



厦门大学《大学物理 B (下)》课程 期中试卷

(考试时间: 2020 年 11 月)

一、选择题: 本题共 10 小题, 每小题 2 分, 共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

1. 以下四个式子中, 用来表示静电场中有电介质时的高斯定理的是 (其中 q_i 为自由电荷) ()

(A) $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i$

(B) $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_i q_i$

(C) $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

(D) $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

参考答案: B

2. 以下关于电势说法错误的是 ()

(A) 真空中, 点电荷系电场中任一点的电势, 等于各个点电荷单独存在时在该点处的电势的代数和;

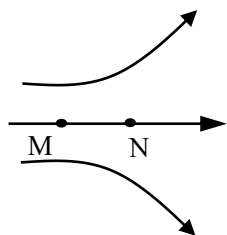
(B) 无穷远处的电势一定为零;

(C) 等势面处处与电场线正交;

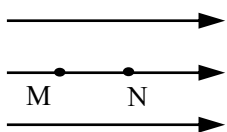
(D) 静电平衡时, 导体球内部电势处处相等。

参考答案: B

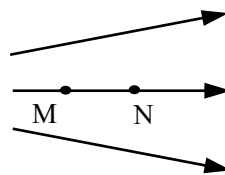
3. 四种电场的电场线如图所示。一正电荷 q 仅在电场力作用下由 M 点向 N 点作加速运动, 且加速度大小越来越大。则该电荷所在的电场是图中的 ()



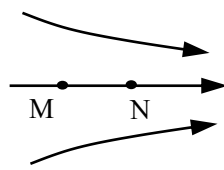
(A)



(B)



(C)



(D)

参考答案: D

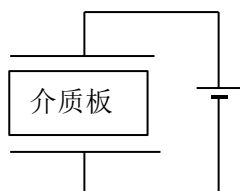
4. 将一空气平行板电容器接到电源上充电到一定电压后, 在保持与电源连接的情况下, 把一块与极板面积相同的各向同性均匀电介质板平行地完全插入两极板之间, 如图所示。介质板的插入及其所处上下位置的不同, 对电容器储存电能的影响为 ()

专业:

学院:

学号:

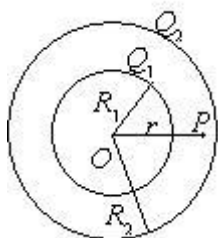
姓名:



- (A) 储能减少, 但与介质板相对极板的位置无关.
 (B) 储能减少, 且与介质板相对极板的位置有关.
 (C) 储能增加, 但与介质板相对极板的位置无关.
 (D) 储能增加, 且与介质板相对极板的位置有关.

参考答案: C

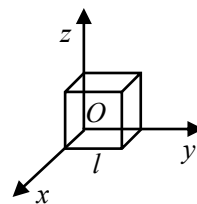
5. 如图所示, 两个同心的均匀带电球面, 内球面半径为 R_1 、带电荷 Q_1 , 外球面半径为 R_2 、带电荷 Q_2 . 设无穷远处为电势零点, 则在两个球面之间、距离球心为 r 处的 P 点的电势 U 为 ()



- (A) $\frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$ (B) $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ (C) $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ (D) $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$

参考答案: C

6. 如图所示, 一边长为 $l=2\text{m}$ 的立方体在坐标系的正方向放置, 其中一个顶点与坐标系的原点重合。有一均匀磁场 $\vec{B} = (10\vec{i} + 6\vec{j} + 3\vec{k})$ 通过立方体所在区域, 通过立方体的总的磁通量为 ()



- (A) 0 (B) 40 Wb (C) 24 Wb (D) 12 Wb

参考答案: A

7. 两个电子分别以速率 v 和 $2v$ 同时垂直射入一均匀磁场, 如不考虑它们之间的相互作用, 则它们的 ()

- (A) 运动周期相同 (B) 圆周运动的半径相同 (C) 动量不变 (D) 以上答案都不对

参考答案: A

8. 一平面载流线圈置于均匀磁场中，下列说法正确的是（ ）

- (A) 只有正方形的平面载流线圈，外磁场的合力才为零
- (B) 只有圆形的平面载流线圈，外磁场的合力才为零
- (C) 任意形状的平面载流线圈，外磁场的合力和力矩一定为零
- (D) 任意形状的平面载流线圈，外磁场的合力一定为零，但力矩不一定为零

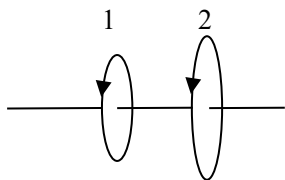
参考答案：D

9. 涡旋电场和静电场存在差别。以下表达正确的是（ ）

- (A) 涡旋电场是由静止电荷产生的，电场线从正电荷出发，终止于负电荷
- (B) 静电场线是无头无尾的闭合曲线
- (C) 静电场一般情况下环流不为零
- (D) 涡旋电场是无源场。

