# 小卷提速 · 满分

## 满分小卷 ▸ 1

**1. D** 【解析】本题考查核反应与半衰期.

根据核反应的电荷数守恒和质量数守恒有 $95=X+2$，$241=Y+4$，解得 $X=93$，$Y=237$，**A 错误**；由题图可知，从 $\frac{m}{m_0}=\frac{4}{5}$ 到 $\frac{m}{m_0}=\frac{2}{5}$，镅的剩余质量变为原来的一半，对应的时间为 $T=645$ 年 $-213$ 年 $=432$ 年，因此镅的半衰期为 432 年，**B 错误**；放射性元素的半衰期由原子核本身的性质决定，与外界环境、时间无关，是一个固定值，不会随衰变过程变长，**C 错误**；根据半衰期的定义可知，放射性元素每经过一个半衰期，没有发生衰变的原子核数目是衰变前的一半，**D 正确**.

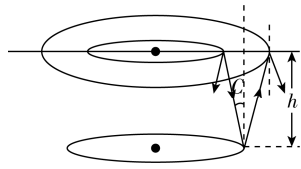
**30 s 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

先定性分析选项，元素的半衰期不变，每经过一个半衰期有半数原子核发生衰变，选 D.

**2. D** 【解析】本题考查光的全反射问题.

根据题意画出立体图像如图所示，光线照射到水面时发生全反射临界角满足 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{3}{4}$，由三角函数关系可知 $\tan C=\frac{3\sqrt{7}}{7}$，亮环的宽度 $d=2h\tan C=0.6$ m，**D 正确**.

关键点




**3. A** 【解析】本题考查气体状态变化.

以袋内气体为研究对象，由题意可知，初始状态 $T_1=27$ ℃ $=300$ K，压强为 $p_0$，设体积为 $V_1$，最终状态 $T_2=7$ ℃ $=280$ K，压强为 $0.8p_0$（关键："薯片袋均未张紧"，袋子没有张力，袋内气体压强与外界相同），设体积为 $V_2$，由理想气体状态方程可得 $\frac{p_1V_1}{T_1}=\frac{p_2V_2}{T_2}$，解得 $V_2=\frac{280}{300\times0.8}V_1=\frac{280}{240}V_1\approx1.167V_1$，因此，袋内气体的体积增大，**B 错误**；袋内气体温度从 300 K 降低到 280 K，因此袋内气体分子的平均动能减小，**A 正确**；因为袋内气体的体积增大，所以袋内气体对外界做正功，**C 错误**；根据热力学第一定律可得 $\Delta U=W+Q$，因为袋内气体温度降低，所以 $\Delta U<0$，又因为袋内气体对外界做正功，所以 $W<0$，则无法确定 $Q$ 与零的关系，则袋内气体不一定会放出热量，**D 错误**.

**知识总结**　**热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$ 中各物理量正负号的含义**

$\Delta U>0$，内能增加；$\Delta U<0$，内能减小.

$Q>0$，气体从外界吸热；$Q<0$，气体向外界放热.

$W>0$，外界对气体做正功；$W<0$，气体对外界做正功.

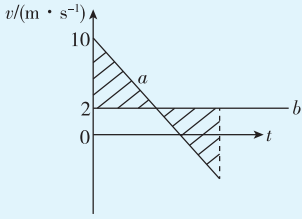
**4. D** 【解析】本题考查运动学与 $x-t$ 图像.

由 $a$ 物体的 $x-t$ 图像分析可知，前 5 s 内 $a$ 物体沿 $x$ 轴正方向运动，5～10 s 时间内，$a$ 物体朝 $x$ 轴负方向运动，**A 错误**；设抛物线方程为 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，$x-t$ 图像的斜率表示速度，可知 $t_1=5$ s 时，速度大小为零，则有 $0=v_0+at_1$，联立并根据题图数

据解得 $a=-2\ \text{m/s}^2$，$v_0=10\ \text{m/s}$（关键：已知前 5 s 内位移和 5 s 时速度，代入位移、速度公式，解二元一次方程组），由运动学知识可知，当 $a$、$b$ 两物体共速时相距最远，即 $v_b=v_0+at_2$，解得 $t_2=4\ \text{s}$，**B 错误**；由运动学知识可知，两物体相遇时有 $v_0t+\frac{1}{2}at^2=v_bt$，解得 $t=8\ \text{s}$，即 $t=8\ \text{s}$ 时 $b$ 物体追上 $a$ 物体，**C 错误**；由上述分析可知，$b$ 物体追上 $a$ 物体时，$a$ 物体的速度为 $v_a=v_0+at=-6\ \text{m/s}$，故两个物体相遇时，它们相对速度的大小为 $\Delta v=v_b-v_a=2\ \text{m/s}-(-6\ \text{m/s})=8\ \text{m/s}$（易错：注意速度的矢量性），**D 正确**.

**1 min 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

根据图像计算 $a$ 物体的初速度和加速度，D 选项可用相对运动法解决，$b$ 物体匀速运动，$a$ 物体做匀变速直线运动，且同时同地出发，$v-t$ 图像如图所示，




当两个小阴影三角形面积相等时两个物体相遇，相对速度大小应该与初始相对速度大小相同，为 8 m/s，选 D.

5. **D**　【解析】本题考查波的干涉.

根据题意和题图可知，两列波波速相等，波长相同，则周期均为 $T=\frac{\lambda}{v}=4\ \text{s}$，频率 $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{4}\ \text{Hz}$，频率相同，故两列简谐横波能发生干涉现象（关键：干涉条件为两列波频率相同，相位差恒定，振动方向相同），**A 错误**；两列波到达 $x=7\ \text{m}$ 处叠加减弱，所以 $x=7\ \text{m}$ 处的质点振幅为 $(10-5)\ \text{cm}=5\ \text{cm}$，从图示时刻开始，甲波传到该处的时间为 $t=1\ \text{s}$，乙波传到该处的时间为 $t'=3\ \text{s}$，4 s 内，甲波已到达该处但乙波未到达的时间为 $t'-t=2\ \text{s}$，甲、乙两波都到达该处的时间为 $4\ \text{s}-t'=1\ \text{s}$（关键：两列波不同时到达，而干涉的发生是两列波都到达后），即分别传播半个周期和四分之一个周期，所以 4 s 内该处质点通过的路程 $s=\frac{t'-t}{T}\times4\times10\ \text{cm}+\frac{4\ \text{s}-t'}{T}\times4\times5\ \text{cm}=25\ \text{cm}$，**B 错误**；图示时刻甲波波形的表达式为 $y=10\sin\frac{\pi}{2}x\,(\text{cm})$，因此可知此时 $x_M=\frac{5}{3}\ \text{m}$，$x_N=\frac{13}{3}\ \text{m}$，波向右传播，经过 1 s 传播距离为 $\Delta x=1\ \text{m}$，即 $x=\frac{2}{3}\ \text{m}$ 处的质点的振动形式传给 $M$，$x=\frac{10}{3}\ \text{m}$ 处的质点的振动形式传给 $N$，图示时刻 $x=\frac{2}{3}\ \text{m}$ 处的质点的位移为 $y_1=5\sqrt{3}\ \text{cm}$，$x=\frac{10}{3}\ \text{m}$ 处的质点的位移为 $y_2=-5\sqrt{3}\ \text{cm}$，可知两质点相对各自平衡位置的位移大小相等，则两质点速度大小相等，根据“同侧法”可知两质点均向下运动，则速度方向相同，因此 1 s 后 $M$、$N$ 两质点的速度相同，**C 错误**；两列波同时到达质点 $P$，$P$ 为振动加强点，振幅为两列波的振幅之和，以质点 $P$ 开始振动时刻为计时起点，则质点 $P$ 的振动方程为 $y=(A_1+A_2)\sin\frac{2\pi}{T}t=15\sin\frac{\pi}{2}t\,(\text{cm})$，**D 正确**.

关键点

6. **C**　【解析】本题考查弹性碰撞与圆周运动.

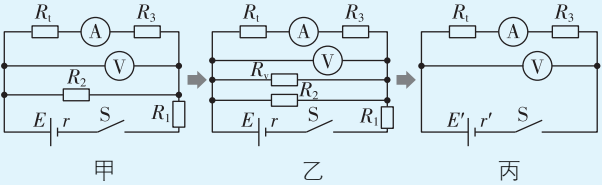
设 $A$ 球初速度为 $v_0$，第一次碰后 $A$、$B$ 的速度分别为 $v_A$ 和

$v_B$，由动量守恒得 $mv_0=mv_A+2mv_B$，由机械能守恒得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_A^2+\frac{1}{2}(2m)v_B^2$，解得 $v_A=-\frac{v_0}{3}$，$v_B=\frac{2v_0}{3}$，第一次碰后 $A$、$B$ 做匀速圆周运动直至第二次碰前，该过程中 $A$、$B$ 的线速度、角速度、向心力的大小均不变，即第二次碰前，$A$、$B$ 球向心力大小分别为 $F_A=m\frac{\left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{R}$，$F_B=2m\frac{\left(\frac{2v_0}{3}\right)^2}{R}$，向心力大小之比为 1∶8，**A 错误**；第二次碰前，$A$、$B$ 线速度大小之比为 1∶2，运动半径相等，由 $\omega=\frac{v}{R}$ 得角速度大小之比为 1∶2，**B 错误**；第一次碰后 $A$ 速度大小是 $B$ 速度大小的一半，则再次相遇时 $A$ 走过的路程是 $B$ 走过的路程的一半，总路程为圆周长 $2\pi R$，$a$、$b$、$c$ 三等分圆周，相邻两点间劣弧对应的圆心角为 120°，从 $a$ 出发，$A$ 逆时针走过 120°、$B$ 顺时针走过 240°，最终都到达 $c$ 点，因此第二次碰撞（发光）在 $c$ 点，**C 正确**，**D 错误**.

7. **D** 【解析】本题考查电路动态分析.

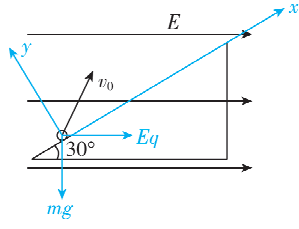
当环境温度升高时，热敏电阻 $R_t$ 的阻值减小，则外电路的总阻值 $R$ 减小，根据闭合电路欧姆定律可知，干路电流增大，把定值电阻 $R_1$ 等效成电源内阻，则等效内电路电压 $U_r=I_{总}(R_1+r)$ 增大，故等效外电路的电压减小，电压表示数减小，**A 错误**；结合上述分析可知，当温度升高时，热敏电阻 $R_t$ 的阻值减小，干路电流 $I_{总}$ 增大，根据功率 $P=I_{总}E$，电源的功率增大，**B 错误**；根据电路特点可知，两电表的示数之比 $\frac{U}{I}$ 等于 $R_t$、$R_3$ 与电流表内阻 $R_A$ 串联的总阻值，当温度升高时，$R_t$ 的阻值减小，故两电表示数的比值 $\frac{U}{I}$ 减小，**C 错误**；根据电路特点及闭合电路欧姆定律可得 $U=E-\left(I+\frac{U}{R_2}+\frac{U}{R_V}\right)\cdot(R_1+r)$，整理可得 $U=\frac{R_2R_V}{R_2R_V+(R_2+R_V)\cdot(R_1+r)}E-\frac{(R_1+r)R_2R_V}{R_2R_V+(R_2+R_V)\cdot(R_1+r)}I$，所以两电表示数变化量比值的绝对值 $\left|\frac{\Delta U}{\Delta I}\right|=\frac{(R_1+r)R_2R_V}{R_2R_V+(R_2+R_V)(R_1+r)}$ 不变，**D 正确**.

