

# 目 录

## 倒计时 15 天

### ► 静电场的性质应用.....3

基于库仑定律，以及电场强度、电势、电势能、电场线和等势面的基本规律的应用

## 倒计时 14 天

### ► 磁场的性质应用.....20

通过安培力和洛伦兹力研究，考安培力作用下的平衡问题和带电粒子在有界磁场中的运动。

## 倒计时 13 天

### ► 电磁感应基本规律应用.....43

基于电磁感应在现代科技中的应用，考楞次定律和法拉第电磁感应定律在电路、图像等中的基本应用

## 倒计时 12 天

### ► 恒定电流与交变电流.....59

以生产生活为场景，考闭合电路欧姆定律、交变电流的产生与变压器、远距离输电。

## 倒计时 11 天

### ► 机械振动和机械波.....76

基于生活常见和图像，考弹簧振子与单摆模型、振动图像、波动图像，以及机械波的干涉。

## 静电场的性质应用

### 考情透视--把脉命题 直击重点

#### ►命题解码：

静电场在高考物理中占比约 15%~20%，是选择题绝佳载体，涉及电场强度、电势、电势能、电容器等基本概念，常与力学、能量、图像结合命题。高考风向表明，电场与曲线的轨迹问题可综合考查对基本概念的深度理解和灵活运用，学生需充分思考多种可能情形并进行分析。

#### ►高考前沿：

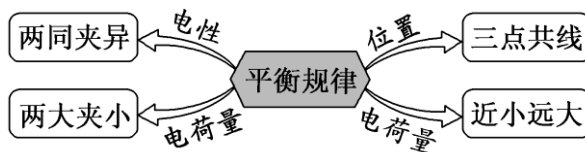
2026 年静电场命题将呈现三大特征：一是以新能源技术（如光伏发电系统、无线充电）为载体，考查电场性质及能量转化计算；二是电场中的轨迹问题与动力学相结合，侧重综合分析；三是电容器部分可能联系传感器、智能设备等科技前沿情境。同时，静电场与力学思想（受力分析、动量、能量）的交叉仍将是命题方向。

### 核心模型--模型架构，精准剖析

#### 【模型一】库仑力作用下的平衡模型

1.三个自由点电荷的平衡问题：

- ①平衡条件：每个点电荷受另外两个点电荷的合力为零或每个点电荷平衡的位置是另外两个点电荷的合场强为零的位置。
- ②平衡规律：



2. 利用三角形相似法处理带电小球的平衡问题：

常见模型	几何三角形和力的矢量三角形	比例关系
------	---------------	------

		$\frac{G}{OA} = \frac{T}{OB} = \frac{F}{d}$
		$\frac{mg}{h} = \frac{F}{d} = \frac{\frac{kq_1q_2}{r^2}}{r}$
		$\frac{m_1g}{OC} = \frac{T_1}{OA} = \frac{F}{AC}$ $\frac{m_2g}{OC} = \frac{T_2}{OB} = \frac{F'}{BC}$

### 【模型二】双电荷模型电场

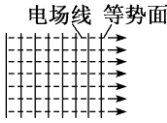
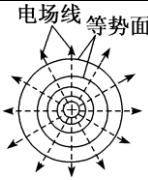
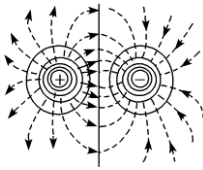
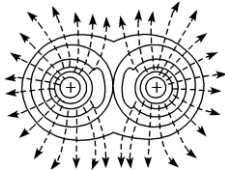
比较	等量异种点电荷	等量同种点电荷
电场线分布图		
电荷连线上的 电场强度	沿连线先变小后变大	
	O 点最小,但不为零	O 点为零
中垂线上的 电场强度	O 点最大,向外逐渐减小	O 点最小,向外先变大后变小
关于 O 点对称位置的 电场强度	A 与 A'、B 与 B'、C 与 C'	
	等大同向	等大反向

【模型三】“电场线+运动轨迹”组合模型

模型特点:当带电粒子在电场中的运动轨迹是一条与电场线不重合的曲线时,这种现象简称为“拐弯现象”,其实质为“运动与力”的关系。运用牛顿运动定律的知识分析:

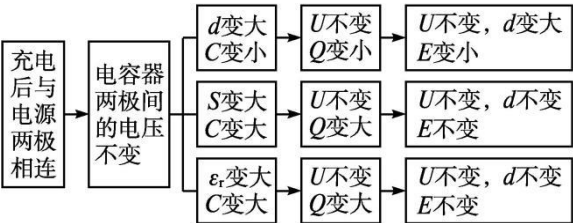
- ①“运动与力两线法”——画出“速度线”(运动轨迹在某一位置的切线)与“力线”(在同一位置电场线的切线方向且指向轨迹的凹侧),从二者的夹角情况分析带电粒子做曲线运动的情况。
- ②“三不知时要假设”——电荷的正负、电场的方向、电荷运动的方向,是题目中相互制约的三个方面。若已知其中一个,可分析判定各待求量;若三个都不知(三不知),则要用“假设法”进行分析。

【模型四】几种典型电场的等势面

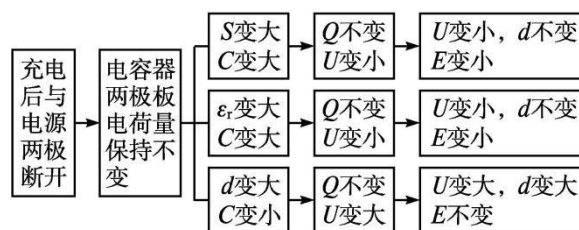
电场	等势面	重要描述
匀强电场		垂直于电场线的一簇平面
点电荷的电场		以点电荷为球心的一簇球面
等量异种点电荷的电场		连线的中垂线上电势处处为零
等量同种(正)点电荷的电场		两点电荷连线上,中点的电势最低;中垂线上,中点的电势最高

【模型五】两类电容器的动态分析模型

(1) 平行板电容器充电后,保持电容器的两极板与电池的两极相连接:



(2) 平行板电容器充电后,切断与电池的连接:



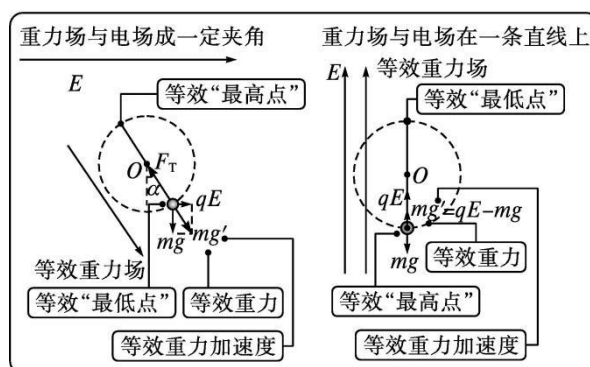
## 【模型六】带电粒子在力电等效场中的圆周运动

### 1. 方法概述

等效思维方法是将一个复杂的物理问题,等效为一个熟知的物理模型或问题的方法。对于这类问题,若采用常规方法求解,过程复杂,运算量大。若采用等效法求解,则能避开复杂的运算,过程比较简捷。

### 2. 方法应用

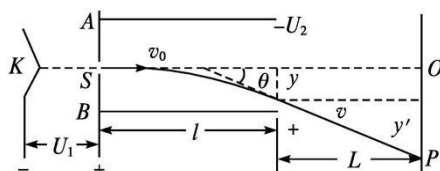
先求出重力与电场力的合力,将这个合力视为一个等效重力,将  $a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$  视为等效重力加速度。再将物体在重力场中的运动规律迁移到等效重力场中分析求解即可。



## 【模型七】带电粒子在电场中的抛体运动

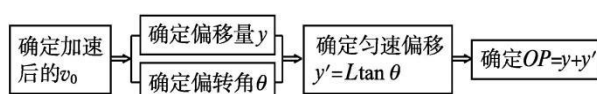
### 1. 求解电偏转问题的两种思路

带电粒子经加速电场  $U_1$  加速,再经偏转电场  $U_2$  偏转后,需再经历一段匀速直线运动才会打到荧光屏上而显示亮点  $P$ ,如图所示。

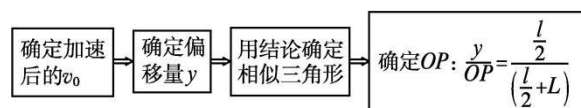


### (1) 确定最终偏移距离 $OP$ 的两种方法

#### 方法 1:



#### 方法 2:



(2)确定粒子经偏转电场后的动能(或速度)的两种方法



2.特别提醒:

(1) 利用动能定理求粒子偏转后的动能时,电场力做功  $W=qU=qEy$ ,其中“ $U$ ”为初末位置的电势差,而不一定是  $U=-\frac{U_2}{2}$ 。

(2) 注意是否考虑重力

①基本粒子: 如电子、质子、 $\alpha$  粒子、离子等除有说明或明确的暗示以外,一般都不考虑重力(但并不忽略质量)。

②带电颗粒: 如液滴、油滴、尘埃、小球等,除有说明或明确的暗示以外,一般都不能忽略重力。

## 易错避坑--易错陷阱 精准避坑

【易错一】场强与电势关系混淆:

- (1) 易错点: 场强大处电势不一定高; 电势为零处场强不一定为零;
- (2) 闭坑策略: 场强是电势变化的“坡度”, 电势高低看参考点选择。

【易错二】电势叠加与场强叠加混淆

- (1) 易错点: 电势是标量(代数和), 场强是矢量(矢量和);
- (2) 闭坑策略: 电势叠加直接代数和; 场强叠加画平行四边形。题目要求“场强”就是矢量合成。

【易错三】电容器动态分析条件不明

- (1) 易错点:  $C = \epsilon_r S / (4\pi kd)$  与  $C = Q/U$  两个公式在使用时不区分“充放电是否断开电源”;
- (2) 闭坑策略: 开关闭合 $\rightarrow U$  不变; 开关断开 $\rightarrow Q$  不变。分别套公式推结论。

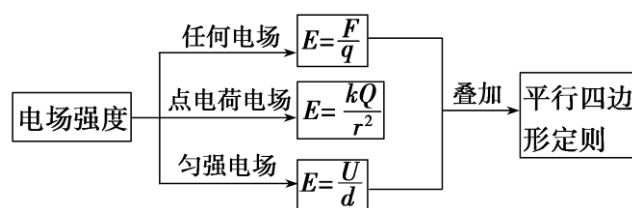
【易错四】电场中轨迹问题误判

- (1) 易错点: 误认为电场力方向与轨迹切线方向一致;
- (2) 闭坑策略: 轨迹切线方向是速度方向; 电场力(或合力)方向指向轨迹的凹侧。

## 高频考点--高频要点 重点攻克

【考点一】场强的叠加

1. 电场强度的三个计算公式



## 2. 电场强度的叠加与计算的方法

- ①叠加法：多个点电荷在空间某处产生的电场强度为各电荷在该处所产生的电场强度的矢量和。
- ②对称法：利用空间上对称分布的电荷形成的电场具有对称性的特点，使复杂电场的叠加计算问题大为简化。
- ③补偿法：将有缺口的带电圆环补全为圆环，或将半球面补全为球面，然后再应用对称的特点进行分析，有时还要用到微元思想。
- ④微元法：将带电体分成许多电荷元，每个电荷元看成点电荷，先根据库仑定律求出每个电荷元的场强，再结合对称性和场强叠加原理求出合场强。

### 【考点二】电势和电势能高低的判断

#### 1. 电势高低的判断“四法”

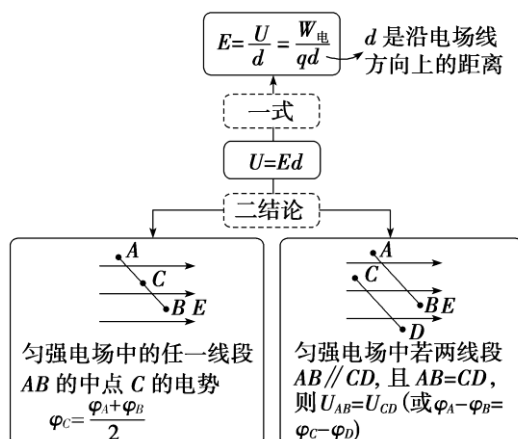
判断方法	方法解读
电场线方向法	沿电场线方向电势逐渐降低
场源电荷正负法	取无穷远处电势为零，正电荷周围电势为正值，负电荷周围电势为负值；越靠近正电荷处电势越高，越靠近负电荷处电势越低
电势能大小法	同一正电荷的电势能越大的位置处电势越高，同一负电荷的电势能越大的位置处电势越低
静电力做功法	根据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ ，将 $W_{AB}$ 、 $q$ 的正负号代入，由 $U_{AB}$ 的正负判断 $\varphi_A$ 、 $\varphi_B$ 的高低

#### 2. 电势能的大小判断“四法”

判断方法	方法解读
公式法	将电荷量、电势及正负号一起代入公式 $E_{pA} = q\varphi_A$ 计算， $E_{pA} > 0$ 时值越大，电势能越大； $E_{pA} < 0$ 时绝对值越大，电势能越小
电势高低法	同一正电荷在电势越高的地方电势能越大；同一负电荷在电势越低的地方电势能越大
静电力做功法	静电力做正功，电势能减小；静电力做负功，电势能增加
能量守恒法	在电场中，若只有静电力做功时，电荷的动能和电势能相互转化而且其和守恒，动能增加，电势能减小；反之，动能减小，电势能增加

### 【考点三】匀强电场中电势差与电场强度的关系

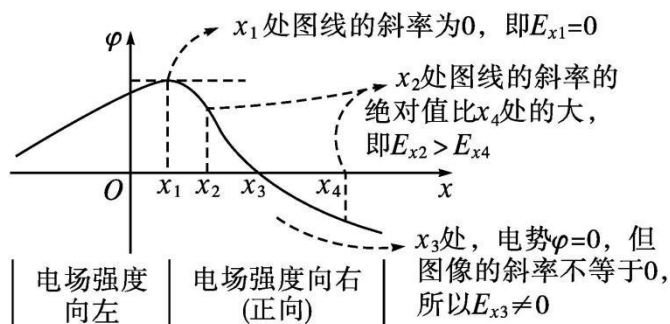
在匀强电场中由公式  $U=Ed$  得出的“一式二结论”



### 【考点四】静电场中三类常见图像

#### 一、 $\varphi$ - $x$ 图像

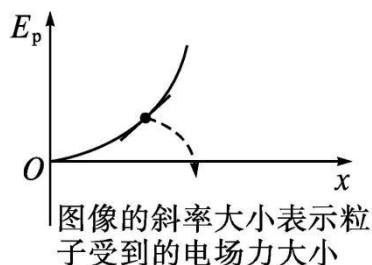
1. 电场强度的大小等于  $\varphi$ - $x$  图线的斜率的绝对值, 电场强度为零处,  $\varphi$ - $x$  图线存在极值, 其切线的斜率为零。
2. 在  $\varphi$ - $x$  图像中可以直接判断各点电势的大小, 并可根据电势大小关系确定电场强度的方向。



3. 在  $\varphi$ - $x$  图像中分析电荷移动时电势能的变化, 可用  $W_{AB} = qU_{AB}$ , 进而分析  $W_{AB}$  的正负, 然后作出判断。

#### 二、 $E_p$ - $x$ 图像

1. 根据电势能的变化可以判断电场力做功的正负, 电势能减少, 电场力做正功; 电势能增加, 电场力做负功。
2. 根据  $\Delta E_p = -W = -Fx$ , 图像  $E_p$ - $x$  斜率的绝对值表示电场力的大小。

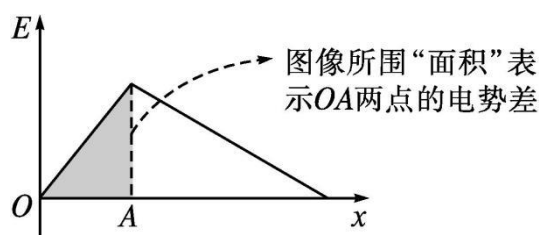


#### 三、 $E$ - $x$ 图像

1.  $E$ - $x$  图像反映了电场强度随位移变化的规律,  $E > 0$  表示电场强度沿  $x$  轴正方向;  $E < 0$  表示电场强度沿  $x$  轴负方向。



2.在给定了电场的  $E-x$  图像后,可以由图线确定电场强度的变化情况,电势的变化情况, $E-x$  图线与  $x$  轴所围图形“面积”表示电势差,两点的电势高低根据电场方向判定。在与粒子运动相结合的题目中,可进一步确定粒子的电性、动能变化、电势能变化等情况。

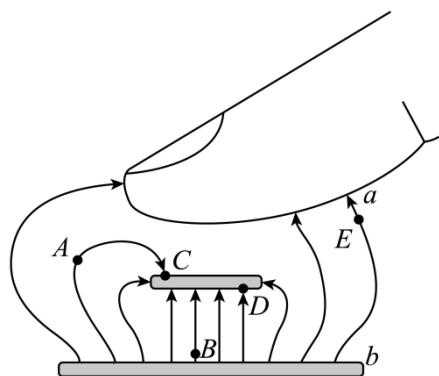


3.在这类题目中,还可以由  $E-x$  图像画出对应的电场,利用这种已知电场的电场线分布、等势面分布或场源电荷来处理相关问题。

### 真题精研--复盘经典 把握规律

**题组一 情景设定：手机电容式触摸屏 知识溯源：考查电场线、电场强度、电势能、电势等**

(2026·浙江·高考真题)手机电容式触摸屏的核心部件可简化为平行板电容器。当手指靠近触摸屏时,电容器两极板和手指间的电场线分布如图所示。下列说法正确的是 ( )



- A.  $A$  点的电场强度大于  $B$  点的电场强度
- B. 将一电子从  $A$  点移到  $B$  点, 电子的电势能增大
- C. 极板上表面  $C$  点的电势等于下表面  $D$  点的电势
- D. 若电子在  $E$  点释放, 仅受静电力作用将沿电场线  $ab$  运动

**【答案】C**

**【详解】A.** 电场线越密的地方场强越大, 电场线越疏的地方场强越小, 由图可知,  $A$  点的电场强度小于  $B$  点的电场强度, 故 **A** 错误;

**B.** 顺着电场线电势逐渐降低, 由图可知  $A$  点电势低于  $B$  点电势, 根据  $E_p = -e\varphi$  可知将一电子从  $A$  点移到  $B$  点, 电子的电势能减小, 故 **B** 错误;

**C.** 同一金属极板上, 达到静电平衡后, 电势处处相等, 则极板上表面  $C$  点的电势等于下表面  $D$  点的电势,

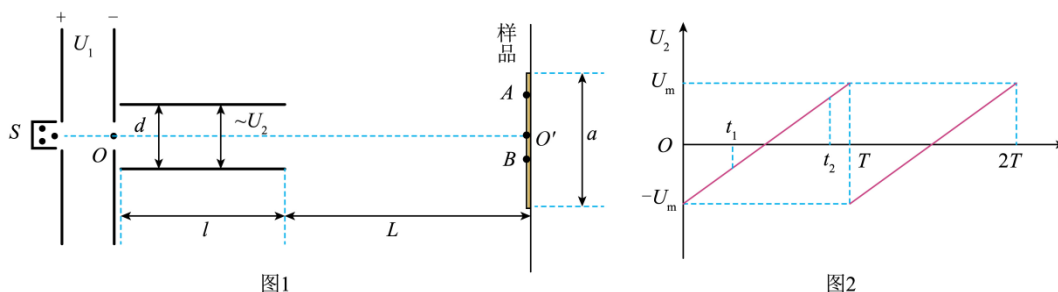
故 C 正确；

D. 由于电场线  $ab$  是曲线，则若电子在  $E$  点释放，仅受静电力作用不可能沿电场线  $ab$  运动，故 D 错误。

故选 C。

## 题组二 情景设定：离子注入机 知识溯源：带电粒子在匀强电场中做类抛体运动的相关计算

（2025·甘肃·高考真题）离子注入机是研究材料辐照效应的重要设备，其工作原理如图 1 所示。从离子源  $S$  释放的正离子（初速度视为零）经电压为  $U_1$  的电场加速后，沿  $OO'$  方向射入电压为  $U_2$  的电场（ $OO'$  为平行于两极板的中轴线）。极板长度为  $l$ 、间距为  $d$ ， $U_2-t$  关系如图 2 所示。长度为  $a$  的样品垂直放置在距  $U_2$  极板  $L$  处，样品中心位于  $O'$  点。假设单个离子在通过  $U_2$  区域的极短时间内，电压  $U_2$  可视为不变，当  $U_2 = \pm U_m$  时。离子恰好从两极板的边缘射出。不计重力及离子之间的相互作用。下列说法正确的是（ ）



- A.  $U_2$  的最大值  $U_m = \frac{d^2}{l^2} U_1$
- B. 当  $U_2 = \pm U_m$  且  $L = \frac{(a-d)l}{2d}$  时，离子恰好能打到样品边缘
- C. 若其他条件不变，要增大样品的辐照范围，需增大  $U_1$
- D. 在  $t_1$  和  $t_2$  时刻射入  $U_2$  的离子，有可能分别打在  $A$  和  $B$  点

【答案】B

【详解】A. 粒子在加速电场中被加速时  $U_1 q = \frac{1}{2} m v_0^2$  在偏转电场中做类平抛运动，则  $l = v_0 t$ ， $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_m q}{dm} t^2$  解得  $U_m = \frac{2d^2}{l^2} U_1$  选项 A 错误；

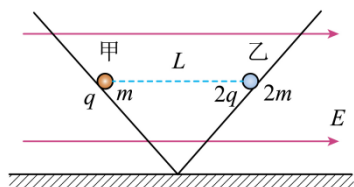
B. 当  $U_2 = \pm U_m$  时粒子从板的边缘射出，恰能打到样品边缘时，则  $\frac{\frac{d}{2}}{\frac{a}{2}} = \frac{\frac{l}{2}}{\frac{l}{2} + L}$  解得  $L = \frac{(a-d)l}{2d}$  选项 B 正确；

C. 根据  $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_m q}{dm} t^2 = \frac{U_m l^2}{4dU_1}$  若其它条件不变，要增加样品的辐照范围，则需减小  $U_1$ ，选项 C 错误；

D. 由图可知  $t_1$  时刻所加的向上电场电压小于  $t_2$  时刻所加的向下的电场的电压，则  $t_1$  时刻射入的粒子打到 A



保持静止，间距为  $L$ ，甲、乙所带电荷量分别为  $q$ 、 $2q$ ，质量分别为  $m$ 、 $2m$ ，静电力常量为  $k$ ，重力加速度大小为  $g$ 。甲、乙所受静电力的合力大小分别为  $F_1$ 、 $F_2$ ，匀强电场的电场强度大小为  $E$ ，不计空气阻力，则（ ）



A.  $F_1 = \frac{1}{2}F_2$

B.  $E = \frac{kq}{2L^2}$

C. 若将甲、乙互换位置，二者仍能保持静止      D. 若撤去甲，乙下滑至底端时的速度大小  $v = \sqrt{\frac{kq^2}{mL}}$

【答案】ABD

【详解】AB. 如图，对两球进行受力分析，设两球间的库仑力大小为  $F$ ，倾角为  $\theta$ ，对甲球根据平衡条件有

$$F_{N1} \cos \theta = mg, \quad F = F_{N1} \sin \theta + Eq \quad \text{①}$$

$$\text{对乙球有 } F_{N2} \cos \theta = 2mg, \quad F_{N2} \sin \theta = F + 2Eq \quad \text{②}$$

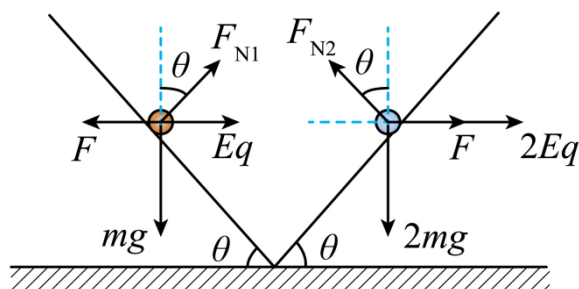
故  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{4Eq - Eq}{4Eq + 2Eq} = \frac{1}{2}$  同时有  $F = \frac{kq \cdot 2q}{L^2}$  解得  $E = \frac{kq}{2L^2}$  故 AB 正确；

C. 若将甲、乙互换位置，若二者仍能保持静止，同理可得对甲有  $F_{N1}' \cos \theta = mg$ ， $F_{N1}' \sin \theta = F + Eq$

对乙有  $F_{N2}' \cos \theta = 2mg$ ， $F_{N2}' \sin \theta + 2Eq = F$  联立可得  $F + 4Eq = 0$ ，无解假设不成立，故 C 错误；

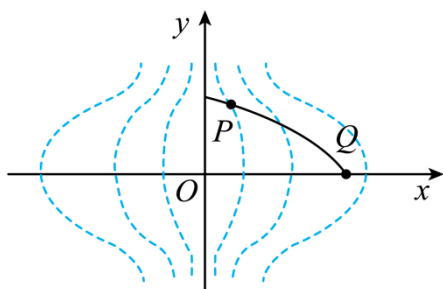
D. 若撤去甲，对乙球根据动能定理  $2mg \cdot \frac{L}{2} \tan \theta - 2Eq \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{2} \cdot 2mv^2$  根据前面分析由①②可知  $\tan \theta = \frac{3Eq}{mg}$

联立解得  $v = \sqrt{\frac{kq^2}{mL}}$  故 D 正确。故选 ABD。



**终极预测**--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】（2026·安徽淮南·二模）静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置，如图所示为该透镜工作原理示意图。虚线表示这个静电场在  $xOy$  平面内的一簇等势线，实线为一电子仅在电场力作用下通过该区域的部分运动轨迹， $P$ 、 $Q$  为轨迹上的两点。下列说法正确的是（ ）



- A.  $P$  点的电场强度比  $Q$  点的电场强度小
- B.  $P$  点的电势低于  $Q$  点的电势
- C. 电子在  $P$  点的动能大于在  $Q$  点的动能
- D. 电子从  $P$  运动到  $Q$  的过程中，电势能先增大后减小

【答案】C

【知识点】电场力做功和电势能变化的关系、等势面和电场线的关系、电场线、等势面和运动轨迹的定性分析

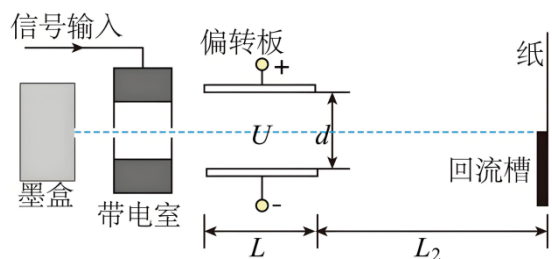
【详解】A. 等势线越密，电场强度越大。由图可知， $P$  点处的等势线比  $Q$  点处的等势线密集，所以  $P$  点的电场强度比  $Q$  点的大，故 A 错误；

B. 电子做曲线运动，所受电场力指向轨迹的凹侧，且电场力方向与等势线垂直。由图可知，电子在  $P$  点受到的电场力方向大致向左。因为电子带负电，受力方向与电场强度方向相反，所以电场强度方向大致向右。沿电场线方向电势降低，所以  $P$  点的电势高于  $Q$  点的电势，故 B 错误；

C. 电子从  $P$  运动到  $Q$  的过程中，电场力方向大致向左，位移方向大致向右，电场力做负功。根据动能定理，动能减小，所以电子在  $P$  点的动能大于在  $Q$  点的动能，故 C 正确；

D. 电子从  $P$  运动到  $Q$  的过程中，电场力做负功，电势能增大，故 D 错误。故选 C。

【名校预测·第二题】（2026·广东惠州·一模）喷墨打印机的原理如图所示，墨盒喷出的墨汁液滴经过带电室时带上电荷，带电液滴经过偏转电场后打到纸上，显示出字体，且字体大小与打在纸上的偏转位移成正比。已知偏转板长为  $L$ ，两板间的距离为  $d$ ，电压为  $U$ 。若液滴质量为  $m$ ，电荷量大小为  $q$ ，以初速度  $v_0$  平行两板间从正中央进入电场，忽略空气阻力和重力作用，下列说法正确的是（ ）



- A. 液滴经过偏转电场的过程中，电势能增大

- B. 液滴离开偏转电场时的动能大小为  $qU + \frac{1}{2}mv_0^2$
- C. 液滴经过偏转电场的过程中，电场力的冲量大小为  $\frac{UqL}{2dv_0}$
- D. 仅将两极板间的电压调节为  $0.8U$ ，则纸上的字体缩小 20%

【答案】D

【知识点】带电粒子在匀强电场中做类抛体运动的相关计算

【详解】A. 液滴经过偏转电场的过程中，电场力做正功，则电势能减小，A 错误；

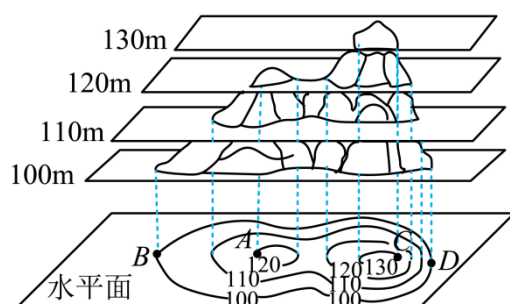
B. 根据动能定理，液滴离开偏转电场时的动能大小为  $E_k = q\frac{U}{d}y + \frac{1}{2}mv_0^2$ ，B 错误；

C. 液滴经过偏转电场的过程中，电场力的冲量大小为  $I = \frac{U}{d}qt = \frac{U}{d}q \times \frac{L}{v_0} = \frac{UqL}{dv_0}$ ，C 错误；

D. 根据离开偏转电场时的偏转距离为  $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{Uq}{dm} \left(\frac{L}{v_0}\right)^2 = \frac{UqL^2}{2dmv_0^2} \propto U$ ，则仅将两极板间的电压调节为  $0.8U$ ，

则偏转距离  $y$  减小 20%，则纸上的字体缩小 20%，D 正确。故选 D。

【名校预测·第三题】（2026·安徽合肥·模拟预测）在地图中，通常用等高线来表示地势的高低，在物理学中通常采用等势线来表示电势的高低，若将图中等高线改为等势线，所标数字为电势，则（ ）



- A. 图中  $B$ 、 $D$  两点的电场强度大小相等
- B. 将质子由  $B$  点移动到  $A$  点，电场力对质子做负功
- C. 电子在  $A$  点处的电势能大于在  $B$  点处的电势能
- D. 若重新标定零势能面，则  $A$ 、 $B$  两点间的电势差将改变

【答案】B

【知识点】比较电势能的大小、电场力做功和电势能变化的关系、电势差的概念、单位和物理意义、等势面和电场线的关系

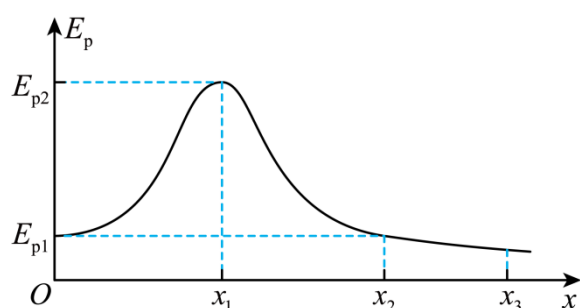
【详解】A. 等差等势面越密，电场强度越大，可知图中  $B$ 、 $D$  两点的电势相等，但是场强不相等，故 A 错误；

B. 将质子由  $B$  点移动到  $A$  点，电势升高，根据  $E_p = q\varphi$  可知质子电势能变大，根据  $W_{\text{电}} = -\Delta E_p$  可知电场力对质子做负功，故 B 正确；

C.  $A$  点电势高于  $B$  点电势，根据  $E_p = q\varphi$  可知电子在  $A$  点处的电势能小于在  $B$  点处的电势能，故 C 错误；

D. 若重新标定零势能面，则  $A$ 、 $B$  两点间的电势差不变，会改变电势的值，但是电势差与零势能面的选取无关，故 D 错误。故选 B。

**【名校预测·第四题】**（2026·河北保定·一模）如图所示为某正试探电荷沿  $x$  轴正方向移动过程中，该试探电荷的电势能  $E_p$  随位移  $x$  的变化规律。已知电场方向沿  $x$  轴方向，下列说法正确的是（ ）



- A.  $0 \sim x_3$  间，电场方向始终沿  $x$  轴正方向
- B.  $0 \sim x_3$  间，电场方向始终沿  $x$  轴负方向
- C.  $0 \sim x_1$  间，该电场的电场强度先增大后减小
- D.  $0 \sim x_1$  间，该电场的电场强度先减小后增大

