

第六章 电磁场理论基础

一、选择题

1. 感生电动势产生的本质原因是 ()

- A. 磁场对导体中自由电子的作用;
- B. 静电场对导体中自由电子的作用;
- C. 感生电场(涡旋电场)对导体中自由电子的作用。

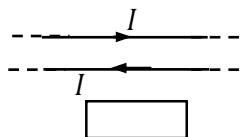
2. 尺寸相同的铁环与铜环所包围的面积中, 通以相同变化的磁通量, 环中 ()

- A. 感应电动势不同;
- B. 感应电动势相同, 感应电流相同;
- C. 感应电动势不同, 感应电流相同;
- D. 感应电动势相同, 感应电流不同。

3. 两根无限长平行直导线载有大小相等方向相反的电流 I , I 以 $\frac{dI}{dt}$ 的变化率增长, 一矩形

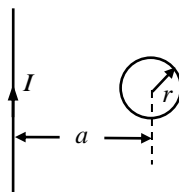
线圈位于导线平面内(如图), 则 ()

- A. 线圈中无感应电流;
- B. 线圈中感应电流为顺时针方向;
- C. 线圈中感应电流为逆时针方向;
- D. 线圈中感应电流方向不确定。



4. 在一通有电流 I 的无限长直导线所在平面内, 有一半径为 r 、电阻为 R 的导线环, 环中心距直导线为 a , 如图所示, 且 $a \gg r$ 。当直导线的电流被切断后, 沿着导线环流过的电量约为 ()

- A. $\frac{\mu_0 I r^2}{2\pi R} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+r} \right)$;
- B. $\frac{\mu_0 I r}{2\pi R} \ln \frac{a+r}{a}$;
- C. $\frac{\mu_0 I r^2}{2aR}$;
- D. $\frac{\mu_0 I a^2}{2rR}$ 。



5. 对位移电流, 有下述四种说法, 请指出哪一种说法是正确的 ()

- A. 位移电流是由变化电场产生的;
- B. 位移电流是由变化磁场产生的;
- C. 位移电流的热效应服从焦耳-楞次定律;
- D. 位移电流的磁效应不服从安培环路定理。

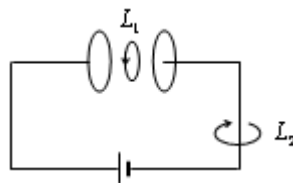
6. 在感应电场中电磁感应定律可写成 $\oint_C E_K \cdot dr = -\frac{d\Phi_m}{dt}$, 式中 E_K 为感应电场的电场强度,

此式表明 ()

- A. 闭合曲线 C 上 E_K 处处相等;
- B. 感应电场是保守力场;
- C. 感应电场的电场线不是闭合曲线;
- D. 在感应电场中不能像静电场那样引入电势的概念。

7. 如图所示, 平板电容器 (忽略边缘效应) 充电时, 沿环路 L_1 , L_2 磁场强度 \vec{H} 的环流中, 必有 ()

- A. $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} > \oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l}$; B. $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l}$;
C. $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} < \oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l}$; D. $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} = 0$ 。



8. 用线圈的自感系数 L 来表示载流线圈的磁场能量公式

$$W_m = \frac{1}{2} LI^2 \quad ()$$

- A. 只适用于无限长密绕的螺线管;
B. 只适用于单匝圆线圈;
C. 只适用于一个匝数很多, 且密绕的螺线管;
D. 适用于自感系数为 L 任意线圈。

9. 某广播电台的天线可视为偶极辐射, 原发射频率为 ν , 若将发射频率提高到 4ν , 其辐射强度为原来的 () 倍。

- A. 16; B. 8; C. 32; D. 256。

10. 在某广播电台附近电场强度的最大值为 E_m , 则该处磁感应强度最大值为 () (式中 c 为光速)。

- A. E_m/c^2 ; B. $c^2 E_m$; C. E_m/c ; D. $c E_m$ 。

11. 一功率为 P 的无线电台, A 点距电台为 r_A , B 点距电台为 r_B , 且 $r_B = 2r_A$, 若电台沿各方向作等同辐射, 则场强幅值 $E_A : E_B$ 为 ()

