2022 年海南

1. 北京 2022 年冬奥会，中国短道速滑队获得混合接力冠军。如图，交接棒的过程中甲运动员用力推乙运动员，设此过程中甲对乙的作用力为 F_1，乙对甲的作用力为 F_2，则 (A)



A. F_1 和 F_2 总是大小相等，方向相反　　B. F_1 和 F_2 总是大小相等，方向相同

C. F_1 的冲量大小比 F_2 的大　　D. F_1 的冲量大小比 F_2 的小

> 根据题意可知 F_1 和 F_2 是相互作用力，根据牛顿第三定律可知 F_1 和 F_2 等大反向、具有同时性；根据冲量定义式 $I=Ft$ 可知 F_1 和 F_2 的冲量大小相等，方向相反。
>
> 故选 A。

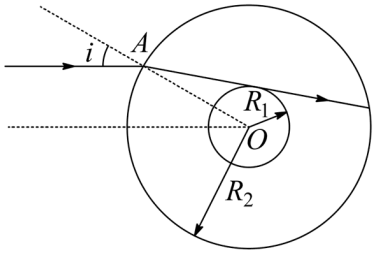
2. 下列四个核反应方程中，属于 β 衰变的是 (C)

A. ${}^{238}_{92}\mathrm{U}\longrightarrow{}^{234}_{90}\mathrm{Th}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}$　　B. ${}^{14}_{7}\mathrm{N}+{}^{4}_{2}\mathrm{He}\longrightarrow{}^{17}_{8}\mathrm{O}+{}^{1}_{1}\mathrm{H}$

C. ${}^{234}_{90}\mathrm{Th}\longrightarrow{}^{234}_{91}\mathrm{Pa}+{}^{0}_{-1}\mathrm{e}$　　D. ${}^{235}_{92}\mathrm{U}+{}^{1}_{0}\mathrm{n}\longrightarrow{}^{144}_{56}\mathrm{Ba}+{}^{89}_{36}\mathrm{Kr}+3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$

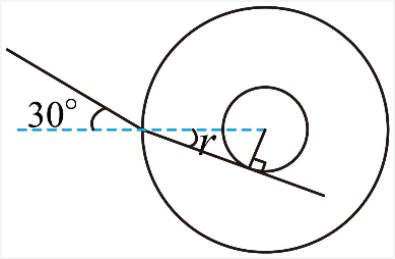
> A．该反应属于 α 衰变，放出了氦核（${}^{4}_{2}\mathrm{He}$），A 错误；
>
> B．该反应是卢瑟福发现质子（${}^{1}_{1}\mathrm{H}$）的核反应方程，B 错误；
>
> C．该反应属于 β 衰变，放出了电子（${}^{0}_{-1}\mathrm{e}$），C 正确；
>
> D．该反应是重核裂变的核反应方程，D 错误。
>
> 故选 C。

3. 空气中有一透明材料制成的中空管，其横截面内外圆半径之比 $R_1:R_2=1:3$。一束单色光以 $i=30^\circ$ 的入射角平行于横截面从 A 点入射，经折射后与内圆相切，如图所示。该材料的折射率为 (B)

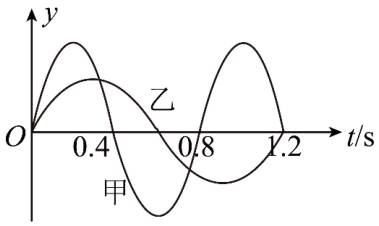


A. $\frac{4}{3}$ B. $\frac{3}{2}$ C. $\frac{\sqrt{10}}{2}$ D. $\sqrt{3}$

如图所示，设光经过 A 点后的折射角为 r，r 的正弦值 $\sin r = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$，由折射定律可得该透明材料的折射率 $n = \frac{\sin 30^\circ}{\sin r} = 1.5$，故 B 正确。



4. 甲、乙两摆在同一地点的振动图像如图所示，两单摆的摆长分别为 $l_{甲}$、$l_{乙}$，则 $\frac{l_{甲}}{l_{乙}}$ 为 (C)

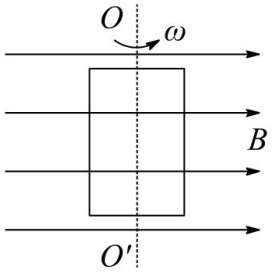


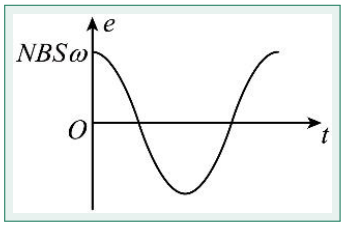
A. $\frac{2}{3}$ B. $\frac{3}{2}$ C. $\frac{4}{9}$ D. $\frac{9}{4}$

