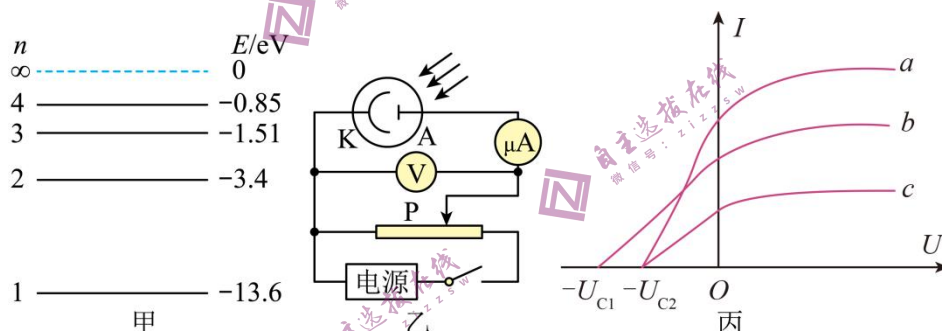


1. 北京时间 2022 年 10 月 7 日 21 分, 中国成功将微厘空间北斗低轨导航增强系统 S5/S6 两颗试验卫星送入离地高度约 700km 的近地轨道。这两颗卫星主要用于实时监测全球卫星导航系统服务性能, 开展导航增强及星间激光通信试验。已知目前在轨运行的中国空间站离地高度约 400km, 若它们绕地球做的均是匀速圆周运动, 已知地球的半径 $R=6400\text{km}$, 地球同步卫星的轨道半径约为 $6.6R$, 两颗试验卫星的质量均小于中国空间站的质量, 下列说法正确的是 ()

- A. 这两颗试验卫星的线速度大于第一宇宙速度
- B. 这两颗试验卫星的线速度小于地球赤道上随地球一起自转的物体的线速度
- C. 这两颗试验卫星的运行周期小于中国空间站的运行周期
- D. 这两颗试验卫星的动能均小于中国空间站的动能

答案 D

2. 氢原子的能级图如图甲所示, 一群处于第 4 能级的氢原子, 向低能级跃迁过程中能发出几种不同频率的光, 其中只有频率为 ν_1 、 ν_2 两种光可让图乙所示的光电管阴极 K 发生光电效应, 先分别用频率 ν_1 或 ν_2 的三个光源 a、b、c 分别照射该光电管阴极 K, 测得电流随电压变化的图像如图丙所示, 下列说法中正确的是 ()



- A. 处于第 4 能级的氢原子向下跃迁最多发出 4 种不同频率的光子
- B. 图线 c 对应的光是氢原子由第 3 能级向第 1 能级跃迁发出的
- C. 图线 a 对应的光子频率大于图线 c 对应的光子频率
- D. 用图线 b 对应的光照射光电管时, 光电流会随着正向电压的增大而不断增大

【答案】

B

【解析】A. 一群处于第 4 能级的氢原子, 向低能级跃迁过程中, 能发出 $C_4^2 = 6$ 种不同频率的光, 故 A 错误;

BC. 由于只有频率为 ν_1 、 ν_2 两种光可让图乙所示的光电管阴极 K 发生光电效应, 跃迁时发出的两种频率最大的光为 $4 \rightarrow 1$ 、 $3 \rightarrow 1$, 由图乙可知, b 光的遏止电压大, a 和 c 光的遏止电压小, 根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 及 $eU_0 = E_k$ 知, a 对应的光子频率小于

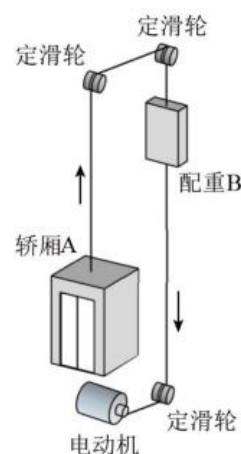
图线 b 对应的光子频率，故 a 、 c 是 $3 \rightarrow 1$ 跃迁发出的， b 是 $4 \rightarrow 1$ 跃迁发出的，故 C 错误， B 正确；

D . 用图线 b 对应的光照射光电管时，光电流达到饱和后不再增大，故 D 错误。

故选 B 。

3 一种升降电梯的原理如图所示， A 为电梯的轿厢， B 为平衡配重。在某次运行时 A (含乘客)、 B 的质量分别为 $M = 1000\text{kg}$ 和 $m = 800\text{kg}$ 。 A 、 B 由跨过轻质滑轮的足够长轻质缆绳连接。电动机通过牵引绳向下拉配重 B ，使得电梯的轿厢由静止开始向上运动 (轿厢 A 、配重 B 一直未与滑轮相撞)。电动机输出功率 $P = 2\text{kW}$ 保持不变。不计空气阻力和摩擦阻力， $g = 10\text{m/s}^2$ 。在 A 向上运动过程中，则 ()

- A. 轿厢 A 能达到的最大速度 $v_m = 0.2\text{m/s}$
- B. 轿厢 A 向上的加速度为 $a = 2\text{m/s}^2$ 时，配重 B 下端的牵引绳上拉力 $F = 5600\text{N}$
- C. 轿厢 A 先做匀加速直线运动，再做加速度减小的直线运动，最后做匀速直线运动
- D. 厢体 A 从静止开始到上升的高度为 5m 时 (箱体已处于匀速状态)，所用的时间 $t = 5.25\text{s}$



