



小卷提速 · 提分

提分小卷 ▶ 1

1. C 【解析】本题考查机械波的传播.

此时 Q 点的加速度正在变小,说明 Q 点正在靠近平衡位置,即 Q 点的振动方向向上,根据同侧法可知,波的传播方向向左, P 点的振动方向向下,C 正确.

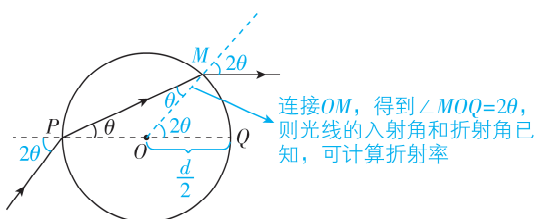
2. A 【解析】本题考查 LC 振荡电路.

t_1 时刻电流的绝对值最大,说明电容器已放电完毕,磁场能全部储存在线圈中,线圈中的磁场能最大(关键:LC 振荡电路的规律为回路电流最大时,电容器放电完毕,电场能最小,磁场能最大;电流为 0 时,电容器充电完毕,电场能最大,磁场能最小),A 正确; t_2 时刻电流为 0,说明电容器充电完毕,线圈中的磁场能最小,B 错误; $t_1 \sim t_2$ 时间内,电流从最大减小到 0,该过程是电容器充电过程,自感电动势 $E = L \left| \frac{\Delta i}{\Delta t} \right|$, $i-t$ 图像斜率的绝对值表示电流变化率, t_1 对应处斜率绝对值为 0, t_2 对应处斜率绝对值最大,因此 $t_1 \sim t_2$ 时间内线圈中的自感电动势逐渐增大,C、D 错误.

3. A

题图剖析

光路图如图所示.



【解析】本题考查光的折射.

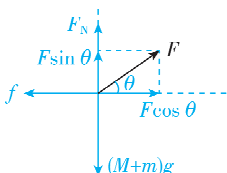
“水晶球”半径为 $R = \frac{d}{2}$, 设出射点为 M , 由圆的几何关系, 弦 PM 与水平直径成 θ 角时, 半径 OM 与水平直径的夹角为 2θ , 因此光线在 M 点从“水晶球”射向空气时, 球内入射角为 θ , 空气中的折射角为 2θ , 根据折射定律有 $n = \frac{\sin 2\theta}{\sin \theta} = 2\cos \theta$, A 正确; 弦 PM 长为 $PM = 2R\cos \theta = d\cos \theta$, 光在“水晶球”中的传播速度为 $v = \frac{c}{n} = \frac{c}{2\cos \theta}$, 所以传播时间为 $t = \frac{PM}{v} = \frac{d\cos \theta}{\frac{c}{2\cos \theta}} = \frac{2d\cos^2 \theta}{c}$, B 错误; 若只改变从空气射入球内的入射

光线方向, P 处入射角与折射角和 M 处折射角与入射角对应相等, 一定能射出, C 错误; 在正常色散情况下, 入射光波长越长, “水晶球”对该光的折射率越小, 光在“水晶球”中的传播速度越大, D 错误.

4. A 【解析】本题考查共点力平衡与极值问题.



设 F 与水平方向的夹角为 θ , 对小套环和小球整体受力分析, 如图所示, 由平衡条件可知, 在水平方向上, 有 $F \cos \theta = \mu F_N$, 在竖直方向上, 有 $F \sin \theta + F_N = (M + m)g$, 联立解得 $F = \frac{\mu(M+m)g}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$, 令



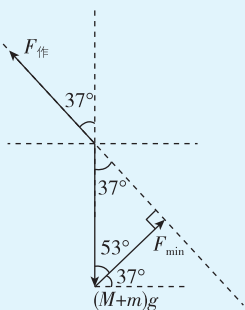
$\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}, \cos \varphi = \frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$, 整理可得 $F = \frac{\mu(m+M)g}{\sqrt{1+\mu^2} \sin(\varphi + \theta)}$, 要使拉力 F 最小, 则有 $\sin(\varphi + \theta) = 1$, 代入数据可得 $F_{\min} = \frac{3}{5}(M+m)g, \varphi = 53^\circ, \theta = 37^\circ$, **A 正确**.

一题多解 作图法

如图所示, 将摩擦力和支持力合成为一个力 $F_{\text{作}}$, 因动摩擦因数

$\mu = \frac{3}{4}$, 即 $\frac{f}{F_N} = \frac{3}{4} = \tan 37^\circ$, 则

$F_{\text{作}}$ 与竖直方向的夹角为 37° , 小套环和小球整体等效成受到三个力, 其中重力为恒力, $F_{\text{作}}$ 方向不变, 则第三个力 F 的方向垂直



于 $F_{\text{作}}$ 方向时, 可得到最小值, $F_{\min} = (M+m)g \sin 37^\circ = \frac{3}{5}(M+m)g$, 与水平方向的夹角为 37° , **A 正确**.

5. C 【解析】本题考查变压器动态分析.

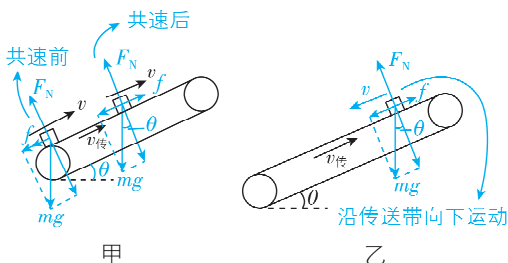
根据等效电阻法(关键:把副线圈电路电阻等效到原线圈电路中, 阻值为 $\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R$)可知, 当增大负载电阻的阻值 R 时, 回路中电流减小, 即电流表的读数变小, **A 错误**; 负载电阻的阻值越小, 等效电阻的阻值越小, 回路电流越大, 线框内阻的内电压越大, ab 端电压越小, 则 cd 间的电压 U_{cd} 越小, **B 错误**;

海浪变大使得线框转速变成原来的 2 倍, 通过负载电阻的电流频率变为原来的 2 倍, **C 正确**; 海浪变大使得线框转速变成原来的 2 倍, 根据 $E_m = NBS \cdot 2\pi n$ 可知, 转速加倍, 电动势最大值加倍, 回路中电流加倍, 根据 $P = I^2 r$ 可知, 线框内阻的发热功率变为原来的 4 倍, **D 错误**.

6. C

题图剖析

作出物块与传送带共速前后的受力分析如图甲所示, 减速到 0 后的受力分析如图乙所示.



【解析】 本题考查倾斜传送带问题.

由题分析可知, 传送带足够长, 则物块先沿传送带向上减



速,由于物块与传送带间的动摩擦因数小于传送带倾角的正切值,则物块与传送带共速后继续向上减速到零,然后向下加速,**A 错误**;物块滑上传送带时,加速度沿传送带向下,为负值,大小为 $a_1 = g\sin\theta + \mu g\cos\theta$,共速后沿传送带向上减速,加速度沿传送带向下,为负值,大小为 $a_2 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$,减速为零后向下加速,加速度沿传送带向下,为负值(点拨:题干中提到以沿传送带向上为正方向),大小为 $a_3 = g\sin\theta - \mu g\cos\theta$,**B 错误**; $E_{\text{机}}-x$ 图线的斜率绝对值等于摩擦力大小(关键:除重力以外的力做的功等于机械能的变化量,本题中即摩擦力做功),物块在传送带上运动时,滑动摩擦力大小不变,开始时摩擦力向下,摩擦力做负功,机械能减小,向上速度减为与传送带共速后,到向上速度减为零的过程中摩擦力向上,摩擦力做正功,机械能增加,向下滑动时摩擦力向上,摩擦力做负功,机械能减小(关键:拐点为共速位置,之后机械能先增加,后减小,摩擦力大小方向均不变),**C 正确**; E_k-x 图线的斜率绝对值等于合力大小,物块向上减速到与传送带速度相同前,合力大小 $F_1 = mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta$,共速后向上减速为零过程中,合力大小为 $F_2 = mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$,图线斜率的绝对值变小,向下加速过程中,合力大小为 $F_3 = mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta$,**D 错误**。



1 min 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

传送带足够长,物块的初速度大于传送带的速度,物块与传送带间动摩擦因数小于传送带倾角的正切值,根据受力分析,物块一定是先大加速度减速后小加速度减速,再反向加速,无需计算大小,**A 错误**;两次加速度大小不一样,但方向相同,**B 错误**;摩擦力先向下,物块与传送带共速后一直向上,先做负功后做正功,再做负功,机械能先减小后增大再减小,**C 正确**。

7. **D** 【解析】本题考查磁场与导轨平面不垂直情况下的电磁感应问题。

在 $t=0$ 时刻,通过金属棒与导轨围成的回路的磁通量大小为 $\Phi = B_0 S \sin\alpha = B_0 Lx \sin\alpha$ (易错:磁通量求解时, B 要垂直于 S ,不垂直时需要分解 B), $0 \sim t_0$ 过程中通过金属棒的电荷量

大小为 $q = \bar{I}t_0 = \frac{\bar{E}}{2R}t_0 = \frac{\Phi - 0}{2Rt_0}t_0 = \frac{B_0 Lx \sin\alpha}{2R}$,**A 错误**;根据法拉第

电磁感应定律,0 时刻产生的感应电动势为 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} Lx \sin\alpha =$

$\frac{2B_0 Lx}{t_0}$,根据楞次定律及安培定则可得 0 时刻通过回路的电流方

向为 $abdc$ 方向,通过金属棒 cd 的电流大小为 $I = \frac{E}{2R} = \frac{B_0 Lx}{Rt_0}$,**B 错**

误;在 0 时刻金属棒 cd 所受的安培力大小为 $F_{\text{安}} = B_0 IL = \frac{B_0^2 L^2 x}{Rt_0}$,**C 错误**;根据左手定则可知, cd 棒受到的安培力方向垂

直磁场方向斜向右下方,在垂直导轨方向受力平衡,如图所

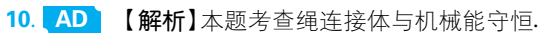
示,则 $F_{\text{支}} = mg + F_{\text{安}} \cos\alpha = mg + \frac{\sqrt{3}B_0^2 L^2 x}{2Rt_0}$,**D 正确**。



离为 $d=r_1-r_2=\frac{T}{2\pi}(v_1-v_2)$, C 错误, D 正确.

