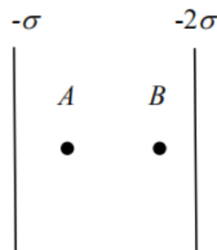


一、选择题：本题共 10 小题，每小题 2 分，共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。每小题给出的四个选项中只有一个选项正确。错选、多选或未选的得 0 分。

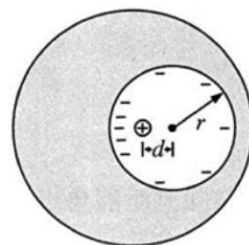
1. 在用电场线形象描述静电场的表述中，电场线方向就是（ ）
 (A) 电势能减小的方向 (B) 电势减小最快的方向
 (C) 正电荷在电场中的运动方向 (D) 负电荷在电场中的运动方向

2. 真空中有两个平行的无限大均匀带电平面，电荷面密度分别为 $-\sigma$ 和 -2σ 。如图所示，两平面之间 A 、 B 两点的电势分别为 V_A 、 V_B ，则（ ）
 (A) $V_A > V_B$ (B) $V_A < V_B$
 (C) $V_A = V_B$ (D) 无法比较二者大小



3. 在半径为 R 的金属球内偏心地挖出一个半径为 r 的球形空腔，腔内距腔心 d 处置一点电荷 q ，金属球带电量为 $-q$ ，则空腔中心的电势为（ ）

- (A) 0 (B) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$
 (C) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{R} \right)$ (D) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{r} \right)$



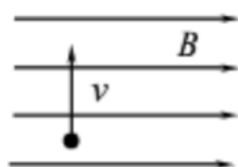
4. 一导体球外充满相对电容率为 ϵ_r 的均匀电介质，若测得导体表面之外附近场强为 E ，则导体球面上的自由电荷面密度 σ 为（ ）
 (A) $\epsilon_0 E$ (B) $\epsilon_0 \epsilon_r E$ (C) $\epsilon_r E$ (D) $(\epsilon_0 \epsilon_r - \epsilon_0) E$

5. 把一充电的电容器与一未充电的电容器并联，如果两只电容器的电容完全一样，那么总静电能将（ ）
 (A) 减小 (B) 不变 (C) 增大 (D) 无法确定

6. 有一半径为 R 、电荷线密度为 λ 的均匀带电圆环，以角速度 ω 绕其一直径旋转。现将转动圆环置入匀强磁场中，磁感强度 \vec{B} 与转轴垂直，则圆环受到的磁力矩大小为（ ）

- (A) $\frac{\pi\lambda\omega BR^3}{2}$ (B) $\frac{\pi\lambda\omega BR^3}{4}$ (C) $\frac{\pi\lambda\omega BR^4}{2}$ (D) $\pi\lambda\omega BR^3$

7. 如图所示，一电子以速度 v 垂直地进入磁感强度为 B 的匀强磁场中，此电子在磁场中的运动轨道所围面积内的磁通量将（ ）



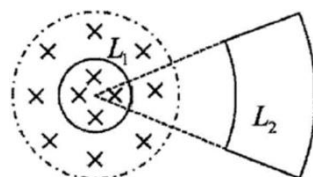
- (A) 正比于 B , 反比于电子动能
(C) 正比于 B , 反比于 v

- (B) 反比于 B , 正比于电子动能
(D) 反比于 B , 反比于 v

8. 把一根磁矩为 \vec{m} 的条形永磁铁放在磁感应强度为 \vec{B} 的均匀磁场中, 当条形磁铁与 \vec{B} 夹角为 $\pi/3$ 时, 它受到的力矩的大小为 ()

- (A) 0 (B) mB (C) $\frac{\sqrt{3}}{2}mB$ (D) $\frac{1}{2}mB$

9. 有两个回路 L_1 、 L_2 , 其中 L_1 为图中的小圆环, L_2 为由两根直导线与两根弧形导线构成的回路, 两回路导线材质相同, 大圆环区域内存在磁场, 其磁感应强度随时间均匀增加。则以下说法中不正确的是 ()



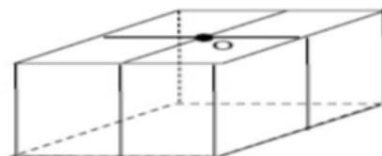
- (A) 回路 L_1 中有感应电流 (B) 回路 L_2 中有感应电流
(C) 回路 L_1 中电势处处相等 (D) 回路 L_2 中产生了感应电场

10. 横截面为矩形的密绕螺绕环, 总匝数为 N , 内、外半径分别为 R_1 和 R_2 , 厚度为 h , 则螺绕环的自感 $L =$ ()

