2022 年福建

1. 福建土楼兼具居住和防御的功能，承启楼是圆形土楼的典型代表，如图 a 所示。承启楼外楼共四层，各楼层高度如图 b 所示。同一楼层内部通过直径约 50 m 的圆形廊道连接。若将质量为 100 kg 的防御物资先从二楼仓库搬到四楼楼梯口 M 处，再用 100 s 沿廊道运送到 N 处，如图 c 所示。重力加速度大小取 $10\,\mathrm{m/s^2}$，则 (A)

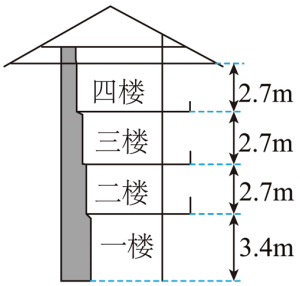


图 b

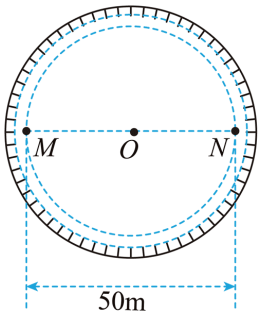


图 c


图 a

A. 该物资从二楼地面被运送到四楼 M 处的过程中，克服重力所做的功为 5400 J

B. 该物资从 M 处被运送到 N 处的过程中，克服重力所做的功为 78500 J

C. 从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，位移大小为 78.5 m

D. 从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，平均速率为 0.5 m/s

> A．该物资从二楼地面被运送到四楼 M 处的过程中，克服重力所做的功为
>
> $W_G = mg\Delta h = 100 \times 10 \times (2.7 + 2.7)\,\mathrm{J} = 5400\,\mathrm{J}$
>
> 故 A 正确；
>
> B．该物资从 M 处被运送到 N 处的过程中，由于 M、N 高度差为零，所以克服重力做功为零，故 B 错误；
>
> C．从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，位移大小为 50 m，故 C 错误；
>
> D．从 M 处沿圆形廊道运动到 N 处，平均速率为
>
> $v = \frac{s}{t} = \frac{\pi r}{t} = \frac{3.14 \times \frac{50}{2}}{100}\,\mathrm{m/s} = 0.785\,\mathrm{m/s}$
>
> 故 D 错误。
>
> 故选 A。

2. 2011 年 3 月，日本发生的大地震造成了福岛核电站核泄漏。在泄露的污染物中含有大量放射性元素 ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$，其衰变方程为 ${}^{131}_{53}\mathrm{I} \longrightarrow {}^{131}_{54}\mathrm{Xe} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}$，半衰期为 8 天，已知 $m_I = 131.037\,21\,\mathrm{u}$，$m_{Xe} = 131.031\,86\,\mathrm{u}$，$m_e = 0.000\,549\,\mathrm{u}$，则下列说法正确的是 (D)

A. 衰变产生的 β 射线来自于 ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ 原子的核外电子

B. 该反应前后质量亏损 $0.005\,35\,\mathrm{u}$

C. 放射性元素 ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ 发生的衰变为 α 衰变

D. 经过 16 天，75% 的 ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ 原子核发生了衰变

A．${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ 衰变时，原子核内中子转化为质子和电子，大量电子从原子核释放出来形成 β 射线，故 A 错误；

B．该反应前后质量亏损为

$$\Delta m = m_I - m_{Xe} - m_e = 131.037\,21\,\mathrm{u} - 131.031\,86\,\mathrm{u} - 0.000\,549\,\mathrm{u} = 0.004\,801\,\mathrm{u}$$

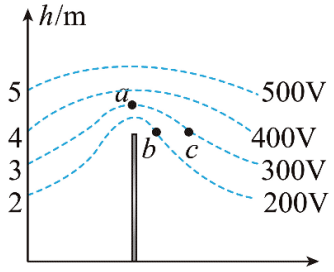
故 B 错误；

C．放射性元素 ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ 发生的衰变为 β 衰变，故 C 错误；

D．由于半衰期为 8 天，可知经过 16 天，即经过两个半衰期，75% 的 ${}^{131}_{53}\mathrm{I}$ 原子核发生了衰变，故 D 正确。

故选 D。

3. 平时我们所处的地球表面，实际上存在场强大小为 $100\,\mathrm{V/m}$ 的电场，可将其视为匀强电场，在地面立一金属杆后空间中的等势面如图所示。空间中存在 a、b、c 三点，其中 a 点位于金属杆正上方，b、c 等高。则下列说法正确的是 (B)



A. b、c 两点的电势差 $U_{bc} = 0$

B. a 点场强大小大于 $100\,\mathrm{V/m}$

C. a 点场强方向水平向右

D. a 点的电势低于 c 点

A．由图可知，b、c 两点的电势差为 $U_{bc} = (200 - 300)\,\mathrm{V} = -100\,\mathrm{V}$。故 A 错误；

B．由图可知，a 点与相邻两等势面的距离小于 1 m，电势差等于 100 V，根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知 a 点场强大小大于 $100\,\mathrm{V/m}$，故 B 正确；

