

## 《电磁场与电磁波》试题 1

### 一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

1. 在均匀各向同性线性媒质中，设媒质的导磁率  $\mu$ ，则磁感应强度  $\vec{B}$  和磁场  $\vec{H}$  满足的方程为： $\vec{B} = \mu \vec{H}$ 。
2. 设线性各向同性的均匀媒质中， $\nabla^2 \phi = 0$  称为  $\Delta \phi = 0$  方程。
3. 时变电磁场中，数学表达式  $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$  称为坡印廷矢量。
4. 在理想导体的表面， $\vec{E}$  的切向分量等于零。
5. 矢量场  $\vec{A}(\vec{r})$  穿过闭合曲面  $S$  的通量的表达式为： $\oint_S \vec{A} \cdot d\vec{S}$ 。
6. 电磁波从一种媒质入射到理想导体表面时，电磁波将发生全反射。
7. 静电场是无旋场，故电场强度沿任一条闭合路径的积分等于零。
8. 如果两个不等于零的矢量的点积等于零，则此两个矢量必然相互垂直。
9. 对平面电磁波而言，其电场、磁场和波的传播方向三者符合右手螺旋关系。
10. 由恒定电流产生的磁场称为恒定磁场，恒定磁场是无散场，因此，它可用矢势函数的旋度来表示。

### 二、简述题（每小题 5 分，共 20 分）

11. 已知麦克斯韦第二方程为  $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ ，试说明其物理意义，并写出方程的积分形式。
12. 试简述唯一性定理，并说明其意义。
13. 什么是群速？试写出群速与相速之间的关系式。
14. 写出位移电流的表达式，它的提出有何意义？

### 三、计算题（每小题 10 分，共 30 分）

15. 按要求完成下列题目

(1) 判断矢量函数  $\vec{B} = -y^2 \hat{e}_x + xz \hat{e}_y$  是否是某区域的磁通量密度？

(2) 如果是，求相应的电流分布。

16. 矢量  $\vec{A} = 2\hat{e}_x + \hat{e}_y - 3\hat{e}_z$ ,  $\vec{B} = 5\hat{e}_x - 3\hat{e}_y - \hat{e}_z$ ，求

(1)  $\vec{A} + \vec{B}$

(2)  $\vec{A} \cdot \vec{B}$

17. 在无源的自由空间中，电场强度复矢量的表达式为

$$\vec{E} = \begin{pmatrix} 3E_x & -e^{\hat{y}} 4E_y & 0 \end{pmatrix} e^{-jkz}$$

- (1) 试写出其时间表达式；
- (2) 说明电磁波的传播方向；

### 四、应用题（每小题 10 分，共 30 分）

18. 均匀带电导体球，半径为  $a$ ，带电量为  $Q$ 。试求

- (1) 球内任一点的电场强度
- (2) 球外任一点的电位移矢量。

19. 设无限长直导线与矩形回路共面，（如图 1 所示），

- (1) 判断通过矩形回路中的磁感应强度的方向（在图中标出）；
- (2) 设矩形回路的法向为穿出纸面，求通过矩形回路中的磁通量。

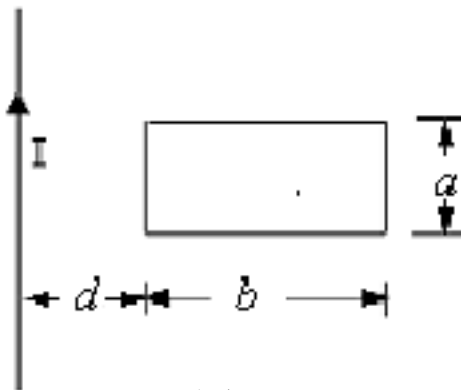


图 1

20. 如图 2 所示的导体槽，底部保持电位为  $U_0$ ，其余两面电位为零，

- (1) 写出电位满足的方程；
- (2) 求槽内的电位分布

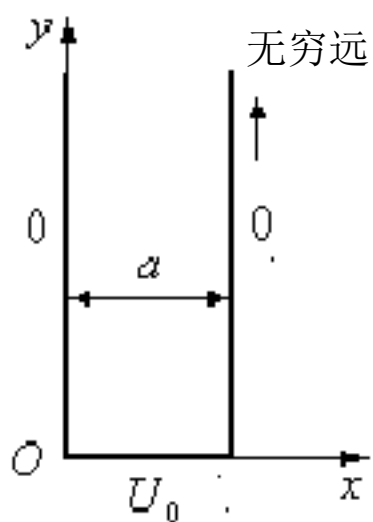


图 3  
图 2

## 五、综合题（10 分）

21. 设沿  $+z$  方向传播的均匀平面电磁波垂直入射到理想导体，如图3 所示，该电磁波电场只有  $x$  分量即

$$E = e_x E_0 e^{-j\beta z}$$

- (1) 求出入射波磁场表达式；
- (2) 画出区域 1 中反射波电、磁场的方向。

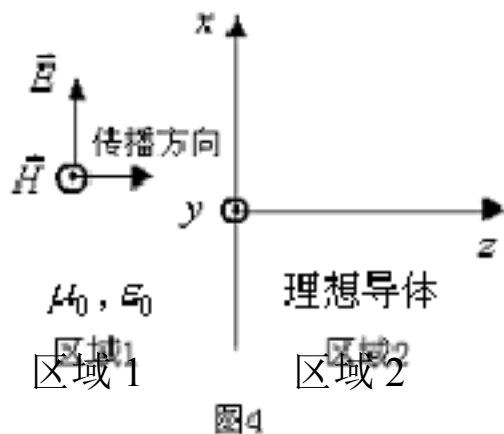


图 3

## 《电磁场与电磁波》试题 2

### 一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

- 在均匀各向同性线性媒质中，设媒质的介电常数为  $\epsilon$ ，则电位移矢量  $\vec{D}$  和电场  $\vec{E}$  满足的方程为：\_\_\_\_\_。
- 设线性各向同性的均匀媒质中电位为  $\phi$ ，媒质的介电常数为  $\epsilon$ ，电荷体密度为  $\rho$ ，电位所满足的方程为\_\_\_\_\_。
- 时变电磁场中，坡印廷矢量的数学表达式为\_\_\_\_\_。
- 在理想导体的表面，电场强度的\_\_\_\_\_分量等于零。
- 表达式  $\oint_S \vec{A}(\vec{r}) \cdot d\vec{S}$  称为矢量场  $\vec{A}(\vec{r})$  穿过闭合曲面 S 的\_\_\_\_\_。
- 电磁波从一种媒质入射到理想导体表面时，电磁波将发生\_\_\_\_\_。
- 静电场是保守场，故电场强度沿任一条闭合路径的积分等于\_\_\_\_\_。
- 如果两个不等于零的矢量的点积等于零，则此两个矢量必然相互\_\_\_\_\_。
- 对横电磁波而言，在波的传播方向上电场、磁场分量为\_\_\_\_\_。
- 由恒定电流产生的磁场称为恒定磁场，恒定磁场是\_\_\_\_\_场，因此，它可用磁矢位函数的旋度来表示。

