电的电荷量变大,则导体与小球之间的吸引力  $F$  变大,根据平衡条件可知  $\tan \theta = \frac{F}{mg}$ , 细线与竖直方向的夹角将变大, **B** 正确.

5. **C** 【解析】本题考查万有引力定律.

卫星绕地球做圆周运动的最大环绕速度是  $7.9 \text{ km/s}$ , 所以三颗卫星的运行速度小于  $7.9 \text{ km/s}$ , **A** 错误; 根据万有引

力的公式  $F = \frac{GMm}{(R+h)^2}$  可知, 由



于不知道三颗卫星的质量大小, 因此不能确定三颗卫星所受地球万有引力大小的关系, **B** 错误; 根据万有引力提供向心

力有  $\frac{GMm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}$ , 可得卫星的线速度  $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$ , 则该卫



星的动能  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ , 又  $\frac{GMm}{R^2} = mg$ , 联立解得  $E_k = \frac{mgR^2}{2(R+h)}$ , **C**

**正确**; 若恰能实现赤道全球通信时, 此时这三颗卫星与地心连线两两之间的夹角为  $120^\circ$ , 每颗卫星与地心的连线和卫星与地表的切线以及地球与切点的连线恰好构成直角三角形, 如图. 根据几何关系可知, 此种情况下卫星到地心的距离为  $r = \frac{R}{\sin 30^\circ} = 2R$ , 则能实现赤道全球通信时, 卫星离地高度至少为  $h' = r - R = R$ , **D** 错误.

**6. D** 【解析】本题考查抛体运动.

从  $O$  到  $P$  两谷粒在竖直方向的运动位移相等, 设为  $h$ , 谷粒 1 做平抛运动, 则  $h = \frac{1}{2}gt_1^2$ , 谷粒 2 做斜抛运动, 设初速度与竖直方向夹角为  $\theta$ , 竖直向上为正方向, 则  $-h = v_2 \cos \theta \cdot t_2 - \frac{1}{2}gt_2^2$ , 解得  $t_1 < t_2$ , **C** 错误; 根据动量定理得,  $\Delta p = mg\Delta t$ , 由于两谷粒的质量关系不确定, 故动量变化大小关系不确定, **A** 错误; 根据动能定理得,  $\Delta E_k = mgh$ , 由于两谷粒的质量关系不确定, 故两谷粒的动能变化大小关系不确定, **B** 错误; 谷粒 2 做斜抛运动, 谷粒 2 在最高点的速度为  $v_2$  水平方向上的分速度, 由题图乙知从  $O$  到  $P$  两谷粒的水平位移相等, 又  $t_1 < t_2$ , 由  $x = v_{\text{水平}} t$  知, 谷粒 2 在最高点的速度小于  $v_1$ , **D** 正确.



30 s 速解

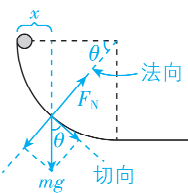
哈尔滨工业大学——何翔宇

平抛运动先看时间和速度, 谷粒 2 从最高点到  $P$  点的运动可视为平抛运动, 由题图乙知, 谷粒 2 从最高点到  $P$  点的高度大于谷粒 1 到  $P$  点的高度, 故  $t_1 < t_2$ . 两谷粒的水平位移相同, 由  $x = v_{\text{水平}} t$  知, 谷粒 2 在最高点的速度小于  $v_1$  (**关键**: 谷粒 2 在最高点的速度为  $v_2$  的水平分速度), **D** 正确.

**7. A**

思路导引

小球在四分之一光滑圆弧轨道运动时的受力分析如图所示, 需要将力沿半径和垂直半径方向分解. 合力沿半径方向的分力提供向心力 (对应向心加速度)、改变速度方向, 根据动能定理求速度, 再求向心加速度大小; 合力沿切线方向分力提供切向加速度改变速度大小, 将两个加速度合成得到合加速度. 根据数学推导可得到加速度的平方与水平位移的关系.



**【解析】** 本题考查圆周运动与加速度的合成.

$x$  为小球从  $A$  点开始的水平位移, 从  $A$  到  $B$  过程中, 设小球位置对应的半径与水平方向夹角为  $\theta$ , 由动能定理有  $mgR \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2$ , 法向加速度  $a_n = \frac{v^2}{R}$ , 联立解得  $a_n = 2g \sin \theta$ , 沿圆弧切线方向, 由牛顿第二定律有  $mg \cos \theta = ma_t$ , 可得切向加速度  $a_t = g \cos \theta$ , 总加速度的平方满足  $a^2 = a_n^2 + a_t^2 = (2g \sin \theta)^2 + (g \cos \theta)^2$ , 由几何关系有  $\cos \theta = \frac{R-x}{R}$ , 联立可得  $a^2 = g^2 + \frac{6g^2}{R}x - \frac{3g^2}{R^2}x^2$ , 因此  $a^2 - x$  曲线是开口向下的二次函数, 对称轴为  $x = R$ , 从  $B$  到  $C$  过程中,  $a = 0$ , **A** 正确.



## 1 min 速解

哈尔滨工业大学——颜开

特殊值代入:  $x=0$  时, 有  $mg=ma$ ,  $a=g$ ,  $a^2=g^2$ ;  $x=R$  时, 有

$$mgR = \frac{1}{2}mv^2, a = \frac{v^2}{R} = 2g, a^2 = 4g^2, \text{排除 B、C}; x =$$

$$\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)R \text{ 时, 有 } mgR \sin 45^\circ = \frac{1}{2}mv_1^2, \text{切向有 } mg \cos 45^\circ =$$

$$ma_{\text{切}}, a_{\text{切}} = \frac{\sqrt{2}}{2}g, a_{\text{切}}^2 = \frac{1}{2}g^2, \text{法向有 } a_{\text{法}} = \frac{v_1^2}{R} = \sqrt{2}g, a_{\text{法}}^2 = 2g^2, \text{矢}$$

$$\text{量合成得 } a^2 = \left(2 + \frac{1}{2}\right)g^2; \text{所以图像开口向下, A 正确.}$$

## 8. D 【解析】本题考查人船模型。

滑块在圆弧上运动时有竖直方向的加速度, 所以对滑块和小车组成的系统而言竖直方向外力矢量和不为零, 不满足动量守恒的条件, **A 错误**; 滑块由  $A$  滑到  $B$  过程中, 小车对滑块的弹力做负功, 滑块的机械能不守恒, **B 错误**; 滑块恰好停在  $C$  点时, 小车与滑块二者均静止, 对全程, 以滑块和小车为整体, 根据能量守恒定律有  $mgR = \mu mgL$ , 解得  $L = 2 \text{ m}$ , **C 错误**; 滑块由  $A$  到  $B$  过程中, 以滑块和小车为整体, 水平方向动量守恒有  $Mv_1 = mv_2$ , 整个过程滑块和小车运动时间相同, 故有  $Mx_1 = mx_2$ ,  $x_1$ 、 $x_2$  分别为  $M$ 、 $m$  相对地面的位移大小, 则滑块相对于小车的位移大小为  $\Delta x = x_1 + x_2 = R + L$ , 联合解得  $x_1 = 0.5 \text{ m}$ , **D 正确**.

## 9. B 【解析】本题考查光的折射。

因介质对红光的折射率小于介质对绿光的折射率, 由全反射的临界角公式  $\sin C = \frac{1}{n}$  可知, 绿光的临界角小于红光的临界角, 两束光在透明液体面上的入射角相等, 可知图中是绿光发生全反射, 所以  $b$  中是单色光只有红光, 红光也发生反射, 因此  $a$  中不是只有绿光, 还有红光, **A 错误, B 正确**; 由光子的动量公式  $p = \frac{h}{\lambda}$  可知, 由于红光的波长比绿光的波长长, 因此红光光子的动量比绿光光子的动量小, **C 错误**; 介质对红光的折射率小于介质对绿光的折射率, 由光在介质中的传播速度与折射率的关系公式  $v = \frac{c}{n}$  可知, 红光在该介质中的传播速度大于绿光在介质中的传播速度, 则红光从  $P$  点传播到  $O$  点的时间比绿光的短, **D 错误**.

