บทที่ 2 พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า

งาน : W (Joule, J, จูล) $dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = q_0 \vec{E} . d\vec{s}$

พลังงานศักย์ไฟฟ้า : U (Joule, J, จูล) $dU = -dW = -q_0 \vec{E} . d\vec{s}$

ศักย์ไฟฟ้า : V (Volt, โวลท์) :

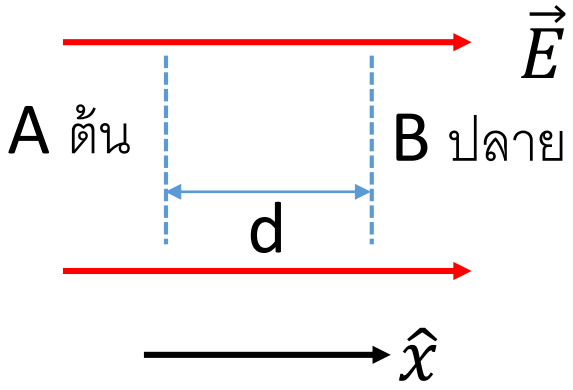
A ต้น B ปลาย

$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} . d\vec{s}$$

∞ ต้น B ปลาย

Case I : ศักย์ไฟฟ้า ในสนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอ

ศักย์ไฟฟ้า : V (Volt, โวลท์) : $V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$



$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

$$\vec{E} = E\hat{x}$$

$$d\vec{s} = dx\,\hat{x}$$

$$1\ V\left(\frac{N}{C}m\right) = \frac{\text{พลังงานศักย์ } (J)}{q_0\ (C)}$$

$$V_B - V_A = -\mathrm{E}\int_A^B dx = -E\,\overline{BA} = -Ed$$

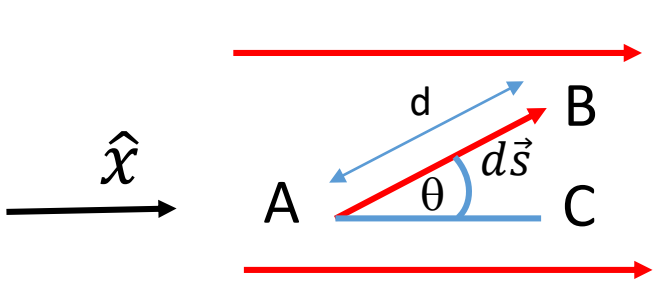
พลังงานศักย์ $(J) = V\ (J/C)q_0(C)$

พลังงานศักย์ $(eV) = V\ (V)q_0(e)$

$1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J

Case I : ศักย์ไฟฟ้า ในสนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอ

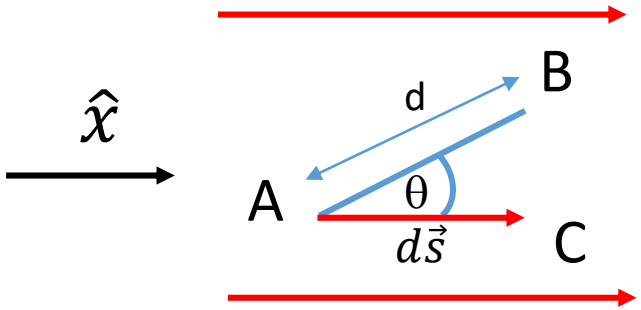
ศักย์ไฟฟ้า : V (Volt, โวลท์) :



$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

$$\vec{E} = E\hat{x} \qquad d\vec{s} = dx\,cos\theta\,\hat{x}$$

$$V_B - V_A = -E cos\theta \int_A^B dx = -E\,cos\theta\,\overline{BA} = -Edcos\theta$$



$$V_C - V_A = -\int_A^C \vec{E}.d\vec{s}$$

$$\vec{E} = E\hat{x} \qquad d\vec{s} = dx\,\hat{x}$$

$$V_C - V_A = -E\,\overline{CA} = -Edcos\theta$$

$$V_B - V_C = -\int_C^B \vec{E}.d\vec{s} = 0$$

$$\vec{E} = E\hat{x} \qquad d\vec{s} = dy\,\hat{y}$$

A->B : $V_B - V_A = -Edcos\theta$

A-> C -> B :

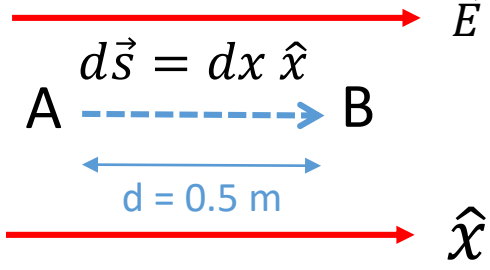
$$V_C - V_A + (V_B - V_C) = -Edcos\theta - 0$$

ศักย์ไฟฟ้า ขึ้นกับต้นทาง และปลายทาง ไม่ขึ้นกับเส้นทาง

Case I : ศักย์ไฟฟ้า / พลังงานศักย์ไฟฟ้า ในสนามไฟฟ้ามีค่าสม่ำเสมอ

การเคลื่อนที่ของโปรตรอนจาก A → B ในสนามไฟฟ้าที่มีค่าสม่ำเสมอ จงหาค่าศักย์ไฟฟ้าและพลังงานศักย์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป

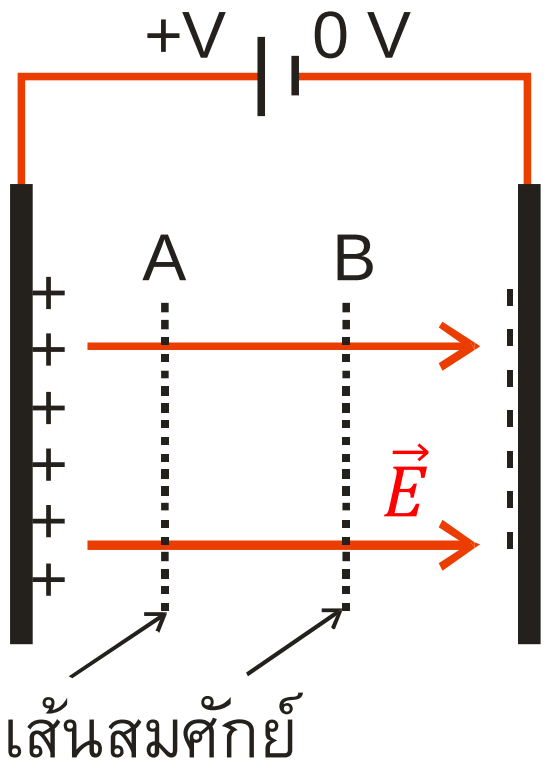
$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s} \qquad V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0}$$



$$V_B - V_A = -\int_A^B 8 \times 10^4 \hat{x}.dx\ \hat{x}$$

$$\begin{aligned} V_B - V_A &= -8 \times 10^4 \int_A^B dx = -8 \times 10^4\, d \\ &= -8 \times 10^4 \left(\frac{V}{m}\right)(0.5m) \\ &= -4 \times 10^4\ \text{V} \end{aligned}$$

