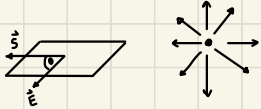


สนามไฟฟ้า & สนามแม่เหล็ก

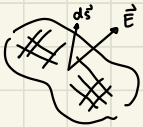
ฟลักซ์ (Flux) $\rightarrow \phi$
 \hookrightarrow เส้นรอบสนาม

$$\phi = \text{สนามไฟฟ้า} \times \text{พารามิเตอร์} \text{ ล้วนผ่าน}$$



$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{S}$$

$$\phi = E \cdot S \cos \theta \quad \text{---* (แนวเดียวกับ E) L ไฟฟ้า}$$



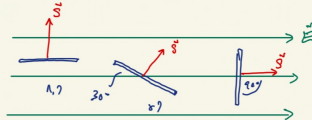
$$d\phi = \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

$$\phi = \int \vec{E} \cdot d\vec{S} \quad \text{---*}$$

ตัวอย่าง จานกลมที่มีรัศมี $r = 10 \text{ cm}$ ในสนามไฟฟ้า ขนาด 3000 N/C ในทิศทาง $+x$ จานวางตั้งฉากกับไฟฟ้าที่ผ่านจุดศูนย์กลาง จานวางระนาบของจาน

หาว่า

- 0°
- 30°
- 90°



1.) จานวางระนาบของจานทำมุม 0° กับ (ปกติของ S ทำมุม 90° กับ E)

$$\phi = \vec{E} \cdot \vec{S} = ES \cos \theta$$

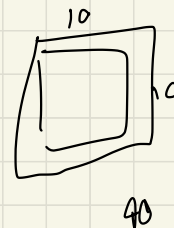
$$= (3000)(0.1 \times 0.1) \cos 90^\circ = 0 \quad \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$$

2.) จานวางระนาบของจานทำมุม 30° (S ทำมุม 60° กับ E)

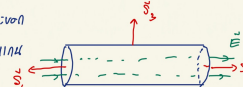
$$\phi = ES \cos \theta = (3000)(0.1 \times 0.1) \cos 60^\circ = 15 \quad \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$$

3.) จานวางระนาบของจานทำมุม 90° (S ทำมุม 0° กับ E)

$$\phi = ES \cos \theta = (3000)(0.1 \times 0.1) \cos 0^\circ = 30 \quad \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}}$$



ตัวอย่าง จานวงกลมที่มีรัศมี $r = 10 \text{ cm}$ วางตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า ขนาด 3000 N/C ในทิศทาง $+x$ จานวางระนาบของจาน



$$\phi = \int \vec{E} \cdot d\vec{S}$$

$$= \int_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{S}_1 + \int_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{S}_2 + \int_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{S}_3$$

$$= ES_1 \cos 180^\circ + ES_2 \cos 0^\circ + ES_3 \cos 90^\circ$$

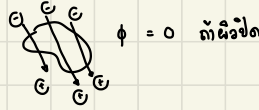
$$= -ES_1 + ES_2 + 0$$

$$= -ES + ES \quad (S_1 = S_2 = S)$$

$$\phi = 0$$

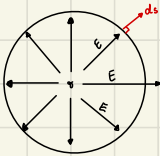
ϕ พิจารณา แก่กับ 0 ทำไม?

Lo เพราะ มีเส้นผิวปิด ϕ (พุ่งออก) + ϕ (พุ่งเข้า) -
ถ้า = 0 (ถ้าผิวปิด)



กฎของเกาส์ ใช้กับสนามไฟฟ้า

$$\phi = \oint E \cdot d\vec{s}$$



ถ้า $\phi = \oint E \cdot d\vec{s}$ ไม่ 0 เพราะจุดกำเนิด ϕ
สำหรับผิวปิดสมมาตร อยู่ตรงกลาง พุ่งออกอย่างเดียวกัน

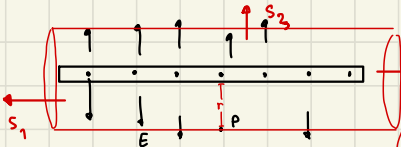
$$\begin{aligned} \phi &= \oint E \cdot d\vec{s} \cos \theta \\ &= \int \frac{kQ}{r^2} ds \cos 90^\circ \quad \text{เพราะผิวมีสนามไฟฟ้า E พุ่งออก และมีรัศมี r} \\ &= \frac{kQ}{r^2} \int ds \\ &= \frac{kQ}{r^2} (4\pi r^2) \quad (r \text{ คงที่ } r \text{ ทำให้ } \phi \text{ วงกลมไม่ขึ้นกับ } r) \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot Q \cdot 4\pi \quad \text{L จำนวน} \end{aligned}$$

$$\oint E \cdot d\vec{s} = \phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Q - ประจุในผิวปิด

พิจารณาสนามไฟฟ้าจากจุดประจุ ที่อยู่บนเส้น

ถ้ามี $Q = 5 \times 10^{-9} \text{ C}$ ยาว 30 cm
ที่ระยะห่างจากตัวนำ 5 cm



$$\begin{aligned} E &= \frac{Q}{2\pi r L \epsilon_0} \\ &= \frac{5 \times 10^{-9}}{2\pi (0.05)(0.30)(8.85 \times 10^{-12})} \\ &= 5992 \text{ N/C} \end{aligned}$$

$$E = \frac{kq}{r^2}$$

$$E = k \int \frac{dq}{r^2}$$

(สำหรับผิวปิดสมมาตร)

$$\phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

แบ่งบริเวณสนามไฟฟ้า 3 ส่วน

$$\phi = \int_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{s} + \int_{S_3} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$\frac{Q}{\epsilon_0} = E S_1 \cos 90^\circ + E S_2 \cos 90^\circ + E S_3 \cos 0^\circ$$

$$E S_3 = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$E (2\pi r L) = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