参考答案：D

10. 面积为 S 和 $2S$ 的两圆线圈 1、2 如图放置，通有相同的电流 I 。线圈 1 的电流所产生的通过线圈 2 的磁通量 Φ_{21} 表示，线圈 2 的电流所产生的通过线圈 1 的磁通量 Φ_{12} 表示，则 Φ_{21} 和 Φ_{12} 的大小关系为：



(A) $\Phi_{21} = 2\Phi_{12}$

(B) $\Phi_{21} > \Phi_{12}$

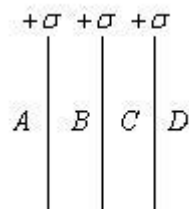
(C) $\Phi_{21} = \Phi_{12}$

(D) $\Phi_{21} = 0.5\Phi_{12}$

参考答案：C

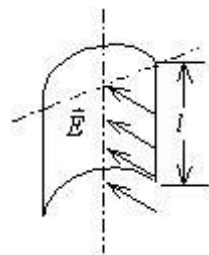
二、填空题：本大题共 10 空，每空 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。错填、不填均无分。

1. 三个平行的“无限大”均匀带电平面，其电荷面密度都是 $+\sigma$ ，将空间分成四个区域，如图所示，则 A 区域的电场强度为： $E_A =$ _____（设方向向右为正）。



参考答案： $-\frac{3\sigma}{2\epsilon_0}$

2. 在场强为 \vec{E} 的均匀电场中，有一半径为 R 、长为 l 的圆柱面，其轴线与 \vec{E} 的方向垂直。在通过轴线并垂直 \vec{E} 的方向将此柱面切去一半，如图所示。则穿过剩下的半圆柱面的电场强度通量等于_____。



参考答案： $2RIE$

3. 有两个电容器电容分别为 C_1 和 C_2 ，将这两个电容串联后，其等效电容为_____。

参考答案： $\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$

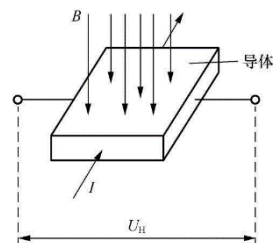
4. 将一负电荷从无穷远处移到一个不带电的导体附近，则导体的电势_____。（填“增大”、“不变”、“减小”）

参考答案： 减小

5. 一球形电容器，其电容为 C ，不带电。若给电容器两端加上电压 V 充电。则电容器最多能充入的能量为_____。

参考答案： $\frac{1}{2}CV^2$

6. 把一块通有电流 I 的导体板放在磁场中，如果电流沿板的长度方向流动，磁场方向垂直于导体板平面，则在导体板的左、右两侧会出现一定的电势差，如图所示。这一现象称为_____效应。



参考答案： 霍尔

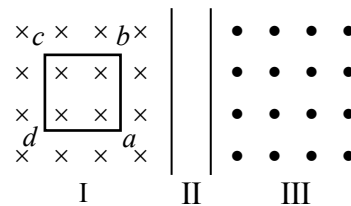
7. 法拉第电磁感应定律，表述为：当穿过回路所包围面积的 B 通量发生变化时，_____。

参考答案： 回路产生的感应电动势 \mathcal{E}_i 与穿过回路的 B 通量对时间的变化率的负值成正比。

8. 通过回路的磁通量依下列关系变化 $\Phi = at^2 + bt + c$ ，则 $t = t_0$ 时回路中感应电动势 \mathcal{E} 的大小_____。

参考答案： $|2at_0 + b|$

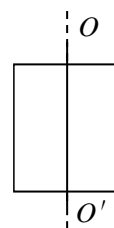
9. 如图所示，I、III为两匀强磁场区，I区域的磁场方向垂直纸面向里，III区域的磁场方向垂直纸面向外，磁感强度均为 B ，两区域中间为宽 s 的无磁场区II。有一边长为 l ($l > s$)，电阻为 R 的正方形金属框 $abcd$ 置于I区域， ab 边与磁场边界平行，现拉着金属框以速度 v 向右匀速移动。当 ab 边刚进入III区时，通过 ab 边的电流的大小_____。



参考答案: $\frac{2Blv}{R}$

10. 有一根无限长直导线绝缘地紧贴在矩形线圈的中心轴 OO' 上，则直导线与矩形线圈间的互感系数为_____。

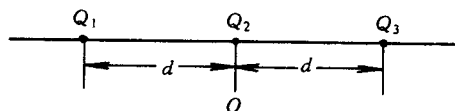
参考答案: 0



三、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

如图所示，有三个点电荷 Q_1 ， Q_2 ， Q_3 沿一条直线等间距分布，已知其中任一点电荷所受合力均为零，且 $Q_1 = Q_3 = Q$ 。求：

- (1) 点电荷 Q_2 的带电量；
- (2) 在固定 Q_1 ， Q_3 的情况下，将 Q_2 从O点推到无穷远处外力所作的功。



参考答案：

(1)