9. **AD** 【解析】本题考查带电粒子在电磁组合场中的运动.

向无关,即所有质子从同一点离开区域 II, C 错误, D 正确.



小环 M 的机械能不守恒, **B 错误**; 轻绳与竖直杆夹角 $\beta = 37^\circ$ 时, 将 M 、 N 的速度沿绳的方向和垂直于绳的方向进行分解, 由绳关联模型可知, 两小环沿绳方向的速度大小相等, 则



有 $v_M \cos 37^\circ = v_N \sin 37^\circ$, 可得 $v_N = \frac{v_M \cos 37^\circ}{\sin 37^\circ} = \frac{4}{3} v_M$, 在运动的过程中, M 、 N 组成的系统机械能守恒, 则有 $mg(l \cos 37^\circ - l \cos 60^\circ) = \frac{1}{2} m v_M^2 + \frac{1}{2} m v_N^2$, 联立解得 $v_M = 0.72 \text{ m/s}$, **C 错误**;
 设 N 的最大速度为 v_m , 根据机械能守恒定律有 $mg l (1 - \cos 60^\circ) = \frac{1}{2} m v_m^2$ (点拨: 绳的方向变为竖直前绳的拉力对 N 一直做正功, M 到最低点时 N 的速度最大), 解得 $v_m = \frac{2\sqrt{15}}{5} \text{ m/s}$, **D 正确**.

提分小卷 ▸ 2

1. **A** 【解析】本题考查原子物理相关知识.

一个氢原子 (关键: 注意“一个”和“一群”氢原子的区别) 从 $n=4$ 能级向基态跃迁时, 最多可以放出 3 种不同频率的光子, 即从 $n=4$ 到 $n=3$, $n=3$ 到 $n=2$, $n=2$ 到 $n=1$, **A 正确**; 放射性元素的质量从 $\frac{2}{3} m_0$ 变为 $\frac{1}{3} m_0$, 有半数发生衰变, 所用时间为 $182.4 \text{ d} - 67.3 \text{ d} = 115.1 \text{ d}$, 所以半衰期为 115.1 d , **B 错误**; α 粒子穿透能力比较弱, 不能穿透钢板, **C 错误**; 比结合能越大, 平均核子质量越小, 原子核越稳定, **D 错误**.

关键点拨

一个氢原子和一群氢原子的能级跃迁辨析

(1) 一个氢原子可能的情况有 (以从 $n=4$ 向基态跃迁为例):

① 放出 3 种不同频率的光子: $n=4$ 到 $n=3$, $n=3$ 到 $n=2$, $n=2$ 到 $n=1$.

② 放出 2 种不同频率的光子: $n=4$ 到 $n=3$, $n=3$ 到 $n=1$; 或 $n=4$ 到 $n=2$, $n=2$ 到 $n=1$.

③ 放出 1 种光子: $n=4$ 到 $n=1$.

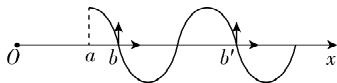
(2) 一群氢原子出现的情况有 (以从 $n=4$ 向基态跃迁为例):

$n=4$ 到 $n=3$, $n=4$ 到 $n=2$, $n=4$ 到 $n=1$, $n=3$ 到 $n=2$, $n=3$ 到 $n=1$, $n=2$ 到 $n=1$. 即放出 C_n^2 种不同频率的光子.

2. **D**

思路导引

可画出 $t=0$ 时刻的波形图, 由题意得 $t=0$ 时 a 在波峰, b 在平衡位置向上振动, 根据同侧法, 结合周期性, 找出 a 、 b 可能的位置, 如图所示.



【解析】本题考查机械波与机械振动.

由图乙、丙可得 a 、 b 两无人机振动的周期 $T=0.8 \text{ s}$, 无人机 a 的

振动方程为 $y = A \cos \left(\frac{2\pi}{T} t \right) = 5 \cos \left(\frac{2\pi}{0.8} t \right) \text{ m} = 5 \cos (2.5\pi t) \text{ m}$, **A**

错误; 由题意可知 a 、 b 两无人机间的距离满足 $n\lambda + \frac{\lambda}{4} = 3 \text{ m}$

($n=0, 1, 2, \dots$), 可得 $\lambda = \frac{12}{4n+1} \text{ m}$, 依次代入 n 的值可知该波

的波长不可能为 4 m , **B 错误**; 由图乙、丙可得 0.85 s 末 a 的振

动方向向下, b 的振动方向向上, **C 错误**; 无人机 b 的振动方程为



$y_b = 5\sin(2.5\pi t)$ m, 0.85 s 末, a 的位移为 $y_{a1} = 5\cos(2.5\pi \times 0.85)$ m $= 5\cos\left(\frac{\pi}{8}\right)$ m, 0.85 s 末, b 的位移为 $y_{b1} = 5\sin(2.5\pi \times 0.85)$ m $= 5\sin\left(\frac{\pi}{8}\right)$ m, 因为 $\frac{|y_{a1}|}{|y_{b1}|} = \frac{1}{\tan \frac{\pi}{8}} > \frac{1}{\tan \frac{\pi}{4}} = 1$, 所以 $|y_{a1}| > |y_{b1}|$, 可得 0.85 s 末, b 距离平衡位置比 a 更近, 可知 b 的振动速度大于 a 的振动速度, **D 正确**.

3. **C** 【解析】本题考查气体实验定律.

甲、乙两部分气体压强相等(关键:活塞 A 质量不计且与汽缸间无摩擦), 设活塞 B 的质量为 m , 打开阀门之前 $p_{\text{甲}} = p_{\text{乙}} =$

$\frac{mg}{S} + p_0 = \frac{11}{10}p_0$ (关键:活塞 B 受向下的重力、大气压强给活塞向下的压力、封闭气体给活塞向上的压力), 打开阀门之后有

$p'_{\text{甲}} = p'_{\text{乙}} = p_0$, 对于乙部分气体, 由玻意耳定律得 $p_{\text{乙}} \cdot \frac{4}{11}hS =$

$p_0 V'_{\text{乙}}$, 则乙部分剩余气体在压强为 p_0 时的体积为 $V_{\text{乙}} =$

$\frac{5}{8}V'_{\text{乙}} = \frac{1}{4}hS$, 所以甲部分气体在压强为 p_0 时的体积为

$\frac{3}{4}hS$, 故活塞 A 到汽缸底部的距离为 $\frac{3}{4}h$, **A 错误, C 正确**; 对于

甲部分气体由理想气体状态方程得 $\frac{\frac{11}{10}p_0 \cdot \frac{6}{11}hS}{T_0} = \frac{p_0 \cdot \frac{3}{4}hS}{T_{\text{甲}}}$, 解

得 $T_{\text{甲}} = \frac{5}{4}T_0$, 温度升高, 内能增加, **B、D 错误**.

4. **B** 【解析】本题考查安培力的计算.

设圆弧 CAD 部分电阻为 r , C 、 D 与内阻不计的直流电源相连

时, 回路总阻值为 $R_1 = \frac{r \times 2r}{r+2r} = \frac{2}{3}r$, 圆环所受安培力大小 $F_1 =$

$BIL = B \frac{E}{R_1} \cdot \sqrt{3}R = \frac{3\sqrt{3}BER}{2r}$; 当 P 、 Q 与该电源相连时, 回路总

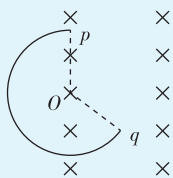
阻值为 $R_2 = \frac{1.5r \times 1.5r}{1.5r+1.5r} = \frac{3}{4}r$, 圆环所受安培力大小 $F_2 =$

$BI'L' = B \frac{E}{R_2} \cdot 2R = \frac{8BER}{3r}$, 即 $\frac{F_1}{F_2} = \frac{9\sqrt{3}}{16}$, **B 正确**.