【答案】

B

【解析】 【详解】 A . 当轿厢 A 的速度达到最大时轿厢 A 做匀速直线运动，电动机的牵引力为 F ，则有 $F = (M - m)g$

又 $P = Fv_m$ 代入数据解得 $v_m = 1\text{m/s}$ 故 A 错误；

B . 当 A 向上的加速度为 $a = 2\text{m/s}^2$ 时，设 A 、 B 之间绳的拉力为 F_A ，重物 B 下端绳的拉力大小为 F_B 。

分别分析 A 、 B ，根据牛顿第二定律得 $F_A - Mg = Ma$ ， $F_B + mg - F_A = ma$

联立解得 $F_B = 5600\text{N}$ ，故 B 正确；

C 电动机输出功率 $P = 2\text{kW}$ 保持不变，速度增大时，根据 $P = Fv$

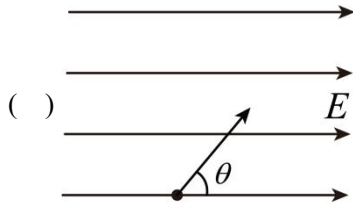
可知牵引力减小，所以轿厢 A 做加速度减小的直线运动，最后做匀速直线运动，故 C 错误；

D . 厢体 A 从静止开始到上升的高度为 5m 时，轿厢箱体已处于匀速状态，对 A 、 B 整体，由动能定理得

$$Pt + mgh - Mgh = \frac{1}{2}(M + m)v_m^2$$

代入数据解得 $t = 5.45s$ ，故 D 错误；

4. 如图，空间中存在水平向右的匀强电场，一带负电的小球以大小为 v ，与水平方向成 60° 角的速度射入匀强电场，经过一段时间，小球速度大小仍为 v ，但方向沿水平方向，已知小球质量为 m ，带电荷量为 $-q$ ，重力加速度为 g ，则在该过程中



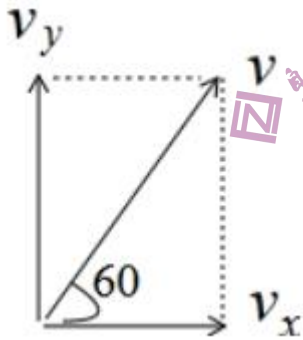
- A. 小球机械能先增大再减小
- B. 匀强电场的电场强度大小为 $\frac{2mg}{q}$
- C. 小球射入电场后，经过 $\frac{\sqrt{2}}{6g}v$ 的时间电势能最大
- D. 小球的最小动能为 $\frac{1}{8}mv^2$

【答案】

D

【解答】A 电场力先做负功后做正功，故机械能先减少后增加，故 A 错误

B. 初速度分解如图所示： $v_x = v\cos 60^\circ$ ， $v_y = v\sin 60^\circ$



方向恰沿水平方向时，竖直方向速度为零，用时 $t' = \frac{v\sin\theta}{g}$

水平方向做匀变速直线运动，则 $v = -v\cos\theta + at'$

根据牛顿第二定律： $qE = ma$ ，联立解得 $E = \frac{\sqrt{3}mg}{q}$ ，故 B 错；

故 B 正确；

C. 当物体有向右的分速度时，电场力做负功，电势能增大，故水平方向速度恰为零时，

电势能最大, 用时 $t' = \frac{v \cos \theta}{a} = \frac{\sqrt{3}v}{6g}$, 故 C 错误;

D. 小球运动过程中, 动能

$$E_k = \frac{1}{2}m(v_x^2 + v_y^2) = \frac{1}{2}m(-v \cos \theta + at)^2 + \frac{1}{2}m(v \sin \theta - gt)^2$$

整理得: $E_k = \frac{1}{2}m(4g^2t^2 - 2\sqrt{3}gvt + v^2)$, 根据数学知识可知,

当 $t = -\frac{-2\sqrt{3}gv}{2 \times 4g^2} = \frac{\sqrt{3}v}{4g}$ 时, 动能有最小值 $E_{k\min} = \frac{1}{8}mv^2$, 故 D 正确

5. 如图所示, 质量为 M 的直-20 武装直升机旋翼有 4 片桨叶, 桨叶旋转形成的圆面面积为 S 。已知空气密度为 ρ , 重力加速度大小为 g 。当直升机悬停空中时, 桨叶旋转推动空气, 空气获得的速度为 v_0 , 则单位时间内桨叶旋转推动空气的质量可表示为



- A. $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho S v_0^2$ B. $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho S v_0$ C. $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{Mg}{2v_0}$ D. $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{Mg}{v_0}$

【答案】

BD

【解析】

【分析】

本题考查动量定理以及功能关系。通过对飞机由共点力的平衡条件可得出飞机受到的作用力; 再对空气由动量定理可求得排开的空气的速度和质量。另由功能关系可知发动机做的功等于被加速空气的动能。

【解答】

直升机处于平衡状态, 记直升机与空气间的作用力为 F , 则 $F = Mg$; 飞机对空气的力与空气对飞机的力为作用力与反作用力, 即 $F = F'$;

AB. 对空气由动量定理可得: $F' \Delta t = \Delta m \cdot v_0 = \rho S v_0 \Delta t \cdot v_0$, 解得 $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho S v_0$, 故 A 错误,

B 正确;

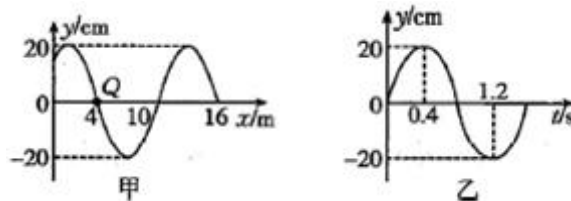
CD. 由上式知 $F' \Delta t = \Delta m \cdot v_0$, 由功能关系可得 $F = Mg$, 联立两式消去 v_0 可得 $\frac{\Delta m}{\Delta t} =$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{Mg}{v_0}$$

故 C 错误, D 正确;

故选 BD.