## 10. D 【解析】本题考查法拉第电磁感应定律。

$0 \sim 8 \text{ s}$  磁感应强度  $B$  的变化率恒定, 由楞次定律可判断感应电流的方向始终为  $b \rightarrow a$ , **A 错误**; 断开开关后, 自感线圈与两灯一起构成一个自感回路,  $L_1$ 、 $L_2$  不会立即熄灭, **B 错误**; 由于自感线圈的阻碍, 灯  $L_2$  后发光, 逐渐变亮, 由于自感线圈的电阻忽略不计, 则最后两灯一样亮, **C 错误**; 根据法拉第电磁感应定律可得, 电动势  $E = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = N \frac{S \Delta B}{\Delta t} = 4.5 \text{ V}$ ,  $I = \frac{E}{r + R_{\text{并}}} = 1 \text{ A}$ ,  $2 \sim 4 \text{ s}$  内灯  $L_1$  产生的热量  $Q = \left(\frac{I}{2}\right)^2 R_{L1} t = 3 \text{ J}$ , **D 正确**.

## 11. B 【解析】本题考查弹簧振子。

由题意可知, 在  $A$  点处, 物块受到的弹力大小为  $F_A =$



$k\left(\frac{l}{2}-\frac{2l}{5}\right)=\frac{1}{10}kl>\mu mg$ , 可知物块从  $O$  到  $A$  过程, 一直做加速运动, 动能一直增加, 根据牛顿第二定律可得  $a=\frac{kx-\mu mg}{m}=\frac{kx}{m}-\mu g$  ( $0\leq x\leq 0.5l$ ), 可知物块从  $O$  到  $A$  过程,  $a-x$  图像应为一条倾斜直线, **A 错误**; 物块从  $O$  到  $A$  过程 ( $0\leq x\leq 0.5l$ ), 由于弹簧弹力一直大于滑动摩擦力, 物块一直做加速运动, 动能一直增加, 但随着弹力的减小, 物块受到的合力逐渐减小, 根据动能定理可知,  $E_k-x$  图像的切线斜率逐渐减小; 物块到  $A$  点瞬间, 合力突变等于弹簧弹力, 则  $E_k-x$  图像的切线斜率突然变大, 接着物块从  $A$  到弹簧恢复原长过程 ( $0.5l<x\leq 0.6l$ ), 物块继续做加速运动, 物块的动能继续增大, 随着弹力的减小,  $E_k-x$  图像的切线斜率逐渐减小; 当弹簧恢复原长时, 物块的动能达到最大, 接着弹簧处于压缩状态, 物块开始做减速运动, 物块的动能逐渐减小到 0, 恢复原长后的过程中, 随着弹力的增大,  $E_k-x$  图像的切线斜率逐渐增大, **B 正确**; 根据弹性势能表达式可得  $E_p=\frac{1}{2}k(\Delta x)^2=\frac{1}{2}k(0.6l-x)^2$  (点拨: 弹簧弹性势能  $E_p=\bar{F}\cdot x=k\cdot\frac{\Delta x}{2}\cdot\Delta x=\frac{1}{2}k(\Delta x)^2$ ,  $\Delta x$  为弹簧形变量), 可知  $E_p-x$  图像为开口向上的抛物线, 顶点在  $x=0.6l$  处, **C 错误**; 物块从  $O$  到  $A$  过程 ( $0\leq x\leq 0.5l$ ), 摩擦力对系统做负功, 系统的机械能逐渐减少, 根据  $\Delta E=-\mu mg\cdot 0.5l$  可知, 从  $O$  到  $A$  过程,  $E-x$  图像为一条斜率为负的倾斜直线; 物块到达  $A$  点后, 由于  $A$  点右侧光滑, 则物块继续向右运动过程, 系统机械能守恒, 即  $E$  保持不变, **D 错误**.



## 提分小卷 ▶ 3

1. **A** 【解析】本题考查天体运动与轨道参数的计算.

根据万有引力提供向心力有  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$ , 可得  $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$ ,  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ,  $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ,  $a = \frac{GM}{r^2}$ , 轨道半径  $r_A < r_B$ , 因此  $T_A < T_B$ ,  $v_A > v_B$ ,  $\omega_A > \omega_B$ ,  $a_A > a_B$ , **A** 正确.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

绕同一中心天体运动, 低轨高速大加速度小周期, 选 **A**.

2. **A** 【解析】本题考查气体分子速率分布图像.

温度越高, 速率大的分子占的比例越多, 图像的高峰向速率大的方向移动, **B、D** 错误; 两种温度下各速率区间的分子数占总分子数的百分比与分子速率间的关系图线与横轴所围面积都等于 1, **C** 错误, **A** 正确.

## 知识拓展

在一定温度下, 气体分子的速率呈“中间多、两头少”的分布; 并不是所有分子的速率都随温度升高而变大; 温度越高, 速率大的分子所占比例越大; 不同温度下的  $f(v) - v$  曲线与横坐标轴所围的面积表示各种速率区间的分子数占总分子数的百分比的总和, 其数值等于 1.

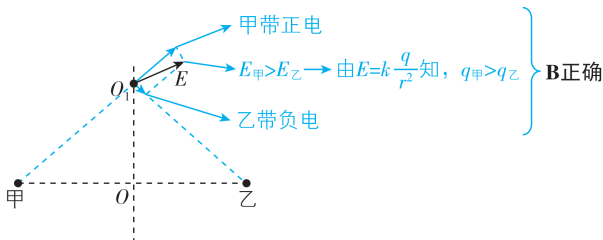
3. **A** 【解析】本题考查磁场叠加.

由安培定则可知, 两导线独立在  $A$  点产生的磁场的方向均垂直纸面向里, 则有  $B_0 = \frac{kI}{d} + \frac{2kI}{d} = \frac{3kI}{d}$ , 左边导线在  $B$  点产生的磁场的方向垂直纸面向外, 右边导线在  $B$  点产生的磁场的方向垂直纸面向里, 则有  $B = \frac{kI}{d} - \frac{2kI}{3d} = \frac{kI}{3d} = \frac{B_0}{9}$ , 方向垂直纸面向外, **A** 正确.

4. **A** 【解析】本题考查  $LC$  振荡电路.

在振荡电路中, 当振荡电流为零时, 表示电容器充电结束, **A** 正确;  $t_1 \sim t_2$  过程中电容器放电, 电场能向磁场能转化,  $t_2$  时刻电容器放电电流达到最大, 此时电场能最小, 电容器两极板间的电压最小, 而线圈中的磁场能最大, **B、C** 错误; 电流的变化率越大自感电动势越大, 电流的变化率越小自感电动势越小, 在  $t_1 \sim t_2$  过程中, 电流的变化率逐渐减小, 线圈的自感电动势逐渐减小, **D** 错误.

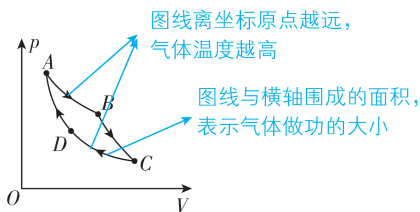
5. **B** 【解析】本题考查电场叠加.





## 6. B

## 题图剖析



【解析】本题考查理想气体状态方程与  $p-V$  图像。

根据  $p-V$  图像中等温线的特点可知,  $A \rightarrow B$  过程的等温线温度高, 则  $T_A = T_B > T_C = T_D$ , **A 错误**;  $p-V$  图像封闭区域面积  $S_{ABCD}$  为全过程气体对外做功大小, 因为内能不变, 所以气体从外界吸收热量, **B 正确**;  $B \rightarrow C$  过程中, 气体分子总数不变, 体积变大, 则单位体积内分子数减小, **C 错误**; 因为  $T_A = T_B > T_C = T_D$ , 所以  $U_A = U_B > U_C = U_D$  (点拨: 理想气体内能只和温度有关), 所以  $B \rightarrow C$  过程气体内能减少量等于  $D \rightarrow A$  过程气体内能增加量, 又因为  $B \rightarrow C$ 、 $D \rightarrow A$  为绝热过程 (关键: 绝热过程没有热量交换), 所以  $B \rightarrow C$  过程气体对外界做的功等于  $D \rightarrow A$  过程外界对气体做的功, **D 错误**。

## 7. B 【解析】本题考查牛顿第二定律。

根据题意, 由题图乙可知  $v=kx$ , 由牛顿第二定律有  $F=ma$ , 又有  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = k \frac{\Delta x}{\Delta t} = kv$ , 整理可得  $F=kmv$ , 可知  $F$  与  $v$  成正比, 故 **A 错误, B 正确**; 由上述分析可知  $F$  与  $v$  成正比, 则物块做加速度增大的加速运动, 则  $v-t$  图像的斜率随着速度增大而增大, 故 **C、D 错误**。

