2025 年高考物理 100 个微专题专项精练

参考答案

微专练 1　匀变速直线运动规律的应用

1．B　[舰载机需在甲板上滑行的时间为 $t=\frac{v-v_0}{a}=\frac{50-30}{5}$ s=4 s，A 错误；舰载机在甲板上滑行的距离为 $x=\frac{v+v_0}{2}t=\frac{50+30}{2}\times 4$ m=160 m，B 正确；研究航空母舰在海上运动的时间，航空母舰的长度对问题的研究影响很小，航空母舰可以看成质点，C 错误；研究舰载机在航空母舰上加速运动的时间，舰载机大小和形状对问题的影响可以忽略，舰载机可以看成质点，D 错误。]

2．A　[设第 4 节车厢刚通过该工作人员时速度为 v_1，则 $v_1=\sqrt{\frac{v_0^2+v^2}{2}}=\sqrt{\frac{6^2+8^2}{2}}$ m/s=$5\sqrt{2}$ m/s，设每节车厢的长度为 L，前四节车厢经过工作人员的时间为 $t_1=\frac{4L}{\bar{v}_{前}}=\frac{4L}{\frac{v_0+v_1}{2}}=\frac{8L}{6+5\sqrt{2}}$ s，后四节车厢经过工作人员的时间为 $t_2=\frac{4L}{\bar{v}_{后}}=\frac{4L}{\frac{v_1+v}{2}}=\frac{8L}{8+5\sqrt{2}}$ s，有 $\frac{t_1}{t_2}=\frac{5\sqrt{2}+1}{7}$，故 A 正确。]

3．BC　[离开 O 点的距离 x 随时间变化的关系为 $x=(8-t^2)$m，由匀变速直线运动的位移公式 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 可知，质点的初速度 $v_0=0$ m/s，加速度 $a=-2$ m/s^2，质点沿 x 轴负方向做加速度大小为 2 m/s^2 的匀加速直线运动，故 A 错误；质点在 $t=2$ s 时的速度为 $v_2=at_2=-2\times 2$ m/s=-4 m/s，质点在 $t=0$ 到 $t=2$ s 间的平均速度 $\bar{v}=\frac{v_0+v_2}{2}=\frac{0-4}{2}$ m/s=-2 m/s，故 B 正确；质点在 $t=4$ s 时的速度 $v_4=at_4=-2\times 4$ m/s=-8 m/s，故 C 正确；质点在 $t=0$ 到 $t=4$ s 间的位移 $x=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times(-2)\times 4^2$ m=-16 m，故 D 错误。]

4．C　[由题知，电动公交车做匀减速直线运动，设 RS 间的距离为 x，则根据题意有 $\bar{v}_{RS}=\frac{x}{t_1}=\frac{v_R+v_S}{2}$，$\bar{v}_{ST}=\frac{2x}{t_2}=\frac{v_S+v_T}{2}$，联立解得 $t_2=4t_1$，$v_T=v_R-10$，再根据匀变速直线运动速度与时间的关系有 $v_T=v_R-a\cdot 5t_1$，则 $at_1=2$ m/s，其中还有 $v_{\frac{t_1}{2}}=v_R-a\cdot\frac{t_1}{2}$，解得 $v_R=11$ m/s，联立解得 $v_T=1$ m/s，故 C 正确。]

5．C　[根据匀变速直线运动相同时间间隔内的位移差相等 $x_5-x_3=2at^2$，又 $t=1$ s，解得 $a=1.6$ m/s^2，故 A 错误；根据匀变速直线运动相同时间间隔内的位移差相等 $x_4-x_3=x_5-x_4$，解得第 4 s 内的位移为 $x_4=\frac{x_5+x_3}{2}=5.6$ m，所以第 3 s 初至第 4 s 末的位移大小为 $x'=x_3+x_4=9.6$ m，故 B 错误；根据匀变

速直线运动相同时间间隔内的位移差相等 $x_6-x_5=at^2$，解得 $x_6=x_5+at^2=8.8\ \text{m}$，所以后 2 s 内的位移大小为 $x=x_6+x_5=16\ \text{m}$，故 C 正确；该运动员前 6 s 内做匀加速直线运动，所以第 3 s 初的速度比第 5 s 末的速度小 $\Delta v=at'=4.8\ \text{m/s}$，故 D 错误。]

6．D [根据初速度为零的匀加速运动在相邻相等位移内的时间之比为 $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):(2-\sqrt{3})\cdots\cdots$；第三节车厢经过工作人员的时间为 t，则第一节车厢经过他的时间为 $t_1=\dfrac{t}{\sqrt{3}-\sqrt{2}}=(\sqrt{2}+\sqrt{3})t$，故 D 正确。]

7．B [汽车通过 ETC 通道，减速时间 $t_1=\dfrac{v_1-v_0}{a_1}=\dfrac{5-15}{-2.5}\ \text{s}=4\ \text{s}$，匀速时间 $t_2=\dfrac{x_2}{v_1}=\dfrac{10}{5}\ \text{s}=2\ \text{s}$，加速时间 $t_3=\dfrac{v_0-v_1}{a_2}=\dfrac{15-5}{5}\ \text{s}=2\ \text{s}$，从开始减速到恢复正常行驶过程中的时间 $t=t_1+t_2+t_3=8\ \text{s}$，故 C、D 错误；汽车通过 ETC 通道，减速位移为 $x_1=\dfrac{v_1+v_0}{2}t_1=\dfrac{5+15}{2}\times 4\ \text{m}=40\ \text{m}$，加速位移为 $x_3=\dfrac{v_1+v_0}{2}t_3=\dfrac{5+15}{2}\times 2\ \text{m}=20\ \text{m}$，从开始减速到刚好恢复正常行驶过程中经过的位移为 $x=x_1+x_2+x_3=70\ \text{m}$，故 A 错误，B 正确。]

微专练 2　“刹车类”模型与“0－v－0”模型

1．C [由题可知末速度 $v=0$，加速度 $a=-8\ \text{m/s}^2$，位移 $x=25\ \text{m}$，根据 $v^2-v_0^2=2ax$，解得 $v_0=\sqrt{v^2-2ax}=\sqrt{0-2\times(-8)\times 25}\ \text{m/s}=20\ \text{m/s}$，故 C 正确，A、B、D 错误。]

2．D [由于减速过程中加速度大小不变，故列车在减速运动阶段速度减小的快慢不变，故 A 错误；$t=8\ \text{s}$ 时的速度为 $v_1=v_0-at_1=10\ \text{m/s}$，故 B 错误；列车减速到 0 所用时间 $t=\dfrac{v_0}{a}=16\ \text{s}$，故 20 s 内的位移和 16 s 的位移一样，因此 $x=\dfrac{v_0^2}{2a}=160\ \text{m}$，故 C 错误；列车匀减速阶段最后 1 s 内的位移大小为 $x'=\dfrac{1}{2}at'^2$，$t'=1\ \text{s}$，解得 $x'=0.625\ \text{m}$，故 D 正确。]

3．B [“蛟龙号”上浮时的加速度大小为 $a=\dfrac{v}{t}$；根据逆向思维，可知“蛟龙号”在 t_0 时刻距离海面的深度为 $h=\dfrac{1}{2}a(t-t_0)^2=\dfrac{v(t-t_0)^2}{2t}$，故 B 正确。]

4．D [反应时间指刹车前的 0.4～1.5 s 这段时间，A 错误；不同人反应时间不同，不一定大于 3 s，B 错误；　当行驶速度为 60 km/h，停车距离与反应距离的比值为 35∶15＝7∶3，C 错误；不同速度行驶，反应距离与刹车距离的比值分别为 10∶10＝1∶1，15∶20＝3∶4，20∶40＝1∶2，比值逐渐减小，D 正确。]

5．AC　[汽车刹车前，在 0.2 s 内做匀速运动的位移为 $x_1=v_0t_1=\frac{54}{3.6}\times0.2\ \text{m}=3\ \text{m}$，则汽车刹车滑行的最大距离为 $x_2=36\ \text{m}-x_1=33\ \text{m}$，故 A 正确；汽车刹车的最小加速度为 $a_{\min}=\frac{v_0^2}{2x_2}=\frac{\left(\frac{54}{3.6}\right)^2}{2\times33}\ \text{m/s}^2=3.4\ \text{m/s}^2$，故 B 错误；汽车用于减速滑行的最长时间为 $t_{\max}=\frac{v_0}{a_{\min}}=4.4\ \text{s}$，故 C 正确；汽车从发现前方有行人通过人行横道到停下来过程的平均速度不高于以最小加速度刹车时全程的平均速度 $\bar{v}\leqslant\frac{36}{0.2+4.4}\ \text{m/s}\approx7.8\ \text{m/s}$，故 D 错误。]

6．A　[设高铁最大速度为 v_m，加速的时间为 t_1，减速的时间为 t_2，则 $\frac{v_\text{m}}{2}(t_1+t_2)=s$，$v_\text{m}=at_1=2at_2$，联立解得 $v_\text{m}=\sqrt{\frac{4as}{3}}$，故 A 正确。]

7．BD　[滑道的粗糙程度不变，运动员在滑道 *ab* 段与 *bc* 段受到的阻力不同，但在各段保持不变，所以运动员先做匀加速后做匀减速运动，故 A 错误；滑道 *ab* 段与 *bc* 段的加速度大小分别为 $a_{ab}=\frac{12-2}{6.0-1.0}\ \text{m/s}^2=2\ \text{m/s}^2$，$a_{bc}=\frac{12-4}{11.0-9.0}\ \text{m/s}^2=4\ \text{m/s}^2$，设运动员经过 *b* 点的速度大小为 v_b，根据 $v_b=at$，可得运动员在滑道 *ab* 段与 *bc* 段的所用时间之比为 $\frac{t_{ab}}{t_{bc}}=\frac{a_{bc}}{a_{ab}}=\frac{2}{1}$，设在 *bc* 段还需要时间 *t*，速度减小为零，则有 $t=\frac{v'}{a_{bc}}=\frac{4}{4}\ \text{s}=1\ \text{s}$，所以运动员从静止出发到停止所用的总时间为 $t_{总}=12\ \text{s}$，所以运动员在滑道 *ab* 段与 *bc* 段的所用时间分别为 $t_{ab}=\frac{2}{3}t_{总}=8\ \text{s}$，$t_{bc}=\frac{1}{3}t_{总}=4\ \text{s}$，则运动员滑到 *b* 点时速度大小为 $v_b=a_{ab}t_{ab}=2\times8\ \text{m/s}=16\ \text{m/s}$，故 B 正确；根据 $x=\frac{v^2}{2a}$，则有 $\frac{x_{ab}}{x_{bc}}=\frac{a_{bc}}{a_{ab}}=\frac{2}{1}$，所以滑道 *ab* 段与 *bc* 段的长度之比为 2∶1，故 C 错误；根据 $\bar{v}=\frac{x}{t}$，可得运动员在 *ab* 段和 *bc* 段的平均速度之比为 $\frac{\bar{v}_{ab}}{\bar{v}_{bc}}=\frac{\frac{x_{ab}}{t_{ab}}}{\frac{x_{bc}}{t_{bc}}}=1$，所以运动员在 *ab* 段和 *bc* 段的平均速度大小相等，方向不同，故 D 正确。]

微专练 3　自由落体运动与竖直上抛运动

1．C　[根据自由落体运动的加速度为重力加速度，接近 10 m/s²，可知表示自由落体加速度的时间段是 1.00～1.20 s，故 C 正确。]

2．C　[由图示比例可以看出水柱高度大概为运动员身高的 3 倍，设运动员身高为 1.80 m，则喷泉水柱高度大概为 5.4 m，则 $v=\sqrt{2gh}=\sqrt{2\times10\times5.4}\ \text{m/s}\approx10\ \text{m/s}$，故 A、B、D 错误，C 正确。]

3．B　[运动员下落的整个过程所用的时间为 $t=\sqrt{\frac{2H}{g}}=\sqrt{\frac{2\times10}{10}}$ s≈1.4 s，下落前 5 m 的过程所用的时间为 $t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times5}{10}}$ s=1 s，则运动员用于姿态调整的时间约为 $t_2=t-t_1=0.4$ s，故 B 正确，A、C、D 错误。]

4．C　[小球做自由落体运动，两段相同距离 h 的时间之比为 $t_1:t_2=1:(\sqrt{3}-\sqrt{2})$，由 $\Delta v=gt$，则 $\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}=\frac{t_1}{t_2}=\sqrt{3}+\sqrt{2}$，即 $3<\frac{\Delta v_1}{\Delta v_2}<4$，故 C 正确。]

5．C　[每隔相等时间竖直向上抛出一个小球，当第四个小球抛出后，再经过相等时间，第一个小球落回手里并抛出，所以根据上升与下降过程的对称性，第四个小球离开手瞬间，第一个小球与第三个小球在同一高度，第二个小球位于最高点速度为 0，因此考虑竖直上抛的对称性结合逆向思维可得出，初速度为 0 的匀变速直线运动，连续相等时间位移之比等于连续奇数之比，即第 1 个球和第 2 个球之间的距离与第 3 个球和第 4 个球之间的距离之比为 1∶3，故 C 正确。]

6．B　[整个过程中小球做自由落体运动，圆筒做竖直上抛运动，小球下落时间为 $t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，h 为实际下落高度，圆筒在空中运动时间为 $t_2=\frac{2v_0}{g}$，v_0 为其上抛时的速度。根据题中要求，在圆筒落地前的瞬间，小球在圆筒内运动而没有落地，则临界情况为圆筒上抛速度较小时，当圆筒落地瞬间，小球刚到圆筒的上沿，则 $h=1.25$ m，又 $t_1=t_2$，即 $\sqrt{\frac{2h}{g}}=\frac{2v_0}{g}$，解得 $v_0=2.5$ m/s，故 B 正确。]

7．B　[小球能上升的最大高度为 $h_1=\frac{1}{2}g\left(\frac{t_2}{2}\right)^2$，从最高点到交点位置下落的时间 $\Delta t=\frac{t_2}{2}-\left(\frac{t_2-t_1}{2}\right)=\frac{t_1}{2}$，从最高点到交点位置下落的高度 $h_2=\frac{1}{2}g\left(\frac{t_1}{2}\right)^2$，则两小球在图中的交点位置时，距离抛出点的高度为 $h=h_1-h_2=\frac{1}{8}g(t_2^2-t_1^2)$，故 B 正确。]

微专练 4　运动学图像问题的分析

1．A　[因电梯上升，由速度图像可知，电梯加速上升的时间段为 20.0 s 到 30.0 s，故 A 正确。]

2．D　[$v-t$ 图像，图线与时间轴的交点表示速度方向发生改变的时刻，时间轴上方速度方向为正，时间轴下方速度方向为负，由图像可知，2 s 时刻速度方向将发生改变，故 A 错误；$v-t$ 图像，图线的斜率表示加速度，斜率大小表示加速度大小，斜率正负表示加速度方向，由图像可知小车的加速度在 0～1 s 和 3～4 s 时间段内为正方向，1～3 s 时间段内为负方向，故 B 错误；$v-t$ 图像，图线与时间轴围成的面积表示位移，时间轴上方的面积表示位移为正，时间轴下方的面积表示位移为负，则可

知前 4 s 内小车发生的位移大小为 0，小车在第 1 s 内的位移和前 3 s 内的位移相同，故 C 错误，D 正确。]

3．D [$v-t$ 图线只能描述直线运动，A 错误；$v-t$ 图线切线的斜率表示瞬时加速度，可得 t_1 时刻小物块加速度不为零，B 错误；t_2 时刻小物块加速度为零，但是速度不为零，此时运动方向并不反向，C 错误；$0\sim t_3$，由图线的切线斜率变化知小物块加速度先减小后增大，D 正确。]

4．B [前 4 s 内，质点先匀速运动后静止，A 错误；前 3 s 内质点的位移是 2 m，B 正确；第 4 s 内质点的位移是 0，C 错误；前 6 s 内质点的平均速度为 $\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{6\text{ m}}{6\text{ s}}=1\text{ m/s}$，D 错误。]

5．BC [在 $x-t$ 图像中，图线的斜率表示速度，所以在 0 时刻甲车的速度小于乙车的速度，在 t_1 时刻，甲车的速度大于乙车的速度，故 A 错误，B 正确；在 $0\sim t_1$ 时间内，两车的位移大小都为 x_0，由平均速度的定义得 $\bar{v}=\frac{x_0}{t_1}$，可知两车的平均速度大小相等，故 C 正确，D 错误。]

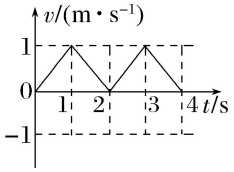
6．A [从位移—时间图像可知物体一直沿正方向运动，故 B、D 错误；又可知 2 s 内物体的位移为 8 m，则速度—时间图线与时间轴所围的面积为 8，故 A 正确，C 错误。]

7．C [根据匀变速直线运动位移和时间关系有 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，根据图甲，取 $v_0=0\text{ m/s}$，$t=10\text{ s}$，$x=20\text{ m}$，解得 $a=0.4\text{ m/s}^2$，A 错误；由图甲可知，质点在前 10 s 内的平均速度为 $\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{20}{10}\text{ m/s}=2\text{ m/s}$，B 错误；$v-t$ 图像中，面积代表位移，由图乙可知，在 $2\sim4\text{ s}$ 内，时间轴上方和下方的面积相抵消，所以总位移为 0，C 正确；$v-t$ 图像中斜率表示加速度，质点在运动过程中，加速度的最大值出现在 $2\sim4\text{ s}$ 内，最大加速度大小为 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=-15\text{ m/s}^2$，所以加速度最大值应为 15 m/s^2，D 错误。]

微专练 5　非常规图像问题

1．BD [质点在 $0\sim t_0$ 时间内从静止出发先做加速度增大的加速运动再做加速度减小的加速运动，此过程一直向前加速运动；$t_0\sim2t_0$ 时间内加速度和速度反向，先做加速度增大的减速运动再做加速度减小的减速运动，$2t_0$ 时刻速度减速到零，此过程一直向前做减速运动，$2t_0\sim4t_0$ 重复 $0\sim2t_0$ 的运动，即质点一直向前运动，A、C 错误，B 正确；$a-t$ 图像的面积表示速度变化量，$\frac{t_0}{2}\sim\frac{3}{2}t_0$ 内速度的变化量为零，因此 $\frac{t_0}{2}$ 时刻的速度与 $\frac{3}{2}t_0$ 时刻相同，D 正确。]

2．B [将 $a-t$ 图像转化为对应的 $v-t$ 图像，如图所示，根据面积可得 4 s 内物体的位移为 2 m，B 正确。]



3．B　[假设质点做匀加速直线运动，由位移公式可得 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，变形可得 $\frac{x}{t}=\frac{1}{2}at+v_0$，其表达式与 $\frac{x}{t}-t$ 图像相对应可求得 $v_0=2\ \text{m/s}$，$\frac{1}{2}a=\frac{0-2}{4-0}\ \text{m/s}^2$，可求得 $a=-1\ \text{m/s}^2$，说明质点做匀减速直线运动，故 A 错误；任意相邻的 0.2 s 内，质点位移差的大小 $\Delta x=|at^2|=1\times(0.2)^2\ \text{m}=0.04\ \text{m}$，故 B 正确；任意 1 s 内，质点速度增量的大小 $\Delta v=|at|=1\times1\ \text{m/s}=1\ \text{m/s}$，故 C 错误；质点做匀减速运动，初速度 $v_0=2\ \text{m/s}$，设经过时间 t_1 速度减为零，则有 $t_1=\frac{0-v_0}{a}=\frac{0-2}{-1}\ \text{s}=2\ \text{s}$，质点运动 2 s 速度减为零，然后开始反向运动，则质点在 1 s 末与 3 s 末的速度方向相反，故 D 错误。]

4．A　[跑车刹车的过程中，根据匀变速直线运动的位移与时间的关系 $x=v_0t-\frac{1}{2}at^2$，变形有 $\frac{x}{t^2}=\frac{v_0}{t}-\frac{a}{2}$，则题图的 $\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$ 图线是一条倾斜的直线，说明跑车做匀变速直线运动，且图线的纵截距为 $-\frac{a}{2}$，斜率为 v_0，结合题图有 $a=8\ \text{m/s}^2$，$v_0=40\ \text{m/s}$，则跑车的刹车时间为 $t=\frac{v_0}{a}=5\ \text{s}<7\ \text{s}$，则这辆跑车运动 7 s 后的位移为 $x=\frac{v_0^2}{2a}=100\ \text{m}$，故 A 正确。]

5．A　[根据图像可知，前 0.1 s 内汽车匀速运动，位移为 2 m，故汽车初速度大小为 $v_0=\frac{x}{t}=\frac{2}{0.1}\ \text{m/s}=20\ \text{m/s}$，C 错误；汽车做匀变速运动的初速度为 20 m/s，减速的位移为 10 m，故加速度为 $a=\frac{v_0^2}{2x}=20\ \text{m/s}^2$，D 错误；　汽车减速的时间为 $\Delta t=\frac{0-v_0}{-a}=1\ \text{s}$，故汽车总的运动时间为 $t_{总}=\Delta t+t=1.1\ \text{s}$，B 错误；汽车运动距停下来 5 m 时的速度为 $v'^2=2ax'$，解得 $v'=10\sqrt{2}\ \text{m/s}$，汽车运动的最后 5 m 内平均速度大小为 $\bar{v}=\frac{v'}{2}=5\sqrt{2}\ \text{m/s}$，A 正确。]

6．AC　[根据刹车过程速度与位移的关系可得 $v_0^2-v^2=2ax$，整理得 $x=\frac{v_0^2}{2a}-\frac{1}{2a}v^2$，结合图像可得 $-\frac{1}{2a}=-\frac{1}{10}$，$\frac{v_0^2}{2a}=40$，解得 $v_0=20\ \text{m/s}$，$a=5\ \text{m/s}^2$，A 正确，B 错误；刹车过程持续时间为 $t=\frac{v_0}{a}=4\ \text{s}$，C 正确；由图可知，刹车距离为 40 m，且汽车刹车时间为 4 s，则刹车过程经过 6 s 时动力车的位移为 40 m，D 错误。]

7．B　[由图像可知在人的反应时间内，汽车在做匀速运动，位移为 30 m，可得人的反应时间为 $t=\frac{x}{v}$

$=1\ \text{s}$，汽车刹车距离为 $x'=\dfrac{v_0^2}{2a_{干}}$，由图可知在晴天干燥路面刹车距离为 90 m，刹车加速度大小为 $a_{干}=\dfrac{30^2}{2\times 90}\ \text{m/s}^2=5\ \text{m/s}^2$，在雨天湿滑路面匀速和匀减速的总位移仍为 120 m，则有 $L=v't+\dfrac{v'^2}{2a_{湿}}$，其中 $L=120\ \text{m}$，$v'=24\ \text{m/s}$，$t=1\ \text{s}$，解得 $a_{湿}=3\ \text{m/s}^2$，则两种情况下汽车刹车的加速度大小之比为 $a_{干}:a_{湿}=5:3$，故 B 正确。]

微专练 6　追及相遇问题

1．A　[因 B 物体的速度与位移关系图像为过原点开口向右的抛物线，可知满足 $v^2=2ax$，即 B 物体做匀加速运动，D 错误；图像经过(x_1、v_0)点，则解得 $a=\dfrac{v_0^2}{2x_1}$，两物体相遇时 $v_0t=\dfrac{1}{2}at^2$，解得 $t=\dfrac{4x_1}{v_0}$，此时 B 物体的速度大小为 $v_B=at=2v_0$，A 正确，C 错误；A、B 两物体相遇时距坐标原点的距离 $x=v_0t=4x_1$，B 错误。]

2．AD　[对 a，由 $v^2=2a_1(x-x_0)$，可得 $x=\dfrac{1}{2a_1}v^2+x_0$，结合题图甲有 $\dfrac{1}{2a_1}=k=\dfrac{1}{2}\ \text{m}^{-1}\cdot\text{s}^2$，则 a 物体的加速度大小为有 $a_1=1\ \text{m/s}^2$，A 正确；$t=0$ 时刻 a 物体的位置坐标为 $x=-1\ \text{m}$，速度为零，对 b，由 $x=\dfrac{1}{2}a_2t^2$，结合题图乙知 b 物体的加速度大小为 $a_2=0.5\ \text{m/s}^2$，$t=0$ 时刻 b 物体的位置坐标为 $x=0$，速度为零，0～1 s 内，a 物体的位移大小为 $x_1=\dfrac{1}{2}a_1t_1^2=0.5\ \text{m}$，$b$ 物体的位移大小为 $x_2=\dfrac{1}{2}a_2t_1^2=0.25\ \text{m}$，此时两物体相距 $s=1\ \text{m}+x_2-x_1=0.75\ \text{m}$，B 错误；$t=2\ \text{s}$ 时 a 物体的速度为 $v_2=a_1t_2=2\ \text{m/s}$，$t=4\ \text{s}$ 时 a 物体的速度为 $v_4=a_1t_4=4\ \text{m/s}$，故 2～4 s 内 a 物体的平均速度大小为 $\bar{v}=\dfrac{v_2+v_4}{2}=3\ \text{m/s}$，C 错误；设两物体相遇的时间为 t_3，则有 $\dfrac{1}{2}a_1t_3^2=1\ \text{m}+\dfrac{1}{2}a_2t_3^2$，解得 $t_3=2\ \text{s}$，此时 b 物体的速度大小为 $v_2'=a_2t_3=1\ \text{m/s}$，则 a 物体的速度是 b 物体速度的 2 倍，D 正确。]

3．B　[根据公式 $v=\dfrac{x}{t}$，可知 $\dfrac{x}{t}$ 表示平均速度，即 $t=2\ \text{s}$ 时，两车平均速度相同，因从同一地点同时出发，所以两车相遇，故 B 正确，C 错误；根据位移公式 $x=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$，变形得 $\dfrac{x}{t}=v_0+\dfrac{1}{2}at$，结合图像可知 A 车的初速度为 2 m/s，斜率为 $k=\dfrac{4-2}{2-0}=\dfrac{1}{2}a$，解得加速度为 $a=2\ \text{m/s}^2$，B 车初速度为零，同理可得加速度为 $a'=4\ \text{m/s}^2$，当两车速度相同时有 $v_A+at'=a't'$，解得 $t'=1\ \text{s}$，可知 0～1 s 内，A 车速度大，1 s 后，B 车速度大，故 A、D 错误。]

4．C　[运动员 B 做匀减速直线运动，速度减为零的时间为 $t_B=\dfrac{v_1}{a}=4\ \text{s}$，此时运动员 A 的位移为 $x_A=$

$v_0t_B=20$ m，运动员 B 的位移为 $x_B=\frac{v_1}{2}t_B=16$ m，因为 $x_A<x_B+x_0$，即运动员 B 速度减为零时，运动员 A 还未追上运动员 B，则运动员 A 在运动员 B 停下来的位置追上运动员 B，即 $x_1=16$ m，故 C 正确，A、B、D 错误。]

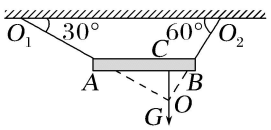
5．BC [A 图中，甲、乙在 t_0 时刻之前位移没有相等的时刻，即两人在 t_0 时刻之前不能相遇，A 错误；B 图中，甲、乙在 t_0 时刻之前图像有交点，即此时位移相等，即两人在 t_0 时刻之前能再次相遇，B 正确；C 图中，甲、乙在 t_0 时刻之前位移有相等的时刻，即两人能再次相遇，C 正确；D 图中，甲、乙在 t_0 时刻之前，甲的位移始终大于乙的位移，则两人不能相遇，D 错误。]

6．C [设汽车的初速度为 v_0，司机的反应时间为 Δt，反应时间内的位移为 Δx，汽车刹车时加速度的大小为 a，刹车直至汽车停止运动的位移为 x，则有 $v_0=72$ km/h$=20$ m/s，$\Delta x=v_0\Delta t=20\times2$ m$=40$ m，$x=\frac{v_0^2}{2a}=\frac{400}{2\times10}$ m$=20$ m，则可得汽车的总位移 $x'=x+\Delta x=60$ m>55 m，因此，若流浪狗一直静卧着，会被汽车撞到，故 A 错误；设汽车从开始刹车到停止所用的时间为 t，可得 $t=\frac{v_0}{a}=2$ s，可知汽车刹车后 2 s 就已经停止运动，因此刹车 3 s 后，汽车通过的距离为 20 m，故 B 错误；根据以上分析可知，汽车距流浪狗 15 m 时，汽车开始刹车，若此时流浪狗开始以 4 m/s 的速度向前奔跑，设流浪狗的速度为 v_1，汽车与流浪狗共速时所用的时间为 t_1，则有 $v_0-at_1=v_1$，解得 $t_1=1.6$ s，设此过程中汽车的位移为 x_1，流浪狗的位移为 x_2，则有 $x_1=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2=19.2$ m，$x_2=v_1t_1=6.4$ m，显然 $x_1<x_2+15$ m$=21.4$ m，在两者共速时汽车还未追上流浪狗，则流浪狗将摆脱厄运，故 C 正确，D 错误。]

微专练 7　静态平衡问题

1．B [由题知，取走一个盘子，稳定后余下的正好升高补平，则说明一个盘子的重力可以使弹簧形变相邻两盘间距，则有 $mg=3\cdot kx$，解得 $k=100$ N/m，故 B 正确。]

2．A [当一个物体受三个力作用而处于平衡状态时，如果其中两个力的作用线相交于一点，则第三个力的作用线必通过前两个力作用线的相交点。把 O_1A 和 O_2B 延长相交于 O 点，则重心 C 一定在过 O 点的竖直线上，如图所示。由几何知识可知 $BO=AB\sin30°=1$ m，$BC=BO\sin30°=0.5$ m，故重心应在距 B 端 0.5 m 处，故 A 正确。]

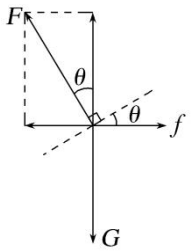


3．B [对整条绳子进行受力分析，绳子受重力、外力 F 与悬点对绳的拉力 T，竖直方向列平衡方程 $T\cos30°+F\sin30°=G$，水平方向列平衡方程 $T\sin30°=F\cos30°$，联立解得绳的重力为 $G=30$ N，故 B 正确。]

4．A　[摩擦力大小等于推力和重力的合力大小，即$F_f=\sqrt{(mg)^2+F^2}=5\ \mathrm{N}$，但不与推力成正比，A正确，C错误；摩擦力方向与水平方向的夹角为θ，有$\sin\theta=\frac{mg}{F_f}=\frac{3}{4}$，故B错误；吸附静止时摩擦力向上，与重力平衡，D错误。]

5．C　[设物块与斜面间的动摩擦因数为μ，斜面与水平方向夹角为θ，有$F_1+mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$，$F_2-mg\sin\theta=\mu mg\cos\theta$，解得$\mu=\frac{\sqrt{3}}{2}$，故C正确。]

6．D　[对无人机受力分析，并把垂直于机体指向前上方的力F分解，如图所示。无人机做匀速直线运动，则有$F\cos\theta=G$，$F\sin\theta=f$，又因为$f=kv$，解得$v=\frac{G\tan\theta}{k}$，故D正确。]



7．C　[对木块受力分析，受竖直向下的重力、水平向右的推力，若只有这两个力，木块不可能静止，根据平衡条件可知一定受到摩擦力，故弹力必定存在，故A、B正确；由上述分析可知，木块受到四个力的作用：重力、推力、弹力、摩擦力，由平衡条件得，墙面对木块的作用力(即弹力与摩擦力的合力)一定与重力和推力的合力大小相等，为$\sqrt{F^2+(mg)^2}$，故C错误，D正确。]

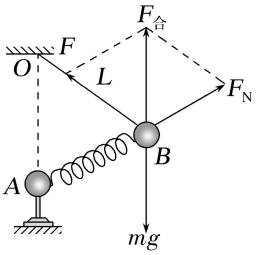
8．C　[以O点为研究对象，轻绳OC对O点的拉力方向竖直向下，轻绳OA对O点的拉力方向沿OA方向指向左上方，根据共点力的平衡条件可得，弹簧对O点的弹力方向应该为水平向右，所以弹簧应处于压缩状态，A错误；弹簧和轻绳OA对O点的作用力大小与轻绳OC对O点竖直向下的拉力大小相等，方向相反，轻绳OC对O点竖直向下的拉力大小等于灯笼重力大小，即$F_{OC}=mg=60\ \mathrm{N}$，B错误；根据共点力的平衡条件和力的正交分解可得，水平方向上有$F_{OA}\sin53°=kx$，竖直方向上有$F_{OA}\cos53°=mg$，联立解得轻绳OA上的弹力为$F_{OA}=100\ \mathrm{N}$，弹簧的形变量为$x=0.08\ \mathrm{m}=8\ \mathrm{cm}$，C正确，D错误。]

9．AC　[由于图甲轻杆OA为“定杆”，其O端光滑，可以视为活结，两侧细线中拉力大小相等，都等于mg，由力的平衡条件可知，图甲轻杆弹力为$F_{甲}=2mg\cos45°=\sqrt{2}mg$，故A正确；图乙中轻杆$O'A'$可绕$A'$点自由转动，为“动杆”，另一端$O'$光滑，可以视为活结，$O'$两侧细线中拉力相等，“动杆”中弹力方向沿“动杆”方向，“动杆”$O'A'$中弹力大小等于O'两侧细线中拉力的合力大小，两细线夹角不确定，轻杆弹力无法确定，$\angle B'O'A'$可能等于30°，故B、D错误；根据共点力平衡条件，图甲中轻杆弹力与细线OB中拉力的合力方向一定与竖直细线的拉力方向相反，即竖直向上，故C正确。]

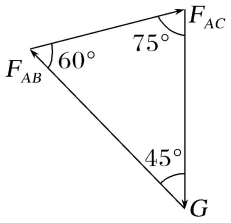
10．D　[设每根钢绳的长度为L，钢绳与水平方向的夹角为α，由题意可知正方形工件的中心与每个

角的距离为 0.5L，由几何关系可得 $\cos\alpha=\frac{0.5L}{L}$，解得$\alpha=60°$，四根钢绳的弹力沿水平方向的分力的矢量和为 0，沿竖直方向分力的矢量和与工件的重力等大反向，则有 $4F\sin\alpha=mg$，解得 $g=\frac{2\sqrt{3}F}{m}$，故 D 正确。]

11．C [以小球 B 为研究对象，分析受力情况如图，由三角形相似得$\frac{mg}{OA}=\frac{F}{OB}$，又由题意有 $OA=OB=L$，可得 $F=mg$，可见绳子的拉力 F 只与小球 B 的重力有关，与弹簧的劲度系数 k 无关，所以得到 $F_1=F_2$，故 C 正确，A、B、D 错误。]



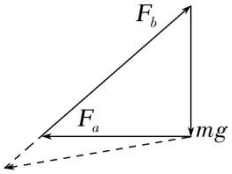
12．A [当 AC 边以 A 为轴逆时针转动到向左偏离竖直方向 15°时，对铁球进行受力分析可知，此时 BC 边跟铁球之间没有作用力，铁球受到重力 G、AB 边作用力 F_{AB} 和 AC 边作用力 F_{AC} 三个力作用，力的方向及力的矢量三角形如图所示，根据正弦定理有$\frac{F_{AB}}{F_{AC}}=\frac{\sin 75°}{\sin 45°}=\frac{\sqrt{3}+1}{2}$，故 A 正确。]



微专练 8　动态平衡问题

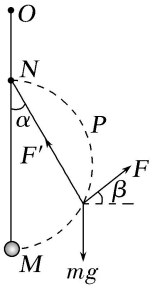
1．B [对小球进行受力分析，重力使得小球有向下运动的趋势，筷子对小球的弹力使得小球有向上运动的趋势，当弹力的合力大于重力时，小球有向上运动的趋势，摩擦力沿筷子向下，当弹力的合力小于重力时，小球有向下运动的趋势，摩擦力沿筷子向上，当弹力的合力等于重力时，小球所受摩擦力为 0，故 A 错误；小球处于平衡状态，根据平衡条件可知，筷子对小球的作用力的大小等于小球的重力 mg，故 B 正确；小球处于平衡状态，根据平衡条件可知，当筷子和竖直方向的夹角增大时，小球的合力不变，仍然为 0，故 C 错误；根据上述，筷子和竖直方向的夹角不变，当弹力的合力小于重力时，小球有向下运动的趋势，摩擦力沿筷子向上，此时筷子对小球弹力越大摩擦力越小，故 D 错误。]

2.C [a 段细线的悬点向下移动一小段距离后，玩具的位置不变，其受力情况如图所示，可知 a、b 段细线的拉力均变大，故 C 正确。]

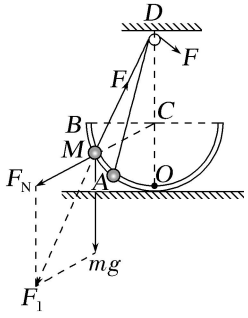


3．B　[设坡面倾角为θ，则$F_N=mg\cos\theta$，$F_f=mg\sin\theta$，缓慢上坡的过程中，倾角增大，则支持力减小，摩擦力增大，A 错误，B 正确；受到山坡的作用力与重力是一对平衡力，保持不变，C 错误；重力势能变大，动能不变，机械能逐渐增大，D 错误。]

4．C　[设圆的半径为 R，橡皮条的劲度系数为 k，开始时小球二力平衡有 $k\cdot 2R=mg$，可得 $k=\dfrac{mg}{2R}$，当小球到达 P 点时，由几何知识可得 $NP=MN\cdot\sin 30°=R$，则橡皮条的弹力为 $F'=k\cdot NP=\dfrac{mg}{2}$，故 A 错误；设小球与 N 的连线与竖直方向夹角为α，小球受力分析如图，此时橡皮条的伸长量为$\Delta x=2R\cos\alpha$，橡皮条的弹力为 $F'=k\Delta x=mg\cos\alpha$，对小球，设此时拉力 F 与水平方向的夹角为β，根据平衡条件可得在水平方向 $F\cos\beta=F'\sin\alpha$，在竖直方向 $F\sin\beta+F'\cos\alpha=mg$，联立解得$\alpha=\beta$，$F=mg\sin\alpha$，故当 $\alpha=60°$时 $F=\dfrac{\sqrt{3}mg}{2}$，故 B 错误；由 B 选项可知$\alpha=\beta$，根据几何知识可知拉力 F 的方向始终与橡皮条的弹力方向垂直，即与橡皮条垂直，故 C 正确；由 B 选项分析可知 $F=mg\sin\alpha$，小球在 M 向 N 运动的过程中，α逐渐增大，因此拉力 F 逐渐增大，故 D 错误。]



5．A　[小球受力如图所示，小球缓慢运动，则小球所受的合力为 0，由力的矢量三角形与$\triangle DCM$ 相似可得$\dfrac{mg}{DC}=\dfrac{F_N}{MC}=\dfrac{F}{DM}$，解得轻杆对小球的支持力为 $F_N=mg\cdot\dfrac{MC}{DC}$，轻绳对小球的拉力为 $F=mg\cdot\dfrac{DM}{DC}$，小球从 A 点缓慢运动到 B 点的过程中，MC 和 DC 不变，DM 逐渐减小，故轻杆对小球的支持力 F_N 不变，轻绳对小球的拉力 F 变小，故 A 正确。]



6．CD　[设绳子两端点所悬点的水平距离为 d，绳长为 l，绳子拉力为 F_T，绳子与竖直方向之间的夹

角为 θ，物体的质量为 m。根据共点力平衡，有 $2F_T\cos\theta=mg$，由几何关系得 $\sin\theta=\frac{d}{l}$，解得 $F_T=\frac{mg}{2\sqrt{1-\frac{d^2}{l^2}}}$，可见 d 相等，F_T 相等，所以 $F_a=F_b$，$F_c=F_d$，故 A 错误，C 正确；d 大，F_T 也大，$F_c>F_b$，$F_d>F_a$，故 B 错误，D 正确。]

微专练 9　整体法、隔离法在平衡问题中的应用

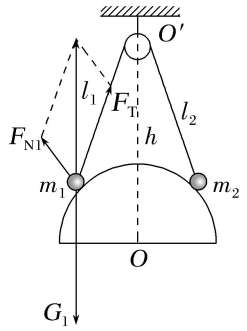
1．BD　[对 4 个灯笼的整体受力分析可知 $\tan 45°=\frac{4f}{4mg}$，所以 $4f=4mg$，B 正确；对下面的 n 个灯笼($n<4$)的整体分析可知 $\tan\alpha=\frac{nf}{nmg}=1$，可知$\alpha=45°$，即每根绳与竖直方向的夹角均相同，A 错误；以 3、4 号灯笼为整体受力分析，2 号灯笼与 3 号灯笼之间的作用力 $T_{23}=\frac{2mg}{\cos 45°}=2\sqrt{2}mg$，C 错误；对 4 号灯笼受力分析可知，3 号、4 号灯笼之间的作用力为 $T_{34}=\sqrt{2}mg$，D 正确。]

2．AD　[因 k_1 弹簧位于竖直方向，A 球受力平衡，故 k_3 弹簧没有拉力，k_3 弹簧没有发生形变，则 B 球受重力、k_2 弹簧的拉力、水平拉力 F 三个力作用，故 k_2 弹簧长度大于 k_3 弹簧长度，故 A 正确，B、C 错误；对 A 球由平衡条件得 $kx_1=mg$，$x_1=\frac{mg}{k}$，对 B 球在竖直方向上由平衡条件得 $kx_2\cos\theta=mg$，解得 $x_2=\frac{mg}{k\cos\theta}>x_1$，则 k_2 弹簧最长，故 D 正确。]

3．BC　[若两弹簧均处于压缩状态，对 A 进行分析，A 受到重力、P 向下的弹力与 Q 向上的弹力，根据平衡条件可知，P 向下的弹力小于 Q 向上的弹力，而实际上 P 的弹力是 Q 的弹力的 2 倍，可知两弹簧不可能都处于压缩状态，故 A 错误；当 P 处于拉伸状态，Q 处于压缩状态时，对 A 分析，A 受到重力、P 向上的弹力与 Q 向上的弹力，由于 P 的弹力是 Q 的弹力的 2 倍，根据平衡条件有 $F_P+\frac{1}{2}F_P=mg$，解得 $F_P=\frac{10}{3}$ N，即 P 弹簧对天花板的作用力可能为$\frac{10}{3}$ N，故 B 正确；当 P、Q 均处于拉伸状态时，对 A 受力分析，由力的平衡条件得 $2F_Q=F_Q+mg$，解得 $F_Q=5$ N，对 B 受力分析，由力的平衡条件得 $F_Q+F_N=mg$，解得 $F_N=0$，可知 B 球对地面的压力可能为零，故 C 正确；若 P 弹簧压缩，Q 弹簧拉伸，对 A 分析，A 受到重力、P 向下的弹力与 Q 向下的弹力，A 所受合力不为 0，不满足平衡条件，故不可能 P 弹簧压缩，Q 弹簧拉伸，故 D 错误。]

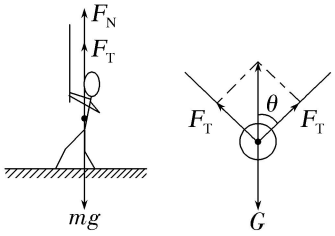
4．C　[设绳子中的拉力为 F_T，传送带逆时针转动可知传送带对乙的摩擦力 F_{f2} 竖直向上，对甲乙整体受力分析有 $2F_T+F_{f2}=2mg$，可知 $F_T<mg$，对甲单独受力分析，竖直方向受力平衡，受到绳子竖直向上的拉力 F_T，自身竖直向下的重力 mg，可知乙对甲的摩擦力 F_{f1} 方向竖直向上，故有 $F_T+F_{f1}=mg$，联立解得 $2F_{f1}=F_{f2}$，设水平方向的力为 F，甲、乙恰好均处于静止状态可知 $F_{f1}=\mu_1F$，$F_{f2}=\mu_2F$，则 $\mu_1:\mu_2=1:2$，故 C 正确。]

5．C　[以左侧小球为研究对象，分析受力情况，如图所示。由平衡条件得知，拉力和支持力的合力与重力大小相等、方向相反。设 $OO'=h$，根据三角形相似得$\frac{F_T}{l_1}=\frac{m_1g}{h}=\frac{F_{N1}}{R}$，同理，对右侧小球，有$\frac{F_T}{l_2}=\frac{m_2g}{h}=\frac{F_{N2}}{R}$，解得 $m_1:m_2=l_2:l_1=24:25$，故 C 正确。]

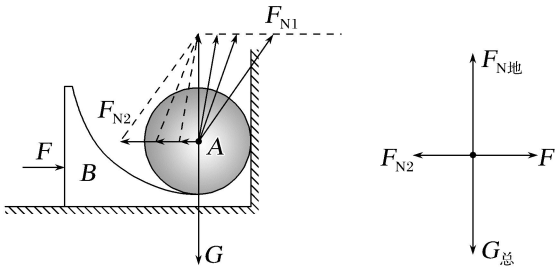


6．D　[小球 P 光滑，则小球 P 受重力、细绳的拉力和物块 Q 的支持力，共 3 个力的作用；物块 Q 受重力、球 P 的压力、墙面的支持力和摩擦力，共 4 个力的作用，A、B 错误；物块 Q 所受的静摩擦力等于物块 Q 的重力，则若 O 点下移，物块 Q 受到的静摩擦力不变，C 错误；对小球 P 分析可知，绳子的拉力 $F_T=\frac{mg}{\cos\theta}$，当 O 点上移时，θ角减小，则绳子的拉力将变小，D 正确。]

7．B　[对工人受力分析有，则有 $F_N+F_T=mg$，其中工人对绳的拉力和绳对工人的拉力是一对作用力与反作用力，A 错误，B 正确；对滑轮作受力分析有，$F_T=\frac{G}{2\cos\theta}$，则随着重物缓慢拉起过程，$\theta$逐渐增大，则 F_T 逐渐增大，C、D 错误。]



8．C　[对 A 进行受力分析，如图甲所示，B 向右缓慢移动时，B 对 A 的支持力增大，竖直墙面对 A 的弹力增大，故 A、B 错误；对 A、B 整体进行受力分析，如图乙所示，根据平衡条件可知 $F_{N地}=G_{总}$，$F=F_{N2}$，所以水平地面对 B 的支持力不变，外力 F 增大，故 C 正确，D 错误。]

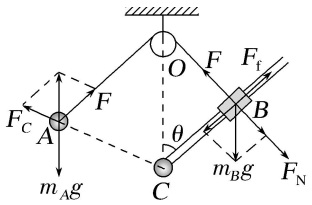


甲　　乙

9．C　[用推力 F 推动小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动，力 F 的方向始终沿圆弧的切线方向，设θ为小滑块与 O 点连线与竖直方向的夹角，由平衡条件可知，推力 $F=mg\sin\theta$，凹槽对滑块的支持力 $F_N=$

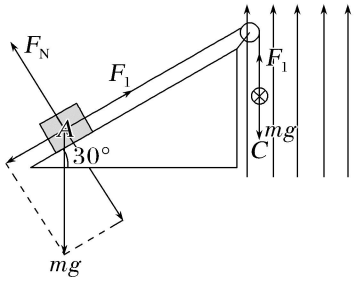
$mg\cos\theta$，小滑块由 A 点向 B 点缓慢移动过程中，θ角逐渐增大，力 F 逐渐增大，力 F_N 逐渐减小，A、B 错误；由牛顿第三定律可知，滑块对凹槽的压力 $F_N'=F_N=mg\cos\theta$，滑块对凹槽的压力 F_N'在水平方向的分力 $F_N'\sin\theta=mg\cos\theta\sin\theta=0.5mg\sin 2\theta$，对凹槽进行受力分析，由平衡条件可知，墙面对凹槽的压力为 $F_{压}=0.5mg\sin 2\theta$，当$\theta=45°$时最大，所以墙面对凹槽的压力先增大后减小，C 正确；由于力 F 的方向始终沿圆弧的切线方向，对滑块和凹槽整体受力分析，有 $F_{N地}=(M+m)g-F\sin\theta$，可知水平地面对凹槽的支持力逐渐减小，D 错误。]

10．B [画出小球 A 和滑环 B 的受力分析图，如图所示，对小球 A，

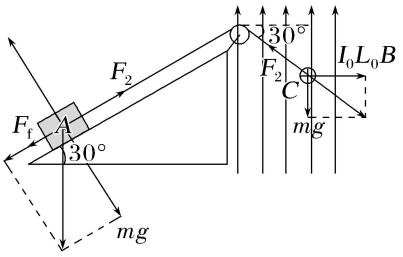


根据三角形相似$\frac{m_Ag}{H_{OC}}=\frac{F}{L_{OA}}$，$H_{OC}=L_{OA}$；可得 $mg=F$，则绳子拉力不变；对滑环 B，因$\mu<\frac{1}{\tan\theta}$，则要想静止，F_N必须大于 $m_Bg\sin\theta$，固定杆给滑环 B 的弹力方向垂直杆向下，则有 $m_Bg\cos\theta\leqslant\mu(m_Ag-m_Bg\sin\theta)$，可得 $m_B\leqslant 0.05$ kg，故 B 正确，C 错误；由上述可知，库仑力对滑环 B 无影响，则滑环 B 受到的摩擦力不变，故 D 错误。]

11．D [电流为零时，设绳子上的拉力 F_1，对导体棒 C 受力分析如图所示



$F_1=mg$，对物块 A 受力分析可知 $F_1=2mg\sin 30°=mg$，可知此时物块 A 此时不受摩擦力。设绳与水平面成 30°角时，绳子上的拉力 F_2，物块 A 受到的摩擦力为 F_f，物块 A 和导体棒 C 受力分析如图所示



对导体棒 C 受力分析可知 $F_2=\frac{mg}{\sin 30°}=2mg$，对物块 A 受力分析可知 $F_2=2mg\sin 30°+F_f$，导体棒缓慢运动过程中，导体棒 C 一直处于动态平衡，设绳子上的拉力为 F，则 $F=\sqrt{(mg)^2+(IL_0B)^2}$，随着电流的增大，绳子上的拉力 F 逐渐增大。因此当绳与水平面成 30°角时，绳子上的力最大且等于 $2mg$，C 错误；导体棒缓慢运动过程中，对物块 A 受力分析可知 $F=2mg\sin 30°+F_f$，滑块 A 受到的摩

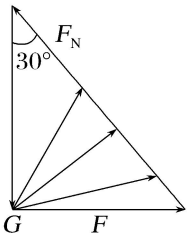
擦力随 F 增大而增大，A 错误；绳与水平面成 30°角时，对导体棒 C 受力分析可知 $I_0L_0B=\frac{mg}{\tan 30°}=\sqrt{3}mg$，得 $I_0=\frac{\sqrt{3}mg}{L_0B}$，D 正确；对斜面和导体棒构成的整体，受力分析可知 $F_N=2mg+mg+Mg=3mg+Mg$，地面对斜面的支持力一直不变，B 错误。]

12．BD [设轻绳 MP 段长为 L，M、P 两点间的水平距离为 d，由数学关系可得 $\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{d}{L}$，将轻绳右端从 P 点沿大圆环缓慢移至 P'点过程中，L 不变，d 先增大后减小，所以α先增大后减小，A 错误；轻绳中的弹力记为 F_T，分析轻质动滑轮 C 处的受力情况，有 $2F_T\cos\frac{\alpha}{2}=m_Bg$，由$\alpha$先增大后减小可知 F_T 先增大后减小，B 正确；分析物块 A 的受力情况，由于斜面倾角及动摩擦因数未知，A、B 的质量大小也未知，无法明确 A 所受的摩擦力 F_{fA}，故在轻绳中的弹力先增大后减小的过程中，F_{fA} 的大小变化情况存在多种可能，C 错误；设斜面倾角为 θ，斜面体与水平面之间的摩擦力为 F_f，对物块 A 和斜面体整体进行受力分析，水平方向，有 $F_f=F_T\cos\theta$，由于θ不变、F_T 先增大后减小，所以 F_f 先增大后减小，D 正确。]

微专练 10　平衡状态下的“临界与极值”问题

1．C [对结点 c 受力分析，由共点力平衡条件可得 $F_{Tbc}=mg\sin 37°=0.6mg$，$F_{Tac}=mg\sin 53°=0.8mg$，可知 $F_{Tac}>F_{Tbc}$，则 ac 轻绳承受的最大拉力为 20 N 时，此时重物悬挂质量最大，则有 $m=\frac{F_{Tac}}{0.8\text{ g}}=\frac{20}{0.8\times 10}$ kg=2.5 kg，故 C 正确。]

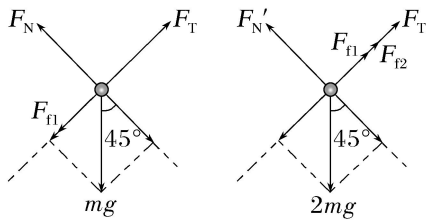
2．D [分析油桶的受力情况，油桶受重力、斜面的支持力和推力，因油桶缓慢地推到汽车上，处于动态平衡状态，由三角形定则作出力的动态变化过程，如图所示，当水平推力 F 由水平方向逐渐变为与水平方向成 60°角斜向上的过程中，推力先变小后变大，最小时推力 F 和支持力 F_N 垂直，即沿斜面方向，最小值为$\frac{mg}{2}$，故 D 正确。]



3．B [设滑梯与水平面的夹角为θ，重力在滑梯上分解成两个方向的力，垂直于滑梯的力等于 $mg\cos\theta$，平行于滑梯的力等于 $mg\sin\theta$；儿童在滑梯上能滑下，满足 $mg\sin\theta\geqslant\mu mg\cos\theta$，已知滑梯与儿童裤料之间的动摩擦因数取 0.3，解得滑梯倾角 $\tan\theta\geqslant 0.3$，根据几何关系可知 $\tan\theta=\frac{h}{L}$，解得滑梯的最小高度 $h=1.8$ m，故 B 正确。]

4．B　[书本恰好运动时，设 A4 纸上面的书页的质量为 m_0，$2\times4\mu m_0g=\mu mg$，解得 $m_0=\frac{m}{8}$；若要使书与 A4 纸一同运动，A4 纸上面的书页的质量越大越容易一起拉动，所以 $m_0\geqslant\frac{m}{8}$，故 A、C、D 错误，B 正确。]

5．C　[当木板与水平面的夹角为 45°时，两物块刚好要滑动，对 A 物块受力分析如图甲，A、B 之间的滑动摩擦力 $F_{f1}=\mu F_N=\mu mg\cos 45°$，沿斜面方向，根据平衡条件可知 $F_T=mg\sin 45°+\mu mg\cos 45°$，对 B 物块受力分析如图乙，B 与斜面之间的滑动摩擦力 $F_{f2}=\mu F_N'=\mu\cdot3mg\cos 45°$，沿斜面方向，根据平衡条件可知 $2mg\sin 45°=F_T+\mu mg\cos 45°+\mu\cdot3mg\cos 45°$，两式相加，可得 $2mg\sin 45°=mg\sin 45°+\mu mg\cos 45°+\mu mg\cos 45°+\mu\cdot3mg\cos 45°$，解得$\mu=\frac{1}{5}$，故 C 正确。]



甲　　乙

6．A　[开始时设上面弹簧压缩的长度为Δx_1，下面弹簧压缩的长度为Δx_2，则有 $m_1g=k_1\Delta x_1$，$m_1g+m_2g=k_2\Delta x_2$，得到$\Delta x_1=\frac{m_1g}{k_1}$，$\Delta x_2=\frac{(m_1+m_2)g}{k_2}$，当上面的木块刚离开上面弹簧时，设下面弹簧压缩的长度为 $\Delta x_2'$，则有 $m_2g=k_2\Delta x_2'$，得到$\Delta x_2'=\frac{m_2g}{k_2}$，所以在这过程中上面木块移动的距离为 $x_1=\Delta x_2-\Delta x_2'+\Delta x_1=m_1g\left(\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}\right)$，下面木块移动的距离为 $x_2=\Delta x_2-\Delta x_2'=\frac{m_1g}{k_2}$，故 A 正确。]

7．AD　[用斜向上的力拉箱子匀速运动，根据受力平衡可得 $F\cos\theta=F_f=\mu F_N=\mu(mg-F\sin\theta)$，解得 $F=\frac{\mu mg}{\cos\theta+\mu\sin\theta}=\frac{\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}\sin(\alpha+\theta)}$，其中 $\sin\alpha=\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}$，$\cos\alpha=\frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}$，当$\alpha+\theta=90°$，力 F 有最小值，则有 $\tan\theta=\frac{1}{\tan\alpha}=\frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}=\mu$，故 A 正确，B 错误；用斜向下的力推箱子，若满足 $F\cos\theta<\mu F\sin\theta<\mu(F\sin\theta+mg)=F_{fmax}$，可得 $\cos\theta<\mu\sin\theta$，即当 $\tan\theta>\frac{1}{\mu}$时，不可能推动箱子，故 C 错误，D 正确。]

微专练 11　加速度突变问题

1．C　[开始木箱和 A 静止，弹簧处于压缩状态，弹簧对 A 向左的弹力与摩擦力平衡，当 A 相对于木箱向右移动时，弹簧压缩量增大，摩擦力向左，A 的合力向左，产生向左的加速度，这可能是木箱突然向右减速或突然向左加速造成的，故 C 正确。]

2．D　[撤去木板瞬间，对 A 受力分析，有 $mg=kx$，B 物块受到的合力为 $3mg+kx=4mg$，由牛顿第二定律可知 $4mg=3ma_B$，解得 $a_B=\frac{4}{3}g$，故 A、B 错误；当 B 物块受到的合外力为零时，速度最大，此时 $F_{T2}=3mg=kx_2$，所以弹簧此时的伸长量 $x_2=3x$，即 B 物块向下运动 $4x$ 时速度最大，故 C 错误，D 正确。]

3．C　[细线断裂前，A、B 两物块随升降机匀速上升，所受合力均为零；细线断裂的瞬间，弹簧的弹力不变，大小等于物块 B 所受的重力。物块 A 受到重力和弹簧弹力的作用，加速度大小为 $a_A=\frac{mg+mg}{m}=2g=20\ \mathrm{m/s^2}$，方向向下，物块 B 受力不变，合力为零，所以加速度为 $a_B=0$，故 C 正确。]

4．D　[在细线断裂前，根据牛顿第二定律，对 B 有 $F-mg=ma$，解得弹簧弹力 $F=m(a+g)$，在细线断裂瞬间，拉力突然消失而 F 和 A、B 的重力不变，则 A 受到的合力大小 $F_1'=F_2+mg=2mg+ma=ma_A$，产生的加速度 $a_A=-(2g+a)=-22\ \mathrm{m/s^2}$，$B$ 的受力不变，加速度不变，为 $2\ \mathrm{m/s^2}$，D 正确，A、B、C 错误。]

5．CD　[把 A、B、C 看成是一个整体进行受力分析，根据平衡条件可得拉力 $F=3mg\sin\theta$，在轻绳被烧断的瞬间，AB 之间的绳子拉力为零，对 A 由牛顿第二定律 $F-mg\sin\theta=ma_A$，解得 $a_A=2g\sin\theta$，故 A 错误；在轻绳被烧断前，对 C 根据平衡条件可得弹簧弹力 $F_{弹}=mg\sin\theta$，在轻绳被烧断的瞬间，对于 B 分析，由于绳子拉力为零，弹簧弹力不变，根据牛顿第二定律 $F_{弹}+mg\sin\theta=ma_B$，解得 $a_B=2g\sin\theta$，故 B 错误；剪断弹簧的瞬间，对于 A、B 整体，弹簧弹力为零，根据牛顿第二定律 $F-2mg\sin\theta=2ma_{AB}$，解得 $a_{AB}=\frac{1}{2}g\sin\theta$，则 A 的加速度大小 $a_A=a_{AB}=\frac{1}{2}g\sin\theta$，故 C 正确；突然撤去外力 F 的瞬间，对 A、B 整体，由牛顿第二定律 $F_{弹}+2mg\sin\theta=2ma_{AB}'$，解得 $a_{AB}'=\frac{3}{2}g\sin\theta$，则 A 的加速度为 $a_A'=a_{AB}'=\frac{3}{2}g\sin\theta$，故 D 正确。]

6．BCD　[A、B 用同一根弹簧相连，所受弹簧弹力大小相等，故 A 错误；设细线中拉力分别为 F_{TA} 和 F_{TB}，对 A、B 及轻弹簧整体受力分析，水平方向有 $F_{TA}\cos 60°=F_{TB}\cos 30°$，解得 $F_{TA}:F_{TB}=\sqrt{3}:1$，对 A、B 单独受力分析，根据平衡条件有 $\tan 60°=\frac{m_Ag}{F_{弹}}$，$\tan 30°=\frac{m_Bg}{F_{弹}}$，解得 $m_A:m_B=3:1$，故 B、C 正确；同时剪断两细线的瞬间，A、B 的瞬时合力大小分别等于 F_{TA} 和 F_{TB}，故瞬时加速度大小之比为 $a_A:a_B=\frac{F_{TA}}{m_A}:\frac{F_{TB}}{m_B}=1:\sqrt{3}$，故 D 正确。]

7．ABD　[剪断细线 a 的瞬间，细线 a、细线 b 拉力瞬间变为零，对球 1，$mg=ma_1$，得 $a_1=g$，球 1 加速度大小为 g，故 A 正确；剪断细线 a 的瞬间，细线 b、细线 c 拉力瞬间变为零，对球 2，$mg=ma_2$，得 $a_2=g$，球 2 加速度大小为 g，故 B 正确；剪断细线 b 的瞬间，对球 1，$mg\sin 30°=ma_1$，得 $a_1=g\sin 30°=\frac{1}{2}g$，故 C 错误；剪断细线 b 的瞬间，细线 b、细线 c 拉力瞬间变为零，对球 2，$mg=ma_2$，得 a_2

$=g$，球 2 加速度大小为 g，故 D 正确。]

微专练 12　牛顿运动定律的应用

1．C　[小球突然向后滚动，根据牛顿第一定律可以判断列车向前做加速直线运动，但无法判断列车的加速度变化情况，故 A、B、D 错误，C 正确。]

2．B　[由题意可知，水平静止或匀速直线运动时，气泡位于玻璃管中央，由题图乙可以看出：沿车头方向的气泡向车头方向移动，当火车加速时，气泡和液体由于惯性不会随火车立即加速，还会以原来的速度运动，相对火车向后运动，因为气泡密度小于液体密度，所以气泡在液体作用下就向前运动，故 C、D 错误；垂直于车头方向的装置中气泡处于右端，同理气泡在液体的作用下相对中心位置向右运动，所以此时刻火车应是加速运动且向右转弯，故 A 错误，B 正确。]

3．A　[飞行器静止悬浮在空中，由平衡条件可知，空气对飞行器的作用力方向竖直向上，A 正确；手与飞行器没有接触，手对飞行器没有作用力，空气对飞行器的作用力与飞行器所受的重力是一对平衡力，B 错误；空气对飞行器的作用力和飞行器对空气的作用力是一对作用力和反作用力，C 错误；由牛顿第三定律可知，螺旋桨对空气的作用力和空气对螺旋桨的作用力大小相等，D 错误。]

4．A　[根据牛顿第二定律可得儿子受到的合外力为 $F_1=m_1a_1=50\times2.4\ \text{N}=120\ \text{N}$，但是儿子所受合外力，只是绳子的拉力的分力提供，B 错误；由牛顿第三定律及同一条绳子的张力相等，所以绳子对儿子的拉力等于对爸爸的拉力，则 C 错误；由于爸爸的合外力等于儿子的合外力，则爸爸的加速度大小为 $a_2=\dfrac{F_1}{m_2}=\dfrac{120}{80}\ \text{m/s}^2=1.5\ \text{m/s}^2$，A 正确；根据 $x=\dfrac{1}{2}at^2$ 可知，儿子滑动的距离大于爸爸滑动的距离，D 错误。]

5．BC　[小球由 a 至 b 的过程中，受到向下的重力和弹簧向上的弹力，弹力小于重力，合力向下，小球向下做加速运动，落至 b 点时速度达到最大值，A 错误；小球运动到 b 位置时弹力等于重力，合力为零，加速度为零，B 正确；小球由 a 至 b 的过程中，弹力增大，合力减小，加速度减小，所以小球向下做加速度逐渐减小的加速运动；b 到 c 的过程，弹力大于重力，合力方向向上，随着弹力增大，合力增大，加速度增大，小球向下做加速度逐渐增大的减速运动，所以加速度先减小后增大，速度先增大后减小，C 正确，D 错误。]

6．C　[对小球受力分析，由牛顿第二定律有 $mg\tan\theta=ma$，得小球加速度大小为 $a=g\tan\theta$，加速度方向水平向左，由于列车、小球和木箱具有相同的加速度，则列车的加速度大小为 $g\tan\theta$，方向水平向左，由于列车的速度方向未知，则列车可能向左做加速运动，也可能向右做减速运动，对木箱受力分析可知，无论列车向左还是向右运动，木箱所受摩擦力方向一定向左，故 A、B 错误，C 正确；当列车由变速运动突然停止，由于惯性，小球将做竖直平面内的圆周运动，即细线与竖直方向的夹角周期变化，列车的加速度始终为零，故 D 错误。]

7．D　[以小球 C 为研究对象受力分析，有 $F\sin\theta=ma$，$F\cos\theta=mg$，代入数据，解得 $a=7.5\text{m/s}^2$，轻绳对小球的拉力大小为 $F=5$ N，故 A、B 错误；以物块 A、B 整体为研究对象，底板对物块 A 的摩擦力大小为 $F_f=2Ma=150$ N，故 C 错误；以物块 B 为研究对象，物块 A 对物块 B 的摩擦力大小为 $F_f'=Ma=75$ N，故 D 正确。]

微专练 13　超重、失重问题

1．A　[失重状态时，物体具有向下的加速度，即重力大于支持力，则 A 点反映该同学处于失重状态，故 A 正确。]

2．AD　[$t=6$ s 时，电梯加速度向上，则处于超重状态，A 正确；7～53 s 时间内，电梯匀速上行，此时绳索拉力等于重力，53～60 s 时间内，电梯减速上行，加速度向下，此时电梯处于失重状态，此时绳索拉力小于重力，则 7～53 s 时间内，绳索拉力不是最小的，B、C 错误；因 $a-t$ 图像的面积等于速度的变化量，则在 60 s 内速度的变化量为零，即 $t=60$ s 时电梯速度恰好为 0，D 正确。]

3．BC　[对人进行整体受力分析，得竖直方向受到重力和支持力，由于电梯向下做减速运动，合力向上，支持力大于重力，即人脚对地板的压力增大，A 错误；对人进行受力分析，人受到竖直向下的重力 mg、电梯壁对人的水平向左的弹力 F_{N1} 和地板对脚的斜向右上方的作用力为 F，设 F 与竖直方向的夹角为 θ，由牛顿第二定律及受力平衡，在竖直方向有 $F\cos\theta-mg=ma$，水平方向有 $F\sin\theta=F_{N1}$，电梯坠落过程中夹角 θ 增大，$\cos\theta$ 减小，$\sin\theta$ 增大，作用力 F 增大，F_{N1} 增大，人后背对电梯壁的压力变大，C 正确，D 错误；将 F 进行力的分解，水平方向为 $F_f=F\sin\theta$，由上分析 F_f 增大，B 正确。]

4．D　[当箱子静止时，对两物块和弹簧组成的系统受力分析可知 $2mg+F_1=F_2$，得下面压力传感器显示示数 $F_2=50$ N，对上面物块受力分析知 $mg+F_1=F_{弹}$，得 $F_{弹}=30$ N，故 A 错误；当 $F_1=5$ N 时，对上面物块 $mg+F_1<F_{弹}$，所以加速度方向向上，箱子处于超重状态，人可能抱着箱子开始站起，故 B 错误；当 $F_1=15$ N 时，对上面的物块，$mg+F_1>F_{弹}$，加速度方向向下，箱子处于失重状态，人可能抱着箱子开始下蹲，故 C 错误；当箱子自由下落时处于完全失重状态，两个物块所受合力均为 mg，则应有 $F_{弹}=F_1=F_2$，弹簧长度没变，所以两个压力传感器的示数均为 30 N，故 D 正确。]

5．B　[火箭受到重力和空气阻力以及内部燃料喷出的热气流的作用力，故 A 错误；火箭喷出的热气流对火箭的作用力与火箭对热气流的作用力为作用力和反作用力，二者大小相等，故 B 正确；火箭加速向上，处于超重状态，故 C 错误；保温泡沫塑料从箭壳上自行脱落后，由于具有向上的速度，不可能相对地面由静止下落，故 D 错误。]

6．B　[开始时物块相对木板静止，则弹簧弹力等于摩擦力，将整个装置无初速释放，下落过程中，物块处于完全失重状态，对木板的压力为零，此时摩擦力为零，则两物块在弹簧弹力作用下相对木板运动且相互靠近，故 B 正确。]

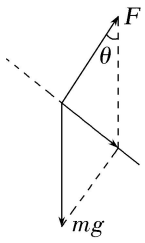
1．B　[设圆周上任意一点 P 与 M 点连线为 PM，与 x 轴夹角为 θ，则加速度 $a=g\sin\theta$，下滑的时间 $t=\sqrt{\frac{2x}{a}}=\sqrt{\frac{2\cdot 2R\sin\theta}{g\sin\theta}}=2\sqrt{\frac{R}{g}}$，即从圆周上任意一点下滑到 M 的时间都相等，A、C 在圆周上，B 点在圆周外，故 $t_A=t_C<t_B$，故 B 正确。]

2．B　[设圆柱体半径为 r，滑板与水平面间的夹角为θ，重力加速度为 g，小孩滑到仓库底部圆心所用时间为 t，则小孩下滑的加速度 $a=g\sin\theta$，小孩从静止开始下滑，则有 $x=\frac{r}{\cos\theta}=\frac{1}{2}at^2$，得 $t=2\sqrt{\frac{r}{g\sin 2\theta}}$，故在 b 处的小孩最先下滑到 O 点，在 a 处和 c 处的小孩同时到达 O 点，故 B 正确。]

3．CD　[在沿斜面方向上，物体受重力沿斜面向下的分力，所以根据牛顿第二定律得，物体运动的加速度 $a=\frac{mg\sin\theta}{m}=g\sin\theta$，斜面倾角越大，加速度越大，所以 C_3 上运动的加速度最大，故 D 正确；根据几何知识可得，物体发生位移为 $x=\frac{h}{\sin\theta}$，物体的初速度为零，所以 $x=\frac{1}{2}at^2$，解得 $t=\sqrt{\frac{2x}{a}}=\sqrt{\frac{2h}{g\sin^2\theta}}$，倾角越大，时间越短，物体到达 C_3 的时间最短，故 B 错误，C 正确；根据 $v^2=2ax$ 得 $v=\sqrt{2gh}$，知到达底端的速度大小相等，故 A 错误。]

4．BC　[A 球释放后，两球速度差不变，为$\Delta v=g\sin 37°\cdot t_0$，则 $g\sin 37°\cdot t_0\cdot t_0=6\ \text{m}$，得 $t_0=1\ \text{s}$，A 错误；两小球释放位置的距离为 $x_0=9\ \text{m}-\frac{1}{2}g\sin 37°\cdot t_0^2=6\ \text{m}$，B 正确；由于两球运动的加速度相同，则速度差保持不变，但由于 B 球速度大于 A 球速度，则两球间距一直增大，C 正确，D 错误。]