6. 沿 x 轴传播的一列简谐横波在 $t = 0$ 时刻的波动图像如图甲所示, 平衡位置在 $x = 4\text{m}$ 处的质点 Q 的振动图像如图乙所示, 下列说法正确的是()



- A. 该波沿 x 轴正方向传播
B. 该波的波长为 10m
C. 该波的传播速度为 12m/s
D. $t = \frac{4}{15}\text{s}$ 时刻, $x = 0$ 处的质点回到平衡位置

【答案】

AD

【解析】解: A、根据质点 Q 的振动图像可知, $t = 0$ 时刻质点 Q 沿 y 轴正方向振动, 则该波沿 x 轴正方向传播, 故 A 正确;

BC、该波的波长 $\lambda = 12\text{m}$, 周期 $T = 1.6\text{s}$, 由 $v = \frac{\lambda}{T}$ 可得该波的传播速度 $v = 7.5\text{m/s}$, 故 BC 错误;

D、波动图像的方程为 $y = A\sin(\frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi)$

当 $x = 4$ 时, $y = 0$, 代入解得 $\varphi = \frac{\pi}{3}$

则波动方程为 $y = 20\sin(\frac{\pi}{6}x + \frac{\pi}{3})(\text{cm})$, $t = 0$ 时刻, $x = 0$ 处的质点偏离平衡位置的位移大小为 $10\sqrt{3}\text{cm}$, 振动方程为 $y = 20\sin(\frac{5\pi}{4}t + \frac{2\pi}{3})(\text{cm})$, $t = \frac{4}{15}\text{s}$ 时刻回到平衡位置, 故 D 正确.

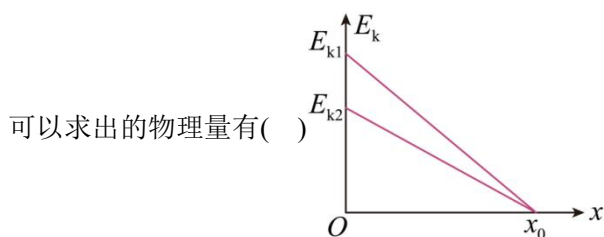
故选: AD。

根据“同侧法”判断波的传播方向; 根据图象直接求解波长; 根据 $v = \frac{\lambda}{T}$ 求解该波的传播速度; 根据波动和振动方程分析判断 D 项。

本题既要理解振动图象和波动图象各自的物理意义, 由振动图象能判断出质点的速度方向, 同时要把握两种图象的内在联系, 能由质点的速度方向, 判断出波的传播方向。

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()

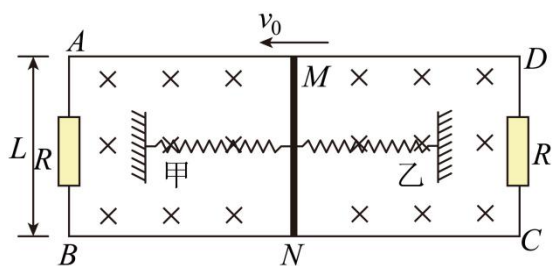
- A. 重力加速度大小
- B. 物体所受滑动摩擦力的大小
- C. 斜面的倾角
- D. 沿斜面上滑的时间

【答案】

BD

【解析】 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 $E_k - E_{k1} = -(mgsin\theta + f)x$
 下滑时，由动能定理 $E_k = (mgsin\theta - f)(x_0 - x)$
 x_0 为上滑的最远距离；
 由图像的斜率可知 $mgsin\theta + f = \frac{E_{k1}}{x_0}$ ， $mgsin\theta - f = \frac{E_{k2}}{x_0}$
 两式相加可得 $g\sin\theta = \frac{1}{2m}(\frac{E_{k1}}{x_0} + \frac{E_{k2}}{x_0})$
 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 $mgsin\theta + f = ma$ ， $t = \frac{v_0}{a}$
 故可求解沿斜面上滑的时间，D 正确。
 故选 BD。

8、如图所示，ABCD 为固定的水平光滑矩形金属导轨，AB 间距离为 L ，左右两端均接有阻值为 R 的电阻，处在方向竖直向下、磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，质量为 m 、长为 L 的导体棒 MN 放在导轨上，甲、乙两根相同的轻质弹簧一端与 MN 棒中点连接，另一端均被固定，MN 棒始终与导轨垂直并保持良好接触，导轨与 MN 棒的电阻均忽略不计。初始时刻，两弹簧恰好处于自然长度，MN 棒具有水平向左的初速度 v_0 ，经过一段时间，MN 棒第一次运动至最右端，在这一过程中 AB 间电阻 R 上产生的焦耳热为 Q ，则()