เส้นสมศักย์



1. ค่าศักย์ไฟฟ้าเท่ากันตลอดเส้น
2. เส้นสมศักย์ ตั้งฉากกับ สนามไฟฟ้า $\vec{E}$

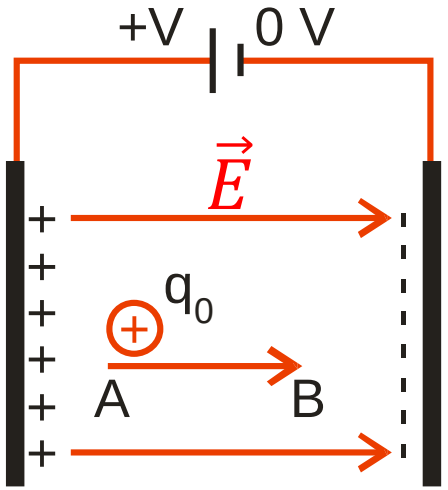
ข้อใดถูก

1. $V_A > V_B$
2. $V_A < V_B$
3. $V_A = V_B$
4. ไม่มีข้อใดถูก

พลังงานศักย์ ไฟฟ้า และประจุทดสอบ

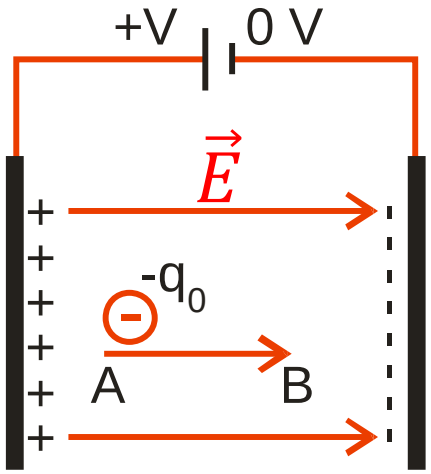
ศักย์ไฟฟ้า : V (Volt, โวลท์) : $V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$

q_0 { ประจุทดสอบ “+”
ประจุทดสอบ “-”



$$0 - V = \frac{U_B - U_A}{+q_0}$$

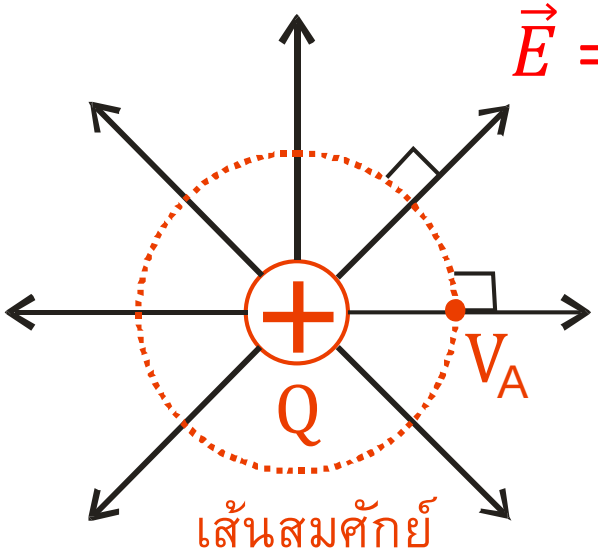
พลังงานศักย์ลดลง -> พลังงานจลย์มากขึ้น



$$0 - V = \frac{U_B - U_A}{-q_0}$$

พลังงานศักย์เพิ่มขึ้น -> พลังงานจลย์ลดลง

พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ของจุดประจุ



$$V_\infty - V_A = \frac{U_\infty - U_A}{q_0} = -\int_A^\infty \vec{E}.d\vec{s}$$

$$V_\infty - V_A = \frac{U_\infty - U_A}{q_0} = -\int_{r_A}^\infty \frac{kQ}{r^2}\ dr$$

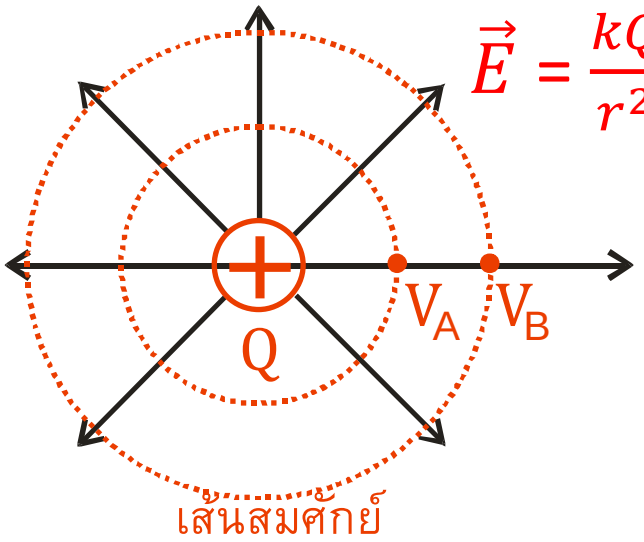
$$V_\infty - V_A = \frac{kQ}{r}\Bigg|_{r=r_A}^{r=\infty}$$

$$0 - V_A = \frac{kQ}{\infty} - \frac{kQ}{r_A}$$

สนามไฟฟ้า : $\vec{E} = \frac{kQ}{r^2}\ \hat{r}$

ศักย์ไฟฟ้า : $V_A = \frac{kQ}{r_A}$

พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ของจุดประจุ



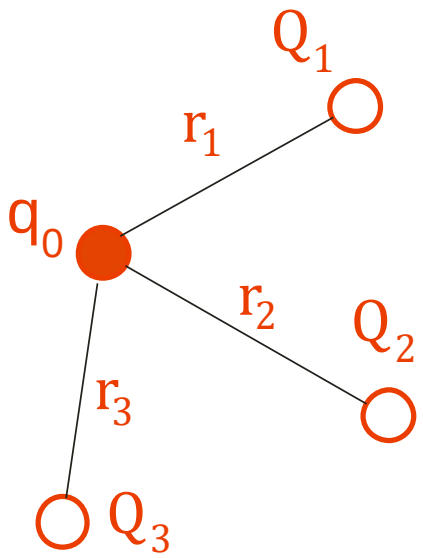
$$\vec{E} = \frac{kQ}{r^2}\,\hat{r}$$

ศักย์ไฟฟ้า :

$$V_A = \frac{kQ}{r_A}$$

$$V_B = \frac{kQ}{r_B}$$

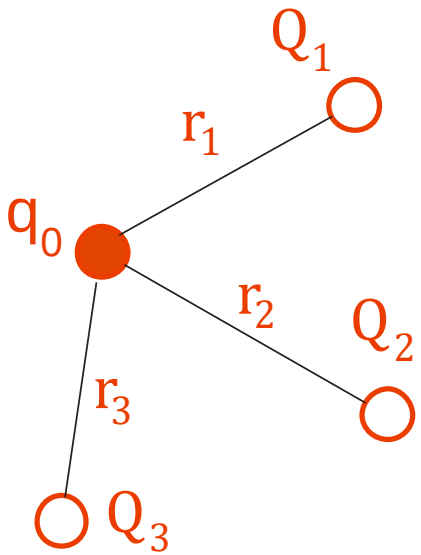
$$r_A < r_B \rightarrow V_A > V_B$$



ศักย์ไฟฟ้าที่มากกว่า 1 ประจุ :

$$V = \sum_i \frac{kQ_i}{r_i}$$

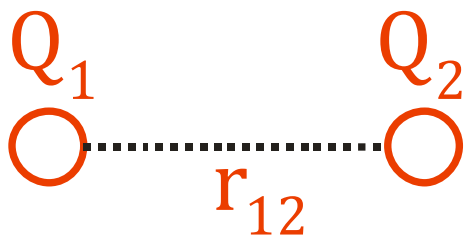
พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ของจุดประจุ



ศักย์ไฟฟ้าที่มากกว่า 1 ประจุ :

$$V = \sum_i \frac{kQ}{r_i}$$

พลังงานศักย์ไฟฟ้าที่มากกว่า 1 ประจุ :



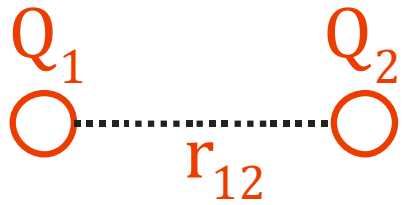
นำประจุ Q_1 จาก $\infty \rightarrow$ P: ศักย์ไฟฟ้ามีค่า V_1

