



小卷提速 · 限时

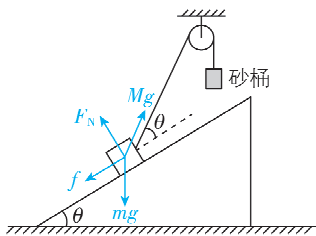
限时小卷 ▶ 1

1. **A** 【解析】本题考查牛顿运动定律与超重。

乘客站上扶梯后,随扶梯加速阶段,乘客的加速度斜向上,有竖直向上的分加速度和水平向右的分加速度,根据牛顿第二定律,在竖直方向上,扶梯对乘客的支持力大于其重力,乘客处于超重状态,在水平方向上,乘客受到水平向右的摩擦力提供水平分加速度, **A 正确, C 错误**; 扶梯匀速向上运动时,乘客受到的合力为 0,则支持力大小等于重力大小, **B、D 错误**。

2. **C** 【解析】本题考查斜面上的共点力平衡。

M 最大时物块所受斜面的最大静摩擦力沿斜面向下 (关键: M 越大, 越容易拉着砂桶运动), 整个系统始终处于静止状态, 则细线上的拉力大小等于 Mg , 对物块受力分析如图所示, 沿斜面方向有 $Mg \cos \theta = mg \sin \theta + \mu (mg \cos \theta - Mg \sin \theta)$ (易错: 一定要注意细线上的拉力在垂直斜面方向有分量, 会影响支持力及摩擦力), 解得 $M = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta} m = \frac{10}{11} m$, **C 正确**。

3. **B** 【解析】本题考查核聚变与质能方程。

根据电荷数守恒, 左侧总电荷数为 $1+1=2$, 右侧中子电荷数为 0, 则 X 的电荷数为 2, 根据质量数守恒, 左侧总质量数为 $2+2=4$, 右侧中子质量数为 1, 则 X 的质量数为 $4-1=3$, 则 X 为 ${}^3_2\text{He}$, **D 错误**; 该反应是轻核 (氘核) 结合成质量较大的核并释放能量的过程, 属于核聚变反应, **A 错误**; 反应前两个氘核的总结结合能为 $2 \times 2E = 4E$, ${}^3_2\text{He}$ 有 3 个核子, 设其比结合能为 E_x , 则结合能为 $3E_x$, 释放的核能 ΔE 等于反应后总结结合能与反应前总结结合能之差, 即 $\Delta E = 3E_x - 4E$, 解得 $E_x = \frac{4E + \Delta E}{3} =$

$\frac{4}{3}E + \frac{\Delta E}{3}$, **B 正确**; 左侧总质量为 $2m_1$, 右侧总质量为 $m_x + m_2$, 质量亏损 $\Delta m = 2m_1 - m_x - m_2$, 根据质能方程 $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$, 得 X 的质量为 $m_x = 2m_1 - m_2 - \frac{\Delta E}{c^2}$, **C 错误**。

4. **C** 【解析】本题考查热力学第一定律。

充气气球用绳子拴着一块石头正在湖水中缓慢下沉, 越往下水温越低, 气体内能减小 (点拨: 理想气体的内能只与温度有关), **A 错误**; 充气气球用绳子拴着一块石头在下降的过程中, 水温越来越低, 压强逐渐增大, 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$ 可知, 气球体积减小, 气体对外界做负功 (点拨: 外界



对气体做正功), **B 错误**; 气球下降时, 气球内气体内能减小, 外界对气体做功, 根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$, 气体放出的热量大于减小的内能, **C 正确, D 错误**.

5. **B** 【解析】本题考查平抛运动.

钢球以 v_0 的水平速度飞出后落在挡板 AB 中点, 假设挡板与水平地面的夹角为 θ , 挡板长度为 L , 钢球做平抛运动, 水平方向有 $\frac{L}{2} \cos \theta = v_0 t$, 竖直方向有 $\frac{L}{2} \sin \theta = \frac{1}{2} g t^2$, 若钢球恰好落在 B 点, 则水平方向有 $L \cos \theta = v_1 t_1$, 竖直方向有 $L \sin \theta = \frac{1}{2} g t_1^2$, 解得 $t_1 = \sqrt{2} t$, $v_1 = \sqrt{2} v_0$, 因为 $2v_0 > v_1$, 所以钢球以 $2v_0$ 的速度水平飞出, 会落在地面上 B 点右侧, 竖直方向仍有 $L \sin \theta = \frac{1}{2} g t_1^2$, 下落时间为 $t_1 = \sqrt{2} t$, **A、C、D 错误, B 正确**.

6. **B** 【解析】本题考查单摆与天体质量和密度的计算.

单摆周期公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$, 可得 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$ (关键: 固有频率与重力加速度有关, 即与星球有关), 由于月球表面的重力加速度小于地球表面的重力加速度, 所以该单摆在月球上的固有频率为 f_1 , 设月球表面的重力加速度为 $g_{\text{月}}$, 则有 $f_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g_{\text{月}}}{L}}$, $f_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$, 所以单摆的摆长为 $L = \frac{g}{4\pi^2 f_2^2}$, 可得月球表面的重力加速度为 $g_{\text{月}} = \frac{f_1^2}{f_2^2} g$, **A、C 错误, B 正确**; 质量为 m 的物体在月球表面上, 有 $\frac{GM_{\text{月}} m}{r^2} = mg_{\text{月}}$, 解得月球质量为 $M_{\text{月}} = \frac{f_1^2 r^2 g}{G f_2^2}$, 根据 $M_{\text{月}} = \rho_{\text{月}} \times \frac{4}{3} \pi r^3$, 可得月球的密度为 $\rho_{\text{月}} = \frac{3g f_1^2}{4\pi G r f_2^2}$, **D 错误**.

7. **C** 【解析】本题考查交变电流与变压器.

线圈位于图乙所示位置时, 磁通量为零, 但切割磁感线的有效速度最大, 感应电动势最大, 磁通量变化率最大 (易错: 磁通量为 0 时, 电动势最大; 磁通量最大时, 电动势为 0), 根据右手定则, 感应电流方向从 B 到 A , **A 错误**; 对原线圈回路有 $U = I_1 R_1 + U_1$, $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$, 对副线圈回路有 $U_2 = I_2 R_2$, 根据理想变压器原、副线圈电压、

电流与匝数的关系有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 当 R_2 取最小值时联立解得 $I_1 = 40 \text{ A}$, $I_2 = 4 \text{ A}$, **B 错误**; 同理, 当 R_2 取最大值时有 $I'_1 = 10 \text{ A}$, 所以每秒消耗的风能为 $E = \frac{U I'_1}{40\%} = 11\,000 \text{ J}$, **D 错误**; R_2 取最

小值, 线圈转过 90° , 磁通量的变化量为 $\Delta \Phi = BS$, 输出电压的最大值为 $U_m = NBS\omega = 440\sqrt{2} \text{ V}$, 角速度 $\omega = 20\pi \text{ rad/s}$, 通过 R_1 的电

荷量为 $q = \bar{I} \cdot t = N \frac{\Delta \Phi}{R_{\text{总}}}$, 根据等效电阻法可知 $R_{\text{总}} = R_1 + \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$

(关键: 将 R_2 等效到原线圈处与 R_1 串联, 等效电阻为 $R_{\text{等}} = \frac{U_1}{I_1} =$

$\frac{U_2 n_1}{I_2 n_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \frac{U_2}{I_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$), 通过 R_2 的电荷量为 $q' = \frac{1}{10} q$ (关

键: 副线圈电流为原线圈电流的 $\frac{1}{10}$), 联立解得 $q' = \frac{\sqrt{2}}{5\pi} \text{ C}$,

C 正确.

8. **A** 【解析】本题考查法拉第电磁感应定律.



已知 $B = k \frac{i}{r}$, 设电流 $i = I_m \sin \omega t$ (I_m 为电流最大值), 在距离

管线为 r 处, 磁感应强度大小 $B = \frac{kI_m}{r} \sin \omega t$, 线框面积为 S , 当

线框在 O 、 P 位置竖直放置时, 线框平面与磁场方向垂直 (点

拨: 管线附近的磁场方向遵

循安培定则, 垂直 OP 向左

或向右), 在 O 点竖直放置

时产生的感应电动势 $E_o =$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} S = \frac{kI_m \omega S \cos \omega t}{h}, \text{ 在 } P \text{ 点}$$

竖直放置时产生的感应电动

$$\text{势 } E_p = \frac{\Delta B}{\Delta t} S = \frac{kI_m \omega S \cos \omega t}{h + y_p}, \text{ 设}$$

M 点的坐标为 $(x_M, 0)$, N 点的坐标为 $(x_N, 0)$, 线框在 M 点竖

直放置时, 如图所示, 线框平面与半径方向夹角为 θ , 则

$$\cos \theta = \frac{h}{\sqrt{h^2 + x_M^2}}, \text{ 感应电动势 } E_M = \frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \theta = \frac{kI_m \omega \cos \omega t}{\sqrt{h^2 + x_M^2}} S \cdot$$

$\frac{h}{\sqrt{h^2 + x_M^2}} = \frac{kI_m \omega S h \cos \omega t}{h^2 + x_M^2}$ (关键: 注意磁感应强度方向与线框平

面不垂直, 需求出垂直部分分量), 当线框在 M 点水平放置

时, 线框平面与半径方向的夹角为 $\beta = 90^\circ - \theta$, 产生的感应电

动势 $E'_M = \frac{\Delta B}{\Delta t} S \cos \beta = \frac{kI_m \omega S x_M \cos \omega t}{h^2 + x_M^2}$, 在 N 点水平放置时产生

的感应电动势 $E'_N = \frac{kI_m \omega S x_N \cos \omega t}{h^2 + x_N^2}$. 若已知线框在 M 、 N 两点

水平放置时的感应电动势 E'_M 和 E'_N , 可以求得 $\frac{E'_M}{E'_N} = \frac{x_M}{x_N}$, 如果

已知 $x_N - x_M = d$, 可以求得 x_M 与 x_N 的值, 但无法求得 h , **A 正**

确; 若已知线框在 O 、 P 两点竖直放置时的感应电动势 E_o 、

E_p , 可以求得 $\frac{E_o}{E_p} = \frac{h + y_p}{h}$, 如果再知道 O 、 P 的距离 y_p , 可求得 h

值, **B 错误**; 若知道线框在 M 点水平放置和竖直放置时的感

应电动势 E'_M 和 E_M , 可以求得 $\frac{E'_M}{E_M} = \frac{h}{x_M}$, 若再知道 O 、 M 的距离

x_M , 可以求得 h 值, **C 错误**; 若线框在 M 点感应电动势最大时

与水平面的夹角为 α , 线框方向与半径方向相同, 可求得

$\tan \alpha = \frac{h}{x_M}$, 若再知道 O 、 M 的距离 x_M , 可以求得 h 值, **D 错误**.

