高三年级 12 月检测训练·物理

参考答案、提示及评分细则

1.【答案】C

【解析】根据质量数守恒（3＋3＝4＋2A）与电荷数守恒（2＋2＝2＋2Z），可解得 A＝1，Z＝1，故 X 粒子为质子（${}_{1}^{1}H$），选项 A 错误；轻核聚变需克服核子间的库仑斥力，因此需要极高温度（几百万摄氏度以上）使核子获得足够动能，该反应虽释放能量，但常温常压下无法自发进行，选项 B 错误；原子核的比结合能越大，原子核越稳定，核反应向着生成更稳定原子核的方向进行，所以氦－4 核的比结合能大于氦－3 的比结合能，选项 C 正确；根据质能方程 $\Delta E=\Delta mc^2$，释放的能量对应于质量亏损，$\Delta E=12.86\times10^6\times1.6\times10^{-19}\,\text{J}=2.06\times10^{-12}\,\text{J}$，$\Delta m=\dfrac{\Delta E}{c^2}=\dfrac{2.06\times10^{-12}}{(3.0\times10^8)^2}\text{kg}=2.29\times10^{-29}\,\text{kg}$，选项 D 错误.

2.【答案】D

【解析】落地时速度方向与水平面夹角 θ 的表达式为 $\tan\theta=\dfrac{gt}{v_0}$，$t$ 由高度决定，v_0 增大时 θ 减小，选项 A 错误；落地时速度大小为 $v=\sqrt{v_0^2+(gt)^2}$，则其动能为 $E_k=\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{1}{2}m[v_0^2+(gt)^2]$，选项 B 错误；平抛运动竖直方向有 $h=\dfrac{1}{2}gt^2$，可知投掷高度 h 增加则 t 增大，由 $\tan\theta=\dfrac{gt}{v_0}$ 知 θ 增大，选项 C 错误；平抛运动加速度为 g，速度变化量 $\Delta v=gt$，速度变化量方向始终与加速度方向一致，即竖直向下，选项 D 正确.

3.【答案】D

【解析】返回器从轨道Ⅰ（绕月圆轨道）变轨至轨道Ⅱ（地月转移椭圆轨道）时，需在 P 点加速做离心运动，因此轨道Ⅰ上 P 点的速度小于轨道Ⅱ上 P 点的速度，选项 A 错误；在 Q 点，返回器所受万有引力提供加速度，由牛顿第二定律 $G\dfrac{M_{地}m}{r^2}=ma$，可知加速度仅与中心天体（地球）质量和该点到地心距离有关，因此在轨道Ⅱ和轨道Ⅲ的 Q 点加速度相同，选项 B 错误；由万有引力提供向心力 $G\dfrac{Mm}{R^2}=m\dfrac{4\pi^2}{T^2}R$，可得 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{R^3}{GM}}$，因此 $\dfrac{T_Ⅰ}{T_Ⅲ}=\sqrt{\dfrac{R^3}{M_{月}}}\cdot\sqrt{\dfrac{M_{地}}{r^3}}$，代入 $M_{地}=81M_{月}$，$r=4R$，得 $\dfrac{T_Ⅰ}{T_Ⅲ}=\sqrt{\dfrac{R^3}{M_{月}}\cdot\dfrac{81M_{月}}{64R^3}}=\sqrt{\dfrac{81}{64}}=\dfrac{9}{8}$，选项 C 错误；返回器在轨道Ⅲ的 Q 点相对于轨道Ⅱ做向心运动，需减速才能进入半径更小的圆轨道Ⅲ，因此应沿速度方向喷气减速，选项 D 正确.

