17ก.ค.61

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

การสอบกลางภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561

วิชา PHY302 Electricity and Magnetism **ปริญญาตรีชั้นปีที่ 3 ภาควิชาฟิสิกส์**

วันพุธที่ 3 ตุลาคม 2561 **เวลา 09.00-12.00 น.**

ชื่อ-นามสุกล .....รหัสนักศึกษา .....

เลขที่นั่งสอบ .....

ข้อสอบมีทั้งหมด 10 หน้า (รวมใบปะหน้า) มี 7 ข้อ ข้อละ 10 คะแนน

คำสั่ง

1. ให้เขียนแสดงวิธีทำลงในที่ว่างที่กำหนดให้ ถ้าไม่พอให้เขียนต่อในที่ว่างด้านหลังได้
2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณตามประกาศของมหาวิทยาลัยได้
3. ห้ามนำเอกสารทุกชนิดเข้าห้องสอบ

ผู้ออกข้อสอบ: วิทยา กาญจนภูษากิจ

ข้อสอบชุดนี้ได้ผ่านกลั่นกรองจากคณะกรรมการฯ ของภาควิชาแล้ว

.....

สามารถใช้ค่าคงที่และสูตรต่อไปนี้ได้

ค่าคงที่

Permittivity ของสุญญากาศ $\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ \mathrm{Fm}^{-1}$

Permeability ของสุญญากาศ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{Hm}^{-1}$

ขนาดประจุของอิเล็กตรอน $e = 1.6 \times 10^{-19}\ \mathrm{C}$

มวลของอิเล็กตรอน $m_e = 9.1 \times 10^{-31}\ \mathrm{kg}$

มวลของโปรตอน $m_p = 1.67 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg}$

สูตร

<u>กฎของเกาส์และกฎของแอมแปร์</u>

	Integral form	Differential form
Gauss' law	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{Q_{in}}{\varepsilon_0}$	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$
Gauss' law ในสารไดอิเล็กตริก	$\oint \vec{D} \cdot d\vec{s} = Q_f$	$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_f$
Ampere's law	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I_{enc}$	$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$
Ampere's law ในสารแม่เหล็ก	$\oint \vec{H} \cdot d\vec{\ell} = I_f$	$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}_f$

<u>กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า</u>

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{J} = 0$$

<u>กฎของโอห์ม</u>

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

<u>สมการ Laplace</u>

$$\nabla^2 \phi = 0, \qquad \phi(r,\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(A_n r^n + \frac{B_n}{r^{n+1}} \right) P_n$$

โดยที่

$$P_0 = 1, \qquad P_1 = \cos\theta, \qquad P_2 = \frac{1}{2}(3\cos^2\theta - 1), \qquad P_3 = \frac{1}{2}(5\cos^3\theta - 3\cos\theta)$$

<u>Dielectric</u>

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \qquad \vec{D} = \varepsilon_r \varepsilon_0 \vec{E}, \qquad \vec{P} = \chi \varepsilon_0 \vec{E}, \qquad \varepsilon_r = 1 + \chi$$

<u>Magnetic materials</u>

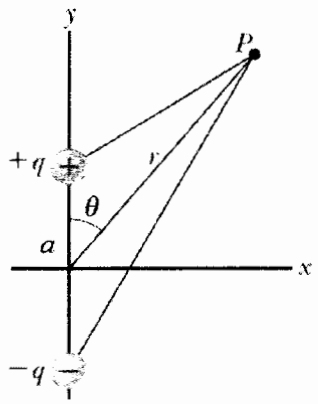
$$\vec{H} = \frac{1}{\mu_0}\vec{B} - \vec{M}, \qquad \vec{B} = \mu_r \mu_0 \vec{H}, \qquad \vec{M} = \chi \vec{H}, \qquad \mu_r = 1 + \chi$$

1. สนามไฟฟ้าในบริเวณหนึ่งเป็นไปตามฟังก์ชัน $\vec{E} = xy\hat{\imath} + yz\hat{\jmath} + zx\hat{k}$ กำหนดให้ S เป็นพื้นผิวปิดรูปลูกบาศก์ โดยมีขอบเขตคือ $0 < x < 2,\ 0 < y < 2,\ 0 < z < 2$ จงใช้ divergence theorem เพื่อคำนวณหา

   a) ฟลักซ์ที่ผ่านพื้นผิวปิด S [8]

   b) ปริมาณประจุไฟฟ้าภายในพื้นผิวปิด S [2]

2.