9. BD 【解析】本题考查弹簧类问题、机械能守恒定律、牛顿

第二定律的应用.

小球从 O 点第一次运动到 P 点的过程中, 小球的速度先增大

后减小, 即小球先加速后减速, 当加速度为零时, 速度最

大, 则小球的加速度方向先向下后向上, 由于小球受到重力和

弹簧弹力的合力先减小后反向增大, 根据牛顿第二定律可

知其加速度先减小后增大, **A 错误, B 正确**; 小球从 O 点第

一次运动到 P 点的过程中, 弹簧弹力对小球一直做负功, 小球

的机械能一直减小, **C 错误, D 正确**.

一题多解 小球从 O 点第一次运动到 P 点的过程, 可近

似为简谐运动, 小球的加速度先减小后增大, 小球的速度

先增大后减小, **A 错误, B 正确**; 小球与弹簧组成的系统机

械能守恒, 小球从 O 点第一次运动到 P 点的过程弹簧的形

变量增大, 弹性势能增大, 所以小球的机械能一直减小, **C**

错误, D 正确.

10. BC 【解析】本题考查波的叠加.

甲波的波长为 $\lambda_{\text{甲}} = 60 \text{ cm}$, 甲波的频率为 $f_{\text{甲}} = \frac{v}{\lambda_{\text{甲}}} =$



$\frac{1}{3}$ Hz, 乙波的波长为 $\lambda_Z = 80$ cm, 乙波的频率为 $f_Z = \frac{v}{\lambda_Z} =$

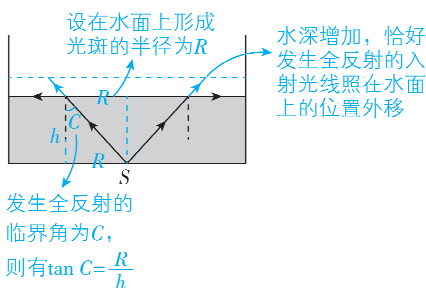
$\frac{1}{4}$ Hz, 甲波与乙波的频率之比为 $\frac{f_{\text{甲}}}{f_Z} = \frac{4}{3}$, **A 错误**; 由同侧法

可知, $t=0$ 时刻, 两列波均在 $x=0$ 处的质点处引起振动, 且振动方向均沿 y 轴正方向, 所以该质点沿 y 轴正方向运动 (关键: 两列波均在该介质中传播, 则判断质点的运动情况时需要将两波叠加), **B 正确**; 若要介质中出现位移为 20 cm

的质点, 则说明两列波的波峰相向而行并相遇, 分析可知, $t=0$ 时刻开始, $x=90$ cm 处的甲的波峰向右传播, $x=100$ cm 处的乙的波峰向左传播, 两列波的波峰相遇时有 $vt+vt=10$ cm, 解得 $t=0.25$ s, **C 正确**; $t=0$ 时刻, 在质点平衡位置从 -500 cm 到 500 cm 的范围内, 位移为 -20 cm 的质点有 4 个: 平衡位置在 $x=60$ cm 处的 A 点, A 点左侧 $3\lambda_Z = 4\lambda_{\text{甲}} = 240$ cm 处, A 点左侧 $6\lambda_Z = 8\lambda_{\text{甲}} = 480$ cm 处, A 点右侧 $3\lambda_Z = 4\lambda_{\text{甲}} = 240$ cm 处, **D 错误**.

11. AC

题图剖析



【解析】 本题考查光的全反射与光斑范围.

设在水面形成的光斑的半径为 R , 水面上形成的光斑边缘光线恰好发生全反射, 入射角等于临界角 C , 根据几何关系

知 $\tan C = \frac{R}{h}$, 继续向泳池内注水增加水深, 临界角 C 不

变, 被光源照亮的水面的半径增大, 被照亮区域的面积增大, **A 正确**; 根据 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知, 将水换成折射率比水大的

某种液体, 临界角 C 减小, 根据 $\tan C = \frac{R}{h}$ 可知, 被光源照亮的区域的半径减小, 被照亮区域的面积减小, **B 错误**; 由数

学关系可知 $\tan C = \sqrt{\frac{1}{n^2-1}}$, 由圆的面积计算公式可得 $S_1 =$

πR^2 , 联立解得 $S_1 = \frac{\pi h^2}{n^2-1}$, **C 正确**; 光在水中传播到圆形区域

边缘的距离 $s = \frac{h}{\cos C} = \frac{n}{\sqrt{n^2-1}}h$, 传播速度为 $v = \frac{c}{n}$, 传播时

间 $t = \frac{s}{v} = \frac{n^2 h}{c \sqrt{n^2-1}}$, **D 错误**.

12. CD 【解析】 本题考查带电粒子在匀强磁场中的螺旋运动.

设带电粒子水平方向速度分量为 v_x , 竖直方向速度分量为 v_y , 由分析可知带电粒子的螺旋运动可分解为平行于磁场方向向右的匀速直线运动 (其速度大小为 v_x) 和垂直于磁场方向的匀速圆周运动 (其速度大小为 v_y), 带电粒子速度 v_0 与磁场反方向夹角为 θ , 故平行于磁场方向的速度分量为 $v_x = v_0 \cos \theta$, 垂直于磁场方向的速度分量为 $v_y = v_0 \sin \theta$, 设带电粒子垂直磁场方向做匀速圆周运动的半径为 r , 由洛伦兹力提供向心力有 $Bqv_y = m \frac{v_y^2}{r}$, 解得 $r = \frac{mv_y}{Bq} = \frac{mv_0 \sin \theta}{Bq}$, **A 错误**; 相邻螺旋间距即“螺距”, 是在一个圆周运动周期内粒子平行于磁

场方向的位移大小, 设匀速圆周运动的周期为 T , 根据周期与



圆周运动速度的关系有 $T = \frac{2\pi r}{v_y} = \frac{2\pi m}{Bq}$, 所以螺距为 $x = v_x T =$

$\frac{2\pi mv_0 \cos \theta}{Bq}$ (关键: 两分运动具有等时性), **B 错误**; 粒子所

受洛伦兹力的大小为 $F = Bqv_y = Bqv_0 \sin \theta$, 由于洛伦兹力不做功, 粒子速度大小 v_0 始终不变, 根据牛顿第二定律有 $F =$

ma , 解得 $a = \frac{F}{m} = \frac{qv_0 B \sin \theta}{m}$, 可知加速度大小不变 (点拨: q 、

v_0 、 B 、 θ 、 m 均为定值), **C 正确**; 粒子在一个周期内的轨迹为“螺旋线”, 包围的体积可视为圆柱体体积, 其底面积为粒子做匀速圆周运动的圆面积, 高为螺距 x , 由上述分析可知粒

子做匀速圆周运动的半径为 $r = \frac{mv_0 \sin \theta}{Bq}$, 所以圆柱体的底

面积为 $S = \pi r^2 = \pi \left(\frac{mv_0 \sin \theta}{Bq} \right)^2$, 高为 $x = \frac{2\pi mv_0 \cos \theta}{Bq}$, 所以圆

柱体的体积为 $V = Sx = \pi \left(\frac{mv_0 \sin \theta}{Bq} \right)^2 \cdot \frac{2\pi mv_0 \cos \theta}{Bq} =$

$\frac{2\pi^2 m^3 v_0^3 \sin^2 \theta \cdot \cos \theta}{B^3 q^3}$, 要使圆柱体的体积最大, 需要 $\sin^2 \theta \cdot$

$\cos \theta$ 最大, 令 $f(\theta) = \sin^2 \theta \cdot \cos \theta$, 利用三角函数关系 $\sin^2 \theta =$

$1 - \cos^2 \theta$, 得 $f(\theta) = \sin^2 \theta \cdot \cos \theta = (1 - \cos^2 \theta) \cos \theta = \cos \theta -$

$\cos^3 \theta$, 对 $f(\theta)$ 求导并令导数为 0, 可解得存在 θ 使 $f(\theta)$ 最大, 所以体积 V 有最大值, 即当夹角 θ 满足某一条件时, 粒子在一个周期运动轨迹所包围的体积有最大值, **D 正确**.

限时小卷 ▶ 2

1. **B** 【解析】本题考查分子动理论.

分子间同时存在引力和斥力, 气凝胶的弹性是分子间引力和斥力共同作用的结果, 并非只存在引力, **A 错误**; 温度是分子平均动能的标志, 温度越高, 分子平均动能越大, 因此气凝胶内空气分子的平均动能随温度升高而增大, **B 正确**; 布朗运动是悬浮在流体中的固体小颗粒的无规则运动, 不是分子自身的运动, 气凝胶分子的无规则运动属于热运动, 不属于布朗运动, **C 错误**; 温度越高, 分子热运动越剧烈, 气凝胶耐高温是因为其材料结构热稳定性好, 并非分子热运动随温度升高而减弱, **D 错误**.

2. **A** 【解析】本题考查电场强度与电势叠加.

由电势的叠加原理可知, 离正电荷越近电势越高, 则 c 点的电势高于 d 点, **A 正确**; b 、 e 两点关于电荷连线上下对称, 沿电场线的切线方向为电场的方向, 故 b 、 e 两点的电场强度大小相等, 方向不同, **B 错误**; 从 a 点到 e 点, 电势降低, 负电荷的电势能增大, 故从 a 点移到 e 点电场力对负电荷做负功, **C 错误**; a 点电势比 b 点高, 故负电荷在 a 点电势能比 b 点小, **D 错误**.

3. **D** 【解析】本题考查光子能量.

根据光速、波长和频率的关系 $c = \lambda \nu$, 可得绿光频率 $\nu = \frac{c}{\lambda}$, **A**

错误; 单个绿光光子的能量为 $E = \frac{hc}{\lambda}$, 光源每秒辐射的总能量

为 P , 因此每秒辐射的光子数 $n = \frac{P}{E} = \frac{P\lambda}{hc}$, **B 错误**; 光源向各

方向均匀辐射光子, 球面面积 $S_{\text{球}} = 4\pi r^2$, 瞳孔面积 $S_{\text{瞳}} =$

$\frac{\pi d^2}{4}$, 二者比值为 $\frac{S_{\text{瞳}}}{S_{\text{球}}} = \frac{\pi d^2}{4 \cdot 4\pi r^2} = \frac{d^2}{16r^2}$ (关键: 能量均匀

分布在半径为 r 的球面上, 瞳孔面积与瞳孔所在处以光源为球心的球面面积之比即为能量占比), **C 错误**; 人眼刚好能看到光源时, 每秒进入瞳孔的光子数为 N , 每秒进入瞳孔的光



子数满足 $\frac{n}{4\pi r_{\max}^2} \cdot S_{\text{瞳}} = N$, 代入 $n = \frac{P\lambda}{hc}$ 、 $S_{\text{瞳}} = \frac{\pi d^2}{4}$, 化简可得

$$r_{\max} = \sqrt{\frac{P\lambda d^2}{16hcN}}, \text{D 正确.}$$



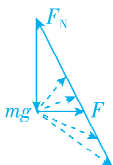
30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

A、B 选项根据公式计算, C 选项, 瞳孔接收到的光能量与光源辐射总能量应该与面积有关, 不会出现 3 有关倍数, C 错误, 排除后选择 D.