- A. 2 : 1; B. 4 : 1; C. 8 : 1; D. 16 : 1。

12. 设在真空中沿着 z 轴负方向传播的平面电磁波, 其磁场强度的波的表达式为 $H_x = -H_0 \cos \omega(t + z/c)$, 则电场强度的波的表达式为 ()

- A. $E_y = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} H_0 \cos \omega(t + z/c)$;
B. $E_x = \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} H_0 \cos \omega(t + z/c)$;
C. $E_y = -\sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} H_0 \cos \omega(t + z/c)$;
D. $E_x = -\sqrt{\mu_0 / \epsilon_0} H_0 \cos \omega(t + z/c)$ 。

13. 在均匀媒质中, 沿 \vec{r} 方向传播的平面电磁波的方程为 $E = E_0 \cos \omega(t - \frac{r}{u})$,

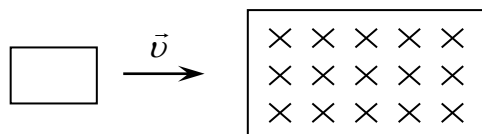
$H = H_0 \cos \omega(t - \frac{r}{u})$, 则其振幅 E_0 , H_0 与平均能流密度 \bar{S} 的关系为 ()

- A. $E_0 = H_0$; $\bar{S} = E_0 H_0$;
B. $\sqrt{\epsilon} E_0 = \sqrt{\mu} H_0$; $\bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$;
C. $\sqrt{\epsilon} E_0 = \sqrt{\mu} H_0$; $\bar{S} = E_0 H_0$;
D. $\sqrt{\epsilon_0} E_0 = \sqrt{\mu_0} H_0$; $\bar{S} = \frac{1}{2} E_0 H_0$ 。

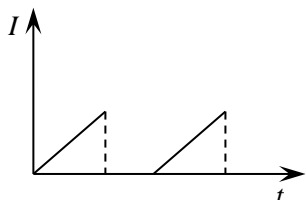
14. 关于电磁波和机械波的性质比较, 下列说法不正确的是 ()

- A. 都可以在真空中传播;
- B. 都可以产生衍射、干涉现象;
- C. 都是能量由近及远地向外传播;
- D. 都能产生反射、折射现象。

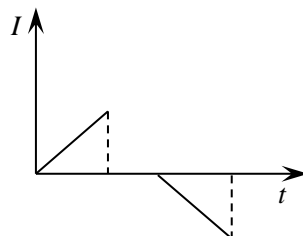
15. 如图所示, 一矩形线圈以匀速自无场区平移进入均匀磁场区, 又平移穿出, 在 A、B、C、D 的各 $I-t$ 曲线中哪一个符合图中电流随时间的变化关系 (逆时针方向定为电流的正方向, 且不计线圈的自感) ()



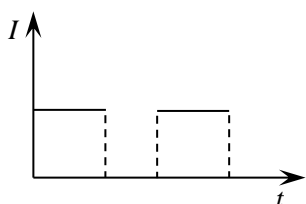
A.



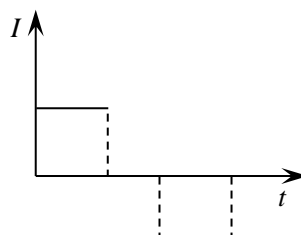
B.



C.

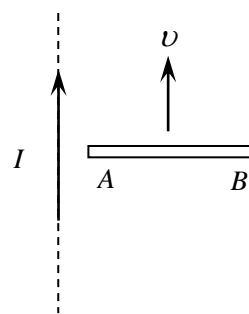


D.



二、填空题

1. 如图所示, 一长直导线中通有电流 I , 有一与长直导线共面、垂直于导线的细金属棒 AB , 以速度 v 平行于长直导线作匀速运动, 问



- (1) 金属棒 A 、 B 两端的电势 U_A 和 U_B 哪一个较高? _____
- (2) 若将电流 I 反向, U_A 和 U_B 哪一个较高? _____
- (3) 若将金属棒与导线平行放置, 结果又如何? _____

2. 动生电动势的定义式为 $\varepsilon =$ _____, 与动生电动势相联系的非静电力为 _____, 其非静电性场强为 $\vec{E}_K =$ _____。

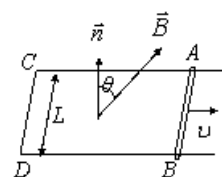
3. 位移电流 $I_d =$ _____, 它与传导电流及运流电流均能产生 _____ 效应, 但它不能产生 _____ 效应。

