# 大物下



## 电磁学

### 静电场

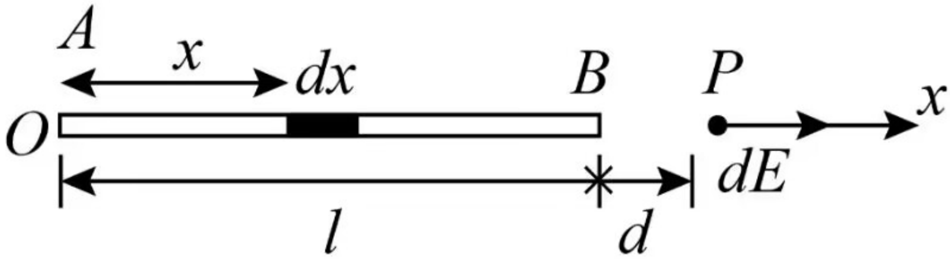
1. 长$l = 15.0\mathrm{cm}$的直导线$AB$上均匀地分布着线密度$\lambda = 5.0 \times 10^{-9}\mathrm{C/m}$的正电荷．试求：
   (1)
   在导线的延长线上与导线$B$端相距$d_1 = 5.0\mathrm{cm}$处$P$点的电场强度．
   (2)
   在导线的垂直平分线上与导线中点相距$d_2 = 5.0\mathrm{cm}$处$Q$点的电场强度．

   **分析：**

   **参考答案：**

(1)

建立如图所示坐标系

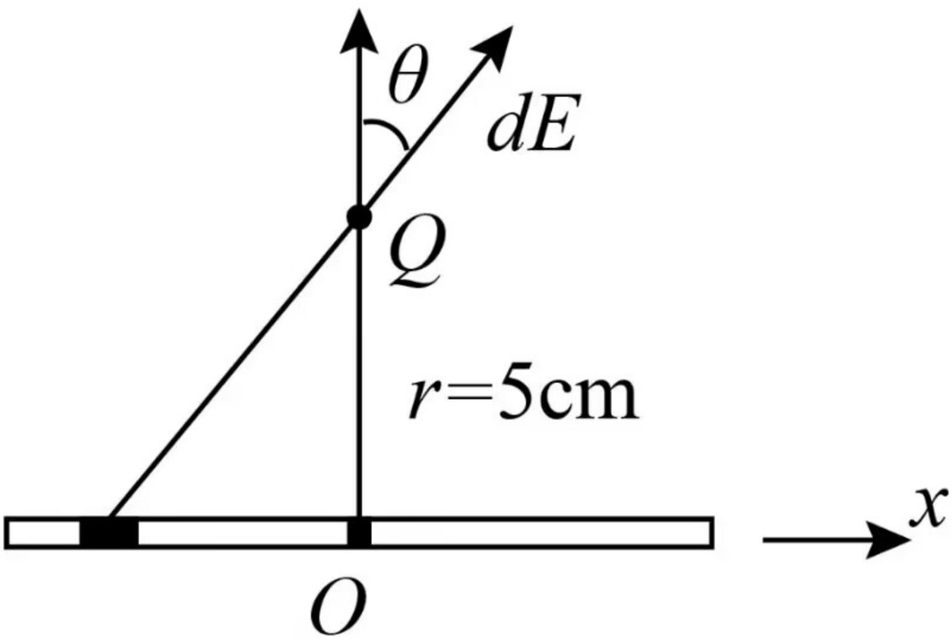



在导线上取电荷元$dq = \lambda dx$，电荷元在$P$点所激发场强大小为$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\lambda dx}{(l+d-x)^2}$，

$$E = \int_0^l \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\lambda dx}{(l+d-x)^2} \approx 675\mathrm{V/m}.$$

(2)

建立如图所示坐标系




在导线上取电荷元$dq = \lambda dx$，电荷元在$Q$点所激发场强大小为$dE = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\lambda dx}{x^2+r^2} \cos\theta = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{\lambda dx}{x^2+r^2} \cdot \frac{r}{\sqrt{x^2+r^2}}$

