



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
การสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550

วิชา ENE 325 Electromagnetic fields and waves

ภาควิชา วศ.อิเล็กทรอนิกส์ ปีที่ 3

สอบ วันศุกร์ที่ 12 ตุลาคม พ.ศ.2550

เวลา 9.00-12.00 น.

คำเตือน

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 12 หน้า (รวมใบปะหน้า)
2. ให้ทำทุกข้อลงในข้อสอบ
3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารประกอบการเรียนเข้าห้องสอบ
4. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล และเลขประจำตัวลงในข้อสอบทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ

เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ

ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์ราชดิ ศิลพันธ์

ผู้ออกข้อสอบ

โทร. 0-2470-9062

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

(ผศ.ดร.วุฒิชัย อัครวินชัยโชติ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

### สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

#### Cartesian coordinate

1.  $\vec{A} = A_x \hat{a}_x + A_y \hat{a}_y + A_z \hat{a}_z$
2. Magnitude  $|\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$
3. Unit vector  $\hat{a}_R = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|}$

#### Conversion from the cylindrical to Cartesian coordinate

- $$x = \rho \cos \phi$$
4.  $y = \rho \sin \phi$
  - $z = z$

#### Magnetostatics

5. Ampere's law:  $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$
6. Magnetic field intensity,  $H$  และ sheet current density,  $K$ :  $\vec{H} = \frac{1}{2} \vec{K} \times \hat{a}_n$  A/m  
โดยที่  $\hat{a}_n$  คือ unit vector ที่อยู่ในทิศตั้งฉากพุ่งออกจาก current sheet ไปยังจุดสังเกต
7. Magnetic flux density,  $B$  และ Magnetic field intensity,  $H$ :  $\vec{B} = \mu \vec{H}$  Tesla
8. Magnetization,  $M$  และ Magnetic field intensity,  $H$ :  $\vec{M} = \chi_m \vec{H}$  A/m

Relative permeability,  $\mu_r = \chi_m + 1$

9. Maxwell's equations for magnetostatics:  $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}$$

10. Boundary conditions:  $B_{n1} = B_{n2}$

$$H_{t1} - H_{t2} = \hat{a}_{12} \times \vec{K}$$

11. แรงแม่เหล็ก  $F = q \vec{v} \times \vec{B}$  N

#### Dynamic fields

12. Transformer emf:  $emf = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$  V

13. Motional emf:  $emf = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$  V

#### Plane waves

14. ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้า  $\vec{E}$  และสนามแม่เหล็ก  $\vec{H}$

$$\vec{E} = -\eta \hat{a}_r \times \vec{H} \quad V/m$$

$$\vec{H} = \frac{1}{\eta} \hat{a}_r \times \vec{E} \quad A/m$$

$$\langle S \rangle = P_{ave} = \frac{1}{2} \text{Re}(\vec{E} \times \vec{H}^*) \quad W/m^2$$

โดย  $\hat{a}_r$  = unit vector ที่ชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

Loss tangent,  $\tan \delta = \frac{\sigma}{\omega \epsilon}$

	Lossless media	Low loss media	High loss media
Attenuation constant, $\alpha$ (Np/m)	0	$\cong \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\sqrt{\pi f \mu \sigma}$
Phase constant, $\beta$ (rad/m)	$\omega \sqrt{\mu \epsilon}$	$\cong \omega \sqrt{\mu \epsilon}$	$\sqrt{\pi f \mu \sigma}$
Intrinsic impedance, $\eta$ ( $\Omega$ )	$\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\cong \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\cong \sqrt{\frac{j\omega \mu}{\sigma}}$