4. **B** 【解析】本题考查动态平衡问题.

小球受力分析如图所示(点拨: 重力大小和方向均不变, 支持力方向不变, 构建三角形进行受力分析), F 逆时针缓慢旋转 45° 的过程中, 拉力 F 先减小后增大, F_N 一直减小, F 与 F_N 垂直时拉



力 F 最小, 最小值为 $F = mg \sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$, F 逆时针旋转至

45° 时, F_N 最小, 由正弦定理得 $\frac{F_N}{\sin 45^\circ} = \frac{mg}{\sin 105^\circ}$, 解得 F_N 的

最小值为 $F_N = (\sqrt{3} - 1)mg$, **B 正确, A 错误**; F 顺时针缓慢旋转 45° 的过程中, 由图知, 拉力 F 和 F_N 一直增大, F_N 的最小

值 $F_{N\min} = \frac{mg}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg$, **C、D 错误**.

5. **C** 【解析】本题考查理想变压器与电路动态分析.

由题图乙可知, 交流电的周期为 $T = 0.02 \text{ s}$, 频率为 $f = \frac{1}{T} =$

50 Hz , **A 错误**; 由题图乙可知, 交流电压的最大值为 $220\sqrt{2} \text{ V}$, 有效值为 220 V , 电压表的示数为有效值, 根据理想

变压器原、副线圈电压关系 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{11}{1}$, 得电压表的示数为

20 V , **B 错误**; 在天逐渐变亮的过程中, 光敏电阻的阻值变

小, 副线圈两端电压不变, 则副线圈的电流变大, 由 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 可

得原线圈的电流即 A_1 示数变大(关键: 原线圈电流由副线圈电流决定), 原线圈两端电压不变, 则理想变压器的输入功率

$P = U_1 I_1$ 变大, **C 正确, D 错误**.

6. **D** 【解析】本题考查竖直圆周运动临界条件.

过山车要能通过 D 点, 须满足 $H > 2R \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right)$ (点拨: H 大于 BD 的竖直高度), 另外, 过山车要能安全行驶(过山车对轨道一直有压力)至 F 点, 通过 E 点时须满足 $m \frac{v_E^2}{R} < mg \cos \frac{\theta}{2}$

(关键: 过 E 点时与接触面有挤压, 重力沿半径方向的分力与支持力的合力提供向心力), 过山车由 P 点运动到 E 点的过程, 由动能定理得 $mg \left[H - R \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) \right] = \frac{1}{2}mv_E^2 - 0$, 联立得

$2R \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) < H < R \left(1 - \frac{1}{2} \cos \frac{\theta}{2} \right)$, 要想 H 存在, 须满足

$2R \left(1 - \cos \frac{\theta}{2} \right) < R \left(1 - \frac{1}{2} \cos \frac{\theta}{2} \right)$, 解得 $\cos \frac{\theta}{2} > \frac{2}{3}$, 若 $\theta \leq$



90° , 则 $\cos \frac{\theta}{2} \geq \frac{\sqrt{2}}{2} > \frac{2}{3}$, 若 $\theta = 120^\circ$, 则 $\cos \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2} < \frac{2}{3}$, **D**

正确.



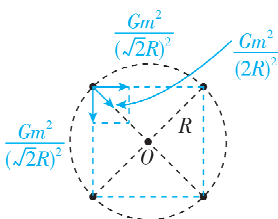
30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

过山车经过凸圆弧 CDE 时存在离心趋势, 需要重力的径向分力提供向心力且还要保留一部分分力平衡轨道的支持力, 角越大, 重力沿半径指向圆心的分力越小, 可用于对抗离心趋势的有效分量就越小, 更容易发生离心脱离, 单选题选不合理的角度, 故选择角度最大的 **D** 选项.

7. B 【解析】本题考查四星系统与万有引力.

四个星体所在位置不同, 向心力方向分别指向圆心, 方向不同, 所以向心力不同(易错: 一定不能忘记力是矢量, 方向可能不同), **A** 错误; 任意一个星体受其他三个星体的万有引力的合力提供向心力, 如



图所示, 相邻星体距离为 $\sqrt{2}R$, 对角星体距离为 $2R$, 合力大小 $F =$

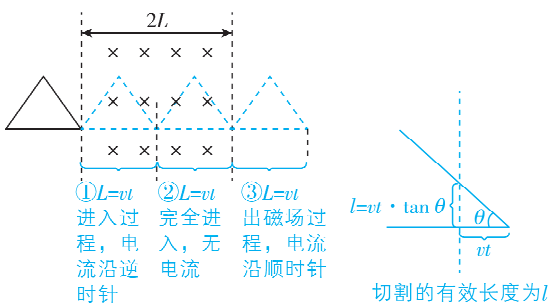
$$2G \frac{m^2}{(\sqrt{2}R)^2} \cos 45^\circ + G \frac{m^2}{(2R)^2} = \frac{(2\sqrt{2}+1)Gm^2}{4R^2}, \text{B 正确; 根据向心力}$$

$$\text{公式 } F = m \frac{4\pi^2}{T^2} R, \text{ 解得周期 } T = 4\pi \sqrt{\frac{R^3}{(2\sqrt{2}+1)Gm}}, \text{C 错误; 根据向}$$

$$\text{心力公式 } F = m \frac{v^2}{R}, \text{ 解得线速度大小 } v = \sqrt{\frac{(2\sqrt{2}+1)Gm}{4R}}, \text{D 错误.}$$

8. A

题图剖析



【解析】本题考查三角形线框切割磁感线问题.

根据楞次定律结合安培定则判断, 线框进入磁场的过程中, 感应电流的方向为逆时针方向, 即为正方向, 线框离开磁场的过程中, 感应电流的方向为顺时针方向, 即为负方向, **C** 错误; 线

框匀速进入和离开磁场所用时间均为 $\frac{L}{v}$, 线框完全进入磁场

后运动 $\frac{L}{v}$ 的时间内磁通量不变, 线框中没有感应电流, **D** 错

误; 设等边三角形线框 abc 的电阻为 R , 匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 线框进入磁场过程中, 在 $0 \sim \frac{L}{2v}$ 时间内, 切割磁感

线的有效长度为 $l = vt \cdot \tan 60^\circ$, 根据法拉第电磁感应定律得



$E = Blv$, 根据闭合电路欧姆定律得 $i = \frac{E}{R}$, 联立各式得 $i = \frac{Bv^2 \tan 60^\circ}{R} \cdot t$, 即感应电流 i 与时间 t 是正比例函数关系, **B 错误**; 同理可得, 在线框进入磁场的 $\frac{L}{2v} \sim \frac{L}{v}$ 时间内, 电流随时间均匀减小, 但方向不变, 在线框离开磁场的 $\frac{2L}{v} \sim \frac{5L}{2v}$ 和 $\frac{5L}{2v} \sim \frac{3L}{v}$ 时间内, 电流随时间均匀增大和均匀减小, 但电流方向为负, **A 正确**.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

磁场宽度大于线框边长, 线框全部在磁场中运动时磁通量不变, 无电流, 线框进入磁场过程切割磁感线的有效长度发生变化, 电流发生变化, 排除 B、D; 根据楞次定律结合安培定则判断感应电流方向, 线框进入磁场的过程磁通量增大, 感应电流方向为逆时针方向, **A 正确**.

9. BD 【解析】本题考查斜抛运动、机械能守恒定律、动量守恒定律.

小球刚好从 Q 点沿斜劈向下运动, 故小球落到 Q 点时速度方向与水平方向的夹角为 37° , 小球从 P 到 Q 做斜抛运动, 则小球从抛出到落在斜劈上的时间 $t = \frac{2v_0 \sin 37^\circ}{g} = 1.2 \text{ s}$ (点拨: 小球在竖直方向做竖直上抛运动), **A 错误**; 小球从 P 到 Q , 水平方向上做匀速直线运动, 则有 $x = v_0 \cos 37^\circ \cdot t = 9.6 \text{ m}$, **B 正确**; 忽略一切摩擦和空气阻力, 小球在斜劈上运动过程中, 小球和斜劈组成的系统机械能守恒, 斜劈的速度增大, 动能增大, 则小球的机械能减小, **C 错误**; 小球在斜劈上运动过程中, 在竖直方向有向下的加速度, 小球处于失重状态, 小球和斜劈组成的系统所受合外力不为零, 系统的动量不守恒, **D 正确**.

10. BD 【解析】本题考查带电粒子在三角形边界磁场中的运动.

粒子均从 AB 边离开磁场, 故粒子要向左偏转, 根据左手定则, 粒子带正电, **A 错误**; 依题意, 粒子从 BC 边上垂直射入磁场, 在磁场中运动的最短时间为 t_0 , 且该粒子刚好垂直于 AB 边

离开磁场, 有 $t_0 = \frac{1}{4}T$, 由 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, $T = \frac{2\pi R}{v}$, $k = \frac{q}{m}$, 解得 $B =$

$\frac{\pi}{2kt_0}$, **B 正确**; 依题意, 粒子在磁场中运动的最长时间为

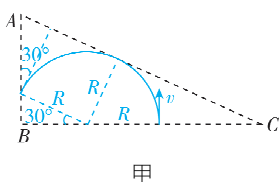
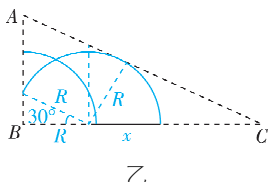
$\frac{5}{3}t_0$, 则轨迹对应的圆心角为 $\frac{\frac{5}{3}t_0}{T} \times 360^\circ = 150^\circ$, 且轨迹与 AC

边相切, 如图甲所示, 有 $R \sin 30^\circ + \frac{R}{\cos 30^\circ} = L$, 解得 $R =$

$\frac{2\sqrt{3}L}{4+\sqrt{3}}$, 综上可得 $v = \frac{BqR}{m} = \frac{\sqrt{3}\pi L}{(4+\sqrt{3})t_0}$, **C 错误**; 由上述分析可

知, 从发射源左端进入磁场的粒子运动时间最短, 从发射源右端进入磁场的粒子运动时间最长, 作出临界运动轨迹如图

乙所示, 可知 $R+x = R+R \cos 30^\circ$, 联立解得 $x = \frac{3L}{4+\sqrt{3}}$, **D 正确**.