由振动图像可知甲、乙两个单摆周期之比为 $T_{甲} : T_{乙} = 0.8 : 1.2 = 2 : 3$。根据单摆周期公式可得 $l \propto T^2$，则甲、乙两个单摆的摆长之比为 $l_{甲} : l_{乙} = T_{甲}^2 : T_{乙}^2 = 4 : 9$。

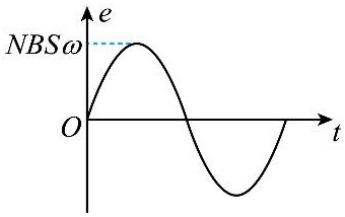
故选 C。

5. 如图，矩形导线框在匀强磁场中绕垂直于磁场的轴 OO' 以角速度 ω 匀速转动。线框面积为 S，匝数为 N，磁感应强度大小为 B，$t = 0$ 时线框平面与磁场方向平行。下列四幅图中能正确表示线框上产生的感应电动势 e 随时间 t 变化关系的是 (A)

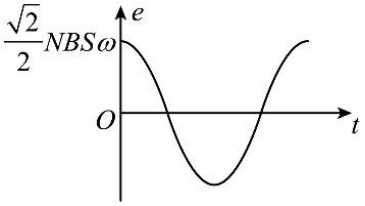




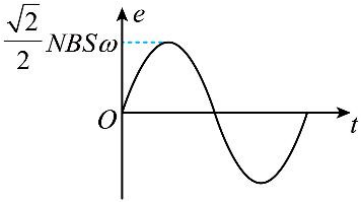
A.



B.



C.

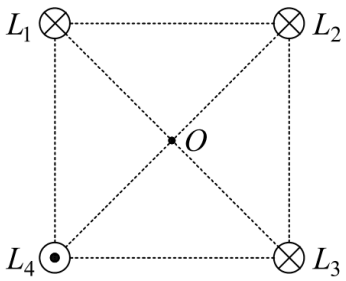


D.

图示位置线框处于与中性面垂直的平面，竖直长边垂直切割磁感线，此时产生的感应电动势最大为 $E_m = NBS\omega$。根据正弦式交变电流的表达式可知感应电动势随时间的变化关系为 $e = NBS\omega\cos\omega t$。

故选 A。

6. 如图，四根与纸面垂直的固定长直细导线，横截面分别位于正方形的四个顶点，通有大小相等的电流，其中导线 L_1、L_2、L_3 中的电流方向垂直纸面向里，导线 L_4 中的电流方向垂直纸面向外。O 点为正方形的中心，已知每根导线中的电流在 O 点产生的磁感应强度大小为 B，则 O 点的磁感应强度 (A)



A. 方向由 O 点沿纸面指向 L_1，大小为 $2B$

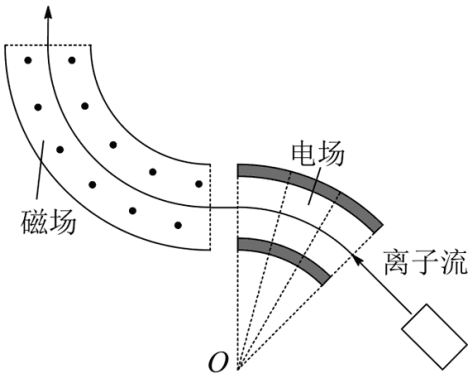
B. 方向由 O 点沿纸面指向 L_2，大小为 B

C. 方向由 O 点沿纸面指向 L_3，大小为 $2B$

D. 方向由 O 点沿纸面指向 L_4，大小为 B

L_1 和 L_3 导线在 O 点产生的磁感应强度等大反向，L_2 和 L_4 导线在 O 点产生的磁感应强度等大同向，方向指向 L_1，所以 O 点的磁感应强度大小为 $2B$，方向指向 L_1，故 A 正确。

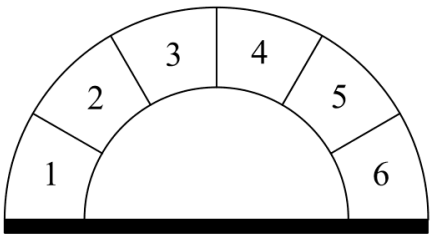
7. 如图，两块圆弧形金属板间存在方向指向圆心 O 的电场，与 O 点等距处电场强度大小相等。一束正离子流沿纸面垂直电场方向以相同速度射入电场，其中一部分离子能沿着某一等势面通过电场，然后进入方向垂直纸面向外的匀强磁场，则这部分离子中，沿相同轨迹通过磁场的离子都具有相同的 (C)