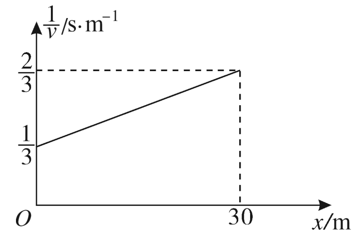
4.【答案】B

【解析】在 $p-V$ 图中（可将图中的圆形等效成正方形进行分析），顺时针循环表示系统在过程中对外做正功，即 $W<0$.这是因为顺时针循环中，系统膨胀过程所做的功大于压缩过程所消耗的功，净功为正；同理逆时针循环系统对外做负功.理想气体的内能是状态函数，系统经历一个完整循环后，状态回到初始点，因此内能变化量 $\Delta U=0$.根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$，得 $Q=-W$.该循环过程中，系统对外做负功，则外界对系统做正功，有 $W>0$，则 $Q<0$，表示系统净放热，故正确选项为 B.

5.【答案】C

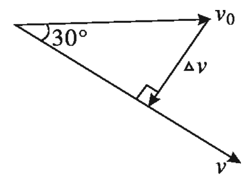
【解析】理想变压器原、副线圈匝数比为 k，则 $U_1=kU_2$，$I_2=kI_1$.从原线圈看，R_1 的等效电阻为 k^2R_1，则 $U=I_1(k^2R_1+R_2)$，解得 $I_1=\dfrac{U}{(2k^2+1)R}$，即电流表的示数为 $\dfrac{U}{(2k^2+1)R}$，选项 B 错误；电压表的示数为 $U_V=I_1R_2=\dfrac{U}{2k^2+1}$，选项 A 错误；$R_1$ 消耗的功率为 $P_1=I_2^2R_1=\dfrac{2k^2U^2}{(2k^2+1)^2R}$，选项 C 正确；$R_2$ 消耗的功率为 $P_2=I_1^2R_2=\dfrac{U^2}{(2k^2+1)^2R}$，选项 D 错误.

6.【答案】C



【解析】由 $v=\dfrac{90}{30+x}$ 整理得 $\dfrac{1}{v}=\dfrac{1}{90}x+\dfrac{1}{3}$，则 $\dfrac{1}{v}-x$ 图像是一条直线，如图所示，$\dfrac{1}{v}-x$ 图像中梯形的面积表示运动时间，故 $t=\dfrac{\left(\dfrac{1}{3}+\dfrac{2}{3}\right)\times 30}{2}\text{s}=15\ \text{s}$，所以平均速度大小为 $\bar{v}=\dfrac{x}{t}=\dfrac{30}{15}\text{m/s}=2\ \text{m/s}$，选项 C 正确.

7.【答案】A



【解析】由牛顿第二定律可知，带电粒子在匀强电场中的加速度大小为 $a=\dfrac{qE}{m}$，经时间 t 速度的变化量为 $\Delta v=at=\dfrac{qEt}{m}$.如图所示，当速度变化量 Δv 与末速度 v 垂直时，Δv 最小，对应的时间最短，有 $\Delta v=v_0\sin 30°=\dfrac{1}{2}v_0$，联立解得 $t=\dfrac{mv_0}{2qE}$，故正确选项为 A.

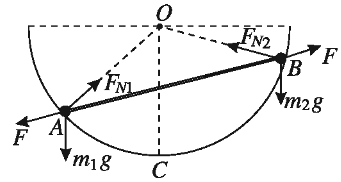
8.【答案】AD

【解析】从图乙可知振幅 $A=0.02$ m，周期 $T=0.2$ s，又知波长 $\lambda=2.0$ m，则波的传播速度为 $v=\dfrac{\lambda}{T}=\dfrac{2.0}{0.2}$ m/s $=10$ m/s，选项 A 正确；$t=0.4$ s $=2T$，2 个周期内路程为 $s=2\times4$ A $=0.16$ m，选项 B 错误；由图甲及此时 O 处质点恰好经过平衡位置向上运动，知该波沿 x 轴负方向传播，$t=0$ 时 $x=1.0$ m 处的质点恰好经过平衡位置向下运动，其振动方程为 $y=-A\sin(\dfrac{2\pi}{T})t=-0.02\sin(10\pi t)$ m，选项 C 错误；从 P 点到 $x=3.0$ m 处，波传播需要时间 $\Delta t=\dfrac{4.0-3.0}{10}$ s $=0.1$ s，$x=3.0$ m 处质点的振动比 P 点滞后 0.1 s，$x=3.0$ m 处的质点在 $t=0.1$ s 时，等效于 P 点在 $t=0.1$ s $+0.1$ s $=0.2$ s 时的状态，从图乙振动图像看，$t=0.2$ s 时，质点正在平衡位置向上运动，选项 D 正确.