## 8. D 【解析】本题考查机械波。

图示时刻  $x=9\text{ m}$  处的质点正在向上振动, 所以实线和虚线波在  $x=9\text{ m}$  处的质点振动都是向上振动, 则虚线波的传播方向为  $x$  轴负方向, 故 **A 错误**; 由题图可知, 两波的波长

$$\lambda_{\text{实}} = 6\text{ m}, \lambda_{\text{虚}} = 9\text{ m}, \text{两波的频率 } f_{\text{实}} = \frac{v}{\lambda_{\text{实}}} = 2.5\text{ Hz}, f_{\text{虚}} = \frac{v}{\lambda_{\text{虚}}} =$$

$$\frac{5}{3}\text{ Hz}, \text{故 B 错误}; \text{两列波频率不同, 在相遇区域不能发生干涉现象, 故 C 错误};$$

从图示时刻经过  $0.6\text{ s}$ ,  $x=9\text{ m}$  处的质点实线波处于平衡位置, 虚线波也处于平衡位置, 根据叠加原理可知, 平衡位置  $x=9\text{ m}$  处的质点位于平衡位置, 故 **D 正确**。

## 9. D 【解析】本题考查线框切割磁感线。

| 选项 | 分析                                                                               | 正误 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| A  | 当 $t = \frac{2\pi}{\omega}$ 时, 即 $\omega t = 2\pi$ 时, 线框回到图示位置, 此时的感应电流最小, 磁通量最大 | ×  |



续表

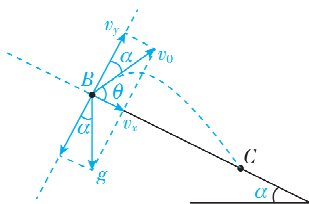
| 选项 | 分析                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 正误 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| B  | 当 $t = \frac{\pi}{2\omega}$ , 即 $\omega t = \frac{\pi}{2}$ 时, 线框转到与图示垂直位置, 此时磁通量为零, 则 0 到 $\frac{\pi}{2\omega}$ 时间内产生的感应电动势的平均值为 $\bar{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{B \cdot \frac{1}{2}S}{\frac{\pi}{2\omega}} = \frac{nBS\omega}{\pi}$ , 则感应电流的平均值为 $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R} = \frac{nBS\omega}{R\pi}$ , 故 0 到 $\frac{\pi}{2\omega}$ 时间内, 通过线框的电荷量为 $q = \bar{I}\Delta t = \frac{nBS\omega}{R\pi} \cdot \frac{\pi}{2\omega} = \frac{nBS}{2R}$ | ×  |
| C  | 线框中产生的交变电动势的最大值为 $E_m = nB \cdot \frac{S}{2} \cdot \omega = \frac{1}{2}nBS\omega$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ×  |
| D  | 线框中产生的交变电动势的有效值为 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{4}nBS\omega$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | ✓  |

10. **C** 【解析】本题考查含弹簧的碰撞问题.

由题图乙可知, 物块  $B$  的初速度为  $v_0 = 1.2 \text{ m/s}$ ,  $t = 1 \text{ s}$  时, 物块  $A$ 、 $B$  的共同速度大小为  $v = 1.0 \text{ m/s}$ , 水平方向由动量守恒定律可得  $m_B v_0 = (m_A + m_B) v$ , 解得  $m_B = 5m_A$ , **A 错误**;  $0 \sim 1 \text{ s}$  内, 弹簧对  $A$  作用力方向向右, 冲量方向向右, 弹簧对  $B$  的冲量方向向左, 所以弹簧对  $A$ 、 $B$  的冲量不相同, **B 错误**;  $t = 1 \text{ s}$  时, 物块  $A$ 、 $B$  有共同速度, 弹簧最短, 弹簧的弹性势能最大, **C 正确**;  $t = 2 \text{ s}$  时,  $A$  的动量  $p_A = m_A v_A$ ,  $B$  的动量  $p_B = m_B v_B$ , 由题图乙可知  $v_A = 2.0 \text{ m/s}$ ,  $v_B = 0.8 \text{ m/s}$ , 又  $m_B = 5m_A$ , 则有  $p_B = 2p_A$ , 所以  $A$  的动量比  $B$  的小, **D 错误**.

11. **D** 【解析】本题考查斜抛运动.

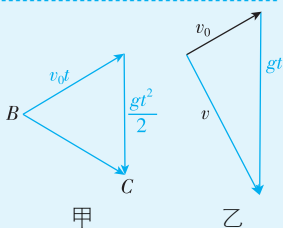
在研究运动员空中姿态时, 运动员的大小和形状不能忽略, 因此不能将其视为质点, **A 错误**; 运动员在空中飞行时, 仅受重力作用, 加速度为重力加速度, 则单位时间内速度变化量  $\Delta v = g\Delta t$ , 可见相同时间内速度变化量相同, **B 错误**; 由题意可知, 将运动员的速度和加速度沿斜面 and 垂直斜面方向进行分解, 如图所示, 从  $B$  点到离斜面最远点过程中, 运动员在垂直斜面方向上有  $v_y = v_0 \cos \alpha$ ,  $v_y = gt' \cos \alpha$  (**点拨: 在垂直斜面方向上利用逆向思维**), 联立可得  $t' = 1 \text{ s}$ , 由对称性可知, 运动员在空中飞行的时间为  $t = 2 \text{ s}$ , **C 错误**; 运动员落到  $C$  点时垂直斜面方向的速度大小  $v_{yC} = v_y = v_0 \cos \alpha = 5\sqrt{3} \text{ m/s}$ , 沿斜面方向的速度大小  $v_{xC} = v_x + gt \sin \alpha = v_0 \sin \alpha + gt \sin \alpha = 15 \text{ m/s}$ , 设运动员落到  $C$  点时的速度方向与斜面的夹角为  $\beta$ , 有  $\tan \beta = \frac{v_{yC}}{v_{xC}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 所以运动员落到  $C$  点时的速度方向与斜面的夹角为  $30^\circ$ , 而初速度  $v_0$  与斜面的夹角为  $60^\circ$ , 所以运动员落到  $C$  点的速度方向与  $v_0$  方向垂直, **D 正确**.



## 30 s 速解

哈尔滨工业大学——颜开

沿  $v_0$  方向的位移  $v_0 t$  与竖直方向的位移  $\frac{gt^2}{2}$  的矢量和为合位移  $BC$ , 如图甲所示, 由几何关系可得  $v_0 t = \frac{gt^2}{2}$ , 即  $gt = 2v_0$ , 则速度关系如图



乙,由几何关系可得运动员落到  $C$  点时的速度  $v$  的方向与  $v_0$  方向垂直, **D 正确**.



## 提分小卷 ▶ 4

1. **B** 【解析】本题考查核反应方程.

由电荷数守恒和质量数守恒知, X 的电荷数为 0, 质量数为 1, 故 X 为中子, **A 错误**; 该反应属于轻核聚变, **B 正确, C 错误**; 由质能方程  $E=mc^2$  知, 该核反应释放的能量为  $(m_1+m_2-m_3-m_4)c^2$ , 其中  $m_4$  为中子的质量, **D 错误**.

2. **B** 【解析】本题考查安培力.

直导线在磁场中受力  $F=BIL$ , 半圆环导线在磁场中受力的有效长度是半圆环的直径长度, 保持安培力不变, 则  $F=BI'\frac{2L}{\pi}$ , 解得  $I'=\frac{\pi}{2}I$ , **B 正确**.

3. **B** 【解析】本题考查分子热运动与热力学第一定律.

| 选项 | 分析                                                                                                  | 正误 |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A  | 温度是分子平均动能的标志, 温度降低, 分子的平均动能减小, 但不是每个分子的动能都减小                                                        | ×  |
| B  | 随着高度升高, 气球中的气体体积逐渐增大, 气体的质量不变, 故气球内气体分子的数密度减小                                                       | √  |
| C  | 随着高度升高, 气球中的气体温度逐渐降低, 气体分子的平均动能减小, 气体体积逐渐增大, 故单位时间内气球单位面积上气体分子撞击次数变小                                | ×  |
| D  | 气球中的气体温度逐渐降低, 体积逐渐增大, 气体的内能减小, 气体对外做功, 根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ 知, 气球中的气体可能放出热量, 也可能吸收热量, 也可能没有热量交换 | ×  |

4. **D** 【解析】本题考查万有引力定律、同步卫星、第一宇宙速度.

由万有引力提供向心力得  $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ , 解得  $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 天链卫星的轨道半径大于地球半径和空间站的轨道半径, 故其速度小于第一宇宙速度, 小于空间站运行速度, **D 正确**.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

第一宇宙速度是最大环绕速度, 故天链卫星的速度小于第一宇宙速度, **A、B 错误**; 由“高轨低速大周期”知, 天链卫星的运行速度小于空间站运行速度, **D 正确, C 错误**.

