มกค.61

Seat Number

King Mongkut's University of Technology Thonburi
Midterm Examination
Semester 1 - Academic Year 2018

Subject: EIE 325 Electromagnetic fields and waves

For: Electronic and Telecommunication Engineering, 2nd year

Exam Date: Monday October 8, 2018 **Time:** 1.00pm-4.00 pm.

Instructions:-

1. This exam consists of 5 problems with a total of 11 pages, including the cover.
2. This exam is closed books.
3. Answer each problem on the exam itself.
4. A calculator complying with the university rule is allowed.
5. A dictionary is **not** allowed.
6. **Do not** bring any exam papers and answer sheets outside the exam room.
7. Open Minds ... No Cheating! GOOD LUCK!!!

Remarks:-

- **Raise your hand when you finish the exam to ask for a permission to leave the exam room.**
- **Students who fail to follow the exam instruction might eventually result in a failure of the class or may receive the highest punishment with university rules.**
- **Carefully read the entire exam before you start to solve problems. Before jumping into the mathematics, think about what the question is asking. Investing a few minutes of thought may allow you to avoid twenty minutes of needless calculation!**

Exam No.	1	2	3	4	5	TOTAL
Full Score	20	20	20	20	20	100
Graded Score						

Name _____ **Student ID** _____

This examination is designed by Dr. Rardchawadee Silapunt; Tel: 9062.

This examination has been approved by the committees of the ENE department.

Suwat Pattaramalai

(Asst. Prof. Suwat Pattaramalai, Ph.D.)
Head of Electronic and Telecommunication Engineering Department

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

สูตรคำนวณ

1. พิกัดคาร์ทีเซียนมีองค์ประกอบ (x, y, z)
2. พิกัดทรงกระบอกมีองค์ประกอบ (ρ, ϕ, Z)

   2.1 differential surface element

$$ds_{top} = \rho d\rho d\phi$$
$$ds_{side} = \rho d\phi dz$$

   2.2 differential volume element $dV = \rho d\rho d\phi dz$

3. พิกัดทรงกลมมีองค์ประกอบ (r, θ, ϕ)

   3.1 differential surface element

$$dS = r^2 sin\theta d\theta d\phi$$

   3.2 differential volume element $dV = r^2 sin\theta dr d\theta d\phi$

4. ตารางการแปลงพิกัดระหว่างพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) และพิกัดทรงกลม (spherical coordinates)

   4.1 ตารางการแปลงชนาด

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

   4.2 ตารางการแปลงทิศทาง

	$\hat{a}_r$	$\hat{a}_\theta$	$\hat{a}_\phi$
$\hat{a}_x \cdot$	$\sin\theta\cos\phi$	$\cos\theta\cos\phi$	$-\sin\phi$
$\hat{a}_y \cdot$	$\sin\theta\sin\phi$	$\cos\theta\sin\phi$	$\cos\phi$
$\hat{a}_z \cdot$	$\cos\theta$	$-\sin\theta$	0

5. เวกเตอร์ 1 หน่วย (unit vector) $\hat{a}_R = \frac{R}{\vec{R}}$
6. สมการของแรงทางไฟฟ้า $\vec{F} = Q\vec{E}$ V/m

โดยที่ $\vec{E}$ = ความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดจากจุดประจุ Q (V/m)

7. ขนาดประจุจากโครงสร้างแผ่นตัวนำ $Q = \int_s \rho_s ds$ Coulomb

8. กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law)

8.1 สนามไฟฟ้าจากแผ่นประจุ $\vec{E}(r) = \int_S \frac{\rho_s(\vec{r}\prime)ds\prime}{4\pi\varepsilon_0|\vec{r}-\vec{r}\prime|^2}\hat{a}_r$ V/m

โดยที่ ρ_s = ความหนาแน่นประจุต่อพื้นที่ (C/m^2)

$\vec{r}'$ = เวกเตอร์ระยะทางวัดจากจุดออริจินไปยังแหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้า

$\vec{r}$ = เวกเตอร์ระยะทางวัดจากจุดออริจินไปยังจุดสนใจ

8.2 $\int \frac{\rho d\rho}{(z^2+\rho^2)^{3/2}} = \frac{1}{\sqrt{z^2+\rho^2}} + c$

9. กฎของเก๊าส์ (Gauss's law):

9.1 รูปแบบอินทิกรัล $\Psi = \int \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{Q_{en}}{\varepsilon_0}$ V·m

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

9.2 รูปแบบอินทิกรัล $\oint \vec{D}\cdot d\vec{S} = Q_{en}$ Coulomb

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

9.3 รูปแบบอนุพันธ์ $\nabla\cdot\vec{D} = \rho_v$

โดยที่ ρ_v = ความหนาแน่นประจุต่อปริมาตร (C/m^3)