งานที่กระทำในการนำประจุ Q_2 : $W = q_2 V_1$

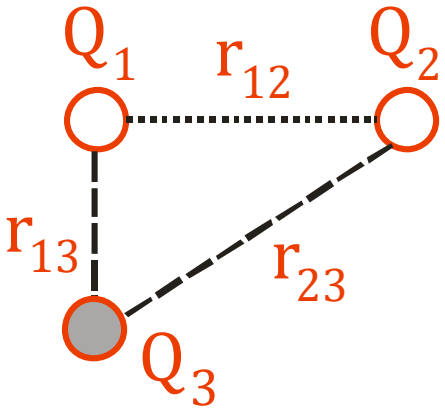
$$= q_2 \frac{kQ_1}{r_{12}}$$

พลังงานศักย์ไฟฟ้า $U = \frac{kQ_1 q_2}{r_{12}}$

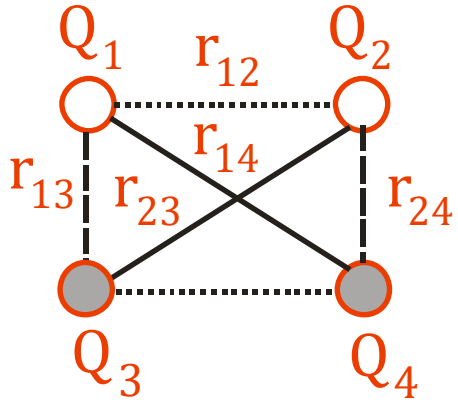
พลังงานศักย์ ไฟฟ้าของจุดประจุ ที่มากกว่า 1 ประจุ



พลังงานศักย์ไฟฟ้า U $= \frac{kQ_1Q_2}{r_{12}}$

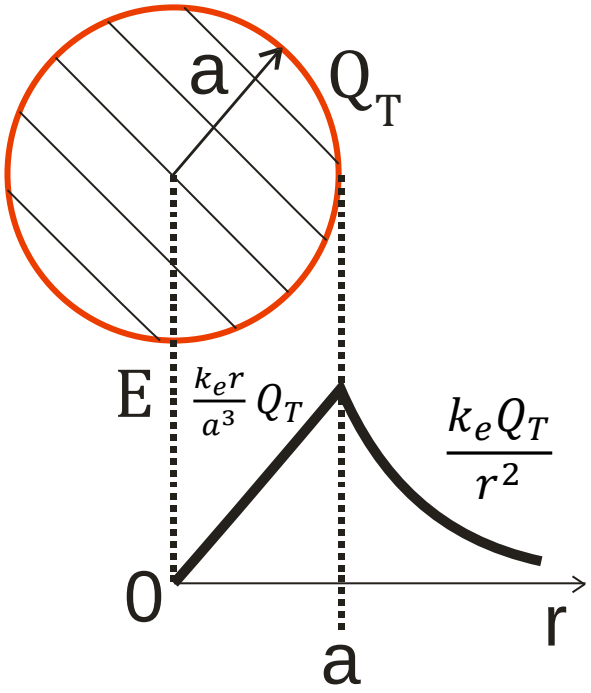


พลังงานศักย์ไฟฟ้า U $= \frac{kQ_1Q_2}{r_{12}} + \frac{kQ_1Q_3}{r_{13}} + \frac{kQ_2Q_3}{r_{23}}$



พลังงานศักย์ไฟฟ้า U $= \frac{kQ_1Q_2}{r_{12}} + \frac{kQ_1Q_3}{r_{13}} + \frac{kQ_1Q_4}{r_{14}} + \frac{kQ_2Q_3}{r_{23}} + \frac{kQ_2Q_4}{r_{24}} + \frac{kQ_3Q_4}{r_{34}}$

E(r) and V(r) การกระจายตัวของประจุบนปริมาตร : ρ (Q/Vol)

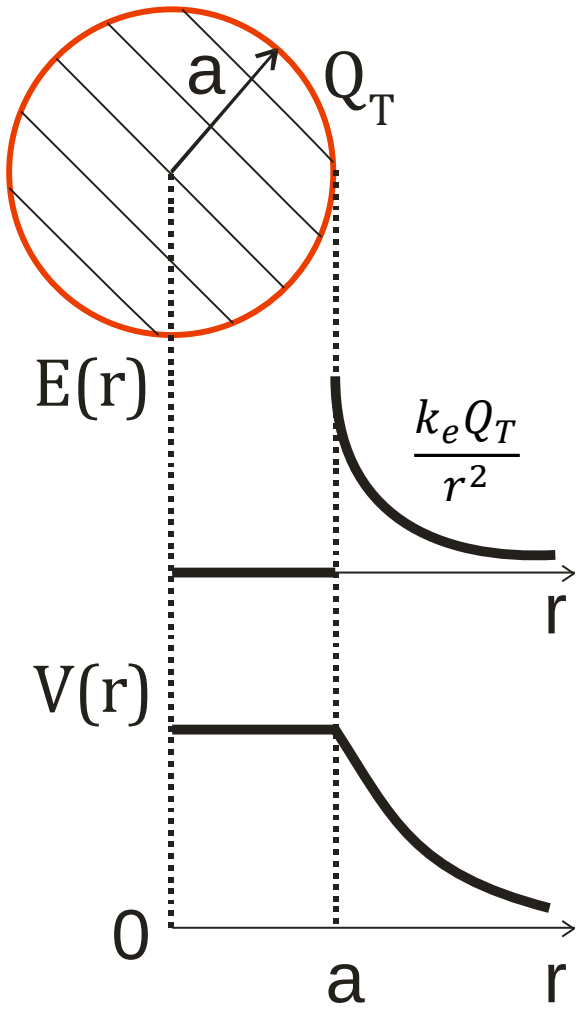


$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta S} = -E(r)$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta r} = -E(r)$$

E(r) and V(r) ของตัวนำทรงกลม

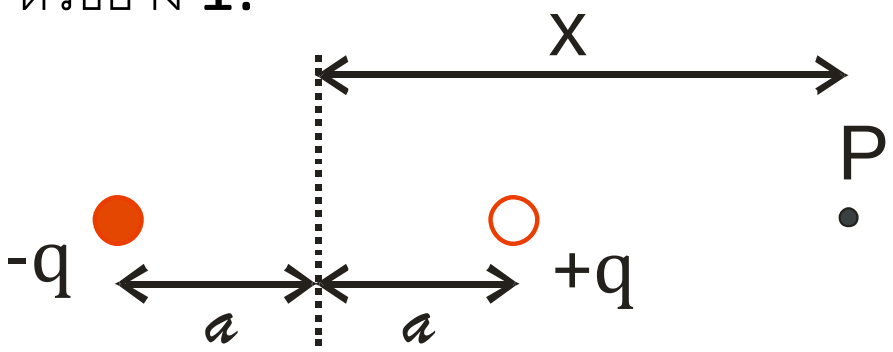


$$V_B - V_A = \frac{U_B - U_A}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta S} = -E$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta r} = -E(r)$$