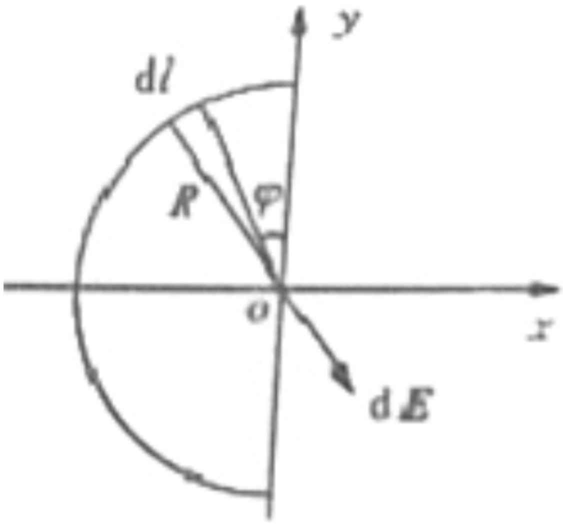
，$E = \int^{\frac{1}{2}} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{r\lambda dx}{\cdots} = \frac{\lambda \frac{1}{2}}{\cdots}$.

$$\int_{-\frac{l}{2}} \quad 4\pi\varepsilon_0 \qquad (x^2+r^2)^{\frac{1}{2}} \qquad 2\pi\varepsilon_0 r\sqrt{r^2+\frac{\pi}{4}}$$

$$\approx 374\mathrm{V/m}$$

---

2. 一个半径为$R$的均匀带电半圆环，电荷线密度为$\lambda$ ，求环心处$O$点的场强.




**分析:**

## 思路点拨

在图中半圆环上一个很小的微元，得到其电荷量，由点电荷场强公式求得它在$O$点的场强，运用积分法求环心处$O$点的场强.

**参考答案:**

解：如图在图上取 $dl=Rd\varphi$

其电荷量为 $dq=\lambda\ dl=R\lambda\ d\varphi$，它在$O$点产生的场强大小为

$dE=\frac{kdq}{R^2}=\frac{kR\lambda d\varphi}{R^2}$，方向沿半径向外

则 $dE_x=dEsin\varphi=\frac{k\lambda}{R}sin\varphi d\varphi$

$dE_y=dEcos(\pi-\varphi)=-\frac{k\lambda}{R}cos\varphi d\varphi$

积分得：$E_x=\int_0^\pi\frac{k\lambda}{R}sin\varphi d\varphi=\frac{2k\lambda}{R}$

$E_y=\int_0^\pi(-\frac{k\lambda}{R}cos\varphi)d\varphi=0$

所以环心处$O$点的场强 $E=E_x=\frac{2k\lambda}{R}$，方向沿$x$轴正向.

答：环心处$O$点的场强大小为$\frac{2k\lambda}{R}$，方向沿$x$轴正向.

---

3. 均匀带电球壳内半径$6cm$，外半径$10cm$，电荷体密度为$2\times10-5C/m3$．试求距球心$5cm$，$8cm$及$12cm$的各点的电场强度.

**分析:**

$\oint x\overline{E}d\overline{S}=\Sigma q\varepsilon 0$，$4\pi r2E=\Sigma q\varepsilon 0$，

$r=5cm$时，$\Sigma q=0$，$\overline{E}=0$，

$r=8cm$时，$\Sigma q=\rho 43\pi(r3-r3$内$)$

$E=\rho 43\pi(r3-r3$内$)4\pi r2\varepsilon 0\approx 3.48\times 104N\cdot C-1$，

方向沿半径向外，

$r=12cm$时，$\Sigma q=\rho 43\pi(r3-r3$内$)$

$E=\rho 43\pi(r3-r3$内$)4\pi\varepsilon 0r2\approx 4.10\times 104N\cdot C-1$，

方向沿半径向外.

