



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
การสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552

วิชา ENE 325 Electromagnetic fields and waves

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ปีที่ 3 (สองภาษา)

สอบ วันศุกร์ที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2552

เวลา 9.00-12.00 น.

คำเตือน

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 9 หน้า (รวมใบปะหน้า)
2. ให้ทำทุกข้อลงในข้อสอบ
3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารประกอบการเรียนเข้าห้องสอบ
4. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล และเลขประจำตัวลงในข้อสอบทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ  
เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์เอกพล ศิวพรเสถียร ผู้ออกข้อสอบ

โทร. 02-470-90628

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

ผศ.ดร.วุฒิชัย อัสวินชัยโชติ

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

## สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

### Magnetostatics

1. Ampere's law:  $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$
2. Magnetic flux density,  $B$  และ Magnetic field intensity,  $H$ :  $\vec{B} = \mu \vec{H}$  Tesla
3. Magnetic permeability  $\mu = \mu_r \mu_0$
4. Maxwell's equations for magnetostatics:  $\nabla \cdot \vec{B} = 0$   
 $\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$

5. Boundary conditions:  $B_{n1} = B_{n2}$   
 $\vec{H}_1 - \vec{H}_2 = \hat{a}_{n12} \times \vec{K}$   
 $\hat{a}_{n21} \times (\vec{H}_1 - \vec{H}_2) = \vec{K}$

โดย  $\hat{a}_{n12}$  = เวกเตอร์ที่มีทิศตั้งฉากกับรอยต่อพุ่งจากตัวกลาง 1 ไปยังตัวกลาง 2

$\hat{a}_{n21}$  = เวกเตอร์ที่มีทิศตั้งฉากกับรอยต่อพุ่งจากตัวกลาง 2 ไปยังตัวกลาง 1

$\vec{K}$  = ความหนาแน่นกระแสต่อความยาว (A/m)

### Force and Dynamic fields

1. Lorentz force:  $\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$
2. Transformer emf:  $emf = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$  V
3. Motional emf:  $emf = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$  V

### Uniform Plane Wave

1. ตัวอย่างรูปแบบของคลื่นเดินทางในทิศ  $\hat{a}_z$  และสนามไฟฟ้าอยู่ในทิศ  $\hat{a}_x$ :

Instantaneous form of forwarded electric field  $\vec{E}(z,t) = E_0 e^{-\alpha z} \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_x$

Phasor form of forwarded electric field  $\vec{E}(z) = E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} \hat{a}_x$

2. loss tangent  $\tan \delta = \frac{\sigma}{\omega \epsilon}$

3.

parameters	Lossless media	Low-loss dielectrics $\tan \delta < 0.1$	Good conductors $\tan \delta > 10$
Attenuation constant $\alpha$ (Np/m)	0	$\cong \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\sqrt{\pi f \mu \sigma}$
Propagation constant $\beta$ (rad/m)	$\omega \sqrt{\mu \epsilon}$	$\cong \omega \sqrt{\mu \epsilon}$	$\sqrt{\pi f \mu \sigma}$
Intrinsic impedance $\eta$ ( $\Omega$ )	$\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\cong \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\sqrt{\frac{\omega \mu}{\sigma}} e^{j45^\circ}$
Phase velocity $v_p$ (m/s)	$\omega / \beta$		
Wavelength $\lambda$ (m)	$2\pi / \beta$		
Skin depth $\delta$ (m)	-	$\frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$	

4. ความสัมพันธ์ระหว่าง  $\vec{E}$  (V/m) และ  $\vec{H}$  (A/m),  $\vec{H} = \frac{1}{\eta} \hat{a}_\rho \times \vec{E}$ ;  $\hat{a}_\rho$  = ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