- A. 初始时刻棒受到安培力大小为 $\frac{2B^2L^2v_0}{R}$
- B. 从初始时刻至棒第一次到达最左端的过程中，整个回路产生焦耳热大于 $\frac{2Q}{3}$
- C. 当棒从开始第一次回到初始位置时，AB 间电阻 R 的功率为 $\frac{B^2L^2(v_0^2 - \frac{8Q}{3m})}{R}$
- D. 当棒第一次到达最右端时，甲弹簧具有的弹性势能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 - 2Q$

【答案】 AB

【解析】

【详解】 A: 初始时刻棒的速度为 v_0 ，导体棒切割磁感线产生的感应电动势

$$E = BLv_0, \text{ 导体棒中电流 } I = \frac{BLv_0}{R_{\text{并}}} = \frac{BLv_0}{R/2} = \frac{2BLv_0}{R}, \text{ 导体棒所受安培力}$$

$$F = BIL = \frac{2B^2L^2v_0}{R}. \text{ 故 A 项正确.}$$

B: MN 棒第一次运动至最右端，在这一过程中 AB 间电阻 R 上产生的焦耳热为 Q，回路中产生的总焦耳热为 2Q。将此过程分为三个部分：1、棒从开始位置第一次到达最左端，2、棒从最左端再次回到初始位置，3、棒从再次回到初始位置到最右端；由于安培力始终对 MN 做负功，棒第一次到达最左端过程中，棒平均速度最大，平均安培力最大，位移也最大，棒克服安培力做功最大，棒第一次到达最左端过程中，整个回路产生焦耳热大于 $\frac{2}{3}Q$ 。故 B 项正确。

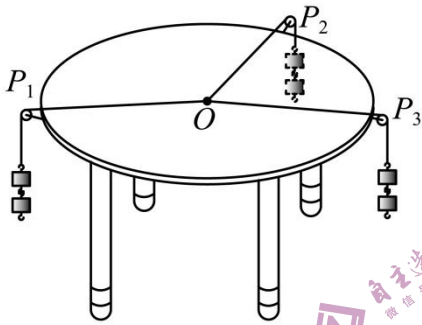
C: 据 B 项分析可知，棒从再次回到初始位置到最右端过程中，整个回路产生焦耳热小于 $\frac{2}{3}Q$ ，则棒从初始位置到再次回到初始位置过程中整个回路产生焦耳热大于 $(2 - \frac{2}{3})Q = \frac{4}{3}Q$ 。设棒再次回到初始位置速度为 v ，应用功能关系得：

$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv^2 > \frac{4}{3}Q$ ，解得： $v < \sqrt{v_0^2 - \frac{8Q}{3m}}$ 。当棒再次回到初始位置时，导体棒切割磁感线产生的感应电动势 $E_2 = BLv$ ，AB 间电阻 R 的功率 $P = \frac{E_2^2}{R}$ ，解得：

$$P < \frac{B^2 L^2 (v_0^2 - \frac{8Q}{3m})}{R} \text{。故 C 项错误。}$$

D：由能量守恒定律知，当棒第一次到达最右端时，棒的机械能全部转化为整个回路中的焦耳热和甲乙弹簧的弹性势能，又甲乙两弹簧的弹性势能相等，所以甲具有的弹性势能为 $\frac{1}{2}(\frac{1}{2}mv_0^2 - 2Q) = \frac{1}{4}mv_0^2 - Q$ 。故 D 项错误。

9.某兴趣小组的同学为了验证“两个互成角度的力的合成规律”，设计了一个实验方案，在圆形桌子桌面上平铺一张白纸，在桌子边缘安装三个光滑的滑轮（滑轮上侧所在平面与桌面平行），滑轮 P_1 固定，滑轮 P_2 、 P_3 可沿桌边移动，如图所示。可供选择的实验器材有：刻度尺、三角板、铅笔、白纸、一根橡皮筋、三根细线、质量相同的钩码若干。



部分实验操作步骤如下：

- ①将橡皮筋中央处和两端点分别与三根细线相连；
- ②将连在橡皮筋中央的细线跨过固定滑轮 P_1 ，连接橡皮筋两端点的细线跨过可动滑轮 P_2 、 P_3 ；
- ③在三根细线的下端分别挂上一定数量的钩码，使连在橡皮筋中央的细线与橡皮筋的结点 O 静止。