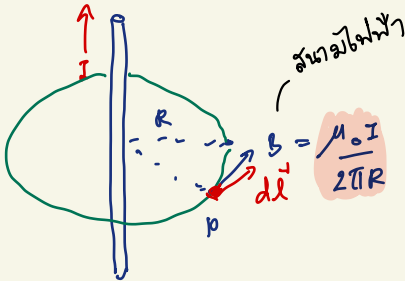
$$E = \frac{Q}{2\pi r L \epsilon_0} = \frac{\lambda}{2\pi r \epsilon_0}$$

กฎของแอมแปร์สำหรับสนามแม่เหล็ก

ในกรณีสนามแม่เหล็ก จากสายลวดนำไฟฟ้า

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{\hat{e}_1 \times \hat{e}_r}{r^2} dl$$

สนามแม่เหล็กจากเส้นลวดตรง จากภาพ



กฎของแอมแปร์ สร้างวงปิดสมมาตร ขึ้น
จากเส้นนำไฟฟ้า แล้วดูสมมาตรที่เส้นลวด
และคำนวณจุดที่วัดสนามแม่เหล็ก (เส้นลวดตรง)

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = ?$$

เส้นลวดตรง

$$\begin{aligned} \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} &= \oint B dl \\ &= \oint \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi R} \right) dl \\ &= \frac{\mu_0 I}{2\pi R} \oint dl \\ &= \frac{\mu_0 I}{2\pi R} (2\pi R) \end{aligned}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

กฎของเกาส์

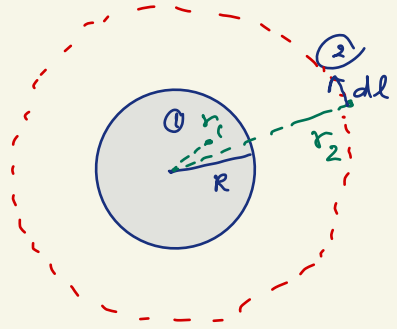
$$\therefore \oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

กฎของแอมแปร์

กรณีเส้นลวดตรง

ข้อ ๑ ขดลวดกลม รัศมี R มีกระแสไฟฟ้า i ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ที่ระยะ r จาก
แกนของขดลวด

วิธีทำ ขดลวดกลม รัศมี R มีกระแสไฟฟ้า i ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ที่ระยะ r_2
จากแกนของขดลวดมีรัศมี $r_2 > R$



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

$$\oint B dl = \mu_0 i \quad (i = I)$$

$$B \oint dl = \mu_0 i$$

$$B (2\pi r_2) = \mu_0 i$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r_2} \quad \text{--- ๑ } r_2 > R \text{ ขดลวดกลม}$$

ขดลวดกลม รัศมี R มีกระแสไฟฟ้า i ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

ขดลวดกลมมีรัศมี R มีกระแสไฟฟ้า i ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา มีรัศมี $r_1 < R$ ขดลวดกลมมีรัศมี r_1

\therefore กระแสไฟฟ้าในขดลวด $\neq i$ ขดลวดกลมมีรัศมี r_1

พื้นที่ผิวของขดลวด πR^2 มีกระแสไฟฟ้า i ไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

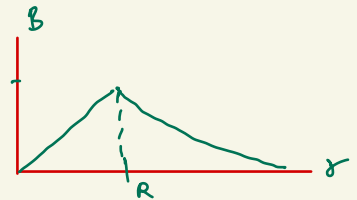
พื้นที่ผิวของขดลวด πr_1^2 มีกระแสไฟฟ้า $I = \frac{\pi r_1^2 i}{\pi R^2} = \left(\frac{r_1^2}{R^2}\right) i$

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

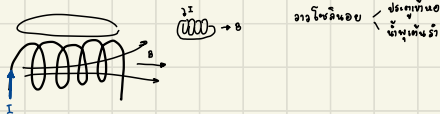
$$\oint B dl = \mu_0 \left(\frac{r_1^2}{R^2}\right) i$$

$$B (2\pi r_1) = \mu_0 \frac{r_1^2}{R^2} i$$

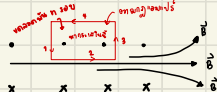
$$B = \frac{\mu_0 i r_1}{2\pi R^2} \quad \text{--- ๒ } r_1 < R \text{ ขดลวดกลม}$$



สนาม บี จากลวดใช้ลื่นอย



ภาพตัดขวาง



Ex ขดลวดใช้ ~ $\rightarrow N = 200$ รอบ

$\rightarrow I = 0.3$ A

$\rightarrow d$ (เส้นผ่าศูนย์กลาง) = 2 cm (เอาภาวนลอก)

$\rightarrow L = 10$ cm

$\rightarrow B = 2$ เทสลา

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times 0.3}{0.01}$$

$$= 7.54 \times 10^{-4} \text{ T}$$

จาก $\int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$

$\int \vec{B} \cdot d\vec{l}_1 + \int \vec{B} \cdot d\vec{l}_2 + \int \vec{B} \cdot d\vec{l}_3 - \int \vec{B} \cdot d\vec{l}_4 = \mu_0 N I$