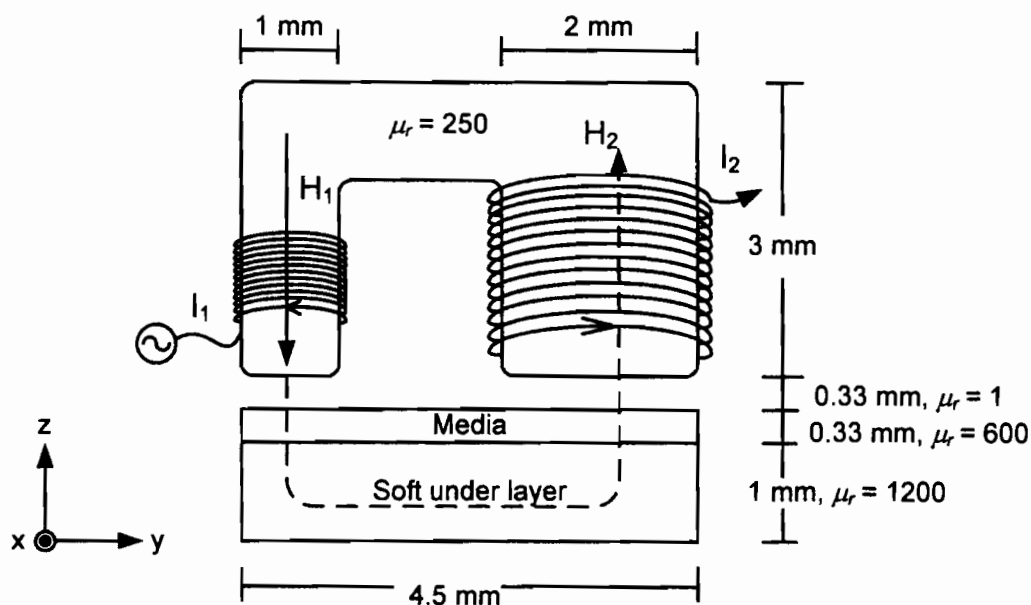
5. กำลังคลื่นเฉลี่ย  $\bar{P}_{avg} = \frac{1}{2} \text{Re}(\vec{E} \times \vec{H}^*)$  W/m<sup>2</sup> (คำนวณโดยใช้รูปแบบเฟสเซอร์ของ  $\vec{E}$  และ  $\vec{H}$ )

ค่าคงที่

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

1. Magnetic Boundary conditions: Figure below depicts the data recording system used in media disk called "perpendicular data recording". Current ( $I$ ) generates the magnetic field intensity  $\vec{H}_1$  within the horseshoe-shaped magnetic writing head. The magnetic flux would travel down to the media disk so the information can be written. Then, the flux travels back via the "softer under layer" which is highly magnetic, hence forcing the field to go back up as shown. Given  $\vec{H}_1 = -1.5 \times 10^{-4} \hat{a}_z$  A/m, the numbers of turns  $N_1 = 1200$  and  $N_2 = 2000$ . Assuming the magnetic fields have well-defined directions as shown. Calculate (20 คะแนน)



- a) The magnetic field intensity in the media layer:  $\vec{H}_{media}$  (10 คะแนน)

ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสประจำตัว \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

b)  $\vec{H}_2$  (10 คะแนน)

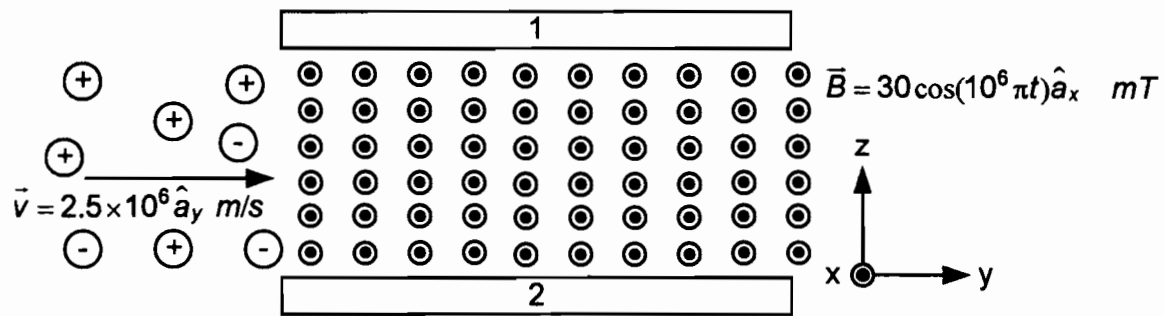
2. Ampere's law: From problem 1, determine (20 คะแนน)