ตัวอย่าง 1:



$$V_P = \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{kQ_2}{r_2} \qquad = \frac{k(-q)}{(x+a)} + \frac{kq}{(x-a)}$$

$$= k\frac{(-q)(x-a) + q(x+a)}{(x+a)(x-a)}$$

$$V_P = k\frac{2qa}{(x^2+a^2)}$$

$$V_P = \sum_i \frac{kQ_i}{r_i}$$

$$-\frac{\Delta V}{\Delta r} = E(r) \qquad -\frac{\Delta V}{\Delta x} = E(x)$$

$$E(x) = -\frac{dV_P}{dx}$$

x >> a : $V_P = k\frac{2qa}{x^2}$

$$E_P = -k2qa\frac{(-2)}{x^3}$$

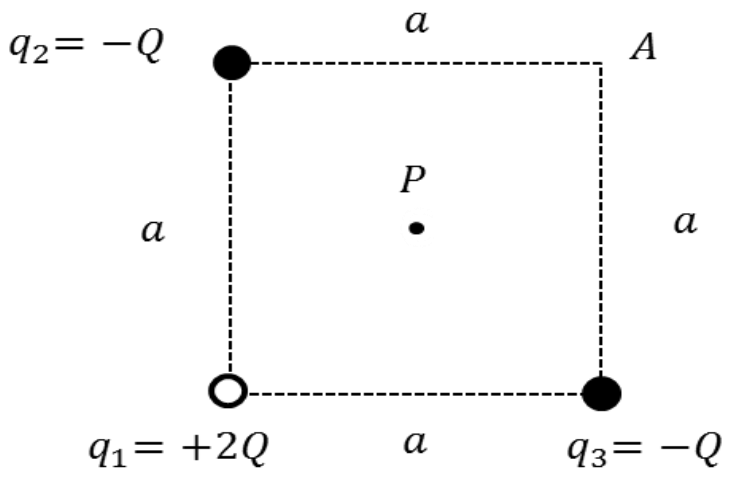
$$E_P = \frac{4kqa}{x^3}$$

ตัวอย่าง **2 :** ประจุ $q_1 = +2Q$ $q_2 = -Q$ และ $q_3 = -Q$ อยู่ที่มุมของสี่เหลี่ยมจัตุรัสด้านยาว a ดังรูป กำหนดให้ $Q = 2\ [\mu C]$ และ $a = 3\ [m]$

(a) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมนี้ P

(b) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่จุด A

(c) จงหาพลังงานศักย์ไฟฟ้าของระบบ

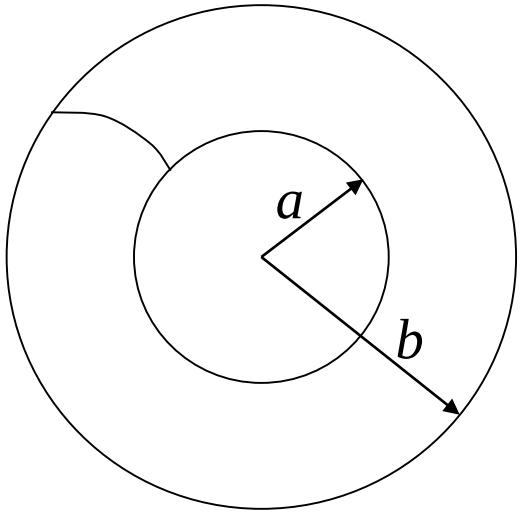


$V_P = 0\ [V],\ V_A = \left(\sqrt{2} - 2\right)\frac{k_e Q}{a} = -3.5\ [kV], U = \left(-4 + \sqrt{2}\right)\frac{k_e Q^2}{a} = -31\ [mJ]$)

ตัวอย่าง 3 : ตัวนำทรงกลมกลวงสองมีศูนย์กลางร่วมกัน มีรัศมี a = 5 cm และ b = 15 cm และต่อเชื่อมด้วยเส้นลวดดังรูป ถ้าใส่ประจุ Q = +4 μC ให้กับตัวนำ

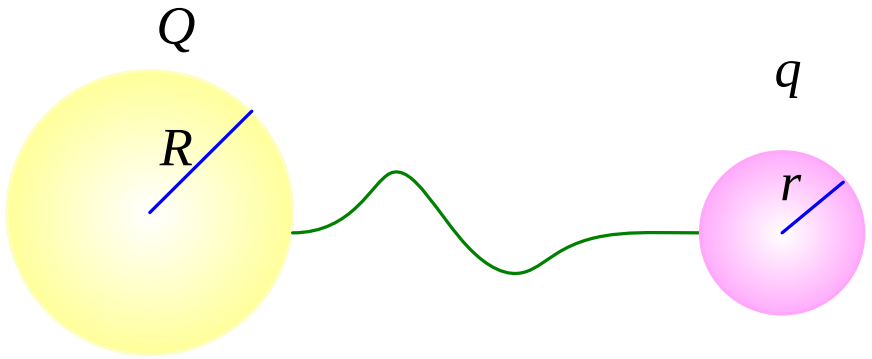
a) จะมีประจุอยู่บนทรงกลมแต่ละอันเท่าไร

b) ศักย์ไฟฟ้าที่ผิวทรงกลมแต่ละอันเป็นเท่าไร



ตัวอย่าง 4: ตัวนำทรงกลม 2 ลูก ต่อเชื่อมถึงกันโดยลวดตัวนำ ดังแสดงในรูป โดยทรงกลมลูกใหญ่ มีรัศมี R = 2 mm และทรงกลมลูกเล็กมีรัศมี r = 1 mm นำประจุ Q = +3.0 nC ใส่เข้าไปให้กับระบบทรงกลมตัวนำทั้งสองที่ต่อกันด้วยลวดนี้ (ให้สมมติว่าทรงกลมทั้งสองอยู่ห่างกันมากๆเมื่อเทียบกับขนาดของทรงกลม และประจุที่อยู่บนลวดตัวนำที่ต่อเชื่อมนั้นมีค่าน้อยมากๆ โดยไม่ต้องนำมาพิจารณา)

A) ขนาดของประจุทั้งหมดที่กระจายอยู่บริเวณผิวของแต่ละทรงกลมมีค่าเท่าไร



B) ข้อความต่อไปนี้เป็นคำกล่าวที่**ถูกต้อง**

1) สนามไฟฟ้า ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมใหญ่มีค่ามากกว่าสนามไฟฟ้า ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมเล็ก
2) สนามไฟฟ้า ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมใหญ่มีค่าน้อยกว่าสนามไฟฟ้า ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมเล็ก
3) ศักย์ไฟฟ้าบริเวณผิวของทรงกลมใหญ่มีค่ามากกว่าศักย์ไฟฟ้าบริเวณผิวของทรงกลมเล็ก
4) ศักย์ไฟฟ้าบริเวณผิวของทรงกลมใหญ่มีค่าน้อยกว่าศักย์ไฟฟ้าบริเวณผิวของทรงกลมเล็ก
5) ศักย์ไฟฟ้า ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมใหญ่มีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้า ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมเล็ก

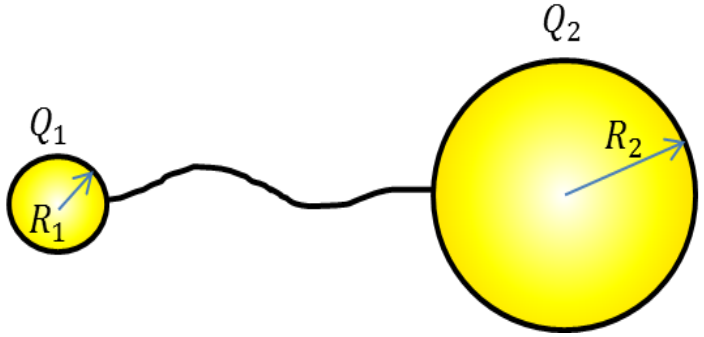
แบบฝึกหัด : พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า

ทรงกลมโลหะสองใบรัศมี $R_1 = 0.1\ [m]$ และ$R_1 = 0.9\ [m]$ ต่อเข้าด้วยกันด้วยลวดตัวนำยาว 10 เมตร ถ้าตัวนำทั้งสองมีประจุสุทธิรวมกัน $Q = 1\ [\mu C]$

(a) จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของทรงกลมทั้งสอง

(b) จงหาประจุไฟฟ้าบนทรงกลมทั้งสอง

(c) จงหาสนามไฟฟ้าในบริเวณใกล้ ๆ ทรงกลมทั้งสอง



($V = 9\ [kV],\ Q_1 = 0.1\ [\mu C], Q_2 = 0.9\ [\mu C], E_1 = 90\ [kV/m], E_2 = 10\ [kV/m]$)