$d\vec{l}_1 \cdot \vec{B} = 0$

$\int \vec{B} \cdot d\vec{l}_2 = \mu_0 N I$

$\vec{B} \cdot L = \mu_0 N I$

$\vec{B} = \frac{\mu_0 N I}{L} = \mu_0 n I$

จกผล

Ex ขดลวดใช้ ~ $\rightarrow L = 13$ m

$\rightarrow d = 2.6$ cm

$\rightarrow I = 1.8$ A

$\rightarrow B = 2.3$ mT

จกขนาดขดลวดที่พันขดลวด

$B = \frac{\mu_0 N I}{L}$

$2.3 \times 10^{-3} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times N \times 1.8}{1.3}$

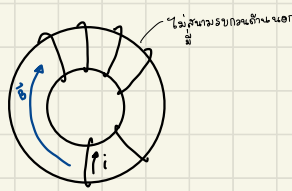
$N = \frac{1321.97}{1.3} \text{ รอบ}$

$= 2 \times 3.14 \times 1.3 \times 10^{-2} = 0.082$

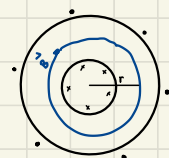
1 รอบ $\rightarrow 2\pi R$ เมตร

1321.97 รอบ $\rightarrow 108.0$ เมตร

ขดลวดใช้ลื่นอย = ใช้ลื่นอย เมาจากทำเป็นวง



ภาพตัดขวาง



จาก $\int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$

ได้ $\int \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 N I$

$B(2\pi R) = \mu_0 N I$

$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi R}$

L มีขนาด 15 cm

Ex ขดลวดใช้ ~ \rightarrow มีพาดตัดขวาง 15 cm

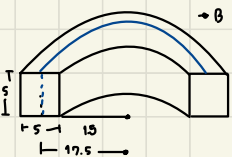
$\rightarrow r = 15$ cm

$\rightarrow I = 0.5$ A

$\rightarrow B = ?$ ที่กลางขดลวด

$B = \frac{(4\pi \times 10^{-7})(500 \times 0.5)}{2\pi (15 + 2.5) \times 10^{-2}}$

$B = 2.86 \times 10^{-4} \text{ T}$

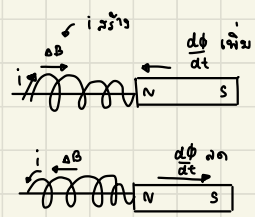


$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r}$

กฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law)

↳ เน้นขั้วไฟฟ้า

$$V \propto \frac{d\phi}{dt}$$

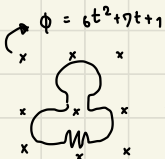


เลนซ์ (Lenz) คือการเคลื่อนไฟฟ้า

∴ กระแส i ในเส้นลวดจะสร้าง B ตรงข้ามแม่เหล็กต้น การเปลี่ยนแปลง

$$V = - \frac{d\phi}{dt}$$

ตัวอย่าง



ก) นาฬิกาขดลวด

ขลวดสร้าง B ขั้วออก
ขั้วในขั้วเพราะ
ไม่รอบการเขียน
ผลลว

ข) หาแรงเคลื่อนไฟฟ้า

$$V = - \frac{d\phi}{dt}$$

หาขนาด (1 มิติ -)

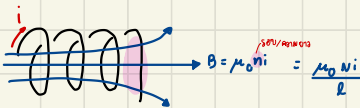
$$V = \frac{d(6t^2 + 7t + 1)}{dt} \times 10^{-3}$$

$$V = (12t + 7) \times 10^{-3}$$

$$V(2) = 31 \times 10^{-3}$$

การเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด

ขดลวดโซลีนอยด์



$$\phi = BA$$

$$= \mu_0 n i \cdot \pi r^2$$

ขดลวดจะพันตัวกันเอง เมื่ออยู่ในกระแสสลับ

∴ ถ้ากระแสเปลี่ยนเวลา พลังงาน ϕ ด้วย ทำให้ ϕ เกิดขึ้นกับ i

การเหนี่ยวนำตัวเอง เกิดกระแสต้าน ที่ตรงข้าม

$$V = - \frac{d\phi}{dt}$$

$$V = - (n\ell) \mu_0 n \pi r^2 \frac{di}{dt}$$

$$V = - \mu_0 n^2 \pi r^2 \ell \frac{di}{dt}$$

$$\therefore V = - L \frac{di}{dt}$$

↳ L = ค่าความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด (Henry)

จาก $V = -L \frac{di}{dt}$
 และ $V = -N \frac{d\phi}{dt}$

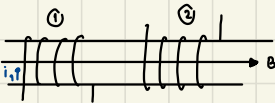
$\times N \frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt}$