5．AB　[c 球受重力和拉力两个力，两个力的合力不等于零，受力如图所示。c 球与 a 环以共同的加速度向下滑，对 c 球有 $a=\frac{mg\sin\theta}{m}=g\sin\theta$，则 a 环的加速度为 $g\sin\theta$，做匀加速直线运动，故 A 正确；对球 d 隔离分析，只受重力和竖直方向的拉力，因此球 d 的加速度为零，处于平衡状态，因为 b 和 d 相对静止，因此 b 的加速度也为零，可知 b 环受重力、支持力、拉力和摩擦力处于平衡，故 B 正确，C 错误；根据共点力平衡，可得细线对 c 球的拉力 $F_{Tc}=mg\cos\theta$，线对 d 球的拉力 $F_{Td}=mg$，细线对 c、d 球的弹力大小不相等，故 D 错误。]



6．BC　[对整体受力分析，根据牛顿第二定律有 $F-(m_1+m_2)g\sin\theta=(m_1+m_2)a$，解得 $a=\frac{F}{m_1+m_2}-$

$g\sin\theta$，故 A 错误；对 m_2 受力分析，根据牛顿第二定律有 $F_{弹}-m_2g\sin\theta=m_2a$，解得 $F_{弹}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}$，故 B 正确；根据 $F_{弹}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}=\frac{F}{\frac{m_1}{m_2}+1}$，可知若只增大 m_2，两物块一起向上匀加速运动时，弹力变大，根据胡克定律，可知伸长量变大，故它们的间距变大，故 C 正确；根据 $F_{弹}=\frac{m_2F}{m_1+m_2}$，可知只增大$\theta$，两物块一起向上匀加速运动时，弹力不变，根据胡克定律，可知伸长量不变，故它们的间距不变，故 D 错误。]

7．B　[物块上滑过程有 $x=\frac{1}{2}a_1t_1^2$，物块下滑过程有 $x=\frac{1}{2}a_2t_2^2$，根据牛顿第二定律 $a_1=g\sin\theta+\mu g\cos\theta$，$a_2=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$，又 $t_1=kt_2$，解得$\mu=\frac{k^2-1}{k^2+1}\tan\theta$，故 B 正确。]

微专练 15　动力学中的图像问题

1．B　[小鸟自由落体运动的最大速度为 $v_m=18\ m/s$，由自由落体运动的规律有 $v_m=gt_1$，解得 $t_1=1.8\ s$，故 A 错误；整个过程下落的高度为图乙 $v-t$ 图像与时间轴所围成的面积，则 $h=\frac{v_m}{2}\times\frac{5}{3}t_1=27\ m$，故 B 正确；$t_1\sim\frac{5}{3}t_1$ 时间内小鸟的加速度为 $a=\frac{0-v_m}{\frac{5}{3}t_1-t_1}=-15\ m/s^2$，则此时间内 $v-t$ 图像的斜率为 $k=a=-15\ m/s^2$，故 C 错误；$t_1\sim\frac{5}{3}t_1$ 时间内由牛顿第二定律有 $mg-f=ma$，可得$\frac{f}{mg}=2.5$，即阻力是重力的 2.5 倍，故 D 错误。]

2．B　[根据小球的速度随时间变化的关系图像分析知，第一阶段加速度大，大小为$\frac{v_0}{t_0}$，第二阶段加速度小，故小球先竖直向上做匀减速直线运动，再竖直向下做匀加速直线运动，从抛出开始计时，$3t_0$ 时刻小球返回手中$\frac{v_0t_0}{2}=\frac{v(3t_0-t_0)}{2}$，解得 $v=\frac{v_0}{2}$，故球在水中竖直下落过程中的加速度大小 $a=\frac{v}{2t_0}=\frac{v_0}{4t_0}$，根据牛顿第二定律，先竖直向上做匀减速直线运动 $mg+f=m\frac{v_0}{t_0}$，再竖直向下做匀加速直线运动 $mg-f=ma$，联立解得，小球在水中竖直下落过程中的加速度大小为 $a=\frac{2}{5}g$，故 B 正确。]

3．ACD　[根据加速度可以用 $v-t$ 图线的斜率表示，在 $0\sim t_1$ 内，加速度为正并不断减小，根据加速度 $a=\frac{F-\mu mg}{m}$，外力 F 大小不断减小，故 A 正确；在 t_1 时刻，加速度为零，所以外力 F 等于摩擦力，不为零，故 B 错误；在 $t_1\sim t_2$ 内，加速度为负并且不断变大，根据加速度的大小 $a=\frac{\mu mg-F}{m}$，外力 F

大小可能不断减小，故 C 正确；如果在 F 先减小一段时间后的某个时刻，F 的方向突然反向，根据加速度的大小 $a=\frac{F+\mu mg}{m}$，F 后增大，外力 F 大小先减小后增大是可能的，故 D 正确。]

4．D [由图可知 $mg=F_1=500\ \text{N}$，所以 $m=50\ \text{kg}$，故 A 错误；由图可知，运动员在 3.6～4.2 s 内弹力大于重力，加速度方向向上，运动员处于超重状态，在 4.2～4.8 s 内弹力小于重力，加速度方向向下，处于失重状态，故 B 错误；当运动员处于最低点时，加速度最大，根据牛顿第二定律可得 $a_{\text{m}}=\frac{F_2-mg}{m}=\frac{2\,500-500}{50}\ \text{m/s}^2=40\ \text{m/s}^2$，故 C 错误；由图可知，运动员离开蹦床在空中运动的时间为 $t=8.4\ \text{s}-6.8\ \text{s}=1.6\ \text{s}$，所以运动员离开蹦床上升的最大高度为 $h=\frac{1}{2}g\left(\frac{t}{2}\right)^2=3.2\ \text{m}$，故 D 正确。]

5．B [由 $v-t$ 图像可知，6～8 s 内物体做匀速直线运动，根据受力平衡可知，滑动摩擦力为 $F_{\text{f}}=F_3=2\ \text{N}$，故 A 错误；根据 $v-t$ 图像与横轴围成的面积表示位移，可知全过程物体发生的位移为 $x=\frac{(2+8)}{2}\times 3\ \text{m}=15\ \text{m}$，故 B 正确；由 $v-t$ 图像可知，8～10 s 内物体做匀减速直线运动的加速度大小为 $a=\frac{3}{2}\ \text{m/s}^2$，又 $a=\frac{\mu mg}{m}=\mu g$，联立可得动摩擦因数为 $\mu=0.15$，故 C 错误；根据 $F_{\text{f}}=\mu mg=2\ \text{N}$，解得物体的质量为 $m=\frac{4}{3}\ \text{kg}$，故 D 错误。]

6．BC [根据牛顿第二定律有 $F-\mu mg=ma$，整理后有 $F=ma+\mu mg$，则可知 $F-a$ 图像的斜率为 m，纵截距为 μmg，则由题图可看出 $m_{甲}>m_{乙}$，$\mu_{甲}m_{甲}g=\mu_{乙}m_{乙}g$，则 $\mu_{甲}<\mu_{乙}$，故 B、C 正确。]

7．BC [物体受重力、地面的支持力、向右的拉力和向左的摩擦力，根据牛顿第二定律得 $F-\mu mg=ma$，解得 $a=\frac{F}{m}-\mu g$，代入题图乙中两组数据并联立得 $m=2\ \text{kg}$，$\mu=0.3$，故 B、C 正确，A、D 错误。]

8．B [撤去拉力，两物体均做匀减速直线运动，由牛顿第二定律，得 $\mu mg=ma$，可知，减速运动加速度为 $a=\mu g$，由 $v-t$ 图像，可知 $a_A=\mu_A g=\frac{6}{1}\ \text{m/s}^2=6\ \text{m/s}^2$，$a_B=\mu_B g=\frac{6}{2}\ \text{m/s}^2=3\ \text{m/s}^2$，所以 A、B 两物体与水平面间动摩擦因数之比为 $\frac{\mu_A}{\mu_B}=\frac{2}{1}$；同理从静止开始做匀加速直线运动，由牛顿第二定律，得 $F-\mu mg=ma'$，可知，减速运动加速度为 $a'=\frac{F}{m}-\mu g$；由 $v-t$ 图像，可知 $a_A'=\frac{F}{m_A}-\mu_A g=\frac{6}{1}\ \text{m/s}^2=6\ \text{m/s}^2$，$a_B'=\frac{F}{m_B}-\mu_B g=\frac{6}{1}\ \text{m/s}^2=6\ \text{m/s}^2$；则 $\frac{F}{m_A}=12\ \text{m/s}^2$，$\frac{F}{m_B}=9\ \text{m/s}^2$，所以 $\frac{m_A}{m_B}=\frac{3}{4}$，故 A、D 错误；$A$、$B$ 两物体受到摩擦力之比为 $\frac{\mu_A m_A g}{\mu_B m_B g}=\frac{2}{1}\times\frac{3}{4}=\frac{3}{2}$，故 B 正确；$v-t$ 图像中，图像与坐标轴围成的面积表示位移，所以 A、B 两物体位移之比为 $\frac{x_A}{x_B}=\frac{S_A}{S_B}=\frac{\frac{1}{2}\times 2\times 6}{\frac{1}{2}\times 3\times 6}=\frac{2}{3}$，故 C 错误。]

9．A　[由于空气阻力大小与瞬时速度大小成正比，小石子在 O 点时速度斜向上方，此时速度最大，空气阻力斜向下方最大，上升过程与竖直方向夹角最小，故此时空气阻力分解在竖直方向最大，根据牛顿第二定律可知此时竖直方向分运动的加速度最大，故 A 正确。]

10．A　[皮球受到的空气阻力大小与速度成正比，设比例系数为 k，则 $f=kv$，由牛顿第二定律可得 $mg-kv=ma$，解得 $a=\dfrac{mg-kv}{m}=-\dfrac{k}{m}v+g$，皮球做加速度减小的加速运动，当加速度减为 0 时，皮球速度达到最大，皮球保持最大速度匀速运动，故 A 正确。]

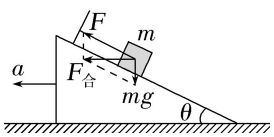
11. A　[由图像可知 $x=0.3$ m 处加速度为零，弹簧形变量 $\Delta x=0.1$ m，根据 $mg=k\Delta x$，解得 $k=100$ N/m，A 正确；纵轴坐标乘以质量即为小球所受合力，合力与位移围成的面积表示合力所做的功，根据动能定理有 $W=\dfrac{1}{2}mv^2$，解得 $v=\sqrt{5}$ m/s，B 错误；设弹簧的最大压缩量为 x_{m}，小球从 A 到 C 过程，由机械能守恒定律有 $mg(h+x_{\mathrm{m}})=\dfrac{1}{2}kx_{\mathrm{m}}^2$，解得 $x_{\mathrm{m}}=\dfrac{1+\sqrt{5}}{10}$ m，从 A 到 C 的位移 $x_{AC}=h+x_{\mathrm{m}}=\dfrac{3+\sqrt{5}}{10}$ m≈0.52 m，小球在 C 处的加速度最大，有 $kx_{\mathrm{m}}-mg=ma_{\mathrm{m}}$，解得 $a_{\mathrm{m}}=22$ m/s²，C、D 错误。]

12．BD　[若物体 A 的加速度从 1.0 均匀减小到 0.6，图像的面积为 $\Delta v=\dfrac{1+0.6}{2}\times 1$ m/s$=0.8$ m/s，而 A 的初速度为零，可知 1 s 时的速度为 0.8 m/s，但实际是物体 A 的 $a-t$ 图像的面积偏小，即速度变化量小于 0.8 m/s，则 $t=1$ s 时 A 的速度大小小于 0.8 m/s，故 A 错误；恒力 F 拉动 A 的瞬间，由 $a-t$ 图像 A 的加速度为 $a_0=1$ m/s²，有 $F=m_Aa_0=1.5$ N，1 s 时两者的加速度相等 $a=0.6$ m/s²，对 A、B 由牛顿第二定律有 $F-kx=m_Aa$，$F_{弹}=kx=m_Ba$；解得 $m_B=1$ kg，$F_{弹}=0.6$ N，故 B、D 正确，C 错误。]

微专练 16　动力学中的临界与极值问题

1．C　[对两物块整体做受力分析有 $F=2ma$，再对于后面的物块有 $F_{\mathrm{Tmax}}=ma$，$F_{\mathrm{Tmax}}=2$ N，联立解得 $F=4$ N，故 C 正确。]

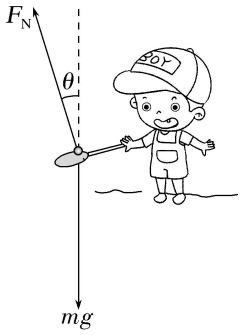
2．D　[由题意对物体受力分析，当物体刚脱离斜面时，物体只受重力和细线的拉力，如图所示，由牛顿第二定律可得，$a=\dfrac{F_{合}}{m}=\dfrac{mg}{m\tan\theta}=\dfrac{g}{\tan\theta}$，故 D 正确。]



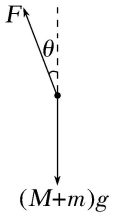
3．B　[书放在水平桌面上，若书相对于桌面不滑动，则最大静摩擦力提供加速度 $F_{\mathrm{fm}}=\mu mg=ma_{\mathrm{m}}$，解得 $a_{\mathrm{m}}=\mu g=4$ m/s²，书相对高铁静止，故若书不动，高铁的最大加速度为 4 m/s²，B 正确，A、C、D 错误。]

4．A　[网球、网球拍和运动员一起在水平面做匀加速运动，说明有相同的水平方向加速度，以网球

为研究对象，受力如图甲所示，根据牛顿第二定律得 $F_N\cos\theta=mg$，$F_N\sin\theta=ma$，解得 $a=g\tan\theta$，$F_N=\dfrac{mg}{\cos\theta}$，A 正确，B 错误；以网球和网球拍为整体，受力如图乙所示，根据牛顿第二定律得 $F\cos\theta=(M+m)g$，$F\sin\theta=(M+m)a$，解得 $F=\dfrac{(M+m)g}{\cos\theta}$，C 错误；



甲



乙

根据上面分析可知，当运动员的加速度为 $a=g\tan\theta$ 时，球与球拍相对静止，由于 $g\tan\theta=g\cdot\dfrac{\sin\theta}{\cos\theta}>g\sin\theta(0°<\theta<90°)$，故加速度大于 $g\sin\theta$ 时，球不一定沿球拍向上运动，D 错误。]

5．BD　[以 A、B 整体为研究对象，设物体 B 质量为 M，静止时弹簧压缩量为 x_0，有 $kx_0=(m+M)g$，分离之前有 $F+k(x_0-x)-(m+M)g=(m+M)a$，即 $F=kx+(m+M)a$，所以 F 随 x 的变化图像的斜率等于劲度系数 $k=\dfrac{22-12}{12.5\times10^{-2}}$ N/m=80 N/m，故 D 正确；$x=0$，有 12 N=$(m+M)a$，分离时，有 22 N$-mg=ma$，联立解得 $a=1\ \text{m/s}^2$，$M=10$ kg，故 A 错误，B 正确；施加拉力 F 的瞬间，设 A、B 之间的弹力为 F_N，对 B 进行受力分析有 $kx_0-Mg-F_N=Ma$，解得 $F_N=10$ N，故 C 错误。]

6．BD　[开始时静止时 $kx_0=(m_1+m_2)g\sin\theta$，当 PQ 分离时，两者加速度相等，两者间的弹力为零，则对 Q，$F-m_2g\sin\theta=m_2a$，对 P，$kx-m_1g\sin\theta=m_1a$，此时弹簧仍处于压缩状态，即物体 Q 的位移小于 x_0，A 错误，B 正确；两物体分离之前，对整体 $F+k(x_0-x)-(m_1+m_2)g\sin\theta=(m_1+m_2)a$，对 Q 分析 $F+F_N-m_2g\sin\theta=m_2a$，联立解得 $F_N=-\dfrac{km_2}{m_1+m_2}x+m_2g\sin\theta-\dfrac{Fm_1}{m_1+m_2}$，当 $F_N=0$ 时解得 $x=\dfrac{(m_1+m_2)g\sin\theta}{k}-\dfrac{Fm_1}{km_2}<\dfrac{(m_1+m_2)g\sin\theta}{k}=x_0$，则 C 错误，D 正确。]

7．CD　[根据题意可知，欲让货物尽快通过传送带，则需让货物在传送带上一直做匀加速运动，设货物通过传送带后的速度为 v，由牛顿第二定律有 $ma=\mu mg$，由运动学公式有 $v^2-v_0^2=2ax$，解得 v

$=\sqrt{89}$ m/s≈9.4 m/s，即符合要求的传送带速度为 $v_1\geqslant\sqrt{89}$ m/s≈9.4 m/s，故 C、D 正确。]

8. BC [若传送带的速度很小(一直小于物块的速度)，小物块一直减速，加速度 $a_1=g\sin 30°+\mu g\cos 30°=12.5\ \text{m/s}^2$，物块到达 B 点时的速度最小，且最小速度 $v_1=\sqrt{v_0^2-2a_1L}=2$ m/s；若传送带的速度很大(一直大于物块的速度)，小物块一直加速，加速度 $a_2=-g\sin 30°+\mu g\cos 30°=2.5\ \text{m/s}^2$，物块到达 B 点时的速度最大，且最大速度 $v_2=\sqrt{v_0^2+2a_2L}=8$ m/s，故 B、C 正确。]

9. AC [因为小物块重力沿斜面的分力大于最大静摩擦力，当传送带静止或顺时针转动时，小物块均加速下滑，根据牛顿第二定律得 $mg\sin 37°-\mu mg\cos 37°=ma$，$x=\frac{1}{2}at^2$，联立解得 $t=4$ s，故 A 正确，D 错误；如果传送带沿逆时针方向正常转动，开始时小物块速度小于传送带速度，摩擦力向下，根据牛顿第二定律得 $mg\sin 37°+\mu mg\cos 37°=ma_1$，速度和传送带相同时位移为 x_1，则有 $v^2=2a_1x_1$，联立两式解得 $x_1=5\ \text{m}<16\ \text{m}$，小物块继续加速下滑，根据牛顿第二定律有 $mg\sin 37°-\mu mg\cos 37°=ma$，设小物块到达传送带底端时速度为 v_1，根据运动学公式有 $v_1^2-v^2=2a(s-x_1)$，联立并代入数据解得 $v_1=12\ \text{m/s}>v=10\ \text{m/s}$，由于第一段加速度较大，全程时间会小于 4 s，故 B 错误，C 正确。]

10. C [刚开始 A、B 两个一起做加速运动，根据牛顿第二定律可知 $F=(m_A+m_B)a$，结合图像斜率可知 $m_A+m_B=3$ kg，当加速度大于等于 1 m/s² 时，A、B 分开各自加速，设 B 受到的摩擦力大小为 F_f，根据牛顿第二定律可知 $F-F_\text{f}=m_Ba$，结合图像斜率可知 $m_B=1$ kg，联立以上公式可求得 $m_A=2$ kg，故 C 正确。]

11. B [当两物块相对滑动时，M 加速度最大为 $a_0=\frac{\mu mg}{M}=0.8\ \text{m/s}^2$，当 $a\leqslant 0.8\ \text{m/s}^2$，两者一起做匀加速直线运动，当两者相对滑动时 $a_m>0.8\ \text{m/s}^2$，$a_M=0.8\ \text{m/s}^2$，故 A、C、D 不符合题意，B 符合题意。]

12. C [临界状态整体受力分析，B 和斜面之间为滑动摩擦力 $2\mu mg\cos\theta$，根据牛顿第二定律有 $F-2mg\sin\theta-2\mu mg\cos\theta=2ma$，对物块 A 受力分析，A、B 之间为最大静摩擦力 $\mu mg\cos\theta$，根据牛顿第二定律有 $\mu mg\cos\theta-mg\sin\theta=ma$，联立可得拉力 F 的最小值为 $4\mu mg\cos\theta$，故 C 正确。]

微专练 17　“小船过河”与“关联速度”问题

1. A [设球的质量为 m，速度为 v，绳子拉力为 F_T，拉球的绳子与竖直方向夹角为 θ，由于球的半径不能忽略，易知球在上升的过程中，θ 逐渐增大。将球的速度分解为沿绳子和垂直于绳子方向，车与球在沿绳子方向上速度相等，可知 $v_{车}=v\cos\theta$，球上升的过程中，随着 θ 增大，车速逐渐减小，因此玩具小车做减速运动，A 正确，B 错误；由于球匀速运动，所受合力为零，则在竖直方向上 $F_\text{T}\cos\theta=mg$，可得 $F_\text{T}=\frac{mg}{\cos\theta}$，随着 θ 逐渐增大，绳子拉力逐渐增大，而球匀速运动，处于平衡状态，C、D 错误。]

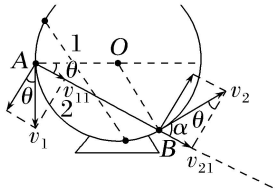
2. B [小车以速率 v 水平向右做匀速直线运动，当小车与滑轮间的轻绳和水平方向成夹角 $\theta_2=37°$ 时，

小车沿绳子方向的分速度大小等于 P 的速率，则有 $v_P=v\cos\theta_2=0.8v$，故 A 错误，B 正确；小车在向右匀速运动过程中，绳子与水平方向的夹角θ_2逐渐减小，根据 $v_P=v\cos\theta_2$，可知物体 P 的速度逐渐增大，物体 P 做加速运动，物体 P 有沿斜面向上的加速度，则有 $F_T>mg\sin\theta_1=0.6mg$，故 C、D 错误。]

3．A　[由题意可知 a、b 球沿细线方向的分速度相同，即 $v_a\sin 37°=v_b\cos 37°$，解得$\frac{v_a}{v_b}=\frac{4}{3}$，故 A 正确。]

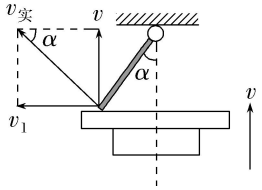
4．BD　[设轻杆与竖直方向的夹角为θ，则 v_1 在沿杆方向的分量为 $v_{1杆}=v_1\cos\theta$，v_2 在沿杆方向的分量为 $v_{2杆}=v_2\sin\theta$，而 $v_{1杆}=v_{2杆}$，图示位置时，有 $\cos\theta=\frac{\sqrt{7}}{4}$，$\sin\theta=\frac{3}{4}$，解得此时甲、乙两球的速度大小之比为$\frac{v_1}{v_2}=\frac{3\sqrt{7}}{7}$，A 错误，B 正确；当甲球即将落地时，有$\theta=90°$，此时甲球的速度达到最大，而乙球的速度为零，C 错误，D 正确。]

5．C　[球 A 与球形容器球心等高，速度 v_1 方向竖直向下，速度分解如图所示，有 $v_{11}=v_1\sin 30°=\frac{1}{2}v_1$，球 B 此时速度方向与杆成$\alpha=60°$角，因此 $v_{21}=v_2\cos 60°=\frac{1}{2}v_2$，沿杆方向两球速度相等，即 $v_{21}=v_{11}$，解得 $v_2=v_1$，故 C 正确。]



6．A　[直杆与箱子接触点的实际运动即合运动，方向垂直于杆指向左下方，沿水平方向的分速度为 v，即 $v_{实}\sin\theta=v$，解得 $v_{实}=\frac{v}{\sin\theta}$，故 A 正确。]

7．D　[小球受重力、平台的弹力和棒的作用力，因为升降平台以速度 v 匀速上升，平台的弹力和棒的作用力变化，即小球受到的合力大小变化，小球做的不是匀速圆周运动，A 错误；



棒与平台接触点的实际运动即合运动方向是垂直于棒指向左上，如图所示，合速度 $v_{实}=\omega L$，沿竖直向上方向上的速度分量等于 v，$v=\omega L\sin\alpha$，所以 $v_{实}=\frac{v}{\sin\alpha}$，$\omega=\frac{v}{L\sin\alpha}$，平台向上运动，夹角增大，角速度减小，B、C 错误，D 正确。]

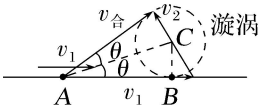
8．ABD　[合运动与分运动的关系具有独立性，每个分运动都按照各自的规律独立运行，因此船渡河时间是船头垂直河岸的分速度的结果，船渡河时船头垂直于河岸，则渡河的时间为 $t=\frac{d}{v_0}$，故 A 正确；

因为渡河时船头垂直河岸，在垂直河岸方向分运动的速度等于船在静水中的速度 v_0，沿船头方向的分位移最小，所用时间最短，故 B 正确；因为水流速度不是恒定的，越靠近河中心水的流速越大，合速度的方向和大小都改变，因此小船渡河的轨迹不是直线，故 C 错误；小船到达河中心时，小船沿船头方向的分速度大小不变，水流方向的分速度达到最大值，两个分运动速度垂直，合运动的速度为 $v_{合}=\sqrt{v_0^2+v_{水}^2}$，即小船到达河中心时，合速度最大，故 D 正确。]

9．BD [河中水流速度为 $v_2=v_1\cos 60°=2.5$ m/s，A 错误；小船以最短位移渡河的时间为 $t=\dfrac{d}{v_1\sin 60°}=\dfrac{180}{5\times\frac{\sqrt{3}}{2}}$ s$=24\sqrt{3}$ s，B 正确；当船头方向指向正对岸时过河时间最短，则小船渡河的最短时间为 $t_{min}=\dfrac{d}{v_1}=\dfrac{180}{5}$ s$=36$ s，C 错误；小船以最短时间渡河时到达对岸沿水流方向的位移是 $x=v_2t_{min}=2.5\times 36$ m$=90$ m，总位移 $s=\sqrt{d^2+x^2}=90\sqrt{5}$ m，D 正确。]

10．D [根据矢量的合成法则，当合速度方向与皮划艇相对静水的速度方向垂直时，皮划艇渡河的航程最短，则有 $s_{min}=\dfrac{v_{水}}{v_{船}}\cdot d=\dfrac{4}{2}\times 150$ m$=300$ m，故 D 正确。]

11．B [根据题意得，$\tan\theta=\dfrac{r}{\frac{4}{3}r}$，解得$\theta=37°$，小船航行时在静水中速度的最小值为 $v_2=v_1\sin 2\theta$，解得 $v_2=\dfrac{24}{25}v_1$，故 B 正确。]



12．D [将两船的运动分解为垂直于河岸方向和沿河岸方向，在垂直于河岸方向上，两船的分速度相等，河宽一定，所以两船渡河的时间相等，故 A 错误；乙船的合速度垂直于河岸，有 $v\cos 60°=v_0$，所以有 $v=2v_0$，两船渡河的时间为 $t=\dfrac{H}{v\sin 60°}$，则甲船在沿河岸方向上的位移为 $x=(v_0+v\cos 60°)t=2v_0\times\dfrac{H}{v\sin 60°}=\dfrac{2\sqrt{3}}{3}H$，可知甲船恰好能到达河对岸的 A 点，故 B、C 错误，D 正确。]

微专练 18　抛体相遇与平抛临界问题

1．B [由题意知枪口与 P 点等高，子弹和小积木在竖直方向上做自由落体运动，当子弹击中积木时子弹和积木运动时间相同，根据 $h=\dfrac{1}{2}gt^2$，可知下落高度相同，所以将击中 P 点；又由于初始状态子

弹到 P 点的水平距离为 L，子弹在水平方向上做匀速直线运动，有 $t=\frac{L}{v}$，故 B 正确。]

2．D [由题意可知，两球要想在空中相遇，必须满足 A 球到达 B 球所在竖直线时没有落地，设 A 球与 B 球相遇时刚好落地，落地时间为 t_0，则由平抛运动规律可得 $s=v_{A0}t_0$，$h=\frac{1}{2}gt_0^2$，联立解得 $v_{A0}=s\sqrt{\frac{g}{2h}}=10\ \text{m/s}$，所以，只有 A 的初速度大于 10 m/s，A 球与 B 球才能在空中相遇，A 错误；若两球能在空中相遇，则两球的运动时间相等，设运动时间为 t，A 球做平抛运动，且 A 球的水平位移为 s，则有 $s=v_At$，$h_A=\frac{1}{2}gt^2$，B 球做竖直上抛运动，则有 $h_B=v_Bt-\frac{1}{2}gt^2$，由题意可知两球在竖直方向的位移存在关系 $h=h_A+h_B$，联立以上各式解得 $v_A:v_B=2:1$，C 错误，D 正确；由上式可得 $v_B=\frac{1}{2}v_A>\frac{1}{2}\times10\ \text{m/s}=5\ \text{m/s}$，B 错误。]

3．C [设 A 球位移偏向角为 θ_A，则 $\tan\theta_A=\frac{1}{2}\tan60°=\frac{\sqrt{3}}{2}$，又 $\tan\theta_A=\frac{h_A}{d}$，解得 $h_A=\frac{\sqrt{3}}{2}d$，同理 $h_B=\frac{\sqrt{3}}{6}d$，则 A、B 两点间的竖直距离为 $s=h_A-h_B=\frac{\sqrt{3}}{2}d-\frac{\sqrt{3}}{6}d=\frac{\sqrt{3}}{3}d$，A、B、D 错误，C 正确。]

4．B [不计空气阻力，水柱做斜抛运动，上升到最高点可看成逆向平抛运动。由题意可知两水柱的竖直高度相同，由 $2gh=v_y^2$，可知，两水柱在竖直方向上的速度大小相等。又由 $v=\frac{v_y}{\sin\theta}$，所以左右两条水柱射出时的速度大小的比值为 $\frac{v_{左}}{v_{右}}=\frac{\sin37°}{\sin60°}=\frac{2\sqrt{3}}{5}$，故 B 正确。]

5．B [两球同时抛出，相遇时水平方向有 $(v_1+v_2\cos45°)t=0.9\ \text{m}$，解得 $t=0.3\ \text{s}$，而竖直方向，$\frac{1}{2}gt^2+v_2\sin45°t-\frac{1}{2}gt^2=0.3\ \text{m}$，则两球恰能相遇；因为 $v_1t\neq v_2\cos45°t$，即相遇时水平位移不相同，故 A、C 错误；抛出后，水平方向上两球做匀速直线运动，竖直方向上做匀变速运动，速度的变化量为 $\Delta v=gt$，从抛出到相遇，两球运动的时间 t 相同，所以相遇时速度变化量相等，故 B 正确；在竖直方向上，两球做匀变速运动，对于 A 球有 $h=\frac{1}{2}gt_1^2$，解得 $t_1=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times0.3}{10}}\ \text{s}=\sqrt{\frac{3}{50}}\ \text{s}$，对于 B 球有 $v_2\cos45°=g\cdot\frac{t_2}{2}$，解得 $t_2=\frac{1}{5}\ \text{s}$，则两球在空中运动时间不相等，故 D 错误。]

6．BC [由于小球在斜面上均受到沿着斜面向下的重力的分力，未相遇前，a、b 在斜面上做类平抛运动，运动轨迹为抛物线，A 错误，B 正确；由于两小球沿平行斜面向下的加速度相同，运动情形相同，故两小球无论速率为多少总能相遇，C 正确，D 错误。]

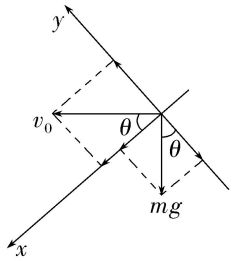
7．AB [设乒乓球被击出时的初速度大小为 v_0，乒乓球被击出后做平抛运动，恰好经过网上边沿的 c 点，设所用时间为 t，则有 $\frac{2}{3}h=\frac{1}{2}gt^2$，$L=v_0t$，解得 $v_0=\frac{L}{2}\sqrt{\frac{3g}{h}}$，设球落在球台上的时间为 t_1，落点与

击出点之间的水平距离为 l，则有 $h=\frac{1}{2}gt_1^2$，$l=v_0t_1$，解得 $l=\frac{\sqrt{6}}{2}L$，故 A、B 正确；球在竖直方向做自由落体运动，在落点 d 处竖直方向的速度为 v_y，落点 d 处速度方向与水平方向的夹角为θ，则有 $v_y=gt_1$，$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}$，解得 $\tan\theta=\sqrt{\frac{8h}{3L}}$，故 C 错误；若保持击球高度不变，且垂直 MN 击打乒乓球，当球恰好不出界时，则平抛运动的速度为 $v=\frac{2L}{t_1}=2L\sqrt{\frac{g}{2h}}$，但若只限定在 b 点水平击出，则水平位移的最大值应该是 a 点与 P 或 Q 的连线，大于 $2L$，因此最大速度应该大于 v，而平抛运动的最小速度为 $v_{\min}=v_0=\frac{L}{2}\sqrt{\frac{3g}{h}}$，故 D 错误。]

微专练 19　斜(曲)面上的平抛运动

1．A　[平抛运动在水平方向做匀速运动，则 $x=v_0t$，可得运动员从 B 点飞出时的速度大小 $v_0=\frac{x}{t}=20$ m/s，故 A 正确。]

2．A　[运动员从跳台水平飞出，

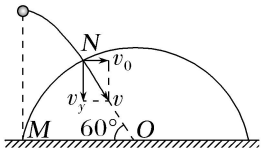


做平抛运动，设运动员初速度大小为 v_0，斜坡的倾角为θ，运动员从开始运动到坡底所用的时间为 t，已知 $t'=2$ s 时运动员离斜坡最远，此时运动员速度的方向与斜坡平行，则有 $\tan\theta=\frac{gt'}{v_0}=\frac{\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}$，解得 $t=2t'=4$ s，$v_0=\frac{x}{t}=15$ m/s，$\tan\theta=\frac{gt'}{v_0}=\frac{4}{3}$，即斜坡的倾角为 53°，C、D 错误；将运动按沿斜坡方向和垂直斜坡方向分解，如图所示，运动员做匀变速运动，当沿 y 方向的分速度减为 0 时，运动员离坡面最远，最远距离 $l=v_0t'\sin\theta-\frac{1}{2}gt'^2\cos\theta$，代入数据解得 $l=12$ m，A 正确，B 错误。]

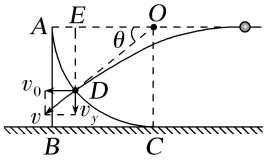
3．C　[炸弹离开轰炸机在空中运动时间为 t，击中目标时速度为 v'，由于炸弹垂直击中山坡 A，由平抛运动规律有 $v'\sin\theta=v$，$v'\cos\theta=gt$，$x=\frac{h}{\tan\theta}=vt$，联立解得 $v=\sqrt{gh}$，A、B、D 错误，C 正确。]

4．C　[根据几何关系可知，水平速度与末速度的夹角为θ，则有 $\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}$，解得 $v_y=v_0\tan\theta$，根据 $v_y=gt$，解得 $t=\frac{v_0\tan\theta}{g}$，A、B 错误；在水平方向 $R\sin\theta=v_0t$，解得 $t=\frac{R\sin\theta}{v_0}$，D 错误，C 正确。]

5．C　[设小球平抛的初速度为 v_0，将 N 点速度沿水平和竖直方向分解，如图所示，竖直速度 $v_y=v_0\tan 60°=\sqrt{3}v_0$，运动时间 $t=\frac{v_y}{g}=\frac{\sqrt{3}v_0}{g}$，水平位移 $x=v_0t=\frac{\sqrt{3}v_0^2}{g}$，根据几何关系有 $x=R(1-\cos 60°)=\frac{1}{2}R$，由以上几式得 $\frac{v_0^2}{g}=\frac{R}{2\sqrt{3}}$，平抛的竖直位移 $y=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}g\left(\frac{\sqrt{3}v_0}{g}\right)^2=\frac{3v_0^2}{2g}=\frac{\sqrt{3}}{4}R$，$N$ 点的高度 $y'=R\sin 60°$，得 $y'=\frac{\sqrt{3}}{2}R$，小球抛出时的高度 $H=y+y'=\frac{\sqrt{3}}{4}R+\frac{\sqrt{3}}{2}R=\frac{3\sqrt{3}}{4}R$，故 C 正确，A、B、D 错误。]



6．C　[小球在竖直方向做自由落体运动，则竖直分速度 $v_y=\sqrt{2gh_{ED}}=\sqrt{2\times 10\times(5-2)}$ m/s$=2\sqrt{15}$ m/s，垂直击中 D 点，速度反向延长线过圆心，如图所示，根据几何关系，有 $\sin\theta=\frac{h_{ED}}{R}=\frac{3}{5}$，解得 $\theta=37°$，则在 D 点，分解速度可得 $v_0=\frac{v_y}{\tan 37°}=\frac{8\sqrt{15}}{3}$ m/s，故 C 正确。]

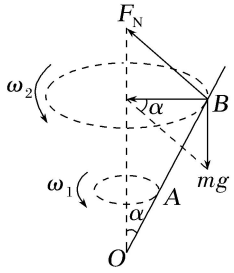


7．B　[依题意，设圆形轨道半径为 R，对于甲球，水平方向上有 $R=v_1t_1$，竖直方向上有 $R=\frac{1}{2}gt_1^2$，解得 $v_1=\sqrt{\frac{gR}{2}}$，对于乙球，水平方向上有 $R\cos 53°=v_2t_2$，竖直方向上有 $R-R\sin 53°=\frac{1}{2}gt_2^2$，解得 $v_2=\sqrt{\frac{9gR}{10}}$，可得 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{\sqrt{5}}{3}$，故 B 正确。]

微专练 20　圆锥摆模型

1．B　[根据角速度的定义可得小球的角速度为 $\omega=\frac{v}{R}$，根据几何关系可得 $R=\frac{\sqrt{2}L}{2}$，联立可得 $\omega=\frac{\sqrt{2}v}{L}$，故 A 错误；小球做匀速圆周运动，小球所受合力等于其向心力为 $F_n=\frac{mv^2}{R}$，联立可得 $F_n=\frac{\sqrt{2}mv^2}{L}$，故 B 正确；小球所受的合力大小不变，方向时刻改变，则小球做非匀变速曲线运动，故 C 错误；根据几何关系可得 $\tan 45°=\frac{F_n}{mg}$，结合 $F_n=\frac{\sqrt{2}mv^2}{L}$，联立解得 $g=\frac{\sqrt{2}v^2}{L}$，故 D 错误。]

2．BD　[对小环受力分析，如图所示，



根据平行四边形定则知 $F_N=\frac{mg}{\sin\alpha}$，可知支持力大小相等，由牛顿第三定律可知小环对杆的压力大小相等，故 A 错误，B 正确；根据 $\frac{mg}{\tan\alpha}=m\omega^2 r$，得 $\omega=\sqrt{\frac{g}{r\tan\alpha}}$，由于 $r_2>r_1$，所以 $\omega_1>\omega_2$，故 C 错误，D 正确。]

3．AC　[对其中一个小球受力分析，其受到重力和绳的拉力 F_T，绳的拉力在竖直方向的分力与重力平衡，设轻绳与竖直方向的夹角为 θ，则有 $F_T\cos\theta=mg$，拉力在水平方向上的分力提供向心力，设该小球到 P 的距离为 l，则有 $F_T\sin\theta=m\frac{4\pi^2}{T^2}l\sin\theta$，解得周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{l\cos\theta}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}$，因为任意时刻两球均在同一水平面内，故两球运动的周期相等，A 正确；连接两球的绳的张力 F_T 相等，由于向心力为 $F_n=F_T\sin\theta=m\frac{4\pi^2}{T^2}l\sin\theta$，故 m 与 l 成反比，即 $\frac{l_1}{l_2}=\frac{m_2}{m_1}$，C 正确，D 错误；又小球的向心加速度 $a=\omega^2 h\tan\theta=\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 h\tan\theta$，$\theta$ 不同，故向心加速度大小不相等，B 错误。]

4．AC　[由于小球在运动的过程中受到的合力沿水平方向，且恰好提供向心力，所以根据平行四边形定则得 $F_N=\frac{mg}{\cos\theta}$，所以 $\frac{F_{NA}}{F_{NB}}=\frac{\cos 37^\circ}{\cos 53^\circ}=\frac{4}{3}$，故 A 正确；小球受到的合外力 $mg\tan\theta=mr\frac{4\pi^2}{T^2}=m\omega^2 r=m\frac{v^2}{r}$，其中 $r=R\sin\theta$，解得 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2 R\cos\theta}{g}}$，$\omega=\sqrt{\frac{g}{R\cos\theta}}$，$v=\sqrt{gR\sin\theta\tan\theta}$，则 $\frac{T_A}{T_B}=\sqrt{\frac{\cos 53^\circ}{\cos 37^\circ}}=\frac{\sqrt{3}}{2}$，$\frac{\omega_A}{\omega_B}=\sqrt{\frac{\cos 37^\circ}{\cos 53^\circ}}=\frac{2}{\sqrt{3}}$，$\frac{v_A}{v_B}=\sqrt{\frac{\sin 53^\circ\tan 53^\circ}{\sin 37^\circ\tan 37^\circ}}=\frac{8}{3\sqrt{3}}$，故 B、D 错误，C 正确。]

5．C　[当转动的角速度 ω 逐渐增大时，小球恰好将要离开桌面或离开桌面后，小球只受重力和细绳的拉力，故 A 错误；小球在水平面内做匀速圆周运动时，细绳的拉力在竖直方向的分力与水平面对小球的支持力合力的大小等于小球的重力大小，细绳的拉力在水平方向的分力提供向心力，当转动的角速度 ω 逐渐增大时，所需向心力逐渐增大，细绳的拉力逐渐增大，而当小球离开水平面后，角速度增大时，绳子与竖直方向的夹角 α 变大，而此种情况下，在竖直方向始终有 $F_T\cos\alpha=mg$，因此可知拉力变大，故 B 错误；要使小球刚好不离开水平面，此种情况下，恰好是重力与绳子拉力的合力提供小球做圆周运动的向心力，则有 $mg\tan\theta=m\omega^2 r$，其中 $\tan\theta=\frac{\sqrt{l^2-h^2}}{h}$，$r=\sqrt{l^2-h^2}$，联立解得 $\omega=\sqrt{\frac{g}{h}}$，故 C 正确；根据以上分析可知，若小球离开了水平面，则角速度大于 $\sqrt{\frac{g}{h}}$，故 D 错误。]

6．BD　[当小球恰好离开锥面时，小球只受重力和绳子拉力作用，竖直方向根据受力平衡可得 $F_T\cos$

$\alpha=mg$，解得绳子的拉力大小为 $F_T=\frac{mg}{\cos\alpha}=\frac{5}{4}mg$，水平方向根据牛顿第二定律可得 $mg\tan\alpha=m\omega^2 l\sin\alpha=m\frac{v^2}{l\sin\alpha}$，解得小球恰好离开锥面时的角速度为 $\omega=\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}=\sqrt{\frac{5g}{4l}}$，小球恰好离开锥面时的线速度为 $v=\sqrt{gl\tan\alpha\sin\alpha}=\frac{3}{10}\sqrt{5gl}$，故 B、D 正确。]

微专练 21　圆盘模型

1．C　[小物块刚好不受绳子拉力，摩擦力为最大静摩擦力，则有 $\mu mg=m\omega_0^2 l$，解得 $\omega_0=\sqrt{\frac{\mu g}{l}}<\sqrt{\frac{2\mu g}{l}}$，所以小物块受到重力、水平转盘对其支持力、绳子拉力、最大静摩擦力作用，故 C 正确，A、B、D 错误。]

2．D　[转盘从静止开始逐渐增大转速的过程中，同学受到重力、支持力和摩擦力，其中摩擦力提供向心力，假定当达到最大静摩擦力时对应的角速度为 ω，即有 $\mu mg=m\omega^2 r$，解得 $\omega=\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$，可知，当 $\frac{\mu}{r}$ 越大，则最大临界角速度越大，就越不易滑动，而与其他无关，故 A、B、C 错误，D 正确。]

3．D　[由于主动轮大圆盘与从动轮小圆盘通过皮带(不打滑)连接，则为皮带传动，则轮子边缘各点线速度相同，则 $\omega_A\cdot 3r=\omega_B\cdot r$，则 $\frac{\omega_A}{\omega_B}=\frac{1}{3}$，即物体 A 与物体 B 相对圆盘滑动之前的角速度之比为 1∶3，故 A 错误；物体相对圆盘滑动之前，根据 $F_f=ma=m\omega^2 l$，可得 $\frac{F_{fA}}{F_{fB}}=\frac{m_A\omega_A^2 r'}{m_B\omega_B^2 r'}=\frac{1}{3}$，故 B 错误；物体 A 与物体 B 相对圆盘滑动之前的线速度之比为 $\frac{v_A}{v_B}=\frac{\omega_A r'}{\omega_B r'}=\frac{1}{3}$，故 C 错误；根据 $\mu mg=m\omega^2 r$，可知临界角速度为 $\omega=\sqrt{\frac{\mu g}{r}}$，两物体做圆周运动的半径之比为 1∶1，则发生相对滑动的临界角速度之比为 1∶1，又由于两盘边缘的线速度大小相等，半径之比为 3∶1，则角速度之比为 1∶3 则可知 B 物体先达到临界角速度，先发生相对滑动，故 D 正确。]

4．BC　[两物块做匀速转动的向心加速度大小恒定，方向始终指向圆心不恒定，故 A 错误；根据向心力公式 $F_n=mL\omega^2$ 可知，物块 A、B 一起转动过程中所需向心力大小相等，故 B 正确；对 AB 整体分析，当最大静摩擦力提供向心力，有 $\mu\cdot 2mg=2m\omega_B^2 L$，解得 $\omega_B=\sqrt{\frac{\mu g}{L}}$，对 A 分析，B 对 A 的最大静摩擦力提供向心力，有 $0.5\mu mg=m\omega_A^2 L$，解得 $\omega_A=\sqrt{\frac{\mu g}{2L}}$，$A$、$B$ 一起转动的最大角速度为 $\sqrt{\frac{\mu g}{2L}}$，此时圆盘对 B 的摩擦力为 $F_f=2mL\omega_A^2=\mu mg$，故 C 正确，D 错误。]

5．BC　[重物重力等于小球的向心力，根据 $Mg=m(2\pi n)^2 r$，小球越靠近 Q 端，悬停的重物质量越小；

小球越靠近 P 端，悬停的重物质量越大，A 错误，B 正确；若小球处于玻璃管正中间，则 $Mg=m(2\pi n)^2\frac{L}{2}$，得 $M=\frac{2\pi^2mLn^2}{g}$，C 正确；若略微增大圆盘转速，小球所需向心力变大，小球做离心运动，由于重物的重力不变，则重物持续上升，D 错误。]

6．ABD [角速度较小时，物块各自受到的静摩擦力 F_f 充当向心力，绳中无拉力。根据牛顿第二定律 $F_f=m\omega^2R$，因为 $R_A<R_B$，所以物块 B 与圆盘间的静摩擦力先达到最大值，随着角速度增大，轻绳出现拉力，拉力 F_T 和最大静摩擦力的合力充当向心力。对物块 B 分析 $F_T+\mu mg=m\omega^2R_B$，则 $F_T=mR_B\omega^2-\mu mg$，则根据图像中斜率和截距的数据解得 $R_B=2$ m，$\mu=0.1$，故 A、B 正确；当 $\omega=1$ rad/s 时，由上述方程得绳子中拉力大小 $F_T=1$ N，再对 A 分析，由牛顿第二定律得 $F_T+F_f=m\omega^2R_A$，解得 $F_f=0$，故 C 错误；当 A 恰好要相对圆盘发生滑动时，其摩擦力为最大静摩擦力且方向沿半径向外，对 A 分析 $F_T-\mu mg=m\omega^2R_A$，此时对 B 分析 $F_T+\mu mg=m\omega^2R_B$，联立解得 $\omega=\sqrt{2}$ rad/s，故 D 正确。]

微专练 22　竖直面内与倾斜面内的圆周运动

1．D [小孩在最高点受到重力、绳子拉力，合外力沿轨迹切线，垂直于绳子，受力不平衡，A 错误；在最低点时合外力提供向心力，由牛顿第二定律 $F-mg=m\frac{v^2}{R}=ma$，故在最低点，小孩加速度竖直向上，处于超重状态，B 错误；最低点时，小孩有向心加速度，C 错误；最高点向最低点运动过程中小孩对秋千踏板的压力和秋千踏板对该同学的支持力是一对相互作用力，由牛顿第三定律可知压力、支持力大小相等，D 正确。]

2．B [当水对桶底压力为零时有 $mg=m\frac{v^2}{r}$，解得 $v=\sqrt{gr}=4$ m/s，“水流星”通过最高点的速度为 4 m/s，知水对桶底压力为零，水不会从容器中流出，对水和桶分析，有 $F_T+Mg=M\frac{v^2}{r}$，解得 $F_T=0$，知此时绳子的拉力为零，故 B 正确，A、D 错误；“水流星”通过最高点时，仅受重力，处于完全失重状态，故 C 错误。]

3．BD [设绳长为 L，小球运动到最高点时，对小球受力分析，由牛顿第二定律得 $F_T+mg=m\frac{v^2}{L}$，解得绳子上的拉力 $F_T=m\frac{v^2}{L}-mg$，由图像可得 $a=mg$，斜率 $k=\frac{m}{L}=\frac{a}{b}$，解得 $g=\frac{a}{m}$，$L=\frac{mb}{a}$，故 A 错误，B 正确；当 $v^2=c$ 时，由图像和拉力表达式得轻质绳的拉力大小为 $F_T=\frac{ac}{b}-a$，故 C 错误；当 $v^2\geqslant b$ 时 $mg+F_T'=m\frac{v^2}{L}$，设小球运动到最低点时速度为 v'，根据动能定理可知 $2mgL=\frac{1}{2}mv'^2-\frac{1}{2}mv^2$，最低点，根据牛顿第二定律得 $F_T''-mg=m\frac{v'^2}{L}$，解得 $F_T''-F_T'=6mg=6a$，故 D 正确。]

4．B　[油和水的角速度相同，根据公式 $a=\omega^2 r$，由于水和油的重心不同，所以圆周运动的半径不同，可知油和水的向心加速度不相等，故 A 错误；根据向心力公式 $F=ma=m\omega^2 r$，若油的质量大于水的质量，则油受到的向心力可能大于水，故 B 正确；由于不知道水的重心到圆心的距离，所以无法计算，故 C 错误；由于瓶子的重心到圆心的距离不是 l，所以无法计算和比较，故 D 错误。]

5．B　[由牛顿第二定律得在最低点有 $F_{N1}-mg=m\frac{v^2}{r}$，在最高点有 $F_{N2}+mg=m\frac{v^2}{r}$，联立解得 $F_{N1}-F_{N2}=2mg$，故 B 正确，A、C、D 错误。]

6．BD　[由题意小球恰能通过最高点知 A 点速度 $v_1=\sqrt{gL}$，A 到 C，根据动能定理可得 $mg\times 2L=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_1^2$，求得 C 点速度为 $v_0=\sqrt{5gL}$，小球通过 C 点时根据牛顿第二定律有 $F-mg=m\frac{v_0^2}{L}$，可得此时绳子拉力为 $6mg$，通过对小车受力分析可得此时地面支持力大小为 $Mg+6mg$，A 错误，B 正确；A 点到 B 点，根据动能定理可得 $mgL=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2$，求得 B 点速度 $v_2=\sqrt{3gL}$，小球通过 B 点时 $F_B=\frac{mv_B^2}{L}$，解得绳子拉力大小为 $3mg$，所以小车受到向左的摩擦力大小为 $3mg$，C 错误；小球通过 D 点时，小球有向下的加速度，故小球处于失重状态，D 正确。]

7．C　[汽车经过 A 处时，加速度向下，处于失重状态，经过 C 处时，加速度向上，处于超重状态，A 错误；因汽车在 B、C 两点处于超重状态，而根据 $F=mg+m\frac{v^2}{R}$，在 C 处的曲率半径小于 B 处，可知根据汽车经过 C 处时最容易爆胎，B 错误；汽车在 A 处容易脱离桥面，则在 A 处汽车对路面的压力恰为零时，根据 $mg=m\frac{v^2}{R}$，可知，为了保证行车不脱离路面，该车的行驶速度不得超过 $v=\sqrt{gR_A}=\sqrt{g\rho_1}$，C 正确；汽车经过 C 处时所受的摩擦力大小为 $F_f=\mu F_{NC}=\mu(mg+m\frac{v^2}{\rho_2})>\mu mg$，D 错误。]

8．ABD　[对运动员在最高点进行受力分析，当速度为零时，有 $F-mg=0$，结合图像解得质量 $m=65\ \text{kg}$，A 正确；当 $F=0$ 时，由向心力公式可得 $mg=\frac{mv^2}{R}$，结合图像可知 $v^2=9\ \text{m}^2/\text{s}^2$，解得 $R=0.9\ \text{m}$，故运动员的重心到单杠的距离为 0.9 m，B 正确；当运动员在最高点的速度为 4 m/s 时，有 $mg-F=m\frac{v^2}{R}$，解得 $F=-505\ \text{N}$，即运动员受单杠的拉力方向竖直向下，C 错误，D 正确。]

9．A　[小球在竖直平面内做圆周运动，最高点和最低点的速度方向都水平且相反，根据圆周运动的方向可知，在最高点速度方向为正，在最低点速度方向为负，另外，最高点和最低点合外力都指向圆心，水平方向合外力为零，因此反应在图乙中的速度—时间图像中，最高点和最低点所对应的图像在该位置的斜率为零，即水平方向加速度为零，而根据圆周运动的对称性可知，最低点和最高点两侧物体在水平方向的速度应具有对称性，因此，根据图乙可知，t_1 时刻小球通过最高点，t_3 时刻小球通过最低点，故 A 正确，B 错误；竖直面内的圆周运动，在最高点时速度最小，最低点时速度最大，因

此 $v_1<v_2$，而对小球的运动过程进行分析可知，S_1 表示小球从最低点到圆周的最左边的水平位移大小，S_2 表示小球从圆周最左边到最高点的水平位移的大小，显然 S_1 和 S_2 的面积相等，故 C、D 错误。]

10．C [小球通过最高点时细管可以提供竖直向上的支持力，当支持力的大小等于小球重力的大小，小球的最小速度为零，故 A 错误；根据公式 $a=\frac{v^2}{R}$ 可知，当 $v=\sqrt{gR}$ 时，小球的加速度为 $a=g$，方向竖直向下，则小球处于完全失重状态，只受重力作用，故 B 错误；当 $v=\sqrt{2gR}$ 时，小球需要的向心力为 $F_n=m\frac{v^2}{R}=2mg$，则可知，轨道对小球的弹力大小为 mg，方向竖直向下，故 C 正确；当 $v<\sqrt{gR}$ 时，小球需要的向心力 $F_n=m\frac{v^2}{R}<mg$，可知，小球受轨道竖直向上的弹力，由牛顿第二定律有 $mg-F_N=m\frac{v^2}{R}$，可得 $F_N=mg-m\frac{v^2}{R}$，则 v 逐渐减小的过程中，轨道对小球的弹力 F_N 逐渐增大，故 D 错误。]

11．C [对 A 球，合力提供向心力，设环对 A 球的支持力为 F_A，由牛顿第二定律有 $F_A-m_Ag=m_A\frac{v_A^2}{R}$，代入数据解得 $F_A=28\ \text{N}$，由牛顿第三定律可得，A 球对环的力向下，大小为 28 N。设 B 球对环的力为 F_B'，由环的受力平衡可得 $F_B'=F_A+m_{环}g+F_{杆}$，由题意知 $F_{杆}=56\ \text{N}$，解得 $F_B'=124\ \text{N}$，方向向上，由牛顿第三定律可得，环对 B 球的力 F_B 为 124 N、方向竖直向下，对 B 球由牛顿第二定律有 $F_B+m_Bg=m_B\frac{v_B^2}{R}$，解得 $v_B=6\ \text{m/s}$，故 C 正确。]

12．ACD [小球在 A 点受到重力、斜面的支持力以及杆的拉力，由牛顿第二定律可得 $F-mg\sin\theta=m\frac{v^2}{L}$，可得 $F=mg\sin\theta+m\frac{v^2}{L}$，故 A 正确；杆可以为小球提供支持力，所以小球经过最高点 B 时的最小速度为零，故 B 错误；斜面对小球的支持力始终等于重力沿垂直于斜面方向的分力，与小球的速度无关，故 C 正确；经分析可知小球经过 B 点脱落后在斜面上做类平抛运动，在水平方向做匀速直线运动，在沿斜面方向做初速度为零的匀加速度直线运动，沿斜面方向根据牛顿第二定律 $mg\sin\theta=ma$，解得 $a=g\sin\theta$，由位移公式可知 $2L=\frac{1}{2}at^2$，解得 $t=2\sqrt{\frac{L}{g\sin\theta}}$，则水平方向 $x=v_Bt=2L$，故 D 正确。]

微专练 23　天体质量与密度的计算

1．C [当“嫦娥三号”在最后一次悬停时，由平衡知识可知 $Mg=F$，在月球表面 $G\frac{Mm_{月}}{R^2}=Mg$，解得 $m_{月}=\frac{FR^2}{GM}$，故 C 正确。]

2．C [设地球质量为 M，卫星质量为 m，轨道半径为 r，根据牛顿第二定律有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2r$，根据匀

速圆周运动规律有 $v=\omega r$，联立以上两式解得 $M=\frac{v^3}{G\omega}$，故 C 正确。]

3．C　[根据平抛规律可计算星球表面重力加速度，竖直方向 $h=\frac{1}{2}gt^2$，水平方向 $x=vt$，可得 $g_{星}=\frac{1}{16}g_{地}$，再由星球表面万有引力公式 $G\frac{M_{星}m}{R_{星}^2}=mg_{星}$，$G\frac{M_{地}m}{R_{地}^2}=mg_{地}$，$R_{星}=2R_{地}$，可得 $M_{星}=\frac{1}{4}M$，故 C 正确。]

4．B　[星球表面的重力加速度 $g'=\frac{2v_0}{t}$，由 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$，$\rho=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$，得$\rho=\frac{3g}{4\pi GR}$，因此$\frac{\rho'}{\rho}=\frac{g'}{g}\cdot\frac{R}{R'}=\frac{2v_0}{kgt}$，故 B 正确。]

5．C　[设被环绕的星球的半径为 R，则该星球的体积 $V=\frac{4}{3}\pi R^3$，设该星球的质量为 M，卫星的质量为 m，有 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R$，$\rho=\frac{M}{V}$，可得$\rho=\frac{3\pi}{GT^2}$，所以 $k=\frac{3\pi}{G}$，解得 $G=\frac{3\pi}{k}$，故 C 正确。]

6．D　[设月球绕地球运动的轨道半径为 r_1，地球绕太阳运动的轨道半径为 r_2，根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，可得 $G\frac{m_{地}m_{月}}{r_1^2}=m_{月}\frac{4\pi^2}{T_1^2}r_1$，$G\frac{m_{地}m_{日}}{r_2^2}=m_{地}\frac{4\pi^2}{T_2^2}r_2$，其中$\frac{r_1}{r_2}=\frac{R_{月}}{R_{日}}=\frac{R_{地}}{kR_{日}}$，又$\rho=\frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3}$，联立可得$\frac{\rho_{地}}{\rho_{日}}=\frac{1}{k^3}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$，故 D 正确。]

7．AC　[根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2r$，解得$\frac{r^3}{T^2}=\frac{GM}{4\pi^2}$，中心天体质量越大，图像斜率越大，因木星质量大于地球质量，故图线①是木星卫星运动的规律，A 正确；图线②是地球卫星运动的规律，故$\frac{a}{b}=\frac{GM_{地}}{4\pi^2}$，解得 $M_{地}=\frac{4\pi^2a}{Gb}$，同理 $M_{木}=\frac{4\pi^2d}{Gc}$，c、b 的左侧部分为虚线，故木星的半径的三次方 $R_{木}^3=d$，根据木星的密度$\rho_{木}=\frac{M_{木}}{\frac{4}{3}\pi R_{木}^3}$，解得$\rho_{木}=\frac{3\pi}{Gc}$，同理可得$\rho_{地}=\frac{3\pi}{Gb}$，故$\frac{\rho_{木}}{\rho_{地}}=\frac{b}{c}$，C 正确，B、D 错误。]

微专练 24　卫(行)星运行规律与宇宙速度

1．BC　[两颗小行星 a、b 分别绕太阳做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，可推导出$\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，由 $r_a<r_b$ 可得 $v_a>v_b$，$\omega_a>\omega_b$，由于两颗小行星质量关系未知，因此动能可能相等，故 A 错误，B 正确；小行星表面的重力加速度满足关系 $g=\frac{GM'}{R^2}$，两颗小行星质量关系及其半径关系均未知，因此小行星 a 表面的重力加速度可能比 b 的小，故 C 正确；开普勒第二定律说的是同一颗小行

星与太阳的连线在前后两段相同时间内扫过的面积相等，而不是两颗小行星之间的比较，故 D 错误。]

2．B　[CSST 日常工作时，地球对其施加的万有引力提供向心力，则 $G\frac{Mm}{(kR)^2}=m\frac{v^2}{kR}$，结合黄金代换公式 $GM=gR^2$，解得 $v=\sqrt{\frac{gR}{k}}$，故 B 正确。]

3．D　[地球的第一宇宙速度与近地卫星的环绕速度相等，则有 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v_1^2}{R}$，“亚太 6E”卫星在预定轨道有 $G\frac{Mm'}{r^2}=m'\frac{v^2}{r}$，解得 $v_1=\sqrt{\frac{v^2r}{R}}$，故 D 正确。]

4．A　[由万有引力提供向心力可得 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，在行星表面运行时有 $r=R$，则得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}\propto\sqrt{\frac{M}{R}}$，因此 $\frac{v_{火}}{v_{地}}=\sqrt{\frac{M_{火}\cdot R_{地}}{M_{地}R_{火}}}=\sqrt{\frac{1}{10}\times2}=\frac{\sqrt{5}}{5}$，又 $v_{地}=8\ \text{km/s}$，故 $v_{火}\approx3.5\ \text{km/s}$，故 A 正确。]

5．B　[在地球表面飞行的卫星万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{R^2}=\frac{mv^2}{R}$，$G\frac{Mm}{R^2}=mg$，联立可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{R}}=\sqrt{gR}$，由上述分析可知，卫星在月球表面与地球表面运行时的线速度之比为 $\frac{v_{月}}{v}=\sqrt{\frac{M_{月}\cdot R}{M\ R_{月}}}=\sqrt{\frac{p}{k}}$，故 $v_{月}=\sqrt{\frac{p}{k}}v=\sqrt{\frac{pgR}{k}}$，故 B 正确。]

6．A　[由万有引力定律和牛顿运动定律，对在天体表面附近运行的卫星有 $\frac{GMm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$，由圆周运动规律有 $v=\frac{2\pi R}{T}$，整理得 $M=\frac{v^3T}{2\pi G}$，则地、月质量之比 $M_{地}:M_{月}=(v_{地}^3T_{地}):(v_{月}^3T_{月})\approx83:1$，故 A 正确。]

7．B　[设同步卫星的轨道半径为 r，根据万有引力提供向心力，有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$ 解得 $r=\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$，又因为 $GM=gR^2$，联立解得 $r=\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}}$，地球赤道上的物体随地球自转，轨道半径为 R，两者的周期相同，所以角速度也相同，根据 $v=\omega r$，可得地球同步卫星的线速度与赤道上物体的线速度之比为 $\frac{v_{同}}{v_{赤}}=\frac{\sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}}}{R}=\sqrt[3]{\frac{gT^2}{4R\pi^2}}$，故 B 正确。]

8．BC　[因 a、c 的角速度相同，根据 $v=\omega r$，可知 $v_c>v_a$，b、c 均为卫星，根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，可得 $v_b>v_c$，则 a、b、c 三者速度关系是 $v_b>v_c>v_a$，A 错误；因 a、c 的周期相同 $T_a=T_c$，根据开普勒第三定律 $\frac{r_b^3}{T_b^2}=\frac{r_c^3}{T_c^2}$，可知 $T_c>T_b$，则 a、b、c 三者周期关系是 $T_a=T_c>T_b$，B 正确；根据 $a=$

$\omega^2 r$，可知 $a_c>a_a$，根据 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$，可得 $a=\frac{GM}{r^2}$，$a_b>a_c$，则 a、b、c 三者加速度的关系是 $a_b>a_c>a_a$，C 正确；a、b、c 三者质量关系不确定，则所受到向心力的关系不能确定，D 错误。]

9．D [当 h 等于 0 时，即在星球表面时，根据万有引力公式有 $2F_0=\frac{GM_Pm}{R^2}$，$F_0=\frac{GM_Qm}{R^2}$，$\frac{M_P}{M_Q}=\frac{2}{1}$，A 错误；在 h 等于零时，宇宙飞船在两个星球的表面，根据万有引力公式可得 $2F_0=mg_P$，$F_0=mg_Q$，所以 $g_P:g_Q=2:1$，B 错误；根据万有引力公式可得 $\frac{GMm}{R^2}=\frac{mv^2}{R}$，$v=\sqrt{\frac{GM}{R}}$，由于 R 相同，$\frac{M_P}{M_Q}=\frac{2}{1}$，所以第一宇宙速度为 $\sqrt{2}:1$，C 错误；根据万有引力公式可得 $\frac{GMm}{R^2}=\frac{4\pi^2R}{T^2}$，$T=\sqrt{\frac{4\pi^2R^3}{GM}}$，所以星球 P 和星球 Q 的近地卫星周期之比为 $1:\sqrt{2}$，D 正确。]

微专练 25　双星、多星模型

1．A [冥王星与其附近的另一星体卡戎可视为双星系统，所以冥王星和卡戎周期是相等的，角速度也是相等的。它们之间的万有引力提供各自的向心力得 $G\frac{Mm}{L^2}=m\omega^2r=M\omega^2R$，质量比约为 7∶1，所以冥王星绕 O 点运动的轨道半径约为卡戎的 $\frac{1}{7}$，故 A 正确；冥王星和卡戎周期是相等的，角速度也是相等的，故 B 错误；根据线速度 $v=\omega r$ 得冥王星线速度大小约为卡戎的 $\frac{1}{7}$，故 C 错误；它们之间的万有引力提供各自的向心力，冥王星和卡戎向心力大小相等，故 D 错误。]

2．C [根据题意，由公式 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 可知，由于在彼此绕行的周期逐渐减小，则每颗星球的角速度都在逐渐变大，设双星转动的角速度为 ω，双星间距离为 L，双星到 O 点的距离分别为 r_1、r_2，星球的质量分别为 m_1、m_2，由万有引力提供向心力有 $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\omega^2r_1=m_2\omega^2r_2$，解得 $\omega=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L^3}}$ 可知，距离 L 逐渐变小，故 A、B 错误；根据题意，由万有引力提供向心力有 $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\omega^2r_1=m_2\omega^2r_2$，解得 $\frac{r_1}{r_2}=\frac{m_2}{m_1}$；由于星球质量不变，则两颗星球的轨道半径之比保持不变，故 C 正确；由万有引力公式提供向心力有 $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1a_1=m_2a_2$ 可知，由于距离 L 逐渐变小，每颗星球的加速度都在变大，故 D 错误。]

3．C [设质量为 M 的恒星运行半径为 R_1，质量为 m 的恒星运行半径为 R_2，根据万有引力提供向心力可得 $\frac{GMm}{L^2}=R_1\omega^2M=R_2\omega^2m$，又 $R_1+R_2=L$，联立解得 $G=\frac{\omega^2L^3}{M+m}=\frac{4\pi^2L^3}{T^2(M+m)}$，而周期 $T=51\times60$ s，故 A、B 错误；由上式得出双星系统的角速度为 $\omega=\sqrt{\frac{G(M+m)}{L^3}}$，若双星间距离变小，则角速

度变大，相互环绕速度加快；若双星间的距离不变，相互环绕速度不变，故 C 正确，D 错误。]

4．C　[对于 a 星球，由万有引力提供向心力可得 $G\frac{m^2}{r^2}+G\frac{m^2}{(2r)^2}=ma$，故星球 a 做匀速圆周运动的加速度大小为 $a=\frac{5Gm}{4r^2}$，A 错误；由 $a=\frac{v^2}{r}$，可得星球 a 做匀速圆周运动的线速度大小为 $v=\sqrt{\frac{5Gm}{4r}}$，B 错误；由 $a=\frac{4\pi^2}{T^2}r$，可得星球 a 做匀速圆周运动的周期为 $T=4\pi\sqrt{\frac{r^3}{5Gm}}$，由题意可知 a 与 b 的运行周期相同，C 正确；若因某种原因中心星球 c 的质量缓慢减小，则星球 a、b 受到的引力将减小，会做离心运动，线速度将缓慢减小，D 错误。]

5．C　[任意两颗星之间的万有引力 $F=G\frac{mm}{L^2}$，每一颗星受到的合力为 $F_1=\sqrt{3}F$，由几何关系知，它们的轨道半径为 $r=\frac{\sqrt{3}}{3}L$，合力提供它们的向心力 $\frac{\sqrt{3}Gmm}{L^2}=m\frac{v^2}{r}$，联立解得 $v=\sqrt{\frac{Gm}{L}}$，故 A 错误；根据 $\frac{\sqrt{3}Gmm}{L^2}=ma$，得 $a=\frac{\sqrt{3}Gm}{L^2}$，故加速度与它们的质量有关，故 B 错误；根据 $\frac{\sqrt{3}Gmm}{L^2}=m\frac{4\pi^2r}{T^2}$，解得 $T=\frac{2}{3}\pi\sqrt{\frac{3L^3}{Gm}}$，若距离 L 和每颗星的质量 m 都变为原来的 2 倍，则周期变为原来的 2 倍，故 C 正确；根据 $v=\sqrt{\frac{Gm}{L}}$，可知，若距离 L 和每颗星的质量 m 都变为原来的 2 倍，则线速度不变，故 D 错误。]

6．BC　[四星系统的圆心在正方形中心，半径为 $r=\frac{\sqrt{2}}{2}L$，向心力由合力提供，故 $F_n=\frac{Gm^2(1+2\sqrt{2})}{2L^2}=ma$，解得 $a=\frac{Gm(1+2\sqrt{2})}{2L^2}$，A 错误；根据公式 $a=\frac{v^2}{r}$，解得 $v=\sqrt{\frac{Gm(1+2\sqrt{2})}{2\sqrt{2}L}}$，B 正确；根据公式 $T=\frac{2\pi r}{v}$，解得 $T=2\pi L\sqrt{\frac{\sqrt{2}L}{(2\sqrt{2}+1)Gm}}$，D 错误；由 $Gm=gR^2$ 得 $g=\frac{Gm}{R^2}$，C 正确。]

微专练 26　卫星变轨、对接、追及相遇问题

1．C　[根据万有引力提供向心力 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，解得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，由于轨道Ⅰ的半径小于轨道Ⅱ的半径，则卫星在轨道Ⅰ的速率大于卫星在轨道Ⅲ的速率，A 错误；根据开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2}=k$ 可知，轨道半径或椭圆的半长轴越大的，周期越大，因此卫星在轨道Ⅰ的周期小于卫星在轨道Ⅲ的周期，B 错误；根据 $\frac{GMm}{R^2}=ma$ 可知，不同轨道同一点的加速度相等，C 正确；由卫星的变轨原理知，卫星轨道Ⅰ上的 a 点需加速，才能进入更高的Ⅱ轨道，D 错误。]

