

2024 年 1 月“九省联考”考后强化模拟卷

高三物理

(适用地区: 安徽 试卷满分: 100 分)

注意事项:

- 答卷前, 考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
- 回答选择题时, 选出每小题答案后, 用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动, 用橡皮擦干净后, 再选涂其他答案标号。回答非选择题时, 将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
- 考试结束后, 将本试卷和答题卡一并交回。

一、选择题: 本题共 8 小题, 每小题 4 分, 共 32 分。在每小题给出的四个选项中, 只有一项是符合要求的。

1. (2024·湖北武汉·校联考模拟预测) 不顾国际社会的强烈反对, 日本政府于 2023 年 8 月 24 日正式开启核污水排海, 现已有超过 2.3 万吨核污染水流入太平洋, 第四批核污染水排海预计在 2024 年初开始。福岛核电站核污水中含有氚、碘 131、铯 137 等放射性元素。已知碘 131 的半衰期为 8 天。下列说法正确的是 ()

- A. 福岛核电站利用的是可控热核反应的原理发电
- B. 速度与热运动速度相当的中子最易引发核裂变
- C. 排海稀释后废水中放射性元素半衰期可能变短
- D. 排海污水中的碘 131 经 16 天就会全部发生衰变

【答案】 B

【详解】 A. 福岛核电站利用的是核裂变的原理发电, 故 A 错误;

B. 速度与热运动速度相当的中子最易引发核裂变, 故 B 正确;

C. 放射性元素的半衰期与核内部自身因素有关, 与原子所处的化学状态和外部条件无关, 排海稀释后废水中放射性元素半衰期不变, 故 C 错误;

D. 排海污水中的碘 131 经 16 天, 即两个半衰期, 有 $\frac{3}{4}$ 的碘 131 发生衰变, 故 D 错误。

故选 B。

2. (2024 上·辽宁·高三统考期中) 角动量守恒定律、能量守恒定律和动量守恒定律是物理学的三大守恒定律。

角动量定义为质点相对原点的位置矢量 r 和动量 p 的向量积, 通常写作 L , 表达式为 $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ 。在国际单位制中, 角动量 L 的单位可以表示为 ()

A. $\text{N}\cdot\text{m}$

B. $\text{N}\cdot\text{s}$

C. $\text{J}\cdot\text{m}$

D. $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$

【答案】D

【详解】根据角动量的表达式

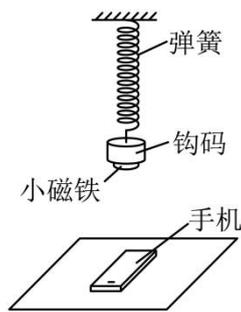
$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

位置矢量单位为 m ，动量单位为 $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}$ ，可知角动量单位为

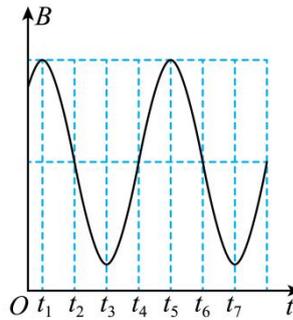
$$\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s} = \text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s} = \text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{s} = \text{J}\cdot\text{s}$$

故选 D。

3. (2024·广东·统考一模) 如图(a)所示, 轻质弹簧上端固定, 下端挂有钩码, 钩码下表面吸附一个小磁铁。钩码在竖直方向做简谐运动时, 某段时间内, 小磁铁正下方的智能手机中的磁传感器采集到磁感应强度随时间变化的图像如图(b)所示, 不计空气阻力, 下列判断正确的是 ()



图(a)



图(b)

A. 钩码做简谐运动的周期为 $t_5 - t_1$

B. 钩码动能变化的周期为 $t_6 - t_2$

C. 在 t_1 时刻, 钩码的重力势能最大

D. $t_2 \sim t_4$ 时间内, 钩码所受合外力的冲量为零

【答案】A

【详解】A. 磁铁越靠近手机时, 磁传感器采集到磁感应强度越大, 则钩码做简谐运动的周期等于采集到磁感应强度随时间变化的周期, 故为 $t_5 - t_1$, 故 A 正确;

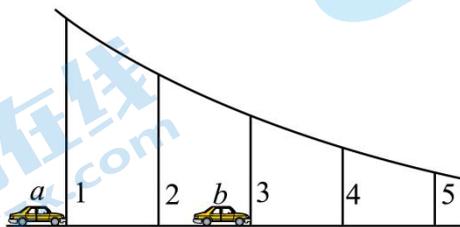
B. $t_6 - t_2$ 等于钩码做简谐运动的周期, 而在一次简谐运动中, 对于某一时间点, 至少有另外一个时间点的速率和动能与其相同, 则动能变化的周期不会等于简谐运动的周期, 故 B 错误;