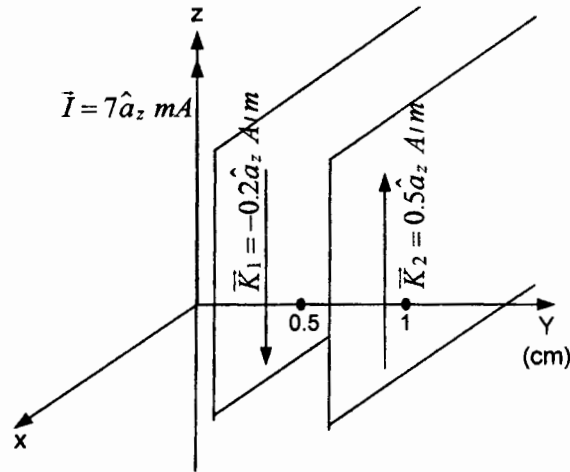
### Constants

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

Free space permittivity  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  F/m

Free space intrinsic impedance  $\eta_0 = 120\pi \Omega$

1. Steady magnetic field and Ampère's law: เส้นลวดนำกระแส  $\vec{I} = 7\hat{a}_z$  mA วางตัวอยู่ตามแกน z ผ่านกระแสนาดอนันต์  $\vec{K}_1 = -0.2\hat{a}_z$  A/m และ  $\vec{K}_2 = 0.5\hat{a}_z$  A/m วางตัวอยู่ที่  $\rho = 0.5$  cm และ 1 cm ตามลำดับ จงคำนวณ (15 คะแนน)



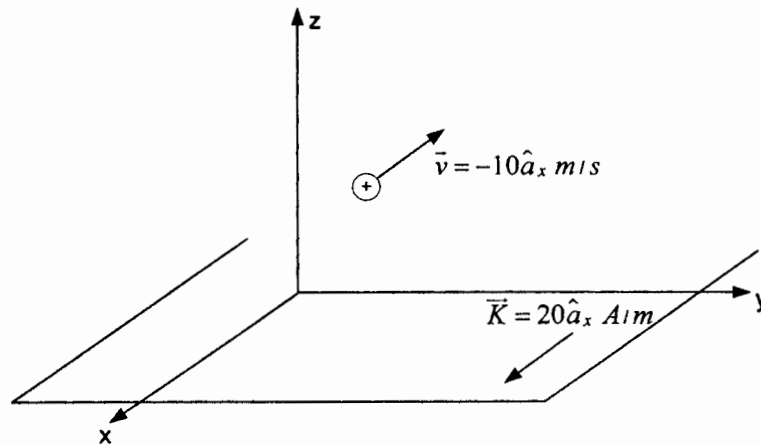
- a)  $\vec{H}$  ที่ตำแหน่ง  $\rho = 0.5$  cm (5 คะแนน)

- b)  $\vec{H}$  ที่ตำแหน่ง  $\rho = 1$  cm (5 คะแนน)

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

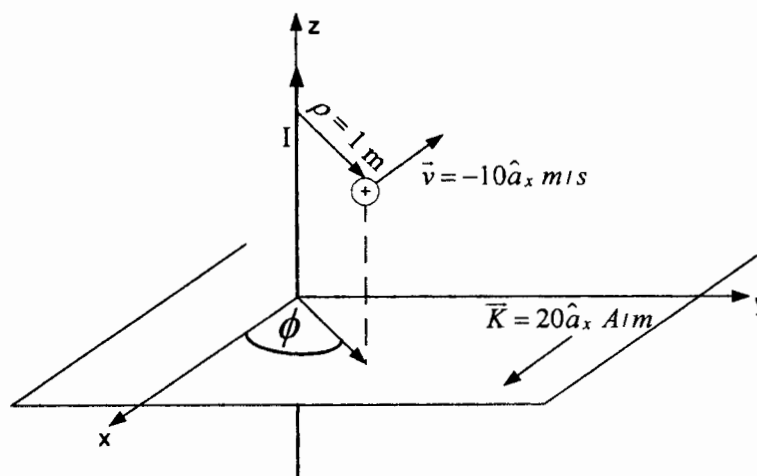
c) ถ้าความเข้มสนามแม่เหล็ก  $\vec{H}$  รวมที่ตำแหน่ง  $\rho = 4 \text{ cm}$  มีค่าเป็นศูนย์ต้องใช้แผ่นกระแส  $\vec{K}$  เท่าไร มาวางที่ระยะ  $\rho > 4 \text{ cm}$  (5 คะแนน)

