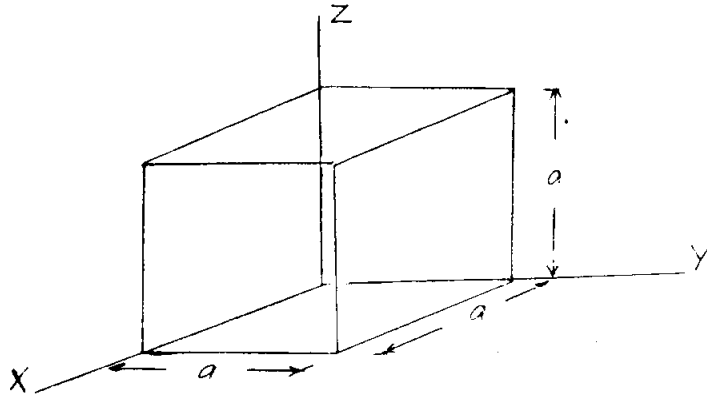


๕๖๘
แบบฝึกหัดที่ 4

- 4.1 ทรงกลมตันน้ำหนักวงลูกหนึ่งมีรัศมีภายนอก R_1 , และภายใน R_2 มีประจุ q กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอทั่วไปในทรงกลมนั้น
- (ก) จงคำนวณหาสนามไฟฟ้า และศักย์ภายนอกของทรงกลม, ภายในทรงกลม และภายในส่วนกลาง
 - (ข) จงเขียนกราฟแสดงสนาม และศักย์ไฟฟ้าเป็นฟังก์ชันของระยะทางจากจุดศูนย์กลาง
- 4.2 ทรงกลมตันน้ำหนักวงลูกหนึ่งมีรัศมีภายนอก R_1 และรัศมีภายใน R_2 ที่ศูนย์กลางของทรงกลมกลวงมีประจุ
- (ก) จงหาประจุบนผิวของทรงกลม ทั้งภายในและภายนอก
 - (ข) จงคำนวณหาสนามและศักย์ไฟฟ้าที่ภายนอกทรงกลม, ภายในทรงกลมและภายในส่วนกลาง
 - (ค) จงเขียนกราฟแสดงสนามไฟฟ้าและศักย์เป็นฟังก์ชันของระยะทางจากจุดศูนย์กลาง (ข้อเสนอนี้ - โปรดจำไว้ว่าสนามภายในตัวนำเป็นศูนย์)
- 4.3 ศึกษาหลอดปิดรูปลูกบาศก์ยาวด้านละ a ดังแสดงไว้ในรูป กล่องนี้วางในบริเวณที่ซึ่งมีสนามไฟฟ้าขนานกับแกน x จงหาเส้นแรงไฟฟ้าที่ผ่านพื้นผิวของกล่องนี้ และหาประจุภายในกล่องนี้ ถ้าสนามไฟฟ้า
- (ก) เอกรูป
 - (ข) เปลี่ยนแปลงไปตามสมการ $\mathcal{E} = cx$