C. 在 t_1 时刻磁感应强度最大, 说明磁铁最靠近手机, 重力势能最小, 故 C 错误;

D. $t_2 \sim t_4$ 时间内, 钩码的速度方向发生变化, 动量变化, 说明合力的冲量一定不为零, 故 D 错误。

故选 A。

4. (2024 上·广东深圳·高三统考期末) 如图 1、2、3、4、5 为某高架桥上五根竖直吊绳, 间距相等。两辆小汽车 a、b 车头在 $t=0$ 时刻分别对齐 1、3 绳, 在两条车道上从相同初速度做匀加速直线运动, 在 $t=t_1$ 时刻 a、b 两车头都对齐 5 绳, 下列分析正确的是 ()



- A. a 车的加速度是 b 车的两倍
B. a 车的末速度是 b 车的两倍
C. a 车的平均速度是 b 车的两倍
D. a 车在超 b 车过程可把两车视为质点

【答案】C

【详解】C. 设相邻竖直吊绳间距为 L , 由平均速度公式得

$$x_a = \bar{v}_a t = \frac{v_0 + v_a}{2} t = 4L$$

$$x_b = \bar{v}_b t = \frac{v_0 + v_b}{2} t = 2L$$

可得

$$\bar{v}_a = 2\bar{v}_b$$

即 a 车的平均速度是 b 车的两倍, 故 C 正确;

B. 由上式得

$$\frac{v_0 + v_a}{v_0 + v_b} = \frac{2}{1}$$

可得

$$v_a = 2v_b + v_0$$

即 a 车的末速度比 b 车的两倍还要大, 故 B 错误;

A. 由加速度得定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可得, a 车的加速度为

$$a_a = \frac{v_a - v_0}{t} = \frac{2v_b}{t}$$

b 车的加速度为

$$a_b = \frac{v_b - v_0}{t}$$

所以

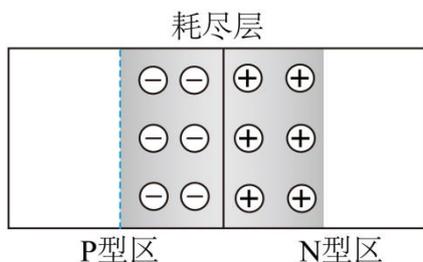
$$a_a \neq 2a_b$$

故 A 错误；

D. a 车在超 b 车过程，两车的大小均不能忽略不计，即均不能把两车视为质点，故 D 错误。

故选 C。

5. (2023 上·江西鹰潭·高三统考期中) 通过在半导体材料中进行不同的掺杂，可以形成 P 型半导体和 N 型半导体，将两种半导体组合在一起即形成下图所示的 PN 结，这是半导体元器件中的基本构造。由于电子的扩散作用，N 型区中的电子会进入 P 型区内，从而使 N 型区一侧带正电，P 型区一侧带负电，稳定后两块半导体之间产生内建电场，形成所谓耗尽层（图中阴影部分）。关于耗尽层，下列说法正确的是（ ）



- A. 耗尽层中，内建电场的方向是 P 型区指向 N 型区
- B. 耗尽层中，N 型区电势低于 P 型区
- C. 若电子由 N 型区进入 P 型区，则电势能增大
- D. 若质子由 N 型区进入 P 型区，则电势能增大

【答案】C

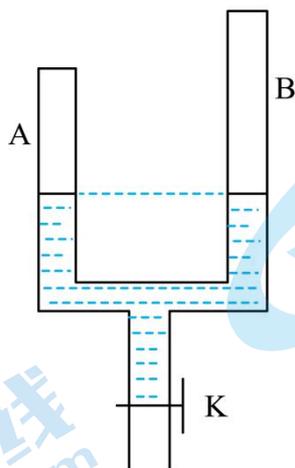
【详解】AB. 耗尽层中，N 型区带正电，P 型区带负电，产生 N 型区指向 P 型区的内建电场，所以 N 型区电势高于 P 型区。故 AB 项错误；

C. 若电子由 N 型区进入 P 型区，电场力做负功，电势能增大。故 C 正确；

D. 若质子由 N 型区进入 P 型区，电场力做正功，电势能减小。D 错误。

故选 C。

6. (2024·全国·校联考一模) 如图所示，上端均封闭的连通管道 A、B 中封闭着液面相平的水银柱，连通管道下部有阀门 K。A、B 内的气柱长度不相同，且 $L_B > L_A$ ，初始状态两气柱温度相同。下列说法正确的是（ ）



- A. A、B 气体温度同时缓慢升高 ΔT ，则 A 的液面将高于 B
- B. A、B 气体温度同时缓慢降低 ΔT ，则 A 的液面将高于 B
- C. 打开阀门缓慢放出少量水银柱后，A 的液面将高于 B
- D. 打开阀门缓慢放出少量水银柱后，A 的液面将低于 B