A. 质量　　B. 电荷量　　C. 比荷　　D. 动能

> 粒子在辐射电场中以速度 v 做匀速圆周运动，电场力完全提供向心力，根据牛顿第二定律可知
>
> $qE = m\frac{v^2}{r}$
>
> 解得 $r = \frac{m}{q} \cdot \frac{v^2}{E}$
>
> 粒子在匀强磁场中 $qvB = m\frac{v^2}{r}$
>
> 解得 $r' = \frac{m}{q} \cdot \frac{v}{B}$
>
> 粒子不同场中的轨迹相同，即粒子在不同场中转动半径相同，所以这些粒子具有相同的速度 v 和比荷 $\frac{q}{m}$。
>
> 故选 C。

8. 具有拱券结构的赵州桥展示了我国古代人民高超的造桥技术。如图，某同学用 6 块形状相同的楔形块搭成一个半圆形的拱券结构桥梁模型，其中 1 号与 6 号楔形块固定在水平面上，2 号与 5 号楔形块的质量均为 m，3 号与 4 号楔形块的质量均为 m'。若不计楔形块之间的摩擦力，则 $\frac{m}{m'}$ 为 (D)



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

六块形状完全相同的石块围成半圆对应的圆心角为 180°，每块石块对应的圆心角为 30°，对第 3 块石块受力分析如图 甲 所示。结合力的合成可知

$\tan 60° = \frac{F_4}{m'g}$

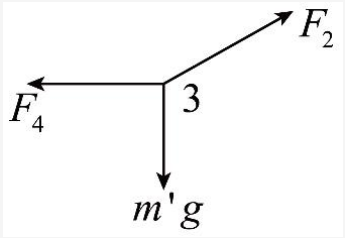
对第 2 块和第 3 块石块整体受力分析如图 乙 所示

$\tan 30° = \frac{F_4}{(m+m')g}$

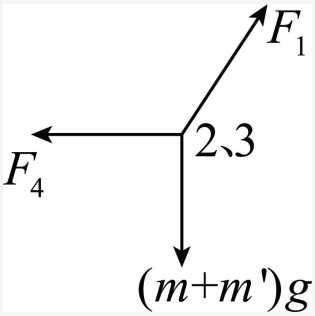
解得

$\frac{m}{m'} = 2$

故选 D。

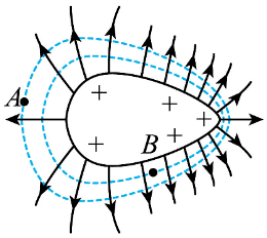


图甲



图乙

9. 某带电体周围的电场线和等势面如图所示，图中 A、B 两点的电场强度大小分别为 E_A、E_B，电势分别为 φ_A、φ_B，则 (BD)



A. $E_A > E_B$　　B. $E_A < E_B$　　C. $\varphi_A > \varphi_B$　　D. $\varphi_A < \varphi_B$

A、B．根据电场线的疏密程度表示电场的强弱，电场线越密，电场强度越大，则 B 点的电场强度较大，即 $E_A < E_B$。故 A 错误，B 正确；

C、D．根据电场线与等势面垂直，且沿电场线方向电势降低，所以 B 点的电势较大，即 $\varphi_A < \varphi_B$。故 C 错误，D 正确。

故选 BD。

10. 火星与地球的质量之比为 a，半径之比为 b。设火星、地球的第一宇宙速度分别为 $v_{火}$、

$v_{地}$，表面的自由落体加速度分别为 $g_{火}$、$g_{地}$，则（AC）

A. $\frac{v_{火}}{v_{地}}=\sqrt{\frac{a}{b}}$　　B. $\frac{v_{火}}{v_{地}}=\sqrt{\frac{b}{a}}$　　C. $\frac{g_{火}}{g_{地}}=\frac{a}{b^2}$　　D. $\frac{g_{火}}{g_{地}}=\frac{a}{b}$

由 $G\frac{Mm}{R^2}=m\frac{v^2}{R}$ 结合 $gR^2=GM$ 可得 $v=\sqrt{gR}$，知 $\frac{v_{火}}{v_{地}}=\sqrt{\frac{a}{b^2}\cdot b}=\sqrt{\frac{a}{b}}$。

