key 11 ก.พ. 60

เลขที่นั่งสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
การสอบกลางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

วิชา ENE325 Electromagnetic Fields and Waves
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ปีที่ 2 และ ปีที่ 3
สอบ วันศุกร์ที่ 29 กันยายน พ.ศ. 2560 **เวลา 9.00-12.00น.**

คำสั่ง:-

1. ข้อสอบวิชานี้มี 5 ข้อ 10 หน้า (รวมใบปะหน้า) คะแนนรวม 90 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	15	20	20	15	20	90
คะแนนที่ได้						

ชื่อ.....**นามสกุล**.....**รหัสนักศึกษา**.....

รศ.ดร.ราชวดี ศิลาพันธ์ (โทร: 9062)
ผู้ออกข้อสอบ

ข้อสอบนี้ได้ผ่านการประเมินจากคณะกรรมการประจำภาควิชาแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร. ราชวดี ศิลาพันธ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

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 ตารางการแปลงชนาด

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

	$\hat{a}_\rho$	$\hat{a}_\phi$	$\hat{a}_z$
$\hat{a}_x$	$\cos\phi$	$-\sin\phi$	0
$\hat{a}_y$	$\sin\phi$	$\cos\phi$	0
$\hat{a}_z$	0	0	1

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

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

โดยที่ F = แรงที่กระทำบนประจุ Q (Newton)

7. กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law)

7.1 สนามไฟฟ้าจากจุดประจุ $E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\hat{a}_r$ V/m (พิกัดทรงกลม)

8 กฎของเก๊าส์ (Gauss's law):

8.1 รูปแบบอินทิกรัล $\Psi = \int E \cdot dS = \frac{Q_{en}}{\varepsilon_0}$ V·m

โดยที่ Ψ = เส้นแรงไฟฟ้า (electric flux) (V·m) หรือ

8.2 รูปแบบอินทิกรัล $\int D \cdot dS = Q_{en}$ Coulomb

โดยที่ ความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า $D = \varepsilon_0 E$ C/m^2

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

9. งานและความต่างศักย์

9.1 ศักย์สัมบูรณ์ที่เกิดจากประจุใดๆ $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$ V

โดยที่ r = ระยะทางจากจุดประจุไปยังจุดสังเกต (m)

9.2 พลังงานศักย์สะสมระบบที่มี 2 ประจุ $W_E = Q_2 V_{2,1}$

โดยที่ $V_{2,1} = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_{2,1}}$ คือศักย์สมบูรณ์ที่เกิดจากการลากประจุ Q_2 เข้ามาที่ระยะ $R_{2,1}$ ซึ่งเป็นระยะวัดจาก Q_1 โดยในระบบนี้มี Q_1 วางอยู่ก่อนแล้ว

10. กฎของโอห์ม (Ohm's law) ใดๆ

10.1 $V = IR$

โดยที่ I = กระแสไฟฟ้า (A)

R = ความต้านทาน (Ω) = $\int dR = \int \frac{dl}{\sigma A}$ โดยที่ A = พื้นที่หน้าตัดที่กระแสวิ่งไหลผ่าน (m^2)

10.2 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$

โดยที่ J = ความหนาแน่นของกระแสต่อพื้นที่ (A/m^2)

σ = ค่าความนำไฟฟ้า (s/m)

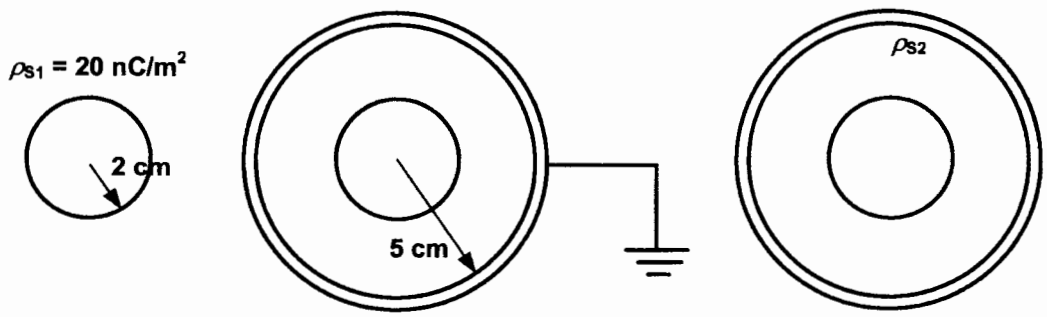
11. ค่าการยอมรับได้ทางไฟฟ้าใน free space ε_0 = 8.854×10^{-12} F/m

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

1. Electrostatics Concept: (15 คะแนน)

(a) สมิธเดินทางมารอเจรจาธุรกิจที่โรงแรมหรูแห่งหนึ่ง ซึ่งห้องประชุมทุกห้องปูด้วยพรมขนสัตว์เมื่อเข้ามาถึงโต๊ะประชุม สมิธได้จับมือเชคแฮนด์กับลอร่าซึ่งเพิ่งวิ่งฝ่าฝนเข้ามา ทั้งคู่รู้สึกได้ถึงกระแสไฟฟ้าช็อตตอนที่สัมผัสมือกัน จงอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (ในทางไฟฟ้า) (5 คะแนน)