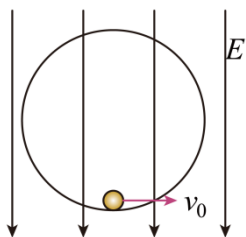
**【答案】** C

**【知识点】**  $E_p$ - $x$  图像

**【详解】** AB.  $0 \sim x_1$  间，正试探电荷的电势能变大，根据  $E_p = q\varphi$  可知电势升高，可知场强沿  $x$  轴负方向； $x_1 \sim x_3$  间，正试探电荷的电势能变小，根据  $E_p = q\varphi$  可知电势降低，可知场强沿  $x$  轴正方向，故 AB 错误；

CD.  $0 \sim x_1$  间， $E_p - x$  图像的斜率先增大后减小，根据  $E_p - x$  图像的斜率表示电场力可知该电场的电场强度先增大后减小，故 C 正确，D 错误。故选 C。

**【名校预测·第五题】**（2026·甘肃武威·模拟预测）如图所示，竖直面内有一半径为  $R$  的光滑绝缘圆轨道，一质量为  $m$ ，电荷量大小为  $q$  的带负电小球从轨道最低点出发，沿着轨道切线方向以大小为  $v_0$  的初速度水平射出，整个装置处于竖直向下的匀强电场中，已知  $E = \frac{mg}{2q}$ ，重力加速度大小为  $g$ ，下列说法正确的是（ ）



- A. 小球在最低点对轨道的压力大小为  $\frac{3mg}{2}$
- B. 小球若能够不脱轨到达最高点，则初速度最小为  $\frac{\sqrt{10gR}}{2}$
- C. 小球在最低点对轨道的压力大小为  $\frac{mv_0^2}{R} - \frac{mg}{2}$
- D. 小球若能够不脱轨到达最高点，则初速度最小为  $\sqrt{5gR}$

【答案】B

【知识点】带电物体（计重力）在匀强电场中的圆周运动

【详解】AC. 小球在最低点时，由牛顿第二定律可得  $N + qE - mg = m \frac{v_0^2}{R}$

解得  $N = \frac{mv_0^2}{R} + \frac{mg}{2}$

根据牛顿第三定律可知小球在最低点对轨道的压力大小为  $\frac{mv_0^2}{R} + \frac{mg}{2}$ ，故 AC 错误；

BD. 若能够不脱轨到达最高点，当在最高点轨道对小球的弹力刚好为零时，则有  $m \frac{v_1^2}{R} = mg - qE$

解得小球经过最高点的最小速度为  $v_1 = \sqrt{\frac{gR}{2}}$

由动能定理可得  $-(mg - qE) \times 2R = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

解得初速度最小值为  $v_0 = \frac{\sqrt{10gR}}{2}$ ，故 B 正确，D 错误。

故选 B。

【名校预测·第六题】（2026·重庆·二模）整个  $xOy$  平面内分布有一平行于  $xOy$  平面的匀强电场。若测得  $x$  轴和  $y$  轴上的各点电势分别如图 1、2 所示，则该平面内  $(3\text{cm}, 3\text{cm})$  处的电势为（ ）

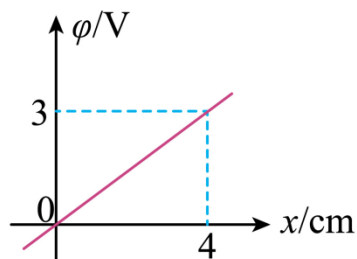


图1

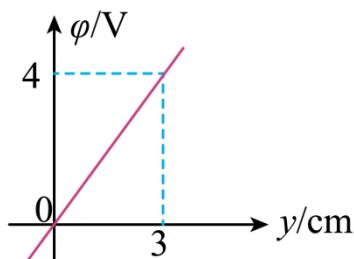


图2

- A. 6.25V      B. 6V      C. 5V      D. 4.75V

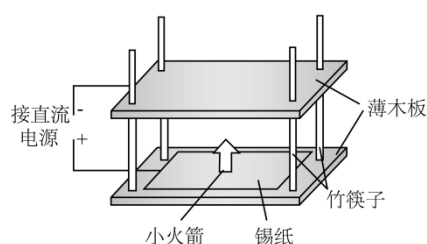


【答案】A

【知识点】 $\psi$ - $x$  图像

【详解】假设一单位正点电荷从(0, 0)处开始先沿 $y$ 轴运动到(0, 3cm)处, 由图2知电场力做功 $W_1 = -4\text{J}$   
再沿平行 $x$ 轴方向运动到(3cm, 3cm)处, 由图1知电场力做功 $W_2 = -\frac{3}{4} \times 3\text{J} = -\frac{9}{4}\text{J}$   
故从(0, 0)处运动到(3cm, 3cm)处电场力共做功为 $W = W_1 + W_2 = -\frac{25}{4}\text{J}$   
所以(3cm, 3cm)处的电势为 $\frac{25}{4}\text{V}$ 。故选A。

【名校预测·第七题】(2026·辽宁·一模)如图是一种“跳跳小火箭”的实验装置: 两块水平正对放置的薄木板用四根竹筷子固定, 在两薄木板的内侧均贴上锡纸, 并分别与直流稳压电源的正负极相连, 在下板的锡纸上放置一个用锡纸裁剪的“小火箭”, 接通电源后“小火箭”会上下跳动。忽略“小火箭”带电量对两极板电量和两极板间电场的影响, 下列说法正确的是( )



- A. “小火箭”在向上运动的过程中, 其电势能增大
- B. 通电后若改变两板间距离, 则板上锡纸的电荷量随之改变, 电荷量数值与极板距离成线性关系
- C. 通电后若断开电源, 增大两板间距离, 则两板间电场强度减小
- D. 通电后若断开电源, 减小两板间距离, 则两板间电压减小

【答案】D

【知识点】电容器的动态分析( $U$  不变)、电容器的动态分析( $Q$  不变)、带电粒子在匀强电场中做直线运动

【详解】A. 根据电场的基本性质, 电场方向是从正极指向负极在本题中, 电源正极连接下板, 负极连接上板, 电场方向是竖直向上的, 结合题意得小火箭带正电, 当“小火箭”向上运动时, 电场力做正功, 根据电场力做功与电势能变化的关系, 电势能减小, 故A错误;

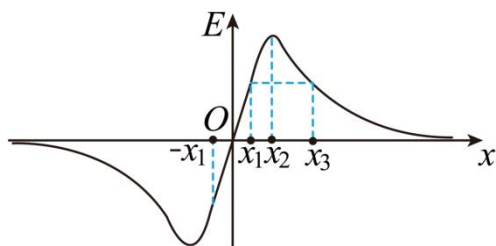
B. 根据平行板电容器的电容公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$  电容器的电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$  联立解得 $Q = \frac{\epsilon S U}{4\pi k d}$  即电荷量数值与极板距离成反比例关系, 故B错误;

C. 根据平行板电容器的电容公式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$  电容器的电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$  电场强度与电势差的关系 $E = \frac{U}{d}$  联立解得 $E = \frac{4\pi k Q}{\epsilon S}$  即通电后若断开电源, 两极板所带的电荷量不变, 增大两板间距离, 则两板间电场强度不

变，故 C 错误；

D. 根据平行板电容器的电容公式  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$  电容器的电容的定义式  $C = \frac{Q}{U}$  联立解得  $U = \frac{4\pi k d Q}{\epsilon S}$  即通电后若断开电源，两极板所带的电荷量不变，减小两板间距离，则两板间电压减小，故 D 正确。故选 D。

**【名校预测·第八题】**（2026·北京东城·一模）有一沿  $x$  轴对称分布的电场，其电场强度  $E$  随  $x$  变化的图像如图所示。 $E$  的正方向与  $x$  轴的正方向一致，取无穷远处电势为零。下列说法正确的是（ ）



- A.  $x_1$  和  $x_2$  之间的电势差大于  $x_2$  和  $x_3$  之间的电势差 B. 电子在  $O$  点的电势能最大
- C.  $x_1$  和  $-x_1$  两点电势相等 D.  $-x_1$  点的电势小于 0

**【答案】** C

**【知识点】**  $E-x$  图像、电势和电场线的关系、比较电势能的大小

**【详解】** A. 电场强度  $E$  随  $x$  变化的图像面积表示电势差的大小。由图可知  $x_2 \sim x_3$  区间的面积大于  $x_1 \sim x_2$  区间的面积，所以  $x_1$  和  $x_2$  之间的电势差小于  $x_2$  和  $x_3$  之间的电势差，故 A 错误；

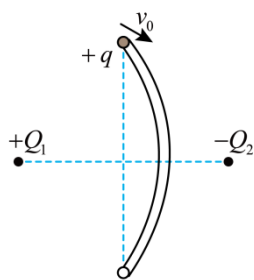
B. 由图可知， $x > 0$  时  $E > 0$ ，电场方向沿  $x$  轴正方向； $x < 0$  时  $E < 0$ ，电场方向沿  $x$  轴负方向。电场线从  $O$  点向两侧发散，顺着电场线电势降低，故  $O$  点电势最高。电子带负电，根据电势能公式  $E_p = q\varphi$  可知，电子在电势最高处电势能最小，故 B 错误；

C. 电场沿  $x$  轴对称分布，且  $E-x$  图像关于原点对称，所以从  $O$  点到  $x_1$  的图像包围面积等于从  $O$  点到  $-x_1$  的图像包围面积，故从  $O$  点到  $x_1$  的电势降落等于从  $O$  点到  $-x_1$  的电势降落，故 C 正确；

D. 取无穷远处电势为零，在  $x > 0$  区域，电场线指向无穷远，顺着电场线电势降低，故  $x > 0$  区域电势  $\varphi > 0$ ，由 C 选项分析可知  $\varphi(-x_1) = \varphi(x_1) > 0$ ，故 D 错误。故选 C。

**【名校预测·第九题】**（2026·山东·模拟预测）如图所示，电荷量分别为  $+Q_1$  和  $-Q_2$  的两个点电荷固定，两点电荷连线水平，在  $Q_1$ 、 $Q_2$  之间放置内壁光滑的竖直绝缘细管，细管的上、下端口恰好在  $Q_1$ 、 $Q_2$  连线的中垂线上。电荷量为  $+q$  的小球从上端管口无碰撞进入细管，小球在细管中运动的过程中机械能始终守恒，下列

说法正确的是 ( )



- A.  $Q_1 < Q_2$
- B.  $Q_1 = Q_2$
- C. 除无穷远外,  $Q_1$ 、 $Q_2$  所在直线上电场强度为 0 的点位于  $Q_1$  左侧
- D. 除无穷远外,  $Q_1$ 、 $Q_2$  所在直线上电场强度为 0 的点位于  $Q_2$  右侧

【答案】D

【知识点】常见力做功与相应的能量转化、不等量点电荷或多个点电荷周围的电场分布规律、等势面和电场线的关系

【详解】AB. 由于小球在细管中运动的过程中机械能始终守恒, 则电场力始终不做功, 故细管为等势线, 所以电场力与小球的速度方向始终垂直。由分析可知在小球初始位置处的电场强度方向应为斜向右上方, 所以在该位置  $+Q_1$  产生的场强应大于  $-Q_2$  在该位置产生的场强, 则由  $E = k \frac{Q}{r^2}$  可知, 由于小球初始位置到两电荷的距离相等, 所以有  $Q_1 > Q_2$ , 故 AB 错误;

CD. 由于正电荷产生的场强方向背离正电荷, 而负电荷产生的场强方向指向负电荷, 所以  $Q_1$ 、 $Q_2$  所在直线上电场强度为 0 的点只能在两电荷连线的外侧。又因为  $Q_1 > Q_2$ , 则由  $E = k \frac{Q}{r^2}$  可知, 两电荷连线上场强为零的点应靠近  $Q_2$ , 所以除无穷远外,  $Q_1$ 、 $Q_2$  所在直线上电场强度为 0 的点应位于  $Q_2$  右侧, 故 C 错误, D 正确。故选 D。

倒计时 14 天

屏蔽外界纷扰, 筑牢内心磁场。

## 磁场的性质应用

考情透视--把脉命题 直击重点

► 命题解码:

磁场专题是高考必考热点，涵盖磁场的产生与叠加、安培力与洛伦兹力的计算与方向判断、带电粒子在有界匀强磁场中的匀速圆周运动，以及电磁力作用下的科技应用等题型。其分值占比约占总分的 5%~10%。试题注重基础知识的综合应用与实践，安培力作用下的平衡与运动体现了空间思维，带电粒子在磁场中的圆周运动更是常考常新。此外，2026 年关注的应用情境如可控核聚变装置（如 EAST）中等离子体约束的电磁场分析，也让磁场模块与科技前沿更加紧密结合。

## ► 高考前沿：

2026 年磁场命题趋势有三大方向：一是更多地融合工程与科技应用，如磁悬浮列车、电磁炮、质谱仪、回旋加速器等；二是注重多场（电场、磁场、重力场）复合与组合问题的考查；三是有界磁场中的临界极值问题，以及磁场中的多解问题，仍是区分学生的关键。考试中需具备较强的空间想象能力和数学转化能力。

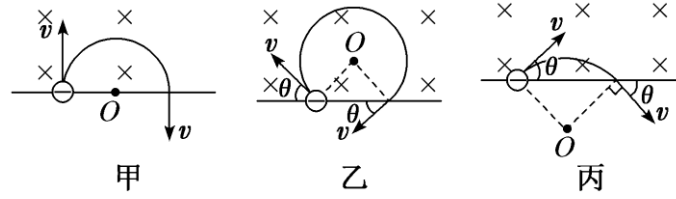
## 核心模型--模型架构，精准剖析

### 【模型一】带电粒子在有界磁场中的运动模型

	圆心的确定			半径的确定	时间的确定
基本思路	①与速度方向垂直的直线过圆心 ②弦的垂直平分线过圆心 ③轨迹圆弧与边界切点的法线过圆心			利用平面几何知识 求半径	利用轨迹对应圆心角 $\theta$ 或轨迹长度 $L$ 求时间① $t=\frac{\theta}{2\pi}T$ ; ② $t=\frac{L}{v}$
图例					
说明	P、M 点速度垂线交点	P 点速度垂线与弦的垂直平分线交点	某点的速度垂线与切点法线的交点	常用解三角形法(如图): $R=\frac{L}{\sin \theta}$ 或由 $R^2=L^2+(R-d)^2$ 求得 $R=\frac{L^2+d^2}{2d}$	(1)速度的偏转角 $\varphi$ 等于 $\overline{AB}$ 所对的圆心角 $\theta$ (2)偏转角 $\varphi$ 与弦切角 $\alpha$ 的关系: $\varphi<180^\circ$ 时, $\varphi=2\alpha$ ; $\varphi>180^\circ$ 时, $\varphi=360^\circ-2\alpha$

### 一、直线边界磁场

直线边界，粒子进出磁场具有对称性(如图所示)



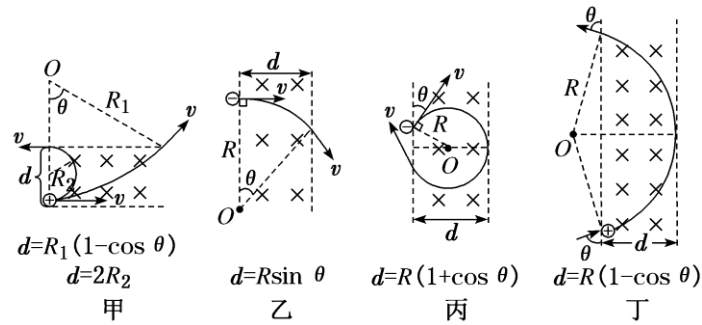
图甲中粒子在磁场中运动的时间  $t = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$

图乙中粒子在磁场中运动的时间  $t = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)T = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{2\pi m}{Bq} = \frac{2m}{Bq} \frac{\pi - \theta}{\pi}$

图丙中粒子在磁场中运动的时间  $t = \frac{\theta}{\pi}T = \frac{2\theta m}{Bq}$ 。

## 二、平行边界磁场

平行边界存在临界条件(如图所示)



图甲中粒子在磁场中运动的时间  $t_1 = \frac{\theta m}{Bq}$ ,  $t_2 = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$ ;

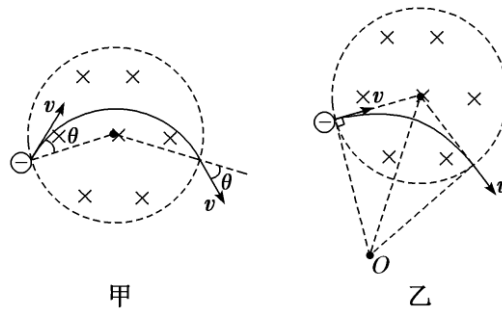
图乙中粒子在磁场中运动的时间  $t = \frac{\theta m}{Bq}$ ;

图丙中粒子在磁场中运动的时间  $t = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)T = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{2\pi m}{Bq} = \frac{2m}{Bq} \frac{\pi - \theta}{\pi}$ ;

图丁中粒子在磁场中运动的时间  $t = \frac{\theta}{\pi}T = \frac{2\theta m}{Bq}$ 。

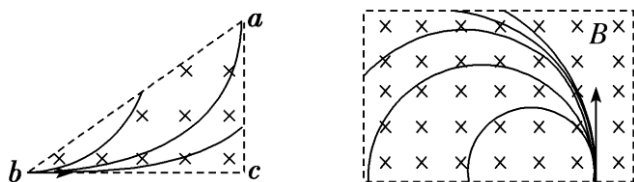
## 三、圆形边界磁场

带电粒子在圆形边界磁场中，等角进出，沿径向射入必沿径向射出。如图甲、乙所示。



## 四、三角形、四边形边界磁场

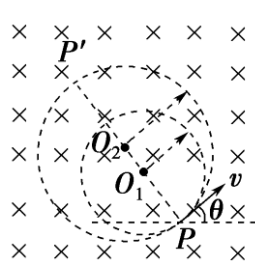
1. 三角形边界磁场：带电粒子速度的大小不同，运动半径不同，出射点的位置也不同。



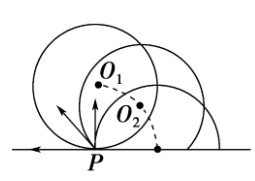
2. 四边形边界磁场：带电粒子射入磁场的初速度方向与边界垂直，速度不同，对应不同的粒子轨迹；粒子速度不变，磁感应强度可调时，也可对应类似轨迹。

## 【模型二】带电粒子在匀强磁场中的动态圆模型

### 1. 放缩圆模型

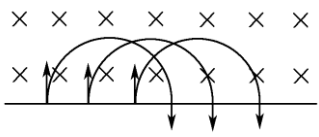
适用条件	速度方向一定，速度大小不同	粒子源发射速度方向一定，速度大小不同的带电粒子进入匀强磁场时，这些带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹半径随速度的变化而变化
	轨迹圆圆心共线	<p>如图所示(图中只画出粒子带正电的情景)，速度 <math>v</math> 越大，运动半径也越大。可以发现这些带电粒子射入磁场后，它们运动轨迹的圆心在垂直初速度方向的直线 <math>PP'</math> 上</p> 
界定方法	以入射点 $P$ 为定点，圆心位于 $PP'$ 直线上，将半径放缩作轨迹圆，从而探索出临界条件，这种方法称为“放缩圆”法	

### 2. 旋转圆模型

适用条件	速度大小一定，方向不同	<p>粒子源发射速度大小一定、方向不同的带电粒子进入匀强磁场时，它们在磁场中做匀速圆周运动的半径相同，若射入初速度为 <math>v_0</math>，则圆周运动半径 <math>R = \frac{mv_0}{qB}</math>，如图所示</p> 
	轨迹圆圆心共圆	<p>带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的圆心在以入射点 <math>P</math> 为圆心、半径 <math>R = \frac{mv_0}{qB}</math> 的圆上</p>

界定方法	将一半径 $R=\frac{mv_0}{qB}$ 的圆以入射点为圆心进行旋转，从而探索粒子的临界条件，这种方法称为“旋转圆”法
------	---

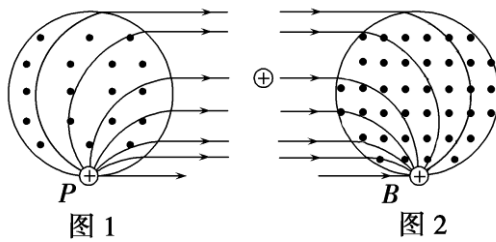
### 3. 平移圆模型

适用条件	速度大小一定，方向一定，但入射点在同一直线上	<p>粒子源发射速度大小、方向一定，入射点不同，但在同一直线的带电粒子进入匀强磁场时，它们做匀速圆周运动的半径相同，若入射速度大小为 <math>v_0</math>，则半径 <math>R=\frac{mv_0}{qB}</math>，如图所示</p> 
	轨迹圆圆心共线	带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的圆心在同一直线上，该直线与所有入射点的连线平行
界定方法	将半径 $R=\frac{mv_0}{qB}$ 的圆进行平移，从而探索粒子的临界条件，这种方法叫“平移圆”法	

### 4. 磁聚焦模型

(1)磁发散：如图 1 所示，有界圆形磁场的磁感应强度为  $B$ ，圆心为  $O$ ，从  $P$  点有大量质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的正粒子，以大小相等的速度  $v$  沿不同方向射入有界磁场，带电粒子从圆形有界匀强磁场边界上同一点射出，如果轨迹圆半径与磁场圆半径相等( $R=r$ )，则粒子出射方向与磁场边界在入射点的切线方向平行。

(2)磁汇聚：如图 2 所示，大量的同种带正电的粒子，速度大小相同，平行入射到圆形磁场区域，如果轨迹圆半径与磁场圆半径相等( $R=r$ )，则所有的带电粒子将从磁场圆的最低点  $B$  点射出，磁场边界在该点的切线与入射方向平行。



## 【模型三】电磁力科技应用模型

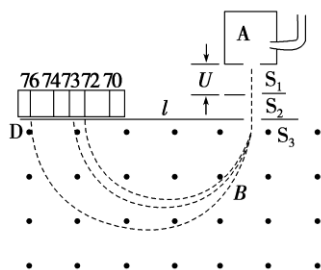
### 一、电磁组合场中的各类仪器

#### 1. 质谱仪

##### (1) 作用

测量带电粒子质量和分离同位素的仪器。

##### (2) 原理(如图所示)



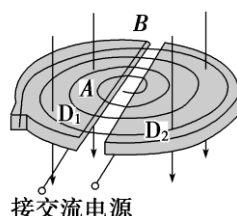
①加速电场： $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 。

②偏转磁场： $qvB = \frac{mv^2}{r}$ ， $l = 2r$ ，由以上两式可得  $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ ， $m = \frac{qr^2B^2}{2U}$ ， $\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2r^2}$ 。

## 2. 回旋加速器

### (1) 构造

如图所示， $D_1$ 、 $D_2$  是半圆形金属盒，D 形盒处于匀强磁场中，D 形盒的缝隙处接交流电源。



### (2) 原理

交流电周期和粒子做圆周运动的周期相等，使粒子每经过一次 D 形盒缝隙，粒子被加速一次。

### (3) 最大动能

由  $qv_mB = \frac{mv_m^2}{R}$ 、 $E_{km} = \frac{1}{2}mv_m^2$  得  $E_{km} = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$ ，粒子获得的最大动能由磁感应强度  $B$  和盒半径  $R$  决定，与加速电压无关。

### (4) 总时间

粒子在磁场中运动一个周期，被电场加速两次，每次增加动能  $qU$ ，加速次数  $n = \frac{E_{km}}{qU}$ ，粒子在磁场中运动的总时间  $t = \frac{n}{2}T = \frac{E_{km}}{2qU} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi BR^2}{2U}$ 。

## 二、电磁叠加场中的各类仪器

装置	原理图	规律	共性规律
速度选择器		若 $qv_0B = Eq$ ，即 $v_0 = \frac{E}{B}$ ，粒子做匀速直线运动	稳定平衡时电荷所受电场力和洛伦兹力平衡，即



磁流体发电机		等离子体射入，受洛伦兹力偏转，使两极板带正、负电荷，两极板间电压为 $U$ 时稳定， $\frac{U}{qd} = qv_0B$ ， $U = v_0Bd$	$\frac{U}{qd} = qvB$
电磁流量计		当自由电荷所受电场力和洛伦兹力平衡时， $a$ 、 $b$ 间的电势差( $U$ )达到最大，由 $\frac{U}{qd} = qvB$ ，可得 $v = \frac{U}{Bd}$	
霍尔元件		当自由电荷所受电场力和洛伦兹力平衡时， $b$ 、 $a$ 间的电势差( $U$ )就保持稳定，由 $qvB = \frac{U}{d}$ ，可得 $U = vBd$	

## 易错避坑--易错陷阱 精准避坑

### 【易错一】安培力方向误判

- (1) 易错点：误认为力的方向一定垂直于导线或磁场，但空间关系判断易错；
- (2) 闭坑策略：安培力同时垂直于  $I$  与  $B$ ， $F = BIL \sin \theta$  中  $B$  与  $I$  平行时  $F$  为零；不垂直时取垂向分量。

### 【易错二】洛伦兹力总不做功

- (1) 易错点：误认为洛伦兹力可能做功；
- (2) 闭坑策略：洛伦兹力始终与  $v$  垂直，只改变方向，不做功。

### 【易错三】带电粒子在磁场中的轨迹画错

- (1) 易错点：无法确定圆心、半径、偏转角度，导致时间算错；
- (2) 闭坑策略：解题流程①洛伦兹力指向圆心；②画轨迹做中垂线找圆心；③解三角形求半径  $R$ ；④  $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ 。

### 【易错四】回旋加速器周期条件

- (1) 易错点：误认为电场变化周期等于粒子在磁场中运动周期的一半；
- (2) 闭坑策略：交变电场周期  $T_{\text{电场}} = T_{\text{磁场}}$ ，因为粒子每转半圈速度增加一次。

## 高频考点--高频要点 重点攻克

### 【考点一】安培定则和磁场的叠加

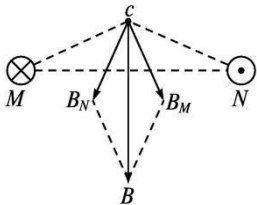
#### 1. 安培定则

	直线电流的磁场	通电螺线管的磁场	环形电流的磁场
特点	无磁极、非匀强，且距导线越远处磁场越弱	与条形磁铁的磁场相似，管内为匀强磁场且磁场最强，管外为非匀强磁场	环形电流的两侧是 $N$ 极和 $S$ 极，且离圆环中心越远，磁场越弱

安培定则			
立体图			
截面图			

## 2. 磁场叠加问题的分析思路

(1) 确定磁场场源, 如通电导线。



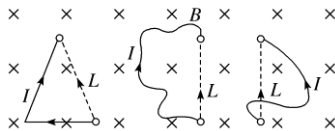
(2) 定位空间中需求解磁场的点, 利用安培定则判定各个场源在这一点上产生的磁场的大小和方向, 如图所示  $M$ 、 $N$  在  $c$  点产生的磁场磁感应强度分别为  $B_M$ 、 $B_N$ 。

(3) 应用平行四边形定则进行合成, 如图中  $c$  点的合磁场磁感应强度为  $B$ 。

### 【考点二】安培力的分析与计算

1. 安培力公式:  $F = ILB \sin \theta$ 。

2. 弯曲通电导线的有效长度



(1) 当导线弯曲时,  $L$  是导线两端的有效直线长度(如图所示)。

(2) 对于任意形状的闭合线圈, 其有效长度均为零, 所以通电后在匀强磁场中受到的安培力的矢量和为零。

### 3. 安培力方向的判断

(1) 判断方法: 左手定则。

(2) 方向特点: 既垂直于  $B$ , 也垂直于  $I$ , 所以安培力一定垂直于  $B$  与  $I$  决定的平面。

### 4. 通电导线在磁场中的平衡和加速问题的分析思路

(1) 选定研究对象。

(2) 变三维为二维, 如侧视图、剖面图或俯视图等, 并画出平面受力分析图, 其中安培力的方向要注意  $F \perp B$ 、 $F \perp I$ ; 如图所示。



(3)列平衡方程或牛顿第二定律方程进行求解。

### 【考点三】洛伦兹力的大小方向

#### 1.洛伦兹力的大小和周期

(1)大小:  $F = qvB$  ( $v \perp B$ ); (2)向心力公式:  $qvB = \frac{mv^2}{r}$ ; (3)周期:  $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

#### 2.洛伦兹力的特点

(1)利用左手定则判断洛伦兹力的方向,注意区分正、负电荷。

(2)当电荷运动方向发生变化时,洛伦兹力的方向也随之变化。

(3)运动电荷在磁场中不一定受洛伦兹力作用。

(4)洛伦兹力永不做功。

#### 3.洛伦兹力的方向

(1)判断方法:左手定则

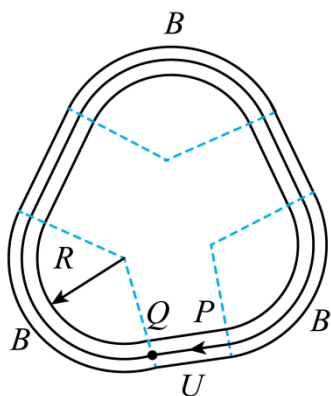
(2)方向特点:洛伦兹力的方向一定与粒子速度方向和磁感应强度方向所决定的平面垂直( $B$ 与 $v$ 可以有任意夹角)。

注意:由左手定则判断洛伦兹力方向时,四指指向正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向。



### 题组一 情景设定:同步加速器 知识溯源:回旋加速器的综合计算

(2025·广东·高考真题)某同步加速器简化模型如图所示,其中仅直通道  $PQ$  内有加速电场,三段圆弧内均有可调的匀强偏转磁场  $B$ 。带电荷量为  $-q$ 、质量为  $m$  的离子以初速度  $v_0$  从  $P$  处进入加速电场后,沿顺时针方向在加速器内循环加速。已知加速电压为  $U$ ,磁场区域中离子的偏转半径均为  $R$ 。忽略离子重力和相对论效应,下列说法正确的是 ( )



- A. 偏转磁场的方向垂直纸面向里
- B. 第 1 次加速后，离子的动能增加了  $2qU$
- C. 第  $k$  次加速后，离子的速度大小变为  $\frac{\sqrt{m^2 v_0^2 + kqUm}}{m}$
- D. 第  $k$  次加速后，偏转磁场的磁感应强度大小应为  $\frac{\sqrt{m^2 v_0^2 - 2kqUm}}{qR}$

【答案】A

【详解】A. 直线通道  $PQ$  有电势差为  $U$  的加速电场，粒子带负电，粒子沿顺时针方向运动，由左手定则可知，偏转磁场的磁感应强度方向垂直纸面向里，故 A 正确；

BC. 根据题意，由动能定理可知，加速一次后，带电粒子的动能增量为  $qU$ ，由于洛伦兹力不做功，则加速  $k$  次后，带电粒子的动能增量为  $kqU$ ，加速  $k$  次后，由动能定理有  $kqU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

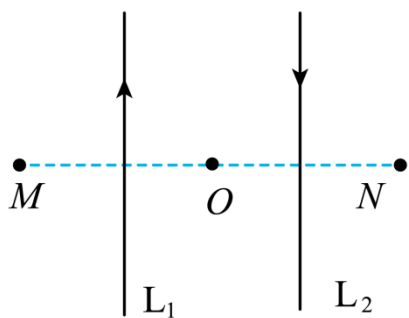
解得  $v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2kqU}{m}} = \frac{\sqrt{m^2 v_0^2 + 2kqUm}}{m}$  故 BC 错误；

D. 粒子在偏转磁场中运动的半径为  $R$ ，则有  $qvB = m \frac{v^2}{R}$  联立解得  $B = \frac{mv}{qR} = \frac{m}{qR} \sqrt{v_0^2 + \frac{2kqU}{m}} = \frac{\sqrt{m^2 v_0^2 + 2kmqU}}{qR}$

故 D 错误。故选 A。

## 题组二 情景设定：平行放置的两根长直细导线 知识溯源：磁感应强度的矢量性与叠加

(2025·福建·高考真题) 如图，两根长直细导线  $L_1$ 、 $L_2$  平行放置，其所在平面上有  $M$ 、 $O$ 、 $N$  三点， $O$  为线段  $MN$  的中点， $L_1$ 、 $L_2$  分别处于线段  $OM$ 、 $ON$  的中垂线上。当  $L_1$ 、 $L_2$  通有大小相等、方向相反的电流时， $M$ 、 $O$  点的磁感应强度大小分别为  $B_1$ 、 $B_2$ 。现保持  $L_1$  的电流不变，撤去  $L_2$  的电流，此时  $N$  点的磁感应强度大小为 ( )