2．BC　[人造地球卫星由于空气阻力的作用，导致其速度减小，需要的向心力减小，从而在万有引力的作用下做向心运动，所以其半径减小，因为万有引力做正功，导致其速度增大，A 错误；根据 ω

$=\frac{v}{r}$可知，角速度增大，B 正确；根据 $a=\frac{v^2}{r}$可知，向心加速度增大，C 正确；根据 $T=\frac{2\pi}{\omega}$可知，周期减小，D 错误。]

3．C　[设卫星轨道半径为 r，由$\frac{GMm}{r^2}=\frac{mv^2}{r}$①($M$ 为地球的质量)，由题目条件知其引力势能为 $E_p=-\frac{GMm}{r}$②，由①②得卫星在 r 处时的总能量为 $E=E_p+\frac{1}{2}mv^2=-\frac{GMm}{2r}$③，半径为 r_1 时，卫星总能量 $E_1=-\frac{GMm}{2r_1}$④，半径为 r_2 时，其总能量 $E_2=-\frac{GMm}{2r_2}$⑤，由功能关系得，卫星轨道变化过程中克服阻力做的功 $W_f=E_1-E_2=-\frac{GMm}{2r_1}+\frac{GMm}{2r_2}$⑥，又$\frac{GMm'}{R^2}=m'g$⑦，由⑥⑦得 $W_f=\frac{mgR^2}{2}\left(\frac{1}{r_2}-\frac{1}{r_1}\right)$，故 C 正确。]

4．BD　[登月探测器在环月轨道 2(椭圆轨道)上绕行时，根据开普勒第二定律可知，远月 P 点处速度最小，A 错误；根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，环月轨道 1 的轨道半径大于月球的半径，可知登月探测器在环月轨道 1(圆轨道)的速度比月球上的第一宇宙速度小，B 正确；登月探测器在接近月面过程喷火以减速，该过程机械能减小，C 错误；登月探测器在环月轨道 1 上 P 点要制动减速才能进入环月轨道 2，则登月探测器在环月轨道 1 上 P 点的速度大于在环月轨道 2 上 P 点的速度，D 正确。]

5．C　[组合体在天上只受万有引力的作用，则组合体中的货物处于失重状态，A 错误；由题知组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动，而第一宇宙速度为最大的环绕速度，则组合体的速度大小不可能大于第一宇宙速度，B 错误；已知同步卫星的周期为 24 h，则根据角速度和周期的关系有$\omega=\frac{2\pi}{T}$，由于 $T_{同}>T_{组合体}$，则组合体的角速度大小比地球同步卫星的大，C 正确；由题知组合体在地球引力作用下绕地球做圆周运动，有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，整理有 $T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$，由于 $T_{同}>T_{组合体}$，则 $r_{同}>r_{组合体}$，根据 $ma=G\frac{Mm}{r^2}$，可知 $a_{同}<a_{组合体}$，D 错误。]

6．AC　[根据 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$ 得 $a=G\frac{M}{r^2}$，由图可知 $a_A=a_C<a_B$，A 正确；卫星 C 向后喷气加速做离心运动，不能追上同轨道的 A，B 错误；根据 $\left(\frac{2\pi}{T_2}-\frac{2\pi}{T_1}\right)t=2\pi$，卫星 A 与卫星 B 又一次相距最近的时间间隔为 $t=\frac{T_1T_2}{T_1-T_2}$，C 正确；第一宇宙速度是最小发射速度，则卫星 A、C 的发射速度大于第一宇宙速度，D 错误。]

7．ABD　[利用万有引力定律有 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$，可得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，即轨道半径越大，运行速度越小，所以 A 的速度比 B 的小，A 正确；若 A、B 质量相等，则 A 在发射过程中克服引力做功多，故所需发射速度大，发射 A 需要更多的能量，B 正确；由 $T=\sqrt{\frac{4\pi^2r^3}{GM}}$可知周期与半径呈非线性关系，所以 B 不

在 A、C 连线的中点处，C 错误；经过 12 小时，A 运动半周，而 B 运动一周，两者在地心异侧共线，相距最远，D 正确。]

微专练 27　恒力和变力的功与功率

1．C　[弹力和摩擦力的作用点并没有发生位移，所以地面对人始终不做功，C 正确。]

2．C　[人对车厢的推力向右，与车厢的运动方向相同，所以对车厢做正功，A 错误；因为人对车厢的摩擦力向左，所以车厢对人的摩擦力向右，与人的运动方向相同，所以摩擦力对人做正功，B 错误；因为车厢对人的推力和摩擦力平衡，所以人对车厢的推力和摩擦力大小相等，由于推车的力逐渐增大，则推力和摩擦力的功率逐渐增大，C 正确，D 错误。]

3．C　[设斜面的倾角为 α，物体沿斜面下滑时，克服摩擦力做的功 $W_f=\mu mg\cos\alpha\cdot s=\mu mgs\cos\alpha=\mu mgL$，$L$ 为斜面的水平长度，Ⅰ和Ⅱ的路径虽然不同，但他们的水平长度 L 相同，因此它们克服摩擦力所做的功相同，故 C 正确，A、B、D 错误。]

4．BD　[设 F 与竖直方向的夹角为 θ，由受力平衡可得 $F\cos\theta=F_f$，$F\sin\theta=F_N$，$F_f=\mu F_N$，解得 $F_N=\dfrac{F}{\sqrt{1+\mu^2}}$，故 A 错误，B 正确；恒力 F 的功率大小为 $P=Fv\cos\theta=\dfrac{\mu Fv}{\sqrt{1+\mu^2}}$，故 C 错误，D 正确。]

5．A　[将圆弧分成很多小段 l_1、l_2、…、l_n，拉力 F 在每小段上做的功为 W_1、W_2、…、W_n，因拉力 F 大小不变，方向始终与小球的运动方向成 37°角，所以 $W_1=Fl_1\cos 37°$，$W_2=Fl_2\cos 37°$，$W_n=Fl_n\cos 37°$故 $W_F=W_1+W_2+\cdots+W_n=F\cos 37°(l_1+l_2+\cdots+l_n)=F\cos 37°\cdot\dfrac{\pi R}{3}=10\times0.8\times\dfrac{\pi}{3}\times6\ \text{J}=16\pi\ \text{J}$，故 A 正确，B 错误；同理可得小球克服摩擦力做的功 $W_f=\mu mg\cdot\dfrac{\pi R}{3}=8\pi\ \text{J}$，故 C、D 错误。]

6．BD　[摆球下落过程中，在重力方向(竖直方向)上的分速度 v_y 先增大后减小，则由 $P_G=mgv_y$，知重力做功的功率先增大后减小，故 A 错误；悬线的拉力始终与速度方向垂直，做功为 0，故 B 正确；空气阻力的大小不变，方向始终与速度方向相反，故做功为 $W_F=-F\cdot\dfrac{1}{2}\pi L=-\dfrac{1}{2}F\pi L$，故 C 错误，D 正确。]

7．BC　[小球落到一倾角为 θ 的斜面上时，其速度方向与斜面垂直，故小球击中斜面前瞬间，速度方向与竖直方向的夹角为 θ，$\cot\theta=\dfrac{v_y}{v_0}$，解得 $v_y=20\ \text{m/s}$，此时重力做功的功率为 $P=mgv_y=2\times10\times20\ \text{W}=400\ \text{W}$，故 B 正确，A 错误；平抛运动的时间为 $t=\dfrac{v_y}{g}=2\ \text{s}$，下降的高度为 $h=\dfrac{1}{2}gt^2=20\ \text{m}$，重力做功的平均功率 $\bar{P}=\dfrac{mgh}{t}=200\ \text{W}$，故 C 正确，D 错误。]

8．A　[根据题意，设物块与地面间的动摩擦因数为 μ，则 $a_1=\mu g=\dfrac{v_0}{t_1}$，解得 $\mu=0.3$，设拉力为 F，则

$\mu mg-F=m\frac{v_0}{t_2}$，解得 $F=2$ N；物块在拉力作用下运动的距离 $x=\frac{1}{2}v_0t_2=4.5$ m，则拉力做的功 $W=Fx=9$ J，故 A 正确。]

9．A [A、B 作为整体，由牛顿第二定律得$(m_A+m_B)g\sin\theta=(m_A+m_B)a$，解得 $a=g\sin\theta$，由牛顿第二定律知，A 所受合力方向沿斜面向下，与速度方向相同，故 A 所受合力对 A 做正功，故 A 正确；B 对 A 的弹力竖直向上，与速度方向的夹角大于 90°，故 B 对 A 的弹力对 A 做负功，故 B 错误；B 对 A 的摩擦力方向水平向左，与速度方向的夹角小于 90°，故 B 对 A 的摩擦力对 A 做正功，故 C 错误；由于 $a_A=g\sin\theta$，可知 B 对 A 的摩擦力和支持力的合力大小为 $m_Ag\cos\theta$，且方向垂直斜面向上，由牛顿第三定律知，A 对 B 的摩擦力和压力垂直斜面方向向下，则 A 对 B 的作用力对 B 不做功，故 D 错误。]

10．B [对小滑环受力分析，其受重力和支持力，将重力沿杆的方向和垂直杆的方向正交分解，小滑环做初速度为零的匀加速直线运动，设杆与水平方向的夹角为θ，圆的半径为 R，根据牛顿第二定律得，加速度 $a=g\sin\theta$，由题图可知，小滑环的位移 $s=2R\sin\theta$，又 $s=\frac{1}{2}at^2$，所以 $t=\sqrt{\frac{2s}{a}}=\sqrt{\frac{2\times2R\sin\theta}{g\sin\theta}}=\sqrt{\frac{4R}{g}}$，$t$ 与θ无关，即 $t_1=t_2=t_3$，而三个滑环重力做功 $W_1>W_2>W_3$，所以有 $P_1>P_2>P_3$，B 正确。]

11．D [滑块在 AB、BC 两段均做匀加速直线运动，在 AB 段加速度为 a_1，在 BC 段加速度为 a_2，且 $a_1<a_2$，则 $v=at$，$x=\frac{1}{2}at^2$，故 A、B、C 错误；重力的瞬时功率 $P_G=mgv\sin\theta=mgat\sin\theta$，因 $a_1<a_2$，则 AB 段的斜率小于 BC 段的斜率，故 D 正确。]

12．C [物块速度加速到与传送带速度相等之前，物块所受传送带的摩擦力水平向右，根据牛顿第二定律$\mu mg+F=ma_1$，解得物块的加速度 $a_1=8$ m/s^2，此过程加速的时间 $t_1=\frac{v}{a_1}=2$ s，物块向右运动的距离 $x_1=\frac{1}{2}a_1t_1^2=16$ m$=L$，恰好等于传送带的长度，可知物块从 A 端运动到 B 端的过程一直做匀加速运动，运动的时间 $t=t_1=2$ s，故 A、B 错误；摩擦力对物块做功 $W=\mu mgL=96$ J，故 C 正确；物块运动到 B 端时速度大小为 $v_1=a_1t_1=16$ m/s，恒力 F 的瞬时功率 $P=Fv_1=160$ W，故 D 错误。]

13．AD [根据功的计算式，力 F 对物体做功 $W=F(L+x)$，故 A 正确；小物块受到的摩擦力向左，摩擦力对物体做功 $W_f=-F_f(L+x)$，故 B、C 错误；木板受到的摩擦力向右，摩擦力对木板做功 $W_f'=F_fx$，故 D 正确。]

微专练 28　机车启动问题

1．A [n 节动力车厢输出的总功率为 nP，则有 $nP=f_mv_m$，又 $f_m=kv_m$，解得动车组的最大速度 $v_m=\sqrt{\frac{nP}{k}}$，故 A 正确。]

2．B　[汽车匀速行驶时，有 $F=F_f$，$P=Fv$，汽车功率突然变为 $\frac{3}{4}P$ 的瞬间，牵引力发生变化，速度不变，则有 $\frac{3}{4}P=F'v$，由牛顿第二定律有 $F_f-F'=ma$，由上面几式解得 $a=\frac{P}{4mv}$，B 正确，A、C、D 错误。]

3．B　[由图像可知，汽车匀速运动时的牵引力大小为 1×10^4 N，此时汽车所受阻力的大小为 1×10^4 N，A 错误，B 正确；汽车恒定功率为 $P=Fv=1\times10^4\times10$ W$=1\times10^5$ W，C 错误；汽车在 $t=10$ s 时，汽车做匀速运动，则速度大小为 10 m/s，D 错误。]

4．D　[由图可知，汽车的额定功率 $P=Fv=2\times10^3\times30$ W$=6\times10^4$ W，D 正确；当汽车速度为 $v_m=30$ m/s 时，由平衡条件可得 $F_{阻}=F=2\times10^3$ N，汽车刚启动时所受牵引力为 $F'=6\times10^3$ N，由牛顿第二定律可得汽车做匀加速直线运动的加速度为 $a=\frac{F'-F_{阻}}{m}=2$ m/s^2，C 错误；汽车匀加速运动过程中的最大速度 $v'=\frac{P}{F'}=10$ m/s，A 错误；汽车做匀加速直线运动的时间 $t=\frac{v'}{a}=5$ s，B 错误。]

5．AD　[由图像可知，赛车的加速度随速度的增大而减小，故赛车初始阶段做加速度逐渐减小的加速运动，A 正确；由图像可知，赛车的加速度随速度的增大而减小，即随时间的增大而减小，B 错误；对赛车受力分析可知，受重力、支持力、牵引力和阻力，根据牛顿第二定律，有 $F-F_f=ma$，即 $\frac{P}{v}-F_f=ma$，变形得 $a=\frac{P}{mv}-\frac{F_f}{m}$，结合图线，可知 $b=-\frac{F_f}{m}$，$\frac{P}{m}=\frac{-b}{c}$ 故 $F_f=-mb$，$P=-\frac{mb}{c}$，C 错误，D 正确。]

6．D　[由题可知汽车所受阻力 $F_f=0.1mg=2.5\times10^3$ N，由 $v-t$ 图像可知前 4 s 内的加速度为 $a=\frac{8}{4}$ m/s^2 $=2$ m/s^2，前 4 s 内汽车做匀加速运动，由牛顿第二定律可得 $F-F_f=ma$，代入数据得 $F=7.5\times10^3$ N，故 A 错误；由题可知汽车在 4 s 时达到额定功率，其额定功率为 $P=Fv=60$ kW，故 B 错误；当汽车受力平衡时速度最大，其最大速度为 $v_m=\frac{P}{F_f}=24$ m/s，故 C 错误；当汽车的速度为 12 m/s 时，此时的牵引力为 $F'=\frac{P}{v'}=\frac{60\times10^3}{12}$ N$=5\times10^3$ N，根据牛顿第二定律得 $F'-F_f=ma'$，解得 $a'=1$ m/s^2，故 D 正确。]

7．ACD　[汽车从静止开始匀加速启动，根据牛顿第二定律可得 $F_0-F_f=ma$，可知牵引力在匀加速阶段保持不变，由公式 $P=F_0v$，可知在匀加速阶段，功率与速度成正比，随着速度的增大而增大，当 $P=P_{额}$ 时，功率保持不变，设此时的速度为 v_1，则有 $v_1=\frac{P_{额}}{F_0}=\frac{P_{额}}{F_f+ma}$，之后牵引力减小，加速度减小，速度继续增加，汽车做加速度逐渐减小的加速运动，当牵引力 $F=F_f$ 时，加速度为零，汽车速度达到最大值，之后汽车做匀速直线运动，则有 $v_m=\frac{P_{额}}{F}=\frac{P_{额}}{F_f}$，由以上分析可知，A、C、D 正确，B

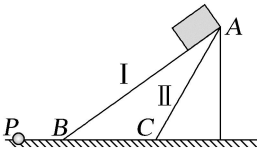
错误。]

8．A　[汽车从启动至发动机功率达到额定输出功率过程中，对汽车进行受力分析，由牛顿第二定律有 $F-F_f-mg\sin 30°=ma$，达到额定功率时 $P_{额}=Fv$，由运动学公式有 $v^2=2ax$，联立并代入数据解得 $x=25$ m，故 A 正确。]

微专练 29　动能定理的应用

1．C　[根据动能定理可得 $-mgh=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $v_1=5$ m/s，故 C 正确。]

2．B　[设斜面Ⅰ倾角为α，



长度为 l，高度为 h，甲在水平面滑行 s 后静止，全程由动能定理可得 $mgh-\mu mgl\cos\theta-\mu mgs=0$，整理得 $mgh-\mu mg(l\cos\theta+s)=0$，$l\cos\theta$为斜面在水平方向的投影，可得 $gh-\mu gs_{水平}=0$，由于斜面Ⅱ的高度与斜面Ⅰ相同，可知乙物体由静止下滑至水平面静止时水平位移与甲物体相同，故乙物体运动到P点停止运动，A、C、D 错误，B 正确。]

3．B　[当物体运动到 $x=4$ m 处时，作用力 $F=5$ N，该过程中，作用力 F 对物体做的功 $W=\frac{1}{2}(3+5)\times 4$ J$=16$ J，根据动能定理，有 $W=\frac{1}{2}mv^2-0$，代入数据，可得物体运动到 $x=4$ m 处时的速度 $v=4$ m/s，则在 $x=4$ m 处，作用力 F 的瞬时功率为 $P=Fv=5\times 4$ W$=20$ W，故 B 正确，A、C、D 错误。]

4．AB　[当木板左端恰好到达粗糙水平面左端时，由 $\frac{1}{2}\mu mgl=\frac{1}{2}mv_1^2$，解得 $v_1=1$ m/s，当木板右端恰好到达粗糙水平面右端时，由 $\frac{1}{2}\mu mgl+\mu mg(x-l)=\frac{1}{2}mv_2^2$，解得 $v_2=\sqrt{3}$ m/s，所以速度的范围应该在 1 m/s$\leqslant v_0\leqslant\sqrt{3}$ m/s，故 A、B 正确。]

5．AD　[因为小球所受的作用力 F 与速度方向垂直，所以作用力 F 对小球做功为零，故 A 正确，B 错误；当拉力 F 与重力相等时，小球做匀速直线运动，根据 $F=mg=kv^2$，解得 $v=\sqrt{\frac{mg}{k}}=\sqrt{\frac{10}{0.4}}$ m/s $=5$ m/s，根据动能定理得，$W_f=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}\times 1\times(25-225)J=-100$ J，故 C 错误，D 正确。]

6．C　[两物体质量相等，则 $F_{f1}=F_{f2}$，根据动能定理对 a 有 $W_{F1}-F_{f1}s_1=0$；同理对 b 有 $W_{F2}-F_{f2}s_2=0$，根据速度—时间图像与坐标轴围成的面积表示位移得 $s_1=4\times 2.5\times\frac{1}{2}$ m$=5.0$ m，$s_2=2\times 5\times\frac{1}{2}$ m $=5.0$ m，则 $W_{F1}=W_{F2}$，故 A、B 错误；撤除拉力后两物体的速度图像平行，故加速度大小相等，设

两物体与水平地面的动摩擦因数分别为μ_1、μ_2，有 $a_1=a_2=\mu g=1\ \text{m/s}^2$，则$\mu_1=\mu_2=\frac{1}{10}=0.1$，由以上分析可知 $F_1=m(a'+\mu_1 g)=m(\frac{2.5}{1.5}+1)=\frac{8}{3}m$，所以拉力 F_1 的最大瞬时功率 $P_1=\frac{20}{3}m$，同理 $F_2=m(a''+\mu_2 g)=m\left(\frac{2}{3}+1\right)=\frac{5}{3}m$，所以拉力 F_2 的最大瞬时功率 $P_2=\frac{10}{3}m_2$，$P_1=2P_2$，故 C 正确，D 错误。]

7．B [把绳子下端的速度分别沿着垂直绳子方向和沿着绳子的方向分解，物块在各个时刻的速度等于对应时刻沿着绳子方向的分速度，由功能关系可得人做的功等于物块的动能的增加量，则有 $W=\frac{1}{2}m(v_0\cos 37°)^2-\frac{1}{2}m(v_0\cos 53°)^2=\frac{7}{50}mv_0^2$，故 B 正确。]

8．D [小物块从 A 点出发到最后停下来，设小物块在 BC 面上运动的总路程为 s，小物块在盆底 BC 面上所受的滑动摩擦力大小不变，整个过程由动能定理有 $mgh-\mu mgs=0$，所以小物块在 BC 面上运动的总路程为 $s=\frac{h}{\mu}=\frac{0.30}{0.10}\ \text{m}=3\ \text{m}$，因 $d=0.50\ \text{m}$，$s=6d$，所以小物块在 BC 面上来回运动共 6 次，刚好 3 个来回，所以最终停在 B 点，即距离 B 点为 0，A、B、C 错误，D 正确。]

9．BC [由题意可知电动车行驶过程中受到的阻力大小 $F_f=\frac{1}{10}mg=\frac{1}{10}\times 100\times 10\ \text{N}=100\ \text{N}$，根据功能关系有 $W=P_{额}t=F_f s+\frac{1}{2}mv^2=100\times 20\ \text{J}+\frac{1}{2}\times 100\times 4^2\ \text{J}=2\ 800\ \text{J}$，解得该电动车的额定功率为 $P_{额}=\frac{W}{t}=\frac{2\ 800}{7}\ \text{W}=400\ \text{W}$，A 错误，B 正确；该电动车以额定功率行驶能达到的最大速度为 $v_{max}=\frac{P_{额}}{F_f}=\frac{400}{100}\ \text{m/s}=4\ \text{m/s}$，C 正确，D 错误。]

10．A [小滑块恰好能通过圆弧轨道的最高点，在 D 点，由牛顿第二定律，得 $mg=m\frac{v_D^2}{R}$，滑块由释放运动到 D 点过程，由动能定理得 $mgl_0\sin\alpha-\mu mg\cos\alpha\cdot l_0-mgR(1+\cos\alpha)=\frac{1}{2}mv_D^2$，代入数据联立解得 $l_0=1.725\ \text{m}$，A 正确，B、C、D 错误。]

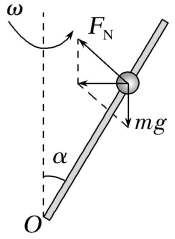
11．B [设轨道 1、2 的半径分别为 r_1、r_2，小球在轨道 1、2 上运动时的速度大小分别为 v_1、v_2，根据已知条件有 $8mg=m\frac{v_1^2}{r_1}$，$mg=m\frac{v_2^2}{r_2}$，$\frac{1}{2}r_1v_1t=\frac{1}{2}r_2v_2t$，$r_2-r_1=h$，解得 $r_2=2r_1=2h$，$v_1=\sqrt{8gh}$，$v_2=\sqrt{2gh}$，则小球在单位时间内扫过的面积为 $S=\frac{1}{2}r_1v_1=\sqrt{2gh^3}$，故 A 错误；小球在轨道 1 上运动时的动能为 $E_{k1}=\frac{1}{2}mv_1^2=4mgh$，故 B 正确；小球在轨道 2 上运动时的动能为 $E_{k2}=\frac{1}{2}mv_2^2=mgh$，故 C 错误；此过程中小球动能的变化量为 $-3mgh$，说明细绳对小球做功为 $-3mgh$，则细绳对漏斗做的功为 $3mgh$，故 D 错误。]

12．D [若小球垂直打在圆轨道上，则速度方向的反向延长线应交于圆心，由平抛运动的规律可知，

速度方向的反向延长线应交于水平位移的中点，根据题意可知圆心和水平位移的中点不是同一位置，故 A 错误；小球做平抛运动，在竖直方向上做自由落体运动，有 $h=\frac{1}{2}gt^2$，解得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，可知 h 越大，小球在空中运动时间越长，由图可知小球速度 v_0 越小，下落的高度越高，飞行时间越长，故 B 错误；设落点与 O 点的连线与水平方向的夹角为θ，小球做平抛运动 $R\cos\theta=v_0t$，$R\sin\theta=\frac{1}{2}gt^2$，由动能定理得 $mgR\sin\theta=E_k-\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $E_k=mgR(\frac{3}{4}\sin\theta+\frac{1}{4\sin\theta})$，由数学知识得，当 $\frac{3}{4}\sin\theta=\frac{1}{4\sin\theta}$，即 $\sin\theta=\frac{\sqrt{3}}{3}$时，$E_k$ 有最小值 $E_{kmin}=\frac{\sqrt{3}}{2}mgR$，根据 $p=\sqrt{2mE_{kmin}}$，可知动能最小时动量最小，此时 $x=\frac{\sqrt{6}}{3}R$，联立以上可得 $v_0=\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{3}gR}$，故 C 错误，D 正确。]

微专练 30　机械能守恒与圆周运动

1．D　[小球受重力、杆的支持力作用，如图所示，根据$\frac{mg}{\tan\alpha}=m\omega^2r=m\frac{v^2}{r}=ma$，可知小球沿杆上滑稳定后，做匀速圆周运动的半径 r 增大，加速度 $a=\frac{g}{\tan\alpha}$保持不变，角速度减小，即$\omega'<\omega$，线速度增大，故小球的动能增加，又因为高度升高，所以重力势能增大，故小球在 B 处的机械能大于在 A 处的机械能，故 A、B、C 错误，D 正确。]



2．AD　[由动能定理可知 $mgL=\frac{1}{2}mv^2-0$，解得 $v=\sqrt{2gL}$，则向心加速度 $a=\frac{v^2}{L}=2g$，可知向心加速度与绳长及球的质量无关，P 球的向心加速度一定等于 Q 球的向心加速度，A 正确；根据 $F_T-mg=ma$，可得绳子拉力 $F_T=3mg$，因 P 球的质量大于 Q 球的质量，可知 P 球所受绳的拉力一定大于 Q 球所受绳的拉力，B 错误；根据机械能守恒定律得 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=mgL$，由于 P 球的质量大于 Q 球的质量，而 $L_P<L_Q$，则两球动能大小不能确定，C 错误；在初始位置两球的动能和重力势能均为零，则机械能均为零，而两球的机械能守恒，则 P 球的机械能一定等于 Q 球的机械能，D 正确。]

3．BD　[要保证小球能通过环的最高点，在最高点最小速度 v_0 满足 $mg=m\frac{v_0^2}{r}$，从最低点到最高点由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_{min}^2=mg\cdot2r+\frac{1}{2}mv_0^2$，可得小球在最低点瞬时速度的最小值为 $v_{min}=\sqrt{5gr}$，故 A 错误，B 正确；为了使环不会在竖直方向上跳起，则在最高点小球有最大速度 v_1 时，对环的压力为

$2mg$，由牛顿第二定律可得 $mg+2mg=m\frac{v_1^2}{r}$，从最低点到最高点由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_{max}^2=mg\cdot 2r+\frac{1}{2}mv_1^2$，可得小球在最低点瞬时速度的最大值为 $v_{max}=\sqrt{7gr}$，故 C 错误，D 正确。]

4. B [若小球 A 恰好能到左侧轨道的最高点，由 $mg=m\frac{v_A^2}{R}$，得 $v_A=\sqrt{gR}$，根据机械能守恒定律有 $mg(h_A-2R)=\frac{1}{2}mv_A^2$，解得 $h_A=\frac{5}{2}R$，若小球 B 恰好能到右侧轨道的最高点，在最高点的速度 $v_B=0$，根据机械能守恒定律得 $h_B=2R$，故 $h_A>h_B$，故 A 错误；在轨道最低点，小球受到的支持力最小时，释放高度是最小的，即对左侧轨道来说，在最低点 $mgh_A=\frac{1}{2}mv_1^2$，由牛顿第二定律有 $F_{NA}-mg=m\frac{v_1^2}{R}$，联立得 $F_{NA}=6mg$，对右侧轨道来说，在最低点有 $mgh_B=\frac{1}{2}mv_2^2$，根据牛顿第二定律有 $F_{NB}-mg=m\frac{v_2^2}{R}$，联立得 $F_{NB}=5mg$，故 B 正确，C 错误；小球 A 从最高点飞出后做平抛运动，下落 R 高度时，水平位移的最小值为 $x_A=v_A\sqrt{\frac{2R}{g}}=\sqrt{gR}\cdot\sqrt{\frac{2R}{g}}=\sqrt{2}R>R$，所以小球 A 落在轨道右端开口外侧，而适当调整 h_B，B 可以落在轨道右端开口处，D 错误。]

5. AB [若小球恰能绕钉子做圆周运动，则通过圆周的最高点有 $mg=m\frac{v^2}{L-d}$，从 A 点到最高点有 $mg(2d-L)=\frac{1}{2}mv^2$，解得 $d=\frac{3}{5}L$，故 A 正确；从开始至 C 点过程，由动能定理得 $mgd=\frac{1}{2}mv_C^2-0$，在 C 点，有 $F_T=m\frac{v_C^2}{L-d}$，解得 $F_T=3mg$，故 B 正确；以过最低点 B 的水平面为零势能面，小球下落过程机械能守恒，所以在任何位置机械能均为 mgL，故 C 错误；小球到达 C 点会受到向下的重力，所以在 C 点时所受合力方向不可能水平向右，故 D 错误。]

6. C [小球通过最高点的最小速度为 $v_A=\sqrt{gL\sin\alpha}=2$ m/s，在 B 点的最小速度 v_B 满足 $\frac{1}{2}mv_B^2=\frac{1}{2}mv_A^2+2mgL\sin\alpha$，解得 $v_B=2\sqrt{5}$ m/s，故 C 正确。]

7. B [在 B 点，根据牛顿第二定律得 $mg+mg\sin 30°=m\frac{v^2}{R}$，从 B 点到 A 点，根据动能定理得 $mg2R\cdot\sin 30°=\frac{1}{2}mv'^2-\frac{1}{2}mv^2$，在 A 点，根据牛顿第二定律得 $F_T-mg\sin 30°=m\frac{v'^2}{R}$，解得 $F_T=4mg$，故 B 正确。]

微专练 31　含弹簧系统的机械能守恒问题

1. BC [小球下落过程中弹簧弹力对小球做负功，小球的机械能减少，A 错误；小球下落和弹簧接触过程中，开始做加速度逐渐减小的加速运动，当弹簧弹力等于重力时速度最大，然后做加速度逐渐增大的减速运动，故其动能先增大后减小，B 正确；小球下落过程中动能、重力势能以及弹簧弹性势

能三者之和保持不变，由于动能先增大后减小，因此弹性势能和重力势能之和先减小后增大，故C正确；由于重力势能一直减小，因此小球的动能和弹簧的弹性势能之和一直增大，故D错误。]

2．B　[由机械能守恒定律 $mgh=E_p$，$4mgh=\frac{1}{2}\cdot 4m\cdot v^2+E_p$，解得 $v=\sqrt{\frac{3gh}{2}}$，B正确，A、C、D错误。]

3．D　[不计空气阻力，运动员与蹦床组成的系统在整个运动过程中只有重力与弹力做功，蹦床与运动员组成的系统机械能守恒，运动员的动能在整个过程中先变大后变小，则运动员与蹦床组成的系统势能先变小后变大，故A错误；A 至 B，运动员做自由落体运动，只有重力做功，运动员机械能守恒，从 B 运动到 C，蹦床逐渐发生形变，蹦床弹力对运动员做负功，运动员和蹦床组成系统机械能守恒，运动员的机械能不守恒，故B错误；蹦床与运动员组成的系统机械能守恒，在 B 点时，加速度大小为 $a=\frac{mg}{m}=g$，从 B 点至 C 点过程中，运动员加速度先减小至0，后增大，可知在 C 点时，运动员所有减少的重力势能转化为蹦床的弹性势能，此时蹦床的弹性势能最大，为 $E_p=mg(\Delta x+h)$，则可得蹦床的弹力为 $F_N=\frac{2mg(\Delta x+h)}{\Delta x}$，根据牛顿第二定律可知 $F_N-mg=ma$，可得 $a=g+2g\frac{h}{\Delta x}$，则可知此时加速度最大，即在 C 点时，运动员的加速度最大，故C错误，D正确。]

4．BD　[体验者自由下落20 m时由动能定理得 $mgh=E_k$，$E_k=1\times10^4$ J，此时并不是动能最大位置，故最大动能大于 1×10^4 J，故A错误；体验者下落0～20 m过程中，只有重力做功，故机械能守恒，故B正确；体验者下落20～40 m过程中，加速度先向下后向上，故先失重后超重，故C错误；该过程中，当体验者在最低点时，弹性绳的弹性势能最大，由能量守恒得 $E_p=mgh=2\times10^4$ J，故D正确。]

5．BD　[从 A 到 B 过程由橡皮条的弹力对小球做功，小球机械能不守恒，A错误；从 A 到 B 过程中小球和橡皮条组成的系统机械能守恒得 $mgR=\frac{1}{2}mv^2+\Delta E_p$，解得弹性势能的增加为 $\Delta E_p=0.45$ J，B正确；在 B 点对小球由牛顿第二定律得 $F-mg=\frac{mv^2}{R}$，代入数值解得 $F=1.2$ N，C错误，D正确。]

6．BCD　[小球运动过程中弹性势能和动能、重力势能相互转化，因为弹簧原长为 L_0，半长轴的长为 L_0，故在 A 点弹簧处于压缩状态，压缩量等于 PO 的长度，在 C 点弹簧长度等于 L_0+PO，伸长量等于 PO 的长度，所以在 A、C 两点弹簧的形变量相等，弹簧的弹性势能相等，A错误；由于 A、C 两点弹簧的形变量相等，弹簧的弹性势能相等，重力势能也相等，根据机械能守恒，A、C 两点的动能相等，B正确；根据数学知识可知 $PD=\sqrt{\left(\frac{L_0}{2}\right)^2+\left(\frac{\sqrt{3}L_0}{2}\right)^2}=L_0$，$PD$ 的距离等于椭圆半长轴的长度 L_0，即等于弹簧原长 L_0，弹簧在原长时，弹性势能为零，而且 D 点的重力势能最小，所以小球在 D 点的动能最大、速度最大，C正确；小球套在轨道上，在 D 点时受到轨道的弹力沿 DO 方向，D正确。]

7．BCD　[滑块下滑过程中，滑块与弹簧组成的系统机械能守恒，但是滑块的机械能不守恒，A错误；当滑块加速度为零时，速度最大，根据共点力平衡有 $mg\sin 30°=k\Delta x$，解得 $\Delta x=\frac{mg\sin 30°}{k}=0.1$ m，

因为滑块从距离弹簧上端 0.4 m 处的 O 点处由静止释放，所以速度最大的位置与 O 点距离为 $d=0.4\ \text{m}+0.1\ \text{m}=0.5\ \text{m}$，B 正确；从滑块释放到最大速度过程中，根据系统机械能守恒有 $mgd\sin 30°=\frac{1}{2}kx^2+E_{km}$，解得 $E_{km}=4.5\ \text{J}$，所以下滑过程中动能最大值为 4.5 J，C 正确；滑块运动未接触弹簧之前，加速度为 $a=g\sin 30°=5\ \text{m/s}^2$，滑动到最低点的过程，根据系统机械能守恒 $mgd_m\sin 30°=\frac{1}{2}k(d_m-0.4)^2$，解得 $d_m=0.8\ \text{m}$，根据牛顿第二定律，此时滑块加速度为 $a_m=\frac{k(d_m-0.4)-mg\sin 30°}{m}=15\ \text{m/s}^2$，所以最大加速度为 $15\ \text{m/s}^2$，D 正确。]

微专练 32　非质点类和多物体机械能守恒问题

1．A　[设 U 形管横截面积为 S，液体密度为 ρ，两边液面等高时，相当于右管上方 $\frac{h}{2}$ 高的液体移到左管上方，这 $\frac{h}{2}$ 高的液体重心的下降高度为 $\frac{h}{2}$，这 $\frac{h}{2}$ 高的液体的重力势能减小量转化为全部液体的动能。由能量守恒得 $\rho\cdot\frac{h}{2}S\cdot g\cdot\frac{h}{2}=\frac{1}{2}\cdot\rho\cdot 4hS\cdot v^2$，解得 $v=\sqrt{\frac{gh}{8}}$，因此 A 正确，B、C、D 错误。]

2．C　[铁链下滑过程中靠近 B 端的一小段铁链受到上边拉链的拉力，该拉力做负功，故机械能不守恒，故 A 错误；根据几何关系可知，铁链长度为 $L=\frac{\pi R}{3}=2\ \text{m}$，铁链全部贴在球体上时，质量分布均匀且形状规则，则其重心在几何中心且重心在 $\angle AOB$ 的角平分线上，故铁链在初始位置时其重心与圆心连线长度等于端点 B 滑至 C 处时其重心与圆心连线长度，均设为 h_0，根据机械能守恒定律有 $mgh_0-mgh_0\sin 30°=\frac{1}{2}mv_1^2$，代入数据解得 $h_0=1.8\ \text{m}$，故 B 错误；铁链的端点 A 滑至 C 点时，其重心在参考平面下方 $\frac{L}{2}$ 处，则铁链的端点 A 滑至 C 点时其重心下降 $\Delta h=h_0+\frac{L}{2}=2.8\ \text{m}$，故 C 正确；铁链的端点 A 滑至 C 处过程，根据机械能守恒定律有 $mg\Delta h=\frac{1}{2}mv_2^2$，解得 $v_2=2\sqrt{14}\ \text{m/s}$，故 D 错误。]

3．D　[设轻绳与杆的夹角为 α 时物块和小球的速度大小分别为 v_1 和 v_2，则有 $v_1=v_2\cos\alpha$，当小球运动到虚线位置时 $\alpha=90°$，故 $v_1=0$，可见在小球运动到虚线位置的过程中，物块向下先做加速运动后做减速运动，即先失重后超重，轻绳的拉力先小于 mg 后大于 mg，故 A、C 错误；小球达到虚线位置时，其所受重力的方向与速度方向垂直，重力做功的功率为零，故 B 错误；在小球运动到虚线位置的过程中，只有轻绳对小球做功且一直做正功，根据动能定理可知，小球的速度一直增大，小球一直向右做加速运动，故 D 正确。]

4．AB　[在 AB 杆由静止释放到转到竖直位置的过程中，以 B 端的球的最低点为零势能点，根据机械

能守恒定律有 $mg\cdot 2L+2mg\times 2L=mgL+\frac{1}{2}\times 2m(\omega\cdot 2L)^2+\frac{1}{2}m(\omega L)^2$，解得角速度 $\omega=\sqrt{\frac{10g}{9L}}$，A 正确；在此过程中，$B$ 小球机械能的增量为 $\Delta E_B=E_{末}-E_{初}=\frac{1}{2}\times 2m(\omega\cdot 2L)^2-2mg\cdot(2L)=\frac{4}{9}mgL$，B 正确；$AB$ 杆转动过程中，杆 AC 对 C 球不做功，杆 CB 对 C 球做负功，对 B 球做正功，C 错误；由 C 选项分析可知 C 球机械能不守恒，B、C 球系统机械能守恒，D 错误。]

5．D [A 下降过程，弹簧逐渐伸长，对 B 的拉力水平向左，对物块 B 做负功，金属环 A 和物块 B 组成的系统机械能不守恒，故 A 错误；A、B 与弹簧组成的系统，只有重力和弹力做功，机械能守恒，A 下降过程中，弹簧的弹性势能一直增大，由机械能守恒定律可知，A、B 机械能一直减小，B 的速度先增大后减小，动能先增大后减小，重力势能不变，B 的机械能先增大后减小，A 的机械能一直减小，故 B 错误；A、B 与弹簧组成的系统机械能守恒，金属环 A 降到最低点时弹簧的弹性势能最大，则 A、B 的机械能最小，物块 B 的速度最小，故 C 错误；A、B 与弹簧组成的系统机械能守恒，当 A 下降到最低点时 A 的重力势能转化为弹簧的弹性势能，到达最低点时，弹簧的弹性势能最大，根据机械能守恒定律可得弹簧的弹性势能最大值为 $E_p=2mg\times 2L(\cos 30°-\cos 60°)=2(\sqrt{3}-1)mgL$，故 D 正确。]

6．A [初状态弹簧的压缩量 x_1，由平衡条件可知 $kx_1=m_Bg$，$x_1=0.5$ m，末状态弹簧的伸长量 x_2，由平衡条件可知 $kx_2=m_Cg$，$x_2=0.5$ m，初状态弹簧的压缩量等于末状态的伸长量，即该过程弹簧对系统不做功。根据系统机械能守恒定律 $m_Ag(x_1+x_2)\sin\alpha-m_Bg(x_1+x_2)=\frac{1}{2}m_Av_A^2+\frac{1}{2}m_Bv_B^2$，$v_A=v_B$，联立可得 $v_A=2$ m/s，故 A 正确，B、C、D 错误。]

微专练 33　与机械能有关的图像问题

1．AB [根据 EF 段方程 $y=4t-26$，可知 EF 段无人机的速度大小为 $v=\frac{\Delta y}{\Delta t}=4$ m/s，故 A 正确；根据 $y-t$ 图像的切线斜率表示无人机的速度，可知 FM 段无人机先向上做减速运动，后向下做加速运动，加速度方向一直向下，则无人机的货物处于失重状态，故 B 正确；根据 MN 段方程 $y=-2t+140$，可知 MN 段无人机的速度为 $v'=\frac{\Delta y'}{\Delta t'}=-2$ m/s，则可知 FN 段无人机和装载物总动能变化不为 0，故 C 错误；MN 段无人机向下做匀速直线运动，动能不变，重力势能减少，无人机的机械能不守恒，故 D 错误。]

2．AD [由图可知，人从跳台下落到 A 点的过程，人做自由落体运动，可得重力加速度大小为 $g=\frac{v_A}{t_A}$，故 A 正确；人从 A 点运动到 B 点这一过程中，人的重力势能转化为人的动能和弹性绳的弹性势能，故 B 错误；人在下落过程中，从 O 点到 A 点弹性绳对人不做功，从 A 点到 C 点，弹性绳的形变量一

直增大，弹性势能一直增大，故弹性绳对人一直做负功，故 C 错误；人从 A 点运动到 C 点这一过程中，人和弹性绳组成的系统机械能守恒，由于下落过程中，弹性绳弹性势能一直增大，故人的机械能一直减少，故 D 正确。]

3．BD [弹簧在运动过程中弹性势能在变化，故小球的机械能不守恒，应该是小球和弹簧组成的系统机械能守恒，A 错误；t_2 时刻，弹力最大，弹簧的压缩量最大，小球运动到最低点，小球的速度为零，B 正确；t_1～t_2 这段时间内，小球先向下做加速度减小的加速运动，然后做加速度增大的减速运动，动能先增大后减小，C 错误；t_2～t_3 这段时间内，弹簧的弹力不断减小，弹簧的弹性势能不断减少，由于系统机械能守恒，故小球的动能与重力势能之和在增加，D 正确。]

4．BD [图甲中 x 对应小球到达最高点 C，因为小球恰好到最高点 C，则有 $mg=m\frac{v^2}{r}$，解得 $x=v^2=gr=5\ \mathrm{m^2/s^2}$，故 A 错误；由图乙可得，$h=0$ 时即在 A 点时的速度为 $v_A^2=36\ \mathrm{m^2\cdot s^{-2}}$，由牛顿第二定律有 $F_{NA}-mg=m\frac{v_A^2}{r}$，解得 $F_{NA}=82\ \mathrm{N}$，故 B 正确；小球从 A 到 C 由动能定理可得 $W_{合}=\frac{1}{2}mv_C^2-\frac{1}{2}mv_A^2=-15.5\ \mathrm{J}$，故 C 错误；由前面分析可知 A 到 C 小球动能减少量为 15.5 J，重力势能增加量为 $\Delta E_p=mg\cdot 2r=10\ \mathrm{J}$，由能量守恒定律可知，$A$ 到 C 小球机械能减少 5.5 J，但由于在 AB 段的平均压力大于 BC 段，故在 AB 段摩擦力做功大于 BC 段，故 BC 段损失机械能小于 2.75 J，故 D 正确。]

5．AD [由图像结合小球的运动过程为：先自由落体运动，当与弹簧相接触后，再做加速度减小的加速运动，然后做加速度增大的减速运动，直到小球速度为零。当 $x=h+x_0$ 时，弹力等于重力，加速度为零，小球速度最大，动能最大，由于系统机械能守恒，所以重力势能与弹性势能之和最小，A 正确；在最低点小球速度为零，从刚释放小球到小球运动到最低点，小球动能变化量为零，重力做的功和弹力做的功的绝对值相等，即到最低点图乙中实线与 x 轴围成的面积应该与 mg 那条虚线与 x 轴围成的面积相同，所以最低点应该在 $h+2x_0$ 的后边，B 错误；由 B 知道最低点位置大于 $x=h+2x_0$，所以弹力大于 $2mg$，C 错误；当 $x=h+x_0$ 时，弹力等于重力，加速度为零，小球速度最大，动能最大，由动能定理可得 $W_G+W_N=mg(h+x_0)-mg\cdot\frac{1}{2}x_0=mgh+\frac{1}{2}mgx_0$，故 D 正确。]

6．BC [由图乙可知，当弹簧压缩量 $x=0$ 时，$a=5\ \mathrm{m/s^2}$，则有 $a=g\sin\theta=5\ \mathrm{m/s^2}$，解得 $\theta=30°$，故 A 错误；当弹簧压缩量 $x=20\ \mathrm{cm}=0.2\ \mathrm{m}$ 时，$a=0$，则有 $mg\sin\theta=kx$，解得 $k=\frac{mg\sin\theta}{x}=12.5\ \mathrm{N/m}$，故 B 正确；在 $a-x$ 图像中，图线与 x 轴所围成的面积表示 ax 的大小，当 $x=0.2\ \mathrm{m}$ 时，$a=0$，此时小球的速度最大，由 $2ax=v^2$，可知 $v=\sqrt{2ax}=\sqrt{2\times\frac{1}{2}\times5\times0.2}\ \mathrm{m/s}=1\ \mathrm{m/s}$，即小球最大的动能为 $E_{km}=\frac{1}{2}mv^2=0.25\ \mathrm{J}$，故 C 正确；由运动的对称性可知，当弹簧的压缩量为 $x_1=0.4\ \mathrm{m}$ 时，小球速度为零，此时弹簧的弹性势能最大，从最高点到小球速度为零的位置，由机械能守恒定律可得，最大的弹性势能等于重力势能的减小量，即最大弹性势能为 $E_{pm}=mgx_1\sin30°=0.5\times10\times0.4\times\frac{1}{2}\ \mathrm{J}=1\ \mathrm{J}$，故 D 错误。]

7．ACD　[由 $W_f=F_fx$ 对应图乙可知，物体与地面之间的滑动摩擦力 $F_f=2\ \text{N}$，由 $F_f=\mu mg$，可得 $\mu=0.2$，A 正确；由 $W_F=Fx$ 对应图乙可知，前 3 m 内，拉力 $F_1=5\ \text{N}$，3～9 m 内拉力 $F_2=2\ \text{N}$，物体在前 3 m 内的加速度 $a_1=\dfrac{F_1-F_f}{m}=3\ \text{m/s}^2$，C 正确；由动能定理得 $W_F-F_fx=\dfrac{1}{2}mv^2$，可得 $x=9\ \text{m}$ 时，物体的速度为 $v=3\sqrt{2}\ \text{m/s}$，D 正确；物体的最大位移 $x_m=\dfrac{W_F}{F_f}=\dfrac{27}{2}\ \text{m}=13.5\ \text{m}$，B 错误。]

8．A　[小球做竖直上抛运动，设初速度为 v_0，则 $v=v_0-gt$，小球的动能 $E_k=\dfrac{1}{2}mv^2$，把速度 v 代入得 $E_k=\dfrac{1}{2}mg^2t^2-mgv_0t+\dfrac{1}{2}mv_0^2$，$E_k$ 与 t 为二次函数关系，故 A 正确。]

9．B　[由题意可知卫星在轨道上运动时，万有引力提供向心力，设地球半径为 R，有 $G\dfrac{Mm}{(R+h)^2}=m\dfrac{v^2}{(R+h)}$，化简后可得 $mv^2=\dfrac{GMm}{R+h}$，又因为 $E_k=\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{GMm}{2(R+h)}$，所以可知 E_k 随 h 的增大非线性减小，故 B 正确，A、C、D 错误。]

10．B　[物块运动到距地面高 h 处时，其机械能 $E=mgh_0-\mu mg\cdot\cos\theta\left(\dfrac{h_0}{\sin\theta}-\dfrac{h}{\sin\theta}\right)$，可知图乙中图像的斜率 $k=\dfrac{\mu mg\cos\theta}{\sin\theta}=\dfrac{1}{2}mg$，解得 $\mu=\dfrac{1}{2}\tan\theta$，故 B 正确。]

11．BC　[取斜面底端为重力势能零点，则小物块在斜面底端时的机械能即为动能有 $\dfrac{1}{2}\times1\times v^2=50\ \text{J}$，解得 $v=10\ \text{m/s}$，故 A 错误；小物块在 $x=5\ \text{m}$ 处的重力势能 $E_p=mgx\sin\theta=30\ \text{J}$，则 $\theta=37°$，由功能关系可知，小物块克服摩擦力做功等于机械能的变化，则有 $\mu mgx\cos 37°=(50-30)\text{J}$，解得 $\mu=0.5$，故 B 正确；由动能定理得 $-mgx_1\sin 37°-\mu mgx_1\cos 37°=E_{k1}-\dfrac{1}{2}mv^2$，其中 $x_1=3\ \text{m}$，解得 $E_{k1}=20\ \text{J}$，故 C 正确；由动能定理得 $-mgx_2\sin 37°-\mu mgx_2\cos 37°=\Delta E_{k2}$，解得 $\Delta E_{k2}=-50\ \text{J}$，即动能减小 50 J，故 D 错误。]

12．BCD　[由图可知，小球到最低点时，高度下降 0.6 m，则重力势能减少 $\Delta E_{p2}=mgh_{max}=6\ \text{J}$，重力势能转化为内能和弹簧的弹性势能，根据 $Q=fh_{max}=\Delta E_{p2}-\Delta E_{p1}$，解得 $f=2\ \text{N}$，则图乙中 $a=4$，故 A 错误；结合图甲和图丙，可知小球高度下降 0.5 m 内，重力和空气阻力做功，根据 $mgh-fh=E_k$，解得 $y=0.5\ \text{m}$ 时的动能 $E_k=4\ \text{J}$，则丙图中 $b=4$，故 B 正确；当小球动能最大时，小球加速度为零，根据平衡条件 $F_{弹}+f=mg$，解得 $F_{弹簧}=8\ \text{N}$，故 C 正确；根据功能关系可知，小球高度下降 0.5 m 时，机械能的减少量等于克服阻力所做的功为 $\Delta E=10-c=fx$，解得 $c=9$，根据能量守恒定律可知，小球高度下降 0.6 m 时，动能为零，则小球减少的重力势能等于减少的机械能为 6 J，则 $d=4$，故 D 正确。]

微专练 34　功能关系的应用

1．C　[整个过程中，物体的高度下降了 $h=1.8\ \text{m}-1.25\ \text{m}=0.55\ \text{m}$，则重力对物体做正功为 $W=mgh=0.1\times10\times0.55\ \text{J}=0.55\ \text{J}$，$W_G=-\Delta E_p$，故小球的重力势能一定减少 0.55 J，故 C 符合题意，A、B、D 不符合题意。]

2．AC　[已知物块上滑的加速度大小为 g，由动能定理得：动能损失等于物体克服合外力做功为 $\Delta E_k=W_{合}=F_{合}\cdot\dfrac{H}{\sin 30^\circ}=mg\cdot2H=2mgH$，故 A 正确，B 错误；设摩擦力的大小为 F_f，根据牛顿第二定律得 $mg\sin 30^\circ+F_f=ma=mg$，解得 $F_f=0.5mg$，则物块克服摩擦力做功为 $W_f=F_f\cdot2H=0.5mg\cdot2H=mgH$，根据功能关系可知机械能损失了 mgH，故 C 正确，D 错误。]

3．AC　[根据图像可知，F 撤去前瞬间，加速度为零，故 $F=mg$，初始时 $kx_0=mg$，对物块有 $F+k(x_0-x)-mg=ma$，即 $a=\dfrac{F}{m}-\dfrac{k}{m}x$，根据图像可知，$\dfrac{F}{m}$为图像的截距，为定值，所以 F 为恒力，故 A 正确；初始时刻加速度最大，为 $a_m=\dfrac{F+kx_0-mg}{m}=g$，故 B 错误；从初始到物块脱离弹簧，根据速度位移公式 $v^2=2ax$，可知 $a-x$ 图像与横轴围成的面积表示 $\dfrac{1}{2}v^2$，则有 $\dfrac{1}{2}v^2=\dfrac{1}{2}ax_0=\dfrac{1}{2}gx_0=\dfrac{mg^2}{2k}$，从脱离弹力到最高点，根据动能定理有 $-mgh=0-\dfrac{1}{2}mv^2$，联立解得外力 F 撤去后物块可以继续上升的最大高度为 $h=\dfrac{mg}{2k}$，故 C 正确；从初始到物块脱离弹簧，根据功能关系有 $E_p-mgx_0+Fx_0=\dfrac{1}{2}mv^2$，解得弹簧最大弹性势能为 $E_p=\dfrac{m^2g^2}{2k}$，故 D 错误。]

4．ABD　[根据重力做功与重力势能变化关系，可得 $W_G=-\Delta E_p$，解得 $W_G=-5\ \text{J}$，即小球克服重力做功为 5 J，故 A 正确；根据电场力做功与电势能变化关系，可得 $W_{电}=-\Delta E_{p电}$，解得 $\Delta E_{p电}=2\ \text{J}$，即小球的电势能减少了 2 J，故 C 错误；除重力以外其他力做的功等于机械能的变化，可得 $W_{电}+W_{阻}=\Delta E$，解得 $W_{阻}=-0.5\ \text{J}$，小球克服空气阻力做功为 0.5 J，故 B 正确；由动能定理可得 $W_G+W_{电}+W_{阻}=\Delta E_k$，解得 $\Delta E_k=-3.5\ \text{J}$，即小球的动能减少了 3.5 J，故 D 正确。]

5．A　[棒受重力 G、拉力 F 和安培力 F_A 的作用。由动能定理 $W_F+W_G+W_{安}=\Delta E_k$，得 $W_F+W_{安}=\Delta E_k+mgh$，即力 F 做的功与安培力做功的代数和等于机械能的增加量，故 A 正确；由动能定理，动能增加量等于合力的功，合力的功等于力 F 做的功、安培力的功与重力的功代数和，故 B 错误；棒克服重力做功等于棒的重力势能增加量，故 C 错误；棒克服安培力做功等于电阻 R 上放出的热量，故 D 错误。]

6．C　[由图得 AB 长度为物块的位移 $x=L=\dfrac{(6+2)\times4}{2}\ \text{m}=16\ \text{m}$，故 A 错误；6 s 内传送带的路程为 $s=v_0t=24\ \text{m}$，物块相对于传送带滑动的距离 $\Delta x=s-x=8\ \text{m}$，故 B 错误；由图可知，物块的加速度为 $a=\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=1\ \text{m/s}^2$，对物块用牛顿第二定律得 $\mu mg=ma$，解得 $\mu=0.1$，故 D 错误；传送带因传送物

块多消耗的电能为传送带 4 s 内克服摩擦力做的功，即 $E=\mu mgs'=\mu mgv_0t'=16$ J，故 C 正确。]

7．A [设平板车的质量为 M，加速度大小为 a_1，小物块的质量为 m，加速度大小为 a_2，则根据题意有 $a_1=\frac{\mu mg}{M}$，$a_2=\frac{F-\mu mg}{m}$，$a_1t=v$，$a_1t=v_0+a_2t$，联立以上各式解得 $\mu=0.1$，$F=6$ N，故 A 正确，B 错误；设小车的位移为 x_1，小物块的位移为 x_2，相对位移为 Δx，则有 $x_1=\frac{v}{2}\cdot t=18$ m，$x_2=\frac{v_0+v}{2}\cdot t=27$ m，可得 $\Delta x=x_2-x_1=9$ m，故 C 错误；设 0～1 s 内小车的位移为 x_1'，小物块的位移为 x_2'，相对位移为 $\Delta x'$，则有 $x_1'=\frac{1}{2}a_1t_1^2$，$x_2'=v_0t_1+\frac{1}{2}a_2t_1^2$，$\Delta x'=x_2'-x_1'$，代入数据解得 $\Delta x'=5$ m，则 0～1 s 内小物块与小车间因摩擦产生的热量为 $Q=\mu mg\Delta x'=10$ J，故 D 错误。]

微专练 35　动量定理的应用

1．D [因安全气囊充气后，受力面积增大，故减小了司机单位面积的受力大小，故 A 错误；有无安全气囊，司机初动量和末动量均相同，所以动量的改变量也相同，故 B 错误；因有安全气囊的存在，司机和安全气囊接触后会有一部分动能转化为气体的内能，不能全部转化成汽车的动能，故 C 错误；因为安全气囊充气后面积增大，司机的受力面积也增大，在司机挤压气囊作用过程中由于气囊的缓冲故增加了作用时间，故 D 正确。]

2．C [以铁锤为研究对象，取竖直向上为正方向，则打击之前铁锤的速度为 $v_1=-3$ m/s，打击之后铁锤的速度为 $v_2=0$，设钉子对铁锤的平均作用力为 F，方向竖直向上，根据动量定理可得 $(F-mg)t=\Delta mv=mv_2-mv_1$，代入数据解得 $F=35$ N；根据牛顿第三定律可得铁锤钉钉子的平均作用力大小为 35 N，方向竖直向下，故 C 正确。]

3．C [$t=1$ s 时，$F=2$ N，所以钩码在 0～1 s 内处于静止状态，1 s 后钩码开始运动，由牛顿第二定律得 $F-mg=ma$，解得 $a=(10t-10)\text{m/s}^2$，所以钩码 1 s 后做变加速直线运动，B 错误；设 2 s 时钩码的速度为 v，$I_F-mg\Delta t=mv$，其中 $\Delta t=1$ s，$I_F=\frac{2+4}{2}\times 1$ N·s$=3$ N·s，解得 $v=5$ m/s，故 C 正确，A 错误；0～2 s 内重力的冲量 $I_G=mgt_2=0.2\times 10\times 2$ N·s$=4$ N·s，故 D 错误。]

4．B [根据机械能守恒定律有 $mgL(1-\cos 37°)=\frac{1}{2}mv_1^2$，碰撞后重物上升过程，有 $mgh=\frac{1}{2}mv_2^2$；根据动量定理，有 $Ft=mv_2-(-mv_1)$，联立解得 $F=5\,000$ N，故 B 正确。]

5．D [圆盘停止转动前，小物体随圆盘一起转动，小物体所受摩擦力提供向心力，方向沿半径方向，故 A 错误；圆盘停止转动前，小物体所受摩擦力 $F_f=m\omega^2r$，根据动量定理得，小物体运动一圈所受摩擦力的冲量为 $I=mv-mv=0$，大小为 0，故 B 错误；圆盘停止转动后，小物体沿切线方向运动，故 C 错误；圆盘停止转动后，根据动量定理可知，小物体整个滑动过程所受摩擦力的冲量为 $I'=\Delta p=0-mv=-m\omega r$，大小为 $m\omega r$，故 D 正确。]

6．B　[由图像可知位移大小为 15 m 时，速度大小为最大值，可知该位移处有弹性绳的弹力与运动员的重力等大，所以弹性绳处于伸长状态，即弹性绳的原长小于 15 m，故 A 错误；运动员下落过程中先做加速度为 g 的加速运动，至弹性绳恰好拉直后运动员继续做加速度减小的加速运动，直至速度达到最大，此时位移大小为 15 m，所以 0～15 m 下落过程中，运动员重力势能的减少量等于动能的增加量加上弹性绳弹性势能的增加量，故 B 正确；15 m 时，弹性绳的弹力与运动员的重力等大合力为零，之后运动员继续向下运动，弹性绳伸长量继续变大，弹性绳弹力大于重力，合力向上且变大，故 C 错误；0～27 m 下落过程中由动量定理可得 $I_G+I_{弹}=0$，可知运动员重力冲量大小等于弹性绳弹力冲量大小，故 D 错误。]

7．D　[由于物块的速度方向发生变化，根据动量定理 $I_{合}=\Delta p$，即动量一定会发生变化，则合外力的冲量一定不会等于 0，故 A 错误；如果设 $v_1=v_2$，回到 P 点时，物块的动能没有发生变化，根据动能定理，合外力对物块做功为 0，但由于 $v_1\neq v_2$，则合外力对物块做的功不为零，故 B 错误；当 $v_1>v_2$，时，根据对称性，物块再次回到 P 点时的速度仍为 v_2，根据动量定理 $I_{合}=\Delta p=2mv_2$，当 $v_1<v_2$ 时，物块再次回到 P 点时的速度为 v_1，根据动量定理 $I_{合}=\Delta p=mv_2+mv_1$，故 C 错误，D 正确。]

8．BCD　[根据 $P=Fv$，$a=\dfrac{F-F_f}{m}$，由于电动机输出功率恒为 P，可知随着电动车速度增加，牵引力减小，加速度减小，则电动车做加速度逐渐减小的加速运动，故 A 错误，B 正确；根据动能定理可得 $Pt-F_fx=\dfrac{1}{2}mv_m^2$，解得电动车的最大速度为 $v_m=\sqrt{\dfrac{2(Pt-F_fx)}{m}}$，故 C 正确；当牵引力等于阻力时，速度最大，则有 $v_m=\dfrac{P}{F_f}$，根据动量定理可得 $I_F-F_ft=mv_m$，联立可得电动车所受牵引力的冲量为 $I_F=\dfrac{mP}{F_f}+F_ft$，故 D 正确。]

9．AC　[设返回舱加速度为 a，单个发动机推力为 F，根据牛顿第二定律有 $4F-Mg=Ma$，将 $F=4.5\times10^4$ N，$M=3\times10^3$ kg，代入解得 $a=5g$，对航天员根据牛顿第二定律有 $F_{舱}-mg=ma$，代入数据解得 $F_{舱}=6mg$，故 A 正确，B 错误；根据运动学公式可求返回舱落地时间 $t=\dfrac{v_0}{a}=0.2$ s，由题意知反推发动机推进剂的喷出速度为 v(远远大于返回舱的速度)，设发动机喷出推进剂的总质量为Δm，以喷出的质量为Δm 的推进剂为研究对象，根据动量定理有 $4Ft=\Delta mv$，代入数据联立解得 $v=\dfrac{4Ft}{\Delta m}=3.6\times10^3$ m/s，故 C 正确，D 错误。]

10．A　[游客静止时，有 $F=mg$，在时间 t 内吹出的风体积为 $V=Qt$，吹到游客身上的体积为 $\dfrac{S}{\frac{1}{4}\pi d^2}Qt$，其质量为 $m_{风}=\rho\dfrac{S}{\frac{1}{4}\pi d^2}Qt$，根据动量定理，有 $Ft=m_{风}v$，联立可得 $m=\dfrac{4\rho QSv}{\pi d^2g}$，故 A 正确。]

11．B　[水柱做竖直下抛运动，设落地速度为 v，由匀变速直线运动的规律 $v^2-v_0^2=2gh$，可得 $v=\sqrt{v_0^2+2gh}=6\ \text{m/s}$，对与地面发生碰撞而落地的水取一段圆柱体水柱，设时间为 Δt，长度为 $l=v\cdot\Delta t$，质量为 $m=\rho V=\rho Sl=\rho Sv\Delta t$，冲击地面后的速度为零，取向下为正，由动量定理 $(mg-F)\Delta t=0-mv=-\rho Sv^2\Delta t$，由牛顿第三定律知水柱对地面的平均冲击力 F' 与地面对水的力 F 等大反向，而 $mg\ll F$，则水柱的重力可忽略，联立可得 $F'=F=\rho Sv^2=7.2\ \text{N}$，故 B 正确，A、C、D 错误。]

12．A　[由 $E=hv$，$p=\frac{h}{\lambda}$ 以及光在真空中光速 $c=\lambda v$ 知，光子的动量和能量之间关系为 $E=pc$。设时间 t 内射到探测器上的光子个数为 n，每个光子能量为 E，光子射到探测器上后全部反射，则这时光对探测器的光压最大；每秒每平方米面积获得的太阳光能 $E_0=\frac{n}{St}\cdot E$，由动量定理得 $F\cdot\frac{t}{n}=2p$，对探测器应用牛顿第二定律 $F=ma$，代入数据解得 $a=1.0\times10^{-3}\ \text{m/s}^2$，故 A 正确，B、C、D 错误。]

微专练 36　碰撞与类碰撞模型

1．B　[小球 A 与静止小球 B 发生正碰，规定小球 A 的初速度方向为正方向，设撞后 B 球的速度大小为 v_2，根据碰撞过程中动量守恒可得 $mv_0=mv_1+2mv_2$，碰后 A 球停下，即 $v_1=0$，解得 $v_2=\frac{1}{2}v_0$，又 $E_k=\frac{1}{2}mv_0^2$，所以碰后 B 球的动能为 $E_{kB}=\frac{1}{2}\times2mv_2^2=\frac{1}{4}mv_0^2=\frac{E_k}{2}$，A、C、D 错误，B 正确。]

2．C　[由题图可知，碰撞后总动量为正，根据动量守恒定律可知，碰撞前的总动量也为正，故碰撞前滑块Ⅰ的动量较大，故 A 错误；根据动量守恒定律有 $5m_1-3m_2=2(m_1+m_2)$，解得 $m_1:m_2=5:3$，故 B 错误，C 正确；碰撞过程中滑块Ⅰ受到的冲量与滑块Ⅱ受到的冲量大小相等，方向相反，故 D 错误。]

3．A　[根据动量守恒可得 $mv_0=(M+m)v$，解得子弹打入木块后子弹和木块的共同速度为 $v=\frac{mv_0}{M+m}=10\ \text{m/s}$，故 A 正确；根据动能定理可知，子弹对木块做的功为 $W=\frac{1}{2}Mv^2-0=450\ \text{J}$，故 B 错误；根据能量守恒定律可知，子弹打入木块过程中产生的热量为 $Q=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(M+m)v^2=4\ 500\ \text{J}$，可知木块和子弹系统机械能不守恒，故 C、D 错误。]

4．A　[要保证两者间距不变，应同时满足两个条件：一是碰后 A 反向且 A、B 速度大小相同；二是进入粗糙区域后，A 受到的洛伦兹力等于重力，根据弹性碰撞动量、机械能守恒有 $m_Av_0=-m_Av_A+m_Bv_B$，$\frac{1}{2}m_Av_0^2=\frac{1}{2}m_Av_A^2+\frac{1}{2}m_Bv_B^2$，令 $v_B=v_A$，解得 $3m_A=m_B$，为保证 A 物块进入粗糙水平面后，速度不变，则洛伦兹力竖直向上与重力平衡，故根据左手定则可知，物块 A 带正电，故 A 正确。]

5．B　[b 沿 a 上升到最大高度时，两者速度相等，在水平方向，由动量守恒定律得 $mv_0=(m+4m)v$，

由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(m+4m)v^2+mgh$，解得 $h=\frac{2v_0^2}{5g}$，A、C 错误；滑块 b 从滑上 a 到滑离 a 后，滑块 a 运动的速度最大，系统在水平方向动量守恒，对整个过程，以向右为正方向，由动量守恒定律得 $mv_0=mv_b+4mv_a$，由机械能守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_b^2+\frac{1}{2}\times4mv_a^2$，解得 $v_a=\frac{2}{5}v_0$，$v_b=-\frac{3}{5}v_0$，B 正确，D 错误。]

6．C [设小球甲的初速度方向为正方向，碰前小球甲的速度大小为 v_0，两球刚好发生一次碰撞，说明小球乙从斜劈回到水平面后的速度与小球甲相同，则碰后两球的速度方向相反，由碰撞过程中的动量守恒有 $m_1v_0=m_1(-\frac{v_0}{3})+m_2\frac{v_0}{3}$，解得 $m_1:m_2=1:4$，故 C 正确，A、B、D 错误。]

7．A [设滑块 P 的初速度为 v_0，由已知可得 $\frac{1}{2}mv_0^2=E$，P 与 Q 碰撞过程中，两滑块速度相等时，弹簧压缩量最大，此时弹性势能最大，整个过程中，满足动量守恒 $mv_0=(m+3m)v_1$ 时，最大弹性势能 $E_p=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}\times(m+3m)v_1^2$，解得 $E_p=\frac{3}{8}mv_0^2=\frac{3}{4}E$，故 A 正确。]

8．B [由题意知，小车和木块系统动量守恒，有 $mv_0=(M+m)v$，由能量守恒，得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(M+m)v^2+\mu mgL+E_{pmax}$，联立解得 $E_{pmax}=178\ \text{J}$，故 B 正确。]

9．AC [因为 A、B 球从离地面高度 H 处以相同的初速度 $v_0=\sqrt{2gH}$ 同时竖直向下抛出，所以落地瞬间的速度相等，由运动学公式 $v^2-v_0^2=2gH$，解得 $v_A=v_B=v=2\sqrt{gH}$，B 球与地面弹性碰撞原速返回，与 A 再发生弹性碰撞，以向上为正方向，根据动量守恒定律和能量守恒守律有 $m_Bv-m_Av=m_Av_A'$，$\frac{1}{2}m_Bv^2+\frac{1}{2}m_Av^2=\frac{1}{2}m_Av_A'^2$，联立解得 $m_A:m_B=1:3$，$v_A'=2v=4\sqrt{gH}$，A 正确，B 错误；A 球弹起的最大高度 $h_{max}=\frac{v_A'^2}{2g}=8H$，C 正确，D 错误。]

10．C [子弹射入木块后的瞬间，子弹和木块组成的系统动量守恒，以 v_0 的方向为正方向，则 $m_0v_0=(M+m_0)v_1$，解得 $v_1=\frac{m_0v_0}{m_0+M}$，故 A 错误；子弹射入木块后的瞬间 $F_T-(M+m_0)g=(M+m_0)\frac{v_1^2}{L}$，解得绳子拉力 $F_T=(M+m_0)g+(M+m_0)\frac{v_1^2}{L}$，故 B 错误；子弹射入木块后的瞬间，对圆环 $F_N=F_T+mg>(M+m+m_0)g$，由牛顿第三定律知，环对轻杆的压力大于 $(M+m+m_0)g$，故 C 正确；子弹射入木块之后，圆环、木块和子弹构成的系统只在水平方向动量守恒，故 D 错误。]

11．AB [若冰壶 A 与冰壶 B 发生弹性碰撞，以碰前速度方向为正方向，根据系统动量守恒和系统机械能守恒可得 $m_1v_1=m_1v_A+m_2v_B$，$\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}m_1v_A^2+\frac{1}{2}m_2v_B^2$；联立解得 $v_A=-2\ \text{m/s}$，$v_B=8\ \text{m/s}$，若冰壶 A 与冰壶 B 发生完全非弹性碰撞，则有 $m_1v_1=(m_1+m_2)v_{共}$，解得 $v_{共}=4\ \text{m/s}$，综上分析可知，碰后冰

壶 A 的速度可能为 $-2\ \text{m/s} \leqslant v_A \leqslant 4\ \text{m/s}$，故 A、B 正确。]

