2004 年北京春季理综

1. 钍核 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 经过 6 次 α 衰变和 4 次 β 衰变后变成铅核，则 (C)

   A. 铅核的符号为 $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$，它比 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少 8 个中子

   B. 铅核的符号为 $^{204}_{78}\mathrm{Pb}$，它比 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少 16 个中子

   C. 铅核的符号为 $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$，它比 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少 16 个中子

   D. 铅核的符号为 $^{220}_{78}\mathrm{Pb}$，它比 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少 12 个中子

   > 由核反应方程 $^{232}_{90}\mathrm{Th} \longrightarrow 6\,^{4}_{2}\mathrm{He} + 4\,^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{208}_{82}\mathrm{Pb}$，由质量数、电荷数守恒可知铅核的符号为 $^{208}_{82}\mathrm{Pb}$，$^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 的中子数为 142 个，$^{208}_{82}\mathrm{Pb}$ 的中子数为 126 个，比 $^{232}_{90}\mathrm{Th}$ 少 16 个中子，故 C 正确。

2. 对于某单色光，玻璃的折射率比水的大，则此单色光在玻璃中传播时 (C)

   A. 其速度比在水中的大，其波长比在水中的长

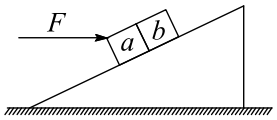
   B. 其速度比在水中的大，其波长比在水中的短

   C. 其速度比在水中的小，其波长比在水中的短

   D. 其速度比在水中的小，其波长比在水中的长

   > 由 $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0 \nu}{\lambda \nu} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$，可知 n 大的 v 小、λ 短，故 C 正确。

3. 图中 a、b 是两个位于固定斜面上的正方形物块，它们的质量相等。F 是沿水平方向作用于 a 上的外力，已知 a、b 的接触面，a、b 与斜面的接触面都是光滑的。正确的说法是 (D)

   A. a、b 一定沿斜面向上运动

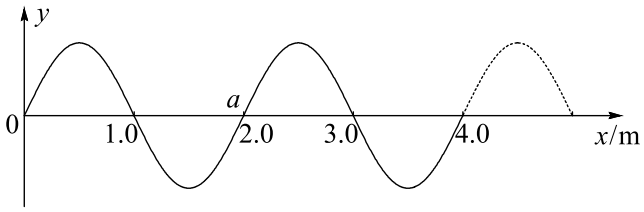
   B. a 对 b 的作用力沿水平方向

   C. a、b 对斜面的正压力相等

   D. a 受到的合力沿水平方向的分力等于 b 受到的合力沿水平方向的分力

   > 利用排除法，F 的大小不同，作用于 a 上，a、b 的运动情况可能不同，故 A 错误；由弹力的方向可判断 a 对 b 的作用力应沿斜面方向，故 B 错误；由受力分析可知，b 对斜面的正压力等于其重力垂直于斜面方向的分力，由于 F 的存在，a 对斜面的正压力大于其重力垂直于斜面方向的分力，故 C 错误；a、b 的质量相等，运动状态相同，即加速度相同，所以 a、b 所受合力大小相同，即沿水平方向的分力大小相等，故 D 正确。

4. 一简谐横波在 x 轴上传播，波源振动周期 $T=0.1\,\mathrm{s}$，在某一时刻的波形如图所示，且此时 a 点向下运动，则 (A)

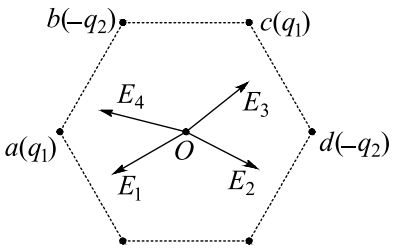


A. 波速为 $20\,\mathrm{m/s}$，波向 x 轴正方向传播　　B. 波速为 $10\,\mathrm{m/s}$，波向 x 轴负方向传播

C. 波速为 $20\,\mathrm{m/s}$，波向 x 轴负方向传播　　D. 波速为 $10\,\mathrm{m/s}$，波向 x 轴正方向传播

> 由波形图可知 $\lambda=2\,\mathrm{m}$，又 $T=0.1\,\mathrm{s}$，则 $v=\frac{\lambda}{T}=20\,\mathrm{m/s}$，由 a 质点向下运动，可判断波向 x 轴正方向传播，故 A 正确。

