2004 年全国理综 I

1. 本题中用大写字母代表原子核。E 经 α 衰变成为 F，再经 β 衰变成为 G，再经 α 衰变成为 H。上述系列衰变可记为下式：$\mathrm{E}\xrightarrow{\alpha}\mathrm{F}\xrightarrow{\beta}\mathrm{G}\xrightarrow{\alpha}\mathrm{H}$

   另一系列衰变如下：$\mathrm{P}\xrightarrow{\beta}\mathrm{Q}\xrightarrow{\beta}\mathrm{R}\xrightarrow{\alpha}\mathrm{S}$

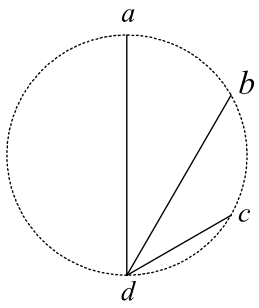
   已知 P 是 F 的同位素，则 (B)

   A. Q 是 G 的同位素，R 是 H 的同位素　　B. R 是 E 的同位素，S 是 F 的同位素

   C. R 是 G 的同位素，S 是 H 的同位素　　D. Q 是 E 的同位素，R 是 F 的同位素

   > 写出衰变通式 ${}^{\mathrm{A}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{E}\longrightarrow{}^{\mathrm{A-4}}_{\mathrm{Z-2}}\mathrm{F}\longrightarrow{}^{\mathrm{A-4}}_{\mathrm{Z-1}}\mathrm{G}\longrightarrow{}^{\mathrm{A-8}}_{\mathrm{Z-3}}\mathrm{H}$，因 P 是 F 的同位素，故有 ${}^{\mathrm{B}}_{\mathrm{Z-2}}\mathrm{P}\longrightarrow{}^{\mathrm{B}}_{\mathrm{Z-1}}\mathrm{Q}\longrightarrow{}^{\mathrm{B}}_{\mathrm{Z}}\mathrm{R}\longrightarrow{}^{\mathrm{B-4}}_{\mathrm{Z-2}}\mathrm{S}$，比较可知 R 是 E 的同位素，S 是 F 的同位素，Q 是 G 的同位素，故 B 正确。

2. 如图所示，ad、bd、cd 是竖直面内三根固定的光滑细杆，a、b、c、d 位于同一圆周上，a 点为圆周的最高点，d 点为最低点。每根杆上都套着一个小滑环（图中未画出），三个滑环分别从 a、b、c 处释放（初速为 0），用 t_1、t_2、t_3 依次表示各滑环到达 d 所用的时间，则 (D)

   A. $t_1<t_2<t_3$　　B. $t_1>t_2>t_3$　　C. $t_3>t_1>t_2$　　D. $t_1=t_2=t_3$

   > 设杆与水平面夹角为 θ，圆的直径为 d，由牛顿第二定律得 $mg\sin\theta=ma$，解得 $a=g\sin\theta$，由运动学规律得 $s=\frac{1}{2}at^2$，又 $s=d\sin\theta$，解得 $t=\sqrt{\frac{2d}{g}}$，与 θ 无关，则 $t_1=t_2=t_3$，故 D 正确。

3. 若以 μ 表示水的摩尔质量，V 表示在标准状态下水蒸气的摩尔体积，ρ 为在标准状态下水蒸气的密度，N_A 为阿佛加德罗常数，m、Δ 分别表示每个水分子的质量和体积，下面是四个关系式：

   ① $N_A=\frac{V\rho}{m}$　② $\rho=\frac{\mu}{N_A\Delta}$　③ $m=\frac{\mu}{N_A}$　④ $\Delta=\frac{V}{N_A}$

   其中 (B)

   A. ①和②都是正确的　　B. ①和③都是正确的

C. ③和④都是正确的　　D. ①和④都是正确的

> 由微观量与宏观量的运算关系知：$N_A=\frac{\rho V}{m}$ 正确；关系式 $\rho=\frac{\mu}{N_A\Delta}$ 中的 $\frac{\mu}{N_A\Delta}$ 为水的密度，不等于水蒸气的密度，不正确；$m=\frac{\mu}{N_A}$ 正确；关系式 $\Delta=\frac{V}{N_A}$ 中的 $\frac{V}{N_A}$ 为每个水蒸气分子占据的空间，不正确，故 B 正确。

4. 一列简谐横波沿 x 轴负方向传播，图 a 是 $t=1\,\mathrm{s}$ 时的波形图，图 b 是波中某振动质元位移随时间变化的振动图线（两图用同一时间起点），则图 b 可能是图 a 中哪个质元的振动图线？(A)

