

เลขที่นั่งสอบ

| |
|--|
| |
|--|



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การสอบกลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557

วิชา ENE325 Electromagnetic Fields and Waves

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ปีที่ 3 (ปกติ)

สอบ วันพุธที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2557

เวลา 9:00 -12:00น.

คำสั่ง:-

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 11 หน้า (รวมใบปะหน้า) คะแนนรวม 100 คะแนน
2. แสดงวิธีทำลงในข้อสอบเท่านั้น
3. สามารถนำเครื่องคำนวณเข้าห้องสอบได้ตามระเบียบของมหาวิทยาลัย
4. ห้ามนักศึกษานำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกนอกห้องสอบ
5. ขอให้นักศึกษาทุกคนโชคดีในการสอบ

คำเตือน/คำแนะนำ:-

- เมื่อนักศึกษาทำข้อสอบเสร็จ ต้องยกมือบอกกรรมการคุมสอบ เพื่อขออนุญาตออกนอกห้องสอบ
- นักศึกษาซึ่งทุจริตในการสอบ อาจถูกพิจารณาโทษสูงสุดให้พ้นสภาพการเป็นนักศึกษา
- นักศึกษาควรดูข้อสอบทั้งหมดก่อนเริ่มลงมือทำและควรอ่านคำถามให้รอบคอบก่อนเริ่มทำการคำนวณเพื่อไม่ให้เสียเวลากับการคำนวณที่ไม่มีประโยชน์

| ข้อสอบข้อที่ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | คะแนนรวม |
|--------------|----|----|----|----|----|----------|
| คะแนนเต็ม | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 100 |
| คะแนนที่ได้ | | | | | | |

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัว.....

รศ.ดร.ราชวดี ศิลาพันธ์ (โทร: 9062)

ผู้ออกข้อสอบ

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ราชวดี ศิลาพันธ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

สูตรคำนวณ

1. พิกัดคาร์ทีเซียนมีองค์ประกอบ (x, y, z)
2. พิกัดทรงกระบอกมีองค์ประกอบ (ρ, ϕ, z)
3. พิกัดทรงกลมมีองค์ประกอบ (r, θ, ϕ)
4. ตารางการแปลงพิกัดระหว่างพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) และพิกัดทรงกระบอก (cylindrical coordinates)

4.1 ตารางการแปลงขนาด

| P (x, y, z) to P (r, θ , ϕ) | P (r, θ , ϕ) to P (x, y, z) |
|--|---|
| $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$ $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$ $z = z$ | $x = \rho \cos \phi$ $y = \rho \sin \phi$ $z = z$ |

4.2 ตารางการแปลงทิศทาง

| | \hat{a}_ρ | \hat{a}_ϕ | \hat{a}_z |
|-------------------|----------------|----------------|-------------|
| $\hat{a}_x \cdot$ | $\cos \phi$ | $-\sin \phi$ | 0 |
| $\hat{a}_y \cdot$ | $\sin \phi$ | $\cos \phi$ | 0 |
| $\hat{a}_z \cdot$ | 0 | 0 | 1 |

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

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

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

7. กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law)

7.1 สนามไฟฟ้าจากจุดประจุ $\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \hat{a}_r$ V/m (พิกัดทรงกลม)

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

โดยที่ ρ_L = ความหนาแน่นของประจุต่อความยาว (C/m)

ρ = ระยะทางจากเส้นลวดในแนวรัศมี (m)

\hat{a}_ρ = เวกเตอร์ 1 หน่วยในแนวรัศมี

8. กฎของเกาส์ (Gauss's law):

8.1 รูปแบบอินทิกรัล $\Psi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{en}}{\epsilon_0} \text{ V}\cdot\text{m}$

โดยที่ Ψ = เส้นแรงไฟฟ้า (electric flux) ($\text{V}\cdot\text{m}$) หรือ

8.2 รูปแบบอินทิกรัล $\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = q_{en} \text{ Coulomb}$

โดยที่ ความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} \text{ C/m}^2$

8.3 รูปแบบอนุพันธ์ $\nabla \cdot \vec{D} = \rho_v \text{ C/m}^3$

ในรูปแบบทรงกลม $\nabla \cdot \vec{D} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 D_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (D_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial D_\phi}{\partial \phi}$

9. ขนาดประจุรวมบนพื้นผิว: $Q = \iint \rho_s dS \text{ Coulomb}$

โดยที่ ρ_s = ความหนาแน่นของประจุต่อพื้นที่ (C/m^2)

dS = surface differential element (m^2) สำหรับทรงกลม = $r^2 \sin \theta d\theta d\phi$

