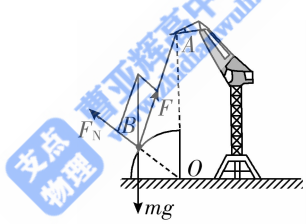
物理参考答案与解析

1. B 【解析】根据核反应方程遵循质量数及电荷数守恒，可写出该衰变方程 ${}^{241}_{95}\mathrm{Am}\rightarrow{}^{237}_{93}\mathrm{Np}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}$，显然，衰变方程中 X 表示的是 α 粒子。α 射线穿透能力较弱，在空气中只能前进几厘米，用一张纸就能把它挡住，A 错误；由题图可知，镅的质量从 $\frac{4m_0}{5}$ 衰变至 $\frac{2m_0}{5}$，所用时间为 432 年，因有半数发生衰变了，所以镅的半衰期为 432 年，B 正确；半衰期是由放射性元素的核内部自身的因素决定，与所处的化学状态和外部条件无关，C 错误；衰变后新核更稳定，即新核的比结合能更大，${}^{241}_{95}\mathrm{Am}$ 的比结合能比 ${}^{237}_{93}\mathrm{Np}$ 的比结合能小，D 错误。

2. C 【解析】该消音器工作原理是利用波的干涉原理，A 错误；波在相遇时独立传播，互不影响，B 错误；根据干涉特点知，两相干波源的距离差为半波长的奇数倍时，此点为振动减弱点，要减弱声音，所以满足距离差 $\Delta x=v\cdot\Delta t$ 为半波长的奇数倍，而波长 $\lambda=vT$，整理可得 Δt 为 $\frac{T}{2}$ 的奇数倍，C 正确；由于传播介质相同，所以 b 处的声波与 a 处的声波传播速度相等，D 错误。

3. A 【解析】由题意可知，铜丝构成的“莫比乌斯环”形成了两匝($n=2$)线圈串联的闭合回路，穿过回路的磁场有效面积为 $S=\pi r^2$，根据法拉第电磁感应定律可知，回路中产生的感应电动势大小为 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\frac{\Delta BS}{\Delta t}=2\pi r^2\frac{B_0}{t_0}$，A 正确。

4. C 【解析】对物块进行受力分析如图所示，根据相似三角形法可得 $\frac{F}{AB}=\frac{F_N}{OB}=\frac{mg}{OA}$。



在物块缓慢上升的过程中，重力大小、方向均不变，AB 变小，OA、OB 不变，则拉力 F 逐渐减小，圆柱体对物块的支持力 F_N 大小不变，由牛顿第三定律知物块对圆柱体的压力大小保持不变，A 错误，B 错误；对圆柱体受力分析可知物块对圆柱体的压力在水平方向的分力减小，地面对圆柱体的摩擦力变小，C 正确；对圆柱体进行受力分析知，圆柱体所受压力在的竖直方向的分力变大，圆柱体所受支持力变大，D 错误。

5. B 【解析】设石子运动的水平位移大小为 x，则有 $x=v_xt$，$t=\frac{2v_y}{g}$，$x=\frac{2v_xv_y}{g}$，则 $\frac{v_{x1}v_{y1}}{v_{x2}v_{y2}}=7:4$，可知 A 错误，D 错误，且第二次分速度小于第一次分速度，$\frac{v_{x1}}{v_{x2}}<\frac{7}{4}$，$\frac{v_{y1}}{v_{y2}}<\frac{7}{4}$，可知 C 错误，满足此条件的为 B 项，B 正确。

6. D 【解析】若为 $a-t$ 图像，图像的面积表示速度的变化量，若初速度方向与加速度方向相同，物体做加速运动，若初速度方向与加速度方向相反，物体做减速运动，A 错误；若为 $\frac{1}{v}-x$ 图像，$\frac{1}{v}=kx+\frac{1}{v_0}$，带入 $v^2-v_0^2=2ax$，得 $a=\frac{vv_0k(v^2-v_0^2)}{kv_0-v}$，如果物体做匀加速直线运动，则 a 为定值，即速度为定值，与选项相违背，B 错误；若为 v^2-x 图像，由 $v^2-v_0^2=2ax$ 可知 $v^2=v_0^2+2ax$，图像斜率 k 为 $2a$，C 错误；若为 $\frac{x}{t}-t$ 图像，由 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 可得 $\frac{x}{t}=v_0+\frac{1}{2}at$，可知加速度为定值，则该运动为匀变速直线运动，物体的速度随时间均匀变化，D 正确。