(1) 为完成本实验，下列物理量必须测量或记录的是_____。（填选项前字母）

- A. 橡皮筋的原长 B. 两端橡皮筋伸长后的长度
C. 钩码的质量 D. 三根细线所挂钩码的个数

(2) 在完成本实验的过程中，下列操作或描述正确的是_____。（填选项前字母）

- A. 连接橡皮筋两端点的细线长度必须相同
B. 细线 OP_1 必须在 OP_2 与 OP_3 夹角的角平分线上

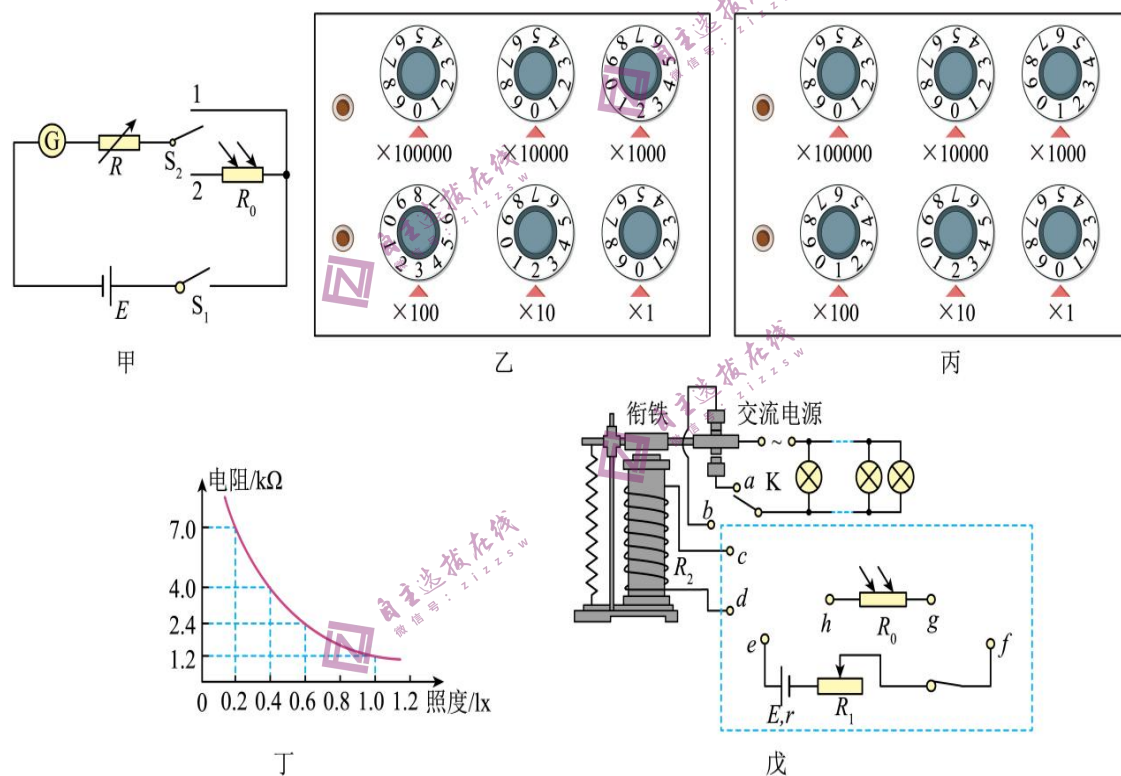
C. 记录图中 O 点的位置和 OP_1 、 OP_2 、 OP_3 的方向

D. 不改变 OP_1 所挂钩码的个数和 OP_1 的方向，改变 OP_2 与 OP_3 的夹角重复实验， O 点不用在桌面上同一位置

(3) 实验中，若桌面不水平_____ (填“会”或“不会”)影响实验的结论。

(每空 2 分) D CD 不会

10. 光敏电阻广泛的应用于光控制电路中，物理探究小组设计了图甲所示的电路测量不同照度下的光敏电阻的阻值，照度单位为勒克斯 (lx)。小组成员先将照射光敏电阻的光调至某一照度，将电阻箱阻值调到最大，先闭合电键 S_1 ，再将电键 S_2 与 1 连接，调节电阻箱的阻值如图乙所示时，此时通过电流表 G 的电流为 I ，然后将电键 S_2 与 2 连接，当调节电阻箱的阻值如图丙所示时，电流表的示数恰好也为 I 。



(1) 图乙的读数 $R_1 = \underline{200000} \Omega$ ，图丙的读数 $R_2 = \underline{20000} \Omega$ ，此照度下光敏电阻的阻值 $R_0 = \underline{20000} \Omega$ 。

(2) 图丁是该小组描绘出的光敏电阻的阻值随照度变化的关系图像，由图丁可知 (1) 中的光照度为 $\underline{0.2} \text{ lx}$ (保留两位有效数字)。

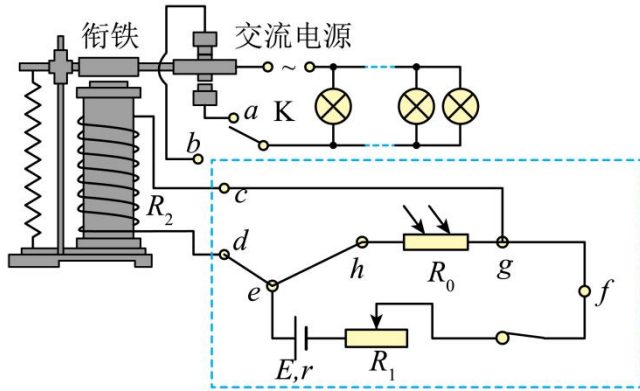
(3) 此光敏电阻随光照强度的减小而_____ (填“增大”、“不变”或“减小”)。

(4) 小组设计了如图戊所示的电路控制路灯，图戊中 R_0 为此实验的光敏电阻， R_1 为滑动变阻器，电磁继电器的衔铁由软铁 (容易磁化和消磁) 制成， R_2 为电磁铁的线圈电阻， K 为单刀双掷开关。当光照强度小到某一值时，衔铁就会被吸下，交流电路接通，当光照强度达

到某一值时，衔铁就会被弹簧拉起，交流电路就会断开，路灯熄灭，请在图戊中原有电路的基础上用笔画连接电路实现这一功能_____。

(每空 2 分)

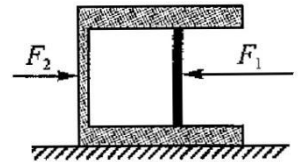
2320 1120 1200 1.0 增大



11. (10分) 光滑地面上水平放置一个质量为 $2m$ 导热性能良好的容器(容器壁很薄)，用一个质量为 m 、导热性能良好的活塞封闭一定量的气体在其中，活塞的横截面积为 S ，容器内部气体的长度为 L ，气体的质量可忽略不计，活塞和容器间接触光滑。已知外界气压为 p_0 ，环境温度恒定。