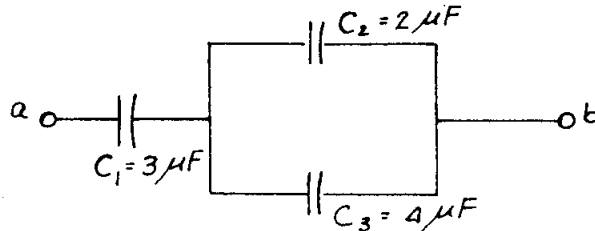


- 4.4 ทรงกลมหัวน้ำสองลูก รัศมี 0.10 ซม. และ 0.15 ซม. มีประจุ 10^{-7} คูลอมป์ และ 2×10^{-7} คูลอมป์ตามลำดับ นำทรงกลมทั้งสองมาแตะกันและแยกออก จงคำนวณหาประจุบนทรงกลมแต่ละลูก
- 4.5 ค่า Permittivity ของเพชร เป็น
 (ก) จงหาค่าคงที่ของวิซุมิซิมของเพชร
 (ข) จงหาค่า ซีเอสเอปดิบิลิตี้ของเพชร
- 4.6 statfarad เป็นหน่วยของความจุซึ่งนิยามว่า เป็นค่าความจุของตัวนำที่มีศักย์ไฟฟ้า 1 stV เมื่อมีประจุ 1 stC จงพิสูจน์ว่า 1 statfarad มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{9} \times 10^{-11}$ F
- 4.7 เครื่องควบแน่นอากาศเครื่องหนึ่งประกอบด้วยแผ่นขนานวางใกล้กันมาก มีความจุ 1000 pF ประจุบนแผ่นขนานแต่ละข้างเป็น 1 คูลอมป์
 (ก) จงหาความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสอง
 (ข) ถ้าประจุมีค่าคงเดิม เมื่อแยกแผ่นห่างออกไปเป็นสองเท่า ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นจะเป็นเท่าไร
 (ค) จงหางานที่ใช้ในการดึงแผ่นขนานให้แยกออกเป็นสองเท่านี้
- 4.8 เครื่องควบแน่นเครื่องหนึ่งประกอบด้วยแผ่นขนานทำด้วยแผ่นตะกั่วห่อบุหรือสอได้ด้วยแผ่นกระดาษหนา 0.004 ซม. กระดาษมีค่าคงที่สัมพัทธ์ของวิซุมิซิมเป็น 2.80 และจะนำไฟฟ้าเมื่อความเข้มของสนามเป็น 5.00×10^7 โวลต์ต่อเมตร (หรือมากกว่า) นั่นคือความเข้มของวิซุมิซิม (dielectric strength) ของกระดาษเป็น 50.0 MV m^{-1}
 (ก) จงหาขนาดพื้นที่ของแผ่นตะกั่วของบุหรี ถ้าต้องการให้เครื่องควบแน่นเครื่องนี้จุ $0.30 \mu\text{F}$
 (ข) จงหาศักดาไฟฟ้าสูงสุดที่ให้กับเครื่องควบแน่น ถ้าความเข้มของสนามไฟฟ้ามีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของความเข้มของวิซุมิซิม
- 4.9 ความจุของเครื่องควบแน่นในวิหุแบบแปรค่าได้สามารถแปรค่าจาก 50 pF ถึง 950 pF โดยหมุนหน้าปัทม์จาก 0° ถึง 180° เมื่อปรับหน้าปัทม์อยู่ที่ 180° เครื่องควบแน่นจะต่อกับแบตเตอรี่ 400 โวลต์ หลังจากประจุเต็มที่แล้วปลดเครื่องควบแน่นออกจากแบตเตอรี่หน้าปัทม์จะหมุนกลับไปยัง 0°
 (ก) จงหาประจุในเครื่องควบแน่น
 (ข) จงหาความต่างศักย์ระหว่างขั้วเครื่องควบแน่นเมื่อหน้าปัทม์ชี้อยู่ที่ 0°

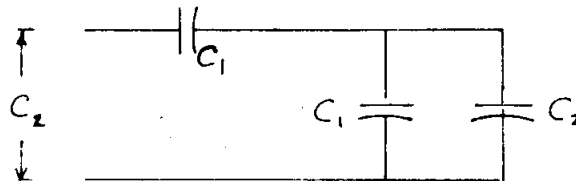
- (ค) จงหาพลังงานของเครื่องควบแน่น เมื่ออยู่ตำแหน่งนี้
 (ง) เมื่อไม่ต้องคำนึงถึงแรงเสียดทาน จงหางานที่ใช้ในการหมุนหน้าปัทม์

- 4.10 เครื่องควบแน่นสามเครื่อง ความจุ 1.5 F , 2.0 F และ 3.0 F นำมาต่อกันแบบอนุกรมครึ่งหนึ่งและแบบขนานอีกครึ่งหนึ่งให้ความต่างศักย์ 20 โวลต์ จงพิจารณาในแต่ละแบบ
 (ก) ความจุของระบบ
 (ข) ประจุ และความต่างศักย์ของเครื่องควบแน่นแต่ละเครื่อง
 (ค) พลังงานของระบบ