**11. BC** 【解析】本题考查机械波的传播。

如果波沿 x 轴正方向传播, 有 $\left(n + \frac{3}{4}\right) T_1 = 2 \text{ s} (n = 0, 1, 2, \dots)$, 已知波的周期 $1 \text{ s} < T < 2 \text{ s}$, $n = 1$ 满足条件, 解得 $T_1 = \frac{8}{7} \text{ s}$, 波速大小为 $v_1 = \frac{\lambda}{T_1} = \frac{4}{\frac{8}{7}} \text{ m/s} = 3.5 \text{ m/s}$, 10 s 内传播的

距离为 $x_1 = v_1 t = 3.5 \times 10 \text{ m} = 35 \text{ m}$, 如果波沿 x 轴负方向传播, 有 $\left(n + \frac{1}{4}\right) T_2 = 2 \text{ s} (n = 0, 1, 2, \dots)$, 已知波的周期 $1 \text{ s} < T < 2 \text{ s}$, $n = 1$ 满足条件, 解得 $T_2 = \frac{8}{5} \text{ s}$, 波速大小为 $v_2 = \frac{\lambda}{T_2} =$

$\frac{4}{\frac{8}{5}} \text{ m/s} = 2.5 \text{ m/s}$, 10 s 内传播的距离为 $x_2 = v_2 t = 2.5 \times 10 \text{ m} = 25 \text{ m}$, **A 错误, B 正确**; 如果波沿 x 轴负方向传播, $x = 2 \text{ m}$ 处的质点在 $t_1 = 0$ 时向上振动, $T_2 = \frac{8}{5} \text{ s}$, 可知在 $\frac{1}{5} \text{ s}$ 时 $x = 2 \text{ m}$ 处的质点沿 y 轴正方向运动, **C 正确**; 由题意及上述

分析可知, 如果波沿 x 轴正方向传播, $T_1 = \frac{8}{7} \text{ s}$, $x = 2 \text{ m}$ 处的质点的振动方程为 $y = -20 \sin\left(\frac{7\pi}{4}t\right) \text{ cm}$, 则在 $\frac{1}{7} \text{ s}$ 时, 位移大小等于 $10\sqrt{2} \text{ cm}$, 如果波沿 x 轴负方向传播, $T_2 = \frac{8}{5} \text{ s}$, $x =$

2 m 处的质点的振动方程为 $y = 20 \sin\left(\frac{5\pi}{4}t\right) \text{ cm}$, 则在 $\frac{1}{7} \text{ s}$ 时, 位移大小不等于 10 cm , **D 错误**.

12. BD**思路导引**

圆弧槽不固定, 那么 A 运动过程中槽也会运动; 若 B 、 C 发生弹性碰撞, 则动量守恒、机械能守恒; 若 B 、 C 发生完全非弹性正碰, 碰后 B 、 C 共速。

【解析】本题考查弹性碰撞与非弹性碰撞。

小球 A 从释放到通过圆弧槽最低点, 小球 A 和圆弧槽系统水平方向动量守恒, 有 $mv + mv_{\text{槽}} = 0$, 系统机械能守恒, 则有

$mgR = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv_{\text{槽}}^2$, 联立解得 $v = \sqrt{gR}$, $v_{\text{槽}} = -\sqrt{gR}$, 对小球 A , 在圆弧槽最低点时, 根据牛顿第二定律可得 $F - mg =$

$m \frac{(v - v_{\text{槽}})^2}{R}$ (关键: A 球相对槽做圆周运动, 应该用相对速度求所需向心力), 解得 $F = 5mg$, 根据牛顿第三定律可知小球 A 通过圆弧槽最低点时对圆弧槽的压力大小为 $5mg$, **A 错误**; 小球 A 与小球 B 发生弹性碰撞, 根据动量守恒定律有

$mv = mv' + 3mv_B$, 根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 +$

$\frac{1}{2} \times 3mv_B^2$, 联立解得 $v' = -\frac{1}{2}\sqrt{gR}$, $v_B = \frac{1}{2}\sqrt{gR}$, 若 B 、 C 发生的是完全非弹性碰撞, 则有 $3mv_B = (3 + n)mv_{\text{共}}$, 解得 $v_{\text{共}} =$

$\frac{3}{3 + n}v_B$, B 、 C 碰撞损失的机械能为 $E_{BC\text{损}} = \frac{1}{2} \times 3mv_B^2 - \frac{1}{2} \times (3 +$

$n)mv_{\text{共}}^2 = \frac{3n}{24 + 8n}mgR$, 因此 n 取不同值时, B 、 C 碰撞损失的机械能不同, **B 正确**; 若 B 、 C 发生的是弹性正碰, 当 $n = 2$ 时, 根



据动量守恒定律有 $3mv_B = 3mv'_B + mv_C$, 根据机械能守恒定律有 $\frac{1}{2} \times 3mv_B^2 = \frac{1}{2} \times 3mv'^2_B + \frac{1}{2}mv_C^2$, 联立解得 $v_C = \frac{3}{5}\sqrt{gR}$, **C 错误**;
当发生弹性正碰时, 根据动量守恒和机械能守恒解得 $v_C = \frac{6v_B}{3+n} > v_{共}$, 所以找最小值, 只需考虑完全非弹性碰撞的情况, 当 B 与 C 发生完全非弹性碰撞时, C 最终的动量大小为 $p = nm \cdot \frac{3}{3+n}v_B = \frac{3nm}{2(3+n)}\sqrt{gR}$, 根据数学知识知, 当 $n = 1$ 时, C 最终的动量最小, 为 $\frac{3}{8}m\sqrt{gR}$, **D 正确**.

限时小卷 ▶ 3

1. **B** 【解析】本题考查流体运动.

由题分析可知, 取相同的 Δt 时间, 且 $\Delta t \rightarrow 0$, 则有 $\pi\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 v_1 \Delta t = \pi\left(\frac{d_2}{2}\right)^2 v_2 \Delta t$ (关键: 相同时间内流出水的体积相同), 可得经过 A 、 B 处的水流速度大小之比为 $v_1 : v_2 = d_2^2 : d_1^2 = 1 : 4$, **B 正确**.

关键点拨

流体水柱无法忽略形状, 截取极短时间内一段水柱, 可转为圆柱模型, 离开水龙头后, 水柱做自由落体运动, 速度越来越大, 故越来越细.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

流量一定时, 速度与面积成反比, A 、 B 的直径之比为 $2 : 1$, 半径之比也为 $2 : 1$, 则面积之比为 $4 : 1$, 速度大小之比为 $1 : 4$, 故选 **B**.

2. **B** 【解析】本题考查气体压强的微观模拟.

温度降低, 气体分子的平均速率减小, 模拟温度降低对气体压强的影响时, 应该降低释放位置 (点拨: 黄豆下落过程中重力做功, 位置越低, 落到秤盘上时的速率越小), 而增加黄豆数量是模拟增大气体分子数密度对气体压强的影响, **A 错误**; 温度升高, 气体分子的平均速率增大, 模拟温度升高对气体压强的影响时, 应将释放位置升高, **B 正确**; 体积减小, 气体分子数密度增大, 模拟体积减小对气体压强的影响时, 应该增加黄豆数量, 而升高释放位置则是模拟增大气体分子的平均速率对气体压强的影响, **C 错误**; 体积增大, 气体分子数密度减小, 模拟体积增大对气体压强的影响时, 应该减少黄豆数量, **D 错误**.

关键点拨

气体压强大小的决定因素

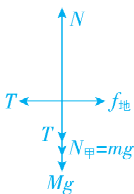
- (1) 宏观上: 决定于气体的温度和体积;
- (2) 微观上: 决定于分子的平均动能和分子数密度.

3. **B** 【解析】本题考查圆周运动与车辆转弯.

线速度大小相等, 根据 $a_n = \frac{v^2}{r}$ 可知 A 车的向心加速度更大, **A 错误**; A 车转弯半径比 B 车小, 根据 $v = \omega r$ 可知 A 车的角速度比 B 车的角速度大, **B 正确**; 两车质量未知, 所需向心力大小无法比较, 则所受合力大小无法比较, **C 错误**; 若两车转弯线速度减小, 两车所需向心力减小, 两车都不会侧滑, **D 错误**.

4. **B** 【解析】本题考查连接体与牛顿运动定律.

设绳中张力大小为 T , 研究物块甲, 根据牛顿第二定律有 $T - \mu mg = ma$, 研究物块乙, 根据牛顿第二定律有 $mg - T = ma$, 解得 $T = 7 \text{ N}$, $a = 3 \text{ m/s}^2$, 对木箱受力分析如图所示 (易错: 对木箱单独分析时不能漏掉滑轮处两侧绳的拉力), 竖直方向根据平衡条件有 $N = T + Mg +$





$N_{\text{甲}}$, 解得 $N = 67 \text{ N}$, **B** 正确.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

设甲、乙的加速度大小为 a , 对甲、乙整体根据牛顿第二定律有 $mg - \mu mg = 2ma$, 以甲、乙和木箱整体为研究对象, 设地面对木箱的支持力大小为 N , 在竖直方向上根据牛顿第二定律有 $Mg + 2mg - N = ma$, 解得 $N = 67 \text{ N}$, **B** 正确.

5. **B** 【解析】本题考查薄膜干涉.

相邻两条亮条纹之间的距离为 $l = \frac{d}{20-1} = \frac{d}{19}$ (易错: 连续 20 条亮条纹是 19 个间隔), 相邻两条亮条纹之间空气层厚度相差 $\frac{\lambda}{2}$, 则有 $l \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$, 式中 θ 为劈尖的夹角, 由于 θ 很小, 则有 $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{D}{L}$, 联立可得 $l \cdot \frac{D}{L} = \frac{\lambda}{2}$, 代入数据解得金属丝的直径约为 $D = \frac{19\lambda L}{2d}$, **B** 正确.

6. **B** 【解析】本题考查多副线圈变压器.

设灯泡正常发光时通过灯泡的电流为 I , 灯泡两端的电压为 U_L , 由 $\frac{U-U_L}{U_L} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{9}{1}$, 解得 $U_L = \frac{U}{10}$, **A** 错误; 由 $\frac{U-U_L}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 解得电动机的额定电压为 $U_2 = \frac{3U}{5}$, 由理想变压器的输出功率等于输入功率得 $(U-U_L)I = U_2 I_2 + U_L I$ (易错: 有多个副线圈时, 理想变压器原、副线圈电流比不再等于匝数反比, 应用输出功率等于输入功率建立关系), 解得 $I_2 = \frac{4}{3}I$, **B** 正确, **D** 错误; 电动机的输入功率 $P_{\text{入}} = U_2 I_2 = \frac{4UI}{5}$, 灯泡电功率 $P_L = U_L I = \frac{UI}{10}$, 可知电动机的输入功率是灯泡电功率的 8 倍, 由于电动机不是纯电阻电路 (关键: 非纯电阻电路, 输入功率等于输出功率与热功率之和), 可知电动机的输出功率小于灯泡电功率的 8 倍, **C** 错误.