**快解** 当环境温度升高时，热敏电阻 $R_t$ 的阻值减小，由“串反并同”知电压表示数减小，电源功率增大，**A、B 错误**；D 选项可用等效电源法：①把电压表等效为理想电压表和内阻 $R_V$ 的并联，②把理想电压表下部分电路等效为新电源，则 $E'=U+Ir'$，即 $\frac{\Delta U}{\Delta I}=-r'$，$r'$ 为等效电源的内阻，为定值，**D 正确**.




8. **D** 【解析】本题考查类抛体运动.

小球从抛出到落回斜面的过程中，电场力做功会改变小球的机械能，故机械能不守恒，**A 错误**；以斜面为参考系，建立沿斜面向上（$x$ 轴）和垂直斜面向上（$y$ 轴）的坐标系，小球受竖直



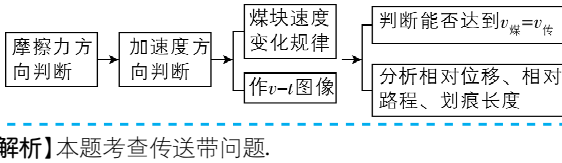
向下的重力 $mg$ 和水平向右的电场力 $qE$，$x$ 轴方向上有电场力的分量 $Eq\cos 30°=\frac{1}{4}mg$，沿斜面向上，重力的分量 $mg\cdot\sin 30°=\frac{1}{2}mg$，沿斜面向下，根据牛顿第二定律有 $mg\sin 30°-Eq\cos 30°=ma_x$，解得加速度 $a_x=\frac{1}{4}g$，沿斜面向下，$y$ 轴方向上有电场力分量 $Eq\sin 30°=\frac{\sqrt{3}}{12}mg$，垂直斜面向下，重力分量 $mg\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}mg$，垂直斜面向下，根据牛顿第二定律有 $mg\cos 30°+Eq\sin 30°=ma_y$，解得加速度 $a_y=\frac{7\sqrt{3}}{12}g$，垂直斜面向下，初速度 $v_0$ 与斜面之间的夹角为 30°，分解到坐标系，沿 $x$ 轴正方向速度为 $v_0\cos 30°=\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$，沿 $y$ 轴正方向速度为 $v_0\sin 30°=\frac{1}{2}v_0$，离斜面最远时（点拨：$y$ 轴方向上速度为 0，实际速度沿斜面方向），小球运动时间 $t_1=\frac{v_0\sin 30°}{a_y}=\frac{2\sqrt{3}v_0}{7g}$，此时沿 $x$ 轴方向速度 $v_{0x}=v_0\cos 30°-a_xt_1=\frac{3\sqrt{3}}{7}v_0$，设合力与竖直方向的夹角为 $\alpha$，则 $\tan\alpha=\frac{Eq}{mg}=\frac{\sqrt{3}}{6}$，故 $\alpha<30°$，此时合力方向与速度方向成钝角，速度继续减小，故离斜面最远时动能不是最小（关键：小球做类斜抛运动，当合力与实际速度垂直时，速度最小），**B 错误**；落回斜面时 $y=0$，有 $(v_0\sin 30°)t-\frac{1}{2}a_yt^2=0$，解得 $t=\frac{4\sqrt{3}v_0}{7g}$，**C 错误**，**D 正确**.

9. **AC** 【解析】本题考查变压器.

由图 2 可知，交流电的周期 $T=2\times10^{-2}$ s，根据频率公式 $f=\frac{1}{T}$，代入解得 $f=\frac{1}{2\times10^{-2}}$ Hz=50 Hz，**A 正确**；正弦式交流电的有效值 $U=\frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$，图中电压的最大值 $U_{max}=400\sqrt{2}$ V，因此有效值 $U=\frac{U_{max}}{\sqrt{2}}=400$ V，**B 错误**；理想变压器的电压比等于匝数比，$\frac{n_1}{n_2}=\frac{U_1}{U_2}$，已知原线圈电压 $U_1=400$ V，副线圈电压 $U_2=10$ kV=$10^4$ V，因此匝数比 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{400}{10^4}=\frac{1}{25}$，**C 正确**；理想变压器输入功率等于输出功率，$P_1=P_2=80$ kW=$8\times10^4$ W，原线圈电流 $I_1=\frac{P_1}{U_1}=\frac{8\times10^4}{400}$ A=200 A，**D 错误**.

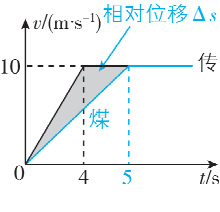
10. **AC**

**思路导引**




【解析】本题考查传送带问题.

作出传送带和煤块的 $v-t$ 图像如图所示，传送带先加速后匀速，煤块先以加速度 $a=\mu g=2$ m/s² 匀加速运动，$t=5$ s 时加速至 10 m/s，**A 正确**；由图像知煤块在 0～5 s 内相对传送带滑动，留下痕迹的长度 $\Delta s=5$ m，**B**



**错误**；热量 $Q=\mu mg\Delta s=10\ \mathrm{J}$，**C 正确**；煤块加速度大小与质量无关，改变质量后 $v-t$ 图像不变，所以痕迹长度不变，**D 错误**.

11. **BC** 【解析】本题考查线圈切割磁感线问题.

线圈进入磁场过程中，穿过线圈的磁通量向下增加，根据楞次定律，感应电流的磁场方向向上，根据安培定则可知感应电流沿逆时针方向（俯视），**A 错误**；线圈沿垂直 $MN$ 边的方向运动，即沿 $PN$ 方向运动，进入磁场过程中，线圈在磁场边界处的有效切割长度 $L$ 逐渐减小，感应电动势 $E=BLv\sin 45°$ 逐渐减小，感应电流 $I=\dfrac{E}{R}$ 逐渐减小，**B 正确**；线圈中感应电流沿逆时针方向（俯视），在磁场中的等效导线为线圈截出的磁场边界，电流方向向左，根据左手定则，安培力方向沿 $NQ$ 方向，**C 正确**；线圈匀速运动，拉力大小等于安培力大小，拉力功率 $P=Fv\cos 45°=BILv\cos 45°$，由于 $I$ 和 $L$ 均减小，所以功率 $P$ 逐渐减小，**D 错误**.

12. **AD** 【解析】本题考查弹簧连接体.

从图像分析可知从 0 到 $t_3$ 时刻两图线与时间轴所围面积相等（关键：对称思想），而小球 $A$、$B$ 的初速度为 0，即 $t_3$ 时刻两小球速度大小相等，对整体由动量定理得 $2mgt_3=2mv_3$，可得两球速度大小 $v_3=gt_3$，设弹簧对 $A$ 球的冲量为 $I_A$，对 $A$ 球由动量定理有 $mgt_3+I_A=mv_3$，则 $I_A=0$，**A 正确**；$t_2$ 时刻，两小球加速度大小相等，以小球 $A$、$B$ 整体为研究对象，由牛顿第二定律得 $2mg=2ma_1$，得此时小球 $A$、$B$ 的加速度大小为 $a_1=g$，此时小球 $A$、$B$ 均处于完全失重状态，可知此时弹簧弹力 $F_{弹}=0$，即弹簧处于原长，弹性势能最小，**B 错误**；从图乙可知，从 0 到 $t_2$ 时刻两者速度差一直在增大，$t_2$ 时刻达到最大，**C 错误**；从 0 到 $t_1$ 时刻，以 $A$、$B$ 两球整体为研究对象，由动量定理得 $2mgt_1=mv_A+mv_B$，其中 $t_1$ 时刻小球 $A$ 的速度大小为 $v_A=S$（点拨：0 到 $t_1$ 时刻 $A$、$B$ 球均做变速运动，根据 $a-t$ 图像与横轴所围面积可求出 $A$ 球末速度大小，忽略过程中的运动细节，找准初、末状态量），联立可得 $t_1$ 时刻 $B$ 球的速度大小为 $v_B=2gt_1-S$，**D 正确**.

## 满分小卷 ▸ 2

1. **C** 【解析】本题考查运动学基本概念.

研究骑行全程的平均速度时，共享单车的大小、形状对研究问题的影响可忽略，可以将其看成质点，**A 错误**；导航显示的“剩余里程 2.5 km”是预计行驶路径的总长度，是路程，不是位移大小，**B 错误**；瞬时速度的物理意义就是描述某一时刻或某一位置物体运动的快慢，**C 正确**；以路边树木为参考系，骑行过程中共享单车相对树木的位置不断变化，是运动的，**D 错误**.

2. **D** 【解析】本题考查伏安特性曲线.

由题图可知，当元件 $a$ 两端的电压为 3 V 时，对应的电流为

0.3 A，则根据欧姆定律可知此时元件 $a$ 的电阻为 $R_a=\frac{U}{I}=\frac{3}{0.3}\ \Omega=10\ \Omega$，元件 $b$ 为线性元件，则由其伏安特性曲线可解得元件 $b$ 的电阻为 $R_b=\frac{U'}{I'}=\frac{8}{0.5}\ \Omega=16\ \Omega$，所以元件 $a$、$b$ 的电阻之比为 $R_a:R_b=5:8$，**D 正确**.

3. **B** 【解析】本题考查衰变.

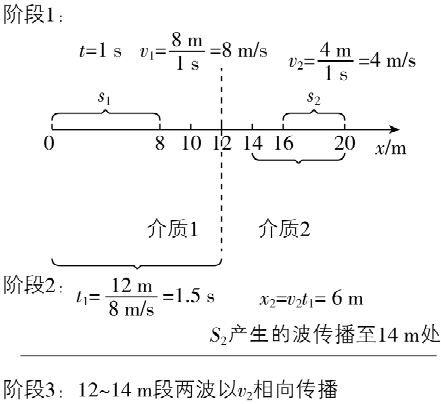
放射出 β 粒子，是由于原子核内发生 β 衰变，其中的中子转化为质子和电子放出的，**A 错误**；根据质量数和电荷数守恒得新核的质子数为 91，质量数为 234，则中子数为 234−91=143，**B 正确**；发生 β 衰变时，反应前后质量数守恒，质量不守恒，**C 错误**；元素的半衰期是由核内部自身的因素决定的，与元素所处的物理和化学状态无关，**D 错误**.

4. **D** 【解析】本题考查热力学第一定律的应用与理想气体的 $p-T$ 图像.

$a\to b$ 过程中，气体温度不变，内能不变，根据 $pV=C$ 可知，气体压强减小，体积增大，气体对外做功，**A 错误**；$b\to c$ 过程中，气体的压强保持不变，温度降低，内能减少，即 $\Delta U<0$，分子平均动能减小，根据 $\frac{V}{T}=C$ 可知，体积减小，外界对气体做功，即 $W>0$，根据热力学第一定律可知，气体向外界放出的热量大于外界对气体做的功，**B、C 错误**；$c\to a$ 过程中，$p-T$ 图线的反向延长线过坐标原点，则气体发生等容变化，体积不变，外界对气体做功为零，温度升高，内能增加，即 $\Delta U'>0$，根据热力学第一定律可知，气体从外界吸收的热量等于气体内能的增加量，**D 正确**.

