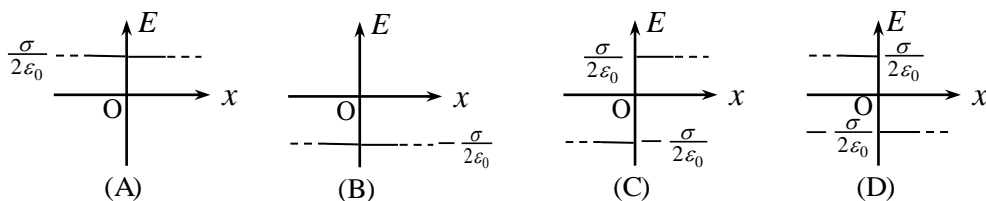
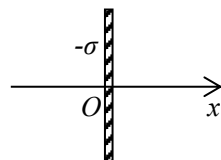




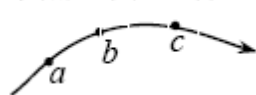
**厦门大学《大学物理B(下)》课程
期中试卷参考答案**
(考试时间: 2021年11月)

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. 真空中一“无限大”均匀带负电荷的平板, 面电荷密度为 $-\sigma$ ($\sigma > 0$), 如图所示, 其电场强度的分布曲线应是 ()
(设场强方向向右为正、向左为负)

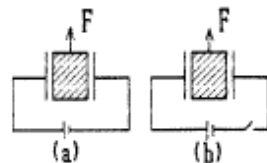


2. 如图所示, a、b、c 是电场中某条电场线上的三个点, 由此可知 ()



- (A) $E_a > E_b > E_c$; (B) $E_a < E_b < E_c$;
(C) $U_a > U_b > U_c$; (D) $U_a < U_b < U_c$ 。

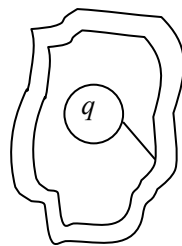
3. 用力 F 把电容器中的电介质板拉出, 在图(a)和图(b)的两种情况下, 电容器中储存的静电能量将 ()



充电后仍与电源连接 充电后与电源断开

- (A) 都增加; (B) 都减少;
(C) (a) 增加, (b) 减小; (D) (a) 减少, (b) 增加。

4. 如图所示, 一球形导体, 带有电荷 q , 置于一任意形状的空腔导体中。当用导线将两者连接后, 则与未连接前相比系统静电场能量将 ()

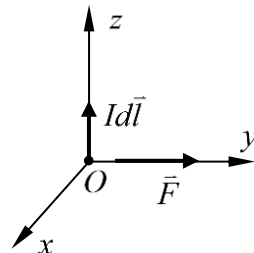


- (A) 增大; (B) 减小; (C) 不变; (D) 如何变化无法确定。

5. 将一带负电荷的导体 A 移近一个接地的导体 B, 则 ()

- (A) 导体 B 的电势不变, 且带正电荷
(B) 导体 B 的电势不变, 且带负电荷
(C) 导体 B 的电势增大, 带正电荷
(D) 导体 B 的电势减小, 带正电荷

6. 有一电流元 $Id\vec{l}$, 方向指向 z 轴正向, 放在 O 点处, 如图所示。已知 O 点处的磁感应强度为 \vec{B} , $Id\vec{l}$ 受安培力的方向沿 y 轴正向, 由此可判断: ()。

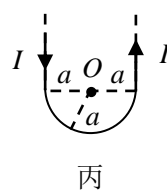
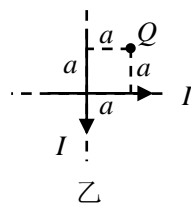
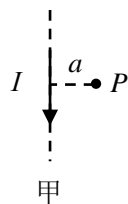


- (A) \vec{B} 的方向一定沿 x 轴正向;
(B) \vec{B} 的方向一定沿 x 轴负向;
(C) \vec{B} 的方向在 xOy 平面内, 与 y 轴正方向夹角大于 $\frac{\pi}{2}$, 小于 π ;