### 二、简述题（每小题 5 分，共 20 分）

- 试简述磁通连续性原理，并写出其数学表达式。
- 简述亥姆霍兹定理，并说明其意义。

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

- 已知麦克斯韦第二方程为  $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$ ，试说明其物理意义，并写出方程的微分形式。

- 什么是电磁波的极化？极化分为哪三种？

### 三、计算题（每小题 10 分，共 30 分）

- 矢量函数  $\vec{A} = -yx^2\hat{e}_x + yze\hat{e}_z$ ，试求

$$(1) \nabla \cdot \vec{A}$$

$$(2) \nabla \times \vec{A}$$

- 矢量  $\vec{A} = 2\hat{e}_x - 2\hat{e}_z$ ， $\vec{B} = \hat{e}_x - \hat{e}_y$ ，求

- (1)  $\vec{A} - \vec{B}$
- (2) 求出两矢量的夹角

17. 方程  $u(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2$  给出一球族，求

- (1) 求该标量场的梯度；
- (2) 求出通过点  $(1, 2, 0)$  处的单位法向矢量。

#### 四、应用题（每小题 10 分，共 30 分）

18. 放在坐标原点的点电荷在空间任一点  $\vec{r}$  处产生的电场强度表达式为

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{e}_r$$

- (1) 求出电力线方程； (2) 画出电力线。 19

· 设点电荷位于金属直角劈上方，如图 1 所示，求

- (1) 画出镜像电荷所在的位置
- (2) 直角劈内任意一点  $(x, y, z)$  处的电位表达式

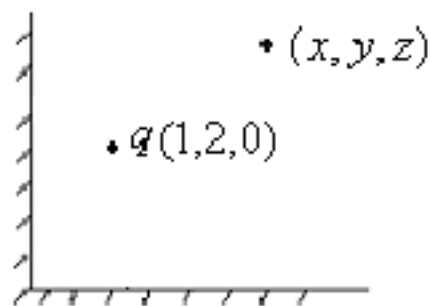


图 1

20. 设时变电磁场的电场强度和磁场强度分别为：

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - \phi_e) \quad \vec{H} = H_0 \cos(\omega t - \phi_m)$$

- (1) 写出电场强度和磁场强度的复数表达式

$$\vec{S}_{av} = \frac{1}{2} \vec{E}_0 \times \vec{H}_0 \cos(\phi_e - \phi_m)$$

- (2) 证明其坡印廷矢量的平均值为：

#### 五、综合题（10 分）

21. 设沿  $+\vec{z}$  方向传播的均匀平面电磁波垂直入射到理想导体，如图2 所示，该电磁波电场只有  $x$  分量即

$$\vec{E} = \hat{e}_x E_0 e^{-j\beta z}$$

- (3) 求出反射波电场的表达式；
- (4) 求出区域 1 媒质的波阻抗。

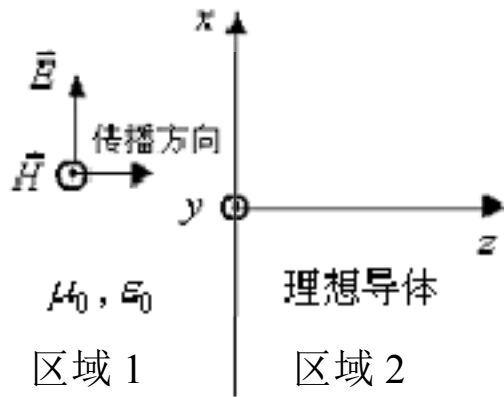


图 2

### 《电磁场与电磁波》试题 3

#### 一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

1. 静电场中，在给定的边界条件下，拉普拉斯方程或\_\_\_\_\_方程的解是唯一的，这一定理称为唯一性定理。
2. 在自由空间中电磁波的传播速度为\_\_\_\_\_ m/s。
3. 磁感应强度沿任一曲面 S 的积分称为穿过曲面 S 的\_\_\_\_\_。
4. 麦克斯韦方程是经典\_\_\_\_\_理论的核心。
5. 在无源区域中，变化的电场产生磁场，变化的磁场产生\_\_\_\_\_，使电磁场以波的形式传播出去，即电磁波。
6. 在导电媒质中，电磁波的传播速度随频率变化的现象称为\_\_\_\_\_。
7. 电磁场在两种不同媒质分界面上满足的方程称为\_\_\_\_\_。
8. 两个相互靠近、又相互绝缘的任意形状的\_\_\_\_\_可以构成电容器。
9. 电介质中的束缚电荷在外加电场作用下，完全脱离分子的内部束缚力时，我们把这种现象称为\_\_\_\_\_。
10. 所谓分离变量法，就是将一个\_\_\_\_\_函数表示成几个单变量函数乘积的方法。

#### 二、简答题（每小题 5 分，共 20 分）

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

11. 已知麦克斯韦第一方程为\_\_\_\_\_，试说明其物理意义，并写出方程的积分形式。
12. 试简述什么是均匀平面波。
13. 试简述静电场的性质，并写出静电场的两个基本方程。
14. 试写出泊松方程的表达式，并说明其意义。

#### 三、计算题（每小题 10 分，共 30 分）

$$\vec{E} = \hat{e}_r \frac{25}{r^2}$$

15. 用球坐标表示的场  $\vec{E} = \hat{e}_r \frac{25}{r^2}$ ，求
  - (1) 在直角坐标中点 (-3, 4, 5) 处的  $|\vec{E}|$ ；
  - (2) 在直角坐标中点 (-3, 4, 5) 处的  $\vec{E}$  的 x 分量
16. 矢量函数  $\vec{A} = -x^2 \hat{e}_x + y \hat{e}_y + x \hat{e}_z$ ，试求

(1)  $\nabla \cdot \vec{A}$

(2) 若在  $xy$  平面上有一边长为 2 的正方形，且正方形的中心在坐标原点，试求该矢量  $\vec{A}$  穿过此正方形的通量。

17. 已知某二维标量场  $u(x, y) = x^2 + y^2$ ，求

(1) 标量函数的梯度；

(2) 求出通过点  $(1,0)$  处梯度的大小。

#### 四、应用题（每小题 10 分，共 30 分）

18. 在无源的自由空间中，电场强度复矢量的表达式为  $\vec{E} = e_x 3E e^{-jkz}$

(3) 试写出其时间表达式；

(4) 判断其属于什么极化。

19. 两点电荷  $q_1 = -4C$ ，位于  $x$  轴上  $x = 4$  处， $q_2 = 4C$  位于轴上  $y = 4$  处，求空间点  $(0,0,4)$  处的