【答案】C

【详解】AB. A、B 气体温度同时缓慢升高或降低 ΔT ，假设液面不移动，两部分气体为等容变化，根据

$$\frac{p}{T} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$$

可得

$$\Delta p = \frac{\Delta T}{T} p$$

两部分气体 T 、 p 、 ΔT 相同，故压强的变化量相同，所以 A、B 液面仍相平，故 AB 错误；

CD. 打开阀门 K 缓慢放出少量水银柱后，假设两边液面下降后仍相平，根据等温变化的规律可得

$$pL = p'(L+h)$$

可得压强为

$$p' = \frac{pL}{L+h} = \frac{p}{1+\frac{h}{L}}$$

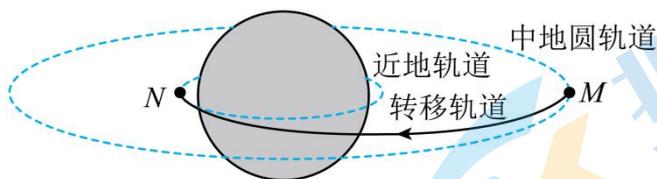
故初态气柱长的 p' 更大，因 $L_B > L_A$ ，则 $p'_B > p'_A$ ，所以 A 的液面高于 B，故 C 正确，D 错误。

故选 C。

7. (2024 上·河北保定·高三统考期末) 如图所示，一颗在某中地圆轨道上运行的质量为 m 的卫星，通过 M、N 两位置的变轨，经椭圆转移轨道进入近地圆轨道运行，然后调整好姿态再伺机进入大气层，返回地面。

已知近地圆轨道的半径可认为等于地球半径，中地圆轨道与近地圆轨道共平面且轨道半径为地球半径的 3

倍，地球半径为 R ，地球表面的重力加速度为 g ，下列说法中正确的是（ ）



- A. 卫星在 M 、 N 两点处需要加速才能实现题设条件中的变轨
- B. 该卫星在近地圆轨道上运行的动能为 $\frac{3}{2}mgR$
- C. 该卫星在中地圆轨道上运行的速度 $\sqrt{\frac{gR}{3}}$
- D. 该卫星在转移轨道上从 M 点运行至 N 点（ M 、 N 与地心在同一直线上）所需的时间 $\sqrt{\frac{2R}{g}}$

【答案】C

【详解】A. 由题设条件知，卫星在向低轨道变轨，故需要减小速度，使卫星做向心运动，故 A 错误；

B. 在近地圆轨道上，有

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

可得

$$GM = gR^2$$

根据万有引力提供向心力有

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v_1^2}{R}$$

解得

$$v_1 = \sqrt{gR}$$

则该卫星在近地圆轨道上运行的动能为

$$E_{k1} = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mgR$$

故 B 错误；

C. 在中地圆轨道上，根据万有引力提供向心力有

$$G \frac{Mm}{(3R)^2} = m \frac{v_2^2}{(3R)}$$

结合 $GM = gR^2$ ，可得

$$v_2 = \sqrt{\frac{gR}{3}}$$

故 C 正确；

D. 在近地圆轨道上，卫星运行的周期 T_1 ，则有

$$G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T_1^2} R$$

转移轨道是椭圆轨道，其半长轴

$$r = \frac{R+3R}{2} = 2R$$

根据开普勒第三定律可得

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{R^3}{T_1^2}$$

联立得

$$T = 4\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

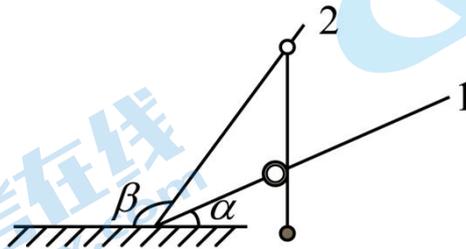
则该卫星在转移轨道上从 M 点运行至 N 点所需的时间

$$t = \frac{T}{2} = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

故 D 错误。

故选 C。

8. (2024·四川达州·统考一模) 如图所示，光滑直硬杆 1 和粗糙硬杆 2 固定在水平面上，与水平面之间的夹角分别为 α 、 β ，轻质圆环套在杆 2 上，轻质细线两端分别连接着小球和圆环，细线绕过在杆 1 上可自由滑动的光滑滑轮，初始状态环和滑轮间的细线竖直。现缓慢移动滑轮至环和滑轮间的细线水平，在整个过程中圆环始终处于静止。则在该过程中 ()



- A. 圆环受到的摩擦力先减小再增大
- B. 圆环受到的支持力逐渐增大
- C. 细绳对滑轮的作用力先增大再减小
- D. 细绳的拉力逐渐增大

【答案】A

【详解】AD. 细线的张力大小始终等于小球的重力大小，初始时刻，圆环受到的摩擦力等于细线的张力沿

杆 2 的分力，缓慢移动滑轮至细线与杆 2 垂直的过程中，细线的张力沿杆 2 的分力逐渐减小，根据平衡条件，圆环受到的摩擦力逐渐减小，缓慢移动滑轮从细线与杆 2 垂直至环和滑轮间的细线水平的过程中，细线的张力沿杆 2 的分力沿杆 2 向上，圆环受到的摩擦力大小等于细线的张力沿杆 2 的分力，圆环受到的摩擦力逐渐增大，故 A 正确，D 错误；