(1) 现同时用水平向左的恒力 F_1 和水平向右的恒力 F_2 分别作用在活塞和容器上，且 $F_1 = F_2 = F$ ，活塞和容器最终无相对运动。求则容器内部气体的长度 L_1 为多少？

(2) 若去掉 F_2 ，只施加 F_1 推动活塞，稳定后一起匀加速运动。求容器内部气体的长度为 L_2



【解答】

1) F_1 、 F_2 分别作用在活塞和容器上，活塞和容器无相对运动时，设容器内气体的压强为 p 、长度为 L_1 ，对活塞由力的平衡条件有 $pS = p_0S + F$ ，-----2分

解得 $p = p_0 + \frac{F}{S}$ ，

2) 根据等温变化规律有 $p_0SL = pSL_1$ -----2分

3) 解得 $L_1 = \frac{p_0S}{p_0S+F}L$ ，-----1分

4) (2) 对整体 $F = 3ma$ -----1分

对气缸 $P_2S - P_0S = 2ma$ -----1分

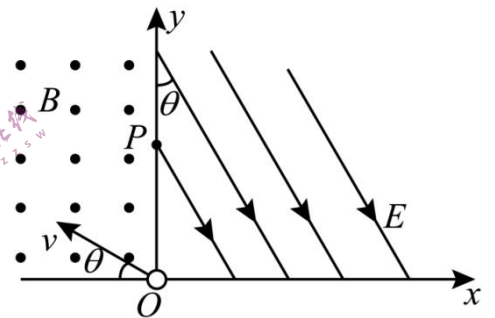
联立解得： $P_2 = p_0 + \frac{2F}{3S}$ ，-----1分

根据等温变化规律有 $p_0SL = pSL_2$ -----1分

解得 $l_2 = \frac{3p_0S}{3p_0S+2F}L$, -----1 分

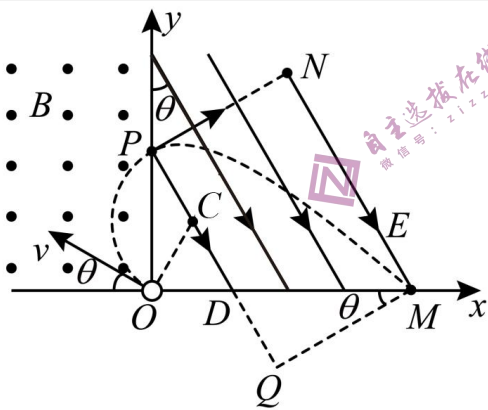
25. (14 分) 如图所示的 xOy 坐标系中, 第一象限存在与 xOy 平面平行的匀强电场, 且与 y 轴负方向的夹角 $\theta = 30^\circ$, 第二象限存在垂直平面向外的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B . 一带正电粒子自 O 点射入第二象限, 速度 v 与 x 轴负方向的夹角 $\theta = 30^\circ$, 粒子经磁场偏转后从 y 轴上的 P 点进入第一象限, 并由 x 轴上的 M 点 (未画出) 离开电场. 已知 OM 距离为 $3L$, 粒子的比荷为 $\frac{v}{BL}$ 不计粒子重力.

- (1) 求 OP 两点的距离;
- (2) 求粒子在磁场中运动的时间;
- (3) 当该粒子经过 P 点的同时, 在电场中的 N 点由静止释放另一个完全相同的带电粒子, 若两粒子在离开电场前相遇且所需时间最长, 求 N 点的坐标.



【答案】 (1) $OP = \sqrt{3}L$; (2) $t = \frac{2\pi L}{3v}$; (3) $x = 1.5L, y = 1.5\sqrt{3}L$

【详解】 (1) 带电粒子在第二象限内做匀速圆周运动, 轨迹如图, 圆心为 C



由牛顿第二定律, 得

$$qvB = \frac{mv^2}{R} \text{ -----2 分}$$

解得

$$R = L \text{ -----1 分}$$

由几何关系得

$$\angle OCP = 120^\circ \text{ -----1 分}$$

则

$$OP = \sqrt{3}L \text{ -----1 分}$$

(2) 粒子在磁场中运动周期

$$T = \frac{2\pi R}{v} \text{ -----2 分}$$

粒子偏转 120° ，即在磁场中运动时间

$$t = \frac{T}{3} \text{ -----1 分}$$

解得

$$t = \frac{2\pi L}{3v} \text{ -----1 分}$$

(3) 带电粒子进入第一象限时速度与 y 轴正方向成 60° 角，与电场方向垂直，故粒子在第一象限内做类平抛运动，轨迹如图。由于两粒子完全相同，所以只需在带电粒子进入电场时速度方向的直线上 PN 范围内任一点释放粒子，均可保证两粒子在电场中相遇，且两粒子在 M 点相遇所需时间最长，即在图中 N 点由静止释放粒子即可。设 N 点的横坐标为 x ，纵坐标为 y ，根据几何知识可得

$$PN = QM = \sqrt{3}L \text{ -----1 分}$$

又

$$x = PN \cos 30^\circ \text{ -----1 分}$$
$$y = OP + PN \sin 30^\circ \text{ -----1 分}$$