**参考答案:**

$r$=5$cm$时，$\Sigma q$=0，$\overline{\quad}E$=0，

$r$=8$cm$时，$E$≈3.48×104$N$·$C$−1，

$r$=12$cm$时，$E$≈4.10×104$N$·$C$−1

---

4. 半径$R_1$和$R_2(R_2 > R_1)$的两个无限长同轴圆柱面，单位长度上分别带有电量$\lambda$和$-\lambda$，试求：

(1)

$r < R_1$.

(2)

$R_1 < r < R_2$.

(3)

$r > R_2$处各点的电场强度.

**分析:**

**参考答案:**

(1)

高斯定理$\int \overrightarrow{E} \cdot d\overrightarrow{S} = \frac{\sum q}{\varepsilon_0}$，取同轴圆柱形高斯面，

侧面积$S = 2\pi rl$，则$\int \overrightarrow{E} \cdot d\overrightarrow{S} = E \cdot 2\pi rl = \frac{\sum q}{\varepsilon_0}$.

对$r < R_1$，$\sum q = 0$，

$\therefore E = 0$.

(2)

$R_1 < r < R_2$，$\sum q = l\lambda$，

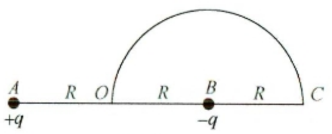
$\therefore E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$沿径向向外.

(3)

$r > R_2$，$\sum q = 0$，

$\therefore E = 0$.

5. 如题图 9-18 所示，在 $A$、$B$ 两点处放有电量分别为$+q$，$-q$ 的点电荷，$AB$ 间距离为 $2R$，现将另一正试验点电荷 $q_0$ 从 $O$ 点经过半圆弧移到 $C$ 点，求移动过程中电场力做的功.




题图 9-18

**分析：**

**参考答案：**

解　$O$ 点的电势为

$$U_O=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{R}-\frac{q}{R}\right)=0$$

$C$ 点的电势为

$$U_C=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{q}{3R}-\frac{q}{R}\right)=-\frac{q}{6\pi\varepsilon_0 R}$$

所以

$$A_{OC}=q_0(U_O-U_C)=\frac{q_0 q}{6\pi\varepsilon_0 R}$$

---

6. 18 如题9、18图所示的绝缘细线上均匀分布着线密度为$\lambda$ 的正电荷,两直导线的长度与半圆环的半径都等于$R$ .试求环中心$O$ 点处的场强与电势.

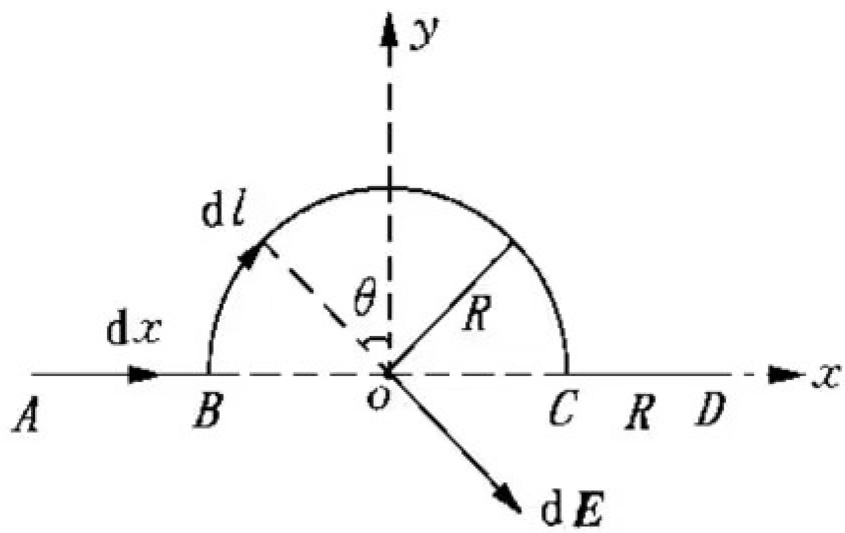
**分析:**

**参考答案:**

**解答**

解: (1)由于电荷均匀分布与对称性,$AB$与$CD$段电荷在$O$点产生的场强互相抵消,取$dl=Rd\theta$

则$dq=\lambda Rd\theta$产生$O$点$d\vec{E}$如图,由于对称性,$O$点场强沿$y$轴负方向




题9、18图

$$E=\int dE_y=\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\frac{\lambda Rd\theta}{4\pi\varepsilon_0R^2}\cos\theta$$