2. Magnetic force: ประจุขนาด 5 nC วิ่งด้วยความเร็ว  $-10\hat{a}_x$  m/s ผ่านแผ่นกระแสน้ำวนที่วางตัวอยู่ที่ตำแหน่ง  $z = 0$  บนระนาบ  $x$ - $y$  และมีความหนาแน่น  $\vec{K} = 20\hat{a}_x$  A/m ดังรูป (20 คะแนน)



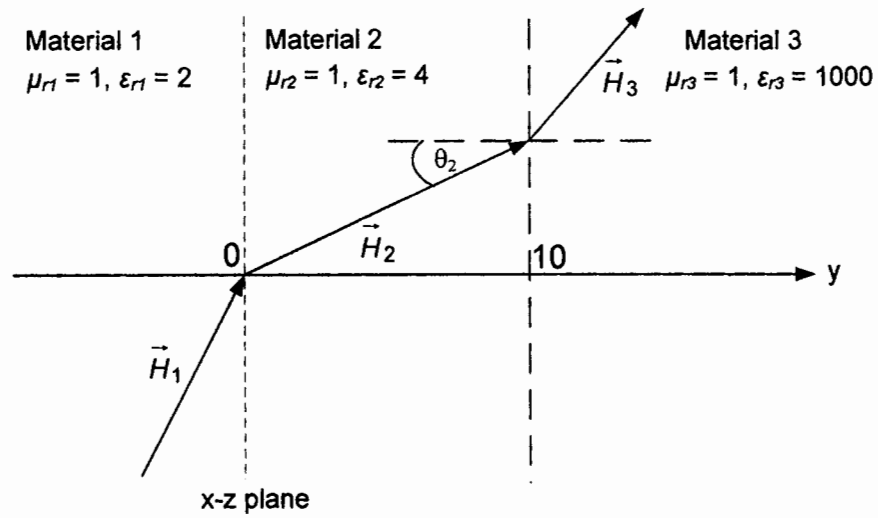
a) คำนวณแรงแม่เหล็ก  $\vec{F}$  ที่กระทำต่อประจุ (5 คะแนน)

b) ถ้านำเส้นลวดตัวนำความยาวอนันต์มาวางบนแกน  $z$  ดังรูปจะต้องใช้กระแสน้ำวนเท่าไรและในทิศทางใดจึงจะทำให้แรงแม่เหล็กที่กระทำต่อประจุที่เคลื่อนที่มาอยู่ ณ ตำแหน่ง  $\rho = 1$  m,  $\phi = 53^\circ$  มีค่าเป็นศูนย์ (แนะนำ: ให้คำนวณในพิกัดคาร์ทีเซียน) (10 คะแนน)



c) จากข้อ b) จงคำนวณแรงแม่เหล็กรวมที่กระทำต่อประจุ เมื่อประจุเคลื่อนที่มาอยู่เหนือแกน  $y$  พอดี (5 คะแนน)

3. Magnetization and B.C.s: ตัวกลาง 3 ตัวเชื่อมต่อกันดังรูป กำหนดให้ความเข้มสนามแม่เหล็กที่วิ่งเข้าไปยังรอยต่อระหว่างตัวกลางที่ 1 และตัวกลางที่ 2 มีค่า  $\vec{H}_1 = 10\hat{a}_x + 15\hat{a}_y - 3\hat{a}_z$  A/m กำหนดให้ตัวกลางที่ 2 ไม่มีการสูญเสีย จงคำนวณ (25 คะแนน)



a)  $\vec{H}_{n2}$  (5 คะแนน)

b)  $\vec{H}_{t2}$  (5 คะแนน)