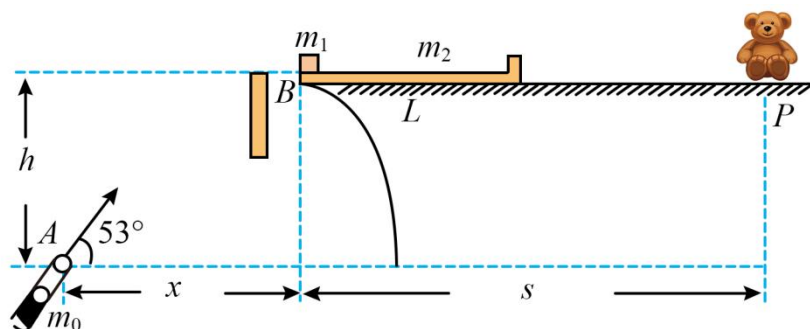
解得

$$x = 1.5L \text{ -----1 分}$$

$$y = 1.5\sqrt{3}L \text{ -----1 分}$$

26. (20 分) 图为某个有奖挑战项目的示意图，挑战者压缩弹簧将质量 $m_0=0.3\text{kg}$ 的弹丸从筒口 A 斜向上弹出后，弹丸水平击中平台边缘 B 处质量 $m_1=0.3\text{kg}$ 的滑块或质量 $m_2=0.2\text{kg}$ 的“L 形”薄板，只要薄板能撞上 P 处的玩具小熊就算挑战成功。已知弹丸抛射角 $\theta=53^\circ$ ， B 与 A 的高度差 $h = \frac{20}{9}\text{m}$ ， B 与 P 处的小熊相距 $s=2.2\text{m}$ ，薄板长度 $L=0.9\text{m}$ ，最初滑块在薄板的最左端；滑块与薄板间的动摩擦因数为 $\mu_1=0.5$ ，薄板与平台间的动摩擦因数 $\mu_2=0.3$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力；薄板厚度不计，弹丸和滑块都视为质点，弹丸与滑块发生弹性碰撞，且之后可能的碰撞也为弹性碰撞。所有碰撞过程的时间和外力影响均不计，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ， $\sin 53^\circ = 0.8$ 。

- (1) 求 A 、 B 间的水平距离 x ；
 (2) 试通过计算判定滑块能否和薄板右侧相碰，如果能相碰求碰撞后滑块和薄板的速度；
 (3) 试通过计算判定挑战会不会成功。



【详解】(1) 设弹丸在筒口 A 的速率为 v_0 ，弹丸从 A 到 B 可视为平抛运动的逆过程，由运动学规律有

$$h = \frac{1}{2}gt^2, \quad x = v_0t \quad \text{-----2}$$

又

$$\tan \theta = \frac{gt}{v_0} \quad \text{-----1}$$

将 $h = \frac{20}{9}\text{m}$, $\theta = 53^\circ$ 代入，解得

$$t = \frac{2}{3}\text{s}, \quad v_0 = 5\text{m/s}, \quad x = \frac{10}{3}\text{m} \quad \text{-----2}$$

(2) 弹丸与滑块发生完全碰撞，系统动量和机械能均守恒。设碰后两者速率分别为 v_0' 、 v_1 。

因 $m_0 = m_1$ ，故两者速度互换，即

$$v_0' = 0 \text{ (弹丸此后掉落)}, \quad v_1 = 5\text{m/s} \quad \text{-----2}$$

薄板所受滑块的滑动摩擦力为

$$f_1 = \mu_1 m_1 g = 1.5\text{N}$$

薄板所受平台的最大静摩擦力为

$$f_2 = \mu_2 (m_1 + m_2) g = 1.5\text{N}$$

因 $f_1 = f_2$ ，故薄板静止不动。设滑块滑至薄板右侧与薄板右端相碰时，滑块速率为 v_2 ，由动能定理有

$$-\mu_1 m_1 g L = \frac{1}{2} m_1 v_2^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2 \quad \text{-----1}$$

代入数据得

$$v_2 = 4\text{m/s} \quad \text{-----1}$$

滑块与薄板发生弹性碰撞，系统动量和机械能均守恒。设碰后两者速度分别为 v_3 、 v_4

有

$$m_1 v_2 = m_1 v_3 + m_2 v_4, \quad \frac{1}{2} m_1 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_3^2 + \frac{1}{2} m_2 v_4^2 \text{-----}2$$

代入数据得

$$v_3 = 0.8 \text{ m/s}, v_4 = 4.8 \text{ m/s} \text{-----}2$$

(3) 此后, 滑块和薄板分别向右做匀加速直线运动和匀减速直线运动, 假设两者能够共速, 速率为 v_5 , 对滑块和薄板, 分别由动量定理有

$$\mu_1 m_1 g t = m_1 v_5 - m_1 v_3 \text{-----}1$$

$$-\mu_1 m_1 g t - \mu_2 (m_1 + m_2) g t = m_2 v_5 - m_2 v_4 \text{-----}1$$

代入数据得

$$v_5 = 1.8 \text{ m/s}, t = 0.2 \text{ s} \text{-----}1$$

此过程中, 设滑块与薄板发生的位移分别为 x_1 和 x_2

由运动学规律有

$$x_1 = \frac{1}{2} (v_3 + v_5) t = 0.26 \text{ m}, x_2 = \frac{1}{2} (v_4 + v_5) t = 0.66 \text{ m} \text{-----}1$$