และ $\phi \propto i$ จะได้

$N \phi = LI$

หรือ $L = \frac{LI}{N\phi}$

การเหนี่ยวนำร่วมกันของขดลวด 2 ขด



กระแส i_1 ในขด ① ทำให้เกิดสนาม B

$B = \mu_0 n i_1$ $\mu_c n^2 \pi r^2 l$

และเกิดฟลักซ์ $\phi = BA$

$\phi_1 = \mu_0 n_1 i_1 \pi r^2$

เมื่อ ϕ_1 ทั่วผ่านขดที่ ② ซึ่งมีจำนวน $N_2 = n_2 l$ รอบ จะได้

$\phi_2 = N_2 \phi_1 = (n_2 l) \mu_0 n_1 i_1 \pi r^2$

$\phi_2 = \mu_0 n_1 n_2 \pi r^2 i_1$

\therefore ถ้ากระแสที่ ขด ① i_1 เปลี่ยนกับเวลา

$\frac{d\phi_2}{dt} = \underbrace{\mu_0 n_1 n_2 \pi r^2 l}_M \frac{di}{dt}$

ตัวอย่าง

จงหา ค่าความเหนี่ยวนำต่อเองของขดลวดโซลินอยด์ ที่มีจำนวน 20 รอบ
 ยาว 4 cm พื้นที่หน้าตัด 15 ตารางเซนติเมตร

จาก $L = \mu_0 n^2 \pi r^2 l$

แทนค่า $L = 4 \times \pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{20 \times 10^2}{4}\right) (1.5 \times 10^{-4}) (4 \times 10^{-2})$
 $= 1.88 \times 10^{-6} \text{ H}$

ตัวอย่าง

เมื่อใช้กระแส 2.0 A ในขดลวด โซลินอยด์ที่มีหน้าตัด 400 รอบ ทำให้เกิดฟลักซ์ในขดลวด $1 \times 10^{-4} \text{ T.m}^2$ จงหา

ก) ค่าความเหนี่ยวนำต่อเองของขดลวด

จาก $L = \frac{N\phi}{I}$ — $L = \mu_0 n^2 \pi r^2 l$ (จำไว้ได้)

แทนค่า $L = \frac{(400)(1 \times 10^{-4})}{2.0} = 2 \times 10^{-2} \text{ Henry}$

ข) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด

หา V เมื่อ I จาก 2.0 A \rightarrow 0.0 A ใน 0.08 s

จาก $V = -L \frac{di}{dt}$
 $= -(2 \times 10^{-2}) \frac{(0.0 - 2.0)}{0.08}$

$V = 0.5 \text{ โวลต์} \quad *$

ขดลวด A และ B มีจำนวน 200 รอบ และขดลวด 800 รอบ

ตามลำดับ ถ้ากระแสที่ขด A มี 2.0 A จะเกิดฟลักซ์ผ่านขด B

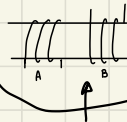
$1.8 \times 10^{-4} \text{ T.m}^2$ จงหา

ก) ค่าความเหนี่ยวนำต่อเอง

หาจาก $\phi_2 = M I_1$

$N_2 \phi_2 = M I_1$

$M = \frac{N_2 \phi_2}{I_1} = \frac{800 \times 1.8 \times 10^{-4}}{2}$
 $= 0.072 \text{ H}$



$V_2 = - \frac{d\phi_2}{dt}$

$V_2 = -M \frac{di}{dt}$, M = ค่าความเหนี่ยวนำร่วมกัน

และ $\phi_2 = M I_1$ หรือ $\phi_1 = M I_2$

ข) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด

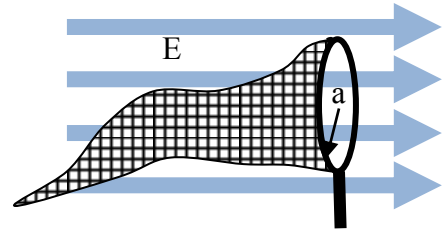
หา V เมื่อ I มี 3 A \rightarrow 1 A ใน 0.08 s

$V_2 = -M \frac{di}{dt}$
 $= -M \frac{(1 - 3)}{0.08}$
 $= -(0.072) \frac{(1.0 - 3.0)}{0.08}$
 $V_2 = 0.98 \text{ โวลต์} \quad *$

$$\epsilon_0 = 8.84$$

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3 สนามไฟฟ้าสถิตและสนามแม่เหล็กสถิต

1. จากรูป ที่จับแมลงวางอยู่ในสนามไฟฟ้าขนาด $3.0 \times 10^{-3} \text{ N/C}$ ขอบของวงกลมรัศมี $a = 10$ เซนติเมตร วางตั้งฉากกับสนาม จงหาฟลักซ์ของสนามไฟฟ้าที่พุ่งผ่านตาข่าย
- $$\phi = 3 \times \pi \times \left(\frac{10}{100}\right)^2 \times 10^{-3}$$

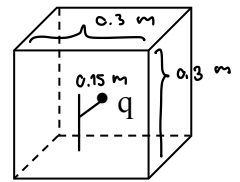


2. จุดประจุขนาด $12 \times 10^{-6} \text{ C}$ ไม่เคลื่อนที่อยู่ที่จุดศูนย์กลางของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ที่ยาวด้านละ 30 เซนติเมตร จงหา

ก) ฟลักซ์ทั้งหมดของสนามไฟฟ้าที่พุ่งผ่านผิวของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

$$[1.36 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}] \quad \phi =$$

ข) ฟลักซ์ของสนามไฟฟ้าที่พุ่งผ่านผิว 1 ด้านของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

$$[2.26 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}] \quad = \frac{kq \cdot A}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6} \times 4 \times 0.3}{0.15 \times 0.15}$$


3. ทรงกลมรัศมี 2.0 เซนติเมตร มีประจุกระจายสม่ำเสมอทั้งทรงกลม มีค่าสนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมเท่ากับ $1 \times 10^7 \text{ N/C}$ จงหาประจุทั้งหมดบนทรงกลมนี้
- $$EA = \frac{q}{\epsilon_0} \rightarrow \ominus \quad [4.45 \times 10^{-7} \text{ C}] \quad 1 \cdot 10^7 \times$$