- A.  $\frac{1}{2}B_2 - B_1$       B.  $B_2 - \frac{1}{2}B_1$       C.  $\frac{1}{2}(B_2 - B_1)$       D.  $B_2 - B_1$

【答案】A

【详解】根据安培定则，两导线在  $O$  点处产生的磁感应强度方向相同大小相等，则单个导线在  $O$  点处产生的磁感应强度大小为  $B_0 = \frac{B_2}{2}$

根据对称性，两导线在  $N$  处的磁感应强度大小应该与  $M$  点一样，为  $B_1$

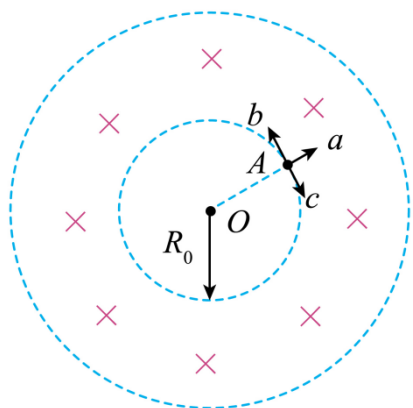
根据对称性， $L_2$  在  $N$  点处产生的磁感应强度为  $B_0 = \frac{B_2}{2}$

由于  $L_2$  在  $N$  点处产生的磁感应强度大于  $L_1$  在  $N$  点处产生的磁感应强度，且方向相反，将  $L_2$  撤去， $N$  点的磁感应强度为  $\frac{B_2}{2} - B_1$ 。

故选 A。

**题组三 情景设定：全超导托卡马克核聚变装置 知识溯源：带电粒子在圆（弧）形边界磁场中运动**

（2025·甘肃·高考真题）（多选）2025 年 5 月 1 日，全球首个实现“聚变能发电演示”的紧凑型全超导托卡马克核聚变实验装置（BEST）在我国正式启动总装。如图是托卡马克环形容容器中磁场截面的简化示意图，两个同心圆围成的环形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ ，内圆半径为  $R_0$ 。在内圆上  $A$  点有  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三个粒子均在纸面内运动，并都恰好到达磁场外边界后返回。已知  $a$ 、 $b$ 、 $c$  带正电且比荷均为  $\frac{q}{m}$ ， $a$  粒子的速度大小为  $v_a = \frac{qBR_0}{m}$ ，方向沿同心圆的径向； $b$  和  $c$  粒子速度方向相反且与  $a$  粒子的速度方向垂直。不考虑带电粒子所受的重力和相互作用。下列说法正确的是（ ）



A. 外圆半径等于  $2R_0$

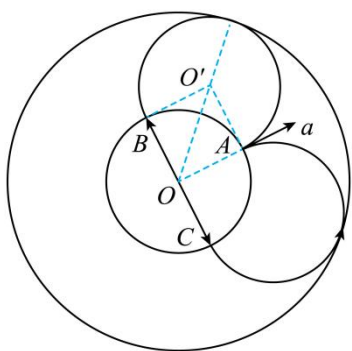
B.  $a$  粒子返回  $A$  点所用的最短时间为  $\frac{(3\pi+2)m}{qB}$

C.  $b$ 、 $c$  粒子返回  $A$  点所用的最短时间之比为  $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+2}$

D.  $c$  粒子的速度大小为  $\frac{\sqrt{2}}{2}v_a$

【答案】BD

【详解】由题意，作出  $a$  粒子运动轨迹图，如图所示



$a$  粒子恰好到达磁场外边界后返回， $a$  粒子运动的圆周正好与磁场外边界，然后

沿径向做匀速直线运动，再做匀速圆周运动恰好回到  $A$  点，根据  $a$  粒子的速度大小为  $v_a = \frac{qBR_0}{m}$  可得  $R_a = R_0$

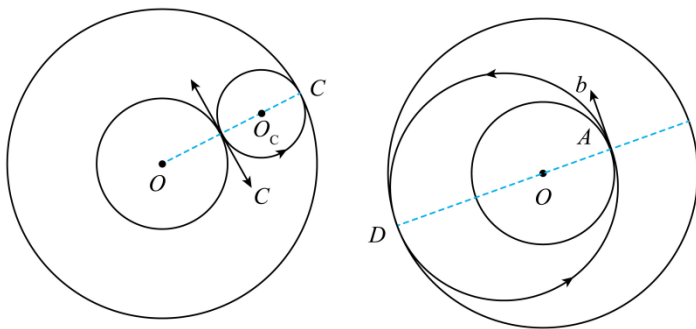
设外圆半径等于  $R'$ ，由几何关系得  $\angle AO'B = 270^\circ$  则  $R' = R_0 + \sqrt{2}R_0$ ，A 错误；

B. 由 A 项分析， $a$  粒子返回  $A$  点所用的最短时间为第一次回到  $A$  点的时间  $t_{\min}$

$a$  粒子做匀速圆周运动的周期  $T = \frac{2\pi R_0}{v_a} = \frac{2\pi m}{qB}$  在磁场中运动的时间  $t_1 = \frac{540^\circ}{360^\circ} \cdot T = \frac{3\pi m}{qB}$  匀速直线运动的时间

$t_2 = \frac{2R_0}{v_a} = \frac{2m}{qB}$  故  $a$  粒子返回  $A$  点所用的最短时间为  $t_{\min} = t_1 + t_2 = \frac{(3\pi+2)m}{qB}$ ，B 正确；

C. 由题意，作出  $b$ 、 $c$  粒子运动轨迹图，如图所示



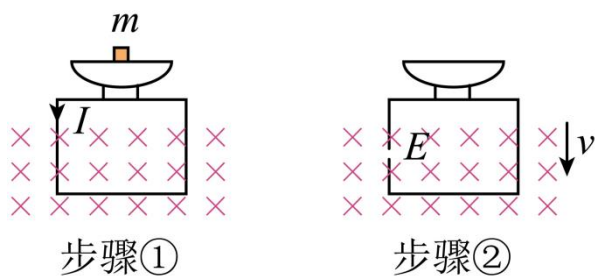
因为  $b$ 、 $c$  粒子返回  $A$  点都是运动一个圆周，根据  $b$ 、 $c$  带正电且比荷均为  $\frac{q}{m}$ ，所以两粒子做圆周运动周期相同，故所用的最短时间之比为  $1:1$ ，C 错误；

D. 由几何关系得  $2R_c = \sqrt{2}R_0$  洛伦兹力提供向心力有  $qv_cB = \frac{mv_c^2}{R_c}$  联立解得  $v_c = \frac{\sqrt{2}}{2}v_a$ ，D 正确。故选 BD。

题组四 情景设定：精确测量质量的装置

知识溯源：安培力的计算式应用、导体棒平动切割磁感线

(2025·广东·高考真题) (多选) 如图是一种精确测量质量的装置原理示意图, 竖直平面内, 质量恒为  $M$  的称重框架由托盘和矩形线圈组成。线圈的一边始终处于垂直线圈平面的匀强磁场中, 磁感应强度不变。测量分两个步骤, 步骤①: 托盘内放置待测物块, 其质量用  $m$  表示, 线圈中通大小为  $I$  的电流, 使称重框架受力平衡; 步骤②: 线圈处于断开状态, 取下物块, 保持线圈不动, 磁场以速率  $v$  匀速向下运动, 测得线圈中感应电动势为  $E$ 。利用上述测量结果可得出  $m$  的值, 重力加速度为  $g$ 。下列说法正确的有 ( )



A. 线圈电阻为  $\frac{E}{I}$

B.  $I$  越大, 表明  $m$  越大

C.  $v$  越大, 则  $E$  越小

D.  $m = \frac{EI}{vg} - M$

【答案】BD

【知识点】安培力的计算式及初步应用、导体棒平动切割磁感线

【详解】A. 根据题意电动势  $E$  是线圈断开时切割磁感线产生的感应电动势,  $I$  为线圈闭合时通入的电流, 故  $\frac{E}{I}$  不是线圈的电阻; 故 A 错误;

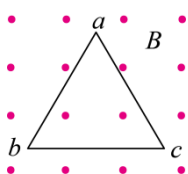
B. 根据平衡条件有  $(M+m)g = BIL$  ① 故可知  $I$  越大,  $m$  越大; 故 B 正确;

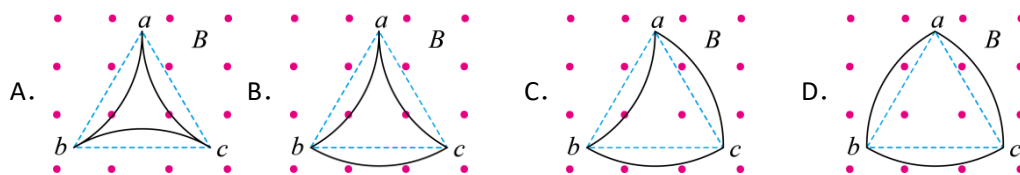
C. 根据公式有  $E = BLv$  ② 故可知  $v$  越大,  $E$  越大; 故 C 错误;

D. 联立①②可得  $m = \frac{EI}{gv} - M$  故 D 正确。故选 BD。

**终极预测** -- 压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】(2026·河南濮阳·一模) 如图所示, 三角形  $abc$  是相同的软导线连成的正三角形线框, 放在水平面上,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三个顶点固定, 三边的导线均刚好伸直, 线框处在垂直于水平面向上的匀强磁场中, 现将  $b$ 、 $c$  两端接入电路, 让电流从  $b$  点流入, 从  $c$  点流出, 不计通电导线间的相互作用的影响, 则软导线静止时的形状可能是 ( )

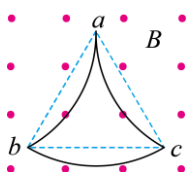




【答案】B

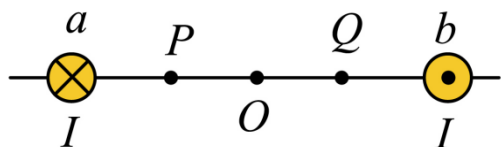
【知识点】通电导线在磁场中的作用力方向

【详解】由题图可知磁场方向垂直纸面向外。让电流从  $b$  点流入，从  $c$  点流出，则  $ac$  边电流  $a \rightarrow c$ ，由左手定则知安培力指向三角形内侧； $ab$  边电流  $b \rightarrow a$ ，安培力指向内侧； $bc$  边电流  $b \rightarrow c$ ，安培力指向外侧。因此软导线静止时的形状是



故选 B。

【名校预测·第二题】（2026·北京通州·一模）有两根足够长直导线  $a$ 、 $b$  互相平行放置。如图所示为垂直于导线的截面图，在图示平面内， $O$  点为两根导线横截面连线的中点， $P$ 、 $Q$  是导线横截面连线上关于  $O$  点对称的两点。已知在电流为  $I$  的无限长直导线周围产生的磁场的磁感应强度大小  $B$  与该点到导线的垂直距离  $r$  的关系式为  $B = k \frac{I}{r}$ ，其中  $k$  为常数。若两导线中通有大小相等、方向相反的恒定电流  $I$ ，下列说法正确的是（ ）



- A.  $O$  点磁感应强度为零
- B.  $P$  点磁感应强度比  $Q$  点磁感应强度大
- C. 若两导线中的电流均变为原来的 2 倍， $P$  点磁感应强度大小也变为原来的 2 倍
- D. 将一正试探电荷从  $P$  点沿  $PQ$  移到  $Q$  点，其所受洛伦兹力的方向沿  $PQ$  向右

【答案】C

【知识点】直线电流周围的磁场、洛伦兹力的方向

【详解】A. 根据安培定则，导线  $a$  在  $O$  点产生的磁场方向向下，导线  $b$  在  $O$  点产生的磁场方向也向下，两磁场方向相同，叠加后磁感应强度不为零，故 A 错误；

B. 根据对称性， $P$  点到  $a$  的距离等于  $Q$  点到  $b$  的距离， $P$  点到  $b$  的距离等于  $Q$  点到  $a$  的距离，且两导线电流

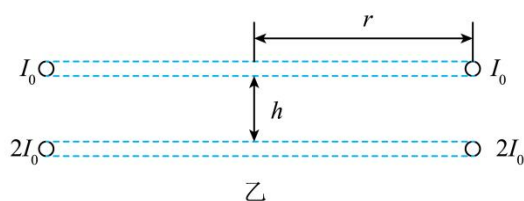


大小相等, 根据  $B = k \frac{I}{r}$  及叠加原理可知,  $P$ 、 $Q$  两点磁感应强度大小相等, 故 B 错误;

C. 根据  $B = k \frac{I}{r}$  可知, 磁感应强度  $B$  与电流  $I$  成正比, 若两导线中的电流均变为原来的 2 倍, 则  $P$  点磁感应强度大小也变为原来的 2 倍, 故 C 正确;

D. 在  $ab$  连线上, 合磁场方向垂直于连线向下, 正试探电荷从  $P$  点移到  $Q$  点, 速度方向向右, 根据左手定则, 其所受洛伦兹力的方向垂直纸面向里, 故 D 错误。故选 C。

**【名校预测·第三题】** (2026·江西九江·二模) 某科创小组制作了一个玩具飞碟, 如图甲所示, 上、下两圆盘内均安放了半径为  $r$  的水平匀质金属圆环, 圆环上下同轴水平放置, 下方圆盘放在水平桌面上。当上、下圆环中通有大小分别为  $I_0$ 、 $2I_0$  的电流时, 上方圆盘能悬浮, 此时两线圈相距为  $h$ , 且  $r \gg h$ , 轴截面如图乙。已知上方圆盘的总质量为  $m$ , 长直通电导线在空间中某点激发的磁场的磁感应强度满足关系式  $B = k \frac{I}{x}$ ,  $k$  为常数,  $I$  为通过直导线的电流,  $x$  为该点与直导线的垂直距离, 重力加速度为  $g$ 。此时 ( )



- A. 两圆环中电流方向相同
- B. 上方圆环对下方圆环的作用力大于  $mg$
- C. 电流  $I_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{mgh}{\pi kr}}$
- D. 下方圆环在上方圆环处产生的磁场的磁感应强度  $B = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{mgk}{\pi hr}}$

**【答案】C**

**【知识点】** 安培力的计算式及初步应用、环形电流和通电螺线管周围的磁场

**【详解】** A. 根据“同向电流相互吸引, 异向电流相互排斥”可知, 两圆环中电流方向相反, A 错误;

B. 因下方圆环对上方圆环的斥力为  $mg$ , 根据牛顿第三定律可知, 上方圆环对下方圆环的作用力等于  $mg$ , B 错误;

C. 下方圆环在距离  $h$  处的磁感应强度大小为  $B = k \frac{2I_0}{h}$  则由平衡可知  $BI_0 2\pi r = mg$  解得电流  $I_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{mgh}{\pi kr}}$ , C 正确;

D. 下方圆环在上方圆环处产生的磁场的磁感应强度  $B = k \frac{2I_0}{h} = \sqrt{\frac{mgk}{\pi hr}}$ , D 错误。故选 C。

**【名校预测·第四题】**（2026·安徽淮南·二模）如图，直线  $MN$  右侧无穷大区域内存在匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ ，方向垂直纸面向里。有一个带负电的粒子，质量为  $m$ ，所带电荷量大小为  $q$ ，从  $A$  点斜向下与直线  $MN$  成  $45^\circ$  角以一定的初速度垂直进入磁场中，一段时间后从直线  $MN$  上某点离开匀强磁场区域，不考虑粒子的重力，下列关于该粒子运动的描述，正确的是（ ）



- A. 粒子在磁场中的运动时间为  $\frac{\pi m}{4qB}$
- B. 若其他条件不变，粒子入射的初速度大小变为原来的两倍，则粒子在磁场中的运动时间变为原来的一半
- C. 若其他条件不变，粒子带正电，则粒子在磁场的运动时间变为原来的三倍
- D. 若其他条件不变，粒子入射的初速度大小变为原来的  $\frac{1}{2}$ ，则粒子在磁场的运动时间变为原来的一半

**【答案】C**

**【知识点】**带电粒子在直边界磁场中运动

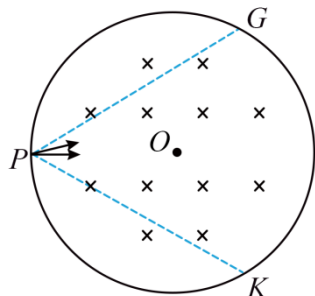
**【详解】A.** 负电粒子垂直进入匀强磁场，洛伦兹力提供向心力，有  $qvB = m\frac{v^2}{R}$  粒子运动的周期为  $T = \frac{2\pi R}{v}$  联立可得  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  粒子以与  $MN$  成  $45^\circ$  角入射，带负电，粒子做顺时针圆周运动。入射速度与边界  $MN$  夹角为  $45^\circ$ ，出射时速度与边界  $MN$  夹角也为  $45^\circ$ ，因此轨迹对应的圆心角  $\theta = 90^\circ$  粒子在磁场中的运动时间为  $t = \frac{90^\circ}{360^\circ}T = \frac{\pi m}{2qB}$ ，故 A 错误；

**BD.** 根据上述，若其他条件不变，粒子入射的初速度大小变为原来的两倍，半径变为原来的两倍，周期不变，对应圆心角仍为  $90^\circ$ ，所以粒子在磁场的运动时间不变与速度无关，故 BD 错误；

**C.** 若其他条件不变，粒子带正电，粒子以与  $MN$  成  $45^\circ$  角入射，粒子做逆时针圆周运动。入射速度与边界  $MN$  夹角为  $45^\circ$ ，出射时速度与边界  $MN$  夹角也为  $45^\circ$ ，因此轨迹对应的圆心角  $\theta = 270^\circ$  粒子在磁场中的运动时间为  $t = \frac{270^\circ}{360^\circ}T = \frac{3\pi m}{2qB}$  则粒子在磁场的运动时间变为原来的三倍，故 C 正确。故选 C。

**【名校预测·第五题】**（2026·辽宁沈阳·二模）如图，半径为  $R$ 、圆心为  $O$  的圆形区域内有垂直纸面向里的

匀强磁场，点  $P$ 、 $G$ 、 $K$  为圆周三等分点。位于  $P$  点的粒子源在  $\angle GPK$  范围内沿纸面发射速率相同的同种粒子。一粒子经时间  $t$  从  $K$  点离开磁场，离开时速度方向与  $PO$  连线垂直。不计重力与粒子间相互作用，下列说法正确的是（ ）

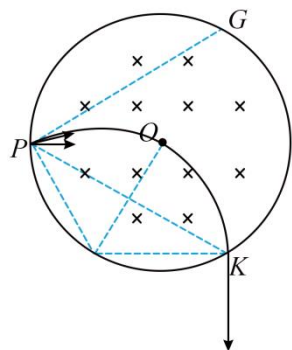


- A. 粒子在磁场中运动的轨迹半径为  $\frac{\sqrt{3}}{2}R$
- B. 所有粒子离开磁场时，速度的偏转角都相同
- C. 粒子在磁场中运动的最长时间为  $2t$
- D. 在磁场边界的  $\frac{1}{6}$  圆周上可观测到有粒子飞出

【答案】D

【知识点】带电粒子在圆（弧）形边界磁场中运动

【详解】A. 从  $K$  点离开磁场的粒子运动轨迹，如图所示

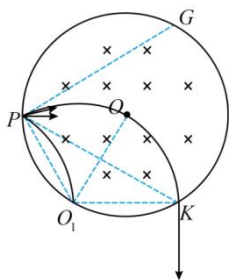


由图可知，粒子做匀速圆周运动的半径  $r = R$ ，故 A 错误；

B. 由于轨迹圆半径等于磁场圆半径，根据磁发散原理可知，所有粒子均竖直向下离开磁场，由于各粒子入射方向不同，所以速度偏转角不同，故 B 错误；

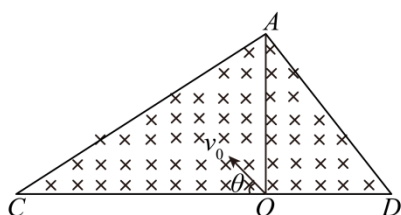
C. 根据旋转圆特点可知，从  $K$  点射出的粒子在磁场中做圆周运动的圆心角最大，时间最长，所以最长时间为  $t$ ，故 C 错误；

D. 如图所示



沿  $PG$  方向射入的粒子从  $K$  点离开磁场，沿  $PK$  方向射入的粒子从  $O_1$  点离开磁场，所以有粒子射出的区域为  $KO_1$  所对应的圆弧部分，该圆弧所对应的圆心角为  $60^\circ$ ，所以在磁场边界的  $\frac{1}{6}$  圆周上可观测到有粒子飞出，故 **D** 正确。故选 **D**。

**【名校预测·第六题】**（2026·江苏·二模）如图所示，三角形  $ACD$  区域内有垂直于纸面向里的匀强磁场，磁感应强度为  $B$ ， $\angle C=30^\circ$ ， $\angle D=45^\circ$ ， $AO$  垂直于  $CD$ ， $OA$  长度为  $L$ 。 $O$  点有一电子源，在  $ACD$  平面内向磁场内各个方向均匀发射速率均为  $v_0$  的电子，速度方向用与  $OC$  的夹角  $\theta$  表示，电子质量为  $m$ ，电荷量为  $-e$ ，且满足  $v_0 = \frac{BeL}{m}$ 。下列说法中正确的是（ ）

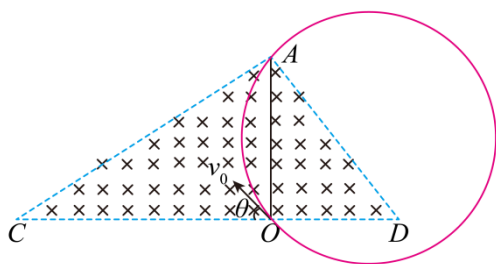


- A. 从  $AC$  边射出的电子占总电子数的  $\frac{1}{6}$
- B. 从  $AD$  边射出的电子中，速度方向与  $OC$  的夹角  $\theta$  的取值范围为  $45^\circ < \theta < 135^\circ$
- C. 从  $CD$  边（含  $OC$ 、 $OD$  段）射出的电子中，最长运动时间为  $t_{\max} = \frac{\pi m}{3Be}$
- D. 所有从  $AC$  边射出的电子中，当  $\theta=30^\circ$  时，所用的运动时间最短

**【答案】C**

**【知识点】** 带电粒子在直边界磁场中运动

**【详解】AB.** 由于粒子源发射的电子速率相同，电子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，有  $ev_0B = m\frac{v_0^2}{R}$  解得  $R = \frac{mv_0}{eB} = L$  即所有电子的半径都相等，由左手定则可知，电子进入磁场后顺时针做圆周运动，所以其从  $AC$  边射出的一个临界位置为从  $A$  点射出，此时  $\theta = 60^\circ$ ，如图所示



由题意及分析可知，当  $0^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  范围内，电子从  $AC$  边上射出，当电子从  $AC$  边射出时，由几何关系可知从  $AC$  边射出的电子占总电子的  $\frac{60^\circ}{180^\circ} = \frac{1}{3}$

由题意及几何关系可知，当粒子在  $60^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$  范围内，电子从  $AD$  边射出，故 **AB** 错误；

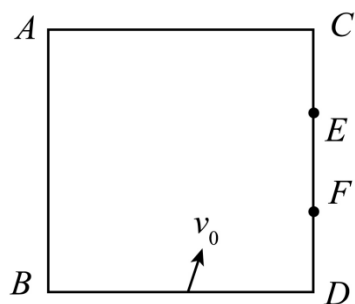
**C.** 从  $CD$  边射出的电子，经过  $D$  点对应的弦长最长，根据几何关系可知，运动轨迹对应的最大圆心角为  $\frac{\pi}{3}$ ，

因此最长运动时间为  $t_{\max} = \frac{\frac{\pi}{3}}{2\pi} \cdot T = \frac{\pi m}{3Be}$  故 **C** 正确；

**D.** 电子在磁场中做匀速圆周运动，其周期为  $T$ ，有  $T = \frac{2\pi R}{v_0}$  在磁场中运动的时间为  $t$ ，有  $\frac{t}{T} = \frac{\alpha}{2\pi}$  整理有  $t = \frac{\alpha m}{eB}$

即电子运动的圆心角越小，其在磁场中运动的时间就越短，圆心角所对应的弦长越长，其圆心角越大，所以最短时间即为弦长的最小值，当弦长与  $AC$  边垂直时，弦长最短，有几何关系可知此时对应的入射角  $\theta$  不等于  $30^\circ$ ，故 **D** 错误。故选 **C**。

**【名校预测·第七题】**（2026·安徽马鞍山·一模）如图所示，正方形区域  $ABCD$  内存在垂直纸面的匀强磁场， $E$ 、 $F$  为  $CD$  边的三等分点。现从  $BD$  边上某点在纸面内沿不同方向，以速度  $v_0$  向正方形区域内射入带电粒子。从  $CD$  边上的  $E$ 、 $F$  点射出的粒子，速度与  $CD$  边垂直。已知粒子质量均为  $m$ ，带电量均为  $q$ ，正方形边长为  $L$ ，不计粒子所受重力和粒子之间的相互作用。则该区域内磁感应强度大小为（ ）



A.  $\frac{2mv_0}{qL}$

B.  $\frac{mv_0}{qL}$

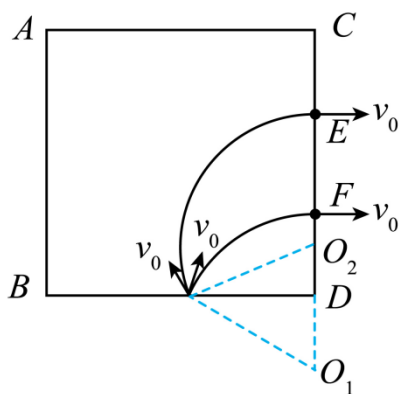
C.  $\frac{mv_0}{2qL}$

D.  $\frac{3mv_0}{qL}$

**【答案】A**

**【知识点】** 带电粒子在矩形边界磁场中的运动

**【详解】** 从  $CD$  边上的  $E$ 、 $F$  点射出的粒子运动轨迹如图所示

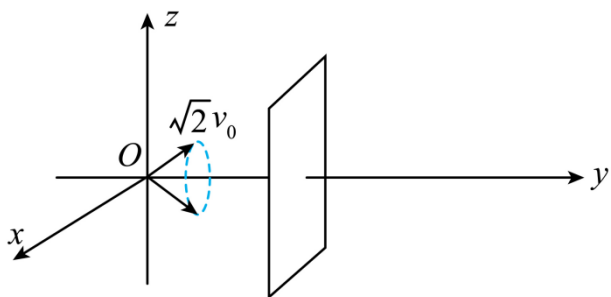


根据  $qv_0B = m\frac{v_0^2}{R}$  可得  $R = \frac{mv_0}{qB}$  所以从  $CD$  边上的  $E$ 、 $F$  点射出的粒子做匀速圆周运动的半径相同，设从  $BC$  边

上进入磁场的位置到  $C$  点的距离为  $x$ ，由几何关系可得，圆心为  $O_1$  的有  $R^2 = x^2 + \left(R - \frac{L}{3}\right)^2$  圆心为  $O_2$  的有

$$R^2 = x^2 + \left(\frac{2L}{3} - R\right)^2 \text{ 联立解得 } R = \frac{L}{2}, B = \frac{2mv_0}{qL}, \text{ A 正确。故选 A。}$$

**【名校预测·第八题】**（2026·重庆·模拟预测）如图所示， $O-xyz$  空间直角坐标系中， $O$  点有一可视为质点的粒子源，能源源不断地沿与  $y$  轴正方向成  $45^\circ$  角的各个方向发射质量为  $m$ 、电荷量为  $q$ 、速度大小为  $\sqrt{2}v_0$  的带正电粒子。整个空间存在沿  $y$  轴正方向、磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场（未画出），一足够大的荧光屏垂直  $y$  轴放置，粒子打到屏上立即被吸收并发出荧光。现将该荧光屏从  $O$  点缓慢沿  $y$  轴正方向移动，当屏上第一次出现一半径为  $\frac{mv_0}{qB}$  的亮环时，屏到  $O$  点的距离为（不计粒子重力和粒子间的相互作用）（ ）



- A.  $\frac{\pi mv_0}{qB}$                       B.  $\frac{\pi mv_0}{2qB}$   
C.  $\frac{\pi mv_0}{3qB}$                       D.  $\frac{\pi mv_0}{4qB}$

**【答案】C**

**【知识点】** 带电粒子在磁场中做圆周运动的相关计算

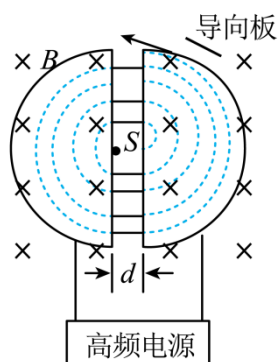
**【详解】** 将粒子的速度分解为垂直  $y$  方向和平行  $y$  方向，则有  $v_{//} = \sqrt{2}v_0 \cos 45^\circ = v_0$ ， $v_{\perp} = \sqrt{2}v_0 \sin 45^\circ = v_0$

粒子在平行  $y$  方向做匀速直线运动, 在垂直于  $y$  方向做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供粒子圆周运动的向心力, 则有  $Bqv_{\perp} = \frac{mv_{\perp}^2}{r}$ ,  $T = \frac{2\pi r}{v_{\perp}}$  联立解得  $r = \frac{mv_0}{Bq}$ ,  $T = \frac{2\pi m}{Bq}$  由于粒子在  $y-z$  平面和  $x-y$  平面圆周运动的圆心构成一等边三角形, 则当屏上第一次出现一半径为  $\frac{mv_0}{qB}$  的亮环时, 粒子圆周运动的时间为

$$t = \frac{60^\circ}{360^\circ} T = \frac{1}{6} \times \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{\pi m}{3Bq} \text{ 此时屏到 } O \text{ 点的距离为 } d = v_{//} t = \frac{\pi mv_0}{3qB} \text{ 故选 C。}$$

**【名校预测·第九题】** (2026·安徽·一模) 第 24 届国际回旋加速器及其应用大会于 2025 年 10 月 27 日至 10

月 31 日在中国成都举办。回旋加速器示意图如图所示, 其中置于真空中的金属 D 形盒的半径为  $R$ , 两盒间距为  $d$ , 在左侧 D 形盒圆心处放有粒子源  $S$ , 匀强磁场的磁感应强度大小为  $B$ , 方向如图所示。质子的质量为  $m$ , 电荷量为  $q$ 。质子从粒子源  $S$  进入加速电场时的初速度不计, 质子受到的重力不计, 加速电场的电压恒为  $U$ , 质子在电场中运动时, 不考虑磁场的影响。质子在电场中加速的总时间与在 D 形盒中回旋的总时间的比值为 ( )



- A.  $\frac{d}{\pi R}$       B.  $\frac{2d}{\pi R}$       C.  $\frac{\pi d}{R}$       D.  $\frac{\pi d}{2R}$

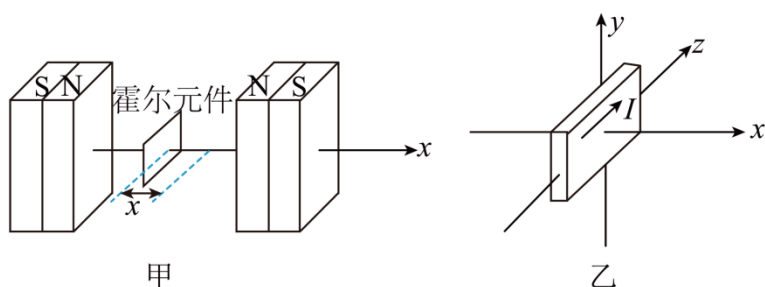
**【答案】B**

**【知识点】** 回旋加速器的综合计算

**【详解】** 设质子在加速器中获得的最大速度为  $v$ , 由洛伦兹力提供质子做圆周运动的向心力有  $qvB = m \frac{v^2}{R}$  解得  $v = \frac{qBR}{m}$  质子在电场中的加速度大小  $a = \frac{Uq}{dm}$  在电场中加速的时间  $t_1 = \frac{v}{a}$  设质子在电场中加速次数为  $N$ , 则有  $Nuq = \frac{1}{2}mv^2$  质子在磁场中运动的时间  $t_2 = N \cdot \frac{T}{2}$  在磁场中运动的周期  $T = \frac{2\pi m}{qB}$  在电场与磁场中运动的时间的比值  $\frac{t_1}{t_2} = \frac{2d}{\pi R}$ , 故选 B。