7. **C** 【解析】本题考查光电效应与德布罗意波.

要使电流表示数为 0, 需要给光电管加反向电压 (关键: 阳极 A 电势低于阴极 K 电势), 由电路结构可知, K 接滑动变阻器中点 O, A 接滑臂 P, 电势 $\varphi_K = \varphi_O$, $\varphi_A = \varphi_P$, 滑臂 P 向 b 端移动时, A 的电势高于 K, 加正向电压, 光电子被加速向 A 运动, 电流不可能为 0 (关键: 滑臂 P 向 a 端移动时, A 电势低于 K, 加反向电压, 反向电压足够大时, 电流可减小为 0), **A** 错误; 根据爱因斯坦光电效应方程 $E_{\text{kmax}} = h\nu - W_0$, $E_{\text{kmax}} = eU_c$, 当 $U_c = 0$ 时, 对应的频率为发生光电效应的极限频率, 由题图乙可知 $\nu_c \approx 4.28 \times 10^{14} \text{ Hz}$, 解得该金属的逸出功为 $W_0 = h\nu_c = (6.6 \times 10^{-34} \times 4.28 \times 10^{14}) \text{ J} \approx 2.8 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.75 \text{ eV}$, **C** 正确; 发生光电效应要求入射光频率 $\nu \geq \nu_c$, 对应波长 $\lambda \leq \frac{c}{\nu_c} = \frac{3 \times 10^8}{4.28 \times 10^{14}} \text{ m} \approx 7.0 \times 10^{-7} \text{ m}$, 即入射光波长应小于等于 $7.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ 才能发生光电效应, **B** 错误; 根据爱因斯坦光电效应方程 $E_{\text{kmax}} = h\nu - W_0$, 代入 $\nu = 5.5 \times 10^{14} \text{ Hz}$, $W_0 = 2.8 \times 10^{-19} \text{ J}$, 解得光电子的最大初动能 $E_{\text{kmax}} = (6.6 \times 10^{-34} \times 5.5 \times 10^{14} - 2.8 \times 10^{-19}) \text{ J} = 0.83 \times 10^{-19} \text{ J}$, 光电子最大动量满足 $E_{\text{kmax}} = \frac{p_{\text{max}}^2}{2m_e}$, 解得 $p_{\text{max}} = \sqrt{2m_e E_{\text{kmax}}} = \sqrt{2 \times 9.0 \times 10^{-31} \times 0.83 \times 10^{-19}} \text{ kg} \cdot \text{m/s} \approx 3.9 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$, 光电子的德布罗意波长满足 $p = \frac{h}{\lambda}$, 最短的德布罗意波长 $\lambda_{\text{min}} =$

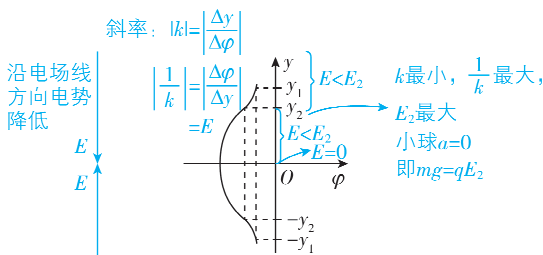


$$\frac{h}{p_{\max}} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{3.9 \times 10^{-25}} \text{ m} \approx 1.7 \times 10^{-9} \text{ m} > 5 \sqrt{10} \times 10^{-10} \text{ m} \text{ (关键: 光电子的动量越大, 对应的德布罗意波的波长越短)}, \text{所有光电子}$$

波长都大于 $5 \sqrt{10} \times 10^{-10} \text{ m}$, **D** 错误.

8. C

题图剖析



【解析】 本题考查带电小球在电场中的运动.

由题图 2 可知, 在 $y \geq 0$ 区间, 沿 y 轴正方向电势 φ 逐渐升高, 则电场强度方向沿 y 轴负方向, 圆环带负电, **A 正确**; 设圆环带电荷量的绝对值为 Q , 则圆环单位长度的带电荷量的绝对值为 $\frac{Q}{2\pi R}$, 取

一段极小的可视为点电荷的圆弧, 其带电荷量为 q' , q' 在圆环轴线上距离圆心 y 处产生的电场强度如图所示, 竖直分量大小为 $E_y = \frac{kq'y}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$, 则整个圆环在距离圆心 y 处产生的电场

强度大小为 $E = \frac{kQy}{(R^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}}$, 小球在 $y_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}R$ 处加速度为零, 此

时重力与电场力平衡, 有 $mg = qE_2$, 联立解得 $Q = \frac{3\sqrt{3}mgR^2}{2kq}$, **B**

正确; 随着小球下落, 在 $\frac{\sqrt{2}}{2}R \leq y \leq R$ 区间小球所受电场力向上

且增大, 在 $0 \leq y \leq \frac{\sqrt{2}}{2}R$ 区间小球所受电场力向上且减小, 在

$-\frac{\sqrt{2}}{2}R \leq y \leq 0$ 区间小球所受电场力向下且增大, 在 $y \leq -\frac{\sqrt{2}}{2}R$

区间小球所受电场力向下且减小, 而所受合力始终向下, 所以

小球一直做加速运动, 但加速度先减小后增大再减小, **C 错误**; 由题图 2 可知, 小球由 $y_1 = R$ 运动至 $y = -R$, 电场力做功

$W = q \cdot \Delta\varphi = 0$, 由动能定理可得 $mg \cdot 2R = \frac{1}{2}mv^2$, 即可解得小

球运动至 $y = -R$ 处时速度大小为 $v = 2\sqrt{gR}$, **D 正确**.

9. BD 【解析】 本题考查天体运动与变轨.

由于圆形轨道 II 的半径小于椭圆轨道 I 的半长轴, 根据开普勒第三定律可知 $T_2 < T_1$, **A 错误**; 根据开普勒第二定律可得

$\frac{1}{2} \times 2Rv_2 \Delta t = \frac{1}{2} \times 6Rv_1 \Delta t$ (关键: 取 $\Delta t \rightarrow 0$, 嫦娥六号与月球的

连线在相等时间内扫过的面积相等, 可用扇形面积公式), 可得嫦娥六号在椭圆轨道 I 上近月点与远月点速率之比为

$\frac{v_2}{v_1} = \frac{3}{1}$, **B 正确**; 根据万有引力提供向心力得 $G \frac{Mm}{r^2} =$

$m \frac{v^2}{r}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 轨道半径越小, 线速度越大, 月球第一

宇宙速度是近月卫星的环绕速度, 大于在轨道 II 上的运行速



度(关键:在绕同一中心天体运动的不同圆轨道上,满足“高轨低速大周期”,第一宇宙速度最大),C 错误;嫦娥六号从轨道 I 变轨到轨道 II,需要在 M 点减速,所以嫦娥六号在轨道 I 上的机械能大于在轨道 II 上的机械能,D 正确。

10. **ACD** 【解析】本题考查带电粒子在电磁场中的运动与回旋加速器。

正电荷从 M 到 N 加速运动,所以电场方向由 M 指向 N, M 板电势高于 N 板,A 正确;正电荷绕行 n 圈获得的动能等于电场力对粒子做的功,设粒子绕行 n 圈获得的速度为 v_n ,由动能定理

有 $nqU = \frac{1}{2}mv_n^2$,解得 $v_n = \sqrt{\frac{2nqU}{m}}$,粒子在环形区域磁场中,受

洛伦兹力作用做半径为 R 的匀速圆周运动,有 $qv_nB_n = m\frac{v_n^2}{R}$,解

得 $B_n = \frac{mv_n}{qR} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{nmU}{e}}$, $B_1 = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{mU}{e}}$,B 错误;正电荷绕行第

n 圈所需时间 $T_n = \frac{2\pi R}{v_n} = 2\pi R\sqrt{\frac{m}{2qU}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}$,所以 $\frac{t_3}{t_{12}} = \sqrt{\frac{12}{3}} =$

2,C 正确;正电荷在运动的第 n 周内电场力对粒子做功的平均

功率 $\bar{P}_n = \frac{qU}{T_n} = \frac{qU}{\pi R\sqrt{\frac{nmU}{e}}} = \frac{2eU}{\pi R}\sqrt{\frac{neU}{m}}$,D 正确。

11. **AC** 【解析】本题考查机械波。

由图乙可知,在 $t=0$ 时刻,质点 Q 的加速度 $a=0$,且随后加速度 $a<0$,根据简谐运动的特点可知位移 $y>0$,因此,在 $t=0$ 时刻,质点 Q 处于平衡位置且正向 y 轴正方向运动,由同侧法可知该地震波向 x 轴负方向传播,所以质点 P 沿 y 轴负方向运动,A 正确,B 错误;设 $t=0$ 时刻波的方程为 $y =$

$A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x+\varphi_0\right)$,由图甲可知,振幅 $A=20$ cm,在 $x=0$ 处, $y =$

-10 cm $= -\frac{A}{2}$,且波向 x 轴负方向传播,解得 $\sin\varphi_0 = -0.5$,质

点 P 对应的相位 $\varphi_0 = \frac{7\pi}{6}$,质点 Q 是波形越过波谷后的第一个

平衡位置点,其对应相位为 2π ,由此可得 $\frac{2\pi}{\lambda} \times (15 \text{ km}) +$

$\frac{7\pi}{6} = 2\pi$,解得波长 $\lambda = 36$ km,由图乙可知周期 $T = 10$ s,波速

$v = \frac{\lambda}{T} = 3.6$ km/s,C 正确;时间 $\Delta t = 2.5$ s $= \frac{1}{4}T$,在 $\frac{T}{4}$ 的时间

内,对应的相位变化为 $\frac{\pi}{2}$,质点 P 的初始位置为 $y =$

-10 cm,向 y 轴负方向运动,经过 $\frac{\pi}{2}$ 的相位变化后,最终相位

为 $\frac{5\pi}{3}$,最终位置 $y' = 20\sin\frac{5\pi}{3}$ cm $= -10\sqrt{3}$ cm ≈ -17.32 cm,在

此过程中,质点 P 通过的总路程 $s = |-20 - (-10)|$ cm $+ |-17.32 - (-20)|$ cm $= 12.68$ cm < 20 cm,D 错误。