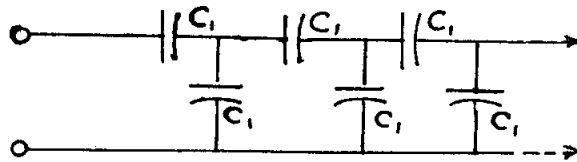
- 4.11 เครื่องควบแน่นต่อกันดังรูป ความจุ $C_1 = 3.0 \mu\text{F}$, $C_2 = 2.0 \mu\text{F}$, $C_3 = 4.0 \mu\text{F}$ ศักไฟฟ้าระหว่างจุด a กับ b เป็น 300 โวลต์ จงหา
 (ก) ประจุและความต่างศักย์บนเครื่องควบแน่นแต่ละตัว
 (ข) พลังงานของระบบ จงแสดงวิธีคำนวณ ข้อ (ข) ทั้งสองวิธี



- 4.12 จากการต่อเครื่องควบแน่นตามรูป จงแสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง C_1 กับ C_2 ต้องเป็น $C_2 = 0.618 C_1$ จึงจะทำให้ความจุของระบบเป็น C_2



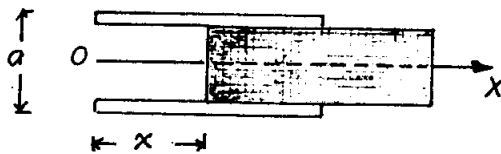
- 4.13 จงใช้ผลจากข้อที่แล้วมาแสดงให้เห็นว่า ความจุของระบบในรูป มีค่า $0.618 C_1$ (ข้อสังเกต ถ้าระบบถูกแบ่งออกแนวเส้นประ ส่วนทางขวามือจะยังคงเหมือนกับระบบทั้งหมดอยู่ ทั้งนี้ก็เพราะว่า ระบบประกอบด้วยเครื่องควบแน่นจำนวนอนันต์)



- 4.14 สอดแผ่นวัสดุที่มีขั้วขั้วบาง ๆ บางส่วนเข้าไปในระหว่างแผ่นขนานของเครื่องควบแน่นแบบแผ่นขนาน ดังแสดงไว้ในรูป จงคำนวณในรูปฟังก์ชันของ x

- (ก) ความจุของระบบ
- (ข) พลังงานของระบบและ
- (ค) แรงบนแผ่นบาง ๆ นี้

ให้ถือว่าศักดาที่ให้แก่เครื่องควบแน่นนี้มีค่าคงที่



ข้อสังเกต จงสังเกตว่า อาจพิจารณาระบบเป็นแบบเครื่องควบแน่นสองตัวขนานกัน

- 4.15 จงแสดงว่า พลังงานทางไฟฟ้าของตัวนำอิสระที่มีประจุอยู่ มีค่าเป็น $\frac{1}{2} C V^2$ และจงแสดงว่า ผลอันเดียวกันนี้ใช้ได้กับเครื่องควบแน่นแบบแผ่นขนาน และยังใช้กับเครื่องควบแน่นแบบอื่นทั่วไปได้
- 4.16 ทรงกลมโลหะมีรัศมี 1.0 เมตร และมีประจุไฟฟ้าสุทธิ 10^{-9} คูლობป์ใช้ลวดตัวนำต่อกับทรงกลมอีกลูกหนึ่งรัศมี 0.30 เมตร ซึ่งไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่เลย (อยู่ไกลจากลูกใหญ่มาก) การต่อลวดระหว่างทรงกลมทั้งสองทำให้มีศักดาเท่ากัน
- (ก) ประจุบนแต่ละลูกมีค่าเท่าไร เมื่ออยู่ในสภาวะสมดุลแล้ว
 - (ข) ก่อนที่จะต่อกัน พลังงานของทรงกลมลูกที่มีประจุมีค่าเท่าไร

(ค) พลังงานของระบบมีค่าเท่าไร เมื่อต่อเข้าด้วยกันแล้ว ถ้าหากมีการสูญเสียพลังงานทางใด ๆ จงอธิบายว่า พลังงานนั้นหายไปไหน

(ง) จงแสดงว่า ประจุที่กระจายบนทรงกลมทั้งสองที่ต่อกันไว้มีอัตราส่วนเป็น $\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{R}{R_2}$