4. 涡旋电场是由 _____ 所激发的, 其环流的数学表达式为 _____, 涡旋电场强度 $\vec{E}_{\text{涡}}$ 与 _____ 成 _____ 旋关系。

5. 取自感系数的定义式为 $L = \frac{\Phi}{I}$, 当线圈的几何形状不变, 周围无铁磁性物质时, 若线圈中的电流强度变小, 则线圈的自感系数 L _____。
6. 已知在一个面积为 S 的平面闭合线圈的范围内, 有一随时间变化的均匀磁场 $B(t)$, 则此闭合线圈内的感应电动势为_____。
7. 用导线制成一半径为 $r = 10\text{cm}$ 的闭合线圈, 其电阻 $R = 10$ 欧, 均匀磁场 B 垂直于线圈平面, 欲使电路中有一稳恒的感应电流 $i = 0.01\text{A}$, B 的变化率应为 $\text{dB}/\text{dt} =$ _____。
8. 在没有自由电荷和传导电流的变化电磁场中:
 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} =$ _____; $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} =$ _____。
9. 在自感系数为 $L = 0.05\text{mH}$ 的线圈中, 流过 $I = 0.8\text{A}$ 的电流, 在切断电路后经 $t = 0.8\mu\text{s}$ 的时间, 电流强度近似为零, 回路中的平均自感电动势的大小 $\varepsilon_L =$ _____。
10. 一列平面电磁波, 在真空中传播, 则它是_____波; 波速 $C =$ _____; 空间某一点的电场强度 \vec{E} 和磁场强度 \vec{H} 的方向_____; 相位_____。
11. 一广播电台的平均辐射功率 20kw , 假定辐射的能量均匀分布在以电台为球心的半球面上, 那么距离电台为 10km 处的电磁波的平均辐射强度为_____。
12. 一列电磁波的波长为 0.03m , 电场强度幅值 $E_0 = 30\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$, 则该电磁波的频率为 Hz , 其磁感应强度 B 的幅值为_____ T , 平均辐射强度为_____ $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。
13. 一列电磁波在真空中沿 Z 轴传播, 设某点的电场强度: $E_x = 900\cos(2\pi\nu t + \frac{\pi}{6})\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$, 则该点磁场强度的表达式为_____ $\text{A} \cdot \text{m}^{-1}$ 。
14. 有一氦氖激光器发出功率为 10mW 的激光, 设发出的激光为圆柱形光束, 圆柱横截面的直径为 2mm , 则激光束的坡印廷矢量的平均值为_____。
15. 在电磁波传播的空间中, 任一点的 \vec{E} 和 \vec{H} 的方向及波传播方向之间的关系是_____。
16. 坡印廷矢量 \vec{S} 的物理意义是_____, 定义式为_____。
17. 一电磁波在空气中通过某点时, 该点某一时刻的电场强度 $E = 100\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$, 则同时刻的磁场强度 $H =$ _____, 电磁能密度 $\omega =$ _____, 能流密度 $S =$ _____。

三、计算题

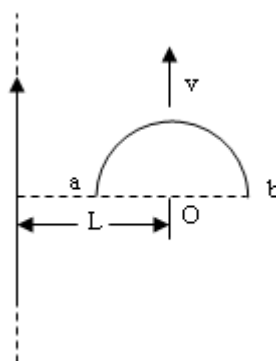
1. 如图所示, 匀强磁场 \vec{B} 与矩形导线回路的法线 \vec{n} 成 $\theta = 60^\circ$ 角, $B = kt$ (k 为大于零的常数)。长为 L 的导体杆 AB 以匀速 v 向右平动, 求回路中 t 时刻的感应电动势的大小和方向 (设 $t = 0$ 时, $x = 0$)。



2. 一长直导线中通有电流 I ，在其旁有一半径为 R 的金属圆环 ab ，二者共面，且直径 ab 与直导线垂直，环心与直导线相距 L ，当半圆环以速度 v 平行直导线运动时，试求：