5. **D**

**题图剖析** 由于有不同的介质，则波传播的速度不同，根据题意分析两波开始振动到相遇的三个阶段.



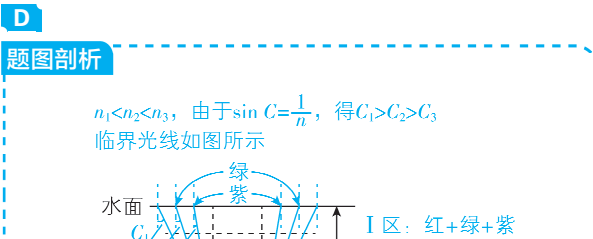

【解析】本题考查波的叠加.

根据题图剖析可知 **A 错误**；$S_1$ 产生的波传到 $x=14$ m 的时间 $t_1'=\left(\frac{12}{8}+\frac{14-12}{4}\right)$ s=2 s，到 $t=4$ s 时，振动时间 $\Delta t_1'=4$ s−

2 s=2 s=$T$，振动一个周期后，质点回到平衡位置，$y_1=0$，加速度 $a_1=0$，速度 $v_1\neq0$，$S_2$ 产生的波传到 $x=14$ m 的时间 $t_2'=\frac{20-14}{4}$ s=1.5 s，到 $t=4$ s 时，振动时间 $\Delta t_2'=(4-1.5)$ s=2.5 s=$T+\frac{T}{4}$，起振方向向上，振动 $T+\frac{T}{4}$ 后，质点到达正最大位移 $y_2=5$ cm，加速度 $a_2\neq0$，速度 $v_2=0$，叠加后合位移 $y=y_1+y_2=5$ cm，合加速度 $a=a_1+a_2\neq0$，合速度 $v=v_1+v_2\neq0$，**B、C 错误，D 正确.**

6. **D**

**题图剖析**



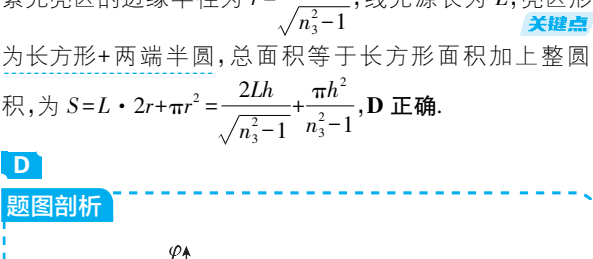

**【解析】**本题考查光的全反射与线光源.

折射率越大，临界角越小，亮区范围越小，因此亮区从内到外：最内侧Ⅰ区域三种光都能射出，Ⅱ区域只有红光和绿光能射出，最外侧Ⅲ区域只有红光能射出，**A、B 错误**；光在介质中传播速度 $v=\frac{c}{n}$，水对红光折射率 $n_1$ 最小，因此红光在水中传播速度最大，**C 错误**；Ⅰ区域是有紫光射出的亮区，对紫光，临界角 $C_3$ 满足 $\sin C_3=\frac{1}{n_3}$，可得 $\tan C_3=\frac{r}{h}=\frac{1}{\sqrt{n_3^2-1}}$，得紫光亮区的边缘半径为 $r=\frac{h}{\sqrt{n_3^2-1}}$，线光源长为 $L$，亮区形状为长方形+两端半圆，总面积等于长方形面积加上整圆面积，为 $S=L\cdot2r+\pi r^2=\frac{2Lh}{\sqrt{n_3^2-1}}+\frac{\pi h^2}{n_3^2-1}$，**D 正确.**

关键点

7. **D**

**题图剖析**




**【解析】**本题考查电场图像.

$\varphi-x$ 图像的斜率 $k=\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}=-E$，本题中，电势随 $x$ 增大逐渐降低，因此电场强度 $E$ 方向沿+$x$ 方向，同时曲线斜率的绝对值先增大后减小，说明 $E$ 的大小先增大后减小，电子带负电，受到的电场力大小 $F=eE$，电场力方向沿−$x$ 方向，由牛顿第二定律可得 $a=\frac{F}{m}=\frac{e}{m}\left|\frac{\Delta\varphi}{\Delta x}\right|$，$v-t$ 图像的斜率表示加速度，绝对值大小变化规律符合电场强度大小变化规律，但若电子能到达 $x=x_0$ 位置，则电子做减速运动，通过前半段位移的平均速度大于后半段位移的平均速度，因此前半段用时短，后半段用时长，时间不是相等

的关系，**A 错误**；直线型 $v-t$ 图像对应加速度恒定的运动，而在 $-x_0 \leqslant x \leqslant x_0$ 区域内不存在 $\varphi-x$ 图像斜率恒定的区域，**B、C 错误**；D 项图像说明电子先减速到 0 再反向加速，并且减速到 0 的点在 $x \leqslant 0$ 的区域，减速和加速的图像对称，**D 正确**.

**30 s 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

$\varphi-x$ 图像斜率的绝对值大→场强大→受力大→加速度大，所以 $v-t$ 图像斜率大小一定变，排除 B、C；从 A、D 图像来看，电子初始一定做减速运动，若电子的速度一直为正，位移中点不可能对应中间时刻，排除 A，选 D.

**8. D**　【解析】本题考查传送带模型、板块模型与弹性碰撞.

小物块 $A$ 在传送带上加速时的加速度大小为 $a=\dfrac{\mu_1 mg}{m}=2.5\ \mathrm{m/s^2}$，小物块 $A$ 加速到与传送带共速所用时间为 $t_1=\dfrac{v_0}{a}=1.6\ \mathrm{s}$，小物块 $A$ 加速阶段通过的位移大小为 $x_1=\dfrac{v_0}{2}t_1=3.2\ \mathrm{m}<L_1=4.0\ \mathrm{m}$，小物块 $A$ 在传送带上匀速运动所用时间为 $t_2=\dfrac{L_1-x_1}{v_0}=0.2\ \mathrm{s}$，则小物块 $A$ 由 $M$ 运动到 $N$ 所用时间为 $t=t_1+t_2=1.8\ \mathrm{s}$，小物块 $A$ 在传送带上运动过程，相对传送带的位移大小为 $\Delta x=v_0t_1-x_1=3.2\ \mathrm{m}$，因摩擦产生的内能为 $Q=\mu_1 mg\cdot\Delta x=8\ \mathrm{J}$，根据能量守恒定律可知由于运送物块，传送带多消耗的能量为 $\Delta E=Q+\dfrac{1}{2}mv_0^2=16\ \mathrm{J}$，**A 错误，D 正确**；$A$ 滑上 $C$ 但未与 $B$ 相碰前，以 $B$、$C$ 为整体，根据牛顿第二定律可得 $B$、$C$ 加速度大小为 $a_2=\dfrac{\mu_2 mg}{2m}=1\ \mathrm{m/s^2}$（点拨：以 $B$、$C$ 为整体，即认为 $B$、$C$ 相对静止，$B$、$C$ 间是静摩擦力，根据 $f=ma_2$ 可得 $f=1\ \mathrm{N}<f_m=\mu_2 mg=2\ \mathrm{N}$，故 $B$、$C$ 确实未发生相对滑动），**B 错误**；$A$ 滑上 $C$ 后，$A$ 做减速运动的加速度大小为 $a_1=\dfrac{\mu_2 mg}{m}=2\ \mathrm{m/s^2}$，设经过 $t'$ 时间 $A$ 与小物块 $B$ 发生碰撞，则有 $L_2-L_3=v_0t'-\dfrac{1}{2}a_1t'^2-\dfrac{1}{2}a_2t'^2$，解得 $t'=0.5\ \mathrm{s}$ 或 $t'=\dfrac{13}{6}\ \mathrm{s}$（舍去），碰撞前瞬间 $A$ 的速度大小为 $v_1=v_0-a_1t'=3\ \mathrm{m/s}$，碰撞前瞬间 $B$、$C$ 的速度大小为 $v_2=a_2t'=0.5\ \mathrm{m/s}$，$A$ 与 $B$ 发生弹性碰撞，根据动量守恒定律和机械能守恒定律可得 $mv_1+mv_2=mv_A+mv_B$，$\dfrac{1}{2}mv_1^2+\dfrac{1}{2}mv_2^2=\dfrac{1}{2}mv_A^2+\dfrac{1}{2}mv_B^2$，解得碰撞后瞬间 $A$、$B$ 的速度大小分别为 $v_A=0.5\ \mathrm{m/s}=v_2$，$v_B=3\ \mathrm{m/s}$，可知碰撞后 $A$、$C$ 保持相对静止一起加速运动，加速度大小为 $a_2'=\dfrac{\mu_2 mg}{2m}=1\ \mathrm{m/s^2}$（关键点），碰撞后 $B$ 做减速运动，加速度大小为 $a_B=\dfrac{\mu_2 mg}{m}=2\ \mathrm{m/s^2}$，设再经过 $t''$ 时间 $B$ 与挡板相碰，则有 $L_3=v_Bt''-\dfrac{1}{2}a_Bt''^2-\left(v_At''+\dfrac{1}{2}a_2't''^2\right)$，解得 $t''=0.5\ \mathrm{s}$ 或 $\dfrac{7}{6}\ \mathrm{s}$（舍去），故 $A$ 滑上 $C$ 后，$B$ 与挡板相碰经过的时间为 $t'+t''=1.0\ \mathrm{s}$，**C 错误**.

**一题多解**　因为传送带匀速转动，多消耗的能量即为传送带克服物块摩擦力所做的功，即 $\Delta E=\mu_1 mgv_0t_1=0.25\times1\times10\times4\times1.6\ \mathrm{J}=16\ \mathrm{J}$，**D 正确**.

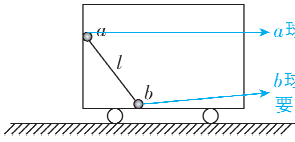
**9. AD**　【解析】本题考查多副线圈变压器.

理想变压器的电压与匝数关系满足 $\dfrac{U_1}{n_1}=\dfrac{U_2}{n_2}=\dfrac{U_3}{n_3}$，代入 $n_1=500$ 匝，$n_2=11$ 匝，$n_3=20$ 匝，$U_1=10\ \mathrm{kV}$，解得 $U_2=220\ \mathrm{V}$，$U_3=400\ \mathrm{V}$，**A 正确**；理想变压器的输入功率等于输

出功率(关键:这里有两个副线圈,输出功率等于两副线圈输出功率之和),满足 $I_1U_1=I_2U_2+I_3U_3$,联立$\frac{U_1}{n_1}=\frac{U_2}{n_2}=\frac{U_3}{n_3}$,可得 $I_1n_1=I_2n_2+I_3n_3$,因此 $I_2$、$I_3$ 的比值随可变电阻 $R$ 的变化而发生变化,**B 错误**;当储能柜的储电功率为零时,有 $I_1U_1=I_2U_2$,代入数据解得 $I_2=\frac{I_1U_1}{U_2}=1\ 000$ A,由欧姆定律可知,可变电阻的阻值 $R=\frac{U_2}{I_2}=\frac{220}{1\ 000}\ \Omega=0.22\ \Omega$,**C 错误**;当可变电阻的阻值变为 1 Ω 时,由欧姆定律可知 $I_2'=\frac{U_2}{R'}=220$ A,根据 $I_1U_1=I_2'U_2+I_3U_3$,解得 $I_3=\frac{2.2\times10^5-48\ 400}{400}$ A$=429$ A,**D 正确**.