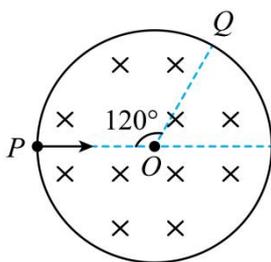
B. 圆环受到的支持力等于细线的拉力垂直于杆 2 的分力，则圆环受到的支持力先增大后减小，故 B 错误；

C. 细绳向上对滑轮的拉力和向下对滑轮的拉力均等于小球的重力，缓慢移动滑轮至环和滑轮间的细线水平的过程中，两边绳子拉力不变，两边绳子间的夹角在减小，对滑轮的合力在一直增大，故 C 错误。

故选 A。

二、选择题：本题共 2 小题，每小题 5 分，共 10 分。在每小题给出的选项中，有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

9. (2024·全国·模拟预测) 如图所示，圆心为 O 的圆环内存在着垂直于圆面向里的匀强磁场。圆环内侧 P 点有一粒子发射源，能发射质量为 m 、带电荷量为 $+q$ 和 $-q$ 的两种粒子，发射的粒子速度大小可调、方向均沿半径 PO 方向。圆环上有一小孔 Q ， $\angle POQ = 120^\circ$ 。 P 点发射的粒子与圆环内壁发生碰撞后原速率反弹且电荷量不变。不计粒子重力和粒子之间的相互作用力。下列说法正确的是 ()



- A. 能从 Q 点射出的粒子的速度方向都相同
- B. 从 Q 点射出的粒子的速度越大，在圆环内运动的时间越短
- C. 若粒子带正电，则经过两次碰撞后从 Q 点射出所需时间一定是碰撞一次后从 Q 点射出的两倍
- D. 若初速度相同，则带正电的粒子从 Q 点射出用时可能比带负电的粒子从 Q 点射出时长

【答案】AD

【详解】A. 由几何关系可知，只要从 Q 点射出的粒子的粒子，速度均与 Q 点的切线方向垂直，有几何关系可知能从 Q 点射出的粒子的速度方向都相同，故 A 正确；

BC. 由于带电粒子在磁场中做圆周运动有

$$Bqv = \frac{2\pi mv}{T}$$

化简可知

$$T = \frac{2\pi m}{Bq}$$

相同粒子的偏转时间与速度无关，只与偏转角度有关，即

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T$$

若粒子带正电，由几何关系可知经过两次碰撞后从 Q 点射出所需时间为

$$t_1 = \frac{140^\circ + 140^\circ + 140^\circ}{360^\circ} T = \frac{7}{6} T$$

经过一次碰撞后从 Q 点射出所需时间为

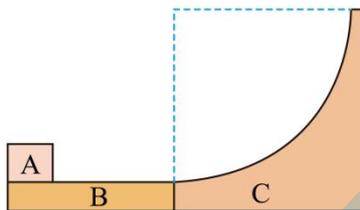
$$t_2 = \frac{120^\circ + 120^\circ}{360^\circ} T = \frac{2}{3} T$$

即经过两次碰撞后从 Q 点射出所需时间比碰撞一次后从 Q 点射出的时间长，但不是 2 倍关系，依次类推只要是从小 Q 点射出的粒子碰撞次数越多，在圆环内运动的时间越长，故 BC 错误；

D. 由上面选项可知若初速度相同，带正电的粒子从小 Q 点射出的粒子可能比带负电的粒子经过更多次数碰撞才从小 Q 点射出，所以用时可能也长，故 D 正确。

故选 AD。

10. (2024 上·重庆渝中·高三重庆巴蜀中学校考阶段练习) 如图，光滑水平地面上有木板 B 和 $\frac{1}{4}$ 光滑圆弧面 C，B、C 未粘连，最初物块 A 以 4m/s 的水平初速度滑上木板 B，已知 A、B、C 质量均为 1kg ，B 的长度以及圆弧 C 的半径均为 1m ，A 与 B 之间的动摩擦因数为 0.5 ，A 可视为质点， $g=10\text{m/s}^2$ ，则 ()



- A. 最终 B 的速度为 1m/s
- B. A 竖直向上的最大位移为 $\frac{1}{40}\text{m}$
- C. 最终 C 的速度为 2m/s
- D. 从最初至 A 到达其运动的最高点过程中，A、B、C 构成的系统动量不守恒但机械能守恒

【答案】ABC

【详解】A. 物块 A 滑上 B 到 A 运动至 BC 连接处过程，对 ABC 构成的系统，根据动量守恒定律有

$$mv_0 = mv_1 + 2mv_2$$

根据能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2} \times 2mv_2^2 + \mu mgL$$