12．A [甲乙弹珠碰撞瞬间动量守恒，机械能守恒，设弹珠甲乙的质量分别为 m_1、m_2，碰后甲的速度为 v_1，乙的速度为 v_2，则有 $m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$，$\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$，联立解得 $v_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0$，$v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$，若碰后甲乙同向运动，则 $v_1>0$，可知甲的质量一定大于乙的质量，故 A 正确；若碰后甲反弹，且甲的速率为 $1.2v_0$，则有 $-1.2v_0=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0$，解得 $0.2m_2=-2.2m_1$，质量不能为负值，则可知，若碰后甲反弹，则甲的速率不可能为 $1.2v_0$，故 B 错误；若碰后乙的速率为 $3v_0$，则有 $3v_0=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$，解得 $m_1=-3m_2$，质量不能为负值，则可知，碰后乙的速率不可能为 $3v_0$，故 C 错误；若碰后甲反弹，且甲的速率大于乙的速率，则有 $\frac{m_2-m_1}{m_1+m_2}v_0>\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$，可知，只要 $m_2-m_1>2m_1$，即 $m_2>3m_1$，就可满足碰后甲反弹，且甲的速率大于乙的速率，故 D 错误。]

微专练 37　爆炸、反冲和人船模型

1．B [乌贼逃命时的速度为 $v_1=40\ \text{m/s}$，设乌贼向前逃窜的方向为正方向，由系统动量守恒得 $0=(m-m_0)v_1-m_0v_2$，可得 $v_2=\frac{m-m_0}{m_0}v_1=\frac{4-0.8}{0.8}\times 40\ \text{m/s}=160\ \text{m/s}$，故 B 正确。]

2．A [开始总动量为零，规定气体喷出的方向为正方向，根据动量守恒定律得 $0=m_1v_1+p$，解得火箭的动量 $p=-m_1v_1=-0.05\times 600\ \text{kg·m/s}=-30\ \text{kg·m/s}$，负号表示方向，大小为 $30\ \text{kg·m/s}$，故 A 正确。]

3．C [设爆炸后竖直向上运动的一部分速度大小为 v_A，落地时间为 t_A，竖直向下运动的一部分速度大小为 v_B，落地时间为 t_B，因为爆炸后 A、B 运动方向相反，根据动量守恒定律 $m_Av_A-m_Bv_B=0$，可知 $v_A=v_B$，A 爆炸后上升高度为 $\frac{h}{3}$，根据运动学公式 $v_A^2=2g\cdot\frac{h}{3}$，得 $h=\frac{3v_A^2}{2g}$，A 从爆炸后到落地过程中 $-v_At_A+\frac{1}{2}gt_A^2=h$，解得 $t_A=\frac{3v_A}{g}$（$t_A=-\frac{v_A}{g}$不合题意舍去），B 从爆炸后到落地过程中 $v_Bt_B+\frac{1}{2}gt_B^2=h$，解得 $t_B=\frac{v_A}{g}$（$t_B=-\frac{3v_A}{g}$不合题意舍去），故 t_A 与 t_B 的比值为 3，A、B、D 错误，C 正确。]

4．B [爆炸时，水平方向，根据动量守恒定律可知 $m_1v_1-m_2v_2=0$，因两块碎块落地时间相等，则 $m_1x_1-m_2x_2=0$，则 $\frac{x_1}{x_2}=\frac{m_2}{m_1}=\frac{1}{2}$，则两碎块的水平位移之比为 1∶2，而从爆炸开始抛出到落地的位移之比不等于 1∶2，A 错误；设两碎片落地时间均为 t，由题意可知 $\frac{(5-t)\,v_{声}}{(6-t)\,v_{声}}=\frac{1}{2}$，解得 $t=4\ \text{s}$，爆炸物

的爆炸点离地面高度为 $h=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}\times10\times4^2$ m$=80$ m，B 正确；爆炸后质量大的碎块的水平位移 $x_1=(5-4)\times340$ m$=340$ m，质量小的碎块的水平位移 $x_2=(6-4)\times340$ m$=680$ m，爆炸后两碎块落地点之间的水平距离为 340 m＋680 m＝1 020 m，质量大的碎块的初速度为 $v_{10}=\frac{x_1}{t}=\frac{340}{4}$ m/s$=85$ m/s，C、D 错误。]

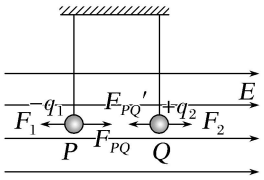
5．B　[对人和竹竿组成的系统，可看成人船模型，所以 $m_1x_1=m_2x_2$，代入数据可得人的质量为 $m_1=45$ kg，故 B 正确。]

6．D　[设铁块竖直下降的位移为 d，对木块与铁块系统，系统外力为零，由动量守恒(人船模型)可得 $0=mh-Md$，池深 $H=h+d+2a$，解得 $H=\frac{M+m}{M}h+2a$，D 正确。]

7．BCD　[自开始释放至小球运动至最低点的过程，小球和滑环组成的系统水平方向动量守恒，有 $0=Mv_1-mv_2$，由能量守恒定律得 $MgL=\frac{1}{2}Mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$，联立解得小球在最低点时的速度大小 $v_1=2$ m/s，A 错误，C 正确；小球每次在最高点时和滑环都有相同的速度，由动量守恒得 $0=(M+m)v$，解得共同速度 $v=0$，B 正确；由机械能守恒定律可知，小球左、右两侧最高点在同一水平线上，设其水平距离为 x_1，在小球从左侧最高点运动到右侧最高点的过程，设滑环运动左、右两点的距离为 x_2，则 $Mx_1=mx_2$，$x_1+x_2=2L$，解得小球运动轨迹左、右两端点间的距离 $x_1=0.4$ m，D 正确。]

微专练 38　库仑力作用下的平衡与非平衡问题

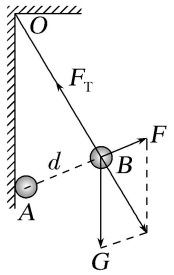
1．D　[受力分析可知，P 和 Q 两小球，不能带同种电荷，A、B 错误；若 P 球带负电，Q 球带正电，如图所示，恰能满足题意，则 C 错误，D 正确。]



2．C　[要使三个小球均处于平衡状态，先以 A 为对象，要使 A 平衡，B 和 C 所带电性应相反(B、C 对 A 的作用力方向必须相反)；同理，要使 C 平衡，A 和 B 所带电性应相反；综上，电荷电性需满足“两同夹异”的规律，故 C 正确。]

3．C　[设库仑力为 F，由 a、b 的受力可知 $F=m_ag\tan\alpha$，$F=m_bg\tan\beta$，因为$\alpha<\beta$，所以，$m_a>m_b$，故 A 错误；库仑力是一对相互作用力，不能确定 q_1 和 q_2 的大小，故 B 错误；将两细线同时剪断，两球在水平方向上，做加速度减小的变加速运动，$a=\frac{F}{m}$，F 相同，所以，a 球加速度小于 b 球加速度，a 球水平位移小于 b 球水平位移，则两球同时落在同一水平地面上时水平位移不相同，故 C 正确，D 错误。]

4．BD　[根据题意，对 B 受力分析，受重力、丝线拉力和库仑力，如图所示，由相似三角形可得$\frac{G}{OA}=\frac{F_T}{OB}=\frac{F}{d}$，根据库仑定律 $F=\frac{kQ_AQ_B}{d^2}$可知，由于 B 球缓慢漏电，则 F 减小，由于 G、OA、OB 均不变，则 d 逐渐减小，F_T 不变，故 A 错误，B 正确；当 AB 间距离减为$\frac{d}{3}$时，库仑力减小到原来的$\frac{1}{3}$，根据 $F=\frac{kQ_AQ_B}{d^2}$可知，B 球的电荷量减小为原来的$\frac{1}{27}$，故 C 错误，D 正确。]



5．C　[根据对称性可知，A 球的电荷量和 B 球的电荷量相同，故 A 错误；设 C 球的电荷量为 q_C，以 A 球为研究对象，B 球对 A 球的库仑斥力为 $F_{BA}=\frac{kq^2}{l^2}$，C 球对 A 球的库仑引力为 $F_{CA}=\frac{kqq_C}{l^2}$，由题意可得一起运动的加速度方向与 F 的作用线平行，则有 $F_{CA}\sin 30°=F_{BA}$，$F_{CA}\cos 30°=ma$，解得 $q_C=2q$，且 C 球带负电，$a=\frac{\sqrt{3}kq^2}{ml^2}$，$F=3ma=\frac{3\sqrt{3}kq^2}{l^2}$，故 C 正确，B、D 错误。]

6．B　[对比万有引力公式 $F=G\frac{Mm}{r^2}$，及库仑力公式 $F=k\frac{Qq}{r^2}$，可知两个力都与距离平方成反比，故此时小球的运动可类比于行星绕太阳的运动，因此 O 点必为椭圆的焦点之一，A 错误；对比开普勒第二定律可知，小球与 O 点的连线在相同的时间内扫过相同的面积，由于在 B 点距离 O 点较远，因此小球在 B 点的速度比在 A 点的小，B 正确，C 错误；由于小球通过 O 点后做离心运动，要使小球绕 O 点做圆周运动，可在 A 点沿切线方向适当减小其速度，D 错误。]

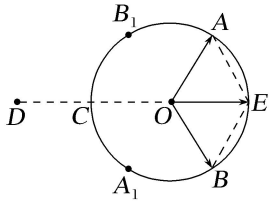
7．ACD　[两个正、负点电荷，在库仑力作用下，它们以两者连线上的某一点为圆心做匀速圆周运动，它们之间的库仑力提供向心力，故它们所需的向心力大小相等，结构稳定，间距恒定，故它们的角速度相等，A、C 正确；设两电荷之间的距离为 r，则有 $F=k\frac{Qq}{r^2}=m_A\omega^2r_A=m_B\omega^2r_B$，解得 $m_Ar_A=m_Br_B$，即轨道半径和质量成反比，与电荷量无关，B 错误；根据 $v=\omega r$，角速度相同，故线速度与轨道半径成正比，而轨道半径和质量成反比，$m_A\omega_Av_A=m_B\omega_Bv_B$，故线速度与质量成反比，D 正确。]

微专练 39　“三种方法”巧解电场强度的叠加问题

1．C　[在 A 处放一个$-q$ 的点电荷与在 A 处同时放一个$+q$ 和$-2q$ 的点电荷的效果相当，因此可以认为 O 处的场是 5 个$+q$ 和一个$-2q$ 的点电荷产生的场合成的，5 个$+q$ 处于对称位置上，在圆心 O 处产生的合场强为 0，所以 O 点的场强相当于$-2q$ 在 O 处产生的场强，故 C 正确。]

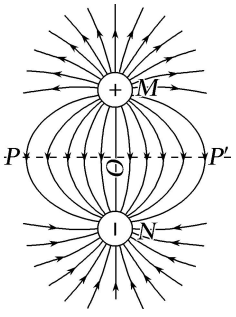
2．C　[据题意，从题图乙可以看出，P 点电场方向为水平向左；由题图乙可知，正、负电荷在 P 点电场的叠加，其大小为 $E=2k\frac{q}{r^2}\cos\theta=2k\frac{q}{r^2}\cdot\frac{d}{r}=2k\frac{qd}{r^3}$，故 C 正确。]

3．C　[取走 A、B 处两段弧长均为 ΔL 的小圆弧上的电荷，根据对称性可知，圆环在 O 点产生的电场强度为与 A 在同一直径上的 A_1 和与 B 在同一直径上的 B_1 产生的电场强度的矢量和，如图所示，因为两段弧长非常小，故可看成点电荷，则有 $E_1=k\frac{\frac{Q\Delta L}{2\pi R}}{R^2}=k\frac{Q\Delta L}{2\pi R^3}$，由图可知，两场强的夹角为 120°，则两者的合场强为 $E=E_1=k\frac{Q\Delta L}{2\pi R^3}$，根据 O 点的合场强为 0，则放在 D 点的点电荷带负电，大小为 $E'=E=k\frac{Q\Delta L}{2\pi R^3}$，根据 $E'=k\frac{q}{(2R)^2}$，联立解得 $q=\frac{2Q\Delta L}{\pi R}$，故 C 正确。]



4．BD　[圆环上均匀分布着正电荷，根据对称性可知，圆环上各电荷在 O 点产生的电场强度相互抵消，合电场强度为零。圆环上各电荷产生的电场强度在 x 轴上 O 点右侧有向右的分量，根据电场的叠加原理可知，x 轴上 O 点右侧电场强度方向向右，根据顺着电场线方向电势降低，可知在 x 轴上 O 点的电势最高，故 A 错误；O 点的电场强度为零，无穷远处电场强度也为零，所以从 O 点沿 x 轴正方向，电场强度应先增大后减小，故 B 正确；设圆环上足够小的圆弧上的电量为 q'的电荷，在 x 轴上 P 点产生的沿 x 轴上的电场强度为 $E'=k\frac{q'}{r'^2}\cos\theta$，其中 $r'=\sqrt{r^2+s^2}$，$\cos\theta=\frac{s}{\sqrt{r^2+s^2}}$，根据数学知识求和可得 P 点的电场强度大小 $E=\frac{kQs}{(r^2+s^2)^{\frac{3}{2}}}$，故 C 错误，D 正确。]

5．ABC　[如图所示，为等量异种电荷周围空间的电场分布图。本题的带电圆环，可拆解成这样无数对等量异种电荷的电场，沿竖直直径平行放置。它们有共同的对称轴 PP'，PP'所在的水平面与每一条电场线都垂直，即为等势面，延伸到无限远处，电势为零，故在 PP'上的点电势为零，即 $\varphi_a=\varphi_b=0$；而从 M 点到 N 点，电势一直在降低，即 $\varphi_c>\varphi_d$，故 B 正确，D 错误；上下两侧电场线分布对称，左右两侧电场线分布也对称，由电场的叠加原理可知 A、C 正确。]



6．A　[无限大均匀带电平板 R 取无限大，在 Q 点产生的电场强度 $E_1=2\pi k\sigma_0[1-\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}}]\approx 2\pi k\sigma_0$，半径为 r 的圆板在 Q 点产生的电场强度 $E_2=2\pi k\sigma_0[1-\frac{x}{\sqrt{r^2+x^2}}]$，无限大均匀带电平板，从其中间挖去一半径为 r 的圆板后的场强是两个电场强度的差，所以 $E_0=E_1-E_2=2\pi k\sigma_0\frac{x}{(r^2+x^2)^{1/2}}$，故 A 正确。]

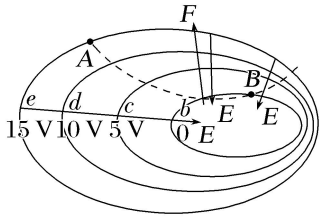
微专练 40　电场线、等势面、运动轨迹的综合问题

1．A　[电子在电场中运动电场力做功 $W=qU$，由于 a、b 两点位于同一条等势线上，所以 $\varphi_a=\varphi_b$，有 $U_{ac}=U_{bc}$，可得 $W_a=W_b$，电场线的疏密程度反映场强的大小，a 点比 b 点的电场线密些，故场强大些 $E_a>E_b$，故 A 正确。]

2．D　[带电导体处于静电平衡状态，导体内部的场强处处为 0，导体表面为等势面，整个导体为一个等势体，A 错误；沿电场线方向电势降低，所以 A、C 两点的电势大于 B 点的电势，B 错误；电场线的疏密程度表示电场强度的弱强，所以 B 点的电场强度小于 A 点的电场强度，C 错误；根据 $E_p=q\varphi$ 可知，正电荷从高电势 A 点沿虚线移动到低电势 B 点，电势能减小，电场力做正功，D 正确。]

3．C　[根据等势面与电场线垂直，可知粒子受静电力方向与速度方向不在同一直线上，所以粒子做曲线运动，A、B 错误；带负电的粒子先靠近带正电的固定电荷，后又远离正电荷，电场力先做正功，后做负功，粒子的电势能先变小后变大，C 正确，D 错误。]

4．B　[沿着电场线方向电势逐渐降低，电场线分布如图。曲线运动中合力方向指向弯曲方向，故带电粒子受力大致方向为向上，受力方向与电场方向相反，故粒子带负电，A 错误；等势线间距越小(越密集)，电场强度越大，间距越大(越稀疏)，电场强度越小，故 $E_B>E_A$，故粒子在 A 点受到的电场力与在 B 点受到的电场力满足 $F_B>F_A$，故 B 正确；粒子带负电，A 点电势高于 B 点，从 A 点的运动到 B 点，电场力做负功，电势能增大，故 A 点的电势能小于粒子在 B 点的电势能，故 C 错误；由于粒子初速度大小及方向题中未给出，粒子可能从 A 运动到 B，电场力做负功，也可能从 B 运动到 A，电场力做正功，故 D 错误。]

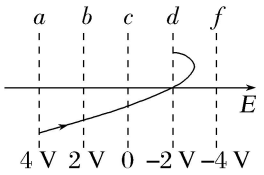


5．CD　[根据电荷间等势面的分布情况可知两点电荷是同种电荷，又根据电子在该电场中的运动轨迹可判断电子一直受到排斥的力，故可知两点电荷为同种负电荷，故 A 错误；根据等势面的疏密程度可以判断 A 点的电场强度比 B 点的小，故 B 错误；因为两点电荷是同种负电荷，电场线指向负电荷，故可知 A 点的电势高于 B 点的电势，故 C 正确；根据电子的运动轨迹和电场线的方向可知由 M

到 P 电场力做负功，由 P 到 N 电场力做正功；由 M 到 P 动能减小，由 P 到 N 动能增加，故电子运动到 P 点时动能最小，故 D 正确。]

6．D [由题意可知，粒子从 A 到 B，电场力做功 -10 J，则带电粒子由 a 运动到等势面 b 时，电场力做功 -5 J，粒子在等势面 b 时的动能为 5 J，粒子在电场中电势能和动能之和为 5 J，当动能为 7.5 J 时，其电势能为 -2.5 J，故 D 正确。]

7．AB [因等势面间距相等，由 $U=Ed$ 得相邻虚线之间电势差相等，由 a 到 d，$-eU_{ad}=-6$ eV，故 $U_{ad}=6$ V；各虚线电势如图所示，因电场力做负功，故电场方向向右，沿电场线方向电势降低，$\varphi_c=0$，A 正确；因电子的速度方向未知，若不垂直于等势面，如图中实曲线所示，电子可能到达不了平面 f，B 正确；经过 d 时，电势能 $E_p=-e\varphi_d=2$ eV，C 错误；由 a 到 b，$W_{ab}=E_{kb}-E_{ka}=-2$ eV，所以 $E_{kb}=8$ eV；由 a 到 d，$W_{ad}=E_{kd}-E_{ka}=-6$ eV，所以 $E_{kd}=4$ eV；则 $E_{kb}=2E_{kd}$，根据 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$ 知 $v_b=\sqrt{2}v_d$，D 错误。]



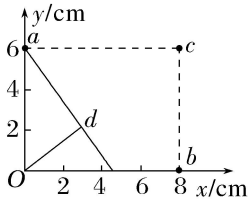
8．D [由题意可知，小球所受合力为 $F=\frac{mg}{\sin\theta}$，设最高点到 O 点距离为 s，则由动能定理可得 $\frac{mg}{\sin\theta}s=\frac{1}{2}mv_0^2$，由能量守恒可得小球在最高点的电势能 $E=\frac{1}{2}mv_0^2-mgs\sin\theta$，联立两式解得 $E=\frac{1}{2}mv_0^2\cos^2\theta$，D 正确。]

微专练 41　匀强电场中电场强度与电势差的关系

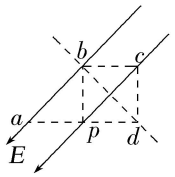
1．AD [根据 $U_{ab}=E\cdot ab\cos 60°$，可得电场强度的大小 $E=\frac{U_{ab}}{ab\cdot\cos 60°}=\frac{20}{0.2\times 0.5}$ V/m$=200$ V/m，A 正确；沿电场线电势逐渐降低，可知 b 点的电势比 d 点的电势高，B 错误；将电子从 c 点移到 d 点，因电子所受的电场力与位移反向，可知电场力做负功，C 错误；因 a 点的电势低于 c 点电势，则电子在 a 点的电势能大于在 c 点的电势能，D 正确。]

2．B [由于 a、c 两点电势相等，故 ac 为一条等势线，电场方向与等势线垂直，且由高电势指向低电势可知，电场方向垂直 ac，且指向上方，故电场强度的大小为 $E=\frac{U_{cb}}{cb\sin 30°}=\frac{9}{4\times\frac{1}{2}}$ V/cm$=450$ V/m，故 A 错误，B 正确；电子从 a 点移动到 b 点，电场力做功为 $W_{ab}=-eU_{ab}=-9$ eV，故 C 错误；电子从 c 点移动到 b 点，电场力做功为 $W_{cb}=-eU_{cb}=-9$ eV，电场力做 9 eV 的负功，电势能增加 9 eV，故 D 错误。]

3．ABD　[因为是匀强电场，ac 与 Ob 平行，故电势差相等，原点 O 的电势为 1 V，B 正确；Ob 的电势差为 16 V，故 x 轴上电势差为 2 V/cm，则坐标 $x=4.5$ cm 的点的电势为 10 V，连接该坐标点与 a 点，该连接线即为一个等势面。作 Od 垂直于该等势面，从几何知识可以得到，$Od=3.6$ cm，则 $E=\dfrac{U}{d}=\dfrac{10-1}{3.6}$ V/cm$=2.5$ V/cm，A 正确；a 点电势比 b 点电势小，电子带负电，根据 $E=\varphi q$ 可知，a 点电势能反而大，C 错误；根据电场力做功公式 $W_{bc}=U_{bc}q=(\varphi_b-\varphi_c)(-e)=9$ eV，电场力做正功，为 9 eV，D 正确。]

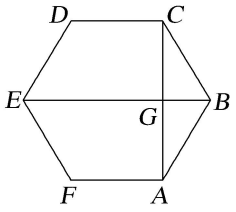


4．AD　[由 b 点向 ad 作垂线，根据几何关系知 p 为 ad 中点，由于是匀强电场，故沿着同一个方向前进相同距离电势的降低相等，故 $\varphi_b-\varphi_c=\varphi_p-\varphi_d$，$\varphi_p=\dfrac{1}{2}(\varphi_a+\varphi_d)$，代入数据解得 $\varphi_p=6$ V，$\varphi_d=8$ V，故 A 正确；



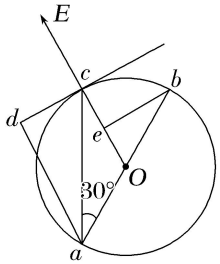
由于是匀强电场，连接 bd 则为等势面，如图所示。根据几何关系可知 $ab\perp bd$，则 ab 为一条电场线，且方向由 b 指向 a，电场强度为 $E=\dfrac{U_{ba}}{d_{ba}}=\dfrac{8-4}{\sqrt{2}\times 2}$ V/cm$=\sqrt{2}\times 10^2$ V/m，故 B 错误；该点电荷在 c 点的电势能为 $E_{pc}=\varphi_c q=10\times(-2\times10^{-5})J=-2\times10^{-4}$ J，故 C 错误；该点电荷从 a 点移到 d 点电场力做功为 $W_{ad}=U_{ad}q=(4-8)\times(-2\times10^{-5})J=8\times10^{-5}$ J，故 D 正确。]

5．ACD　[A、B、C 三点的电势分别为 1 V、2 V、3 V，由于匀强电场中任一直线上的电势分布都是均匀的，连接 AC，则 AC 中点 G 的电势为 2 V，因此 BE 连线为一条等势线，因此平行于 BE 的 CD、AF 为等势线，如图所示，故 A 正确；正六边形边长为 10 cm，则由几何关系知 $CG=5\sqrt{3}$ cm，由 $E=\dfrac{U}{d}$ 求得 $E=\dfrac{20\sqrt{3}}{3}$ V，故 B 错误；电场线垂直于等势线且由高电势指向低电势，可知匀强电场的场强方向为由 C 指向 A，故 C 正确；将一个电子从 E 点移到 D 点，电场力做功 $W=-eU_{ED}=-1.6\times10^{-19}\times(2-3)J=1.6\times10^{-19}$ J，根据电场力做功与电势能变化的关系知，电势能减少 1.6×10^{-19} J，故 D 正确。]

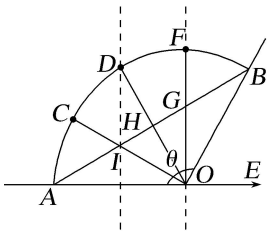


6．ABD　[由题意知，从 O 到 B 电势降低 5 V，从 O 到 D 电势降低 10 V，因此 B 点比 D 点电势高，故 A 正确；OD 中点与 B 点等势，B 点与 OD 中点连线即为等势线，由几何关系可知，这个连线与 OD 垂直，因此电场方向沿 CD 方向，故 C 错误；电场强度大小 $E=\dfrac{U_{OD}}{R}=\dfrac{0.5\times100\times0.2}{0.5}$ V/m＝20 V/m，故 B 正确；沿圆弧从 C 点移到 D 点，电势逐渐降低，电场力做负功，故带负电的粒子的电势能不断增大，故 D 正确。]

7．AB　[质子在 c 点的动能最大，可知 c 点的电势最低，过 c 点作圆 O 的切线，切线为等势线，根据沿电场线电势降低，可知电场方向为 Oc 方向，故 A 正确；由几何关系可知 $L_{ad}=2R\cos^2 30°=1.5$ m，a、d 点的电势差为 $U_{ad}=U_{ac}=\dfrac{W_{ac}}{e}=150$ V，电场强度大小为 $E=\dfrac{U_{ad}}{L_{ad}}=100$ V/m，故 B 正确；O、b 点的电势差为 $U_{Ob}=0-\varphi_b=ER\sin 30°=50$ V，b 点电势为 $\varphi_b=-50$ V，故 C 错误；根据对称性可知 cO 延长线与圆相交的点在圆周上电势最高，为 100 V，该点的电势能为 $E_p=\varphi q=100$ eV>50 eV，故质子不能经过圆周上任何一个点，故 D 错误。]



8．ABC　[连接 AB、OC、OD、OE，交点分别为 I、H、G，$\triangle OIG$ 为等边三角形，$\triangle OAI$、$\triangle OBG$ 为等腰三角形，如图所示。由几何关系可得 $AI=IG=GB$，即 I、G 为 AB 的三等分点，由于匀强电场电势均匀变化，可得 $\varphi_I=6$ V，$\varphi_G=3$ V，故 OF 为电势 3 V 的等势面，由几何关系可得 DI 连线垂直于 OA，与 OF 平行，为电势 6 V 的等势面，即 $\varphi_D=6$ V，$\varphi_F=3$ V，A、B 正确；电场方向垂直于等势面指向电势较低一侧，故沿 AO 连线方向，C 正确；场强大小为 $E=\dfrac{U_{AO}}{R}=6$ V/m，D 错误。]



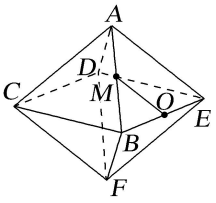
9．C　[由于 a、b、c 三点到点电荷的距离相等，根据 $E=k\dfrac{Q}{r^2}$，可知三点的电场强度大小相等，但方向不同，故 A 错误；根据点电荷的电场分布规律可知，O 点与 d 点之间的任意位置的电场强度均大

于 d 点与 c 点之间的任意位置的电场强度，由于 d 点为 Oc 的中点，根据 $E=\frac{U}{d}$，可知，O 点与 d 点的电势差和 d 点与 c 点电势差的关系为 $U_{Od}>U_{dc}$，故 B 错误；带正电的试探电荷沿直线从 a 移动至 O' 过程中，到 O 点的距离逐渐减小，根据库仑定律可知，试探电荷受到的电场力逐渐增大，正电荷受到斥力作用，电荷克服电场力做功，其电势能增大，故 C 正确；带负电的试探电荷沿直线从 a 移动至 b 过程中，其到 O 点的距离先减小后增大，根据库仑定律可知，试探电荷受到的电场力先增大后减小，负电荷受到引力作用，电场力对负电荷先做正功，后做负功，则电势能先减小后增大，故 D 错误。]

10．BD [由于试探电荷由 a 到 b、由 b 到 c 的过程电势能的变化均为零，则说明 a、b、c 三点的电势相等，则底面 $abcd$ 为等势面，由电场方向与等势面垂直，则电场方向沿竖直方向，又正试探电荷 $q=1.0\times10^{-3}$ C 由 O 到 a 的过程中电势能减少 0.04 J，则由公式 $W_{Oa}=qU_{Oa}$，得 $U_{Oa}=\frac{W_{Oa}}{q}=\frac{0.04}{1.0\times10^{-3}}$ V=40 V，O 点的电势比 a 点的电势高，所以电场方向竖直向下，即由 O 点指向正方形 $abcd$ 的中心，A 错误；由几何关系可知 O 点到正方形 $abcd$ 中心的距离为 $d=\sqrt{0.1^2-\left(\frac{0.1\sqrt{2}}{2}\right)^2}$ m=$\frac{\sqrt{2}}{20}$ m，则电场强度的大小为 $E=\frac{U_{Oa}}{d}=\frac{40}{\frac{\sqrt{2}}{20}}$ V/m=$400\sqrt{2}$ V/m，B 正确；由公式 $U=Ed$ 可知 O 点与 Ob 中间的电势差为 20 V，C 错误；同理 Ob 的中点与三角形 Oab 的中心两点间的电势差为 $U'=\frac{20}{3}$ V，则题述中的试探电荷由 Ob 的中点移动到三角形 Oab 的中心电场力做功为 $W'=qU'=1.0\times10^{-3}\times\frac{20}{3}$ J=$\frac{20}{3}\times10^{-3}$ J，则该电荷的电势能减少$\frac{20}{3}\times10^{-3}$ J，D 正确。]

11．B [电场强度的方向与面 $ABCD$ 垂直，所以面 $ABCD$ 是等势面，A、D 两点的电势差 U_{AD} 为 0，又因 A、A' 两点沿电场线的方向有距离，所以 $U_{AA'}$不为 0，故 A 错误；带正电的粒子从 A 点到 D 电场力不做功，而由 $D\rightarrow D'$电场力做正功，故 B 正确；带负电的粒子从 A 点到 D 电场力不做功，而由 $D\rightarrow D'$电场力做负功，电势能增大，故 C 错误；由电场力做功的特点(电场力做功与路径无关，只与初末位置的电势差有关)可知，带电粒子从 A 点移到 C'点，沿对角线 AC'与沿路径 $A\rightarrow B\rightarrow B'\rightarrow C'$电场力做功相同，故 D 错误。]

12．B [如图所示。设 AB 的中点为 M，MO 平行于 AE，且 $AE=2MO$，根据 $U=Ed$ 可知沿着 AE 方向电势变化量是沿 MO 方向的 2 倍，而 M 点电势为 3 V，即 $U_{MO}=3$ V，故有 $U_{AE}=6$ V，由此可知 E 点电势为 1 V；根据正八面体的特点可知，AE 平行于 CF，故沿 CF 方向电势降低为 $U_{CF}=6$ V，由此可得 F 点电势为−3 V，故 B 正确，A、C、D 错误。]

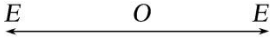


微专练 42　电场中的四类图像分析

1．C　[因为不知道带电粒子的电性，所以无法判断电势的关系，故 A 错误；由速度图像可知，加速度先增大后减小，所以 B 点的加速度最大，电场强度最大，故 B 错误；由图像可知：动能先减小后增大，根据能量守恒可知：电势能先增大后减小，故 C 正确；因为电势能先增大后减小，所以电场力先做负功后做正功，故 D 错误。]

2．C　[根据题意可知，A、B 两球之间为库仑斥力，故 A、B 两球带同种电荷，由于 A、B 两球之间的库仑斥力为相互作用力，大小总是相等，与 A、B 两球所带电荷量无关，故无法确定 A、B 两球所带电荷量的大小关系，故 A 错误；以 A、B 两球为系统，满足动量守恒，根据图乙可知两球共速时的速度为$\frac{v_0}{3}$，则有 $mv_0=(m+m_B)\cdot\frac{v_0}{3}$，解得 $m_B=2m$，故 B 错误；根据能量守恒定律可知，t_1 时刻系统的电势能为 $E_{p1}=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}\times3m\left(\frac{v_0}{3}\right)^2=\frac{1}{3}mv_0^2$，设 t_2 时刻，B 球的速度为 v_2，此时 A 球的速度为零，根据系统动量守恒可得 $mv_0=2mv_2$，解得 $v_2=\frac{v_0}{2}$，t_2 时刻系统的电势能为 $E_{p2}=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}\times2m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2=\frac{1}{4}mv_0^2$，$t_1$、$t_2$ 时刻系统的电势能之差为 $E_{p1}-E_{p2}=\frac{1}{3}mv_0^2-\frac{1}{4}mv_0^2=\frac{1}{12}mv_0^2$，故 C 正确；两球分离后，设最终 A 球的速度为 v_A，B 球的速度为 v_B，根据动量守恒可得 $mv_0=mv_A+2mv_B$，根据能量守恒可得 $\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_A^2+\frac{1}{2}\times2mv_B^2$，联立解得 $v_A=-\frac{v_0}{3}$，$v_B=\frac{2v_0}{3}$，可知两球分离后，小球 B 的速度趋近于$\frac{2v_0}{3}$，故 D 错误。]

3．C　[作出电场线，根据顺着电场线电势降低，则 O 点电势最高，故 A、B 错误；从图线看出，电场强度关于原点 O 对称，则 x 轴上关于 O 点对称位置的电势相等，故 C 正确；x_1 和 x_3 两点在电场线的不同位置，沿电场线电势降低，故两点电势不相等，故 D 错误。]



4．A　[$\varphi-x$ 图线上某点斜率表示该点场强，由图像可知 M 点场强大小大于 N 点场强大小，则试探电荷在 M 点受到的电场力比在 N 点大，故 A 正确；两点电荷所带电量相等，关于 O 点对称，M 点比 N 点距离 O 点远，M 点电势高于 N 点，则负试探电荷在 M 点具有的电势能比在 N 点小，故 B 错误；M、N 两点场强方向相反，试探电荷在 M、N 两点受到的电场力方向相反，故 C 错误；由图可知从 M 到 O 电势降低，从 O 到 N 电势升高，将一带负电的试探电荷沿 x 轴从 M 点移动到 N 点的过程中，电场力对试探电荷先做负功，后做正功，故 D 错误。]

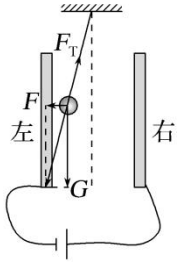
5．CD　[若为 $E-x$ 图像，由图像知，A 到 B 电场强度一直是负值，表明电场方向一直是沿 x 轴负方向，沿电场线方向电势逐渐降低，因此 A 到 B 电势是升高的，则 $\varphi_A<\varphi_B$，A、B 之间电场方向一直是沿 x 轴负方向，电子受到的电场力方向指向 x 轴正方向，电子从 A 到 B，电场力一直做正功，故 A、B 错误；若为 $\varphi-x$ 图像，其切线的斜率表示电场强度，则 A、B 两点电场强度大小相等，但方向相反，故 C 正确；若为 $\varphi-x$ 图像，则将一电子由 A 沿 x 轴移向 B，电势先降低后升高，电势能先增大后减小，故电场力先做负功再做正功，故 D 正确。]

6．C　[根据 $\varphi=\dfrac{E_p}{q}$，当 $x=0$ 时 $E_p<0$，$q<0$，所以 $\varphi>0$，由图知，E_p 逐渐增大，由于是负点电荷，故电势 ϕ 逐渐减小，故 C 正确。]

7．D　[粒子仅受电场力作用，做初速度为零的加速直线运动，电场力做功等于电势能的减小量，则有 $F=\left|\dfrac{\Delta E_p}{\Delta x}\right|$，即 E_p-x 图像上某点的切线的斜率表示电场力，故电场力逐渐减小，根据 $E=\dfrac{F}{q}$，故电场强度也逐渐减小，故 A 错误；根据动能定理有 $F\cdot\Delta x=\Delta E_k$ 故 E_k-x 图线上某点切线的斜率表示电场力，由于电场力逐渐减小，与 B 图矛盾，故 B 错误；按照 C 图，速度随着位移均匀增加，相同位移速度增加量相等，又是加速运动，故增加相等的速度需要的时间逐渐减小，故加速度逐渐增加；而电场力减小导致加速度减小，故矛盾，故 C 错误；粒子做加速度减小的加速运动，故 D 正确。]

微专练 43　平行板电容器的动态分析

1．A　[电容器与电源相连，所以两端间电势差不变，将左极板向左缓慢移动过程中，两板间距离增大，由 $E=\dfrac{U}{d}$ 可知，电场强度 E 减小，电场力 $F=qE$ 减小，小球处于平衡状态，受重力、拉力与电场力的作用，受力分析如图所示，根据力的合成法得 $F_T=\sqrt{F^2+(mg)^2}$，由于重力不变，电场力减小，拉力减小，故 A 正确。]

2．

2．B　[根据 $C=\dfrac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$，当 A 板向上平移一小段距离，间距 d 增大，其他条件不变，则导致电容变小，故 A 错误；在 A 板上移过程中，导致电容减小，由于极板电压不变，那么电量减小，因此电容器处于放电状态，电阻 R 中有向上的电流，故 B 正确；根据 $E=\dfrac{U}{d}$，U 不变，d 增大可知场强大小变小，故 C 错误；因场强变小，导致 P 点与 B 板的电势差减小，因 B 板接地，电势为零，即 P 点电势降低，

故 D 错误。]

3．A [根据题意可知极板之间电压不变，极板上所带电荷量变少，根据电容的决定式 $C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 和 $Q=CU$ 可知，电容减小，极板间距 d 增大，极板之间形成匀强电场，根据 $E=\frac{U}{d}$ 可知极板间电场强度 E 减小，B、C、D 错误；极板间距 d 增大，材料竖直方向尺度减小，A 正确。]

4．C [由平行板电容器电容的决定式 $C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 可得，d 减小，C 增大，故 A 错误；电容器所带电荷量 Q 不变，C 增大，由 $U=\frac{Q}{C}$ 可得，U 变小，故 B 错误；由匀强电场的场强与电势差关系公式可得 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{Cd}=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$，$E$ 与 d 无关，E 不变，故 C 正确，D 错误。]

5．A [两板间电场强度 $E=\frac{U}{d}$，又 $C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$，$C=\frac{Q}{U}$，联立得 $E=\frac{4k\pi Q}{\varepsilon_r S}$，可知，$P$ 点的电场强度 E 不变，P 点与下板的距离不变，根据公式 $U=Ed$，P 点与下板的电势差不变，则 P 点的电势不变，故 A 正确，B 错误；B 板上移时，同理得知，P 点的电场强度不变，根据公式 $U=Ed$，P 点与下板的电势差减小，而 P 点的电势高于下板的电势，下板的电势为零，所以 P 点电势降低，故 C、D 错误。]

6．A [根据 $C=\frac{Q}{U}$，$C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$，$E=\frac{U}{d}$，联立则有 $E=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$，由于电荷量不变，则极板间场强不变，距离增大，由公式 $U=Ed$ 可知两板间的电势差增大，故 A 正确；由于两板带电量一定，因此两板间的距离增大，两板间的电场强度大小不变，因此细线上的张力不变，故 B 错误；由于上板的电势为零，且带电小球所在位置与上板间的距离不变，由 $U=Ed$ 可知，带电小球所在位置与上板的电势差不变，因此小球的电势能不变，故 C 错误；两板始终带等量异种电荷，故 D 错误。]

7．C [保持 R_1 不变，缓慢增大 R_2 时，由于 R_0 和 R_2 串联，总电流减小，R_0 两端的电压减小，即平行板电容器的两个极板的电压 U 减小，带电小球受到的电场力 $F_{电}=qE=q\frac{U}{d}$ 减小，悬线的拉力为 $F=\sqrt{(mg)^2+F_{电}^2}$ 将减小，A 错误；保持 R_2 不变，缓慢增大 R_1 时，由于在含容支路中的电阻相当于导线，所以 R_0 两端的电压不变，$F_{电}$ 不变，悬线的拉力为 F 不变，B 错误；保持 R_1 和 R_2 不变，由于在含容支路中的电阻相当于导线，所以 R_0 两端的电压不变，缓慢向上移动 M 板，两极板正对面积减小，但距离不变，根据 $E=\frac{U}{d}$ 可知 E 不变，$F_{电}$ 不变，悬线的拉力为 F 不变，C 正确；保持 R_1 和 R_2 不变，由于在含容支路中的电阻相当于导线，所以 R_0 两端的电压不变，缓慢向左移动 M 板，由 $E=\frac{U}{d}$ 可知，E 减小，$F_{电}$ 减小，故拉力 F 减小，D 错误。]

微专练 44　带电粒子在电场中的加速和偏转

1．B　[根据动能定理得 $qU=\frac{1}{2}mv^2$，到达 Q 板的速率为 $v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$，可知到达 Q 板的速率只与加速电压有关，与板间距离无关，故 A 错误，B 正确；根据动力学公式 $L=\frac{1}{2}at^2$，可知两板间距离越大，加速的时间越长，加速度越小，故 C 错误；到达 Q 板的速率为 $v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$，故若电压 U、电量 q 均变为原来的 2 倍，则到达 Q 板的速率变为原来的 2 倍，故 D 错误。]

2．D　[电子在两电极间从上向下加速，说明电场方向从下向上，下端为正极，上端为负极，A 错误；两极间电压越大，电子离开电极时的速度越大，电子的动量越大，根据 $p=\frac{h}{\lambda}$可知波长越小，B 错误；若两极间电压不变，根据 $qU=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv_0^2$，电子离开电极时的速度不变，显微镜的分辨率不变，C 错误；由于质子的质量远远大于电子的质量，以相同电压加速时，质子和电子获得的动能相同，根据 $p=\sqrt{2mE_k}$可知质子的动量更大，因此质子显微镜分辨率更高，D 正确。]

3．AD　[氙离子经电场加速，根据动能定理有 $qU=\frac{1}{2}mv^2-0$，可得加速电压为 $U=\frac{v^2}{2\left(\frac{q}{m}\right)}\approx175\ \text{V}$，故 A 正确，B 错误；在 Δt 时间内，有质量为 Δm 的氙离子以速度 v 喷射而出，形成电流为 I，由动量定理可得 $F\Delta t=\Delta mv-0$，进入放电通道的氙气质量为 Δm_0，被电离的比例为 η，则有 $\frac{\Delta m}{\Delta t}=\eta\left(\frac{\Delta m_0}{\Delta t}\right)$，联立解得 $\frac{\Delta m_0}{\Delta t}=\frac{F}{\eta v}\approx5.3\times10^{-6}\ \text{kg}$，故 D 正确；在 Δt 时间内，有电荷量为 ΔQ 的氙离子喷射出，则有 $\Delta Q=\left(\frac{\Delta m}{m}\right)q$，$I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$，联立解得 $I=\left(\frac{F}{v}\right)\left(\frac{q}{m}\right)\approx3.7\ \text{A}$，故 C 错误。]

4．BC　[电子在 A、B 板间的电场中加速运动，在 B、C 板间的电场中减速运动，设 A、B 板间的电场强度为 E_1，A、B 板间的距离为 d_1，B、C 板间的电场强度为 E_2，B、C 板间的距离为 d_2，则有 $eE_1d_1-eE_2d_2=0$，若仅将 C 板向右平移一小段距离，B、C 两板所带电荷量不变，由 $E=\frac{U}{d}=\frac{Q}{C_0d}=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon_rS}$，可知，$C$ 板向右或向左平移一小段距离，B、C 两板间的电场强度不变，由此可以判断，仅将 C 板向右平移一小段距离，电子在 A、B 板间加速运动后，在 B、C 板间减速运动，还没到达小孔 P 时速度已经减为零，然后返回；仅将 C 板向左平移一小段距离，电子在 A、B 板间加速运动后，在 B、C 板间减速运动，到达小孔 P 点时速度还没减为零，A、D 错误，B、C 正确。]

5．A　[根据类平抛运动规律的推论可知，粒子在 Q 点速度方向的反向延长线一定过 AB 中点，根据几何关系可知 $\tan53°=\frac{BQ}{\frac{AB}{2}}$，解得粒子运动到 Q 点时的竖直位移为 $y=BQ=\frac{2}{3}L$，带电粒子从 A 点运动

到 Q 点的过程中，电场力所做的功为 $W=qEy=\frac{2}{3}qEL$，故 A 正确，B 错误；设带电粒子的初速度大小为 v_0，经时间 t_2 运动到 Q 点，则有 $v_0t_2=L$，$\frac{qE}{2m}t_2^2=\frac{2}{3}L$，联立上述两式解得 $v_0=\sqrt{\frac{3qEL}{4m}}$，设带电粒子从 A 点运动到 P 点的时间为 t_1，则有 $\tan 60°=\frac{v_0t_1}{\frac{qE}{2m}t_1^2}$，解得 $t_1=\sqrt{\frac{mL}{qE}}$，故 C、D 错误。]

6．D　[a、b 两个带电粒子在电场中均做类平抛运动，则有 $y=\frac{1}{2}at^2$，$a=\frac{qE}{m}$，$x=v_0t$，解得 $v_0=x\sqrt{\frac{qE}{2ym}}$，初速度 v_0 和比荷有关，A、B 错误；因 $x=v_0\sqrt{\frac{2ym}{qE}}$，即 $x\propto\sqrt{\frac{1}{E}}$，可知不能从 N 板右边缘射出，C 错误；由 $x\propto\sqrt{\frac{m}{q}}$，可知，两粒子比荷均减小为原来的四分之一，其他条件不变，粒子 a、b 均从 N 板右边缘射出，D 正确。]

7．A　[在竖直方向上有 $y_M>y_N$，在竖直方向上做初速度为零的匀加速直线运动，有 $\frac{1}{2}a_Mt^2>\frac{1}{2}a_Nt^2$，所以有 $a_M>a_N$，根据牛顿第二定律得 $\frac{q_ME}{m}>\frac{q_NE}{m}$，所以有 $q_M>q_N$，A 正确，B 错误；电场力做的功为 $W=Eqy$，因为电荷 M 的电荷量多而竖直位移大，所以从两电荷进入电场到两电荷相遇，电场力对电荷 M 做的功大于电场力对电荷 N 做的功，C 错误；从轨迹可以看出 $x_M>x_N$，故 $v_Mt>v_Nt$，故 $v_M>v_N$，D 错误。]

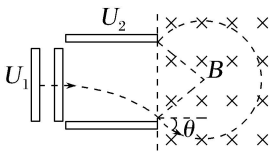
8．BD　[微粒在电容器中水平方向做匀速直线运动，竖直方向做匀变速直线直线运动，根据电场强度和电势差的关系及场强和电场力的关系可得 $E=\frac{U_2}{2d}$，$F=qE=ma$，微粒射入电容器后的速度为 v_0，水平方向和竖直方向的分速度 $v_x=v_0\cos 45°=\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$，$v_y=v_0\sin 45°=\frac{\sqrt{2}}{2}v_0$，从射入到运动到最高点由运动学公式关系 $v_y^2=2ad$，微粒射入电场时由动能定理可得 $qU_1=\frac{1}{2}mv_0^2$，联立解得 $U_1∶U_2=1∶1$，B 正确；微粒从射入到运动到最高点由运动学公式可得 $2L=v_xt$，$d=\frac{0+v_y}{2}\cdot t$，联立可得 $L∶d=1∶1$，A 错误；微粒穿过电容器时从最高点到穿出时由运动学公式可得 $L=v_xt_1$，$v_{y1}=at_1$，射入电容器到最高点有 $v_y=at$，解得 $v_{y1}=\frac{v_y}{2}$，设微粒穿过电容器与水平的夹角为α，则 $\tan\alpha=\frac{v_{y1}}{v_x}=\frac{1}{2}$，微粒射入电场和水平的夹角为$\beta=45°$，$\tan(\alpha+\beta)=\frac{\tan\alpha+\tan\beta}{1-\tan\alpha\tan\beta}=3$，C 错误；微粒射入到最高点的过程水平方向的位移为 x，竖直方向的位移为 $y=\frac{1}{2}a't^2$，联立 $x=v_x't'$，$qU_1=\frac{1}{2}mv^2$，$v_x'=v\cos 45°$，解得 $y=\frac{U_2x^2}{4dU_1}$，且 $x=v_x't'$，$y=\frac{0+v_y'}{2}\cdot t'$，即解得 $x=2L$，$y=d=L$，即微粒在运动到最高点的过程中水平和竖直位移均与

电荷量和质量无关，最高点到射出电容器过程同理 $x=L=v_xt_1$，$v_{y1}=at_1$，$y_1=\frac{v_{y1}+0}{2}t_1=\frac{x_1}{4}=\frac{L}{4}$，轨迹不会变化，D 正确。]

9．CD [电子在加速电场中加速，根据动能定理可得 $U_1e=\frac{1}{2}mv_0^2$，所以电子进入偏转电场时速度的大小为 $v_0=\sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$，电子进入偏转电场后的偏转量为 $h=\frac{1}{2}at^2=\frac{1eU_2}{2md}\left(\frac{L}{v_0}\right)^2$，则有 $h=\frac{U_2L^2}{4dU_1}$，所以示波管的灵敏度为 $\frac{h}{U_2}=\frac{L^2}{4dU_1}$，所以要提高示波管的灵敏度可以增大 L，减小 d 和减小 U_1，故 C、D 正确。]

10．D [设加速电压为 U_1，加速过程根据动能定理有 $qU_1=E_k-0=\frac{1}{2}mv^2-0$，可得 $E_k=qU_1$，知加速后动能最小的离子是一价离子，故 B 错误；设加速电板间距离为 L，在加速电场中运动时间 $t_1=\frac{L}{\frac{v}{2}}=L\sqrt{\frac{2m}{qU_1}}$，根据荷质比可知，加速时间最长的是一价氦离子，故 A 错误；设偏转电板间距离为 d，偏转过程做类平抛运动，则有 $a=\frac{qU_2}{md}$，知三种离子加速度之比为 $\frac{1}{1}:\frac{1}{4}:\frac{1}{2}=4:1:2$，故 C 错误；在加速电场中，受力方向相同，做直线运动，轨迹相同；在偏转电场中，当水平位移为 x 时偏转轨迹为 $y=\frac{1}{2}at_2^2=\frac{1qU_2}{2md}\left(\frac{x}{v}\right)^2=\frac{U_2x^2}{4dU_1}$，可知偏转轨迹与 q、m 无关，三种离子轨迹重合，故 D 正确。]

11．BD [粒子先加速运动后做类平抛运动 $qU_1=\frac{1}{2}mv_0^2$，$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}$，$v_y=at$，$a=\frac{qU_2}{md}$，$t=\frac{L}{v_0}$，解得 $\tan\theta=\frac{U_2L}{2U_1d}$，只增大电压 U_2，θ变大，只减小电压 U_1，θ变大，A 错误，B 正确；在磁场中做匀速圆周运动 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，$\frac{l}{2}=r\cos\theta$，$v_0=v\cos\theta$，$qU_1=\frac{1}{2}mv_0^2$，解得 $l=\frac{2\sqrt{2mqU_1}}{qB}$，只减小电压 U_2，距离 l 不变，只增大电压 U_1，距离 l 变大，C 错误，D 正确。]



12．B [若同时在两个偏转电极上分别加 $u_x=U_m\cdot\sin\omega t$ 和 $u_y=U_m\cdot\cos\omega t$ 两个电压，由偏转位移 $\Delta s=\frac{1}{2}at^2$ 可知，t 相同，a 正比于偏转电压，则 Δs 正比于偏转电压，电子在 XX' 方向上的最大偏转位移与在 YY' 方向上的最大偏转位移大小相等，设为 r，则任意时刻，电子打在荧光屏上的位置坐标都是 $x=r\sin\omega t$，$y=r\cos\omega t$，联立可得 $x^2+y^2=r^2$，所以电子在荧光屏上的落点组成了以 O 为圆心的圆，故 B 正确，A、C、D 错误。]

微专练 45　两类电学元件和两类 $U-I$ 图像

1．BD　[当开关打开时，由欧姆定律得 $U=I_1R_1=10\ \text{V}$，当开关合上后，电动机转动起来，电路两端的电压 10 V 不变，通过 R_1 的电流不变，电动机中电流一定小于 $\frac{U}{R_2}=1\ \text{A}$，则电流表示数 $I<1.5\ \text{A}$，故 A 错误，B 正确；电路消耗的电功率为 $P=UI<15\ \text{W}$，故 C 错误，D 正确。]

2．B　[根据题意，电源对纯电阻供电，当外电阻等于电源内阻时，电源的输出功率最大，最大功率为 $P_\text{m}=\frac{E^2}{2r}=\left(\frac{E}{2r}\right)^2r=\frac{E^2}{4r}$，根据题意可知，电源对电动机供电时，电动机的输出功率为 $P=\frac{3}{4}P_\text{m}=\frac{3E^2}{16r}$，飞机匀速上升，则有 $P=Mgv$，联立解得 $v=\frac{3E^2}{16Mgr}$，故 B 正确。]

3．D　[电源的效率 η 定义为外电路电阻消耗的功率与电源的总功率之比。$\eta=\frac{P_{外}}{P_{总}}=\frac{IU}{IE}=\frac{U}{E}$，$E$ 为电源的总电压(即电动势)，在 $U-I$ 图像中，纵轴截距表示电动势，根据图像可知 $U_a=\frac{2}{3}E$、$U_b=\frac{1}{3}E$，则 $\eta_a=\frac{2}{3}$，$\eta_b=\frac{1}{3}$，所以 A、B、C 错误，D 正确。]

4．BC　[根据闭合电路的欧姆定律有 $U=-Ir+E$，可知此电源的电动势为 4 V，内电阻为 $r=\left|\frac{\Delta U}{\Delta I}\right|=\frac{1}{2}\ \Omega$，故 A 错误；由于该电源和小灯泡 L_1 串联起来组成闭合回路时小灯泡 L_1 恰能正常发光，则小灯泡 L_1 的额定电压为 3 V，额定功率为 $P=UI=6\ \text{W}$，故 B 正确；由于该电源和小灯泡 L_1 串联起来组成闭合回路时小灯泡 L_1 恰能正常发光，则小灯泡 L_1 的内阻为 $R_{\text{L}1}=\frac{U}{I}=1.5\ \Omega$，由于外电阻等于内阻时电源的输出功率最大，若把小灯泡 L_1 换成阻值恒为 1 Ω的纯电阻，则更接近电源内阻，则电源的输出功率将变大，故 C 正确，D 错误。]

5．C　[$U-I$ 图像中图线的斜率表示电阻大小，由图像可知，B 图线的斜率大于 C 图线，所以 $R_1>R_2$，故 A 错误；当外电阻与电源内阻相等或越接近时，电源的输出功率越大，由于不知道电源内阻与两电阻的大小关系，所以无法判断哪种情况下的电源输出功率较大，故 B 错误；由于 $R_1>R_2$，所以电源与 R_1 组成回路时电流较小，由公式 $P_{热}=I^2r$ 可知，电源与 R_1 组成回路时，电源内阻消耗的功率较小，故 C 正确；电源效率 $\eta=\frac{IU}{IE}=\frac{U}{E}=\frac{IR}{I(R+r)}=\frac{R}{r+R}=\frac{1}{1+\frac{r}{R}}$，所以外电阻越大，电源效率越大，故 D 错误。]

6．AB　[根据题图可知 $E_1=E_2=10\ \text{V}$，$U-I$ 图像的斜率的绝对值等于电源内阻，则 $r_1=\frac{5}{4}\ \Omega$，$r_2=\frac{5}{6}\ \Omega$，所以 $r_1:r_2=3:2$，$E_1:E_2=1:1$，A、B 正确；曲线Ⅲ与其他两条直线的交点坐标分别表示该小灯

泡在这两种连接状态下的工作电流和工作电压，根据坐标值可求出此时小灯泡消耗的功率分别为 $P_1=I_1U_1=5.2\times3.5\ \text{W}=18.2\ \text{W}$，$P_2=I_2U_2=5\times6\ \text{W}=30\ \text{W}$，则 $P_1:P_2=91:150$，小灯泡的电阻分别为 $R_1=\frac{U_1}{I_1}=\frac{35}{52}\ \Omega$，$R_2=\frac{U_2}{I_2}=\frac{5}{6}\ \Omega$，则 $R_1:R_2=21:26$，C、D 错误。]

7．D [当电流小于 0.2 A 时，电动机不会发生转动，为纯电阻，则该电动机的内阻为 $r_M=\frac{0.8-0.4}{0.2-0.1}\ \Omega=4\ \Omega$，A 错误；根据 $E=U_2+Ir$，当 $U_2=3.4\ \text{V}$ 时 $I=0.1\ \text{A}$；当 $U_2=3.0\ \text{V}$ 时 $I=0.3\ \text{A}$；代入方程解得该电路中电源的电动势为 $E=3.6\ \text{V}$，$r=2\ \Omega$，B 错误；此电路中，电动机的最大输出功率为 $P=IU_1-I^2r_M=3\times0.3\ \text{W}-0.3^2\times4\ \text{W}=0.54\ \text{W}$，C 错误；当电动机两端电压超过 $U_1'=0.8\ \text{V}$ 时电动机开始转动，此时电路中的电流为 $I'=0.2\ \text{A}$，则由电路可知 $E=U_1'+I'(R+r)$，解得 $R=12\ \Omega$，即若电动机能转动，需要调节滑动变阻器阻值小于 12 Ω，D 正确。]

微专练 46　闭合电路动态分析与故障分析

1．B [开关闭合后，电压表测量路端电压，电流表测量总电流。当滑动变阻器的滑片 P 由 a 端向 b 端滑动过程中，接入电路的电阻减小，总电流增大，电源的内电压增大，路端电压减小，故电压表的示数变小，电流表的示数变大，故 A 错误；电源的输出功率 $P_{出}=I^2R_{外}=\frac{E^2}{(r+R_{外})}R_{外}=\frac{E^2}{\frac{r^2}{R_{外}}+R_{外}+2r}$，可知，当 $r=R_{外}$ 时，电源输出功率最大，将滑动变阻器的滑片 P 由 a 端向 b 端滑动的过程中，外电阻的大小向内阻接近，故输出功率变大，故 B 正确；电源的效率 $\eta=\frac{P_{出}}{P_{总}}\times100\%=\frac{U}{E}\times100\%$，由于路端电压减小，所以电源的效率变小，故 C 错误；将定值电阻看成电源的内阻，则等效电源的内阻为 $2r$，滑动变阻器的最大阻值是 $3r$，因为电源的内外电阻相等时电源的输出功率最大，所以滑片 P 由 a 端向 b 端滑动过程中，滑动变阻器消耗的功率先变大后变小，故 D 错误。]

2．B [由闭合电路欧姆定律的推论可知，当电源外电阻 R 等于内阻 r 时，输出功率最大，最大值为 $P_m=\frac{E^2}{4r}$，把定值电阻看成电源内阻，由图乙可知，当 $R_r=R_1=R+r=6\ \Omega$，滑动变阻器消耗的功率最大，最大功率为 $P_2=\frac{E^2}{4(R+r)}=1.5\ \text{W}$，A 错误；滑动变阻器的阻值为 3 Ω时与阻值为 R_2 时消耗的功率相等，有 $\left(\frac{E}{R_0+R+r}\right)^2R_0=\left(\frac{E}{R_2+R+r}\right)^2R_2$，解得 $R_2=12\ \Omega$，B 正确；当回路中电流最大时，即 $R_r=0$ 时定值电阻 R 消耗的功率最大，C 错误；当滑动变阻器 R_r 的阻值为 0 时，电路中电流最大，最大值为 $I_m=\frac{E}{R+r}=\frac{6}{4+2}\ \text{A}=1\ \text{A}$，则调整滑动变阻器 R_r 的阻值，不可能使电源的输出电流达到 2 A，D 错误。]

3．ABD　[开关闭合时，车灯变暗，故流过车灯的电流 $I_{灯}$ 变小，A 正确；电路的路端电压为 $U_{路}=U_{灯}=I_{灯}R_{灯}$，$I_{灯}$ 变小，路端电压变小，B 正确；总电流即干路电流为 $I_{干}=\frac{U_{内}}{r}=\frac{E-U_{路}}{r}$，$U_{路}$ 减小，干路电流增大，C 错误；电源总功率为 $P_{总}=EI_{干}$，$I_{干}$ 增大，总功率变大，D 正确。]

4．B　[由图乙可知，酒精气体浓度越大，气敏电阻阻值越大，所以电路中的总电阻越大，根据闭合电路欧姆定律可知，电路中的电流就越小，即电流表示数越小。电压表的示数 $U=E-I(R_1+r)$，可知电压表示数变大，故 A 错误，B 正确；根据对 A、B 项的分析可知，电源内电压减小，所以电源的路端电压变大，C 错误；电压表与电流表示数的比值表示气敏电阻的阻值大小，因为酒精浓度越大，气敏电阻阻值就越大，所以电压表与电流表示数的比值就越大，故 D 错误。]

5．AD　[设电源内阻为 r，甲图中，当环境变暗时，R_t 阻值变大，电路总电阻变大，干路电流减小，根据闭合电路欧姆定律 $U_L=E-I(R_0+r)$，可知灯泡两端电压变大，灯泡亮度变亮；当环境变亮时，R_t 阻值变小，电路总电阻变小，干路电流增大，根据闭合电路欧姆定律可知灯泡两端电压变小，流过灯泡的电流变小，由于通过干路的总电流增大，故流过 R_1 的电流 I_1 增大，根据 $P_1=I_1^2R_1$ 可知 R_1 电功率增大，故 A 正确，C 错误；乙图中，当环境变暗时，R_t 阻值变大，电路总电阻变大，干路电流减小，因为 R_1 的电阻值和灯泡的阻值不变，故流过灯泡的电流减小，灯泡变暗；当环境变亮时，R_t 阻值变小，电路总电阻变小，干路电流增大，流过 R_1 的电流变大，电功率增大，故 B 错误，D 正确。]

6．C　[因为温度降低，R_T 增大，由 $E=I(r+R+R_T)$，可知，I 减小，则 $U_2=E-I(r+R)$，U_2 增大，故 A 错误；电源的输出功率 $P=\left(\frac{E}{r+R+R_T}\right)^2(R+R_T)=\frac{E^2}{\frac{r^2}{R+R_T}+(R+R_T)+2r}$，$R_T$ 增大，根据数学知识可得输出功率减小，故 B 错误；电压表 3 测路端电压，电压表 2 测热敏电阻 R_T 两端电压，电压表 1 测定值电阻 R 两端电压，由 $U_3=E-Ir$，得 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I}=r$，$U_2=E-I(r+R)$，得 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I}=r+R$，由 $U_1=IR$，得 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}=R$，故 $\frac{\Delta U_1}{\Delta I}$、$\frac{\Delta U_2}{\Delta I}$、$\frac{\Delta U_3}{\Delta I}$，都不变，且 $\Delta U_1<\Delta U_2$，故 C 正确，D 错误。]

7．D　[若 R_1 短路，外电阻减小，路端电压 U 减小，干路电流 I 增大，A 灯变亮，并联部分的电压减小，通过 B 的电流减小，则 B 灯变暗，不符合题意，故 A 错误；若 R_2 断路，外电阻增大，路端电压 U 增大，干路电流 I 减小，A 灯变暗，不符合题意，故 B 错误；若 R_2 短路，D 灯不亮，外电阻减小，路端电压 U 减小，干路电流 I 增大，A 灯变亮，并联部分的电压减小，通过 B 的电流减小，则 B 灯变暗，不符合题意，故 C 错误；若 R_3 短路，外电阻减小，路端电压 U 减小，干路电流 I 增大，A 灯变亮，并联部分的电压减小，通过 C、D 的电流都减小，则 C、D 灯变暗，干路电流增大，通过 C 灯电流减小，则 B 灯的电流增大，变亮，符合题意，故 D 正确。]

微专练 47　含电容的直流电路分析

1．B　[以油滴为研究对象进行受力分析可知，油滴静止不动，所受电场力与重力平衡，即 $mg=qE=q\frac{U}{d}$，现欲使油滴仍能处于平衡状态，则保证电场强度不发生变化即可，R_1 的电压不变即可，题中 R_2 没有电流通过，改变 R_2 时对电路工作状态无影响，所以 B 正确，A 错误；而增大两板间距离时，电场强度减小，油滴下落，所以 C 错误；断开开关 S 时，电容器与可变电阻构成闭合回路，电容器放电，油滴下落，所以 D 错误。]

2．A　[MN 两极板间电压和 R_0 两端电压相同，故两极板间电场强度方向向上，微粒所受电场力方向向上；保持 S 闭合，增大 R_1，那么，R_0 两端电压减小，两极板间电压减小，故电场强度减小，微粒所受电场力减小，合外力增大，粒子加速度增大，粒子打在 O 点左侧，故 A 正确；保持 S 闭合，增大 R_2，两极板间电压不变，故电场强度不变，微粒受力不变，粒子运动不变，仍打在 O 点，故 B 错误；断开 S，极板两端电荷保持不变，那么由电容 $C=\frac{Q}{U}$，$C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知电场强度 $E=\frac{U}{d}=\frac{4\pi kQ}{\varepsilon_r S}$，不变，那么微粒受力不变，粒子运动不变，仍打在 O 点，故 C、D 错误。]

3．B　[由闭合电路欧姆定律，可得 $I=\frac{E}{R_{外}+r}$，依题意电路稳定后，电容器所在支路断路，有 $R_{外}=\frac{1}{\frac{1}{R_1+R_2}+\frac{1}{R_3}}$，联立解得 $I=1\ \mathrm{A}$，故 A 错误；R_3 两端的电压为路端电压，即 $U=E-Ir=5\ \mathrm{V}$，故 B 正确；电容器与电阻 R_1 并联，极板间电压为 $UR_1=\frac{U}{R_1+R_2}\cdot R_1=2.5\ \mathrm{V}$，电容器所带的电荷量为 $Q=CUR_1=1.5\times10^{-5}\ \mathrm{C}$，故 C 错误；若 S 断开，电容器放电，相当于电源，R_2 与 R_3 串联后再与 R_1 并联，通过两支路的电流关系为 $\frac{I_{23}}{I_1}=\frac{R_1}{R_2+R_3}=\frac{1}{3}$，则通过 R_2 的电荷量为 $QR_2=Q\times\frac{1}{4}=3.75\times10^{-6}\ \mathrm{C}$，故 D 错误。]

4．B　[滑动变阻器的滑片 P 缓慢从 b 向 a 滑动过程中，根据电路构造可知接入电路的电阻减小，电路的总电阻减小，则电路的电流增大，电流表示数增大，故 A 错误；电源的效率为 $\eta=\frac{I^2(R_1+R_3)}{I^2(R_1+R_3+r)}=\frac{R_1+R_3}{R_1+R_3+r}=\frac{1}{1+\frac{r}{R_1+R_3}}$，当滑动变阻器接入电路的电阻减小，根据数学知识可知电源效率减小，故 B 正确；把 R_1 看作电源的内阻，等效电源的内阻为 R_1+r。滑片 P 缓慢从 b 向 a 滑动过程中，滑动变阻器接入电路的电阻减小，但开始时 R_1+r 与 R_3 的大小关系不能确定，所以无法判断等效电源的输出功率如何变化，即无法判断滑动变阻器消耗的功率如何变化，故 C 错误；根据闭合电路欧姆定律有 $U=E-I(R_1+r)$，当滑动变阻器接入电路的电阻减小，电路的电流增大时，R_3 两端的电压减小，电容器电压减小，根据 $Q=CU$ 可知电荷量在减小，电容器在放电状态，所以通过 R_2 的电流方向为从 d 到 c，故 D 错误。]

5．A　[根据电容器的定义式 $C=\frac{Q}{U}$ 可知 $U_C=\frac{Q}{C}=\frac{I}{C}t$，结合图像可知，图像的斜率为 $\frac{I}{C}$，则 1～2 s 内的

电流 I_{12} 与 3～5 s 内的电流 I_{35} 关系为 $I_{12}=2I_{35}$，且两段时间中的电流方向相反，根据欧姆定律 $I=\frac{U}{R}$ 可知 R 两端电压大小关系满足 $U_{R12}=2U_{R35}$，由于电流方向不同，所以电压方向不同，故 A 正确。]

6．CD [当变阻箱的阻值为 $R_4=6\ \Omega$，电阻 R_1 两端的电压为 $U_1=\frac{R_1}{R_1+R_2}E$，解得 $U_1=3\ \text{V}$，电阻 R_4 两端的电压为 $U_4=\frac{R_4}{R_3+R_4}E$，解得 $U_4=3\ \text{V}$，结合外电路中顺着电流方向电势降低，可知 M 点的电势等于 N 点的电势，故 A 错误；当变阻箱的阻值为 $R_4'=12\ \Omega$ 时，电阻箱两端的电压为 $U_4'=\frac{R_4'}{R_3+R_4'}E$，解得 $U_4'=4.5\ \text{V}$，则电容器两端的电势差为 $\Delta U=\varphi_2-U_4'=1.5\ \text{V}$，故 B 错误；变阻箱的阻值改变前，电路消耗的电功率为 $P_1=\frac{E^2}{R_1+R_2}+\frac{E^2}{R_3+R_4}$，解得 $P_1=11.25\ \text{W}$，变阻箱的阻值改变后，电路消耗的电功率为 $P_2=\frac{E^2}{R_1+R_2}+\frac{E^2}{R_3+R_4'}$，解得 $P_2=10.125\ \text{W}$，变阻箱的阻值改变前后，电路消耗的电功率之比为 $\frac{P_1}{P_2}=\frac{10}{9}$，故 C 正确；当变阻箱的阻值为 $R_4=6\ \Omega$，M 点的电势等于 N 点的电势，电容器下极板不带电；当变阻箱的阻值为 $R_4'=12\ \Omega$，电阻 R_3 两端的电压为 $U_3'=\frac{R_3}{R_3+R_4'}E$，解得 $U_3'=4.5\ \text{V}$，则 $U_3'<\varphi_2$，M 点的电势高于 N 点的电势，电容器上极板带正电，带电荷量为 $Q=C(\varphi_2-U_3')=8\times10^{-5}\times(6-4.5)\text{C}=1.2\times10^{-4}\ \text{C}$，变阻箱的阻值改变的过程中，通过电阻 R_5 的电荷量为 $\Delta Q=1.2\times10^{-4}\ \text{C}$，故 D 正确。]

7．ABD [当开关 S 断开时，电路中无电流，两电容的电压都等于电源的电动势，$Q=UC$，而 $C_1=C_2$，所以 $Q_1=Q_2$，即 C_1、C_2 电量之比为 1∶1，故 A 正确；S 闭合，R_1、R_2 串联，C_1 与电阻 R_1 并联，C_2 与电阻 R_2 并联，C_1、C_2 的电压等于 R_1、R_2 两端的电压，所以根据串联电路的特点可知，$\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$，$Q=UC$，而 $C_1=C_2$，所以 $\frac{Q_1}{Q_2}=\frac{R_1}{R_2}$，故 B 正确；由 B 分析可知，当 S 闭合时，C_1 的电压小于电源电压，则带电粒子受到的电场力 $F=\frac{U}{d}$ 变小，电场力小于重力，带电粒子向下加速运动，故 C 错误；开关 S 断开时，电路中没有电流，B 点电势等于电源电动势；当 S 闭合时，B 点电势等于 R_2 两端电压，即 S 闭合后，B 点电势降低，故 D 正确。]