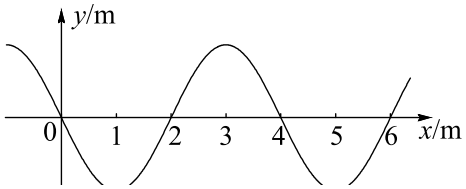


图 a

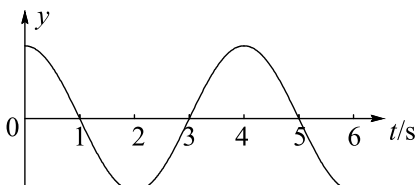


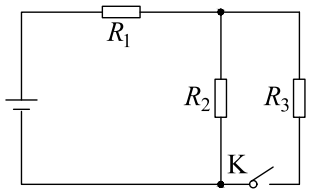
图 b

A. $x=0$ 处的质元　　B. $x=1\,\mathrm{m}$ 处的质元

C. $x=2\,\mathrm{m}$ 处的质元　　D. $x=3\,\mathrm{m}$ 处的质元

> 当 $t=1\,\mathrm{s}$ 时，由振动图线知，质点在平衡位置且向下运动，在波的图象中，由波向左传播可知 $x=0$ 处的质点位于平衡位置且向下运动，故 A 正确。

5. 图中电阻 R_1、R_2、R_3 的阻值相等，电池的内阻不计。开关 K 接通后流过 R_2 的电流是 K 接通前的 (B)



A. $\frac{1}{2}$　　B. $\frac{2}{3}$　　C. $\frac{1}{3}$　　D. $\frac{1}{4}$

> 开关 K 接通前，R_1 和 R_2 串联，$I_1=\frac{E}{2R}$；开关 K 接通后，R_2 和 R_3 并联，再与 R_1 串联，$I_2'=\frac{1}{2}I_2=\frac{1}{2}\cdot\frac{E}{R+\frac{R}{2}}=\frac{E}{3R}$，故 $\frac{I_2'}{I_1}=\frac{2}{3}$，故 B 正确。

6. 下表给出了一些金属材料的逸出功。

材料	铯	钙	镁	铍	钛
逸出功（$10^{-19}\,\mathrm{J}$）	3.0	4.3	5.9	6.2	6.6

现用波长为 400 nm 的单色光照射上述材料，能产生光电效应的材料最多有几种？（普朗克常量 $h = 6.6 \times 10^{-34}\,\mathrm{J \cdot s}$，光速 $c = 3.0 \times 10^{8}\,\mathrm{m/s}$）(A)

A. 2 种　　B. 3 种　　C. 4 种　　D. 5 种

> 波长 400 nm 光子的能量 $E = h\frac{c}{\lambda} = 6.6 \times 10^{-34} \times \frac{3.0\times10^{8}}{400\times10^{-9}}\,\mathrm{J} = 4.95 \times 10^{-19}\,\mathrm{J}$，大于铯和钙的逸出功，故 A 正确。

7. 下列哪个说法是正确的？(B)

A. 游泳运动员仰卧在水面静止不动时处于失重状态

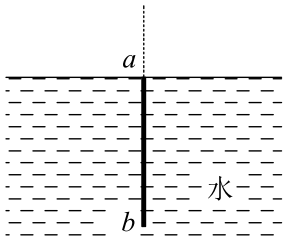
B. 蹦床运动员在空中上升和下落过程中都处于失重状态

C. 举重运动员在举起杠铃后不动的那段时间内处于超重状态

D. 体操运动员双手握住单杠吊在空中不动时处于失重状态

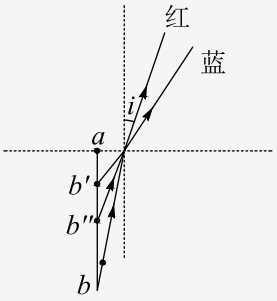
> 物体具有向下的加速度时，处于失重状态；具有向上的加速度时，处于超重状态。ACD 项的运动员均处于平衡状态，B 中运动员为失重状态，故 B 正确。

8. 发出白光的细线光源 ab，长度为 l_0，竖直放置，上端 a 恰好在水面以下，如图。现考虑线光源 ab 发出的靠近水面法线（图中的虚线）的细光束经水面折射后所成的像，由于水对光有色散作用，若以 l_1 表示红光成的像的长度，l_2 表示蓝光成的像的长度，则 (D)