7. B 【解析】因为 $t=\frac{5T}{4}=T+\frac{T}{4}$,$t=\frac{T}{4}$时圆筒 1 相对圆板的电势差为负值,同理,$t=\frac{5T}{4}$奇数圆筒相对偶数圆筒的电势差为负值,A 错误;根据动能定理得 $qU=\frac{1}{2}mv_1^2$,$2qU=\frac{1}{2}mv_2^2$,$3qU=\frac{1}{2}mv_3^2$,…,$nqU=\frac{1}{2}mv_n^2$,第 7 个和第 8 个圆筒的长度之比为 $L_7:L_8=v_7:v_8=\sqrt{7}:\sqrt{8}=\sqrt{14}:4$,B 正确;根据动能定理得 $8qU=\frac{1}{2}mv_8^2$,$v_8=4\sqrt{\frac{qU}{m}}$,则第 8 个圆筒长度 $L_8=v_8\cdot\frac{T}{2}=2T\sqrt{\frac{qU}{m}}$,C 错误;离子由 M 点射入转向器,沿着圆弧虚线(等势线)做圆周运动,根据 $qE=m\frac{v_8^2}{R}$可得虚线 MN 处电场强度的大小为 $E=\frac{16U}{R}$,D 错误。

8. BD 【解析】由图,A、B 周期为 $T_A=t_1$,$T_B=2t_2$,其中 $t_2=\sqrt{2}t_1$,故 B 与 A 绕行周期之比$\frac{T_B}{T_A}=\frac{2t_2}{t_1}=\frac{2\sqrt{2}}{1}$,根据开普勒第三定律$\frac{T_B^2}{T_A^2}=\frac{a_B^3}{a_A^3}$,则$\frac{a_A}{a_B}=1:2$,A 错误;由图可知,当 r_A 最小时 $8F=\frac{GMm_A}{r_{A\min}^2}$,当 r_A 最大时 $2F=\frac{GMm_A}{r_{A\max}^2}$,$r_A$ 的最大值与 r_A 的最小值之比为 $2:1$,同理,当 r_B 最小时 $9F=\frac{GMm_B}{r_{B\max}^2}$,当 r_B 最大时 $F=\frac{GMm_B}{r_{B\max}^2}$,$r_B$ 的最大值与 r_B 的最小值之比为 $3:1$,行星 A、B 轨道长轴之比 $2:1$,r_A 的最大值与 r_B 的最大值之比为 $4:9$,B 正确;r_A 的最大值与 r_B 的最大值之比为 $4:9$,又 $2F=G\frac{Mm_A}{r_{A\max}^2}$,$F=G\frac{Mm_B}{r_{B\max}^2}$,解得$\frac{m_A}{m_B}=\frac{32}{81}$,C 错误;行星 B 的运动周期为 $2t_2$,根据开普勒第二定律,任意一个行星与太阳的连线在相等时间扫过的面积相等,则行星 B 与太阳的连线在任意 t_2 时间内扫过的面积为椭圆轨道面积的一半,D 正确。

9. ACD 【解析】根据 v-h 图像可知,距上端口$\frac{h_0}{2}$处,气流的速度为$\frac{v_0}{2}$,黄豆恰好悬停在距上端口$\frac{h_0}{2}$处,秸秆对黄豆的弹力为 0,则 $m_1g=k_1\frac{v_0}{2}$,$m_1=\frac{k_1v_0}{2g}$,A 正确;黄豆悬停时,$mg=F=k_1v$,由乙图知 $v=v_0-\frac{v_0}{h_0}h$,解得 $m=\frac{k_1v_0}{g}-\frac{k_1v_0}{gh_0}h$,质量与高度不是正比关系,B 错误;若质量为 $2m$ 的黄豆恰好悬停在上端口,$2mg=k_1v_0$,对于质量为$\frac{3}{2}m$ 的黄豆放在端口处,$F-\frac{3}{2}mg=\frac{3}{2}ma$,$a=\frac{1}{3}g$,方向竖直向上,由于冲力 $F=k_1v$,$v=v_0-\frac{v_0}{h_0}h$,则 $F=k_1\left(v_0-\frac{v_0}{h_0}h\right)$,因此黄豆做简谐运动,由对称性可知,最高点 $a=\frac{1}{3}g$,方向向下,则最高点$\frac{3}{2}mg-k_1\left(v_0-\frac{v_0}{h_0}h\right)=\frac{3}{2}ma$,解得 $h=\frac{1}{2}h_0$,C 正确;对高度 h_1 的黄豆 A 有 $m_Ag=k_1\left(v_0-\frac{v_0}{h_0}h_1\right)$,对高度 h_2 的黄豆 B 有 $m_Bg=k_1\left(v_0-\frac{v_0}{h_0}h_2\right)$,则 $\Delta h=h_1-h_2=\frac{\Delta mgh_0}{k_1v_0}$,D 正确。