由题意 Q_1 所受的合力为零

$$Q_1 \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2} + Q_1 \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 (2d)^2} = 0 \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\text{解得 } Q_2 = -\frac{1}{4}Q_3 = -\frac{1}{4}Q$$

在任一点电荷所受合力均为零时 $Q_2 = -\frac{1}{4}Q$ 。.....2 分

(2) 8 分

$$Q_1 \text{ 在点 O 电势: } U_{o1} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 d} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$Q_3 \text{ 在点 O 电势: } U_{o3} = \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 d} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\text{电势的叠加得, O 电势: } U_0 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 d} + \frac{Q_3}{4\pi\epsilon_0 d} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0 d} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

将 Q_2 从点 O 推到无穷远处的过程中, 外力做功

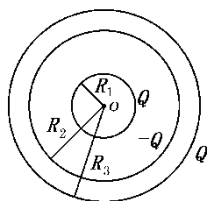
$$W' = -Q_2 U_0 = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 d} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

四、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

半径为 $R_1=2.0\text{cm}$ 的导体球，外套有一同心的导体球壳，壳的内、外半径分别为 $R_2=4.0\text{cm}$ 和 $R_3=5.0\text{cm}$ ，

当内球带电荷 $Q=3.0\times 10^{-8}\text{C}$ 时，求：

- (1)整个电场储存的能量；
- (2)如果将导体壳接地，计算储存的能量；
- (3)此电容器的电容值.



参考答案：

如图，内球带电 Q ，外球壳内表面带电 $-Q$ ，外表面带电 Q

(1)6 分

在 $r < R_1$ 和 $R_2 < r < R_3$ 区域

$$\vec{E} = 0$$

$$\text{在 } R_1 < r < R_2 \text{ 时} \quad \vec{E}_1 = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

$$r > R_3 \text{ 时} \quad \vec{E}_2 = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

∴在 $R_1 < r < R_2$ 区域

$$\begin{aligned} W_1 &= \int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{2} \varepsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr \\ &= \int_{R_1}^{R_2} \frac{Q^2 dr}{8\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \end{aligned}$$

在 $r > R_3$ 区域

$$W_2 = \int_{R_3}^{\infty} \frac{1}{2} \varepsilon_0 \left(\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \right)^2 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \frac{1}{R_3}$$

$$\therefore \text{总能量 } W = W_1 + W_2 = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$= 1.82 \times 10^{-4} \text{ J}$$

(2) 3 分

$$\text{导体壳接地时, 只有 } R_1 < r < R_2 \text{ 时 } \vec{E} = \frac{Q\vec{r}}{4\pi\varepsilon_0 r^3}, W_2 = 0$$

$$\therefore W = W_1 = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 1.01 \times 10^{-4} \text{ J}$$

(3) 3 分

$$\text{电容器电容 } C = \frac{2W}{Q^2} = 4\pi\varepsilon_0 / \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$= 4.49 \times 10^{-12} \text{ F}$$

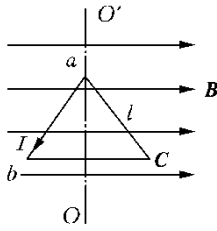
五、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

边长为 $l=0.1\text{m}$ 的正三角形线圈放在磁感应强度 $B=1\text{T}$ 的均匀磁场中，线圈平面与磁场方向平行. 如图所示，使线圈通以电流 $I=10\text{A}$ ，求：

(1) 线圈每边所受的安培力；

(2) 对 OO' 轴的磁力矩大小；

(3) 从所在位置转到线圈平面与磁场垂直时磁力所作的功。



参考答案:

(1) 4 分

$$\vec{F}_{bc} = I\vec{l} \times \vec{B} = 0$$

$$\vec{F}_{ab} = I\vec{l} \times \vec{B} \quad \text{方向} \perp \text{纸面向外, 大小为}$$

$$F_{ab} = IlB \sin 120^\circ = 0.866 \text{ N}$$

$$\vec{F}_{ca} = I\vec{l} \times \vec{B} \quad \text{方向} \perp \text{纸面向里, 大小}$$

$$F_{ca} = IlB \sin 120^\circ = 0.866 \text{ N}$$

(2) 4 分

$$\vec{P}_m = IS$$

$$\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B} \quad \text{沿 } \overrightarrow{OO'} \text{ 方向, 大小为}$$

$$M = ISB = I \frac{\sqrt{3}l^2}{4} B = 4.33 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$$