$$=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0R}[sin(-\frac{\pi}{2})-\sin\frac{\pi}{2}]$$

$$=\frac{-\lambda}{2\pi\varepsilon_0R}$$

(2) $AB$电荷在$O$点产生电势,以$U_\infty=0$

$$U_1=\int_B^A\frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0x}=\int_R^{2R}\frac{\lambda dx}{4\pi\varepsilon_0x}=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\ln 2$$

同理$CD$产生 $U_2=\frac{\lambda}{4\pi\varepsilon_0}\ln 2$

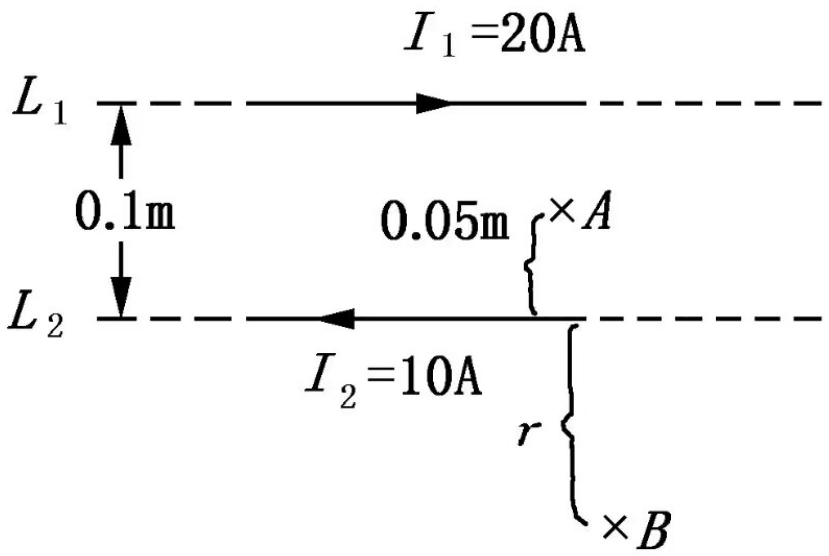
半圆环产生 $U_3=\frac{\pi R\lambda}{4\pi\varepsilon_0 R}=\frac{\lambda}{4\varepsilon_0}$

$\therefore U_O=U_1+U_2+U_3=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln 2+\frac{\lambda}{4\varepsilon_0}$

---

## 稳恒磁场

1. 10 在真空中,有两根互相平行的无限长直导线$L_1$与$L_2$,相距$0.1m$,通有方向相反的电流,$I_1=20A$,$I_2=10A$,如题10、10图所示.$A$,$B$两点与导线在同一平面内.这两点与导线$L_2$的距离均为$5.0cm$.试求$A$,$B$两点处的磁感应强度,以及磁感应强度为零的点的位置.




**分析:**

**参考答案:**

**解答**

解:如题10、10图所示,$\vec{B}_A$ 方向垂直纸面向里

$$B_A=\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(0.1-0.05)}+\frac{\mu_0 I_2}{2\pi\times0.05}=1.2\times10^{-4}$$

$T$

$$B_B=-\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(0.1+0.05)}+\frac{\mu_0 I_2}{2\pi\times0.05}=1.33\times10^{-5}$$

$T$

(2)设$\vec{B}=0$ 在$L_2$外侧距离$L_2$为$r$处

则 $\frac{\mu_0 I}{2\pi(r+0.1)}-\frac{\mu I_2}{2\pi r}=0$

解得 $r=0.1\ m$

题10、11图

---

2. 14 两平行长直导线相距$d$ =40$cm$,每根导线载有电流$I_1$=$I_2$=20$A$,如题10、14图所示.求:

(1)两导线所在平面内与该两导线等距的一点$A$ 处的磁感应强度;

(2)通过图中斜线所示面积的磁通量.($r_1$=$r_3$=10$cm$,$l$ =25$cm$).