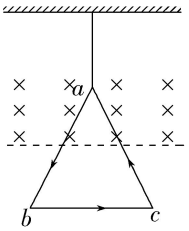
微专练 48　安培力作用下导体的平衡问题

1．C [金属棒通电后两软绳上的拉力均等于金属棒重力的 $\frac{3}{4}$，所以两软绳的总拉力大小为 $\frac{3}{2}mg$，由力的平衡条件可判断出此时金属棒受到的安培力方向竖直向下，大小为 $F_{安}=\frac{1}{2}mg$，故 A 错误；由左手

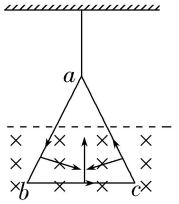
定则可知，磁场的方向为垂直纸面向外，故 B 错误；由 $F_{安}=\frac{1}{2}mg=BIl$，得磁场的磁感应强度大小为 $B=\frac{mg}{2Il}$，故 C 正确；若仅改变金属棒中的电流方向，则安培力的方向变为竖直向上，此时两软绳的拉力大小均为 $F=\frac{1}{2}(mg-F_{安})=\frac{1}{4}mg$，故 D 错误。]

2．C [设线框的质量为 m，右盘砝码质量为 m_1，则当线框中通以图示方向的电流 I 时，安培力向上，则满足 $BIL+m_1g=mg$；电流反向后，安培力向下，要在天平右盘加质量 Δm 砝码天平才能平衡，则 $BIL+mg=m_1g+\Delta mg$，联立可得 $2BIL=\Delta mg$，解得 $\Delta m=2BIL/g$，故 C 正确。]

3．A [将虚线下方的磁场移至虚线上方，如图甲所示，细线中拉力为 F_2。线框处于匀强磁场中，则 ab 边和 ac 边受到的安培力大小相等，依据左手定则和几何关系可知，安培力夹角为 120°，因此安培力合力为 $F_{安}$，且 $F_{安}=I\frac{l}{2}B$ 有 $F_2=mg+F_{安}$，当在虚线的下方时，细线中的拉力为 F_1；



甲

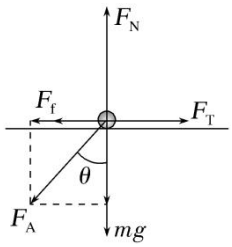


乙

依据左手定则，则各边受到安培力如图乙所示，结合矢量的合成法则，及三角知识，则线框受到安培力的合力，方向竖直向上，大小为 $F_{安}'=\frac{BIl}{2}$，根据平衡条件，则有 $F_1+F_{安}'=mg$，解得 $F_{安}'=mg-F_1=F_2-mg$，即 $\frac{BIl}{2}=\frac{1}{2}(F_2-F_1)$，得 $I=\frac{F_2-F_1}{Bl}$，故 A 正确。]

4．D [根据闭合电路欧姆定律可得 $I=\frac{E}{R+r}$，解得 $I=1$ A，A 错误；对导体棒受力分析有，导体棒所受绳子的拉力 $F_T=Mg=3$ N，导体棒所受安培力 $F_{安}=BIL=2$ N，由于导体棒处于静止状态，所以导体棒所受摩擦力向左，根据平衡条件有 $\mu mg+BIL=Mg$，解得 $\mu=0.5$，B 错误；磁感应强度增加一倍，则 $F_{安1}=2BIL=4$ N，根据受力情况可知摩擦力方向变为向右，大小为 $F_f=4\text{ N}-3\text{ N}=1$ N，C 错误；对导体棒受力分析，如图所示。水平方向有 $F_A\sin\theta+F_f=F_T$，竖直方向有 $F_A\cos\theta+mg=F_N$，又有 $F_f=\mu F_N$，解得 $F_A=\frac{F_T-\mu mg}{\sin\theta+\mu\cos\theta}=\frac{F_T-\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}\left(\frac{1}{\sqrt{1+\mu^2}}\sin\theta+\frac{\mu}{\sqrt{1+\mu^2}}\cos\theta\right)}=\frac{F_T-\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}\sin(\theta+\alpha)}$，由此可

知，F_A的最小值为$\frac{F_T-\mu mg}{\sqrt{1+\mu^2}}=\frac{4\sqrt{5}}{5}$ N，根据$F_A=BIL$，解得$B=\frac{4\sqrt{5}}{5}$ T，D正确。]

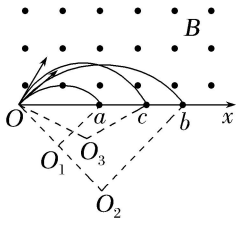


5．D [当电流方向垂直于纸面向外时，由左手定则可知，磁铁对通电直导线的作用力垂直于斜面向下，则通电直导线对磁铁的作用力垂直于斜面向上，故A错误；当电流方向垂直于纸面向外增大时，由于通电直导线对磁铁的作用力垂直于斜面向上，磁铁对斜面的压力减小，磁铁与斜面间的最大静摩擦力减小；若静摩擦力仍能与磁铁重力沿斜面向下的分力平衡，则轻绳拉力仍为0，故B、C错误；当电流方向垂直纸面向里时，由左手定则可知，磁铁对通电直导线的作用力垂直于斜面向上，则通电直导线对磁铁的作用力垂直于斜面向下，磁铁对斜面的压力增大，磁铁与斜面间的最大静摩擦力增大，剪断细绳，静摩擦力仍能与磁铁重力沿斜面向下的分力平衡，磁铁仍保持静止，故D正确。]

微专练49　带电粒子在直线边界磁场中的运动

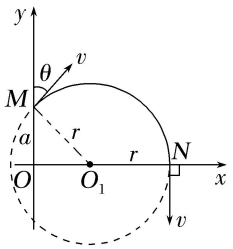
1．A [由左手定则可知，M带负电，N带正电，A正确；由$R=\frac{mv}{qB}$可知，M的速度率大于N的速率，B错误；洛伦兹力对M、N都不做功，C错误；由$T=\frac{2\pi m}{qB}$可知，M的运动时间等于N的运动时间，D错误。]

2．D [设粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为R，根据牛顿第二定律有$qvB=m\frac{v^2}{R}$，解得$R=\frac{mv}{qB}$，设a、b、c三点的坐标分别为x_1、x_2、x_3。如图所示，当$\theta=45°$时，若粒子从a点射出磁场，根据几何关系有$x_1=\sqrt{2}R_1=\frac{\sqrt{2}mv_1}{qB}$，若粒子从$b$点射出磁场，根据几何关系有$x_2=\sqrt{2}R_2=\frac{\sqrt{2}mv_2}{qB}$，当$\theta=60°$时，粒子从$c$点射出磁场，根据几何关系有$x_3=\sqrt{3}R_3=\frac{\sqrt{3}mv_3}{qB}$，并且$2x_3=x_1+x_2$，解得$v_3=\frac{\sqrt{6}}{6}(v_1+v_2)$，故D正确。]

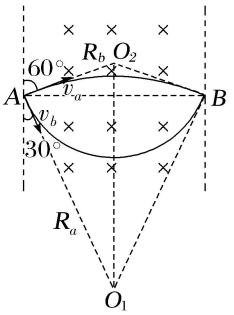


3．AD [粒子向下偏转，根据左手定则可知粒子带负电，A正确；粒子运动的轨迹如图。由于速度方向与y轴正方向的夹角$\theta=45°$，根据几何关系可知$\angle OMO_1=\angle OO_1M=45°$，$OM=OO_1=a$，则粒

子运动的轨道半径为 $r=O_1M=\sqrt{2}a$，洛伦兹力提供向心力 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得 $v=\frac{\sqrt{2}qBa}{m}$，B、C 错误；N 与 O 点的距离为 $NO=OO_1+r=(\sqrt{2}+1)a$，D 正确。]



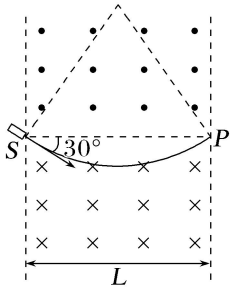
4．BD　[由左手定则可得 a 粒子带负电，b 粒子带正电，故 A 错误；粒子做匀速圆周运动，运动轨迹如图所示，则 $R_a=\frac{\frac{1}{2}d}{\sin 30°}=d$，$R_b=\frac{\frac{1}{2}d}{\sin 60°}=\frac{\sqrt{3}}{3}d$，所以 $R_a:R_b=\sqrt{3}:1$，故 B 正确；由几何关系可得，从 A 运动到 B，a 粒子转过的圆心角为 60°，b 粒子转过的圆心角为 120°，$t_a=\frac{T_a}{6}=t_b=\frac{T_b}{3}$，则 $T_a:T_b=2:1$，故 C 错误，D 正确。]



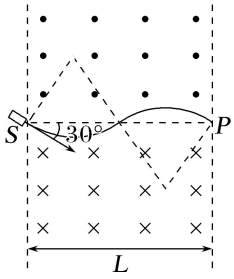
5．B　[带电离子做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得 $r=\frac{mv}{qB}=L$，则垂直左边界运动的离子恰与右边界相切，运动半个圆周，在磁场中运动的时间最长，为 $t_{max}=\frac{T}{2}=\frac{\pi m}{qB}$，此时，离子从左边界离开磁场，射入点与射出点间的距离最大，大小为 $2L$，故 A、D 错误；离子从右侧边界离开磁场时，当离子圆周运动的弦长最短时，对应圆心角最小，根据 $t=\frac{\theta}{2\pi}T$，运动时间最短，由几何关系得最短弦长为 L，圆心角为 60°，时间为 $t_{min}=\frac{T}{6}=\frac{\pi m}{3qB}$，故 B 正确；离子从右侧边界离开磁场时，离子初速度沿左边界向下，离子做四分之一的圆周运动，此时有最大弦长，对应圆心角最大，运动时间最长，则离子从右侧边界离开磁场时，在磁场中运动的最长时间为 $t_{max}'=\frac{T}{4}=\frac{\pi m}{2qB}$，故 C 错误。]

6．BC　[若离子通过下部分磁场直接到达 P 点，如图甲。根据几何关系则有 $R=L$，$qvB=m\frac{v^2}{R}$，可得 $v=\frac{qBL}{m}=kBL$，根据对称性可知出射速度与 SP 成 30°角向上，故出射方向与入射方向的夹角为 $\theta=60°$。当离子上下均经历一次时，如图乙。因为上下磁感应强度均为 B，则根据对称性有 $R=\frac{1}{2}L$，根据洛伦

兹力提供向心力有 $qvB=m\frac{v^2}{R}$，可得 $v=\frac{qBL}{2m}=\frac{1}{2}kBL$，



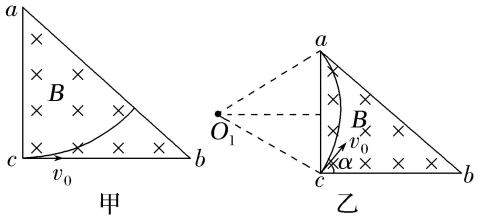
甲



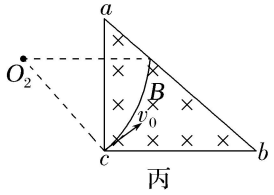
乙

此时出射方向与入射方向相同，即出射方向与入射方向的夹角为$\theta=0°$。通过以上分析可知当离子从下部分磁场射出时，需满足 $v=\frac{qBL}{(2n-1)m}=\frac{1}{2n-1}kBL(n=1，2，3\cdots)$，此时出射方向与入射方向的夹角为$\theta=60°$，当离子从上部分磁场射出时，需满足 $v=\frac{qBL}{2nm}=\frac{1}{2n}kBL(n=1，2，3\cdots)$，此时出射方向与入射方向的夹角为$\theta=0°$，故可知 B、C 正确，A、D 错误。]

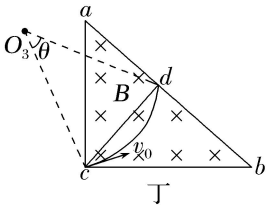
7．BC　[根据题意，从 c 点沿 cb 方向射入磁场的粒子，运动轨迹恰好垂直于边界 ab 射出磁场，如图甲所示。根据几何关系可知，a 点为粒子运动轨迹的圆心，则粒子做圆周运动的半径为 $r=L$，由洛伦兹力提供向心力有 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$，联立解得 $v_0=\frac{qBL}{m}$，故 A 错误；粒子从 a 点射出磁场，



根据题意，粒子的运动轨迹如图乙所示。根据几何关系可知$\angle O_1ca=60°$，$\alpha=60°$，即粒子在 c 点的速度方向与 bc 夹角为 60°，故 B 正确；根据题意，与 bc 夹角为 45°入射的粒子在磁场中的运动轨迹如图丙所示。根据几何关系可知，粒子运动轨迹所对圆心角为 45°，



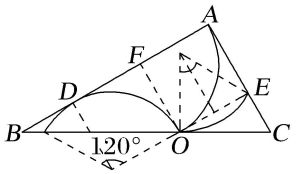
则粒子在磁场中的运动时间为 $t=\frac{45°}{360°}\times\frac{2\pi r}{v_0}=\frac{\pi m}{4qB}$，故 C 正确；根据题意可知，所有从 ab 边界出射的粒子中在磁场中运动轨迹对应的弦长最短的情况为弦与 ab 垂直，此时粒子运动的时间最短，最短时间的运动轨迹为弧线 cd，如图丁所示。



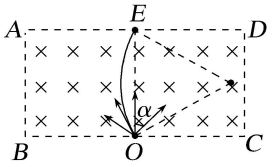
丁

根据几何关系可得 $\sin\frac{\theta}{2}=\frac{\frac{\sqrt{7}}{8}L}{L}=\frac{\sqrt{7}}{8}$，又 $\cos\theta=1-2\sin^2\frac{\theta}{2}=\frac{25}{32}>\frac{\sqrt{2}}{2}$，由题意结合余弦定理有 $\cos\theta=\frac{25}{32}>\frac{\sqrt{2}}{2}$，可知$\theta<\frac{\pi}{4}$，结合 C 选项分析可知，从 ab 边界出射的粒子中在磁场中运动的最短时间 $t_{\min}<\frac{\pi m}{4qB}$，故 D 错误。]

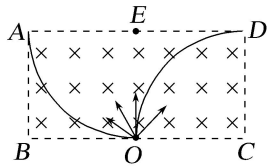
8．CD　[如图所示为粒子运动的动态圆在各个边上的临界点，粒子运动的半径为$\frac{\sqrt{3}L}{2}$。动态圆对应的弦为 OE 和 OF 时，粒子对应的时间最短，为 $\frac{1}{6}T=\frac{\pi m}{3qB}$，故 A 错误；粒子刚好从 OB 边射出时对应的圆心角最大为 120°，故而最长时间为 $\frac{1}{3}T=\frac{2\pi m}{3qB}$，故 B 错误；$AB$ 边上有粒子射出的部分为 AD，长度为 $\sqrt{3}L$，故 C 正确；沿 OF 和 OB 方向发射的粒子均从 OB 边上射出，$\angle BOF=60°$，故而占粒子总数的$\frac{1}{3}$，故 D 正确。]



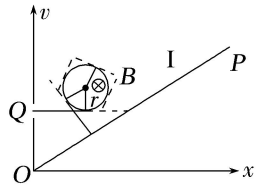
9．AB　[速度与 OB 边的夹角为 60°的粒子恰好从 E 点射出磁场，所以由左手定则可知，粒子带负电，A 正确；速度与 OB 边的夹角为 60°的粒子恰好从 E 点射出磁场，粒子在磁场中的运动轨迹如图。粒子的运动轨迹结合几何关系可知，$\alpha=60°$，所以粒子做圆周运动的半径 $r=d$，由牛顿第二定律 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得粒子运动的速度大小为 $v=\frac{qBd}{m}$，故 B 正确；作图可知，粒子从 AD 边离开时的运动轨迹都为劣弧，由于粒子做圆周运动的速度大小相同，因此从 AD 边离开的粒子在磁场中运动的轨迹越短，即该轨迹对应的弦越短，时间越短，分析可知，O 点到 AD 的最短距离为 EO，即从 E 点射出的粒子在磁场中运动时间最短，因此最短时间为六分之一周期，由 $T=\frac{2\pi r}{v}$，可得最短时间 $t=\frac{T}{6}=\frac{\pi m}{3qB}$，故 C 错误；



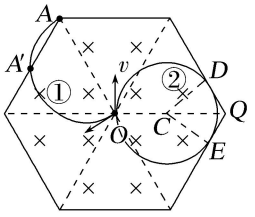
如图，当粒子水平向左飞入时刚好从 A 点飞出，当粒子竖直向上飞入时，刚好从 D 点飞出，由图可知，从 AD 边离开的粒子在磁场中经过的区域的面积为图中 $AODA$ 区域的面积，所以该区域面积为 $S=\frac{1}{4}\pi d^2+d^2-\frac{1}{4}\pi d^2=d^2$，故 D 错误。]



10．BC　[该正电荷运动轨迹如图所示。依题意，虚线框为所存在的最小矩形匀强磁场区域。由几何关系易知，正电荷在磁场内做圆周运动的圆心角为 $\frac{5\pi}{3}$，故该正电荷在磁场中运动的时间为 $t=\frac{\frac{5\pi}{3}}{2\pi}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{5\pi m}{3qB}$，故 A 错误，B 正确；圆周运动的半径为 $r=\frac{mv_0}{qB}$，可知这个矩形的最小面积表达式 $S=2r\cdot(r+r\cos 30°)$，即可得 $S=(2+\sqrt{3})\left(\frac{mv_0}{qB}\right)^2$，故 C 正确，D 错误。]



11．BD　[由于恰没有一个粒子飞出，所以粒子在磁场中运动的半径 $r=\frac{\sqrt{3}}{4}L$，所有粒子能到达的区域是一个以 O 为圆心、半径为 $2r$ 的圆，所以面积 $S=\pi(2r)^2=\frac{3\pi L^2}{4}$，故 A 错误；又因 $r=\frac{mv}{qB}$，所以磁感应强度 $B=\frac{4\sqrt{3}mv}{3qL}$，故 B 正确；若磁感应强度调整为 $\frac{2mv}{qL}$，则粒子在磁场中运动的半径为 $\frac{L}{2}$，轨迹如图中①轨迹，由于边界是一个正六边形，所以粒子会从六边形的边上飞出，从而打不到 A 点，故 C 错误；粒子的轨迹如图中②轨迹所示，设粒子的运动半径为 r'，则有 $r'=\frac{mv}{qB'}$，由几何关系得 $r'+\frac{r'}{\cos 30°}=L$，解得 $B'=\frac{(2\sqrt{3}+3)mv}{3qL}$，故 D 正确。]

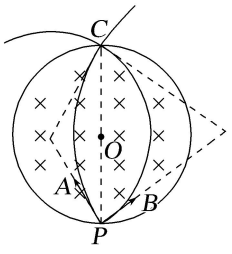


12．A　[由题意知当质子射出后先在 MN 左侧运动，刚射出时根据左手定则可知在 MN 左侧受到 y 轴正方向的洛伦兹力，即在 MN 左侧会向 y 轴正方向偏移，做匀速圆周运动，y 轴坐标增大；在 MN 右侧根据左手定则可知洛伦兹力反向，质子相对于在 MN 上的速度方向向 y 轴负方向偏移，做匀速圆周运动，故 A 正确，B 错误；根据左手定则可知质子在整个运动过程中都只受到平行于 xOy 平面的洛伦兹力作用，在 z 轴方向上没有运动，z 轴坐标不变，故 C、D 错误。]

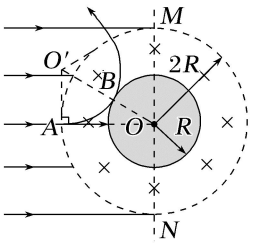
微专练 50　带电粒子在圆形边界磁场中的运动

1．AD　[由题图可看出粒子 1 没有偏转，说明粒子 1 不带电，则粒子 1 可能为中子；粒子 2 向上偏转，根据左手定则可知粒子 2 应该带正电，故 A 正确，B 错误；由以上分析可知粒子 1 不带电，则无论如何增大磁感应强度，粒子 1 都不会偏转，故 C 错误；粒子 2 在磁场中洛伦兹力提供向心力有 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，解得 $r=\frac{mv}{qB}$，可知若增大粒子入射速度，则粒子 2 的半径增大，粒子 2 可能打在探测器上的 Q 点，故 D 正确。]

2．BD　[粒子在磁场中运动的轨迹如图所示。根据左手定则可知，A 粒子带负电，B 粒子带正电，故 A 错误；根据几何关系 $r_A=\frac{R}{\cos 60°}$，$r_B=\frac{R}{\cos 30°}$，根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，所以 $\frac{q}{m}=\frac{v}{Br}$，所以 A、B 粒子的比荷之比为 $1∶\sqrt{3}$，故 B 正确；A、B 粒子在磁场中做圆周运动的半径之比为 $\sqrt{3}∶1$，故 C 错误；粒子在磁场中运动的时间为 $t=\frac{\beta}{2\pi}T$，$T=\frac{2\pi m}{qB}$，A 粒子圆心角为 60°，B 粒子的圆心角为 120°，所以 A、B 粒子在磁场中运动的时间之比为 $\sqrt{3}∶2$，故 D 正确。]

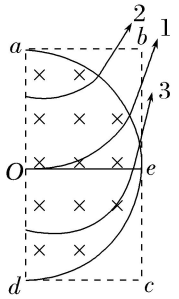


3．AC　[根据几何关系，靠近 N 点的入射粒子的半径 $r_1\geqslant\frac{R}{2}$ 就能到达 MN 的右侧地面，由洛伦兹力提供向心力得 $qvB=m\frac{v^2}{r_1}$，解得 $v\geqslant\frac{qBR}{2m}$，即此时粒子能够到达 MN 右侧地面，故 A 正确；若粒子速率为 $\frac{qBR}{m}$，可知轨道半径为 $r_2=\frac{mv}{qB}=R$，粒子做匀速圆周运动，入射到磁场的粒子到达地面的轨迹为劣弧，轨迹对应的弦长越短，对应的圆心角越小，运动时间越短，则到达地面最短的弦长为 R，所以最小圆心角为 60°，运动时间最短 $t_{\min}=\frac{\frac{\pi}{3}R}{v}=\frac{\pi m}{3qB}$，故 B 错误；设正对着 O 处入射的粒子恰好可以到达地面时轨道半径为 r_3，

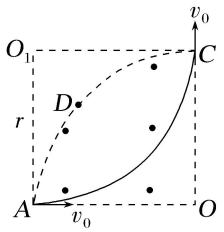


如图所示。根据几何关系有 $r_3^2+(2R)^2=(r_3+R)^2$，解得 $r_3=\frac{3}{2}R$，根据 $qvB=m\frac{v^2}{r_3^2}$，解得 $v=\frac{3qBR}{2m}$，即正对着 O 处入射的粒子恰好可以到达地面，则其速率为$\frac{3qBR}{2m}$，故 C 正确；根据选项 C 分析可知，正对 O 点偏 N 侧的粒子都能到达地面，正对 O 点偏 M 侧的粒子都不能到达地面，即当粒子速率为$\frac{3qBR}{2m}$，入射到磁场的粒子恰好有一半不能到达地面，故 D 错误。]

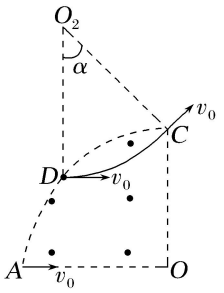
4．AD [根据洛伦兹力提供向心力 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，可得 $r=\frac{mv}{qB}$，得带电粒子在匀强磁场中运动的半径 $r=0.3$ m，从 O 点射入的粒子运动轨迹如图中的 1 所示，从 aO 边上某点射入的粒子运动轨迹如图中的 2 所示，出射点应分布在 be 边和 ab 边上，故 B 错误，D 正确；从 Od 边上某点射入的粒子运动轨迹如图中的 3 所示，出射点应分布在 be 边上，故 A 正确，C 错误。]



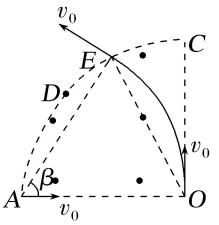
5．ACD [负粒子在磁场中做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力，可得 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{r}$，解得 $r=\frac{mv_0}{qB}=\frac{BkR}{kB}=R$，可知粒子的运动轨迹如图甲所示，由几何关系可知，粒子从 C 点离开磁场，故 A 正确；粒子在磁场中运动半径不变，且与磁场的半径相等，由磁聚焦规律可知，若该负粒子从 D 点以原速率和方向入射，则粒子仍从 C 点离开磁场，其在磁场中运动轨迹如图乙所示，D 点为弧 AC 的中点，弧 AC 所对圆心角为 90°，可知$\alpha=45°$，负粒子从 A 点射入，从 C 点离开磁场，轨迹所对圆心角为 90°，在磁场中运动的时间为 t，粒子从 D 点以原速率和方向入射，则粒子在磁场中运动的时间为$\frac{t}{2}$，B 错误，C 正确；



甲



乙

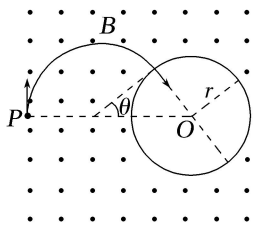


丙

若该负粒子从 O 点以原速率沿 OC 方向入射，其在磁场中运动轨迹如图丙所示，圆心在 A 点，从 E 点射出，由几何知识，可知△AEO 是等边三角形，则有$\beta=60°$，则粒子在磁场中运动的时间为$\frac{2t}{3}$，D 正确。]

6．AC　[设离子运动半径为 R，由几何关系可知 $R=r\tan 60°$，解得 $R=\sqrt{3}r$，故 A 正确；由几何关系，离子离开时距 b 点的距离 $x=r+\sqrt{3}r=(1+\sqrt{3})r$，故 B 错误；离子在磁场中做圆周运动，由洛伦兹力提供向心力 $qvB=\frac{mv^2}{R}$，解得 $B=\frac{\sqrt{3}mv}{3qr}$，故 C 正确；由几何关系可知，离子偏转角$\theta=150°$，所以 $t=\frac{\theta}{360°}T$，由周期公式 $T=\frac{2\pi R}{v}$，解得 $t=\frac{5\sqrt{3}\pi r}{6v}$，故 D 错误。]

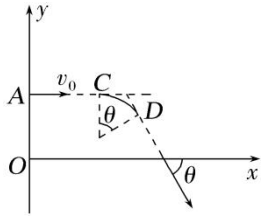
7．BC　[根据题意，画出粒子在磁场中运动的轨迹，如图所示。设粒子在磁场中做圆周运动的半径为 R，由几何关系有$(3r-R)^2=R^2+r^2$，解得 $R=\frac{4}{3}r$，故 A 错误，B 正确；由 $qvB=m\frac{v^2}{R}$，可得粒子在圆形区域做匀速直线运动的速度大小为 $v=\frac{4qBr}{3m}$，则粒子第一次在圆形区域内运动的时间为 $t=\frac{2r}{v}=\frac{3m}{2qB}$，故 C 正确，D 错误。]



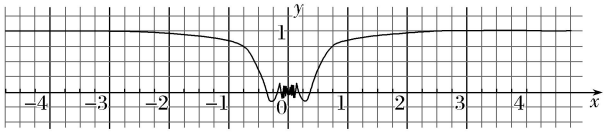
8．D　[根据磁聚焦模型，应有磁偏转半径为圆形区域半径 r，根据 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，此时粒子速度为 $v=\frac{Bqr}{m}$，D 正确；由左手定则可得，应于 N 点射出磁场，A 错误；最上层粒子在磁场中的运动时间最长，最

下层粒子在磁场中运动时间最短，B 错误；由粒子运动轨迹可知，射出粒子方向不相同，C 错误。]

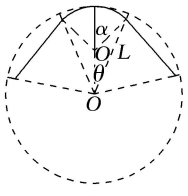
9．AC　[由洛伦兹力充当向心力得 $qv_0B=m\frac{v_0^2}{R}$，所以半径为 $R=\frac{mv_0}{qB}$，运动轨迹如图所示。若是圆形区域磁场，则以 CD 为直径的圆面积最小，$CD=R$，故最小面积为 $S_{\min}=\pi r^2=\pi\left(\frac{R}{2}\right)^2=\pi\frac{m^2v_0^2}{4B^2q^2}$，A 正确，B 错误；若是矩形区域磁场，则以 CD 为长，以圆弧最高点到 CD 的距离 h 为宽，则矩形的面积最小。$h=R-\frac{\sqrt{3}}{2}R=\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)R$，所以矩形区域磁场最小面积为 $S_{\min}=Rh=\left(1-\frac{\sqrt{3}}{2}\right)R^2=\left(\frac{2-\sqrt{3}}{2}\right)\frac{m^2v_0^2}{B^2q^2}$，C 正确，D 错误。]



10．AB　[设粒子在 n 个磁场区域运动的时间为 t_1，则 $t_1=\frac{2\pi r}{v}$，粒子在一个无磁场区域中运动的直线长度 $L=2r\sin\alpha$，$\alpha=\frac{\pi}{n}$，粒子在 n 个无磁场区域运动的时间 $t_2=\frac{nL}{v}$，则粒子在闭合轨道上运动的周期 $T=t_1+t_2=\frac{2\pi m+2nm\sin\frac{\pi}{n}}{qB}$，$y=x\sin\frac{1}{x}$，该函数图像如图甲所示。由图可知当 $x\geqslant 2$ 时 $y=x\sin\frac{1}{x}$为一个单调递增函数，可得粒子的周期与速度无关，n 越大，周期越大，故 A、B 正确；粒子在磁场中做圆周运动时有 $qvB=\frac{mv^2}{r}$，考虑对称性，画出临界轨迹，如图乙所示，由几何关系可得$\alpha=2\theta$，最大半径 $r_m=\frac{R}{2}$，所以 $v_m=\frac{BqR}{2m}$，故最大速度与 n 无关，故 C、D 错误。]



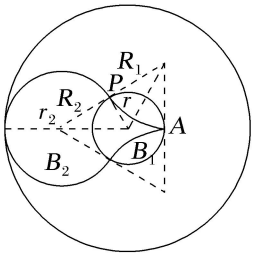
甲



乙

11．D　[设粒子在 B_1 中的轨道半径为 R_1，$R_1=r\tan 60°=\sqrt{3}r$，根据牛顿第二定律得 $qv_0B_1=m\frac{v_0^2}{R_1}$，解得 $B_1=\frac{\sqrt{3}mv_0}{3qr}$，A 错误；设粒子在 B_2 中的轨道半径为 R_2，$R_2=r\tan 60°=\sqrt{3}r$，设圆 b 的半径为 r_2，r_2

$=R_2+\frac{R_2}{\sin 60°}=(2+\sqrt{3})r$，B 错误；因为 $R_2=R_1$，所以 $B_2=B_1$，所以 $B_2=\frac{\sqrt{3}mv_0}{3qr}$，C 错误；设粒子在 B_1、B_2 中的运动时间为 $2t_1$、t_2，$t=2t_1+t_2$，$t_1=\frac{1}{6}T_1$，$T_1=\frac{2\pi m}{qB_1}$，$t_2=\frac{300°}{360°}T_2$，$T_2=\frac{2\pi m}{qB_2}$，解得 $t=\frac{7\sqrt{3}\pi r}{3v_0}$，D 正确。]



微专练 51　洛伦兹力在现代科技中的应用

1．B　[质子($_1^1$H)以速度 v_0 自 O 点沿中轴线射入，恰沿中轴线做匀速直线运动，将受到向上的洛伦兹力和电场力，满足 $qv_0B=qE$，解得 $v_0=\frac{E}{B}$，即质子的速度满足速度选择器的条件；以速度 $\frac{v_0}{2}$ 射入的正电子($_1^0$e)，所受的洛伦兹力小于电场力，正电子将向下偏转，故 A 错误；以速度 v_0 射入的电子($_{-1}^0$e)，满足电场力等于洛伦兹力，而做匀速直线运动，即速度选择器不选择电性而只选择速度，故 B 正确；以速度 $2v_0$ 射入的核($_1^2$H)，以速度 $4v_0$ 射入的α粒子($_2^4$He)，其速度都不满足 $v_0=\frac{E}{B}$，都不能做匀速直线运动，故 C、D 错误。]

2．B　[粒子经过电场要加速，原子核带正电，所以下极板 S_2 比上极板 S_1 电势低，故 A 错误；原子核加速过程，根据动能定理得 $qU=\frac{1}{2}mv^2$，原子核在磁场中做圆周运动时有 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，得 $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$，$_1^2$H 原子核与 $_1^1$H 原子核相比，电量 q 相同，质量较大，所以圆周运动半径较大，则 $_1^2$H 原子核，最终打在 D 点左侧，故 B 正确；由 $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$ 可知，若只增大加速电压 U，则半径 r 增大，该粒子最终打在 D 点左侧；若只增大磁感应强度 B，则半径 r 减小，该粒子最终打在 D 点右侧，故 C、D 错误。]

3．BC　[沿直线 O_1O_2 运动的粒子满足 $qvB_1=qE$，即速度为 $v=\frac{E}{B_1}$，在偏转磁场中洛伦兹力作为向心力，可得 $qvB_2=m\frac{v^2}{r}$，联立可得 $\frac{q}{m}=\frac{E}{rB_1B_2}$，$_1^2$H 和 $_2^4$He 比荷相等且较小，故半径较大，打在 P_2 点，$_1^1$H 比荷较大，故半径较小，打在 P_1 点，A 错误，B 正确；由 A、B 的解析可知，$_1^2$H 和 $_2^4$He 的比荷是 $_1^1$H 的比荷的 $\frac{1}{2}$，故半径是其 2 倍，即 O_2P_2 的长度是 O_2P_1 长度的 2 倍，C 正确；在偏转磁场中的周期为 $T=\frac{2\pi r}{v}=\frac{2\pi m}{qB_2}$，运动时间为 $t=\frac{T}{2}=\frac{\pi m}{qB_2}$，故粒子在偏转磁场中运动的时间不会都相等，D 错误。]

4．C　[洛伦兹力提供向心力有 $qvB=m\frac{v^2}{R}$，质子加速后获得的最大动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$，解得最大速率

约为 $v=5.4\times10^7$ m/s，故 C 正确。]

5．D [设粒子在磁场中运动的次数为 k，$kqU_0=\frac{1}{2}mv_k^2$，$qv_kB=m\frac{v_k^2}{R}$，粒子在磁场中运动的时间 $t=k\frac{T}{2}$，解得 $t=\frac{\pi BR^2}{2U_0}$，当 U_0 变为原来的 2 倍时，时间变为原来的$\frac{1}{2}$，A 错误；根据 $T=\frac{2\pi R}{v}$，解得 $T=\frac{2\pi m}{qB}$，加速电场中交变电压的周期应与圆周运动的周期相同，又因为 ${}^3_2\mathrm{He}$ 与氘核的比荷相同，因此不需要改变任何条件，该装置也可以加速α粒子，B 错误，D 正确；氘核恰好离开时动能最大，由牛顿第二定律得 $qvB=m\frac{v^2}{R}$，动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{q^2B^2R^2}{2m}$，C 错误。]

6．C [带电粒子只有经过 MN 板间时被加速，即带电粒子每运动一周被加速一次。电场的方向不需改变，只在 MN 间加速，所以该回旋加速器可以加速其他比荷不同的带正电粒子，故 A、B 正确；当粒子从 D 形盒中出来时，速度最大，由 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，可得 $v_{\max}=\frac{qBr_D}{m}$，可知加速粒子的最大速度与 D 形盒半径 r_D 有关，与板间电压无关。可知增大板间电压，粒子最终获得的最大速度不变，故 C 错误，D 正确。]

7．C [根据题意，由左手定则可知，正离子受到的洛伦兹力向下，负离子受到的洛伦兹力向上，正离子在 B 板累积，负离子在 A 板累积，则 B 板为正极、A 板为负极，故 A 错误；磁流体发电机电动势 $E=BLv$，其中 B 为板间磁场的磁感应强度，L 是两板间距离，v 为等离子体射入的速度，电动势取决于发电机内部因素，与外电路无关，外电路变化影响的是发电机的 A、B 板间的路端电压，故 B 错误；电动机被卡住后，反电动势消失，回路中电流增大，磁流体发电机的功率 $P=EI$ 增大，故 C 正确；电动机是非纯电阻电路，外电阻等于电源内阻时电源输出功率最大的结论不成立，故 D 错误。]

8．BCD [根据左手定则，正离子所受洛伦兹力方向由 M 指向 N，负离子所受洛伦兹力方向由 N 指向 M，M 点的电势低于 N 点的电势，故 A 错误，B 正确；正负离子达到稳定状态时，有 $qvB=q\frac{U}{d}$，可得流速 $v=\frac{U}{Bd}$，故 C 正确；血液流量为 $Q=\frac{V}{t}=Sv=\frac{\pi dU}{4B}$，故 D 正确。]

9．B [由图可知，含有大量正、负离子的液体从入口进入管道，根据左手定则可知，带正电的离子向上偏转，带负电的离子向下偏转，当显示器的示数稳定时，则在管道内形成向下的匀强电场，则有 $qvB=qE$，而 $E=\frac{U}{d}$，流量 $Q=Sv$，联立解得 $Q=\frac{US}{Bd}$，所以 $Q=\frac{1}{k}\cdot\frac{UA}{Bd}$式中的 A 应该为管道的横截面积 S，故 B 正确。]

10．BD [等离子体在两极间受力平衡，由 $q\frac{U}{d}=qvB$，解得 $U=Bdv=6\times0.3\times1\,000$ V$=1\,800$ V，所以电阻 R 两端的电压小于 1 800 V，故 A 错误；等离子体在磁场力作用下发生偏转，带正电的离子向上极板偏转，则上极板为电源正极，故 B 正确；由电阻定律可得发电机内阻 $r=\rho\frac{d}{ab}=2\times\frac{0.3}{0.2\times0.6}\,\Omega$

$=5\ \Omega$，发电机的输出功率 $P=\left(\frac{U}{R+r}\right)^2R=\frac{U^2}{R+\frac{r^2}{R}+2r}$，当外接电阻等于内阻时，发电机的输出功率最大，即 $R=r=5\ \Omega$，故 C 错误；电流表的示数为 $I=\frac{U}{R+r}=\frac{Bdv}{R+r}$，所以增加磁感应强度 B，电流表读数也会相应增大，故 D 正确。]

11．A　[由题意及乙图可知，叶轮转一周所需时间为 $T=3(t+\Delta t)$，故转速为 $n=\frac{1}{T}=\frac{1}{3(t+\Delta t)}$，故 A 正确，B 错误；设霍尔元件前、后表面间的距离为 h，有 $qvB=\frac{qU}{h}$，又因为 $I=NqSv$，其中 N 为霍尔元件单位体积内的自由电荷数，解得 $U=\frac{BI}{Nqh}$，可见电压 U 与转速大小没有关系，故 C 错误；若磁铁磁性减弱，会影响电压大小，但与转速无关，故 D 错误。]

微专练 52　楞次定律及其推论的应用

1．BD　[地磁场方向由南向北，开始时窗口向南，磁通量最大，开窗过程中，穿过钢窗的地磁场的磁通量变小，则推窗过程中，钢窗中有感应电流，A、C 错误，B 正确；根据楞次定律可知，从推窗人的角度看，钢窗中的感应电流方向是逆时针，D 正确。]

2．B　[由安培定则知，通有恒定电流的直导线产生的磁场在图中闭合导线框一侧的方向为斜向右下方，另一侧的方向为斜向右上方；在导线框从远处匀速靠近导线到达导线正下方的过程中，磁通量先增大后减小(正下方时为零)，通过的磁感线方向为斜向下，由楞次定律知导线框中感应电流方向先为 *abcda* 后为 *adcba*；同理，导线框从直导线正下方向右匀速远离直导线过程中，穿过导线框的磁场方向斜向右上方，磁通量先变大后变小，由楞次定律可知，感应电流方向为先 *adcba* 后 *abcda*，故整个过程中，线框 *ad* 边中的感应电流方向为先 $d\to a$，再 $a\to d$，再 $d\to a$，故 B 正确。]

3．B　[初始时，导线 1 和导线 3 在线圈 a 中的磁通量抵消，故线圈 a 中相当于只有导线 2 产生的磁通量，同理可知，线圈 b 中相当于只有导线 1 产生的磁通量，3 根导线在线圈 c 中的磁场均向外，抵消掉后线圈 d 中相当于只有导线 2 产生的磁通量，对比可知，初始时线圈 c 的磁通量最大，A 错误；若三根导线中通入的电流同时减小，结合 A 解析可知，线圈 c 的磁通量变化率最大，产生的感应电流最大，B 正确；线圈 d 中的磁场向内且磁通量减小，由楞次定律可知，产生顺时针方向的感应电流，C 错误；线圈 a、b 中的磁场均向内，磁通量均减小且减小量相同，故产生的感应电流大小相等、方向相同，D 错误。]

4．D　[对 A 进行加热，其磁感应强度增大，A 内部磁场与外部磁场方向相反，B 线圈的总磁通量与 A 内部磁场方向相同，穿过线圈 B 的磁通量增大，由楞次定律可知，B 线圈一定有扩张的趋势，故 A、B 错误；根据楞次定律可知，B 线圈中感应电流产生的磁场阻碍了 B 线圈内磁通量的增加，而非阻止，

故 C 错误；根据右手螺旋定则和楞次定律可知，若从右向左看 B 中产生顺时针方向的电流，则 A 中原磁场方向向右，A 内部磁场大于外部磁场，因此磁场方向要看内部，即 A 右端是强磁性合金的 N 极，故 D 正确。]

5．D [线圈平面的磁通量增加，根据楞次定律可知线圈有收缩的趋势，故 A 错误；通过线圈平面的磁通量变化量为$\Delta\Phi=BS-0=BS$，故 B 错误；线圈平面的磁通量向里增加，根据楞次定律可知线圈中感应电流方向为逆时针；根据左手定则可知，AB 边受安培力方向向左，故 C 错误，D 正确。]

6．C [由题意可知线圈 B 的电流在逐渐增大，电流产生的磁场也在不断增大。根据右手螺旋定则判断出线圈 B 的电流在线圈 A 产生的磁场垂直纸面向里，根据楞次定律可以判断出线圈 A 产生的感应电流为逆时针方向，对应产生的磁场垂直纸面向外。同理，根据右手螺旋定则判断出线圈 B 的电流在线圈 C 产生的磁场垂直纸面向外，根据楞次定律可以判断出线圈 C 产生的感应电流为顺时针方向，对应产生的磁场垂直纸面向里，A、B 错误；穿过线圈 A 的磁通量等于垂直纸面向里的磁通量减去线圈 A、B 间垂直纸面向外的磁通量，根据 A、B 选项分析结合楞次定律可知线圈 A 面积有扩大的趋势，根据楞次定律增缩减扩可知线圈 C 面积有缩小的趋势，C 正确，D 错误。]

7．AC [将条形磁铁插入线圈或从线圈中抽出的过程，穿过线圈的磁通量发生了变化，线圈中产生了感应电流，线圈与条形磁铁会发生相互作用，根据楞次定律的推论“来拒去留”可知，在将磁铁插入线圈的过程中，线圈与磁铁相互排斥，导致电子秤的示数大于 m_0，故 A 正确；根据楞次定律的推论“来拒去留”可知抽出线圈的过程中，线圈对条形磁铁的作用力竖直向下，故 B 错误；根据楞次定律可知插入线圈的过程中，线圈中感应电流沿逆时针方向(俯视)，故 C 正确；匀速插入线圈的过程中，磁铁受到重力、拉力、斥力作用，重力和拉力的合力所做的功等于线圈中产生的焦耳热，故 D 错误。]

8．BC [在 $0\sim\frac{T}{4}$时间内，交变磁场方向竖直向上，磁感应强度增大，根据楞次定律可知，从上往下看感应电流沿顺时针方向，A 错误；在$\frac{T}{4}\sim\frac{3T}{4}$时间内，根据 $I=\frac{E}{R}$，$E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=S\frac{\Delta B}{\Delta t}$，则有 $I=\frac{S}{R}\cdot\frac{\Delta B}{\Delta t}$，根据图乙可知，在$\frac{T}{4}\sim\frac{3T}{4}$时间内，磁感应强度的变化率，即图线切线的斜率先增大后减小，则感应电流先增大后减小，根据楞次定律可以判断，该段时间内，从上往下看感应电流的方向始终沿逆时针方向，方向不变，B 正确；在$\frac{T}{4}\sim\frac{T}{2}$时间内，磁场方向竖直向上，磁感应强度减小，根据楞次定律可知，感应电流的效果是要阻碍磁通量的减小，即交变磁场对感应电流的安培力作用使得圆环有扩张的趋势，C 正确；在$\frac{T}{2}\sim\frac{3T}{4}$时间内，由于 $I=\frac{S}{R}\cdot\frac{\Delta B}{\Delta t}$，可知，感应电流逐渐减小为 0，即在$\frac{3T}{4}$时刻感应电流为 0，则此时刻磁场对圆环上任一小段导线的作用力为 0，又由于在$\frac{T}{2}$时刻，交变磁场的磁感应强度为 0，则此时刻磁场对圆环上任一小段导线的作用力也为 0，可知，在$\frac{T}{2}\sim\frac{3T}{4}$时间内，磁场对圆环上任一小段导

线的作用力先增大后减小，D 错误。]

9．BD　[当电梯坠落至如图位置时，闭合线圈 A 中向上的磁场减弱，感应电流的方向从上往下看是逆时针方向，B 中向上的磁场增强，感应电流的方向从上往下看是顺时针方向，B 正确，A 错误；结合 A、B 的分析可知，当电梯坠落至如图位置时，闭合线圈 A、B 都在阻碍电梯下落，C 错误；闭合线圈 A 中向上的磁场减弱，B 中向上的磁场增强，根据楞次定律可知，线圈 B 有收缩的趋势，A 有扩张的趋势，D 正确。]

10．D　[金属杆 PQ 突然向右运动，由右手定则可知，$PQRS$ 中有沿逆时针方向的感应电流，由于感应电流产生的磁场与原磁场方向相反，则穿过圆环形金属线框 T 中的磁通量减小，由楞次定律可知，T 中有沿顺时针方向的感应电流，故 D 正确。]

11．BD　[圆盘 N 能沿箭头方向逆时针转动，可知感应电场的方向沿顺时针方向，则产生感应电场的磁场方向垂直纸面向里；若导体棒 ab 向右运动，则感应电流由 b 到 a，M 中的磁场向外，与产生感应电场的磁场方向相反，可知必然是增强的，则 ab 必然加速运动，故 A 错误，B 正确；若导体棒 ab 向左运动，则感应电流由 a 到 b，M 中的磁场向里，与产生感应电场的磁场方向相同，可知必然是减弱的，则 ab 必然减速运动，故 C 错误，D 正确。]

12．AB　[要使线圈 A 受到沿半径指向圆心的力，也就是线圈具有收缩的趋势，企图通过收缩使面积减小以阻碍其磁通量的变化，显然 A 线圈的原磁通量是增加的，这样 D 中感应电流产生的磁场应该增大，即 MN 必须向左或向右做加速运动，A、B 正确，C、D 错误。]

13．C　[圆盘顺时针加速转动时，由右手定则可知，圆盘中感应电流从圆心流向边缘，线圈 A 中产生的磁场方向向下，且磁场增强。由楞次定律可知，线圈 B 中的感应磁场方向向上，由安培定则可知 ab 棒中感应电流方向由 $a\rightarrow b$，由左手定则可知，ab 棒受的安培力方向向左，ab 棒将向左运动，故 A 错误；圆盘逆时针匀速转动时，由右手定则可知，圆盘中感应电流从边缘流向圆心，线圈 A 中产生的磁场方向向上，且磁场不变，线圈 B 中无感应电流，则 ab 棒静止，故 B 错误；圆盘顺时针减速转动时，由右手定则可知，圆盘中感应电流从圆心流向边缘，线圈 A 中产生的磁场方向向下，且磁场减弱。由楞次定律可知，线圈 B 中的感应磁场方向向下，由安培定则可知 ab 棒中感应电流方向由 $b\rightarrow a$，由左手定则可知，ab 棒受的安培力方向向右，ab 棒将向右运动，故 C 正确；圆盘逆时针加速转动时，由右手定则可知，圆盘中感应电流从边缘流向圆心，线圈 A 中产生的磁场方向向上，且磁场增强。由楞次定律可知，线圈 B 中的感应磁场方向向下，由安培定则可知 ab 棒中感应电流方向由 $b\rightarrow a$，由左手定则可知，ab 棒受的安培力方向向右，ab 棒将向右运动，故 D 错误。]

微专练 53　法拉第电磁感应定律的应用

1．A　[按下按钮的过程中，螺线管中的磁场增强，由楞次定律及右手螺旋定则可知，螺线管中的感应电流由 P 流向 Q，螺线管作为电源，在电源内部感应电流由负极流向正极，所以其 P 端电势较低，

故 A 正确；松开按钮的过程中，螺线管中的磁场减弱，由楞次定律及右手螺旋定则可知，螺线管中的感应电流由 Q 流向 P，螺线管作为电源，在电源内部感应电流由负极流向正极，所以其 Q 端电势较低，故 B 错误；按住按钮不动，螺线管中的磁通量变化率为零，线圈中不会产生感应电动势，故 C 错误；按下和松开按钮的过程中，产生的感应电动势方向不同，故 D 错误。]

2．B [根据法拉第电磁感应定律可知，3 圈线圈产生的电动势大小分别为 $E_1=\frac{\Delta B}{\Delta t}a^2=ka^2$，$E_2=\frac{\Delta B}{\Delta t}b^2=kb^2$，$E_3=\frac{\Delta B}{\Delta t}c^2=kc^2$，由图可知 3 圈线圈产生的电动势方向相同，则整个线圈产生的感应电动势为 $E=E_1+E_2+E_3=(a^2+b^2+c^2)k$，故 B 正确。]

3．C [设甲回路的面积为 S_1，则感应电动势 $E_1=\frac{B_0}{t_0}S_1$，t_0 时刻，甲回路中小的半圆环受到的安培力 $F_1=2B_0\frac{E_1}{R}r$，设乙回路的面积为 S_2，则感应电动势 $E_2=\frac{B_0}{t_0}S_2$，t_0 时刻，乙回路中小的半圆环受到的安培力 $F_2=2B_0\frac{E_2}{R}r$，由题意知，甲、乙两回路面积之差为 $S_1-S_2=\pi r^2$，则安培力之差 $\Delta F=F_1-F_2=\frac{2\pi B_0^2r^3}{Rt_0}$，故 C 正确。]

4．AC [由磁感应强度的变化规律可知，闭合回路中的磁感应强度向内，磁通量增加，由楞次定律可知，通过小灯泡的电流由 a 流向 b，A 正确；矩形线圈产生的感应电动势为 $E_1=S_1\frac{\Delta B}{\Delta t}=kS_1$，小圆线圈产生的感应电动势为 $E_2=S_2\frac{\Delta B}{\Delta t}=kS_2$，由楞次定律可知，两部分线圈产生的感应电动势方向相同，所以总电动势为 $E=E_1+E_2=k(S_1+S_2)$，B 错误；通过小灯泡的电流大小为 $I=\frac{E}{R+r}=\frac{k(S_1+S_2)}{R+r}$，C 正确；通过小灯泡的电流是恒定电流，小灯泡两端的电压为 $U=IR=\frac{Rk(S_1+S_2)}{R+r}$，D 错误。]

5．C [根据右手定则可知，在图示位置，圆环左、右两边的线圈因切割磁感线而产生的感应电流方向相同(均是顺时针方向)，线圈中的感应电动势大小 $E=2B\cdot2a\cdot\frac{1}{2}v=2Bav$，感应电流大小 $I=\frac{E}{R}=\frac{2Bav}{R}$，此时圆环中的电功率为 $P=EI=\frac{4B^2a^2v^2}{R}$，故 A 错误；根据左手定则可知，圆环左、右两边受到的安培力均是水平向左，所以根据牛顿第二定律可知，圆环的加速度为 $a=\frac{2BI\cdot2a}{m}=\frac{4Ba}{m}\cdot\frac{2Bav}{R}=\frac{8B^2a^2v}{mR}$，故 B 错误；此过程中通过圆环截面的电荷量为 $Q=\bar{I}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R\Delta t}\cdot\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{\pi Ba^2}{R}$，故 C 正确；此过程中回路产生的电能等于小球动能的减小量，所以 $W_{电}=\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}m\left(\frac{v}{2}\right)^2=\frac{3}{8}mv^2$，故 D 错误。]

6．B [导体杆切割磁感线时，回路中产生感应电流，由楞次定律可得，导体杆受到的安培力总是阻碍导体棒的运动。当 R 从 R_0 变为 $2R_0$ 时，回路中的电阻增大为原来的 2 倍，则电流减小，导体杆所

受安培力减小，即导体杆在摆动时所受的阻力减弱，导体杆从开始摆动到停止，运动的路程和经历的时间变长，所以导体杆振动图像是图 B。]

7．A　[由题图可看出 OA 导体棒转动切割磁感线，则根据右手定则可知 $\varphi_O>\varphi_A$，其中导体棒 AC 段不在磁场中，不切割磁感线，电流为 0，则 $\varphi_C=\varphi_A$，A 正确，B、C 错误；根据以上分析可知 $\varphi_O-\varphi_A>0$，$\varphi_A-\varphi_C=0$，则 $\varphi_O-\varphi_A>\varphi_A-\varphi_C$，D 错误。]

8．CD　[根据右手定则可知，金属棒 AB 逆时针切割磁感线时，产生的感应电流应该是从 B 向 A，故 A 错误；据 $E_{感}=BL\bar{v}$ 以及 $v=r\omega$ 可得切割磁感线时产生的电动势 $E_{感}=BL\bar{v}=Br(\frac{\omega r+2\omega r}{2})=\frac{3}{2}Br^2\omega$，切割磁感线的导体相当于电源，则 AB 两端的电压相当于电源的路端电压，根据闭合电路欧姆定律可知 $U_{AB}=\frac{R}{R+R}E_{感}=\frac{1}{2}\times\frac{3}{2}Br^2\omega=\frac{3}{4}Br^2\omega$，故 B 错误；切割磁感线的 AB 相当于电源，在 AB 内部电流方向由 B 向 A，故金属棒 A 相当于电源正极，故与 A 接近的电容器 M 板带正电，故 C 正确；由 B 分析知，AB 两端的电压为 $\frac{3}{4}Br^2\omega$，则电容器两端的电压也是 $\frac{3}{4}Br^2\omega$，故电容器所带电荷量 $Q=CU=\frac{3}{4}CBr^2\omega$，故 D 正确。]

9．C　[OP 转动过程中旋转切割磁感线，设 OP 长度为 r，角速度为 ω，由 $E=Br\bar{v}$，$\bar{v}=\frac{r\omega}{2}$，可得感应电动势为 $E=\frac{Br^2\omega}{2}$，故 A 错误；由右手定则可知，OP 转动切割磁感线时，感应电流方向由 $O\rightarrow P$，故回路中产生逆时针方向的感应电流，所以流过金属杆 MN 的电流方向由 $M\rightarrow N$，故 B 错误；由左手定则可知，金属杆 MN 受到的安培力方向水平向左，故杆 MN 向左运动，故 C 正确；当金属杆向左运动时，杆 MN 切割磁感线，产生顺时针方向的感应电流，设金属杆的速度为 v'，杆长为 L，则感应电动势为 $E'=BLv'$，故回路中的感应电动势为 $E_{总}=E-E'=\frac{Br^2\omega}{2}-BLv'$，故随着金属杆速度的增大，回路中的感应电动势逐渐减小，感应电流逐渐减小，故 D 错误。]

10．B　[过程Ⅰ回路中磁通量变化 $\Delta\Phi_1=\frac{1}{4}B\pi R^2$，设 OM 的电阻为 R，流过 OM 的电荷量 $Q_1=\frac{\Delta\Phi_1}{R}$。过程Ⅱ回路中磁通量变化 $\Delta\Phi_2=\frac{1}{2}(B'-B)\pi R^2$，流过 OM 的电荷量 $Q_2=\frac{\Delta\Phi_2}{R}$。$Q_2=Q_1$，联立解得 $\frac{B'}{B}=\frac{3}{2}$，B 正确。]

11．BD　[金属杆 AC 每经过 O_1P 一次则电流方向改变一次，则转一圈电流的方向改变 2 次，A 错误；金属杆产生的感应电动势 $E=2B(2r-r)\omega\frac{2r+r}{2}=12\ \text{V}$，电路总电阻 $R=\frac{24}{2}\ \Omega=12\ \Omega$，流过金属杆 AC 的电流大小始终为 $I=\frac{E}{R}=1\ \text{A}$，B 正确；金属圆环的发热功率为 $P=\frac{E^2}{R}=\frac{12^2}{12}\ \text{W}=12\ \text{W}$，C 错误；金属杆 AC 转一圈克服安培力做功等于产生的焦耳热 $W=Q=I^2RT=1^2\times12\times\frac{2\pi}{2}\ \text{J}=37.68\ \text{J}$，D 正确。]

12．A　[若保持圆环不动，则产生的感应电动势恒定为 $E_1=\frac{(B_1-B_0)\pi r^2}{t}$，则 $Q=\frac{E_1^2}{R}t=\frac{(B_1-B_0)^2\pi^2r^4}{tR}$①，若线圈转动：则产生的感应电动势最大值 $E_{2m}=B_1\omega S=B_1\frac{\frac{\pi}{2}}{2t}\cdot\pi r^2=\frac{\pi^2r^2B_1}{4t}$，有效值 $E_2=\frac{\pi^2r^2B_1}{4\sqrt{2}t}$，产生的热量 $Q=\frac{E_2^2}{R}\times2t=\frac{\pi^4r^4B_1^2}{16tR}$②，联立①②可得 $\frac{B_0}{B_1}=\frac{4-\pi}{4}$，故 A 正确。]

微专练 54　电磁感应中的图像问题

1．B　[图 C 中，根据楞次定律，在 0～$2t_0$ 时间内，感应电流的方向一直是顺时针，一直是正值，C 错误；图 D 中，根据楞次定律，在 0～$2t_0$ 时间内，感应电流的方向一直是逆时针，一直是负值，D 错误；图 A 中，根据楞次定律，在 0～t_0 时间内，感应电流的方向为顺时针，是正值；根据楞次定律，在 t_0～$2t_0$ 时间内，感应电流的方向为逆时针，是负值，A 错误；图 B 中，根据楞次定律，在 0～t_0 时间内，感应电流的方向为逆时针，是负值；根据楞次定律，在 t_0～$2t_0$ 时间内，感应电流的方向为顺时针，是正值；根据法拉第电磁感应定律 $E_1=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{B_0}{t_0}S$，$E_2=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{2B_0}{t_0}S$，所以 $E_2=2E_1$，又因为 $i=\frac{E}{R}$，所以 $i_2=2i_1$，B 正确。]

2．B　[根据法拉第电磁感应定律有 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=nS\frac{\Delta B}{\Delta t}$，结合图乙，由于在相邻的 $\frac{1}{2}$ 周期的时间间隔之内，磁感应强度与时间均成线性关系，可知磁感应强度的变化率大小为定值，即圆环中的感应电动势大小一定，可知回路中感应电流大小一定，则 ab 边所受安培力大小也一定，故 C、D 错误；在 0～$\frac{1}{4}T$ 时间内，穿过圆环的原磁场方向垂直纸面向里，磁感应强度减小，根据楞次定律可知感应电流的方向为顺时针方向，根据左手定则，ab 边所受安培力方向水平向左，即 F 为负值，同理可以判定，在 $\frac{1}{4}T$～$\frac{1}{2}T$ 时间内，ab 边所受安培力方向水平向左，即 F 为负值，在 $\frac{1}{2}T$～$\frac{3}{4}T$、$\frac{3}{4}T$～T 时间内，ab 边所受安培力方向均水平向右，即 F 均为正值，结合上述可以确定，故 A 错误，B 正确。]

3．ACD　[由法拉第电磁感应定律 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\frac{\Delta B}{\Delta t}S$，可知，在 0～1 s 和 5～6 s 两段时间内产生的感应电动势大小相等，且保持不变，而 1～5 s 时间内产生的感应电动势大小不变，但大小只有 0～1 s 和 5～6 s 两段时间的一半，A 正确；由 $P=I^2R$ 可知，ab 边的热功率在 0～1 s 和 5～6 s 两段时间内是 1～5 s 内的 4 倍，C 正确；由楞次定律可得在 0～1 s 和 5～6 s 电流为逆时针负方向，且恒定不变，而 1～5 s 电流为顺时针正方向且恒定不变，B 错误；由 $F_{安}=ILB$，ab 边安培力大小与磁感应强度成正比，再利用左手定则可知，D 正确。]

4．B　[0～1 s 时，左侧磁场均匀减弱，右侧磁场均匀增强，由楞次定律可知线圈中有顺时针方向的

恒定感应电流；1～2 s 时，左侧磁场均匀增强，由楞次定律可知线圈中有逆时针方向的恒定感应电流，右侧磁场均匀增强，由楞次定律可知线圈中有顺时针方向的恒定感应电流，故二者相互抵消；2～3 s 时，左侧磁场均匀减弱，由楞次定律可知线圈中有顺时针方向的恒定感应电流，右侧磁场均匀减弱，由楞次定律可知线圈中有逆时针方向的恒定感应电流，故二者相互抵消；3～4 s 时，左侧磁场均匀增强，右侧磁场均匀减弱，由楞次定律可知线圈中有逆时针方向的恒定感应电流，故 A、C、D 错误，B 正确。]

5．D　[设金属框的顶角为 2α，速度为 v，此过程产生的感应电动势为 $E=BLv=B\cdot 2x\tan\alpha\cdot v=2B\tan\alpha\cdot vx$，感应电流为 $I=\frac{E}{R}=\frac{2B\tan\alpha\cdot vx}{R}$，金属框受到的安培力大小为 $F_{安}=ILB=B\times\frac{2B\tan\alpha\cdot vx}{R}\times 2x\tan\alpha=\frac{4B^2x^2\tan^2\alpha\cdot v}{R}$，金属框做匀速直线运动，由平衡条件可得 $F=F_{安}$，由数学知识可知 D 正确，A、B、C 错误。]

6．BC　[在 $x\leqslant L$ 的过程中，磁通量 $\Phi=\frac{B[L+(L-x)]x}{2}=\frac{1}{2}B(2L-x)x$，在 $L<x\leqslant 2L$ 的过程中，磁通量 $\Phi=\frac{B(2L-x)^2}{2}$，故 A 错误；设线框电阻为 R，在 $x\leqslant L$ 的过程中，由右手定则可知，线框中感应电流的方向是逆时针，为正方向，电动势 $e_1=B(L-x)v$，电流 $i_1=\frac{e_1}{R}=\frac{Bv}{R}(L-x)$，$bc$ 间的电势差 $U_{bc}=\frac{1}{4}Ri_1=\frac{Bv}{4}(L-x)$，在 $L<x\leqslant 2L$ 的过程中，由右手定则可知，线框中感应电流的方向是顺时针，为负方向，电动势 $e_2=B(2L-x)v$，电流 $i_2=-\frac{e_2}{R}=\frac{Bv}{R}(x-2L)$，$bc$ 间的电势差为 ba、ad、dc 三条边电阻的电势 $U_{bc}=\frac{3}{4}Ri_2=\frac{3Bv}{4}(2L-x)$，故 B、C 正确；在 $x\leqslant L$ 的过程中，线框匀速运动，外力大小等于安培力大小为 $F_1=Bi_1(L-x)=\frac{B^2v}{R}(L-x)^2$，方向向右始终为正，安培力与 x 的关系图线为抛物线，故 D 错误。]

7．BC　[因为 4 s 末 bc 边刚好进入磁场，可知线框每秒运动一个方格，故在 0～1 s 内只有 ae 边切割磁感线，设方格边长为 L，根据 $E_1=2BLv$，$I_1=\frac{E_1}{R}$，可知电流恒定；2 s 末时线框在第二象限长度最长，此时有 $E_2=3BLv$，$I_2=\frac{E_2}{R}$，可知 $I_2=\frac{3}{2}I_1$，2～4 s 线框有一部分进入第一象限，电流减小，同理可得在 4 s 末 $I_3=\frac{1}{2}I_1$，综上分析可知 A 错误，B 正确；根据 $F_{ab}=IL_{ab}B$，可知在 0～1 s 内 ab 边所受的安培力线性增加；1 s 末安培力为 $F_{ab}=I_1LB$，在 2 s 末可得安培力为 $F_{ab}'=B\times\frac{3}{2}I_1\times 2L$，所以有 $F_{ab}'=3F_{ab}$；由图像可知 C 正确，D 错误。]

微专练 55　交流电的产生与“四值”问题

1．AD　[可等效为线圈在匀强磁场中匀速转动，产生周期性变化的交变电流，所以这个电路中存在周期为 T 的变化电流，故 A 正确；由于地磁场方向等效为由南指向北，则 $t=0$ 时刻，回路磁通量最大，电路中电流最小为 0，故 B 错误；$t=\frac{T}{4}$ 时刻，第一次经过水平位置，这个过程磁通量减小，由楞次定律可知，感应电流方向向右通过灵敏电流计，故 C 错误；$t=\frac{T}{2}$ 时刻，导线速度方向与磁场方向平行，磁通量变化率为零，则电路中电流为零，故 D 正确。]

2．B　[根据 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可得两线圈中磁通量的变化率相等，但是匝数不等，则产生的感应电动势最大值不相等，有效值也不相等；根据 $P=\frac{U^2}{R}$ 可知，两电阻的电功率也不相等，A、D 错误；因两线圈放在同一个旋转磁铁的旁边，则两线圈产生的交流电的频率相等，B 正确；当磁铁的磁极到达一线圈附近时，该线圈的磁通量最大，感应电动势为 0，另一个线圈通过的磁通量最小，感应电动势最大，可知两线圈产生的感应电动势不可能同时达到最大值，C 错误。]

3．AB　[线圈产生的电动势有效值为 $E=\frac{20\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$ V=20 V，电压表测量路端电压，则有 $U=\frac{RE}{R+r}=18$ V，A 正确；交流电的周期是 0.2 s，一个周期电流方向改变两次，则电路中的电流方向每秒改变 10 次，B 正确；0.1 s 时，感应电动势最大，线圈处于与中性面垂直的位置，C 错误；电动势的瞬时值表达式为 $e=20\sqrt{2}\cos(10\pi t)$V，D 错误。]

4．AD　[根据图像可知，在 $t=0$ 时穿过线圈的磁通量为零，所以线圈平面平行于磁感线，A 正确；$\Phi-t$ 图像的斜率为 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，即表示磁通量的变化率，在 0.5～1.5 s 之间，“斜率方向”不变，表示的感应电动势方向不变，则电流强度方向不变，B 错误；在 $t=1.5$ s 时，通过线圈的磁通量最大，线圈位于中性面，感应电动势为 0，故 C 错误；感应电动势的最大值为 $E_m=NBS\omega=N\Phi_m\omega=100\times0.04\times\frac{2\pi}{2}=4\pi$(V)，有效值 $E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=2\sqrt{2}\pi$ V，根据焦耳定律可得一个周期产生的热量为 $Q=\frac{E^2}{R}T=\frac{8\pi^2}{2}\times2$ J$=8\pi^2$ J，故 D 正确。]

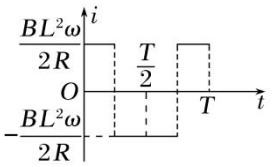
5．C　[设线框中产生的电动势有效值为 E，根据焦耳定律得 $Q=\frac{E^2}{R}t$，又 $t=\frac{L}{v}=0.2$ s，则 $E=\sqrt{\frac{QR}{0.2}}=\sqrt{2}$ V，感应电流有效值为 $I=\frac{E}{R}=\sqrt{2}$ A，最大值为 $I_m=\sqrt{2}\times\sqrt{2}$ A$=2$ A，电流的周期为 $T=2t=\frac{2L}{v}=0.4$ s，角速度为 $\omega=\frac{2\pi}{T}=5\pi$ rad/s，所以线框中电流随时间变化的关系式为 $i=I_m\sin\omega t=2\sin(5\pi t)$A，故 C 正确。]

6．B　[根据题意交流电电压瞬时值的表达式为 $e=100\sin(100\pi t)\text{V}$，周期为 $T=\frac{1}{50}\ \text{s}=0.02\ \text{s}$，则在前半个周期内，当 $t=\frac{T}{6}$ 时开始发光，$t=\frac{3T}{8}$ 时停止发光，发光时间为 $\Delta t=\frac{3T}{8}-\frac{T}{6}=\frac{5T}{24}$，整个周期发光时间为 $2\Delta t=\frac{5}{12}T$，故一个小时内的发光时间为 $t=\frac{3\,600\ \text{s}}{T}\times\frac{5}{12}T=1\,500\ \text{s}=25\ \text{min}$，故 B 正确，A、C、D 错误。]

7．D　[由有效值概念知，一个周期内产生的热量 $Q_{方}=\frac{u_0^2}{R}\cdot\frac{T}{2}+\frac{u_0^2}{R}\cdot\frac{T}{2}=\frac{u_0^2}{R}T$，$Q_{正}=\frac{U_{有效}^2}{R}T=\frac{\left(\frac{u_0}{\sqrt{2}}\right)^2}{R}T=\frac{u_0^2}{2R}T$，可得 $\frac{Q_{方}}{Q_{正}}=\frac{2}{1}$，故 D 正确，A、B、C 错误。]

8．A　[交流电流表的读数为电流有效值，设为 I；根据有效值定义可得 $I^2RT=\left(\frac{8}{\sqrt{2}}\right)^2R\cdot\frac{T}{4}+(3\sqrt{2})^2R\cdot\frac{T}{2}$，解得 $I=\sqrt{17}\ \text{A}\approx4.12\ \text{A}$，故 A 正确。]

9．D　[线框进入或离开磁场时，单边导体杆转动切割磁感线，产生的电动势大小 $\varepsilon=\frac{1}{2}BL^2\omega$，形成的感应电流大小 $i=\frac{BL^2\omega}{2R}$，以顺时针方向为感应电流的正方向，则可以做出如图所示的感应电流随时间变化的图像，根据图像可知该交流电的有效值就是 $\frac{BL^2\omega}{2R}$，故 D 正确，A、B、C 错误。]



10．AD　[由题意及法拉第电磁感应定律可知，线圈在磁场中做往复运动，产生的感应电动势随时间按正弦规律变化，线圈中的感应电动势的峰值为 $E_{\text{m}}=nB\cdot2\pi rv_{\text{m}}$，故小灯泡中电流的峰值为 $I_{\text{m}}=\frac{E_{\text{m}}}{R_1+R_2}=\frac{20\times\frac{0.20}{\pi}\times2\pi\times0.1\times2}{0.5+9.5}\ \text{A}=0.16\ \text{A}$，有效值为 $I=\frac{I_{\text{m}}}{\sqrt{2}}=0.08\sqrt{2}\ \text{A}$，A 正确，B 错误；根据电路图，可知电压表示数为 $U=I\cdot R_2\approx1.07\ \text{V}$，C 错误；当 $t=0.01\ \text{s}=\frac{T}{4}$ 时，由图丙知线圈的加速度为 0，则此时外力大小等于线圈所受安培力大小，所以此时外力的大小为 $F=nB\cdot2\pi rI_{\text{m}}=0.128\ \text{N}$，D 正确。]