(3) 4 分

$$\text{磁力功} \quad A = I(\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$\therefore \quad \Phi_1 = 0 \quad \Phi_2 = \frac{\sqrt{3}}{4} l^2 B$$

$$\therefore \quad A = I \frac{\sqrt{3}}{4} l^2 B = 4.33 \times 10^{-2} \text{ J}$$

六、计算题: 本题 12 分。请在答题纸上按题序作答, 并标明题号。

一圆形线圈 A 由 5 匝细线绕成, 其面积为 4cm^2 , 放在另一个匝数等于 10 匝、半径为 20cm 的圆形线圈 B 的中心, 两线圈同轴, 设线圈 B 中的电流在线圈 A 所在处激发的磁场可看作均匀的。求

(1) 两线圈的互感;

(2) 当线圈 B 中的电流以 50A/s 的变化率减小时, 线圈 A 中的感生电动势。

(真空磁导率 $\mu_0=4\pi\times 10^{-7}\text{N}\cdot\text{A}^{-2}$)

参考答案

(1) B 线圈在中心激发的磁感强度为

$$B_0 = \frac{\mu_0 N_B I}{2R} \quad 3 \text{ 分}$$

A 线圈的磁通量为

$$\Phi_{mA} = N_A B_0 S_A = \frac{\mu_0 N_B I}{2R} N_A S_A \quad 3 \text{ 分}$$

两线圈的互感为

$$\begin{aligned} M &= \frac{\mu_0 N_B}{2R} N_A S_A \\ &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10}{2 \times 0.2} \times 5 \times 4 \times 10^{-4} = 2\pi \times 10^{-8} (\text{H}) \approx 6.28 \times 10^{-8} (\text{H}) \end{aligned} \quad 3 \text{ 分}$$

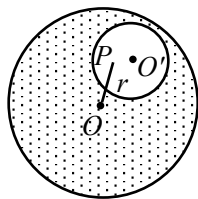
$$(2) \quad \varepsilon_i = -\frac{d\Phi_{mA}}{dt} = -M \frac{dI}{dt} = -2\pi \times 10^{-8} \times (-50) \approx 3.14 \times 10^{-6} (\text{V}) \quad 3 \text{ 分}$$

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一半径为 R_1 的球体均匀带电，体电荷密度为 ρ ($\rho > 0$)，球心为 O 。球内有一半径为 R_2 的小球形空腔，空腔中心为 O' ， $OO'=a$ ，且 $(a+R_2) < R_1$ ，如图所示。在空腔中有一点 P ， $OP=r$ 。试求：

(1) P 点的电场强度大小；

(2) O' 点的电势。(无穷远处为电势零点)



参考答案：

(1)

假设球体无空腔，则 P 点的电场强度为：

$$\oint_s \vec{E}_1 \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int dq = \frac{4\pi\rho r^3}{3\varepsilon_0} \Rightarrow E_1 = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0}, \text{ 方向沿着 } OP \text{ 的方向。} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

即：

$$\vec{E}_1 = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0} \vec{e}_{OP}$$

假设只有空腔球体内有电荷分布，且电荷密度也为 ρ ， $O'P=r'$ ，则这种情况下， P 点的电场强度为：

$$\oint_S \vec{E}_2 \cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int dq = \frac{4\pi\rho r'^3}{3\varepsilon_0} \Rightarrow E_2 = \frac{\rho r'}{3\varepsilon_0}, \text{ 方向沿着 } O'P \text{ 的方向。} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

即：

$$\vec{E}_2 = \frac{\rho r'}{3\varepsilon_0} \vec{e}_{O'P}$$

由电场叠加原理，对本题条件， P 点的电场强度为：

$$\vec{E} = \vec{E}_1 - \vec{E}_2 = \frac{\rho a}{3\varepsilon_0} \vec{e}_{OO'}$$

P 点的电场强度大小为：

$$E = \frac{\rho a}{3\varepsilon_0} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2)

考虑任意一个均匀带电，且电荷密度为 ρ ，半径为 R 的球体，球内外电场为：

$$\vec{E}(r) = \begin{cases} \frac{\rho r}{3\varepsilon_0} \vec{e}_r, & r < R \\ \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2} \vec{e}_r, & r > R \end{cases} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

取无限远处为电势零点，则球内任意一点（与球心距离为 r ）的电势为：

$$V = \int_r^R \vec{E} \cdot d\vec{r} + \int_R^\infty \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} (3R^2 - r^2) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

所以，假设球体无空腔，则 O' 点的电势为：

$$V_1 = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} (3R_1^2 - a^2)$$

假设只有空腔球体内有电荷分布，且电荷密度也为 ρ ， O' 点的电势为：

$$V_2 = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} (3R_2^2 - 0)$$

由电势叠加原理，可得 O' 点的电势为：

$$V = V_1 - V_2 = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} [3(R_1^2 - R_2^2) - a^2] \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$