5. **A** 【解析】本题考查波的特性.

水波在浅水区和深水区速度不同 (点拨: 类似光在不同介质中传播), 导致水波的传播方向发生改变, 这种现象为波的折射现象, **A 正确**.

6. **B** 【解析】本题考查光子能量与德布罗意波.

由题图可知, ②光子的能量小于④光子的能量, 根据  $\varepsilon=h\nu$  可知②光子的频率小于④光子的频率, **A 错误**; 由题图可知①光子的能量等于③光子的能量, 则①光子的频率等于③光子的频率, ①光子的波长等于③光子的波长, 根据  $p=\frac{h}{\lambda}$  可知①光子的动量与③光子的动量大小相等, **B 正确**; 由题图可知②光子的能量小于①光子的能量, 则用②照射该金属不一定



能发生光电效应, **C 错误**; 根据光电效应方程  $E_k = h\nu - W_0$ , 由于④光子的能量大于①光子的能量, 则用④照射该金属逸出光电子的最大初动能大于  $E_k$ , **D 错误**.

**快解**

由于光子的动量  $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c}$ , 光子的能量相同, 则动量相同. 由于劈裂前①光子的能量与劈裂后③光子的能量相同, 所以①光子与③光子的动量相同, **B 正确**.

**7. D 【解析】** 本题考查平抛运动.

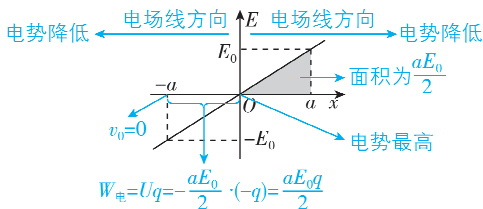
根据平抛运动的规律  $R = vt, h = \frac{1}{2}gt^2$ , 得  $h = \frac{gR^2}{2v^2}$ , 可知若  $v_1 = v_2$ , 则  $h_1 : h_2 = R_1^2 : R_2^2$ , **A 错误**; 若  $\omega$  增大, 则喷水嘴转动一周的时间变短, 转动一周喷出的水量变小, 其他量不变, 喷水嘴转动一周, 落入花盆的总水量减小, **B 错误**; 若  $\omega_1 = \omega_2$ , 则喷水嘴各转动一周的时间相同, 因  $v_1 = v_2$ , 出水口的截面积相同, 可知单位时间喷出水的质量相同, 喷水嘴转动一周喷出的水量相同, 但因内圈上的花盆总数量较少, 可知内圈上每个花盆得到的水量较多, **C 错误**; 设出水口横截面积为  $S_0$ , 喷

**关键点**

水速度为  $v$ , 因  $h$  相等, 则水落地的时间相等, 有  $R = vt, h = \frac{1}{2}gt^2$ , 则喷水嘴转动一周落在圆周上单位长度的水量为

$$Q_0 = \frac{v \cdot \frac{2\pi}{\omega} S_0}{2\pi R} = \frac{\frac{R}{t} S_0}{\omega R} = \frac{S_0}{\omega t} = \frac{S_0}{\omega \sqrt{\frac{2h}{g}}}$$

动一周过程中落入内圈每个花盆的平均水量更少, **D 正确**.

**8. A****题图剖析**

**【解析】** 本题考查电场图像.

$E-x$  图像中, 图线与横轴所围几何图形的面积表示电势差, 则有  $U_{oa} = \varphi_o - \varphi_a = \frac{E_0 a}{2}$ , 解得  $\varphi_a = -\frac{aE_0}{2}$ , **A 错误**, 符合题意; 将粒子从  $x$  轴上  $x = -a$  处由静止释放, 第一次运动到原点的过程中, 由动能定理可得  $W = \bar{F}x = \frac{qE_0 + 0}{2} \times a = \frac{1}{2}mv^2 - 0$  (点拨: 变力做功, 用平均力代替; 亦可用  $W_{\text{电}} = Uq$  进行计算), 根据动量定理可得  $I = mv - 0$ , 求得粒子第一次运动到原点的过程中电场力的冲量  $I = \sqrt{amqE_0}$ , **B 正确**, 不符合题意;  $E-x$  图像对应的函数关系表达式为  $E = \frac{E_0}{a}x$ , 由于粒子带负电, 则其所受电场力方向与相对于坐标原点的位移方向相反, 则有  $F = -qE$ , 解得  $F = -\frac{qE_0}{a}x$ , 可知电场力方向始终指向坐标原点, 且大小与相对于坐标原点的位移大小成正比, 方向与相对于坐标原点的位移方向相反, 可知带负电粒子从  $x$  轴上  $x = -a$  处由静止释放, 粒子将做振幅为  $a$  的简谐运动, **C 正**



确,不符合题意;根据简谐运动的运动规律可知,粒子在原点速度最大,动能最大,则有  $-qU_{oa} = 0 - E_1$ , 结合上述可得  $E_1 = \frac{aqE_0}{2}$ , **D 正确**, 不符合题意.

### 方法总结

#### 静电场图像的问题的处理技巧

(1)  $v-t$  图像: 根据  $v-t$  图像的速度变化、斜率变化 (即加速度大小的变化), 确定电荷所受电场力的方向与电场力的大小变化情况, 进而确定电场的方向、电势的高低及电势能的变化.

(2)  $\varphi-x$  图像: ① 电场强度的大小等于  $\varphi-x$  图线的斜率大小, 电场强度为零处,  $\varphi-x$  图线存在极值, 其切线的斜率为零. ② 在  $\varphi-x$  图像中可以直接判断各点电势的大小, 并可根据电势大小关系确定电场强度的方向. ③ 在  $\varphi-x$  图像中可用  $W_{AB} = qU_{AB}$  分析电荷移动时电势能的变化, 进而分析  $W_{AB}$  的正负, 然后作出判断.

(3)  $E-x$  图像: 根据题中给出的  $E-x$  图像, 确定  $E$  的方向的正负, 再在草纸上画出对应电场线的方向, 根据  $E$  的大小变化, 确定电场的强弱分布.

#### 9. **B** 【解析】 本题考查金属棒切割磁感线.

根据右手定则可知, 通过电阻  $R$  的感应电流由  $Q$  流向  $N$ , **A**

**正确**; 电路的总电阻  $R_{\text{总}} = 2R$ , 根据  $\bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BLd}{\Delta t}$ ,  $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R_{\text{总}}}$ ,  $q = \bar{I}\Delta t$ , 解得通过金属棒某截面的电荷量  $q = \frac{BLd}{2R}$ , **B 错误**; 根据

动量定理有  $-B\bar{I}L\Delta t = 0 - mv_0$ , 其中  $q = \bar{I}\Delta t$ , 金属棒受到的瞬时冲量大小  $I = mv_0$ , 结合上述解得  $I = \frac{B^2L^2d}{2R}$ , **C 正确**; 由能量守

恒定律可知, 回路产生的总焦耳热为  $Q_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv_0^2$ , 金属棒产

生的电热  $Q = \frac{1}{2}Q_{\text{总}}$ , 结合上述解得  $Q = \frac{B^4L^4d^2}{16mR^2}$ , **D 正确**.

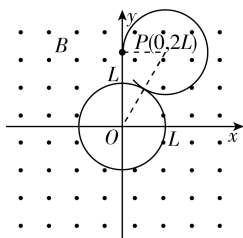
#### 10. **D** 【解析】 本题考查带电粒子在磁场中的运动.