**分析:**

**参考答案:**

> **解答**
>
> 解:(1) $B_A=\dfrac{\mu_0 I_1}{2\pi(\frac{d}{2})}+\dfrac{\mu_0 I_2}{2\pi(\frac{d}{2})}=4\times10^{-5}$ $T$
>
> 方向⊥纸面向外
>
> (2)取面元$dS=ldr$
>
> $\Phi=\int_{r_1}^{r_1+r_2}[\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}+\frac{\mu_1 I_1}{2\pi(d-r)}]ldr=\frac{\mu_0 I_1 l}{2\pi}\ln 3-\frac{\mu_0 I_2 l}{2\pi}\ln\frac{1}{3}=\frac{\mu I_1 l}{\pi}\ln 3=2.2\times10^{-6}$
>
> $Wb$

---

3. 9 如题10、9图所示,$AB$、$CD$为长直导线,$\overset{\frown}{BC}$为圆心在$O$点的一段圆弧形导线,其半径为$R$.若通以电流$I$,求$O$点的磁感应强度.

**分析:**

**参考答案:**

解:如题10、9图所示,$O$点磁场由$AB$、$\overset{\frown}{BC}$、$CD$三部分电流产生.其中

$AB$ 产生 $\vec{B}_1=0$

$CD$ 产生$B_2=\frac{\mu_0 I}{12R}$,方向垂直向里

$CD$ 段产生

$$B_3=\frac{\mu_0 I}{4\pi\frac{R}{2}}(sin 90^\circ-\sin 60^\circ)=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}(1-\frac{\sqrt{3}}{2})$$

,方向⊥向里

$$\therefore B_0=B_1+B_2+B_3=\frac{\mu_0 I}{2\pi R}(1-\frac{\sqrt{3}}{2}+\frac{\pi}{6})$$ ,方向⊥向里.

---

4. 题915图中所示是一根很长的长直圆管形导体的横截面,内外半径分别为$a$,$b$,导体内载有沿轴线方向的电流$I$,且$I$均匀地分布在管的横截面上.设导体的磁导率$\mu\approx\mu_0$,试证明导体内部各点$(a<r<b)$的磁感应强度的大小由下式给出:

$$B=\frac{\mu_0 I}{2\pi(b^2-a^2)}\frac{r^2-a^2}{r}$$

**分析:**

**参考答案:**

> 解:取闭合回路$l=2\pi r\ \ (a<r<b)$
>
> 则 $\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{l}=B2\pi r$
>
> $$\sum I=(\pi r^2-\pi a^2)\frac{I}{\pi b^2-\pi a^2}$$
>
> $$\therefore\ B=\frac{\mu_0 I(r^2-a^2)}{2\pi r(b^2-a^2)}$$

---

5. 一根很长的同轴电缆,由一导体圆柱(半径为$a$)和一同轴的导体圆管(内、外半径分别为$b$,$c$)构成,如题6-8图所示.使用时,电流$I$从一导体流去,从另一导体流回.设电流都是均匀地分布在导体的横截面上,求:(1)导体圆柱内($r<a$),(2)两导体之间($a<r<b$),(3)导体圆筒内($b<r<c$),(4)电缆外($r>c$)各点处磁感应强度的大小.

**分析:**

**参考答案:**

解: $\oint_L \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum I$

(1) $r < a \quad B2\pi r = \mu_0 \frac{Ir^2}{R^2}$

$$B = \frac{\mu_0 Ir}{2\pi R^2}$$

(2) $a < r < b \quad B2\pi r = \mu_0 I$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

(3) $b < r < c$

$$B2\pi r = -\mu_0 I \frac{r^2 - b^2}{c^2 - b^2} + \mu_0 I$$

$$B = \frac{\mu_0 I(c^2 - r^2)}{2\pi r(c^2 - b^2)}$$

(4) $r > c \quad B2\pi r = 0$

$$B = 0$$

---

6. 20 如题10、20图所示,长直电流$I_1$附近有一等腰直角三角形线框,通以电流$I_2$,二者

共面.求$\triangle ABC$的各边所受的磁力.