方法总结 非直导线安培力的计算

公式 $F = BIL$ 中 L 为导线两个端点的连线在垂直于匀强磁场方向的长度, 如图, L 为 pq 连线的长度.

如有并联情况, 则 I 为并联之后干路的电流, F 为并联部分受到的合力(如本题).



5. **C** 【解析】本题考查静电感应现象.

由静电感应知, 感应电极带正电, 手指尖端感应出负电荷, **A 错误**; 电场线从正电荷指向负电荷, 由“沿电场线方向电势逐渐降低”知, 感应电极的电势比手的电势高, **B 错误**; 将感应

电极与手指尖端看作一个电容器, 由 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, $C = \frac{Q}{U}$ 和 $E =$



$\frac{U}{d}$, 可得电场强度 $E = \frac{4\pi kQ}{\epsilon_r S}$, 随着手向感应电极靠近, 感应电极靠近手指尖端的部分电荷密度越来越大, 即 Q 越来越大, 则感应电极与手指尖端之间的场强逐渐增大, **C 正确, D 错误**.

6. D 【解析】 本题考查变压器.

在题图甲中, 设 $a、b$ 端输入的电压为 U , 变压器原、副线圈匝数分别为 $n_1、n_2$, 设原线圈中电流为 I , 等效内阻为 $R' = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$, 则 $U_{ab} = IR_1 + IR' = IR_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 IR_2$, 当 $R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$ 时, R_1 消耗的功率最大, 为 $P_{1m} = \frac{U_{ab}^2}{4\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2}$, 在题图乙中, R_1

消耗的最大功率为 $P'_{1m} = \frac{U_{ab}^2}{4R_2}$, 联立各式解得 $U_{ab} = 40 \text{ V}$,

$n_1 : n_2 = 2 : 1$, **A、B 错误**; 由前面分析可得题图甲中, $R_1 = 20 \Omega$ 时, 其消耗的功率最大, **C 错误**; 在题图甲中, 当 $R_1 = 0$

时, 定值电阻 R_2 消耗的功率最大, 为 $P_{2m} = \frac{U_{ab}^2}{\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2} =$

80 W , **D 正确**.

7. C

思路导引

(1) 受力分析: 两导体棒与导轨的摩擦力大小相等, 方向相反, 所受安培力大小相等, 方向相反, 合外力大小相等, 且方向相反; (2) 运动分析: 两者质量比为 $2 : 1$, 合外力大小相等, 则加速度大小之比为 $1 : 2$, 初速度大小之比为 $1 : 2$, 则同时减到速度为 0 , 两棒在减速到 0 的过程中动量守恒; 根据动量守恒且总动量为 0 , 可知位移与质量成反比, 且初始两者相距 d , 末状态两者相距 $\frac{d}{2}$, 两者位移大小之和为 $d - \frac{d}{2} = \frac{d}{2}$, 可类比人船模型.

【解析】 本题考查电磁感应双棒问题.

ab 棒、 cd 棒受安培力大小相等, 方向相反, 摩擦力大小相等, 方向相反, 两棒构成的系统合力为 0 , 且由题意分析可知两棒同时减速到 0 , 因此系统合外力始终为 0 , 动量守恒, **A 错误**; 设向右为正方向, 从两棒开始运动到任意时刻, 由动量定理, 对 ab 棒有 $-(f + BIL) \cdot \Delta t = 2mv_1 - 2mv_0$, 对 cd 棒有 $(f + BIL) \cdot \Delta t = -mv_2 - (-2mv_0)$, 可得任意时刻都有 $v_2 = 2v_1$, 可得

位移关系 $x_2 = 2x_1$, 初始两棒相距 d , 末状态相距 $\frac{d}{2}$, 故 $x_1 +$

$x_2 = d - \frac{d}{2} = \frac{d}{2}$, 联立解得 $x_1 = \frac{d}{6}$, $x_2 = \frac{d}{3}$, **D 错误**; 电荷量 $q =$

$\frac{\Delta\Phi}{R_{\text{总}}}$, 其中磁通量变化量 $\Delta\Phi = B\Delta S = B\left(Ld - L \cdot \frac{d}{2}\right) = \frac{BLd}{2}$ (**关**

键: 系统构成的闭合回路只看初、末状态磁通量, 作差可得磁通量变化量), 总电阻 $R_{\text{总}} = r + 2r = 3r$, 代入得 $q = \frac{BLd}{6r}$, **C 正确**;

ab 棒初动能为 $E_k = \frac{1}{2} \cdot 2mv_0^2 = mv_0^2$, 全部用来克服安培力和



摩擦力做功,即 $W_{\text{克安}} + fx_1 = mv_0^2$, 解得 $W_{\text{克安}} = mv_0^2 - f \cdot \frac{d}{6}$, f 未知, ab 棒克服安培力所做的功无法求出, **B 错误**.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

双棒所受摩擦力等大反向,属于无外力等距双棒模型,动量守恒,**A 错误**;又合动量为零,类似人船模型,位移与质量成反比,**D 错误**;有摩擦力,计算克服安培力做功肯定需要摩擦力大小,**B 错误**,选 **C**.

8. BC 【解析】 本题考查带电粒子在正方形磁场中的运动.

若磁感应强度的大小恒定, v_0 大小不同,电子在磁场中的运

动时间为 $t = \frac{\theta}{2\pi} \cdot T = \frac{\theta}{2\pi} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\theta m}{qB}$, 可知运动时间与轨迹所

对圆心角成正比,则有 $t_1 = t_2 > t_3$, **A 错误, B 正确**;若 v_0 恒定,磁感应强度的大小不同,设正方形 $abcd$ 的边长为 L ,则有

$t_1 = \frac{\pi \cdot \frac{L}{4}}{v_0}$, $t_2 = \frac{\pi \cdot \frac{L}{2}}{v_0}$, $t_3 = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot L}{v_0}$, 则有 $t_1 < t_2 = t_3$, **C 正确, D 错误**.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

假设磁场无边界,电子运动到 ab 所在直线上,磁感应强度相同则时间相同,磁感应强度不同则时间不同,只有 **B、C** 满足.

9. BD**思路导引**

将小滑块的运动进行分解: 竖直起点为 O , 竖直初速度为 0 , 且只受重力, 可视为自由落体运动; 水平方向除支持力以外, 没有其他力, 做匀速圆周运动.

【解析】 本题考查运动的合成与分解.

设小滑块做圆周运动的周期为 T , 竖直方向, 根据题意有

$1.6 \text{ m} = \frac{1}{2}g(3T)^2 - \frac{1}{2}gT^2$ (关键: 相邻两次经过 O 点下方的

时间间隔相等, 等于圆周运动的周期 T), 解得 $T = 0.2 \text{ s}$, 滑块

的初速度 $v_0 = \frac{2\pi R}{T}$, 可得 $v_0 = 3 \text{ m/s}$, **A 错误**; 小滑块经过 O_2

点时, 竖直方向的速度大小 $v_y = g \cdot 2T = 4 \text{ m/s}$, 小滑块经过 O_2

点的速度大小为 $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = 5 \text{ m/s}$ (易错: 需要将竖直跟水平的速度合成得到合速度), **B 正确**; 小滑块在水平方向上只

受到与速度垂直的支持力, 则小滑块的水平速度大小保持不

变, 根据 $N = m \frac{v_{\text{水平}}^2}{R}$ 可知小滑块运动过程中受到筒壁的支持力

大小不变, 根据牛顿第三定律可知小滑块运动过程中对筒壁的压力大小不变, **C 错误, D 正确**.

10. AD 【解析】 本题考查包含电动机的多过程问题.

重物在 BC 段匀速运动, 得电动机的牵引力为 $F = mgsin \theta +$

$\mu mgcos \theta = 500 \text{ N}$, 又 $P = Fv_m$, 联立解得 $v_m = \frac{P}{F} = 4 \text{ m/s}$, 重物



到达 B 点之前速度已达到最大值,所以重物到达 B 点时的速度大小为 4 m/s , **A 正确**;重物在 AB 段根据动能定理有 $Pt_2 - mgx_{AB}\sin\theta - \mu mgx_{AB}\cos\theta = \frac{1}{2}mv_m^2$,代入数据解得 $x_{AB} = 7.2 \text{ m}$ (关键:功率一定时,用 $W=Pt$ 求变力做功),则重物在 AB 段的平均速度大小为 $\bar{v} = \frac{x_{AB}}{t_2} = 3.6 \text{ m/s}$, **B 错误**;重物在 BC 段匀速运动,有 $x_{BC} = v_m(t_3 - t_2) = 40 \text{ m}$,重物在 CD 段运动过程中,由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta + \mu mg \cdot \cos\theta = ma$,解得 $a = g\sin\theta + \mu g\cos\theta = 10 \text{ m/s}^2$,由运动学公式有 $0 - v_m^2 = -2ax_{CD}$,联立解得 $x_{CD} = \frac{v_m^2}{2a} = 0.8 \text{ m}$,则斜坡 $ABCD$ 的长度为 $x = x_{AB} + x_{BC} + x_{CD} = 48 \text{ m}$, **C 错误**;全过程重物增加的机械能为 $E_1 = mgx\sin\theta$ (关键:即系统储存的机械能),整个过程由能量守恒得电动机消耗的总电能转化为重物增加的机械能和摩擦产生的内能,故可知 $E_2 = E_1 + \mu mg\cos\theta \cdot x$,则 $\frac{E_1}{E_2} = \frac{mgx\sin\theta}{mgx\sin\theta + \mu mg\cos\theta \cdot x} = \frac{\sin\theta}{\sin\theta + \mu\cos\theta} = \frac{3}{5}$, **D 正确**.