带电粒子在磁场中做匀速圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力, 则有

$$qv_0B = m \frac{v_0^2}{r_0}, \text{ 粒子恰好进入圆形磁}$$

场区域的轨迹如图所示, 根据几何关系有  $(2L)^2 + r_0^2 = (r_0 + L)^2$ , 解得

$$v_0 = \frac{3qBL}{2m}, \text{ 则有 } v > \frac{3qBL}{2m}, \text{ **D 正确**.}$$



#### 11. **B** 【解析】 本题考查滑块—弹簧模型运动的多过程问题.

由题图可知  $A$  运动到最下端时路程为  $s_0$ , 由于刚开始时物

#### 关键点

块  $A$  静止在斜面上, 弹簧恰好处于原长,  $A$  与斜面间动摩擦因数  $\mu = \tan \theta$ , 则物块  $A$  下滑过程中有  $ks = ma$ , 则物块  $A$  下滑过程中  $a-s$  图线是一条过原点的直线, 当  $A$  下滑到最低点后上滑过程有  $k(2s_0 - s) - 2mg\sin \theta = ma$ , 则  $A$  上滑过程中  $a-s$  图线应是一条斜率为负的直线, 且刚要上滑时的加速度要比下滑的最大加速度要小, 且在弹簧处于原长前合力减小为 0, 但物块  $A$  不是做加速度随时间均匀变化的运动, 则  $a$  与  $t$  的关系图线不可能是直线, **A 错误, B 正确**; 根据以上分析可知, 物块下滑过程中重力沿斜面向下的分力和摩擦力抵消, 则物块所受合外力为弹力, 根据能量守恒有  $\frac{1}{2}ks^2 = E_{k0} - E_k$ , 则下滑过程中  $E_k-s$  图线应该是一条开口向下的抛



物线,当滑块上滑过程有  $\frac{1}{2}ks_0^2 - \frac{1}{2}k(2s_0 - s)^2 - 2mgsin\theta \cdot$

$(s - s_0) = E_k$ ,根据数学知识可知上滑过程中  $E_k - s$  图线也应该是一条开口向下的抛物线,但根据牛顿第二定律可知上

**易错点**

滑过程中在到达路程  $2s_0$  前某位置有  $A$  的合外力为零,此位置动能最大,此后  $A$  开始做减速运动,动能将减小,**C 错误**;

物块  $A$  下滑过程中有  $E_p = \frac{1}{2}ks^2$ ,则物块  $A$  下滑过程中  $E_p - s$

图线是一条开口向上的抛物线,当滑块上滑过程有  $E_p =$

$\frac{1}{2}k(2s_0 - s)^2$ ,则物块  $A$  上滑过程中  $E_p - s$  图线是一条开口向

上的抛物线,且  $s = 2s_0$  时弹簧弹性势能最小,为 0,**D 错误**.



## 提分小卷 ▶ 5

1. **C** 【解析】本题考查双缝干涉.

中央亮纹最亮,但是中央亮纹宽度与其他亮纹宽度相同,**A 错误**;从第 1 条暗条纹中心到第  $n$  条暗条纹中心共有  $n-1$  个间隔,根据干涉条纹的宽度与波长的关系可知  $\frac{\Delta x}{n-1} = \frac{l}{d}\lambda$ ,解得

$$\lambda = \frac{\Delta x}{(n-1)l}d, \text{B 错误}; \text{根据 } \Delta x = \frac{l}{d}\lambda \text{ 可知,条纹的宽度与单缝}$$

与双缝间的距离无关,**C 正确**;将屏向远离双缝的方向移动,即  $l$  变大,根据  $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$  可知,条纹的宽度增大,可观察

到的条纹数目减小,**D 错误**.

2. **A** 【解析】本题考查衰变与半衰期.

大量放射性元素的原子核经过 2 个半衰期后,剩余未衰变的原子核质量与衰变前的原子核质量之比为 1:4,则已衰变的原子核质量与未衰变原子核质量之比为 3:1,半衰期对于少数原子核不适用,故 **A 正确**,**B、C 错误**;放射性元素的半衰期跟温度无关,故 **D 错误**.

## 易错警示

本题易错点有三,一是认为半衰期随温度变化而变化导致错选 D;二是不清楚半衰期描述的是统计规律,从而错选 C;三是混淆原子核质量和所有物质质量从而导致错选 B;发生衰变后,产物并没有全部消失,一定会有剩余.

3. **D** 【解析】本题考查气体状态变化图像与热力学第一定律.

从  $a$  到  $b$ ,气体体积减小,故外界对气体做功,**A 错误**;从  $b$  到

$c$ ,气体压强不变、体积减小,根据  $\frac{pV}{T} = C$  可知温度降低,**B 错**

误;从  $c$  到  $d$ ,根据  $\frac{pV}{T} = C$ ,整理得  $p = \frac{1}{V}CT$ ,可知温度不变

时, $p - \frac{1}{V}$  图像为过原点的倾斜直线,故从  $c$  到  $d$  温度不变,气

体内能不变,**C 错误**;从  $d$  到  $a$ ,气体压强不变、体积增大,则

$W < 0$ ,根据  $\frac{pV}{T} = C$  可知温度升高,则  $\Delta U > 0$ ,根据热力学第一

定律有  $\Delta U = W + Q$ ,可知  $Q > 0$ ,故该过程气体从外界吸热,**D 正确**.

4. **B** 【解析】本题考查交变电流.

由于线圈平面与磁感线平行,所以穿过线圈的磁通量为零,磁通量的变化率最大,产生的感应电动势最大,通过线圈

的电流最大,**A 错误**,**B 正确**;由于电压表的示数等于交变电流电压的有效值,所以电压表的示数不为零,**C 错误**;

线圈平面垂直中性面,所以流经电阻的电流方向不改变,**D 错误**.

## 技巧必背

线圈在中性面位置时,磁场与线圈平面垂直,磁通量最大,感应电动势为零,感应电流为零、方向改变,从线圈位于中性面位置开始计时,则  $i-t$  图像为正弦函数图像,函数表达式为  $i = I_m \sin \omega t$ .

5. **D** 【解析】本题考查板块问题.

当力  $F$  较小时, $A$ 、 $B$  和木片一起向前加速,随着力  $F$  的增大,最大静摩擦力小的先滑动, $B$  与木片间摩擦力达到最大值时,加速度为  $a$ ,则  $\mu_2 mg = ma$ ,得  $a = \mu_2 g$ ,把  $A$ 、 $B$  和木片看



成一个整体,当  $B$  发生相对滑动时,有  $F > 2ma = 2\mu_2 mg$ ,  $B$  和木片发生相对滑动,使  $A$  能与  $B$  相遇, **A、B 错误**;  $A$  与  $B$  相碰前系统产生的内能为滑动摩擦力与相对位移的乘积的绝对值,  $A$  能与  $B$  相遇时,  $B$  与木片的相对位移为  $L$ , 则  $A$  与  $B$  相碰前系统产生的内能  $Q = \mu_2 mgL$ , **C 错误, D 正确**.

6. **A** 【解析】本题考查光子能量.

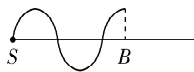
一个红光光子的能量为  $E = h\nu$ , 其中  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , 白炽灯在  $1\text{ s}$  的时间内辐射的红光的能量为  $P \cdot k\%$ , 辐射的红光光子数为  $\frac{P \cdot k\%}{E} = \frac{P\lambda}{hc} \cdot k\%$ , **A 正确**.

7. **A** 【解析】本题考查平行板电容器.

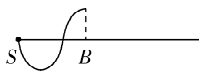
根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知, 往玻璃瓶中再加入一些食盐水, 相当于增大了极板之间的正对面积  $S$ , 电容增大, **A 正确**; 减小食盐水的浓度, 相当于介电常数  $\epsilon_r$  减小, 电容减小, **B 错误**; 把金属探针上移少许, 电容不变, **C 错误**; 减小金属箔的高度, 当金属箔高度减小到高于盐水液面时, 极板间正对面积不变, 电容不变, 当金属箔高度减小到低于盐水液面时, 相当于减小了极板之间的正对面积  $S$ , 电容减小, **D 错误**.

8. **D** 【解析】本题考查机械波.

$A$ 、 $B$  两处质点的起振方向相同, 均与  $S$  处质点起振方向相同, **A 错误**; 由题意可知,  $S$  与  $B$  处的波形可能有甲、乙图所示的两种情况 ( $S$  与  $A$  处的波形情况与  $S$  与  $B$  处情况相同), 则  $S$  处质点可能向上振动, 也可能向下振动, **B 错误**; 由题意可知甲图所示的情况下有  $3a = \frac{5}{4}\lambda_1$ , 乙图所示情况下有  $3a = \frac{3}{4}\lambda_2$ , 可得水波的波长为  $\lambda_1 = \frac{12}{5}a$ ,  $\lambda_2 = 4a$ , **C 错误**; 对于乙图情况水波的速度为  $v = \frac{\lambda_2}{T} = \frac{4a}{T}$ , **D 正确**.



甲



乙

9. **B** 【解析】本题考查天体运动.