11．BC　[在 $\frac{t_0}{2}$ 时刻，穿过线圈的磁通量最大，但是磁通量的变化率为零，所以线圈中的感应电流为零，A 错误；在 $\frac{3t_0}{4}$ 时刻，磁感应强度 B 向里在减小，由楞次定律知，感应电流为顺时针方向，再由左手定则知，ab 边受到的安培力水平向左，故 B 正确；磁感应强度变化的周期和磁通量变化的周期

相同，感应电流变化的周期也是$2t_0$，在一个周期内交流电的方向改变2次，所以在1 s内线圈中的电流方向变化了$\frac{1}{t_0}$次，C正确；根据电荷量$q=n\frac{\Delta\Phi}{R}$，在一个周期内$\Delta\Phi=0$，所以感应电荷量一定为零，D错误。]

12．AB　[正方形导线框的ab边越过OO'向右转动时，由右手定则可知，电流方向为$a\to b$，A正确；由电磁感应定律可得线框产生的最大电动势为$E_m=BLv=\frac{1}{2}BL^2\omega$，交流电的有效值为$E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}=\frac{BL^2\omega}{2\sqrt{2}}$，定值电阻消耗的电功率为$P=\frac{E^2}{R}=\frac{B^2\omega^2L^4}{8R}$，B正确，D错误；因$ab$与$cd$处于并联关系，因此流经正方形导线框$cd$边的电流有效值为$I_{cd}=\frac{E}{2R}=\frac{BL^2\omega}{4\sqrt{2}R}=\frac{\sqrt{2}BL^2\omega}{8R}$，C错误。]

微专练56　变压器与远距离输电

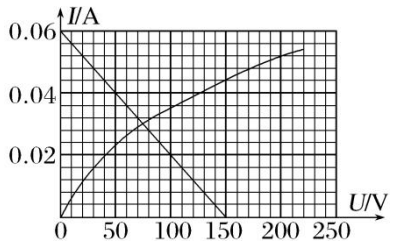
1．B　[手机无线充电利用了互感现象，故A错误；由电流的瞬时值表达式$i=\frac{\sqrt{2}}{4}\sin(\pi\times10^5)t$(A)可知，交变电流的频率为$f=\frac{1}{T}=\frac{\omega}{2\pi}=\frac{\pi\times10^5}{2\pi}$ Hz$=5\times10^4$ Hz，每个周期内电流方向改变2次，故1 s内发射线圈中电流方向改变$2\times5\times10^4$次$=1\times10^5$次，故B正确；发射线圈AB端输入电流的有效值为$I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}=\frac{\frac{\sqrt{2}}{4}}{\sqrt{2}}$ A$=0.25$ A，由于发射线圈与接收线圈的匝数比为4∶1，所以接收线圈CD端输出电流的有效值为$I'=4I=1$ A，故C错误；发射线圈与接收线圈中磁通量的变化频率相同，则发射线圈与接收线圈中交变电流的频率相同，故D错误。]

2．A　[由题图乙可知，在0.03 s的前后，原线圈中的电流不变化，则副线圈中没有感应电流，所以通过电阻R_1的瞬时电流为0，故A正确；设电流表的示数为I_1，则有$I_1^2RT=\left(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2R\cdot\frac{T}{2}+(\sqrt{2})^2R\cdot\frac{T}{2}$，求得$I_1=\frac{\sqrt{6}}{2}$ A，故B错误；原线圈中只有交流部分电流才能输出到副线圈中，故副线圈中电流最大值为$2\sqrt{2}$ A，设副线圈交流电的有效值为I_2，则$I_2^2RT=\left(\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2R\cdot\frac{T}{2}$，求得$I_2=\sqrt{2}$ A，因此电压表的示数为$U=I_2R_2=10\sqrt{2}$ V，故C错误；在0～0.04 s内，电阻R_1产生的焦耳热为$Q=I_2^2R_1t=0.24$ J，故D错误。]

3．C　[交流电表测量的是有效值，不是瞬时值，两电流表的示数不变，A、B错误；根据题意得$I_1^2\times100R=I_2^2\times R$，$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$，解得$\frac{n_1}{n_2}=\frac{10}{1}$，C正确；当磁感应强度最大时，感应电流为零，线圈受到的安培力等

于零，D 错误。]

4．D　[由$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，可得 $U_2=150\ \text{V}$，对于副线圈，设灯泡的电压为 U，电流为 I，由闭合电路欧姆定律可得 $U=U_2-IR$，将解析式画入灯泡的 $U-I$ 图中，由图中交点可得 $U=75\ \text{V}$，$I=0.03\ \text{A}$，故 A、B 错误；由理想变压器的电流规律可知$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$，可得 $I_1=0.02\ \text{A}$，故 C 错误；灯泡的功率 $P=UI=2.25\ \text{W}$，故 D 正确。]



5．AD　[由理想变压器的电压规律得$\frac{n_1}{n_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{220}{11}=\frac{20}{1}$，A 正确；原线圈电流的有效值为 $I_1=\frac{n_2}{n_1}I_2=\frac{1}{20}\times 2\ \text{A}=0.1\ \text{A}$，变压器原线圈电流的最大值 $I_{1\max}=\sqrt{2}I_1=0.1\sqrt{2}\ \text{A}$，B 错误；原、副线圈功率相等为 $P=U_2I_2=11\times 2\ \text{W}=22\ \text{W}$，C 错误；电机的效率为$\eta=\frac{U_2I_2-I_2^2r}{U_2I_2}=\frac{11\times 2-2^2\times 1}{11\times 2}\approx 82\%$，D 正确。]

6．BD　[对于理想变压器有 $U_2=\frac{n_2}{n_1}U_1$，U_1 不变，则 U_2 不变，与如何调节 P 无关，故 B 正确；又 $U_L=U_2$，所以灯的亮度不变，A 错误；P 向上滑动时 R_P 减小，则副线圈的电阻 $R_{总}$ 减小，$P_{出}=\frac{U_2^2}{R_{总}}$增大，又 $P_{入}=P_{出}=U_1I_1$，所以输入电流 I_1 增大，故 C 错误，D 正确。]

7．BC　[保持 Q 的位置不动，则副线圈两端电压 U_2 不变，P 向上滑动，则 R 增大，副线圈电流 $I_2=\frac{U_2}{R+R_0}$减小，由 $P_1=UI_1=U_2I_2$，可知 I_1 减小，电流表读数减小，故 A 错误，B 正确；保持 P 的位置不动，则 R 不变，Q 向上滑动，n_2 变大，根据$\frac{U}{n_1}=\frac{U_2}{n_2}$得，$U_2=\frac{n_2}{n_1}U$，则 U_2 增大，由 $I_2=\frac{U_2}{R+R_0}$，知 I_2 增大，由 $UI_1=U_2I_2$，U 不变，知 I_1 增大，电流表读数变大，故 C 正确，D 错误。]

8．B　[根据理想变压器的电压和电流规律：$\frac{U_0}{U}=k_1$，$\frac{I_0}{I}=\frac{1}{k_2}$，解得甲图中高压线电压为 $U_0=k_1U$，乙图中高压线电流为 $I_0=\frac{I}{k_2}$，故 B 正确，A、C、D 错误。]

9．A　[设 ab 端输入的总电压为 U，原线圈两端电压为 U_1，原线圈中电流为 I_1，副线圈两端电压为 U_2，副线圈中电流为 I_2，则 $U=I_1R_0+U_1$，又$\frac{U_2}{U_1}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{1}{2}$，则 $U_2=\frac{1}{2}U_1$，所以 $U=I_1R_0+2U_2=I_1R_0+2I_2R$，根据$\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{1}{2}$，得 $I_2=2I_1$，则 $U=I_1R_0+4I_1R$，同理，电阻 R_0 与电阻 R 互换位置后 $U=I_1'R+4I_1'R_0$，

又总功率$\frac{P}{2P}=\frac{UI_1}{UI_1'}$，得$I_1'=2I_1$，则联立可得$I_1R_0+4I_1R=2I_1R+8I_1R_0$，即$R_0:R=2:7$，故A正确，B、C、D错误。]

10．C　[设理想电流表A_2的示数为I_2，则副线圈中电流为$2I_2$，根据电流比公式可知，原线圈中电流大小为I_2，则R_2中电流为$3I_2$，根据电压比公式有$\frac{3I_2R_2}{I_2R_3}=\frac{2}{1}$，解得$\frac{R_2}{R_3}=\frac{2}{3}$，故C正确。]

11．B　[变压器原、副线圈的磁通量变化率相同，所以$U:U_1:U_2=n:n_1:n_2$，根据能量守恒定律，输出功率等于输入功率，所以当只闭合S_1时$UI=\frac{U_1^2}{R_1}$，当S_1和S_2都闭合时，$UI'=\frac{U_1^2}{R_1}+\frac{U_2^2}{R_2}=\frac{4U_1^2+U_2^2}{4R_1}$，代入数据$I=1$ A、$I'=2$ A可得$U_2^2=4U_1^2$，即$U_1:U_2=1:2$，所以$n_1:n_2=1:2$，选项B正确。]

12．B　[设用户端理想变压器原、副线圈两端电压分别为U_1、U_2，电流分别为I_1、I_2，则根据理想变压器特点$U_1I_1=U_2I_2$，$U_1:U_2=n_1:n_2$，得$U_1=\frac{n_1}{n_2}U_2$，$I_1=\frac{n_2}{n_1}I_2$，对原线圈电路有$U=I_1R_1+U_1=\frac{n_2}{n_1}I_2R_1+\frac{n_1}{n_2}U_2$，可得$\frac{\Delta U}{\Delta I}=\left|\frac{\Delta U_2}{\Delta I_2}\right|=\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2R_1$，故A错误，B正确；由$U_1=I_1R'$，结合$U_1=\frac{n_1}{n_2}U_2$，$I_1=\frac{n_2}{n_1}I_2$联立可得$R'=\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2(R_2+R)$，故C错误；根据C中分析可知，虚线框所圈部分的等效电阻为R'，则R_1上消耗功率为$P_{损}=\frac{R_1}{R_1+R'}P=\frac{R_1}{R_1+\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2(R_2+R)}P$，故D错误。]

微专练57　机械振动和机械波

1．B　[由图可知，影子P做简谐运动的振幅为R，以向上为正方向，设P的振动方程为$x=R\sin(\omega t+\varphi)$，由图可知，当$t=0$时，$P$的位移为$R$，代入振动方程解得$\varphi=\frac{\pi}{2}$，则$P$做简谐运动的表达式为$x=R\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$，故B正确，A、C、D错误。]

2．A　[$t=1$ s到$t=2$ s内，弹簧振子从位移最大位置向平衡位置运动，则振子的动能不断增加，A错误；因为$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{\pi}{2}$ rad/s，该弹簧振子的振动方程为$x=-10\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$cm，B正确；$t=3$ s时，弹簧振子的位移正向最大，则加速度沿x轴负方向，C正确；因10 s$=2.5T$，则$t=0$到$t=10$ s内弹簧振子的路程为$10A=100$ cm，D正确。]

3．D　[$t=0.25$ s时物体在平衡位置上方最大位移处，此时加速度向下最大，根据牛顿第二定律可知，此时弹簧对物体的弹力最小，则此时物体对弹簧的压力最小，故A错误；$t=0.25$ s和$t=0.75$ s两时刻物块相对平衡位置的位移大小相等，但平衡时弹簧的形变量并不为零，故两时刻弹簧形变量不同，即弹簧的弹力不相等，故B错误；$t=0.25$ s至$t=0.50$ s这段时间物体从最高点向平衡位置运动，相

对平衡位置的位移逐渐减小，则所受合外力逐渐减小，则加速度减小，即物体做加速度逐渐减小的加速运动，故 C 错误；物体的动能和弹簧的弹性势能以及物体的重力势能之和不变，$t=0.25$ s 至 $t=0.50$ s 时间内物体的重力势能减小，则物体的动能和弹簧的弹性势能之和在增大，故 D 正确。]

4．C　[设细线长度均为 L，根据单摆的周期公式可得 $T_1=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，$T_2=2\pi\sqrt{\frac{L\cos 30°}{g}}$，$T_3=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，$T_4=2\pi\sqrt{\frac{L}{g-a}}$，则 $T_4>T_1=T_3>T_2$，故 C 正确。]

5．AC　[依题意，小球自 M 运动至 N 可视为简谐运动，其运动时间为 $t_{MN}=\frac{T}{2}=\pi\sqrt{\frac{R}{g_{等}}}$，其中 $g_{等}$ 为等效重力加速度，图甲中 $g_{甲等}=g$，图乙中 $g_{乙等}=g+a>g$，图丙中 $g_{丙等}=g+\frac{qE}{m}>g$，图丁中 $g_{丁等}=g$，所以 $t_{甲}=t_{丁}>t_{乙}$，$t_{甲}=t_{丁}>t_{丙}$，但 $t_{乙}$、$t_{丙}$ 大小关系不能确定，故 A、C 正确，B、D 错误。]

6．C　[根据图像可知，波的波长 $\lambda=6$ cm，根据 $v=\lambda f$，解得 $f=0.5$ Hz，周期 $T=\frac{1}{f}=2$ s，A 错误；根据同侧法，波沿 x 轴正方向传播，则质点 c 的振动方向是沿 y 轴正方向，则 b 质点起振方向沿 y 轴正方向，B 错误；根据 $\omega=\frac{2\pi}{T}=\pi$ rad/s，质点 a 的振动方程为 $y=10\sin(\omega t+\varphi)\text{cm}=10\sin\left(\pi t-\frac{\pi}{6}\right)\text{cm}$，在 $0\sim\frac{1}{6}$ s 内，质点 a 为位移为 $0-(-5)\text{cm}=5$ cm，通过的路程为 5 cm，C 正确；平衡位置在 $x=9$ cm 处的质点 c 只能在平衡位置附近振动不能随波迁移，D 错误。]

7．AC　[由题图可知，该波的波长、周期分别为 $\lambda=10$ m、$T=4$ s，根据波速公式有 $v=\frac{\lambda}{T}=2.5$ m/s，该波从 A 点传播到 B 点，所需时间为 $t=\frac{x}{v}=\frac{10}{2.5}$ s$=4$ s，A 正确；由选项 A 可知，该波从 A 点传播到 B 点，所需时间为 4 s，则在 $t=6$ s 时，B 点运动了 2 s，即 $\frac{T}{2}$，则 B 处质点位于波谷，B 错误；波从 AE 波面传播到 C 的距离为 $x_1=(10\sqrt{5}-10)$ m，波从 AE 波面传播到 C 的时间为 $t_1=\frac{x_1}{v}\approx4.9$ s，则 $t=8$ s 时，C 处质点动了 3.1 s，所以此时质点速度方向向上，C 正确；波从 AE 波面传播到 D 的距离为 $x_2=(10\sqrt{2}-10)$ m，则波从 AE 波面传播到 C 的时间为 $t_2=\frac{x_2}{v}\approx1.7$ s，则 $t=10$ s 时，C 处质点运动了 8.3 s，所以此时质点位于 z 轴上方，回复力方向向下，D 错误。]

8．AC　[两列波由同一个波源产生，则传播周期相同，A 正确；波在重水袖上传播与在轻水袖上传播时的介质不同，则波在重水袖上传播的速度不等于在轻水袖上传播的速度，B 错误；波传到 P 点时从平衡位置向上振动，$t=2.25$ s 时，O 点第 3 次到达波峰，P 点第一次经过平衡位置向下运动，可知 $t=2.25\text{ s}=2\frac{1}{4}T$，则 $T=1$ s，$1\frac{3}{4}\lambda=0.7$ m，可知 $\lambda=0.4$ m，在轻水袖上传播的速度为 $v=\frac{\lambda}{T}=0.4$ m/s，C

正确；在重水袖上各质点的振动频率等于在轻水袖上各质点的振动频率，都等于波源的振动频率，D 错误。]

9．B [主动降噪耳机是根据波的干涉条件，使抵消声波与噪声的振幅、频率相同，相位相反，叠加后相互抵消来实现降噪的。抵消声波与噪声的振幅相同，也为 A，A 错误；抵消声波与噪声的频率相同，有 $f=\frac{1}{T}=100$ Hz，B 正确；抵消声波与噪声的波速、频率相同，则波长也相同，为 $\lambda=vT=340\times0.01$ m$=3.4$ m，C 错误；抵消声波在耳膜中产生的振动与图中所示的振动反相，D 错误。]

10．BD [由几何关系可知 $OC=\sqrt{6^2+8^2}$ m$=10$ m，该波波速为 $v=\frac{10}{1}$ m/s$=10$ m/s，故 A 错误；由图可知，该波波长为 8 m，周期为 $T=\frac{\lambda}{v}=0.8$ s，$t=0$ 时刻，波源 O 点开始振动，$t=1$ s 时，O 点位于波峰，波源起振方向垂直于纸面向外，故 B 正确；由图可知，E 点位于波谷时，C 点位于平衡位置；当 E 点位于波峰时，C 点也位于平衡位置，故 C 错误；由图可知，B 点位于平衡位置，A 点位于波峰，A 点的相位比 B 落后 $\frac{\pi}{2}$，故 D 正确。]

11．C [分析可知 A、B 两管等长时，声波的振动加强，将 A 管拉长 $d=15$ cm 后，两声波在 O 点减弱，根据题意设声波加强时振幅为 $A_1+A_2=20$，声波减弱时振幅为 10，则 $A_1+A_2=20$，$A_1-A_2=10$，可得两声波的振幅之比 $\frac{A_1}{A_2}=\frac{3}{1}$，故 C 正确，D 错误；根据振动减弱的条件可得 $\frac{\lambda}{2}=2d$，解得 $\lambda=60$ cm，故 A、B 错误。]

12．A [声波的周期和频率由振源决定，故声波在空气中和在水中传播的周期和频率均相同，但声波在空气和水中传播的波速不同，根据波速与波长关系 $v=\lambda f$ 可知，波长也不同，故 A 正确，B、C、D 错误。]

13．B [根据多普勒效应可知，探测器接收到的回声频率与被探测物相对探测器运动的速度有关，而两列声波发生干涉的条件是频率相等，所以两列声波相遇时不一定发生干涉，故 A、D 错误；声波由水中传播到空气中时，声波的波速发生变化，所以波长会发生改变，故 B 正确；声波的波长为 $\lambda=\frac{v}{f}=\frac{1\,500}{1.5\times10^6}$ m$=1\times10^{-3}$ m，当遇到尺寸约 1 m 的被探测物时不会发生明显衍射，故 C 错误。]

微专练 58　简谐运动和机械波的多解问题

1．C [振幅 $A=0.1$ m，在 $0\sim t_1$ 时间内根据简谐振动的周期性有 $\frac{T_1}{2}+nT_1=1$ s($n=0$，1，2，…)，在 $t_1\sim t_2$ 时间内根据简谐振动的周期性有 $n'T_1=2$ s($n'=1$，2，…)，综合解得 $T_1=\frac{2}{2n+1}$ s($n=0$，1，2，…)，

当 $n=2$ 时，$T_1=0.4$ s，故 C 正确。]

2．AD　[$t=0$ 时刻振子的位移 $x=-0.1$ m，$t=1$ s 时刻 $x=0.1$ m，关于平衡位置对称；如果振幅为 0.1 m，则 1 s 为半周期的奇数倍；如果振幅为 0.2 m，分靠近平衡位置和远离平衡位置分析。若振幅为 0.1 m，根据题意可知 $\left(n+\frac{1}{2}\right)T=1$ s($n=0$，1，2，3，…)，解得 $T=\frac{2}{2n+1}$ s($n=0$，1，2，3，…)，当 $n=1$ 时 $T=\frac{2}{3}$ s，无论 n 为何值，T 都不会等于 $\frac{4}{5}$ s，A 正确，B 错误；若振幅为 0.2 m，结合位移—时间关系图像，有 1 s$=\frac{T}{2}+nT$①，或者 1 s$=\frac{5}{6}T+nT$②，或者 1 s$=\frac{T}{6}+nT$③，均有 $n=0$，1，2，…，对于①式，只有当 $n=0$ 时，$T=2$ s，为整数；对于②式，T 不为整数；对于③式，当 $n=0$ 时，$T=6$ s，之后只会大于 6 s，故 C 错误，D 正确。]

3．ABD　[若波沿 x 轴正方向传播，在 0～0.5 s 传播的距离为$\Delta x=(n\lambda+6)$m$=(8n+6)$m($n=0,1,2,\cdots$)，则传播速度为 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{8n+6}{0.5}$ m/s$=(16n+12)$m/s($n=0$，1，2，…)，当 $n=0$，有 $v_1=12$ m/s，当 $n=1$，有 $v_2=28$ m/s，若波沿 x 轴负方向传播，在 0～0.5 s 传播的距离为$\Delta x'=(n\lambda+2)$m$=(8n+2)$m($n=0$，1，2，…)，则传播速度为 $v'=\frac{\Delta x'}{\Delta t}=\frac{8n+2}{0.5}$ m/s$=(16n+4)$m/s($n=0$，1，2，…)，当 $n=0$，有 $v_1'=4$ m/s，当 $n=1$，有 $v_2'=20$ m/s，当 $n=2$，有 $v_3'=36$ m/s，故 A、B、D 正确，C 错误。]

4．CD　[根据波形图可知$\lambda=2.4$ m，经 $t=0.2$ s 时波形图第一次如虚线所示，若波向右传播，此时波向右传播的距离为 $x_1=3.6-1.2-(1.2-1.0)$m$=2.2$ m，故此时波速为 $v_1=\frac{2.2}{0.2}$ m/s$=11$ m/s，周期为 $T_1=\frac{\lambda}{v_1}\approx0.22$ s，若波向左传播，可知经 $t=0.2$ s 时波向左传播的距离为 $x_2=1.2$ m-1.0 m$=0.2$ m，故此时波速为 $v_2=\frac{0.2}{0.2}$ m/s$=1$ m/s，周期为 $T_2=\frac{\lambda}{v_2}=2.4$ s，A、B 错误；如果波沿 x 轴正方向传播，可知 $t=0$ 时，质点 a 向上振动，达到正向最大位移后再经过 $\frac{1}{4}T$ 到达平衡位置，而此时质点 b 处于负方向最大位移处经过 $\frac{1}{4}T$ 即到达平衡位置，故质点 b 比 a 先回到平衡位置，C 正确；如果波沿 x 轴负方向传播，可知从 $t=0$ 时刻开始，平衡位置在 $x=3.0$ m 处，此时正处于波峰处的质点的振动形式传播到 $x=1.0$ m 时，质点 a 第一次到波峰，所需的时间为$\Delta t=\frac{3.0-1.0}{1}$ s$=2$ s，D 正确。]

5．D　[由于波向左右两边传播具有对称性，则在 S 点右侧找 Q 的对称点 Q'，Q'和 P 之间满足 $n\lambda+\frac{\lambda}{2}=18$ m-16 m$=2$ m($n=0$，1，2，…)，可得$\lambda=\frac{4}{2n+1}$ m($n=0$，1，2，…)，又 $T=0.4$ s，因此可得 $v=\frac{\lambda}{T}=\frac{10}{2n+1}$ m($n=0$，1，2，…)，当 $n=0$ 时，波速最大，为 $v=10$ m/s，故 D 正确。]

6．B　[波传播方向为 P 到 Q，则有 $\Delta x=\left(n+\frac{1}{4}\right)\lambda=3\ \text{m}(n=0，1，2，3，\cdots)$，则 $\lambda=\frac{4\Delta x}{4n+1}=\frac{4\times 3}{4n+1}\ \text{m}$ $=\frac{12}{4n+1}\ \text{m}(n=0，1，2，3，\cdots)$，当 $n=0$ 时，$\lambda=12\ \text{m}>3\ \text{m}$，不符合题意；当 $n=1$ 时，$\lambda=2.4\ \text{m}$；当 $n=2$ 时，$\lambda=\frac{4}{3}\ \text{m}$；当 $n=3$ 时，$\lambda=\frac{12}{13}\ \text{m}<1\ \text{m}$，不符合题意，则波长可能是 $\lambda=2.4\ \text{m}$ 或 $\lambda=\frac{4}{3}\ \text{m}$，B 正确；由于 P、Q 两质点的距离满足 $\Delta x=1\frac{1}{4}\lambda$，或者 $\Delta x=2\frac{1}{4}\lambda$，可知 P、Q 两质点振动方向并不会始终相反，A 错误；由题图可知 $T=1.0\ \text{s}$，则波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=2.4\ \text{m/s}$ 或 $v=\frac{4}{3}\ \text{m/s}$，C 错误；由题图可知，$Q$ 质点的振动方程为 $y_Q=40\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)\text{cm}=40\sin(2\pi t)\text{cm}$，$Q$ 质点在 0.125 s 时的位移为 $20\sqrt{2}\ \text{cm}$，因此从 $t=0$ 至 $t=1.125\ \text{s}$，Q 质点运动的路程为 $s=4\times 40\ \text{cm}+20\sqrt{2}\ \text{cm}=(1.6\ \text{m}+0.2\sqrt{2}\ \text{m})>1.8\ \text{m}$，D 错误。]

7．AD　[若波沿 x 轴正方向传播，则在 $t=0$ 时刻 P 点由平衡位置向 y 轴正方向运动，且由波的图像可知 $\Delta x=\left(n+\frac{1}{4}\right)\lambda(n=0，1，2，3，\cdots)$，又因为 $\Delta x=v\cdot\Delta t$，$\lambda=v\cdot T$，所以 $T=\frac{1.2}{4n+1}\ \text{s}(n=0，1，2，3，\cdots)$，故当 $n=0$ 时 $T=1.2\ \text{s}$，可知 A 正确，B 错误；当波沿 x 轴负方向传播时，$t=0$ 时刻 P 点由平衡位置向 y 轴负方向运动，且由波的图像可知 $\Delta x=\left(n+\frac{3}{4}\right)\lambda(n=0，1，2，3，\cdots)$，又因为 $\Delta x=v\cdot\Delta t$，$\lambda=v\cdot T$，所以 $T=\frac{1.2}{4n+3}\ \text{s}(n=0，1，2，3，\cdots)$，故当 $n=3$ 时 $T=0.08\ \text{s}$，可知 D 正确，C 错误。]

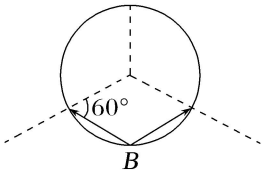
微专练 59　光的折射与全反射

1．C　[光导纤维传播信号的原理是光从光密介质向光疏介质传播时发生全反射。A 是光的折射现象，不是全反射，故 A 错误；B 是光的色散现象，是折射，不是全反射，故 B 错误；C 是全反射现象，故 C 正确；D 是光的干涉现象，不是全反射，故 D 错误。]

2．AC　[由图乙可知，半圆柱体对紫光的临界角为 53°，则折射率为 $n=\frac{1}{\sin C}=\frac{1}{\sin 53°}=1.25$，A 正确；由图乙可知，若减小入射角 θ 到 0°，则反射强度不为零，即光线不是全部从 AB 界面透射出去，B 错误；若减小入射角 θ，则反射角减小，折射角也减小，则反射光线和折射光线之间的夹角将变大，C 正确；若改用红光照射，因红光的折射率小于紫光的折射率，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$，可知临界角变大，则光学传感器探测到反射强度达到最大时 $\theta>53°$，D 错误。]

3.D　[由题意可知球形宝石有 $\frac{1}{3}$ 球面发生全反射，光路如图所示，根据临界角公式 $n=\frac{1}{\sin C}$。由题意

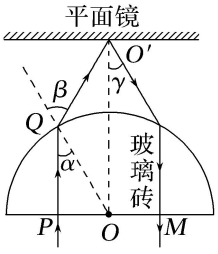
可知 $C=180°-(1-\frac{2}{3})\times360°=60°$，由以上两式可得 $n=\frac{2}{3}\sqrt{3}$，故 D 正确。]



4．C [由图乙可知，a 光在液体材料中的折射角比 c 光的小，由折射率 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，可知该液体材料对 a 光的折射率大于对 c 光的折射率，故 A 错误；若继续增大入射角 i，b 光的折射角增大，光线远离同心球形气泡，光线从液体材料射出时的入射角与射入液体材料时的折射角大小相等，根据光的可逆性可知不会发生全反射，故 B 错误；由图乙可知，a、b、c 三种颜色的光的入射角相同，c 光的折射角最大，由折射率公式 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，可知 c 光的折射率最小；由 $n=\frac{c}{v}$，可知 c 光在液体球中的传播速度最大，故 C 正确；由图乙可得，b 光在液体材料中的折射角 $\sin\beta=\frac{1}{3}$，则该液体材料对 b 光的折射率为 $n=\frac{\sin i}{\sin\beta}=\frac{\sin 45°}{\frac{1}{3}}=\frac{3\sqrt{2}}{2}$，故 D 错误。]

5．A [由于激光恰好分别在 PO 面、QO 面发生全反射后垂直 MN 面射出，因此光路必须具有对称性，可知光线在 PO 面发生全反射后水平射向 QO 面，然后在 QO 面发生全反射，最终垂直 MN 面射出，由几何关系可得光线在 PO 面的入射角为 45°，则有 $n=\frac{1}{\sin C}=\frac{1}{\sin 45°}=\sqrt{2}$，故 A 正确。]

6．B [根据题意，画出光路图，如图所示。结合几何关系有 $\sin\alpha=\frac{1}{2}$，$\gamma=\beta-\alpha$，过 Q 点作 OO'的垂线可知上下两个三角形全等，则$\gamma=\alpha=30°$，所以$\beta=60°$，玻璃砖对该单色光的折射率 $n=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}$，联立解得 $n=\sqrt{3}$，故 A 错误，B 正确；将平面镜下移，光在平面镜上的反射点左移，对称性破坏，光不能从 M 点垂直玻璃砖底面射出，故 C 错误；根据题意有 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{\sqrt{3}}{3}$，又有 $\sin C=\frac{OP'}{R}$，解得 $OP'=\frac{\sqrt{3}}{3}R$，可知，当 $OP'\geqslant\frac{\sqrt{3}}{3}R$ 时，光在玻璃砖内侧面能发生全反射，故 D 错误。]



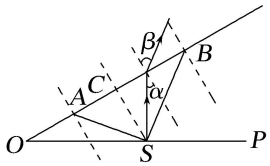
7．A [由几何关系可知，发光点 D 发出的垂直于 BC 的光垂直于 BC 进入液体后，在液面处的入射角等于 60°，恰好不能射出液面，则临界角为 60°，所以折射率为 $n=\frac{1}{\sin 60°}=\frac{2\sqrt{3}}{2}$，故 B 错误，A 正

确；D 发出的光照射到 CB 界面时，是从光疏介质向光密介质入射，不能发生全反射，故 C 错误；由题可知，发光点 D 发出的垂直于 BC 的光恰好不能射出液面，可知点 D 发出的垂直于 BC 以下部分的光不能射出液面，所以在液面上方不能够看到透明罩所有位置都被照亮，故 D 错误。]

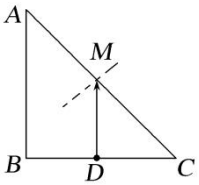
8．AD [光线在内芯和包层的界面上发生全反射，可知光从光密介质进入光疏介质，则内芯的折射率大于包层的折射率，故 A 正确，B 错误；不同频率的可见光在界面上发生全反射，可知经过的路程不一定相同，根据 $v=\frac{c}{n}$，光在介质中传播的速度不同，则传播的时间可能不同，故 C 错误；根据 $\sin C=\frac{1}{n}$，折射率越大，临界角越小，红光的折射率小，则临界角大，若红光恰能发生全反射，则紫光一定能在分界面上发生全反射，故 D 正确。]

9．D [频率由光源决定，棱镜不会改变光的频率，故 A 错误；根据 $n=\frac{c}{v}$，$v=\lambda f$，可知单色光 a 在真空中的波长是在棱镜中的 1.5 倍，故 B 错误；此时入射角为 45°，根据题意可知 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{2}{3}<\frac{\sqrt{2}}{2}$，则临界角小于 45°，所以此时为关状态，顺时针旋转两半圆柱棱镜，入射角变大，则发生全发射，出现“关”功能，故 C 错误；根据 C 选项分析可知，逆时针旋转两半圆柱棱镜，入射角减小，可能不发生全反射，可实现“开”功能，故 D 正确。]

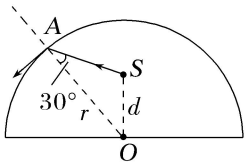
10．C [设光线在 OQ 界面的入射角为 α，折射角为 β，几何关系可知 $\alpha=30°$，由折射定律 $n=\frac{\sin\beta}{\sin\alpha}=\sqrt{2}$，光线射出 OQ 界面的临界为发生全反射，光路图如图所示，其中 $OB\perp CS$，光线在 A、B 两点发生全反射，由全反射规律 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{\sqrt{2}}{2}$，即 A、B 两处全反射的临界角为 45°，A、B 之间有光线射出，由几何关系可知 $AB=2AC=2CS=OS=d$，故 C 正确。]



11．AC [由题可知 $\sin C=\frac{1}{\sqrt{2}}$，则临界角 $C=45°$，因此从 D 点发出的光，竖直向上从 M 点射出的光线恰好是出射光线的边缘，同时 C 点也恰好是出射光线的边缘，如图所示，因此光线只能从 MC 段射出，根据几何关系可知，M 恰好为 AC 的中点，因此在 $AA'C'C$ 平面上有一半的面积有光线射出，A 正确，B 错误；由于频率越高，折射率越大，当光源发出的光的频率变小时，折射率也变小，导致临界角增大，这时 M 点上方也会有光线出射，因此出射光线区域的面积将增大，C 正确，D 错误。]



12．C　[光线从 S 沿着 OS 方向射出时，传播时间最短，光在介质中传播的速度满足 $n=\frac{c}{v}$，光在介质中传播的时间 $t=\frac{r-d}{v}$，联立解得 $t=\frac{2(\sqrt{2}-1)}{3}\times10^{-10}$ s，故 A 错误；光线从 S 传至直径某一端点射出时，传播时间最长，最长时间为 $t'=\frac{\sqrt{r^2+d^2}}{v}=\frac{2\sqrt{3}}{3}\times10^{-10}$ s，故 B 错误；光由介质射向



空气，临界角满足 $\sin C=\frac{1}{n}$，解得 $C=30°$，恰好发生全反射的光路图如图所示。由正弦定理得 $\frac{d}{\sin C}=\frac{r}{\sin\angle ASO}$，解得 $\angle ASO=135°$，$\angle AOS=180°-\angle ASO-C=15°$，透明半球体外表面发光区域在此截面上形成的弧长为 $s=\frac{2\angle AOS}{180°}\times\pi r=\frac{\sqrt{2}\pi}{6}$ cm，故 C 正确；透明半球体外表面发光区域为球冠，其面积为 $S_{球冠}=2\pi rh=2\pi r(r-d)=(4-2\sqrt{2})\pi$ cm^2，故 D 错误。]

微专练 60　几何光学和物理光学的综合问题

1．BD　[图甲所示雨后的彩虹是由于光的折射现象形成的，A 错误；图乙所示竖直的肥皂膜看起来常常是水平彩色横纹，是由于光的干涉产生的，B 正确；图丙所示为单色光照射圆板在后面光屏上形成的图样，是由于光的衍射产生的，C 错误；图丁所示水中的气泡看上去特别明亮，是由于光的全反射，D 正确。]

2．B　[激光波长越长，其衍射现象越明显，故 A 错误；根据 $\lambda=\frac{v}{f}$，可得 $\frac{v_{真空}}{v_{液}}=\frac{\lambda_{真空}}{\lambda_{液}}=\frac{193}{132}\approx1.46$，故 B 正确；激光入射到液体中，频率不变，故 C 错误；该改进方案运用的原理是光的折射，全息摄影的原理是光的干涉，故 D 错误。]

3．D　[由光路图可知，a、b 两束光入射角相同，但是 a 束光只有反射光线没有折射光线，即发生了全反射，故 a 束光发生全反射的临界角小于 b 束光。由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知 $n_a>n_b$，故 a 束光是紫光，b 束光是黄光，ab 束光是黄光和紫光，故 A 错误；a、b 两束光分别通过相同的单缝，a、b 光均能发生衍射现象，故 B 错误；由折射率与波速的关系 $n=\frac{c}{v}$ 可知，折射率与光在玻璃砖中的传播速度成反比，故 $v_a<v_b$，故 C 错误；双缝干涉时有 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，又因为紫光的波长小于黄光，即 $\lambda_a<\lambda_b$，故用同一装置做双缝干涉实验，屏幕上相邻亮条纹间距关系为 $\Delta x_a<\Delta x_b$，故 D 正确。]

4．BCD　[a 光在水面上形成的圆形亮斑面积较大，知 a 光的临界角较大，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$，知 a 光的折射率较小，频率也较小，再由 $v=\frac{c}{n}=\lambda f$，可知，在水中，a 光的传播速度比 b 光大，a 光的波长比 b 光大，故 B、C 正确，A 错误；依据 $\sin C=\frac{1}{n}$，结合几何关系，可知，$\sin C_b=\frac{r}{\sqrt{h^2+r^2}}=\frac{1}{n_b}$，而复色光圆形区域的面积为 $S=\pi r^2=\frac{\pi h^2}{n_b^2-1}$，故 D 正确。]

5．BCD　[根据公式$\Delta x=\frac{\lambda l}{d}$和图像可知，$b$ 的波长长，根据 $c=\lambda f$，所以 b 的频率小，b 的折射率小，根据 $n=\frac{c}{v}$，在同种介质中，b 光的传播速度大，故 A 错误，D 正确；真空中光的传播速度都相同，故 B 正确；同种介质对 b 的折射率小，根据 $\sin C=\frac{1}{n}$可知，b 光发生全反射的临界角大，a 光发生全反射时的临界角小，故 C 正确。]

6．BCD　[从光强分布可以看出，光屏上的光是等间距、等亮度的，所以是光通过双缝产生的干涉现象，故 A 错误；由题图乙可看出，A 光的条纹间距大于 B 光的，由$\Delta x=\lambda\frac{l}{d}$可知，$A$ 光的波长大于 B 光的波长，故 B 正确；A 光的频率小于 B 光的频率，则玻璃对 A 光的折射率小于对 B 光的折射率，由 $v=\frac{c}{n}$知 A 光在玻璃中的传播速度大于 B 光在玻璃中的传播速度，故 C 正确；由于 A 光的波长较长，所以更容易发生明显的衍射现象，故 D 正确。]

微专练 61　气体实验定律与图像、热力学定律综合问题

1．D　[由于汽缸导热性能良好，汽缸内气体的温度不变，缓缓向活塞上倒上细沙，气体体积减小，压强增大，由玻意耳定律得知，气体体积与压强成反比，A、B、C 错误，D 正确。]

2．BD　[温度不变，细管中的气体做等温变化，由玻意耳定律 $pV=C$，可得 $p=C\cdot\frac{1}{V}$，故 B、D 符合题意，A、C 不符合题意。]

3．B　[由题可知，ab、cd 分别为双曲线的一部分，故 ab、cd 分别为该气体的两段等温变化的过程，则 $T_a=T_b$、$T_c=T_d$，A、C 错误；ad、bc 两过程都是等容变化，由图可知 $p_a>p_d$，$p_b>p_c$，根据查理定律$\frac{p}{T}=C$ 可知 $T_a>T_d$、$T_b>T_c$，故 B 正确，D 错误。]

4．B　[由于一定质量的理想气体经历 $A\rightarrow B$ 绝热变化过程，则 $Q=0$，气体体积增大，对外做功，根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$，可知内能减小，温度降低，则根据 $pV=CT$，结合图像面积可知 $S_1>S_2$，故 B 正确。]

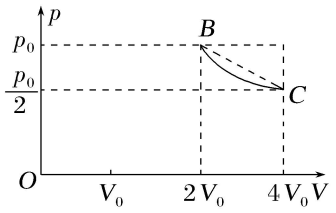
5．D　[因 AB 是过原点的直线，可知 $A\to B$ 过程温度不变，气体的内能不变；$A\to B$ 过程气体的体积减小，外界对气体做功，气体放出热量，A、B 错误；$B\to C$ 过程，体积减小，则外界对气体做功，C 错误；$B\to C$ 过程中 pV 乘积减小，则可能出现了漏气，D 正确。]

6．AC　[在气体等压膨胀过程中活塞受力平衡，有 $1.5p_0S=p_0S+Mg$，解得 $M=\dfrac{p_0S}{2g}$，故 A 正确；在 $b\to c$ 过程中气体对外做的功为 $W=1.5p_0S\cdot\dfrac{H}{2}=\dfrac{3}{4}p_0SH$，故 B 错误；在 $a\to d$ 全过程中，由理想气体状态方程有 $\dfrac{p_0V_0}{T_0}=\dfrac{2p_0\cdot 2V_0}{T_d}$，由题目条件可知气体内能的变化量 $\Delta U=\alpha(T_d-T_0)=3\alpha T_0$，故 C 正确；从 $a\to d$ 全过程，气体对外做功，根据热力学第一定律可知，气体吸收的热量大于其内能的增量，故 D 错误。]

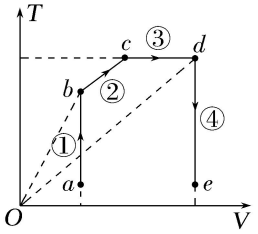
7．D　[$b\to c$ 过程由图可知为等温变化，气体内能不变，根据玻意耳定律 $pV=C$ 可知，当压强 p 增大时，体积 V 减小，则外界对气体做功，根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$，由于内能不变，可知 $b\to c$ 过程气体放出热量，故 A、B 错误；由图可知 $c\to a$ 为等容变化，$a\to b$ 为等压变化，$a\to b$ 过程中气体温度升高，根据盖－吕萨克定律可知气体的体积变大，由于压强不变，温度升高，气体分子平均速率增大，则气体分子在单位时间内撞击单位面积容器壁的次数减少，故 C 错误；由于 a、c 两个状态体积相同，则 $a\to b$ 过程气体体积的变化量与 $b\to c$ 过程气体体积的变化量相同，而 $a\to b$ 过程气体压强不变，$b\to c$ 过程气体压强增大，根据 $W=p\Delta V$ 可知，$a\to b$ 过程气体对外界做的功小于 $b\to c$ 过程外界对气体做的功，故 D 正确。]

8．AC　[由题图可知，气体由状态 A 至状态 B 体积增大，外界对气体做负功，A 正确；气体由状态 B 至状态 C 为等容变化，气体对外界不做功，B 错误；由状态 A 至状态 B 为等压变化，由 $\dfrac{V_A}{T_A}=\dfrac{V_B}{T_B}$，解得 $T_A=200\ \mathrm{K}$，由题意可知 $\dfrac{U}{T_A}=\dfrac{U_B}{T_B}=\dfrac{U_C}{T_C}$，解得 $U_B=1.5U$，$U_C=2U$，气体由状态 A 至状态 B，外界对气体做负功，根据热力学第一定律可知，气体吸收的热量大于 $\dfrac{U}{2}$，C 正确；由状态 C 变化至状态 A，外界对气体做正功，根据热力学第一定律可知，气体释放的热量大于 U，D 错误。]

9．B　[$A\to B$ 过程中气体的温度升高，内能增大，体积增大，对外做功，气体从外界吸热，A 错误；$B\to C$ 过程中气体做等温变化，气体内能保持不变，作出此过程的 $p-V$ 图像如图所示，$p-V$ 图像与横轴所围面积表示气体对外界做的功，对应梯形面积为 $\dfrac{3}{2}p_0V_0$，则等温线与横轴围成的面积小于 $\dfrac{3}{2}p_0V_0$，B 正确；$C\to D$ 过程中气体的温度降低，分子撞击器壁的平均力度减小，气体体积减小而压强不变，所以气体分子在单位时间内对单位面积容器壁的碰撞次数不断增加，C 错误；由题图中几何关系知，$D\to A$ 过程中气体的温度升高了 $\dfrac{T_0}{2}-\dfrac{T_0}{4}=\dfrac{T_0}{4}$，D 错误。]

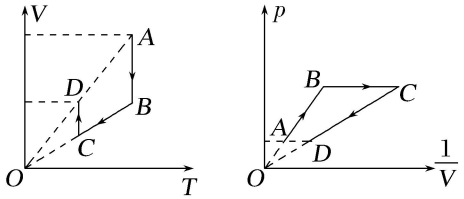


10．BD　[过程①中气体发生等容变化，温度升高，根据查理定律可知气体的压强逐渐增大，故 A 错误；过程②中气体的体积增大，气体对外界做正功，故 B 正确；过程④中气体发生等容变化，气体不做功，温度降低，气体的内能减少，根据热力学第一定律$\Delta U=W+Q$，可知气体向外界放出了热量，故 C 错误；如图所示，连接 bO 和 dO，根据数学知识可知，状态 d 的$\frac{V}{T}$值大于状态 b 的$\frac{V}{T}$值，根据$\frac{pV}{T}=C$，可知状态 d 的压强比状态 b 的压强小，故 D 正确。]



11．B　[由题图知，$a\to b$ 过程为等压过程，由$\frac{V}{T}=C$可知，气体温度升高，体积增大；$b\to c$ 过程为等容过程，由$\frac{p}{T}=C$可知，气体温度升高，压强增大，A、C、D 错误，B 正确。]

12．CD　[A 到 B 的过程中，气体等温压缩，压强增大，体积减小；从 B 到 C 的过程中，气体等压降温，温度降低，体积减小；从 C 到 D 的过程中，等温膨胀，压强减小，体积增加，而且此时 D 状态的压强又恢复到最初 A 状态的压强，其 $V-T$ 图像和 $p-\frac{1}{V}$图像如图所示，



A、B 错误；根据热力学第一定律$\Delta U=W+Q$，由于气体温度降低，内能减小，因此气体向外放出的热量大于外界对气体做的功，C 正确；由于状态 A 与状态 D 压强相等，而状态 D 温度更低，分子撞击容器壁的平均力度减小，因此单位时间内碰撞单位面积容器壁的分子数更多，D 正确。]

微专练 62　光电效应及图像问题

1．C　[紫外线灯照射锌板表面，锌板中的自由电子吸收紫外线光子的能量而发生光电效应，锌板上的电子数量减少，验电器和锌板上的电荷量重新分布，验电器指针张开的角度逐渐减小，故 A、B 错误，C 正确；锌板和验电器不构成电容器，并不会向外辐射电磁波，故 D 错误。]

2．B　[金属的逸出功为 $W_0=h\nu_0$ 是一定的，与入射光的频率无关，只与金属自身有关，故 A 错误；根据光电效应方程 $E_k=h\nu-W_0=2h\nu_0-h\nu_0=h\nu_0$，故 B 正确；发生光电效应时，光电流的大小与入射光的频率无关，跟入射光的强度有关，故 C 错误；根据光电效应方程 $E_k=h\nu-W_0$，光电子的最大初动能不和入射光的频率成正比，故 D 错误。]

3．C　[根据 $c=\lambda\nu$，a 光和 b 光的波长之比为 5∶2，故 A 错误；根据 $E_k=h\nu-W_0$，逸出光电子的最大初动能之比 $\frac{E_{ka}}{E_{kb}}=\frac{2h\nu-W_0}{5h\nu-W_0}=1∶4$，故 B 错误；根据 $eU_c=E_k$，加反向电压时，对应的遏止电压之比 $\frac{U_a}{U_b}=\frac{E_{ka}}{E_{kb}}=1∶4$，故 C 正确；不知光照强度的关系，无法判断饱和光电流的关系，故 D 错误。]

4．BD　[由光电效应方程有 $E_k=h\nu-W_0$，可知，$E_k-\nu$ 的斜率均为 h，故 A 错误；由光电效应方程有 $E_k=h\nu-W_0$，图线的纵轴截距的绝对值表示金属的逸出功，则金属 a 的逸出功小于金属 b 的逸出功，若产生的光电子具有相同的最大初动能，则照射到金属 b 的光频率较高，故 B、D 正确；由光电效应方程有 $E_k=h\nu-W_0$，可知，在得到这两条直线时，与入射光的光强无关，故 C 错误。]

5．B　[光电子的最大初动能 $E_{km}=\frac{hc}{\lambda}-\frac{hc}{\lambda_{极限}}=k\left(\frac{1}{\lambda}-b\right)$，若使用波长为 λ_0 的单色光照射该金属材料，光电子的最大初动能 $E_{km}=k\left(\frac{1}{\lambda_0}-b\right)$，故 B 正确。]

6．B　[光电管阴极材料逸出功为 1.91 eV，而可见光光子能量范围为 1.62～3.11 eV，所以红光不一定发生光电效应，故 A 错误；根据 $eU_c=h\nu-W_0$，入射光的频率越高，对应的遏止电压越大，甲光、乙光的遏止电压相等，所以甲光、乙光的频率相等，丙光的遏止电压大于乙光的遏止电压，所以丙光的频率大于乙光的频率，则乙光的波长大于丙光的波长，故 B 正确；同一金属，截止频率相同，故 C 错误；甲光的光强大，甲光和乙光的光子能量一样大，故单位时间内，甲光照到阴极上的光子数大于乙光，故 D 错误。]

微专练 63　原子能级跃迁问题

1．D　[原子吸收频率为 ν_0 的光子从基态能级Ⅰ跃迁至激发态能级Ⅱ时有 $E_{Ⅱ}-E_{Ⅰ}=h\nu_0$，且从激发态能级Ⅱ向下跃迁到基态Ⅰ的过程有 $E_{Ⅱ}-E_{Ⅰ}=h\nu_1+h\nu_2+h\nu_3$，联立解得 $\nu_2=\nu_0-\nu_1-\nu_3$，故 D 正确。]

2．B　[将介质分子从基态 S_0 激发到激发态 S_n，两过程吸收的光子能量一样多，则 $2h\nu_a=h\nu_b$，则光子频率关系为 $\frac{\nu_a}{\nu_b}=\frac{1}{2}$，波长和频率成反比，故光子 a 和光子 b 的波长之比为 2∶1，故 B 正确。]

3．D　[一群处于 $n=4$ 能级的氢原子最多可发出 $C_4^2=6$ 种频率的光子，故 A 错误；从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级发出的光子的能量最小，根据 $\Delta E=h\nu=h\frac{c}{\lambda}$，可知其波长最长，故 B 错误；该氢原子从低能级吸收能量跃迁到高能级时，吸收光子的能量必须等于两个能级之间的差值，由能级示意图可知该

氢原子可以吸收 $E=0.31$ eV 的光子跃迁到 $n=5$ 的能级，而不是 0.32 eV，故 C 错误；根据电离的定义，使该氢原子电离至少需要吸收的能量为$\Delta E=0-(-0.85\text{ eV})=0.85$ eV，故 D 正确。]

4．C [根据单个氢原子在不同能级向低能级跃迁时最多能发出的光子种数 $m=n-1$，则一个处于 $n=3$ 能级的氢原子跃迁时发出的光最多有 2 种，故 A 错误；根据 $c=\lambda\nu$，光的频率越小则波长越大，而根据 $E=h\nu$，可知，放出的能量越小则频率越小，因此该氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时释放的能量最小，则有$\Delta E=E_3-E_2=h\nu$，解得$\lambda_{\max}=\dfrac{ch}{E_3-E_2}$，故 B 错误；氢原子若吸收光子进行跃迁，则所吸收光子的能量必须等于两个能级之间的差值，即若要跃迁到 $n=4$ 能级，则所吸收的光子的能量必须等于$\Delta E'=E_4-E_3$，故 C 正确；若氢原子与实物粒子发生碰撞而发生电离，则实物粒子所具有的能量必须大于等于氢原子所在能级能量的绝对值，即该氢原子被电子碰撞后要发生电离，则该电子的能量为$\varepsilon\geqslant|E_3|$，故 D 错误。]

5．A [由玻尔理论结合普朗克的量子假说，即$\varepsilon=h\nu$，根据图甲可得$\varepsilon_{\text{Na}}=h\nu_{\text{Na}}$，$\varepsilon_{\text{Li}}=h\nu_{\text{Li}}$，代入数据可得$\nu_{\text{Li}}\approx4.48\times10^{14}$ Hz，对照图乙可知，锂原子从激发态跃迁回基态发光颜色为红色，故 A 正确。]

6．C [当 P 移至最左端时，AK 极间的电压为零，光电管、电流表组成闭合电路，发生光电效应时，逸出的光电子具有初动能，会有光电流产生，电流表示数不为零，故 A 错误；起初电压表示数增大时电流增大，当电压达到一定值时，电流达到饱和光电流，电流表示数不再增大，故 B 错误；氢原子从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级，由高能级向低能级跃迁，释放出能量，放出光子，故 C 正确；从 $n=5$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级，释放的能量为$\Delta E=E_5-E_3=-0.54\text{ eV}-(-1.51\text{ eV})=0.97\text{ eV}<2.30\text{ eV}$，所以产生的光不能让图甲中的 K 极金属发生光电效应，故 D 错误。]

微专练 64　半衰期、核反应与核能

1．C [α射线的速度在三种射线中最低，穿透能力最弱，带电荷量最大，电离能力最强，A、B 错误；α、β射线来自原子核衰变，γ射线是激发状态的原子核发出的波长极短的电磁波，是一种不带电的光子流，C 正确，D 错误。]

2．C [α射线为 ${}_2^4\text{He}$ 粒子流，它的穿透能力比 γ 射线弱，故 A 错误；α射线的速度比γ射线小，故 B 错误；根据电荷数守恒，有 $Z=84-2=82$，故 C 正确；根据质量数守恒有 $A=210-4=206$，${}_{82}^{206}\text{Pb}$ 核的中子数为 124，故 D 错误。]

3．B [根据 $I=\dfrac{q}{t}=\dfrac{ne}{t}$，可得产生的电子数为 $n=\dfrac{It}{e}=\dfrac{5.0\times10^{-8}\times3.2\times10^{4}}{1.6\times10^{-19}}=10^{16}$ 个，因在β衰变中，一个氚核产生一个电子，可知氚核的个数为 1.0×10^{16} 个，故 B 正确。]

4．D [根据发生β衰变的核反应满足质量数和电荷数守恒可知，Y 是α粒子(${}_2^4\text{He}$)，三种射线的穿透能力，γ射线最强，α射线最弱；三种射线的电离能力，α射线最强，γ射线最弱，故 D 正确。]

5．D [根据α、β、γ三种射线特点可知，α 射线的电离本领最强，穿透本领最弱，故 A、B 错误；比

结合能越大越稳定，则 $^{238}_{92}U$ 的比结合能比 $^{206}_{82}Pb$ 的比结合能小，故 C 错误；在α衰变的过程中，电荷数少 2，质量数少 4，在β衰变的过程中，电荷数多 1，有 $2m-n=10$，$4m=32$，解得 $m=8$，$n=6$，故 D 正确。]

6. AC [设 X 和 Y 的质子数分别为 n_1 和 n_2，质量数分别为 m_1 和 m_2，则反应方程为 $^4_2He+^{27}_{13}Al\rightarrow^{m_1}_{n_1}X+^1_0n$，$^{m_1}_{n_1}X\rightarrow^{m_2}_{n_2}Y+^0_{-1}e$，根据反应方程质子数和质量数守恒，解得 $2+13=n_1$，$n_1=n_2+1$，$4+27=m_1+1$，$m_1=m_2+0$，解得 $n_1=15$，$n_2=14$，$m_1=30$，$m_2=30$，X 的质量数($m_1=30$)与 Y 的质量数($m_2=30$)相等，比 $^{27}_{13}Al$ 的质量数多 3，故 A 正确，D 错误；X 的电荷数($n_1=15$)比 Y 的电荷数($n_2=14$)多 1，比 $^{27}_{13}Al$ 的电荷数多 2，故 B 错误，C 正确。]

7．D [根据半衰期计算公式 $m=m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$，$t$ 取 6 万至 10 万年，$T=5\,730$ 年，可得发生了半衰期的次数 n 满足 $10<n\leqslant17$，显然，该制品中 ^{14}C 发生半衰期的次数 n 不可能为 21 次，则该制品中 ^{14}C 的剩余量不可能是 $m=m_0\left(\frac{1}{2}\right)^{21}$，故 D 正确。]

8．C [根据质量数和电荷数守恒可得核反应方程为 $^3_2He+^2_1H\rightarrow^4_2He+^1_1H+\Delta E$，可知 X 为质子，故 A 错误；核反应放出能量，可知氦 3 的比结合能比氦核的比结合能小，故 B 错误；根据 $3E+2E_1+\Delta E=4E_2$，可得氦 3 的比结合能为 $E=\frac{4E_2-\Delta E-2E_1}{3}$，故 C 正确，D 错误。]

9．D [发现质子的核反应方程是 $^{14}_7N+^4_2He\rightarrow^{17}_8O+^1_1H$，故 A 错误；核反应释放核能的原因是 $^{17}_8O$ 的结合能大于 $^{14}_7N$ 和α粒子总的结合能，释放的核能等于$(m_1+m_3-m_2-m_4)c^2$，也等于反应后 $^{17}_8O$ 和质子总动能与反应前 $^{14}_7N$ 和α粒子总动能之差，故 B、C 错误，D 正确。]

10. C [氘核 ^2_1H 可通过一系列聚变反应释放能量，其总效果可用反应式 $6^2_1H\rightarrow2^4_2He+2^1_1H+2^1_0n+43.15$ MeV，则平均每个氘核聚变释放的能量为$\varepsilon=\frac{E}{6}=\frac{43.15}{6}$ MeV，1 kg 海水中含有的氘核约为 1.0×10^{22} 个，可以放出的总能量为 $E_0=N\varepsilon$，由 $Q=mq$ 可得，要释放的相同的热量，需要燃烧标准煤的质量 $m=\frac{Q}{q}=\frac{E_0}{q}\approx400$ kg，故 C 正确。]

11．AB [$^{99}_{43}Tc$ 和 $^{99}_{43}Tc$ 两者为同位素，因此其化学性质相同，故 A 正确；由衰变方程 $^{99}_{42}Mo\rightarrow^{99}_{43}Tc+X+\bar{\nu}$，根据衰变过程中质量数守恒和电荷数守恒，可知其衰变产物 X 是电子，故 B 正确；Tc－99m 衰变半衰期越长，则其衰变产生的γ射线就越微弱，因此医学检测分析效果越不明显，故 C 错误；该衰变为β衰变，而β衰变的实质是原子核内的中子生成质子的同时产生电子，并伴随有能量的产生，即γ射线的产生，因此γ射线为原子核内部所产生的，故 D 错误。]

12．C [衰变过程动量守恒，有 $M_{Th}v_{Th}=m_\alpha v_\alpha$，由 $qvB=\frac{mv^2}{r}$，可得 $r=\frac{mv}{qB}$，可知，电荷量大的半径小，所以 2 是α粒子的径迹，1 是 $^{234}_{90}Th$ 的径迹，根据左手定则可知磁场方向垂直纸面向里，1、2 的半

径比为$\frac{r_{Th}}{r_{\alpha}}=\frac{q_{\alpha}}{q_{Th}}=1:45$，故 C 正确。]

13. C [根据 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，$r=\frac{mv}{qB}$，由动量守恒定律可知，两粒子动量等大反向，两圆的直径之比为 7∶1，可知两电荷的电荷量之比为 1∶7；两圆内切，所以为异种电荷，所以 C 正确，A、B、D 错误。]

14. A [因射出粒子与新核在磁场中运动的轨迹是内切圆，则射出的粒子带负电，即为β粒子，由 $qvB=m\frac{v^2}{r}$，得 $r=\frac{mv}{qB}$，由动量守恒定律得，$m_{\beta}v_{\beta}=m_{新}v_{新}$，可得$\frac{q_1}{q_2}=\frac{r_2}{r_1}=\frac{44}{1}$，可知放射性元素的原子序数为 43，由洛伦兹力的方向判定知衰变后新核向右运动，射出粒子向左运动，故 A 正确。]

第二部分　实验题专练

微专练 65　测量做直线运动物体的瞬时速度

1．**答案**　(1)BCAD　(2)1.2　2.0

解析　(1)使用电火花计时器时首先要把计时器固定在长木板上，将纸带从墨粉纸盘下面穿过打点计时器，然后将电火花计时器插头插入相应的电源插座，接通开关，听到放电声，开始拖动纸带，当纸带完全通过电火花计时器后，及时关闭电火花计时器。故操作顺序为 BCAD。

(2)打点计时器所接交流电的频率为 50 Hz，每相邻两个计数点间还有 4 个点，则 $T=5\times0.02\ s=0.1\ s$

打 E 点时小车的速度 $v_E=\frac{x_4+x_5}{2T}=\frac{(11.09+13.10)\times10^{-2}}{2\times0.1}\ m/s\approx1.2\ m/s$

小车运动的加速度

$$a=\frac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}$$

$$=\frac{(11.09+13.10+15.10-5.09-7.10-9.10)\times10^{-2}}{9\times0.1^2}\ m/s^2$$

$=2.0\ m/s^2$。

2．**答案**　(1)D　(2)能　由图乙可知 $x\propto t^2$，则小车做初速度为 0 的匀加速直线运动，即运动中小车的速度随时间均匀变化

(3)0.007 0　0.05　0.05

解析　(1)滴水计时器的计时原理与打点计时器计时原理类似，无需再用秒表计时，故 A 错误，D 正确；在斜面上做实验是为了使小车的重力沿斜面方向的分力大于小车下滑过程中的摩擦力，从而使小车做匀加速运动，进而测量小车加速度，故 B 错误；设斜面倾角为θ，则小车运动过程中的加速度 $a=\frac{mg\sin\theta-\mu mg\cos\theta}{m}=g\sin\theta-\mu g\cos\theta$，与小车质量无关，故 C 错误。

(2)由题图乙知 $x\propto t^2$，则小车做初速度为 0 的匀加速直线运动，加速度为定值，因此运动中小车的速度随时间均匀变化。

(3)由题图丙知 A、B 两点间距 $s=7.0\ \text{mm}=0.007\ 0\ \text{m}$；小车在 C 点时速度大小为 $v_C=\frac{x_{BD}}{2T}=0.05\ \text{m/s}$；小车运动的加速度为 $a=\frac{x_{CD}-x_{BC}}{T^2}=0.05\ \text{m/s}^2$。

微专练 66　探究弹簧弹力与形变量的关系

1．**答案**　(1)弹簧自身重力的影响　5　(2)B

解析　(1)由图乙可知，$k=\frac{\Delta F}{\Delta x}$，代入数据解得 $k=5\ \text{N/m}$，由题图可知，当 $m=0$ 时，x 大于零，说明没有挂钩码时，弹簧处于伸长状态，是由弹簧自身的重力造成的。

(2)$F-L$ 图像中横截距表示弹簧的原长，故 b 的原长比 a 的长，故 A 错误；$F-L$ 图像的斜率表示弹簧的劲度系数 k，故 a 的劲度系数比 b 的大，故 B 正确，C 错误；弹簧的弹力满足胡克定律，即弹力与弹簧的形变量成正比，故 D 错误。

2．**答案**　①受到弹簧自身重力的影响　②$2.6\times10^2$　③无　④A

解析　①$m-x$ 图像不过原点，即弹簧自然下垂时其长度大于平放在水平桌面上的长度，这是由于弹簧自身重力的影响；

②图像的斜率与 g 的乘积表示劲度系数，即

$k=\frac{\Delta m}{\Delta x}g\approx2.6\times10^2\ \text{N/m}$；

③设由于弹簧自身重力引起的伸长量为 Δl，则根据胡克定律有 $im_0g=k(x-\Delta l)$，可知实际作出的图像的斜率由劲度系数决定，所以图像没过坐标原点，对于测量弹簧的劲度系数无影响；

④将 $x=l_i-l_0$ 作为横坐标，钩码的总质量作为纵坐标，则此时的 x 为弹簧伸长量的真实值，消除了弹簧自身重力的影响，所作图像应为过原点的倾斜直线，故 A 正确。

3．**答案**　(1)静止　(2)120.0　31.0

解析　(1)该同学在弹簧下端逐一增挂钩码，每增挂一个钩码，待弹簧静止时弹力与重力大小相等，记录所挂钩码的重力和对应的 h。

(2)由题图可知，当 $F=0$ 时 $h_0=120.0\ \text{cm}$，即为未挂钩码时水平纸片到地面的竖直距离。

由胡克定律可得 $\Delta F=k\Delta h$，即图像斜率的绝对值的倒数表示弹簧的劲度系数，则有 $k=\frac{3.10}{120.0-110.0}\times10^2\ \text{N/m}=31.0\ \text{N/m}$。

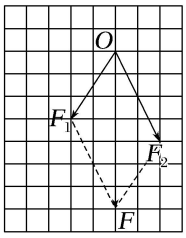
微专练 67　探究两个互成角度的力的合成规律

1．**答案**　(1)①B　②2.10　③7.0　(2)①D　②甲

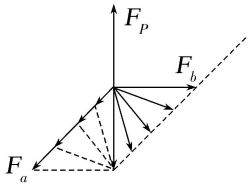
解析 (1)①为了使两次拉橡皮条效果相同，要求两次拉到同一位置，故 A 项错误；实验中为了减小误差，弹簧测力计必须保持与木板平行，读数时为了减小误差，要求视线正对弹簧测力计刻度，故 B 项正确；拉弹簧测力计的力不能过大，也不能过小，以适合作图为准；实验过程中两弹簧的夹角要适当，并非要求达到 90°，非特殊角度也可，故 C 项错误；实验中需要记录弹簧测力计的示数和细绳的方向以及 O 点的位置，故 D 错误。

②如题图所示，弹簧测力计的最小分度值为 0.1 N，所以其读数为 2.10 N。

③根据平行四边形定则，作出合力的示意图，如图所示，则其合力大小的理论值为 7.0 N。



(2)①对 O 点受力分析，受到两个弹簧的拉力和橡皮条的拉力，其中橡皮条长度不变，其拉力大小不变，a 弹簧拉力方向不变，b 弹簧拉力方向和大小都改变，如图。根据平行四边形定则可以看出 b 的读数先变小后变大，a 的读数不断变小，故 D 正确。



②实验测的弹力方向沿绳子方向，即图中的 AO 方向，由于误差的存在，作图法得到的合力与实验值有一定的差别，即作图得出的合力方向与 AO 方向有一定的夹角，故甲更符合实验事实。

2．**答案** (1)见解析图甲 (2)1.80(1.70～1.90 均正确)

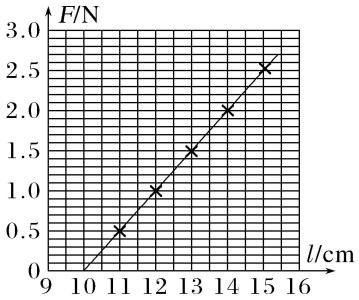
(3)见解析图乙 (4)$F_{OO'}$

解析 (1)根据表格中数据利用描点法作出图像如图甲所示，图像与横坐标的交点即为 l_0，由图可知 l_0 ＝10.0 cm，橡皮条的劲度系数为 $k=\frac{2.5}{15-10}\times10^2$ N/m＝50 N/m。

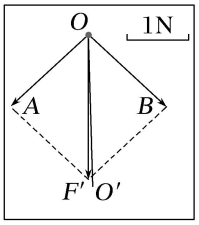
(2)AB 的总长度为 6.00 cm＋7.60 cm＝13.60 cm；此时两端拉力 F＝1.80 N。

(3)根据给出的标度，作出合力的图示如图乙所示。

(4)只要作出的合力与实验得出的合力 $F_{OO'}$ 大小和方向在误差允许的范围内相等，即可说明平行四边形定则成立。



甲



乙

微专练 68　探究加速度与物体受力、物体质量的关系

1．**答案**　(1)AD　(2)远小于　(3)小于　大于

解析　(1)为保证细绳的拉力方向不变，细绳要保持与长木板平行，A 正确；补偿阻力时应使木块连接纸带，但不应连接细绳和砝码桶，B 错误；实验时应先接通电源再放开木块，C 错误；补偿阻力后，改变木块上的砝码质量时，不需要重新调节木板倾斜程度补偿阻力，D 正确。

(2)由整体法和隔离法得到细绳的拉力 $F=Ma=M\dfrac{mg}{M+m}=\dfrac{1}{1+\dfrac{m}{M}}mg$，当砝码桶和桶内砝码的总质量 m 远小于木块和木块上砝码的总质量 M 时，可得 $F\approx mg$。

(3)不补偿阻力时，对于木块有 $F-\mu mg=ma$，则 $a=\dfrac{F}{m}-\mu g$，图像的斜率大的木块的质量小，纵轴截距绝对值大的动摩擦因数大，因此 $m_{甲}<m_{乙}$，$\mu_{甲}>\mu_{乙}$。

2．**答案**　(1)BD　(2)匀速直线　(3)远小于　(4)0.44　(5)小车　(6)C

解析　(1)利用天平测量质量，利用打点计时器可以计时，打出的纸带需测量长度求加速度，所以需要天平和刻度尺，A、C 错误，B、D 正确。

(2)补偿阻力是垫高木板使小车拖动纸带在木板上做匀速直线运动。

(3)为了使砂桶及砂的总重力近似等于拉力，需要砂桶及砂的总质量要远小于小车的总质量。

(4)由中间时刻的瞬时速度等于这段时间的平均速度，可得

$v_B=\dfrac{x_{AC}}{2T}=\dfrac{(13.30-4.50)\times10^{-2}}{0.2}$ m/s=0.44 m/s。

(5)探究加速度 a 与外力 F 的关系时，需要保证小车的总质量恒定不变。

(6)在研究加速度与质量的关系时，由于补偿了阻力，所以图像过原点，且分别对小车和砂桶及砂受力分析，由牛顿第二定律可得 $mg-F_T=ma$，$F_T=Ma$，解得 $mg=(M+m)a$，整理得 $a=\dfrac{mg}{M+m}$，因为保证了砂和砂桶的质量不变，所以由实验数据作出 $a-\dfrac{1}{M+m}$的图线不会发生弯曲，故 C 正确。

微专练 69　测量动摩擦因数

1．答案　(1)300　(2)①乙　②0.3

解析　(1)由图读出，弹簧的弹力 $F=0$ 时，弹簧的长度为 $L_0=20$ cm，即弹簧的原长为 20 cm，弹力为 $F_0=60$ N 时，弹簧的长度为 $L=40$ cm，弹簧伸长的长度 $x_0=L-L_0=(40-20)$ cm$=20$ cm$=0.2$ m，由胡克定律得弹簧的劲度系数为 $k=\dfrac{F_0}{x_0}=\dfrac{60}{0.2}$ N/m$=300$ N/m。

(2)①乙、丙两种方案，在拉着木块 A 运动的过程中，拉 A 的弹簧测力计由于在不断地运动，示数可能会变化，读数不是很准，弹簧测力计 a 是不动的，指针稳定，便于读数，所以乙方案更合理。

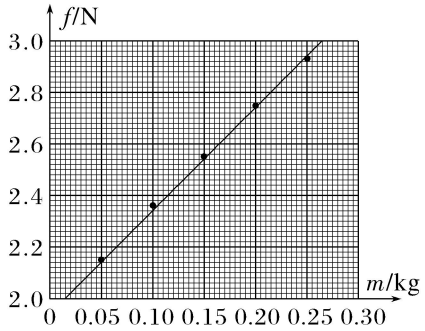
②由于弹簧测力计 a 的示数为 6.0 N，所以 A、B 间的动摩擦因数

$\mu=\dfrac{f}{F_N}=0.30$。

2．答案　(1)2.75　(2)见解析图　(3)$\mu g\cdot m+\mu Mg$　μg　(4)0.40

解析　(1)弹簧测力计的指针在 2.7 N 与 2.8 N 之间，估读为 2.75 N。

(2)描点画线注意让尽可能多的点分布在线上，不能分布在线上的点尽可能均匀地分布在线的两侧，作图如图所示。



(3)木块受到的是滑动摩擦力，根据滑动摩擦力的计算式知 $f=\mu(M+m)g$，整理可得 $f=\mu g\cdot m+\mu Mg$，所以 $f-m$ 图线的斜率表达式 $k=\mu g$。