a) Current  $I_1$  (10 คะแนน)

(Hint: Use the magnetic boundary condition in problem 1 to find the magnetic field intensity  $H$  in each medium. Then apply the Ampere's law and determine  $\vec{H} \cdot d\vec{L}$  for each segment, combine them and set them equal to the  $I_{\text{enclosed}}$  )

b) Current  $I_2$  (10 คะแนน)

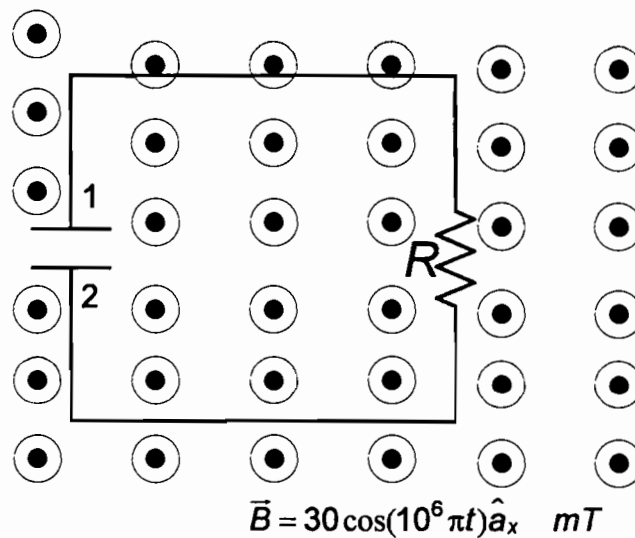
3. Hall effect:: group of charges travel with the velocity  $\vec{v} = 2.5 \times 10^6 \hat{a}_y$  m/s into the area that has  $\vec{B} = 30 \hat{a}_x$  mT, Find (20 คะแนน)



a) Magnetic forces acting on the positive and the negative charges. Given the magnitude of both charges as  $1.6 \times 10^{-19}$  Coulombs. (10 คะแนน)

b) In equilibrium (when the sum of the magnetic and the electrical forces are zero) at  $t = 7/3$   $\mu$ s, what would be the magnitude and the polarity of the voltage dropped across the conductor plates 1 and 2, given the plate separation of 1 mm. (10 คะแนน)

4. Electromotive force (EMF): From problem 3, we connect the circuit using plates 1 and 2 with dimension  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  as shown. The circuit remains in the same field as the previous problem.



a) At time  $t = 7/3 \text{ } \mu\text{s}$ , calculate the current passing through the  $10 \text{ k}\Omega$  resistor. Does the current flow in the clockwise or counterclockwise direction? (10 คะแนน)

b) At time  $t = 7/3 \text{ } \mu\text{s}$ , calculate emf. Does the induced current equal to the current calculated in part a? (Hint: try plotting the magnetic flux density vs time and see if the flux is increasing or decreasing at a particular point in time. )(10 คะแนน)



ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสประจำตัว \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

5. Displacement Current: A pair of  $60 \text{ cm}^2$  area plates are separated by a 2.0-mm-thick layer of ideal dielectric characterized by  $\epsilon_r = 9.0$ . If a voltage  $v(t) = 1.0 \sin(2\pi \times 10^3 t)$  volt is placed across the plates, determine the displacement current. (20 คะแนน)