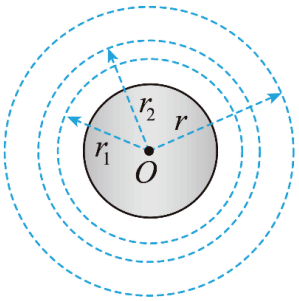
C．根据场强方向垂直于等势面，可知 a 点的场强方向沿竖直方向，不是水平方向，

故 C 错误；

D．由图可知，a 点与 c 点在同一等势面上，电势均为 300 V，故 D 错误。

故选 B。

4. 2021 年美国“星链”卫星曾近距离接近我国运行在距地 390 km 近圆轨道上的天宫空间站。为避免发生危险，天宫空间站实施了发动机点火变轨的紧急避碰措施。已知质量为 m 的物体从距地心 r 处运动到无穷远处克服地球引力所做的功为 $G\frac{Mm}{r}$，式中 M 为地球质量，G 为引力常量；现将空间站的质量记为 m_0，变轨前后稳定运行的轨道半径分别记为 r_1、r_2，如图所示。空间站紧急避碰过程发动机做的功至少为 (A)



A. $\frac{1}{2}GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$　　B. $GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$

C. $\frac{3}{2}GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$　　D. $2GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$

空间站紧急避碰的过程可简化为加速、变轨、再加速的三个阶段；空间站从轨道 r_1 变轨到 r_2 过程，根据动能定理有

$W+W_{引力}=\Delta E_k$

依题意可得引力做功

$W_{引力}=G\frac{Mm_0}{r_2}-G\frac{Mm_0}{r_1}$

万有引力提供在圆形轨道上做匀速圆周运动的向心力，由牛顿第二定律有

$G\frac{Mm_0}{r^2}=m_0\frac{v^2}{r}$

求得空间站在轨道上运动的动能为

$E_k=G\frac{Mm_0}{2r}$

动能的变化

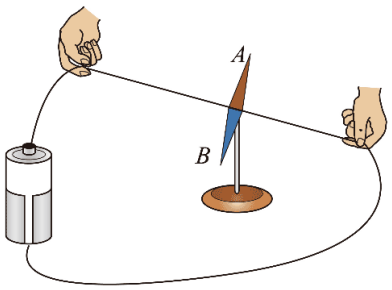
$\Delta E_k=G\frac{Mm_0}{2r_2}-G\frac{Mm_0}{2r_1}$

解得 $W=\frac{1}{2}GMm_0\left(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2}\right)$

故选 A。

5. 奥斯特利用如图所示实验装置研究电流的磁效应。一个可自由转动的小磁针放在白金

丝导线正下方，导线两端与一伏打电池相连。接通电源瞬间，小磁针发生了明显偏转。奥斯特采用控制变量法，继续研究了导线直径、导线材料、电池电动势以及小磁针位置等因素对小磁针偏转情况的影响。他能得到的实验结果有（AB）



A. 减小白金丝直径，小磁针仍能偏转

B. 用铜导线替换白金丝，小磁针仍能偏转

C. 减小电源电动势，小磁针一定不能偏转

D. 小磁针的偏转情况与其放置位置无关

A．减小导线直径，仍存在电流，其产生的磁场仍能使小磁针偏转，选项 A 正确；

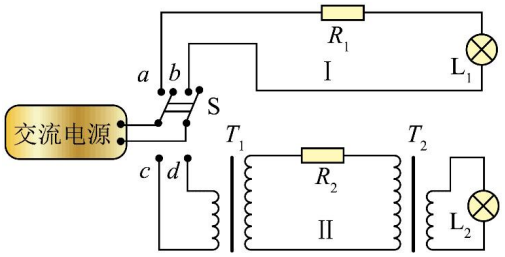
B．白金导线换成铜导线，仍存在电流，产生的磁场仍能使小磁针偏转，选项 B 正确；

C．减小伏打电池电动势，只要导线中有电流，小磁场还是会发生偏转，选项 C 错误；

D．通电导线产生的磁场与地磁场叠加后，其空间磁场方向与位置有关，当小磁针在不同位置时其偏转情况不同，选项 D 错误。

故选 AB。

6. 某同学利用如图所示电路模拟远距离输电．图中交流电源电压为 6 V，定值电阻 $R_1 = R_2 = 20\,\Omega$，小灯泡 L_1、L_2 的规格均为“6 V 1.8 W”，理想变压器 T_1、T_2 原副线圈的匝数比分别为 1 : 3 和 3 : 1．分别接通电路Ⅰ和电路Ⅱ，两电路都稳定工作时，（BC）



A. L_1 与 L_2 一样亮

B. L_2 比 L_1 更亮

C. R_1 上消耗的功率比 R_2 的大

D. R_1 上消耗的功率比 R_2 的小

若开关接 cd 端，则若电源电压为 U_0，理想变压器 T_1、T_2 的匝数比为

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{n_3}{n_4} = k$$

用户电阻为 $R_{负载}$，输电线电阻为 $R_{导线}$，由变压器工作原理和欧姆定律。升压变压器次级电压

$U_2 = kU_0$

降压变压器初级电压

$U_3 = U_2 - I_2R_{导线}$

降压变压器次级电压

$U_4 = \frac{U_3}{k}$

$I_4 = \frac{U_4}{R_{负载}}$

$\frac{I_4}{I_3} = k$

$I_3 = I_2$

可得输电功率为

$P_{输} = U_2I_2 = \frac{k^2U_0^2}{R_{导线}+k^2R_{负载}}$

输电线上损耗的电功率为

$P_{导线} = I_2^2R_{导线} = \frac{k^2U_0^2}{\left(R_{导线}+k^2R_{负载}\right)^2}R_{导线}$

用户得到的电功率为

$P_{负载} = \frac{k^2U_0^2}{\left(R_{导线}+k^2R_{负载}\right)^2}\cdot k^2R_{负载}$

若开关接 ab 端，则负载得到的功率

$P'_{负载} = \frac{U_0^2}{\left(R_{导线}+R_{负载}\right)^2}\cdot R_{负载}$

输电线上损耗的电功率为

$P'_{导线} = \frac{U_0^2}{\left(R_{导线}+R_{负载}\right)^2}R_{导线}$

将 $R_{导线} = R_1 = R_2 = 20\,\Omega$，$R_{负载} = \frac{6^2}{1.8}\,\Omega = 20\,\Omega$，$k = 3$ 带入可知：