(4)g 取 9.80 m/s^2，取图线上相距较远的两点求斜率 $k=\dfrac{2.93-2.15}{0.25-0.05}$ N/kg$=3.9$ m/s^2，则 $\mu=\dfrac{k}{g}=0.40$。

3．答案　(1)不必　(2)$m_B-\mu(m_A+nm_0)$　(3)0.40

解析　(1)木块与木板间的滑动摩擦力与两者之间的相对速度无关，则实验拉动木板时不必保持匀速。

(2)对木块、砝码以及重物 B 分析可知 $\mu(m_A+nm_0)g+mg=m_Bg$，解得 $m=m_B-\mu(m_A+nm_0)$。

(3)根据 $m=m_B-\mu m_A-\mu m_0\cdot n$，结合图像可知 $\mu m_0=\dfrac{59-19}{5}=8$，则 $\mu=0.40$。

微专练 70　探究平抛运动的特点

1．答案　(1)B　(2)C　(3)D

解析　(1)用题图所示的实验装置，只能探究平抛运动竖直分运动的特点，不能研究水平分运动的特

点，故 A、C 错误；在实验过程中，需要改变小锤击打的力度，多次重复实验，最后得出结论，故 B 正确。

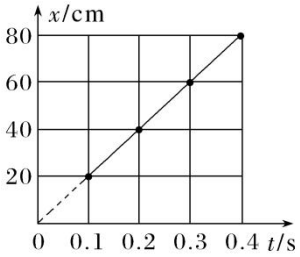
(2)为了保证小球做平抛运动，需要斜槽末端水平，为了保证小球抛出时速度相等，每一次小球需要由静止从同一位置释放，但斜槽不需要光滑，故 A 错误，C 正确；上下调节挡板 N 时不必每次等间距移动，故 B 错误。

(3)竖直方向有 $y_1=\frac{1}{2}gt'^2$，水平方向有 $x-\frac{d}{2}=v_0t'$，联立可得 $v_0=\left(x-\frac{d}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2y_1}}$，故 A 错误；竖直方向，根据 $\Delta y=y_2-2y_1=gt^2$，水平方向 $x=v_0t$，联立可得 $v_0=x\sqrt{\frac{g}{y_2-2y_1}}$，故 B 错误；竖直方向根据 $y_4=\frac{1}{2}gt'^2$，水平方向 $4x-\frac{d}{2}=v_0t'$，联立可得 $v_0=\left(4x-\frac{d}{2}\right)\sqrt{\frac{g}{2y_4}}$，故 D 正确，C 错误。

2．**答案**　(1)见解析　(2)见解析

解析　(1)小球运动过程中在木板上留下的影子反映了小球在竖直方向的运动情况，照相机的闪光周期 $T=0.1$ s，根据逐差法可得，影子运动的加速度大小为 $a=\frac{(78.6-19.8\times2)\times10^{-2}}{4\times0.1^2}$ m/s$^2\approx9.8$ m/s^2，加速度约等于重力加速度，可见，小球在竖直方向的运动为自由落体运动。

(2)小球在水平地面上留下的影子的运动情况反映了小球在水平方向的运动情况。各点到 O' 点的距离即小球在对应时间内在水平方向上的位移，可以作出位移—时间图像来判断小球在水平方向的运动情况，如图所示。由图像可以看出，小球水平方向的位移—时间图线为一条经过原点的直线，说明位移随时间均匀变化，即影子的运动为匀速直线运动，也就说明小球在水平方向的运动为匀速直线运动。



3．**答案**　(1)BD　(2)0.20　1.5

解析　(1)小球做平抛运动，竖直方向做自由落体运动 $h=\frac{1}{2}gt^2$，解得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，水平方向做匀速直线运动 $d=v_0t=v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$，可知飞行时间 t 与初速度 v_0 大小无关，水平位移 d 与初速度 v_0 成正比，故 B、D 正确，A、C 错误。

(2)竖直方向，由 $y_1=\frac{1}{2}gt_1^2$ 解得

$t_1=\sqrt{\frac{2y_1}{g}}=\sqrt{\frac{2\times0.05}{10}}$ s$=0.10$ s

由 $y_2=\frac{1}{2}gt_2^2$ 解得

$t_2=\sqrt{\frac{2y_2}{g}}=\sqrt{\frac{2\times0.45}{10}}$ s$=0.30$ s

小球从 A 点运动到 B 点的时间为 $t=t_2-t_1=0.20$ s

初速度大小为 $v_0=\frac{\Delta x}{t}=\frac{0.3}{0.2}$ m/s$=1.5$ m/s。

微专练 71　探究向心力的大小与半径、角速度、质量的关系

1．**答案**　(1)控制变量　等于　(2)$\frac{2\pi n}{t}$　(3)$\frac{2\pi}{\sqrt{k}}$

解析　(1)本实验采用控制变量法来探究 F、m、ω、r 四者之间的关系。小球在接近水平的平面内匀速转动，可以近似认为小球的向心力等于 F。

(2)若测得小球做匀速圆周运动的圈数为 n，对应的运动时间为 t，则小球做匀速圆周运动的周期为 $T=\frac{t}{n}$，由 $\omega=\frac{2\pi}{T}$ 可得 $\omega=\frac{2\pi n}{t}$。

(3)由 $F=m\frac{4\pi^2}{T^2}r$，可得 $\frac{F}{m}=\frac{4\pi^2}{T^2}r$，则 $\frac{F}{m}-r$ 图像的斜率为 $k=\frac{4\pi^2}{T^2}$，解得 $T=\frac{2\pi}{\sqrt{k}}$。

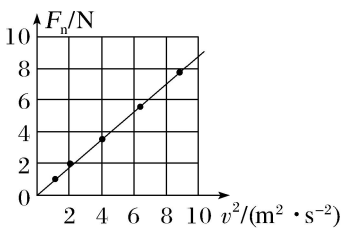
2．**答案**　(1)A　(2)角速度平方　不变

解析　(1)本实验先控制住其他几个因素不变，研究其中一个因素变化所产生的影响，采用的实验方法是控制变量法，故 A 正确。

(2)标尺上露出的红白相间的等分格数之比为两个小球所受向心力大小的比值，根据 $F=mr\omega^2$，在小球质量和转动半径相同的情况下，可知左右标尺露出的红白相间等分标记的比值等于两小球的角速度平方之比。设皮带两塔轮的半径为 R_1、R_2，塔轮的线速度为 v；则有 $\omega_1=\frac{v}{R_1}$，$\omega_2=\frac{v}{R_2}$，小球质量和转动半径相同的情况下，可知 $\frac{F_1}{F_2}=\frac{\omega_1^2}{\omega_2^2}=\frac{R_2^2}{R_1^2}$，由于两变速盘的半径之比不变，则左右标尺露出红白相间等分标记的比值不变。

3．**答案**　①见解析图　②0.18

解析　①作出 F_n-v^2 图线，如图所示。



②根据 $F_n=\frac{mv^2}{r}$知，图线的斜率 $k=\frac{m}{r}$，则有$\frac{m}{r}=\frac{7.90}{9}$ kg/m，代入数据解得 $m\approx0.18$ kg。

4．**答案**　(1)变大　变小　(2)①

解析　(1)小球做圆周运动时有 $T=F_{向}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2r$，所以当小球运动半径不变，仅减小运动周期时，小球受到的拉力将变大；若保持小球运动的周期不变，仅减小运动半径，小球受到的拉力将变小。

(2)根据题意有 $T=\frac{t}{n}$，可得 $F=m\left(\frac{2\pi n}{t}\right)^2r=4\pi^2mr\left(\frac{n}{t}\right)^2$，因为甲球的质量较大，所以曲线①反映小球甲。

微专练 72　验证机械能守恒定律

1．**答案**　(1)D　(2)①AD　②$\frac{1}{2}\left(\frac{h_2}{2T}\right)^2$或$\frac{1}{8}\left(\frac{h_2}{T}\right)^2$　(3)C

解析　(1)打点计时器应用交流电源，A 错误；实验中用 $gh=\frac{1}{2}v^2$ 来验证重物的机械能是否守恒，所以不用测出重物的质量，B 错误；打点计时器本身就是一种计时工具，所以不需用秒表计时，C 错误；为充分利用纸带，释放纸带前，应让重物尽量靠近打点计时器，D 正确。

(2)①测出点 F 与初始点 O 的距离 h_{OF}，同时根据 E、G 两点间距测得这两点的平均速度即为点 F 的瞬时速度 v_F，最后用 $mgh_{OF}=\frac{1}{2}mv_F^2$ 进行验证机械能是否守恒，A 正确；已知 OA 和 AC 的长度，可测得 B 点的瞬时速度，可表示出重物动能的增加量，但不知 B 与 O 点间距，重物的重力势能的减小量无从得知，无法进行验证，B 错误；若已知 OF 和 FG 的长度，依题意，可知 O、F 的间距，可以表示出重物的重力势能的减小量，但由所给条件无法测得 F 点的瞬时速度，所以重物动能的变化量无从得知，无法进行验证，C 错误；依题意，根据 AC 和 EG 的长度，可知 B、F 两点的瞬时速度，进而可得重物经过这两点动能的增加量，同时也可知 BF 的间距，可测重物经过 B、F 两点重力势能的减少量，所以能验证，D 正确。

②依题意，F 点的瞬时速度为 $v=\frac{h_2}{2T}$，则机械能守恒定律的表达式为 $mgh_1=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}m\left(\frac{h_2}{2T}\right)^2$，即 $gh_1=\frac{1}{2}\left(\frac{h_2}{2T}\right)^2=\frac{1}{8}\left(\frac{h_2}{T}\right)^2$。

(3)若重物下落时受到阻力，假定阻力为 F_f，则有$(mg-F_f)h=\frac{1}{2}mv^2$，则 $v^2=2\left(g-\frac{F_f}{m}\right)h$，可知，如果 F_f 恒定，图线过原点，A 错误；在测某点的瞬时速度时，根据的是匀变速直线运动的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，即 $v=\frac{\Delta h}{2T}$，如果电源的频率偏高，则打点计时器的实际周期偏小，但计算时仍采用

原周期，导致所测速度偏小，这样得到的图线应该向下偏移而不过原点，与题图丙不符，B 错误；以 h 为横轴、v^2 为纵轴作出了如题图丙所示的图线，发现图线明显未过原点 O，即打点计时器打第一点时重物已有速度，其原因可能是先释放纸带后接通电源，C 正确；本实验不能直接用公式 $v=\sqrt{2gh}$ 来求解瞬时速度，否则就体现不了实验验证，而变成了理论推导，另一方面，利用公式 $v=\sqrt{2gh}$ 计算重物速度，两边平方后可知 v^2-h 图线一定会过原点，D 错误。

2．**答案**　(1)②④　(2)5.00　0.431　(3)$\dfrac{\left(\dfrac{d}{\Delta t_2}\right)^2-\left(\dfrac{d}{\Delta t_1}\right)^2}{2g}$

(4)滑块在下滑过程中受到空气阻力作用，产生误差；遮光条宽度不够窄，测量速度不准确，产生误差

解析　(1)验证滑块沿光滑的斜面下滑过程机械能守恒，需要通过光电门测量通过滑块运动的速度 $v=\dfrac{d}{\Delta t}$，需验证的表达式为 $mg(h_1-h_2)=\dfrac{1}{2}mv_2^2-\dfrac{1}{2}mv_1^2=\dfrac{1}{2}m\left(\dfrac{d}{\Delta t_2}\right)^2-\dfrac{1}{2}m\left(\dfrac{d}{\Delta t_1}\right)^2$，整理化简得 $g(h_1-h_2)=\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{d}{\Delta t_2}\right)^2-\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{d}{\Delta t_1}\right)^2$，所以测量滑块和遮光条的总质量 m 不必要，测量 A、B 之间的距离 l 不必要，故选②④。

(2)游标卡尺的读数为 $d=5\ \text{mm}+0\times0.05\ \text{mm}=5.00\ \text{mm}$，滑块通过光电门的速度 $v_1=\dfrac{d}{\Delta t_1}=\dfrac{5}{11.60}\ \text{m/s}=0.431\ \text{m/s}$。

(3)根据(1)问可知 $h_1-h_2=\dfrac{\left(\dfrac{d}{\Delta t_2}\right)^2-\left(\dfrac{d}{\Delta t_1}\right)^2}{2g}$，在误差允许的范围内，满足该等式可认为滑块下滑过程中机械能守恒。

(4)滑块在下滑过程中受到空气阻力作用，产生误差；遮光条宽度不够窄，测量速度不准确，产生误差。

微专练 73　验证动量守恒定律

1．**答案**　(1)A　(2)C　(3)$m_1x_1+m_2x_3$　x_1+x_2

解析　(1)实验时应选择半径相等的小球作为入射小球和被撞小球，为了保证入射小球碰撞后不反弹，需要满足入射小球质量大于被撞小球质量，若实验中的入射小球 a 选用了小球乙，则被撞小球 b 应选用小球甲，故 A 正确。

(2)斜槽轨道是否光滑不影响两小球碰撞时满足动量守恒定律，故 A 错误；为了保证每次碰撞前瞬间入射小球 a 的速度相同，入射小球 a 每一次必须从同一高度由静止滚下，故 B 错误；为了保证小球抛出后做平抛运动，实验时需确保斜槽轨道末端的切线是水平的，故 C 正确；实验时小球下落高度

相同，在空中的时间相等，可用水平位移代替初速度，不需要测出斜槽轨道末端到水平地面的高度，故 D 错误。

(3)实验时小球下落高度相同，在空中的运动时间相等，设碰撞前瞬间入射小球 a 的速度为 v_0，碰撞后瞬间入射小球 a 的速度为 v_1，被撞小球的速度为 v_2，根据动量守恒定律可得 $m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2$，又 $v_0=\frac{x_2}{t}$，$v_1=\frac{x_1}{t}$，$v_2=\frac{x_3}{t}$，联立可得若满足 $m_1x_2=m_1x_1+m_2x_3$，说明小球碰撞过程中动量守恒；若小球间发生的碰撞为弹性碰撞，根据机械能守恒定律可得 $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2$，联立可得 $v_2=v_0+v_1$，即 $\frac{x_3}{t}=\frac{x_1}{t}+\frac{x_2}{2}$，若还满足 $x_3=x_1+x_2$，则说明小球间发生的碰撞为弹性碰撞。

2．**答案**　(1)C　(2)C　(3)1.63　(4)$m_1x_2=(m_1+m_2)x_4$

解析　(1)橡皮泥在本实验中的作用是使碰撞后的两车粘连在一起，故 C 正确。

(2)实验前应微调木板的倾斜程度，补偿阻力，使小车 P 能在木板上匀速直线运动，故 A 错误；接通打点计时器电源后，小车 P 匀速运动，故释放时需有一定的初速度，故 B 错误；与小车 P 碰撞前，小车 Q 应静止在木板上，保证碰撞前速度为 0，且位置要适当，保证可以测量出小车 P 的碰前速度，故 C 正确；加砝码以改变小车质量再次实验，不需要再次调整木板倾角，故 D 错误。

(3)计算碰撞前小车 P 的速度应该选择 BC 段求平均速度，则 $v=\frac{x_2}{t}=\frac{16.26}{0.02\times5}\times10^{-2}\ \text{m/s}\approx1.63\ \text{m/s}$。

(4)根据动量守恒定律可得 $m_1v=(m_1+m_2)v'$，其中 $v=\frac{x_2}{t}$，$v'=\frac{x_4}{t}$，则 $m_1x_2=(m_1+m_2)x_4$。

3．**答案**　(1)A　(2)$m_1\frac{1}{T_1}+m_1\frac{1}{T_2}=m_2\frac{1}{T_3}$

$\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_1}\right)^2=\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_2}\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(\frac{d}{T_3}\right)^2$　(3)2

解析　(1)本实验是通过气垫导轨把两个滑块托起，使两个滑块不受摩擦力，故本实验可以不通过垫高导轨的方式平衡滑块和轨道间的摩擦阻力，故 A 正确；碰后两滑块可以向相反方向运动，所以不需要满足 $m_1>m_2$，故 B 错误；本实验是探究碰撞前滑块的动量等于碰后滑块的动量，所以需要测量碰撞前后小滑块的速度，而不需要测量两个光电门之间的距离，故 C 错误；滑块上的遮光片经过光电门的时间可由光电门测出来，所以不需要用秒表测量时间，故 D 错误。

(2)由于右侧光电门碰前无示数，碰后两个光电门都有示数，所以两滑块碰撞后速度方向相反；滑块上遮光片宽度较小，因此可认为滑块挡光的平均速度近似等于其瞬时速度；设挡光片的宽度为 d，以向右为正方向，根据动量守恒定律有 $m_1\frac{d}{T_1}=-m_1\frac{d}{T_2}+m_2\frac{d}{T_3}$，即 $m_1\frac{1}{T_1}+m_1\frac{1}{T_2}=m_2\frac{1}{T_3}$，所以只要该式成立，即可验证两滑块碰撞前后的总动量守恒；碰撞前系统的动能为 $E_{k1}=\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_1}\right)^2$，碰后系统的动能为 E_{k2}

$=\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_2}\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(\frac{d}{T_3}\right)^2$，若两滑块的碰撞满足$\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_1}\right)^2=\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_2}\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(\frac{d}{T_3}\right)^2$，即验证了两滑块的碰撞为弹性碰撞。

(3)因为$m_1\frac{1}{T_1}+m_1\frac{1}{T_2}=m_2\frac{1}{T_3}$，$\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_1}\right)^2=\frac{1}{2}m_1\left(\frac{d}{T_2}\right)^2+\frac{1}{2}m_2\left(\frac{d}{T_3}\right)^2$，所以$\frac{d}{T_3}=\frac{2m_1}{m_1+m_2}\cdot\frac{d}{T_1}$，则$\frac{T_1}{T_3}=\frac{2m_1}{m_1+m_2}=\frac{2}{1+\frac{m_2}{m_1}}$，可知当$m_1\gg m_2$时$\frac{T_1}{T_3}=2$，即$\frac{T}{T'}$有最大值，为2。

微专练74　用单摆测量重力加速度的大小

1．**答案**　(1)2.150　$\frac{4\pi^2\left(L+\frac{d}{2}\right)}{T^2}$　(2)③　(3)$\frac{2t}{n-1}$　(4)1.6

解析　(1)游标卡尺的读数为主尺的读数与游标尺读数之和，所以$d=21\ \text{mm}+0.05\times10\ \text{mm}=2.150\ \text{cm}$，根据周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，可得$g=\frac{4\pi^2l}{T^2}=\frac{4\pi^2\left(L+\frac{d}{2}\right)}{T^2}$。

(2)为防止摆球摇摆及实验过程摆长变化，应该用夹子固定摆线悬点。故选③。

(3)从摆球运动到最低点开始计时且记数为1，到第n次经过最低点所用的时间为t，则单摆全振动的次数为$N=\frac{n-1}{2}$，则单摆的周期为$T=\frac{t}{N}=\frac{2t}{n-1}$。

(4)根据单摆周期公式$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$，有$T^2=\frac{4\pi^2}{g}\cdot l$，由图像数据可得$g_{月}=1.6\ \text{m/s}^2$。

2．**答案**　(1)2.050　小宇　$3mg-2mg\cos\theta$

(2)$4t_0$　$\frac{\pi^2\left(L+\frac{d}{2}\right)}{4t_0^2}$

解析　(1)小球的直径为$d=20\ \text{mm}+10\times0.05\ \text{mm}=20.50\ \text{mm}=2.050\ \text{cm}$，根据牛顿第二定律有$F-mg=m\frac{v^2}{L+\frac{d}{2}}$，根据机械能守恒定律有$mg\left(L+\frac{d}{2}\right)(1-\cos\theta)=\frac{1}{2}mv^2$，整理得$F=3mg-2mg\cos\theta$，故不需要测量细线长度和小球直径就可以验证机械能守恒定律，小宇的做法正确。

(2)由图可知此单摆的周期为$T=4t_0$，单摆的周期公式为$T=2\pi\sqrt{\frac{L+\frac{d}{2}}{g}}$，当地的重力加速度为$g=\frac{\pi^2\left(L+\frac{d}{2}\right)}{4t_0^2}$。

3．**答案**　a．10.2　d．2.0　e．$g=\dfrac{2\pi^2(2L+d)}{T^2}$　f．偏小

解析　a．根据图甲可知，小钢球的直径 $d=10\ \text{mm}+2\times0.1\ \text{mm}=10.2\ \text{mm}$；

d．当磁场最强时，摆球在手机的正上方，即单摆的最低点，根据磁感应强度随时间变化的图像，可知相邻两次磁场最强的时间为单摆的半个周期，由此可得单摆的周期为 $T=2.0\ \text{s}$；

e．由题意可知，单摆的摆长为 $l=L+\dfrac{d}{2}$，根据单摆的周期公式 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$，可得 $g=\dfrac{2\pi^2(2L+d)}{T^2}$；

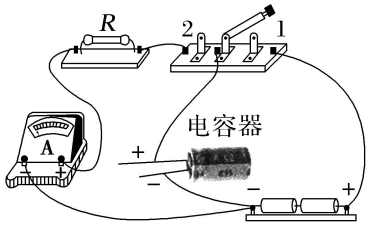
f．单摆的回复力来自重力的分量，当摆球下方吸附磁铁后，整体不再是规则的几何形状，摆球的重心不再是其几何中心，会下移，若仍然用 O 点到摆球几何中心的距离作为摆长，则根据重力加速度与摆长的关系式可知，所测重力加速度将偏小。

微专练 75　观察电容器的充、放电现象

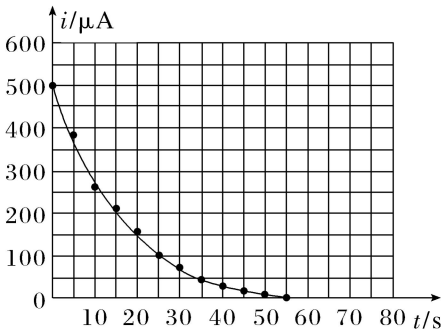
1．**答案**　(1)1　2　(2)见解析图　(3)见解析图

解析　(1)开关 S 应先接到 1 对电容器进行充电，再接到 2 使电容器放电，观察电容器的放电现象。

(2)根据题图甲所示电路图连接实物电路，注意电容器正极接电流表正接线柱，实物图如图所示。



(3)根据表中实验数据在图丙中描出对应点，然后画一条平滑曲线，让尽可能多的点过曲线，不能过曲线的点大致均匀分布在曲线两侧，作出图像如图所示。



2．**答案**　(1)黑　C　(2)图像与坐标轴围成的面积　3.2×10^{-4}

解析　(1)多用表欧姆挡黑表笔电势高于红表笔电势，因此需要将多用电表黑表笔与电解电容器的“＋”引脚相连。电容器与多用表欧姆挡相连后开始充电，充满电之后电流为零，对应的表针摆动情况就是先向右摆动，然后从右摆向左，最后停在最左侧“∞”刻度处不动(对应电流为零)，故 C 正确。

(2)根据 $q=It$，可知 $I-t$ 图像与坐标轴围成的面积表示电容器充电结束后储存的电荷量；根据电容定

义式 $C=\frac{Q}{U}$，可得电容器的电容为 $C=\frac{3.2\times10^{-3}}{10}\ \mathrm{F}=3.2\times10^{-4}\ \mathrm{F}$。

3．**答案**　(1)增大　减小　(2)②

解析　(1)根据平行板电容器电容的决定式 $C=\frac{\varepsilon_r S}{4\pi kd}$，及定义式 $C=\frac{Q}{U}$，可知 $U=\frac{4\pi kdQ}{\varepsilon_r S}$，将 B 极板向左移动少许，极板间距 d 增大，电势差 U 增大，静电计指针的偏转角将增大；将一块陶瓷板插入两极板间，则相对介电常数 ε_r 增大，电势差变小，静电计指针的偏转角减小。

(2)用同一电路分别给两个不同的电容器充电，电容器的电容 $C_1>C_2$，则充电完成后，两电容器两端电压相同，根据 $Q=CU$ 可知，电容器的电容大则其带电荷量大，而 $I-t$ 图像面积代表带电荷量，所以对应电容为 C_1 的电容器充电过程 $I-t$ 图像的是②。

微专练 76　测量导体的电阻和电阻率

1．**答案**　(1)M　(2)b　移动滑片时，电压表和电流表的示数不变

解析　(1)实验时，闭合开关 S 前，为保护电路，滑动变阻器滑片 P 应处在 M 端。

(2)滑动变阻器采用分压式接法，滑动变阻器下端两接线柱与电源相连，故 b 导线接错；该错误带来的问题是移动滑片的过程中电压表和电流表的示数不变。

2．**答案**　(1)乙　(2)$\frac{ka^2}{I}$　(3)6.5×10^{-5}

解析　(1)由于电压表测量的是乙、丙之间的电压，则 L 是丙到乙的距离。

(2)根据电阻定律有 $R=\rho\frac{L}{a^2}$，根据欧姆定律有 $R=\frac{U}{I}$，联立得 $U=\frac{\rho I}{a^2}L$，则 $\rho=\frac{ka^2}{I}$。

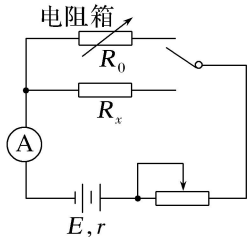
(3)根据图像可知 $k=\frac{0.13}{2\times10^{-2}}\ \mathrm{V/m}=6.5\ \mathrm{V/m}$，根据(2)代入数据有

$\rho=6.5\times10^{-5}\ \Omega\cdot\mathrm{m}$。

3．**答案**　(1)0.34　外　(2)①见解析图　②5　有　电阻箱的最小分度和待测电阻比较接近(或其他合理解释)

解析　(1)电流表的读数为 $I_1=0.34\ \mathrm{A}$，电压表的变化百分比为 $\eta_1=\frac{1.75-1.65}{1.65}\times100\%=6.1\%$，电流表的变化百分比为 $\eta_2=\frac{0.34-0.33}{0.33}\times100\%=3.0\%$，可知电压表的示数变化更明显，说明电流表的分压更严重，因此电流表采用外接法。

(2)①电路图如图所示。



②两次实验中电路电流相同，有 $I=\frac{E}{R_A+r+R_x}=\frac{E}{R_A+r+R_0}$，可得 $R_x=R_0$，由电阻箱的读数可得 $R_x=5\ \Omega$；电阻箱的最小分度和待测电阻的阻值接近，这样测得的阻值不够精确，如待测电阻阻值为 5.4 Ω，则实验只能测得其为 $R_x=5\ \Omega$，误差较大。

微专练 77　测量电源的电动势和内阻

1．**答案**　(1)E　$r+R_A$，理由见解析　(2)C　A　(3)乙

解析　(1)将电源和电流表视为等效电源，电源电动势是电源本身具有的属性，电流表不具有产生电动势的本领，所以等效电源的电动势仍然为 E，而电流表的内阻和电源的内阻作为等效电源的内阻，即 $r'=r+R_A$。

(2)对甲图，考虑电表内阻时(即实线情况)，根据闭合电路欧姆定律得 $E=U_{路}+Ir_{内}=U+I(r+R_A)$，变形得 $U=-(r+R_A)I+E$，理想情况时，$U=-rI+E$，图像与纵轴截距均为电源电动势 E，虚线对应的斜率大小为 r，实线对应的斜率大小为$(r+R_A)$，所以对应图甲电路分析的 $U-I$ 图像是 C；对乙图，考虑电表内阻时(即虚线对应的真实情况)，根据闭合电路欧姆定律得 $E=U_{路}+Ir_{内}=U+\left(I+\frac{U}{R_V}\right)r=U+Ir+U\frac{r}{R_V}$，变形得 $U=-\frac{R_Vr}{R_V+r}I+\frac{R_V}{R_V+r}E$，理想情况时，$U=-rI+E$，虚线对应的斜率大小为 r，实线对应的斜率大小为 $\frac{R_V}{R_V+r}r<r$，虚线对应的纵轴截距为 E，实线对应的纵轴截距为 $\frac{R_V}{R_V+r}E<E$；两图线在 $U=0$ 时，对应的短路电流均为 $I_{短}=\frac{E}{r}$，所以对应图乙电路分析的 $U-I$ 图像是 A。

(3)图甲虽然测量的电源电动势准确，但电流表分压较为明显，所以内阻测量的误差很大；图乙虽然电动势和内阻测量均偏小，但是电压表内阻很大，分流不明显，所以电动势和内阻的测量误差较小，所以选择图乙可以减小由电表内电阻引起的实验误差。

2．**答案**　(1)15.0　(3)$\frac{R_0+R_V}{ER_VR_0}\cdot R+\frac{1}{E}+\frac{(R_V+R_0)r}{ER_VR_0}$

(5)1.55　1.1

解析　(1)为了避免电压表被烧坏，接通电路时电压表两端的电压不能比电表满偏电压大，则由串联电路分压可得 $\frac{U}{\frac{R_VR_0}{R_V+R_0}}=\frac{E-U}{R+r}$，代入数据解得 $R=7.5\ \Omega$，因此选 15.0 Ω。

(3)由闭合电路的欧姆定律可得 $E=U+\frac{U}{\frac{R_VR_0}{R_V+R_0}}(R+r)$，化简可得 $\frac{1}{U}=\frac{R_0+R_V}{ER_VR_0}\cdot R+\frac{1}{E}+\frac{R_V+R_0}{ER_VR_0}r$。

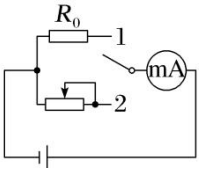
(5)由上面公式可得 $\frac{R_0+R_V}{ER_VR_0}=k=\frac{1}{19E}$，由 $\frac{1}{U}-R$ 图像计算可得 $k=0.034\ \mathrm{V^{-1}\cdot\Omega^{-1}}$，代入可得 $E\approx1.55\ \mathrm{V}$，将(15，1.2)代入解析式可得 $1.28=\frac{1}{19E}\times17.5+\frac{1}{E}+\frac{r}{19E}$，解得 $r\approx1.1\ \Omega$。

3．**答案**　(2)b　(4)$\frac{r_0}{k}$　$\frac{r_0d}{k}-R_0-R_A$　(5)见解析图

解析　(2)开关闭合前，为了保护电路中的元件，应将电阻丝的最大阻值接入电路，根据 $R=\rho\frac{l}{S}$，可知电阻丝接入越长，接入电阻越大，金属夹应夹在电阻丝的 b 端。

(4)圆心角为θ时，电阻丝接入电路中的电阻为θr_0，根据闭合电路欧姆定律可知，$E=I(R_A+R_0+\theta r_0)+Ir$，整理得 $\frac{1}{I}=\frac{r_0}{E}\theta+\frac{R_A+R_0+r}{E}$，结合图像的斜率和截距有 $\frac{r_0}{E}=k$，$\frac{R_A+R_0+r}{E}=d$，解得电源电动势和内阻分别为 $E=\frac{r_0}{k}$，$r=\frac{r_0d}{k}-R_0-R_A$。

(5)实验器材中有定值电阻 R_0 和单刀双掷开关，考虑使用等效法测量单位角度对应电阻丝的电阻值，实验电路图如图所示。



原理的简单说明：

①先将单刀双掷开关接 1，读出电流表示数 I_0；

②然后将单刀双掷开关接 2，调节电阻丝接入电路的角度，直到电流表示数为 I_0，读出此时角度θ；

③此时$\theta r_0=R_0$，即可求得 r_0 的数值。

微专练 78　用多用电表测量电学中的物理量

1．**答案**　(1)120　(2)2.20　(3)5.800

解析　(1)多用电表的读数为 $R=12\times10\ \Omega=120\ \Omega$。

(2)电压表所选的量程为 0～3.0 V，最小分度值为 0.1 V，则所测量的电压值为 $U=2.20\ \mathrm{V}$。

(3)根据螺旋测微器读数规则，可得被测物体的长度为

$d=5.5\ \mathrm{mm}+30.0\times0.01\ \mathrm{mm}=5.800\ \mathrm{mm}$。

2．**答案**　(1)×1k　欧姆调零　(2)1.5×10^4　(3)黑

解析　(1)指针偏转角度过小，说明待测电阻的阻值相对所选挡位偏大，为了使指针能够尽可能指在

表盘中央附近以减小误差，应将挡位换为更大的“×1k”挡。更换挡位后，将红、黑表笔短接，进行欧姆调零后再测量。

(2)设欧姆表某挡位下内阻为 r，表内电源电动势为 E，表头满偏电流为 I，则 $I=\frac{E}{r}$。当指针指在中央刻度时，有 $\frac{I}{2}=\frac{E}{R+r}$，所以 $R=r$，因此表盘上中央刻度值乘以对应倍率等于该挡位下欧姆表的内阻，则该欧姆表在此挡位时的内阻为 $1.5\times10^4\ \Omega$。

(3)测电阻时电流从黑表笔流出，从电压表正接线柱流入，所以 a 是黑表笔。

3．**答案**　(1)ADCB　(2)300　(3)0.90　(4)$U_{外}+U_{内}$

解析　(1)多用电表测电阻应先选择挡位，将两表笔直接接触，调节欧姆调零旋钮，使指针指向“右侧的 0”，将两个表笔插入电池两极内侧，尽量靠近两极而不与两极接触，读出其阻值后随即断开，最后，将选择开关置于“OFF”位置，故顺序为 ADCB。

(2)电池内阻约为 $30\times10\ \Omega=300\ \Omega$

(3)选择开关置于直流电压 1 V 挡，则最小分度值为 0.02 V，则最终测量读数为 0.90 V。

(4)电源电动势为外电路电压和内电路电压之和，故电池电动势为 $E=U_{外}+U_{内}$。

微专练 79　简单传感器及电路设计

1．**答案**　(1)b　(2)48　(3)1 700

解析　(1)因 $\frac{R_V}{R_x}<\frac{R_x}{R_A}$，故电流表应采用内接法，题图中电压表右侧导线接 b。

(2)当电压表示数为 9.0 V，电流表的示数为 3.0 mA 时，热敏电阻的阻值为 $R_t=\frac{U}{I}=\frac{9.0}{3.0\times10^{-3}}\ \Omega=3.0\times10^3\ \Omega$，根据题图可知热敏电阻所在处的温度约为 48 ℃。

(3)取通过控制系统电流为 $I_0=2\ \text{mA}=0.002\ \text{A}$，由题图知，当温度为 48 ℃时热敏电阻的阻值为 $3.0\times10^3\ \Omega$，根据闭合电路欧姆定律，有 $I_0=\frac{E_0}{R_t+R_2+R}$，代入数据得 $R_2=1\ 700\ \Omega$，所以若要使得保温箱内温度低于 48 ℃，加热系统就开启，应将 R_2 调为 1 700 Ω。

2．**答案**　(1)③①②④　(2)并联　2　(3)10　(4)A　(5)不变

解析　(1)在本实验中应先让秤盘上不放重物，闭合开关，调节滑动变阻器，使电流表指针满偏，然后在秤盘上放置已知重力的重物 G，保持滑动变阻器接入电阻不变，读出此时毫安表示数 I，再换用不同已知质量的重物，记录每一个质量值对应的电流值，最后将电流表刻度盘改装为质量刻度盘，故合理的实验操作顺序为③①②④。

(2)当小量程的电流表改装成量程较大的电流表时，需要并联一个小电阻，又 $I=I_A+\frac{I_AR_A}{R}$，代入数据

解得 $R=2\ \Omega$。

(3)根据闭合电路欧姆定律可得，当秤盘上不放重物时，调节滑动变阻器使得电流表满偏，有 $I_g=\frac{E}{r+R_0+R_{滑}}$，当秤盘上放上重物，且电流表示数为 20 mA 时，有 $I_0=\frac{E}{r+R+R_{滑}}$，$R=R_0+kmg$，联立可得 $m=10\ \text{kg}$。

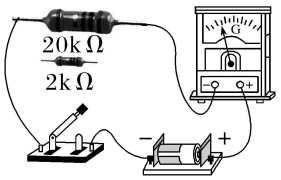
(4)由于压敏电阻阻值 R 随压力增大而增大，则电流表示数随压力增大而减小，所以改装后的刻度盘，其零刻度线在电流表的满偏刻度处，故 A 正确。

(5)根据操作过程③可知，当电源电动势不变，而内阻增大时，仍可以使得电流表达到满偏，滑动变阻器接入电路的阻值减小，但回路中电源内阻和滑动变阻器接入电路的总电阻不变，所以测量结果不变。

微专练 80　探究影响感应电流方向的因素

1．**答案**　(1)见解析图　(2)C　(3)AB

解析　(1)为安全检测灵敏电流表指针偏转方向与电流流向的关系，应将电源和电流计连接，考虑到电流计的内阻很小，应接入大电阻保护电表，几个元件串联连接，完整的实验电路如图所示。



(2)因灵敏电流计的内阻很小，不能直接接入电路，则接入定值电阻的作用主要是减小电路中的电流，保护灵敏电流表，故选 C。

(3)用楞次定律判断感应电流的方向时，需要知道线圈流过电流时产生磁场的方向，则需要先确定线圈的绕法，故 A 正确；实验中将条形磁体的磁极快速插入或快速拔出，磁通量的变化率更大，产生的感应电流更大，指针的偏转幅度更大，产生的现象将更加明显，故 B 正确，C 错误；将 N 极向下插入线圈或将 S 极向下插入线圈，磁通量都增大，但两种情况下原磁场方向相反，由楞次定律得出的感应电流方向相反，电流表的偏转方向相反，故 D 错误。

2．**答案**　(1)①向右　②BD　(2)不能

解析　(1)①在闭合开关时，B 线圈的磁通量增大，灵敏电流计的指针向右偏了一下，那么合上开关后，将 A 线圈迅速插入 B 线圈中，B 线圈的磁通量也增大，电流计指针也将向右偏转；②插入铁芯，B 线圈的磁通量增大，电流计指针将向右偏转，A 不符合题意；拔出 A 线圈，B 线圈的磁通量减小，指针向左偏转，B 符合题意；变阻器的滑片向左滑动，滑动变阻器的阻值减小，A 线圈的电流增大，B 线圈的磁通量增大，指针向右偏转，C 不符合题意；断开开关 S 瞬间，B 线圈的磁通量减小，电流计指针将向左偏转，D 符合题意。

(2)将开关接在 B 线圈所在回路，则在闭合和断开开关时，B 线圈的磁通量不变，不产生感应电流，电流计指针将不偏转，不能观察到与图甲电路相同的现象。

3．**答案**　(1)5.665(5.663～5.667)　(2)穿过螺线管的磁通量的变化量　(3)$\frac{1}{\Delta t}$　(4)感应电动势与磁通量变化率成正比(或者在磁通量变化量相同的情况下，感应电动势与时间成反比)

(5)加倍

解析　(1)挡光片的宽度为

Δd＝5.5 mm＋16.5×0.01 mm＝5.665 mm。

(2)在挡光片每次经过光电门的过程中，磁铁与螺线管之间相对位置的改变量都一样，穿过螺线管磁通量的变化量$\Delta\Phi$都相同。

(3)根据 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$，因$\Delta\Phi$不变，$E$ 与$\frac{1}{\Delta t}$成正比，则要使图像为直线，横坐标应该是$\frac{1}{\Delta t}$。

(4)感应电动势与磁通量变化率成正比(或者在磁通量变化量相同的情况下，感应电动势与时间成反比)。

(5)匝数 n 加倍后，产生的感应电动势加倍，$E-\frac{1}{\Delta t}$图像的横坐标不变时纵坐标加倍，所以新图像的斜率加倍。

微专练 81　探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系

1．**答案**　(1)B　(2)BD

解析　(1)该实验用的物理研究方法是控制变量法，故选 B。

(2)由变压器电压与线圈匝数关系$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，得 $U_2=\frac{n_2U_1}{n_1}$，如果减少了原线圈的匝数 n_1，则 U_2 应该增大，与图像不符合；减小了副线圈的匝数 n_2，则 U_2 减小，A 错误，B 正确；降低了交流电源的频率，不会影响 U_2 的大小，C 错误；拔掉了变压器铁芯 B，会导致漏磁，则 $U_2<\frac{n_2}{n_1}U_1$，由于 n_1、n_2、U_1 都不变，所以 U_2 减小，D 正确。

2．**答案**　(1)C　(2)①D　②为了减小涡流，提高变压器的效率　(3)少　(4)b

解析　(1)变压器只能使用交变电源，不能使用低压直流电源，A 错误；为使接触良好，应该拧紧接线柱，但不能用手直接捏紧裸露的接线柱，B 错误；为了确保多用电表的安全，使用交流电压挡测电压时，先用最大量程挡试测，C 正确。

(2)①硅钢片的作用是形成闭合磁路，硅钢片中磁场变化会在垂直于 $abcd$ 平面内产生感应电流，所以为了减小涡流产生的热量，硅钢片应平行于平面 $aehd$，故选 D。

②这样设计的原因是为了减小涡流，提高变压器的效率。

(3)观察两个线圈的导线，发现粗细不同，导线粗的线圈为低压线圈，电流大，匝数少。

(4)由于实验所用的变压器会产生电能损耗，其实际测量得到的副线圈电压将小于利用理想变压器变压公式得到的值，所以根据测量数据可判断出变压器的原线圈为 b。

3．**答案**　(1)280　(2)110　(3)大于　(4)AC

解析　(1)根据理想变压器变压规律得$\frac{U_2}{U}=\frac{n_2}{n}$，$\frac{U_1}{U}=\frac{n_1}{n}$，解得 $n_1=560$，$n_2=280$。

(2)初级线圈所接交流电压的有效值 $U_1=\frac{U_m}{\sqrt{2}}=220\ \text{V}$，根据理想变压器变压规律得$\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$，解得 $U_2=110\ \text{V}$。

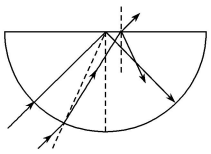
(3)由于变压器工作时有能量损失，导致副线圈电压实际值比理论值小，故实验中测得的原、副线圈的电压比大于原、副线圈的匝数比。

(4)变压器的铁芯漏磁，会造成副线圈电压实际值比理论值小，故 A 正确；原线圈所加电压小，不会造成副线圈电压实际值比理论值小，故 B 错误；变压器的铁芯产生涡流，会造成副线圈电压的实际值比理论值小，故 C 正确。

微专练 82　测量玻璃的折射率

1．**答案**　1.52　有

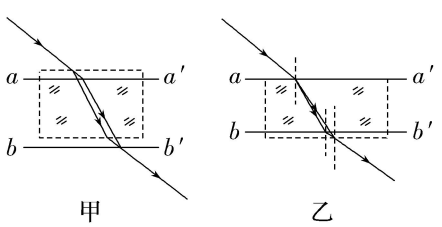
解析　激光恰能在 O 点全反射，则 $\sin C=\frac{1}{n}$，其中的 $\sin C=\frac{2.30}{3.50}$，解得 $n=1.52$，将入射光线向右平移一小段距离，则光线射到上底面时的入射角减小，则光线将不能发生全发射从而有一部分从底面射出。



2．**答案**　(1)CD　(2)不变　偏小　(3)1.52　(4)B

解析　(1)实验时入射角应适当大些可以减小误差，但不是越大越好，故 A 错误；该实验原理不仅能测量两面平行的玻璃砖的折射率，也可以测两面不平行的玻璃砖的折射率，故 B 错误；为了减小误差，插大头针时应使 P_1 和 P_2、P_3 和 P_4 的间距稍大一些，故 C 正确；为了便于观察，插大头针时，大头针应垂直纸面插放，故 D 正确。

(2)甲同学实验中经过玻璃砖的光路如图所示，由于整个玻璃砖的界面向上平移，则测出的折射角与正确操作时相同，根据折射定律可知，测得的折射率将不变；



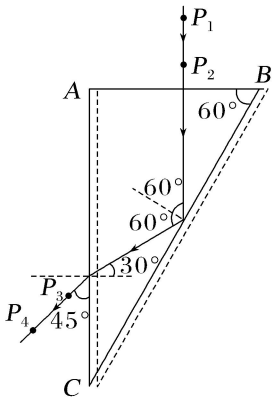
乙同学所作玻璃砖分界线 aa'、bb'两界面的间距大于平行玻璃砖两界面的间距时，由几何知识得到测出的折射角大于正确操作时的折射角，根据折射定律，测得的折射率将偏小。

(3)根据折射定律可知，玻璃的折射率 $n=\dfrac{\sin\angle AOC}{\sin\angle DOB}=\dfrac{AC}{BD}=1.52$。

(4)根据题意折射光线和入射光线应在法线同一侧，由 $n=-1$ 可知，入射角等于折射角，且出射时的折射角等于入射时的入射角，故 B 正确。

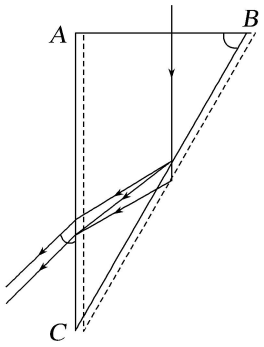
3．**答案**　(1)见解析图　(2)$\sqrt{2}$　(3)小于　见解析

解析　(1)光路图如图所示。



(2)由几何知识可知，AC 界面的入射角为 30°，折射角为 45°，由折射定律可知，折射率 $n=\dfrac{\sin 45°}{\sin 30°}=\sqrt{2}$。

(3)若实验中放置三棱镜的位置发生了微小的平移，移至图中虚线处，作出实际光路图如图所示。可知实际出射光线相对于玻璃砖不动时的出射光线向下平移，所以对折射角的测量无影响，但测量时仍将△ABC 作为实验中棱镜所处位置，作出的 BC 面的反射光线会比实际的反射光线向逆时针方向偏，由此造成所测光线在 AC 面的入射角 θ 比实际值偏大，由折射定律可知，折射率测量值 $n'=\dfrac{\sin 45°}{\sin\theta}<\sqrt{2}=n$，即该玻璃折射率的测量值小于真实值。



微专练 83　用双缝干涉实验测量光的波长

1．**答案**　(1)B　(2)5.78×10^2　(3)偏大

解析　(1)调节光源高度使光束沿遮光筒轴线照在屏中心时，不需放单缝和双缝，故 A 错误；n 条亮纹之间有 $n-1$ 个间距，相邻条纹的间距为 $\Delta x=\dfrac{a}{n-1}$，故 B 正确；由于条纹的宽度与单缝和双缝间的

距离无关，所以将单缝向双缝移动之后，并不影响条纹的宽度，故 C 错误；去掉滤光片后，入射光是复合光，而两列光相干的条件是他们的频率相同，故能发生干涉现象，但条纹是彩色的，故 D 错误。

(2)图甲中螺旋测微器的固定刻度读数为 2 mm，可动刻度读数为 0.01×32.0 mm＝0.320 mm，最终读数为 2.320 mm，图乙中螺旋测微器的固定刻度读数为 13.5 mm，可动刻度读数为 0.01×37.0 mm＝0.370 mm，所以最终读数为 13.870 mm，则有$\Delta x=\frac{13.870-2.320}{5}$ mm＝2.310 mm，根据双缝干涉条纹的间距公式$\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$，可得$\lambda=\frac{d\Delta x}{L}$，代入数据得$\lambda=5.78\times10^{-7}$ m＝5.78×10^{2} nm。

(3)在目镜中观察到如题图所示的情形，会导致条纹间距测量偏大，由公式$\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$，可知导致测量的单色光波长偏大。

2．**答案**　(1)B　(2)8.01×10^{-7}

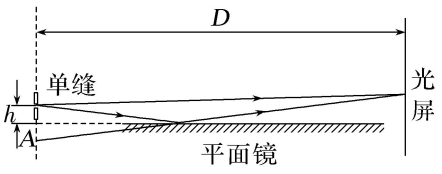
解析　(1)观察到的白光的干涉图样是：可以看到彩色的干涉条纹，中央为一条白亮的零级干涉条纹；彩色条纹的排列，以零级亮条纹为中心左右对称，在第一级亮条纹中红色在最外侧，A 错误；放上红色或者绿色滤光片以后就变成单色的红光或者绿光，因此可以看见红黑或者绿黑的干涉条纹，由$\Delta x=\frac{L}{d}\lambda$，红光的波长大，因此条纹间距大，B 正确。

(2)双缝的间距 d＝0.25 mm，双缝到毛玻璃间的距离为 l＝748.8 mm，螺旋测微器的读数 x_1＝0.01×30.0 mm＝0.300 mm，螺旋测微器读数 x_2＝14.5 mm＋0.01×20.0 mm＝14.700 mm，则相邻亮条纹的间距$\Delta x=\frac{x_2-x_1}{6}=\frac{14.700-0.300}{6}$ mm＝2.400 mm，根据$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$，得$\lambda=\frac{\Delta x d}{l}=\frac{2.400\times10^{-3}\times0.25\times10^{-3}}{0.748\,8}$ m≈8.01×10^{-7} m。

3．**答案**　(1)0.999(0.996～1.000)　a　(2)$\frac{D}{2h}\lambda$　能

解析　(1)根据图示读数可知细丝Ⅱ的直径为 0.5 mm＋49.9×0.01 mm＝0.999 mm；单缝越宽，衍射效果越不明显，条纹间距越小，所以图 a 是直径更大的细丝Ⅱ的衍射图样。

(2)如图，通过平面镜反射的光线可以看作在单缝下方 $2h$ 处射出的光线，则干涉条纹可以看作双缝间的距离为 $2h$ 的双缝干涉形成的条纹，则条纹间距$\Delta x=\frac{l}{d}\lambda=\frac{D}{2h}\lambda$，



撤去平面镜，在单缝下方 A 处放置同样的另一单缝，有双缝结构，因此通过两缝的光能发生干涉。

1．答案　(1)单层　$\frac{V}{S}$　(2)DACB　(3)AC　(4)6×10^{-10}

解析　(1)本实验利用了油酸分子易在水面上形成单层分子油膜的特性。若将一滴油酸酒精溶液滴到水面上，这滴溶液中含有纯油酸体积为 V，形成面积为 S 的油酸薄膜，则由此可估测油酸分子的直径为 $d=\frac{V}{S}$。

(2)实验时，先在浅盘中倒入约 2 cm 深的水，将痱子粉均匀地撒在水面上；然后将一滴油酸酒精溶液滴到水面上，在水面上自由地扩展为形状稳定的油酸薄膜；将玻璃板盖到浅水盘上，用彩笔将油酸薄膜的轮廓画在玻璃板上；将画有油酸薄膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上计算油酸薄膜的面积。所以合理的顺序是：DACB。

(3)根据 $d=\frac{V}{S}$可知：将滴入的油酸酒精溶液体积作为油酸体积进行计算，则 V 偏大，测得的分子直径 d 偏大，故 A 正确；油酸酒精溶液长时间放置，酒精挥发使溶液的浓度变大，则油膜的计算面积偏小，测得的分子直径偏小，故 B 错误；水面上痱子粉撒得太多，油膜没有充分展开，则 S 的测量值偏小，分子直径测量值偏大，故 C 正确；计算油膜面积时，将不完整的方格作为完整方格处理，则 S 测量值偏大，分子直径测量值偏小，故 D 错误。

(4)一滴该油酸酒精溶液含纯油酸的体积为

$V=\frac{1}{200}\times\frac{1}{50}\ \mathrm{cm^3}=10^{-10}\ \mathrm{m^3}$。

油酸分子的直径为 $d=\frac{V}{S}=\frac{10^{-10}}{0.16}\ \mathrm{m}\approx6\times10^{-10}\ \mathrm{m}$。

2．答案　(1)132　(2)8×10^{-6}　(3)6.1×10^{-10}

解析　(1)根据题图，数得格子数为 132 个，那么油膜面积是

$S=132\times1\ \mathrm{cm^2}=132\ \mathrm{cm^2}$。

(2)根据已知条件可知，1 mL 溶液中有 75 滴油酸酒精溶液，1 滴溶液的体积是$\frac{1}{75}$ mL。又已知每 1 000 mL 溶液中有纯油酸 0.6 mL，一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积是

$V=\frac{0.6\times\frac{1}{75}}{1\,000}\ \mathrm{mL}=8\times10^{-6}\ \mathrm{mL}$。

(3)油酸分子的直径为 $d=\frac{V}{S}=\frac{8\times10^{-6}}{132}\ \mathrm{cm}=6.1\times10^{-10}\ \mathrm{m}$。

3．答案　(1)BFE　(2)B　(3)A

解析　(1)“用油膜法估测油酸分子的大小”的实验步骤为：用注射器将事先配好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中，记下量筒内每增加一定体积时的滴数，由此计算出一滴油酸酒精溶液的体积；

往浅盘里倒入约 2 cm 深的水，水面稳定后将适量痱子粉均匀撒在水面上；用注射器将事先配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上，待薄膜形状稳定，将带有坐标方格的玻璃板放在浅盘上，然后将油膜的形状用彩笔描绘在玻璃板上；计算出油膜的面积，根据油酸的体积和面积计算出油酸分子直径的大小。则实验操作顺序为 DBFEC。

(2)出现该图样的可能原因是：痱子粉撒得太多，且厚度不均匀，导致油酸没有均匀排列开，故选 B。

(3)甲同学在配制油酸酒精溶液时，不小心把酒精倒少了一点，导致油酸酒精溶液的实际浓度比计算值大了一些，算出的一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积比实际值小，由 $d=\frac{V}{S}$，可知所测的分子直径 d 偏小，故 A 正确；乙同学在计算注射器滴出的每一滴油酸酒精溶液体积后，不小心拿错了一个注射器把溶液滴在水面上，这个拿错的注射器的针管比原来的细，一滴油酸酒精溶液的实际体积变小，一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积变小，对应的油膜面积 S 变小，但体积 V 还是按原来的计算，由 $d=\frac{V}{S}$，可知所测的分子直径 d 偏大，故 B 错误；丙在计算油膜面积时，把凡是不足一格的油膜都不计，导致计算的面积比实际面积小一些，由 $d=\frac{V}{S}$，可知所测的分子直径 d 偏大，故 C 错误。

微专练 85　探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

1．**答案**　(1)$\frac{1}{L}$　(2)A　(3)B

解析　(1)根据玻意耳定律有 $pV=C$，$V=SL$，可得 $p=\frac{C}{S}\cdot\frac{1}{L}$，故图丙为 $p-\frac{1}{L}$图像。

(2)气体的体积 $V=SL$，其中 S 为空气柱的横截面积，由于空气柱的横截面积 S 不变，所以可以用 L 代替 V，故选 A。

(3)根据实验数据，得出的结论为一定量的气体等温变化时，压强与体积成反比，故选 B。

2．**答案**　(1)封闭在注射器内的气体　温度　气体质量　注射器刻度　(2)D　(3)D　(4)注射器与压强传感器连接部分的气体体积　(5)D

解析　(1)实验中所研究的对象是封闭在注射器内的气体；实验的条件是温度不变、气体质量一定，研究气体压强和体积的关系，体积可从注射器刻度直接读出。

(2)实验时注射器活塞与筒壁间的摩擦力不断增大，不会影响气压与体积，故 A 错误；实验时环境温度升高了，根据理想气体状态方程$\frac{pV}{T}=C$，pV 乘积变大，故 B 错误；封闭气体压强与外界大气压强无关，故 C 错误；实验时若注射器内的气体向外发生了泄漏，根据理想气体状态方程$\frac{pV}{T}=C$，常数 C 与质量有关，质量变小时 C 变小，则 pV 乘积减小，故 D 正确。

(3)根据理想气体状态方程$\frac{pV}{T}=C$，并结合题目可知，$p-\frac{1}{V}$图像是过原点的直线，即横坐标表示的物理量是封闭气体体积的倒数$\frac{1}{V}$，故选 D。

(4)实验时气体的实际体积比注射器刻度值 V 大 V_0，根据 $p(V+V_0)=C$，C 为定值，则 $V=\frac{C}{p}-V_0$，如果实验操作规范正确，但如题图丙所示的 $V-\frac{1}{p}$图线不过原点，则 V_0 代表注射器与压强传感器连接部位的气体体积。

(5)测量时，由于注射器与压强传感器连接部分气体的体积 V_0 未计入，所以纵轴存在截距 $-V_0$；当软管脱落后，由于气体向外漏出，p 的测量值偏小，相应的横坐标$\frac{1}{p}$偏大，但 $V-\frac{1}{p}$的延长线与纵轴的交点仍为 $-V_0$，则前后两条图线应相交在此处，所以绘出的 $V-\frac{1}{p}$关系图像应是 D。

第三部分　计算题专练

微专练 86　单独气体和关联气体问题

1．**答案**　(1)330 K　(2)1.1×10^5 Pa　(3)188 J

解析　(1)根据题意可知，气体由状态 A 变化到状态 B 的过程中，封闭气体的压强不变，则有$\frac{V_A}{T_A}=\frac{V_B}{T_B}$

解得 $T_B=\frac{V_B}{V_A}T_A=330$ K。

(2)从状态 A 到状态 B 的过程中，活塞缓慢上升，则

$p_BS=p_0S+mg$

解得 $p_B=1\times10^5$ Pa

根据题意可知，气体由状态 B 变化到状态 C 的过程中，气体的体积不变，则有$\frac{p_B}{T_B}=\frac{p_C}{T_C}$

解得 $p_C=\frac{T_C}{T_B}p_B=1.1\times10^5$ Pa。

(3)根据题意可知，从状态 A 到状态 C 的过程中气体对外做功为 $W_0=p_BS\Delta h=30$ J

由热力学第一定律有$\Delta U=W+Q$

$W=-W_0=-30$ J

解得 $Q=\Delta U-W=188$ J。

2．**答案**　(1)$1.25p_0$　(2)360 K　(2)$Q-0.2E$

解析　(1)设乒乓球原体积为 V，踩瘪后压强为 p_1，有

$p_0V=p_1\cdot 0.8V$

可得 $p_1=1.25p_0$。

(2)踩瘪后到开始准备恢复为等容过程，已知开始温度 $T_0=300\ \mathrm{K}$，

设开始准备恢复时温度为 T_1，有 $\frac{1.25p_0}{T_0}=\frac{1.5p_0}{T_1}$

可得 $T_1=360\ \mathrm{K}$。

(3)由于气体内能只与热力学温度成正比，乒乓球最终内能为

$\frac{360}{300}E=1.2E$

可知内能增加了 $0.2E$，根据热力学第一定律 $\Delta U=Q-W$

可得恢复形变过程中球内气体做功为 $W=Q-0.2E$。

3．**答案** (1)$p_B=\frac{1}{5}p_0$ (2)$T_C=1.9T_0$ (3)W

解析 (1)从 A 到 B 过程，根据玻意耳定律可得 $p_AV_A=p_BV_B$

解得 $p_B=\frac{1}{5}p_0$。

(2)从 B 到 C 过程，根据理想气体状态方程可知 $\frac{p_BV_B}{T_B}=\frac{p_CV_C}{T_C}$

解得 $T_C=1.9T_0$。

(3)根据热力学第一定律可知 $\Delta U=W+Q$

其中 $Q=0$，故气体内能增加 $\Delta U=W$。

4．**答案** (1)$0.4V$ $2p_0$ (2)$(\sqrt{5}-1)V$ $\frac{3+\sqrt{5}}{4}p_0$

解析 (1)对 B 气体分析，发生等温变化，根据玻意耳定律有

$p_0V=p_B\times\frac{1}{2}V$

解得 $p_B=2p_0$

对 A 气体分析，根据玻意耳定律有 $p_0V=p_AV_A$

其中 $p_A=p_B+0.5p_0$

联立解得 $V_A=0.4\ \mathrm{V}$。

(2)再使活塞向左缓慢回到初始位置，假设隔板不动，则 A 的体积为 $\frac{3}{2}V$，由玻意耳定律可得 $p_0V=p'\times\frac{3}{2}V_0$

则 A 此情况下的压强为 $p'=\frac{2}{3}p_0<p_B-0.5p_0$

则隔板一定会向左运动，设稳定后气体 A 的体积为 V_A'、压强为 p_A'，气体 B 的体积为 V_B'、压强为 p_B'，根据等温变化有

$p_0V=p_A'V_A'$，$p_0V=p_B'V_B'$

$V_A'+V_B'=2V$，$p_A'=p_B'-0.5p_0$

联立解得 $p_B'=\frac{3-\sqrt{5}}{4}p_0$(舍去)，$p_B'=\frac{3+\sqrt{5}}{4}p_0$

$V_A'=(\sqrt{5}-1)V$。

微专练 87　气体变质量问题

1．**答案**　(1)1.5 atm　(2)325 次

解析　(1)球内气体发生等容变化，由查理定律得$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}$

解得 $p_2=1.5$ atm。

(2)在室温下把球内 50 L 的气体折算成 1 atm 下的体积为 V_2 的气体。

由玻意耳定律得 $p_1V_1=p_2V_2$

1．$5\times50=1\times V_2$

$V_2=75$ L

设打气次数为 n，把打进去的气体与折算后体积为 V_2 的气体看成一整体，由玻意耳定律得 $p_2(V_2+n\Delta V)=p_3V_1$

$1\times(75+n\times0.2)=2.8\times50$

解得 $n=325$ 次。

2．**答案**　(1)21 ℃　(2)124

解析　(1)钢瓶的容积一定，从夜晚到白天对钢瓶内气体，有

$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}$

解得 $T_2=294$ K，即 $t=21$ ℃。

(2)在白天时，设大瓶内氧气由 p_2、V_2 等温变化为不分装时的状态 p_3、V_3，则

$p_2=1.26\times10^7$ Pa，$V_2=0.04$ m^3，$p_3=2\times10^5$ Pa

根据 $p_2V_2=p_3V_3$

解得 $V_3=2.52$ m^3

可用于分装小瓶的氧气 $p_4=2\times10^5$ Pa

$V_4=(2.52-0.04)$m$^3=2.48$ m^3

分装成小钢瓶的氧气 $p_5=4\times10^5$ Pa，$V_5=nV$

其中小钢瓶体积为 $V=0.01$ m^3

根据 $p_4V_4=p_5V_5$

解得 $n=124$

即一大钢瓶氧气可分装 124 小瓶。

3．答案　(1)$\frac{Mma}{V\rho g}$　(2)$\frac{\rho gH+p_0}{\rho gH_1+p_0}m$

解析　(1)由题知开始时鱼静止在 H 处，设此时鱼的体积为 V_0，有 $Mg=\rho gV_0$

设此时 B 室内气体体积为 V，质量为 m，则 $m=\rho_{气}V$

鱼通过增加 B 室体积获得大小为 a 的加速度，则有

$\rho g(V_0+\Delta V)-Mg=Ma$

联立解得需从 A 室充入 B 室的气体质量$\Delta m=\rho_{气}\Delta V=\frac{Mma}{V\rho g}$。

(2)由题知开始时鱼静止在 H 处时，B 室内气体体积为 V，质量为 m，且此时 B 室内的压强为 $p_1=\rho gH+p_0$

鱼静止于水面下 H_1 处时，有 $p_2=\rho gH_1+p_0$

由于鱼鳔内气体温度不变，根据玻意耳定律有 $p_1V=p_2V_2$

解得 $V_2=\frac{\rho gH+p_0}{\rho gH_1+p_0}V$

则此时 B 室内气体质量 $m_1=\rho_{气}V_2=\frac{\rho gH+p_0}{\rho gH_1+p_0}m$。

4．答案　(1)$0.917p_0$　(2)1.2

解析　(1)对充气结束后，B 中气体从 −23 ℃到 27 ℃的过程中，由$\frac{p}{T_2}=\frac{1.1p_0}{T_1}$

其中 $T_1=300\ \mathrm{K}$、$T_2=250\ \mathrm{K}$，解得 $p=0.917p_0$

则充气完毕时 A 中的气体压强与充气结束后的 B 压强相同，故为 $0.917p_0$。

(2)对 A、B 中气体组成的整体，由

$p_0V_A+p_0V_B=pV_A+1.1p_0V_B$

解得$\frac{V_A}{V_B}=k=1.2$。

微专练 88　机械振动和机械波

1．答案　(1)$\frac{4}{9}g$　(2)$30\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

解析　(1)由万有引力定律得 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$

$$G\frac{\frac{M}{9}\cdot m}{\left(\frac{1}{2}R\right)^2}=mg'$$

解得 $g'=\frac{4}{9}g$。

(2)在该星球表面，单摆的振动周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g'}}$

单摆的振动时间为 $t=10T$

代入数据整理得 $t=30\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$。

2．**答案**　(1)$\frac{1}{2}v$　(2)$\frac{(1+4N)\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$($N=0$，1，2，3…)或$\frac{(3+4N)\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$($N=0$，1，2，3…)

解析　(1)振子与物体碰撞过程中，水平方向动量守恒

$mv=2mv_{共}$

解得物体落在振子上后，振子经过 O 点的速度大小 $v_{共}=\frac{1}{2}v$。

(2)弹簧振子周期变为 $T=2\pi\sqrt{\frac{2m}{k}}$，振子第一次到达最左端的时刻分别为 $t=0$ 时刻经 O 点向左运动，

$t_1=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$

$t=0$ 时刻经 O 点向右运动，$t_2=\frac{3\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$

振子第 N 次到达最左侧的时刻分别为

$t_1'=\frac{(1+4N)\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$($N=0$，1，2，3…)

$t_2'=\frac{(3+4N)\pi}{2}\sqrt{\frac{2m}{k}}$($N=0$，1，2，3…)。

3．**答案**　(1)6 m　(2)3.6 s

解析　(1)两列波在同一介质中传播，故波速相同，由图乙可得 $T_A=0.4$ s，$T_B=0.6$ s

由题意知 $v_A=\frac{x}{t}=10$ m/s

则$\lambda_B=v_BT_B=6$ m。

(2)A 波传播到 C 点且出现在波峰处所需的时间

$t_A=\frac{x_{AC}+\left(n+\frac{3}{4}\right)\lambda_A}{v_A}=0.4n+1.2$ s($n=0$，1，2，3，…)

其中$\lambda_A=v_AT_A=4$ m

B 波传播到 C 点且出现在波峰处所需的时间

$t_B=\frac{x_{BC}+\left(m+\frac{1}{4}\right)\lambda_B}{v_B}=0.6m+0.6\ \text{s}(m=0，1，2，3，\cdots)$

两波峰叠加时，C 点位移为 6 cm，故有 $t_A=t_B$，即 $3m-2n=3$(m、n 均取整数)

C 点第三次位移为 6 cm 的时刻 $t=3.6$ s。

4．**答案**　(1)$L_0+\frac{3mg\sin\alpha}{k}$　(2)$\frac{g\sin\alpha}{2}$　(3)$L_0+\frac{mg\sin\alpha}{k}$

解析　(1)以物块 A 和 B 为整体，由平衡条件可得

$(m+2m)g\sin\alpha=kx_1$

剪断细线前轻质弹簧的长度为 $L=L_0+x_1$

解得 $L=L_0+\frac{3mg\sin\alpha}{k}$。

(2)剪断细线瞬间，对物块 A，由牛顿第二定律可得

$kx_1-2mg\sin\alpha=2ma$

解得 $a=\frac{g\sin\alpha}{2}$。

(3)剪断细线后，物块 A 做简谐运动，设物块 A 的平衡位置对应的弹簧伸长量为 x_2，则有 $2mg\sin\alpha=kx_2$

物块 A 运动的振幅为 $A=x_1-x_2$

设轻质弹簧的最小长度为 $L_{\min}$

则有 $A=L_0+x_2-L_{\min}$

解得 $L_{\min}=L_0+\frac{mg\sin\alpha}{k}$。

微专练 89　光的折射与全反射

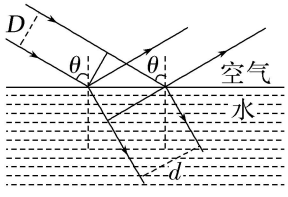
1．**答案**　(1)$\tan\theta$　(2)$D\tan\theta$

解析　(1)设折射角为γ，根据几何关系可得$\gamma=90°-\theta$

根据折射定律可得 $n=\frac{\sin\theta}{\sin\gamma}$

联立可得 $n=\tan\theta$。

(2)如图所示



根据几何关系可得 $d=\frac{D}{\sin(90°-\theta)}\cdot\sin\theta=D\tan\theta$。

2．**答案**　(1)$\frac{4}{3}$　(2)$\frac{4d}{27}$

解析　(1)由平抛运动的规律可知 $d=v_0t$

$\frac{2}{3}d=\frac{1}{2}gt^2$

$\tan\theta=\frac{v_y}{v_0}=\frac{gt}{v_0}$

解得 $\tan\theta=\frac{4}{3}$。

(2)因 $\tan\theta=\frac{4}{3}$，可知$\theta=53°$，设从 A 点射到水面的光线的入射角为α，折射角为 $90°-\theta=37°$，则由折射定律可知 $n=\frac{\sin\alpha}{\sin 37°}$

解得$\alpha=53°$

由几何关系可知 $H\tan 37°+\frac{2}{3}d\tan 53°=d$

解得 $H=\frac{4d}{27}$。

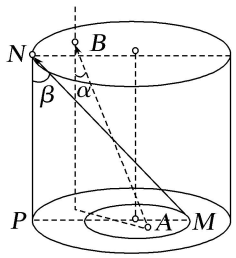
3．**答案**　(1)$\frac{nH_0}{c}$　(2)$H>(R+r)\sqrt{n^2-1}$

解析　(1)蓝光在冰块中传播的速度大小为 $v=\frac{c}{n}$

由几何关系可知，面状光源各点到圆柱体上表面的最小距离均为 H_0，则 $H_0=vt$

解得最短时间为 $t=\frac{nH_0}{c}$。

(2)在面状光源上任取一点 A，A 发出的光直接照射到圆柱体上表面任一点 B，设光从 A 射到 B 时的入射角为α，则 $\cos\alpha=\frac{H}{AB}$



圆柱体的高一定，且α小于 90°，所以 AB 越大，$\cos\alpha$越小，则 α 越大，

设从面状光源发出且直接照射到圆柱体上表面的所有光线入射角的最大值为 β，如图所示，根据几何关系有

$\sin\beta=\dfrac{R+r}{\sqrt{H^2+(R+r)^2}}$

要使从面状光源发出且直接照射到圆柱体上表面的所有光线都能直接折射出去，应有 $\sin\beta<\dfrac{1}{n}$

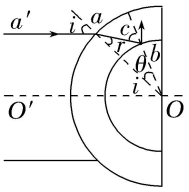
解得 $H>(R+r)\sqrt{n^2-1}$。

4．**答案**　(1)$\dfrac{(2-\sqrt{2})R}{c}$　(2)120°

解析　(1)光线在玻璃中传播的速度为 $v=\dfrac{c}{n}=\dfrac{c}{\sqrt{2}}$

光线在玻璃中传播的最短时间为 $t=\dfrac{R'-R}{v}=\dfrac{(2-\sqrt{2})R}{c}$。

(2)设光线 $a'a$ 射入外球面后沿 ab 方向射向内球面时，刚好发生全反射，如图所示



则有 $\sin C=\dfrac{1}{n}$

可得 $C=45°$

在△Oab 中 $Oa=\sqrt{2}R$，$Ob=R$

由正弦定理得 $\dfrac{\sin(180°-C)}{\sqrt{2}R}=\dfrac{\sin r}{R}$

解得 $r=30°$

由 $n=\dfrac{\sin i}{\sin r}$

解得 $i=45°$

又因为 $\angle O'Oa=i$，$\angle\theta=C-r=45°-30°=15°$

所以 $\angle O'Ob=i+\theta=45°+15°=60°$

当射向外球面的入射光线的入射角小于 $i=45°$ 时，这些光线都会射出内球面，因此，以 OO' 为中心线，上、下(左、右)各 60°的圆锥球壳内均有光线射出，球壳内部有光线射出的圆弧区域所对应的圆心角为 120°。