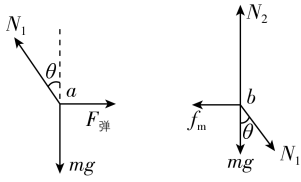
**10. BCD**

**题图剖析**　**临界状态**




【解析】本题考查水平方向运动过程中的临界问题.

杆长为 $l$,球 $a$ 靠在车厢的光滑竖直侧壁上,距车厢底面的高度为 $0.8l$,则轻质杆与竖直方向的夹角的余弦值为 $\cos\theta=\frac{0.8l}{l}=0.8$,解得 $\theta=37°$,对球 $a$ 受力分析如图甲所示,在竖直方向上,根据平衡条件得 $N_1\cos\theta=mg$,当球 $a$ 与车厢左壁的弹力刚好为零时,根据牛顿第二定律得 $mg\tan\theta=ma_1$,解得 $a_1=g\tan\theta=7.5$ m/s$^2$,当球 $b$ 与车厢底面的静摩擦力刚好达到最大静摩擦力时,对 $b$ 受力分析如图乙所示,在竖直方向上,根据平衡条件得 $N_2=mg+N_1\cos\theta=2mg$,在水平方向上,根据牛顿第二定律得 $f_m-N_1\sin\theta=ma_2$,$f_m=\mu N_2$,联立解得 $a_2=(2\mu-\tan\theta)g$,若 $\mu=0.5$,$a_2=2.5$ m/s$^2$,则 $a_1>a_2$,车厢的加速度最大值为 $a_2=2.5$ m/s$^2$,**A 错误**,**B 正确**;若 $\mu=0.8$,$a_2=8.5$ m/s$^2$,$a_1<a_2$,则车厢的加速度最大值为 $a_1=7.5$ m/s$^2$,**C、D 正确**.




甲　　乙

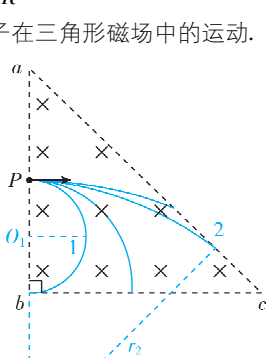
**11. ACD**　【解析】本题考查天体运动与简谐运动.

由题分析可知,有 $mg=m\frac{v^2}{R}$,则第一宇宙速度 $v=\sqrt{gR}$,**A 正确**;地球表面近地卫星的周期为 $T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi R}{\sqrt{gR}}=2\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$,所以列车从 $A$ 点运动到 $B$ 点的时间为 $t=\frac{T}{2}=\pi\sqrt{\frac{R}{g}}$,**B 错误**;地球的密度为 $\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$,将地球看作两部分,一部分是以 $O$ 为球心、$h$ 为半径、质量为 $M'$ 的小球,小球的质量为 $M'=\rho\cdot\frac{4}{3}\pi h^3$,另一部分为剩余的球壳,球壳对 $O'$ 处物体的引力为零,列车在 $O'$ 点受到的支持力大小为 $F=G\frac{M'm}{h^2}$(关键:列车在球内所受引力大小等于除去球壳的剩余球体对列车的引力大小,方向指向地心),其中 $mg=$

$\frac{GMm}{R^2}$，解得 $F=\frac{mgh}{R}$，**C 正确**；根据 $v_m=A\omega=\frac{2\pi A}{T}$，列车在 $O'$ 点的速度大小为 $v_m=\sqrt{R^2-h^2}\cdot\frac{2\pi}{T}$（关键：振幅为 $O'B$，可由勾股定理求得），整理可得 $v_m=\sqrt{\frac{R^2-h^2}{R}g}$，**D 正确**.

12. **AC** 【解析】本题考查带电粒子在三角形磁场中的运动.

根据磁场边界，由洛伦兹力提供向心力可知，粒子速度较小时，将从 $ab$ 边界飞出，当粒子速度较大时，将从 $bc$ 和 $ac$ 边界飞出，可能的轨迹如图所示，若粒子沿轨迹 1 运动，粒子从 $b$ 点飞出磁场，由几何关系可知，此时的轨迹半径为 $r_1=\frac{L}{4}$，**A 正确**；与 $ac$ 边相切的粒子，轨迹如 2，由几何关系可知 $\sqrt{2}r_2=r_2+\frac{L}{2}$，轨迹半径为 $r_2=\frac{(\sqrt{2}+1)L}{2}$，由几何关系可知，切点到 $a$ 点的距离也为 $r_2=\frac{(\sqrt{2}+1)L}{2}<\sqrt{2}L$，所以切点在 $c$ 点上侧，故粒子不可能过 $c$ 点，**B 错误**；在能从 $ac$ 边界飞出的粒子中，当粒子轨迹与 $ac$ 边相切出磁场时，粒子的轨迹半径最小，速度最小，运动时间最长（关键：速度越小，圆心角越大，时间越长），轨迹如 2，由几何关系可知，此时的圆心角为 $\theta=45°$，根据牛顿第二定律可知 $qv_2B=m\frac{v_2^2}{r_2}$，解得 $v_2=\frac{qBr_2}{m}=\frac{(\sqrt{2}+1)qBL}{2m}$，周期为 $T=\frac{2\pi r_2}{v_2}=\frac{2\pi m}{qB}$，运动的时间为 $t=\frac{45°}{360°}T=\frac{\pi m}{4qB}$，**C 正确，D 错误**.




**1 min 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

连接 $P$、$c$，假设磁场变成存在于 $P$、$c$ 连线上方的单边界磁场，若粒子轨迹过 $c$ 点，入射时速度与边界 $Pc$ 夹角与出射时速度与边界夹角相同，大于 $P$、$c$ 连线与 $ac$ 的夹角，所以会出边界 $ac$，**B 错误**；轨迹与 $ac$ 相切时从 $ac$ 边界飞出粒子速度最小，由几何关系可知，半径系数不会只有 $\sqrt{2}$，故速度表达式不会如此简洁，**D 错误**，选 A、C.

## 满分小卷 ▸ 3

1. **B** 【解析】本题考查波的干涉与多普勒效应.

由图(1)可知在两波源连线的中垂线上的点均是振动加强点（关键：中垂线上的点到波源的距离差为 0），故两波源起振方向相同（点拨：波源同步调时，到波源距离差为波长整数倍的点振动加强），**A 错误，B 正确**；根据图(2)可知，波源 $S_3$ 左侧波面比右侧波面密集，可知波源 $S_3$ 向左运动，且运动速度小于波速，**C 错误**；由图(2)可知 $E$ 点附近波面密集，则单位时间内 $E$ 点接收到的波面比 $F$ 点多，故在 $E$ 点观察到的频率大于在 $F$ 点观察到的频率，**D 错误**.

2. **B** 【解析】本题考查爱因斯坦光电效应方程与氢原子光谱.

从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 放出的光子能量最大，为 $E=-1.51\ \text{eV}-(-13.6)\ \text{eV}=12.09\ \text{eV}$，根据 $E_{km}=E-W_0$，可得此时最大初

动能为 $E_{km}=9.8\ \text{eV}$，**A 错误**；根据 $p=\frac{h}{\lambda}=\frac{h\nu}{c}$，$E=h\nu$，又因为从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 放出的光子能量最大，故可知其动量最大，**B 正确**；大量氢原子从 $n=3$ 的激发态跃迁到基态能放出 $C_3^2=3$ 种频率的光子，其中从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 放出的光子能量为 $E_1=-1.51\ \text{eV}-(-3.4)\ \text{eV}=1.89\ \text{eV}<2.29\ \text{eV}$，不能使金属钠发生光电效应，其他两种均可以，**C 错误**；由于从 $n=3$ 跃迁到 $n=4$ 能级需要吸收的光子能量为 $E_2=-0.85\ \text{eV}-(-1.51)\ \text{eV}=0.66\ \text{eV}\neq 12.76\ \text{eV}$，所以用 12.76 eV 的光子照射，不能使这些氢原子跃迁到 $n=4$ 激发态，**D 错误**.

3. **D** 【解析】本题考查汽缸模型.

气球导热性良好，则气球内外气体温度总相等，一定质量的理想气体的内能只与其温度有关，故气体甲内能增加量等于气体乙内能增加量，**A 错误**；活塞对气体甲做正功，气体甲内能增大，温度升高，气体分子平均速率增大，但不是每个分子做无规则热运动的速率均加快，**B 错误**；活塞与汽缸均绝热，气体与外界无热量交换，活塞对气体甲做功的同时，橡皮膜收缩，气体甲也对气体乙做功，由能量守恒可知活塞对气体甲做的功与橡皮膜释放的弹性势能之和等于甲、乙两部分气体内能增加量之和，故活塞对气体甲做的功小于甲、乙两部分气体内能增加量之和，**C 错误**，**D 正确**.

4. **C** 【解析】本题考查 $v-t$ 图像与追及问题.

$v-t$ 图像的斜率表示加速度，由图可知球员的加速度变小，**A 错误**；$v-t$ 图像与 $t$ 轴围成面积表示位移，可知在 $0\sim t_0$ 时间内，足球的位移大，$t_0$ 时刻球员没有追上足球，**B 错误**；根据几何关系可知在 $0\sim t_1$ 时间内，足球的位移大于 $\frac{v_0}{2}t_1$，**C 正确**；在整个追赶过程中，球员的位移与足球的位移相等，即球员在 $0\sim t_1$ 时间内，位移大小大于 $\frac{v_0}{2}t_1$，根据 $v=\frac{x}{t}$ 可知球员的平均速度大于 $\frac{v_0}{2}$，**D 错误**.

5. **C** 【解析】本题考查薄膜干涉.

若表面 3 与表面 2 平行，则不能观察到干涉条纹，**A 错误**；根据薄膜干涉的原理可知，该条纹是由上层玻璃下表面 2 与材料乙的上表面 3 的反射光发生干涉形成的（关键点），**B 错误**；从劈形空气层的上下表面分别反射的两列光是相干光，发生干涉现象，形成条纹，同一条纹处空气层的厚度是相等的，劈形空气层厚度变大，同一厚度的空气层位置向劈尖移动，条纹向劈尖移动，即条纹向左移动，温度升高时，材料甲和乙均发生热膨胀，体积增大，若干涉条纹向左移动，则说明乙的上表面 3 与上层玻璃下表面 2 之间的空气层厚度增大，则材料甲的热膨胀程度大，**C 正确**；仅减小单色光的频率，根据 $\lambda=\frac{c}{f}$ 可知，光的波长变长，由于波长较长的光干涉形成的同级条纹对应的空气层厚度更大，故干涉条纹将向右移动，**D 错误**.

6. **A** 【解析】本题考查感应电动势与理想变压器.

由图可知 $t=0$ 时刻浮杆正随海水向上运动，$0\sim 2\ \text{s}$ 内浮杆振动了 $\frac{T}{2}$，所以，$t=2\ \text{s}$ 时刻浮杆正随海水向下运动，**A 正确**；$t=0$ 时刻发电机产生的电动势最大，为 $E_m=nBLv$，其中 $L=2\pi r$，解得 $E_m=2\pi rnBv$，**B 错误**；$t=0$ 时刻发电机产生的电动势最大，则 $t=0$ 时刻开始发电机产生电动势的表达式为 $e=E_m\cos\omega t$，其中 $\omega=\frac{2\pi}{T}=0.5\pi\ \text{rad/s}$，所以 $e=E_m\cos\omega t=2\pi nBrv\cos 0.5\pi t\,(\text{V})$，**C 错误**；根据变压器原、副线圈匝数比可知，副线圈电压的最大值为 $U_m=\frac{n_2}{n_1}E_m=100\pi rnBv$，有效值

为 $U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}=50\sqrt{2}\pi rnBv$，**D 错误**.