可得 $P_{负载} > P'_{负载}$

即 L_2 比 L_1 更亮；

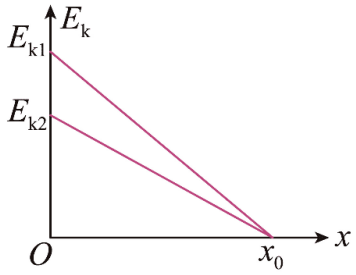
$P_{导线} < P'_{导线}$

R_1 上消耗的功率比 R_2 的大。

故选 BC。

7. 一物块以初速度 v_0 自固定斜面底端沿斜面向上运动，一段时间后回到斜面底端。该物体的动能 E_k 随位移 x 的变化关系如图所示，图中 x_0、E_{k1}、E_{k2} 均已知。根据图中信

息可以求出的物理量有（BD）



A. 重力加速度大小　　B. 物体所受滑动摩擦力的大小

C. 斜面的倾角　　D. 沿斜面上滑的时间

ABC. 由动能定义式得 $E_{k1}=\frac{1}{2}mv_0^2$，则可求解质量 m；上滑时，由动能定理 $E_k-E_{k1}=-(mg\sin\theta+f)x$

下滑时，由动能定理

$E_k=(mg\sin\theta-f)(x_0-x)$

x_0 为上滑的最远距离；由图像的斜率可知

$mg\sin\theta+f=\frac{E_{k1}}{x_0}$，$mg\sin\theta-f=\frac{E_{k2}}{x_0}$

两式相加可得

$g\sin\theta=\frac{1}{2m}\left(\frac{E_{k1}}{x_0}+\frac{E_{k2}}{x_0}\right)$

相减可知

$f=\frac{E_{k1}-E_{k2}}{2x_0}$

即可求解 $g\sin\theta$ 和所受滑动摩擦力 f 的大小，但重力加速度大小、斜面的倾角不能求出，故 AC 错误，B 正确；

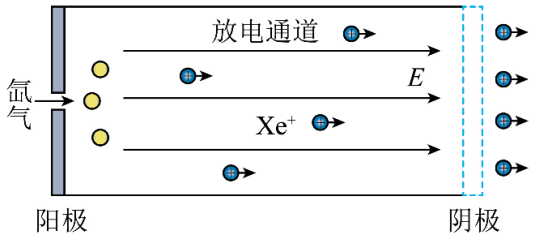
D．根据牛顿第二定律和运动学关系得

$mg\sin\theta+f=ma$，$t=\frac{v_0}{a}$

故可求解沿斜面上滑的时间，D 正确。

故选 BD。

8. 我国霍尔推进器技术世界领先，其简化的工作原理如图所示。放电通道两端电极间存在一加速电场，该区域内有一与电场近似垂直的约束磁场（未画出）用于提高工作物质被电离的比例。工作时，工作物质氙气进入放电通道后被电离为氙离子，再经电场加速喷出，形成推力。某次测试中，氙气被电离的比例为 95%，氙离子喷射速度为 $1.6\times10^4\,\mathrm{m/s}$，推进器产生的推力为 80 mN。已知氙离子的比荷为 $7.3\times10^5\,\mathrm{C/kg}$；计算时，取氙离子的初速度为零，忽略磁场对离子的作用力及粒子之间的相互作用，则（AD）



A. 氙离子的加速电压约为 175 V

B. 氙离子的加速电压约为 700 V

C. 氙离子向外喷射形成的电流约为 37 A

D. 每秒进入放电通道的氙气质量约为 5.3×10^{-6} kg

AB．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

$U = \frac{v^2}{2\left(\frac{q}{m}\right)} \approx 175\,\mathrm{V}$

故 A 正确，B 错误；

D．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

$F\Delta t = \Delta m v - 0$

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

$\frac{\Delta m_0}{\Delta t} = \frac{F}{\eta v} \approx 5.3 \times 10^{-6}\,\mathrm{kg}$

故 D 正确；

C．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

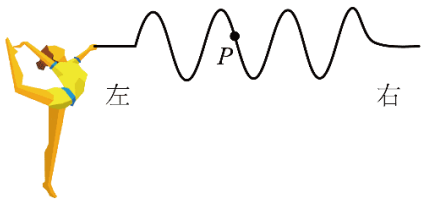
$I = \left(\frac{F}{v}\right)\left(\frac{q}{m}\right) \approx 3.7\,\mathrm{A}$

故 C 错误。

故选 AD。

9. 艺术体操运动员站在场地中以一定频率上下抖动 6 m 长绸带的一端，绸带自左向右呈现波浪状起伏。某时刻绸带形状如图所示（符合正弦函数特征），此时绸带上 P 点运动