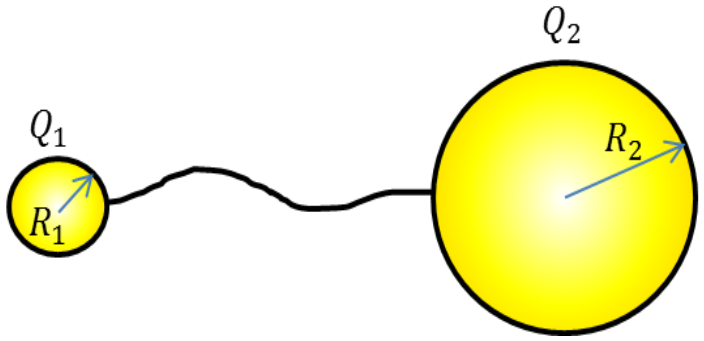
ให้ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ A และ B

ทรงกลมโลหะสองใบรัศมี $R1 = 0.1$ m และ

$R2 = 0.4$ m ต่อเข้าด้วยกันด้วยลวดตัวนำยาว 10 เมตร

กำหนดให้ตัวนำทั้งสองมีประจุสุทธิรวมกัน

$Q = Q1 + Q2 = 10\ \mu C$



A: จงหาศักย์ไฟฟ้าที่ผิวของทรงกลมทั้งสอง

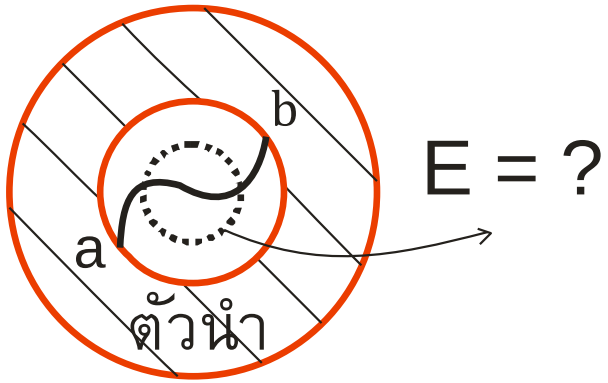
1) 0 V
2) 30 kV
3) 90 kV
4) 120 kV
5) 180 kV

B: จงหาประจุไฟฟ้าสุทธิบนทรงกลมตัวนำแต่ละใบ

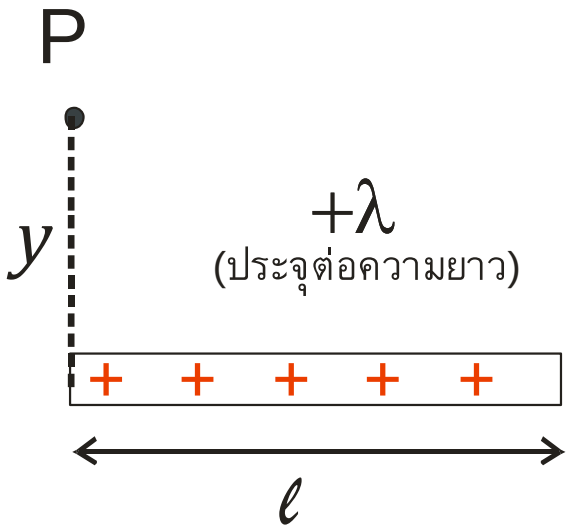
1) $Q1 = 0$, $Q2 = 10\ \mu C$
2) $Q1 = 1\ \mu C$, $Q2 = 9\ \mu C$
3) $Q1 = 2\ \mu C$, $Q2 = 8\ \mu C$
4) $Q1 = 3\ \mu C$, $Q2 = 7\ \mu C$
5) $Q1 = 4\ \mu C$, $Q2 = 6\ \mu C$

A: 5) B: 3)

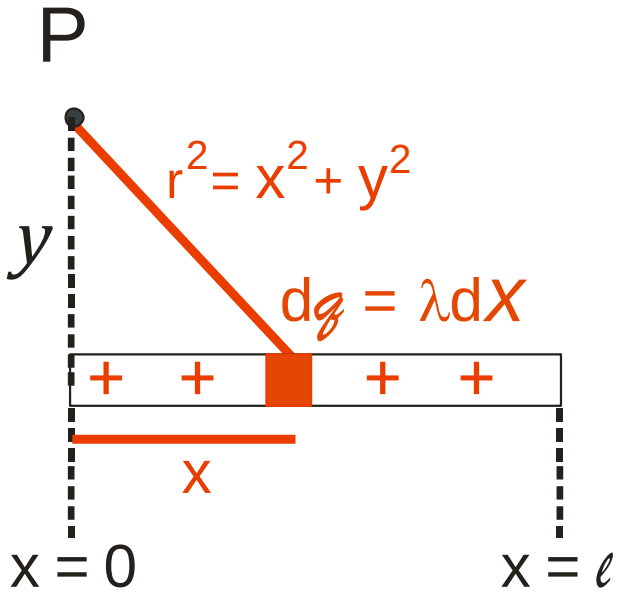
ตัวนำกลวง ต่อลวดที่จุด a และ b สนามไฟฟ้ามีค่าเท่ากับเท่าไร



ศักย์ไฟฟ้า V at P เนื่องจากการกระจายตัวประจุตลอดความยาว λ



$$V_A = \frac{kQ}{r_A} \qquad V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r}$$

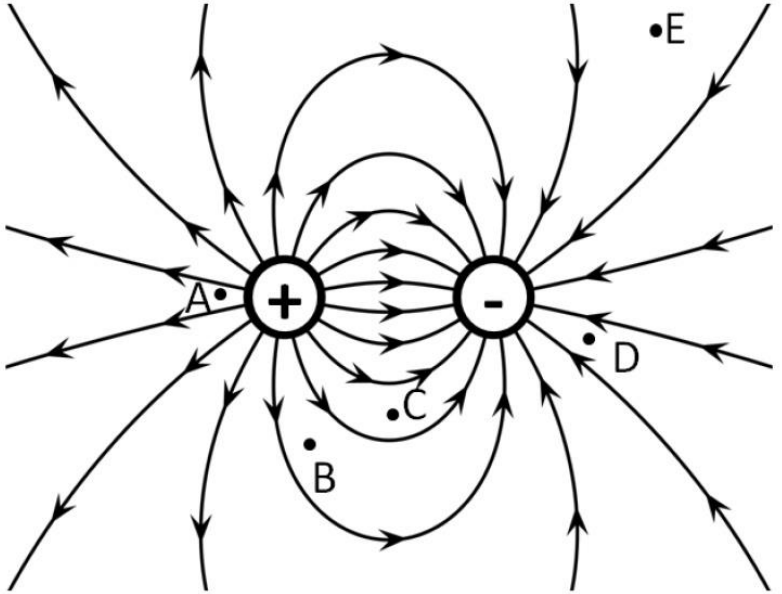


$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$dq = \lambda\, dx$$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{x=0}^{x=l} \frac{\lambda\, dx}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

ภาพข้างล่างแสดงสนามไฟฟ้าในบริเวณที่มีประจุบวกและประจุลบ
ถ้านำอิเล็กตรอนมาเพิ่มในระบบอีกหนึ่งตัว จะต้องวางอิเล็กตรอน ณ ตำแหน่งใด
ในภาพ จึงจะทำให้พลังงานศักย์ไฟฟ้าของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยที่สุด



1) ตำแหน่ง A
2) ตำแหน่ง B
3) ตำแหน่ง C
4) ตำแหน่ง D
5) ตำแหน่ง E

1)

ในการทดลองของมิลลิแกน (Millikan Oil-Drop experiment) ปล่อยหยดน้ำมันมวล $m = 4.0\times10^{-15}$ kg เข้าไประหว่าง ขั้วไฟฟ้า ให้ลอยตัวต้านแรงโน้มถ่วงในระบบสูญญากาศ ซึ่งมีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด $E = 6.0\times10^{4}$ N/C โดยหยดน้ำมันมีประจุบวก