7. **B** 【解析】本题考查天体运动与椭圆轨道.

由图可知，$A$、$B$ 周期分别为 $T_A=t_1$，$T_B=2t_2$，又因为 $t_2=\sqrt{2}t_1$，所以 $B$ 与 $A$ 绕行周期之比为 $\frac{T_B}{T_A}=\frac{2t_2}{t_1}=\frac{2\sqrt{2}}{1}$，根据开普勒第三定律有 $\frac{T_B^2}{T_A^2}=\frac{a_B^3}{a_A^3}$，可知行星 $B$、$A$ 轨道半长轴之比为 $\frac{a_B}{a_A}=\frac{2}{1}$，**A 错误**；由图可知，当 $r_B$ 最小时 $9F=G\frac{Mm_B}{r_{B\min}^2}$，当 $r_B$ 最大时 $F=G\frac{Mm_B}{r_{B\max}^2}$，当 $r_A$ 最小时 $8F=G\frac{Mm_A}{r_{A\min}^2}$，当 $r_A$ 最大时 $2F=G\frac{Mm_A}{r_{A\max}^2}$，根据开普勒第三定律有 $\frac{T_B^2}{T_A^2}=\frac{\left(\frac{r_{B\min}+r_{B\max}}{2}\right)^3}{\left(\frac{r_{A\min}+r_{A\max}}{2}\right)^3}$，联立解得 $\frac{r_{A\max}}{r_{B\max}}=\frac{4}{9}$，$\frac{m_A}{m_B}=\frac{32}{81}$，**B 正确**，**C 错误**；因 $t_2=\frac{1}{2}T_B$，可知行星 $B$ 与恒星的连线在任意 $t_2$ 时间内扫过的面积均小于整个椭圆轨道面积，**D 错误**.

8. **D** 【解析】本题考查单棒切割与图像的结合.

由 $i$-$x$ 图像可知 $i=x+0.25$(A)，则金属棒在 $x=2$ m 处的电流为 $I_1=2.25$ A，根据 $E_1=Bdv_1$，$I_1=\frac{E_1}{R}$，解得 $v_1=9$ m/s，**A 错误**；根据 $i=\frac{Bdv}{R}=\frac{v}{4}$(A)$=x+0.25$(A)，即 $v=4x+1$(m/s)，可得 $\frac{\Delta v}{\Delta x}=4\ \mathrm{s}^{-1}$，$\frac{\Delta v}{\Delta x}=\frac{\Delta v}{\Delta t}\cdot\frac{\Delta t}{\Delta x}=\frac{a}{v}$，解得 $a=4v$(m/s$^2$)，加速度随 $v$ 增大而增大，**B 错误**；回路中产生的焦耳热等于克服安培力做的功，安培力大小为 $F_A=Bid=x+0.25$(N)，由安培力与位移的线性关系知从开始到 $x=2$ m 处回路中产生的焦耳热为 $Q=W_{克A}=\overline{F}_Ax=\frac{0.25+2.25}{2}\times2$ J$=2.5$ J，**C 错误**；根据 $v=4x+1$(m/s)，可知金属棒在 $x=0$ 处的速度 $v_0=1$ m/s，在 $x=2$ m 处的速度 $v_1=9$ m/s，根据动能定理有 $W-W_{克A}-\mu mgx=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，解得从开始到 $x=2$ m 处拉力做功 $W=90.5$ J，**D 正确**.

9. **AC** 【解析】本题考查磁流体发电机.

图甲中，给汽车加油前触摸静电释放器，是为了将人体积累的静电导入大地，防止静电火花引发火灾，**A 正确**；图乙中，处于静电平衡状态的导体，其内部(包括壳壁 $W$ 内部)的电场强度处处为 0，**B 错误**；图丙为磁流体发电机，根据左手定则，正离子受洛伦兹力向下偏转，打在 $B$ 极板上，$B$ 极板电势高于 $A$ 极板，**C 正确**；图丁为回旋加速器，根据 $qvB=m\frac{v^2}{R}$，粒子获得的最大动能 $E_{km}=\frac{1}{2}mv^2=\frac{q^2B^2R^2}{2m}$，与加速电压 $U$ 无关(关键：带电粒子之所以能射出，是因为圆周运动半径达到回旋加速器半径)，增大加速电压只能减少加速次数，不能增大最大动能，**D 错误**.

10. **AB** 【解析】本题考查抛体运动与圆周运动.

由题图乙可知，物块从轨道 $D$ 点飞出轨道到再次回到 $D$ 点的时间为 $t=1.675$ s$-0.875$ s$=0.8$ s，则物块从 $D$ 点离开轨道时速度大小为 $v_D=g\frac{t}{2}=4$ m/s，**A 正确**；从 $C$ 到 $D$ 由机械能守恒可知 $\frac{1}{2}mv_C^2=\frac{1}{2}mv_D^2+mgR$，在 $C$ 点时轨道所受的压力最大，则有 $F_C-mg=m\frac{v_C^2}{R}$，由牛顿第三定律可知 $F_C=F_0$，联

立解得 $F_0 = 70\ \text{N}$，**B 正确**；从 $B$ 到 $D$ 由机械能守恒可知 $\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_D^2 - mgR\sin 30°$，解得 $v_B = 2\sqrt{3}\ \text{m/s}$，则 $v_0 = v_B\sin 30° = \sqrt{3}\ \text{m/s}$，**C 错误**；根据 $P_G = mgv_y$ 可知（易错：计算瞬时功率时，要注意力的方向与速度方向的夹角），物块在 $A$ 点时竖直速度为零，则重力的瞬时功率为零，在 $C$ 点时竖直速度为零，则重力的瞬时功率也为零，可知物块在 $AC$ 段运动过程中重力的瞬时功率不是一直增大的，**D 错误**.

11. **AD** 【解析】本题考查带电体在叠加场中的运动.

小球进入电容器时速度方向与极板夹角为 45°，则小球竖直速度也是 $v_0$，小球抛出点到上极板左端的水平距离为 $x = v_0 \cdot \frac{v_0}{g} = \frac{v_0^2}{g}$，**B 错误**；若小球进入电容器后在竖直方向上加速，则竖直方向平均速度必大于 $v_0$，小球到达下极板时水平方向的位移小于 $3L$，小球必打在极板上，由于小球运动过程中不与极板碰撞，则小球在竖直方向必须先减速，小球所受电场力方向向上，则电容器上极板带负电，**A 正确**；若小球出电容器时速度水平，则有 $3L = v_0t$，$h = \frac{1}{2}v_0t = \frac{3}{2}L > L$，**C 错误**；小球运动过程中恰好与极板不碰撞，有两种情况：第一种情况是从上极板右侧边缘飞出，有 $3L = v_0t$，$0 = v_0t - \frac{1}{2}\left(\frac{qU_1}{mL} - g\right)t^2$，解得 $U_1 = \frac{2mv_0^2 + 3mgL}{3q}$，第二种情况是竖直分速度刚减小到 0 时刚好达到下极板，有 $v_0^2 = 2\left(\frac{qU_2}{mL} - g\right)L$，解得 $U_2 = \frac{mv_0^2 + 2mgL}{2q}$，**D 正确**.

12. **AC**

**思路导引** 每两个小球间的碰撞都是弹性正碰，均有动量守恒和机械能守恒，根据速度关系可计算 $k$，每个小球的运动可近似认为是一小段圆周运动，在最低点时由轻绳拉力和重力的合力提供向心力，根据递推关系计算轻绳拉力的大小.

【解析】本题考查多次碰撞问题.

设碰前瞬间 1 的速度大小为 $v_0$，根据动能定理有 $m_1gh = \frac{1}{2}m_1v_0^2$，解得 $v_0 = \sqrt{2gh}$，规定向右为正方向，1 碰 2 过程，根据动量守恒和机械能守恒有 $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$，$\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$，解得 $v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}v_0 = \frac{1-k}{1+k}v_0$，$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2}v_0 = \frac{2}{1+k}v_0$，同理 2 碰 3，碰后二者速度分别为 $v_{22} = \frac{m_2 - m_3}{m_3 + m_2}v_2 = \frac{2(1-k)}{(1+k)^2}v_0$，$v_3 = \frac{2m_2}{m_3 + m_2}v_2 = \left(\frac{2}{1+k}\right)^2 v_0$，同理 3 碰 4，碰后二者速度分别为 $v_{33} = \frac{m_3 - m_4}{m_3 + m_4}v_3 = \frac{4(1-k)}{(1+k)^3}v_0$，$v_4 = \frac{2m_3}{m_3 + m_4}v_3 = \left(\frac{2}{1+k}\right)^3 v_0$，同理 4 碰 5，碰后二者速度分别为 $v_{44} = \frac{m_4 - m_5}{m_5 + m_4}v_4 = \frac{8(1-k)}{(1+k)^4}v_0$，$v_5 = \frac{2m_4}{m_4 + m_5}v_4 = \left(\frac{2}{1+k}\right)^4 v_0$，5 被碰后，由机械能守恒有 $\frac{1}{2}m_5v_5^2 = m_5g \times 16h$，联立解得 $k = \sqrt{2} - 1$，**A 正确**，**B 错误**；小球在最低点时，根据 $F - mg = m\frac{v^2}{l}$，可知绳子拉力 $F = m\frac{v^2}{l} + mg$，以上分析可知 $F_1 = m_1g + m_1\frac{v_0^2}{l} = m_1\left(g + \frac{2gh}{l}\right)$，

$F_5 = m_5 g + m_5 \dfrac{v_5^2}{l} = k^4 m_1 \left(g + \dfrac{32gh}{l}\right)$，根据数学关系比较 $\left(1+\dfrac{2h}{l}\right)$ 与 $k^4\left(1+\dfrac{32h}{l}\right) \approx 0.03 + \dfrac{0.94h}{l}$，可知 $F_1 > F_5$，即整个过程中悬挂 1 球的轻绳最容易断，**C 正确**，**D 错误**.

## 满分小卷 ▸ 4

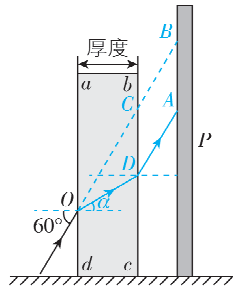
**1. D** 【解析】本题考查 $U$-$I$ 图像.

根据 $R = \dfrac{U}{I}$ 可知，$U$-$I$ 图像中某点与原点连线的斜率等于该点对应的电阻值，由图像可知 $a$、$d$ 两点与原点连线的斜率最接近，则阻值最接近，**D 正确**.

**2. C** 【解析】本题考查光的折射.

由题意作出光线的传播路径，如图所示，根据折射定律有 $n = \dfrac{\sin 60°}{\sin \alpha}$，解得 $\alpha = 30°$，经长方体玻璃砖折射后折射光线与原光路平行，可知 $ABCD$ 为平行四边形，$\angle COD = \angle DCO = 30°$，$ODC$ 为等腰三角形，由几何关系可知，$OD = CD = AB = l$，则厚度 $x = OD \cdot \cos 30° = \dfrac{\sqrt{3}}{2} l$，**C 正确**.