方向 向上（填“向上”、“向下”、“向左”或“向右”）。保持抖动幅度不变，如果要在该绸带上产生更加密集的波浪状起伏效果，运动员上下抖动的频率应 增大（填“增大”、“减小”或“保持不变”）。



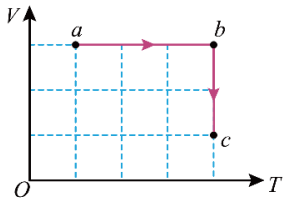
（1）从图中可知绸带上形成的波是自左向右传播的，根据波形平移法，可判断绸带上 P 点运动方向向上；

（2）绸带上产生更加密集的波浪状起伏效果，说明波长变小，而同种介质中同类型波的传播波速是不变的，根据 $f=\frac{v}{\lambda}$ 可知运动员上下抖动的频率增大。

10. 带有活塞的汽缸内封闭一定质量的理想气体，气体开始处于 a 状态，然后经过 a→b→c 状态变化过程到达 c 状态。在 $V-T$ 图中变化过程如图所示。

（1）气体从 a 状态经过 a→b 到达 b 状态的过程中压强 增大。（填“增大”、“减小”或“不变”）

（2）气体从 b 状态经过 b→c 到达 c 状态的过程要 放出（填“吸收”或“放出”）热量。



（1）由 $V-T$ 图像可知，气体从 a 状态经过 a→b 到达 b 状态的过程中，气体的体积保持不变，温度升高，根据查理定律可知气体的压强增大。

（2）由 $V-T$ 图像可知，气体从 b 状态经过 b→c 到达 c 状态的过程，气体的温度保持不变，则气体的内能保持不变；气体的体积减小，则外界对气体做正功，根据热力学第一定律可知，气体对外放出热量。

11. 某实验小组利用图 a 所示装置验证小球平抛运动的特点。实验时，先将斜槽固定在贴有复写纸和白纸的木板边缘，调节槽口水平并使木板竖直；把小球放在槽口处，用铅笔记下小球在槽口时球心在木板上的水平投影点 O，建立 xOy 坐标系．然后从斜槽上固定的位置释放小球，小球落到挡板上并在白纸上留下印迹．上下调节挡板进行多次实验．实验结束后，测量各印迹中心点 O_1、O_2、O_3 . . . 的坐标，并填入表格中，计算对应的 x^2 值。

	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5	O_6
$y/\,\mathrm{cm}$	2.95	6.52	9.27	13.20	16.61	19.90
$x/\,\mathrm{cm}$	5.95	8.81	10.74	12.49	14.05	15.28
$x^2/\,\mathrm{cm}^2$	35.4	77.6	115.3	156.0	197.4	233.5

(1) 根据上表数据，在图 b 给出的坐标纸上补上 O_4 数据点，并绘制“$y-x^2$”图线。

(2) 由 $y-x^2$ 图线可知，小球下落的高度 y，与水平距离的平方 x^2 成 线性（填“线性”或“非线性”）关系，由此判断小球下落的轨迹是抛物线。

(3) 由 $y-x^2$ 图线求得斜率 k，小球平抛运动的初速度表达式为 $v_0=\sqrt{\frac{g}{2k}}$（用斜率 k 和重力加速度 g 表示）。