ข้อใดผิด

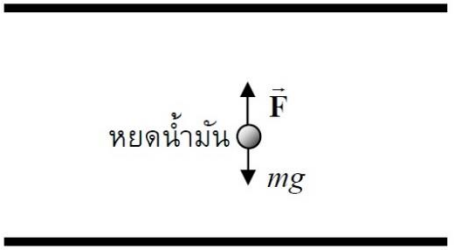
1) ศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าด้านบนต่ำกว่าขั้วไฟฟ้าด้านล่าง
2) ที่ระยะห่าง 0.02 เมตร ลงมาจากขั้วไฟฟ้าด้านบนจะมีความต่างศักย์เท่ากับ 1200 V
3) แรงทางไฟฟ้ามีทิศขึ้นและมีขนาดเท่ากับ 4.0×10^{-15} N
4) ประจุสุทธิบนหยดน้ำมันเป็นบวก มีขนาดเท่ากับ = 6.5×10^{-19} C
5) อิเลคตรอนบนหยดน้ำมันมีจำนวนน้อยกว่าโปรตอน 4 ตัว

ถ้าเพิ่มค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย และค่อยๆ ปรับลดลงมาที่ค่าเดิมก่อนการปรับ ข้อใดถูกต้องที่สุด

1) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่ในทิศขึ้น
2) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงที่ในทิศขึ้น
3) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร็วคงที่ในทิศลง
4) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงที่ในทิศลง
5) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่งที่เพิ่มขึ้นในทิศขึ้น

ในการทดลองของมิลลิแกน (Millikan Oil-Drop experiment) ปล่อยหยดน้ำมันมวล $m = 4.0 \times 10^{-15}$ kg เข้าไประหว่าง ขั้วไฟฟ้า ให้ลอยตัวต้านแรงโน้มถ่วงในระบบสูญญากาศ ซึ่งมีสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอขนาด $E = 6.0 \times 10^{4}$ N/C โดยหยดน้ำมันมีประจุบวก

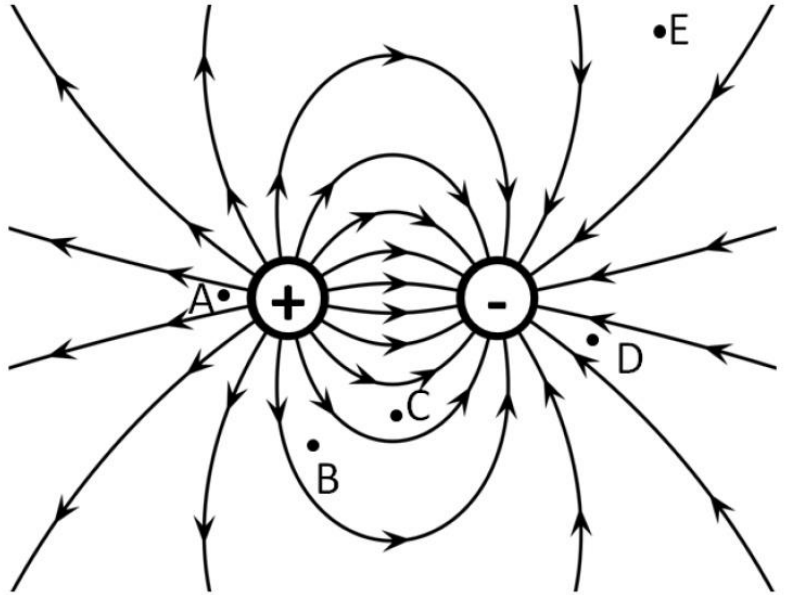
ข้อใดผิด



ถ้าประจุบนหยดน้ำมันมีขนาดเป็นสองเท่า ข้อใดถูกต้อง

1) หยดน้ำมันจะอยู่ตำแหน่งเดิมเนื่องจากมวลไม่เปลี่ยน
2) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง g/2
3) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง g/2
4) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2g
5) หยดน้ำมันจะเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง g

จากภาพถ้าให้ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง C มีค่า 0 V และ
ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง D มีค่า-5 V
งานที่ใช้ในการเคลื่อนอิเล็กตรอนจากตำแหน่ง C
ไปยังตำแหน่ง D มีค่าเท่าใด

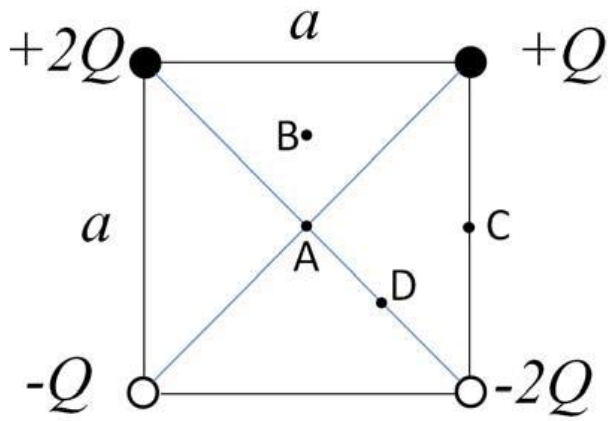


1) $+5.0\times10^{-19}$ J
2) -5.0×10^{-19} J
3) $+8.0\times10^{-19}$ J
4) -8.0×10^{-19} J
5) ไม่สามารถคำนวณได้ เพราะไม่ทราบเส้นทางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

3)

แผนภาพข้างล่างแสดงประจุขนาด +2Q, -2Q, +Q และ -Q วางอยู่ที่มุมต่าง ๆ ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีความยาวของด้านทั้งสี่เท่ากับ a ให้พิจารณาว่าตัวเลือกใดกล่าวไม่ถูกต้อง

1) ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง A มีค่าเท่ากับศูนย์
2) ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง B มีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ
3) ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง D มีค่าต่ำสุดเมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ
4) ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง A มีค่าเท่ากับศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง C
5) ศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง B มีค่ามากกว่าศักย์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่ง A



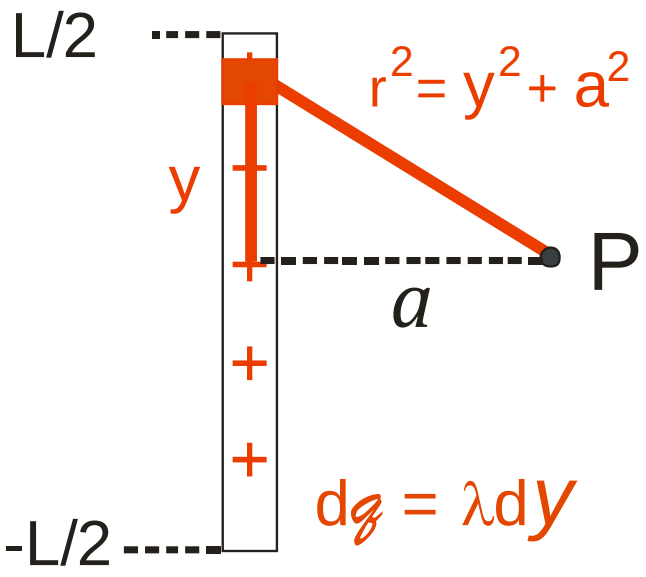
4)

ถ้าต้องการสร้างสนามไฟฟ้าขนาด 1000 V/m ระหว่างแผ่นตัวนำขนาดใหญ่ที่วางขนานกัน และห่างกันเป็นระยะ 0.20 cm จะต้องใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาดเท่าใดต่อเข้ากับแผ่นขนานดังกล่าว

1) 2 V
2) 200 V
3) 5,000 V
4) 5,000,000 V
5) ไม่มีข้อใดถูก

1)