5. 如图，在正六边形的 a、c 两个顶点上各放一带正电的点电荷，电量的大小都是 q_1，在 b、d 两个顶点上，各放一带负电的点电荷，电量的大小都是 q_2，$q_1>q_2$。已知六边形中心 O 点处的场强可用图中的四条有向线段中的一条来表示，它是哪一条？(B)



A. E_1　　B. E_2　　C. E_3　　D. E_4

> 正点电荷在 O 点产生的场强方向由该点电荷指向 O 点，负点电荷在 O 点产生的场强方向由 O 点指向该点电荷，先在 O 点分别画出 a、b、c、d 处点电荷在该处的场强，再利用矢量合成，求出合场强方向，与 E_2 同向，故 B 正确。

6. 一定质量的理想气体处于某一平衡状态，此时其压强为 p_0，有人设计了四种途径，使气体经过每种途径后压强仍为 p_0。这四种途径是

①先保持体积不变，降低压强，再保持温度不变，压缩体积

②先保持体积不变，使气体升温，再保持温度不变，让体积膨胀

③先保持温度不变，使体积膨胀，再保持体积不变，使气体升温

④先保持温度不变，压缩气体，再保持体积不变，使气体降温

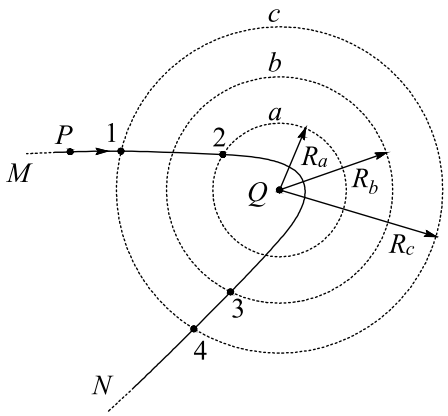
可以断定 (D)

A. ①、②不可能　　B. ③、④不可能

C. ①、③不可能　　D. ①、②、③、④都可能

> 由 $\frac{pV}{T}=$ 恒量判断：V 不变时 $p\downarrow$、$T\downarrow$，T 不变时 $V\downarrow$、$p\uparrow$，故①正确；V 不变时 $T\uparrow$、$p\uparrow$，T 不变时 $V\uparrow$、$p\downarrow$，故②正确；T 不变时 $V\uparrow$、$p\downarrow$，V 不变时 $T\uparrow$、$p\uparrow$，故③正确；T 不变时 $V\downarrow$、$p\uparrow$，V 不变时 $T\downarrow$、$p\downarrow$，故④正确。综上 D 正确。

7. 如图，Q 是一固定的点电荷，另一点电荷 P 从很远处以初速度 v_0 射入点电荷 Q 的电场，在电场力作用下的运动轨迹是曲线 MN。a、b、c 是以 Q 为中心，R_a、R_b、R_c 为半径画出的三个圆，$R_c-R_b=R_b-R_a$。1、2、3、4 为轨迹 MN 与三个圆的一些交点。以 $|W_{12}|$ 表示点电荷 P 由 1 到 2 的过程中电场力做的功的大小，$|W_{34}|$ 表示由 3 到 4 的过程中电场力做的功的大小，则 (B)