**分析:**

**参考答案:**

解: $\vec{F}_{AB}=\int_{B}^{A} I_2 d\vec{l}\times\vec{B}$

$F_{AB}=I_2 a\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}=\frac{\mu_0 I_1 I_2 a}{2\pi d}$ 方向垂直$AB$向左

$\vec{F}_{AC}=\int_{A}^{C} I_2 d\vec{l}\times\vec{B}$ 方向垂直$AC$向下,大小为

$F_{AC}=\int_{d}^{d+a} I_2 dr\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}$

同理 $\vec{F}_{BC}$方向垂直$BC$向上,大小

$F_{Bc}=\int_{d}^{d+a} I_2 dl\frac{\mu_0 I_1}{2\pi r}$

$\because\ dl=\frac{dr}{\cos 45^\circ}$

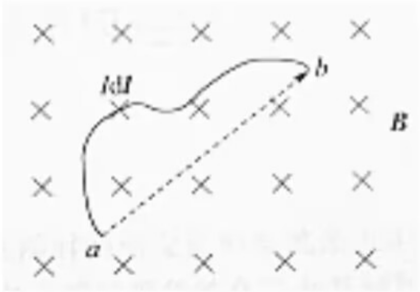
$\therefore$

$F_{BC}=\int_{a}^{d+a}\frac{\mu_0 I_2 I_1 dr}{2\pi r\cos 45^\circ}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{\sqrt{2}\pi}\ln\frac{d+a}{d}$

---

7.

在磁感应强度为$B$的均匀磁场中，垂直于磁场方向的平面内有一段载流弯曲导线，电流为I，如图所示。求其所受的安培力。




**分析:**

**参考答案:**

### 思路点拨

根据安培力的计算公式进行求解，注意$L$是垂直于磁场方向的有效长度。

### 点评

本题主要是考查安培力的计算，解答本题要知道安培力的计算公式；如果是弯曲导线，$L$是初末位置连线长度。

### 解答

解：根据安培力的计算公式可得导线受到的安培力大小为$F_A$=$BIL$=$BIab$。
答：安培力大小为$BIab$。

---

8.

22 如题10、22图所示,在长直导线$AB$内通以电流$I_1$=20$A$,在矩形线圈$CDEF$中通有电流$I_2$=10 $A$,$AB$与线圈共面,且$CD$,$EF$都与$AB$平行.已知$a$=9.0$cm$,$b$=20.0$cm$,$d$=1.0 $cm$,求:

(1)导线$AB$的磁场对矩形线圈每边所作用的力;

(2)矩形线圈所受合力与合力矩.

**分析:**

**参考答案:**

解:(1)$\vec{F}_{CD}$方向垂直$CD$向左,大小

$$F_{CD}=I_2b\frac{\mu_0 I_1}{2\pi d}=8.0\times10^{-4}\ N$$

同理$\vec{F}_{FE}$方向垂直$FE$向右,大小

$$F_{FE}=I_2b\frac{\mu_0 I_1}{2\pi(d+a)}=8.0\times10^{-5}\ N$$

$\vec{F}_{CF}$方向垂直$CF$向上,大小为

$$F_{CF}=\int_d^{d+a}\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}dr=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi}\ln\frac{d+a}{d}=9.2\times10^{-5}$$

$N$

$\vec{F}_{ED}$方向垂直$ED$向下,大小为

$$F_{ED}=F_{CF}=9.2\times10^{-5}N$$

(2)合力$\vec{F}=\vec{F}_{CD}+\vec{F}_{FE}+\vec{F}_{CF}+\vec{F}_{ED}$方向向左,大小为

$$F=7.2\times10^{-4}N$$

合力矩$\vec{M}=\vec{P}_m\times\vec{B}$

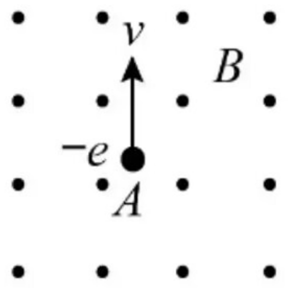
∵ 线圈与导线共面

∴ $\vec{P}_m//\vec{B}$

$\vec{M}=0$.