(b) จากรูปเป็นการอธิบายการทดลองของฟาราเดย์ ซึ่งเริ่มจากผู้ทดลองฉีดประจุไปที่ผิวทรงกลมตัวนำเล็กในขั้นที่ 1 และเคลือบด้วยสารฉนวน หากผู้ทดลองข้ามขั้นตอนที่ 2 และยกทรงกลมตัวนำไปครอบเลยทันที จะเกิดอะไรกับผู้ทำการทดลอง และลักษณะทางไฟฟ้าของทรงกลมด้านนอกจะเป็นอย่างไร (5 คะแนน)



ขั้นที่ 1 ขั้นที่ 2 ขั้นที่ 3

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

(c) จงอธิบายเงื่อนไข 2 ข้อที่ทำให้สนามไฟฟ้าเป็นสนามอนุรักษ์ (Conservative field) (5 คะแนน)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

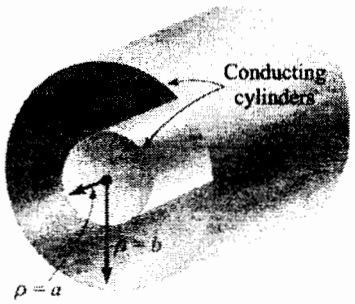
2. Coordinate systems: จากสนาม $\vec{D} = (x^2 + y^2)^{-1}(x\hat{a}_x + y\hat{a}_y)$ (20 คะแนน)

(a) จงแปลงให้เข้าไปอยู่ในพิกัดทรงกระบอก (15 คะแนน)

(b) คำนวณค่า $\vec{D}$ ที่ ρ = 1 ϕ = 0.25π z = 5 ในพิกัดทรงกระบอก (5 คะแนน)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

3. Gauss's law: กำหนดให้สายโคแอ็กเชียล (Coaxial lines) ยาว 50 cm มีรัศมีตัวนำด้านในขนาด a = 1 mm และด้านนอกขนาด b = 4 mm ตรงกลางเป็นอากาศ กำหนดให้ความหนาแน่นของประจุที่ผิว**ตัวนำด้านใน**มีค่า 30 nC จงคำนวณ (20 คะแนน)



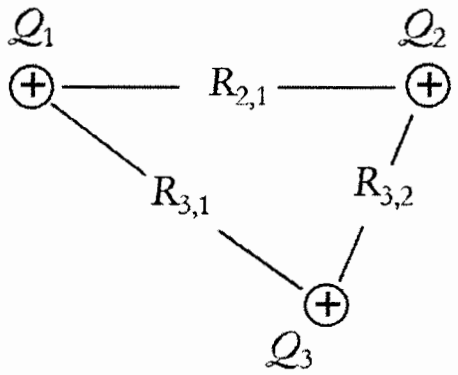
(a) ความหนาแน่นของประจุต่อพื้นที่ ที่ผิวตัวนำด้านใน ($\rho_{s,in}$) และผิวตัวนำด้านนอก ($\rho_{s,out}$) (7.5 คะแนน)

(b) ความหนาแน่นของเส้นแรงไฟฟ้า $\vec{D}$ ที่ $a < \rho < b$ (7.5 คะแนน)

(c) ความหนาแน่นของเส้นแรงไฟฟ้า $\vec{E}$ ที่ $a < \rho < b$ (5 คะแนน)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

4. Work and electric potential: ในระบบที่ประจุ 3 ประจุดังรูป โดยมีประจุ Q_1 อยู่ก่อน แล้วค่อยลากประจุ Q_2 และ Q_3 มาตามลำดับ (15 คะแนน)

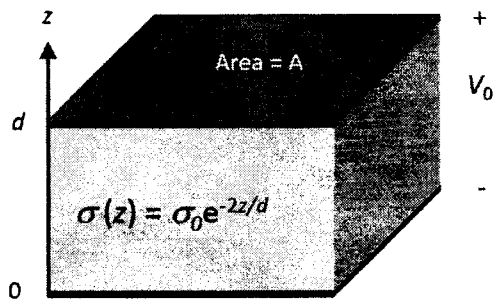


(a) แรงดันที่กระทำต่อประจุ Q_2 และ Q_3 (7.5 คะแนน)

(b) พลังงานศักย์สะสม (W_E) ในระบบ (7.5 คะแนน)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

5. แผ่นตัวนำ 2 ตัวมีพื้นที่เท่ากันเท่ากับ A m^2 วางดังรูป โดยแผ่นล่างอยู่ที่ตำแหน่ง z = 0 m แผ่นบนอยู่ที่ตำแหน่ง z = d m ที่ระหว่างแผ่นมีวัสดุคั่นซึ่งมีค่าความนำไฟฟ้า $\sigma(z) = \sigma_0 e^{-2z/d}$ S/m โดยที่ σ_0 เป็นค่าคงที่ และมีแรงดันตกคร่อมระหว่างแผ่นตัวนำเท่ากับ V_0 โวลต์ จงคำนวณ (20 คะแนน)



(a) ค่าความต้านทานของวัสดุ (7.5 คะแนน)

(b) กระแสที่ไหลระหว่างแผ่นตัวนำ (7.5 คะแนน)

(c) สนามไฟฟ้าในชั้นวัสดุคั่น (5 คะแนน)