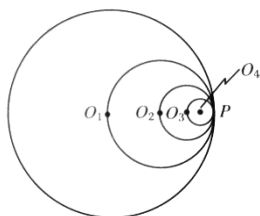
- (A) $\frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}$ (B) $\frac{\mu_0 N^2 h}{\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}$ (C) $\frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{R_1}{R_2}$ (D) $\frac{\mu_0 N^2 h}{\pi} \ln \frac{R_1}{R_2}$

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。

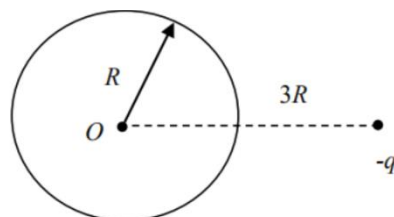
1. 如图, 四个立方体均匀带电, 并排放在一起时, 在 O 点产生的场强大小为 E_0 。现去掉其中一个立方体 (设其它立方体带电不变), 则余下三个立方体在 O 点产生的场强大小为_____。



2. 四个均匀带电薄球壳的带电量均为 q , 它们的半径分别为 R 、 $R/2$ 、 $R/4$ 、 $R/8$, 彼此相切于 P 点, 球心分别为 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 , 则 O_4 与 O_1 点的电势差 $V_4 - V_1 =$ _____。



3. 如图所示, 一金属球半径为 R , 带电 $-Q$, 距离球心为 $3R$ 处有一点电荷 $-q$ 。如果选无穷远处为电势零点, 则金属球的电势为_____。

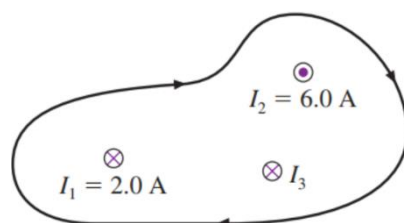


4. 一块由无极分子构成的电介质的分子数密度为 n ，在外场的作用下，每个分子感生出来的电偶极矩都相等，都为 \bar{p} ，则介质中电极化强度为_____。

5. 真空中有一平行板电容器，极板面积为 S ，极板间距为 d ，极板上分别带有 $\pm Q$ 的电荷，则此电容器储存的能量 W_e = _____。

6. 在同一均匀磁场中，有两个平面单匝线圈，其面积 $A_1 = 2A_2$ ，通以电流 $I_1 = 2I_2$ ，则它们所受最大磁力矩之比为_____。

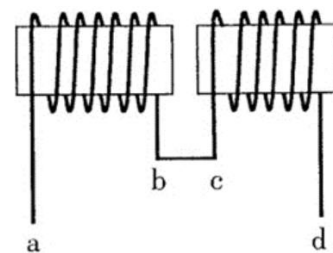
7. 如图三根载流导线形成的磁场中， \bar{B} 沿着图中闭合路径的线积分为 $3.77 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$ ，则 I_3 = _____ A。



8. 北京正负电子对撞机中电子可加速到能量为 $2.8 \times 10^9 \text{ eV}$ ，该电子在周长为 240 m 的储存环中作圆周运动，则维持圆周运动所需要的磁感强度的大小 B = _____ T。

9. 将一块铜板垂直于磁场方向放在磁场中，磁场的磁感强度随时间减弱，铜板中感应电流产生的磁场与外磁场的方向_____。（相同/相反/不确定）

10. 如图，以 a 、 b 为端点的线圈 1 的自感为 L_1 ，以 c 、 d 为端点的线圈 2 的自感为 L_2 ，互感为 M 。若将两线圈 1 和 2 首尾相接（顺接）而串联起来，如图所示，则总自感为_____。



三、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

内外半径分别为 R_1 、 R_2 的带电球层，电荷体密度为 $\rho = A/r$ ，式中 A 是常量， r 为球壳内任一点到球心的距离。

(1) 用电场强度和电势的关系求带电球层外任一点处的电场强度；

(2) 将点电荷 $+q$ 从无穷远移到距离球心为 r ($r > R_2$) 处的 P 点，电场力所做的功是多少？

参考答案：

(1) $r > R_2$ 时

$$V = \frac{\int_{R_1}^{R_2} 4\pi r^2 \rho dr}{4\pi r \epsilon_0} = \frac{(R_2^2 - R_1^2) A}{2\epsilon_0 r} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

$$E_r = -\frac{dV}{dr} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

$$\vec{E} = \frac{(R_2^2 - R_1^2) A}{2\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(2)

$$W = qU_{\infty P} = -qV = -\frac{(R_2^2 - R_1^2) A q}{2\epsilon_0 r} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

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 $R_1=1.0\text{ cm}$ 的导体球，带有电荷 $q=1.0\times 10^{-10}\text{C}$ ，球外有一个内外半径分别为 $R_2=3.0\text{ cm}$ 和 $R_3=4.0\text{ cm}$ 的同心导体球壳，壳上带有电荷 $Q=1.1\times 10^{-9}\text{C}$ ，试计算：