1 min 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

根据图乙可知周期 $T = 10$ s, $t = 0$ 时刻 Q 点沿 y 轴正向振动,结合图甲可知波沿 x 轴负向传播, P 点在 0 时刻位移为 -10 cm 且沿 y 轴负向振动,在四分之一一个周期内 P 的路程一定小于 20 cm,B、D 错误。故选 A、C。

12. **BD** 【解析】本题考查电磁感应双棒问题。

若 a 棒最终做匀速直线运动,则有 $BI_0L = mg\sin 30^\circ$,此时 b



棒有 $BI_0 \cdot 2L > mg \sin 30^\circ$, b 棒不能匀速运动, 两棒切割磁感线产生电动势的差值不恒定, 安培力不恒定, 无法保证 a 棒做匀速运动, **A 错误**; 设 t 时刻, a 的速度大小为 v , a 棒产生的感应电动势 $E = BLv$, 由闭合电路欧姆定律有 $E = I \times 2R$, 分析 b 受力, 有 $BI \cdot 2L = mg \sin 30^\circ$ (关键: b 恰好离开立柱), 解得 $v = \frac{mgR}{2B^2L^2}$, **B 正确**; 在时间 t 内, 对 a 棒由动量定理有 $mg \sin 30^\circ \cdot t - \frac{B^2L^2}{2R}x = mv$, 解得 a 棒下滑的距离 $x = 2R \frac{mg \sin 30^\circ \cdot t - mv}{B^2L^2} = \frac{mgRt}{B^2L^2} - \frac{m^2gR^2}{B^4L^4}$, **C 错误**; 由闭合电路欧姆定律可知, a 棒中的电流满足 $I_a = \frac{BLv_a - 2BLv_b}{2R}$, 对 b 棒, 由牛顿第二定律有 $2BI_aL - mg \sin 30^\circ = ma_b$, 对 a 棒, 由牛顿第二定律有 $mg \sin 30^\circ - BI_aL = ma_a$, 当电流最大时, $v_a - 2v_b$ 最大, 有 $\Delta v_a = 2\Delta v_b$ (关键: 令 $D = v_a - 2v_b$, 经过 Δt 后, $D' = (v_a + \Delta v_a) - 2(v_b + \Delta v_b) = v_a - 2v_b + (\Delta v_a - 2\Delta v_b)$, 若 $\Delta v_a > 2\Delta v_b$, $D' > D$, 电流仍在继续增大, 还没到最大值, 反之, 电流已经开始减小, 则 $\Delta v_a = 2\Delta v_b$ 时, 电流最大), 即 $a_a = 2a_b$ (关键: 加速度等于速度的变化量与时间之比), 解得 $I_m = \frac{3mg}{10BL}$, **D 正确**.



1 min 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

牢记: 有外力作用的双棒模型最后一定是变速运动, **A 错误**; 由于 a 做变加速运动, 用动量定理求解 a 下滑的距离, 有 $mg \sin 30^\circ \cdot t - BLq = mv$, $q = \frac{BLx}{2R}$, 无须计算速度, 直接求解距离, 根据第一项的系数判断 **C 错误**. 故选 B、D.

限时小卷 ▶ 4

1. **D** 【解析】本题考查核反应方程、半衰期、比结合能.

选项	分析	正误
A	根据核反应过程满足质量数和电荷数守恒知, X 粒子为电子 ${}^0_{-1}\text{e}$, 即氡核发生的是 β 衰变	×
B	电池中氡的含量等于初始值的 25% 时, 即剩余的氡核为原来的 $\frac{1}{4}$, 根据 $m = \left(\frac{1}{2}\right)^n m_0$ 知, 经过了两个半衰期, 即氡电池大约能正常工作的时间 $t = 2T = 2 \times 12.5 \text{ 年} = 25 \text{ 年}$	×
C	放射性元素的半衰期由原子核自身决定, 故起搏器的工作环境不会改变氡的半衰期	×
D	氡核发生 β 衰变放出能量, 反应后的产物 ${}^3_2\text{He}$ 比 ${}^3_1\text{H}$ 更稳定, 故 ${}^3_1\text{H}$ 的比结合能比 ${}^3_2\text{He}$ 的比结合能小	✓

2. **C** 【解析】本题考查匀变速运动与逆向思维.

将运动员入水后的末速度为 0 的匀减速直线运动, 逆向等效为初速度为 0、加速度大小为 a 的匀加速直线运动, 总运动时间为 $8t$, 对于初速度为 0 的匀加速直线运动, 从初始时刻开始, 连续相等 t 时间内的位移大小之比为 $1:3:5:$



7 : 9 : 11 : 13 : 15, 原运动最后两个 t 时间内的总位移大小 x_2 , 对应逆向运动前两个 t 时间内的位移大小之和, 原运动第一个 t 时间内的位移大小 x_1 , 对应逆向运动最后一个 t 时间内的位移大小, 因此 $x_1 : x_2 = 15 : (1 + 3) = 15 : 4$, **C 正确**.

3. A 【解析】 本题考查光的折射、全反射与双缝干涉.

由图分析可知, 光线在空气与冰晶分界面处发生折射时 a 光折射角较小, 根据折射定律可知, 冰晶对 a 光的折射率较大, 即 a 光的频率较大, **A 正确**; 冰晶对 a 光的折射率较大, 根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知, 在冰晶中 a 光传播速度小于 b 光传播速度, **B 错误**; 由图可知, a 光射出冰晶时, 入射角与射入冰晶时的折射角相等, 根据光的可逆性可知, a 光不可能发生全反射, **C 错误**; a 光的频率较大, 则 a 光的波长较小, 根据 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知, a 光的条纹间距较小, **D 错误**.

关键点拨 各种色光的比较与分析

颜色	红橙黄绿蓝靛紫
频率 ν	低 $\rightarrow$ 高
同一介质对它们的折射率	小 $\rightarrow$ 大
同一介质中的速度	大 $\rightarrow$ 小
同一介质中的波长	大 $\rightarrow$ 小
通过同一棱镜的偏折角	小 $\rightarrow$ 大
同一介质中全反射的临界角	大 $\rightarrow$ 小
同一装置的双缝干涉条纹间距	大 $\rightarrow$ 小

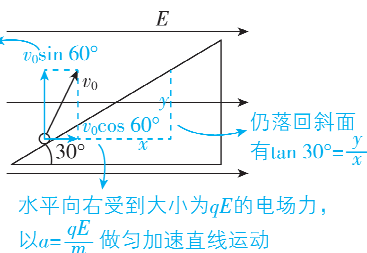
4. A 【解析】 本题考查电路动态分析.

开关 S_2 闭合之后, R_2 、 R_3 并联, 回路总电阻减小, 电路中总电流 I 变大, 电流表示数变大, R_1 与内阻 r 上分压变大, 由 $U_V = E - I(r + R_1)$ 可知, 电压表示数变小, **A 正确, B 错误**; 内外电阻大小关系未知, 所以开关 S_2 闭合之后, 电源输出功率变化情况不确定 (**关键: 当外电路总电阻等于电源内阻时, 电源的输出功率最大**), **C 错误**; 开关 S_2 闭合之后, 回路总电阻减小, 根据 $\eta = \frac{I^2 R_{\text{外}}}{I^2 (R_{\text{外}} + r)} \times 100\%$ 可知, 电源效率变小 (**关键: 外电路电阻越大, 效率越高**), **D 错误**.

5. D

题图剖析

竖直方向受到大小为 mg 的重力, 以 $a_y = g$ 做匀变速直线运动



【解析】 本题考查叠加场中的类抛体运动.

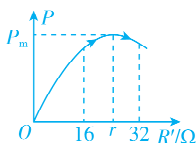
小球落到斜面上时的水平位移 $x = v_0 \cos 60^\circ \cdot t + \frac{1}{2}at^2$, 其中 $Eq = ma$, 竖直方向 $y = v_0 \sin 60^\circ \cdot t - \frac{1}{2}gt^2$, 又 $\tan 30^\circ = \frac{y}{x}$, 解得 $t = \frac{4\sqrt{3}v_0}{7g}$, $x = \frac{18\sqrt{3}v_0^2}{49g}$, 小球机械能的增加量为 $\Delta E = Eqx = \frac{9mv_0^2}{49}$, **D 正确**.

**6. B** 【解析】本题考查变压器与输入功率.

根据等效法可知副线圈电阻等效为 $R' = k^2(R_1 + R_2)$, 等效电源的内阻为 r , 设电源提供的电压有效值为 U , 可得

$$\frac{\left(\frac{30}{\sqrt{2}} \text{ V}\right)^2}{R_0} \cdot \frac{1}{2} T = \frac{U^2}{R_0} T, \text{ 解得 } U = 15 \text{ V}, \text{ 根据 } P = I^2 R' = \frac{U^2}{(R' + r)^2} R' = \frac{U^2}{\frac{(R' - r)^2}{R'} + 4r},$$

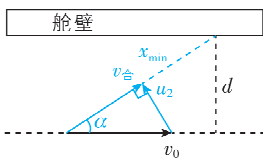
故当 $R' = r$ 时, 即 $R_1 = 3 \Omega$ 时, 原线圈输入功率最大, 最大功率 $P_{\max} = \frac{U^2}{4r} = \frac{225}{112} \text{ W}$, **A 错误, B 正确**; 当原线圈输入功率最大时, 原线圈电路的等效总电阻 $R_{\text{总}} = R' + r = 56 \Omega$, 原线圈中的电流 $I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{15}{56} \text{ A}$, 根据 $\frac{I}{I_2} = \frac{1}{k}$, 解得副线圈电路电流 $I_2 = 2 \times \frac{15}{56} \text{ A} = \frac{15}{28} \text{ A}$, **C 错误**; R_1 的滑片从左向右滑动过程中, 根据 $R' = k^2(R_1 + R_2)$ 可知, 等效电阻从 16Ω 增加到 32Ω , 即先接近电源等效内阻 $r = 28 \Omega$, 后远离, 如图所示, 则原线圈输入功率先增大后减小, **D 错误**.

**7. 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 θ , 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 $t_{\min} = \frac{d}{u} = \frac{5}{4} \text{ s} = 1.25 \text{ s}$, **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 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 α , 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 m/s 时最小位移为 d , 小于等于 3 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.

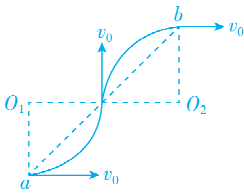
8. D 【解析】本题考查带电粒子在变化磁场中的运动.