(1) 电位；

(2) 求出该点处的电场强度矢量。

20. 如图 1 所示的二维区域，上部保持电位为  $U_0$ ，其余三面电位为零，

(1) 写出电位满足的方程和电位函数的边界条件

(2) 求槽内的电位分布

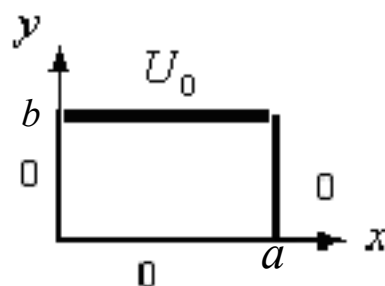


图 1

#### 五、综合题（10 分）

21. 设沿  $+z$  方向传播的均匀平面电磁波垂直入射到理想导体，如图2 所示，该电磁波为沿  $x$  方向的线极

化，设电场强度幅度为  $E_0$ ，传播常数为  $\beta$ 。

(5) 试写出均匀平面电磁波入射波电场的表达式；

(6) 求出反射系数。

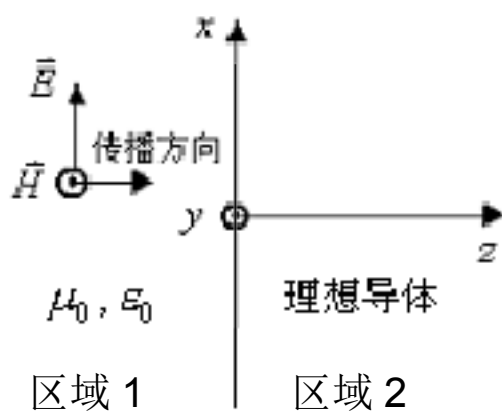


图 2

## 《电磁场与电磁波》试题（4）

### 一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

- $\vec{A} = \hat{e}_x + \hat{e}_y + \hat{e}_z$
1. 矢量  $\vec{A}$  的大小为\_\_\_\_\_。
  2. 由相对于观察者静止的，且其电量不随时间变化的电荷所产生的电场称为\_\_\_\_\_。
  3. 若电磁波的电场强度矢量的方向随时间变化所描绘的轨迹是直线，则波称为\_\_\_\_\_。
  4. 从矢量场的整体而言，无散场的\_\_\_\_\_不能处处为零。
  5. 在无源区域中，变化的电场产生磁场，变化的磁场产生电场，使电磁场以\_\_\_\_\_的形式传播出去，即电磁波。
  6. 随时间变化的电磁场称为\_\_\_\_\_场。
  7. 从场角度来讲，电流是电流密度矢量场的\_\_\_\_\_。
  8. 一个微小电流环，设其半径为  $a$ 、电流为  $I$ ，则磁偶极矩矢量的大小为\_\_\_\_\_。
  9. 电介质中的束缚电荷在外加\_\_\_\_\_作用下，完全脱离分子的内部束缚力时，我们把这种现象称为击穿。
  10. 法拉第电磁感应定律的微分形式为\_\_\_\_\_。

### 二、简述题（每小题 5 分，共 20 分）

11. 简述恒定磁场的性质，并写出其两个基本方程。
12. 试写出在理想导体表面电位所满足的边界条件。
13. 试简述静电平衡状态下带电导体的性质。
14. 什么是色散？色散将对信号产生什么影响？

### 三、计算题（每小题 10 分，共 30 分）

- $\psi(x, y, z) = x^2 y^3 + e^z$   $P(1, -1, 0)$
15. 标量场  $\psi$ ，在点  $P$  处

- (1) 求出其梯度的大小
- (2) 求梯度的方向

- $\vec{A} = \hat{e}_x + 2\hat{e}_y = \hat{e}_x - 3\hat{e}_z$ ，求
16. 矢量  $\vec{A}$  的大小

- $\vec{B}$ ，求  $\vec{A} \times \vec{B}$

- (1)  $\vec{A} \times \vec{B}$

- (2)  $\vec{A} + \vec{B}$

17. 矢量场  $\vec{A}$  的表达式为

$$\vec{A} = \hat{e}_x 4x - \hat{e}_y 2y$$

- (1) 求矢量场  $\vec{A}$  的散度。

- (2) 在点  $(1, 1)$  处计算矢量场  $\vec{A}$  的大小。

### 四、应用题（每小题 10 分，共 30 分）

18. 一个点电荷  $+q$  位于  $(-a, 0, 0)$  处，另一个点电荷  $-2q$  位于  $(a, 0, 0)$  处，其中  $a > 0$ 。  
(1) 求出空间任一点  $(x, y, z)$  处电位的表达式；