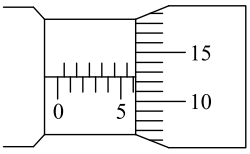


A. $l_1 < l_2 < l_0$　　B. $l_1 > l_2 > l_0$　　C. $l_2 > l_1 > l_0$　　D. $l_2 < l_1 < l_0$

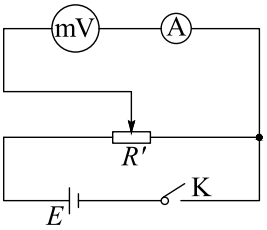
> 如图所示，由于蓝光折射率比红光大，故同一点发出的光经水面折射后，蓝光比红光偏折角大，经反向延长后所成的虚像长度小，即 $l_2 < l_1 < l_0$，故 D 正确。



9. (1) 图中给出的是用螺旋测微器测量一金属薄板厚度时的示数，此读数应为 _____mm。



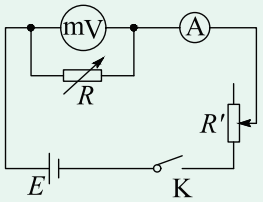
(2) 实验室内有一电压表 mV，量程为 150 mV、内阻约为 150 Ω。现要将其改装成量程为 10 mA 的电流表，并进行校准。为此，实验室提供如下器材：干电池 E（电动势为 1.5 V），电阻箱 R，滑线变阻器 R'，电流表 A（有 1.5 mA、15 mA 与 150 mA 三个量程）及开关 K。



（a）对电流表改装时必须知道电压表的内阻。可用图示的电路测量电压表 mV 的内阻。在既不损坏仪器又能使精确度尽可能高的条件下，电路中的电流表 A 应选用的量程是 _____。若合上 K，调节滑线变阻器后测得电压表的读数为 150 mV，电流表 A 的读数为 1.05 mA，则电压表的内阻 R_{mV} 为 _____。（取三位有效数字）

（b）在对改装成的电流表进行校准时，把 A 作为标准电流表，画出对改装成的电流表进行校准的电路原理图（滑线变阻器作限流使用），图中各元件要用题中给出的符号或字母标注。图中电阻箱的取值是 _____（取三位有效数字），电流表 A 应选的量程是 _____。

(1) 6.124 mm (2) （a）1.5 mA、143 Ω；（b）如图所示、16.8 Ω、15 mA。



（1）由图知螺旋测微器的读数为 $6\,\text{mm} + 12.4 \times 0.01\,\text{mm} = 6.124\,\text{mm}$；

（2）（a）电压表满偏电流 $I = \frac{U}{R} = \frac{150\,\text{mV}}{150\,\Omega} = 1.0\,\text{mA}$，所以选择 1.5 mA 量程的电流表，电压表的内阻为 $R_{mV} = \frac{150\,\text{mV}}{1.05\,\text{mA}} \approx 142.9\,\Omega$，题干要求保留三位有效数字，故 $R_{mV} \approx 143\,\Omega$；

（b）改装成 10 mA 的电流表后，校准时应选用 15 mA 量程的电流表，并联电阻箱的

阻值为 $R=\frac{150\times10^{-3}}{(10-1.05)\times10^{-3}}\,\Omega=16.8\,\Omega$。

10. 在勇气号火星探测器着陆的最后阶段，着陆器降落到火星表面上，再经过多次弹跳才停下来。假设着陆器第一次落到火星表面弹起后，到达最高点时高度为 h，速度方向是水平的，速度大小为 v_0，求它第二次落到火星表面时速度的大小，计算时不计火星大气阻力。已知火星的一个卫星的圆轨道的半径为 r，周期为 T，火星可视为半径为 r_0 的均匀球体。

$$v=\sqrt{\frac{8\pi^2hr^3}{T^2r_0^2}+v_0^2}$$

以 g' 表示火星表面附近的重力加速度，M 表示火星的质量，m 表示火星的卫星的质量，m' 表示火星表面处某一物体的质量，由万有引力定律和牛顿第二定律得

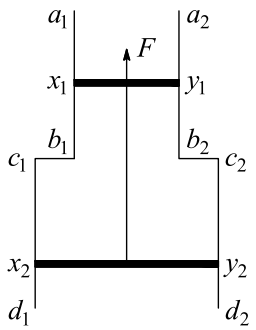
$$G\frac{Mm'}{r_0^2}=m'g',\quad G\frac{Mm}{r^2}=m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2r,$$