10. Divergence in spherical coordinates:

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

11. พลังงานและความต่างศักย์ในพิกัดทรงกลม

11.1 ความต่างศักย์ $V = -\int \vec{E}\cdot d\vec{L}$ V

11.2 Differential line element $d\vec{L} = dr\hat{a}_r + rd\theta\hat{a}_\theta + rsin\theta d\phi\hat{a}_\phi$

11.3 งานที่กระทำ (พลังงานที่ได้รับ) จากการเคลื่อนประจุ Q $W = QV$ J

12. ค่าตัวเก็บประจุ $C = \frac{Q}{V}$ Farad

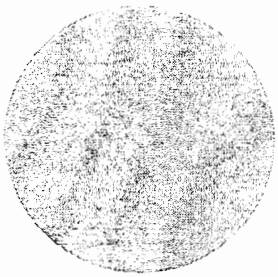
13. ค่าการยอมรับได้ทางไฟฟ้าใน free space ε_0 = 8.854x10^{-12} F/m

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

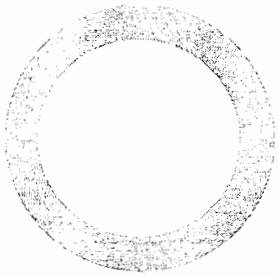
1. Electrostatics Concept: (15 คะแนน)

(a) จงวาดเส้นแรงไฟฟ้าที่เกิดจากโครงสร้างประจุด้านล่างนี้ (5 คะแนน)

(a) Draw the electric field lines generated by the charge configurations below (5 pts)



Solid sphere

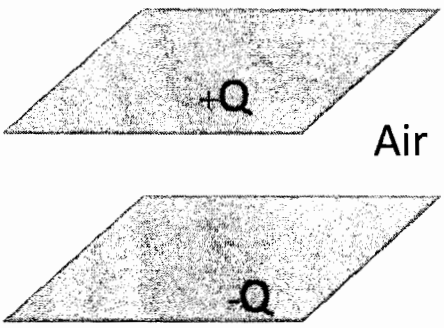


Hollow sphere

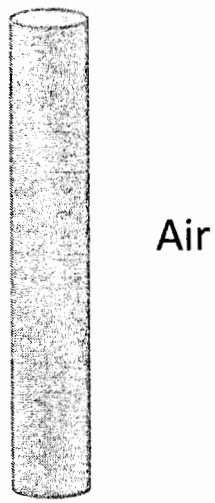
Hemi hollow sphere

(b) จงวาดพื้นผิวเก๊าเซี่ยน (Gaussian surface) บนโครงสร้างประจุด้านล่าง เพื่อหาค่าความเข้มสนามไฟฟ้าในอากาศ โดยใช้กฎของเก๊าส์ (Gauss's law) (5 คะแนน)

(b) In order to find the electric field intensities in the air using Gauss's law, draw Gaussian surfaces for the charge configurations below. (5 pts)



parallel plate capacitor



infinite line charge

(c) จงอธิบายความแตกต่างระหว่างความต่างศักย์และแรงดันไฟฟ้า (5 คะแนน)

(c) Explain the difference between the potential difference and electric potential (5 pts)

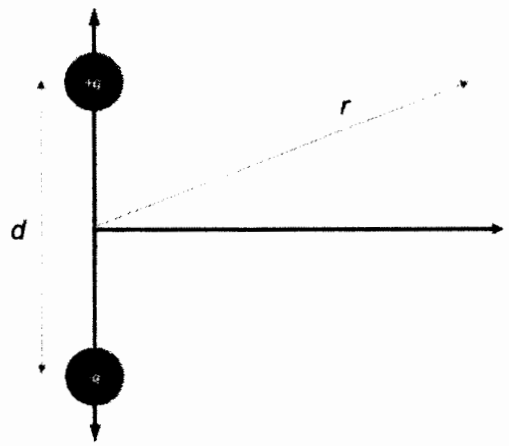
(d) สนามไฟฟ้าโพลาไรเซชั่นเกิดขึ้นในวัตถุแบบไหน และเกิดขึ้นได้อย่างไร (5 คะแนน)

(d) Which type of matter can produce the polarization field? and how does it occur? (5 pts)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

2. Coordinate systems: ไดโพลไฟฟ้ามีโครงสร้างดังรูป ปล่อยสนามไฟฟ้า $\vec{E}(r,\theta) = \frac{qd}{4\pi\varepsilon_0 r^3}[2cos\theta\hat{a}_r + sin\theta\hat{a}_\theta]$ ที่ระยะ $r >> d$ (20 คะแนน)

The electric dipole as shown below produces the electric field intensity $\vec{E}(r,\theta) = \frac{qd}{4\pi\varepsilon_0 r^3}[2cos\theta\hat{a}_r + sin\theta\hat{a}_\theta]$ in the far field $r >> d$, find (20 pts)



