

# 2022-2023秋季学期 普通物理I-2 电磁学测验2

## 一、单选题（共8题，每题4分，共32分）

1. 关于电流，下列说法中**错误**的是

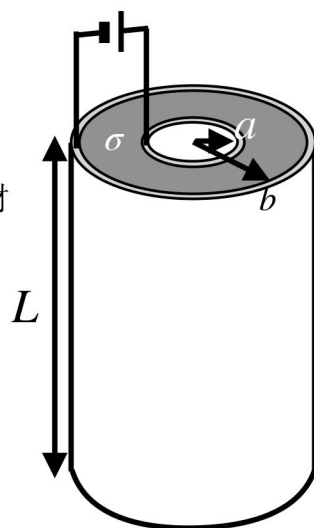
- A. 电流密度是一个矢量场，它在任意曲面上的通量等于通过这个曲面的电流
- B. 任意一个闭合曲面内电荷量的增加率等于净流入这个曲面的电流
- C. 如果一个电流是恒定的，流入任何一个闭合曲面必然等于流出这个曲面的电流
- D. 恒定电流一定在空间中形成闭合回路
- E. 以上皆对

E

2. 两个圆柱面（内外径  $a, b$ ，长度  $L$ ）之间充满电导率为  $\sigma$  的导体材料，内外柱面分别接在电路的正负极，它的电阻为

- A.  $\frac{1}{2\pi L \sigma} \ln \frac{b}{a}$
- B.  $\frac{1}{2\pi L \sigma}$
- C.  $\frac{L}{\pi(b^2 - a^2) \sigma}$
- D. 条件不足无法求解

A



3. 关于磁场力，下列说法中**错误**的是

- A. 磁场力永远不对受力粒子做功
- B. 利用磁场力可以做到偏转粒子运动方向，同时保持粒子的速度大小
- C. 一个斜射入均匀磁场中的带电粒子，它会在磁场中沿螺旋线运动
- D. 在一个观察者看来存在的磁场力，在另一个观察者看来可能却是电场力
- E. 以上皆对

E

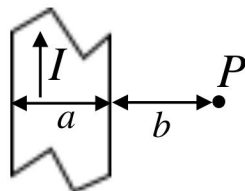
4. 关于磁场满足的规律，下面说法中**错误**的是：

- A. 安培环路定律只适用于恒定电流产生的磁场
- B. 磁场是无散场
- C. 毕奥萨伐尔定律一般只适用于恒定电流产生的磁场，但如果电流变化速度足够缓慢，也可以应用这一定律
- D. 如果磁场在一个回路上的环流为0，那么磁场在回路上处处为0
- E. 以上皆对

D

5. 有一无限长通电流的扁平铜片，宽度为 $a$ ，厚度不计，电流 $I$ 在铜片上均匀分布，则在铜片外与铜片共面、离铜片右边缘为 $b$ 处的 $P$ 点（如图）处的磁场 $\vec{B}$ 的大小为

- A.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}$   
B.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \ln \frac{a+b}{b}$   
C.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{a+b}{b}$   
D.  $\frac{\mu_0 I}{\pi(a+2b)}$



B

6. 关于法拉第定律，下列说法中**错误**的是
- A. 法拉第定律包含回路产生电动势的两种不同的机制：感生电动势和动生电动势
- B. 麦克斯韦-法拉第方程是一个基本经典电磁规律，它在任何积分区域中、任何情况下都成立
- C. 法拉第定律关于感生电动势和动生电动势的形式完全一致，都等于回路围成的面积上的磁场通量的变化率，但这只是一个巧合。
- D. 法拉第定律说明存在涡旋电场，我们不能定义电势描述涡旋电场
- E. 以上皆对

E

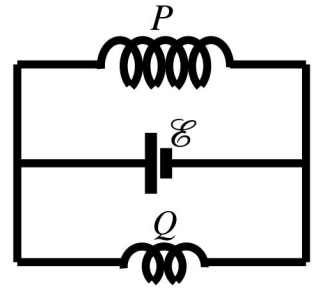
7. 关于矢量场的运算，下列说法中**错误**的是
- A. 对任意矢量场的旋度求散度 $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{A})$ ，其结果一定为0
- B. 对任意标量场的梯度求旋度 $\nabla \times (\nabla f)$ ，其结果可能不为0
- C. 一个矢量场在某点的旋度反映了它在该点附近的涡旋性；一个矢量场在某点的散度反映了它在该点附近的聚散性
- D. 如果一个单连通区域边界上的矢量场的法向分量一定，那么这个矢量场在区域内的全部特征由它的散度和旋度确定。
- E. 以上皆对

B

8. 关于麦克斯韦方程组和电磁波，下列说法**错误**的是：
- A. 四个麦克斯韦方程分别反映了电场和磁场的聚散性和涡旋性
- B. 麦克斯韦方程组在任意积分区域都成立
- C. 微分形式的麦克斯韦方程组说明电场和磁场的相互作用是局域的
- D. 电磁波是传播的电磁场，它是横波，电场、磁场和传播方向间满足右手定则