由 $G\frac{Mm}{R^2}=mg$ 可得 $g=\frac{GM}{R^2}$，知 $\frac{g_{火}}{g_{地}}=\frac{a}{b^2}$。

故 AC 正确，BD 错误。

故选 AC。

11. 大量氢原子处于 $n=4$ 能级，会自发地辐射出多种频率的光，下列说法正确的是（BC）

A. 向基态跃迁时氢原子吸收能量

B. 能辐射出 6 种频率的光

C. 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级时辐射的光频率最大

D. 从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级时辐射的光频率最大

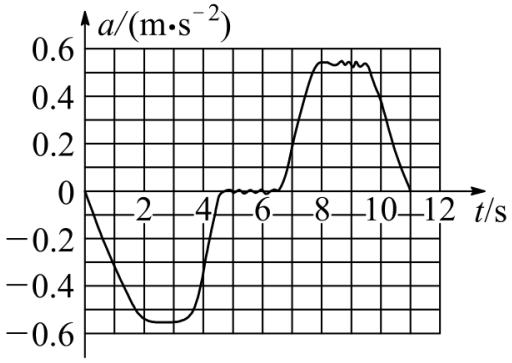
A．高能级向低能级跃迁向外放出能量，以光子形式释放出去，故 A 错误；

B．最多能放不同频率光子的种数为 $C_4^2=6$。故 B 正确；

C、D．从最高能级向最低能级跃迁释放的光子能量最大，对应的频率最大，波长最小，则 $n=4$ 向 $n=1$ 跃迁发出的光子频率最大，故 C 正确，D 错误。

故选 BC。

12. 某同学从 5 楼乘电梯下降到 1 楼，在此过程中他用手机内置的加速度传感器测得电梯运行的加速度 a 随时间 t 的变化关系如图所示，则（AD）



A. $t=1\,\mathrm{s}$ 时该同学处于失重状态

B. $t=10\,\mathrm{s}$ 时该同学处于失重状态

C. 此过程中电梯运行中最大的速率约为 $0.56\,\mathrm{m/s}$

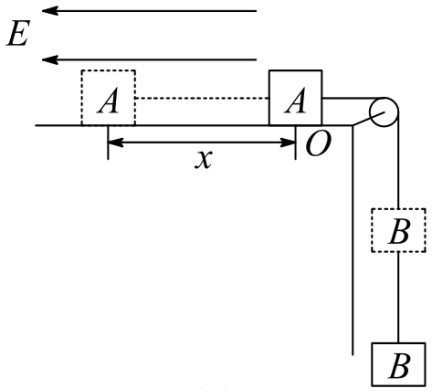
D. 此过程中电梯运行中最大的速率约为 $1.8\,\mathrm{m/s}$

因为电梯向下运动，则最初电梯加速度方向竖直向下，由题意知 $a<0$ 表示加速度方向竖直向下。$t=1\,\mathrm{s}$ 时，$a<0$，即加速度方向竖直向下，电梯对该同学的支持力小于重力，该同学处于失重状态，故 A 正确；

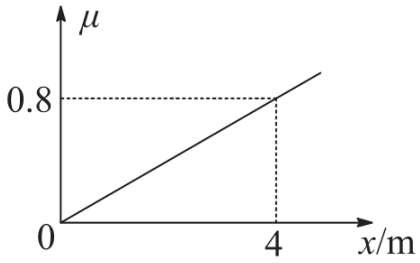
$t=10\,\mathrm{s}$ 时，$a>0$，加速度方向竖直向上，电梯对该同学的支持力大于重力，该同学处于超重状态，故 B 错误；

$a-t$ 图像中图线与 t 轴围成的面积表示速度的变化量，开始时速率为零，则运动中最大速率约为 $v_m=\frac{1.5+4.5}{2}\times 0.6\,\mathrm{m/s}=1.8\,\mathrm{m/s}$。故 C 错误 D 正确。

13. 如图 甲，物块 A 放在绝缘水平面上的 O 点，用跨过轻质定滑轮的绝缘轻绳与物块 B 连接，B 离滑轮足够远。空间存在水平向左的匀强电场，电场强度大小为 $4\times 10^5\,\mathrm{V/m}$。A、B 的质量均为 $1\,\mathrm{kg}$，A 的电荷量为 $3\times 10^{-5}\,\mathrm{C}$，B 不带电。运动过程中 A 与 O 点的距离设为 x，A 与水平面间的动摩擦因数 μ 与 x 的关系如图 乙。规定 O 点的电势为零，重力加速度大小取 $g=10\,\mathrm{m/s^2}$。将 A、B 由静止释放，则物块 A 的 (ACD)