(a) จงแสดงค่าสนามไฟฟ้าในพิกัดสี่เหลี่ยม (15 คะแนน)

(a) determine the expression of the electric field intensity in the rectangular coordinates (15 pts)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

(b) แสดงเวกเตอร์แรง $\vec{F}$ ที่กระทำต่อประจุขนาด q ซึ่งอยู่ที่พิกัด (0, y, 0) และ (0, 0, z) (5 คะแนน)

(b) determine the expression of force $\vec{F}$ on a point charge q at (0, y, 0) and (0, 0, z) (5 pts)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

3. Coulomb's law: วงแหวนตัวนำมีความหนาแน่นประจุต่อพื้นที่ ρ_s C/m^2 วางอยู่ที่ระนาบ z = 0 และมีรัศมีด้านในเท่ากับ a รัศมีด้านนอกเท่ากับ b กำหนดให้ใช้พิกัดทรงกระบอก จงคำนวณ (20 คะแนน)
The annular ring of uniform surface charge density ρ_s C/m^2 lies in free space on the z = 0 plane. It has inner radius of a and outer radius of b. The cylindrical coordinates are considered, find (20 pts)

(a) ขนาดประจุทั้งหมดบนวงแหวน (10 คะแนน)

(a) total charge on the annular ring (10 pts)

(b) ความเข้มสนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ที่จุด (0, 0, z) (10 คะแนน)

(b) the electric field intensity $\vec{E}$ at (0, 0, z) (10 pts)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

4. Energy and potential: กำหนดให้ความเข้มสนามไฟฟ้าในอากาศจากแหล่งกำเนิดหนึ่ง มีรูปแบบในพิกัดทรงกลม $\vec{E} = \frac{\rho_0}{\varepsilon_0} e^{\frac{-r}{a^2}} \hat{a}_r$ V/m โดยที่ ρ_0 และ a เป็นค่าคงที่, จงคำนวณ (20 คะแนน)

The electric field intensity in free space produced by a source is $\vec{E} = \frac{\rho_0}{\varepsilon_0} e^{\frac{-r}{a^2}} \hat{a}_r$ V/m, where ρ_0 and a are constants, find (20 pts)

(a) ความหนาแน่นประจุของแหล่งกำเนิดสนามไฟฟ้า ρ_v (10 คะแนน)

(a) volume charge density of the source ρ_v (10 pts)

(b) ศักย์ไฟฟ้าที่จุด (0, 0, 0) (5 คะแนน)

(b) electric potential at (0, 0, 0) (5 pts)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

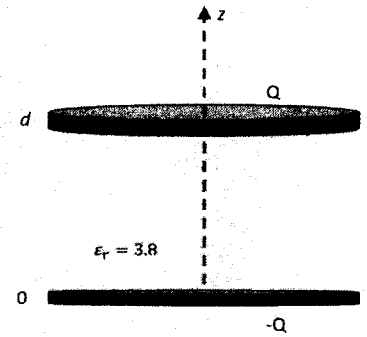
(c) พลังงานที่ได้รับจากการเคลื่อนประจุขนาด q จากระยะอนันต์มาที่จุด (0, 0, 0) (5 คะแนน)

(c) energy gained by moving charge q from infinity to (0, 0, 0) (5 pts)

ชื่อ_____ รหัสนักศึกษา_____เลขที่นั่งสอบ_____

5. Parallel plate capacitor: ตัวเก็บประจุแบบแผ่นวงกลมรัศมี a วางดังรูป โดยแผ่นล่างมีประจุขนาด $-Q$ และวางอยู่บนระนาบ z = 0 มีจุดศูนย์กลางอยู่บนแกน z ส่วนแผ่นบนอยู่ที่ตำแหน่ง z = d m มีประจุขนาด $+Q$ ที่ระหว่างแผ่นมีฉนวนซิลิกาซึ่งมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 3.8 กำหนดให้พิจารณาโครงสร้างในพิกัดทรงกระบอก จงคำนวณ (20 คะแนน)

A parallel-plate capacitor is made using two circular plates of radius a. The bottom plate has charge $-Q$ and is located on the z = 0 plane, with the center on the z axis. The top plate has charge Q and is located at z = d. The inserted dielectric is silica whose relative permittivity is 3.8. Consider the cylindrical coordinates, find (20 pts)



(a) ความหนาแน่นเส้นแรงไฟฟ้า $\vec{D}$ (5 คะแนน)

(a) electric flux density $\vec{D}$ (5 pts)

(b) ความต่างศักย์ตกคร่อมตัวเก็บประจุ (5 คะแนน)

(b) potential difference across the capacitor (5 pts)

(d) ค่าตัวเก็บประจุ (5 คะแนน)

(d) capacitance (5 pts)