关键点




**3. A** 【解析】本题考查动量定理.

由图乙可知，运动员第一次离开蹦床后，在空中运动的时间为 1.6 s，则运动员上升的时间为 $t_1 = 0.8$ s（关键：根据对称性可知上升、下降时间相等），则上升的最大高度为 $h_1 = \dfrac{1}{2} g t_1^2 = 3.2$ m，**A 正确**；1.0 s 时运动员刚好离开蹦床，运动员的速度方向竖直向上，大小为 $v_1 = g t_1 = 8$ m/s，2.6 s 时运动员的速度方向竖直向下，大小为 $v_2 = g t_1 = 8$ m/s，以竖直向下为正方向，则该时间内运动员动量的变化量为 $\Delta p = m v_2 - (-m v_1) = 800$ kg·m/s（易错：注意速度方向反向了），**B 错误**；3.0~3.8 s 的时间内，运动员重力的冲量大小为 $I_G = mgt_2 = 50 \times 10 \times 0.8$ N·s = 400 N·s，**C 错误**；运动员第二次离开蹦床在空中运动的时间为 0.8 s，上升的时间为 $t_3 = 0.4$ s，离开蹦床的速度方向竖直向上，大小为 $v_3 = g t_3 = 4$ m/s，运动员第二次与蹦床相互作用的时间为 $t_4 = 0.4$ s，对该过程，以竖直向上为正方向，由动量定理得 $F t_4 - mg t_4 = m v_3 - (-m v_2)$，解得 $F = 2\,000$ N，**D 错误**.

**30 s 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

根据 $F$-$t$ 图像先分析 B、C，只需要判断相关物理量是否为 0 即可，1.0~2.6 s 内合力不为零，动量变化量不为 0，**B 错误**；重力为恒力，且有作用时间，冲量不为 0，**C 错误**；A、D 需要定量计算，根据竖直方向的匀变速直线运动特点，计算得 **A 正确**.

**4. B** 【解析】本题考查汽缸模型.

气体由状态 1 到状态 2 内能增加，温度升高，分子平均动能增大，分子热运动平均速率增大，但不是每个分子的运动速率都增大，**A 错误**；状态 2 相比状态 1 气体压强不变，温度升高，分子平均动能增大，体积增大，分子数密度减小，由压强的微观解释可知，分子单位时间内撞击器壁单位面积上的次数减少，**B 正确**；由状态 1 到状态 2，由热力学第一定律可知，气体内能的增加量等于电热丝释放的热量减去气体对外做的功，**C 错误**；设大气压强为 $p_0$，活塞的横截面积为 $S$，气体压强为 $p$，由平衡方程 $p_0 S = mg + pS$，得 $pS = p_0 S - mg$，活塞向右移动 $L$ 过程中，对外做功 $W = (p_0 S - mg) L$，由热力学第一定律

得 $\Delta U=Q-W$，则电热丝释放的热量即气体吸收的热量为 $Q=\Delta U+(p_0S-mg)L$，**D 错误**.

5. **C** 【解析】本题考查超声波与波的反射.

根据波长公式 $\lambda=\frac{v}{f}$，该超声波在人体内传播的波长 $\lambda_2=\frac{v_2}{f}=\frac{1\ 540}{2\times10^6}\ \text{m}=7.7\times10^{-4}\ \text{m}$，**A 错误**；超声波从探头传播到脏器表面并反射回来，经历的时间为 $\Delta t$，传播距离为 $2x$，则脏器表面到探头的距离 $x=\frac{v_2\Delta t}{2}=\frac{1\ 540\times5\times10^{-5}}{2}\ \text{m}=0.038\ 5\ \text{m}$，**B 错误**；由题意可知，两种介质的声阻抗相差越大，反射越多，为了减少超声波在探头与人体界面处的反射，使超声波最大限度地进入人体，凝胶的声阻抗应与人体的声阻抗大致相同，**C 正确**；通过发射信号和接收信号的时间差确定脏器的位置，是利用了波的反射原理，**D 错误**.

6. **C** 【解析】本题考查圆锥摆.

要让配重小球从静止以速度 $v$ 匀速转动起来，此时小球的重力势能也要增加（易错：易忽略小球转起来后高度增加导致重力势能增加而判断错误），则悬绳对小球做的功大于 $\frac{1}{2}mv^2$，**A 错误**；当悬绳与竖直方向夹角为 $\theta$ 时，配重小球做匀速圆周运动的向心力大小为 $F_n=mg\tan\theta$，**B 错误**；根据 $F_n=mg\tan\theta=m\omega^2(L\sin\theta+R)$，等式两边可消掉质量，若更换质量为 $2m$ 的配重小球，以相同角速度转动小球，悬绳与竖直方向夹角不变，**C 正确**；根据 $mg\tan\theta=m\omega^2(L\sin\theta+R)$，当悬绳与竖直方向夹角保持为 $\theta$ 时，配重小球转动频率 $f=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g\tan\theta}{L\sin\theta+R}}$，**D 错误**.

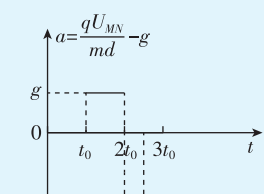
**1 min 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

小球重力势能和动能都增加，悬绳对小球做功的大小不止等于动能的变化量，**A 错误**；根据受力分析可得，向心力大小为 $mg\tan\theta$，**B 错误**；计算转动频率一定会用到圆周运动的半径，半径表达式为 $L\sin\theta+R$，**D 错误**. 故选 C.

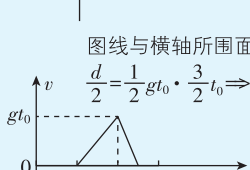
7. **C** 【解析】本题考查带电体在变化电场中的运动.

$0\sim t_0$ 时间内，油滴静止，重力与电场力平衡，有 $q\cdot\frac{U_0}{d}=mg$；$t_0\sim2t_0$ 时间内，$M$、$N$ 板间电势差为 $2U_0$，电场力大小为 $q\cdot\frac{2U_0}{d}=2mg$，方向向上，合力 $F_{合}=2mg-mg=mg$，加速度 $a_1=g$，运动时间 $t_0$，位移 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_0^2=\frac{1}{2}gt_0^2$，$2t_0$ 时的末速度 $v_1=a_1t_0=gt_0$；$2t_0\sim2.5t_0$ 时间内，$M$、$N$ 板间电势差为 $-U_0$，电场力方向向下，大小为 $mg$，合力 $F'_{合}=mg+mg=2mg$，加速度 $a_2=2g$，运动时间 $t_2=0.5t_0$，取向上为正方向，位移 $x_2=v_1t_2-\frac{1}{2}a_2t_2^2=gt_0\cdot0.5t_0-\frac{1}{2}\cdot2g\cdot(0.5t_0)^2=\frac{1}{4}gt_0^2$，总位移等于 $\frac{d}{2}$，即 $\frac{d}{2}=x_1+x_2=\frac{1}{2}gt_0^2+\frac{1}{4}gt_0^2=\frac{3}{4}gt_0^2$，得 $d=\frac{3}{2}gt_0^2$，**C 正确**.

**快解**　求出各阶段加速度后，画 $v$–$t$ 图像可快速得到答案.

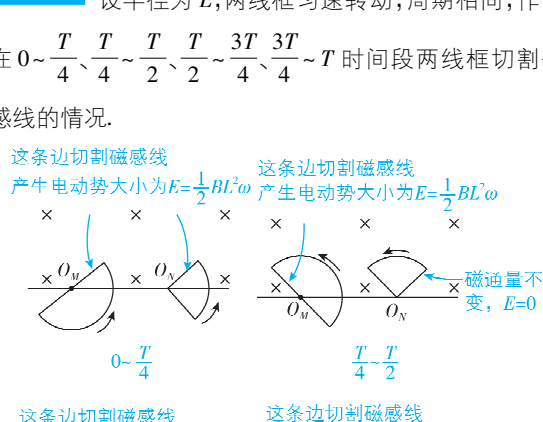



图线与横轴所围面积为 $\frac{d}{2}=\frac{1}{2}gt_0\cdot\frac{3}{2}t_0\Rightarrow\frac{3}{2}gt_0^2=d$

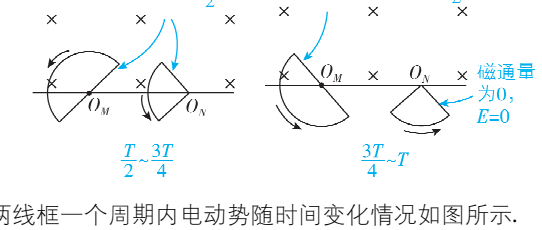



8. **C**

**题图剖析**　设半径为 $L$，两线框匀速转动，周期相同，作出在 $0\sim\frac{T}{4}$、$\frac{T}{4}\sim\frac{T}{2}$、$\frac{T}{2}\sim\frac{3T}{4}$、$\frac{3T}{4}\sim T$ 时间段两线框切割磁感线的情况.




两线框一个周期内电动势随时间变化情况如图所示.




**【解析】**本题考查感应电动势的产生.

导线框 $M$ 为半圆形，绕圆心在磁场边界转动，进入和离开磁场过程中，有效切割长度不变，感应电动势大小为 $E=\frac{1}{2}BL^2\omega$ 为定值，产生的是方波交流电，不是正弦交流电，**A 错误**；两导线框产生的感应电流的周期与线框转动周期相同，**B 错误**；在 $t=\frac{T}{8}$ 时，两导线框均转过 45°，都处于进入磁场的过程中，有效切割长度均为半径 $L$，产生的感应电动势相等，均为 $E=\frac{1}{2}BL^2\omega$，**C 正确**；导线框 $M$ 中感应电流始终存

在，方向周期性变化，有效值 $I_M=\frac{E}{r}$，导线框 $N$ 中感应电流间歇四分之一周期存在，一个周期内有半个周期存在，根据 $\frac{E^2}{r}\times\frac{1}{2}T=I_N^2rT$，解得电流有效值 $I_N=\frac{E}{\sqrt{2}r}$，**D 错误**.

**30 s 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

导线框 $M$ 的有效切割长度不变，不会产生正弦交流电，$N$ 全进入磁场后磁通量不变，会有一段时间无电流，所以 $M$、$N$ 感应电流有效值不同，感应电流的周期和线框转动的周期都是 $T$，排除 A、B、D，**C 正确**.

9. **BD**　**【解析】**本题考查核衰变与半衰期.

核衰变过程中电荷数、质量数守恒，但反应存在质量亏损，会以能量形式释放，因此质量不守恒，**A 错误**；该衰变反应方程式为 ${}^{14}_{6}\mathrm{C}\rightarrow{}^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$，释放出电子，属于 β 衰变，**B 正确**；半衰期是大量原子核衰变的统计规律，仅对宏观大量样本有意义，对少量原子核的衰变行为无法准确预测，**C 错误**；半衰期由原子核内部结构决定，与外界温度、压强、化学状态等外部因素无关，因此高温高压不影响衰变速度，**D 正确**.

10. **BC**　**【解析】**本题考查万有引力定律与能量.