(2) 求出电场强度为零的点。 19

真空中均匀带电球体，其电荷密度为  $\rho$ ，半径为  $a$ ，试求

- (1) 球内任一点的电位移矢量
- (2) 球外任一点的电场强度

20. 无限长直线电流  $I$  垂直于磁导率分别为  $\mu_1$  和  $\mu_2$  的两种磁介质的交界面，如图 1 所示。

- (1) 写出两磁介质的交界面上磁感应强度满足的方程

- (2) 求两种媒质中的磁感应强度  $B_1$  和  $B_2$ 。

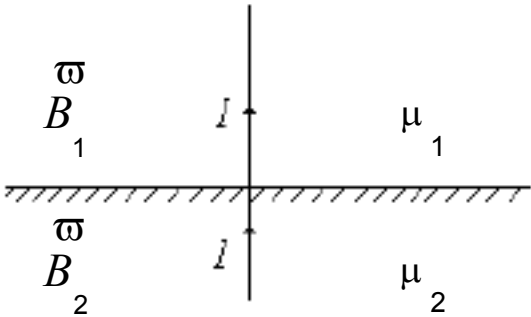


图 1

五、综合题（10 分）

21. 设沿  $+z$  方向传播的均匀平面电磁波垂直入射到理想导体，如图 2 所示，入射波电场的表达式为

$$\vec{E} = e_y E_0 e^{-j\beta z}$$

- (1) 试画出入射波磁场的方向
- (2) 求出反射波电场表达式。

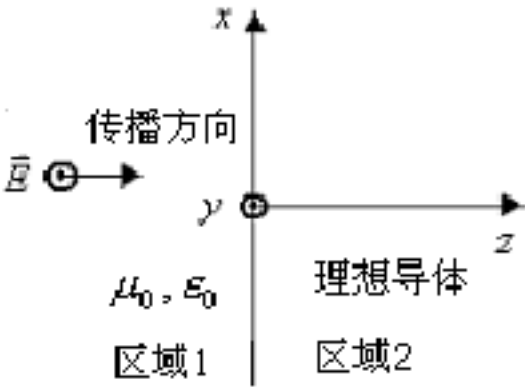


图 2

《电磁场与电磁波》试题（5）

一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

- 1. 静电场中，在给定的边界条件下，拉普拉斯方程或泊松方程的解是唯一的，这一定理称为\_\_\_\_\_。
- 2. 变化的磁场激发\_\_\_\_\_，是变压器和感应电动机的工作原理。
- 3. 从矢量场的整体而言，无旋场的\_\_\_\_\_不能处处为零。
- 4. \_\_\_\_\_方程是经典电磁理论的核心。 5
- 5. 如果两个不等于零的矢量的点乘等于零，则此两个矢量必然相互\_\_\_\_\_。
- 6. 在导电媒质中，电磁波的传播速度随\_\_\_\_\_变化的现象称为色散。

7. 电场强度矢量的方向随时间变化所描绘的\_\_\_\_\_称为极化。
8. 两个相互靠近、又相互\_\_\_\_\_的任意形状的导体可以构成电容器。
9. 电介质中的束缚电荷在外加电场作用下，完全\_\_\_\_\_分子的内部束缚力时，我们把这种现象称为击穿。
10. 所谓分离变量法，就是将一个多变量函数表示成几个\_\_\_\_\_函数乘积的方法。

二、简答题（每小题 5 分，共 20 分）

11. 简述高斯通量定理，并写出其积分形式和微分形式的表达式。
12. 试简述电磁场在空间是如何传播的？
13. 试简述何谓边界条件。

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

14. 已知麦克斯韦第三方程为  $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ ，试说明其物理意义，并写出其微分形式。

三、计算题（每小题 10 分，共 30 分）

15. 已知矢量  $\vec{A} = \hat{e}_x + \hat{e}_y + \hat{e}_z$ ，

- (1) 求出其散度
- (2) 求出其旋度

16. 矢量  $\vec{A} = \hat{e}_x + 2\hat{e}_y = \hat{e}_x - 3\hat{e}_z$ ，

- (1) 分别求出矢量  $\vec{A}$  和  $\vec{B}$  的大小
- (2)  $\vec{A} \cdot \vec{B}$

17. 给定矢量函数  $\vec{E} = \hat{e}_x y + \hat{e}_y x$ ，试

- (1) 求矢量场  $\vec{E}$  的散度。
- (2) 在点  $(3,4)$  处计算该矢量  $\vec{E}$  的大小。

四、应用题（每小题 10 分，共 30 分）

18. 设无限长直线均匀分布有电荷，已知电荷密度为  $\rho_l$  如图 1 所示，求
- (1) 空间任一点处的电场强度；
- (2) 画出其电力线，并标出其方向。

19. 设半径为  $a$  的无限长圆柱内均匀地流动着强度为  $I$  的电流，设柱外为自由空间，求
- (1) 柱内离轴心  $r$  任一点处的磁场强度；
- (2) 柱外离轴心  $r$  任一点处的磁感应强度。

20. 一个点电荷  $q$  位于一无限宽和厚的导电板上方，如图 2 所示，

- (1) 计算任意一点的  $P(x, y, z)$  的电位；
- (2) 写出  $z = 0$  的边界上电位的边界条件。



图 1

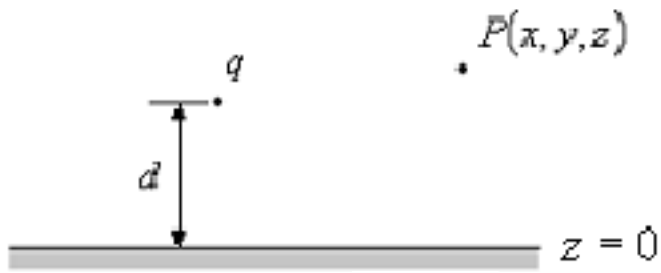


图 2

五、综合题（10 分）

21. 平面电磁波在  $\epsilon_1 = 9\epsilon_0$  的媒质 1 中沿  $+x$  方向传播，在  $z \neq 0$  处垂直入射到  $\epsilon_2 = 4\epsilon_0$  的媒质 2 中， $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$ ，

如图 3 所示。入射波电场极化为  $+x$  方向，大小为  $E_0$ ，自由空间的波数为  $k_0$ ，  
 (1) 求出媒质 1 中入射波的电场表达式；  
 (2) 求媒质 2 中的波阻抗。

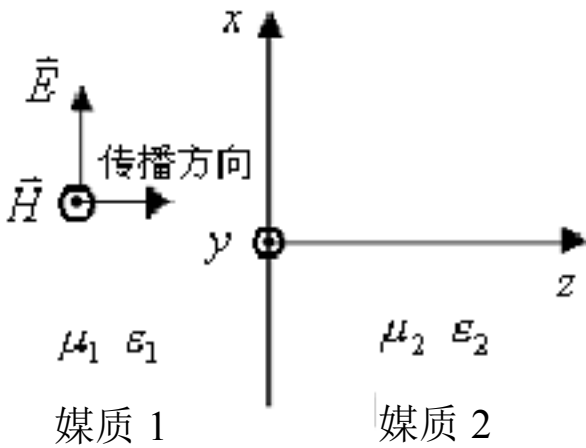


图 3

《电磁场与电磁波》试题（6）

一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

1. 如果一个矢量场的旋度等于零，则称此矢量场为\_\_\_\_\_。
2. 电磁波的相速就是\_\_\_\_\_传播的速度。
3. \_\_\_\_\_实际上就是能量守恒定律在电磁问题中的具体表现。 4
4. 在导电媒质中，电磁波的传播 \_\_\_\_\_随频率变化的现象称为色散。 5
5. 一个标量场的性质，完全可以由它的 \_\_\_\_\_来 表 征 。 6
6. 由恒定电流所产生的磁场称为 \_\_\_\_\_。 7
7. 若电磁波的电场强度矢量的方向随时间变化所描绘的轨迹是圆，则波称为 \_\_\_\_\_。 8
8. 如果两个不等于零的矢量相互平行，则它们的叉积必等于 \_\_\_\_\_。 9
9. 对平面电磁波而言，其电场和磁场均 \_\_\_\_\_于传播方向。 10
10. 亥姆霍兹定理告诉我们，研究任何一个矢量场应该从矢量的 \_\_\_\_\_两个角度去研究。