图甲



图乙

A. 最大速度为 $1\,\mathrm{m/s}$

B. 最大位移为 $1\,\mathrm{m}$

C. 当速度为 $0.6\,\mathrm{m/s}$ 时，电势能可能是 $-2.4\,\mathrm{J}$

D. 当速度为 $0.6\,\mathrm{m/s}$ 时，绳中拉力大小可能是 $9.2\,\mathrm{N}$

A、B．由题知 $f=\mu mg=2x$

设 A 向左移动 x 后速度为零，对 A、B 系统有

$qEx-mgx-\frac{1}{2}fx=0$

（此处 fx 前面的 $\frac{1}{2}$ 是因为摩擦力是变力，其做功可以用平均力），可得 $x=2\,\mathrm{m}$

A 向左运动是先加速后减速，当 $x=2\,\mathrm{m}$ 时，摩擦力变成静摩擦力，并反向，系统受力平衡，最后静止。设 A 向左运动 x' 后速度为 v，对系统则有

$qEx'-mgx'-\frac{1}{2}fx'=\frac{1}{2}\cdot 2mv^2$

得 $mv^2=-(x'-1)^2+1$

即：当 $x'=1\,\mathrm{m}$ 时，v 最大为 $1\,\mathrm{m/s}$，故 A 正确，B 错误；

C．当 $v=0.6\,\mathrm{m/s}$ 时，可得 $x=0.2\,\mathrm{m}$ 或 $1.8\,\mathrm{m}$

当 $x=0.2\,\mathrm{m}$ 时，电场力做功 $qEx=2.4\,\mathrm{J}$

则电势能减小 $2.4\,\mathrm{J}$，由于 $E_{pO}=0$，则电势能为 $-2.4\,\mathrm{J}$，当 $x=1.8\,\mathrm{m}$ 时

$E_{pO}=-21.6\,\mathrm{J}$

故 C 正确；

D．根据牛顿第二定律 $qE-f-mg=2ma$

当 $x=0.2\,\mathrm{m}$ 时，系统加速度 $a=0.8\,\mathrm{m/s^2}$

对 B 有 $T-mg=ma$，得 $T=10.8\,\mathrm{N}$。

当 $x=1.8\,\mathrm{m}$ 时，系统加速度 $a=-0.8\,\mathrm{m/s^2}$

对 B 分析可得 $T=9.2\,\mathrm{N}$。

故 D 正确。

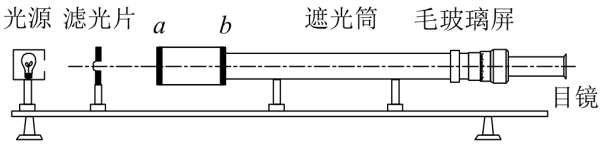
故选 ACD。

14. 用双缝干涉测量某单色光的波长。

(1) 如图所示的实验装置中，a、b 分别为 A（填“A”或“B”）。

A. 单缝、双缝　　B. 双缝、单缝

(2) 测得第 1 条亮条纹中心到第 6 条亮条纹中心的距离为 x，双缝到毛玻璃屏的距离为 L，已知双缝间的距离为 d，则该单色光的波长 $\lambda=\frac{dx}{5L}$（用 x、d、L 表示）。



(1) A　(2) $\frac{dx}{5L}$

（1）由双缝干涉原理可知，先用滤光片得到单色光，然后用单缝得到细长的光源，最后用双缝得到两束相干光，故 a、b 分别为单缝和双缝。

故选 A。

（2）第 1 条亮纹到第 6 条亮纹间距是 x，则相邻亮条纹间距为

$\Delta x = \frac{x}{5}$

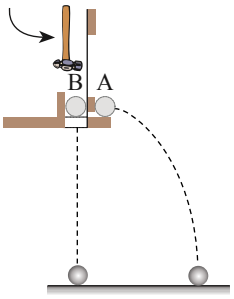
根据 $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$ 可得光的波长是