**【名校预测·第十题】** (2026·重庆沙坪坝·一模) 图甲为利用霍尔元件制作的位移传感器。将霍尔元件置于两块磁性强弱相同、同名磁极相对放置的磁体正中间, 以中间位置为坐标原点建立如图乙所示的空间坐标系。当霍尔元件沿  $x$  轴方向移动到不同位置时, 将产生不同的霍尔电压  $U$ , 通过测量电压  $U$  就可以知道位

移大小  $x$ 。已知沿  $x$  轴方向磁感应强度大小  $B = kx$  ( $k$  为常数, 且  $k > 0$ ) , 电流  $I$  沿  $+z$  方向。该传感器灵敏度为  $\frac{\Delta U}{\Delta x}$  , 要使该传感器的灵敏度变大, 下列措施可行的是 ( )



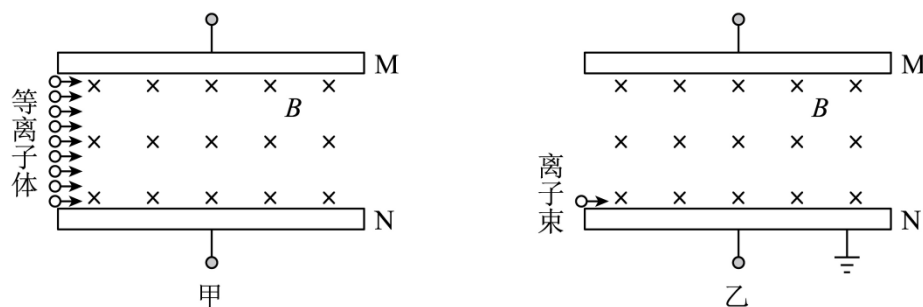
- A. 把霍尔元件沿  $x$  方向的厚度变大      B. 把霍尔元件沿  $y$  方向的高度变大  
C. 把霍尔元件沿  $z$  方向的长度变大      D. 把沿  $+z$  方向的电流  $I$  变大

【答案】D

【知识点】霍尔效应的相关计算

【详解】设霍尔元件沿  $y$  轴方向的高度为  $d$  , 沿  $x$  轴方向的厚度为  $l$  , 电流的微观表达式为  $I = neSv = nedlv$  得  $v = \frac{I}{nedl}$  自由电荷受洛伦兹力和电场力平衡  $e\frac{U}{d} = evB$  得  $U = dvB$  由磁感应强度大小  $B = kx$  得  $k = \frac{\Delta B}{\Delta x}$  则  $\frac{\Delta U}{\Delta x} = \frac{dv\Delta B}{\Delta x} = dk \frac{I}{nedl} = \frac{kI}{nel}$  可知, 要使该传感器的灵敏度变大, 应把霍尔元件沿  $x$  方向的厚度  $l$  变小或者把沿  $+z$  方向的电流  $I$  变大。故选 D。

【名校预测·第十一题】 (2026·北京朝阳·一模) 一种磁流体发电装置如图甲所示。间距为  $d$  的平行金属板 M、N 之间充满垂直于纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度为  $B$ 。等离子体 (高温下电离的气体, 含有大量正、负带电粒子) 以速度  $v$  沿垂直于磁场的方向射入磁场, M、N 两板间便产生电压。某同学设想了另一种方案: 如图乙所示, 一细束质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带正电的离子束以相同的速度  $v$  紧邻下极板 N 射入磁场 (N 板接地), M、N 两板间也同样能够产生电压。已知  $d < \frac{2mv}{qB}$  , 不计粒子重力。下列说法正确的是 ( )



- A. 图甲中 M 板是电源的负极  
B. 图甲中 M、N 板间的最大电压大于  $Bdv$



C. 图乙中 M、N 板间的最大电压为  $Bd(v - \frac{qBd}{2m})$

D. 图甲与图乙中 M、N 板间的最大电压均为  $Bdv$

【答案】C

【知识点】磁流体发电机的相关计算

【详解】A. 在图甲中，根据左手定则，可知正离子向上偏，负离子向下偏，故 M 板是电源的正极，N 板是电源的负极，故 A 错误；

B. 在图甲中，当带电离子在叠加场做匀速直线运动时，M、N 板间产生稳定的电压，即最大电压，根据平衡条件有  $qE = qBv$  其中  $E = \frac{U_m}{d}$  解得  $U_m = Bdv$ ，故 B 错误；

C. 图乙中，负离子一进入极板间就会打到 N 板而后流入大地，因此只要考虑正离子的运动即可。初始时极板间无电压，正离子做匀速圆周运动的半径为  $r = \frac{mv}{qB} > \frac{d}{2}$

则正离子会打在 M 板上。随着正离子在 M 板聚集，会产生电压  $U$ ，后续进入的正离子将会做摆线运动，使用配速法，将速度  $v$  分解为  $v_1 + v_2$ ，其中  $v_1$  满足  $qv_1B = q\frac{U}{d}$

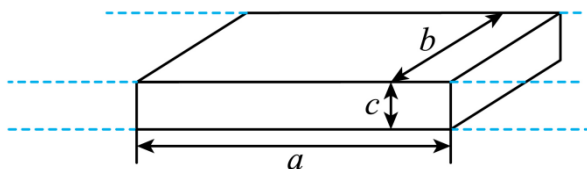
即离子其中的一个运动为以  $v_1$  向右做匀速直线运动，另一个运动为  $v_2 = v - v_1$  做匀速圆周运动， $U$  较小时， $v_1$

较小， $v_2$  仍较大，则做匀速圆周运动的半径仍能大于  $\frac{d}{2}$ ，正离子将继续打到 M 板上，则电压  $U$  将继续增大，

直到做匀速圆周运动的半径仍能等于  $\frac{d}{2}$ ，之后进入极板间的粒子将不再打到 M 板上。则 M、N 板间达到最大电压  $U'_m$  后，对向右做匀速直线运动的分运动，有  $qv_1B = q\frac{U'_m}{d}$  对做匀速圆周运动的分运动有  $qv_2B = m\frac{v_2^2}{r}$  且

$r = \frac{d}{2}$ ， $v_2 = v - v_1$  联立解得  $U'_m = Bd(v - \frac{qBd}{2m})$ ，故 C 正确，D 错误。故选 C。

【名校预测·第十二题】（2025·北京大兴·三模）电磁流量计广泛应用于测量可导电液体（如污水）在管中的流量（单位时间内通过管内横截面的流体的体积）。为了简化，假设流量计是如图所示的横截面为长方形的一段管道，其中空部分的长、宽、高分别为图中的  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ，流量计的两端与输送流体的管道相连接（图中虚线）。图中流量计的上、下两面是金属材料，前后两面是绝缘材料，现于流量计所在处加磁感应强度为  $B$  的匀强磁场，磁场方向垂直于前后两面，当导电流体稳定地流经流量计时，在管外将流量计上、下两表面分别与一串联了电阻  $R$  的电流表的电路连接， $I$  表示测得的电流值，已知流体的电阻率为  $\rho$ ，不计电流表的内阻，则（ ）



- A. 流量为  $\frac{I}{B} \left( bR + \rho \frac{a}{c} \right)$
- B. 流量为  $\frac{I}{B} \left( cR + \frac{\rho b}{a} \right)$
- C. 若污水浓度变大, 则流体的电阻率变大
- D. 若流体的电阻率变小, 则上下两板间电势差将变大

【答案】D

【知识点】电磁流量计的相关计算

【详解】AB. 当洛伦兹力与电场力平衡时, 则处于稳定状态, 则有  $qvB = q \frac{U}{c}$  解得  $v = \frac{U}{cB}$  根据电阻定律  $r = \rho \frac{c}{ab}$

则总电阻  $R_{\text{总}} = r + R$  所以解得  $v = \frac{I \left( \rho \frac{c}{ab} + R \right)}{cB}$  所以流量  $Q = vbc = \frac{I}{B} \left( \frac{\rho c}{a} + Rb \right)$ , 故 AB 错误;

CD. 若污水浓度变大, 液体导电性能增加, 流体的电阻率变小, 因上下极板的电动势  $U = cBv$  一定, 则此时回路电流变大, 上下极板的电势差  $U' = IR$ , 则上下两板间电势差将变大, 故 C 错误, D 正确。故选 D。

倒计时 13 天

恪守楞次之志, 不惧逆境束缚; 迸发感应之力, 书写青春华章。

## 电磁感应基本规律应用

考情透视 -- 把脉命题 直击重点

### ► 命题解码:

电磁感应是高考试点热点, 综合性强、难度较大, 知识体系覆盖楞次定律及法拉第电磁感应定律的理解应用、电磁感应中的综合图像、单双杆模型、自感和涡流等内容。高考对此部分知识点主要通过线框穿越磁场、导棒切割磁感线等抽象的物理模型进行命题设计, 体现物理对电与磁、科学技术发展的指导及创

新作用。命题多以这些场景为载体，深刻考查力、电、能、动量多角度的综合思维。

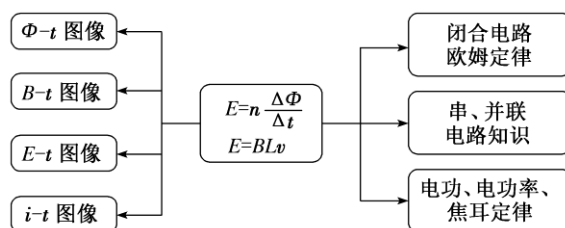
## ► 高考前沿：

2026 年电磁感应命题趋向于更具深度和广度。它不仅是电磁学重点，更是综合运用牛顿定律、动量、能量、电路分析解决实际物理问题的绝佳舞台。常见命题联系新能源技术（如磁悬浮列车驱动原理、光伏发电能量转换）、无线充电技术等，预估综合题将继续以“单双杆+磁场+电容器+力与运动”模式依托科技情境出现。题型设计会越发突出过程复杂、数学能力要求高、与前沿科技整合度高的特点。

## 核心模型--模型架构，精准剖析

### 【模型一】电磁感应常见图像

#### 一、电磁感应常见图像问题的种类及分析方法

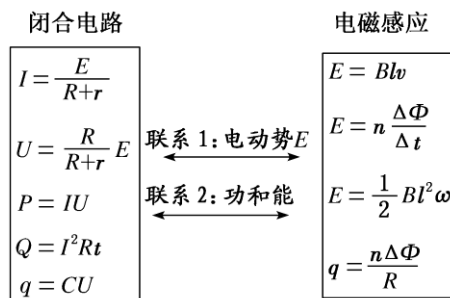


#### 二、电磁感应图像类选择题的常用解法

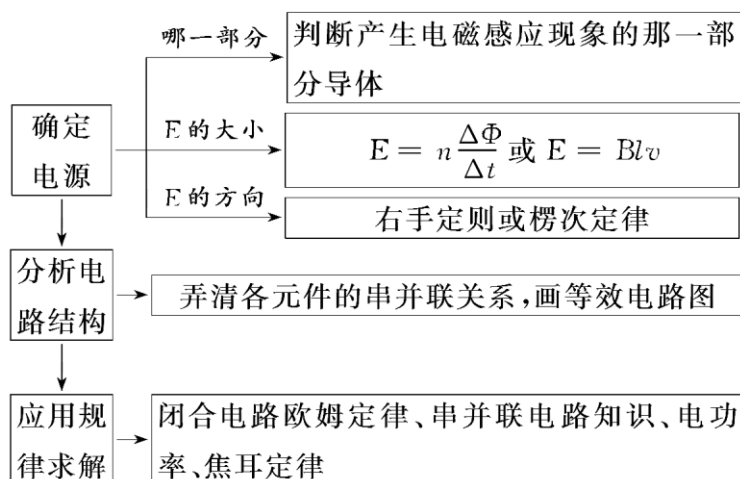
1. 排除法：定性地分析电磁感应过程中物理量的变化趋势(增大还是减小)、变化快慢(均匀变化还是非均匀变化)，特别是物理量的正负，排除错误的选项。
2. 函数法：根据题目所给条件定量地写出两个物理量之间的函数关系，然后由函数关系对图像进行分析和判断。

### 【模型二】电磁感应的电路问题

#### 1. 电磁感应中电路知识的关系图



#### 2. “三步走” 分析电路为主的电磁感应问题



### 【模型三】通电自感和断电自感

	与线圈串联的灯泡	与线圈并联的灯泡
电路图		
通电时	电流逐渐增大，灯泡逐渐变亮	电流突然增大，然后逐渐减小达到稳定
断电时	电流逐渐减小，灯泡逐渐变暗，电流方向不变	电路中稳态电流为 $I_1$ 、 $I_2$ ： ①若 $I_2 \leq I_1$ ，灯泡逐渐变暗； ②若 $I_2 > I_1$ ，灯泡“闪亮”后逐渐变暗。 两种情况下灯泡中电流方向均改变

### 【模型四】三种动生电动势模型

#### 1. $E=Blv$ 的三个特性

正交性	本公式要求磁场为匀强磁场，而且 $B$ 、 $l$ 、 $v$ 三者互相垂直
有效性	公式中的 $l$ 为导体棒切割磁感线的有效长度，如图中 $ab$ 
相对性	$E=Blv$ 中的速度 $v$ 是导体棒相对磁场的速度，若磁场也在运动，应注意速度间的相对关系

#### 2. 动生电动势的三种模型

情景图			
-----	--	--	--

研究对象	一段直导线(或等效成直导线)	绕一端转动的一段导体棒	绕与 $B$ 垂直的轴转动的导线框
表达式	$E=BLv$	$E=\frac{1}{2}BL^2\omega$	$E=NB\omega\sin\omega t$

## 易错避坑--易错陷阱 精准避坑

### 【易错一】楞次定律方向判断混淆

- (1) 易错点：不清楚增反减同和来拒去留的内涵，使用“右手定则”时与“左手定则”混淆；  
(2) 闭坑策略：记住“左力右电”：左手判断受力（安培力），右手判断电流（电磁感应）。

### 【易错二】感应电动势的计算公式选错

- (1) 易错点： $E=n\Delta\Phi/\Delta t$  和  $E=BLv$  不会根据不同场景选择正确的公式；  
(2) 闭坑策略：切割类优先用  $E=BLv$ ；变化磁场使磁通量变化用  $E=n\Delta\Phi/\Delta t$ 。

### 【易错三】感应电荷量误算

- (1) 易错点：误以为  $q$  与  $\Delta\Phi$  和时间  $\Delta t$  均有关；  
(2) 闭坑策略： $q=n\Delta\Phi/R_{\text{总}}$  与  $\Delta t$  无关，只与磁通量变化量和总电阻有关，是时间无关的重要二级结论。

## 高频考点--高频要点 重点攻克

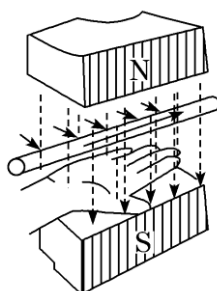
### 【考点一】楞次定律和右手定则

#### 1.楞次定律及应用

楞次定律中“阻碍”的含义	“四步法”判断感应电流方向
<p>谁阻碍谁 → 感应电流的磁场阻碍引起感应电流的磁场（原磁场）的磁通量的变化</p> <p>阻碍什么 → 阻碍的是磁通量的变化，而不是阻碍磁通量本身</p> <p>如何阻碍 → 当磁通量增加时，感应电流的磁场方向与原磁场的方向相反；当磁通量减少时，感应电流的磁场方向与原磁场的方向相同，即“增反减同”</p> <p>阻碍效果 → 阻碍并不是阻止，只是延缓了磁通量的变化，这种变化将继续进行</p>	<p>一原 → 明确要研究的回路及原磁场 <math>B</math> 的方向</p> <p>二变 → 确定磁通量 <math>\Phi</math> 的变化</p> <p>三感 → 判断感应电流的磁场方向</p> <p>四电流 → 判断感应电流的方向</p> <p>楞次定律</p> <p>安培定则</p>

#### 2.右手定则的理解和应用

- (1) 右手定则适用于闭合电路的部分导体切割磁感线产生感应电流的情况。  
(2) 右手定则是楞次定律的一种特殊形式，用右手定则能解决的问题，用楞次定律均可代替解决。



(3)右手定则应用“三注意”:

①磁感线必须垂直穿入掌心。

②拇指指向导体运动的方向。

③四指所指的方向为感应电流方向

## 【考点二】法拉第电磁感应定律

### 1.法拉第电磁感应定律

(1)内容: 闭合电路中感应电动势的大小, 跟穿过这一电路的磁通量的变化率成正比。

(2)公式  $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  求的是一个回路中某段时间内的平均电动势, 在磁通量均匀变化时, 瞬时值才等于平均值。

(3)感应电动势的大小由线圈的匝数和穿过线圈的磁通量的变化率  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  共同决定, 而与磁通量  $\Phi$  的大小、变化量  $\Delta\Phi$  的大小没有必然联系。

(4)磁通量的变化率  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  对应  $\Phi-t$  图线上某点切线的斜率。

(5)通过回路截面的电荷量  $q=\frac{n\Delta\Phi}{R}$ , 仅与  $n$ 、 $\Delta\Phi$  和回路电阻  $R$  有关, 与时间长短无关。

(6)感应电动势  $E=S\frac{\Delta B}{\Delta t}$  中的  $S_{\text{有效}}$  为圆环回路在磁场中的面积, 而不是圆环回路的面积。

### 2.感应电流电荷量的求法

	公 式	说 明
方法 1	$q=It$ , 式中 $I$ 为回路中的恒定电流, $t$ 为时间。	①由于导体棒匀速切割磁感线产生感应电动势而使得闭合回路中的电流恒定, 根据电流定义式可知 $q=It$ 。
		②闭合线圈中磁通量均匀增大或减小且回路电阻保持不变, 则电路中的电流 $I$ 恒定, 时间 $t$ 内通过线圈横截面的电荷量 $q=It$ 。
方法 2	$q=n\frac{\Delta\Phi}{R}$ 。其中 $R$ 为回路电阻, $\Delta\Phi$ 为穿过闭合回路的磁通量变化量。	①闭合回路中的电阻 $R$ 不变, 并且只有磁通量变化为电路提供电动势。
		②从表面来看, 通过回路的电荷量与时间无关, 但 $\Delta\Phi$ 与时间有关, 随时间变化。
方法 3	$\Delta q=C\cdot\Delta U=CBL\Delta v$ , 式中 $C$ 为电容器的电容, $B$ 为匀强磁场的磁感应强度, $L$ 为导体棒切割磁感线的有效长度, $\Delta v$ 为导体棒切割速度的变化量。	在匀强磁场中, 电容器接在切割磁感线的导体棒两端, 不计一切电阻, 电容器两极板间电压等于导体棒切割磁感线产生的感应电动势 $E$ , 通过电容器的电流 $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{C\Delta U}{\Delta t}$ , 又 $E=Blv$ , 则 $\Delta U=BL\Delta v$ , 可得 $\Delta q=CBL\Delta v$ 。

**题组一 情景设定：圆环形螺线管 知识溯源：法拉第电磁感应定律**

(2026·浙江·高考真题) 如图 1 所示, 半径为  $r_1$ 、横截面半径为  $r_2$  ( $r_2 \ll r_1$ )、匝数为  $N$  的圆环形螺线管通有电流  $I$ , 管内产生磁感应强度  $B = aI$  ( $a$  为常量) 的匀强磁场。管外磁场近似为 0, 小明用电阻为  $R$  的一段漆包线缠绕螺线管一圈后, 并成双股线再缠绕螺线管两圈, 最后将两端头短接, 形成特殊线圈 A。若电流  $I$  随时间  $t$  变化的关系如图 2 所示, 则 ( )

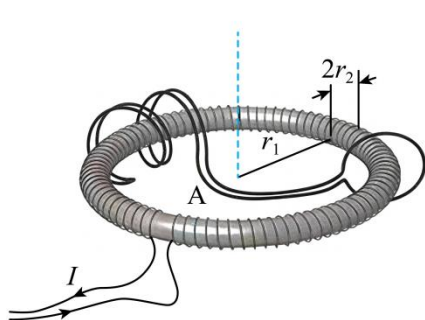


图1

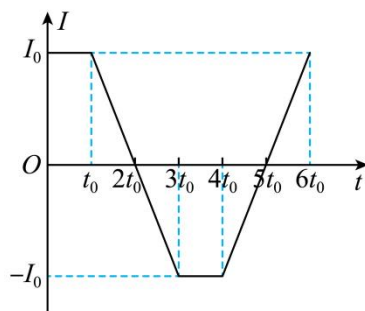


图2

- A.  $t = 2t_0$  时, 螺线管的自感电动势  $E = N \frac{\pi r_1^2 a I_0}{t_0}$
- B.  $t = 5t_0$  时, 线圈 A 的感应电动势  $E = 3 \frac{\pi r_2^2 a I_0}{t_0}$
- C. 在  $0 \sim 2t_0$  内, 通过线圈 A 的电荷量  $q = N \frac{\pi r_2^2 a I_0}{R}$
- D. 在  $0 \sim 5t_0$  内, 线圈 A 产生的焦耳热  $Q = 3 \frac{(\pi r_2^2 a I_0)^2}{R t_0}$

**【答案】D**

**【详解】A.** 螺线管的自感电动势公式为  $E = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = NS \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$

其中, 螺线管的横截面积  $S = \pi r_2^2$ , 磁感应强度  $B = aI$ 。在  $t_0 \sim 2t_0$  时间段内, 电流变化率为  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{0 - I_0}{2t_0 - t_0} = -\frac{I_0}{t_0}$

磁感应强度变化率为  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = a \frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{a I_0}{t_0}$  代入自感电动势公式  $E = N \frac{\pi r_2^2 a I_0}{t_0}$ , A 错误;

B. 线圈 A 的有效匝数是 1, 在  $4t_0 \sim 6t_0$  时间段内, 电流变化率为  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2I_0}{2t_0} = \frac{I_0}{t_0}$  线圈 A 的感应电动势

$E = nS \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\pi r_2^2 a I_0}{t_0}$ , B 错误;

C. 流过线圈 A 的电荷量  $q = \bar{I} \Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi_A}{R}$ ，其中  $\Delta \Phi_A$  是穿过线圈 A 的总磁通量变化量。在  $0 \sim t_0$  内，螺

线管电流恒定，穿过线圈 A 的总磁通量不变通过线圈 A 的电荷量为 0。在  $t_0 \sim 2t_0$  内，电流从  $I_0$  变为 0，所以

$\Delta I = 0 - I_0 = -I_0$  在  $0 \sim 2t_0$  内，通过线圈 A 的电荷量  $q = \frac{\Delta \Phi_A}{R} = \frac{\pi r_2^2 a I_0}{R}$ ，C 错误；

D. 在  $0 \sim 5t_0$  内，线圈 A 产生焦耳热只有在电流变化的区间才产生感应电动势和焦耳热即  $t_0 \sim 3t_0$  和  $4t_0 \sim 5t_0$

时间段。 $t_0 \sim 3t_0$  时长为  $2t_0$ ，线圈 A 的感应电动势  $E_1 = nS \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\pi r_2^2 a I_0}{t_0}$  产生的焦耳热

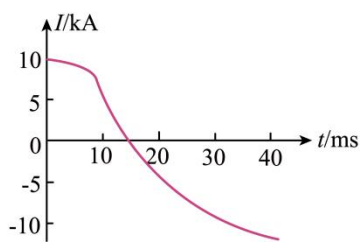
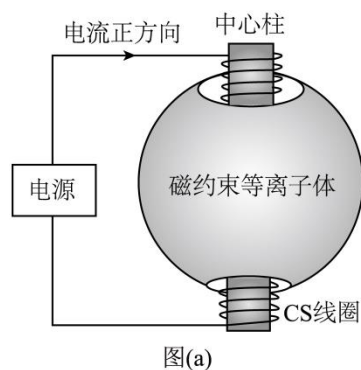
$Q_1 = \frac{E_1^2}{R} \cdot 2t_0 = 2 \frac{(\pi r_2^2 a I_0)^2}{R t_0}$  在  $4t_0 \sim 5t_0$  时间段内，感应电动势  $E_2 = nS \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{\pi r_2^2 a I_0}{t_0}$

产生的焦耳热  $Q_2 = \frac{E_2^2}{R} t_0 = \frac{(\pi r_2^2 a I_0)^2}{R t_0}$  在  $0 \sim 5t_0$  内，线圈 A 产生的焦耳热  $Q = Q_1 + Q_2 = 3 \frac{(\pi r_2^2 a I_0)^2}{R t_0}$ ，D 正确。

故选 D。

## 题组二 情景设定：托卡马克 知识溯源：楞次定律和右手定则

(2025·江西·高考真题) 托卡马克是一种磁约束核聚变装置，其中心柱上的密绕螺线管 (CS 线圈) 可以驱动附近由电子和离子组成的磁约束等离子体旋转形成等离子体电流，如图 (a) 所示。当 CS 线圈通以如图 (b) 所示的电流时，产生的等离子体电流方向 (俯视) 为 ( )



- A. 顺时针 B. 逆时针 C. 先顺时针后逆时针 D. 先逆时针后顺时针

【答案】A

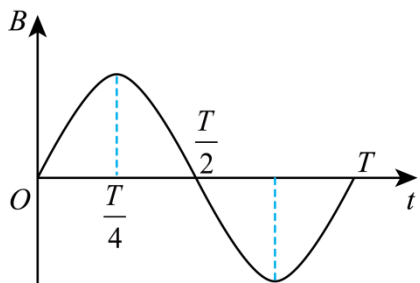
【知识点】环形电流和通电螺线管周围的磁场、增反减同

【详解】由图 (b) 可知开始阶段流过 CS 线圈的电流正向减小，根据右手定则可知，CS 线圈产生的磁场下端为 N 极，上端为 S 极，则穿过线圈周围某一截面的磁通量向下减小，由楞次定律可知产生的感应电场方向为顺时针方向 (俯视)，则产生的等离子体电流方向 (俯视) 为顺时针；同理在以后阶段通过 CS 线圈的电流反向增加时，情况与前一阶段等效，即产生的等离子体电流方向 (俯视) 仍为顺时针。故选 A。



### 题组三 情景设定：B-t 图像 知识溯源：由 B-t 图像计算感生电动势的大小

（2025·甘肃·高考真题）闭合金属框放置在磁场中，金属框平面始终与磁感线垂直。如图，磁感应强度  $B$  随时间  $t$  按正弦规律变化。 $\Phi$  为穿过金属框的磁通量， $E$  为金属框中的感应电动势，下列说法正确的是（ ）



- A.  $t$  在  $0 \sim \frac{T}{4}$  内， $\Phi$  和  $E$  均随时间增大      B. 当  $t = \frac{T}{8}$  与  $\frac{3T}{8}$  时， $E$  大小相等，方向相同
- C. 当  $t = \frac{T}{4}$  时， $\Phi$  最大， $E$  为零      D. 当  $t = \frac{T}{2}$  时， $\Phi$  和  $E$  均为零

【答案】C

【详解】A. 在  $0 \sim \frac{T}{4}$  时间内，磁感应强度  $B$  增加，根据  $\Phi = BS$  则磁通量  $\Phi$  增加，但是图像的斜率减小，即磁感应强度  $B$  的变化率逐渐减小，根据法拉第电磁感应定律可知  $E = \frac{\Delta B}{\Delta t} S$ ，感应电动势  $E$  逐渐减小，选项 A 错误；

B. 当  $t = \frac{T}{8}$  和  $t = \frac{3T}{8}$  时，因  $B-t$  图像的斜率大小相等，符号相反，可知感应电动势  $E$  大小相等，方向相反，选项 B 错误；

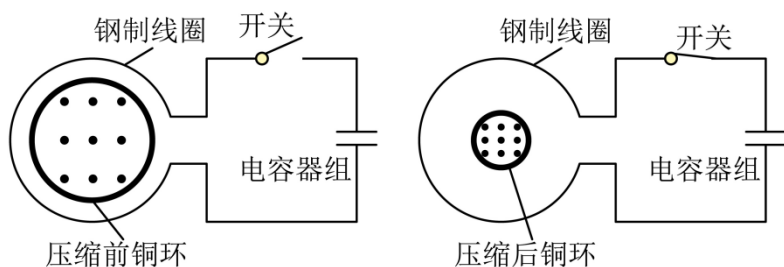
C.  $t = \frac{T}{4}$  时， $B$  最大，则磁通量  $\Phi$  最大，但是  $B$  的变化率为零，则感应电动势  $E$  为零，选项 C 正确；

D.  $t = \frac{T}{2}$  时， $B$  为零，则磁通量  $\Phi$  为零，但是  $B$  的变化率最大，则感应电动势  $E$  最大，选项 D 错误。

故选 C。

### 题组四 情景设定：电磁压缩法 知识溯源：楞次定律

（2025·陕晋青宁卷·高考真题）电磁压缩法是当前产生超强磁场的主要方法之一，其原理如图所示，在钢制线圈内同轴放置可压缩的铜环，其内已“注入”一个初级磁场，当钢制线圈与电容器组接通时，在极短时间内钢制线圈中的电流从零增加到几兆安培，铜环迅速向内压缩，使初级磁场的磁感线被“浓缩”，在直径为几毫米的铜环区域内磁感应强度可达几百特斯拉。此过程，铜环中的感应电流（ ）



- A. 与钢制线圈中的电流大小几乎相等且方向相同
- B. 与钢制线圈中的电流大小几乎相等且方向相反
- C. 远小于钢制线圈中的电流大小且方向相同
- D. 远小于钢制线圈中的电流大小且方向相反

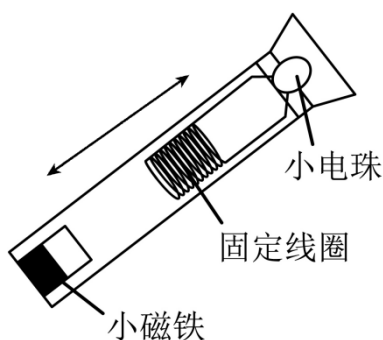
【答案】B

【详解】当钢制线圈与电容器组连通时，钢制线圈中产生迅速增大的电流，线圈中产生迅速增强的磁场。根据楞次定律，可知铜环中产生的感应电流的磁场会阻碍引起感应电流的磁通量的变化，故铜环中的感应电流与钢制线圈中的电流方向相反。为阻碍铜环中磁通量变化，铜环上感应的电流与钢制线圈的电流大小几乎相等。因此两个方向相反的大电流之间的作用力使圆环被急速的向内侧压缩。ACD 错误，B 正确。

故选 B。

**终极预测**--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】（2026·广东中山·三模）图为户外应急手摇发电手电筒的结构简图，当手电筒沿图示方向摇动时，小磁铁会不断往复地穿过固定线圈，连接线圈的小电珠随即发光。下列说法正确的是（ ）



- A. 摇动过程中装置的机械能守恒
- B. 小磁铁往复运动过程中，线圈中的电流方向保持不变
- C. 手电筒摇动的振幅和周期不变，若只更换磁性更强的磁铁，则小电珠的亮度保持不变
- D. 手电筒摇动的振幅和周期不变，若只增加线圈的匝数，则小电珠的亮度增强

【答案】D

【知识点】判断系统机械能是否守恒、增反减同、法拉第电磁感应定律的表述和表达式

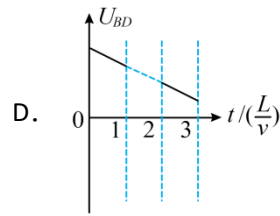
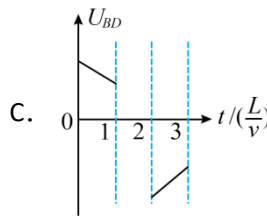
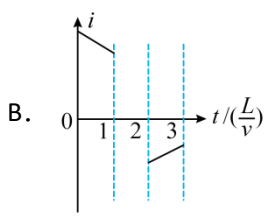
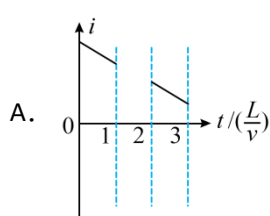
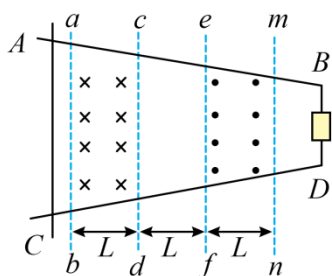
【详解】A. 摇动过程中，小磁铁和线圈的机械能转化为电能，电能再转化为小电珠的光能和热能，所以装置的机械能不守恒，故 A 错误；

