



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
การสอบกลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556

วิชา ENE 325 Electromagnetic fields and waves

ภาควิชา วศ.อิเล็กทรอนิกส์ ปีที่ 3 ภาคปกติ

สอบ วันจันทร์ที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2556

เวลา 9.00-12.00 น.

**คำเตือน**

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 10 หน้า (รวมใบปะหน้า)
2. ให้ทำทุกข้อลงในข้อสอบ
3. ไม่อนุญาตให้นำเอกสารประกอบการเรียนเข้าห้องสอบ
4. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณได้
5. ให้เขียนชื่อ-นามสกุล และเลขประจำตัวลงในข้อสอบทุกหน้า

เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ  
เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ  
ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ

นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

อาจารย์ราชวัติ ศิลพาน์

ผู้ออกข้อสอบ

โทร 0-2470-9062

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

รศ.ดร.วุฒิชัย อัสวินชัยโชติ

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

### สูตรคำนวณ

1. พิกัดคาร์ทีเซียนมีองค์ประกอบ  $(x, y, z)$

2. พิกัดทรงกระบอกมีองค์ประกอบ  $(\rho, \phi, z)$

3. พิกัดทรงกลมมีองค์ประกอบ  $(r, \theta, \phi)$

4. เวกเตอร์ 1 หน่วย (unit vector)  $\hat{a}_R = \frac{R}{\bar{R}}$

5. สมการของสนามไฟฟ้า  $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q}$  V/m

โดยที่  $\vec{F}$  = แรงที่กระทำบนประจุ  $Q$  (Newton)

6. สนามไฟฟ้าจากจุดประจุ  $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{a}_r$  V/m

7. ความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้าจากจุดประจุ  $\vec{D} = \frac{\Psi}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{a}_r$  C/m<sup>2</sup>

8. ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้าและความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า:  $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$  C/m<sup>2</sup>

โดยที่  $\Psi$  = เส้นแรงไฟฟ้า (electric flux) (C)

9. สนามไฟฟ้าจากเส้นลวดยาวอนันต์  $\vec{E} = \frac{\rho_L}{2\pi\epsilon_0 \rho} \hat{a}_\rho$  V/m (พิกัดทรงกระบอก)

โดยที่  $\rho_L$  = ความหนาแน่นของประจุต่อความยาว (C/m)

$\rho$  = ระยะทางจากเส้นลวดในแนวรัศมี (m)

$\hat{a}_\rho$  = เวกเตอร์ 1 หน่วยในแนวรัศมี

10. ขนาดประจุรวมบนพื้นที่ผิว:  $Q = \iint \rho_s dS$  Coulomb

โดยที่  $\rho_s$  = ความหนาแน่นของประจุต่อพื้นที่ (C/m<sup>2</sup>)

$dS$  = Surface differential element (m<sup>2</sup>)

11. กฎของเกาส์ (Gauss's law):  $Q_{en} = \oint \vec{D} \cdot d\vec{S}$  Coulomb

12. Surface differential element ของพิกัดทรงกระบอกด้านข้าง:  $d\vec{S} = \rho d\phi dz \hat{a}_\rho$

13. ความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้าและความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า:  $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E}$  C/m<sup>2</sup>

14. ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าระหว่างจุด A กับจุด B

$$V_{AB} = -\int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{L} \text{ Volt}$$

โดยที่  $d\vec{L}$  = line differential element

15. ค่าคงที่  $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$  F/m

ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสนักศึกษา \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

1. Electrostatics Concept: (20 คะแนน)

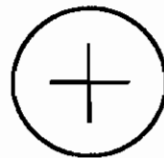
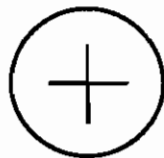
(a) จงอธิบายความหมายของความเข้มสนามไฟฟ้า (Electric field intensity หรือ  $E$ ) (5 คะแนน)

(b) จงอธิบายความหมายของความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า (Electric flux density หรือ  $D$ ) (5 คะแนน)

(c) จงยกตัวอย่างการปรากฏการณ์การถ่ายเทของประจุไฟฟ้ามา 2 ปรากฏการณ์ อธิบายด้วยว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร (5 คะแนน)

ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสนักศึกษา \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

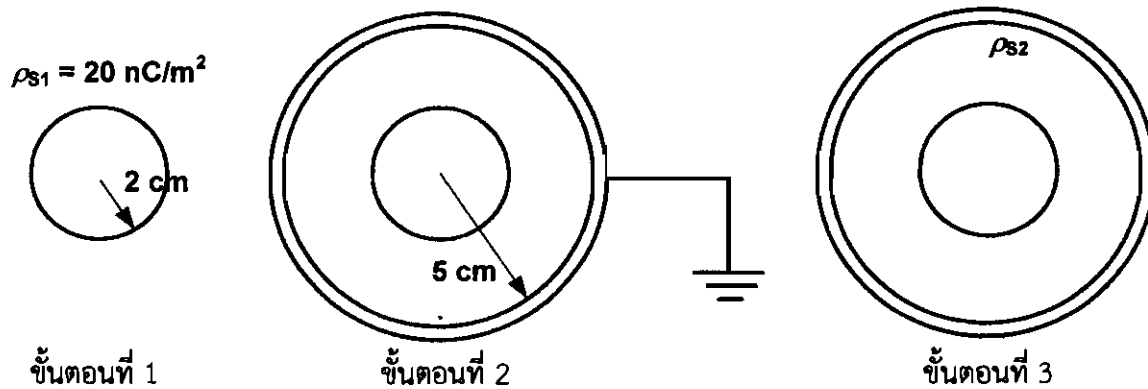
(d) จงวาดเส้นแรงไฟฟ้าระหว่างประจุบวก 2 ประจุ ที่อยู่ใกล้กันดังรูป (5 คะแนน)



ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสนักศึกษา \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

2. Coulomb's law: จงคำนวณความเข้มสนามไฟฟ้าแบบเวกเตอร์ที่จุด  $P(0, 2, 1)$  ที่เกิดจากประจุ  $Q_1 = 10 \text{ nC}$  ที่อยู่ ณ ตำแหน่ง  $(2, 1, 0)$ , ประจุ  $Q_2 = 10 \text{ nC}$  ที่อยู่ ณ ตำแหน่ง  $(3, 0, \pi/4)$ , และเส้นลวดตัวนำความยาวอนันต์ที่วางตัวอยู่ตามแกน  $z$  ณ ตำแหน่ง  $x = 1, y = 0$  ซึ่งมีความหนาแน่นประจุ  $\rho_L = 10 \text{ nC/m}$  (20 คะแนน)

3. Gauss's law: จากการทดลองของฟาราเดย์ รูปทรงกลมเล็กรัศมี 2 cm มีความหนาแน่นประจุ  $\rho_{s1} = 20 \text{ nC/m}^2$  หลังจากนั้นฟาราเดย์นำรูปทรงกลมใหญ่กลวงที่ต่อสายกราวด์ครอบทรงกลมเล็กไว้ และในขั้นตอนสุดท้ายฟาราเดย์นำสายกราวด์ออก (20 คะแนน)



(a) ในขั้นตอนที่ 2 ทรงกลมใหญ่กลวงมีประจุสุทธิเป็นเท่าไร (5 คะแนน)

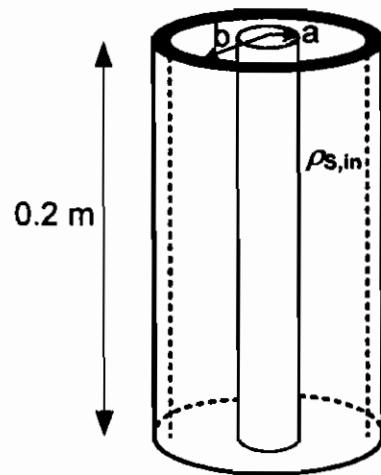
(b) หลังจากขั้นตอนที่ 3 ทรงกลมใหญ่กลวงมีประจุและความหนาแน่นประจุ  $\rho_{s2}$  ที่ผนังด้านในเป็นเท่าไร (5 คะแนน)

ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสนักศึกษา \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

(c) ถ้าใส่วัสดุฉนวนที่มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริก  $\epsilon_r = 4$  ระหว่างทรงกลมเล็กและทรงกลมใหญ่กลวง ค่าความหนาแน่นประจุ  $\rho_{s2}$  จะมีค่าเท่าไร (5 คะแนน)

(d) จงเขียนนิยามของกฎของเกาส์ (Gauss's law) (5 คะแนน)

4. Gauss's law: จากรูปของสายโคแอกเซียล กำหนดให้ตัวนำด้านใน (inner conductor) มีรัศมี  $a = 1$  mm และมีความหนาแน่นประจุ  $\rho_{s,in} = 0.1$  nc/m<sup>2</sup> และตัวนำด้านนอก (outer conductor) มีรัศมี  $b = 3$  mm และค่าของประจุ (charge) เท่ากับตัวนำด้านใน โดยกำหนดให้อากาศคั่นอยู่ระหว่างตัวนำด้านในกับตัวนำด้านนอก จงใช้กฎของเกาส์ (Gauss's law) คำนวณสนามไฟฟ้าในรูปแบบเวกเตอร์ที่ระยะรัศมี  $\rho$  ต่างๆ ดังนี้ (20 คะแนน)



(a)  $\rho = 0.5$  mm (5 คะแนน)

(b)  $\rho = 1.5$  mm (5 คะแนน)



ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสนักศึกษา \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

(c)  $\rho = 5 \text{ mm}$  (5 คะแนน)

(d) คำนวณอัตราส่วนของความหนาแน่นของประจุต่อพื้นที่ที่ตัวนำด้านนอก ( $\rho_{s, \text{out}}$ ) ต่อความหนาแน่นของประจุต่อพื้นที่ที่ตัวนำด้านใน ( $\rho_{s, \text{in}}$ ) (5 คะแนน)

ชื่อ \_\_\_\_\_ รหัสนักศึกษา \_\_\_\_\_ เลขที่นั่งสอบ \_\_\_\_\_

5. Work and electric potential: กำหนดให้  $\vec{E} = 4x\hat{a}_x - 2y\hat{a}_y$  V/m จงคำนวณความต่างศักย์  $V_{AB}$  ระหว่างจุด A (2, 0) และจุด B (0, 2) โดยอินทิเกรตตามเส้นทางดังต่อไปนี้ (20 คะแนน)

แนะนำ:  $d\vec{l} = dx\hat{a}_x + dy\hat{a}_y + dz\hat{a}_z$

(a) เส้นตรงระหว่างจุด A กับจุด B (10 คะแนน)

(b) จากจุด A ไปยังจุด (0,0) และจากจุด (0,0) ไปยังจุด B (10 คะแนน)