(D) \vec{B} 的方向在 xOz 平面内, 与 x 轴正方向夹角大于 0 , 小于 $\frac{\pi}{2}$ 。

7. 通有电流 I 的无限长直导线构成如图甲、乙、丙三种形状, 若三种情况之间没有相互干扰。则 P , Q , O 三个点磁感强度的大小 B_P , B_Q , B_O 间的关系为 ()

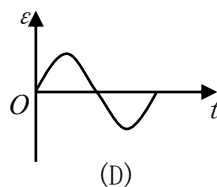
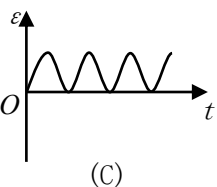
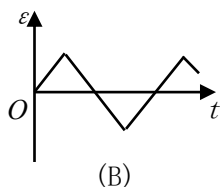
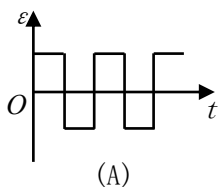
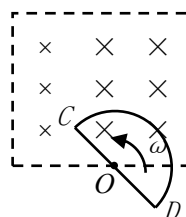
- (A) $B_P > B_Q > B_O$ (B) $B_Q > B_P > B_O$
(C) $B_Q > B_O > B_P$ (D) $B_O > B_Q > B_P$



8. 洛伦兹力可以 ()

- (A) 改变运动带电粒子的速率 (B) 改变运动带电粒子的动量
(C) 对运动带电粒子做功 (D) 增加运动带电粒子的动能

9. 矩形区域为均匀稳恒磁场, 半圆形闭合导线回路在纸面内绕点 O 作逆时针方向匀角速转动, O 点是圆心且恰好落在磁场的边缘上, 从半圆形闭合导线完全在磁场外时开始计时, 哪条 $\varepsilon-t$ 函数图象属于半圆形导线回路中产生的感应电动势? ()



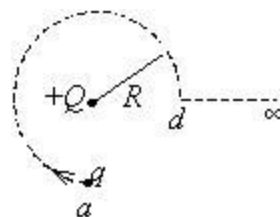
10. 一块铜板垂直于磁场方向放在磁感应强度正在增大的磁场中时, 铜板中出现的感应电流将 ()

- (A) 加速铜板中磁场的增加 (B) 减缓铜板中磁场的增加
(C) 对磁场不起作用 (D) 使铜板中的磁场反向

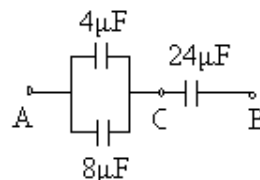
二、填空题: 本大题共 10 空, 每空 2 分, 共 20 分。请把正确答案填写在答题纸的正确位置。错填、不填均无分。

1. 在点电荷系的电场中, 任一点的电场强度等于每个点电荷电场在该点处的 _____ 和, 这称为场强叠加原理。

2. 如图所示. 试验电荷 q , 在点电荷 $+Q$ 产生的电场中, 沿半径为 R 的整个圆弧的 $3/4$ 圆弧轨道由 a 点移到 d 点的过程中电场力做功为 _____。



3. 如图所示, 在点 A 和点 B 之间有三个电容器, 其连接如图所示, 若 A、B 之间的电势差为 12V, 则 C、B 之间的电势差 $V_{CB} =$ _____ V



4. 真空中有一球状导体 A, 已知其带电量为 Q 。若在导体 A 外罩一不带电的同心球壳 B, 则球壳 B 外距球心 r 处的点 P 的场强的大小为 _____。

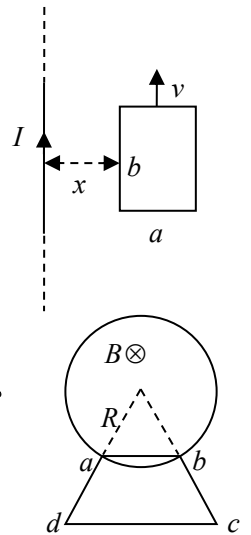
5. 两个点电荷在真空中相距 $d_1 = 7\text{cm}$ 时的相互作用力与煤油中相距 $d_2 = 5\text{cm}$ 时相互作用力相等, 则煤油的相对介电常数 $\varepsilon_r =$ _____。