微专练 90　两类动力学问题

1．**答案**　(1)0.3 m/s^2　(2)1.2×10^6 N　(3)30 m/s

解析　(1)列车的初速度为 324 km/h＝90 m/s

经过 5 min＝300 s 停下，所以列车减速时的加速度为

$a=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{0-90}{300}\ \mathrm{m/s^2}=-0.3\ \mathrm{m/s^2}$

即列车减速时加速度大小为 0.3 m/s²，负号说明加速度的方向与运动方向相反。

(2)对驶离车站的加速过程，由运动学公式得 $v^2=2a'x'$

解得 $a'=\frac{v^2}{2x'}=\frac{90^2}{2\times8.1\times10^3}\ \mathrm{m/s^2}=0.5\ \mathrm{m/s^2}$

阻力大小 $F_f=0.1mg$

根据牛顿第二定律，有 $F-0.1mg=ma'$

代入数值解得 $F=1.2\times10^6$ N。

(3)列车加速的时间为 $t'=\frac{v}{a'}=\frac{90}{0.5}\ \mathrm{s}=180\ \mathrm{s}$

减速过程中通过的位移 $x=\frac{v}{2}t=45\times300\ \mathrm{m}=13\ 500\ \mathrm{m}$

所以整个过程的平均速度大小为

$\bar{v}=\frac{x+x'}{t_{总}}=\frac{13\ 500+8\ 100}{300+240+180}\ \mathrm{m/s}=30\ \mathrm{m/s}$。

2．**答案**　(1)12 N　(2)6 N　(3)18 s　36 m

解析　(1)匀加速阶段的加速度大小为 $a_1=\frac{v_m-0}{t_1}$

解得 $a_1=0.4\ \mathrm{m/s^2}$

由牛顿第二定律得 $F_1-f=ma_1$

解得 $F_1=12$ N。

(2)匀减速阶段有 $0-v_m^2=-2a_2x_2$

解得 $a_2=0.5\ \mathrm{m/s^2}$

由牛顿第二定律得 $F_2+f=ma_2$

解得 $F_2=6$ N。

(3)匀减速阶段的时间为 $t_2=\frac{0-v_m}{-a_2}=8\ \mathrm{s}$

运动总时间为 $t=t_1+t_2=18\ \mathrm{s}$

匀加速阶段的位移为 $x_1=\frac{v_m+0}{2}t_1=20\ \mathrm{m}$

运动总位移大小为 $x=x_1+x_2=36$ m。

3．**答案**　(1)0.1　(2)$\frac{67}{185}$ m

解析　(1)设电动机的牵引绳张力为 T_1，电动机连接小车的缆绳匀速上行的过程，由能量守恒定律有

$UI=I^2R+T_1v$

解得 $T_1=7\,400$ N

小车和配重一起匀速时，设绳的张力为 T_2，对配重有

$T_2=m_0g=400$ N

设斜面倾角为θ，对小车匀速过程有

$T_1+T_2=(m_1+m_2)g\sin\theta+k(m_1+m_2)g$

而卸粮后给小车一个向下的初速度，小车沿斜坡刚好匀速下行，有 $m_1g\sin\theta=m_0g+km_1g$

联立各式解得 $\sin\theta=0.5$，$k=0.1$。

(2)关闭发动机后小车和配重一起做匀减速直线运动，设加速度为 a，对系统由牛顿第二定律有

$(m_1+m_2)g\sin\theta+k(m_1+m_2)g-m_0g=(m_1+m_2+m_0)a$

可得 $a=\dfrac{370}{67}$ m/s^2

由运动学公式可知 $v^2=2aL$

解得 $L=\dfrac{67}{185}$ m。

4．**答案**　(1)3 m/s^2　8 m/s　(2)30°　$\dfrac{13\sqrt{3}}{5}$ N

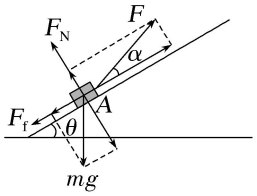
解析　(1)物块做匀加速直线运动，根据运动学公式，有

$L=v_0t+\dfrac{1}{2}at^2$①

$v=v_0+at$②

联立解得 $a=3$ m/s^2，$v=8$ m/s。

(2)对物块受力分析，受重力、拉力、支持力和滑动摩擦力，如图



根据牛顿第二定律，有

平行斜面方向 $F\cos\alpha-mg\sin 30°-F_f=ma$

垂直斜面方向 $F\sin\alpha+F_N-mg\cos 30°=0$

其中 $F_f=\mu F_N$

联立解得

$$F=\frac{mg(\sin 30°+\mu\cos 30°)+ma}{\cos\alpha+\mu\sin\alpha}=\frac{mg(\sin 30°+\mu\cos 30°)+ma}{\frac{2}{3}\sqrt{3}\sin(60°+\alpha)}$$

故当$\alpha=30°$时，拉力 F 有最小值，为 $F_{min}=\frac{13\sqrt{3}}{5}$ N。

微专练 91　含传送带模型的多过程问题

1．**答案**　(1)4 N　1 m/s^2　(2)1 s　(3)0.5 m　(4)2 s　2 m/s

解析　(1)行李刚开始运动时所受的滑动摩擦力大小 $F_f=\mu mg$

解得 $F_f=4$ N

由牛顿第二定律，有 $F_f=ma$

解得 $a=1$ m/s^2。

(2)设行李做匀加速直线运动的时间为 t，行李加速运动的末速度大小 $v=1$ m/s，则 $v=at$

解得 $t=1$ s。

(3)行李箱加速运动时，传送带的位移大小 $x_2=vt=1$ m

行李箱的位移大小 $x_1=\frac{v}{2}t=0.5$ m

行李在传送带上滑行痕迹的长度$\Delta x=x_2-x_1=0.5$ m。

(4)行李从 A 处匀加速运动到 B 处时，传送时间最短，则

$L=\frac{1}{2}at_{min}^2$

解得 $t_{min}=2$ s

传送带对应的最小运行速率 $v_{min}=at_{min}$

解得 $v_{min}=2$ m/s。

2．**答案**　(1)1.15 m　(2)0.6 m　1.3 m/s

解析　(1)由题意知当$\omega\leqslant 14$ rad/s 时，小物体做匀减速直线运动，然后做平抛运动，则有 $v_x=\omega\frac{D}{2}=0.7$ m/s

又 $s=v_xt$

解得 $t=0.5$ s

依题意 $H=\frac{1}{2}gt^2-D$

解得 $H=1.15$ m。

(2)由题意结合题图乙知，小物体做平抛运动的最小速度

$v_1=0.7$ m/s

同理，最大速度 $v_2=1.7$ m/s

有 $v_0^2-v_1^2=2\mu gL$，$v_2^2-v_0^2=2\mu gL$

解得 $L=0.6$ m，$v_0=1.3$ m/s。

3．**答案**　(1)45 N，方向竖直向下　(2)$\sqrt{34}$ m/s　(3)0.45 m

解析　(1)由图可知 $h=0.5$ m 时，物块到达 A 点的速度大小为

$v_A=\sqrt{10}$ m/s

设在 A 点时滑块受到支持力为 F，则有 $F-mg=m\dfrac{v_A^2}{R}$

代入数据得 $F=45$ N

由牛顿第三定律，滑块对轨道的压力大小为 45 N，方向竖直向下。

(2)在传送带上，由牛顿第二定律得 $\mu mg=ma$

物块从 $h=R=0.8$ m 处释放，由图乙知到达 A 点的速度大小为

$v_{A1}=4$ m/s

由 $v^2-v_{A1}^2=2ax$

当 v 等于传送带速度时 $x=\dfrac{10}{3}$ m$>L$，可知小滑块在传送带上一直做匀加速运动，有 $v_{B1}^2-v_{A1}^2=2aL$ 代入数据得 $v_{B1}=\sqrt{34}$ m/s。

(3)设小滑块做平抛运动的初速度为 v_B，运动时间为 t_B，则竖直方向 $H=\dfrac{1}{2}gt_B^2$

水平方向 $\dfrac{H}{\tan 30°}=v_Bt_B$

代入数据得 $v_B=3\sqrt{3}$ m/s

设滑块在 A 点速度为 v_0 时，从 A 到 B，有 $v_B^2-v_0^2=2aL$

得 $v_0=3$ m/s

由图乙得 $v_0^2=20h_0$

解得 $h_0=0.45$ m。

4．**答案**　(1)1.2 m　(2)$2\sqrt{2}$ m/s

解析　(1)因为 $v_B>v$，所以快递先减速，若在传送带上减速至 v，由 $v_B^2-v^2=2\mu gx$

可得 $x=2.405$ m$<L$

故先减速后匀速，从 C 点平抛到落地过程有 $h=\dfrac{1}{2}gt^2$

解得 $t=0.5$ s

由水平位移 $x=vt$

解得 $x=1.2$ m。

(2)设落到收集装置时速度大小为 v_1，则 $v_1=\sqrt{v_x^2+(gt)^2}$

设 C 点抛出时水平速度为 v_x，落到收集装置时水平位移 x，竖直位移 y，则有

$x^2+y^2=R^2$

$x=v_xt$

$y=\frac{1}{2}gt^2$

得 $v_x^2t^2+25t^4=\frac{48}{25}$

即 $v_x=\sqrt{\frac{\frac{48}{25}-25t^4}{t^2}}$

代入得 $v_1=\sqrt{\frac{\frac{48}{25}-25t^4}{t^2}+100t^2}=\sqrt{\frac{48}{25t^2}+75t^2}$

由数学知识可知，当$\frac{48}{25t^2}=75t^2$时，v 最小，得 $t=\frac{2}{5}$ s

由 $v_x=\sqrt{\frac{\frac{48}{25}-25t^4}{t^2}}$

得 $v_x=2\sqrt{2}$ m/s

可知，快递在传送带上先匀减速到 $2\sqrt{2}$ m/s，再一起匀速，即传送带速度应该调节为 $2\sqrt{2}$ m/s。

微专练 92　含板块模型的多过程问题

1．**答案**　(1)2 m/s　(2)4 m　(3)0.5 m

解析　(1)设小滑块的质量为 m，长木板的质量为 $2m$，由动量守恒定律得 $mv_0=(m+2m)v$

代入数据解得 $v=2$ m/s。

(2)由能量守恒定律得 $Q=\mu mgL=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(m+2m)v^2$

代入数据解得 $L=4$ m。

(3)设小滑块刚滑上木板 B 左端时的速度为 v_1，木板 A、B 的速度为 v_2，小滑块相对 B 静止时的速度为 v'，由动量守恒定律和功能关系可得在 A 上滑动时 $mv_0=2mv_2+mv_1$

$\frac{1}{2}\mu mgL=\frac{1}{2}mv_0^2-\left(\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}\times 2mv_2^2\right)$

在 B 上滑动时 $mv_1+mv_2=2mv'$

$\mu mgx=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}\times 2mv'^2$

则$\Delta L=\frac{1}{2}L-x$

代入数据联立解得$\Delta L=0.5$ m。

2．**答案**　(1)0.4　(2)6 m

解析 (1)由题图可知，6 s 后铁块和木板处于相对滑动状态，设木板与地面间的滑动摩擦力大小为 f_1，木板与铁块间的动摩擦因数为 μ_2，滑动摩擦力为 $f_2=4$ N。由滑动摩擦力公式

$f_2=\mu_2 mg$

联立解得 $\mu_2=0.4$。

(2)当给铁块一个瞬时冲量，铁块获得初速度 v_0

$I=mv_0$

然后铁块开始匀减速，木板开始匀加速，当达到共同速度以后开始共同做匀减速运动

设经过 t_1 时间达到共同速度 v，由动量定理得

对铁块有 $-\mu_2 mgt=mv-mv_0$

对木板有 $[\mu_2 mg-\mu_1(M+m)g]t=Mv$

联立解得 $t_1=1$ s，$v=2$ m/s

铁块对地位移 $s_1=\dfrac{v_0+v}{2}t_1$

解得 $s_1=4$ m

铁块和木板整体做匀减速运动，经过 t_2 达到静止，有

$\mu_1(M+m)g=(M+m)a$

$v=at_2$

铁块对地位移 $s_2=\dfrac{v}{2}t_2$

解得 $s_2=2$ m

铁块对地的总位移 $s=s_1+s_2$

解得 $s=6$ m。

3．**答案** (1)30 N (2)1.6 J (3)$\left(1-\dfrac{15\sqrt{0.8-L}}{16}\right)$ s

解析 (1)滑块下滑到轨道底部的过程，有 $m_B gR=\dfrac{1}{2}m_B v_0^2-0$

解得 $v_0=2$ m/s

在底部，根据牛顿第二定律 $F_N-m_B g=m_B\dfrac{v_0^2}{R}$

解得 $F_N=30$ N

由牛顿第三定律可知 B 对 A 的压力大小是 30 N。

(2)当 B 滑上 C 后，B 所受摩擦力向左，对 B 根据牛顿第二定律得 $F_{fB}=\mu_1 m_B g=m_B a_1$

解得加速度向左为 $a_1=2$ m/s^2

对 C 分析，水平方向受 B 向右的摩擦力 $\mu_1 m_B g$ 和地面向左的摩擦力 $F_{f_{地}C}=\mu_2(m_B+m_C)g$

根据牛顿第二定律

$F_{f地C}-F_{fBC}=\mu_2(m_B+m_C)g-\mu_1 m_B g=m_C a_2$

解得其加速度向左为 $a_2=10\ \text{m/s}^2$

由运动学位移与速度关系公式 $v^2-v_0^2=2ax$，得 B 向右运动的距离 $x_1=\dfrac{v_0^2}{2a_1}=1\ \text{m}$

C 向右运动的距离 $x_2=\dfrac{v_0^2}{2a_2}=0.2\ \text{m}$

由功能关系可知，B、C 间摩擦产生的热量 $Q=\mu_1 m_B g(x_1-x_2)$

解得 $Q=1.6\ \text{J}$。

(3)由上问可知，若 B 还未与 C 上挡板碰撞，C 先停下，设用时为 t_1，有 $t_1=\dfrac{v_0}{a_2}$

解得 $t_1=0.2\ \text{s}$

B 的位移为 $x_{B1}=v_0 t_1-\dfrac{1}{2}a_1 t_1^2=0.36\ \text{m}$

则此过程的相对位移为 $x_{相}=x_{B1}-x_2=0.16\ \text{m}$

此时 $v_{B1}=v-a_1 t_1=1.6\ \text{m/s}$

由 $L>0.16\ \text{m}$，一定是 C 停下之后，B 才与 C 上挡板碰撞。设再经 t_2 时间 B 与 C 挡板碰撞，有 $L-0.16=1.6t_2-\dfrac{1}{2}a_1 t_2^2$

解得 $t_2=0.8-\sqrt{0.8-L}$

碰撞时 B 速度为 $v_{B2}=v_{B1}-a_1 t_2=2\sqrt{0.8-L}$

由动量守恒定律可得 $m_B v_{B2}=(m_C+m_B)v$

解得碰撞后 B、C 速度为 $v=\dfrac{\sqrt{0.8-L}}{2}$

之后二者一起减速，根据牛顿第二定律得

$a_3=\dfrac{\mu_2(m_C+m_B)g}{m_C+m_B}=8\ \text{m/s}^2$

后再经时间 t_3 后停下，则有 $t_3=\dfrac{v}{a_3}=\dfrac{\sqrt{0.8-L}}{16}$

故 B 从滑上 C 到最终停止所用的总时间为

$t=t_1+t_2+t_3=\left(1-\dfrac{15\sqrt{0.8-L}}{16}\right)\ \text{s}$。

4．**答案**　(1)$(k-1)g$　(2)$\dfrac{2L}{k^2}$　(3)$\dfrac{2kmgL}{k-1}$

解析　(1)第一次碰撞后，对物块 $kmg-qE=ma_1$

解得 $a_1=(k-1)g$。

(2)设平板第一次与墙壁碰撞时的速度为 v_1，根据动能定理

$2qEL=\frac{1}{2}\times 2mv_1^2-0$

解得 $v_1=\sqrt{2gL}$

第一次碰撞后，对平板有 $kmg+qE=ma_2$

解得 $a_2=(k+1)g$

第一次碰撞后平板先向左做匀减速直线运动，后向右做匀加速直线运动；物块向右做匀减速直线运动，平板第二次与墙壁碰撞前达到速度相同，规定向右为正方向，从平板第一次与墙壁碰撞到平板和物块速度相同时，对平板有 $v_{共}=-v_1+a_2t_1$

对物块有 $v_{共}=v_1-a_1t_1$

解得 $t_1=\frac{\sqrt{2gL}}{gk}$，$v_{共}=\frac{\sqrt{2gL}}{k}$

从平板第一次与墙壁碰撞到平板与物块共速时物块的位移为 $x_1=\frac{v_1+v_{共}}{2}t_1=\frac{k+1}{k^2}L$

木板的位移为 $x_2=\frac{-v_1+v_{共}}{2}t_1=\frac{1-k}{k^2}L$

之后到碰挡板前二者没有相对滑动，所以从释放到木板第二次与挡板碰撞前的瞬间物块相对平板的位移为 $\Delta x=x_1+x_2$

解得 $\Delta x=\frac{2L}{k^2}$。

(3)最终平板的右端与墙壁存在弹力，平板和物块都静止。从释放到平板和物块都静止的过程中，设物块相对于平板的相对路程为 x，由能量守恒定律有 $qEL+qE(L+x)=Q$

$Q=kmgx$

解得二者的相对路程 $x=\frac{2L}{k-1}$

系统因摩擦产生的热量 $Q=kmgx=\frac{2kmgL}{k-1}$。

微专练 93　含弹簧模型的多过程问题

1．**答案**　(1)$\frac{8mg\sin\theta}{5x_0}$　(2)$\frac{g\sin\theta}{5}$

(3)$F=\frac{8}{25}mg\sin\theta+\frac{4mg^2\sin^2\theta}{25x_0}t^2\left(0\leqslant t<\sqrt{\frac{5x_0}{2g\sin\theta}}\right)$

解析　(1)对整体分析，根据平衡条件可知，沿斜面方向上重力的分力与弹簧弹力平衡，则有 $kx_0=\left(m+\frac{3}{5}m\right)g\sin\theta$

解得 $k=\frac{8mg\sin\theta}{5x_0}$。

(2)由题意可知，b 经两段相等的时间位移为 x_0

由匀变速直线运动相邻相等时间内位移关系的规律可知

$\frac{x_1}{x_0}=\frac{1}{4}$

说明当弹簧形变量为 $x_1=x_0-\frac{x_0}{4}=\frac{3x_0}{4}$ 时二者分离

对 m 分析，因分离时 a、b 间没有弹力，则根据牛顿第二定律可知 $kx_1-mg\sin\theta=ma$

联立解得 $a=\frac{1}{5}g\sin\theta$ 。

(3)设 a、b 分离前经时间 t 时，ab 前进的位移

$x=\frac{1}{2}at^2=\frac{g\sin\theta}{10}t^2$

则形变量变为 $\Delta x=x_0-x$

对整体分析可知，由牛顿第二定律有

$F+k\Delta x-\left(m+\frac{3}{5}m\right)g\sin\theta=\left(m+\frac{3}{5}m\right)a$

解得 $F=\frac{8}{25}\ mg\sin\theta+\frac{4mg^2\sin^2\theta}{25x_0}t^2$

因分离时位移 $x=\frac{x_0}{4}$ 由 $x=\frac{x_0}{4}=\frac{1}{2}at^2$

解得 $t=\sqrt{\frac{5x_0}{2g\sin\theta}}$

故应保证 $0\leqslant t<\sqrt{\frac{5x_0}{2g\sin\theta}}$，$F$ 表达式才能成立。

2．**答案**　(1)15 N　(2)6 J　(3)$\frac{\sqrt{2}}{2}$ m/s

解析　(1)A 和斜面间的滑动摩擦力大小为 $F_f=\mu m_Ag\cos\theta$

根据牛顿第二定律，对 B 有 $m_Bg-F=m_Ba$

对 A 有 $F+F_f-m_Ag\sin\theta=m_Aa$

解得 $F=15$ N。

(2)物体 A 向下运动到 C 点的过程中，根据功能关系有 $m_AgL\sin\theta+\frac{1}{2}(m_A+m_B)v_0^2=\frac{1}{2}(m_A+m_B)v^2+m_BgL+F_fL$

解得 $v=2$ m/s

从物体 A 接触弹簧，将弹簧压缩到最短后又恰好回到 C 点，对系统应用动能定理有

$-F_f \cdot 2x = 0 - \frac{1}{2}(m_A + m_B)v^2$

由能量守恒定律有 $E_p + m_B g x = m_A g x \sin\theta + F_f x$

两式联立可得 $E_p = 6\ \text{J}$。

(3)当物体加速度为零时，速度达到最大，则

对 A 有 $m_A g \sin\theta + F_f = kx_1 + F_1$

对 B 有 $m_B g = F_1$

根据简谐运动的对称性可得 $x = 2x_1$

物体 A 由速度最大位置到 C 点过程中，有

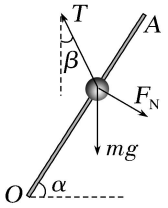
$m_A g x_1 \sin\theta + F_f x_1 = m_B g x_1 + \Delta E_p + \frac{1}{2}(m_A + m_B)v_m^2$

$\Delta E_p = \frac{1}{2}(0 + kx_1)x_1$

联立解得 $v_m = \frac{\sqrt{2}}{2}\ \text{m/s}$。

3．**答案**　(1)$\sqrt{3}mg$　(2)$\sqrt{\frac{6g}{L}}$　(3)$1.5mgL$

解析　(1)小球在位置 P 处静止时，对其受力分析如图所示，根据平衡条件有



沿杆方向 $T\cos(90° - \alpha + \beta) = mg\sin\alpha$

垂直杆方向 $T\sin(90° - \alpha + \beta) = mg\cos\alpha + F_N$

解得 $F_N = mg$，$T = \sqrt{3}mg$。

(2)小球在位置 A 处时，设小球做圆周运动的半径为 r，所受弹簧的弹力大小 F_T，杆的弹力大小 F_N，则水平方向有

$F_T + F_N\sin\alpha = m\omega^2 r$

竖直方向有 $F_N\cos\alpha = mg$

由几何关系 $L = r\tan\alpha$

弹簧伸长的长度与初始相同，则有 $F_T = T = \sqrt{3}mg$

联立解得$\omega = \sqrt{\frac{6g}{L}}$。

(3)小球由静止开始沿杆向上滑动，初速度 $v_P = 0$

小球在位置 A 的速度大小 $v_A = \omega r = \sqrt{2gL}$

小球由 P 到 A 过程，根据动能定理有

$$W-mg\frac{L}{2}=\frac{1}{2}mv_A^2-\frac{1}{2}mv_P^2=\frac{1}{2}mv_A^2$$

解得 $W=1.5mgL$。

4．**答案**　(1)20 J　(2)50 N　(3)$s\leqslant 1.25$ m 或 4.25 m$\leqslant s<6.25$ m

解析　(1)根据物块 A、B 碰撞过程动量守恒有 $mv_0=2mv$

可得物块 A 的初速度为 $v_0=10$ m/s

刚要释放物块 A 时弹簧的弹性势能为 $E_p=\frac{1}{2}mv_0^2=20$ J。

(2)设两物块经过 C 点时速度为 v_C，两物块受到轨道支持力为 F_{NC}，由功能关系得$\frac{1}{2}\times 2mv^2-2\mu mgs=\frac{1}{2}\times 2mv_C^2$

在 C 点根据牛顿第二定律有 $F_{NC}-2mg=2m\frac{v_C^2}{R}$

联立解得 $F_{NC}=50$ N

由牛顿第三定律知，两物块对轨道的压力大小为 50 N。

(3)物块不脱离轨道有两种情况：

①能过轨道最高点。设物块经过半圆形轨道最高点的最小速度为 v_1，则在最高点有 $2mg=2m\frac{v_1^2}{R}$

解得 $v_1=\sqrt{gR}=2$ m/s

物块从碰撞后到经过最高点过程中，由功能关系有

$$\frac{1}{2}\times 2mv^2-2\mu mgs-4mgR\geqslant\frac{1}{2}\times 2mv_1^2$$

解得 $s\leqslant 1.25$ m

②物块上滑最大高度不超过$\frac{1}{4}$圆弧。设物块刚好到达$\frac{1}{4}$圆弧处速度为 $v_2=0$

物块从碰撞后到最高点，由功能关系有

$$\frac{1}{2}\times 2mv^2-2\mu mgs\leqslant 2mgR$$

物块能滑出粗糙水平面，由功能关系有$\frac{1}{2}\times 2mv^2>2\mu mgs$

解得 4.25 m$\leqslant s<6.25$ m

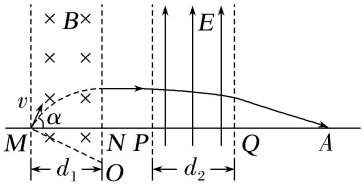
综上可知，s 应满足的条件是 $s\leqslant 1.25$ m 或 4.25 m$\leqslant s<6.25$ m。

微专练 94　带电粒子在组合场中的运动

1．答案　(1)1 m　(2)5×10^{-5} s　2×10^{8} m/s^2

解析　(1)带电粒子在磁场中做匀速圆周运动，由洛伦兹力提供向心力，根据牛顿第二定律有 $qvB=\dfrac{mv^2}{r}$

解得 $r=2$ m



过 M 点作带电粒子运动速度方向的垂线与磁场右侧边界交点为 O，如图所示，由几何关系有 $OM=\dfrac{d_1}{\sin\alpha}$，

可得 $OM=2m=r$，可知 O 为粒子在磁场中运动轨迹的圆心，轨迹所对的圆心角为α，粒子离开磁场时，与边界垂直，且到 MQ 的距离

$d=r-r\cos\alpha=1$ m。

(2)粒子垂直边界进入电场后做类平抛运动，在电场中的加速度大小 $a=\dfrac{qE}{m}$

代入数据得 $a=2\times10^{8}$ m/s^2

在电场中运动的时间 $t=\dfrac{d_2}{v}$

代入数据得 $t=5\times10^{-5}$ s。

2．答案　(1)$\dfrac{mv_0^2}{3q}$　(2)$\dfrac{\pi}{3}$或 60°　(3)见解析

解析　(1)设板间距离为 d，则板长为 $\sqrt{3}d$，带电粒子在板间做类平抛运动，两板间的电场强度大小为

$E=\dfrac{U}{d}$

根据牛顿第二定律得 $qE=ma$

解得 $a=\dfrac{qU}{md}$

设粒子在平板间的运动时间为 t_0，根据类平抛运动的运动规律得$\dfrac{d}{2}=\dfrac{1}{2}at_0^2$，$\sqrt{3}d=v_0t_0$

联立解得 $U=\dfrac{mv_0^2}{3q}$。

(2)设粒子出电场时与水平方向夹角为α，则有

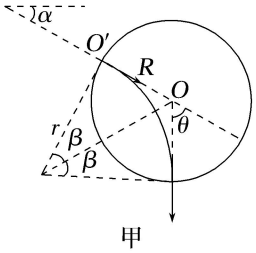
$\tan\alpha=\dfrac{at_0}{v_0}=\dfrac{\sqrt{3}}{3}$

故$\alpha=\dfrac{\pi}{6}$

则出电场时粒子的速度大小为 $v=\dfrac{v_0}{\cos\alpha}=\dfrac{2\sqrt{3}}{3}v_0$

粒子出电场后做匀速直线运动，接着进入磁场，根据洛伦兹力提供匀速圆周运动所需的向心力得 $qvB=m\frac{v^2}{r}$

解得 $r=\frac{mv}{qB}=\frac{2\sqrt{3}mv_0}{3qB}$



甲

已知圆形磁场区域半径为 $R=\frac{2mv_0}{3qB}$，故 $r=\sqrt{3}R$

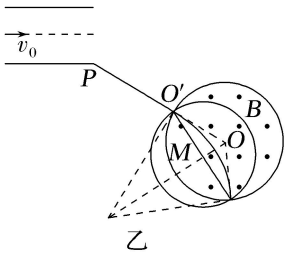
粒子沿 PO 方向射入磁场即沿半径方向射入磁场，故粒子将沿半径方向射出磁场，粒子射出磁场时与射入磁场时运动方向的夹角为 θ，则粒子在磁场中运动圆弧轨迹对应的圆心角也为 θ，由几何关系可得

$\tan\beta=\frac{R}{r}$

则 $\theta=2\beta=\frac{\pi}{3}$

故粒子射出磁场时与射入磁场时运动方向的夹角为 $\frac{\pi}{3}$ 或 60°。

(3)带电粒子在该磁场中运动的半径与圆形磁场半径关系为 $r=\sqrt{3}R$，根据几何关系可知，带电粒子在该磁场中运动的轨迹一定为劣弧，故劣弧所对应轨迹圆的弦为磁场圆的直径时粒子在磁场中运动的时间最长。则相对应的运动轨迹和弦以及圆心 M 的位置如图乙所示。



乙

3．**答案**　(1)水平向左　(2)$\frac{2U}{B^2R^2}$　(3)$\frac{8U}{d}$

解析　(1)离子在磁场中运动洛伦兹力指向圆心，可以知道离子带正电，离子经过 Q 点水平方向向左加速，因此电场强度方向水平向左，即匀强电场的方向水平向左。

(2)设离子质量为 m，电荷量为 q，离开加速电场时速度为 v；在加速电场中，由动能定理有 $qU=\frac{1}{2}mv^2$①

在磁分析器中，根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB=m\frac{v^2}{R}$②

联立①②可得 $\frac{q}{m}=\frac{2U}{B^2R^2}$。

(3)离子在匀强电场中运动时，水平方向做匀加速运动，则有

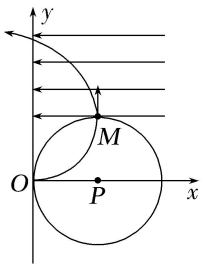
$2d=\frac{1}{2}at^2=\frac{1}{2}\times\frac{qE}{m}t^2$

离子在竖直方向做匀速运动，则有 $d=vt$

联立解得 $E=\frac{8U}{d}$。

4．**答案**　(1)$\frac{v}{kR}$　$\frac{2v^2}{kR}$　(2)$\left(\frac{\sqrt{6}+2-\sqrt{3}}{2}+\frac{2\pi}{3}\right)\frac{R}{v}$　(3)见解析

解析　(1)粒子运动轨迹如图甲所示，



甲

根据几何关系知粒子在磁场中做匀速圆周运动的半径为 R

则有 $qvB=m\frac{v^2}{R}$

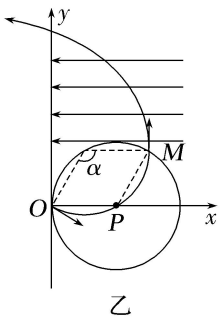
解得 $B=\frac{v}{kR}$

粒子进入电场中有 $R=\frac{1}{2}at^2$，$R=vt$，

$qE=ma$

解得 $E=\frac{2v^2}{kR}$。

(2)粒子运动轨迹如图乙所示，



乙

根据几何关系，粒子在磁场中旋转角度 $\alpha=120°$

在磁场中运动时间 $t_1=\frac{2\pi R}{3v}$

粒子离开磁场到进入电场的过程中

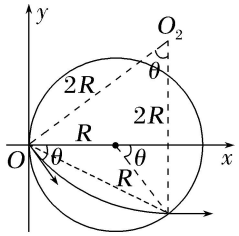
沿 y 轴方向 $R-R\sin 60°=vt_2$

解得 $t_2=\dfrac{(2-\sqrt{3})R}{2v}$

在电场中沿$-x$方向 $\dfrac{3}{2}R=\dfrac{1}{2}at_3^2$

解得 $t_3=\dfrac{\sqrt{6}R}{2v}$

可得粒子运动总时间 $t=\left(\dfrac{\sqrt{6}+2-\sqrt{3}}{2}+\dfrac{2\pi}{3}\right)\dfrac{R}{v}$。



丙

(3)如图丙所示，

当粒子入射的速度变为$2v$时，半径$r=2R$

设粒子入射方向与x轴正方向夹角为θ，根据图中几何关系 $R+R\cos\theta=2R\sin\theta$

解得 $\sin\theta=\dfrac{4}{5}$

因此为保证该粒子射出磁场后不能进入匀强电场，粒子从O点射入磁场时速度方向与x轴正方向夹角的正弦值应满足 $\sin\theta\geqslant\dfrac{4}{5}$，且入射速度方向指向第四象限。

微专练 95　带电粒子(体)在叠加场中的运动

1．**答案**　(1)$\dfrac{mv_0}{qB}(1-\sin\alpha)$　(2)$\dfrac{qB\sqrt{v_0^2+\dfrac{2qEd}{m}}-qE}{m}$

(3)$\dfrac{1}{2}mv_0^2-\dfrac{mE^2\cos^2\theta}{2B^2}$　$\dfrac{\left(\dfrac{\pi}{2}-\theta\right)m}{qB}$

解析　(1)设粒子在磁场中做圆周运动的半径为R，则由洛伦兹力充当向心力可得 $qv_0B=m\dfrac{v_0^2}{R}$

由几何关系得 $y=R(1-\sin\alpha)$

解得 $y=\dfrac{mv_0}{qB}(1-\sin\alpha)$。

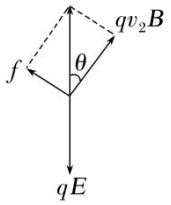
(2)设粒子进入第四象限离x轴距离最远时速度为v_1，电场力对粒子做正功，由动能定理可得$qEd=\dfrac{1}{2}mv_1^2$

$-\frac{1}{2}mv_0^2$

在 Q 点由牛顿第二定律有 $qv_1B-qE=ma$

解得 $a=\frac{qB\sqrt{v_0^2+\frac{2qEd}{m}}-qE}{m}$。

(3)设粒子进入第四象限以速度 v_2 做匀速运动，受力分析如图所示



有 $qv_2B=qE\cos\theta$

粒子从 P 点运动到 M 点，由动能定理得

$-W=\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

解得 $W=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{mE^2\cos^2\theta}{2B^2}$

粒子从 P 点运动到 M 点过程中任意时刻满足 $qvB=mv\omega$

则 P 点运动到 M 点的时间为 $t=\frac{\frac{\pi}{2}-\theta}{\omega}$

解得 $t=\frac{\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)m}{qB}$。

2．**答案**　(1)$\frac{mgd(R_1+R_2)}{qR_2}$　(2)$\frac{mv}{2dq}$　(3)$\frac{mg}{2q}$

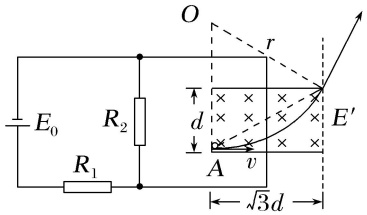
解析　(1)小球在电磁场中做匀速圆周运动，则电场力与重力平衡，可得 $qE=mg$

R_2 两端的电压 $U_2=Ed$

根据闭合电路欧姆定律得 $U_2=\frac{E_0}{R_1+R_2}R_2$

联立解得 $E_0=\frac{mgd(R_1+R_2)}{qR_2}$。

(2)如图所示



设粒子在电磁场中做圆周运动的半径为 r，根据几何关系

$(r-d)^2+(\sqrt{3}d)^2=r^2$

解得 $r=2d$

根据 $qvB=m\frac{v^2}{r}$

解得 $B=\frac{mv}{2dq}$。

(3)由几何关系可知，射出磁场时，小球速度方向与水平方向夹角为 60°，要使小球做直线运动，当小球所受电场力与小球重力在垂直小球速度方向的分力相等时，电场力最小，电场强度最小，可得 $qE'=mg\cos 60°$

解得 $E'=\frac{mg}{2q}$。

3．**答案**　(1)0.8 m　(2)2 m/s

解析　(1)乙恰能通过轨道的最高点 D，则此时重力恰好提供向心力 $mg=\frac{mv_D^2}{R}$

解得 $v_D=2$ m/s

乙做平抛运动，有 $x=v_Dt$，$2R=\frac{1}{2}gt^2$

解得 $x=0.8$ m。

(2)乙由 B 到 D 过程，根据动能定理有

$-2mgR+\sqrt{2}mg\cdot\sqrt{2}R=\frac{1}{2}mv_D^2-\frac{1}{2}mv_2^2$

解得碰后乙的速度为 $v_2=v_D=2$ m/s

甲、乙碰撞过程，有 $mv_0=mv_1+mv_2$

$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$

解得甲与乙碰撞前的速度大小 $v_0=2$ m/s。

4．**答案**　(1)1×10^{-2} N/C　(2)$2\sqrt{2}$ m/s　沿 x 轴正方向

解析　(1)在 C 点时 $qv_CB=mg$

解得 $v_C=1$ m/s

C 到 D 过程，由动能定理得 $qE\cdot2l-mgl=\frac{1}{2}mv_D^2-\frac{1}{2}mv_C^2$

联立解得 $E=1\times10^{-2}$ N/C。

(2)由于 D 点速度最大，可知重力和电场力的合力方向与速度方向垂直，则速度与 x 轴正方向的夹角 $\theta=45°$

D 运动到 P 的过程：在 x 方向 $qE=ma_x$

$2l=v_D\cos\theta\cdot t+\frac{1}{2}a_xt^2$

联立解得 $t=\frac{\sqrt{2}}{10}$ s

$v_{Px}=v_D\cos\theta+a_xt=2\sqrt{2}$ m/s

y 方向，$v_{Py}=v_D\sin\theta-gt=0$

则 $v_P=2\sqrt{2}$ m/s，方向沿 x 轴正方向。

微专练 96　带电粒子在交变场中的运动

1．**答案**　(1)$\sqrt{6}\times10^{-3}$ s 时刻　A 板　(2)4×10^{-3} s 时刻

(3)100 个

解析　(1)根据题图乙可知，从 $t=0$ 时刻开始，A 板电势高于 B 板电势，粒子向 A 板运动。

因为 $x=\frac{qU_0}{4lm}\left(\frac{T}{2}\right)^2=3.6\text{ m}>l$，所以粒子从 $t=0$ 时刻开始，一直加速到达 A 板

设粒子到达 A 板的时间为 t，则 $l=\frac{1}{2}\cdot\frac{qU_0}{2lm}t^2$

解得 $t=\sqrt{6}\times10^{-3}$ s。

(2)在 $0\sim\frac{T}{2}$ 时间内，粒子的加速度大小为

$a_1=\frac{qU_0}{2lm}=2\times10^5\text{ m/s}^2$

在 $\frac{T}{2}\sim T$ 时间内，粒子的加速度大小为

$a_2=\frac{2qU_0}{2lm}=4\times10^5\text{ m/s}^2$

可知 $a_2=2a_1$，若粒子在 $0\sim\frac{T}{2}$ 时间内加速 Δt，则在 $\frac{T}{2}\sim T$ 时间内减速 $\frac{\Delta t}{2}$ 刚好不能到达 A 板，则 $l=\frac{1}{2}a_1\Delta t^2$

$+a_1\Delta t\cdot\frac{\Delta t}{2}-\frac{1}{2}a_2\left(\frac{\Delta t}{2}\right)^2$ 或 $l=\frac{1}{2}a_1\Delta t\cdot\frac{3}{2}\Delta t$

解得 $\Delta t=2\times10^{-3}$ s

因为 $\frac{T}{2}=6\times10^{-3}$ s

所以在 $0\sim\frac{T}{2}$ 时间内 4×10^{-3} s 时刻产生的粒子刚好不能到达 A 板。

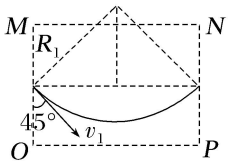
(3)因为粒子源在一个周期内可以产生 300 个粒子，而在 $0\sim\frac{T}{2}$ 时间内的前 $\frac{2}{3}$ 时间内产生的粒子可以到达

A 板，所以到达 A 板的粒子数 $n=300\times\frac{1}{2}\times\frac{2}{3}=100$(个)。

2．**答案** (1)$\frac{\sqrt{2}qBd}{m}$ (2)$\frac{3(2-\sqrt{2})qBd}{4m}$ $\frac{3\pi m}{2qB}$

(3)$\frac{4\sqrt{3}qB_0d}{3(2n+1)m}$($n=0$，1，2，3…) $\frac{2\sqrt{3}}{3}d$

解析 (1)要使粒子恰好能打在荧光屏上与 A 等高的点，则粒子速度方向偏转了 90°，轨迹如图甲所示



甲

由几何关系可得

$2R_1\sin 45°=\bar{OP}=2d$

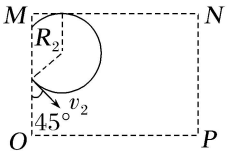
由洛伦兹力提供向心力可得

$qv_1B=m\frac{v_1^2}{R_1}$

联立解得

$v_1=\frac{\sqrt{2}qBd}{m}$。

(2)当粒子的轨迹恰好与 MN 相切时，对应的速度最大，如图乙所示



乙

由几何关系可得

$R_2\sin 45°+R_2=\frac{1}{2}\bar{OM}=\frac{3}{4}d$

由洛伦兹力作为向心力可得

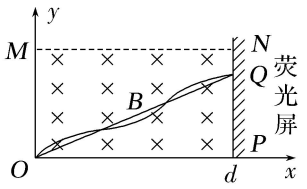
$qv_2B=m\frac{v_2^2}{R_2}$

联立解得 $v_2=\frac{3(2-\sqrt{2})qBd}{4m}$

轨迹对应圆心角为 270°，粒子在磁场中运动周期为 $T'=\frac{2\pi m}{qB}$

故对应的运动时间为 $t'=\frac{270°}{360°}T'=\frac{3}{4}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{3\pi m}{2qB}$。

(3)磁场的周期满足 $T=\frac{2\pi m}{3qB_0}$



丙

可知每经过$\frac{T}{2}$，粒子在磁场中运动轨迹对应的圆心角均为 60°，运动轨迹如图丙所示

粒子打在荧光屏上的 Q 点，由几何关系可得$\angle QOP=30°$

则 $PQ=\frac{d}{\cos 30°}=\frac{2\sqrt{3}}{3}d$

设粒子在磁场中运动的轨道半径为 R_3，每次偏转对应的圆心角均为 60°，粒子恰好垂直打在屏上，由几何关系可得

$2\times\frac{2\sqrt{3}}{3}d=(2n+1)R_3(n=0，1，2，3\cdots)$

由洛伦兹力提供向心力可得

$qv_3B=m\frac{v_3^2}{R_3}$

联立解得 $v_3=\frac{4\sqrt{3}qB_0d}{3（2n+1）m}(n=0，1，2，3\cdots)$。

3．**答案**　(1)$\frac{mg}{E_0}$　$\frac{2E_0}{v}$　(2)$\frac{d}{2v}+\frac{\pi v}{g}$　(3)$\frac{2\pi+1}{2g}v$

解析　(1)微粒做直线运动时有 $mg+qE_0=qvB$

微粒做圆周运动时有 $mg=qE_0$

联立解得 $q=\frac{mg}{E_0}$，$B=\frac{2E_0}{v}$。

(2)设微粒从 N_1 点沿直线运动到 Q 点的时间为 t_1，做圆周运动的周期为 t_2，则$\frac{d}{2}=vt_1$

$qvB=m\frac{v^2}{R}$

$2\pi R=vt_2$

联立得 $t_1=\frac{d}{2v}$，$t_2=\frac{\pi v}{g}$

电场变化的周期 $T=t_1+t_2=\frac{d}{2v}+\frac{\pi v}{g}$。

(3)若微粒能完成题述的运动过程，要求 $d\geqslant 2R$

由以上分析得 $R=\frac{v^2}{2g}$

设在 N_1Q 段直线运动的最短时间为 $t_{1\min}$，则解得

$t_{1\min}=\frac{v}{2g}$

因 t_2 不变，T 的最小值 $T_{\min}=t_{1\min}+t_2=\frac{2\pi+1}{2g}v$。

4．**答案** (1)$2v_0$ (2)$\frac{4+3\sqrt{2}}{2}mv_0^2$

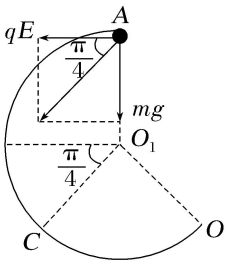
(3)$\frac{\sqrt{2}nmv_0}{2qB_0}(8+\pi)+\frac{2\sqrt{2}mv_0}{qB_0}(n=0，1，2，3，\cdots)$

解析 (1)设小球运动到 O 点时的速度大小为 v_1，从 A 点至 O 点由动能定理有

$mg\left[R+R\cos\frac{\pi}{4}\right]-qER\sin\frac{\pi}{4}=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$①

由①式得 $v_1=2v_0$。②

(2)由于小球在圆轨道中任何时刻均受电场力 qE 和重力 mg，故小球运动到 C 点时动能最大，如图甲所示



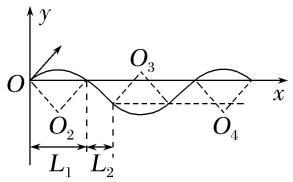
甲

设小球在 C 点的速度为 v_2，从 A 点至 C 点由动能定理有

$mg\left[R+R\sin\frac{\pi}{4}\right]+qER\sin\frac{\pi}{4}=E_{\mathrm{km}}-\frac{1}{2}mv_0^2$③

由③式得 $E_{\mathrm{km}}=\frac{4+3\sqrt{2}}{2}mv_0^2$。④

(3)由于带电小球在 $x\geqslant 0$ 区域有 $qE=mg$，



乙

所以在此区域带电小球在有磁场时做匀速圆周运动，在无磁场时做匀速直线运动，其轨迹如图乙所示

在 $0\sim\frac{\pi m}{2qB_0}$ 时间内有 $qv_1B_0=\frac{mv_1^2}{r}$⑤

沿 x 轴正方向前进的距离为

$L_1=\sqrt{2}r$⑥

在$\frac{\pi m}{2qB_0}\sim\frac{3\pi m}{4qB_0}$时间内，沿 x 轴正方向前进的距离为

$L_2=v_1t\cos\frac{\pi}{4}$⑦

在$\frac{3\pi m}{4qB_0}\sim\frac{5\pi m}{4qB_0}$时间，沿 x 轴正方向前进的距离也为 L_1，在$\frac{5\pi m}{4qB_0}\sim\frac{3\pi m}{2qB_0}$时间内，沿 x 轴正方向前进的距离也为 L_2，以此类推，小球从上往下穿过 x 轴的位置到坐标原点的距离为 $x=n(2L_1+2L_2)+L_1=\frac{\sqrt{2}nmv_0}{2qB_0}(8+\pi)+\frac{2\sqrt{2}mv_0}{qB_0}(n=0，1，2，3，\cdots)$。

微专练 97　电磁感应中的线框模型

1．**答案**　(1)$\frac{kl^2}{2}$　(2)$\frac{mg\cdot 2R}{k^2l^3}$

解析　(1)根据法拉第电磁感应定律有 $E=\frac{l^2}{2}\cdot\frac{\Delta B}{\Delta t}=\frac{kl^2}{2}$。

(2)线框受到的安培力大小为 $F_A=\frac{kl^3}{2R}\cdot kt$，方向竖直向上

当线框开始向上运动时有 $mg=F_A$

解得 $t_0=\frac{mg\cdot 2R}{k^2l^3}$。

2．**答案**　(1)$\frac{k^2\pi^2r^4}{R}$　(2)$\frac{4B_0^2r^2v}{R}$

解析　(1)根据题意有，圆环中的感应电动势 $E=\frac{\Delta B}{\Delta t}\pi r^2=k\pi r^2$

圆环的电功率 $P=\frac{E^2}{R}=\frac{k^2\pi^2r^4}{R}$。

(2)在圆环运动过程中，圆环切割磁感线的最大有效长度为 $2r$，

圆环切割磁感线产生的最大感应电动势 $E'=B_0\cdot 2rv=2B_0rv$

圆环中的最大电流 $I=\frac{E'}{R}$

最大拉力 $F=B_0I\cdot 2r=\frac{4B_0^2r^2v}{R}$。

3．**答案**　(1)0.062 5 N　(2)$B=\frac{1}{6-4t}$　(3)0.5 C

解析　(1)由图乙可知 $t_0=0$ 时 $B_0=0.25$ T，则回路电流

$I=\frac{B_0Lv}{R}$

安培力大小 $F_A=ILB_0$

所以外力大小 $F=F_A=0.062\ 5$ N。

(2)匀速出磁场时感应电流为 0，磁通量不变$\Phi_1=\Phi$，$t_1=1.0$ s 时，$B_1=0.5$ T，磁通量$\Phi_1=B_1L^2$，则 t 时刻，磁通量

$\Phi=BL[L-v(t-t_1)]$

解得 $B=\frac{1}{6-4t}$。

(3)由 $q=It=\frac{Blv}{R}t=\frac{Blx}{R}=\frac{\Delta\Phi}{R}$知

$0\leqslant t\leqslant 0.5$ s 电荷量 $q_1=\frac{B_0L^2}{R}=0.25$ C

$0.5\ \text{s}\leqslant t\leqslant 1.0$ s 电荷量 $q_2=\frac{B_1L^2-B_0L^2}{R}=0.25$ C

$1.0\ \text{s}\leqslant t\leqslant 1.3$ s，无电流

总电荷量 $q=q_1+q_2=0.5$ C。

4．**答案**　(1)2 T　(2)1.5 m/s　(3)0.037 5 J

解析　(1)线框进入磁场时的速度为 v，则 $mgh=\frac{1}{2}mv_y^2$

解得 $v_y=2$ m/s

感应电动势为 $E=Blv_y$

感应电流为 $I=\frac{E}{R}$

线框进入磁场做匀速运动，则 $mg=BIl$

解得 $B=\sqrt{\frac{mgR}{l^2v_y}}=2$ T。

(2)线框进入磁场过程中，根据能量守恒定律可知电流产生的热量为 $Q_1=mgl=0.02$ J

线框完全进入磁场时不发热，线框从磁场中出来过程中，竖直方向受安培力作用为零，水平方向受安培力作用，设完全出磁场的水平速度大小为 v_x，根据动量定理可得

$-BILt=mv_x-mv_0$

解得 $mv_x=mv_0-Blq$

其中 $q=\frac{Bl^2}{R}$

解得 $v_x=1.5$ m/s。

(3)线框离开磁场过程产生的热量为 $Q_2=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_x^2$

解得 $Q_2=0.017\ 5\ \mathrm{J}$

整个过程中产生的热量为 $Q=Q_1+Q_2=0.037\ 5\ \mathrm{J}$。

微专练 98　电磁感应中的单棒模型

1．**答案**　(1)$\dfrac{mgR}{B^2L^2}$　(2)$\dfrac{3mgR}{2B^2L^2}$　(3)$\dfrac{g}{2}$

解析　(1)闭合开关 S，金属棒下落的过程中受竖直向下的重力、竖直向上的安培力作用，当重力与安培力大小相等时，金属棒的加速度为零，速度最大，则 $mg=BI_1L$

由法拉第电磁感应定律得 $E_1=BLv_1$

由欧姆定律得 $I_1=\dfrac{E_1}{R}$

解得 $v_1=\dfrac{mgR}{B^2L^2}$。

(2)由第(1)问得 $I_1=\dfrac{mg}{BL}>I_0$

断开开关 S 后，当金属棒的速度达到最大时，元件 Z 两端的电压恒为 $U_\mathrm{m}=\dfrac{mgR}{2BL}$

此时定值电阻两端的电压为 $U_R=BLv_2-U_\mathrm{m}$

回路中的电流为 $I_2=I_1$

由欧姆定律得 $I_2=\dfrac{U_R}{R}$

解得 $v_2=\dfrac{3mgR}{2B^2L^2}$。

(3)开关 S 闭合，当金属棒的速度最大时，金属棒产生的感应电动势为 $E_1=\dfrac{mgR}{BL}$

断开开关 S 的瞬间，元件 Z 两端的电压为 $U_\mathrm{m}=\dfrac{mgR}{2BL}$

则定值电阻两端的电压为 $U_R'=E_1-U_\mathrm{m}=\dfrac{mgR}{2BL}$

电路中的电流为 $I'=\dfrac{U_R'}{R}$

金属棒受到的安培力大小为 $F_\mathrm{A}=BI'L$

对金属棒由牛顿第二定律得 $mg-F_\mathrm{A}=ma$

解得 $a=\dfrac{g}{2}$。

2．**答案**　(1)2 A　由 P 到 Q　(2)0.2 s　(3)0.775 m/s

解析　(1)$t=0$ 时刻，回路中的感应电动势

$E=\frac{\Delta B\cdot S}{\Delta t}=\frac{\Delta B\cdot Ld}{\Delta t}=1\times2\times0.5\ \mathrm{V}=1\ \mathrm{V}$

通过 PQ 棒的电流为 $I=\frac{E}{R}=\frac{1}{0.5}\ \mathrm{A}=2\ \mathrm{A}$

方向为由 P 到 Q。

(2)PQ 与导轨间的弹力等于 PQ 所受的安培力，即 $F_{\mathrm{N}}=BId$

PQ 棒开始运动时有 $Mg=\mu F_{\mathrm{N}}+mg$

解得 $B=0.8\ \mathrm{T}$

由磁感应强度 B 随时间 t 变化的关系图像可得 $B=1-t$

即 $t=0.2\ \mathrm{s}$ 时 $B=0.8\ \mathrm{T}$

所以 $t=0.2\ \mathrm{s}$ 时，PQ 棒开始运动。

(3)0.2 s 到 2 s，对 PQ 和物块 A 为整体进行分析，由动量定理得

$(M-m)gt_1-I_f=(M+m)v$

又 $t_1=2\ \mathrm{s}-0.2\ \mathrm{s}=1.8\ \mathrm{s}$

$f=\mu BId=0.25B=|0.25-0.25t|(0.2\ \mathrm{s}<t<2\ \mathrm{s})$

当 $t=0.2\ \mathrm{s}$，$f=0.2\ \mathrm{N}$

当 $t=1\ \mathrm{s}$，$f=0$

当 $t=2\ \mathrm{s}$，$f=0.25\ \mathrm{N}$

则 $I_f=\frac{1}{2}\times0.2\times(1-0.2)\mathrm{N\cdot s}+\frac{1}{2}\times0.25\times(2-1)\mathrm{N\cdot s}=0.205\ \mathrm{N\cdot s}$

联立解得 2 s 末，PQ 棒的速率为 $v=0.775\ \mathrm{m/s}$。

3．**答案**　(1)1 m/s^2　方向向右　(2)2 m/s　(3)0.4 J

解析　(1)当电流从 M 流向 N 时，由左手定则可判断安培力向右，故加速度方向向右

根据牛顿第二定律有 $BIL=ma$

代入数据可得 $a=1\ \mathrm{m/s^2}$。

(2)开关始终接 a 时，电流先由 N 到 M，经过时间 t_1 后电流变为 M 到 N，再经时间 t_2 速度减为零，

前 t_1，则有 $x_1=\frac{v^2}{2a}$

后 t_2，则有 $x_2=\frac{v^2}{2a}$

根据 $x_1+x_2=4$

联立解得 $v=2\ \mathrm{m/s}$。

(3)当棒接 b 时，$\frac{B\cdot Blv}{R+r}\cdot L=ma$，可知 $v>1\ \mathrm{m/s}$ 时，$a>1\ \mathrm{m/s^2}$，故要以最短时间向左移动 7 m 而静止，先接 a 一段时间 t_1，电流由 N 到 M，再接到 b 端一段时间 t_2，再接到 a 端一段时间 t_3，电流由 M 到 N，

最后接到 b 静止

第一段，则有 $v=at_1$

$x_1=\frac{1}{2}at_1^2$

$Q_1=I^2rt_1$

第二段，由动量定理有 $-B\bar{I}Lt_2=mv'-mv$

且 $\bar{I}t_2=\frac{BLx_2}{R+r}$

则有 $Q_2=\left(\frac{1}{2}mv^2-\frac{1}{2}mv'^2\right)\frac{r}{R+r}$

第二段末的加速度与第三段的相同，则第三段，有

$\frac{B^2L^2v'}{R+r}=ma$

$v'=at_3$

$x_3=\frac{1}{2}at_3^2$

$Q_3=I^2rt_3$

又 $x_1+x_2+x_3=7$

解得 $v'=1$ m/s，$t_1=3$ s，$t_3=1$ s

故 $Q_{总}=Q_1+Q_2+Q_3=0.4$ J。

4．**答案**　(1)先加速，后匀速　$\frac{CBLE}{m+CB^2L^2}$　(2)$\frac{C^2B^2L^2E}{m+CB^2L^2}$

解析　(1)电容器充电完毕稳定时，电容器极板间电压 $U=E$

由电容的定义式 $C=\frac{Q_0}{U}$

解得 $Q_0=CE$

导体棒 ab 先做加速运动，接着做匀速运动，由法拉第电磁感应定律得 $E_{感}=BLv$

此时电容器两极板间电压为 $U'=E_{感}$

电容器带电荷量为 $Q=CU'=CBLv$

电容器电荷量减少 $\Delta Q=Q_0-Q=C(E-BLv)$

Δt 时间内流经导体棒电流 $I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}$

对导体棒 ab，由动量定理得 $BIL\Delta t=mv$

解得 $v=\frac{CBLE}{m+CB^2L^2}$。

(2)由(1)代入可得 $Q=CU'=CBLv=\frac{C^2B^2L^2E}{m+CB^2L^2}$。

微专练 99　电磁感应中的双棒模型

1．**答案**　(1)$\frac{2B^2L^2v_0}{3mR}$　(2)$\frac{2mRv_0}{B^2L^2}$　(3)$\frac{26}{27}mv_0^2$

解析　(1)根据电阻定律有 $R_a=R=\rho\frac{L}{S_a}$，$R_b=2R=\rho\frac{L}{S_b}$

可得 $S_a=2S_b$

根据 $m_a=2m=\rho' LS_a$，$m_b=\rho' LS_b$

可得 $m_b=\frac{1}{2}m_a=m$

a 刚进入磁场的速度方向向右，b 刚进入磁场的速度方向向左，根据右手定则可知，a 产生的感应电流方向是 E 到 F，b 产生的感应电流方向是 H 到 G，即两个感应电流方向相同，所以，流过 a、b 的感应电流是两个感应电流之和，则有 $I=\frac{2BLv_0}{3R}$

对于 b，根据牛顿第二定律有 $BIL=m_ba$

联立解得在 $t=0$ 时刻 b 棒的加速度大小为 $a=\frac{2B^2L^2v_0}{3mR}$。

(2)取向右为正方向，相距最近时，两棒具有相同的速度，根据系统动量守恒有 $2mv_0-mv_0=(2m+m)v$

解得 $v=\frac{v_0}{3}$

此时，电路中感应电流为 0，a、b 棒一起向右匀速运动，直到 b 棒出磁场区域，之后 b 棒不受安培力、a 棒受安培力而减速直到停下；从 b 棒出磁场区域到 a 棒刚好停在磁场边界处，对 a 棒运用动量定理得 $-\bar{B}\bar{I}L\Delta t=0-2mv$

又 $q=I\Delta t=\frac{E}{3R}\Delta t=\frac{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{3R}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{3R}=\frac{BLs}{3R}$

联立解得两棒在整个过程中相距最近的距离为 $s=\frac{2mRv_0}{B^2L^2}$。

(3)最终 b 棒一直做匀速直线运动，对 a、b 组成的系统，根据能量守恒定律有 $\frac{3}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2+Q_{总}$

根据焦耳定律有 $Q=I^2R\Delta t$，因 a、b 流过的电流一直相等，所用时间相同，故 a、b 产生的热量与电阻成正比，即 $Q_a:Q_b=1:2$

又 $Q_a+Q_b=Q_{总}$

联立解得 b 棒产生的焦耳热为 $Q_b=\frac{26}{27}mv_0^2$。

2．**答案**　(1)$v_0>\frac{2\mu mgR}{B^2L^2}$　(2)$\frac{v_0}{2}-\mu gt-\frac{\mu mgR}{B^2L^2}$

解析　(1)根据题意可知，cd 棒产生的感应电动势为 $E=BLv_0$

回路感应电流为 $I=\frac{E}{2R}$

为了使导体棒 ab 相对于导轨运动，应满足 $F_{安}=BIL>\mu mg$

联立解得 $v_0>\frac{2\mu mgR}{B^2L^2}$。

(2)设 ab 棒的最大速度为 v_{ab}，此时 cd 棒的速度为 v_{cd}，回路电动势为 $E'=BL(v_{cd}-v_{ab})$

回路电流为 $I'=\frac{E'}{2R}$

导体棒受到的安培力为 $F_{安}'=BI'L=\frac{B^2L^2(v_{cd}-v_{ab})}{2R}$

此时 ab 棒的加速度为零，则有 $F_{安}'=\mu mg$

对 ab 棒和 cd 棒组成的系统，安培力对两棒的冲量大小相等，方向相反，以向右方向为正，根据动量定理可得

$-2\mu mgt=mv_{ab}+mv_{cd}-mv_0$

联立解得 $v_{ab}=\frac{v_0}{2}-\mu gt-\frac{\mu mgR}{B^2L^2}$。

3．**答案**　(1)0.4 m/s^2　(2)18 m/s　2 m/s　(3)40 m/s

解析　(1)恒力作用于金属棒 MN 杆，使其在导轨上向右加速运动，切割磁感线产生感应电流，根据右手定则知电流方向为 $M\rightarrow N$，根据左手定则可知 MN 受安培力水平向左，PQ 受到的安培力水平向右，它们都做加速运动，对 MN 由牛顿第二定律得

$F-BIL=ma$

对 PQ 由牛顿第二定律得 $BIL=ma'$

联立解得 $a'=0.4$ m/s^2。

(2)设某时刻 MN 速度为 v_1，PQ 速度为 v_2，根据法拉第电磁感应定律有 $I=\frac{BL(v_1-v_2)}{2R}$

在 $t=10$ s 时，对 MN 由牛顿第二定律得 $F-BIL=ma$

整理得 $F-\frac{B^2L^2(v_1-v_2)}{2R}=ma$

代入数据得 $v_1-v_2=16$ m/s

由于作用于两金属棒的安培力等大反向，所以作用于两金属棒系统的合力为水平恒力 F，对系统由动量定理得

$Ft=(mv_1+mv_2)-0$

代入数据得 $v_1+v_2=20$ m/s

联立解得 $v_1=18$ m/s，$v_2=2$ m/s。

(3)金属棒 MN 做加速度减小的加速运动，金属棒 PQ 做加速度增大的加速运动，最终两金属棒加速度相同，设两金属棒的共同加速度为 $a_{共}$，对系统有 $F=2ma_{共}$

对 PQ 杆有 $BI_mL=ma_{共}$

其中 $I_m=\frac{E}{2R}=\frac{BL\Delta v_m}{2R}$

联立解得$\Delta v_m=\frac{FR}{B^2L^2}=40$ m/s。

4．**答案**　(1)$\frac{Blv_0}{3R}$　(2)$\frac{4}{3}v_0$，方向向右　$\frac{2}{3}v_0$，方向向右

(3)$\frac{1}{6}mv_0^2$　$\frac{mv_0}{3Bl}$

解析　(1)a、b 两导体棒均以 v_0 的初速度同时向右运动时，导体棒中的电流最大，此时回路中的感应电动势为

$E=B\cdot 2lv_0-Blv_0=Blv_0$

则导体棒中的最大电流 $I_m=\frac{E}{R+2R}=\frac{Blv_0}{3R}$。

(2)当两导体棒产生的感应电动势相等时，回路中的电流为零，且达到稳定状态，设此时导体棒 a 的速度为 v_a，导体棒 b 的速度为 v_b，则有 $Blv_a=B\cdot 2lv_b$

可得 $v_a=2v_b$

两导体棒从开始运动到达到稳定状态过程中，对导体棒 a，由动量定理得 $BIlt=mv_a-mv_0$

对导体棒 b，由动量定理得$-BI\cdot 2lt=2mv_b-2mv_0$

联立解得 $v_a=\frac{4}{3}v_0$，$v_b=\frac{2}{3}v_0$。

(3)由能量守恒定律得

$Q=\frac{1}{2}(m+2m)v_0^2-\frac{1}{2}mv_a^2-\frac{1}{2}\times 2mv_b^2$

解得 $Q=\frac{1}{6}mv_0^2$

对导体棒 a，由动量定理可得 $BIlt=mv_a-mv_0$

又 $q=It$

$v_a=\frac{4}{3}v_0$

联立解得 $q=\frac{mv_0}{3Bl}$。

1．**答案**　(1)1 N　水平向右　(2)8 m/s

解析　(1)当实验车的速度为零时，金属框相对于磁场的速度大小为 v_0，金属框中左右两边都切割磁感线，均产生感应电动势，则有

$E=2BLv_0$

根据闭合电路欧姆定律 $I=\dfrac{E}{R}$

金属框所受安培力为 $F=2BLI$

所以此时金属框受到的磁场力的大小

$F=2B\cdot\dfrac{2BLv_0}{R}L=\dfrac{4B^2L^2v_0}{R}$

代入数值解得 $F=1$ N

根据楞次定律可判断磁场力方向水平向右。

(2)实验车最大速率为 v_m 时，相对磁场的切割速率为(v_0-v_m)，则此时金属框所受的磁场力大小为 $F=\dfrac{4B^2L^2(v_0-v_m)}{R}$

此时金属框所受的磁场力与阻力平衡，有 $F=f$

所以实验车的最大速率为 $v_m=v_0-\dfrac{Rf}{4B^2L^2}=8$ m/s。

2．**答案**　(1)$\dfrac{2NBLv}{R}$　$\dfrac{4N^2B^2L^2v}{R}$

(2)$e_0=2\pi rN_0B_0v_0\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}t\right)$　$\dfrac{\pi^2r^2N_0^2B_0^2v_0^2}{R_0}$

解析　(1)单根导线切割磁感线产生的电动势为$\varepsilon=BLv$

整个线圈产生的总电动势为 $E=2N\varepsilon=2NBLv$

根据闭合电路欧姆定律可得 $I=\dfrac{E}{R}=\dfrac{2NBLv}{R}$

单根导线所受安培力大小为 $F_1=BIL=\dfrac{2NB^2L^2v}{R}$

整个线圈受到的总安培力大小为 $F=2NF_1=\dfrac{4N^2B^2L^2v}{R}$。

(2)线圈运动的速度时间关系为 $v=v_0\sin\left(\dfrac{2\pi}{T}t\right)$

单匝线圈切割磁感线产生的电动势为

$\varepsilon_0=2\pi rB_0v=2\pi rB_0v_0\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$

N_0匝线圈产生的总电动势为

$e_0=N_0\varepsilon_0=2\pi rN_0B_0v_0\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$

电动势的有效值$E_0=\frac{E_m}{\sqrt{2}}$

其中$E_m=2\pi rN_0B_0v_0$

发电功率为$P=\frac{E_0^2}{2R_0}=\frac{\pi^2r^2N_0^2B_0^2v_0^2}{R_0}$。

3．**答案**　(1)$3Mg$　$\frac{v_0^2}{4g}$　(2)$E=\frac{6Mg}{I}(v_0-2gt)$　(3)$U=IR-\frac{6Mg}{I}(v_0-2gt)$　$\frac{I^2Rv_0}{2g}-\frac{3Mv_0^2}{2}$　(4)见解析

$\frac{3}{2}Mv_0^2$

解析　(1)导电杆所受安培力大小$F=B_1Id=3Mg$，方向向上

则对导电杆由牛顿第二定律有$Mg-F=Ma$

解得$a=-2g$

导电杆运动的距离$L=\frac{0-v_0^2}{2a}=\frac{v_0^2}{4g}$。

(2)回路的感应电动势$E=B_2dv$

其中$v=v_0+at$

解得$E=\frac{6Mg}{I}(v_0-2gt)$。

(3)由右手定则和欧姆定律可得$U+E=IR$

可得$U=IR-E=IR-\frac{6Mg}{I}(v_0-2gt)$

电源输出的功率

$P=UI=\left[IR-\frac{6Mg}{I}(v_0-2gt)\right]I$

$=I^2R-6Mg(v_0-2gt)=I^2R-6Mgv_0+12Mg^2t$

在$0\sim\frac{v_0}{2g}$时间内输出的能量对应$P-t$图像的面积，可得

$W=\frac{I^2Rv_0}{2g}-\frac{3Mv_0^2}{2}$。

(4)装置A可回收火箭的动能和重力势能，及磁场能；火箭从速度v_0到落至平台速度减为零，则$W=\frac{I^2Rv_0}{2g}-\frac{3Mv_0^2}{2}$

若 R 的阻值视为 0，则 $W=-\frac{3Mv_0^2}{2}$

装置 A 可回收能量为 $|W|=\frac{3Mv_0^2}{2}$。

4．**答案**　(1)80 A　(2)0.5 Ω　(3)$\frac{\sqrt{5}+3}{2}$ s

解析　(1)由题意可知接通恒流源时所受安培力 $F_{安}=nBIl$

动子和线圈在 0～t_1 时间段内做匀加速直线运动，运动的加速度为 $a=\frac{v_1}{t_1}$

根据牛顿第二定律有 $F_{安}=(M+m)a$

代入数据联立解得 $I=\frac{(m+M)v_1}{nlBt_1}=80$ A。

(2)当 S 掷向 2 接通定值电阻 R_0 时，感应电流为 $I'=\frac{nBlv}{R_0+R}$

此时安培力为 $F_{安}'=nBI'l$

所以此时根据牛顿第二定律有 $(800-10v)+\frac{n^2l^2B^2}{R_0+R}v=ma'$

由图可知在 t_1 至 t_3 期间加速度恒定，则有 $\frac{n^2l^2B^2}{R_0+R}=10$

解得 $R=0.5\ \Omega$，$a'=160$ m/s^2。

(3)根据图像可知 $t_2-t_1=\frac{v_1}{a'}=0.5$ s

故 $t_2=2$ s

在 0～t_2 时间段内的位移 $s=\frac{1}{2}v_1t_2=80$ m

根据法拉第电磁感应定律有 $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{nB\Delta S}{\Delta t}$

电荷量的定义式 $\Delta q=It$

$I=\frac{E}{R+R_0}$

可得 $\Delta q=\frac{nBl\left[s-\frac{1}{2}a'(t_3-t_2)^2\right]}{R+R_0}$

从 t_3 时刻到最后返回初始位置停下的时间段内根据动量定理有 $-nBl\Delta q=0-ma'(t_3-t_2)$

联立可得 $(t_3-t_2)^2+(t_3-t_2)-1=0$

解得 $t_3=\frac{\sqrt{5}+3}{2}$ s。