(1) 半圆环两端电势差 $U_a - U_b$ ；

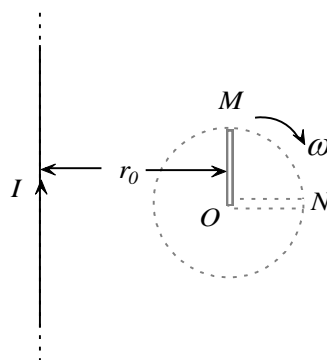
(2) 哪端电势高？



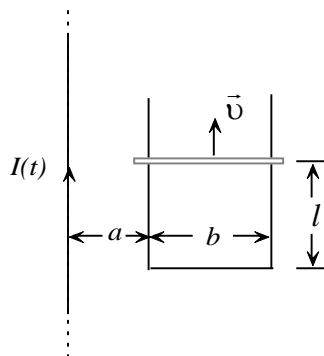
3. 一无限长直导线上通过稳恒电流 I ，电流方向向上，导线旁有一长度为 L 的金属棒，绕其一端 O 在一平面内顺时针匀速转动，转动角速度为 ω ， O 点至导线的垂直距离为 r_0 ，设长直导线在金属棒旋转的平面内，试求：

(1) 当金属棒转至与长直导线平行、且 O 端向下（即图中 OM 位置）时，棒内感应电动势的大小和方向；

(2) 当金属棒转至与长直导线垂直、且 O 端靠近导线（即图中 ON 位置）时，棒内的感应电动势的大小和方向。



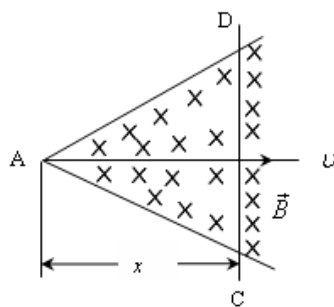
4. 如图所示，真空中一长直导线通有电流 $I=I(t)$ ，有一带滑动边的矩形导线框与长直导线平行共面，二者相距 a ，矩形线框的滑动边与长直导线垂直，它的长度为 b ，并且以匀速 \vec{v} （方向平行长直导线）滑动，若忽略线框中的自感电动势，并设开始时滑动边与对边重合。求：（1）任意时刻矩形线框内的动生电动势；（2）任意时刻矩形线框内的感应电动势。



5. 如图，在等边三角形平面回路 $ADCA$ 中存在磁感应强度为 \vec{B} 的均匀磁场，其方向垂直于回路平面，回路上 CD 段为滑动导线，它以匀速 v 远离 A 端运动，并始终保持回路是等边三角形，设滑动导线 CD 到 A 端的垂直距离为 x ，且时间 $t=0$ 时， $x=0$ ，试求，在下述两种不同的磁场情况下，回路中的感应电动势 ε 和时间 t 的关系。

(1) $\vec{B} = \vec{B}_0 = \text{常矢量}$

(2) $\vec{B} = \vec{B}_0 t$ ， $\vec{B}_0 = \text{常矢量}$



6. 一个 n 匝圆形细线圈，半径为 b ，以匀角速度 ω 绕其某一直径轴转动，该转轴与均匀磁场 \vec{B} 垂直。假定有一个面积为 A （很小）的小铜环，固定在该转动线圈的圆心上，环面与磁场垂直。若大线圈的电阻为 R ，自感系数忽略，如图所示。试求在小铜环内产生的感应电动势（忽略小铜环对圆形线圈的感应）。



7. 由粗细均匀的同种材料制作的正三角形导体线圈, 边长为 a , 电阻为 R , 处于磁感应强度为 B 的均匀磁场中, 线圈平面与磁感应强度垂直, 现使线圈绕其一边以恒定角速度 ω 转动。
求: (1) 线圈中的感应电流; (2) 三角形每两个顶点之间的电势差。

8. 已知在某一各向同性介质中传播的线偏振光, 其电场分量为

$$E_z = E_0 \cos \pi \times 10^{15} \left(t + \frac{x}{0.8c} \right) (\text{SI})$$

式中 $E_0 = 0.08 \text{ V} \cdot \text{m}$, c 为真空光速。试求

- (1) 介质的折射率; (2) 光波的频率;
(3) 磁场分量的幅值; (4) 平均辐射强度。

9. 如图所示，长度为 L 的金属棒在均匀磁场 \vec{B} 中绕平行于磁场方向的定轴 OO' 转动。已知棒相对于磁场 \vec{B} 的方位角为 θ ，棒的角速度为 ω 。求棒中的动生电动势。