(4) 该实验得到的 $y-x^2$ 图线常不经过原点，可能的原因是 水平射出点未与 O 点重合。

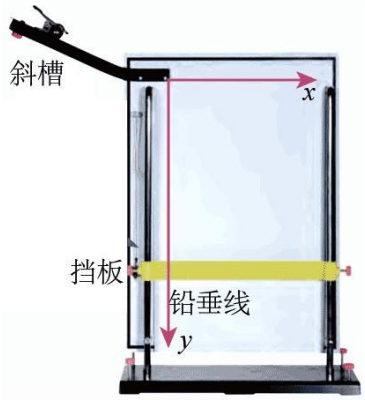


图 a

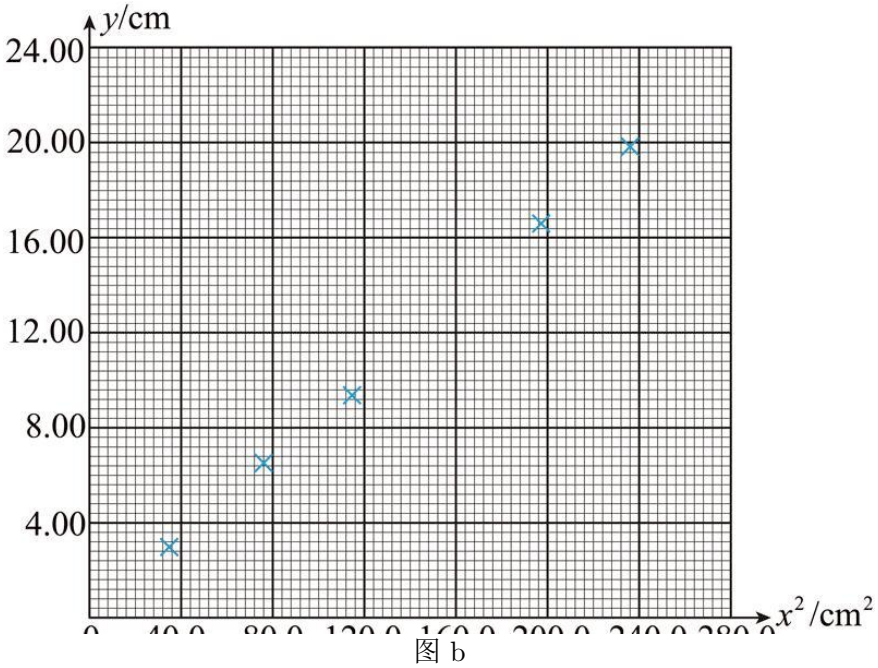
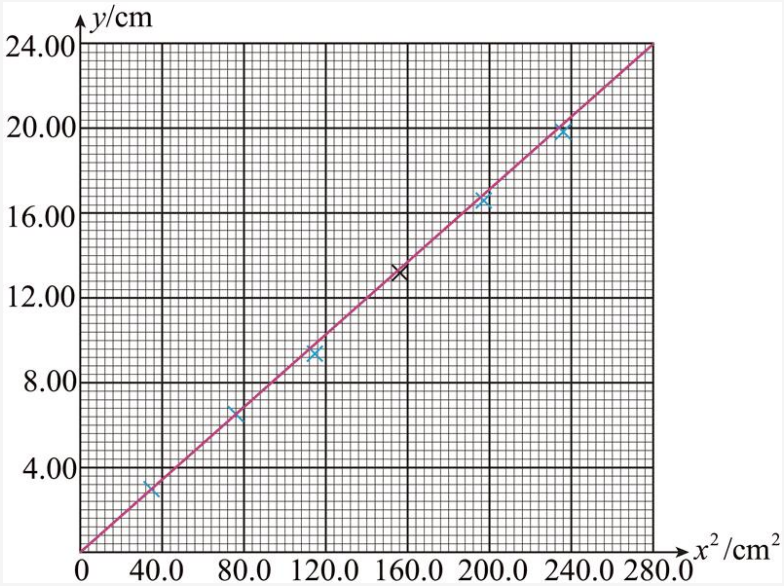


图 b

(1) 如图所示　(2) 线性　(3) $\sqrt{\frac{g}{2k}}$　(4) 水平射出点未与 O 点重合

（1）根据上表数据在坐标纸上描出 O_4 数据点，并绘制“$y-x^2$”图线如图所示



（2）由 $y-x^2$ 图线为一条倾斜的直线可知，小球下落的高度 y，与水平距离的平方 x^2 成线性关系。

（3）根据平抛运动规律可得

$x=v_0t$

$y=\frac{1}{2}gt^2$

联立可得

$y=\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_0}\right)^2=\frac{g}{2v_0^2}x^2$

可知 $y-x^2$ 图像的斜率为

$k=\frac{g}{2v_0^2}$

解得小球平抛运动的初速度为

$v_0=\sqrt{\frac{g}{2k}}$

（4）$y-x^2$ 图线是一条直线，但常不经过原点，说明实验中测量的 y 值偏大或偏小一个定值，这是小球的水平射出点未与 O 点重合，位于坐标原点 O 上方或下方所造成的。

12. 在测量某电源电动势和内阻时，因为电压表和电流表的影响，不论使用何种接法，都会产生系统误差，为了消除电表内阻造成的系统误差，某实验兴趣小组设计了如图 甲 实验电路进行测量。已知 $R_0=2\,\Omega$。

(1) 按照图 甲 所示的电路图，将图 乙 中的器材实物连线补充完整。

(2) 实验操作步骤如下：

① 将滑动变阻器滑到最左端位置

② 接法Ⅰ：单刀双掷开关 S 与 1 接通，闭合开关 S_0，调节滑动变阻器 R，记录下若干组数据 $U_1 - I_1$ 的值，断开开关 S_0

③ 将滑动变阻器滑到最左端位置

④ 接法Ⅱ：单刀双掷开关 S 与 2 闭合，闭合开关 S_0，调节滑动变阻器 R，记录下若干组数据 $U_2 - I_2$ 的值，断开开关 S_0

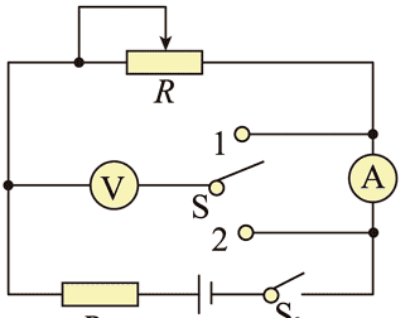
⑤ 分别作出两种情况所对应的 $U_1 - I_1$ 和 $U_2 - I_2$ 图像

(3) 单刀双掷开关接 1 时，某次读取电表数据时，电压表指针如图 丙 所示，此时 $U_1 =$ 1.30 V。

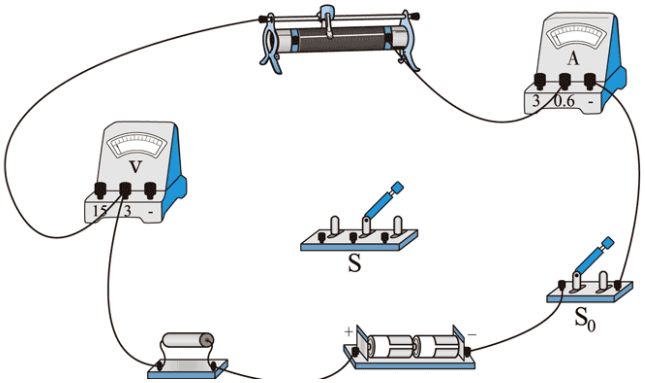
(4) 根据测得数据，作出 $U_1 - I_1$ 和 $U_2 - I_2$ 图像如图 丁 所示，根据图线求得电源电动势 $E =$ 1.80 V，内阻 $r =$ 2.50 Ω。（结果均保留两位小数）