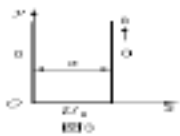
二、简述题（每小题 5 分，共 20 分）

11. 任一矢量场为  $\vec{A}(\vec{r})$ ，写出其穿过闭合曲面 S 的通量表达式，并讨论之。
12. 什么是静电场？并说明静电场的性质。

13. 试解释什么是 TEM 波。
14. 试写出理想导体表面电场所满足的边界条件。

三、计算题 （每小题 10 分，共 30 分）

15. 某矢量函数为 
$$\vec{E} = -x^2\hat{e}_x + y\hat{e}_y$$
- (1) 试求其散度
- (2) 判断此矢量函数是否可能是某区域的电场强度（静电场）？
16. 已知  $\vec{A}$ 、 $\vec{B}$  和  $\vec{C}$  为任意矢量，若  $\vec{A} \cdot \vec{B} = \vec{A} \cdot \vec{C}$ ，则是否意味着
- (1)  $\vec{B}$  总等于  $\vec{C}$  呢？
- (2) 试讨论之。



17. 在圆柱坐标系中，一点的位置由  $(a, \phi, z)$  定出，求该点在
- (1) 直角坐标系中的坐标
- (2) 写出该点的位置矢量。

四、应用题 （每小题 10 分，共 30 分）

18. 设  $z = 0$  为两种媒质的分界面， $z > 0$  为空气，其介电常数为  $\epsilon_1 = \epsilon_0$ ， $z < 0$  为介电常数为  $\epsilon_2$  的媒质 2。已知空气中的电场强度为  $\vec{E} = 4\hat{e}_x + \hat{e}_z$ ，求
- (1) 空气中的电位移矢量。
- (2) 媒质 2 中的电场强度。
19. 设真空中无限长直导线电流为  $I$ ，沿  $z$  轴放置，如图 1 所示。求
- (1) 空间各处的磁感应强度  $\vec{B}$
- (2) 画出其磁力线，并标出其方向。
20. 平行板电容器极板长为  $a$ 、宽为  $b$ ，极板间距为  $d$ ，设两极板间的电压为  $U$ ，如图 2 所示。求
- (1) 电容器中的电场强度；
- (2) 上极板上所储存的电荷。



图 1

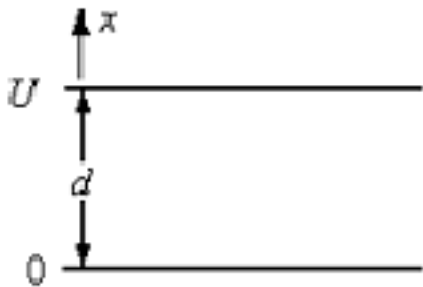


图 2

五、综合题 （10 分）

21. 平面电磁波在  $\epsilon_1 = 9\epsilon_0$  的媒质 1 中沿  $+z$  方向传播，在  $z = 0$  处垂直入射到  $\epsilon_2 = 4\epsilon_0$  的媒质 2 中，

$\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$ 。电磁波极化为  $+x$  方向，角频率为  $300\text{Mrad/s}$ ，如图 3 所示。

- 求出媒质 1 中电磁波的波数；
- 反射系数。

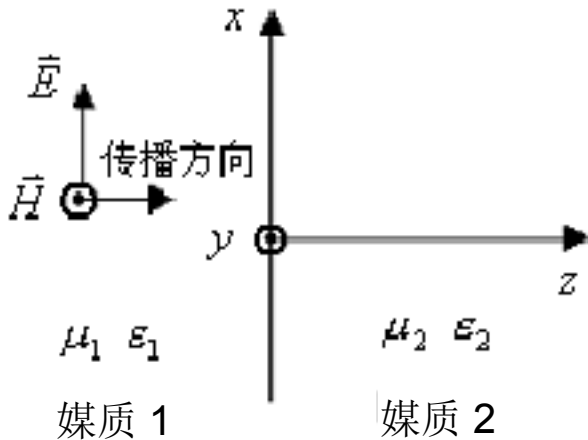


图 3

## 《电磁场与电磁波》试题（7）

### 一、填空题（每小题 1 分，共 10 分）

- 如果一个矢量场的散度等于零，则称此矢量场为\_\_\_\_\_。
- 所谓群速就是包络或者是\_\_\_\_\_传播的速度。
- 坡印廷定理，实际上就是\_\_\_\_\_定律在电磁问题中的具体表现。
- 在理想导体的内部，电场强度\_\_\_\_\_。
- 矢量场  $\vec{A}(\vec{r})$  在闭合曲线  $C$  上环量的表达式为：\_\_\_\_\_。
- 设电偶极子的电量为  $q$ ，正、负电荷的距离为  $d$ ，则电偶极矩矢量的大小可表示为\_\_\_\_\_。
- 静电场是保守场，故电场强度从  $P_1$  到  $P_2$  的积分值与\_\_\_\_\_无关。
- 如果两个不等于零的矢量的叉积等于零，则此两个矢量必然相互\_\_\_\_\_。
- 对平面电磁波而言，其电场、磁场和波的\_\_\_\_\_三者符合右手螺旋关系。
- 所谓矢量线，乃是这样一些曲线，在曲线上的每一点上，该点的切线方向与矢量场的方向\_\_\_\_\_。

### 二、简述题（每小题 5 分，共 20 分）

- 什么是恒定磁场？它具有什么性质？
- 试简述法拉第电磁感应定律，并写出其数学表达式。
- 什么是相速？试写出群速与相速之间的关系式。
- 高斯通量定理的微分形式为  $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$ ，试写出其积分形式，并说明其意义。

### 三、计算题（每小题 10 分，共 30 分）

- 自由空间中一点电荷位于  $S(-3,1,4)$ ，场点位于  $P(2,-2,3)$ 
  - 写出点电荷和场点的位置矢量
  - 求点电荷到场点的距离矢量  $\vec{R}$