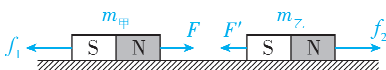
设天问二号的轨道半径为  $r$ , 由图中几何关系可得  $\sin \theta = \frac{R}{r} = \frac{1}{2}$ , 解得  $r = 2R$ , 天问二号离小行星表面的高度  $h = r - R = R$ , **A 错误**; 天问二号做匀速圆周运动, 万有引力提供向心力  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ , 解得小行星的质量  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{32\pi^2 R^3}{GT^2}$ , **B 正确**; 小行星的第一宇宙速度是轨道半径等于小行星半径  $R$  的卫星的环绕速度, 由  $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{G}{R} \cdot \frac{32\pi^2 R^3}{GT^2}} = \frac{4\sqrt{2}\pi R}{T}$ , **C 错误**; 由  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v_1^2}{r}$ , 可得天问二号的环绕速度为  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 轨道半径越大, 环绕速度越小, 因此天问二号的环绕速度小于小行星的第一宇宙速度 (关键: 第一宇宙速度为圆轨道上的最大运行速度), **D 错误**.

10. **D** 【解析】本题考查动量定理的应用与牛顿运动定律的应用.

对甲、乙两条形磁铁分别进行受力分析, 如图所示, 根据牛顿第二定律有  $a_{\text{甲}} = \frac{F - \mu m_{\text{甲}} g}{m_{\text{甲}}}$ ,  $a_{\text{乙}} = \frac{F' - \mu m_{\text{乙}} g}{m_{\text{乙}}}$ , 由于  $m_{\text{甲}} >$



$m_{\text{乙}}, F = F'$ , 所以  $a_{\text{甲}} < a_{\text{乙}}$ , 由于两磁铁运动时间相同, 且同时由静止释放, 可得  $v_{\text{甲}} < v_{\text{乙}}$ , **A、B 错误**; 对于甲、乙两条形磁铁组成的系统而言, 由于  $\mu m_{\text{甲}}g > \mu m_{\text{乙}}g$ , 合力方向向左, 合冲量方向向左, 所以合动量方向向左, 甲和乙动量之和不为零, **C 错误, D 正确**.

**易错警示**

本题易因审题不仔细导致受力分析出错, 错误地认为质量大的条形磁铁速率会更大, 而忽略了加速度的影响; 错误地认为甲、乙两条形磁铁组成系统动量守恒, 甲和乙动量之和为零.

**11. A 【解析】** 本题考查线框切割磁感线.

设线框底边刚进入磁场时的速度为  $v_0$ , 则有  $mg = BIL = B \frac{BLv_0}{R} L = \frac{B^2 L^2 v_0}{R}$ , 设线框底边刚要离开磁场时, 线框速度为  $v$ , 根据运动学公式可得  $v^2 - v_0^2 = 2gL$ , 线框底边离开磁场的过程做加速度减小的减速运动. 若  $x=0$  时加速度等于  $g$ , 则离开过程平均加速度小于  $g$ , 则线框全部离开磁场时的速度大于  $v_0$ , 线框出磁场的过程不会出现匀速过程, 即加速度不会为零, **A 错误, 符合题意, B 正确, 不符合题意**; 若  $x=0$  时加速度大于  $g$ , 则离开过程平均加速度可能等于  $g$  也可能小于  $g$ , 则线框全部离开磁场时的速度可能等于  $v_0$ , 也可能大于  $v_0$ , 线框出磁场的过程加速度可能减小到零, **C、D 正确, 不符合题意**.



## 提分小卷 ▶ 6

1. **C** 【解析】本题考查热力学定律.

| 选项 | 分析                                                                                                                               | 正误 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A  | 根据热力学第二定律可知,不可能从单一热源吸热使之完全转化成有用的功而不产生其他变化,即能量的利用率不能达到 100%,实际上热机在工作过程中,即使燃料充分燃烧,但在利用过程中,始终会有部分能量耗散                               | ×  |
| B  | 水黾能浮在水面上是因为液体表面张力的作用                                                                                                             | ×  |
| C  | 水银与玻璃不浸润,附着层分子分布稀疏,内部液体分子对附着层分子的引力作用整体向下,使管中的水银向下运动,当管中的水银下降到一定高度时,液面的压力差与液面边缘使它向下的力平衡,最终达到稳定状态,因此两端开口的细玻璃管竖直插入水银中,稳定后管内的水银面低于管外 | ✓  |
| D  | 新型材料石墨烯属于晶体,具有光学的各向异性                                                                                                            | ×  |

2. **A** 【解析】本题考查能量守恒.

钢球运动过程中因摩擦力、空气阻力造成的机械能损失,由小孔下方快速旋转的传动轮补充,该“钢球永动机”不违背能量守恒定律,**A 正确**;小球在空中上升过程中,加速度向下,处于失重状态,**B 错误**;由  $\Delta v = at$  可知速度变化的方向与加速度方向相同,加速度方向向下,故速度变化方向也向下,**C 错误**;小球在空中上升过程中,重力做功的功率  $P = mgv_y$ ,由于竖直方向上速度大小变化,所以克服重力做功的功率不恒定,**D 错误**.

3. **A** 【解析】本题考查衰变.

衰变过程中质量数和电荷数守恒可知,X 的电荷数为 2,质量数为 4,发生的是  $\alpha$  衰变, $\alpha$  射线具有很强的电离性,不能穿透几毫米厚的铝板(关键: $\alpha$  射线的电离能力强, $\gamma$  射线的穿透能力强),**A 正确,C 错误**;放射性元素的半衰期不随温度、状态及化学变化而变化,是由原子核内部本身决定的,**B 错误**;衰变具有统计性,对个别原子不适用,**D 错误**.

4. **C** 【解析】本题考查机械波.

波上各质点的起振方向都相同,由“同侧法”知,波上各质点的起振方向向下,**A 错误**;  $t = 10$  s 时, $d$  质点第一次位于波峰

位置,则波的传播速度大小为  $v = \frac{x_d}{t} = \frac{10 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}$ ,**B 错误**;

波的周期  $T = \frac{\lambda}{v} = 4 \text{ s}$ ,  $0 \sim 7 \text{ s}$  内  $a$ 、 $b$  两质点运动的路程均为

$s = \frac{\Delta t}{T} \times 4A = 0.7 \text{ m}$ ,**C 正确**;  $b$  质点的振动方程为  $y_b =$

$-A \cos \frac{2\pi}{T} t \text{ (cm)} = -10 \cos \frac{\pi}{2} t \text{ (cm)}$ ,**D 错误**.



## 一题多解

根据题意,波从  $c$  点传到  $d$  点的时间为  $\frac{7}{4}T$ ,质

点  $d$  从平衡位置第一次振动到波峰位置的时间为  $\frac{3}{4}T$ ,有

$\frac{7}{4}T + \frac{3}{4}T = 10 \text{ s}$ , 解得  $T = 4 \text{ s}$ ,  $v = \frac{\lambda}{T} = 1 \text{ m/s}$ , **B 错误**.

5. **B** 【解析】本题考查电容器的充、放电现象.

由题图甲可知,单刀双掷开关  $S$  置于接线柱 1、2 分别对应电容器充电、放电过程, **A 错误**; 由题图乙可知,电容器充电过程,电压逐渐增大, **B 正确**; 由题图乙可知,电容器放电过程,电流逐渐减小, **C 错误**; 电容器的电容由电容器本身性质决定,与电容器两端的电压无关, **D 错误**.

6. **B** 【解析】本题考查变压器.

当发电机线圈转速减小时,根据  $E_m = nBS\omega$  可知升压变压器的输

入电压  $U_1$  减小,根据理想变压器电压与匝数的关系有  $\frac{U_1}{U_2} =$

$\frac{n_1}{n_2}$ , 可知  $U_2$  减小,由等效电路知识知  $U_3$  减小,由  $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ , 可知

$U_4$  减小,灯泡  $L$  电阻不变,则灯泡  $L$  消耗的功率减小,降压变压器副线圈的电流  $I_4$  减小,由理想变压器电流与匝数的关系有

$\frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}$ , 可知  $I_3$  减小,则流过  $R$  的电流减小,由  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $I_2 =$

$I_3$ , 可知  $I_1$  减小,即发电机的输出功率减小. **B 正确**.

7. **D** 【解析】本题考查分子动理论.

在潜水器缓慢下潜的过程中,被封闭气体的压强变大,体积变小,外界对气体做功,海水温度逐渐降低,内能减小,由热力学第一定律可知气体向外界放热, **A 错误**; 气体压强为  $p = p_0 + \rho gh$ , 则压强与潜水器下潜的深度呈线性关系,但不是成正比, **B 错误**; 气体温度降低,气体分子平均动能减小,则单个分子撞击器壁的平均作用力变小, **C 错误**; 气体压强变大,而分子撞击器壁的平均作用力变小,气体体积减小,分子数密度增加,则单位时间内气体分子撞击单位面积器壁的次数增多, **D 正确**.

8. **D** 【解析】本题考查受力平衡问题.