对接后的空间站仍处于原轨道，由万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm'}{r^2}=m'a$，则向心加速度 $a=\frac{GM}{r^2}$，轨道没有变的情况下，加速度大小不变，**A 错误**；对组合体，由万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm''}{(R+h)^2}=m''\frac{4\pi^2}{T^2}(R+h)$，再由黄金代换式 $GM=gR^2$，可得高度 $h=\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}}-R$，**B 正确**；由万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm}{(R+h)^2}=m\frac{v^2}{R+h}$，可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$，神舟十九号完成对接后的机械能为 $E_2=-\frac{GMm}{R+h}+\frac{1}{2}mv^2=-\frac{GMm}{2(R+h)}$，神舟十九号发射前的机械能为 $E_1=-\frac{GMm}{R}$，故神舟十九号从开始发射至其与空间站对接需要做的功为 $W=E_2-E_1=\frac{GMm}{R}-\frac{GMm}{2(R+h)}$，**C 正确**；类比电场强度定义式 $E=\frac{F}{q}$，在引力场中 $F_{万}=\frac{GMm}{(R+h)^2}$，再由黄金代换式 $GM=gR^2$，所以“组合体”所处轨道的引力场强度大小为 $E'=\frac{GM}{(R+h)^2}=\frac{gR^2}{(R+h)^2}$，**D 错误**.

**关键点**

**30 s 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

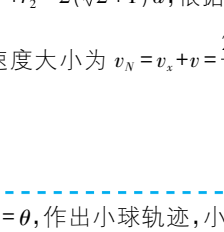
对接后空间站轨道高度不变，则加速度大小不变，**A 错误**；B、C 复杂先不算，类比可知，引力场强度 $E'=\frac{F_{万}}{m}$，单位应该与 $g$ 单位相同，**D 错误**. 故选 B、C.

11. **AD**　【解析】本题考查带电粒子在组合场和叠加场中的运动.

带电粒子在纸面内虚线上方竖直向下的匀强电场中做匀加速直线运动,根据动能定理则有 $qEd=\frac{1}{2}mv_0^2-0$,解得粒子进入磁场的速度大小为 $v_0=\sqrt{\frac{2qEd}{m}}$,带电粒子在虚线下方垂直纸面向里的匀强磁场中做匀速圆周运动,根据几何关系则有 $\left(r_1-\frac{2}{5}d\right)^2+\left(\frac{6}{5}d\right)^2=r_1^2$,解得粒子做圆周运动的半径 $r_1=2d$,根据牛顿第二定律有 $qv_0B=\frac{mv_0^2}{r_1}$,联立求得匀强电场的场强大小 $E=\frac{2qB^2d}{m}$,**A 正确**;带电粒子在电场中运动的时间为 $t_1=\frac{2d}{v_0}=\frac{m}{qB}$,设粒子从 $P$ 到 $Q$ 轨迹对应的圆心角为 $\theta$,则有 $r_1\sin\theta=\frac{6}{5}d$,解得 $\theta=37°$,则粒子从 $P$ 到 $Q$ 运动的时间为 $t_2=\frac{\theta m}{qB}=\frac{37\pi m}{180qB}$,所以粒子从 $O$ 到 $Q$ 运动的时间为 $t=t_1+t_2=\left(\frac{37\pi}{180}+1\right)\frac{m}{qB}$,**B 错误**;若磁场所在区域也存在题述匀强电场,利用配速法,把速度 $v_0=\frac{2qBd}{m}$ 分解为水平向右的分速度 $v_x=\frac{2qBd}{m}$ 和与竖直方向成 45°斜向左下的分速度 $v=\frac{2\sqrt{2}qBd}{m}$,水平向右的分速度对应的洛伦兹力与竖直向下的电场力大小相等、方向相反,与竖直方向成 45°斜向左下的分速度对应的洛伦兹力使粒子在磁场中做匀速圆周运动,粒子的运动分解为水平向右的匀速直线运动和匀速圆周运动的合运动,根据牛顿第二定律则有 $qvB=\frac{mv^2}{r_2}$,解得匀速圆周运动的轨道半径为 $r_2=2\sqrt{2}d$,所以 $P$、$N$ 两点的竖直距离为 $h=r_2\sin 45°+r_2=2(\sqrt{2}+1)d$,根据运动的合成可知粒子经过 $N$ 点时的速度大小为 $v_N=v_x+v=\frac{2(1+\sqrt{2})qBd}{m}$,**C 错误**,**D 正确**.

12. **AC**

**题图剖析**　设 $\angle A=\theta$,作出小球轨迹,小球速度、位移与 $\theta$ 的关系如图.




【解析】本题考查平抛运动.

小球恰能粘在 $AC$ 上意味着其落到 $AC$ 时的速度方向与 $AC$ 边平行,设 $\angle A=\theta$,可得 $\frac{v_0}{v_y}=\frac{v_0}{gt}=\tan\theta$,即 $v_0=gt\tan\theta$,水平

方向位移 $x=v_0t$，小球落点到 $A$ 点的竖直距离为 $y=h+\frac{1}{2}gt^2$，落点在 $AC$ 上，由几何关系可得 $x=y\tan\theta$，即 $v_0t=\left(h+\frac{1}{2}gt^2\right)\tan\theta$，代入 $v_0=gt\tan\theta$，可得 $gt^2\tan\theta=\left(h+\frac{1}{2}gt^2\right)\tan\theta$，化简得 $h=\frac{1}{2}gt^2$，结合图(b)数据，当 $t=0.2\ \text{s}$ 时 $h=0.196\ \text{m}$，代入解得重力加速度 $g=9.8\ \text{m/s}^2$（关键：题干没有给重力加速度 $g$ 的取值时，不可直接取 $10\ \text{m/s}^2$ 计算），小球落点到 $A$ 点的竖直距离 $y=h+\frac{1}{2}gt^2=2h$，若调整 $h$ 使得 $2h$ 恰好等于直角边 $AB$ 的高度，则落点即为底部的 $C$ 点，**A 正确**；由 $v_0=gt\tan\theta$ 及 $h=\frac{1}{2}gt^2$，联立可得 $v_0=\sqrt{2gh}\tan\theta$，因此初速度 $v_0$ 越大，对应 $h$ 越大，**B 错误**；$t=0.2\ \text{s}$ 时，小球刚接触 $AC$ 时竖直方向分速度最大，为 $v_y=gt=9.8\times0.2\ \text{m/s}=1.96\ \text{m/s}$，此时重力的瞬时功率最大，为 $P=mgv_y=9.604\ \text{W}<10\ \text{W}$，**C 正确**；平抛运动中，小球的速度变化量 $\Delta v=g\Delta t$，在 $\Delta t=0.1\ \text{s}$ 内，速度变化量大小为 $\Delta v=9.8\times0.1\ \text{m/s}=0.98\ \text{m/s}$，**D 错误**.

## 满分小卷 ▸ 5

1. **C** 【解析】本题考查波的干涉与振动加强点和减弱点.

由图可知，$a$ 为两列波的波峰相遇点，为振动加强点；$b$ 为波谷与波峰相遇点，为振动减弱点；$c$ 为波谷与波谷相遇点，为振动加强点；$c$、$d$ 在 $O_1O_2$ 连线的中垂线上，且两波源的振动情况完全相同，故两波源连线中垂线上的点均为振动加强点，$d$ 为振动加强点；$e$ 为波谷与波峰相遇点，为振动减弱点，**C 正确**.

2. **C** 【解析】本题考查光电效应与氢原子跃迁.

发生光电效应的条件是入射光子的能量不小于钙的逸出功，即 $E_\gamma\geqslant3.2\ \text{eV}$，氢原子从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时，光子能量为 $E_{4\to2}=E_4-E_2=(-0.85+3.40)\ \text{eV}=2.55\ \text{eV}$；氢原子从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级时，光子能量为 $E_{4\to3}=E_4-E_3=(-0.85+1.51)\ \text{eV}=0.66\ \text{eV}$；氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级时，光子能量为 $E_{3\to1}=E_3-E_1=(-1.51+13.60)\ \text{eV}=12.09\ \text{eV}$；氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时，光子能量为 $E_{3\to2}=E_3-E_2=(-1.51+3.40)\ \text{eV}=1.89\ \text{eV}$. 四种跃迁中，只有从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级产生的光子能量大于钙的逸出功，能够发生光电效应，**C 正确**.

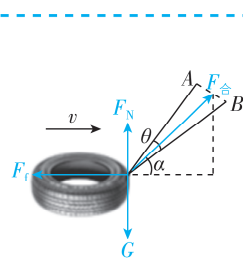
3. **A** 【解析】本题考查电路动态分析.

理想电压表内阻无穷大，相当于断路，理想电流表内阻为零，相当于短路，所以等效电路为滑动变阻器左右两部分电阻并联再与 $R$ 串联，电压表 $V_1$、$V_2$、$V_3$ 分别测量 $R$ 两端电压、路端电压和滑动变阻器左右两部分电阻并联电路的电压，电流表 A 测量干路电流，当滑动变阻器滑片从最左侧开始缓慢向右滑动，并联总电阻先增大后减小（关键：当滑片位于 $R_1$ 中点时，并联总电阻最大），电路总电阻先增大后减小，则 A 的示数先减小后增大，**A 正确**；$V_2$ 测量路端电压，电路总电阻先增大后减小，总电流先减小后增大，内电压先减小后增大，则路端电压先增大后减小，即 $V_2$

的示数先增大后减小，**B 错误**；将 $R$ 等效为电源内阻一部分，$U_3$ 为等效的路端电压，$U_3=E-I(r+R)$，则$\dfrac{\Delta U_3}{\Delta I}=r+R$（注意：题中已说 $\Delta U_3$、$\Delta I$ 为绝对值），比值大于 $R$，**C 错误**；$U_2$ 为实际的路端电压，$U_2=E-Ir$，则$\dfrac{\Delta U_2}{\Delta I}=r$，可得 $\Delta U_3>\Delta U_2$，**D 错误**.

**4. C**

**题图剖析**




**【解析】**本题考查共点力平衡.

设每根绳的拉力为 $F$，则这两根绳拉力的合力 $F_{合}=2F\cos\dfrac{\theta}{2}$，方向沿两根绳夹角的角平分线，与水平面的夹角为 $\alpha$，受力分析如图所示，轮胎受力平衡，则有 $F_{合}\cos\alpha=F_f$，解得 $F=\dfrac{F_f}{2\cos\alpha\cos\dfrac{\theta}{2}}=\dfrac{5\sqrt{3}}{9}F_f$，故 **A、B、D 错误，C 正确**.

**5. B** **【解析】**本题考查气体状态变化图像.

由题意可知，$a\to b$ 过程图线为双曲线的一部分，即该过程为等温过程，$T_a=T_b$，根据玻意耳定律有 $p_aV_a=p_bV_b$，由图可知 $p_b=p_0$，$V_b=V_0$，$p_a=\dfrac{1}{3}p_0$，解得 $V_a=3V_0$，**A 错误**；$a\to b$ 过程中，气体温度不变，内能不变（关键：一定质量理想气体内能只与温度有关），$\Delta U=0$，气体体积减小，外界对气体做功，$W>0$，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$，可得 $Q=-W$，即气体向外界放出的热量等于外界对气体所做的功，**B 正确**；由图可知 $c\to a$ 过程为等容过程，$V_c=V_a=3V_0$，$b\to c$ 过程为等压膨胀过程，气体对外界所做的功 $W'=p_0(V_c-V_b)=p_0(3V_0-V_0)=2p_0V_0$，**C 错误**；$c\to a$ 过程中，气体体积不变，外界对气体不做功，即 $W_1=0$，压强减小，温度降低，内能减少，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$，可知 $Q_1=\Delta U_1$，即气体向外界放出的热量等于气体内能的减少量，**D 错误**.