(5) 由图 丁 可知 接法Ⅱ（填“接法Ⅰ”或“接法Ⅱ”）测得的电源内阻更接近真实值。

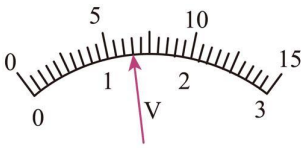
(6) 综合考虑，若只能选择一种接法，应选择 接法Ⅱ（填“接法Ⅰ”或“接法Ⅱ”）测量更合适。



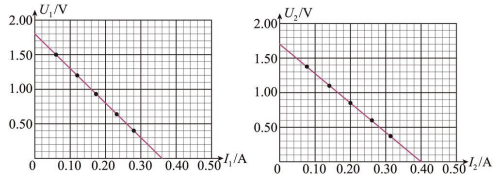
图甲



图乙



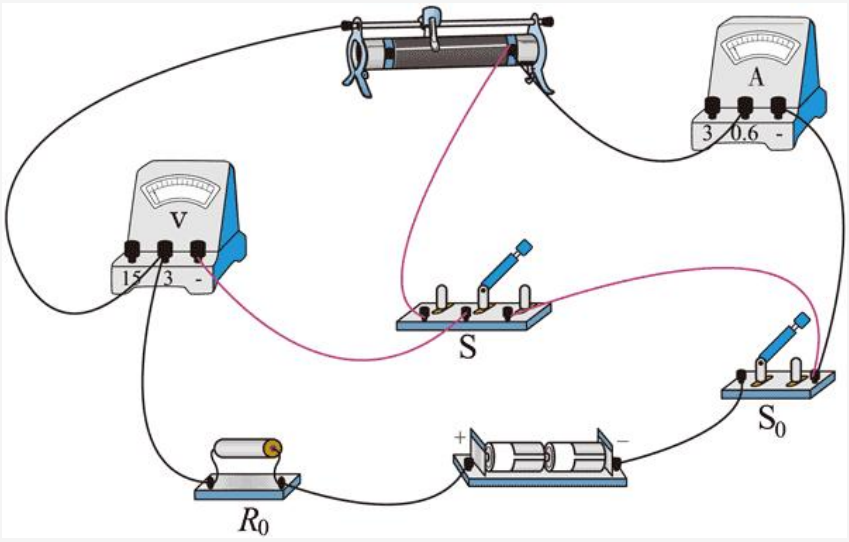
图丙



图丁

(1) 如图所示　(2)　(3) 1.30　(4) 1.80，2.50　(5) 接法Ⅱ　(6) 接法Ⅱ

（1）根据图甲所示的电路图，实物连接如图所示



（3）量程为 3 V 的电压表分度值为 0.1 V，需要估读到分度值的下一位，由图 丙 可知电压表读数为 $U_1 = 1.30\,\mathrm{V}$

（4）当单刀双掷开关接 1 时，电流表示数为零时，电压表测量准确，故电动势为 $U_1 - I_1$ 的纵轴截距，则有 $E = 1.80\,\mathrm{V}$

当单刀双掷开关接 2 时，电压表示数为零时，电流表测量准确，由 $U_2 - I_2$ 图像可知此时电路电流为 0.40 A，根据闭合电路欧姆定律可知

$$I = \frac{E}{R_0 + r}$$

解得内阻为

$$r = \frac{E}{I} - R_0 = \frac{1.80}{0.40}\,\Omega - 2\,\Omega = 2.50\,\Omega$$

（5）由图 丁 可知 $U_1 - I_1$ 图像的斜率为

$$k_1 = \frac{1.80 - 0}{0.36}\,\Omega = R_0 + r_1$$

解得 $r_1 = 3.00\,\Omega$

由图 丁 可知 $U_2 - I_2$ 图像的斜率为

$$k_2 = \frac{1.70 - 0}{0.40}\,\Omega = R_0 + r_2$$

解得 $r_2 = 2.25\,\Omega$

可得 $\frac{r_1 - r}{r} = \frac{3.00 - 2.50}{2.50} = 0.2 > \frac{r - r_2}{r} = \frac{2.50 - 2.25}{2.50} = 0.1$

故接法 II 测得的电源内阻更接近真实值。

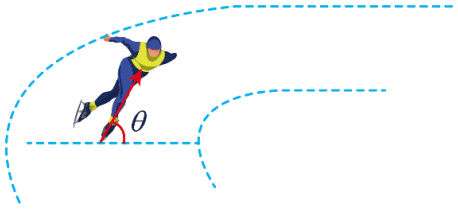
（6）由电路图可知接法 I 的误差来源是电流表的分压，接法 II 的误差来源是电压表的分流，由于电源内阻较小，远小于电压表内阻，结合（5）问分析可知，若只能选择一种接法，应选择接法 II 更合适。

13. 清代乾隆的《冰嬉赋》用“蹩躠”（可理解为低身斜体）二字揭示了滑冰的动作要领。500 m 短道速滑世界纪录由我国运动员武大靖创造并保持。在其创造纪录的比赛中，

(1) 武大靖从静止出发，先沿直道加速滑行，前 8 m 用时 2 s。该过程可视为匀加速直线运动，求此过程加速度大小；

(2) 武大靖途中某次过弯时的运动可视为半径为 10 m 的匀速圆周运动，速度大小为 14 m/s。已知武大靖的质量为 73 kg，求此次过弯时所需的向心力大小；