16. 某二维标量函数  $u = y^2 - x$ ，求

- (1) 标量函数梯度  $\nabla u$
- (2) 求梯度在正  $\vec{e}_x$  方向的投影。

17. 矢量场  $A = \hat{e}_x x + \hat{e}_y y + \hat{e}_z z$ ，求

- (1) 矢量场的散度  $\nabla \cdot A$
- (2) 矢量场  $A$  在点  $(1,2,2)$  处的大小。

四、应用题（每小题 10 分，共 30 分）

18. 电偶极子电量为  $\pm q$ ，正、负电荷间距为  $d$ ，沿  $z$  轴放置，中心位于原点，如图 1 所示。

- 求 (1) 求出空间任一点处  $P(x, y, z)$  的电位表达式；
- (2) 画出其电力线。

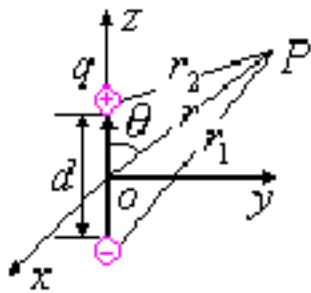


图 1

19. 同轴线内导体半径为  $a$ ，外导体半径为  $b$ ，内、外导体间介质为空气，其间电压为  $U$

- (1) 求  $r < a$  处的电场强度；
- (2) 求  $a < r < b$  处的电位移矢量。

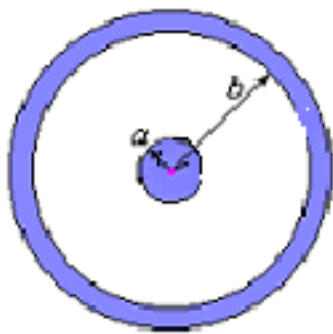


图 2

20. 已知钢在某种磁饱和情况下磁导率  $\mu_1 = 2000\mu_0$ ，当钢中的磁感应强度  $B_1 = 0.5 \times 10^{-2} T$ 、 $\theta_1 = 75^\circ$  时，

此时磁力线由钢进入自由空间一侧后，如图 3 所示。

- (1)  $B_2$  与法线的夹角  $\theta_2$
- (2) 磁感应强度  $B_2$  的大小

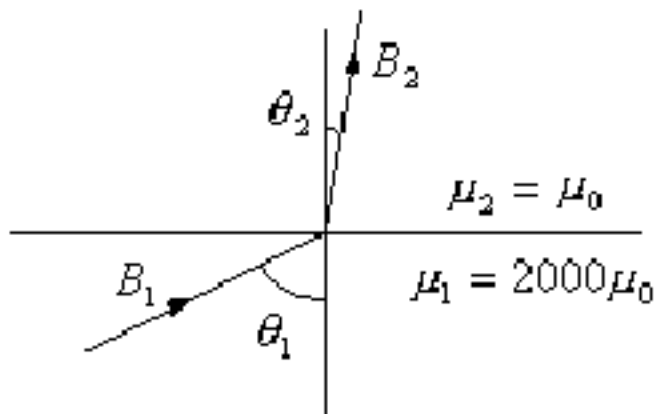


图 3

### 五、综合题 （10 分）

21. 平面电磁波在  $\epsilon_1 = 9\epsilon_0$  的媒质 1 中沿  $+z$  方向传播，在  $z=0$  处垂直入射到  $\epsilon_2 = 4\epsilon_0$  的媒质 2 中， $\mu_1 = \mu_2 = \mu_0$ 。极化为  $+x$  方向，如图 4 所示。
- (1) 求出媒质 2 中电磁波的相速；
- (2) 透射系数。

## 《电磁场与电磁波》试题（1）参考答案

### 二、简答题 （每小题 5 分，共 20 分）

11. 答：意义：随时间变化的磁场可以产生电场。 (3 分)

其积分形式为：
$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$
 (2 分)

12. 答：在静电场中，在给定的边界条件下，拉普拉斯方程或泊松方程的解是唯一的，这一定理称为唯一性定理。 (3 分)

它的意义：给出了定解的充要条件：既满足方程又满足边界条件的解是正确的。

13. 答：电磁波包络或能量的传播速度称为群速。 (3 分)

群速  $v_g$  与相速  $v_p$  的关系式为：
$$v_g = \frac{v_p}{1 - \frac{\omega}{v_p} \frac{dv_p}{d\omega}}$$
 (2 分)

14. 答：位移电流： $\vec{J}_d = \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$  位移电流产生磁效应代表了变化的电场能够产生磁场，使麦克斯韦能够预言电磁场以波的形式传播，为现代通信打下理论基础。

### 三、计算题 （每小题 10 分，共 30 分）

15. 按要求完成下列题目

- (1) 判断矢量函数  $\vec{B} = -y^2 \hat{e}_x + xz \hat{e}_y$  是否是某区域的磁通量密度？

(2) 如果是，求相应的电流分布。

解 (1) 根据散度的表达式

$$\nabla \cdot \vec{B} = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z} \quad (3 \text{ 分})$$

将矢量函数  $\vec{B}$  代入，显然有

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

故：该矢量函数为某区域的磁通量密度。 (1 分)

(2) 电流分布为：

$$\vec{J} = \frac{1}{\mu_0} \nabla \times \vec{B} \quad (2 \text{ 分})$$

$$= \begin{vmatrix} \hat{e}_x & \hat{e}_y & \hat{e}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ -y^2 & xz & 0 \end{vmatrix} \quad (2 \text{ 分})$$

$$= \frac{1}{\mu_0} [-x\hat{e}_y + (2y+z)\hat{e}_z] \quad (1 \text{ 分})$$

16. 矢量  $\vec{A} = 2\hat{e}_x + \hat{e}_y - 3\hat{e}_z$ ,  $\vec{B} = 5\hat{e}_x - 3\hat{e}_y - \hat{e}_z$ , 求

(1)  $\vec{A} + \vec{B}$

(2)  $\vec{A} \cdot \vec{B}$

解 (1)  $\vec{A} + \vec{B} = 7\hat{e}_x - 2\hat{e}_y - 4\hat{e}_z$  (5 分)

(2)  $\vec{A} \cdot \vec{B} = 10 - 3 + 3 = 10$  (5 分)

17. 在无源的自由空间中，电场强度复矢量的表达式为

$$\vec{E} = \left( \hat{e}_x 3E_0 - \hat{e}_y 4E_0 \right) e^{-jkz}$$

(5) 试写出其时间表达式；

(6) 说明电磁波的传播方向；

解 (1) 该电场的时间表达式为：  $\vec{E}(z, t) = \text{Re} \left[ \vec{E} e^{j\omega t} \right]$  (3 分)

$$\vec{E}(z, t) = \left( \hat{e}_x 3E_0 - \hat{e}_y 4E_0 \right) \cos(\omega t - kz) \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 由于相位因子为  $e^{-jkz}$ ，其等相位面在 xoy 平面，传播方向为 z 轴方向。 (5 分)

四、应用题 （每小题 10 分，共 30 分）

18. 均匀带电导体球，半径为  $a$ ，带电量为  $Q$ 。试求

(3) 球内任一点的电场

(4) 球外任一点的电位移矢量

解 (1) 导体内部没有电荷分布，电荷均匀分布在导体表面，由高斯定理可知在球内处处有：

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0 \tag{3 分}$$

故球内任意一点的电位移矢量均为零，即  $\vec{D} = 0$  (1 分)

$$E = 0 \quad r < a \tag{1 分}$$

(2) 由于电荷均匀分布在  $r = a$  的导体球面上，故在  $r > a$  的球面上的电位移矢量的大小处处相等，方向为径向，即  $\vec{D} = D \hat{e}_r$ ，由高斯定理有