B. 当小磁铁穿过线圈时，磁通量先增加后减少，且磁铁运动方向相反时，磁通量变化的趋势也相反。根据楞次定律，感应电流的方向会发生改变，产生的是交变电流，故 B 错误；

C. 手电筒摇动的振幅和周期不变，意味着磁铁穿过线圈的时间  $\Delta t$  不变。更换磁性更强的磁铁，磁感应强度增大，使得磁通量增大，磁通量的变化量  $\Delta\Phi$  增大，根据法拉第电磁感应定律  $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  可知，感应电动势增大，灯泡亮度增加，故 C 错误；

D. 手电筒摇动的振幅和周期不变，意味着磁铁穿过线圈的时间  $\Delta t$  不变，磁感应强度不变，磁通量的变化量  $\Delta\Phi$  不变，若只增加线圈的匝数  $n$ ，根据法拉第电磁感应定律  $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  可知，感应电动势增大，灯泡亮度增加，故 D 正确。故选 D。

【名校预测·第二题】（2026·广东揭阳·二模）如图所示，两光滑直导轨 AB、CD 放在水平桌面上，右端连接一个定值电阻，左端放一根导体棒。导轨之间有竖直方向等大的匀强磁场，磁场分界线 ab、cd、ef、mn 之间的距离均为 L，不计导轨和导体棒的电阻，导体棒以速度 v 水平向右匀速运动，且始终保持与导轨良好接触，以俯视时顺时针方向为电流的正方向，从导体棒经过 ab 分界线开始计时，通过电阻的电流 i、电阻两端的电势差  $U_{BD}$  随时间 t 变化的图像正确的是（ ）



【答案】B

【知识点】描绘线框两点间电势差的 U-t 图像、描绘线框进出磁场区域的 I-t 图像

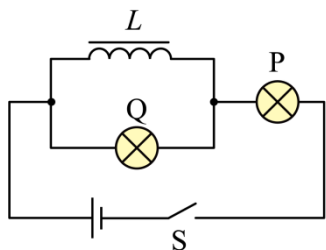
【详解】A. 在  $0 \sim \frac{L}{v}$  时间内，磁场垂直纸面向里，导体棒向右运动，由右手定则可知，感应电流方向为  $C \rightarrow A$ ，即顺时针方向，为正值；由于导轨间距  $d$  随时间均匀减小，根据  $E = Bdv$ 、 $i = \frac{E}{R}$  解得  $i = \frac{Bdv}{R}$ ，故电流  $i$  随时间均匀减小。在  $\frac{L}{v} \sim \frac{2L}{v}$  时间内，无磁场，感应电流为零。在  $\frac{2L}{v} \sim \frac{3L}{v}$  时间内，磁场垂直纸面向外，由右手定则可知，感应电流方向为  $A \rightarrow C$ ，即逆时针方向，为负值；电流大小随时间均匀减小，根据  $E = Bdv$ 、 $i = \frac{E}{R}$  解得  $i = \frac{Bdv}{R}$ ，故电流  $i$  随时间均匀减小。图 A 中第三段电流为正值，故 A 错误；

B. 结合 A 选项的分析，电流先为正且减小，中间为零，后为负且绝对值减小。由于导轨向右运动过程中，接入电路的有效长度  $d$  均匀减小， $\frac{L}{v}$  时刻的导轨间距大于  $\frac{2L}{v}$  时刻的导轨间距，故  $\frac{L}{v}$  时刻的电流值大于  $\frac{2L}{v}$  时刻的电流绝对值。图 B 符合该规律，故 B 正确；

C. 电阻两端电势差  $U_{BD} = iR$ ，其变化规律与电流  $i$  一致。即先为正且减小，中间为零，后为负且绝对值减小。且  $\frac{L}{v}$  时刻的电压值应大于  $\frac{2L}{v}$  时刻的电压绝对值。图 C 中第三段起始值的绝对值明显大于第一段结束值，不符合导轨间距减小的事实，故 C 错误；

D. 在  $\frac{2L}{v} \sim \frac{3L}{v}$  时间内，磁场垂直纸面向外，由右手定则可知，感应电流方向为  $A \rightarrow C$ ，即逆时针方向，流过电阻的电流方向为  $D \rightarrow B$ ，故电阻两端的电势差  $U_{BD} < 0$ ；图 D 中  $\frac{2L}{v} \sim \frac{3L}{v}$  时间内电势差大于零，故 D 错误。故选 B。

【名校预测·第三题】（2026·北京海淀·一模）如图所示的电路中，P、Q 是两个相同的小灯泡，线圈 L 的自感系数很大、电阻不计。下列说法正确的是（ ）



- A. 闭合开关 S，P、Q 先同时亮，然后 P 变得更明亮，Q 逐渐变暗至熄灭
- B. 闭合开关 S，Q 先亮，P 逐渐变亮
- C. 断开开关 S，P、Q 均立即熄灭
- D. 断开开关 S，P、Q 均闪亮后再熄灭

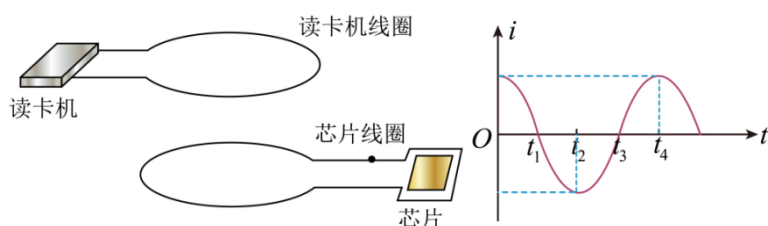
【答案】A

【知识点】开关闭合断开的瞬间线圈电流变化

【详解】AB. 闭合开关S瞬间，线圈L产生自感电动势阻碍电流增加，相当于断路，电流通过P、Q，两灯同时亮；稳定后，线圈L电阻不计，将Q逐渐短路，Q逐渐变暗至熄灭，电路总电阻减小，电流增大，P变得更明亮。故A正确，B错误；

CD. 断开开关S瞬间，P所在干路电流立即切断，P立即熄灭；线圈L产生自感电动势，与Q构成闭合回路，Q闪亮后熄灭。故CD错误；故选A。

【名校预测·第四题】（2026·安徽芜湖·一模）公交卡是感应式芯片卡，其内部嵌有感应线圈，读卡设备同样内置驱动线圈，二者的位置关系可简化为：读卡设备的线圈位于上方，芯片卡的线圈位于下方，两线圈平行正对。当芯片卡靠近读卡设备时，读卡设备线圈中的电流会激发交变磁场，该磁场穿过芯片卡的线圈并产生感应电流，以此为芯片供电并触发信息交互。在某次测试中保持两线圈静止，在读卡机线圈中通以如图所示的交流电，设从上往下观察，顺时针方向为电流正方向，则在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，芯片线圈中的电流是（ ）



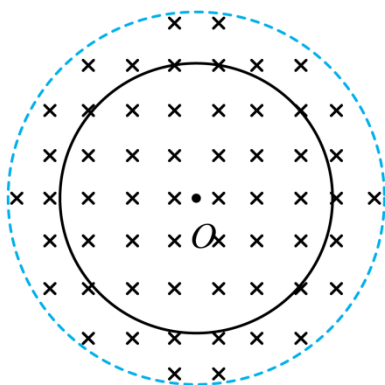
- A. 沿顺时针方向且大小逐渐增大
- B. 沿顺时针方向且大小逐渐减小
- C. 沿逆时针方向且大小逐渐减小
- D. 沿逆时针方向且大小保持不变

【答案】B

【知识点】奥斯特实验与安培定则、楞次定律的内容及理解、法拉第电磁感应定律的表述和表达式

【详解】由题图可知，从上往下观察，在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，读卡机中的电流正在逆时针增大，且增大得越来越慢，则根据安培定则可知，读卡机在芯片线圈处产生的磁场方向为竖直向上，且磁感应强度随电流的增大而增强，所以穿过芯片线圈的磁通量正在向上增大，则根据楞次定律可知，芯片线圈中产生的感应磁场方向应为竖直向下。再根据安培定则可判断，芯片线圈中的感应电流为顺时针方向。又因为读卡机中的电流增大得越来越慢，则根据法拉第电磁感应定律可知，感应电流应越来越小。综上所述，芯片线圈中的电流为沿顺时针方向且大小逐渐减小。故选B。

**【名校预测·第五题】**（2026·浙江杭州·二模）如图所示，以  $O$  为圆心的闭合导体圆环置于光滑绝缘水平桌面上，在水平桌面内以  $O$  为圆心、半径大于圆环半径的区域，存在一方向竖直向下的匀强磁场，磁感应强度大小按  $B = B_0 - kt$  规律均匀减小（ $B_0$ 、 $k$  均已知），圆环半径为  $r$ ，电阻为  $R$ ，则（ ）



- A. 图中圆环内电流沿逆时针方向
- B. 圆环中感生电场场强大小为  $\frac{k}{2}R$
- C. 圆环的发热功率为  $\frac{k^2\pi^2r^4}{2R}$
- D.  $t = \frac{B_0}{2k}$  时圆环中的张力大小为  $\frac{\pi k B_0 r^3}{2R}$

**【答案】D**

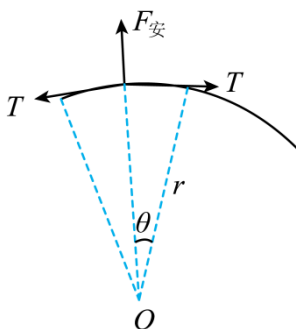
**【知识点】** 计算非直导线的安培力大小、增反减同、已知磁感应强度随时间的变化的关系式求电动势

**【详解】A.** 因穿过圆环的磁通量向里减小，根据楞次定律可知，图中圆环内电流沿顺时针方向，A 错误；

**B.** 圆环中感生电动势大小为  $E = \frac{\Delta B}{\Delta t} \pi r^2 = k \pi r^2$  电场场强  $E_{\text{场}} = \frac{E}{2\pi r} = \frac{kr}{2}$ ，B 错误；

**C.** 圆环的发热功率为  $P = \frac{E^2}{R} = \frac{k^2\pi^2r^4}{R}$ ，C 错误；

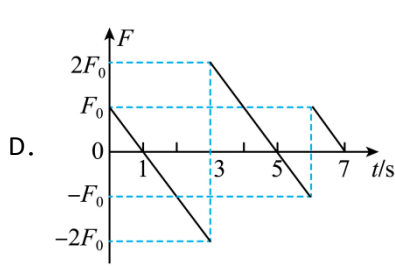
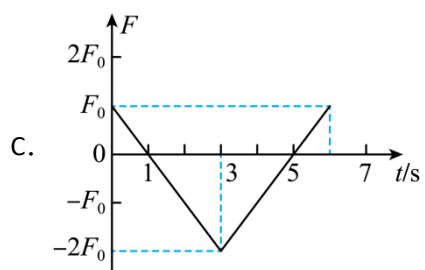
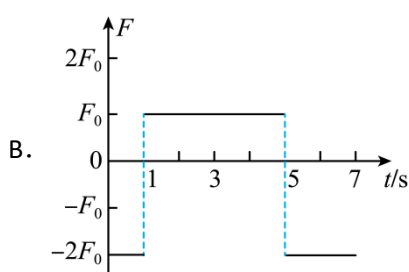
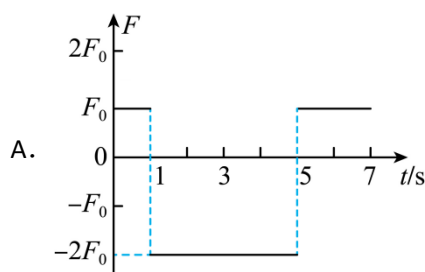
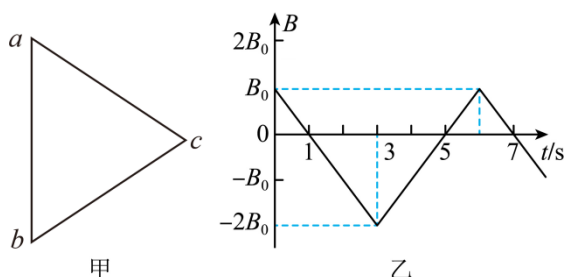
**D.**  $t = \frac{B_0}{2k}$  时， $B = B_0 - kt = \frac{1}{2}B_0$ ， $I = \frac{E}{R} = \frac{k\pi r^2}{R}$  在圆环上取一小段圆弧，该圆弧所对的圆心角为  $2\theta$ ，则圆弧长  $\Delta l = 2r\theta$  则对该段圆弧分析可知  $2T \sin \theta = F_{\text{安}} = B I \Delta l$  可得  $T = \frac{B I r \theta}{\sin \theta}$  因  $\theta$  很小，则  $\sin \theta \doteq \theta$ ，可知圆环中的张力大小为  $T = B I r = \frac{B_0}{2} \times \frac{k\pi r^2}{R} \times r = \frac{\pi k B_0 r^3}{2R}$ ，D 正确。故选 D。



【名校预测·第六题】（2026·陕西榆林·一模）如图甲所示，正三角形导线框  $abc$  放在匀强磁场中静止不动，

磁场方向与线框平面垂直，磁感应强度  $B$  随时间  $t$  的变化关系如图乙所示， $t=0$  时刻，磁感应强度的方向垂直纸面向里，图丙中能表示线框的  $ab$  边受到的磁场力  $F$  随时间  $t$  的变化关系的是（规定向左为力的正方向）

（ ）



【答案】D

【知识点】由  $B-t$  图像计算感生电动势的大小

【详解】根据法拉第电磁感应定律，导线框  $abc$  中产生的感应电动势为  $E = nS \frac{\Delta B}{\Delta t}$

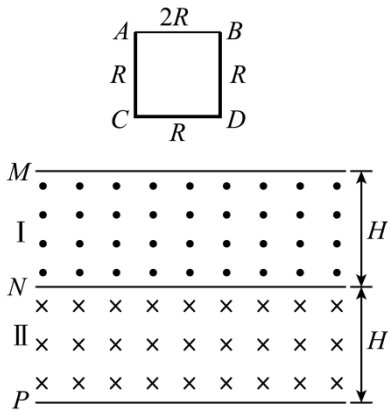
$\frac{\Delta B}{\Delta t}$  是  $B-t$  的图像的斜率，根据图乙可知，在  $0 \sim 3s$ 、 $3 \sim 6s$ 、 $6 \sim 7s$  时间内， $B-t$  的图像的斜率不变，则感应电

动势大小分别为一恒定值，由  $I = \frac{E}{R}$  可知感应电流  $I$  也为一恒定值，根据  $F = BIL$  结合左手定则可知， $0 \sim 1s$

内， $F$  随时间线性减小，方向向左； $1 \sim 3s$  内， $F$  随时间线性增大，方向向右； $3 \sim 5s$  内， $F$  随时间线性减小，方向向左； $5 \sim 6s$  内， $F$  随时间线性增大，方向向右； $6 \sim 7s$  内， $F$  随时间线性减小，方向向左，故选 D。

【名校预测·第七题】（2026·重庆沙坪坝·模拟预测）如图所示，竖直面内正方形线框质量为  $m$ ，边长为  $L$ ， $AB$  边电阻为  $2R$ ，其余各边电阻均为  $R$ ，线框由静止释放，一段时间后进入方向垂直于纸面的磁场区域，I、II 区域磁感应强度大小均为  $B$ ，磁场宽度  $H > L$ 。当线框  $CD$  边刚到达  $N$  边界时，线框开始做匀速直线运动，

已知重力加速度为  $g$ 。则下列说法正确的是 ( )



- A. 线框完全进入 I 磁场区域时  $U_{AB} = 0$
- B. 线框经过 N 边界时电流沿顺时针方向
- C. 线框经过 N 边界时  $U_{AB} = \frac{mgR}{4BL}$
- D. 导线框从进入到离开 I、II 磁场区域通过某截面的净电荷量为  $\frac{2BL^2}{5R}$

【答案】C

【知识点】线框进出磁场产生的等效电路相关计算

【详解】A. 线框完全进入 I 磁场区域时，由于线框具有一定的速度，AB 边切割磁感线会产生电动势，所以

$U_{AB} \neq 0$ ，故 A 错误；

B. 线框经过 N 边界时，穿过线框的总磁通量向里逐渐增加，根据楞次定律，感应电流的磁场向外，由右手螺旋定则可知感应电流为逆时针方向，故 B 错误；

C. 当线框 CD 边刚到达 N 边界时，线框开始做匀速直线运动，设此时线框的速度为  $v$ ，则回路的总电动势为  $E = 2BLv$  感应电流为  $I = \frac{E}{5R}$  根据平衡条件可得  $2BIL = mg$  联立解得  $I = \frac{mg}{2BL}$ ， $v = \frac{5mgR}{4B^2L^2}$  将 AB 边看成电源，则有  $U_{AB} = E_{AB} - I \cdot r_{AB} = BLv - I \times 2R = \frac{5mgR}{4BL} - \frac{mg}{2BL} \times 2R = \frac{mgR}{4BL}$ ，故 C 正确。

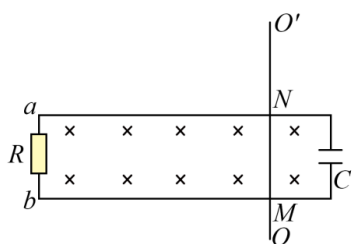
D. 由  $q = \bar{I} \Delta t = \frac{\bar{E}}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R} \Delta t = \frac{\Delta \Phi}{R}$  线框从进入到离开 I、II 磁场区域，初态磁通量为 0，末态磁通量也为 0，

总磁通量变化为 0，则通过某截面的净电荷量为 0，故 D 错误。故选 C。

【名校预测·第八题】(2026·云南·模拟预测) 如图所示，水平面内有两根足够长的平行光滑金属导轨，间距为  $L$ ，两端分别接有电容为  $C$  的电容器和阻值为  $R$  的定值电阻，导轨间有垂直导轨平面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ 。现有一长为  $\frac{5}{2}L$  的金属棒  $OO'$  垂直放在导轨上，与导轨相交于  $M$ 、 $N$  两点，其中



$OM = \frac{1}{2}L$ ，导轨和金属棒均不计电阻。现将金属棒以  $O$  点为轴沿逆时针方向以角速度  $\omega$  匀速旋转，从开始转动到  $O'$  即将与上导轨脱离的过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 刚开始时通过定值电阻  $R$  的电流方向由  $a$  到  $b$
- B. 金属棒刚开始转动时，产生的感应电动势最大
- C. 通过定值电阻  $R$  的电荷量为  $\frac{\sqrt{3}BL^2}{2R}$
- D. 电容器  $C$  所带电荷量最大为  $\frac{25}{9}CBL^2\omega$

【答案】D

【知识点】含容电路中有关电荷量及其变化的计算、导体棒转动切割磁感线

【详解】A. 根据右手定则可知，刚开始时通过定值电阻的电流方向由  $b$  到  $a$ ，故 A 错误；

B. 金属棒产生的电动势为  $E = Bd\bar{v}$  其中， $d$  为金属棒切割磁感线的长度，速度为  $\bar{v} = \frac{\omega d_1 + \omega d_2}{2}$  由题意可知，金属棒转动过程中，金属棒切割磁感线的长度  $d$  增大， $\bar{v}$  在增大，所以电动势在增大，故 B 错误；

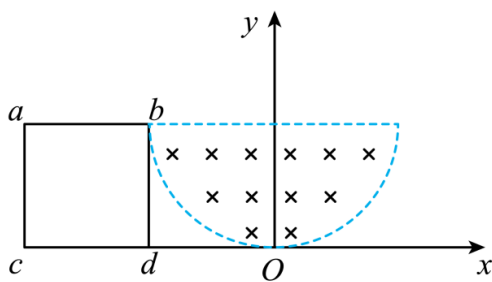
C. 由题意可知，当金属棒转过  $53^\circ$  时，金属棒即将与上导轨脱离，在此之前，通过定值电阻的电荷量为

$$q = \bar{I}\Delta t = \frac{\bar{E}}{R}\Delta t = \frac{\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}}{R}\Delta t = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{B\Delta S}{R} \text{ 其中 } \Delta S = \frac{4L^2}{3} \text{ 解得 } q = \frac{4BL^2}{3R}, \text{ 故 C 错误；}$$

D. 当金属棒即将与上导轨脱离时，金属棒产生的电动势为  $E_m = Bd\bar{v} = B \times \frac{5}{3}L \times \frac{\omega \times \frac{5}{6}L + \omega \times \frac{5}{2}L}{2} = \frac{25}{9}BL^2\omega$

则电容器储存的电荷量为  $Q = CE_m = \frac{25}{9}CBL^2\omega$ ，故 D 正确。故选 D。

【名校预测·第九题】（2026·河北邢台·二模）如图所示，空间分布有一半径为  $R$  的半圆形匀强磁场，磁感应强度为  $B$ ，一边长为  $R$  的单匝正方形金属线框（阻值分布均匀）从图示位置向右以速度  $v$  匀速通过磁场区域，则关于金属线框的情况下列说法正确的是（ ）



- A. 金属线框穿过磁场区域的过程中，感应电流先逐渐增大后逐渐减小直至为零
- B. 当金属线框的位移为  $\frac{R}{2}$  时， $ab$  间的电势差为  $B \frac{\sqrt{3}R}{8} v$
- C. 当金属线框的位移为  $\frac{3R}{2}$  时， $ac$  间的电势差为  $B \frac{\sqrt{3}R}{2} v$
- D. 当金属线框的位移为  $\frac{3R}{2}$  时， $bd$  间的电势差为 0

【答案】C

【知识点】描绘线框两点间电势差的  $U-t$  图像

【详解】A. 金属线框穿过磁场区域的过程中，进入磁场时， $bd$  边切割磁感应线，有效长度在增大，感应电流在增大；当  $bd$  边进入右侧磁场切割磁感应线时， $ac$  边在左侧磁场切割磁感应线，根据右手定则，可知  $bd$  边切割产生逆时针电流， $ac$  边切割产生顺时针电流，故两条边切割产生的电流相互抵消，刚开始  $bd$  边的有效长度大于  $ac$  边的有效长度，随后再等于  $ac$  边的有效长度、再小于  $ac$  边的有效长度，则电流有效值先减小到零，当  $bd$  边的有效长度小于  $ac$  边的有效长度时，电流有效值反向增大，当  $ac$  边刚好达到  $O$  点时， $bd$  边出右侧磁场，此时电流反向达到最大值，之后  $ac$  边出磁场，其有效长度不断减小，最后为零，故感应电流先逐渐增大后减小为零，再反向增大到最大后减小到零，故 A 错误；

B. 当金属线框的位移为  $\frac{R}{2}$  时，根据几何关系，可得  $bd$  边的有效切割长度为  $L = \sqrt{R^2 - \left(\frac{R}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}R}{2}$

回路电动势为  $E = BLv = B \frac{\sqrt{3}R}{2} v$  根据右手定则，可知电流由  $b$  到  $d$ ，此时  $bd$  边上部分导体可以成为电源内部，

线框的其它部分为电源的外部，故电势  $\varphi_a < \varphi_b$  则  $ab$  间的电势差为  $U_{ab} = -\frac{E}{R} \times \frac{1}{4}R = -B \frac{\sqrt{3}R}{8} v$ ，故 B 错误；

CD. 当金属线框的位移为  $\frac{3R}{2}$  时， $ac$  边和  $bd$  边的有效切割长度相等，根据几何关系，可得

$L' = \sqrt{R^2 - \left(\frac{R}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{3}R}{2}$  根据右手定则，可知两边产生的电流方向相反，故回路中的电流为零，但  $ac$  和  $bd$

间的电势差均为  $E = BL'v = B \frac{\sqrt{3}R}{2} v$ ，故 C 正确，D 错误。故选 C。

## 恒定电流与交变电流

### 考情透视--把脉命题 直击重点

#### ► 命题解码：

恒定电流与交变电流在高考物理中承载着重要的分值和角色。恒定电流主要考查电路分析与计算，如电阻定律、部分电路欧姆定律、闭合电路欧姆定律的动态分析、含容电路以及电功和电热（非纯电阻电路）等，是基础理论、实验能力和工程思维考核的绝佳模块。交变电流考查多涉及“四值”（瞬时值、峰值、有效值、平均值）的辨析与计算、变压器原理、远距离输电等，且在单选题或多选中稳居一席之地。

#### ► 高考前沿：

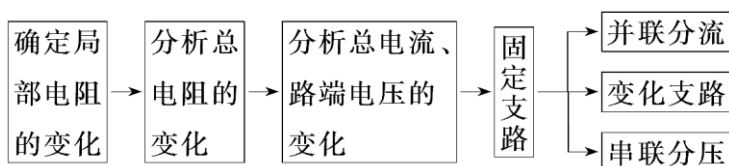
2026 年对此专题的考查将更侧重在真实科技和社会背景下运用电路知识解决问题的能力。典型情境涉及新能源发电并网、智能家居电路分析、电动汽车充电策略等“双碳”目标下的能源科技背景。特别是变压器与远距离输电这一部分，未来将继续作为考查关键能力的热点。另外，电路故障分析、含非理想变压器等复杂模型也会为考查方向锦上添花，学生需要具备扎实的电路分析和计算功底。

### 核心模型--模型架构，精准剖析

#### 【模型一】电路的动态分析模型

常规电路动态分析的三种方法

##### 1. 程序法



##### 2. 结论法

用口诀表述为“串反并同”：

(1)所谓“串反”，即某一电阻增大时，与它串联或间接串联的电阻中的电流、两端电压、消耗的电功率都将减小，反之则增大。

(2)所谓“并同”，即某一电阻增大时，与它并联或间接并联的电阻中的电流、两端电压、消耗的电功率都将增大，反之则减小。

### 3. 极限法

因滑动变阻器滑片滑动引起电路变化的问题，可将滑动变阻器的滑片分别滑至两个极端，让电阻最大或电阻为零进行讨论。

### 【模型二】含容电路

含电容器电路的分析是一个难点,电路中出现电容器，学生往往难以确定电容器与电路的串、并联关系及电压关系等，给分析解决问题带来很大的障碍。

1.电路的简化：不分析电容器的充、放电过程时，把电容器所在的电路视为断路，简化电路时可以去掉，求电荷量时再在相应位置补上。

2.电路稳定时电容器的处理方法：电路稳定后，与电容器串联的电路中没有电流，同支路的电阻相当于导线，即电阻不起降低电压的作用，电容器两端的电压与其并联用电器两端电压相等。

3.电压变化带来的电容器变化：电路中电流、电压的变化可能会引起电容器的充、放电。若电容器两端电压升高,电容器将充电；若电容器两端电压降低，电容器将通过与它连接的电路放电，可由  $\Delta Q=C\cdot\Delta U$  计算电容器上电荷量的变化量。

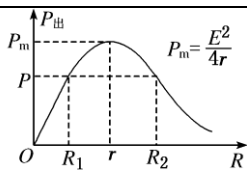
4.含容电路动态分析的三个步骤：

第一步	理清电路的串、并联关系
第二步	确定电容器两极板间的电压。在电容器充电和放电的过程中，欧姆定律等电路规律不适用，但对于充电或放电完毕的电路，电容器的存在与否不再影响原电路，电容器接在某一支路两端，可根据欧姆定律及串、并联规律求解该支路两端的电压 $U$
第三步	分析电容器所带的电荷量。针对某一状态，根据 $Q=CU$ ，由电容器两端的电压 $U$ 求电容器所带的电荷量 $Q$ ，由电路规律分析两极板电势的高低，高电势板带正电，低电势板带负电

### 【模型三】电源的功率与效率模型

1. 闭合电路的功率和效率

电源总功率	任意电路： $P_{\text{总}}=EI=P_{\text{出}}+P_{\text{内}}$
	纯电阻电路： $P_{\text{总}}=I^2(R+r)=\frac{E^2}{R+r}$
电源内部消耗的功率	$P_{\text{内}}=I^2r=P_{\text{总}}-P_{\text{出}}$

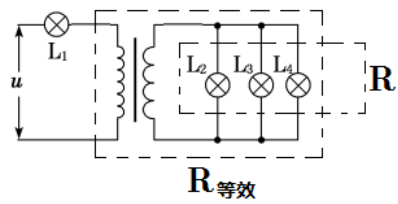
电源的输出功率	任意电路: $P_{\text{出}} = UI = P_{\text{总}} - P_{\text{内}}$
	纯电阻电路: $P_{\text{出}} = I^2 R = \frac{E^2 R}{R + r^2}$
$P_{\text{出}}$ 与外电阻 $R$ 的关系	
电源的效率	任意电路: $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{U}{E} \times 100\%$
	纯电阻电路: $\eta = \frac{R}{R + r} \times 100\%$

### 2. 输出功率与外电阻的关系

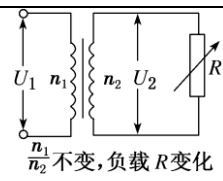
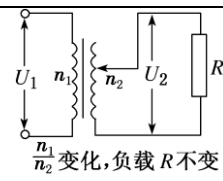
由  $P_{\text{出}}$  与外电阻  $R$  的关系图像可知:

- (1) 当  $R = r$  时, 电源的输出功率最大为  $P_m = \frac{E^2}{4r}$ 。
- (2) 当  $R > r$  时, 随着  $R$  的增大输出功率越来越小。
- (3) 当  $R < r$  时, 随着  $R$  的增大输出功率越来越大。
- (4) 当  $P_{\text{出}} < P_m$  时, 每个输出功率对应两个外电阻  $R_1$  和  $R_2$ , 且  $R_1 R_2 = r^2$ 。

### 【模型四】理想变压器中的等效电阻模型

等效电阻	$R_{\text{等效}} = \frac{n_1^2}{n_2^2} R$ 
------	--

### 【模型五】理想变压器的动态分析

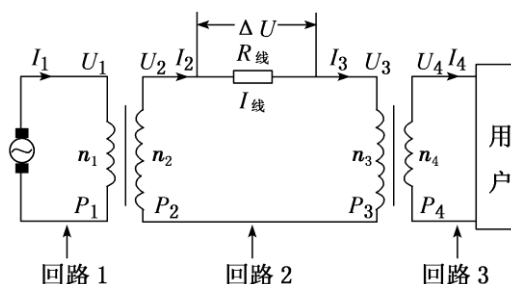
匝数比不变的情况	负载电阻不变的情况
	

<p>(1) <math>U_1</math> 不变, 根据 <math>\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}</math>, 输入电压 <math>U_1</math> 决定输出电压 <math>U_2</math>, 可以得出不论负载电阻 <math>R</math> 如何变化, <math>U_2</math> 不变。</p> <p>(2) 当负载电阻发生变化时, <math>I_2</math> 变化, 根据输出电流 <math>I_2</math> 决定输入电流 <math>I_1</math>, 可以判断 <math>I_1</math> 的变化。</p> <p>(3) <math>I_2</math> 变化引起 <math>P_2</math> 变化, 根据 <math>P_1 = P_2</math>, 可以判断 <math>P_1</math> 的变化。</p>	<p>(1) <math>U_1</math> 不变, <math>\frac{n_1}{n_2}</math> 发生变化, <math>U_2</math> 变化。</p> <p>(2) <math>R</math> 不变, <math>U_2</math> 变化, <math>I_2</math> 发生变化。</p> <p>(3) 根据 <math>P_2 = \frac{U_2^2}{R}</math> 和 <math>P_1 = P_2</math>, 可以判断 <math>P_2</math> 变化时, <math>P_1</math> 发生变化, <math>U_1</math> 不变时, <math>I_1</math> 发生变化。</p>
--	---

### 【模型六】远距离输电模型

远距离输电问题中的“三 二 一”

#### 1. 理清三个回路



#### 2. 抓住两个联系

(1) 理想的升压变压器联系着回路 1 和回路 2, 由变压器原理可得: 线圈 1(匝数为  $n_1$ ) 和线圈 2(匝数为  $n_2$ ) 中各

个量间的关系是  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ ,  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $P_1 = P_2$ 。

(2) 理想的降压变压器联系着回路 2 和回路 3, 由变压器原理可得: 线圈 3(匝数为  $n_3$ ) 和线圈 4(匝数为  $n_4$ ) 中各

个量间的关系是  $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ ,  $\frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3}$ ,  $P_3 = P_4$ 。