解得

$$v_1 = 2\text{m/s}, v_2 = 1\text{m/s}$$

此后 BC 分离，最终 B 的速度为 1m/s，故 A 正确；

B. 之后，A 滑上 C，对 AC 构成的系统，水平方向动量守恒，根据动量守恒定律有

$$mv_1 + mv_2 = 2mv$$

根据能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 2mv^2 + mgh$$

解得

$$v = \frac{3}{2}\text{m/s}, h = \frac{1}{40}\text{m}$$

故 B 正确；

C. 之后，A 最终将到达 C 圆弧的最低点，此过程，对 AC 构成的系统有

$$mv_1 + mv_2 = mv_3 + mv_4, \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}mv_3^2 + \frac{1}{2}mv_4^2$$

解得

$$v_3 = 1\text{m/s}, v_4 = 2\text{m/s}$$

故 C 正确；

D. A 在 C 上运动时，竖直方向动量不守恒，A 在 B 上运动时，摩擦力做负功，机械能不守恒，故 D 错误。

故选 ABC。

三、非选择题：共 5 题，共 58 分。

11. (2024·广东·统考一模) 某同学测量一半圆形透明玻璃砖的折射率，实验过程如下：

- ①用游标卡尺测量玻璃砖的直径 d ，确定其底面圆心位置并标记在玻璃砖上；
- ②将玻璃砖放在位于水平桌面并画有直角坐标系 Oxy 的白纸上，使其底面圆心和直径分别与 O 点和 x 轴重合，将一长直挡板紧靠玻璃砖并垂直于 x 轴放置，如图 (b) 所示；
- ③用激光器发出激光从玻璃砖外壁始终指向 O 点水平射入，从 y 轴开始向右缓慢移动激光器，直至恰好没有激光从玻璃砖射出至挡板上 $y < 0$ 的区域时，在白纸上记录激光束从玻璃砖外壁入射的位置 P 。
- ④取走玻璃砖，过 P 点作 y 轴的垂线 PQ ，用刻度尺测量 PQ 的长度 L 。

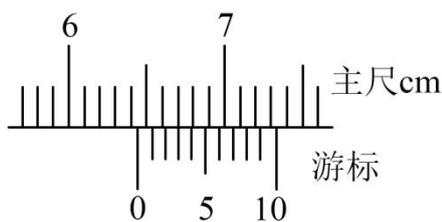


图 (a)

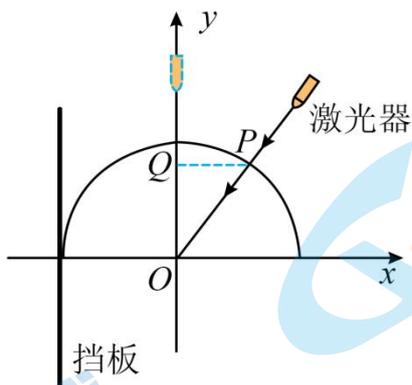


图 (b)

根据以上步骤，回答下列问题：

- (1) 测得半圆形玻璃砖直径 d 的读数如图 (a) 所示，则 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ cm；
- (2) 步骤③中，没有激光射至挡板上 $y < 0$ 区域的原因是激光束在玻璃砖直径所在界面处发生了 全反射；
- (3) 根据以上测量的物理量，写出计算玻璃砖折射率的表达式为 $n = \underline{\hspace{2cm}}$ ，若测得 PQ 线段的长度 $L = 2.00\text{cm}$ ，计算可得玻璃砖的折射率为 $n = \underline{\hspace{2cm}}$ 。（结果保留 3 位有效数字）

【答案】 6.43 全反射 $\frac{d}{2L}$ 1.61

【详解】(1) [1]由图 (a) 可知，玻璃砖的直径为

$$d = 6.4\text{cm} + \frac{1\text{mm}}{10} \times 3 = 6.43\text{cm}$$

(2) [2]光束经玻璃砖折射后照在挡板上 $y < 0$ 的区域内，当入射角逐渐增大，折射光线消失的时候，就是光束在玻璃界面处发生了全反射。

(3) [3]当恰好发生全反射时，有

$$n = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta} = \frac{\sin 90^\circ}{\frac{PQ}{OP}} = \frac{d}{2L}$$

[4]代入数据可得

$$n = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta} = \frac{\sin 90^\circ}{\frac{PQ}{OP}} = \frac{d}{2L} = 1.61$$

12. (2024·全国·校联考·一模) 某电学实验兴趣小组结合物理课本上的多用电表结构示意图及实验室现有器材，设计了如图所示的电路，整个电路装置既可以当 1mA 和 10mA 的电流表使用，也可以当作两个倍率的欧姆电表使用。他们使用到的器材有：

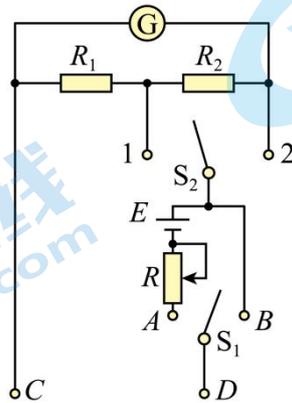
电源 E (电动势 $E = 1.5\text{V}$ ，内阻忽略不计)