4. จุดประจุหนึ่งทำให้เกิดฟลักซ์ไฟฟ้า $-750 \text{ Nm}^2/\text{C}$ ผ่านผิวทรงกลมรัศมี 10.0 เซนติเมตร และมีจุดศูนย์กลางของทรงกลมที่จุดประจุ จงหา

ก) ถ้าผิวทรงกลมมีรัศมีเพิ่มขึ้น 2 เท่า ฟลักซ์ที่ผ่านผิวนี้เท่ากับเท่าไร

$$[-750 \text{ Nm}^2/\text{C}]$$

ข) จุดประจุมีประจุเท่าไร

$$[-6.64 \times 10^{-9} \text{ C}] \rightarrow \phi = \frac{q}{\epsilon_0} \rightarrow q = \phi \epsilon_0$$

5. สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 2.0 เทสลาทิศตามแกน x

ดังรูป จงหาฟลักซ์ที่ผ่านพื้นที่ผิวดังนี้

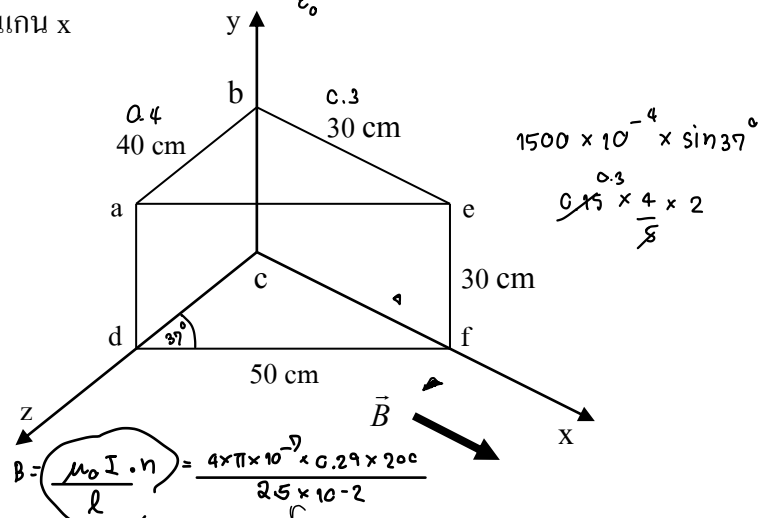
ก) abcd [0.24 เทสลา ตารางเมตร]

ข) befc [0 เทสลา ตารางเมตร]

ค) aefd [0.24 เทสลา ตารางเมตร]

ง) $12 \times 10^{-2} \times 2$

จ)



6. โซลินอยด์พันไว้ 200 รอบ มีความยาว 25 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และกระแสไหล 0.29 แอมแปร์ จะมีสนามแม่เหล็กขนาดเท่าไรที่กลางโซลินอยด์
- $$[2.92 \times 10^{-4} \text{ T}]$$

7. โซลินอยด์ยาว 1.30 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.60 เซนติเมตร กระแสไหลในเส้นลวด 18.0 แอมแปร์ สนามแม่เหล็กที่กลางโซลินอยด์เท่ากับ 23.0 มิลลิเทสลา จงหาความยาวของลวดที่ใช้ทำโซลินอยด์

$$L = N(2\pi r)$$

$$= N\pi d$$

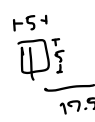
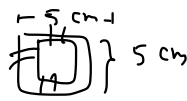
$$L = \frac{\rho l}{\mu_0 I} \pi d$$

$$B = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

$$N = \frac{\rho l}{\mu_0 I}$$



[m]



8. ไตรรอยด์มีภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขาวด้านละ 5.0 เซนติเมตร รัศมีด้านในของไตรรอยด์เท่ากับ 15 เซนติเมตร ซึ่งพันเอาไว้ทั้งหมด 500 รอบและมีกระแสไหล 0.8 แอมแปร์ จงหาสนามแม่เหล็กในไตรรอยด์

$$B = \frac{\mu_0 n i}{2\pi R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 500 \times 0.8}{2\pi (17.5)} \quad [T]$$

9. โซลินอยด์ขนาด 100 รอบต่อเซนติเมตร เมื่อให้กระแสกับโซลินอยด์ จะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในแกนโท

100 $\frac{30\text{V}}{\text{cm}} \times \frac{1\text{cm}}{10^{-2}\text{m}}$ ไตรรอยด์เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 2.30 เซนติเมตร ตั้งฉากกับแกนของโซลินอยด์ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วย

อัตราเร็ว 1.38×10^7 เมตรต่อวินาที จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในโซลินอยด์

$$\phi_B = \frac{\mu_0 n i \pi r^2}{r} \quad 1.6 \times 10^{-19} (4\pi \times 10^{-7} \times 10000 \times I) = \frac{m (1.38 \times 10^7)}{2.3 \times 10^{-2}}$$

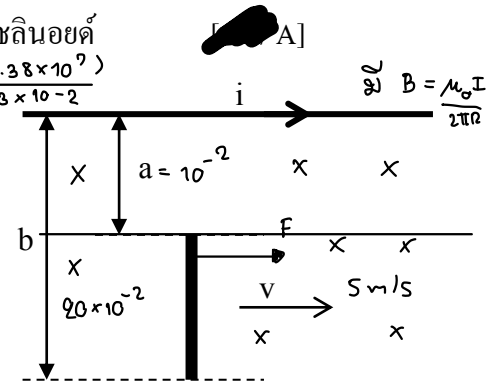
10. จากรูปแท่งทองแดงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ขนานกับเส้น