A. $|W_{12}|=2|W_{34}|$

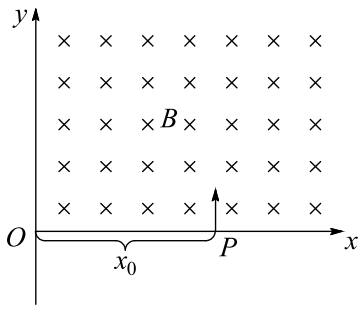
B. $|W_{12}|>2|W_{34}|$

C. P、Q 两电荷可能同号，也可能异号

D. P 的初速度方向的延长线与 Q 之间的距离可能为零

> 由轨迹可知，点电荷受力应指向轨迹弯曲的内侧，故 P、Q 电荷间应是引力，故 CD 错误；由于离 Q 越近场强越强，且 $R_c-R_b=R_b-R_a$，则 $U_{12}>2U_{34}$，由 $W=qU$ 可判断 $|W_{12}|>2|W_{34}|$，故 B 正确。

8. 如图，在 $x>0$、$y>0$ 的空间中有恒定的匀强磁场，磁感强度的方向垂直于 Oxy 平面向里，大小为 B。现有一质量为 m、电量为 q 的带电粒子，在 x 轴上到原点的距离为 x_0 的 P 点，以平行于 y 轴的初速度射入此磁场，在磁场作用下沿垂直于 y 轴的方向射出此磁场。不计重力的影响。由这些条件可知 (D)



A. 不能确定粒子通过 y 轴时的位置

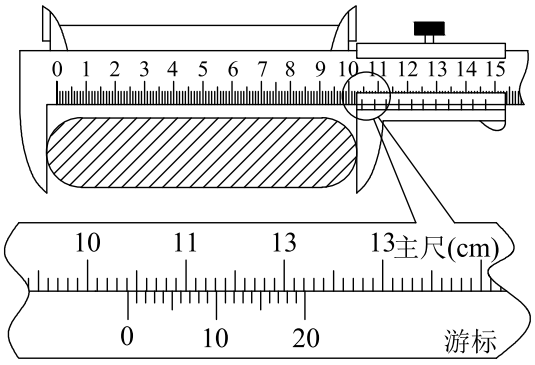
B. 不能确定粒子速度的大小

C. 不能确定粒子在磁场中运动所经历的时间

D. 以上三个判断都不对

由于带电粒子平行 y 轴射入磁场，垂直于 y 轴射出磁场，说明带电粒子在磁场中的运动轨迹是 $\frac{1}{4}$ 圆周，则由 $R=x_0=\frac{mv}{qB}=y_0$，可确定 AB 错误；由 $t=\frac{T}{4}=\frac{\pi m}{2qB}$，可判断 C 错误，故 D 正确。

9. 用一主尺最小分度为 1 mm，游标上有 20 个分度的卡尺测量一工件的长度，结果如图所示。可以读出此工件的长度为 10.405 cm。



由图知，主尺读数为 104 mm，游标尺的读数为 $1\times0.05\,\text{mm}=0.05\,\text{mm}$，故工件的长度为 $104\,\text{mm}+1\times0.05\,\text{mm}=104.05\,\text{mm}=10.405\,\text{cm}$。

10. 在测量重力加速度的实验中，某同学用一根细线和一均匀小球制成单摆。他已经测得此单摆 20 个周期的时间为 t，从悬挂点到小球顶端的线长为 l，还需要测量的物理量为 小球直径 d。将 g 用测得量表示，可得 $g=\frac{1600\pi^2\left(l+\frac{d}{2}\right)}{t^2}$。

由题意知，单摆的周期为 $T=\frac{t}{20}$，又单摆的周期为 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$，联立解得 $g=\frac{1600\pi^2\left(l+\frac{d}{2}\right)}{t^2}$。

11. 测量电源的电动势及内阻的实验电路如图 1 所示。图 2 中给出的器材有：待测的电源（电动势约为 4 V，内阻约为 2 Ω），电压表（内阻很大，有 5 V、15 V 两个量程），电流

表（内阻不计，有 0.1 A、1 A 两个量程），滑线变阻器（阻值范围 $0 \sim 10\,\Omega$），开关。另有导线若干。试按照图 1 中的电路在图 2 中画出连线，将器材连接成实验电路（要求正确选择电表量程，以保证仪器的安全并使测量有尽可能高的精确度）。