设粒子运动轨迹半径为 r , 根据洛伦兹力提供向心力有 $qBv_0 = m \frac{v_0^2}{r}$, 解得 $r = 2\pi \times 10^{-2} \text{ m}$, 周期为 $T_0 = \frac{2\pi m}{qB} = 2\pi \times 10^{-2} \text{ s}$, 由题图可知磁场变化的周期为 $T = 10\pi \times 10^{-3} \text{ s} = \frac{1}{2} T_0$, 根据 $t = \frac{\theta}{2\pi} T_0$, 可得

在 $0 \sim 5\pi \times 10^{-3} \text{ s}$ 时间内粒子偏转的角度为 $\theta_1 = \frac{\pi}{2}$, 同理, 在 $5\pi \times 10^{-3} \sim 10\pi \times 10^{-3} \text{ s}$ 时间内粒子偏转的角度为 $\theta_2 = \frac{\pi}{2}$, 设粒子的出



发点为 a , 经磁场变化的一个周期的终点为 b , 初速度方向平行纸面向右, 由题图可知, 磁场方向先向里再向外, 故作出粒子在磁场变化的一个周期内的运动轨迹, 如图所示, 粒子的位移大小即为 a 、 b 两点的距离, 则有 $x = 2\sqrt{2}r = 4\sqrt{2}\pi \times 10^{-2} \text{ m}$, 从 $t=0$ 时刻开始的磁场变化的一个周



期内, 带电粒子的平均速度的大小为 $v = \frac{x}{T} = \frac{4\sqrt{2}\pi \times 10^{-2}}{10\pi \times 10^{-3}} \text{ m/s} = 4\sqrt{2} \text{ m/s}$, **D 正确**.

9. **AC** 【解析】本题考查气体状态变化图像与热力学第一定律.

气体从状态 A 到状态 B 做等压变化, 由 $\frac{V_A}{V_B} = \frac{T_A}{T_B}$ 得 $T_A = 200 \text{ K}$, **A 正确**; 气体在状态 B 对应压强等于 $1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$, **B 错误**; 气体从 A 到 B 过程体积膨胀对外做功, 为 $W = p\Delta V = 1.5 \times 10^5 \times (0.6 - 0.4) \times 10^{-3} \text{ J} = 30 \text{ J}$, **C 正确**; 气体内能大小与热力学温度大小成正比, 则 A 状态的内能 $E_A = 20 \text{ J}$, 内能变化量为 $\Delta U = E_B - E_A = 10 \text{ J}$, 由热力学第一定律可得气体从状态 A 到状态 B 过程中从外界吸收热量为 40 J , **D 错误**.

10. **AC** 【解析】本题考查波的干涉.

两波源振动情况完全相同, M 、 N 处到两波源距离差为零, 所以均为振动加强点, **A 正确**; 根据几何关系得 $\Delta x = S_1N - S_1M = 0.2 \text{ m}$, 当 M 处出现波峰时, 两波源的波峰传到 M 点, 且 M 、 N 两点与波源的距离差为半个波长, 此时两波源的波谷传到 N 点, 所以 N 处出现波谷, **B 错误, C 正确**; 根据以上分析可知, M 、 N 两点与波源的距离差为半个波长, 则线段 MN 上 (包括 M 、 N) 最多同时出现 1 个波峰, **D 错误**.

11. **ABC** 【解析】本题考查天体运动与卫星变轨.

由开普勒第二定律分析可知, 卫星在近地点 (P 点) 的速度大于在远地点 (Q 点) 的速度, **A 正确**; 在地球表面放一质量为 m 的物体, 有 $\frac{GMm}{R^2} = mg$, 卫星在轨道 III 上, 有 $\frac{GMm_0}{(7R)^2} =$

$\frac{m_0 v^2}{7R}$, 故动能 $E_{k3} = \frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{m_0 g R}{14}$, **B 正确**; 卫星在轨道 III 上

的机械能 $E_3 = E_{k3} + E_{p3} = \frac{m_0 g R}{14} - \frac{GMm_0}{7R} = -\frac{m_0 g R}{14}$, 同理, 在轨道

I 上, 有 $\frac{GMm_0}{R^2} = \frac{m_0 v_1^2}{R}$, 动能 $E_{k1} = \frac{1}{2} m_0 v_1^2 = \frac{m_0 g R}{2}$, 机械能 $E_1 =$

$E_{k1} + E_{p1} = \frac{m_0 g R}{2} - \frac{GMm_0}{R} = -\frac{m_0 g R}{2}$, 卫星从轨道 I 运动到轨道

III, 机械能增加了 $\Delta E = E_3 - E_1 = \frac{3m_0 g R}{7}$ (关键: 对同一卫

星, 满足大轨道、大周期、大机械能), **C 正确**; 轨道 II 的半长

轴 $a = \frac{R+7R}{2} = 4R$, 由开普勒第三定律有 $\frac{T_2^2}{T_3^2} = \frac{a^3}{(7R)^3}$, 解得

$\frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{4}{7}\right)^{\frac{3}{2}}$, **D 错误**.

12. **ACD** 【解析】本题考查单杆切割问题.

对金属棒进行受力分析, 当金属棒速度最大时有 $BId = mgsin \theta$, 解得 $I = \frac{mgsin \theta}{Bd}$, 再根据法拉第电磁感应定律有 $E =$

Bdv , $E = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, 得 $Bdv = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$, 则有 $Bdv\Delta t = L\Delta I$, $Bd\Delta x =$

$L\Delta I$, $Bdx = LI$ (关键: 微元思想), 解得金属棒由静止下滑距

离 $x = \frac{mgLsin \theta}{B^2 d^2}$ 时, 速度最大, **D 正确**; 假设金属棒能做简谐



运动,则下滑距离 $x = \frac{mgL\sin\theta}{B^2d^2}$ 处为平衡位置,设金属棒从释放到平衡位置过程中某时刻距平衡位置的距离为 x' , 则 $F_{\text{合}} = mg\sin\theta - BI'd, B d(x - x') = LI'$, 联立解得 $F_{\text{合}} = \frac{B^2d^2x'}{L}$, $F_{\text{合}}$ 与 x' 方向相反,则符合 $F_{\text{回}} = -kx'$, 即金属棒在导轨上做往复运动, **A 正确, B 错误**; 根据能量守恒定律, 金属棒的重力势能转化为线圈中的磁场能和金属棒的动能, 当金属棒速度为 0 时, 重力势能全部转化为线圈中的磁场能, 此时磁场能最大 (关键: 线圈储存能量, 不考虑能量损失, 过程中始终为机械能和磁场能间的转化), 金属棒下滑的最大距离为 $2x$, 根据 $mg\sin\theta \cdot 2x = E_m$, 解得 $E_m = \frac{2m^2g^2L\sin^2\theta}{B^2d^2}$, **C 正确**.

限时小卷 ▶ 5

1. **C** 【解析】本题考查衰变与光电效应.

选项	分析	正误
A	Th 核衰变过程中原子核中的中子转化为质子和电子, 故该电子来自原子核内部	×
B	衰变前后质量数不变, 放出能量, 发生质量亏损	×
C	由能量守恒知, γ 光子的能量为 $h\nu = W_0 + \frac{1}{2}mv^2$, 解得 γ 光子的频率 $\nu = \frac{1}{2h}(mv^2 + 2W_0)$	✓
D	该衰变过程中 Th 核内一个中子转化为质子和电子	×

2. **D** 【解析】本题考查电路故障分析.

用图示电路测量时, 在较大范围内调节滑动变阻器阻值, 发现电压表示数虽然有变化, 但一直接近电源电动势, 变化不明显, 说明滑动变阻器既不断路, 也不短路, 其连入电路部分

关键点

阻值与电流表内阻之和始终相对于电池内阻很大, 即电池内阻太小, **D 正确**.

方法总结 电压表检测电路故障

电压表示数为零: 与电压表并联部分发生短路或与电压表串联部分发生断路.

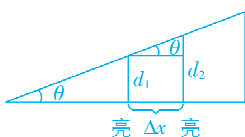
电压表示数接近电源电动势: 与电压表并联部分发生断路或与电压表串联部分发生短路.

3. **C** 【解析】本题考查 p - T 图像、玻意耳定律、热力学第一定律.

$a \rightarrow b$ 过程为等温过程, 压强减小, 由玻意耳定律知, 气体体积变大, 外界对气体做负功, **A 错误**; $b \rightarrow c$ 过程为等容过程 (点拨: p - T 图线中过原点的直线为等容线), 单位体积内气体分子数不变, **B 错误**; $c \rightarrow a$ 过程气体温度降低, 气体分子的平均动能减小, **C 正确**; $a \rightarrow b$ 过程气体对外界做功, $c \rightarrow a$ 过程外界对气体做功, $a \rightarrow b$ 过程平均压强小于 $c \rightarrow a$ 过程压强, 体积变化相同, 由 $W = p\Delta V$ 及热力学第一定律知, 整个过程气体吸收的热量小于放出的热量, **D 错误**.

4. **D**

题图剖析



$$2(d_2 - d_1) = \lambda$$

$$\tan\theta = \frac{d_2 - d_1}{\Delta x}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda}{2\tan\theta}$$



【解析】本题考查光的干涉、衍射、偏振。

图甲是肥皂膜的薄膜干涉，干涉条纹是肥皂膜前后表面的反射光叠加形成的，需要在入射光一侧(AB侧)观察，无法在CD面右侧观测到干涉条纹，**A 错误**；检查平整度的薄膜干涉

中，条纹间距满足 $\Delta x = \frac{\lambda}{2 \tan \theta}$ (θ 为劈尖夹角) (关键：公式推导如题图剖析所示)，蓝光波长比黄光短，换用蓝光后 λ 减小，条纹间距 Δx 变小，条纹会变密，**B 错误**；自然光透过偏振片 M 后变为线偏振光，固定 M 转动 N 时，根据偏振规律，透过 N 的光强会随 N 的转动而变化：当 M 、 N 透振方向平行时光强最大，垂直时几乎无光，因此光屏 P 上光的亮度会发生变化，**C 错误**；泊松亮斑是光照射到不透明小圆屏时，光发生衍射，在圆屏阴影中心形成的亮斑，属于光的衍射现象，**D 正确**。

5. **A** 【解析】本题考查圆周运动与脱离条件。

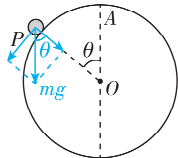
将小球在 P 点所受重力沿半径方向和切线方向分解，如图所示，小球在 P 点脱离轨道时，重力沿半径方向的分力提供向心力，则

有 $mg \cos \theta = m \frac{v^2}{R}$ (关键：脱轨(临界)位置

小球所受支持力为零)，小球从 A 点运动到 P 点，根据机械能

守恒定律有 $mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2$ ，解得 $\cos \theta = \frac{2}{3}$ ， $v =$

$\frac{\sqrt{6gR}}{3}$ ，**A 正确**。



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

根据向心力表达式有 $mg \cos \theta = \frac{mv^2}{R}$ ，所以 $\cos \theta$ 与 v^2 成正比，即 $\cos \theta$ 与 v^2 的系数相同，所以排除 B、C、D，选 A。

6. **C** 【解析】本题考查天体运动与开普勒定律。

由于在夏至和冬至时地球在相同时间内运动的路程分别为 s_1 、 s_2 且有 $s_1 < s_2$ ，根据开普勒第二定律可知 $r_1 > r_2$ ，所以冬至时地球所在位置为近日点，故太阳处于 F_2 处，**A 错误**；从春分到夏至的过程中地球距离太阳越来越远，由开普勒第二定律可知地球做减速运动，**B 错误**；根据万有引力定律 $F = \frac{Gm_{\text{太}} m_{\text{地}}}{r^2}$ 可知，在夏至和冬至时太阳对地球的引力大小之比为 $r_2^2 : r_1^2$ ，**C 正确**；根据开普勒第三定律和万有引力提供向心力，由椭圆轨道的半长轴和公转周期可求得中心天体的质量，地球不是中心天体，故地球的质量无法求解，**D 错误**。

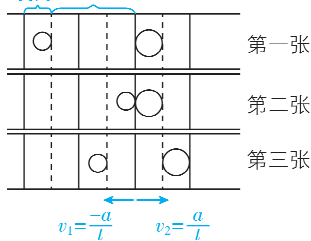
关键点

7. **C**

题图剖析

设小球初速度为 v_0 ，则 $v_0 = \frac{3a}{t}$

设为 a $3a$



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 $E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{ma^2}{2t^2}$, 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 $E' = E_{k1} + E_{kM} = \frac{5ma^2}{2t^2}$, 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**.