10. ศักย์สัมบูรณ์ที่เกิดจากประจุใดๆ $V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r} \text{ Volt}$

โดยที่ r = ระยะทางจากจุดประจุไปยังจุดสังเกต (m)

11. ความต่างศักย์ทางไฟฟ้าระหว่างจุด A (ปลายทาง) กับจุด B (ต้นทาง)

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

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

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

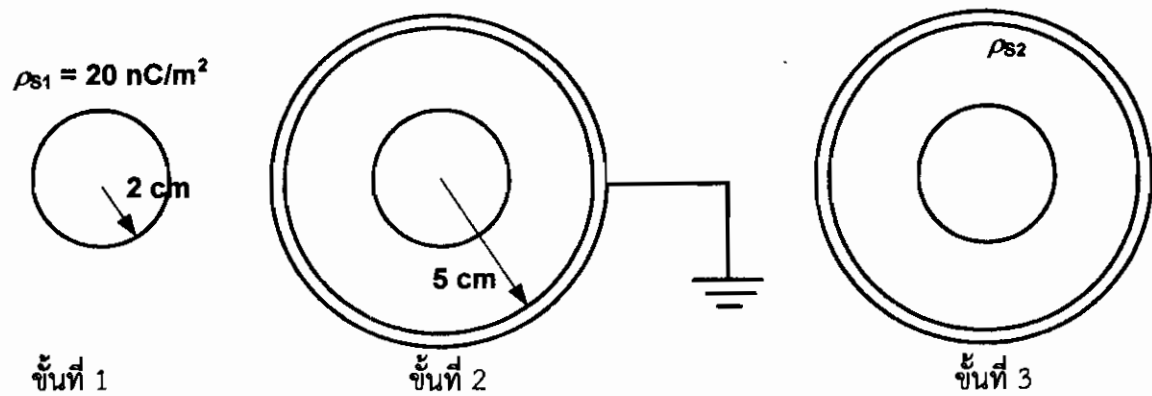
ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

1. Electrostatics Concept: (20 คะแนน)

(a) กำหนดให้ประจุ 2 ตัว $Q_1 = 10 \text{ nC}$ และ $Q_2 = 100 \text{ nC}$ วางห่างกันเป็นระยะ 100 nm แรงที่กระทำบนประจุ Q_2 มีค่าเท่ากับแรงที่กระทำบนประจุ Q_1 หรือไม่ อธิบาย (5 คะแนน)

(b) ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้ขนาดเส้นแรงหรือฟลักซ์ไฟฟ้าที่เดินทางผ่านพื้นที่ใดๆ มีการเปลี่ยนแปลง (5 คะแนน)

(c) จากรูปเป็นการอธิบายการทดลองของฟาราเดย์ จงวาดเส้นแรงหรือฟลักซ์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการทดลอง (5 คะแนน)



(d) กระแสไฟฟ้ามี 2 ชนิดได้แก่ กระแสการพา (convection current) และกระแสการนำ (conduction current) จงอธิบายความแตกต่างระหว่างกระแสทั้ง 2 นี้ (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

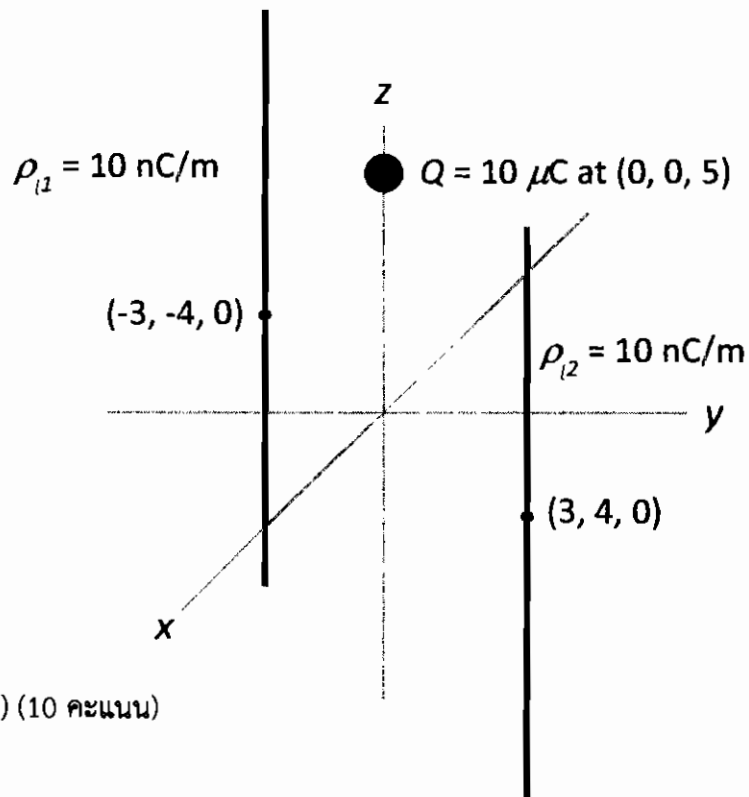
2. Coordinate systems: จากเวกเตอร์ $\vec{D} = \frac{(x\hat{a}_x - 2y\hat{a}_y)}{(x^2 + y^2)}$ จงแปลงเป็นเวกเตอร์ในพิกัด