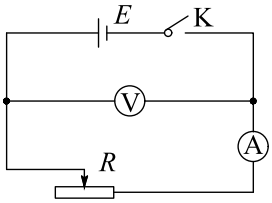


图 1

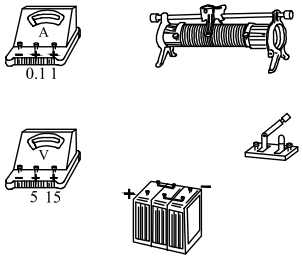
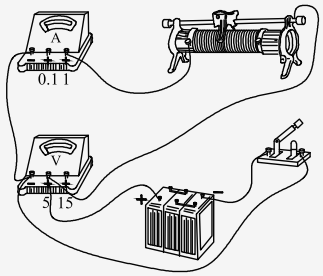


图 2

连线如图所示

电源电动势大约为 4 V，所以电压表可确定用 5 V 量程；电路中能接入的最大电阻为 $12\,\Omega$，最小电流为 $I_{\min} = \frac{E}{R_{\max}} = \frac{4}{12}\,\mathrm{A} = 0.33\,\mathrm{A}$，由此确定电流表选用 1 A 量程，电路连接如图所示。



12. 神舟五号载人飞船在绕地球飞行的第 5 圈进行变轨，由原来的椭圆轨道变为距地面高度 $h = 342\,\mathrm{km}$ 的圆形轨道。已知地球半径 $R = 6.37 \times 10^3\,\mathrm{km}$，地面处的重力加速度 $g = 10\,\mathrm{m/s^2}$。试导出飞船在上述圆轨道上运行的周期 T 的公式（用 h、R、g 表示），然后计算周期 T 的数值（保留两位有效数字）。

$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{R^2 g}} = 5.4 \times 10^3\,\mathrm{s}$

设地球质量为 M，飞船质量为 m，速度为 v，圆轨道的半径为 r，由万有引力和牛顿第二定律得

$$G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r},$$

地面附近有

$$G\frac{Mm}{R^2}=mg,$$

由已知条件知

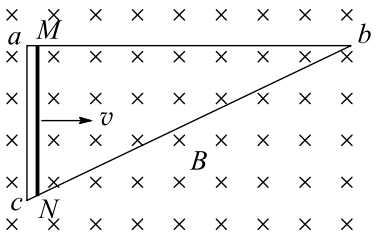
$$r=R+h,$$

又

$$T=\frac{2\pi r}{v},$$

解以上各式得 $T=2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{R^2g}}$，代入数值解得 $T=5.4\times10^3\,\mathrm{s}$。

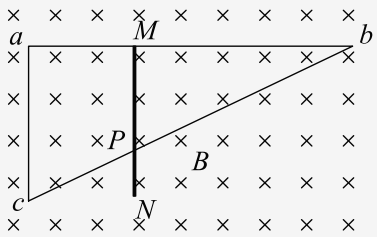
13. 如图，直角三角形导线框 abc 固定在匀强磁场中，ab 是一段长为 l、电阻为 R 的均匀导线，ac 和 bc 的电阻可不计，ac 长度为 $\frac{l}{2}$。磁场的磁感强度为 B，方向垂直纸面向里。现有一段长度为 $\frac{l}{2}$、电阻为 $\frac{R}{2}$ 的均匀导体杆 MN 架在导线框上，开始时紧靠 ac，然后沿 ab 方向以恒定速度 v 向 b 端滑动，滑动中始终与 ac 平行并与导线框保持良好接触。当 MN 滑过的距离为 $\frac{l}{3}$ 时，导线 ac 中的电流是多大？方向如何？