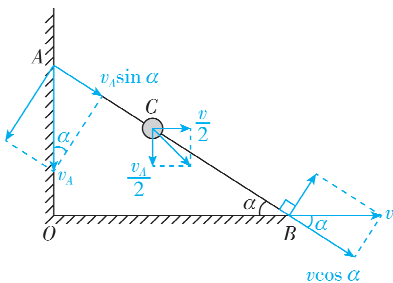
**30 s 速解**

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**.

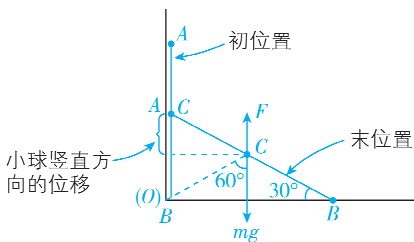
8. C 【解析】 本题考查杆关联速度问题.

如图甲所示,



甲

将 A 端和 B 端的速度沿杆方向和垂直于杆方向分解, 根据刚性杆上各点沿杆方向分速度相等的特点, 有 $v_A \sin \alpha = v \cos \alpha$, 解得 A 端竖直向下的速度 $v_A = \frac{v}{\tan \alpha}$, 小球 C 沿竖直和水平方向的速度大小分别等于 A 、 B 两端速度大小的一半 (关键: 相同时间内, 竖直方向 C 点下降位移为 A 点下降位移的一半, 水平方向 C 点右移位移为 B 点右移位移的一半), 则小球沿水平方向的速度大小为 $v_{Cx} = \frac{v}{2}$, 沿竖直方向的速度大小为 $v_{Cy} = \frac{v_A}{2} = \frac{v}{2 \tan \alpha}$, 竖直分速度非定值, **B 错误**; 小球的合速度大小为 $v_C = \sqrt{v_{Cx}^2 + v_{Cy}^2} = \frac{v}{2 \sin \alpha}$, **A 错误**; 如图乙所示,



乙

当杆与地面夹角为 30° 时, $v'_C = \frac{v}{2 \sin 30^\circ} = v$, 小球竖直方向的位移为 $y = \frac{l}{2} - \frac{1}{2}l \sin 30^\circ = \frac{l}{4}$, 由上述分析可知小球的水平速度



为 $\frac{v}{2}$, 那么小球水平速度不变, 说明小球水平方向不受力, 那么杆对小球的力一定沿竖直方向, 由指向圆心的合外力提供向心力 (关键: $\triangle AOB$ 是直角三角形, OC 永远等于斜边长度的一半, 所以 C 到 O 点距离一直不变, C 绕 O 做圆周运动), 即 $mg \sin 30^\circ - F \sin 30^\circ = m \frac{v_c'^2}{l}$, 解得 $F = m \left(g - \frac{4v^2}{l} \right)$, 对小球, 根

据动能定理, 可得 $W + mgy = \frac{1}{2}mv_c'^2$, 解得 $W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{mgl}{4} \neq -\frac{mgl}{4}$, **C 正确, D 错误.**

9. ABC 【解析】本题考查机械波的传播.

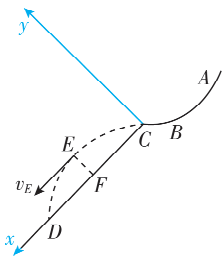
由图乙可知, 0.01 s 时质点 P 向下振动, 则波沿 x 轴负方向传播, 由图甲可知波长 $\lambda = 60 \text{ cm} = 0.6 \text{ m}$, 由图乙可知周期 $T = 4 \times 10^{-2} \text{ s}$, 则波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 15 \text{ m/s}$, **A 正确**; 因 0.18 s 为 4.5 个周期, 故 $t = 0.18 \text{ s}$ 时刻的波动情况与 $t = 0.02 \text{ s}$ 时刻波动情况相同, 由图乙可知 $t = 0.02 \text{ s}$ 时刻质点 P 在波谷, 又 P 、 Q 平衡位置相距半个波长, 振动步调相反, 故质点 Q 在波峰, 则此刻加速度最大且方向沿 y 轴负方向, **B 正确**; 波的传播是波形的平移, 根据 $x = vt_1$, 其中 $t_1 = 0.04 \text{ s}$, 代入解得 $x = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$, **C 正确**; 两列波发生干涉的必要条件是频率相等, 该波的频率为 $f = \frac{1}{T} = 25 \text{ Hz}$, 与 2.5 Hz 不相等, 故这两列波不会发生干涉现象, **D 错误.**

10. AC 【解析】本题考查等量同种电荷电场的分布.

由等量同种点电荷电场特点可知, A 、 C 处放置的正电荷在长方体的几何中心处的合场强方向竖直向下, F 、 H 处放置的正电荷在长方体的几何中心处的合场强方向竖直向上, 则该长方体的几何中心处合场强为零, 故 **A 正确**; 由矢量合成可知, B 、 D 两点的场强大小相等, 方向不同 (易错: 电场强度是矢量, 电场强度相同指的是大小、方向均相同), 故 **B 错误**; O_1 、 O_2 连线中点处电势为零, 沿竖直方向从 O_1 到 O_2 , 电势先减小后增大, 故 **C 正确**; B 、 E 两点电势相等且电势为正, 即负电荷在此两点处电势能相等, 故电场力不做功, 故 **D 错误.**

11. AB 【解析】本题考查抛体运动.

以 C 点为原点, 以 CD 为 x 轴, 以垂直 CD 向上为 y 轴, 建立如图所示坐标系, 对运动员的运动进行分解, 由图分析可知, y 轴方向做类竖直上抛运动, x 轴方向做匀加速直线运动, 当运动员速度方向与 CD 平行时, 在 y 轴方向上到达最大位移处, 根据竖直上抛运动的对称性, 可知 $t_1 = t_2$, 而在



x 轴方向上运动员做匀加速运动, 因 $t_1 = t_2$, 故 $CF < FD$, **A 正确**; 设在 C 点的初速度 v 与滑道的夹角为 θ , 将初速度沿 x 、 y 方向分解为 $v_x = v \cos \theta$ 、 $v_y = v \sin \theta$, 将加速度沿 x 、 y 方向分解为 $a_x = g \sin \theta$ 、 $a_y = g \cos \theta$, 则运动员的运动时间 $t = \frac{2v \sin \theta}{g \cos \theta}$, CD 的长度即落在滑道上的距离 $s = v \cos \theta \cdot t + \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2 = \frac{2v^2 \sin \theta}{g \cos^2 \theta}$, 则 $t \propto v$, s 与 v 不成正比, **B 正确, C 错误**; 设运动员落在滑道上的速度方向与水平方向的夹角为

β , 滑道的倾角为 α , 则有 $\tan \beta = \frac{v_1}{v}$, $\tan \alpha = \frac{\frac{v_1}{2} t}{vt} = \frac{v_1}{2v}$, 其中 v_1 为运动员落在滑道上的竖直分速度, 则 $\tan \beta = 2 \tan \alpha$, α —



定,则 β 一定,则运动员落在滑道上的速度方向与离开 C 点时的速度大小无关,**D**错误.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

斜面上平抛运动的结论:无论初速度多大,落到斜面上,位移方向确定,则速度方向确定,**D**错误;运动员垂直斜面方向上做匀减速直线运动,沿着斜面方向上做匀加速直线运动,所以 CD 长度不与 C 点的速度大小成正比,**C**错误. 故选 A、B.

12. AC 【解析】本题考查带电粒子在复合场中的运动.

由题分析可知,速度选择器中,当电场力与洛伦兹力平衡时有 $qvB=qE$,即粒子速度 $v=\frac{E}{B}$ 时,粒子做匀速直线运动,若

$v \neq \frac{E}{B}$ 时,二力不平衡,粒子发生偏转,利用配速法,将粒子的

运动分解为水平方向的匀速直线运动和竖直平面内的匀速圆周运动,两分运动合成可知粒子做摆线运动,设向右的速度为 v_1 ,使 $qv_1B=qE$,受力平衡时粒子以速度 v_1 做匀速直

线运动;若 $v > \frac{E}{B}$ 时,设 $v=v_1+v_2$,则由上述分析可知粒子向

上偏转做逆时针圆周运动的同时水平向右运动(点拨:分解运动,粒子以 v_1 做匀速直线运动,同时粒子以初速度 v_2 做匀速圆周运动),轨迹在 x 轴的上方,当 $v_2 > v_1$ 时粒子运动轨迹可能如 C 图所示(点拨:当分运动中的圆周运动的速度向

左时,粒子向左的速度大于向右的速度);当 $v_2 < v_1$ 时,粒子水平方向速度一直向右,粒子运动轨迹可能如 A 图所示,**B**

错误,A、C 正确;若 $v < \frac{E}{B}$ 时,设 $v=v_1-v_2$,则由上述分析可知

粒子向下偏转做逆时针圆周运动的同时水平向右运动,轨迹一定在 x 轴的下方,**D** 错误.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

洛伦兹力与电场力不等大反向时,运动一定可以分解为向右的匀速直线运动与一个初速度方向为向左或向右的匀速圆周运动,轨迹一定不是圆周,**B** 错误;根据做圆周运动的初速度方向向左或向右可知,分运动做完一次完整的圆周运动,轨迹一定只在 x 轴上方或只在 x 轴下方,**D** 错误. 故选 A、C.