ศักย์ไฟฟ้า V at P เนื่องจากการกระจายตัวประจุตลอดความยาว λ



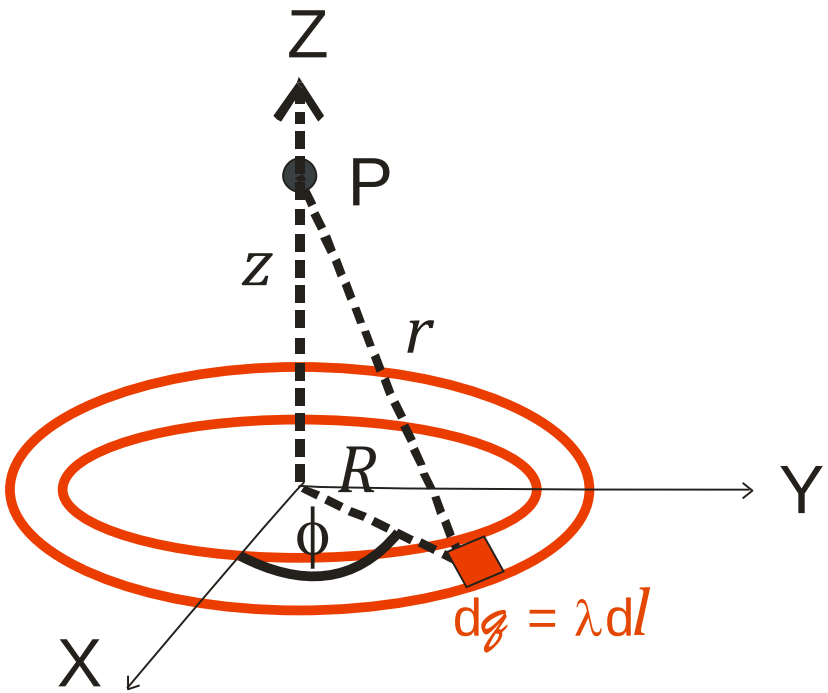
$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r}$$

$$r = \sqrt{y^2 + a^2}$$

$$dq = \lambda\, dy$$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_{y=-L/2}^{y=L/2} \frac{\lambda\, dy}{\sqrt{y^2+a^2}}$$

ศักย์ไฟฟ้า V at P เนื่องจากประจุวงแหวน

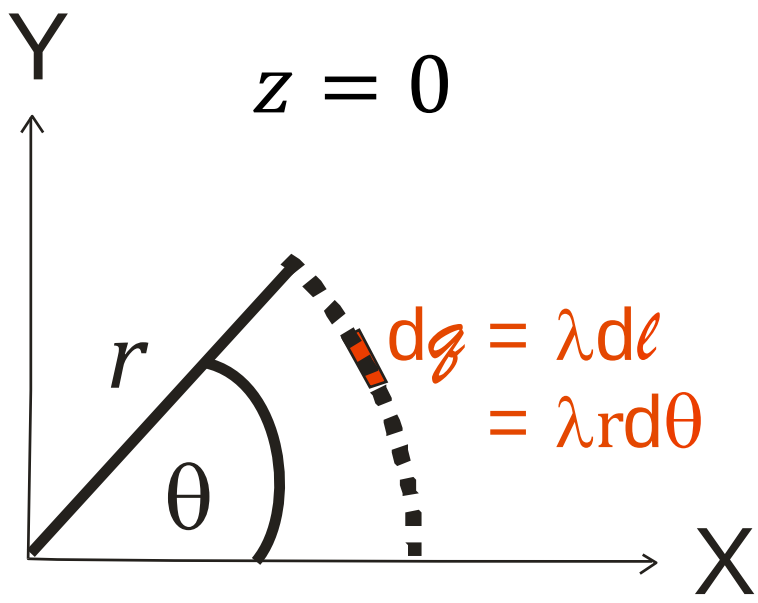


$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r}$$

$$dq = \lambda\, dl = \lambda\, R\, d\phi$$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_0^{2\pi} \frac{\lambda R\, d\phi}{\sqrt{z^2+R^2}}$$

ศักย์ไฟฟ้า V at P เนื่องจากประจุวงแหวน Z = 0



$$V(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r}$$

$$dq = \lambda\, dl = \lambda\, r\, d\theta$$

$$r = r$$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_0^{\theta} \frac{\lambda r\, d\theta}{r}$$

At

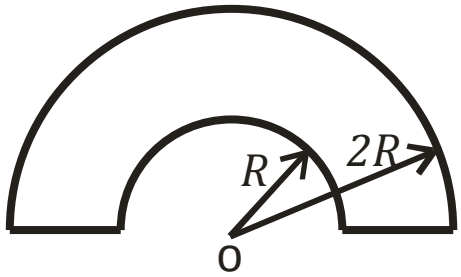
$\theta = 60^\circ = \pi/3$

$$V_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int_0^{\theta=\pi/3} \frac{\lambda r\, d\theta}{r}$$

$$= k\lambda \int_0^{\theta=\pi/3} d\theta$$

$$= k\lambda \int_0^{\theta=\pi/3} d\theta \quad = k\lambda\frac{\pi}{3}$$

ศักย์ไฟฟ้า V at P เนื่องจากประจุวงแหวน R

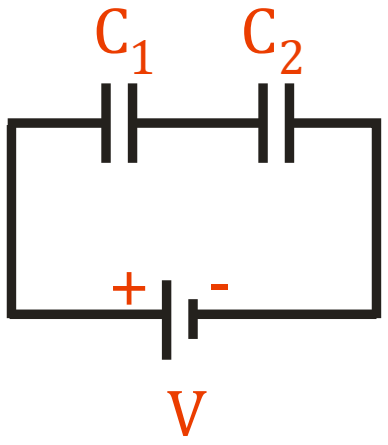


เส้นประจุมีความหนาแน่นสม่ำเสมอเป็น λ

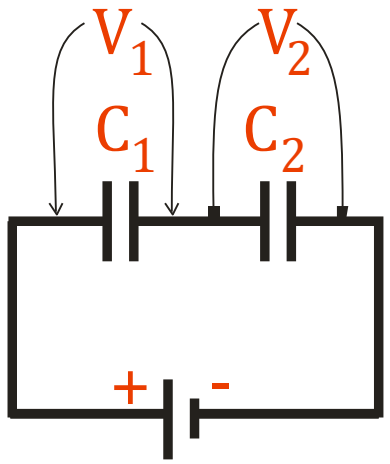
หาศักย์ไฟฟ้า $\mathbf{V}$ ที่จุดศูนย์กลาง

$$\int \frac{1}{r}\, dr = \ln r$$

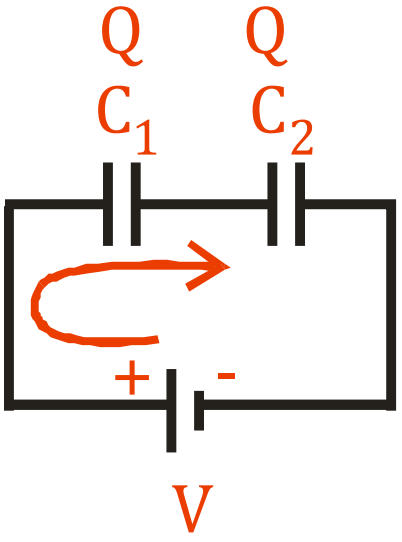
ตัวเก็บประจุ C (Capacitor) : $C = \frac{Q}{V}$



ต่อแบบอนุกรม



$$V = V_1 + V_2$$



$$Q = Q_1 = Q_2$$

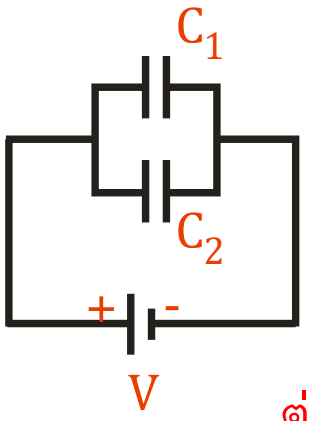
แทน $Q = Q_1 = Q_2$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

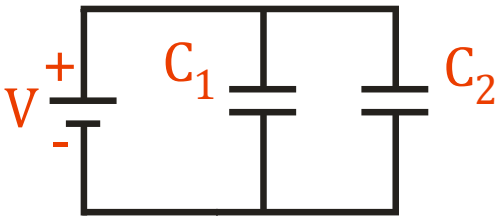
$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