定值电阻 R_1 、 R_2

电流表 G (量程为 $I_g = 100\mu\text{A}$, 内阻 $R_g = 990\Omega$)

滑动变阻器 R (最大阻值为 1500Ω)

单刀双掷开关 S_1 、 S_2



- (1) 按照多用电表的构造和原理, 接线柱 C 端应该接_____表笔 (选填“红”或“黑”);
- (2) 当单刀双掷开关 S_1 拨到 B 端可作为电流表使用, S_2 拨到 1 端时, 此时装置可作为_____mA (选填“1”或“10”) 量程的电流表;
- (3) 电阻 $R_1 =$ _____ Ω , 电阻 $R_2 =$ _____ Ω ;
- (4) 将单刀双掷开关 S_1 拨到 A 端可作为欧姆表使用, 若 S_2 拨到 2 端, 此时作为欧姆挡 $\times 100$ 倍率, 则将 S_2 拨到 1 端时的倍率为_____ (选填“ $\times 10$ ”或“ $\times 1k$ ”).

【答案】 黑 10 11 99 $\times 10$

【详解】(1) [1]红表笔与内部电源的负极相连, 黑表笔与内部电源的正极相连, 故 C 端应与黑表笔相连;

(2) [2]当单刀双掷开关 S_1 拨到 B 端、 S_2 拨到 1 端时, 量程更大, 故为 10mA ;

(3) [3][4] S_2 拨到 2 端, 量程为 1mA , 即

$$R_1 + R_2 = \frac{1}{9} R_g$$

S_2 拨到 1 端, 量程为 10mA , 即

$$R_1 = \frac{1}{99} (R_g + R_2)$$

联立解得

$$R_1 = 11\Omega, R_2 = 99\Omega$$

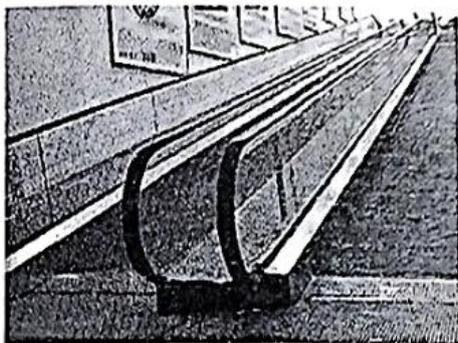
(4) [5]当单刀双掷开关 S_1 拨到 A 端、 S_2 拨到 2 端, 电流表量程为 1mA , 此时欧姆表内阻为

$$r_{\text{内}} = \frac{E}{I_1} = 1500\Omega$$

S_2 拨到 1 端，电流表量程为 10mA，同理此时欧姆表内阻为 150Ω，故 S_2 拨到 1 端应为 $\times 10$ 挡。

13. (2024 上·广东汕尾·高三统考期末) 大型超市通常安装有倾斜自动扶梯以方便顾客的通行，如图所示，自动扶梯长 $L=6\text{m}$ ，与水平面的夹角 $\theta=30^\circ$ ，以速度 $v_0=2\text{m/s}$ 匀速向上运动，小李使用该扶梯运送两箱质量均为 $m=10\text{kg}$ 的货物，某时刻小李将第一箱货物轻放在扶梯底端，待第一箱货物与扶梯共速时，小李沿扶梯向上用恒力 $F=110\text{N}$ 推动第二箱货物，使其以速度 $v_1=7\text{m/s}$ 从底端沿扶梯匀速向上运动，两箱货物与扶梯间的动摩擦因数均为 μ ，取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ，货物可视为质点，若货物间发生碰撞则瞬间粘在一起。

- (1) 求动摩擦因数 μ ;
- (2) 求第一箱货物从出发到与传送带共速过程中摩擦产生的热量 Q_1 ;
- (3) 若第二箱货物匀速运动， $\Delta t=0.28\text{s}$ 后，推力调整为 $F=35\text{N}$ ，试判断两箱货物能否在扶梯上发生碰撞，若能发生碰撞，求碰撞过程中损失的能量 Q_2 。



【答案】 (1) $\frac{2\sqrt{3}}{5}$; (2) 120J; (3) 40J

【详解】 (1) 第二箱货物做匀速直线运动，受力平衡，有

$$F = f + mg \sin \theta$$

货物受到的摩擦力为

$$f = \mu mg \cos \theta$$

解得

$$\mu = \frac{2\sqrt{3}}{5}$$

(2) 对第一箱货物有

$$f - mg \sin \theta = ma_1$$

根据动力学公式

$$v_0 = a_1 t_1$$

$$s_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2$$

解得

$$s_1 = 2\text{m}$$

对扶梯有

$$x = v_0 t_1 = 4\text{m}$$

第一箱货物从出发到与传送带共速过程中摩擦产生的热量为

$$Q_1 = \mu mg(x - s_1) \cos \theta = 120\text{J}$$

(3) 第二箱货物匀速运动 $\Delta t = 0.28\text{s}$ 后，两箱货物相距

$$\Delta x_1 = s_1 + v_0 \Delta t - v_1 \Delta t = 0.6\text{m}$$

推力 F 改变后，对第二箱货物

$$F - mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$$

解得

$$a = -7.5\text{m/s}^2$$

假设两箱货物可以发生碰撞，设从 $\Delta t = 0.28\text{s}$ 后至两箱货物相碰经历的时间为 t ，则有

$$v_1 t_2 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 - v_0 t_2 = \Delta x_1$$