$\lambda = \frac{\Delta x d}{L} = \frac{dx}{5L}$

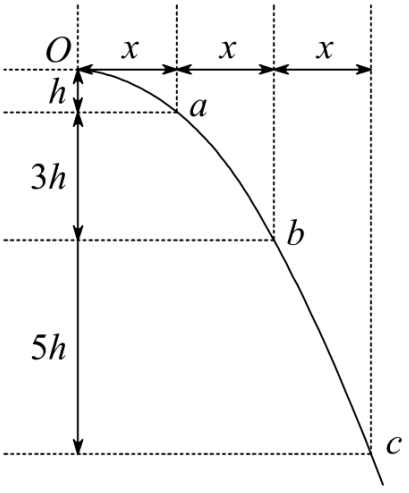
15. 某学习小组探究平抛运动的特点。

(1) 采用如图 甲 所示装置探究平抛运动竖直分运动的特点。用小锤击打弹性金属片后，A 球沿水平方向抛出，做平抛运动；同时 B 球被释放，自由下落，做自由落体运动。实验发现两球同时落地。分别改变小球距地面的高度和小锤击打的力度，多次重复实验，发现两球仍同时落地。根据该实验现象，可以得到的实验结论是作平抛运动的物体，在竖直方向上是自由落体运动。

(2) 探究平抛运动水平分运动的特点时，得到小球平抛运动的轨迹如图 乙 所示，其中 O 为抛出点，a、b、c 是轨迹上选取的三个点，O 与 a、a 与 b、b 与 c 之间的竖直距离分别为 h、$3h$、$5h$，则小球从 O 到 a、a 到 b、b 到 c 的运动时间相等（填“相等”或“不相等”）；又测得 O 与 a、a 与 b、b 与 c 之间的水平距离相等，均为 x，则可分析得出平抛运动在水平方向的分运动是匀速直线运动，小球平抛运动的初速度为$x\sqrt{\frac{g}{2h}}$（用 h、x 和重力加速度 g 表示）。



图甲



图乙

(1) 作平抛运动的物体，在竖直方向上是自由落体运动　(2) 相等；$x\sqrt{\frac{g}{2h}}$

（1）经过多次实验发现两个小球总是同时落地，则得到的结论是：作平抛运动的物体，在竖直方向上是自由落体运动；

（2）在水平方向是匀速运动，由图可知，从 $O \to a$，$a \to b$，$b \to c$ 水平方向位移相等，运动相同的距离所用时间相等；

在竖直方向上，连续相等时间 t 内的下落高度之比为 $1:3:5$，可知 O 点的竖直速度

为 0，得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，而水平方向上有 $x=vt$，所以 $v=x\sqrt{\frac{g}{2h}}$。

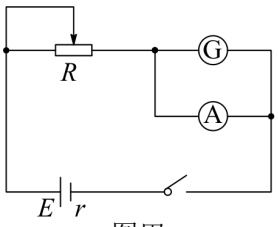
16. 某同学将一个满偏电流 $I_g=50\,\mu A$ 的表头 G 改装成量程为 $1\,mA$ 的电流表并校准。

(1) 用图 甲 所示的电路测量表头 G 的内阻 r_g，连接线路，闭合开关 S，调节滑动变阻器 R，当电流表 A 的示数为 $84\,mA$ 时，电流表 G 的示数如图 乙 所示，该读数为 30.0 μA。

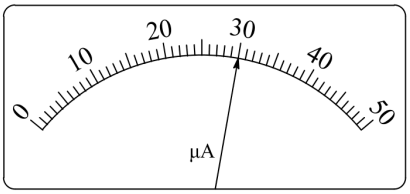
(2) 已知电流表 A 的内阻 $r_A=1.0\,\Omega$，则表头 G 的内阻 $r_g=$ 2800 Ω。经计算，用一个阻值为 R_1 的电阻与表头 G 并联，将表头 G 改装成电流表。

(3) 将改装后的电流表与标准电流表串联进行校准。当通过表头 G 的电流为 $\frac{4}{5}I_g$ 时，标准电流表 A 的示数为 $0.76\,mA$，则改装后的电流表量程实际为 0.95 mA。

(4) 如果因为测量不准确导致改装后的电流表量程不是 $1\,mA$，为使改装后的电流表量程变为 $1\,mA$，只需在 R_1 两端并联一个阻值 $R_2=$ 18R_1 的电阻即可。



图甲



图乙

(1) 30.0 μA (2) 2800 Ω (3) 0.95 mA (4) 18

（1）电流表 G 的满偏电流 $I_g=50\,\mu A$，则电流表 G 的示数为 $30.0\,\mu A$（见 乙）。

（2）根据并联电路电压相等可得 $84\times10^{-3}\,A\times1.0\,\Omega=30\times10^{-6}\,A\times r_g$，可得电流表 G 的内阻 $r_g=2800\,\Omega$。