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q \tag{3 分}$$

即  $4\pi r^2 D = Q$  (1 分)

整理可得： $\vec{D} = D \hat{e}_r = \frac{Q}{4\pi r^2} \hat{e}_r \quad r > a$  (1 分)

19. 设无限长直导线与矩形回路共面，（如图 1 所示），求

(1) 判断通过矩形回路中的磁感应强度的方向（在图中标出）；

(2) 设矩形回路的法向为穿出纸面，求通过矩形回路中的磁通量。

解：建立如图坐标

(1) 通过矩形回路中的磁感应强度的方向为穿入纸面，即为  $\hat{e}_y$  方向。

(5 分)

(2) 在  $xoz$  平面上离直导线距离为  $x$  处的磁感应强度可由下式求出：

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I \tag{3 分}$$

即： $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$  (1 分)

通过矩形回路中的磁通量

$$\Psi = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = - \int_{x=d}^b \int_{z=-a/2}^2 \frac{\mu_0 I}{2\pi x} dx dz = - \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \frac{d+b}{d} \tag{1 分}$$

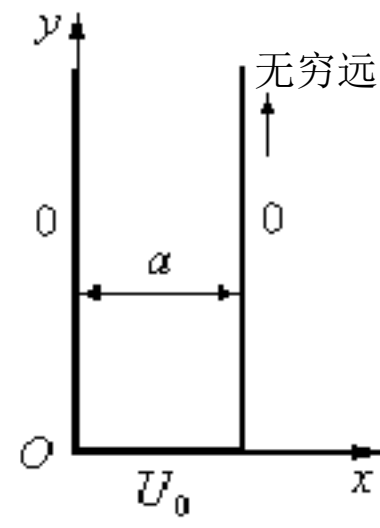


图 2

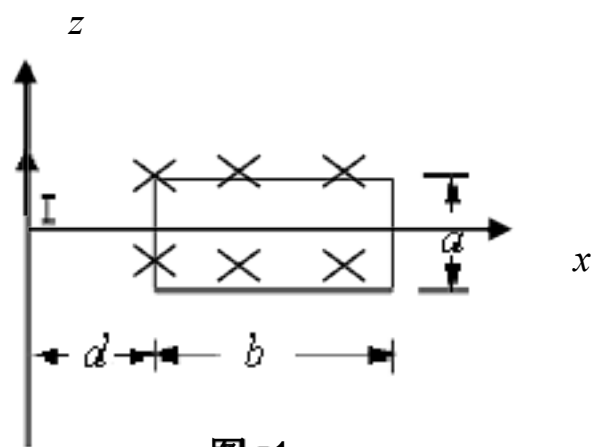


图 21

20. 解 (1) 由于所求区域无源, 电位函数必然满足拉普拉斯方程。

设: 电位函数为  $\phi(x, y)$ , 则其满足的方程为:

$$\nabla^2 \phi(x, y) = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (3 \text{ 分})$$

(2) 利用分离变量法:

$$\phi(x, y) = f(x)g(y)$$

$$\frac{d^2 f}{dx^2} + k_x^2 f = 0$$

$$\frac{d^2 g}{dy^2} + k_y^2 g = 0$$

$$k_x^2 + k_y^2 = 0$$

(2 分)

根据边界条件  $\phi|_{x=0} = \phi|_{x=a} = \phi|_{y \rightarrow +\infty} = 0$ ,  $\phi(x, y)$  的通解可写为:

$$\phi(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right) e^{-\frac{n\pi}{a}y} \quad (1 \text{ 分})$$

再由边界条件:

$$\phi|_{y=0} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right) = U_0$$

求得  $A_n = \frac{2U_0}{n\pi} (1 - \cos n\pi)$  (1 分)

槽内的电位分布为  $\phi(x, y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2U_0}{n\pi} (1 - \cos n\pi) \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right) e^{-\frac{n\pi}{a}y}$

五、综合题 （ 10 分）

(7) 21. 解: (1)  $\vec{H} = \frac{1}{\eta_0} \hat{e}_z \times \vec{E}$  (2 分)

$$\vec{H} = \hat{e}_y \frac{E_0}{\eta_0} e^{-j\beta z} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\eta_0 = 120\pi \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 区域 1 中反射波电场方向为  $-\hat{e}_x$  (3 分)

磁场的方向为  $\hat{e}_y$  (2 分)

《电磁场与电磁波》试题（2）参考答案

二、简述题 （每小题 5 分，共 20 分）

11. 答：磁通连续性原理是指：磁感应强度沿任一闭合曲面的积分等于零，或者是从闭合曲面 S 穿出去的通量等于由 S 外流入 S 内的通量。 (3 分)

其数学表达式为： $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$  (2 分)

12. 答：当一个矢量场的两类源(标量源和矢量源)在空间的分布确定时，该矢量场就唯一地确定了，这一规律称为亥姆霍兹定理。 (3 分)

亥姆霍兹定理告诉我们，研究任意一个矢量场（如电场、磁场等），需要从散度和旋度两个方面去研究，或者是从矢量场的通量和环量两个方面去研究。 (2 分)

13. 答：其物理意义：随时间变化的磁场可以产生电场。 (3 分)

方程的微分形式： $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$  (2 分)

14. 答：电磁波的电场强度矢量的方向随时间变化所描绘的轨迹称为极化。(2 分)

极化可以分为：线极化、圆极化、椭圆极化。(3 分)

三、计算题 （每小题 10 分，共 30 分）

15. 矢量函数  $\vec{A} = -yx^2\hat{e}_x + yz\hat{e}_z$ ，试求

(1)  $\nabla \cdot \vec{A}$

(2)  $\nabla \times \vec{A}$

解 (1) 
$$\nabla \cdot \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \quad (3\text{分})$$

$$= -2xy + y \quad (2\text{分})$$

(2) 
$$\nabla \times \vec{A} = \begin{vmatrix} \hat{e}_x & \hat{e}_y & \hat{e}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ -yx^2 & 0 & yz \end{vmatrix} \quad (3\text{分})$$

$$= \hat{e}_x z + \hat{e}_z x^2 \quad (2\text{分})$$

16. 矢量  $\vec{A} = 2\hat{e}_x - 2\hat{e}_z$ ,  $\vec{B} = \hat{e}_x - \hat{e}_y$ , 求

(1)  $\vec{A} - \vec{B}$

(2) 求出两矢量的夹角  $\vec{A} - \vec{B} = 2\hat{e}_x - 2\hat{e}_z - (\hat{e}_x - \hat{e}_y)$