9.

电子在$B = 70 \times 10^{-4}\mathrm{T}$的匀强磁场中作圆周运动，圆周半径$r = 3.0\mathrm{cm}$．已知$B$垂直于纸面向外，某时刻电子在$A$点，速度$v$向上，如图所示．




(1) 试画出这电子运动的轨道．

(2) 求这电子速度$v$的大小．

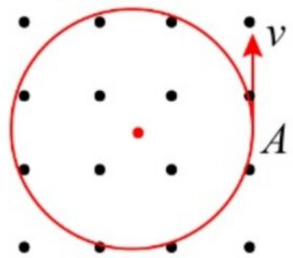
(3) 求这电子的动能$E_{\mathrm{k}}$．

**分析：**

**参考答案：**

解:(1)轨迹如图

(1)




(2)$\because\ evB = m\dfrac{v^2}{r}$

$$\therefore\ v = \frac{eBr}{m} = 3.7\times10^{7}\,m\cdot s^{-1}$$

(3) $E_K = \dfrac{1}{2}mv^2 = 6.2\times10^{-16}\ J$

## 变化的电磁场

1.

6如题11.6所示,在两平行载流的无限长直导线的平面内有一矩形线圈.两导线中的电流方向相反、大小相等,且电流以 $\frac{dI}{dt}$ 的变化率增大,求:

(1)任一时刻线圈内所通过的磁通量;

(2)线圈中的感应电动势.

**分析:**

（1）分析两直导线周围磁场，左导线电流方向向下，则左导线左侧磁场方向垂直纸面向里，两导线之间磁场垂直纸面向外，右导线右侧磁场方向垂直纸面向里。

由毕奥-萨伐尔定律，有 $B \bullet 2\pi r = \mu_0 I$

得 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

则 $\Phi = \Phi_{左} + \Phi_{右} = \int_{b}^{b+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} l dx + \int_{d}^{d+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi x} l dx$ 　　积分得 $\Phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi}\left(\ln\frac{b+a}{b} - \ln\frac{d+a}{d}\right)$

（2）感应电动势

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\mu_0 l}{2\pi}\left(\ln\frac{d+a}{d} - \ln\frac{b+a}{b}\right)\frac{dI}{dt}$$

**参考答案:**

解：以向外磁通为正则

(1)

$$\Phi_m = \int_b^{b+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} l \mathrm{d}r - \int_d^{d+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} l \mathrm{d}r = \frac{\mu_0 I l}{2\pi}[\ln\frac{b+a}{b} - \ln\frac{d+a}{d}]$$

(2) $$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \frac{\mu_0 l}{2\pi}[\ln\frac{d+a}{d} - \ln\frac{b+a}{b}]\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t}$$

## 波动光学

## 光的干涉

1. 在杨氏双缝实验中,双缝间距$d$=$0.20mm$,缝屏间距$D$=$1.0m$,试求:(1)若第二级明条纹离屏中心的距离为$6.0mm$,计算此单色光的波长;(2)相邻两明条纹间的距离.

**分析:**

**参考答案:**

解: (1)由 $x_{明} = \frac{D}{d}k\lambda$ 知,

$$6.0 = \frac{1\times 10^3}{0.2}\times 2\lambda,$$

$$\therefore \ \lambda = 0.6\times 10^{-3}\ \text{mm} \ = 6000\ \mathring{A}$$

(2)

$$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda = \frac{1\times 10^3}{0.2}\times 0.6\times 10^{-3} = 3\ \text{mm}$$

2.

## 光的衍射