解得

$$t_2 = \frac{2}{15}\text{s}$$

全过程第一箱货物的位移

$$x_{\text{总}} = s_1 + v_0 (\Delta t + t_2) < L$$

假设成立，即两箱货物能发生碰撞，碰撞时第二箱货物的速度

$$v_2 = v_1 + a_2 t_2 = 6\text{m/s}$$

两箱货物发生碰撞，有

$$mv_0 + mv_2 = 2mv$$

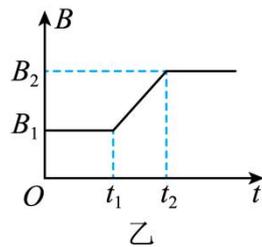
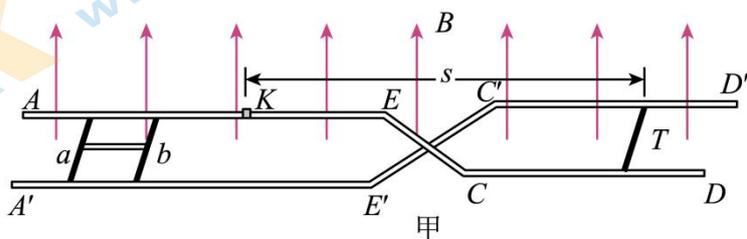
碰撞过程中损失的能量

$$Q = \frac{1}{2} mv_0^2 + \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} \times 2mv^2 = 40\text{J}$$

14. (2024·浙江嘉兴·统考一模) 如图甲所示，两光滑金属导轨 $AECD$ 和 $A'E'C'D'$ 处在同一水平面内，相互平

行部分的间距为 l ，其中 AE 上 K 点处有一小段导轨绝缘。交叉部分 EC 和 $E'C'$ 彼此不接触。质量均为 m 、长度均为 l 的两金属棒 a 、 b ，通过长为 d 的绝缘轻质杆固定连接成“工”形架，将其置于导轨左侧。导轨右侧有一根被锁定的质量为 $2m$ 的金属棒 T ， T 与 K 点的水平距离为 s 。整个装置处在竖直向上的匀强磁场中，其磁感应强度大小随时间的变化关系如图乙所示， B_1 、 B_2 、 t_1 、 t_2 均为已知量。 a 、 b 和 T 的电阻均为 R ，其余电阻不计。 $t=0$ 时刻，“工”形架受到水平向右的恒力 F 作用， t_2 时刻撤去恒力 F ，此时 b 恰好运动到 K 点。

- (1) 求 t_1 时刻，“工”形架速度和 a 两端电压 U ；
- (2) 求从 $t=0$ 到 t_2 过程中“工”形架产生的焦耳热；
- (3) 求 a 运动至 K 点时的速度；
- (4) 当 a 运动至 K 点时将 T 解除锁定，求 a 从 K 点开始经时间 t 后与 T 的水平距离。（此过程“工”形架和 T 均未运动至 $EE'CC'$ 交叉部分）。



【答案】 (1) $\frac{Ft_1}{2m}$, $\frac{B_1 l F t_1}{2m}$; (2) $\frac{(B_2 - B_1)^2 l^2 d^2}{2R(t_2 - t_1)}$; (3) $\frac{Ft_2}{2m} - \frac{B_2^2 l^2 d}{4mR}$; (4) $s - \left(\frac{Ft_2}{2m} - \frac{B_2^2 l^2 d}{4mR} \right) t$

【详解】 (1) $0 \sim t_1$ 过程“工”形架所围回路磁通量磁通量不变，无感应电流，“工”形架合外力为 F 由牛顿第二定律得

$$a = \frac{F}{2m}$$

又

$$v_1 = at_1$$

“工”形架的速度

$$v_1 = \frac{Ft_1}{2m}$$

由

$$U = B_1 l v_1$$

得

$$U = \frac{B_1 l F t_1}{2m}$$

(2) $t_1 - t_2$ 的过程，由法拉第电磁感应定律

$$E = \frac{\Delta B}{\Delta t} S$$

得

$$E = \frac{B_2 - B_1}{t_2 - t_1} l d$$

焦耳热

$$Q = \frac{E^2}{2R} (t_2 - t_1)$$

代入得

$$Q = \frac{(B_2 - B_1)^2 l^2 d^2}{2R(t_2 - t_1)}$$

(3) t_2 时刻速度

$$v_2 = at_2 = \frac{F t_2}{2m}$$

“工”形架穿过 K 的过程中 PQ 和 ST 构成回路，由动量定理

$$-F_A \Delta t = 2m \Delta v$$

得

$$-\frac{B_2^2 l^2 d}{2R} = 2m(v - v_2)$$
$$v = \frac{F t_2}{2m} - \frac{B_2^2 l^2 d}{4mR}$$