解: (1) 
$$= \hat{e}_x + \hat{e}_y - 2\hat{e}_z \quad (3\text{分})$$

(2) 根据  $\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos\theta$  (2分)

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = (2\hat{e}_x - 2\hat{e}_z) \cdot (\hat{e}_x - \hat{e}_y) = 2$$

$$\cos\theta = \frac{2}{2\sqrt{2}\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \quad (2\text{分})$$

所以  $\theta = 60^\circ$  (1分)

17. 解: (1) 
$$\nabla u = \hat{e}_x \frac{\partial u}{\partial x} + \hat{e}_y \frac{\partial u}{\partial y} + \hat{e}_z \frac{\partial u}{\partial z} \quad (3\text{分})$$

$$= \hat{e}_x 2x + \hat{e}_y 2y + \hat{e}_z 2z \quad (2\text{分})$$

(2)  $\hat{n} = \frac{\nabla u}{|\nabla u|} \quad (2\text{分})$

所以  $\hat{n} = \frac{\hat{e}_x 2 + \hat{e}_y 4}{\sqrt{4+16}} = \frac{\hat{e}_x + 2\hat{e}_y}{\sqrt{5}} \quad (3\text{分})$

#### 四、应用题 (每小题 10 分, 共 30 分)

18. 放在坐标原点的点电荷在空间任一点  $\vec{r}$  处产生的电场强度表达式为

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{e}_r$$

(1) 求出电力线方程； (2) 画出电力线。

解: (1) 
$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 r^3} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^3} (\hat{e}_x x + \hat{e}_y y + \hat{e}_z z) \quad (2 \text{ 分})$$

由力线方程得

$$\frac{x}{dx} = \frac{y}{dy} = \frac{z}{dz} \quad (2 \text{ 分})$$

对上式积分得

$$\begin{aligned} y &= C_1 x \\ z &= C_2 y \end{aligned} \quad (1 \text{ 分})$$

式中,  $C_1, C_2$  为任意常数。

(2) 电力线图 18-2 所示。

(注: 电力线正确, 但没有标方向得 3 分)

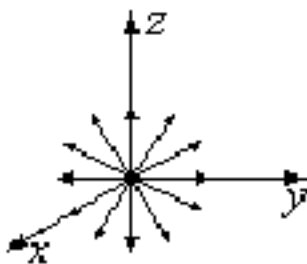


图 18-2

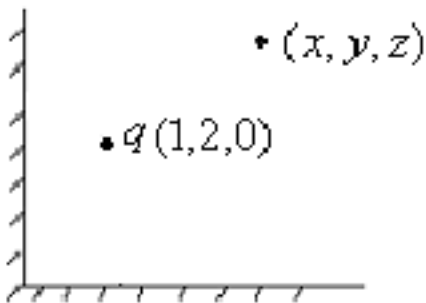


图 1

19. 设点电荷位于金属直角劈上方, 如图 1 所示, 求

(3) 画出镜像电荷所在的位置

(4) 直角劈内任意一点  $(x, y, z)$  处的电位表达式

解 (1) 镜像电荷所在的位置如图 19-1 所示。

(注: 画对一个镜像得 2 分, 三个全对得 5 分)

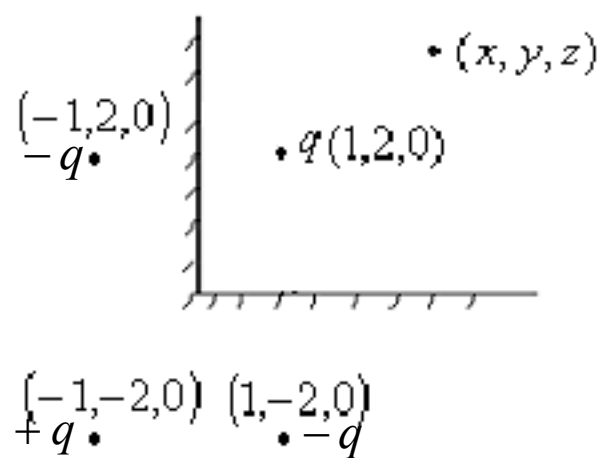


图 19-1

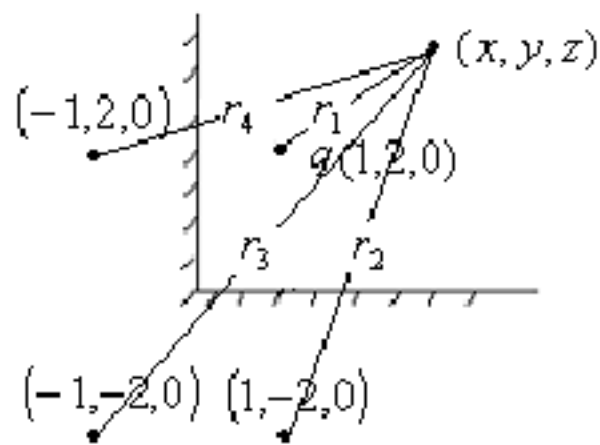


图 19-2

(2) 如图 19-2 所示任一点  $(x, y, z)$  处的电位为

$$\phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad (3 \text{ 分})$$

其中,

$$\begin{aligned} r_1 &= \sqrt{(x-1)^2 + (y-2)^2 + z^2} \\ r_2 &= \sqrt{(x-1)^2 + (y+2)^2 + z^2} \\ r_3 &= \sqrt{(x+1)^2 + (y+2)^2 + z^2} \\ r_4 &= \sqrt{(x+1)^2 + (y-2)^2 + z^2} \end{aligned} \quad (2 \text{ 分})$$

20. 设时变电磁场的电场强度和磁场强度分别为:

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - \phi_e) \quad \vec{H} = H_0 \cos(\omega t - \phi_m)$$

(3) 写出电场强度和磁场强度的复数表达式

(4) 证明其坡印廷矢量的平均值为:  $\vec{S}_{av} = \frac{1}{2} \vec{E}_0 \times \vec{H}_0 \cos(\phi_e - \phi_m)$

解 (1) 电场强度的复数表达式

$$\vec{E} = E_0 e^{-j\phi_e} \quad (3 \text{ 分})$$

电场强度的复数表达式

$$\vec{H} = H_0 e^{-j\phi_m} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 根据  $\vec{S}_{av} = \frac{1}{2} \text{Re}(\vec{E} \times \vec{H}^*)$  得  $(2 \text{ 分})$

以上内容仅为本文  
档的试下载部分，  
为可阅读页数的一  
半内容。如要下载  
或阅读全文，请访  
问：

<https://d.book118.com/888045062105006112>