(3) 武大靖通过侧身来调整身体与水平冰面的夹角，使场地对其作用力指向身体重心而实现平稳过弯，如图所示。求武大靖在（2）问中过弯时身体与水平面的夹角 θ 的大小。（不计空气阻力，重力加速度大小取 $10\,\mathrm{m/s^2}$，$\tan 22^\circ = 0.40$、$\tan 27^\circ = 0.51$、$\tan 32^\circ = 0.62$、$\tan 37^\circ = 0.75$）



(1) $4\,\mathrm{m/s^2}$　(2) $1430.8\,\mathrm{N}$　(3) 27°

（1）设武大靖运动过程的加速度大小为 a，根据 $x = \frac{1}{2}at^2$

解得 $a = \frac{2x}{t^2} = \frac{2\times 8}{2^2}\,\mathrm{m/s^2} = 4\,\mathrm{m/s^2}$

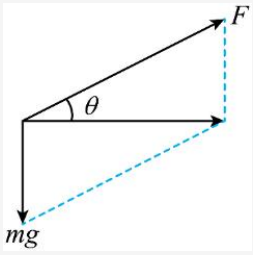
（2）根据 $F_{向} = m\frac{v^2}{r}$

解得过弯时所需的向心力大小为

$F_{向} = 73 \times \frac{14^2}{10}\,\mathrm{N} = 1430.8\,\mathrm{N}$

（3）设场地对武大靖的作用力大小为 F，受力如图所示

根据牛顿第二定律可得 $F_{向} = \frac{mg}{\tan\theta}$



$\tan\theta = \frac{mg}{F_{向}} = \frac{73\times 10}{1430.8} \approx 0.51$

解得

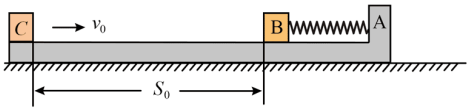
可得 $\theta = 27^\circ$

14. 如图，L 形滑板 A 静置在粗糙水平面上，滑板右端固定一劲度系数为 k 的轻质弹簧，弹簧左端与一小物块 B 相连，弹簧处于原长状态。一小物块 C 以初速度 v_0 从滑板最左端滑入，滑行 s_0 后与 B 发生完全非弹性碰撞（碰撞时间极短），然后一起向右运动；一段时间后，滑板 A 也开始运动．已知 A、B、C 的质量均为 m，滑板与小物块、滑板与地面之间的动摩擦因数均为 μ，重力加速度大小为 g；最大静摩擦力近似等于滑动摩擦力，弹簧始终处于弹性限度内。求：

(1) C 在碰撞前瞬间的速度大小；

(2) C 与 B 碰撞过程中损失的机械能；

(3) 从 C 与 B 相碰后到 A 开始运动的过程中，C 和 B 克服摩擦力所做的功。



(1) $\sqrt{v_0^2-2\mu g s_0}$ (2) $\frac{1}{4}m(v_0^2-2\mu g s_0)$ (3) $\frac{2\mu^2m^2g^2}{k}$

（1）小物块 C 运动至刚要与物块 B 相碰过程，根据动能定理可得

$-\mu mgs_0=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_0^2$

解得 C 在碰撞前瞬间的速度大小为

$v_1=\sqrt{v_0^2-2\mu g s_0}$

（2）物块 B、C 碰撞过程，根据动量守恒可得

$mv_1=2mv_2$

解得物块 B 与物块 C 碰后一起运动的速度大小为

$v_2=\frac{1}{2}\sqrt{v_0^2-2\mu g s_0}$

故 C 与 B 碰撞过程中损失的机械能为

$\Delta E=\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}\times 2mv_2^2=\frac{1}{4}m(v_0^2-2\mu g s_0)$

（3）滑板 A 刚要滑动时，对滑板 A，由受力平衡可得

$k\Delta x+2\mu mg=3\mu mg$

解得弹簧的压缩量，即滑板 A 开始运动前物块 B 和物块 C 一起运动的位移大小为

$\Delta x=\frac{\mu mg}{k}$

从 C 与 B 相碰后到 A 开始运动的过程中，C 和 B 克服摩擦力所做的功为

$W=2\mu mg\cdot\Delta x=\frac{2\mu^2m^2g^2}{k}$

15. 如图 a，一倾角为 θ 的绝缘光滑斜面固定在水平地面上，其顶端与两根相距为 L 的水平光滑平行金属导轨相连；导轨处于一竖直向下的匀强磁场中，其末端装有挡板 M、N。两根平行金属棒 G、H 垂直导轨放置，G 的中心用一不可伸长绝缘细绳通过轻质定滑轮与斜面底端的物块 A 相连；初始时刻绳子处于拉紧状态并与 G 垂直，滑轮左侧细绳与斜面平行，右侧与水平面平行。从 $t=0\,\mathrm{s}$ 开始，H 在水平向右拉力作用下向右运动；$t=2\,\mathrm{s}$ 时，H 与挡板 M、N 相碰后立即被锁定。G 在 $t=1\,\mathrm{s}$ 后的速度 - 时间图线如图 b 所示，其中 $1\sim2\,\mathrm{s}$ 段为直线。已知：磁感应强度大小 $B=1\,\mathrm{T}$，$L=0.2\,\mathrm{m}$，G、H 和 A 的质量均为 $0.2\,\mathrm{kg}$，G、H 的电阻均为 $0.1\,\Omega$；导轨电阻、细绳与滑轮的摩擦力均忽略不计；H 与挡板碰撞时间极短；整个运动过程 A 未与滑轮相碰，两金属棒始终与导轨垂直且接触良好：$\sin\theta=0.25$，$\cos\theta=0.97$，重力加速度大小取 $10\,\mathrm{m/s^2}$，图 b 中 e 为自然常数，$\frac{4}{e}=1.47$。求：