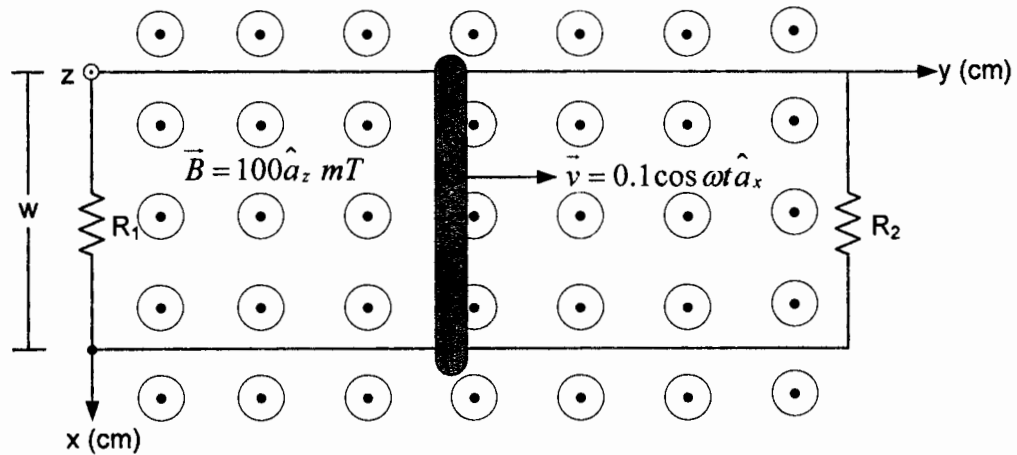
ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสประจำตัว \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

c)  $\bar{H}_{n3}$  (5 คะแนน)

d)  $\bar{H}_{l3}$  (5 คะแนน)

e) มุม  $\theta_2$  (5 คะแนน)

4. Dynamic fields: วงจรตัวนำถูกแบ่งออกเป็นสองวงจรย่อยด้วยแท่งตัวนำที่มีความเร็ว  $\vec{v} = 0.1 \cos \omega t \hat{a}_y$  m/s วงจรวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก  $\vec{B} = 100 \hat{a}_z$  mT กำหนดให้ความถี่  $f$  ในการเคลื่อนที่ของแท่งตัวนำมีค่า 10 Hz,  $w = 4$  cm,  $R_1 = 50 \Omega$ , และ  $R_2 = 100 \Omega$  (20 คะแนน)



a) จงแสดงค่าแรงดันที่ตกคร่อมตัวความต้านทาน  $R_1$  และ  $R_2$  ที่เวลา  $t$  ใดๆ (10 คะแนน)

b) ทิศของกระแสเหนี่ยวนำในวงจรย่อยที่ 1 และวงจรย่อยที่ 2 (ทวนเข็มหรือตามเข็มนาฬิกา) ที่เวลา 37.5 ms (5 คะแนน)

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

c) ขนาดของกระแสเหนี่ยวนำในวงจรย่อยที่ 1 และวงจรย่อยที่ 2 ที่เวลา 37.5 ms (5 คะแนน)

5. Uniform plane wave: กำหนดให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 1 GHz เดินทางผ่านตัวกลางที่มีค่าความนำไฟฟ้า  $\sigma = 10^{-2}$  S/m และ  $\mu_r = 1$  โดยมีรูปแบบสมการสนามไฟฟ้า

$$\vec{E}(z,t) = e^{-0.89z} \cos(\omega t - \beta z) \hat{a}_x \text{ mV/m จงคำนวณ (20 คะแนน)}$$

a) relative permittivity  $\epsilon_r$  (5 คะแนน)

b) phase constant  $\beta$  (5 คะแนน)

c) สนามแม่เหล็ก  $\vec{H}(z,t)$  (5 คะแนน)

d) ความหนาแน่นกำลังเฉลี่ย  $P_{ave}$  (5 คะแนน)