10. BC 【解析】对模型,根据动量定理 $\bar{F}t=mv$,其中,平均安培力 $\bar{F}=nB\bar{I}2\pi r$,可得 $v_m=\frac{2n\pi rBq}{m}$,A 错误;刚充电结束时,电容器电荷量为 $Q=CE$,模型达到最大速度时,电容器电荷量 $Q'=Q-q$,此时电容器电压 $U=\frac{Q'}{C}$,则此时模型产生的感应电动势等于 U,故 $U=2n\pi rBv_m$,联立可得$\frac{CE-q}{C}=2n\pi rBv_m$,解得 $C=\frac{mq}{mE-4n^2\pi^2r^2B^2q}$,B 正确;模型刚在轨道上运动时,加速度最大,根据牛顿第二定律有 $nBI_02\pi r=ma_m$,电流为 $I_0=\frac{E}{R}$联立解得在轨道上的最大加速度为 $a_m=\frac{2n\pi rEB}{Rm}$,C 正确;模型滑离导轨的整个过程中,电容器释放的电能一部分转化为金属滑块的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv_m^2=\frac{2n^2\pi^2r^2B^2q^2}{m}$,另一部分转化为了模型的内能(焦耳热),D 错误。

11. (1)2.1×10^{-7}(2 分)　(2)丙(2 分)　丙和丁(2 分)

【解析】(1) 相邻亮条纹中心间距 $\Delta x=0.93\ \text{mm}-0.31\ \text{mm}=0.62\ \text{mm}$,等效双缝间的距离为 $d'=2d=0.4\ \text{mm}=4\times10^{-4}\ \text{m}$,单缝到光屏的距离 $D=1.2\ \text{m}$,根据双缝干涉条纹间距公式 $\Delta x=\frac{D}{d'}\lambda$,$\lambda=\frac{d'}{D}\Delta x=\frac{4\times10^{-4}\times6.2\times10^{-4}}{1.2}\ \text{m}\approx2.1\times10^{-7}\ \text{m}$。

(2)丙实验方案中,绳的拉力 F 满足:

$F=Ma$,且 $mg-F=ma$,则 $F=\frac{mg}{1+\frac{m}{M}}$,只有 $M\gg m$ 时,F 才近似等于 mg,故以托盘与砝码的重力表示小车的合外力,需满足 $M\gg m$。

丁实验方案中:小车沿木板匀速下滑,小车受绳的拉力及其他力的合力为零,且绳的拉力大小等于托盘与砝码的重力,取下托盘及砝码,小车所受的合外力大小等于托盘与砝码的重力 mg,不需要满足 $M\gg m$。两个实验方案都需把 mg 作为 F 值。

12. (1)②0(2 分)　100(2 分)　(2)①c(2 分)　②150(2 分)　③减小(2 分)

【解析】(1)本实验用电桥法测电阻,在电阻箱与 R_t 位置调换前后,都应使 B、D 两点间电势差为零,即使电流表 G 的示数为零,进而根据并联电路规律可得$\frac{R_1}{R_3}=\frac{R_{21}}{R_t}=\frac{R_t}{R_{22}}$,解得 $R_t=\sqrt{R_{21}R_{22}}=100\ \Omega$。

(2)①由题意可知,当控制电路电流达到 20 mA 时衔铁被吸合,制冷系统工作,所以题图乙中,应将 b 端与 c 端相连。

②若设置电池温度为 50 ℃启动制冷系统,当温度为 50 ℃时,R_t 的阻值为 100 Ω,此时控制电路的总电阻 $R=\frac{E}{I}=\frac{5\ \text{V}}{20\times10^{-3}\ \text{A}}=250\ \Omega$,由串联电路的电阻规律,滑动变阻器接入的电阻为 $R_P=R-R_t=250\ \Omega-100\ \Omega=150\ \Omega$。