#### 3. 掌握一个守恒

能量守恒关系式  $P_1 = P_{\text{损}} + P_4$ 。

#### 4. 电压损失和功率损失的计算

(1) 电压损失: 输电线路上的  $I_2 = I_{\text{线}} = I_3$ , 总电阻  $R_{\text{线}}$  导致的电压损失  $\Delta U = U_2 - U_3 = I_{\text{线}} R_{\text{线}}$ 。

(2) 功率损失:

$$\textcircled{1} P_{\text{损}} = P_1 - P_4$$

$$\textcircled{2} P_{\text{损}} = I_{\text{线}} \cdot \Delta U = I_{\text{线}}^2 R_{\text{线}} = \left( \frac{P_2}{U_2} \right)^2 R_{\text{线}}$$

注意: (1) 当输送功率一定时, 输电电压增大到原来的  $n$  倍, 输电线上损耗的功率减小到原来的  $\frac{1}{n^2}$ 。

(2) 不要把输电线上的输电电压  $U_2$  和输电线上损失的电压  $\Delta U$  相混淆。

## 易错避坑--易错陷阱 精准避坑

### 【易错一】纯电阻与非纯电阻混淆

- (1) 易错点：非纯电阻电路（电动机）中，题目提供的  $U$ 、 $I$  是做功电压电流，但发热仍为  $I^2R$ ， $U \neq IR$ ；  
 (2) 闭坑策略：纯电阻： $U=IR$ ， $P=UI=I^2R=U^2/R$ ；非纯电阻： $U \neq IR$ ， $P_{\text{总}}=UI=I^2R+P_{\text{机}}$ 。

### 【易错二】动态电路分析方向反了

- (1) 易错点：滑片移动方向与电阻变化的关系推理错；  
 (2) 闭坑策略：程序法是兜底方法，耐心中间不跳步；用“串反并同”检查。

### 【易错三】电压表和电流表测量的不是有效值

- (1) 易错点：交变电流中误认为仪表读数是瞬时值或峰值；  
 (2) 闭坑策略：普通交流电压表、电流表读数均为有效值，不能直接得到峰值、瞬时值。

### 【易错四】变压器因果倒置

- (1) 易错点：误认为输入电压  $U_1$  由输出端决定；  
 (2) 闭坑策略： $U$  决定关系：输入电压决定输出电压； $I$  决定关系：负载电流决定输入电流； $P$  决定关系： $P_{\text{出}}$  决定  $P_{\text{入}}$ 。

## 高频考点--高频要点 重点攻克

### 【考点一】闭合电路欧姆定律

#### 1. 闭合电路欧姆定律

(1) 内容：闭合电路的电流跟电源的电动势成正比，跟内、外电路的电阻之和成反比。

(2) 表达式： $I = \frac{E}{R+r}$ 。

(3) 适用条件：只适用于纯电阻电路。

2. 电动势与内、外电压的关系： $E = U_{\text{内}} + U_{\text{外}}$ 。(适用于任何电路)

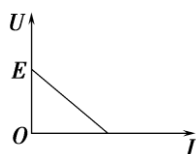
3. 路端电压与外电阻的关系(外电路为纯电阻电路)

一般情况	$U = IR = \frac{E}{R+r}$ $R = \frac{E}{1 + \frac{r}{R}}$ ，当 $R$ 增大时， $U$ 增大
特殊情况	(1) 当 $R \rightarrow \infty$ (断路) 时， $I = 0$ ， $U = E$ ； (2) $R = 0$ (短路) 时， $I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$ ， $U = 0$

4. 路端电压  $U$  与电流  $I$  的关系

(1) 关系式： $U = E - Ir$ 。(适用于任何电路)

(2) 电源的  $UI$  图像



- ①当电路断路即  $I=0$  时，纵轴的截距为电源电动势。
- ②当外电路电压  $U=0$  时，横轴的截距为短路电流。
- ③图线的斜率的绝对值为电源的内阻。

### 【考点二】交变电流的产生规律

(1)线圈绕垂直于磁场方向的轴匀速转动。

(2)两个特殊位置的特点：

①线圈平面与中性面重合时， $S \perp B$ ， $\Phi$  最大， $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 0$ ， $e = 0$ ， $i = 0$ ，电流方向将发生改变。

②线圈平面与中性面垂直时， $S \parallel B$ ， $\Phi = 0$ ， $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  最大， $e$  最大， $i$  最大，电流方向不改变。

(3)电流方向的改变：线圈通过中性面时，电流方向发生改变，一个周期内线圈两次通过中性面，因此电流的方向改变两次。

(4)交变电动势的最大值  $E_m = nBS\omega$ ，与转轴位置无关，与线圈形状无关。

### 【考点三】交变电流的四值问题

	物理含义	重要关系	适用情况
瞬时值	交变电流某一时刻的值	$e = E_m \sin \omega t$ $e = E_m \cos \omega t$	正弦形式，从中性面开始 余弦形式，从垂直中性面开始
峰值	交变电流最大的瞬时值	$E_m = nBS\omega$ $I_m = \frac{E_m}{R+r}$	确定用电器的耐压值、电容器的击穿电压
有效值	跟交变电流的热效应等效的恒定电流值	$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$	(1)计算与电流热效应相关的量(如功率、热量) (2)交流电表的测量值 (3)电器设备的额定电压、额定电流 (4)保险丝的熔断电流
平均值	$i-t$ 图像中图线与时间轴所围面积与时间的比值	$\overline{E} = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ $\overline{I} = \frac{\overline{E}}{R+r}$	计算通过电路某截面的电荷量

注意：

求解有效值的两个关键点



1. 计算有效值的根据是电流的热效应，抓住“三同”：“相同时间”内“相同电阻”上产生“相同热量”列式求解。

2. 利用公式  $Q = I^2 R t$  和  $Q = \frac{U^2}{R} t$  可分别求得电流有效值和电压有效值。

#### 【考点四】动力学图像问题

理想变压器		没有能量损失(铜损、铁损)，没有磁通量损失(磁通量全部集中在铁芯中)
基本关系	功率关系	原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率， $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$
	电压关系	原、副线圈的电压比等于匝数比， $U_1:U_2 = n_1:n_2$ ，与负载的多少无关
	电流关系	只有一个副线圈时， $I_1:I_2 = n_2:n_1$ ；有多个副线圈时，由 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}}$ 即 $I_1 U_1 = I_2 U_2 + I_3 U_3 + \dots + I_n U_n$ 得 $I_1 n_1 = I_2 n_2 + I_3 n_3 + \dots + I_n n_n$
	频率关系	$f_1 = f_2$ (变压器不改变交流电的频率)

### 真题精研--复盘经典 把握规律

#### 题组一 情景设定：风光互补环保路灯 知识溯源：能量守恒定律、电功和电功率表达式及简单应用

(2025·浙江·高考真题) 如图所示，风光互补环保路灯的主要构件有：风力发电机，单晶硅太阳能板，额定电压 48V 容量 200Ah 的储能电池，功率 60W 的 LED 灯。已知该路灯平均每天照明 10h；1kg 标准煤完全燃烧可发电 2.8 度，排放二氧化碳 2.6kg。则 ( )



- A. 风力发电机的输出功率与风速的平方成正比
- B. 太阳能板上接收到的辐射能全部转换成电能
- C. 该路灯正常运行 6 年，可减少二氧化碳排放量约  $1.2 \times 10^6 \text{kg}$
- D. 储能电池充满电后，即使连续一周无风且阴雨，路灯也能正常工作

【答案】D

【详解】A. 设  $\Delta t$  时间，风力发电机的扇叶半径为  $r$ ，假设风的动能全部变成发电机输出，输出功率为

$$P_{\text{出}} = \frac{\frac{1}{2}mv^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}\rho \cdot \pi r^2 \cdot v \cdot \Delta t \cdot v^2}{\Delta t} = \frac{1}{2}\rho\pi r^2 v^3, \text{即风力发电机的输出功率与风速的三次方成正比, 故 A 错误;}$$

B. 太阳能板上接收到的辐射能不能全部转换成电能, 存在能量损耗, 转换效率一般在 15%~20% 左右, 故 B 错误;

C. 已知路灯的功率为  $P = 60W = 0.06kW$  每天照明  $t = 10h$ , 一年按 365 天计算, 6 年的总时间

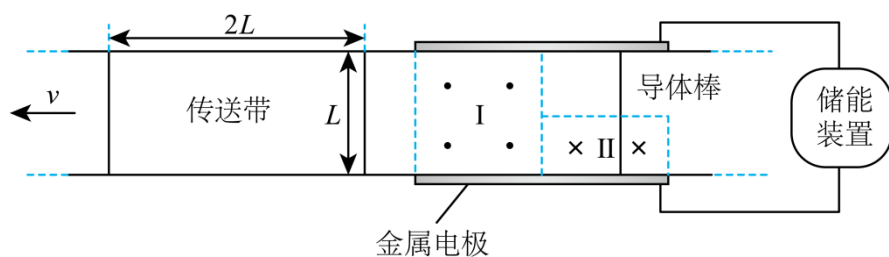
$t_{\text{总}} = 6 \times 365 \times 10h = 21900h$  可得总耗电量为  $W = Pt_{\text{总}} = 0.06kW \times 21900h = 1314kW \cdot h = 1314$  度 因 1kg 标准煤完全燃烧可发电 2.8 度, 排放二氧化碳 2.6kg, 则减少的二氧化碳排放量为

$$M = \frac{1314}{2.8} \times 2.6kg \approx 1230kg \neq 1.2 \times 10^6 kg, \text{故 C 错误;}$$

D. 已知储能电池的额定电压  $U = 48V$ , 容量  $Q = 200Ah$ , 则电池的电能  $E = UQ = 9600W \cdot h = 9.6kW \cdot h$  而路灯连续一周的耗电量为  $W = Pt = 0.06kW \times 7 \times 10h = 4.2kW \cdot h$  因为  $9.6kW \cdot h > 4.2kW \cdot h$ , 所以储能电池充满电后, 即使连续一周无风且阴雨, 路灯也能正常工作。故 D 正确。故选 D。

### 题组二 情景设定：与传送带结合的交流发电装置 知识溯源：有效值的定义

(2025·山东·高考真题) 如图为一种交流发电装置的示意图, 长度为  $2L$ 、间距为  $L$  的两平行金属电极固定在同一水平面内, 两电极之间的区域 I 和区域 II 有竖直方向的磁场, 磁感应强度大小均为  $B$ 、方向相反, 区域 I 边界是边长为  $L$  的正方形, 区域 II 边界是长为  $L$ 、宽为  $0.5L$  的矩形。传送带从两电极之间以速度  $v$  匀速通过, 传送带上每隔  $2L$  固定一根垂直运动方向、长度为  $L$  的导体棒, 导体棒通过磁场区域过程中与电极接触良好。该装置产生电动势的有效值为 ( )



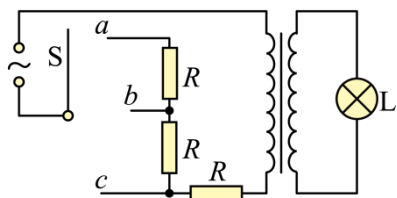
- A.  $BLv$       B.  $\frac{\sqrt{2}BLv}{2}$       C.  $\frac{3BLv}{2}$       D.  $\frac{\sqrt{10}BLv}{4}$

【答案】D

【详解】由题意可知导体棒通过磁场区域过程需要的时间, 即周期为  $T = \frac{2L}{v}$  导体棒通过区域 I 时, 产生的电动势大小为  $E_1 = BLv$ , 经过的时间为  $t_1 = \frac{L}{v}$  导体棒通过区域 II 时, 产生的电动势大小为  $E_2 = B \times 0.5Lv$ , 经过的时间为  $t_2 = \frac{L}{v}$  根据有效值的定义有  $\frac{E_1^2}{R}t_1 + \frac{E_2^2}{R}t_2 = \frac{E_{\text{有}}^2}{R}T$  代入数据可得  $E_{\text{有}} = \frac{\sqrt{10}BLv}{4}$  故选 D。

### 题组三 情景设定：灯泡亮度可调的电路 知识溯源：理想变压器基本关系应用

(2025·湖南·高考真题) 如图, 某小组设计了灯泡亮度可调的电路,  $a$ 、 $b$ 、 $c$  为固定的三个触点, 理想变压器原、副线圈匝数比为  $k$ , 灯泡  $L$  和三个电阻的阻值均恒为  $R$ , 交变电源输出电压的有效值恒为  $U$ 。开关  $S$  与不同触点相连, 下列说法正确的是 ( )



- A.  $S$  与  $a$  相连, 灯泡的电功率最大
- B.  $S$  与  $a$  相连, 灯泡两端的电压为  $\frac{kU}{k^2+3}$
- C.  $S$  与  $b$  相连, 流过灯泡的电流为  $\frac{U}{(k^2+2)R}$
- D.  $S$  与  $c$  相连, 灯泡的电功率为  $\frac{U^2}{(k^2+1)R}$

【答案】B

【详解】设变压器原、副线圈的电压分别为  $U_1$ 、 $U_2$ , 灯泡  $L$  的阻值为  $R$ , 根据等效电阻的思想有灯泡的等效电阻  $R_{\text{等}} = \frac{U_1}{I_1}$  灯泡  $L$  的阻值  $R = \frac{U_2}{I_2}$  由理想变压器原理, 电压关系  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{k}{1}$  电流关系  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{k}$  联立解得

$$R_{\text{等}} = k^2 R$$

A.  $k$  值恒定, 即等效负载恒定, 当  $S$  与  $c$  相连时, 原线圈所在电路的总电阻最小, 流过原线圈的电流最大, 根据变压器原副线圈电流关系可知副线圈电流最大, 根据  $P = I^2 R$  可知灯泡的电功率最大, 故 A 错误;

B.  $S$  与  $a$  相连, 变压器原线圈电压  $U_1 = \frac{U}{k^2 R + 3R} \cdot k^2 R$  灯泡两端的电压为  $U_2 = \frac{U_1}{k} = \frac{kU}{k^2+3}$ , B 正确;

C.  $S$  与  $b$  相连, 变压器原线圈电路接入两个电阻, 变压器原线圈的电流  $I_1 = \frac{U}{k^2 R + 2R}$  流过灯泡的电流

$$I_2 = kI_1 = \frac{kU}{(k^2+2)R}, \text{ C 错误;}$$

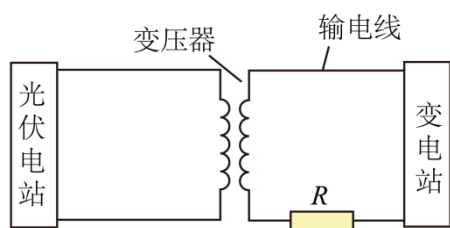
D.  $S$  与  $c$  相连, 变压器原线圈电路接入一个电阻, 变压器原线圈的电流  $I_1' = \frac{U}{k^2 R + R}$  流过灯泡的电流

$$I_2' = kI_1' = \frac{kU}{(k^2+1)R} \text{ 灯泡的电功率为 } P_L = I_2'^2 R = \frac{k^2 U^2}{(k^2+1)^2 R}, \text{ D 错误。故选 B。}$$

#### 题组四 情景设定: 远距离输电 知识溯源: 理想变压器基本关系应用

4. (2025·广东·高考真题) 如图所示。某光伏电站输出功率  $1000\text{kW}$ 、电压  $400\text{V}$  的交流电, 经理想变压器

升压至10kV后，通过输电线输送到变电站，输电线的等效电阻  $R$  为  $5\Omega$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 变压器原、副线圈匝数比为1:100
- B. 输电线上由  $R$  造成的电压损失为500V
- C. 变压器原线圈中的电流为100A
- D. 变压器原、副线圈中电流的频率不同

【答案】B

【详解】A. 根据理想变压器原副线圈电压比等于匝数比可得  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{400}{10000} = \frac{1}{25}$ ，A 错误；

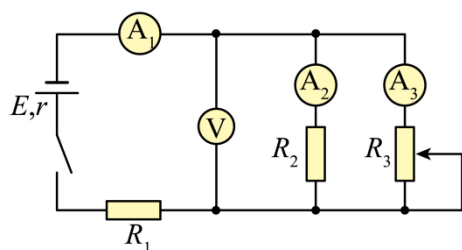
B. 原副线圈两端的功率相等，流过副线圈的电流  $I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{1000000}{10000} \text{A} = 100\text{A}$  输电线上由  $R$  造成的电压损失为  $\Delta U = I_2 R = 100 \times 5\text{V} = 500\text{V}$ ，B 正确；

C. 变压器原线圈中的电流为  $I_1 = \frac{P}{U_1} = \frac{1000000}{400} \text{A} = 2500\text{A}$ ，C 错误；

D. 变压器不改变交变电流的频率，变压器原、副线圈中电流的频率相同，D 错误。故选 B。

## 终极预测--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】（2026·安徽合肥·模拟预测）如图所示，滑动变阻器  $R_3$  的滑片向下滑动，电压表示数变化量的绝对值为  $\Delta U$ ，电流表  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  示数变化量的绝对值分别为  $\Delta I_1$ 、 $\Delta I_2$ 、 $\Delta I_3$ ，所有电表均为理想电表，且  $R_2 < R_1$ ，下列说法中正确的是（ ）



- A.  $R_2$  和  $R_3$  的总功率减小
- B. 电源的效率减小
- C.  $\Delta I_2$  小于  $\Delta I_3$
- D.  $\frac{\Delta U}{\Delta I_1} < \frac{\Delta U}{\Delta I_2}$

【答案】C

【知识点】计算电源的输出电压、总功率、输出功率、效率、利用局部→整体→局部的方法分析动态电路

【详解】A. 将  $R_1$  和电源内阻  $r$  看作等效电源内阻  $r' = R_1 + r$ ，并联部分是等效外电路， $R_2$  和  $R_3$  的总功率等

于等效电源的输出功率。

滑动变阻器  $R_3$  的滑片向下滑动时，连入电路的电阻值增大，并联部分电阻值增大。

根据电源输出功率规律，当外阻小于内阻时，外阻越大，输出功率越大，因此  $R_{\text{并}}$  增大时， $R_2$ ， $R_3$  的总功率（等效电源的输出功率）增大，A 正确；

B. 电源效率  $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} = \frac{R_{\text{外}}}{R_{\text{外}} + r}$  总外阻  $R_{\text{外}}$  增大时， $\eta$  增大，B 错误；

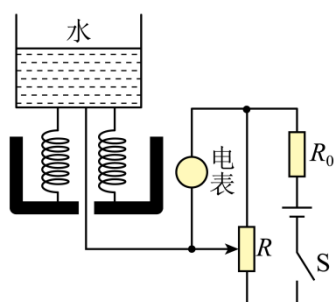
C.  $U$  增大，因此  $I_2 = \frac{U}{R_2}$ ， $I_1$  减小， $I_3 = I_1 - I_2$  一定减小。取变化量的绝对值，根据  $I_1 = I_2 + I_3$ ，变化后满足

$I_1 - \Delta I_1 = (I_2 + \Delta I_2) + (I_3 - \Delta I_3)$  代入  $I_1 = I_2 + I_3$  中，化简可得： $\Delta I_3 = \Delta I_1 + \Delta I_2$ ，因此  $\Delta I_2 < \Delta I_3$ ，C 正确；

D. 由  $U = E - I_1(R_1 + r)$ ，得  $\Delta U = \Delta I_1(R_1 + r)$ ，因此  $\frac{\Delta U}{\Delta I_1} = R_1 + r$  由  $U = I_2 R_2$ ，得  $\Delta U = \Delta I_2 R_2$ ，因此  $\frac{\Delta U}{\Delta I_2} = R_2$

已知  $R_2 < R_1$ ，因此  $R_2 < R_1 + r$ ，即  $\frac{\Delta U}{\Delta I_1} > \frac{\Delta U}{\Delta I_2}$ ，D 错误。故选 C。

**【名校预测·第二题】**（2026·江苏徐州·二模）某牧场设计了一款补水提示器，其工作原理如图所示，水量增加时滑片下移，电表均为理想电表，电源电动势为  $E$ 、内阻不计。下列说法正确的是（ ）



- A. 若选择电压表，水量增多时电压表示数变大
- B. 若选择电压表，电路中定值电阻  $R_0$  的功率随水量变化发生改变
- C. 若选择电流表，电路的总电阻随水量增多的变化率为正值
- D. 若选择电流表，滑动变阻器消耗的功率随水量增多一定减小

**【答案】A**

**【知识点】** 计算电源的输出电压、总功率、输出功率、效率、利用局部→整体→局部的方法分析动态电路

**【详解】A.** 若选择电压表，滑动变阻器  $R$  和定值电阻  $R_0$  串联在电路中，且电压表测  $R$  的滑片至最上端的电压，无论滑片如何移动，变阻器接入电路的阻值不变，闭合开关  $S$ ，水量增多时，滑片下移， $R$  上半部分的电阻增大， $R$  上半部分分得的电压增大，即电压表示数变大，故 A 正确；

B. 由上分析可知，若选择电压表，滑动变阻器  $R$  和定值电阻  $R_0$  串联在电路中，无论滑片如何移动，变阻器

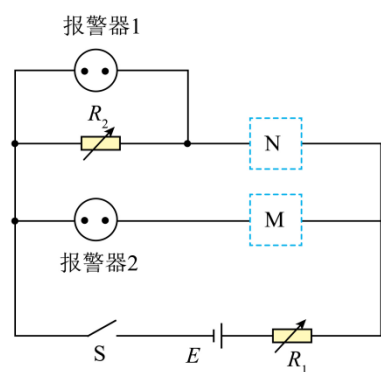
接入电路的阻值不变，由欧姆定律可得，电路中的电流不变，电路中定值电阻  $R_0$  的功率不变，故 B 错误；

C. 如果选择电流表，滑动变阻器  $R$  滑片以下的部分和定值电阻  $R_0$  串联在电路中，电流表测电路中的电流，水量增多时，滑片下移，滑动变阻器连入电路的阻值减小，电路总电阻减小，由欧姆定律可得，电路电流增大，所以电路的总电阻随水量增多的变化率为负值，故 C 错误；

D. 把  $R_0$  看成内阻，因不知道滑动变阻器阻值  $R$  与  $R_0$  的大小关系，所以无法判断滑动变阻器消耗的功率随水量增多的变化情况，故 D 错误。

故选 A。

**【名校预测·第三题】**（2026·北京朝阳·一模）如图所示为某环境监控电路简图， $R_1$ 、 $R_2$  均为可变电阻，M、N 两元件中有一个是光敏电阻，另一个是热敏电阻。已知热敏电阻阻值随温度升高而减小，光敏电阻阻值随光照增强而减小。忽略光照对环境温度的影响。报警器 1 两端电压大于某值时报警，报警器 2 上通过的电流大于某值时报警。闭合开关后，两报警器 1、2 均未报警。不计报警器对电路的影响。下列说法正确的是（ ）



- A. 仅温度升高，若只有报警器 1 报警，则 M 为热敏电阻
- B. 仅光照增强，若只有报警器 2 报警，则 N 为光敏电阻
- C. 仅增大  $R_1$  的阻值，报警器 1、2 可能都报警
- D. 仅增大  $R_2$  的阻值，报警器 1、2 可能都报警

**【答案】D**

**【知识点】** 利用局部→整体→局部的方法分析动态电路、温度传感器、光传感器

**【详解】A.** 若 M 为热敏电阻，仅温度升高时，热敏电阻阻值减小，并联部分总电阻减小，干路电流增大，根据闭合电路的欧姆定律  $U = E - I(R_1 + r)$

可知并联部分电压减小，元件 N 所在支路电流减小，报警器 1 两端电压减小，不会报警；而报警器 2 所在支路电流增大，报警器 2 可能报警，故 A 错误；

B. 若 N 为光敏电阻，仅光照增强时，光敏电阻阻值减小，并联部分总电阻减小，干路电流增大，根据闭合

电路的欧姆定律  $U = E - I(R_1 + r)$

可知并联部分电压减小，报警器 2 所在支路电流减小，不会报警；而元件 N 所在支路电流增大，报警器 1 两端电压增大，可能报警，故 B 错误；

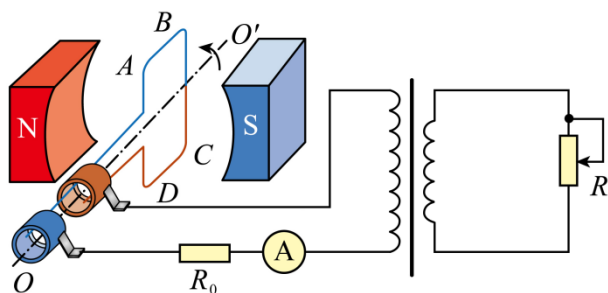
C. 仅增大  $R_1$  的阻值，电路总电阻增大，干路电流减小，根据闭合电路的欧姆定律  $U = E - I(R_1 + r)$

可知并联部分电压减小，报警器 2 所在支路电流和报警器 1 两端电压都减小，不会报警，故 C 错误；

D. 仅增大  $R_2$  的阻值，则并联部分总电阻增大，干路电流减小，根据闭合电路的欧姆定律  $U = E - I(R_1 + r)$

可知并联部分电压会增大，报警器 2 所在支路电流增大，报警器 2 可能报警；因干路电流减小，由上述分析可知元件 N 所在支路电流减小，元件 N 上的分压减小，报警器 1 上的电压增大，报警器 1 可能报警，故 D 正确。故选 D。

**【名校预测·第四题】**（2026·山东济宁·模拟预测）如图所示，小型发电机连在原、副线圈匝数比为 4:1 的理想变压器电路中，已知发电机输出电压为  $u = 220\sqrt{2}\sin 100\pi t$  (V)，定值电阻  $R_0 = 4\Omega$ ，滑动变阻器 R 阻值可调，电流表为理想交流电表，其余电阻均不计，下列说法正确的是（ ）



- A. 线圈在图示位置时感应电动势最大
- B. 流经 R 的电流方向每秒改变 50 次
- C. 调节 R，当电流表的示数为 12.5A 时 R 消耗的电功率最大
- D. 调节 R，当电流表的示数为 5A 时 R 阻值为  $2.5\Omega$

**【答案】D**

**【知识点】**判断线圈转到不同位置的电流方向、正弦式交流电的电动势和电流有效值、变压器两端电路的动态分析

**【详解】A.** 当线圈在图示位置时，磁通量最大，磁通量的变化率为零，所以感应电动势为零，故 A 错误；

**B.** 线圈转动角速度为  $\omega = 100\pi \text{ rad/s}$  由  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$  可得  $f = 50\text{Hz}$  变压器不能改变交流电的频率，所以流经 R 的电流频率也为 50Hz，方向每秒改变 100 次，故 B 错误；

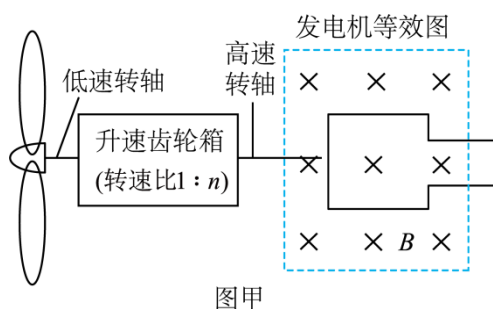
C. 可将发电机与  $R_0$  一起当作电源， $R_0$  当作电源内阻，当内、外电阻相等时电源输出功率最大，此时  $R_0$  分得的电压为电源电动势的一半即  $110\text{V}$ ，可知  $I = \frac{\Delta U}{R_0} = 27.5\text{A}$ （ $\Delta U$  为  $R_0$  两端电压），故 C 错误。

D. 发电机电压有效值  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\text{V} = 220\text{V}$  当电流表的示数为  $5\text{A}$  时，变压器输入电压为

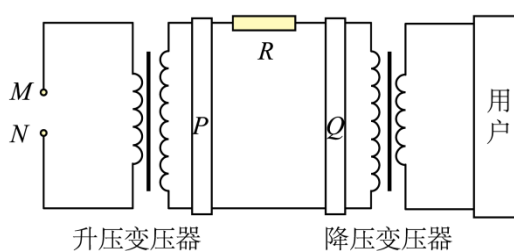
$U_1 = U - I_1 R_0 = 200\text{V}$  根据匝数关系可知变压器输出电压为  $U_2 = 50\text{V}$ ，电流为  $I_2 = 20\text{A}$ ，R 阻值为

$R = \frac{U_2}{I_2} = 2.5\Omega$ ，故 D 正确。故选 D。

**【名校预测·第五题】**（2026·湖南长沙·一模）绿色电能是现代社会发展的重要趋势，其中风能具有广阔的发展前景，风力发电占有很大的比重。如图甲所示为某地风力发电的简易图，扇叶通过比值为  $1:n=1:3$  的升速齿轮箱带动线圈在磁感应强度为  $B = \frac{2}{\pi}\text{T}$  的匀强磁场中匀速转动，线圈的输出端与 MN 相连接，通过升压变压器后采用  $110\text{kV}$  的高压直流向远距离输电，如图乙所示，其中整流器可将交流变为直流（直流与交流的有效值相同）、逆变器将直流变为交流（直流与交流的有效值相同），然后通过降压变压器对额定电压为  $220\text{V}$  的用户供电。已知线圈的匝数为  $N=10$  匝、面积为  $S = \frac{20}{\sqrt{2}}\text{m}^2$ ，扇叶的转动频率为  $f_0 = 0.5\text{Hz}$ ，输电线的电阻为  $R = 10\Omega$ ，输电线上损耗的电功率为  $P_R = 1.6 \times 10^6\text{W}$ ，线圈的电阻忽略不计。则下列说法正确的是（ ）



图甲



图乙

- A. P 处为逆变器，Q 处为整流器
- B. 升压变压器原副线圈的匝数比为 3：1100
- C. 降压变压器原副线圈的匝数比为 5300：11
- D. 风力发电厂的输出功率为  $4.4\sqrt{2} \times 10^7\text{W}$

**【答案】C**

**【知识点】** 正弦式交流电的电动势和电流有效值、理想变压器两端功率的计算、升压变压器和降压变压器

**【详解】A.** 变压器的工作原理是电磁感应现象，因此输入变压器原线圈的电流一定为交流电，因此整流器接在升压变压器的输出端，即 P 处为整流器，输电线上的电流为直流，要使输入降压变压器输入端的电流



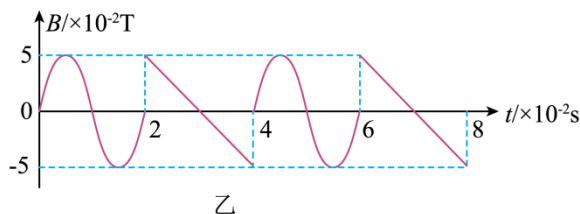
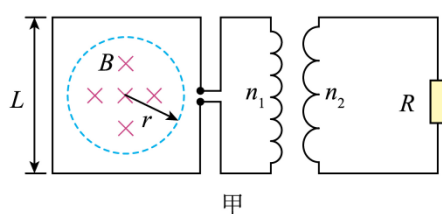
为交流，则逆变器应接在降压变压器的输入端，即  $Q$  处为逆变器，故 **A** 错误；

**B.** 由题意可知扇叶的频率为  $f_0=0.5\text{Hz}$ ，则线圈的频率为  $f=nf_0$ ，线圈绕垂直于磁场的轴匀速转动，产生正弦式交变电流，其电动势的最大值为  $E_m = NBS\omega$ ，角速度  $\omega = 2\pi f$ ，解得  $E_m = 2\pi NBSf$  风力发电机输出电压的有效值为  $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\pi NBSnf_0 = 600\text{V}$  则升压变压器的输入电压为  $U_1=600\text{V}$ ，升压变压器的输出电压为  $U_2=110\text{kV}$ ，由变压器的工作原理可知  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$ ，解得  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{3}{550}$ ，故 **B** 错误；

**C.** 设输电电流为  $I_2$ ，根据  $P_R = I_2^2 R$ ，可得  $I_2 = \sqrt{\frac{P_R}{R}}$  代入数据解得  $I_2=400\text{A}$ ，输电线上损耗的电压为  $U_R=I_2 R=400 \times 10\text{V}=4000\text{V}$  则降压变压器原线圈的输入电压为  $U_s=U_2-U_R=106000\text{V}$  根据  $\frac{n_3}{n_1} = \frac{U_3}{U_4}$ ，解得  $\frac{n_3}{n_4} = \frac{5300}{11}$ ，故 **C** 正确；

**D.** 根据  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ ，可得  $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$ ，代入数据解得  $I_1 = \frac{220000}{3}\text{A}$  则风力发电厂的输出功率为  $P = EI_1$ ，代入数据得  $P=4.4 \times 10^7\text{W}$ ，故 **D** 错误。故选 **C**。