- (1) 两导体的电势 U_1 和 U_2 ；
- (2) 用导线把球和球壳接在一起后， U_1 和 U_2 分别是多少？
- (3) 若外球接地， U_1 和 U_2 为多少？
- (4) 若内球接地， U_1 和 U_2 为多少？(取无穷远处为电势零点)

参考答案：

(1) 静电平衡时，导体球壳内表面带电为 $-q=-1.0\times 10^{-10}\text{C}$ ，外表面带电为 $q+Q=12\times 10^{-10}\text{C}$ 所以，导体球电势 U_1 和导体球壳电势 U_2 分别为

$$U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{R_1} + \frac{-q}{R_2} + \frac{q+Q}{R_3} \right) = 330\text{ V} \dots\dots\dots 1.5\text{ 分}$$

$$U_2 = \frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} = 270\text{ V} \dots\dots\dots 1.5\text{ 分}$$

(2) 两球用导线相连后，电荷全部分布于球壳外表面，两球成等势体，其电势为

$$U_1 = U_2 = \frac{q+Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} = 270\text{ V} \dots\dots\dots 3\text{ 分}$$

(3) 若外球接地，则球壳外表面的电荷消失，且 $U_2=0$1.5 分

$$U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{R_1} + \frac{-q}{R_2} \right) = 60\text{ V} \dots\dots\dots 1.5\text{ 分}$$

(4) 若内球接地，设其表面电荷为 q' ，而球壳内表面将出现 $-q'$ ，球壳外表面的电荷为 $Q+q'$ ，这些电荷在球心处产生的电势应等于零，即

$$U_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q'}{R_1} + \frac{-q'}{R_2} + \frac{q'+Q}{R_3} \right) = 0\text{ V} \dots\dots\dots 1.5\text{ 分}$$

解得

$$q' = -3\times 10^{-10}\text{ C}$$

$$U_2 = \frac{q'+Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} = 180\text{ V} \dots\dots\dots 1.5\text{ 分}$$

五、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，有一均匀带电细直导线 AB ，长为 b ，电荷量为 q ($q > 0$)。此导线绕垂直于纸面的 O 轴以匀角速度 ω 转动，转动过程中导线两端与 O 轴的距离保持不变，且 A 端与 O 轴的距离为 a 。

求：(1) O 点的电场强度；(2) O 点的磁感应强度。

参考答案：

(1) 在导线 AB 上距 O 点为 r 处取一段线元 dr ，其所带电荷量为

$$dq = \frac{q}{b} dr \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

dr 处电荷元激发的电场在 O 点处的电场强度为

$$d\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \vec{e}_r \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

得到，将 dq 代入，并进行积分

$$E = \int dE = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} = \int_a^{a+b} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{b} \frac{dr}{r^2} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{b} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+b} \right) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a(a+b)}$$

O 点的电场强度大小为 $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a(a+b)}$ ，

方向沿着 AB 指向 O。.....1 分

(2) 在导线 AB 上距 O 点为 r 处取一段线元 dr ，其所带电荷量为 $dq = \frac{q}{b} dr$

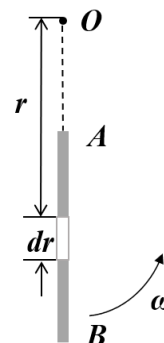
当导线以角速度 ω 旋转时，形成环形电流，其电流大小为

$$dI = \frac{\omega}{2\pi} dq = \frac{\omega q}{2\pi b} dr \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

所以带电导线 AB 旋转时，在 O 点产生的磁感应强度为

$$B = \int_a^{a+b} \frac{\mu_0}{2r} \frac{\omega q}{2\pi b} dr = \frac{\mu_0 q \omega}{4\pi b} \ln \frac{a+b}{a} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

方向垂直纸面向外。.....1 分



六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

在一个显像管里，电子沿水平方向从南到北运动，动能是 $1.2 \times 10^4 \text{ eV}$ ，该处地球磁场在竖直方向上的分量向下， \vec{B} 的大小是 $5.5 \times 10^{-5} \text{ T}$ 。已知电子电荷 $-e = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ，质量 $m = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ 。(1) 电子受电磁的影响往哪个方向偏转？(2) 电子的加速度有多大？(3) 电子在显像管内走 20cm 时，偏转有多大？

参考答案：

(1) 由题可知，电子往东偏转。.....3 分

(2) 电子的动能 $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = 1.2 \times 10^4 \text{ eV}$

故有

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.2 \times 10^4 \times 1.6 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} = 6.5 \times 10^7 \text{ m/s} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

又 $ma = evB$ ，可得

$$a = \frac{evB}{m} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 6.5 \times 10^7 \times 5.5 \times 10^{-5}}{9.1 \times 10^{-31}} = 6.3 \times 10^{14} \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(3)