9.【答案】BC

【解析】恒流源输出电流 I 恒定，导轨间磁场 $B=kI$ 恒定.底座所受安培力 $F=BIL=kI^2L$，方向沿导轨向右，使底座做匀加速直线运动.加速度 $a=\dfrac{F}{m}=\dfrac{kI^2L}{m}$，由运动学公式 $v_0^2=2ax_1$ 得加速阶段位移 $x_1=\dfrac{v_0^2}{2a}=\dfrac{mv_0^2}{2kI^2L}$，选项 A 错误；底座进入右侧磁场 B_0 区域后，与恒流源断开，与定值电阻 R 构成回路.底座切割磁感线产生感应电动势 $E=B_0Lv$，回路总电阻为 $R+r$，由闭合电路的欧姆定律得 $B_0Lv=\bar{I}(R+r)$，对底座应用动量定理，有 $-BL\bar{I}\cdot\Delta t=0-mv_0$，又通过定值电阻的电荷量为 $q=\bar{I}\cdot\Delta t$，联立解得 $q=\dfrac{mv_0}{B_0L}$，选项 D 错误；由法拉第电磁感应定律和闭合电路的欧姆定律得 $\dfrac{B_0Lx_2}{\Delta t}=\bar{I}(R+r)$，整理得 $q=\dfrac{B_0Lx_2}{R+r}$，联立解得 $x_2=\dfrac{mv_0(R+r)}{B_0^2L^2}$，选项 B 正确；减速过程中，底座动能全部转化为回路焦耳热 $\dfrac{1}{2}mv_0^2=Q_{总}$，定值电阻 R 上的热量为 $Q_R=\dfrac{R}{R+r}Q_{总}=\dfrac{Rmv_0^2}{2(R+r)}$，选项 C 正确.

10.【答案】AB



【解析】对甲、乙两小球进行受力分析,如图所示,根据几何关系,在三角形 OAB 中,$OA=OB=R$,$AB=\sqrt{3}R$,由余弦定理可得 $AB^2=OA^2+OB^2-2\cdot OA\cdot OB\cdot\cos\angle AOB$,解得 $\angle AOB=120°$,由 $\angle AOC=45°$,得 $\angle BOC=\angle AOB-\angle AOC=75°$,作用在小球甲上的三个力构成矢量三角形,应用正弦定理,得 $\frac{m_1g}{\sin30°}=\frac{F_{N1}}{\sin105°}=\frac{F}{\sin45°}$,其中 $\sin30°=\frac{1}{2}$,$\sin45°=\frac{\sqrt{2}}{2}$,$\sin105°=\sin75°=\frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}$,解得 $F_{N1}=\frac{(\sqrt{6}+\sqrt{2})m_1g}{2}$,$F=\sqrt{2}m_1g$,选项 B 正确、选项 C 错误.作用在小球乙上的三个力构成矢量三角形,应用正弦定理,得 $\frac{m_2g}{\sin30°}=\frac{F_{N2}}{\sin75°}=\frac{F}{\sin75°}$,解得 $F_{N2}=\frac{(\sqrt{6}+\sqrt{2})m_2g}{2}$,$F=\frac{(\sqrt{6}+\sqrt{2})m_2g}{2}$,选项 D 错误.由 $F=\sqrt{2}m_1g=\frac{(\sqrt{6}+\sqrt{2})m_2g}{2}$,得 $\frac{m_1}{m_2}=\frac{\sqrt{3}+1}{2}$,选项 A 正确.