**【名校预测·第六题】**（2026·山东潍坊·二模）如图甲所示，边长  $L=0.5\text{m}$ 、匝数  $N=20$  匝的正方形线圈与理想变压器相连，变压器副线圈连接  $R=5\Omega$  的定值电阻。在正方形线圈内部有与纸面垂直、半径  $r=0.2\text{m}$  的圆形磁场，其磁感应强度  $B$  随时间  $t$  的变化关系如图乙所示。已知图乙中的曲线部分按照正弦规律变化，另一部分为倾斜直线，变压器原副线圈匝数比  $n_1:n_2=4:1$ ，不计正方形线圈及导线的电阻，取  $\pi^2=10$ ，则电阻  $R$  在  $1\text{min}$  内产生的热量为（ ）



A. 150J

B. 300J

C. 586J

D. 1172J

**【答案】B**

**【知识点】**由  $B-t$  图像计算感生电动势的大小、计算交变电路中的电功、电功率和焦耳热、理想变压器两端电压与匝数的关系

**【详解】**正弦段  $B$  的最大值  $B_m = 5 \times 10^{-2}\text{T}$ ，周期  $T_1 = 2 \times 10^{-2}\text{s}$ ，角速度  $\omega = \frac{2\pi}{T_1} = 100\pi\text{rad/s}$

感应电动势最大值  $E_m = NB_m S \omega = 4\pi^2$  正弦交流电的有效值  $U_1 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 20\sqrt{2}\text{V}$

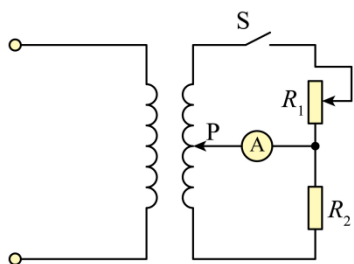
变压器原副线圈匝数比  $n_1:n_2=4:1$ ，根据电压匝数关系  $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$  可得副线圈电压  $U_2=\frac{n_2}{n_1}U_1=5\sqrt{2}\text{V}$

均匀变化段  $B$  均匀变化，产生的感应电动势恒定，因此原线圈电压恒定，原线圈产生的磁通量恒定，副线圈磁通量变化率为  $0$ ，因此副线圈电压为  $0$ ， $R$  不产生热量。 $t_{\text{总}}=60\text{s}$ ，总共有  $\frac{60}{4\times 10^{-2}}=1500$  个周期，每

个周期内只有前  $2\times 10^{-2}\text{s}$  发热，总热量  $Q=\frac{U_2^2\cdot(1500\times 2\times 10^{-2})}{R}=\frac{(5\sqrt{2})^2\times 30}{5}=300\text{J}$

故选 **B**。

**【名校预测·第七题】**（2026·河北保定·一模）如图所示电路中，理想变压器原线圈接输出电压有效值恒为  $40\text{V}$  的正弦式交流电，原、副线圈匝数比为  $n_1:n_2=5:1$ ，副线圈上的滑片  $P$  可上下自由移动，电表为理想电表。滑动变阻器  $R_1$  的最大阻值为  $8\Omega$ ，定值电阻  $R_2$  的阻值为  $5\Omega$ 。某时刻闭合开关  $S$ ，此时滑片  $P$  和滑动变阻器滑片均位于正中间，则（ ）



- A. 仅向上移动滑片  $P$ ，电流表示数增大
- B. 仅向上移动滑片  $P$ ，电流表示数减小
- C. 仅向上移动滑动变阻器滑片，电源输出功率增大
- D. 仅向上移动滑动变阻器滑片，电源输出功率减小

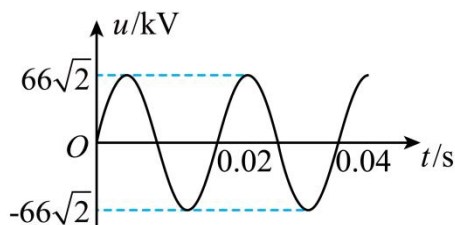
**【答案】D**

**【知识点】**变压器两端电路的动态分析

**【详解】AB.** 由理想变压器工作原理可知，初始时  $R_1$  和  $R_2$  两端的电压相等，又  $R_1$  接入回路的阻值为  $4\Omega$ ，可得通过  $R_1$  的电流大于流过  $R_2$  的电流。对副线圈回路分析可知，流过电流表的电流为流过  $R_1$  和  $R_2$  的电流的差值，当滑片  $P$  向上移动时， $R_1$  两端所接副线圈匝数减小， $R_1$  两端电压减小，可知通过  $R_1$  的电流减小，同理可知通过  $R_2$  的电流增大，则电流表示数先减小后增大，故 **AB** 错误。

**CD.** 向上移动滑动变阻器滑片  $P$ ，滑动变阻器  $R_1$  接入回路的阻值增大， $R_1$  电功率减小，又  $R_2$  电功率不变，由理想变压器工作原理可知交流电源输出功率减小，故 **C** 错误，**D** 正确。故选 **D**。

**【名校预测·第八题】**（2026·广东佛山·二模）2026 年 1 月，我国自主研发的全球首台兆瓦级浮空风力发电系统——S2000 成功完成试飞和并网验证。该系统采用飞艇状浮空器携带发电机组，将高空风力资源转化为电能并通过电缆传输回地面。若 S2000 的输出电压  $u$  随时间  $t$  变化的规律如图所示，则下列说法正确的是（ ）



- A. 该交流电的频率为 100Hz
- B. 输出电压的有效值为  $66\sqrt{2}$  kV
- C. 输出电压表达式为  $u = 66\sin(100\pi t)$  kV
- D. 若将 S2000 的输出电压降为 220V，则变压器原、副线圈匝数之比为 300:1

**【答案】D**

**【知识点】** 交变电流的频率、正弦式交变电流瞬时值的表达式及其推导、正弦式交流电的电动势和电流有效值、理想变压器两端电压与匝数的关系

**【详解】** A. 该交流电的频率为  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$ ，故 A 错误；

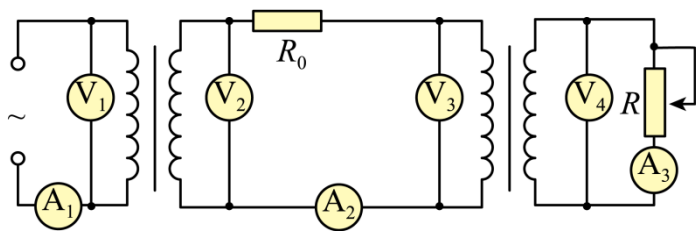
B. 输出电压的有效值为  $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{66\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ kV} = 66 \text{ kV}$ ，故 B 错误；

C. 输出电压表达式为  $u = U_m \sin \frac{2\pi}{T} t = 66\sqrt{2} \sin(100\pi t) \text{ kV}$ ，故 C 错误；

D. 原副线圈的匝数之比为  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U}{U'} = \frac{66000}{220} = \frac{300}{1}$ ，故 D 正确。

故选 D。

**【名校预测·第九题】**（2026·湖南邵阳·二模）如图是发电厂通过升压变压器进行高压输电，接近用户端时再通过降压变压器降压给用户供电的示意图（图中变压器均可视为理想变压器，图中电表均为理想交流电表）。设发电厂输出的电压恒定，输电线总电阻为  $R_0$ ，变阻器  $R$  相当于用户用电器的总电阻。当用电器减少时，相当于  $R$  变大，当用电进入低谷时，下列说法正确的是（ ）




- A. 电压表  $V_1$ 、 $V_2$  的读数均不变，电流表  $A_2$  的读数减小，电流表  $A_1$  的读数减小
- B. 电压表  $V_3$ 、 $V_4$  的读数均减小，电流表  $A_2$  的读数增大，电流表  $A_3$  的读数增大
- C. 电压表  $V_2$ 、 $V_3$  的读数之差与电流表  $A_2$  的读数的比值减小
- D. 线路损耗功率增大

【答案】A

【知识点】用户端功率改变判断输电线路中物理量变化

- 【详解】A. 电压表  $V_1$ 、 $V_2$  的读数均不变，因为输入电压和匝数比都不变，用电低谷期，输送功率减小， $I = \frac{P}{U}$  可知电流减小，根据电流与匝数成反比知电流都减小，故 A 正确；
- B. 输电线上的电压损失  $\Delta U = IR_0$  减小，故电压表  $V_3$ 、 $V_4$  的读数均增大，电流表  $A_2$  的读数减小，电流表  $A_3$  的读数减小，故 B 错误；
- C. 电压表  $V_2$ 、 $V_3$  的读数之差与电流表  $A_2$  的读数的比值不变，等于输电线的电阻值，C 错误；
- D. 根据  $P_{\text{损}} = I_{\text{线}}^2 R_0$ ，又输电线上的电流减小，电阻不变，所以输电线上的功率损失减小，D 错误。故选 A。

 倒计时 11 天

以周期磨意志，以长波赴山海；少年乘风破浪，六月一鸣惊人。

## 机械振动和机械波

 考情透视--把脉命题 直击重点

### ► 命题解码：

机械振动和机械波同属一个独立且考查方式独特的知识体系，虽然占比较小，但其地位不可忽视，一般在选择题中稳定占一席之地，题目呈现模式通常包括对简谐运动特征、单摆周期公式与测量重力加速度的实验、波动图像与振动图像综合分析、波的叠加、干涉、衍射现象的综合判断，以及与实际生活和科技前沿相结合的情境题（如地震波预警，多普勒彩超等）。要求考生能够将波动知识与实际问题相联系，并能从振动图像和波的图像中提取关键信息，综合解决实际问题。

► 高考前沿:

2026 年高考对机械振动与机械波重点预计还会放在波动图像和振动图像的综合分析和波的干涉问题，与空间引力波探测、地震预警等前沿科技的结合将成为新的情境素材。另外，在近年高考试题中也体现出与工业探测、地震波的勘探等应用并行，会有更多创新性情境和探究性问题出现，要强调从基本振动分析波形变化，提升“模型-图像-实际”三维转化能力。

**核心模型**--模型架构，精准剖析

【模型一】弹簧振子和单摆模型

模型	弹簧振子	单摆
示意图	 弹簧振子 (水平)	
简谐运动条件	(1)弹簧质量可忽略; (2)无摩擦等阻力; (3)在弹簧弹性限度内	(1)摆线为不可伸缩的轻细线; (2)无空气等阻力; (3)最大摆角小于 $5^\circ$
模型	弹簧振子	单摆
回复力	弹簧的 <u>弹力</u>	摆球 <u>重力</u> 沿与摆线垂直(即切向)方向的分力
平衡位置	弹簧处于 <u>原长处</u>	最低点
周期	与振幅无关	$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$
能量转化	弹性势能与动能的相互转化，机械能守恒	重力势能与动能的相互转化，机械能守恒

【模型二】波动图像和振动图像

一、波动图像和振动图像的比较

	振动图像	波的图像
图像		
物理意义	表示某质点各个时刻的位移	表示某时刻各质点的位移

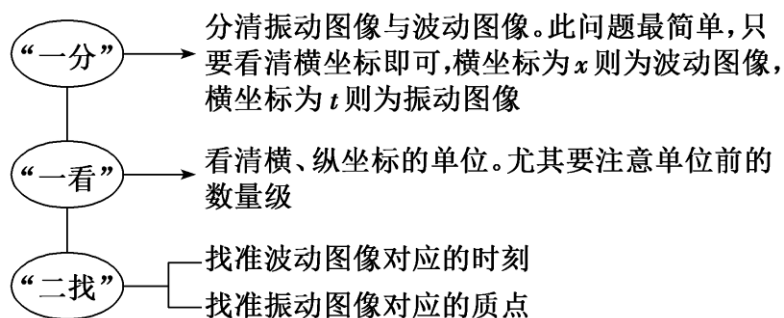
图像信息	(1)质点振动周期 (2)质点振幅 (3)各时刻质点位移 (4)各时刻速度、加速度方向	(1)波长、振幅 (2)任意一质点在该时刻的位移 (3)任意一质点在该时刻加速度方向 (4)传播方向、振动方向的互判
图像变化	随时间推移，图像延续，但已有形状不变	随时间推移，图像沿传播方向平移
形象比喻	记录着一个人一段时间内活动的录像带	记录着许多人某时刻动作、表情的集体照片

## 二、波动图像和振动图像易错点与关键

### 1. 两种图像问题的易错点

- (1)不理解振动图像与波的图像的区别。
- (2)误将振动图像看作波的图像或将波的图像看作振动图像。
- (3)不知道波传播过程中任意质点的起振方向就是波源的起振方向。
- (4)不会区分波的传播位移和质点的振动位移。
- (5)误认为质点随波迁移。

### 2. 求解波的图像与振动图像综合问题的三关键：“一分、一看、二找”



## 【模型三】波的多解问题

### 一、造成波动问题多解的主要因素

#### (1)周期性

- ①时间周期性:时间间隔  $\Delta t$  与周期  $T$  的关系不明确;
- ②空间周期性:波传播距离  $\Delta x$  与波长  $\lambda$  的关系不明确。

#### (2)双向性

- ①传播方向双向性:波的传播方向不确定;
- ②振动方向双向性:质点振动方向不确定。

#### (3)波形的隐含性

在波动问题中,往往只给出完整波形的一部分,或给出几个特殊点,而其余信息均处于隐含状态。这样,波形就有多种情况,形成波动问题的多解性。

## 二、解决波的多解问题的思路

一般采用从特殊到一般的思维方法,即找出一个周期内满足条件的关系  $\Delta t$  或  $\Delta x$ ,若此关系为时间,则  $t=nT+\Delta t(n=0,1,2,\dots)$ ;若此关系为距离,则  $x=n\lambda+\Delta x(n=0,1,2,\dots)$ 。步骤如下

(1)根据初、末两时刻的波形图确定传播距离与波长的关系通式。

(2)根据题设条件判断是唯一解还是多解。

(3)根据波速公式  $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$  或  $v=\frac{\lambda}{T}=\lambda f$  求波速。

## 易错避坑--易错陷阱 精准避坑

### 【易错一】简谐运动中回复力性质搞错

- (1) 易错点：误认为回复力是合力；
- (2) 闭坑策略：回复力是沿振动方向的合力（弹簧振子中合力主要就是弹力）；实际合力可能包含重力等其他力，仅当振动过程中某个力是回复力时特别注意。

### 【易错二】振动图像与波动图像混淆

- (1) 易错点：将质点平衡位置的坐标与振动时间混淆；
- (2) 闭坑策略：读图时先看坐标轴——横轴为  $x$  是波动图像（横轴为  $t$  则是振动图像），两者互相转化时对应多解注意。

### 【易错三】波传播与质点运动相混淆

- (1) 易错点：误认为质点随波迁移；
- (2) 闭坑策略：波传播的是振动的形式和能量，介质质点只在平衡位置附近振动，并不随波向前迁移。

### 【易错四】干涉中加强点与减弱点判断

- (1) 易错点：路程差与波长公式代错或者代反；
- (2) 闭坑策略：波源振动步调一致： $\Delta s=n\lambda$  为加强点； $\Delta s=(2n+1)\lambda/2$  为减弱点；波源振动步调相反： $\Delta s=n\lambda$  为减弱点； $\Delta s=(2n+1)\lambda/2$  为加强点。

## 高频考点--高频要点 重点攻克

### 【考点一】简谐运动的五个特征

位移特征	$x = A \sin(\omega t + \varphi)$
受力特征	回复力： $F=-kx$ ； $F$ (或 $a$ )的大小与 $x$ 的大小成正比，方向相反。
能量特征	系统的动能和势能相互转化,机械能守恒
对称性特征	质点经过关于平衡位置 $O$ 对称的两点时,速度的大小、动能、势能相等，相对于平衡位置

	的位移大小相等；由对称点到平衡位置用时相等。
周期性特征	质点的位移、回复力、加速度和速度随时间做周期性变化，变化周期就是简谐运动的周期 $T$ ；动能和势能也随时间做周期性变化，其变化周期为 $\frac{T}{2}$

### 【考点二】机械波的基础知识

#### 1. 机械波的形成条件

- (1)有发生机械振动的波源。
- (2)有传播介质，如空气、水等。

#### 2. 传播特点

- (1)传播振动形式、传递能量、传递信息。
- (2)质点不随波迁移。

#### 3. 描述机械波的物理量

- (1)波长  $\lambda$ ：在波的传播方向上，振动相位总是相同的两个相邻质点间的距离，用“ $\lambda$ ”表示。
- (2)频率  $f$ ：在波动中，介质中各质点的振动频率都是相同的，都等于波源的振动频率。
- (3)波速：波的传播速度，由介质决定，与波源无关。

- (4)波速公式： $v = \lambda f = \frac{\lambda}{T}$  或  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。

#### 4. 机械波的传播特点

- (1)波传到任意一点，该点的起振方向都和波源的起振方向相同。
- (2)介质中每个质点都做受迫振动，因此，任一质点的振动频率和周期都和波源的振动频率和周期相同。
- (3)波从一种介质进入另一种介质，由于介质不同，波长和波速可以改变，但频率和周期都不会改变。
- (4)波源经过一个周期  $T$  完成一次全振动，波恰好向前传播一个波长的距离。

### 【考点三】机械波的图像

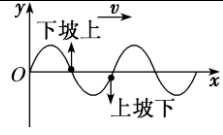
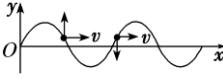
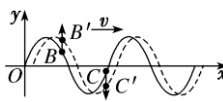
#### 1. 波的图像的特点

- (1)时间间隔  $\Delta t = nT$  (波传播  $n\lambda$ ,  $n=0,1,2,3, \dots$ ) 时，波形不变。
- (2)在波的传播方向上：①当两质点平衡位置间的距离  $\Delta x = n\lambda$  ( $n=1,2,3, \dots$ ) 时，它们的振动步调总相同，在波形图上的对应位移一定相同；②当两质点平衡位置间的距离  $\Delta x = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$  ( $n=0,1,2,3, \dots$ ) 时，它们的振动步调总相反，在波形图上的对应位移一定等值反向。
- (3)波源质点的起振方向决定了它后面的质点的起振方向，各质点的起振方向与波源的起振方向相同。

#### 2. 根据波的图像、波的传播方向判定质点的振动方向的方法

	内容	图像
--	----	----



“上下坡”法	沿波的传播方向,“上坡”时质点向下振动,“下坡”时质点向上振动	
“同侧”法	波形图上某点表示传播方向和振动方向的箭头在图线同侧	
“微平移”法	将波形沿传播方向进行微小的平移,再由对应同一 x 坐标的两波形曲线上的点来判断振动方向	

注意:波的图像、波的传播方向与质点振动方向三者之间可以互相判定。

#### 【考点四】机械波的图像

##### 一、机械波的干涉

波的干涉现象中振动加强点、减弱点的两种判断方法

##### 1.公式法

某质点的振动是加强还是减弱,取决于该点到两相干波源的距离之差  $\Delta r$ 。

##### ①当两波源振动步调一致时

若  $\Delta r = n\lambda (n=0,1,2, \dots)$ , 则振动加强;

若  $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2, \dots)$ , 则振动减弱。

##### ②当两波源振动步调相反时

若  $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2, \dots)$ , 则振动加强;

若  $\Delta r = n\lambda (n=0,1,2, \dots)$ , 则振动减弱。

##### 2.波形图法

在某时刻波的干涉的波形图上,波峰与波峰(或波谷与波谷)的交点,一定是加强点,而波峰与波谷的交点一定是减弱点,各加强点或减弱点各自连接而成以两波源为中心向外辐射的连线,形成加强线和减弱线,两种线互相间隔,加强点与减弱点之间各质点的振幅介于加强点与减弱点的振幅之间。

##### 二、机械波的衍射

波的衍射现象是指波能绕过障碍物继续传播的现象,产生明显衍射现象的条件是缝、孔的宽度或障碍物的尺寸跟波长相差不大或者小于波长。

##### 三、多普勒效应

多普勒效应的成因分析:

1.接收频率:观察者接收到的频率等于观察者在单位时间内接收到的完全波的个数。当波以速度  $v$  通过观察

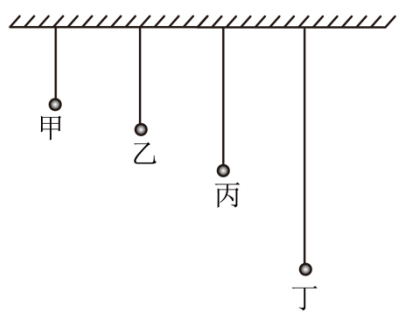
者时,时间  $t$  内通过的完全波的个数为  $N = \frac{vt}{\lambda}$ ,因而单位时间内通过观察者的完全波的个数,就是接收频率。

2.当波源与观察者相互靠近时,观察者接收到的频率变大;当波源与观察者相互远离时,观察者接收到的频率变小。

## 真题精研--复盘经典 把握规律

### 题组一 情景设定：单摆 知识溯源：单摆的周期

(2025·四川·高考真题) 如图所示, 甲、乙、丙、丁四个小球用不可伸长的轻绳悬挂在天花板上, 从左至右摆长依次增加, 小球静止在纸面所示竖直平面内。将四个小球垂直纸面向外拉起一小角度, 由静止同时释放。释放后小球都做简谐运动。当小球甲完成 2 个周期的振动时, 小球丙恰好到达与小球甲同侧最高点, 同时小球乙、丁恰好到达另一侧最高点。则 ( )



- A. 小球甲第一次回到释放位置时, 小球丙加速度为零
- B. 小球丁第一次回到平衡位置时, 小球乙动能为零
- C. 小球甲、乙的振动周期之比为 3:4
- D. 小球丙、丁的摆长之比为 1:2

【答案】C

【详解】根据单摆周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  可知  $T_{\text{丁}} > T_{\text{丙}} > T_{\text{乙}} > T_{\text{甲}}$

CD. 设甲的周期为  $T_{\text{甲}}$ , 根据题意可得  $2T_{\text{甲}} = \frac{3T_{\text{乙}}}{2} = T_{\text{丙}} = \frac{T_{\text{丁}}}{2}$  可得  $T_{\text{丙}} = 2T_{\text{甲}}$ ,  $T_{\text{乙}} = \frac{4}{3}T_{\text{甲}}$ ,  $T_{\text{丁}} = 4T_{\text{甲}}$  可得

$T_{\text{甲}}:T_{\text{乙}} = 3:4$ ,  $T_{\text{丙}}:T_{\text{丁}} = 1:2$  根据单摆周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  结合  $T_{\text{丙}}:T_{\text{丁}} = 1:2$  可得小球丙、丁的摆长之比

$L_{\text{丙}}:L_{\text{丁}} = 1:4$  故 C 正确, D 错误;

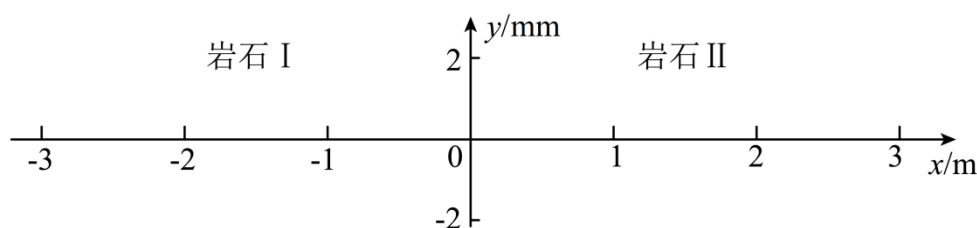
A. 小球甲第一次回到释放位置时, 即经过  $T_{\text{甲}}$  ( $\frac{T_{\text{丙}}}{2}$ ) 时间, 小球丙到达另一侧最高点, 此时速度为零, 位移最大, 根据  $a = -\frac{kx}{m}$  可知此时加速度最大, 故 A 错误;

B. 根据上述分析可得  $T_{\text{乙}} = \frac{1}{3}T_{\text{丁}}$  小球丁第一次回到平衡位置时, 小球乙振动的时间为  $\frac{T_{\text{丁}}}{4}$  (即  $\frac{3T_{\text{乙}}}{4}$ ) 可知此

时小球乙经过平衡位置，此时速度最大，动能最大，故 B 错误。故选 C。

## 题组二 情景设定：地质探测 知识溯源：波长、频率和波速的关系、机械振动和机械波的关系

（2026·浙江·高考真题）在地质探测中，可利用横波传播速度的不同，探测岩石密度信息。选择岩石分界面上的一点为原点、垂直分界面方向为  $x$  轴，建立如图所示的坐标系。在坐标原点安装周期  $T=1\times 10^{-3}\text{s}$ 、振幅  $A=2\text{mm}$  的人工振源。 $t=0$  时振源从平衡位置（ $y=0$ ）开始沿  $y$  轴正方向振动，同时向两侧传播简谐横波。 $t=3\times 10^{-3}\text{s}$  时在岩石 I（ $x<0$ ）中的波恰好到达  $x=-3\text{m}$  处，岩石 II（ $x>0$ ）中的波速为  $v_{\text{II}}=3\times 10^3\text{m/s}$ ，则（ ）



- A. 岩石 I 和岩石 II 中两波波长之比为 3:1
- B.  $t=1.5\times 10^{-3}\text{s}$  时， $x=-1\text{m}$  处质点的振动方向沿  $y$  轴正方向
- C. 在  $0\sim 3\times 10^{-3}\text{s}$  内， $x=1.25\text{m}$  处质点经过的路程为  $21\text{mm}$
- D. 增大振源的振动周期，岩石 II 中的波速将变小

【答案】C

【知识点】波长、频率和波速的关系、机械振动和机械波的关系

【详解】A. 岩石 I 中，横波传播速度  $v_1 = \frac{|\Delta x|}{\Delta t} = 1\times 10^3\text{m/s}$

波长公式  $\lambda = vT$ ，两波周期相同，故波长比等于波速比  $\frac{\lambda_1}{\lambda_{\text{II}}} = \frac{v_1}{v_{\text{II}}} = \frac{1\times 10^3}{3\times 10^3} = \frac{1}{3}$ ，A 错误；

B.  $t=0$  时振源从平衡位置（ $y=0$ ）开始沿  $y$  轴正方向振动，波传到  $x=-1\text{m}$  的时间  $t_1 = \frac{1\text{m}}{1\times 10^3\text{m/s}} = 1\times 10^{-3}\text{s}$

在  $t=1.5\times 10^{-3}\text{s}$  时，可知  $x=-1\text{m}$  处质点的已经振动的时间  $\Delta t = 0.5\times 10^{-3}\text{s} = \frac{T}{2}$

振源起振方向为  $y$  轴正方向，经过半个周期后，质点振动方向为  $y$  轴负方向，B 错误；

C. 波传到  $x=1.25\text{m}$  的时间  $t_2 = \frac{1.25\text{m}}{3\times 10^3\text{m/s}} = \frac{5}{12}\times 10^{-3}\text{s}$  该质点振动的总时间

$\Delta t' = \left(3 - \frac{5}{12}\right)\times 10^{-3}\text{s} = \frac{31}{12}\times 10^{-3}\text{s} = \frac{31}{12}T$  即 2 个全振动和剩余时间  $\frac{7}{12}T$ ，质点从平衡位置（ $y=0$ ）开始向  $y$  轴正

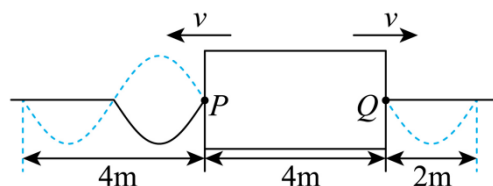
方向振动，则该质点经过的路程为  $s = 2.5\times 4A + A\left|\sin\left(2\pi\times\frac{1}{12}\right)\right| = 21\text{mm}$ ，C 正确；

D. 机械波在介质中的传播速度由介质本身的性质（如密度、弹性模量）决定，与振源的周期、频率无关，

故波速不变，D 错误。故选 C。

### 题组三 情景设定：均匀介质中未知的波源产生的机械波 知识溯源：波长、频率和波速的关系

(2025·云南·高考真题) 如图所示，均匀介质中矩形区域内有一位置未知的波源。 $t=0$ 时刻，波源开始振动产生简谐横波，并以相同波速分别向左、右两侧传播， $P$ 、 $Q$ 分别为矩形区域左右两边界上振动质点的平衡位置。 $t=1.5\text{s}$ 和 $t=2.5\text{s}$ 时矩形区域外波形分别如图中实线和虚线所示，则 ( )



- A. 波速为  $2.5\text{m/s}$
- B. 波源的平衡位置距离  $P$  点  $1.5\text{m}$
- C.  $t=1.0\text{s}$  时，波源处于平衡位置且向下运动
- D.  $t=5.5\text{s}$  时，平衡位置在  $P$ 、 $Q$  处的两质点位移相同

【答案】D

【详解】A. 根据波形可知  $\lambda = 4\text{m}$ ， $\frac{1}{2}T = 2.5\text{s} - 1.5\text{s}$  可得  $T = 2\text{s}$  故波速为  $v = \frac{\lambda}{T} = 2\text{m/s}$  故 A 错误；

B. 设波源的平衡位置距离  $P$  点距离为  $x_0$ ，根据左侧  $t=1.5\text{s}$  时的波形可知  $\frac{2+x_0}{v} = 1.5\text{s}$  解得  $x_0 = 1\text{m}$  故 B 错误；

C. 根据左侧实线波形结合同侧法可知波源刚开始的振动方向向下，由于  $t=1.0\text{s} = \frac{1}{2}T$ ，故可知此时波源处于平衡位置且向上运动，故 C 错误；

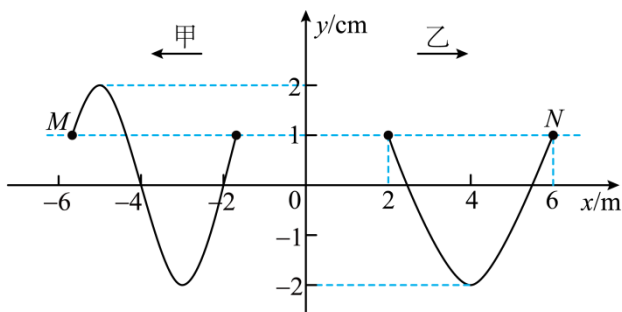
D. 由于  $x_0 = 1\text{m}$ ，可知波源的平衡位置距离  $Q$  点距离为  $x_1 = 3\text{m}$  故波传到  $PQ$  两点的时间分别为  $t_0 = \frac{x_0}{v} = 0.5\text{s}$ ，

$t_1 = \frac{x_1}{v} = 1.5\text{s}$  故  $t=5.5\text{s}$  时，平衡位置在  $P$ 、 $Q$  处的两质点已经振动的时间分别为  $t'_0 = 5.5\text{s} - 0.5\text{s} = \frac{5}{2}T$ ，

$t'_1 = 5.5\text{s} - 1.5\text{s} = 2T$  由于波源刚开始向下振动，故  $t=5.5\text{s}$  时， $P$  处质点处于平衡位置向上振动， $Q$  处质点处于平衡位置向下振动，故此时平衡位置在  $P$ 、 $Q$  处的两质点位移相同。故 D 正确。故选 D。

### 题组四 情景设定：机械波波动图像 知识溯源：波长、频率和波速的关系

(2025·山东·高考真题)(多选) 均匀介质中分别沿  $x$  轴负向和正向传播的甲、乙两列简谐横波，振幅均为  $2\text{cm}$ ，波速均为  $1\text{m/s}$ ， $M$ 、 $N$  为介质中的质点。 $t=0$  时刻的波形图如图所示， $M$ 、 $N$  的位移均为  $1\text{cm}$ 。下列说法正确的是 ( )



- A. 甲波的周期为 6s                      B. 乙波的波长为 6m
- C.  $t = 6\text{s}$  时,  $M$  向  $y$  轴正方向运动      D.  $t = 6\text{s}$  时,  $N$  向  $y$  轴负方向运动

**【答案】BD**

**【详解】A.** 根据题图可知甲波的波长  $\lambda_{\text{甲}} = 4\text{m}$  根据  $\lambda_{\text{甲}} = vT_{\text{甲}}$  可得  $T_{\text{甲}} = 4\text{s}$ , **A 错误**;

**B.** 设  $N$  左边在平衡位置的质点与  $N$  质点平衡位置的距离为  $x$ , 根据题图结合  $1\text{cm} = 2 \sin \frac{x}{\frac{\lambda_{\text{乙}}}{4}} \times \frac{\pi}{2} (\text{cm})$