物块所受支持力  $F_N = mg \cos 37^\circ + F \sin 37^\circ$ , 物块所受摩擦力  $F_f = \mu F_N$ , 重力和  $F$  平行于斜面方向的合力  $F_{\text{合}} = \sqrt{(mg \sin 37^\circ)^2 + (F \cos 37^\circ)^2}$ , 物块在斜面上恰好做匀速运

动,则  $F_{\text{合}} = F_f$ , 又  $F = mg$ , 联立解得  $\mu = \frac{5}{7}$ , **D 正确**.

## 思路总结

涉及立体平衡的问题,通常利用力的分解,将立体问题转化为平面问题,在同一个平面内应用力的平衡,列方程或者方程组求解.

9. **C** 【解析】本题考查法拉第电磁感应定律.

由题图乙可知,磁感应强度垂直纸面向里且随时间增大,根据楞次定律和安培定则可知,0.1 s 时线框中的感应电流方向为  $b \rightarrow a \rightarrow d \rightarrow c$ , **A 错误**; 0.1 s 时线框中的感应电动势  $E =$

$n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 100 \times 5 \times 10^{-4} \times \frac{0.3 - 0.1}{0.2} \text{ V} = 5 \times 10^{-2} \text{ V}$ , **B 错误**; 0.1 s 时

线框中的感应电流  $I = \frac{E}{R+r} = 0.1 \text{ A}$ , **C 正确**; 0.1 s 时定值电阻

$R$  两端的电压  $U = IR = 0.045 \text{ V}$ , **D 错误**.

10. **D** 【解析】本题考查功与动能定理的应用.

释放瞬间,对物块受力分析有  $2mg - T = 2ma$ , 对软绳受力分析



有  $T - 2\mu mg \cos \theta - 2mg \sin \theta = 2ma$ , 解得  $T = \frac{15}{8}mg$ ,  $a = \frac{1}{16}g$ , A、B

错误; 软绳滑出过程中所受摩擦力为变力, 且与位移成线性关系, 整个过程中摩擦力的平均力为  $f = \frac{2\mu mg \cos \theta}{2} =$

$\frac{3}{8}mg$ , 所以整个过程摩擦力做功  $W_f = -fL = -\frac{3}{8}mgL$ , C 错

误; 根据动能定理可知  $2mgL + 2mg \times \frac{L}{2} \times \sin 30^\circ + W_f = \frac{1}{2} \times$

$4mv^2 - 0$ , 解得  $v = \frac{\sqrt{17gL}}{4}$ , D 正确.

### 知识总结

涉及作用力随时间线性变化的问题, 常应用动量定理求解, 其冲量等于平均作用力与时间的乘积; 涉及作用力随位移线性变化的问题, 常应用动能定理求解, 其功等于平均力与位移的乘积.

### 11. D 【解析】 本题考查运动的合成与分解.

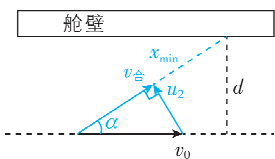
由题图分析可知航天员在 B 点向下喷气获得向上的分速度, 因为同时还有平行于舱壁的初速度, 故合速度方向不沿 BA 方向 (关键: 实际运动速度即为合速度), 所以不能到达 A 点, A 错误; 回到舱门的时间由垂直舱壁方向的运动决定, 设反冲速度方向与初速度方向夹角为  $\theta$ , 所以回到舱门的时间为  $t = \frac{d}{u \sin \theta}$ , 所以当  $u = 4 \text{ m/s}$ 、 $\theta = 90^\circ$  时, 航天员回到舱门所

用时间最短, 最短时间为  $t_{\min} = \frac{d}{u} = \frac{5}{4} \text{ s} = 1.25 \text{ s}$  (快解: 无论

航天员速度大小为多少, 求最短时间即垂直舱壁运动的时间, 小船渡河模型中为船头垂直河岸渡河), B 错误; 当  $u_1 = 3 \text{ m/s}$  时, 由于  $u_1 = v_0 = 3 \text{ m/s}$ , 此时航天员无法垂直舱壁运动到达 A 点, 所以位移最小值应大于  $d$ , 即  $x$  的最小值应大于  $5 \text{ m}$ , C 错误; 当  $u_2 = 1.5 \text{ m/s}$  时, 由分析可知当  $v_{\text{合}}$  与  $u_2$  垂直时, 位移  $x$  有最小值, 设合速度方向与初速度方向夹角为  $\alpha$ , 如图所示, 根据三角函数

关系有  $\sin \alpha = \frac{u_2}{v_0} = \frac{1.5}{3} = \frac{1}{2}$ , 所

以位移的最小值为  $x_{\min} = \frac{d}{\sin \alpha} =$



$10 \text{ m}$ , D 正确.



### 30 s 速解

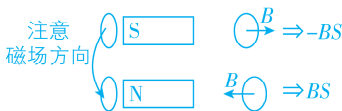
哈尔滨工业大学——何翔宇

类比于小船渡河模型, 反冲速度最大且方向垂直舱壁时用时最短, 位移  $x$  的最小值需要分情况讨论, 反冲速度大于  $3 \text{ m/s}$  时最小位移为  $d$ , 小于等于  $3 \text{ m/s}$  时最小位移大于  $d$ , 在合速度方向垂直反冲速度取到, 故排除 A、B、C, 选 D.

## 提分小卷 ▶ 7

### 1. D

#### 题图剖析



【解析】本题考查法拉第电磁感应定律。

初始时右侧强磁铁 S 极与线圈铁芯接触，穿过线圈的磁通量为  $BS$ ，按下门铃时，右侧强磁铁 N 极与铁芯接触，穿过线圈的磁通量为  $-BS$ ，转换接触时间为  $\Delta t$ ，根据法拉第电磁感应定律有

$$E = N \frac{BS - (-BS)}{\Delta t} = N \frac{2BS}{\Delta t} = \frac{2NBS}{\Delta t}, \text{D 正确.}$$

### 2. B 【解析】本题考查牛顿运动定律。

将白纸快速向左抽出时，黑板擦受到摩擦力方向向左，黑板擦向左运动了一小段距离，摩擦力的方向与黑板擦的运动方向相同，白纸对黑板擦的摩擦力对黑板擦做正功，**A 错误，B 正确**；设黑板擦的质量为  $m$ ，白纸与黑板擦之间的动摩擦系数为  $\mu_1$ ，黑板擦在白纸上向前滑动的加速度为  $a_1$ ，根据牛顿第二定律得  $\mu_1 mg = ma_1$ ，解得  $a_1 = \mu_1 g$ ，无论快速抽出白纸还是慢速抽出白纸，黑板擦在白纸上向前滑动的加速度  $a_1$  相同，设桌面与黑板擦之间的动摩擦系数为  $\mu_2$ ，黑板擦在桌面上向前滑动的加速度为  $a_2$ ，根据牛顿第二定律得  $\mu_2 mg = ma_2$ ，解得  $a_2 = \mu_2 g$ ，无论快速抽出白纸还是慢速抽出白纸，黑板擦在桌面上向前滑动的加速度  $a_2$  相同，**C 错误**；如果以较小速度抽出白纸，白纸与黑板擦之间的作用时间变长，白纸对黑板擦的摩擦力的冲量将会变大，**D 错误**。

### 3. B 【解析】本题考查通过双缝干涉实验来测光的波长。

6 条亮条纹间的距离为  $a$ ，可得条纹间距为  $\Delta x = \frac{a}{6-1} = \frac{a}{5}$ ，根

据双缝干涉条纹间距公式  $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ ，可得光的波长为  $\lambda =$

$$\frac{da}{5l}, \text{B 正确.}$$

### 4. C 【解析】本题考查油膜法测分子直径。

油酸分子直径为  $d = \frac{\eta V}{nS}$ ，**A 错误**；实验中，应先撒爽身粉后滴

溶液，**B 错误**； $n$  滴该溶液所含纯油酸分子数为  $\frac{\eta V}{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{\eta V}{2nS}\right)^3} =$

$\frac{6n^3 S^3}{\pi \eta^2 V^2}$ ，**C 正确**；计算油膜面积时，将不足一格都当作一格计

入面积，测量面积偏大，由  $d = \frac{\eta V}{nS}$  知将导致所测分子直径偏小，**D 错误**。

### 5. D 【解析】本题考查运动学图像。

$v-t$  图像中图线与横轴所围图形的面积表示位移，由题图甲

可知，物体在这段时间内的位移  $x > \frac{v_0 t_0}{2}$ ，**A 错误**；根据运动学

公式  $2ax = v^2 - v_0^2$ ，可得  $v^2 = 2ax + v_0^2$ ，可知  $v^2-x$  图像中图线的斜率为  $2a$ ，由题图乙可得，物体的加速度大小为  $0.5 \text{ m/s}^2$ ，**B 错**

误；根据  $a-t$  图像中图线与横轴所围图形的面积表示速度的



变化量可知,题图丙中,阴影面积表示  $t_1 \sim t_2$  时间内物体的速度变化量, **C 错误**; 根据运动学公式  $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ , 可得  $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$ , 结合题图丁可得  $v_0 = -5 \text{ m/s}$ ,  $a = 10 \text{ m/s}^2$ , 由运动学公式  $v = v_0 + a t$  可得,  $t = 1 \text{ s}$  时物体的速度为  $v = 5 \text{ m/s}$ , **D 正确**.