(4) “工”形架等效为电阻为 R 的一根金属棒，从解锁开始对于“工”形架整体，经任意 Δt 时间的速度为 v_a ， Δt 时间内的平均电流为 \bar{I} ，则

$$-B \bar{I} \Delta t = 2m(v_a - v)$$

ST 棒受安培力向左

$$B \bar{I} \Delta t = 2m v_b$$

所以始终有

$$v_a + v_b = v$$

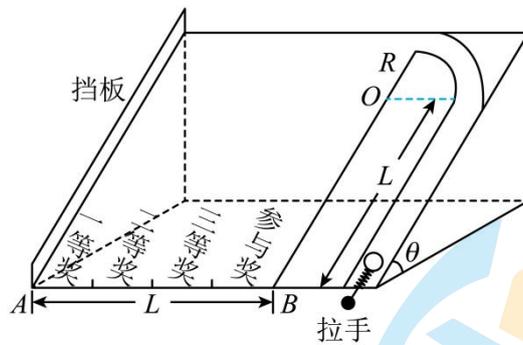
t 时间内相对位移为

$$x_{\text{相}} = v_a t + v_b t = vt = \left(\frac{Ft_2}{2m} - \frac{B_2^2 l^2 d}{4mR} \right) t$$

$$x = s - x_{\text{相}} = s - \left(\frac{Ft_2}{2m} - \frac{B_2^2 l^2 d}{4mR} \right) t$$

15. (2024 上·山东·高三山东省无棣第一中学校联考阶段练习) 为喜迎 2024 年元旦, 某课外小组设计了如图所示的趣味游戏装置。倾角为 30° 的斜劈固定在水平地面上, 长为 L 的直轨道与半径为 $\frac{L}{4}$ 的 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道平滑连接, 两者一起固定在斜劈上表面右侧 (直轨道紧贴斜劈右边缘), 斜劈左侧固定一与斜劈左侧边等长的竖直弹性挡板, 长度可忽略的轻弹簧下端固定在直轨道下端, 斜劈底端长为 L 的 AB 部分等分为 4 个中奖区域。小组设计游戏规则如下: 游戏参与者拉动拉手压缩轻弹簧, 放手后弹簧将质量为 m 的小球从斜劈底端弹出, 小球通过直轨道和圆弧轨道后水平抛出, 若小球直接击中中奖区域则不会获奖, 只有碰撞挡板反弹 (垂直挡板的分速度等大反向, 沿挡板的分速度不变) 后击中中奖区域才能获奖 (不考虑小球落入中奖区域后反弹的情况)。已知重力加速度大小为 g , 忽略一切摩擦阻力。

- (1) 若小球到达圆弧轨道最高点时小球对圆弧轨道外侧的压力大小为 mg , 求小球从斜劈底端弹出时的动能;
 (2) 若要获得一等奖, 求小球从斜劈底端弹出时动能的范围。



【答案】 (1) $E_{k0} = \frac{13mgL}{16}$; (2) $\frac{29}{40}mgL \leq E_{k0} \leq \frac{25}{32}mgL$

【详解】 (1) 小球在圆弧最高点时速度为 v_1 , 由牛顿第二定律可得

$$mg + mg \sin \theta = m \frac{v_1^2}{\frac{L}{4}}$$

解得

$$v_1 = \sqrt{\frac{3}{8}gL}$$

小球从斜劈底端弹出到圆弧最高点的过程中

$$-mg \sin \theta \cdot \left(L + \frac{L}{4} \right) = \frac{1}{2} m v_1^2 - E_{k0}$$

解得

$$E_{k0} = \frac{13mgL}{16}$$

(2) 小球从圆弧最高点射出之后做类似平抛运动，有

$$\frac{5}{4}L = \frac{1}{2}g \sin \theta \cdot t^2$$

解得

$$t = \sqrt{\frac{5L}{g}}$$

当小球恰好到达一等奖左侧边缘时

$$L = v_2 t$$

解得

$$v_2 = \sqrt{\frac{gL}{5}}$$

又

$$-mg \sin \theta \cdot \left(L + \frac{L}{4} \right) = \frac{1}{2} m v_2^2 - E_{k1}$$

解得

$$E_{k1} = \frac{29}{40} mgL$$

当小球反弹后恰好到达一等奖右侧边缘时

$$\frac{L}{4} + L = v_3 t$$

解得

$$v_3 = \frac{\sqrt{5gL}}{4}$$

又

$$-mg \sin \theta \cdot \left(L + \frac{L}{4} \right) = \frac{1}{2} m v_3^2 - E_{k2}$$

解得

$$E_{k2} = \frac{25}{32} mgL$$

综上所述初动能的取值范围为

$$\frac{29}{40}mgL \leq E_{k0} \leq \frac{25}{32}mgL$$