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

ลวดยาวตรงที่มีกระแสไหลผ่าน I จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้า

เหนี่ยวนำในแท่งทองแดงนี้ กำหนดให้ $v = 5.0 \text{ m/s}$,

$I = 100 \text{ A}$, $a = 1.0 \text{ cm}$, $b = 20 \text{ cm}$ [โวลต์]



11. ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านขดลวดในแนวตั้งฉากกับพื้นระนาบ

ของขดลวดและมีทิศพุ่งเข้าไปในกระดาษดังรูป ฟลักซ์นี้มี

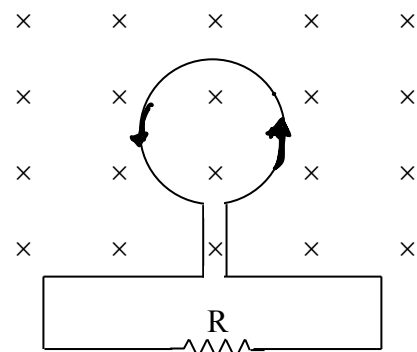
การเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังสมการ $\phi_B = 6t^2 + 7t + 1$

เมื่อ ϕ_B มีหน่วยเป็น mT และ t เป็นวินาที

ก) จงหาค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวด เมื่อเวลา $t = 2$

นาที่ [โวลต์] $\frac{12t + 7}{dt} = 24 + 7 = 31$

ข) จงหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R



12. ขดลวด A และ B มีจำนวนรอบ 200 รอบและ 800 รอบตามลำดับ มีแกนร่วมกัน ถ้ากระแสที่ไหลในขดลวด

A เท่ากับ 2 แอมแปร์ ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวด B แต่ละรอบเป็น 1.8×10^{-4} เทสลา จงคำนวณ

ก) สัมประสิทธิ์ของความเหนี่ยวนำร่วมกัน [เฮนรี]

$$\phi = M I$$

$$\phi = M I$$

ข) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด A เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์ไหลผ่านขดลวด [เทสลา]

ค) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวด B เมื่อกระแสในขดลวด A เปลี่ยนจาก 3 แอมแปร์เป็น 1

แอมแปร์ใน 0.3 วินาที [โวลต์]

$$v = M \left(\frac{3-1}{0.3} \right) \quad \frac{dI}{dt}$$

13. จงหาความเหนี่ยวนำตัวเองของไตรรอยด์ที่มีจำนวนรอบ 1000 รอบ มีรัศมีของไตรรอยด์ $R = 0.1$ เมตร และ

พื้นที่หน้าตัด 5.0×10^{-4} ตารางเมตร [เฮนรี]

14. กระแสตรงขนาด 2 แอมแปร์ไหลผ่านขดลวดจำนวน 400 รอบ ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กผ่านขดลวดแต่ละ

รอบเท่ากับ 10^{-4} เทสลา จงคำนวณหา

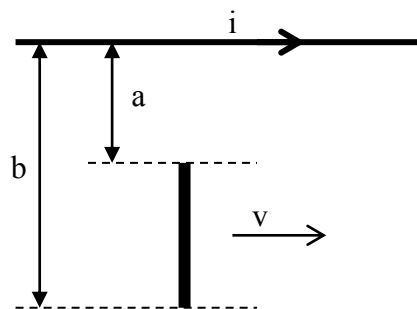
ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด เมื่อกระแสไฟฟ้าลดลงเป็นศูนย์ในเวลา 0.08 วินาที [โวลต์]

ข) ความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด [เฮนรี]

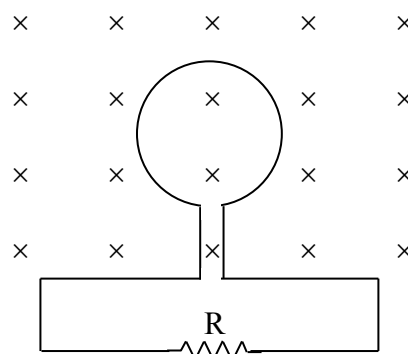
8. โทรอยด์มีภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขาวด้านละ 5.0 เซนติเมตร รัศมีด้านในของโทรอยด์เท่ากับ 15 เซนติเมตร ซึ่งพันเอาไว้ทั้งหมด 500 รอบและมีกระแสไหล 0.8 แอมแปร์ จงหาสนามแม่เหล็กในโทรอยด์
[4.57×10^{-4} T]

9. โซลินอยด์ขนาด 100 รอบต่อเซนติเมตร เมื่อให้กระแสกับโซลินอยด์ จะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในแกนโทรอยด์เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 2.30 เซนติเมตร ตั้งฉากกับแกนของโซลินอยด์ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 1.38×10^7 เมตรต่อวินาที จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในโซลินอยด์ [0.27 A]

10. จากรูปแท่งทองแดงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ขนานกับเส้นลวดยาวตรงที่มีกระแสไหลผ่าน I จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในแท่งทองแดงนี้ กำหนดให้ $v = 5.0$ m/s, $I = 100$ A, $a = 1.0$ cm, $b = 20$ cm [-3×10^{-4} โวลต์]



11. ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านขดลวดในแนวตั้งฉากกับพื้นระนาบของขดลวดและมีทิศพุ่งเข้าไปในกระดาษดังรูป ฟลักซ์นี้มี การเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังสมการ $\phi_B = 6t^2 + 7t + 1$ เมื่อ ϕ_B มีหน่วยเป็น mT และ t เป็นวินาที
ก) จงหาค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวด เมื่อเวลา $t = 2$ นาที่ [3.1×10^{-2} โวลต์]
ข) จงหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R



12. ขดลวด A และ B มีจำนวนรอบ 200 รอบและ 800 รอบตามลำดับ มีแกนร่วมกัน ถ้ากระแสที่ไหลในขดลวด A เท่ากับ 2 แอมแปร์ ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวด B แต่ละรอบเป็น 1.8×10^{-4} เทสลา จงคำนวณ
ก) สัมประสิทธิ์ของความเหนี่ยวนำร่วมกัน [7.2×10^{-2} เฮนรี]
ข) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด A เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์ไหลผ่านขดลวด [28.8×10^{-2} เทสลา]
ค) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวด B เมื่อกระแสในขดลวด A เปลี่ยนจาก 3 แอมแปร์เป็น 1 แอมแปร์ใน 0.3 วินาที [0.48 โวลต์]
13. จงหาความเหนี่ยวนำตัวเองของโทรอยด์ที่มีจำนวนรอบ 1000 รอบ มีรัศมีของโทรอยด์ $R = 0.1$ เมตร และพื้นที่หน้าตัด 5.0×10^{-4} ตารางเมตร [1.0 มิลลิเฮนรี]
14. กระแสตรงขนาด 2 แอมแปร์ไหลผ่านขดลวดจำนวน 400 รอบ ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กผ่านขดลวดแต่ละรอบเท่ากับ 10^{-4} เทสลา จงคำนวณหา
ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด เมื่อกระแสไฟฟ้าลดลงเป็นศูนย์ในเวลา 0.08 วินาที [0.5 โวลต์]
ข) ความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด [0.02 เฮนรี]

8. โทรอยด์มีภาคตัดขวางเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขาวด้านละ 5.0 เซนติเมตร รัศมีด้านในของโทรอยด์เท่ากับ 15 เซนติเมตร ซึ่งพันเอาไว้ทั้งหมด 500 รอบและมีกระแสไหล 0.8 แอมแปร์ จงหาสนามแม่เหล็กในโทรอยด์

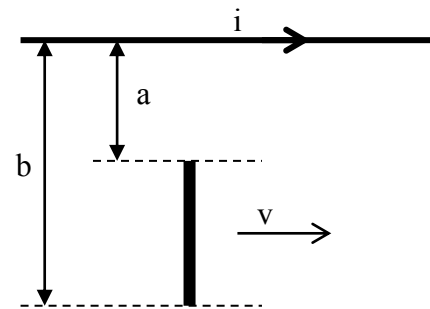
$$[4.57 \times 10^{-3} \text{ T}]$$

9. โซลินอยด์ขนาด 100 รอบต่อเซนติเมตร เมื่อให้กระแสกับโซลินอยด์ จะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในแกนโทรอยด์เคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี 2.30 เซนติเมตร ตั้งฉากกับแกนของโซลินอยด์ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 1.38×10^7 เมตรต่อวินาที จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในโซลินอยด์

$$[0.37 \text{ A}]$$

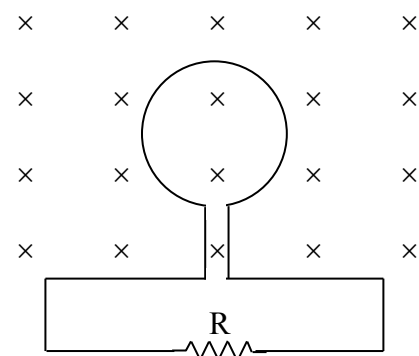
10. จากรูปแท่งทองแดงเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ขนานกับเส้นลวดยาวตรงที่มีกระแสไหลผ่าน I จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในแท่งทองแดงนี้ กำหนดให้ $v = 5.0 \text{ m/s}$, $I = 100 \text{ A}$, $a = 1.0 \text{ cm}$, $b = 20 \text{ cm}$

$$[3 \times 10^{-4} \text{ โวลต์}]$$



11. ฟลักซ์แม่เหล็กผ่านขดลวดในแนวตั้งฉากกับพื้นระนาบของขดลวดและมีทิศพุ่งเข้าไปในกระดาษดังรูป ฟลักซ์นี้มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาดังสมการ $\phi_B = 6t^2 + 7t + 1$ เมื่อ ϕ_B มีหน่วยเป็น mT และ t เป็นวินาที
ก) จงหาค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวด เมื่อเวลา $t = 2$ วินาที
ข) จงหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R

$$[6.1 \times 10^{-3} \text{ โวลต์}]$$



12. ขดลวด A และ B มีจำนวนรอบ 200 รอบและ 800 รอบตามลำดับ มีแกนร่วมกัน ถ้ากระแสที่ไหลในขดลวด A เท่ากับ 2 แอมแปร์ ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กในขดลวด B แต่ละรอบเป็น 1.8×10^{-4} เทสลา จงคำนวณ
ก) สัมประสิทธิ์ของความเหนี่ยวนำร่วมกัน
ข) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด A เมื่อมีกระแสไฟฟ้า 4 แอมแปร์ไหลผ่านขดลวด $[28.8 \times 10^{-2} \text{ เทสลา}]$
ค) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวด B เมื่อกระแสในขดลวด A เปลี่ยนจาก 3 แอมแปร์เป็น 1 แอมแปร์ใน 0.3 วินาที