**30 s 速解**　哈尔滨工业大学——何翔宇

先定性分析，$a\to b$ 过程图线为双曲线的一部分是关键，表示 $a$ 到 $b$ 是等温变化，内能不变，**B 正确**.

**6. C** **【解析】**本题考查流体问题.

喷管直径约为 10 cm，则半径 $r=5\ \text{cm}=0.05\ \text{m}$，根据实际情况，每层楼高约为 3 m，所以喷水的高度 $h=30\times3\ \text{m}=90\ \text{m}$，则根据竖直上抛运动规律，水离开管口的速度为 $v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times90}\ \text{m/s}=30\sqrt{2}\ \text{m/s}$，设给喷管喷水的电动机输出功率为 $P$，在接近管口很短一段时间 $\Delta t$ 内水柱的质量为 $\Delta m=\rho Sv\Delta t=\rho v\Delta t\cdot\pi r^2$，根据动能定理得 $P\Delta t=\dfrac{1}{2}\Delta m\cdot v^2$，联立以

上解得 $P\approx 2.9\times10^5$ W，**C 正确**.

7. **B** 【解析】本题考查法拉第电磁感应定律.

$t=0$ 时，磁感应强度 $B=B_0$，线圈在磁场中的有效面积 $S=\frac{1}{2}\pi r^2$，穿过线圈的磁通量 $\Phi=BS=\frac{1}{2}B_0\pi r^2$，**A 错误**；$t=\frac{t_0}{2}$ 时，磁感应强度大于零且随时间减小，根据楞次定律可知，感应电流的磁场方向向下，由安培定则可知线圈中感应电流沿顺时针方向，根据左手定则，线圈受到的安培力方向水平向左，**B 正确**；$t=t_0$ 时，磁感应强度为零，但磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 不为零，根据法拉第电磁感应定律 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\cdot\frac{1}{2}\pi r^2\cdot\frac{B_0}{t_0}$，感应电动势大小不为零，**C 错误**；$t=\frac{3t_0}{2}$ 时，磁感应强度大小为 $\frac{B_0}{2}$，感应电动势 $E=\frac{n\pi r^2B_0}{2t_0}$，感应电流 $I=\frac{E}{R}$，线圈受到的安培力 $F=n\cdot\frac{B_0}{2}\cdot I\times 2r=\frac{n^2\pi r^3B_0^2}{2Rt_0}$，**D 错误**.

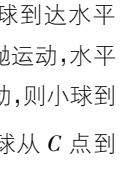
8. **D** 【解析】本题考查圆周运动与斜抛运动.

设圆弧轨道 $ABD$ 的半径为 $R$，小球由 $A$ 到 $B$，由机械能守恒定律可得 $mg\times 2R=\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $R=\frac{v_0^2}{4g}$，**A 错误**；把小球在 $C$ 点的重力分别沿着 $CO$ 和垂直 $CO$ 方向分解，小球运动到 $C$ 点，支持力刚好等于 0（点拨：“刚好脱离”即“接触但不挤压”），重力沿着 $CO$ 方向的分力充当向心力，由向心力公式可得 $mg\cos\theta=\frac{mv_C^2}{R}$，小球从 $B$ 到 $C$，由机械能守恒定律可得 $mgR(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv_C^2$，联立解得 $\cos\theta=\frac{2}{3}$，$v_C=\frac{\sqrt{6}}{6}v_0$，小球到达 $C$ 点时的动能 $E_k=\frac{1}{2}mv_C^2=\frac{mv_0^2}{12}$，**B、C 错误**；把小球在 $C$ 点的速度分别沿着水平方向和竖直方向分解，则水平方向的分速度大小为 $v_x=v_C\cos\theta$，根据机械能守恒（关键：小球从进入轨道直到落到水平面，全程只有重力做功），小球到达水平面的速度大小为 $v_0$，小球从 $C$ 点到水平面做斜下抛运动，水平方向的分运动是速度为 $v_x=v_C\cos\theta$ 的匀速直线运动，则小球到达水平面时的竖直分速度为 $v_y=\sqrt{v_0^2-v_x^2}$，可得小球从 $C$ 点到达水平面时重力瞬时功率为 $P_C=mgv_y=\frac{5\sqrt{3}}{9}mgv_0$，**D 正确**.

9. **BD** 【解析】本题考查光的折射、反射与全反射.

作出光路图如图所示，由几何关系得，该光线在 $M$ 点的入射角 $i=60°$，设该光线在 $M$ 点的折射角为 $r$，则有 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，解得 $r=30°$，设临界角为 $C_0$，则 $n=\frac{1}{\sin C_0}$，解得 $\sin C_0=\frac{\sqrt{3}}{3}$，由几何关系可知，该光线在 $E$ 点的入射角为 $\beta=60°$，因为 $\sin\beta=\frac{\sqrt{3}}{2}>\sin C_0$，所以 $\beta>C_0$，该光线射到 $E$ 点时会发生全反射，**A 错误，B 正确**；根据上述分析结合几何关系可知 $DC=MD=MB=$

关键点



$L$，$DE=2DC=2L$，该光线从 $M$ 点传播到 $E$ 点的时间 $t=\frac{MD+DE}{v}$，又由于 $n=\frac{c}{v}$，解得 $t=\frac{3\sqrt{3}L}{c}$，**C 错误，D 正确.**

**10. AC** 【解析】本题考查双星系统.

由图像可知，该双星系统的周期为 $2t_0$，$a$ 与轨道圆心的距离为 $3x_0$，$b$ 与轨道圆心的距离为 $2x_0$，可得 $r_a:r_b=3:2$，由线速度 $v=\omega r$（关键：双星系统两颗星体角速度相同），可知 $a$、$b$ 的线速度大小之比为 $v_a:v_b=3:2$，**A 正确，B 错误**；对 $b$ 由万有引力提供向心力可知 $G\frac{m_am_b}{(r_a+r_b)^2}=m_b\frac{4\pi^2}{T^2}r_b$，又 $T=2t_0$，解得 $m_a=\frac{50\pi^2x_0^3}{Gt_0^2}$，**C 正确，D 错误.**

**11. BC** 【解析】本题考查带电粒子在电场与磁场中运动的对比.

若粒子仅受电场力作用，在 $A$ 点与 $B$ 点速度大小相等，由动能定理知从 $A$ 点到 $B$ 点电场力做功为零，这表明 $A$、$B$ 两点电势相等，电场线垂直于 $AB$ 连线，粒子带正电，受到的电场力垂直于 $AB$ 向下，则粒子做类斜抛运动，根据运动对称性可知粒子运动到 $B$ 点的速度大小为 $v_0$，方向与 $AB$ 夹角为 30°，根据平行四边形定则可知粒子从 $A$ 到 $B$ 的过程中速度变化量 $\Delta v=v_0$，方向垂直于 $AB$ 向下，由动量定理得电场力冲量 $\Delta I_E=m\Delta v=mv_0$，方向垂直于 $AB$ 向下，若粒子仅受洛伦兹力作用，在磁场中做匀速圆周运动，通过几何关系知粒子从 $A$ 点以与 $AB$ 夹角为 30°的速度 $v_0$ 射入，要到达 $B$ 点且速度大小仍为 $v_0$，其运动轨迹关于 $AB$ 连线的中垂线对称，轨迹所对圆心角为 60°，则粒子在 $B$ 点时速度与 $AB$ 夹角为 30°，故粒子从 $A$ 到 $B$ 的过程中速度变化量 $\Delta v_1=v_0$，方向垂直于 $AB$ 向下，洛伦兹力冲量 $\Delta I_B=m\Delta v_1=mv_0$，方向垂直于 $AB$ 向下，由此可知从 $A$ 到 $B$ 的过程中电场力冲量和洛伦兹力冲量相同（易错：冲量是矢量，冲量相同：大小相等、方向相同），**A 错误**；由 A 选项分析可知无论该区域存在的是电场还是磁场，其经过 $B$ 点时的速度方向都与 $AB$ 夹角为 30°，方向相同，**B 正确**；由 A 选项分析知粒子在电场中做类斜抛运动，沿 $AB$ 方向以速度为 $v_0\cos 30°$做匀速直线运动，则有 $v_0\cos 30°\cdot t_E=L$，解得 $t_E=\frac{2L}{\sqrt{3}v_0}$，粒子在磁场中做匀速圆周运动，运动轨迹所对的圆心角为 60°，由几何关系可得其运动轨迹半径 $r=L$，则有 $v_0t_B=\frac{\pi L}{3}$，解得 $t_B=\frac{\pi L}{3v_0}$，故 $\frac{t_E}{t_B}=\frac{2\sqrt{3}}{\pi}>1$，即在电场中运动的时间比在磁场中长，**C 正确**；粒子在电场中垂直于 $AB$ 的方向以初速度为 $v_0\sin 30°$做匀变速直线运动，可得 $v_0\sin 30°=a\frac{t_E}{2}=\frac{qE}{m}\cdot\frac{t_E}{2}$，解得 $E=\frac{\sqrt{3}mv_0^2}{2qL}$，粒子在磁场中做匀速圆周运动，由 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$，解得 $B=\frac{mv_0}{qL}$，则二者大小之比为 $\frac{B}{E}=\frac{2}{\sqrt{3}v_0}$，**D 错误.**

**快解　在电场和在磁场中运动时间大小的比较**

电场中沿 $AB$ 方向的速度不变，一直为在 $A$ 点时沿 $AB$ 方向的分速度；磁场中，因为速度方向的变化，除了 $A$、$B$ 两点外，沿 $AB$ 方向的速度都大于在 $A$ 点时沿 $AB$ 方向的分速度，故磁场中运动时间短，**C 正确.**

12. **AD** 【解析】本题考查弹性碰撞.

由图乙分析可知，$t=0.5$ s 时 $a$ 与 $b$ 发生第一次碰撞，根据质量相等的两物块发生弹性碰撞速度互换原理可知，$a$ 的初速度大小 $v_0=4$ m/s，中点左侧水平面光滑，则 $a$ 在第一次碰撞前的路程 $s=v_0t=2$ m，则两挡板间距为 $L=2\times\frac{s}{2}=2$ m（关键：$a$ 从中点向左碰到挡板后，速度等大反向，回到中点与 $b$ 第一次碰撞），**A 正确**；第一次碰撞后，$a$ 静止在中点，$b$ 向右运动，与右侧挡板发生弹性碰撞后返回中点，与 $a$ 第二次碰撞，$b$ 静止，$a$ 向左运动与左侧挡板碰撞后返回中点，与 $b$ 第三次碰撞，$a$ 静止，$b$ 向右运动与右侧挡板碰撞返回到中点静止，所以 $a$ 与 $b$ 发生了三次碰撞（关键：$a$、$b$ 每一次碰撞均在中点处，$b$ 最后在中点停下），**B 错误**；由 B 选项分析可知，$b$ 运动的路程为 $s_b=2L=4$ m，对 $b$ 运动的整个过程，由动能定理有 $-\mu mgs_b=0-\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $\mu=0.2$，**C 错误**；设 $b$ 与 $a$ 第二次碰撞前的速度大小为 $v$，由动能定理有 $-\mu mgL=0-\frac{1}{2}mv^2$，$a$ 第二次与挡板碰撞后速度大小与 $b$、$a$ 第二次碰撞前 $b$ 的速度大小相等，则 $a$ 第二次与挡板碰撞后的动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$，联立解得 $E_k=4$ J，**D 正确**.