6. 一质点带有电荷 $q=8.0 \times 10^{-10} \text{ C}$, 以速度 $v=3.0 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 在半径为 $R=6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ 的圆周上, 作匀速圆周运动, 该质点轨道运动的磁矩大小 $p_m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A} \cdot \text{m}^2$ 。

7. 一面积为 S 的单匝平面线圈, 在磁感应强度为 \bar{B} 的均匀磁场中所通过的磁通量的最大值为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

8. 有一半径为 R 的细软导线圆环, 通过的电流为 I , 将圆环放在一磁感应强度为 B 的均匀磁场中, 磁场的方向与圆电流的磁矩方向一致, 今有外力作用在导线环上, 使其变成正方形, 则在维持电流不变的情况下, 外力克服磁场力所做的功为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

9. 如图所示, 矩形回路与无限长直导线共面, 矩形一边与直导线平行, 导线中通有电流 I , 回路以速度 \bar{v} 沿着平行于直导线方向运动, 则回路中的感应电动势为 $\underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$ 。

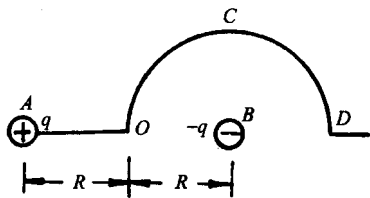


10. 均匀磁场被限制在半径为 R 的无限长圆柱形空间内, 且 $\frac{dB}{dt}$ 为大于零的常量, 如图所示。有一梯形导体回路, 其中 $ab=R$, $dc=2R$, 则梯形导体回路的感生电动势大小为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

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, $AO=OB=R$, OCD 为以 B 为中心的半圆弧, A 、 B 两点分别放置电荷 $+q$ 和 $-q$, 求:

- (1) O 点与 D 点的电势 U_O 与 U_D (设无穷远处电势为零);
- (2) 把正电荷 q_0 从 O 点沿弧 OCD 移到 D 点, 电场力做的功;
- (3) 把单位正电荷从 D 点沿 AB 延长线移到无穷远处电场力做的功。



参考答案:

(1) O 点电势: $U_O = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-q}{R} = 0 \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$

D 点电势: $U_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{3R} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{-q}{R} = -\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$

(2) 把正电荷 q_0 从 O 点沿弧 OCD 移到 D 点, 电场力做的功:

$A = q_0(U_O - U_D) = \frac{qq_0}{6\pi\epsilon_0 R} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$

(3) 把单位正电荷从 D 点沿 AB 延长线移到无穷远处电场力做的功：

$$A = U_D - U_\infty = -\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} \dots\dots\dots 4 \text{ 分}$$

四、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

两同心导体球壳，内球的半径为 r_1 ，外球的半径为 r_2 ，它们之间充满均匀电介质，两球壳间的电压为 V ，假设电介质的击穿电场强度为 E' ，若 r_1 、 r_2 可变，求：

(1) 内球的表面电场强度最小时的内外球半径之比；

(2) 内外半径之比为 (1) 小题所得，则电介质被击穿时 r_2 需满足的条件。

参考答案：

(1) 设内球带电量为 Q ，由高斯定理可知，导体球壳之间的电场强度为

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2}$$

内球表面处的电场强度为

$$E_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon r_1^2} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

由于导体球壳之间的电势差已知，因此内球的表面电场强度为最小的条件取决于内外球的半径之比。

$$V = \int_{r_1}^{r_2} \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \Rightarrow Q = \frac{4\pi\epsilon V}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

可得

$$E_1 = \frac{V}{r_1^2 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

要使内球的表面电场强度最小，应有

$$\frac{\partial E_1}{\partial r_1} = \frac{-V \left[2r_1 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - r_1^2 \frac{1}{r_1^2} \right]}{r_1^4 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)^2} = 0$$