（3）分析改装后的电表，由改装电表原理知，当流过表头的电流为 $\frac{4}{5}I_g$ 时，则流过电阻 R_1 的电流为 $I_{R_1}=0.76\,mA-\frac{4}{5}I_g$，由并联电路电压相等得 $I_{R_1}\cdot R_1=\frac{4}{5}I_g\cdot r_g$，解得 $R_1=\frac{1}{18}r_g$，则改装电流表的实际量程为 $I_1=I_g+\frac{I_gr_g}{R_1}=0.95\,mA$。

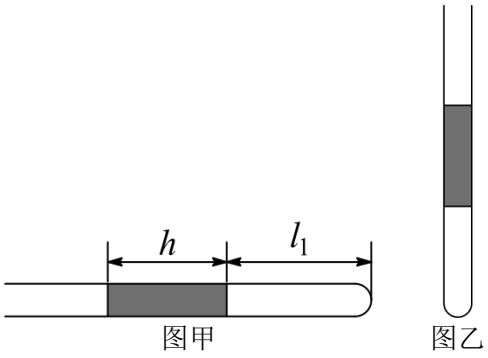
（4）若把并联 R_1 的电流表 G 再改装成量程为 $1\,mA$ 的电流表，需要再并联电阻 R_2，R_1 与 R_2 并联的总电阻为 R_{12}，由并联电路特点得 $\frac{r_g}{R_{12}}=\frac{1000\,\mu A-50\,\mu A}{50\,\mu A}=\frac{19}{1}$，即 $R_{12}=\frac{1}{19}r_g$，又 $R_{12}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$，解得 $R_2=r_g$，由（3）知 $R_1=\frac{1}{18}r_g$，故 $R_2=18R_1$。

17. 如图 甲，粗细均匀、足够长的细玻璃管水平放置，管内用长 $h=19\,cm$ 的水银柱封闭一定质量的理想气体，气柱长 $l_1=25\,cm$，温度 $T_1=300\,K$，大气压强 $p_0=76\,cmHg$。保持气体温度不变，将玻璃管顺时针缓慢转至开口竖直向上，如图 乙。

(1) 判断此过程气体是吸热还是放热；

(2) 求玻璃管开口竖直向上时气柱的长度 l_2；

(3) 保持玻璃管开口竖直向上，若封闭气体缓慢升温至 $T_2 = 360\,\mathrm{K}$，求此时气柱的长度 l_3。



(1) 放热　(2) 20 cm　(3) 24 cm

（1）以封闭气体为研究对象，气体做等温变化，内能不变，$\Delta U = 0$，但外界对气体做正功，$W > 0$，由热力学第一定律表达式 $\Delta U = W + Q$ 可知，$Q < 0$，气体对外放热。

（2）设玻璃管横截面积为 S，玻璃管水平时封闭气体压强

$p_1 = 76\,\mathrm{cmHg}$

体积 $V_1 = l_1 S$

玻璃管竖起来后压强为

$p_2 = 19\,\mathrm{cmHg} + 76\,\mathrm{cmHg} = 95\,\mathrm{cmHg}$

体积 $V_2 = l_2 S$

封闭气体发生等温变化，由玻意耳定律得

$p_1 V_1 = p_2 V_2$，解得 $l_2 = 20\,\mathrm{cm}$。

（3）保持玻璃管竖直向上，升温过程中气体发生等压变化，由盖-吕萨克定律得

$\frac{V_2}{T_1} = \frac{V_3}{T_2}$

其中 $T_1 = 300\,\mathrm{K}$，$T_2 = 360\,\mathrm{K}$，$V_2 = l_2 S$，$V_3 = l_3 S$

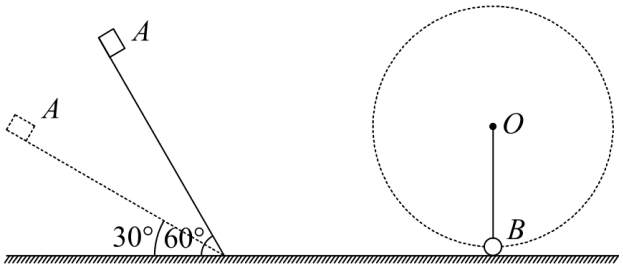
解得 $l_3 = 24\,\mathrm{cm}$。

18. 如图，竖直面内一倾角可调的轨道与光滑水平面平滑相连。当轨道倾角为 30° 时，物块 A 恰好能沿轨道匀速下滑。小球 B 用轻绳悬挂于 O 点，恰与水平面接触而无挤压。将轨道倾角调为 60°，物块 A 从轨道上距水平面高为 h 处由静止开始运动，一段时间后与小球 B 发生对心弹性碰撞，碰撞后小球 B 恰好能做完整的圆周运动。已知物块 A 的质量是小球 B 的 3 倍，重力加速度为 g，忽略空气阻力，求：