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

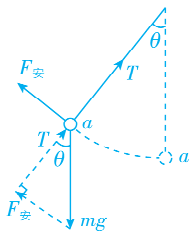
绕同一中心天体运动,低轨高速大加速度小周期,选 A.

2. **C** 【解析】本题考查衰变与比结合能.

根据核反应质量数、电荷数守恒,计算得 X 的质量数 $A = 137 - 137 = 0$,电荷数 $Z = 55 - 56 = -1$,因此 X 为电子(β 粒子),该衰变为 β 衰变, β 衰变产生的电子来源于原子核内中子转化为质子时释放的粒子,并非 Cs 的核外电子, **A 错误**; β 射线的穿透能力强于 α 射线(α 射线一张纸即可阻挡, β 射线可穿透几毫米厚铝板), **B 错误**;该衰变过程释放能量,生成物 $^{137}_{56}\text{Ba}$ 比反应物 $^{137}_{55}\text{Cs}$ 更稳定,原子核的比结合能越大,原子核越稳定,因此 $^{137}_{56}\text{Ba}$ 的比结合能大于 $^{137}_{55}\text{Cs}$ 的比结合能, **C 正确**;半衰期是放射性原子核的固有属性,仅由核内部结构决定,与元素的化学状态无关,因此 $^{137}_{55}\text{Cs}$ 以化合物形式存在时半衰期不变, **D 错误**.

3. **B** 【解析】本题考查导体棒动态平衡问题.

由题意可知,导体棒所受安培力偏左,故对导体棒受力分析,如图所示,由左手定则可判断,导体棒中电流方向为由 a 指向 b , **A 错误**;由受力分析可知,安培力始终与软导线上的拉力垂直,根据平衡条件有





$T = mg \cos \theta$, $F_{\text{安}} = BIL = mg \sin \theta$, 因在该过程中软导线与竖直方向的夹角变大, 故 T 变小, $F_{\text{安}}$ 变大, 电流 I 变大, **B 正确, C 错误**; 在整个过程中重力做负功, 拉力不做功, 且导体棒缓慢移动, 即动能变化量为零, 根据动能定理有 $W_G + W_{\text{安}} = \Delta E_k = 0$, 解得 $W_{\text{安}} = -W_G$, 可知安培力做正功 (**快解: 导体棒受到的安培力的方向时刻与运动方向相同, 安培力做正功**), **D 错误**.

易错警示

磁场辐向分布, 即导体棒所在位置的磁感应强度时刻沿着软导线方向, 安培力方向时刻与软导线垂直, 易误认为导体棒所在位置的磁场方向一直竖直向下, 安培力方向一直水平向左.

4. C 【解析】 本题考查电容器与二极管的结合.

设 P 与 N 的竖直距离为 H , 平行板电容器两极板间的电压为 U , 距离为 d , 正对面积为 S , 对小球由 P 到 N 用动能定理有 $mgH - Uq = 0$, 二极管左边为负极右边为正极, 开关闭合后两端接正向电压, 故电容器可以充电, 根据平行板电容器的电

容 $C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$, 仅将 B 板稍微上移, 板间距离减小, 电容增大, 电容器充电, 稳定时平行板电容器上下极板的电压 U 不变, N 到 P 的距离变小为 H' , 假设小球仍可以运动到 N 处, 在 N 处速度大小为 v , 重新对小球由 P 点到 N 用动能定理有 $mgH' - Uq = \frac{1}{2}mv^2$, 得动能为负值, 则带电小球不可以运动至 N 处, **A 错误**; 若将 A 板上移, 板间距离增大, 电容减小, 由于二极管左边为负极右边为正极, 电容器无法放电, 电荷量不变 (**关键: 虽开关闭合, 但二极管不允许放电电流通过, 相当于电容器与电路断开**), 则两板间电压增大, 同理由动能定理分析可得如果小球能到 N 处, 则在 N 处时动能为负值 (**关键: 动能不可能小于 0**), 即带电小球不可以运动至 N 处, **B 错误**; 若仅将滑动变阻器的滑片上移, 则滑动变阻器接入电路的电阻变大, 电路稳定时通过 R_0 的电流减小, 电阻 R_0 两端电压变小, 但二极管左边为负极右边为正极, 电容器无法放电, 所以电容器两端的电压保持不变, 则带电小球仍恰好能运动至 N 处, **C 正确**; 断开开关 S , 电容器电容不变, 板间电压不会变化 (**点拨: 二极管阻止反向电流通过, 电容器电荷量不变**), 所以带电小球仍可以运动至 N 处, **D 错误**.

5. D 【解析】 本题考查简谐运动.

平衡位置是小球合力为零的位置, 小球自身受重力, 两弹簧弹力的合力需要平衡重力, 因此两弹簧弹力不为零, **A 错误**; $t = 0.05\pi$ s 时, 小球位移 y 达到正向最大值, 加速度为负向最大, **B 错误**; $t = 0.15\pi$ s 时, 小球位移 y 达到负向最大值, 说明小球在最低点, 加速度向上且最大, 由系统的牛顿第二定律可知此时地面对箱子向上的作用力达最大, 根据牛顿第三定律, 箱子 P 对地面的压力最大, 同理可得小球在最高点 ($t = 0.05\pi$ s) 时, 箱子对地面压力最小, **C 错误**; $t = 0.1\pi$ s 时, $y = 0$, 小球刚好在平衡位置, 简谐运动中, 平衡位置处回复力为零, 速度最大, **D 正确**.

6. A 【解析】 本题考查斜抛运动与极值问题.

石弹抛出速度最小时, 其运动轨迹恰好经过城墙上端两边缘, 最高点恰好在城墙中心正上方, 设石弹经过城墙左边缘时的速度



大小为 v_1 , 速度方向与水平方向的夹角为 θ , 石弹由城墙左边缘到右边缘所用的时间为 t , 斜抛运动水平方向 $d = v_1 \cos \theta \cdot t$, 竖直方向 $0 = v_1 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$, 解得 $v_1 = \sqrt{\frac{gd}{\sin 2\theta}}$, 当 $\theta = 45^\circ$ 时, v_1 具有最小值 $v_{1\min} = \sqrt{gd}$, 石弹抛出后至经过城墙左边缘过程, 由动能定理有 $-mgh = \frac{1}{2} m v_{1\min}^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$, 解得石弹抛出时的最小速度大小 $v_0 = \sqrt{g(2h+d)}$, **A 正确**.

7. **C** 【解析】本题考查电场叠加与对称法.

B 点处的正点电荷在 A 点处产生的场强方向竖直向下, 由题意可知 A 点处电场强度为零, 则在圆环上的电荷在 A 点处产生的场强方向竖直向上, 即圆环带正电荷 (点拨: A 点处场强为 B 点处正点电荷和圆环在 A 点处产生的场强的矢量和), **A 错误**; B 点处的正点电荷产生的电场在 A 点处的电势大于零, 圆环产生的电场在 A 点处的电势也大于零, 根据电势为标量可知 A 点处的电势是正的, 不为零, **B 错误**; A 点处电场强度为零, 由场强的叠加原理可知, 圆环上的电荷在 A 点处产生的电场强度大小 $E_{\text{环}} = E_q = \frac{kq}{(2d)^2} = \frac{kq}{4d^2}$, 由对称性可知, 圆环上的电荷在 C 点处产生的电场强度大小也为 $\frac{kq}{4d^2}$, 方向竖直向下, 则 C 点处电场强度大小 $E_C = E_{qC} + E_{\text{环}C} = \frac{kq}{(4d)^2} + \frac{kq}{4d^2} = \frac{5kq}{16d^2}$, **C 正确**; 将 B 点处的点电荷以 O 点为圆心在竖直面内顺时针转过 90° 后固定, 由对称性可知, A 、 C 两点处的电场强度大小相等但方向不同, 则 A 、 C 两点处的电场强度不同 (易错: 注意场强的矢量性, 易误认为场强大小相等即为场强相同), **D 错误**.