整理得

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{1}{2} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2) 由于在介质中，内球表面处的电场强度最大，所以当 $E_1 \geq E'$ 时，两球间的电介质将被击穿。

$$E_1 = \frac{V}{r_1^2 \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{4V}{r_2^2 \left(\frac{2}{r_2} - \frac{1}{r_2} \right)} = \frac{4V}{r_2} \geq E' \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

解得

$$r_2 \leq \frac{4V}{E'} \dots\dots\dots 1 \text{ 分}$$

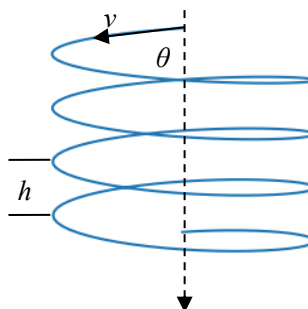
五、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

一电子在 $B=2 \times 10^{-3} \text{ T}$ 的匀强磁场中沿半径为 $R=20 \text{ cm}$ 的螺旋线向下运动，螺距 $h=5 \text{ cm}$ ，如图所示。试求：

(1) 电子的速度；

(2) 判断磁感应强度的方向。

(电子的荷质比 $\frac{e}{m} = 1.76 \times 10^{11} \text{ C} \cdot \text{kg}^{-1}$)



参考答案：

(1) 设电子运动的速度大小为 v ，与轴线的夹角为 θ ，其回旋半径为

$$R = \frac{mv_{\perp}}{eB} = \frac{mv \sin \theta}{eB}$$

即有

$$v \sin \theta = \frac{eBR}{m} \dots\dots\dots (1) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

螺距为

$$h = v_{\parallel} T = v \cos \theta \frac{2\pi m}{eB}$$

解得

$$v \cos \theta = \frac{eBh}{2\pi m} \dots\dots\dots (2) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

将 (1) (2) 式两面平方相加可得

$$(v \cos \theta)^2 + (v \sin \theta)^2 = \left(\frac{eBh}{2\pi m} \right)^2 + \left(\frac{eBR}{m} \right)^2 \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

解得

$$v = \frac{eB}{m} \sqrt{\left(\frac{h}{2\pi} \right)^2 + R^2} = 7.04 \times 10^7 \text{ m/s} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

将 (1) (2) 式相除得

$$\tan \theta = \frac{2\pi R}{h} = 8\pi$$

则电子速度与轴线的夹角为

$$\theta = \arctan \frac{2\pi R}{h} = 1.53 \text{ rad} = 87.72^\circ \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

(2) 由电子收到的洛伦磁力 $\vec{F} = -e\vec{v} \times \vec{B}$ ，可判断磁感应强度的方向应沿着轴线方向向上。

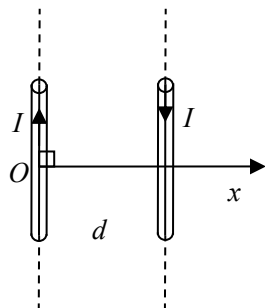
.....2 分

六、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

两根半径为 a 的长直圆柱形导体平行放置，且中心轴距离为 d ，且 $d \gg a$ ，若在两导线平面内建立如图所示坐标系，试求：

(1) 这对导线单位长度的电容；

(2) 若通有相向恒定电流 I ，且两导体内部磁通量忽略不计，导体外， x 轴上各点磁感应强度大小。



参考答案：

(1) 假设两条导线均匀带电，电荷线密度分别为 $+\lambda$ ， $-\lambda$ ，则两条导线间任一点所激发的电场强度大小分别为：

$$E_1 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{x}$$

$$E_2 = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{d-x}$$

则该点的总电场强度大小为

$$E = E_1 + E_2 = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} \right) \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

两导线间的电势差为

$$V = \int_a^{d-a} E dx = \int_a^{d-a} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} \right) dx = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-a}{a}$$

$$\approx \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d}{a} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