เมื่อ σ แทนความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าบนพื้นผิว

R แทนรัศมีของทรงกลม

(ค) จงแสดงว่า อัตราส่วนของสนามไฟฟ้าที่ผิวของทรงกลมแต่ละลูกเป็น

$$\frac{E_{1, \text{พื้นผิว}}}{E_{2, \text{พื้นผิว}}} = \frac{R_2}{R_1}$$

ในการทำโจทย์ข้อนี้ไม่ต้องคำนึงถึงผลที่เกิดจากเส้นลวด

4.17 แผ่นของเครื่องควมแน่นแบบแผ่นขนาน ในสุญญากาศ มีประจุ $+Q$ และ $-Q$ และวางอยู่ห่างกัน x เมื่อปลดแผ่นของเครื่องควมแน่นออกจากแหล่งจ่ายไฟแล้วแยกแผ่นให้ห่างจากกันอีกเล็กน้อยเพียง dx

(ก) ความจุของเครื่องควมแน่นเปลี่ยนแปลง (dC) ไปเท่าใด

(ข) พลังงานเปลี่ยนแปลง (dE) ไปเท่าใด

(ค) จงเทียบงาน $F \cdot dx$ กับการเปลี่ยนแปลงพลังงาน dE และจงหาแรงดึงดูดระหว่างแผ่นทั้งสอง

(ง) จงอธิบายว่า ทำไม F จึงไม่เท่ากับ QE เมื่อ E เป็นความเข้มของสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่น

จงแก้ปัญหาค้นนี้อีกครั้งหนึ่ง ในกรณีที่ V มีค่าคงที่

4.18 ขดลวดทอโรอยด์ ซึ่งมีเส้นรอบวง 0.20 เมตร มีลวดพันอยู่ 1500 รอบ จงหาสนามแม่เหล็กภายในทอโรอยด์ เมื่อมีกระแสไหล 1.50 แอมแปร์

4.19 จงหาสนามแม่เหล็กภายในขดลวดโซลินอยด์ยาว 0.20 เมตร มีลวดพันอยู่ 1500 รอบ มีกระแสไหล 1.50 แอมแปร์ จงเปรียบเทียบผลกับข้อที่แล้ว

4.20 จงหาเซอร์คูล์เลชันของสนามแม่เหล็กในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กเอกรูป

4.21 จงพิสูจน์ว่าฟลักซ์ของสนามแม่เหล็กเอกรูป ที่ผ่านพื้นผิวปิดใด ๆ มีค่าเป็นศูนย์

- 4.22 statampere (stA) เป็นหน่วยของกระแสไฟฟ้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 stC ต่อวินาที
จงแสดงว่า $1\text{A} = 3 \times 10^9 \text{ stA}$ และจงแสดงด้วยว่า เมื่อสนามแม่เหล็กมีหน่วย
เป็นเกาส์ กระแสเป็น stA, ระยะทางเป็นเซนติเมตร และความหนาแน่นของกระแส
เป็น $\text{stA} \cdot \text{cm}^{-2}$ สมการ 4.37 จะมีรูปเป็น

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \frac{1}{3} \times 10^{-10} I$$

- 4.23 หน่วยของความ เข้มของสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำ เรียกว่า oersted ซึ่งมีนิยามว่า เป็น
สนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำซึ่งเกิดขึ้นจากกระแสไหลตรง ๆ $3 \times 10^{10} \text{ stA}$ ณ จุดซึ่ง
ห่างจากกระแส 2 ซม.

(ก) จงแสดงว่า $1 \text{ Am}^{-1} = 4 \pi \times 10^{-3} \text{ oersted}$

- (ข) จงแสดงว่า ความ เข้มของสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำที่เกิดจากกระแสตรงเป็น

$$H = \frac{2I}{3 \times 10^{10} r}$$

เมื่อ H มีหน่วยเป็น oersted, I เป็น stA และ r เป็น ซม.