方法总结

求解特殊带电体电场强度的计算方法

等效法	在保证效果相同的前提下, 将复杂的电场情境变换为简单的或熟悉的电场情境
对称法	空间上对称分布的电荷形成的电场具有对称性
补偿法	将有缺损的带电空腔球补全为全球, 或将有缺口的带电圆环补全为圆环, 或将半球面补全为球面等
微元法	可将带电圆环、带电平面等分成许多微元电荷, 每个微元电荷可看成点电荷, 再利用公式和电场强度叠加原理求出合电场强度



30 s 速解

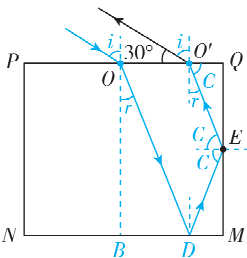
哈尔滨工业大学——何翔宇

A 点场强为零, 圆环只能带正电, **A 错误**; 场强为零电势不一定为零, 点电荷和圆环产生的电场在 A 点的电势均为正, 则 A 点电势大于零, **B 错误**; 场强为矢量, 圆环在 A 、 C 的场强方向相反, 旋转后点电荷电场在 A 、 C 处的场强方向关于虚线对称, 根据矢量合成, 方向不同, **D 错误**, 选 **C**.



8. BD 【解析】本题考查光的全反射。

由题知, QM 边恰好无红光射出, 则光在 E 点发生全反射, 作出光路图, 如图所示, 根据几何关系可知在 O' 点, 光在真空中的折射角 $i = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$, 光在介质中的入射角 $r = 90^\circ - C$, 根据折射定律有 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$



$\frac{\sin i}{\sin (90^\circ - C)}$ (关键: 计算折射率时, 分子为真空中夹角的正弦值), 又光在 E 点发生全反射, 则有 $\sin C = \frac{1}{n}$, 联立解得

$\sin C = \frac{2}{\sqrt{7}}, n = \frac{\sqrt{7}}{2}, \sin r = \sqrt{\frac{3}{7}}$, A 错误, B 正确; 光从 O 点入

射到 O' 点射出, 根据几何关系, 可知光线在两点与 PQ 夹角相同, 根据几何关系, 可知光通过的路程为 $s = OD + DE +$

EO' , 根据几何关系有 $OD = \frac{h}{\cos r}, DE = EO' = \frac{h}{\sin C}$, 又 $\cos r =$

$\sqrt{1 - \sin^2 r} = \frac{2}{\sqrt{7}}$, 联立可得 $s = \sqrt{7}h$, 光在介质中传播的速度为

$v = \frac{c}{n} = \frac{2c}{\sqrt{7}}$, 则光在底座内从 O 点传播到 O' 点的时间为 $t =$

$\frac{s}{v} = \frac{7h}{2c}$, C 错误, D 正确.

9. BC 【解析】本题考查动量守恒。

由题图(b)可知 A 、 B 共速时速度大小为 $\frac{v_0}{3}$, 规定向右为正方向, 由动量守恒有 $mv_0 = (m + M) \frac{v_0}{3}$, 解得物体 B 的质量 $M =$

$2m$, A 错误; 设物体 A 与轻弹簧分离时, A 、 B 速度分别为 v_A 、 v_B , 则由动量守恒定律有 $mv_0 = mv_A + Mv_B$, 由能量守恒定律有

$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}Mv_B^2$, 联立解得 $v_B = \frac{2}{3}v_0$, B 正确; 设 A 、 B

在 t_2 前任意时刻速度分别为 v_{A1} 、 v_{B1} , 由动量守恒定律有 $mv_0 = mv_{A1} + Mv_{B1}$, 整理得 $mv_0 t_0 = mx_{A1} + Mx_{B1}$ (点拨: 微元法, 速度

在时间上累加后是位移), 其中 $x_B = \frac{1}{10}v_0 t_0$, 联立解得 $x_A =$

$\frac{4}{5}v_0 t_0$, C 正确; 物体 A 与轻弹簧接触的过程中, 由于水平面

光滑, 两物体 A 、 B 组成的系统动量守恒, 该过程 A 、 B 的机械能

能与弹簧弹性势能相互转化, 所以 A 、 B 系统机械能不守恒, D 错误.



1 min 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

A 、 B 与弹簧构成的系统动量守恒、机械能守恒, 但 A 、 B 系统机械能不守恒, D 错误; 根据动量守恒得到 B 质量为 $2m$, A 错误, 选 B、C.

10. BD 【解析】本题考查带电粒子在复合场中的运动。

一粒子从 O 点以水平速度 v_0 离开复合场区域后进入一云室, 对粒子电性没有要求, 若粒子做匀速直线运动, 有 $qv_0 B_1 =$



Eq , 可知 $v_0 = \frac{E}{B_1}$, 无论粒子带正电还是负电, 都可以匀速穿过, 当 v_0 大于 $\frac{E}{B_1}$, 此时有 $qv_0 B_1 > Eq$, 粒子做一般曲线运动, 但是粒子在 O 点速度方向仍有可能水平向右, **A 错误, B 正确**;

若 $F_f = k_1 q$, 根据动能定理有 $\frac{1}{2}mv_0^2 = k_1 qs$, 可得该粒子在云室内的总路程为 $\frac{mv_0^2}{2k_1 q}$, **C 错误**; 若 $F_f = k_2 v$, 设运动中速度的水平分量为 v_x , 速度的竖直分量为 v_y , 水平方向有 $-\sum qv_y B_2 \Delta t - \sum k_2 v_x \Delta t = 0 - mv_0$, 可得 $qB_2 y + k_2 x = mv_0$, 竖直方向有 $\sum qv_x B_2 \Delta t - \sum k_2 v_y \Delta t = 0$, 可得 $qB_2 x = k_2 y$, 可得该粒子在云室内的位移为 $\sqrt{x^2 + y^2} = \frac{mv_0}{\sqrt{q^2 B_2^2 + k_2^2}}$, **D 正确**.

提分小卷 ▶ 4

1. **D** 【解析】本题考查电场线与等势面.

电场线从高等势面指向低等势面, a 点电势比 c 点电势低, **A 错误**; a 处电场线比 c 处密集, a 处电场强度大于 c 处电场强度, **B 错误**; b 处电势为 -0.4 V , 电子在 b 处具有的电势能为 0.4 eV (易错: 电子带负电), **C 错误**; 将一电子从 a 点移到 c 点, 电场力做正功, $W = qU = 4 \text{ eV}$, 电势能减少 4 eV , **D 正确**.

2. **D** 【解析】本题考查原子物理.

放射性元素的半衰期是指该元素的原子核有半数发生衰变所需的时间, 半衰期是统计规律, 不存在“全部衰变所用时间”的确定值, 半衰期并非全部衰变时间的一半, **A 错误**; 原子核的核子数越多, 总结合能越大, 但原子核的稳定性由比结合能 (平均每个核子的结合能) 决定, 比结合能越大核子结合越牢固、原子核越稳定, **B 错误**; α 粒子是氦原子核, 粒子质量大、带电荷量多, 电离能力强, 穿透能力较弱, 一张普通纸张即可将其阻挡, **C 错误**; β 衰变的本质是原子核内的中子转化为质子和电子, 该过程是由弱相互作用引起的, **D 正确**.

3. **A** 【解析】本题考查光的干涉与折射.

单色光通过双缝发生的是干涉, 干涉图样是间隔均匀明暗相间的条纹, **A 正确**; 分析图 (b) 中的光路, 光从空气到水, 应该是入射角大于折射角 (关键: 水相对空气是光密介质), **B 错误**; 连接图 (c) 中的 O_1 、 O_2 可知, 光在 O_1 点折射时, 折射角应该小于入射角, 出射光线应向左移动至入射光线延长线左侧 (关键: 玻璃相对空气是光密介质), **C 错误**; 肥皂薄膜上出现彩色条纹属于薄膜干涉现象, 由于重力影响, 薄膜上薄下厚且从上到下薄膜厚度变化越来越剧烈, 故条纹间距上宽下窄, **D 错误**.

4. **B** 【解析】本题考查天体运动.

微型卫星与空间站同步做匀速圆周运动 (关键: 两者的角速度 ω 相同), $T = \frac{2\pi}{\omega}$, 可知两者的运动周期相同, **A 错误**; 根据向心加速度公式 $a = \omega^2 r$, 微型卫星的轨道半径大于空间站的轨道半径, 所以微型卫星的加速度比空间站的加速度大, **B 正确**; 对于空间站, 万有引力提供向心力, 有 $G \frac{Mm}{r_{\text{站}}^2} =$



$m\omega^2 r_{\text{站}}$, 对于微型卫星, 万有引力不足以提供所需向心力, $m'\omega^2 r_{\text{卫}} > G \frac{Mm'}{r_{\text{卫}}^2}$, 机械臂必须对微型卫星施加指向圆心的拉力, **C 错误**; 微型卫星脱落后, 只受万有引力作用, 由 C 选项分析可知, 此时万有引力小于其做圆周运动所需的向心力, 微型卫星将做离心运动, **D 错误**.

5. **D** 【解析】本题考查远距离输电与变压器.