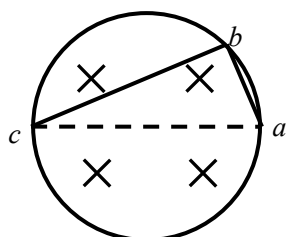
$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}a\left(\frac{l}{v}\right)^2 = \frac{1}{2} \times 6.3 \times 10^{14} \times \left(\frac{20 \times 10^{-2}}{6.5 \times 10^7}\right)^2 = 2.98 \times 10^{-3} \text{ m} \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

电子在显像管内偏转 $2.98 \times 10^{-3} \text{ m}$

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

在无限长直螺线管中，均匀分布着变化的磁场 $\vec{B}(t)$ ，该磁场变化率为 $\frac{dB}{dt} = k$ ($k > 0$ ，且为常量)，方向与螺线管轴线平行，如图所示，现在其中放置一直角型导线 abc ，若已知螺线管截面半径为 R ， $ab=l$ ，试求：

- (1) 螺线管中的感生电场；
- (2) ab ， bc 两段导线中的感生电动势。



参考答案：

(1) 设螺线管内的磁场垂直于纸面向里，由于管内的磁场具有轴对称性所以可在管中任取半径为 r ($r < R$) 的感生电场线做积分回路，根据感生电场与变化磁场之间的关系得

$$\oint_L \vec{E}_k \cdot d\vec{l} = - \int_s \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{S}$$

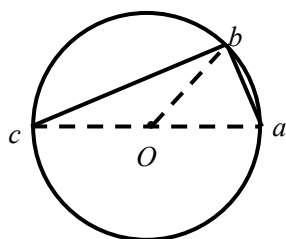
由 $\frac{dB}{dt} = k > 0$ 可知，感生电场线的方向沿逆时针方向，所以

$$2\pi r E_k = - \left(-\pi r^2 \frac{dB}{dt} \right) = \pi r^2 k \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

可得

$$E_k = \frac{r}{2} k \quad (r < R) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2) 用法拉第电磁感应定律求解。做辅助线 aO 、 bO 、 cO ，其中 O 为圆心，如图所示。



在回路 $OabO$ 中，穿过回路所围面积的磁通量为

$$\Phi = BS = \frac{1}{2}lBh = \frac{1}{2}lB\sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

在回路 $OabO$ 中产生的感生电动势为

$$\varepsilon_{OabO} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{2}l\sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} \frac{dB}{dt} = \frac{k}{2}l\sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

又因 $\varepsilon_{OabO} = \varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bO} + \varepsilon_{Oa}$ ，而感生电场强度 \vec{E}_k 与 Oa 和 Ob 都垂直，所以在 Oa 和 Ob 中的感生电动势均为零，即

$$\varepsilon_{Oa} = \varepsilon_{Ob} = 0$$

导线 ab 的感生电动势为

$$\varepsilon_{ab} = \varepsilon_{OabO} = \frac{k}{2}l\sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

ε_{ab} 的方向由 a 指向 b 。 $\dots\dots\dots 1 \text{ 分}$

同理可得穿过回路 abc 所围面积的磁通量为

$$\Phi' = BS' = \frac{1}{2}lBh' = \frac{1}{2}lB\sqrt{4R^2 - l^2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

在回路 abc 中产生的感生电动势为

$$\varepsilon_{abca} = \frac{d\Phi'}{dt} = \frac{1}{2}l\sqrt{4R^2 - l^2} \frac{dB}{dt} = \frac{k}{2}l\sqrt{4R^2 - l^2} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

又因 $\varepsilon_{abca} = \varepsilon_{ab} + \varepsilon_{bc} + \varepsilon_{ca}$ ，而感生电场强度 \vec{E}_k 与 ca 垂直，所以在 ca 中的感生电动势均为零，即

$$\varepsilon_{ca} = 0$$

导线 bc 的感生电动势为

$$\varepsilon_{bc} = \varepsilon_{abca} - \varepsilon_{ab} = \frac{k}{2}l\sqrt{4R^2 - l^2} - \frac{k}{2}l\sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} = \frac{k}{2}l\sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

ε_{bc} 的方向由 b 指向 c 。 $\dots\dots\dots 1 \text{ 分}$

参考答案

一、选择题

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	A	D	B	A	A	B	C	B	A

二、填空题

1. $\frac{\sqrt{11}E_0}{4}$

2. $\frac{50q}{21\pi\epsilon_0 R}$

3. $\frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 R} + \frac{-q}{12\pi\epsilon_0 R}$

4. $n\vec{p}$

5. $\frac{dQ^2}{2\epsilon_0 S}$

6. 4:1

7. 7.0

8. 0.244

9. 相同

10. L_1+L_2+2M