(1) 物块 A 与轨道间的动摩擦因数；

(2) 碰撞后瞬间小球 B 的速度大小；

(3) 轻绳的长度。



(1) $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$ (2) $\sqrt{3gh}$ (3) $0.6h$

（1）倾角为 30° 时匀速运动，根据平衡条件有

$mg\sin 30^\circ=\mu mg\cos 30^\circ$

得 $\mu=\frac{\sqrt{3}}{3}$

（2）（3）A 从高为 h 的地方滑下后速度为 v_0，根据动能定理有

$3mgh-\mu\cdot 3mg\cos 60^\circ\frac{h}{\sin 60^\circ}=\frac{1}{2}\cdot 3mv_0^2$

A 与 B 碰撞后速度分别为 v_1 和 v_2，根据动量守恒、能量守恒有

$3mv_0=3mv_1+mv_2$

$\frac{1}{2}\cdot 3mv_0^2=\frac{1}{2}\cdot 3mv_1^2+\frac{1}{2}mv_2^2$

B 到达最高点速度为 v_3，根据牛顿第二定律有

$mg=m\frac{v_3^2}{L}$

根据能量守恒有 $\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{1}{2}mv_3^2+mg\cdot 2L$

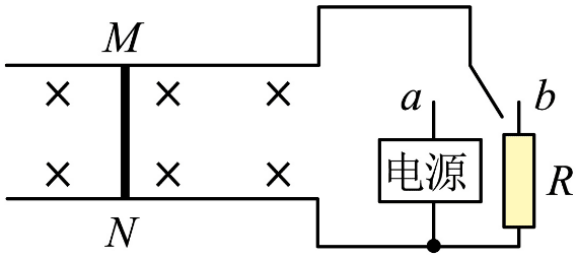
解得 $v_2=\sqrt{3gh}$，$L=0.6h$。

19. 如图，水平面上固定有两光滑平行金属导轨，导轨处于磁感应强度为 $B=0.25\,\mathrm{T}$ 的匀强磁场中，磁场方向竖直向下。金属棒 MN 垂直导轨放置，导轨右侧接自动控制电路，开关 S 接 a 时，电源可使棒中电流大小始终为 $I=1\,\mathrm{A}$，电流方向可根据需要改变；接 b 时，棒与阻值为 $R=0.05\,\Omega$ 的电阻构成回路；电流方向改变及开关切换可瞬间完成。已知棒的质量 $m=0.1\,\mathrm{kg}$，电阻 $r=0.05\,\Omega$，棒的长度与导轨间距均为 $L=0.4\,\mathrm{m}$，棒运动过程中始终与导轨接触良好，导轨电阻忽略不计且足够长。

(1) 当开关 S 接 a，求当棒中电流方向从 M 流向 N 时，导体棒的加速度方向和大小；

(2) 当开关始终接 a，使棒由静止开始在最短时间内向左运动 4 m 后停下，求此过程棒的最大速度；

(3) 使棒由静止开始在最短时间内向左移动 7 m 后停下，求此过程棒中产生的焦耳热。



(1) $a=1\,\mathrm{m/s^2}$，方向向右　(2) $v=2\,\mathrm{m/s}$　(3) $Q_{总}=0.4\,\mathrm{J}$

（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 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 时间内有 $x_1=\frac{v^2}{2a}$

后 t_2 时间内有 $x_2=\frac{v^2}{2a}$

根据 $x_1+x_2=4$，联立解得 $v=2\,\mathrm{m/s}$

（3）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，则由动量定理 $-B\bar{I}Lt_2=mv'-mv$

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相同，则第三段，

$\frac{B^2L^2v'}{R+r}=ma,\quad v'=at_3,\quad x_3=\frac{1}{2}at_3^2,\quad Q_3=I^2rt_3$

又 $x_1+x_2+x_3=7$

解得 $v'=1\,\mathrm{m/s}$，$t_1=3\,\mathrm{s}$，$t_3=1\,\mathrm{s}$

故 $Q_{总}=Q_1+Q_2+Q_3=0.4\,\mathrm{J}$