$$[7.2 \times 10^{-3} \text{ เฮนรี}]$$

$$[6.48 \text{ โวลต์}]$$

13. จงหาความเหนี่ยวนำตัวเองของโทรอยด์ที่มีจำนวนรอบ 1000 รอบ มีรัศมีของโทรอยด์ $R = 0.1$ เมตร และพื้นที่หน้าตัด 5.0×10^{-4} ตารางเมตร

$$[1.0 \text{ มิลลิเฮนรี}]$$

14. กระแสตรงขนาด 2 แอมแปร์ไหลผ่านขดลวดจำนวน 400 รอบ ทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กผ่านขดลวดแต่ละรอบเท่ากับ 10^{-4} เทสลา จงคำนวณหา

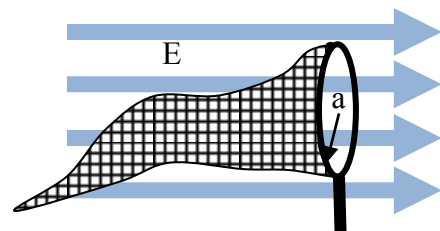
- ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด เมื่อกระแสไฟฟ้าลดลงเป็นศูนย์ในเวลา 0.08 วินาที

$$[10.02 \text{ เบนรี}]$$

- ข) ความเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด

แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3 สนามไฟฟ้าสถิตและสนามแม่เหล็กสถิต

- จากรูป ที่จับแมลงวางอยู่ในสนามไฟฟ้าขนาด 3.0 mN/C ขอบของวงกลมรัศมี $a = 10$ เซนติเมตร วางตั้งฉากกับสนาม จงหาฟลักซ์ของสนามไฟฟ้าที่พุ่งผ่านตาข่าย

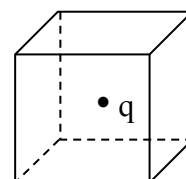


- จุดประจุขนาด 12 ไมโครคูลอมบ์ อยู่ที่จุดศูนย์กลางของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ที่ยาวด้านละ 30 เซนติเมตร จงหา

ก) ฟลักซ์ทั้งหมดของสนามไฟฟ้าที่พุ่งผ่านผิวของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

$$1.36 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}$$

ข) ฟลักซ์ของสนามไฟฟ้าที่พุ่งผ่านผิว 1 ด้านของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์



- ทรงกลมรัศมี 2.0 เซนติเมตร มีประจุกระจายสม่ำเสมอทั้งทรงกลม มีค่าสนามไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมเท่ากับ $1 \times 10^7 \text{ N/C}$ จงหาประจุทั้งหมดบนทรงกลมนี้

$$4.45 \times 10^{-6} \text{ C}$$

- จุดประจุหนึ่งทำให้เกิดฟลักซ์ไฟฟ้า $-750 \text{ Nm}^2/\text{C}$ ผ่านผิวทรงกลมรัศมี 10.0 เซนติเมตร และมีจุดศูนย์กลางของทรงกลมที่จุดประจุ จงหา

ก) ถ้าผิวทรงกลมมีรัศมีเพิ่มขึ้น 2 เท่า ฟลักซ์ที่ผ่านผิวนี้นี้เท่ากับเท่าไร

$$-1750 \text{ Nm}^2/\text{C}$$

ข) จุดประจุมีประจุเท่าไร

$$-6.68 \times 10^{-6} \text{ C}$$

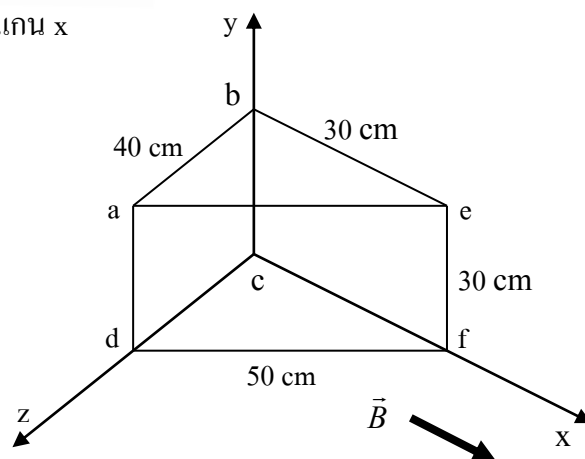
- สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 2.0 เทสลาทิศตามแกน x

ดังรูป จงหาฟลักซ์ที่ผ่านพื้นที่ผิวดังนี้

ก) $abcd$

ข) $befc$

ค) $ae fd$



- โซลินอยด์พันไว้ 200 รอบ มีความยาว 25 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และกระแสไหล 0.29 แอมแปร์ จะมีสนามแม่เหล็กขนาดเท่าไรที่กลางโซลินอยด์

$$2.82 \times 10^{-2} \text{ T}$$

- โซลินอยด์ยาว 1.30 เมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.60 เซนติเมตร กระแสไหลในเส้นลวด 18.0 แอมแปร์ สนามแม่เหล็กที่กลางโซลินอยด์เท่ากับ 23.0 มิลลิเทสลา จงหาความยาวของลวดที่ใช้ทำโซลินอยด์