- (ง) จงแสดงว่า สมการ 4.45 ในหน่วยเดียวกันนี้จะเป็น

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{4 \pi I}{3 \times 10^{10}}$$

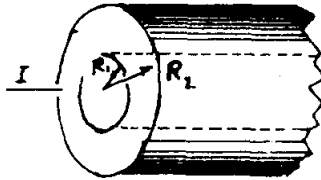
- 4.24 ส่วนำรูปทรงกระบอกกลวง อันหนึ่งตั้งรูปปริศมี R_1 และ R_2 มีกระแส I ไหล
กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วหน้าตัด จงใช้กฎของแอมแปร์เพื่อแสดงว่า สนามแม่เหล็กที่
 $r > R_2$ มีค่า

$$B = \mu_0 I / 2 \pi r$$

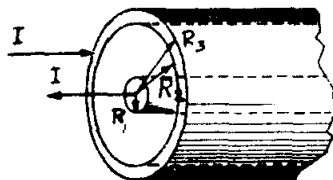
และสนามที่ $R_1 < r < R_2$ เป็น

$$B = \frac{\mu_0 I (r^2 - R_1^2)}{2 \pi (R_2^2 - R_1^2) r}$$

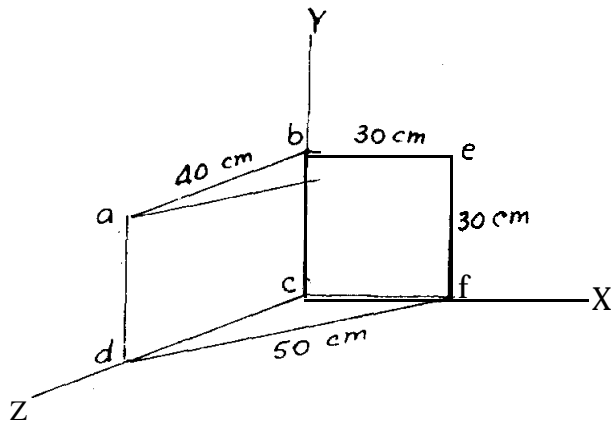
และเป็นศูนย์ เมื่อ $r < R_1$



- 4.25 สายเคเบิลแบบร่วมแกนกัน ประกอบด้วยตัวนำรูปทรงกระบอกรัศมี R_1 อยู่ภายในแล้ว หุ้มด้วยตัวนำทรงกระบอกกลวง ซึ่งร่วมแกนกับตัวนำแรก, มีรัศมีภายใน R_2 และรัศมีภายนอก R_3 ดังรูป ในทางปฏิบัติกระแส I จะถูกส่งไปในลวดเส้นใน และเดินทางกลับผ่านเปลือกนอก, จงใช้กฎของแอมแปร์ เพื่อพิจารณาสนามแม่เหล็ก สำหรับทุก ๆ จุดรอบ ๆ และภายในตัวนำ จงเขียนกราฟระหว่าง B ในรูปฟังก์ชันของ r โดยสมมุติว่าความหนาแน่นของกระแสเป็นเอกรูป

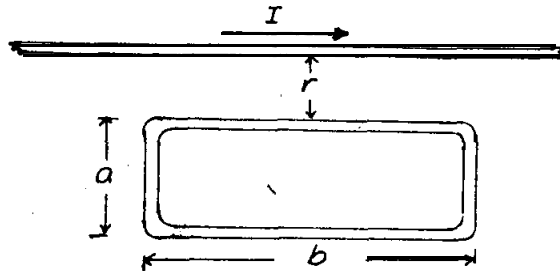


- 4.26 สนามแม่เหล็ก B ในบริเวณหนึ่งมีค่า 2.0 เทสลา และมีทิศทางไปตามแกน x ทางบวก ดังรูป



- (ก) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นผิว $abcd$ ในรูปมีค่าเท่าไร
 (ข) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นผิว $befc$ มีค่าเท่าไร ?
 (ค) ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านพื้นผิว $aefd$ มีค่าเท่าไร ?

4.27 จงหาฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงจรรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าคั่งรูป เมื่อมีกระแสไหล I ในเส้นลวดตรง



4.28 ตามตารางเป็นข้อมูลจากการวัดค่าสเปคตริคัลของ iron ammonium alum จงเขียนกราฟของ $1/\chi_m$ เทียบกับอุณหภูมิองศาสมบูรณ์ และจงพิจารณาว่าเป็นไปตามกฎของคูรีหรือไม่หรือไม่ถ้าเป็นจงหาค่าคงที่ของคูรี

t c	χ_m
- 258	75.4×10^{-4}
- 173	11.3×10^{-4}
- 73	5.65×10^{-4}
- 23	3.77×10^{-4}