11.【答案】(7 分)

(1)5.50(2 分)　(2)<(1 分)　(3)$(m-M)gh=\frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$(2 分)

(4)①定滑轮实际有质量,其转动动能未被计入系统动能;②细绳与定滑轮间存在摩擦,损耗部分能量(2 分,任写一条即可)

【解析】(1)游标卡尺的精度为 0.05 mm,如图乙所示,主尺读数为 5 mm,游标尺第 10 条刻度线与主尺对齐,故遮光片宽度为 $d=5\text{ mm}+0.05\text{ mm}\times10=5.50\text{ mm}$.

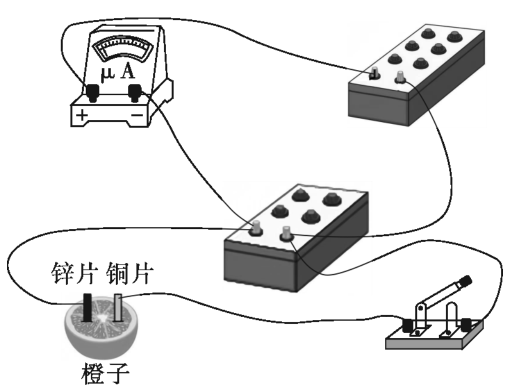
(2)为了使 A 下落过程中挡光片经过光电门,需满足物块 B 的质量 M 小于物块 A 的质量 m,即 $M<m$.若 $M>m$,系统可能静止或 B 下落,无法实现 A 下落测量.

(3)重力势能减少量 $\Delta E_p=(m-M)gh$,动能增加量 $\Delta E_k=\frac{1}{2}(M+m)v^2$,其中 $v=\frac{d}{\Delta t}$.若系统机械能守恒,有 $\Delta E_p=\Delta E_k$,整理得 $(m-M)gh=\frac{1}{2}(M+m)\left(\frac{d}{\Delta t}\right)^2$.

(4)导致了系统动能增加量略小于重力势能减少量可能原因:①定滑轮实际有质量,其转动动能未被计入系统动能;②细绳与定滑轮间存在摩擦,损耗部分能量.

12.【答案】(9 分)

(1)0.80~0.85(2 分)　(2)①9000(1 分)　②如图所示(2 分)　③$\frac{R_V}{bR_V-k}$(2 分)　$\frac{kR_V}{bR_V-k}$(2 分)



【解析】(1)直流电压 2.5 V 挡分度值为 0.05 V,指针指向第 16 小格第 17 小格之间,读数介于 0.80 V 与 0.85 V 之间(保留两位小数).

(2)①改装后电压表量程 $U_V=1$ V,满偏电流 $I_g=100\ \mu$A,内阻 $R_g=1000\ \Omega$,需串联电阻 R 满足 $U_V=I_g(R_g+R)$,解得 $R=9000\ \Omega$.

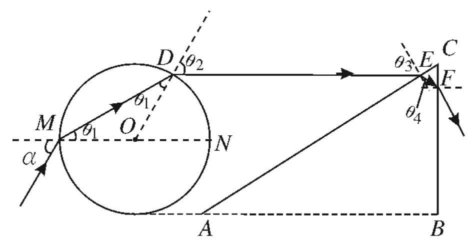
②在水果电池中,铜片是正极(+),锌片是负极(−).根据图乙所示的电路图,将实物进行连接,答案如图所示.

③设改装后电压表内阻为 R_V,由闭合电路欧姆定律,得 $E=U+(\frac{U}{R_V}+\frac{U}{R_2})r$,整理得 $\frac{1}{U}=\frac{r}{E}\cdot\frac{1}{R_2}+\frac{1}{E}+\frac{r}{ER_V}$,可见 $\frac{1}{U}$ 与 $\frac{1}{R_2}$ 呈线性关系,其图线斜率 $k=\frac{r}{E}$,纵轴截距 $b=\frac{1}{E}+\frac{r}{ER_V}$,联立解得 $E=\frac{R_V}{bR_V-k}$,$r=\frac{kR_V}{bR_V-k}$.