又  $6\text{m} - 2\text{m} - 2x = \frac{\lambda_{\text{乙}}}{2}$  可得  $x = 0.5\text{m}$ ,  $\lambda_{\text{乙}} = 6\text{m}$ , **B 正确**;

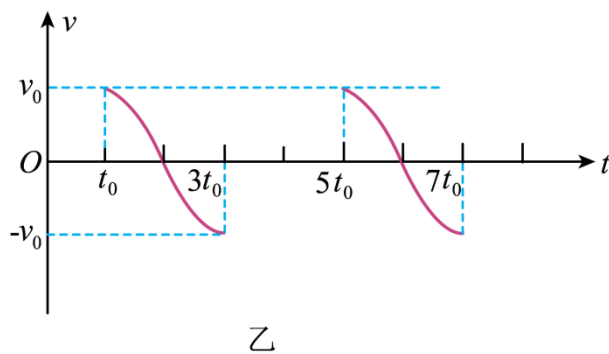
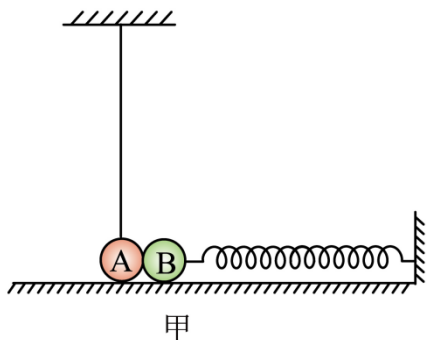
**C.**  $t = 6\text{s}$  时即经过  $T_{\text{甲}} + \frac{T_{\text{甲}}}{2}$ , 结合同侧法可知  $M$  向  $y$  轴负方向运动, **C 错误**;

**D.** 同理根据  $\lambda_{\text{乙}} = vT_{\text{乙}}$  可得  $T_{\text{乙}} = 6\text{s}$  根据同侧法可知  $t = 0$  时  $N$  向  $y$  轴负方向运动,  $t = 6\text{s}$  时即经过时间  $T_{\text{乙}}$ ,  $N$  仍向  $y$  轴负方向运动, **D 正确**。故选 **BD**。



**终极预测--压轴实战 稳拿高分**

**【名校预测·第一题】** (2026·海南省直辖县级单位·二模) (多选) 如图甲所示, 光滑水平面上有大小相同的小球 A 和 B 靠在一起, 小球 A 与轻绳组成单摆, 小球 B 与轻弹簧组成的弹簧振子, 刚开始小球 A 和 B 均处于静止状态。现将小球 A 向左拉开一个较小角度 (小于  $5^\circ$ ) 并  $t=0$  时由静止释放, 经最低点时与小球 B 发生碰撞, 碰撞时间可忽略不计, 此后小球 B 运动的  $v-t$  图像如图乙所示。以最低点为零势能面, 小球 A 与 B 第一次碰撞后 A 球速度恰好为零, 已知小球 B 的质量为  $m$ , 重力加速度为  $g$ , 不计空气阻力, 下列说法正确的有 ( )



- A. 弹簧振子的周期等于  $4t_0$
- B. 单摆的摆长等于  $\frac{gt_0^2}{\pi^2}$
- C. A 球释放的高度为  $\frac{v_0^2}{2g}$
- D. A 球运动的最大速率为  $\frac{1}{2}v_0$

【答案】AC

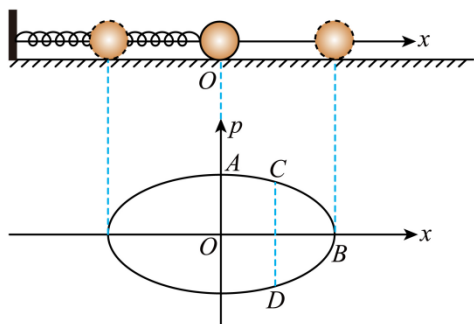
【知识点】弹性碰撞：动碰静、弹簧振子模型、单摆的周期

【详解】A. 小球 A 与 B 第一次碰撞后 A 球速度恰好为零，可知两小球是等质量弹性碰撞，小球 B 获得向右速度，向右减速到零，又返回初始位置，则结合图像弹簧振子运动半个周期，即弹簧振子的周期为  $T = 4t_0$ ，故 A 正确；

B. 根据周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  解得摆长  $L = \frac{4gt_0^2}{\pi^2}$  故 B 错误；

CD. 由题知，小球 A 与小球 B 发生碰撞后，小球 B 的速度为  $v_0$ ，小球 A 静止，则 A、B 两球的质量相等，速度交换，且该碰撞为弹性碰撞，即小球 A 在与小球 B 碰撞前的速度为  $v_0$ ，即  $v_A = v_0$  设小球的质量为  $m$ ，根据机械能守恒有  $mgh = \frac{1}{2}mv_A^2$  解得  $h = \frac{v_0^2}{2g}$  因为在最低点速度最大，故小球 A 的最大速度为  $v_0$ ，故 C 正确，D 错误。故选 AC。

【名校预测·第二题】（2026·江西·一模）（多选）如图所示，将一轻质弹簧左端固定在墙上，右端连接质量为  $m$  的小球静置于光滑水平面上。以弹簧原长时小球的位置为坐标原点  $O$ ，水平向右为正方向建立坐标轴  $Ox$ ，给小球一向右的初速度，小球沿  $x$  轴做往复运动，作出小球运动过程中速度随位置坐标  $x$  变化的图像。小球的运动状态可用图像上各点的坐标表示，其中 A 状态的坐标为  $(0, a)$ ，B 状态的坐标为  $(b, 0)$ ，C、D 状态的横坐标均为  $\frac{b}{2}$ 。已知弹簧的弹性势能  $\frac{1}{2}kx^2$ （ $k$  为弹簧的劲度系数， $x$  为弹簧的形变量）。小球做简谐运动的周期为  $T$  则（ ）



- A. 小球在  $B$  点时，加速度大小为  $\frac{kb}{m}$
- B. 小球从  $C$  状态经  $B$  状态到  $D$  状态的时间为  $\frac{5T}{12}$
- C. 小球从  $O$  到  $B$  的过程中，弹簧弹力对小球做功的功率始终减小
- D. 小球在  $C$ 、 $D$  两状态时的速度大小相等，均为  $\frac{\sqrt{3}}{2}a$

【答案】AD

【知识点】弹簧振子模型

【详解】A. 小球在  $B$  点时，弹簧形变量为  $b$ ，由胡克定律得弹力  $F = kb$ ，水平面光滑，合力等于弹力，根据牛顿第二定律  $F = ma$  解得加速度  $a = \frac{kb}{m}$ ，A 正确；

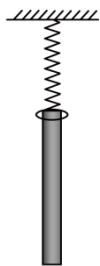
B. 由题可知，振幅  $A = b$ ， $x = \frac{A}{2}$  对应相位  $\frac{\pi}{6}$ ， $x = A$  对应相位  $\frac{\pi}{2}$ ， $C \rightarrow B$  与  $B \rightarrow D$  对称，各耗时  $\frac{T}{6}$ ，故总时间为  $\frac{T}{3}$ ，故 B 错误；

C. 弹力功率  $P = Fv$ ， $O$  点  $F = 0$ 、 $B$  点  $v = 0$ ，两点功率均为 0。中间位置  $F$  和  $v$  均不为 0，功率先增大后减小，并非始终减小，故 C 错误；

D. 系统机械能守恒，原点  $O$  的动能等于  $B$  点的弹性势能，即  $\frac{1}{2}ma^2 = \frac{1}{2}kb^2$ ， $C$ 、 $D$  状态时，则有

$$\frac{1}{2}ma^2 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k\left(\frac{b}{2}\right)^2 \text{ 联立解得 } v = \frac{\sqrt{3}}{2}a, \text{ D 正确。故选 AD。}$$

【名校预测·第三题】（2026·云南昆明·二模）（多选）如图所示，一定质量的细杆被轻质弹簧竖直悬挂，处于静止状态，细杆长度  $l = 0.5\text{m}$ 。某时刻质量为  $m = 1\text{kg}$  的圆环（视为质点），以  $v_0 = 0.4\text{m/s}$  的初速度从细杆上端沿杆向下滑，当细杆第一次向下运动到最低点时，圆环恰好从细杆下端以  $v = 2.4\text{m/s}$  的速度滑离，此过程中圆环速度始终大于细杆速度，圆环与细杆之间的摩擦力大小恒为  $f = 0.6mg$ 。细杆始终保持竖直，弹簧始终在弹性限度内，取重力加速度  $g = 10\text{m/s}^2$ ，不计空气阻力。下列说法正确的是（ ）



- A. 细杆第一次向下运动的过程中，运动 0.1m 时速度最大
- B. 整个运动过程中，细杆所受摩擦力的冲量大小为  $2\text{N}\cdot\text{s}$
- C. 细杆的加速度在圆环滑离后瞬间变为滑离前瞬间的 3 倍
- D. 圆环滑离细杆后，细杆上升的最大高度为 0.4m

【答案】AD

【知识点】牛顿第二定律的初步应用、求恒力的冲量、动量定理的内容、弹簧振子模型

【详解】A. 对圆环，合力恒定为  $F_1 = mg - f = 0.4mg$

做匀加速运动，由动量定理，得  $F_1 t = mv - mv_0$

解得  $t = 0.5\text{s}$

圆环做匀加速运动的平均速度  $\bar{v}_{\text{环}} = \frac{v_0 + v}{2} = 1.4\text{m/s}$  故圆环的位移  $x_{\text{环}} = \bar{v}_{\text{环}} t = 0.7\text{m}$  由相对位移

$x_{\text{环}} - x_{\text{杆}} = l = 0.5\text{m}$  得细杆向下最大位移  $x_{\text{杆}} = 0.2\text{m}$  设细杆的质量为  $M$ ，初始时弹簧伸长量为  $x_0$ ，初始细杆静

止，由平衡条件和胡克定律，得  $Mg = kx_0$  圆环下滑后，细杆合力为  $F_{\text{合}} = Mg + f - k(x_0 + x) = f - kx$  可知细杆

做简谐运动，最低点位移  $x_{\text{杆}} = 2A = 0.2\text{m}$  解得  $A = 0.1\text{m}$  由简谐运动的规律可知，向下运动 0.1m（平衡位置）

时速度最大，故 A 正确；

B. 细杆受摩擦力大小恒为  $f = 0.6mg = 6\text{N}$  作用时间  $t = 0.5\text{s}$ ，冲量大小  $I = ft = 6\text{N} \times 0.5\text{s} = 3\text{N}\cdot\text{s} \neq 2\text{N}\cdot\text{s}$ ，故

B 错误；C. 细杆向下运动 0.1m 时速度最大，速度最大时合力为 0，得  $f - kA = 0$  解得  $k = \frac{f}{A} = \frac{6\text{N}}{0.1\text{m}} = 60\text{N/m}$

滑离前瞬间，细杆在最低点  $x = 0.2\text{m}$ ，合力  $F_{\text{前}} = k(x_0 + x) - Mg - f = kx - f = 60\text{N/m} \times 0.2\text{m} - 6\text{N} = 6\text{N}$  滑离后

瞬间，合力  $F_{\text{后}} = kx = 12\text{N}$  由牛顿第二定律，得加速度  $a = \frac{F}{M}$  故  $\frac{a_{\text{后}}}{a_{\text{前}}} = \frac{F_{\text{后}}}{F_{\text{前}}} = 2$  即滑离后加速度是滑离前的 2 倍，

不是 3 倍，故 C 错误；

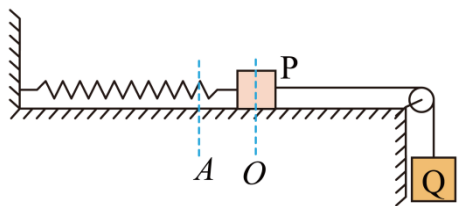
D. 圆环滑离后，细杆的平衡位置回到初始静止位置，最低点在初始位置下方 0.2m，做简谐运动的振幅为

0.2m，故最高点在初始位置上方 0.2m，从最低点到最高点总上升高度  $h = 0.2 + 0.2 = 0.4\text{m}$ ，故 D 正确。



故选 AD。

**【名校预测·第四题】**（2026·山东·一模）（多选）如图所示，水平光滑桌面上，轻弹簧的左端固定，右端连接物体 P，P 和 Q 通过细绳绕过定滑轮连接。开始时，系统处于静止状态，滑块 P 处于位置 O。将滑块 P 向左推至弹簧原长的位置 A 点后由静止释放，当滑块 P 运动到最右端时细绳恰好被拉断，滑块未与定滑轮相碰，弹簧未超出弹性限度，已知 P 的质量为  $M$ ，Q 的质量为  $m$ ，弹簧的劲度系数为  $k$ ，重力加速度为  $g$ ，不计一切摩擦，则（ ）



- A. 弹簧的最大弹性势能为  $2\frac{m^2g^2}{k}$
- B. 细绳被拉断后，滑块 P 回到 O 位置时速度最大
- C. 细绳被拉断后，滑块 P 继续做振幅为  $\frac{2mg}{k}$  的简谐运动
- D. 细绳被拉断后，滑块 P 第一次经过 A 点时的速度大小为  $2\sqrt{\frac{Mg}{k}}$

**【答案】** AC

**【知识点】** 机械能守恒定律在弹簧类问题中的应用、弹簧振子模型

**【详解】** A. 系统静止时  $mg = kx_0$

滑块 P 运动到最右端时，弹簧弹性势能最大，根据能量关系  $E_p = \frac{1}{2}k(2x_0)^2$

可得弹簧的最大弹性势能为  $E_p = \frac{2m^2g^2}{k}$ ，故 A 正确；

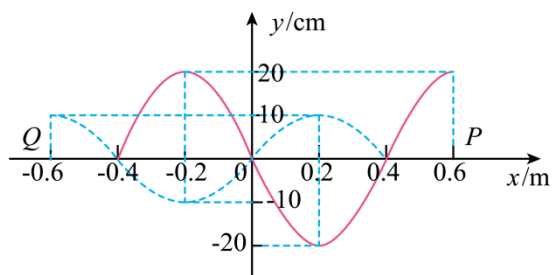
B. 由于滑块 P 运动到最右端时细绳恰好被拉断，则之后 P 只受弹力作用，在 P 往回走的过程中弹力做正功，当滑块 P 回到原长位置，即 A 位置时速度最大，故 B 错误；

C. 细绳被拉断时，弹簧的伸长量为  $x = 2x_0 = \frac{2mg}{k}$ ，根据简谐运动的特点可知，细绳被拉断后，滑块 P 继续在弹力作用下做简谐振动，振幅为  $\frac{2mg}{k}$ ，故 C 正确；

D. 设细绳被拉断后，滑块 P 第一次经过 A 点时的速度大小为  $v$ ，则有  $E_p = \frac{2m^2g^2}{k} = \frac{1}{2}Mv^2$  解得  $v = \frac{2mg}{\sqrt{kM}}$ ，故 D 错误。故选 AC。

**【名校预测·第五题】**（2026·广东江门·二模）（多选）简谐横波 a、b 在同一介质中分别沿 x 轴负方向、x 轴正方向相向传播， $t=0$  时刻的波形图如图所示，实线波形为横波 a 的波形，波源位于 P 点，虚线波形为横

波  $b$  的波形，波源位于  $Q$  点。已知横波  $a$  的周期为  $0.4\text{ s}$ ，下列说法正确的有（ ）



- A. 横波  $a$  的传播速度为  $2\text{ m/s}$
- B. 横波  $b$  的传播速度为  $1\text{ m/s}$
- C.  $0$  时刻平衡位置在  $x=0.2\text{ m}$  处的质点的加速度沿  $y$  轴正方向
- D. 坐标原点处质点的振幅为  $0$

**【答案】AC**

**【知识点】** 波长、频率和波速的关系、波的叠加原理、波的干涉图样、判断干涉加强和减弱区

**【详解】A.** 题图可知  $a$  波、 $b$  波波长均为  $0.8\text{ m}$ ，则波速  $v = \frac{\lambda_a}{T_a} = \frac{0.8}{0.4}\text{ m/s} = 2\text{ m/s}$ ，故 **A** 正确；

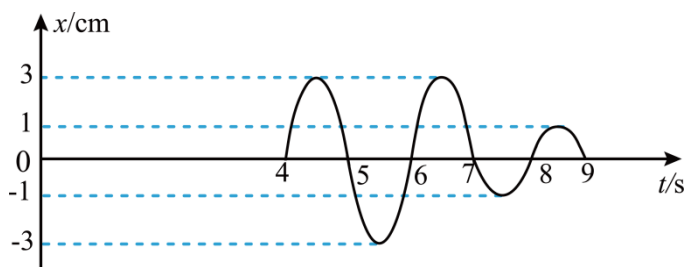
**B.** 波速由介质决定，两列波在同一介质中，波速相同，因此  $a$  波、 $b$  波速度相同，均为  $2\text{ m/s}$ ，故 **B** 错误；

**C.** 两列波在  $x=0.2$  处叠加后，合位移不为零且合位移沿  $y$  轴负方向，而加速度由合位移决定且与位移方向相反，即合加速度向上，即沿  $y$  轴正方向，故 **C** 正确；

**D.** 因为两波波长相同、波速相同，因此两波周期相同、频率相同，满足干涉条件；对  $a$  波，同侧法可知  $x=-0.4\text{ m}$  处的质点起振方向沿  $y$  轴正方向，可知  $P$  处波源起振方向沿  $y$  轴正方向；对  $b$  波，同侧法可知  $x=0.4\text{ m}$  处的质点起振方向沿  $y$  轴正方向，可知  $Q$  处波源起振方向沿  $y$  轴正方向，故两波源振动步调相同，又因为两波源到坐标原点  $O$  的距离波程差为  $0$ ，满足振动加强的条件： $\Delta s = n\lambda (n=0,1,2,3\dots)$

因此坐标原点  $O$  处的质点为振动加强点，其振幅为两波振幅之和，即振幅  $A = 20\text{ cm} + 10\text{ cm} = 30\text{ cm}$ ，故 **D** 错误。故选 **AC**。

**【名校预测·第六题】**（2026·山东潍坊·二模）（多选）同一均匀介质中有振动频率相同、振动方向一致的波源  $S_1$ 、 $S_2$ ，能分别发出在同一平面内传播的简谐横波。波源  $S_1$ 、 $S_2$  的连线上有一点  $P$ ， $P$  点到  $S_1$ 、 $S_2$  的距离之差为  $6\text{ m}$ 。已知  $S_1$  从  $t=0$  时起振， $S_2$  从  $t=1\text{ s}$  时起振，而且  $S_1$  发出的波首先到达  $P$  点， $P$  点的振动图像如图所示，下列说法正确的是（ ）



- A. 两波源振动的周期为 2s
- B.  $S_1$ 、 $S_2$  的振幅分别为 3cm 和 2cm
- C. 两列波传播的速度大小为 2m/s
- D. 位于两波源连线上且到 P 点距离为 3m 的点的振幅为 5cm

【答案】AB

【知识点】波的干涉图样、判断干涉加强和减弱区

【详解】A. 由 P 点的振动图像可知，P 点从  $t = 4\text{s}$  开始振动，相邻两次经过平衡位置向上振动的时间间隔为  $6\text{s} - 4\text{s} = 2\text{s}$  因此两波源的周期  $T = 2\text{s}$ ，故 A 正确；

B.  $S_1$  的波先到达 P 点， $t = 4\text{s} \sim 7\text{s}$  只有  $S_1$  的波引起 P 振动，由图像可知此时振幅为 3cm，因此  $S_1$  的振幅  $A_1 = 3\text{cm}$ ， $t = 7\text{s}$  后  $S_2$  的波到达 P 点，两波叠加后 P 点振幅变为 1cm，说明 P 点为振动减弱点，合振幅满足  $|A_1 - A_2| = 1\text{cm}$  解得  $A_2 = 2\text{cm}$ ，故 B 正确；

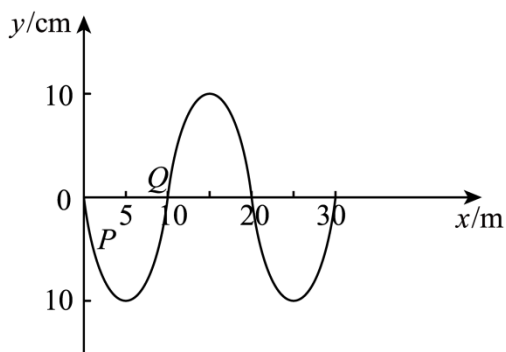
C.  $S_1$  从  $t = 0$  起振，波到达 P 的时间为  $t_1 = 4\text{s}$ ，故  $PS_1 = vt_1 = 4v$

$S_2$  从  $t = 1\text{s}$  起振，波到达 P 的时刻为  $t = 7\text{s}$ ，传播时间  $t_2 = 7\text{s} - 1\text{s} = 6\text{s}$ ，故  $PS_2 = vt_2 = 6v$  由题意路程差

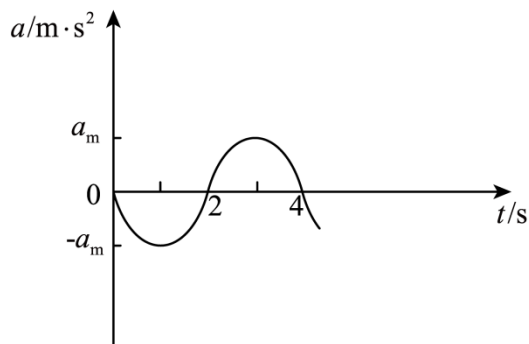
$PS_2 - PS_1 = 6\text{m}$  代入得  $6v - 4v = 6\text{m}$  解得  $v = 3\text{m/s}$  故 C 错误；

D. 由  $v = 3\text{m/s}$ 、 $T = 2\text{s}$  得波长  $\lambda = vT = 6\text{m}$ ， $S_1$  比  $S_2$  早起振  $1\text{s} = \frac{T}{2}$ ，因此固有初相位差为  $\pi$ 。对于距 P 3m 的点，若在  $S_1$ 、P 之间，路程差  $\Delta r = (r_2 + 3) - (r_1 - 3) = 12\text{m} = 2\lambda$  总相位差  $\Delta\phi = \pi + \frac{2\pi \cdot \Delta r}{\lambda} = 5\pi$  仍是奇数倍  $\pi$ ，发生相消干涉，振幅为 1cm；若在 P、 $S_2$  之间，路程差  $\Delta r = (r_2 - 3) - (r_1 + 3) = 0$  总相位差  $\Delta\phi = \pi + 0 = \pi$  还是相消干涉，振幅为 1cm，故 D 错误。故选 AB。

【名校预测·第七题】（2026·江西萍乡·二模）（多选）如图所示，一列简谐横波沿 x 轴传播，图甲为在  $t = 2\text{s}$  时刻的波形图，P 是平衡位置在  $x = 2\text{m}$  处的质点，Q 是平衡位置在  $x = 10\text{m}$  处的质点。图乙是质点 Q 的加速度 a 随时间 t 变化的图像。下列说法正确的是（ ）



甲



乙

- A. 该简谐横波的传播波速为  $5\text{ m/s}$
- B.  $t=2\text{ s}$  时, 质点 P 沿  $y$  轴正方向运动
- C.  $t=5\text{ s}$  时, 质点 Q 振动到波谷
- D.  $0\sim 5\text{ s}$  的时间内, 质点 P 所走的路程为  $50\text{ cm}$

【答案】AB

【知识点】波长、频率和波速的关系、振动图像与波形图的结合

【详解】A. 由题图甲可知  $\lambda = 20\text{ m}$  由题图乙可知  $T = 4\text{ s}$  简谐横波的传播速度大小为  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{20}{4}\text{ m/s} = 5\text{ m/s}$ , 故

A 正确;

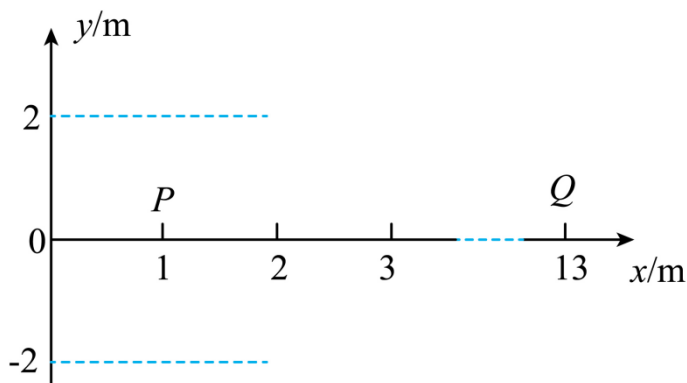
B. 回复力  $F = -ky$  根据牛顿第二定律有  $a = \frac{F}{m} = -\frac{k}{m}y$  可知  $t=2\text{ s}$  时质点 Q 沿  $y$  轴负方向运动, 结合题图甲, 可知简谐横波沿  $x$  轴正方向传播, 所以  $t=2\text{ s}$  质点 P 沿  $y$  轴正方向运动, 故 B 正确;

C. 由题图乙可知,  $t=5\text{ s}$  时, 质点 Q 的加速度为  $y$  轴负方向最大值, 根据牛顿第二定律, 回复力也为  $y$  轴负向最大值, 根据  $F = -ky$  质点 Q 位移为  $y$  轴正向的最大值, 所以质点 Q 振动到波峰, 故 C 错误;

D. 由题图甲可知  $A = 10\text{ cm}$ ,  $0\sim 5\text{ s}$  的时间内, 质点 P 运动  $\frac{5}{4}T$ , 如果质点从平衡位置、波峰或波谷处, 质点在  $\frac{1}{4}T$  内运动的路程为一个振幅, 即质点在  $\frac{5}{4}T$  运动的路程为  $s = 5A = 50\text{ cm}$ , 但是质点运动起点不在平衡位置, 所以  $\frac{1}{4}T$  运动路程不等于一个振幅, 所以在  $0\sim 5\text{ s}$  的时间内, 质点 P 所走的路程不等于  $50\text{ cm}$ , 故 D 错误。

故选 AB。

【名校预测·第八题】(2026·山西太原·一模) (多选) 如图所示, 一列简谐横波在足够长的均匀长直介质中沿  $x$  轴正方向传播。  $t=0$  时,  $x=1\text{ m}$  处的质点 P 由静止开始向下运动;  $t=3\text{ s}$  时, P 点位于  $y=-2\text{ m}$  的波谷位置,  $x=13\text{ m}$  处的质点 Q 第一次到达  $y=2\text{ m}$  的波峰位置。下列说法正确的是 ( )



A. 波源的起振方向沿  $y$  轴正方向

B. 波的传播速度可能为  $6\text{m/s}$

C.  $t=3\text{s}$  时,  $x=7\text{m}$  处质点速度的大小一定为  $0$

D.  $t=2\text{s}$  时,  $x=7\text{m}$  处质点加速度的大小可能为  $\frac{25\pi^2}{36}\text{m/s}^2$

**【答案】BD**

**【知识点】** 机械振动和机械波的关系、波长、频率和波速的关系、求波速的多解问题

**【详解】A.**  $t=0$  时质点  $P$  开始向下运动, 所有质点起振方向与波源一致, 因此波源起振方向沿  $y$  轴负方向, 故 A 错误;

**B.**  $t=0$  时质点  $P$  开始向下运动,  $t=3\text{s}$  时, 质点  $P$  在波谷, 因此  $3\text{s}=(n+\frac{1}{4})T$  ( $n=1,2,3,\dots$ )

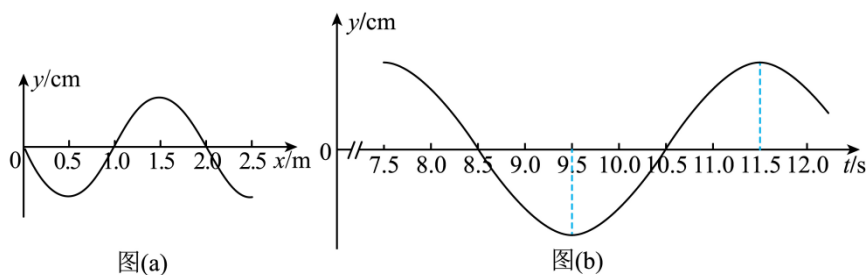
$T=\frac{12}{4n+1}\text{s}$  ( $n=1,2,3,\dots$ ),  $PQ$  间距  $PQ=13\text{m}-1\text{m}=12\text{m}$ , 波从  $P$  传到  $Q$  的时间  $t=\frac{PQ}{v}=\frac{12}{v}$ ,  $Q$  向下起振, 第一次到达波峰需要  $\frac{3}{4}T$ , 总时间满足  $3\text{s}=\frac{12}{v}+\frac{3}{4}T$  综合可得  $v=\frac{2(4n+1)}{2n-1}$  ( $n=1,2,3,\dots$ ) 当  $n=2$  时,  $v=6\text{m/s}$ , 故 B 正确;

**C.** 波传到  $x=7\text{m}$  的时间  $t'=\frac{7\text{m}-1\text{m}}{v}=\frac{6}{v}$ ,  $t=3\text{s}$  时该质点振动时间  $\Delta t=3-\frac{6}{v}=\frac{(n+1)T}{2}$ ,  $x=7\text{m}$  质点振动半个周期的整数倍后, 质点一定在平衡位置  $y=0$  处, 速度最大, 大小不为零, 故 C 错误;

**D.**  $t=2\text{s}$  时,  $x=7\text{m}$  处质点振动时间  $\Delta t'=2-\frac{6}{v}=\frac{2n+5}{4n+1}$  振动方程  $y=-2\sin\omega t$ ,  $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{\pi(4n+1)}{6}$  加速度大小  $|a|=\omega^2|y|$  当  $n=1$  时,  $\omega=\frac{5\pi}{6}$ ,  $\omega^2=\frac{25\pi^2}{36}$ ,  $y=1\text{m}$  因此  $|a|=\frac{25\pi^2}{36}\times 1\text{m/s}^2$ , 满足条件, 故 D 正确。故选

BD。

**【名校预测·第九题】** (2026·浙江宁波·二模) (多选) 一列简谐横波沿  $x$  轴正方向传播, 从某时刻开始计时, 在  $t=6\text{s}$  时的波形如图 (a) 所示。在  $x$  轴正方向, 距离原点小于一个波长的 A 质点, 其振动图像如图 (b) 所示。下列说法正确的是 ( )



- 图(a) 图(b)
- A.  $A$  质点在  $t=3s$  与  $t=7s$  时刻速度方向相反
- B.  $A$  点的平衡位置离原点的距离为  $x=0.25m$
- C.  $t=9s$  时, 平衡位置在  $x=1.7m$  处的质点加速度方向沿  $y$  轴正方向
- D.  $t=13.5s$  时, 平衡位置在  $x=1.4m$  处的质点位移为负值

【答案】BC

【知识点】振动图像与波形图的结合

【详解】A. 由图 a 可知, 波长为  $\lambda = 2m$  由图 b 可知周期为  $T=4.0s$  则波速  $v = \frac{\lambda}{T} = 0.5m/s$  故  $3s$  和  $7s$  时刻相差一个周期时间, 运动情况相同, 速度方向相同, 故 A 错误;

B. 由 b 图可知,  $t=6.0s$  时质点的位置与  $t=10.0s$  时相同, 结合图像根据数学关系可知, 位移为

$y = -\sin(\frac{0.5}{4} \times 2\pi) = -\frac{\sqrt{2}}{2}A$  再结合 a 图, 可知  $A$  点的平衡位置离原点的距离为  $x = \frac{\pi}{4} \times 2m = 0.25m$ , 故 B 正确;

C. 根据  $t=9s$  与  $t=6s$  的时间差为  $\Delta t = 9s - 6s = 3s = \frac{3}{4}T$  则平衡位置在  $x=1.7m$  处的质点在波形图上再振动  $\frac{3}{4}T$  的时间,  $x=1.5m$  的质点处于平衡位置,  $x=2.0m$  的质点处于波谷, 则  $x=1.7m$  处的质点正在负向位移向平衡位置振动, 故加速度为沿着  $y$  轴正方向, 故 C 正确;

D. 根据  $t=13.5s$  与  $t=6s$  的时间差为  $\Delta t_1 = 13.5s - 6s = 7.5s = T + \frac{3}{4}T + \frac{1}{8}T$  则在图 a 的基础上, 将波形图向右平移  $\frac{3}{4}\lambda + \frac{1}{8}\lambda$ , 可知, 此时平衡位置在  $x=1.4m$  处的质点位移为正值, 故 D 错误。故选 BC。