ทรงกระบอกโดย (20 คะแนน)

(a) ใส่คำตอบในรูปแบบตัวแปรของพิกัดทรงกระบอก (10 คะแนน)

(b) คำนวนค่า \vec{D} ที่จุด $\rho = 1$ $\varphi = 0.3\pi$ และ $z = 5$ ในพิกัดทรงกระบอก และในพิกัดคาร์ทีเซียน (10 คะแนน)

3. Coulomb's law: รูปข้างล่างประกอบด้วยเส้นลวดตัวนำความยาวอนันต์ 2 เส้นวางตัวตามแนวแกน z โดยเส้นที่ 1 อยู่ที่ตำแหน่ง $x = -3 \text{ m}$, $y = -4 \text{ m}$ มีความหนาแน่นประจุ $\rho_{l1} = 10 \text{ nC/m}$ เส้นที่ 2 อยู่ที่ตำแหน่ง $x = 3 \text{ m}$, $y = 4 \text{ m}$ มีความหนาแน่นประจุเท่ากัน $\rho_{l2} = 10 \text{ nC/m}$ และจุดประจุขนาด 10 nC อยู่ที่ตำแหน่ง $(0, 0, 5)$ จงคำนวณความเข้มสนามไฟฟ้ารวมแบบเวกเตอร์จากแหล่งกำเนิดประจุทั้งหมดที่ (20 คะแนน)



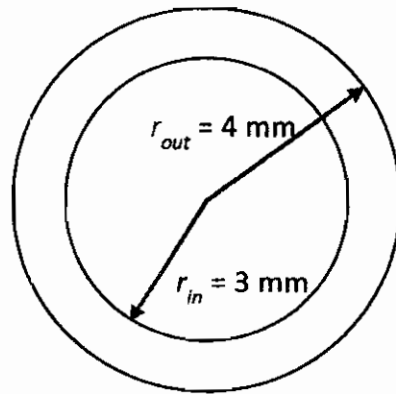
(a) พิกัด $(0, 0, 0)$ (10 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(b) พิกัด $(0, 0, -5)$ (5 คะแนน)

(c) พิกัด $(0, 0, 10)$ (5 คะแนน)

4. Gauss's law and Divergence: กำหนดให้ทรงกลมตัวนำไฟฟ้ากลวงมีรัศมีด้านใน (r_{in}) ขนาด 3 mm และด้านนอก (r_{out}) ขนาด 4 mm (ความหนาของเปลือก = 1 mm) และเวกเตอร์ความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า (electric flux density) มีค่า $\vec{D} = 5r^2 \hat{a}_r$ C/m² จงคำนวณ (20 คะแนน)



(a) ความหนาแน่นประจุเชิงปริมาตร ρ_v ที่ระยะรัศมี $r = 4$ mm (5 คะแนน)

(b) ขนาดของความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า D และสนามไฟฟ้า E ที่ระยะรัศมี $r = 4$ mm (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

(c) พลักซ์ของสนามไฟฟ้า Ψ ที่พุ่งออกจากทรงกลมที่ระยะรัศมี $r = 4 \text{ mm}$ (5 คะแนน)

(d) ขนาดของประจุที่อยู่ในทรงกลมนี้ที่ระยะรัศมี $r = 4 \text{ mm}$ (5 คะแนน)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____ เลขที่นั่งสอบ _____

5. Work and electric potential: ทรงกลมตัวนำรัศมี 0.5 cm มีประจุกระจายอย่างสม่ำเสมอด้วยความหนาแน่น $\rho_s = 10 \text{ nC/m}^2$ จงหา (20 คะแนน)

(a) ศักย์สัมบูรณ์ (Absolute potential) ที่ P ($r = 1 \text{ cm}$, $\theta = 25^\circ$, $\phi = 50^\circ$) (10 คะแนน)

(b) ความต่างศักย์ V_{AB} ระหว่างจุด A ($r = 1 \text{ cm}$, $\theta = 45^\circ$, $\phi = 60^\circ$) และจุด B ($r = 3 \text{ cm}$, $\theta = 30^\circ$, $\phi = 90^\circ$) (10 คะแนน)