13.【答案】(10 分)

(1)60°　　(2)$\frac{2\sqrt{3}R}{c}$

【解析】(1)光路如图所示



在 M 点,根据折射定律,有 $n=\frac{\sin\alpha}{\sin\theta_1}$(1 分)

解得 $\theta_1=30°$(1 分)

根据光路可逆,知光在 D 点的折射角为 $\theta_2=\alpha=60°$(1 分)

从 D 点的出射光线水平向右传播,由几何关系知单色光在 AC 边的入射角为 $\theta_3=60°$(1 分)

(2)由几何关系,知单色光在圆形玻璃砖中的传播距离为 $s_1=\sqrt{3}R$(1 分)

由几何关系,知单色光在直角三角形玻璃砖中的传播距离为 $s_2=(2-\sqrt{3})R$(2 分)

单色光在玻璃砖中的传播速度为 $v=\frac{c}{n}$(1 分)

单色光在两玻璃砖中的传播时间为 $t=\frac{s_1+s_2}{v}$(1 分)

联立解得 $t=\frac{2\sqrt{3}R}{c}$(1 分)

14.【答案】(14 分)

(1)$3mg$　　(2)$\frac{R}{9^n}$　　(3)$\frac{1}{\mu}\sqrt{\frac{2R}{g}}$

【解析】(1)滑块 A 从 P 点静止释放,沿圆弧轨道滑至 Q 点.根据机械能守恒,有 $mgR=\frac{1}{2}mv_0^2$(1 分)

解得滑块 A 在 Q 点的速度大小为 $v_0=\sqrt{2gR}$

在 Q 点,根据牛顿第二定律,有 $F_N-mg=m\frac{v_0^2}{R}$(1 分)

联立解得 $F_N=3mg$

根据牛顿第三定律,滑块 A 对轨道的压力大小为

$F'_N=F_N=3mg$(1 分)

(2)滑块 A 碰撞前的速度为 $v_0=\sqrt{2gR}$,设第一次碰撞后滑块 A 和滑块 B 的速度分别为 v_{A1}、v_{B1},根据动量

守恒定律和能量守恒定律，有 $mv_0=mv_{A1}+2mv_{B1}$（1 分）

$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_{A1}^2+\frac{1}{2}2mv_{B1}^2$（1 分）

联立解得 $v_{A1}=-\frac{1}{3}v_0$，$v_{B1}=\frac{2}{3}v_0$（1 分）

碰撞后滑块 A 以速度大小$\frac{1}{3}v_0$滑上轨道，根据机械能守恒，最大高度 h_1满足 $mgh_1=\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{3}v_0\right)^2$（1 分）

联立解得 $h_1=\frac{R}{9}$

类似地，第二次碰撞前，滑块 A 从高度 h_1滑回 Q 点，速度大小 $v_{A2前}=\sqrt{2gh_1}=\frac{1}{3}v_0$

碰撞后滑块 A 的速度 $v_{A2}=-\frac{1}{3}v_{A2前}=-\frac{1}{9}v_0$，最大高度 h_2满足 $mgh_2=\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{9}v_0\right)^2$（1 分）

联立解得 $h_2=\frac{R}{9^2}$

以此类推，第 n 次碰撞后，滑块 A 的速度大小为$\left(\frac{1}{3}\right)^n v_0$，最大高度 h_n满足：

$mgh_n=\frac{1}{2}m\left[\left(\frac{1}{3}\right)^n v_0\right]^2=\frac{1}{2}m\left(\frac{1}{9}\right)^n v_0^2=\left(\frac{1}{9}\right)^n mgR$（1 分）

解得 $h_n=\frac{R}{9^n}$（1 分）

（3）滑块 B 在地面上滑行时，根据牛顿第二定律，有 $\mu\cdot 2mg=2ma$，

解得 $a=\mu g$

第 k 次碰撞后，滑块 B 的速度为 $v_{Bk}=2\left(\frac{1}{3}\right)^k v_0$（1 分）

设每次碰撞后滑块 B 运动的时间为 t_k，有 $v_{Bk}=at_k$

联立解得 $t_k=\frac{2\sqrt{2R/g}}{\mu}\left(\frac{1}{3}\right)^k$（$k=1,2,3,\cdots$）（1 分）