6. **D** 【解析】本题考查光电效应与德布罗意波.

照射的单色光强度越大,单位时间内发出的光电子数目越多,饱和光电流就越大, **A 错误**; 根据爱因斯坦光电效应方程有  $E_k = h\nu - W_0$ , 又  $E_k = eU_c$ , 得  $U_c = \frac{h\nu}{e} - \frac{W_0}{e}$ , 遏止电压与入射光频率成一次函数关系,不是成正比, **B 错误**; 由  $U_c - \nu$  图像知,当  $U_c = 0$  时,甲金属的极限频率  $\nu_{c1}$  小于乙金属的极限频率  $\nu_{c2}$ ,甲金属的逸出功小于乙金属的逸出功,当用相同频率的入射光照射时,逸出功越大,其光电子的最大初动能越小,则光电子  $b$  的初动能小于光电子  $a$  的初动能, **C 错误**; 根据物质波的波长  $\lambda = \frac{h}{p}$ , 又  $p = \sqrt{2mE_k}$ , 可得  $E_k = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$ , 可知甲金属逸出的初动能最大的光电子的物质波波长较短,则光电子  $b$  的物质波波长比光电子  $a$  的物质波波长长, **D 正确**.

7. **C** 【解析】本题考查机械波传播.

甲、乙的传播速度相等,由题意可知甲、乙两波的传播速度  $v = \frac{x}{t} = \frac{6}{3} \text{ m/s} = 2 \text{ m/s}$  (易错:机械波的波速由介质决定,容易误认为波速与波长成正比从而错选 B),甲波的周期为  $T_1 = \frac{\lambda_1}{v} = 1 \text{ s}$ , **A、B 错误**; 同理可知乙波的周期为  $T_2 = \frac{\lambda_2}{v} = 2 \text{ s}$ ,  $t = 3.5 \text{ s}$  时,甲波平衡位置的振动传到  $6 \text{ m}$  处,乙波的波峰传到  $6 \text{ m}$  处,根据波的叠加可知此时  $6 \text{ m}$  处的质点振动的位移为  $A$ , **C 正确**;  $t = 4.0 \text{ s}$  时,甲波平衡位置的振动传到  $6 \text{ m}$  处、振动方向向下,乙波平衡位置的振动传到  $6 \text{ m}$  处、振动方向向下,根据波的叠加可知此时  $6 \text{ m}$  处的质点振动方向向下, **D 错误**.

8. **D** 【解析】本题考查万有引力定律与第一宇宙速度.

由万有引力提供向心力得  $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ , 则月球与地球的第一宇宙速度之比为  $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{r_2}{r_1}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$ , **A、B 错误**; 由物体所受重力近似等于万有引力得  $G \frac{Mm}{r^2} = mg$ , 则所采样品在月球与在地球上的重力之比为  $\frac{G_1}{G_2} = \frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{a}{b^2}$ , **D 正确, C 错误**.

9. **C** 【解析】本题考查动能定理的应用与水平面内的圆周运动.

物块沿内壁做圆周运动时,受到内壁对物块的滑动摩擦力的大小  $f_1 = \mu F_N = \frac{\mu m v^2}{R}$  (点拨:随着物块速度的减小,侧面的滑动摩擦力逐渐减小),方向与物块沿内壁切向方向相反,受到水平面对物块的滑动摩擦力的大小  $f_2 = \mu m g$ , 方向与  $f_1$  方向相同,根据动能定理有  $-f_{\text{合}} s = E_k - E_{k0}$ , 由于物块沿内壁做圆周运动的速度减小,所以受到内壁对物块的滑动摩擦力的合力  $f_{\text{合}}$  减小,  $E_k - s$  图像斜率的绝对值减小, **C 正确**.

10. **D** 【解析】本题考查带电粒子在磁场中的运动。

将电子的初速度沿  $x$  轴、 $y$  轴方向分解,沿  $x$  轴方向,速度与磁场方向平行,做匀速直线运动,有  $x = v_0 \cos \alpha \cdot t$ ,沿  $y$  轴方向,速度与磁场方向垂直,在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动,由左手定则可知,磁场方向沿  $x$  轴正方向, **A 错误**;根据洛伦兹力提供向心力,有  $evB = m \frac{v^2}{R}$ ,  $T = \frac{2\pi m}{eB}$ ,且  $v = v_0 \sin \alpha$ ,  $D = 2R = \frac{2mv_0 \sin \alpha}{eB}$ ,  $\Delta x = v_0 \cos \alpha \cdot T$ ,所以若仅增大磁感应强度  $B$ ,则  $D$ 、 $\Delta x$  均减小, **B 错误**;若仅增大  $v_0$ ,则  $D$ 、 $\Delta x$  均增大, **C 错误**;若仅增大  $\alpha$ ,则  $D$  增大而  $\Delta x$  减小, **D 正确**。

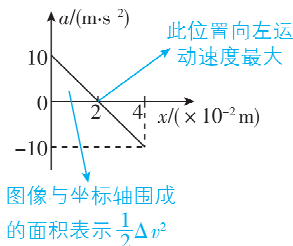
**关键点拨**

解答本题注意以下两点

- (1) 将电子的速度沿坐标轴方向分解,根据其不同方向上的受力特点,结合力学公式和运动学公式进行分析;
- (2) 电子受到的洛伦兹力提供向心力,结合力学公式和运动学公式得出螺距的表达式,根据题目选项进行分析。

11. **B****题图剖析**

图像分析:



【解析】本题考查弹簧连接体的运动。

开始时,对  $PQ$  整体,由牛顿第二定律得,  $F - \mu(m_P + m_Q)g - kx = (m_P + m_Q)a$ ,解得  $a = \frac{20F}{9} - 5 - \frac{20k}{9}x$ ,由题图乙得  $\frac{20F}{9} - 5 = 10$ ,  $\frac{20k}{9} = \frac{10}{2} = 5$ ,解得  $F = \frac{27}{4} \text{ N}$ ,  $k = 2.25 \text{ N/cm} = 225 \text{ N/m}$ ,力  $F$  做的功  $W_F = Fx_m = \frac{27}{4} \times 0.04 \text{ J} = 0.27 \text{ J}$ , **A 错误, B 正确**;  $P$ 、 $Q$  一起向左运动速度最大时,加速度为零,  $a-x$  图像与横轴围成图形的面积表示  $\frac{1}{2} \Delta v^2$ ,则  $\frac{1}{2} v_m^2 = \frac{1}{2} \times 0.02 \times 10$ ,解得向左运动的最大速度  $v_m = \frac{\sqrt{5}}{5} \text{ m/s}$ ,向右运动时,当  $\mu(m_P + m_Q)g = kx_1$  时速度最大,由能量守恒定律得  $\frac{1}{2} kx_m^2 - \frac{1}{2} kx_1^2 - \mu(m_P + m_Q)g(x_m - x_1) = \frac{1}{2} (m_P + m_Q) v_m^2$ ,联立解得向右运动的最大速度  $v_m = \frac{3\sqrt{5}}{10} \text{ m/s}$ ,则  $P$  的最大速度为  $\frac{3\sqrt{5}}{10} \text{ m/s}$  (**易错:向右、向左运动都会出现最大速度**), **C 错误**;两物体由初状态到回到原来位置的过程中,由动能定理得  $W_F - 2\mu(m_P + m_Q)gx_m = \frac{1}{2} (m_P + m_Q) v^2 - 0$ ,此后  $Q$  与  $P$  分离,对物体  $Q$ ,由动能定理得  $-\mu m_Q g s = 0 - \frac{1}{2} m_Q v^2$ ,解得  $s = 0.04 \text{ m}$ ,即  $Q$  最终停在  $x = -0.04 \text{ m}$  处, **D 错误**。