因: $x_2 + L = 1.56 \text{ m} < s = 2.2 \text{ m}$, 滑块与薄板的相对位移

$$\Delta x_1 = x_2 - x_1 = 0.4 \text{ m} < L = 0.9 \text{ m}$$

故两者共速假设成立。共速后, 因 $\mu_1 > \mu_2$, 故假设两者相对静止做匀减速直线运动直至停止, 再发生位移 x_3 , 动能定理有

$$-\mu_2 (m_1 + m_2) g x_3 = 0 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_5^2 \text{-----}1$$

代入数据得

$$x_3 = 0.54 \text{ m} \text{-----}1$$

因

$$x_2 + x_3 + L = 2.1 \text{ m} < s = 2.2 \text{ m} \text{-----}1$$

所以薄板不能撞上小熊, 挑战失败。

答案

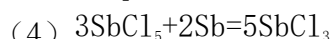
| | | | | | | | |
|----|---|---|---|----|----|----|----|
| 题号 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 答案 | D | D | B | A | D | B | C |

27. (共 14 分, 除标注外每空 2 分)

(1) $+\frac{3}{2}$ 或 $-\frac{3}{2}$ (1 分)

(2) H_2 , 阴离子 (每空各 1 分)

(3) SiO_2 、S

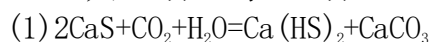


(5) 9.0×10^{-24} , 防止产生 H_2S 等有毒气体污染环境或防止锑离子沉淀 (合理均给分) (每空各 1 分)

(6) 3:4

(7) $Fe(SbO_3)_2$ (1 分), $\frac{792}{abc \times 10^{-21} N_A}$

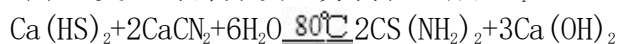
28. (共 14 分, 每空 2 分)



(2) 反应中会生成可溶性的 $CaCl_2$, 增加了分离的难度

(3) b 中出现黑色沉淀即 CO_2 过量

(4) 受热时部分发生异构化生成 NH_4SCN , 故温度不能过高



(5) $\frac{(152n - 76cV)}{m} \%$ 偏高

29. (共 15 分, 除标注外每空 2 分)

(1) +31.45 $0 > C > H > Na$ 氢键

(2) 有 5.0×10^4

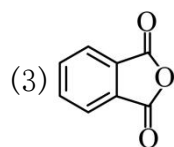
(3) 5

(5) 阴 (1 分) $CO_2 + H_2O + 2e^- = CO + 2OH^-$ 或 $2CO_2 + 2e^- = CO_3^{2-} + CO$

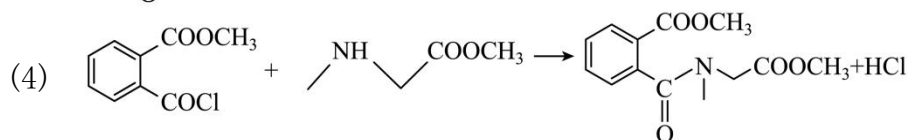
30. (共 15 分, 除标注外每空 2 分)

(1) sp^2 和 sp^3 3-氯丙烯或 3-氯-1-丙烯 (1 分) 羟基 (1 分)

(2) 取代反应 (1 分) $CH_2=CHCH_2OH + Cl_2 \rightarrow CH_2ClCHClCH_2OH$



CH_3OH 和 H_2O 都为极性分子, 且两者能形成分子间氢键



生物参考答案

1.D 2.B 3.C 4.A 5.D 6.B

31. (10分, 除标注外, 每空1分)

(1) 玉米增加光饱和点和提高强光条件下光合速率; 花生提高弱光条件下光合速率(2分); 小; 减小

(2) 多效唑使叶绿素含量增加促进花生光合作用的光反应; 多效唑促进有机物从叶片的输出有利于花生光合作用暗反应的进行, 最终促进花生光合作用合成有机物(2分)。

(3) 多效唑矮化植株和花生踩秧使花生秧离土壤距离更近, 有利于花生的花针入土, 下针早, 结果多, 产量高(而且减少了营养生长, 使田间通风透光, 从而间接地增加了光照强度)(2分)

(4) 浅 否

32. (9分, 除标注外, 每空2分)

(1) 体液调节

(2) 电信号(或神经冲动)和化学信号; 大脑皮层(1分); 脊髓的低级中枢受大脑皮层相应高级中枢的调控

(3) 当抓挠皮肤时, 痛觉感受器产生的神经冲动传递到中间神经元c时, 会抑制痒觉中间神经元b兴奋, 导致大脑不能产生痒觉

33. (共12分, 每空2分)

(1) 能够加快生态系统的物质循环

(2) 调节生物的种间关系, 维持生态系统的平衡和稳定

(3) 0.79 不流向下一营养级

(4) 自我调节; 整体、协调、循环、自生

34. (共11分, 除标注外, 每空2分)

(1) 白色: 新性状: 青色=1: 2: 1 (基因突变的) 不定向性 (1分)

(2) 不能 答出两对等位基因位于一对同源染色体上也会出现实验三的结果即可(可以不必列举出两对基因在一对同源染色体上的具体情况)

新性状: 白色: 青色: 灰色=9: 3: 3: 1

(3) 两对等位基因位于一对同源染色体上且新性状个体在减数分裂时发生了交叉互换

35. (共12分, 每空2分)

(1) 钙离子 PCR

(2) 稀释涂布平板法 两个或多个细胞连在一起平板上观察到只有一个菌落

(3) 缺乏内质网、高尔基体等加工过程 启动子