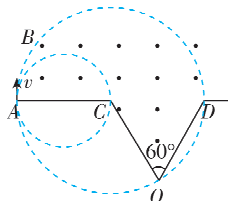
由图乙知交流电的周期为 0.02 s , 所以频率为 $f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$, **A 错误**; 图乙所示电压的瞬时值表达式为 $u = 311 \sin 100\pi t (\text{V})$, **B 错误**; 将降压变压器及副线圈电路等效为一个电阻, 则 $R_{\text{等}} = \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 (R_1 + R_2)$, 有 $U_2 = I_2 R + I_2 R_{\text{等}} = I_2 R + I_2 \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 (R_1 + R_2)$, 当滑片 P 向 a 端滑动时, R_2 连入电路的阻值变小, 升压变压器副线圈两端电压 U_2 不变, 则输电线上的电流 I_2 变大, 输电线上的电压变大, 降压变压器原线圈两端电压 U_3 变小, 副线圈两端电压 U_4 变小, 由 $\frac{I_3}{I_4} = \frac{I_2}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}$, 可知降压变压器右侧电路上的电流 I_4 增大, 电阻 R_1 两端的电压变大, R_2 两端的电压变小, 电压表示数变小, **C 错误**; 由图乙知, 升压变压器输入端电压有效值为 $U_1 = \frac{311}{\sqrt{2}} \text{ V} = 220 \text{ V}$, 若升压变压器的输入功率为 66 kW , 则 $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{66 \times 10^3}{220} \text{ A} = 300 \text{ A}$, 根据理想变压器原、副线圈电流与匝数的关系有 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1000}{100}$, 所以 $I_2 = 30 \text{ A}$, 所以远距离输电线路损耗功率为 $\Delta P = I_2^2 R = 30^2 \times 10 \text{ W} = 9 \text{ kW}$, **D 正确**.

6. **C** 【解析】本题考查平抛运动与功能关系.

装置对小球做的功用于提高小球的机械能 (重力势能与动能), 设将小球抬升至高度 h 后以初速度 v_0 水平射出, 则装置对小球做的功为 $W = mgh + \frac{1}{2}mv_0^2$, 对于后续的平抛运动, 在水平方向上到达收集孔时, 时间为 $t = \frac{l}{v_0}$ (关键: 水平位移确定, 小球水平方向做匀速直线运动), 同时竖直方向上小球做自由落体运动, $h = \frac{1}{2}gt^2$, 联立各式可得 $W = mgh + mg \frac{l^2}{4h}$, 根据数学知识可知当 $mgh = mg \frac{l^2}{4h}$ 时对小球做功有最小值 (关键: 利用数学的均值不等式), 即当且仅当 $h = \frac{l}{2}$ 时取到最小值 $W_{\min} = mgl = 40 \text{ J}$, **C 正确**.

7. **D** 【解析】本题考查带电粒子在不规则边界磁场中的运动.

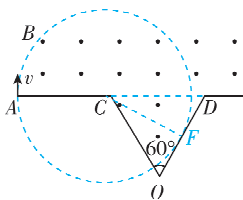
如图甲所示,



甲



带电粒子从 C 点或 D 点射出磁场时,运动时间最短,有 $t_1 = \frac{1}{2}T$,由 $qvB = \frac{mv^2}{r}$, $T = \frac{2\pi r}{v}$,解得 $t_1 = \frac{\pi m}{qB}$, **A 错误**;如图乙所示,



乙

带电粒子运动轨迹与 OD 相切,从 OC 边界射出磁场时,运动

时间最长,若粒子从切点 F 射出,有 $t_2 = \frac{\frac{\pi}{6} + \pi}{2\pi}T = \frac{7}{12}T$,解得

$t_2 = \frac{7\pi m}{6qB}$,但粒子经过 F 点后,还要继续运动,从 OC 边射

出,则 $t_{\max} > \frac{7\pi m}{6qB}$, **B 错误**;根据几何关系可知,当 $R = L$ 时,粒

子轨迹过 D 点,从 D 点射出,当粒子从切点 F 射出,粒子在

OD 上射出位置离 D 点最远,由几何关系 $R' + \frac{R'}{\cos 30^\circ} = 2L$,解

得 $R' = \frac{2\sqrt{3}L}{2+\sqrt{3}}$, OD 上有粒子射出的长度为 $x = R' \tan 30^\circ = (4 -$

$2\sqrt{3})L$, **C 错误, D 正确**.

8. **BD** 【解析】本题考查变质量问题.

容器密闭时,加热过程可以看成等容变化,根据查理定律可得

$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1}$,代入数据解得 $p_1 = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$, **A 错误, B 正确**;若容器

漏气,则压强从 p_0 到 p_2 的过程中,根据理想气体状态方程,得

$\frac{p_0 V_0}{T_0} = \frac{p_2 V_0}{T_1} + \frac{p_2 V_1}{T_1}$,其中 $T_0 = 300 \text{ K}$, $T_1 = 600 \text{ K}$,解得 $V_1 =$

$\frac{4}{3} \text{ m}^3$,泄漏出去的气体质量与剩余在鼎中的气体质量之比为

$n = \frac{V_1}{V_0} = \frac{\frac{4}{3}}{4} = \frac{1}{3}$, **C 错误, D 正确**.

方法总结

容器漏气过程中容器内剩余气体的质量不断发生变化,属于变质量问题,如果选容器内剩余气体和漏掉的气体整体为研究对象,便可使“变质量”问题转化成“定质量”问题.

一题多解

根据 $pV = \frac{m}{M}RT$,可知原有气体的质量与剩余

气体质量之比为 $\frac{m}{m_{\text{余}}} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{4}{3}$,故泄漏出去的气体质量与

剩余在鼎中的气体质量之比为 $n = \frac{m - m_{\text{余}}}{m_{\text{余}}} = \frac{\frac{4}{3}m_{\text{余}} - m_{\text{余}}}{m_{\text{余}}} =$

$\frac{1}{3}$, **C 错误, D 正确**.

9. **BC** 【解析】本题考查电磁感应双棒问题.



t_1 时刻,导体棒中的电流为 $I = \frac{BLv_a - BLv_b}{2R} = \frac{BL(v_a - v_b)}{2R} = \frac{BLv_0}{8R}$

(点拨:两导体棒都运动后,两导体棒在回路中产生的感应电流方向相反),根据牛顿第二定律有 $BIL = ma$,解得 a 棒加速度大

小 $a = \frac{B^2 L^2 v_0}{8mR}$, **A 错误**; t_2 时刻两棒开始做匀速直线运动,对两

棒组成的系统,根据动量守恒定律有 $mv_0 = 2mv$,得 $v = \frac{v_0}{2}$, $0 \sim$

t_2 时间内某一时刻两棒受到的安培力大小为 $F = BI'L = \frac{B^2 L^2 (v_a - v_b)}{2R}$,安培力在一段很短时间 Δt 内的冲量大小为

$F\Delta t = \frac{B^2 L^2 (v_a - v_b)}{2R} \Delta t = \frac{B^2 L^2 (v_a \Delta t - v_b \Delta t)}{2R}$,该式在 $0 \sim t_2$ 时间内

对时间求和并对导体棒 b 运用动量定理得 $\frac{B^2 L^2 (x_a - x_b)}{2R} = mv -$

0 ,得 $x_a - x_b = \frac{mv_0 R}{B^2 L^2}$, t_2 时刻,两棒之间的距离为 $x = x_0 + (x_a -$

$x_b) = x_0 + \frac{mv_0 R}{B^2 L^2}$, **B 正确**; $0 \sim t_2$ 时间内对导体棒 b 运用动量定

理得 $B\bar{I}L t_2 = mv - 0$,又 $\bar{I} t_2 = q$,得 $q = \frac{mv_0}{2BL}$, **C 正确**; $0 \sim t_2$ 时间内

两导体棒产生的热量相等,设均为 Q ,对两棒组成的系统,根据能量守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times 2mv^2 + 2Q$,得 $Q = \frac{1}{8}mv_0^2$, **D**

错误.

10. **ACD** 【解析】本题考查弹簧振子与板块模型.

先对物块由动量定理可知 $I = m_2 v$,再对物块和木板组成的系统,由动量守恒定律可知 $m_2 v = (m_1 + m_2) v_1$,代入数据有 $v_1 = 1 \text{ m/s}$, **A 正确**;假设木板与小物块之间不会发生相对滑动,则从木板接触弹簧到二者速度减为 0 ,根据机械能守恒

定律有 $\frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_1^2 = \frac{1}{2} k x_m^2$,解得弹簧最大压缩量 $x_m =$

$\frac{\sqrt{5}}{5} \text{ m}$,此时对木板和物块组成的系统有 $k x_m = (m_1 +$

$m_2) a_{\text{共}}$,解得 $a_{\text{共}} = \sqrt{5} \text{ m/s}^2$,而小物块最大加速度大小 $a_2 =$

$\mu g = 1 \text{ m/s}^2 < a_{\text{共}}$,可知假设不成立,当 $k x_1 = (m_1 + m_2) a_2$ 时物块与木板之间即将相对滑动,解得此时的弹簧压缩量 $x_1 =$

0.2 m , **C 正确**;物块和木板组成的系统相对滑动之前,与弹

簧组成弹簧振子,周期为 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}}$,代入数据有 $T =$

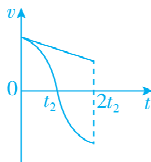
$\frac{2\pi\sqrt{5}}{5} \text{ s}$,物块和木板相对滑动之后,木板不再具有 $T =$

$\frac{2\pi\sqrt{5}}{5} \text{ s}$ 的周期,则 $t_1 \neq \frac{T}{4} = \frac{\pi\sqrt{5}}{10} \text{ s}$, **B 错误**;从木板与物块相

对滑动到木板向右减速到零的过程中,对木板有 $kx - \mu m_2 g = m_1 a$,木板加速度继续增大,由于木板的加速度大于物块的加速度,经 t_2 木板向右减速到零,此时物块仍向右运动,所受摩擦力不变,木板向左加速至弹簧形变量为 x_1 的过程中,受向左的弹簧弹力和向右的摩擦力,由对称可知,与物块加速度首次相同用时 t_2 ,二者的 $v-t$ 图像如图所示, **D**



正确.