ไดโพลประกอบด้วยประจุ $+q$ และ $-q$ ห่างกันเป็นระยะทางเท่ากับ a บนแกน y ดังรูป จุด P เป็นจุดที่อยู่ห่างออกไปจากจุดกึ่งกลางของไดโพลเป็นระยะทางเท่ากับ r เส้นตรงที่ลากจากจุดกึ่งกลางไดโพลไปยังจุด P ทำมุม θ กับแกน y

a) ในกรณีที่จุด P อยู่ไกลมาก จงอธิบายว่าทำไมศักย์ไฟฟ้าที่จุด P คือ

$$\phi = \frac{qa\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$

[6]

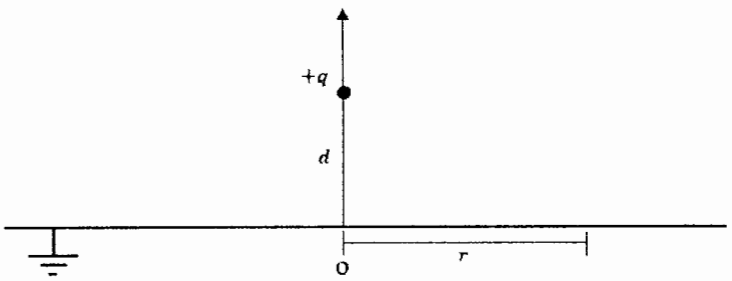
b) จากข้อ a) จงหาสูตรของสนามไฟฟ้าที่จุด P [4]

$\left[\text{Hint: } \nabla f = \left(\frac{\partial f}{\partial r}, \frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial \theta}\right)\right]$

3. ทรงกลมรัศมี a มีศักย์ไฟฟ้าที่ผิวเป็นไปตามสมการ $\phi(a,\theta) = 2 - \cos\theta$ ใน spherical polar coordinates จงแก้สมการ $\nabla^2\phi = 0$ เพื่อหาศักย์ไฟฟ้า $\phi(r,\theta)$ ทั้งภายนอกและภายในทรงกลม [10]

4. **จงอธิบาย** Uniqueness Theorem [3]

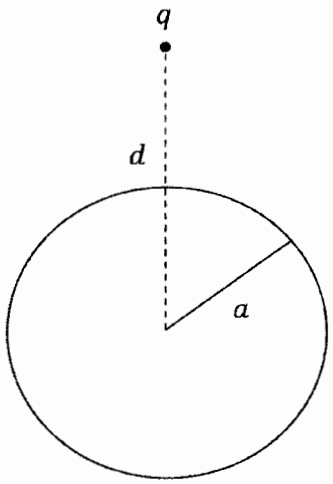
ประจุไฟฟ้า $+q$ **ถูกตรึงไว้เหนือแผ่นตัวนำไฟฟ้าขนาดใหญ่เป็นระยะทาง** d **แผ่นตัวนำไฟฟ้านี้ต่อ** ground (**มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์**)



a) **จงวาดรูปเพื่อแสดงการกระจายตัวของประจุไฟฟ้าบนแผ่นตัวนำนี้ที่เกิดขึ้นจริงๆ และวาดอีกรูปหนึ่งเพื่อแสดงตำแหน่งของประจุไฟฟ้าเสมือน** (image charge) [2]

b) **จงอธิบาย (ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีคำนวณ) วิธีการใช้** method of image **และกฎของเกาส์เพื่อหาความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าที่ระยะห่าง** r **จากจุด** O [5]

5.