(1) 在 $1\sim2\,\mathrm{s}$ 时间段内，棒 G 的加速度大小和细绳对 A 的拉力大小；

(2) $t=1.5\,\mathrm{s}$ 时，棒 H 上拉力的瞬时功率；

(3) 在 $2\sim3\,\mathrm{s}$ 时间段内，棒 G 滑行的距离。

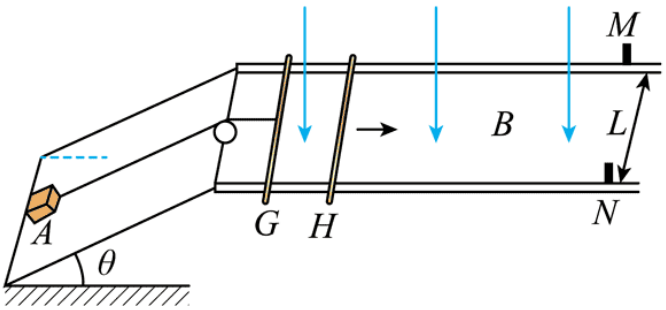


图 a

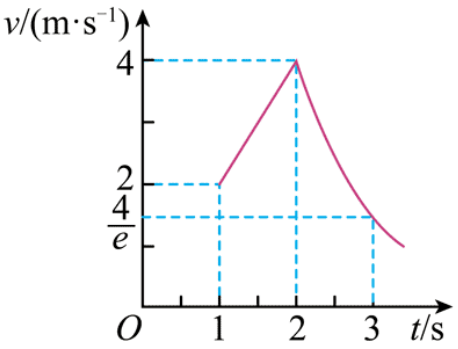


图 b

(1) $2\,\mathrm{m/s^2}$，$0.9\,\mathrm{N}$　(2) $16.15\,\mathrm{W}$　(3) $2.53\,\mathrm{m}$

（1）由 $v-t$ 图像可得在 $1\sim2\,\mathrm{s}$ 内，棒 G 做匀加速运动，其加速度为 $a=2\,\mathrm{m/s^2}$ 依题意物块 A 的加速度也为 $a=2\,\mathrm{m/s^2}$，由牛顿第二定律可得

$$T-m_Ag\sin\theta=m_Aa$$

解得细绳受到拉力 $T=0.9\,\mathrm{N}$

（2）由法拉第电磁感应定律与闭合电路欧姆定律推导出“双棒”回路中的电流为

$$I=\frac{BL(v_H-v_G)}{R_H+R_G}$$

由牛顿运动定律和安培力公式有

$$BIL-T=m_Ga$$

由于在 $1\sim2\,\mathrm{s}$ 内棒 G 做匀加速运动，回路中电流恒定为 $I=6.5\,\mathrm{A}$，两棒速度差为

$v_H - v_G = 6.5\,\mathrm{m/s}$ 保持不变，这说明两棒加速度相同且均为 a；

对棒 H 由牛顿第二定律可求得其受到水平向右拉力

$F = m_H a + BIL = 1.7\,\mathrm{N}$

由 $v-t$ 图像可知 $t = 1.5\,\mathrm{s}$ 时，棒 G 的速度为 $v_G = 3\,\mathrm{m/s}$

此刻棒 H 的速度为 $v_H = 9.5\,\mathrm{m/s}$

其水平向右拉力的功率 $P_F = Fv_H = 16.15\,\mathrm{W}$

（3）棒 H 停止后，回路中电流发生突变，棒 G 受到安培力大小和方向都发生变化，棒 G 是否还拉着物块 A 一起做减速运动需要通过计算判断，假设绳子立刻松弛无拉力，经过计算棒 G 加速度为

$a' = \frac{B^2L^2v_G'}{2Rm_G} = \frac{1^2\times0.2^2\times4}{2\times0.1\times0.2}\,\mathrm{m/s^2} = 4\,\mathrm{m/s^2}$

物块 A 加速度为

$a'' = g\sin\theta = 2.5\,\mathrm{m/s^2}$

说明棒 H 停止后绳子松弛，物块 A 做加速度大小为 $2.5\,\mathrm{m/s^2}$ 的匀减速运动，棒 G 做加速度越来越小的减速运动；由动量定理、法拉第电磁感应定律和闭合电路欧姆定律可以求得，在 $2\sim3\,\mathrm{s}$ 内

$\overline{BI}L\Delta t = m_G(v_{G2} - v_{G3})$

$\overline{I}\Delta t = \frac{BL\overline{v}}{R_H+R_G}\Delta t = \frac{BLs_G}{R_H+R_G}$

棒 G 滑行的距离

$s_G = \frac{m_G(v_{G2}-v_{G3})(R_H+R_G)}{B^2L^2} = \left(4-\frac{4}{e}\right)\,\mathrm{m} = 2.53\,\mathrm{m}$

这段时间内物块 A 速度始终大于棒 G 滑行速度，绳子始终松弛。