- E. 电磁场有能量也有动量，它是一种物质形式  
 F. 在任何参考系下电磁波的真空传播速度都等于 $1/\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$   
 G. 以上皆对

G



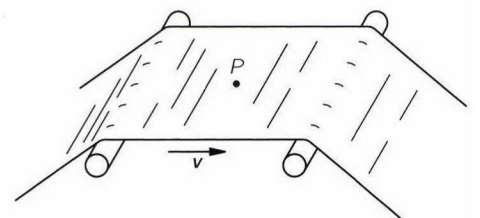
## 二、填空题（共2题，每题4分，共8分）

- 如图所示，两个线圈P和Q并联地接到一电动势恒定的电源上。线圈P的自感和电阻分别是线圈Q的两倍，线圈P和Q之间的互感可忽略不计。当达到稳定状态后，线圈P的磁场能量与Q的磁场能量的比值是 1:2。
- 如均匀磁场的方向铅直向下，一矩形导线回路的平面与水平面一致，当这个回路上的电流沿\_\_\_\_\_方向流动时，它才处于稳定平衡状态。

## 三、计算题（共3题，每题20分，共60分）

(要求：画图，指明坐标系，标明未知量，注意矢量符号，矢量有大小和方向，注明利用什么对称性)

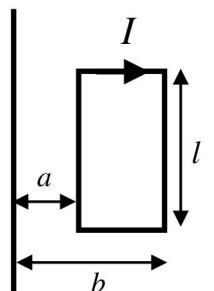
- 在一家塑料薄膜工厂里，一个很宽的塑料薄膜带以速率 $v$ 在两个相邻滚轮间运动，如图所示。在制造过程中，薄膜积累了均匀的表面电荷 $\sigma$ ，求如图所示薄膜上侧紧贴薄膜的P点处的磁场（要求画出选择的坐标系，根据所选坐标系指明磁场的大小和方向。如果有对称性的讨论，说明之）



- 一无限长直导线和一矩形线圈共面放置，其长边与导线平行，位置如图所示。求：

(1) (10分) 导线与线圈的互感系数。

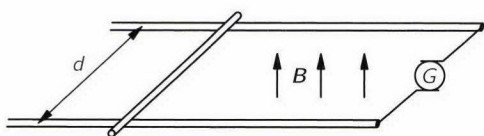
(2) (10分) 如果在矩形线圈中通有如图方向的变化电流 $I = I_0 \cos \omega t$  (假设电流变化速度非常缓慢)，求导线上的感生电动势，以及电流方向（忽略导线的自感）



3. 一个质量为  $m$  的金属线，在两根相距为  $d$  的导轨上无摩擦地运动。导轨位于竖直的均匀磁场  $\vec{B}$  中。

(1) (10分) 从发电机G流出的一**恒定电流**  $I$  流入导轨，再沿另一导轨流回，求导线的速度关于时间的函数  $v(t)$  (在  $t = 0$  时刻，导线静止)

(2) (10分) 用具有**恒定电动势**  $\mathcal{E}$  的电池替代发电机G，求导线的速度关于时间的函数  $v(t)$ ，它将会趋于一个定值，这个速度是什么？



四、附加题 (15分，两题中任选一题作答；或者选择两题中的各一部分作答，分数则为各自得分的加和，且以15分为上限)

1. 利用矢量叉乘的行列式形式或Levi-Civita符号的形式，证明下面的公式

(1) (3分) 对于任意矢量场  $\vec{A}$ ，有  $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{A}) = 0$

(2) (3分) 对于任意标量场  $f$ ，有  $\nabla \times (\nabla f) = 0$

(3) (9分) 对于任意矢量场  $\vec{A}$ ，有  $\nabla \times (\nabla \times \vec{A}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}$  (提示：如果本题选用Levi-Civita符号的方法，那么这些性质可能会有用：  $\epsilon_{ijk} = \epsilon_{jki} = \epsilon_{kij}$ ，

$$\epsilon_{ijk} = -\epsilon_{jik}, \text{ 以及 } \sum_i \epsilon_{ijk} \epsilon_{ij'k'} = \delta_{jj'} \delta_{kk'} - \delta_{jk'} \delta_{kj'})$$

2. 地球的转动可以由下述方法测量：将一个充了电的圆柱型导体放于地球的北极，将导体的轴指向由北极指向地心，测量导体轴心和边缘之间的电势差，据此可以测得地球的转动。

(1) (6分) 假设圆柱体很长，圆柱体的半径为  $R$ ，沿圆柱方向单位长度的导体表面电荷密度为  $\lambda$ ，以地球的自转角速度  $\omega$  表示导体内部的磁场大小

- (2) (9分) 写出导体轴心和边缘之间的电势差与地球的自转角速度  $\omega$  之间的依赖关系  
(提示：回忆法拉第发电机的原理)