滑块 B 运动的总时间为所有 t_k之和，有 $t=\frac{2\sqrt{2R/g}}{\mu}\left[\left(\frac{1}{3}\right)+\left(\frac{1}{3}\right)^2+\left(\frac{1}{3}\right)^3+\cdots\right]$（$k=1,2,3,\cdots$）（1 分）

解得 $t=\frac{1}{\mu}\sqrt{\frac{2R}{g}}$（1 分）

15.**【答案】**（17 分）

（1）$-\frac{3}{8}mv_0^2$　　（2）$y=\frac{2qE}{mv_0^2}x^2$（$-d\leqslant x\leqslant 0$）　　（3）$x(t)=x_1+x_2=\frac{v_0}{4}t+\frac{mv_0^2}{16qE}\sin(\frac{4qE}{mv_0}t)$，$y(t)=y_2=\frac{mv_0^2}{16qE}\left[\cos(\frac{4qE}{mv_0}t)-1\right]$

【解析】（1）粒子从 P 点以速度 v_0、角度 60°射入，初速度分量为 $v_{0x}=v_0\cos60^\circ=\frac{v_0}{2}$，$\Delta v_{0y}=v_0\sin60^\circ=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$（1 分）

粒子从 O 点沿 x 轴正方向进入磁场，说明在 O 点竖直分速度为零，即 $v_{y0}=0$，故在 O 点速度大小为

$v_O=v_{0x}=\frac{v_0}{2}$（1 分）

动能变化量为 $\Delta E_k=\frac{1}{2}m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2-\frac{1}{2}mv_0^2=-\frac{3}{8}mv_0^2$（2 分）

负号表示动能减少，减少量为$\frac{3}{8}mv_0^2$.

(2)粒子从 P 点运动到 O 点，逆向看为类平抛运动，有 $x=-v_{Ox}t$（1 分）

$y=\frac{1}{2}at^2$（1 分）

又 $qE=ma$（1 分）

消去时间 t，得轨迹方程为 $y=\frac{2qE}{mv_0^2}x^2(-d\leqslant x\leqslant 0)$（1 分）

(3)在 $x>0$ 区域，同时存在竖直向上的电场 E 和垂直纸面向外的磁场 B.粒子从 O 点以速度 $v_O=\frac{v_0}{2}$沿 x 轴正方向射入.采用运动分解法(配速法)：均匀电磁场中，粒子的运动可视为一个匀速直线运动和一个匀速圆周运动的叠加.

由 $qE=qv_1B$（1 分）

又 $B=\frac{4E}{v_0}$

解得 $v_1=\frac{v_0}{4}$

则 $v_2=v_O-v_1=\frac{v_0}{4}$（1 分）

由 $qv_2B=m\frac{v_2^2}{R}$（1 分）

联立解得 $R=\frac{mv_0^2}{16qE}$

角速度为 $\omega=\frac{v_2}{R}=\frac{4qE}{mv_0}$（1 分）

初始时刻速度 $v_2=\frac{v_0}{4}$向右，洛伦兹力向下，故顺时针旋转.建立坐标系：以 O 为原点，$t=0$ 时粒子位于 O 点.圆周运动的圆心位于初始位置正下方距离 R 处，即圆心坐标为$(0,-R)$.则圆周运动部分的位置参数方程为(相对圆心)

$x_2=R\sin(\omega t)$（1 分）

$y_2=-[R-R\cos(\omega t)]=R[\cos(\omega t)-1]$（1 分）

匀速直线运动部分的位置为 $x_1=v_1t=\frac{v_0}{4}t$（1 分）

合运动位置为两部分叠加 $x(t)=x_1+x_2=\frac{v_0}{4}t+\frac{mv_0^2}{16qE}\sin\left(\frac{4qE}{mv_0}t\right)$（1 分）

$y(t)=y_2=\frac{mv_0^2}{16qE}\left[\cos\left(\frac{4qE}{mv_0}t\right)-1\right]$（1 分）