③由于热敏电阻的阻值随温度的升高而减小,当线圈电流达到一定值时,继电器的衔铁被吸合,制冷系统被启动,根据闭合电路欧姆定律 $I=\frac{E}{R_P+R_t}$,若要在更低的温度启动制冷系统,热敏电阻变大,需要减小滑动变阻器阻值。

13. (1)5×10^5 Pa　(2)2190 N　(3)82.4 J

解:(1)气缸缸体导热性良好,可知从状态 A 到状态 B,气体发生等温变化,

则有 $p_ASL=p_BS(L-h)$(2 分)

解得状态 B 气体的压强为 $p_B=\frac{p_AL}{L-h}=5\times10^5\ \text{Pa}$(2 分)

(2)弹簧压缩量最大时,F 最大,对活塞受力分析

则有 $p_0S+F+mg=p_BS+k(x_0+h)$(2 分)

代入数据解得 $F=2190$ N(2 分)

(3)气缸缸体导热性良好,可知从状态 A 到状态 B,气体发生等温变化,气体内能不变,根据热力学第一定律可得 $\Delta U=W-Q=0$

解得外界对气体做的功为 $W=Q=82.4$ J(2 分)

14. (1)$2\pi R\sqrt{\frac{m}{2qU_0}}(1+\frac{1}{\sqrt{2}})$　(2)①$\frac{B_0^2qR^2}{2mU_0}$　②最大可波动系数的上限 $\alpha_{上限}=\frac{1}{2n-3}$($n=2$、3、4……),最大可波动系数的下限 $\alpha_{下限}=\frac{1}{2n-1}$($n=2$、3、4……)

解:(1)同步加速器因其旋转半径始终保持不变,因此磁场必须周期性递增,洛伦兹力作向心力,粒子做半径为 R 的匀速圆周运动,每一周所用时间 $t=\frac{2\pi R}{v}$,由于每一周速度不同,所用时间也不同

第一周 $qU_0=\frac{1}{2}mv_1^2$，得 $v_1=\sqrt{\frac{2qU_0}{m}}$（1 分）

第二周 $2qU_0=\frac{1}{2}mv_2^2$，得 $v_2=\sqrt{\frac{2\cdot 2qU_0}{m}}$

故绕行 2 周所需总时间

$t_{总}=2\pi R\sqrt{\frac{m}{2qU_0}}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$（2 分）

（2）①由 $B_0qv=m\frac{v^2}{r}$

得 $v=\frac{B_0qr}{m}$

当 $r=R$ 时，速度最大 $v_m=\frac{B_0qR}{m}$（1 分）

离开磁场时的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{B_0^2q^2R^2}{2m}$

由图可知，$t=\frac{T}{4}$时，电压为 U_0，则加速次数 $N=\frac{E_k}{qU_0}=\frac{B_0^2qR^2}{2mU_0}$（2 分）

②每加速一次，粒子在磁场中转半个圆周，若 $B=B_0(1+\alpha)$，

则粒子在磁场中转半个圆周的时间比 $B=B_0$ 时缩短，则有

$\Delta t_1=\frac{\pi m}{B_0q}-\frac{\pi m}{B_0(1+\alpha)q}=\frac{\alpha\pi m}{B_0q(1+\alpha)}$（1 分）

$n-1$ 次半圆周累计缩短时间 $t_{总缩}=(n-1)\Delta t_1=\frac{(n-1)\alpha\pi m}{B_0q(1+\alpha)}$（1 分）

要实现连续 n 次加速 $t_{总缩}<\frac{T}{4}=\frac{\pi m}{2B_0q}$

可得 $\alpha_1<\frac{1}{2n-3}$（$n=2、3、4\cdots\cdots$）

则最大可波动系数的上限 $\alpha_{上限}=\frac{1}{2n-3}$（$n=2、3、4\cdots\cdots$）（1 分）

若 $B=B_0(1-\alpha)$，则粒子在磁场中转半个圆周的时间比 $B=B_0$ 时延长，则有

$\Delta t_2=\frac{\pi m}{B_0(1-\alpha)q}-\frac{\pi m}{B_0q}=\frac{\alpha\pi m}{B_0q(1-\alpha)}$（1 分）

$n-1$ 次半圆周累计延长时间 $t_{总延}=(n-1)\Delta t_2=\frac{(n-1)\alpha\pi m}{B_0q(1-\alpha)}$（1 分）