故，两导线单位长度电容为

$$C = \frac{\lambda}{V} = \frac{\pi\epsilon_0}{\ln \frac{d-a}{a}} \dots\dots\dots 2 \text{ 分}$$

$$\approx \frac{\pi\epsilon_0}{\ln \frac{d}{a}}$$

(2) 根据安培环路定理，左侧电流在 x 轴上产生的磁感应强度大小为

$$B_1 = \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \right| \dots\dots\dots 1.5 \text{ 分}$$

右侧电流在 x 轴上产生的磁感应强度大小为

$$B_2 = \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)} \right| \dots\dots\dots 1.5 \text{ 分}$$

x 轴上的磁感应强度大小为

$$B = \begin{cases} \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \right| - \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)} \right| = -\frac{\mu_0 Id}{2\pi x(d-x)} & (x < -a) \\ \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \right| + \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)} \right| = \frac{\mu_0 Id}{2\pi x(d-x)} & (a < x < d-a) \dots\dots\dots 3 \text{ 分} \\ \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-x)} \right| - \left| \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \right| = \frac{\mu_0 I(2x-d)}{2\pi x(d-x)} & (d+a < x) \end{cases}$$

七、计算题：本题 12 分。请在答题纸上按题序作答，并标明题号。

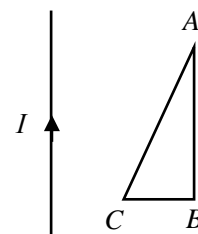
如图，一长直载流导线旁有一直角三角形线圈与之共面，且直角边 AB 与长直导线平行，直角边的长度分别为 $AB=a$ ， $BC=b$ ，如图所示。

(1) 若长直导线中通有交变电流 $I=I_0 \cos \omega t$ ，线圈保持不动， AB 到长直导线距离为 r ($r>b$)，求 t 时刻线圈中的感应电动势；

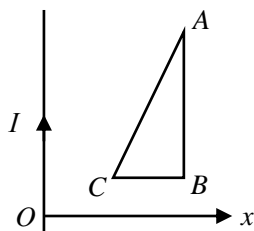
(2) 若长直导线中通有恒定电流 $I=I_0$ ，线圈以匀速率 v 远离长直导线，求当 AB 到长直导线距离为 r ($r>b$) 时，线圈中的感应电动势；

(3) 求当 AB 到长直导线距离为 r ($r>b$) 时，它们的互感系数。

参考答案：



在平面内建立坐标系如图所示。



当长直导线通有电流为 I ，线圈的 AB 边到长直导线距离为 r 时，穿过线圈的磁通量为：

$$\Phi_m = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_{r-b}^r \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \cdot \frac{a(x-r+b)}{b} dx = \frac{\mu_0 Ia}{2\pi b} \left[b - (r-b) \ln \frac{r}{r-b} \right] \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(1)

$$I = I_0 \cos \omega t$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d\Phi_m}{dI} \frac{dI}{dt} = \frac{\mu_0 I_0 a \omega \sin \omega t}{2\pi b} \left[b - (r-b) \ln \frac{r}{r-b} \right] \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(2)

$$r = r(t)$$

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d\Phi_m}{dr} \frac{dr}{dt} = -\frac{\mu_0 I_0 a v}{2\pi b} \left(\frac{b}{r} - \ln \frac{r}{r-b} \right) \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

(3)

$$M = \frac{\Phi_m}{I} = \frac{\mu_0 a}{2\pi b} \left[b - (r-b) \ln \frac{r}{r-b} \right] \dots\dots\dots 3 \text{ 分}$$

参考答案

一、选择题

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

二、填空题

1. 矢量

2. 0

3. 4

4. $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

5. 1.96

6. 7.2×10^{-7}

7. BS

8. $IB\pi R^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$

9. 0

10. $\left(\frac{\pi}{6} - \frac{\sqrt{3}}{4}\right) R^2 \frac{dB}{dt}$