提分小卷 ▶ 5

1. **B** 【解析】本题考查光学现象、近代物理综合分析.

光学镜头上的增透膜利用的是光的薄膜干涉原理,通过膜前后表面反射光的干涉相消减少反射光、增加透射光,与光的偏振现象无关,**A 错误**;激光具有平行度好的特点,远距离传播时发散程度极低,可通过测量激光往返地月的时间计算二者距离,**B 正确**;光电效应的截止频率满足公式 $h\nu_c = W_0$,其中 W_0 是金属的逸出功,属于金属的固有属性,因此截止频率仅由金属本身决定(关键:由此得出与入射光频率无关),**C 错误**;衍射是波特有的性质,电子束穿过铝箔后的衍射图样揭示了电子的波动性,**D 错误**.

2. **B** 【解析】本题考查气体实验定律.

根据 $m = \rho V$, $\frac{pV}{T} = C$, 可得 $p = \frac{CT}{m} \cdot \rho$ (关键:由此得出图像斜率的意义),由题图可知气体在 $A \rightarrow B$ 过程中,温度不变,则内能不变,**A 错误**;对比 A 、 C 状态可得 $p_0 = \frac{CT_0}{m} \cdot \rho_0 = \frac{CT_c}{m} \cdot 2\rho_0$,可得状态 C 时,气体的温度为 $T_c = \frac{1}{2}T_0$,**B 正确**;因为 $A \rightarrow B$ 过程中,气体温度不变,对比 A 、 B 状态可得 $p_0 = \frac{CT_0}{m} \cdot \rho_0$, $p_B = \frac{CT_0}{m} \cdot 2\rho_0$,可得状态 B 时,气体的压强为 $p_B = 2p_0$,**C 错误**;在 $C \rightarrow A$ 过程中,气体压强不变,由 $T_c < T_0$ 可知气体温度升高,气体分子的平均动能增大,根据气体压强微观意义可知,单位时间内与器壁单位面积撞击的分子数减少,**D 错误**.

3. **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**.

4. **D** 【解析】本题考查带电体在匀强电场和重力场中的运动.



设小球所受合力方向与竖直方向夹角为 θ , 从 A 到 B 速度变化量的方向与合力方向相同, 由对称性可知, 合力方向沿 AB 连线的垂直平分线斜向右下方, 则有 $\tan \theta = \frac{v_B}{v_A} = \frac{qE_x}{mg + qE_y} = 1$, 且 $E_x^2 + E_y^2 = E^2$, 可得 $qE_x = 4mg$, $qE_y = 3mg$, 故匀强电场方向斜向右下, 与竖直方向的夹角 α 的正切值为 $\tan \alpha = \frac{4}{3}$, **A 错误**; 当小球的速度方向与合力方向垂直时有最小速度, 小球在 B 点时其速度方向与合外力之间的夹角为锐角, 小球速度不是最小值, **B 错误**; 可将小球所受合力按水平和竖直方向分解, 则小球竖直方向先做匀减速运动, 到最高点后做方向向下的匀加速运动, 则由竖直分运动可知小球由 A 运动到 B 和由 B 运动到 C 时间相同, 小球从 A 到 C 在水平方向做初速度为零的匀加速直线运动, 所以 A 、 B 两点与 B 、 C 两点之间水平距离之比为 $1:3$, **C 错误**; 小球由 A 运动至 C 过程中电场力与速度方向的夹角由钝角逐渐变化到锐角, 所以电场力先做负功后做正功, 所以电势能先增大后减小, **D 正确**.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

先定性分析, 等效重力场解决, 小球在 A 、 B 两位置处动能相同, 则重力和电场力的合力与 AB 连线垂直, 电场方向斜向右下方, 速度最小的位置应为初速度沿合力方向分量减小到 0 处, 不是 B 点, **A、B 错误**; 电场力与速度夹角先钝角后锐角, 先做负功后做正功, 电势能先增大后减小, **D 正确**.

5. C 【解析】 本题考查机械波的传播.

由波形图可知, 介质 1 中波长 $\lambda_1 = 4 \text{ m}$, 周期 $T = 0.8 \text{ s}$ (**关键: 0.8 s 波前进 4 m, 刚好一个周期的波形**), 介质 1 中波速 $v_1 =$

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = 5 \text{ m/s}, \text{ 频率 } f = \frac{1}{T} = 1.25 \text{ Hz}, \text{ 波的频率由波源决定, 不同}$$

介质中频率不变, 因此介质 2 中频率仍为 1.25 Hz , **A 错误**; 介质 2 中波速 $v_2 = 2v_1 = 10 \text{ m/s}$, **B 错误**; 波从 S 到 $O(x=0)$ 的时间 $t_1 = \frac{7 \text{ m}}{v_1} = 1.4 \text{ s}$, 波从 O 到 P 的时间 $t_2 = \frac{4 \text{ m}}{v_2} = 0.4 \text{ s}$, 因此 P

开始振动的时刻 $t_{\text{起}} = t_1 + t_2 = 1.8 \text{ s}$, $0 \sim 2.8 \text{ s}$ 内 P 振动的时间 $\Delta t' = 1.0 \text{ s} = \frac{5}{4}T$, 原振幅 $A_1 = 6 \text{ cm}$, 介质 2 中振幅 $A_2 = \frac{2}{3}A_1 =$

$$4 \text{ cm}, P \text{ 从平衡位置开始向下振动, 总路程 } s = \frac{5}{4} \times 4A_2 = 5A_2 =$$

$$20 \text{ cm}, \text{C 正确}; \text{波沿 } x \text{ 轴负方向传播, 用上下坡法可得 } t = 0.8 \text{ s} \text{ 时 } M \text{ 点的振动方向向下, 因此 } P \text{ 点起振方向向下} (\text{关键: 所有}$$

质点起振方向相同且与波源起振方向一致), **D 错误**.

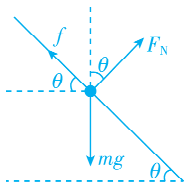
6. B 【解析】 本题考查冰坑中的圆周运动.

在方式甲中, 挑战者很难离开冰坑, 通常还是会滑回坑底, 说明挑战者受到的摩擦力小于重力的下滑分力, 即有 $mg \sin \theta > \mu mg \cos \theta$ (**点拨: 冰坑的侧面属于斜面模型**), **A 错误**; 在甲图方式中, 其最大静摩擦力 $f_{\text{甲}} = \mu mg \cos \theta$, 在乙图方式中, 对挑战者受力分析如图所示, 在水平方向上, 根据牛顿第二定律

$$\text{则有 } F_N \sin \theta - f \cos \theta = \frac{mv^2}{r}, \text{ 其中 } v \text{ 为挑战者做圆周运动的线速度, } r \text{ 为挑战者在该平面做圆周运动的半径, 在竖直方向}$$

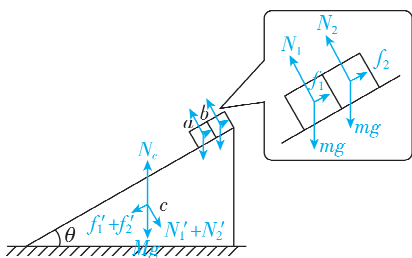


上,根据平衡条件可得 $F_N \cos \theta + f \sin \theta = mg$, 联立解得 $F_N = mg \cos \theta + \frac{mv^2}{r} \sin \theta$, 最大静摩擦力 $f_Z = \mu F_N = \mu mg \cos \theta + \mu \frac{mv^2}{r} \sin \theta$, 则 $f_{\text{甲}} \neq f_Z$, **B 正确**; 在乙方式中, 由上述分析可知, 支持力与摩擦力在水平方向的合力提供挑战者做圆周运动的向心力, 因此不能利用 $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{r}$ 求每圈的最小速度 (关键: 摩擦力达到最大静摩擦力时, 有最小速度), **C 错误**; 由题可知, 冰坑的深度为 $h = R \tan \theta$, 整个过程中, 挑战者克服重力做的功 $W_c = mgh = mgR \tan \theta$, 除此之外, 挑战者还须使自身至少达到离开冰坑所需的最小速度而做一部分功, 故在方式乙中, 挑战者离开冰坑做的功至少大于 $mgR \tan \theta$, **D 错误**.



7. D

题图剖析



【解析】 本题考查滑块与斜面模型.