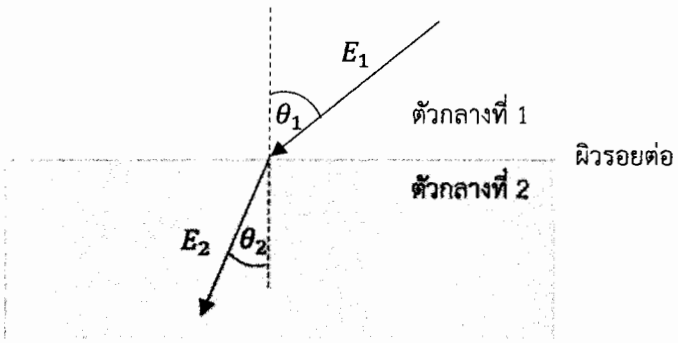


ประจุไฟฟ้า $q = 1.0\ \mu C$ วางอยู่ที่ตำแหน่งห่างจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมตัวนำเป็นระยะทาง $d = 1.0$ m ทรงกลมมีรัศมี $a = 0.5$ m ผิวของทรงกลมมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ (ต่อ ground)

a) จงใช้วิธี method of image เพื่อหาประจุ image charge และตำแหน่งของ image charge นี้ [7]

b) จงคำนวณหาแรงไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ q [3]

6. จากรูป เวคเตอร์สนามไฟฟ้า E_1 ทะลุผ่านจากตัวกลางที่มี relative permittivity เท่ากับ ε_1 ไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มี relative permittivity เท่ากับ ε_2 โดยผ่านรอยต่อที่ไม่มีประจุไฟฟ้าอิสระ สนามไฟฟ้า E_1 ในตัวกลางแรกทำมุม θ_1 กับเส้นที่ลากตั้งฉาก (เส้นประ) กับผิวรอยต่อ และสนามไฟฟ้า E_2 ในตัวกลางที่สองทำมุม θ_2 กับเส้นเดียวกัน



a) จงพิสูจน์ว่า

$$\frac{1}{\varepsilon_1}\tan\theta_1 = \frac{1}{\varepsilon_2}\tan\theta_2$$

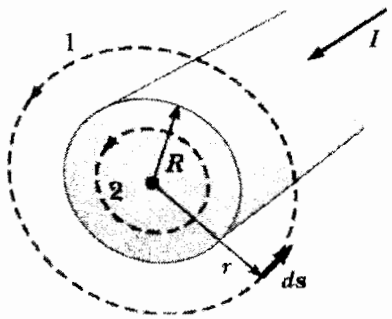
[4]

กำหนดให้ ตัวกลางที่หนึ่งมี $\varepsilon_1 = 3.5$ และตัวกลางที่สองมี $\varepsilon_2 = 2.7$ เวคเตอร์สนามไฟฟ้า E_1 ในตัวกลางที่หนึ่งทำมุม 42° กับผิวรอยต่อ

b) จงคำนวณหาอัตราส่วน E_2/E_1 และ D_2/D_1 [6]

7. **จงบอกความแตกต่างระหว่าง** diamagnet, paramagnet **และ** ferromagnet [5]

เส้นลวดตรงรัศมี R **มีกระแสไฟฟ้า** I **ไหลผ่าน สนามแม่เหล็ก** B **จะวนเป็นวงกลมรอบแกนของเส้นลวด พิจารณาจุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างจากแกนของเส้นลวดเป็นระยะทาง** r **ตามรูป**



a) จงหาสูตรของขนาดของสนามแม่เหล็ก B ทั้งในกรณีที่ $r > R$ (ภายนอก) และในกรณีที่ $r < R$ (ภายใน) [3]

b) จงให้เหตุผลว่าทำไม $\nabla \times \vec{B} = \vec{0}$ ภายนอกเส้นลวด และจงบอกว่า $\nabla \times \vec{B}$ เท่ากับปริมาณใดภายในเส้นลวด (บอกมาเลย ไม่จำเป็นต้องแสดงวิธีคำนวณ) [2]