可得 $\alpha_2<\frac{1}{2n-1}$（$n=2、3、4\cdots\cdots$）

则最大可波动系数的下限

$\alpha_{下限}=\frac{1}{2n-1}$（$n=2、3、4\cdots\cdots$）（1 分）

15.（1）2 m/s　（2）0.625 m　（3）$\left[11.25-112\left(\frac{1}{7}\right)^{2n}\right]$ J

解：（1）设物块 A 能加速到和传送带速度相等，则加速过程根据牛顿第二定律 $\mu_0mg=ma$

设加速过程物块 A 的位移为 x 则 $v^2=2ax$

解得 $x=1.5\ \text{m}<L$

假设成立，A 碰 C 前速度为$\sqrt{6}$ m/s（1 分）

由图知 A 运动 0.5 m 时 $\mu_1=0.4$，摩擦力对物块 A 做的功

$W_f=-\frac{0+\mu_1mg}{2}d$

$W_f = -0.5\ J$(1 分)

根据动能定理得 $W_f = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv^2$

$v_A = 2\ m/s$(1 分)

A、C 碰撞过程由动量守恒和能量守恒得 $mv_A = mv_{A1} + mv_{C1}$

$\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_{A1}^2 + \frac{1}{2}mv_{C1}^2$

解得 $v_{A1} = 0 \quad v_{C1} = 2\ m/s$(1 分)

(2)设长木板 C 和物块 B 向右运动过程中第一次达到共速时的速度为 v_{10},

则由动量守恒定律得 $mv_{C1} = (M+m)v_{10}$(1 分)

物块 B 与挡板发生弹性碰撞后,速度反向,大小不变,设 C 与 B 再次共速时速度为 v_{20},

则由动量守恒定律得 $Mv_{10} - mv_{10} = (M+m)v_{20}$(1 分)

由能量守恒定律可得 $\mu_2 MgS = \frac{1}{2}mv_{C1}^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_{20}^2$

解得 $S = 0.625\ m$(1 分)

(3)更换长木板后,由 $\mu_0 mg = ma$

$v'^2 = 2ax'$物块 A 离开传送带的速度 $v' = 3\sqrt{3}\ m/s$(1 分)

根据动能定理 $W_f = \frac{1}{2}mv_{A2}^2 - \frac{1}{2}mv'^2$

解得 A 碰 C 前速度 $v_{A2} = 5\ m/s$(1 分)

A、C 碰撞过程由动量守恒和能量守恒得 $mv_{A2} = mv_A'' + m_C v_{C2}$

$\frac{1}{2}mv_{A2}^2 = \frac{1}{2}mv_A''^2 + \frac{1}{2}m_C v_{C2}^2$

解得 $v_A'' = -3\ m/s \quad v_{C2} = 2\ m/s$(1 分)

设长木板 C 和物块 B 向右运动过程中第一次达到共速时的速度为 v_1,则由动量守恒定律得

$m_C v_{C2} = (M+m_C)v_1$

$v_1 = \frac{8}{7}\ m/s$(1 分)

物块 B 第二次与挡板发生弹性碰撞前,由动量守恒定律得 $m_C v_1 - Mv_1 = (M+m_C)v_2$

$v_2 = 8\times\left(\frac{1}{7}\right)^2\ m/s$(1 分)

B 与挡板第三次碰撞前的共速的速度为 v_3,

由动量守恒定律可得 $m_C v_2 - Mv_2 = (M+m_C)v_3$

解得 $v_3 = 8\times\left(\frac{1}{7}\right)^3\ m/s$

同理可知,B 与挡板第四次碰撞前的共速的速度为 v_4

$v_4 = 8\times\left(\frac{1}{7}\right)^4\ m/s$

同理可得,B 与挡板第 n 次碰撞前的共速的速度为 v_n

$v_n = 8\times\left(\frac{1}{7}\right)^n\ m/s$

由能量守恒定律可得 $Q_3 = \frac{1}{2}m_C v_{C_2}^2 - \frac{1}{2}(M+m_C)v_n^2$(1 分)

物块 A 在传送带上运动产生的热量 $Q_1 = \mu_0 mgS_{相对} = 6.75\ J$(1 分)

物块 A 在水平地面上运动产生的热量 $Q_2 = |W_f| = 0.5\ J$(1 分)

则整个过程中产生的焦耳热 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \left[11.25 - 112\times\left(\frac{1}{7}\right)^{2n}\right]\ J$(1 分)