$I_{ac}=\frac{2Blv}{5R}$，方向由 a 流向 c

当 MN 滑过的距离为 $\frac{l}{3}$ 时，它与 bc 的接触点为 P，如图所示，由几何关系可知 MP 长度为 $\frac{l}{3}$，MP 切割产生的感应电动势为

$$E=\frac{1}{3}Blv,$$



MP 段的电阻为 $r=\frac{1}{3}R$，MacP 和 MbP 两电路的并联电阻为

$$r_{并}=\frac{\frac{1}{3}\times\frac{2}{3}}{\frac{1}{3}+\frac{2}{3}}R=\frac{2}{9}R,$$

由欧姆定律得，PM 中的电流为

$$I=\frac{E}{r+r_{并}},$$

ac 中的电流为

$$I_{ac}=\frac{2}{3}I,$$

解得

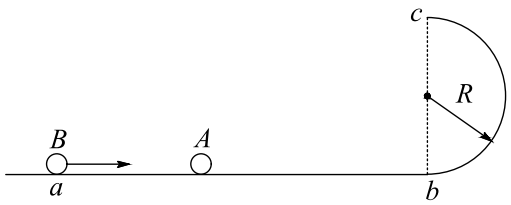
$$I_{ac}=\frac{2Blv}{5R},$$

由右手定则知，MP 中的感应电流的方向由 P 流向 M，所以电流 I_{ac} 的方向由 a 流向 c。

14. 如图，abc 是光滑的轨道，其中 ab 是水平的，bc 为与 ab 相切的位于竖直平面内的半圆，半径 $R=0.30\,\mathrm{m}$。质量 $m=0.20\,\mathrm{kg}$ 的小球 A 静止在轨道上，另一质量 $M=0.60\,\mathrm{kg}$、速度 $v_0=5.5\,\mathrm{m/s}$ 的小球 B 与小球 A 正碰。已知相碰后小球 A 经过半圆的最高点 c 落到轨道上距 b 点为 $l=4\sqrt{2}R$ 处，重力加速度 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$，求：

(1) 碰撞结束后，小球 A 和 B 的速度的大小。

(2) 试论证小球 B 是否能沿着半圆轨道到达 c 点。



(1) $v_1=6\,\mathrm{m/s}$，$v_2=3.5\,\mathrm{m/s}$　(2) 由 $v_2=3.5\,\mathrm{m/s}$、$v_b=3.9\,\mathrm{m/s}$ 可知 $v_2<v_b$，所以小球 B 不能达到半圆轨道的最高点。

（1）以 v_1 表示小球 A 碰后的速度，v_2 表示小球 B 碰后的速度，v_1' 表示小球 A 在半圆最高点的速度，t 表示小球 A 从离开半圆最高点到落在轨道上经过的时间。由平抛规律得

$$4\sqrt{2}R=v_1't,$$

①

$$2R=\frac{1}{2}gt^2,$$

②由机械能守恒得

$$mg(2R)+\frac{1}{2}mv_1'^2=\frac{1}{2}mv_1^2,$$

③由动量守恒得

$$Mv_0=mv_1+Mv_2,$$

④由①②③④求得

$$v_1 = 2\sqrt{3Rg}, \qquad v_2 = v_0 - 2\frac{m}{M}\sqrt{3Rg},$$

代入数值得 $v_1 = 6\,\mathrm{m/s}$，$v_2 = 3.5\,\mathrm{m/s}$。

（2）假设 B 球刚能沿着半圆轨道上升到 c 点，则在 c 点时，轨道对它的作用力等于零。以 v_c 表示它在 c 点的速度，v_b 表示它在 b 点相应的速度，由牛顿第二定律和机械能守恒得

$$Mg = M\frac{v_c^2}{R},$$

$$\frac{1}{2}Mv_c^2 + Mg(2R) = \frac{1}{2}Mv_b^2,$$

联立解得 $v_b = \sqrt{5Rg}$，代入数值得 $v_b = 3.9\,\mathrm{m/s}$。由 $v_2 = 3.5\,\mathrm{m/s}$ 可知 $v_2 < v_b$，所以小球 B 不能达到半圆轨道的最高点。