设着陆器第二次落到火星表面时的速度为 v，它的竖直分量为 v_1，水平分量仍为 v_0，有

$$v_1^2=2g'h,\quad v=\sqrt{v_1^2+v_0^2},$$

联立解得 $v=\sqrt{\frac{8\pi^2hr^3}{T^2r_0^2}+v_0^2}$。

11. 图中 $a_1b_1c_1d_1$ 和 $a_2b_2c_2d_2$ 为在同一竖直平面内的金属导轨，处在磁感应强度 B 的匀强磁场中，磁场方向垂直导轨所在平面（纸面）向里。导轨的 a_1b_1 段与 a_2b_2 段是竖直的，距离为 l_1；c_1d_1 段与 c_2d_2 段也是竖直的，距离为 l_2。x_1y_1 与 x_2y_2 为两根用不可伸长的绝缘轻线相连的金属细杆，质量分别为 m_1、m_2，它们都垂直于导轨并与导轨保持光滑接触。两杆与导轨构成的回路的总电阻为 R。F 为作用于金属杆 x_1y_1 上竖直向上的恒力。已知两杆运动到图示位置时，已匀速向上运动，求此时作用于两杆的重力的功率的大小和回路电阻上的热功率。



$$P=\frac{F-(m_1+m_2)g}{B^2(l_2-l_1)^2}R(m_1+m_2)g,\quad Q=\left[\frac{F-(m_1+m_2)g}{B(l_2-l_1)}\right]^2R$$

设杆向上运动的速度为 v，因杆的运动，两杆与导轨构成的回路的面积减少，从而磁通量也减少。由法拉第电磁感应定律，回路中的感应电动势的大小为

$$E=B(l_2-l_1)v \tag{①}$$

回路中的感应电流为

$$I=\frac{E}{R} \tag{②}$$

电流沿顺时针方向。两金属杆都要受到安培力作用，作用于杆 x_1y_1 的安培力为

$$F_1=BIl_1 \tag{③}$$

方向向上，作用于杆 x_2y_2 的安培力为

$$F_2=BIl_2 \tag{④}$$

方向向下。当杆做匀速运动时，对系统受力分析得

$$F-m_1g-m_2g+F_1-F_2=0 \tag{⑤}$$

联立解得

$$I=\frac{F-(m_1+m_2)g}{B(l_2-l_1)} \tag{⑥}$$

$$v=\frac{F-(m_1+m_2)g}{B^2(l_2-l_1)^2}R \tag{⑦}$$

作用于两杆的重力的功率的大小

$$P=(m_1+m_2)gv \tag{⑧}$$

回路电阻上的热功率为

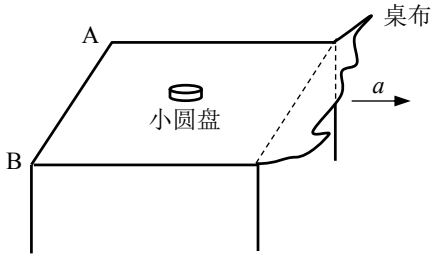
$$Q = I^2 R \tag{⑨}$$

由⑥⑦⑧⑨式，可得

$$P = \frac{F-(m_1+m_2)g}{B^2(l_2-l_1)^2} R(m_1+m_2)g,$$

$$Q = \left[\frac{F-(m_1+m_2)g}{B(l_2-l_1)}\right]^2 R.$$

12. 一小圆盘静止在桌布上，位于一方桌的水平面的中央。桌布的一边与桌的 AB 边重合，如图。已知盘与桌布间的动摩擦因数为 μ_1，盘与桌面间的动摩擦因数为 μ_2。现突然以恒定的加速度 a 将桌布抽离桌面，加速度的方向是水平的且垂直于 AB 边。若圆盘最后未从桌面掉下，则加速度 a 满足的条件是什么？（以 g 表示重力加速度）



$$a \geq \frac{\mu_1+2\mu_2}{\mu_2}\mu_1 g$$

设圆盘的质量为 m，桌长为 l，在桌布从圆盘下抽出的过程中，圆盘的加速度为 a_1，由牛顿第二定律得

$$\mu_1 mg = ma_1,$$

桌布抽出后，圆盘在桌面上做匀减速运动，以 a_2 表示加速度的大小，由牛顿第二定律得

$$\mu_2 mg = ma_2,$$

设圆盘刚离开桌布时的速度为 v_1，移动的距离为 x_1，离开桌布后在桌面上再运动距离 x_2 后便停下，由运动学公式得

$$v_1^2 = 2a_1 x_1, \quad v_1^2 = 2a_2 x_2,$$

圆盘没有从桌面上掉下的条件是

$$x_1 + x_2 \leq \frac{1}{2}l,$$

设桌布从盘下抽出所经历时间为 t，在这段时间内桌布移动的距离为 x，由运动学公式得

$$x = \frac{1}{2}at^2, \quad x_1 = \frac{1}{2}a_1t^2,$$

又 $x = \frac{1}{2}l + x_1$，联立解得 $a = \frac{\mu_1+2\mu_2}{\mu_2}\mu_1 g$，故圆盘最后未从桌面掉下，则加速度 a 满足的条件为

$$a \geq \frac{\mu_1 + 2\mu_2}{\mu_2}\mu_1 g.$$