设两小滑块质量为 m , 斜面质量为 M , 初始阶段, 斜面 c 所受的水平方向的合力为 $F_c = 2mg \cos \theta \sin \theta - (\mu_1 mg \cos \theta + \mu_2 mg \cos \theta) \cos \theta$, 又知 $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$, 联立解得斜面 c 所受的水平方向的合力 $F_c = 0$, 斜面 c 保持静止状态, 对 a 滑块有 $mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta = ma_1$, 对 b 滑块有 $mg \sin \theta - \mu_2 mg \cos \theta = ma_2$, 又知 $\mu_1 < \mu_2$ 且 $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$, 联立解得 $a_1 + a_2 = 0$, $a_1 > 0$, $a_2 < 0$, 故 a 滑块做匀加速直线运动, b 滑块做匀减速直线运动, 两滑块之间距离逐渐增大, 初始阶段, 由于摩擦力对 a 、 b 两滑块做负功, 故 a 、 b 两滑块的机械能都减小, 当 b 滑块的速度减为 0 以后, a 滑块的机械能继续减小, b 滑块、斜面 c 相对静止, 共同向右加速, b 滑块的机械能增加, 故 b 滑块的机械能先减小后增大, 斜面 c 的机械能先不变后增大, **A、B 错误**; 当 b 滑块相对于斜面 c 的速度减为 0 以后, a 滑块继续沿斜面向下加速运动, b 滑块、斜面 c 相对静止, 共同向右加速运动, 故 a 、 b 、 c 系统竖直方向的动量增加, 总动量不守恒, **C 错误**; 由于 $a_1 + a_2 = 0$, 故 $a_2 = -a_1$, 初始阶段, 斜面 c 保持静止, 设 a 、 b 的初速度为 v_0 , 经历时间 t 后, a 、 b 两滑块的速度大小分别为 $v_a = v_0 + a_1 t$, $v_b = v_0 - a_1 t$, a 、 b 两



滑块的总动能为 $\frac{1}{2}m(v_0+a_1t)^2 + \frac{1}{2}m(v_0-a_1t)^2 = mv_0^2 + m(a_1t)^2 >$

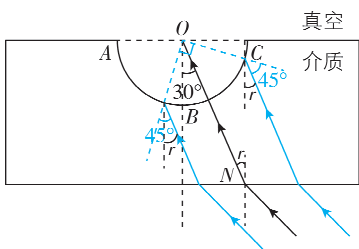
$\frac{1}{2} \times 2mv_0^2$, 总动能增加, 当 b 滑块相对于斜面 c 的速度减为 0

以后, a 滑块继续沿斜面向下加速运动, 滑块 b 、斜面 c 相对静止, 共同向右加速运动, 故 a 、 b 、 c 系统的总动能增加, 所以, a 、 b 、 c 系统的总动能一直增加, **D 正确**.

8. **AC** 【解析】本题考查光的折射与全反射.

由几何关系和光路可逆可知, 真空中的入射角为 45° , 介质中的折射角为 $r=30^\circ$, 由折射定律得 $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{2}$, **A 正确**; 根

据全反射临界角公式可得 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, 可得临界角为 $C = 45^\circ$, 介质中入射角小于 45° 的该色激光均可射出, 可射出光线的弧线范围如图所示,



由几何关系可知, 该范围对应的圆心角为 $\alpha = 2C = 90^\circ$, 占弧线 ABC 圆心角 180° 的一半, 即 ABC 弧线上有二分之一的长度能有光射出, **B 错误**; 真空中的入射角减小, 仅减小介质中的折射角, 临界角不改变, 根据上述分析可知, ABC 弧线上能有光射出的长度不变, **C 正确**; 入射激光的频率增大, 介质对其折射率增大, 临界角减小, 根据上述分析可知, ABC 弧线上能有光射出的长度变小, **D 错误**.

9. **BC** 【解析】本题考查电磁感应双棒问题.

因为 P 、 Q 受到的安培力大小不相等 (点拨: 串联电路电流大小相同, $F=BIL$ 中只有 L 不同, 故两棒安培力大小不等), 合力不为零, 所以整个过程金属棒 P 、 Q 动量不守恒, **A 错误**; 选取水平向右为正方向, 对 P 、 Q 分别应用动量定理, 对 P 有 $-F_{P安} \cdot t = mv_P - mv_0$, 对 Q 有 $F_{Q安} \cdot t = Mv_Q$, 其中 $F_{P安} = 3F_{Q安}$, 整理得 $mv_0 - mv_P = 3Mv_Q$, 两棒最后匀速时, 电路中无电流, 此时回路总电动势为零, 必有 $3BLv_P = BLv_Q$, 即 $v_Q = 3v_P$, 联立

解得 $v_P = \frac{2}{19} \text{ m/s}$, $v_Q = \frac{6}{19} \text{ m/s}$, **B 正确**; 在 Q 加速过程中根据动

量定理有 $\sum BiL\Delta t = Mv_Q - 0$, 又电荷量 $q = \sum i\Delta t$, 解得 $q = \frac{60}{19} \text{ C}$, **C**

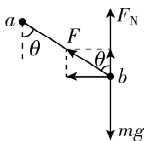
正确; 根据 $q = \frac{\Delta\Phi}{2R} = \frac{B\Delta S}{2R}$, 代入数据解得 $\Delta S = \frac{240}{19} \text{ m}^2$, **D 错误**.

10. **BCD**



题图剖析

b 离开水平面前:

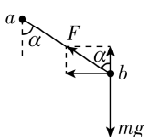


对 b : $F \sin \theta = m\omega^2 r = m\omega^2 l \sin \theta$

$$F \cos \theta + F_N = mg$$

$\omega \uparrow F \uparrow F_N \downarrow x \uparrow$

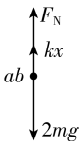
b 离开水平面后:



对 b : $F \sin \alpha = m\omega^2 r = m\omega^2 l \sin \alpha$

$$F \cos \alpha = mg$$

$\omega \uparrow F \uparrow \alpha \uparrow r \uparrow$



对 ab 整体:

$$\text{竖直方向上有 } kx + F_N = 2mg$$



对 ab 整体:

$$\text{竖直方向上有 } 2mg = kx$$

【解析】 本题考查圆锥摆与弹簧的结合.

由题图剖析可知,当小球 b 离开水平面以后,弹簧的弹力大小等于两个小球的总重力大小(关键:对两个小球整体分析,竖直方向合力为零),弹簧的弹力不随角速度 ω 增大而增大, **A 错误**; 设细杆与竖直方向成 α 角,细杆上的弹力大小为 F ,当小球 b 离开水平面以后,根据牛顿第二定律得 $F \sin \alpha = m\omega^2 r$, 又因为 $r = l \sin \alpha$, 解得 $F = m\omega^2 l$, 轻质细杆的弹力与 ω^2 成正比,小球 b 在水平面上时有 $F \sin \alpha = m\omega^2 l \sin \alpha$, 依旧有 $F = m\omega^2 l$, **B 正确**; 设小球 b 刚好离开水平面时的角速度为 ω_1' , 竖直方向根据平衡条件得 $kx = 2mg$, 解得 $x = 0.5 \text{ m}$, 因弹簧原长为 1 m , 则此时弹簧长度是 0.5 m , 轻质细杆与竖直方向的夹角是 60° , 水平方向根据牛顿第二定律得 $mg \tan 60^\circ = m\omega_1'^2 l \sin 60^\circ$, 解得 $\omega_1' = 2\sqrt{5} \text{ rad/s}$, 当 $\omega = 5 \text{ rad/s}$ 时, 小球 b 已经离开水平面, 弹簧的弹力大小为 $kx = 2mg = 10 \text{ N}$, **C 正确**; 当 $\omega_1 = 2\sqrt{5} \text{ rad/s}$ 时, 小球 b 恰好离开水平面, 做圆周运动的半径 $r_1 = l \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ m}$, 当 $\omega_2 = 6 \text{ rad/s}$ 时, 小球 b 已离开水平面, 设小球 b 做圆周运动的半径为 r_2 , 由上述分析易知 $r_2 > r_1$, 弹簧长度不变, 小球 a 位置不变, 弹簧和小球 a 组成系统的机械能不变, 小球 b 增加的动能为 $\Delta E_k = \frac{1}{2} m (\omega_2 r_2)^2 - \frac{1}{2} m (\omega_1 r_1)^2 > \frac{1}{2} m r_1^2 (\omega_2^2 - \omega_1^2) = 3 \text{ J}$, 小球 b 的重力势能也增加了(关键:小球 b 离开水平面后杆与竖直方向的夹角增大), 所以小球 b 的机械能的增加量大于 3 J , 故当 ω 分别为 $\omega_2 = 6 \text{ rad/s}$ 和 $\omega_1 = 2\sqrt{5} \text{ rad/s}$ 时, a 、 b 小球及弹簧组成的系统机械能之差大于 3 J , **D 正确**.

关键点拨

本题突破口在于分析弹簧弹力时,需对 a 、 b 小球整体分析,化繁为简. 小球 b 离开水平面后,弹簧弹力不变,小球 a 势能不变. 小球 b 离开水平面前,随着角速度的增加,小球 b 受到水平面的支持力减小,弹簧弹力增加.