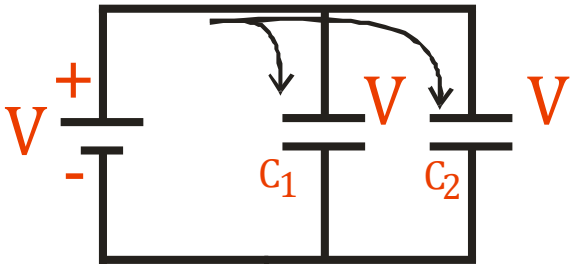
ตัวเก็บประจุ C (Capacitor) : $C = \frac{Q}{V}$

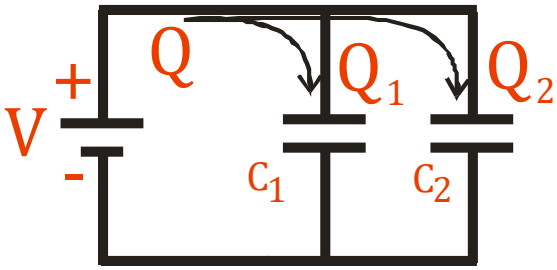


หรือ



ต่อแบบขนาน





$$V = V_1 = V_2$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$CV = C_1V_1 + C_2V_2$$

แทน $V = V_1 = V_2$

$$CV = C_1V + C_2V$$

$$C = C_1 + C_2$$

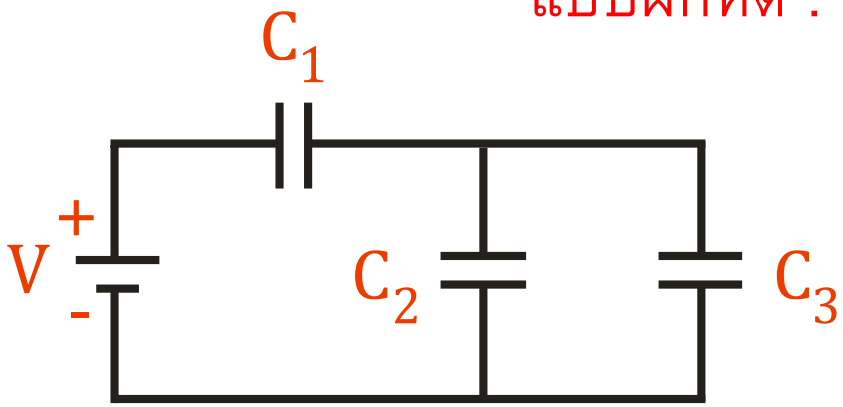
พลังงานศักย์ของตัวเก็บประจุ C (Capacitor) : U

$$U = \frac{1}{2}CV^2$$

แทน $C = \frac{Q}{V}$

$$U = \frac{Q}{2V}$$

แบบฝึกหัด : พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า



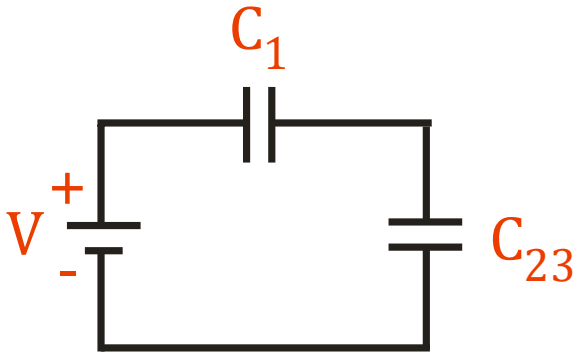
$C_1 = 15\ \mu F$

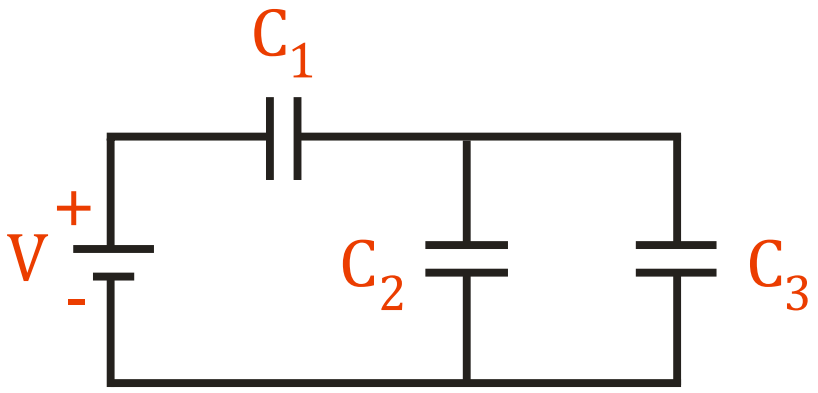
$C_2 = 10\ \mu F$

$C_3 = 20\ \mu F$

$V = 18\ V$

1. C_{23} (ค่า C ที่คร่อม C_2 และ C_3)





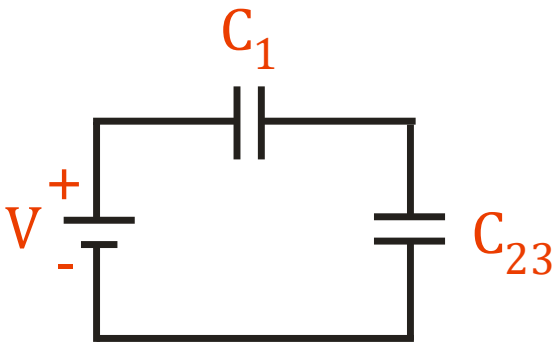
$C_1 = 15\ \mu F$

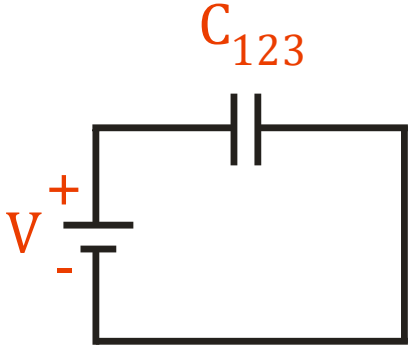
$C_2 = 10\ \mu F$

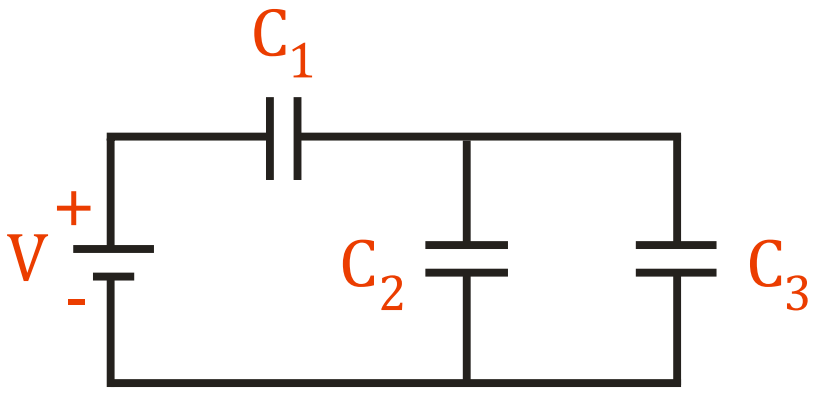
$C_3 = 20\ \mu F$

$V = 18\ V$

2. C_{123}







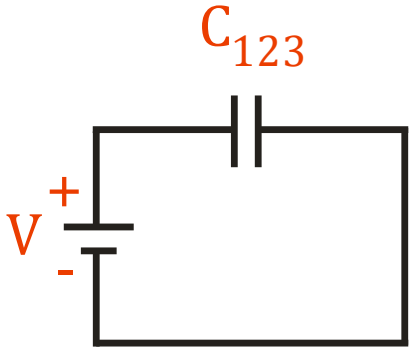
$C_1 = 15\ \mu F$

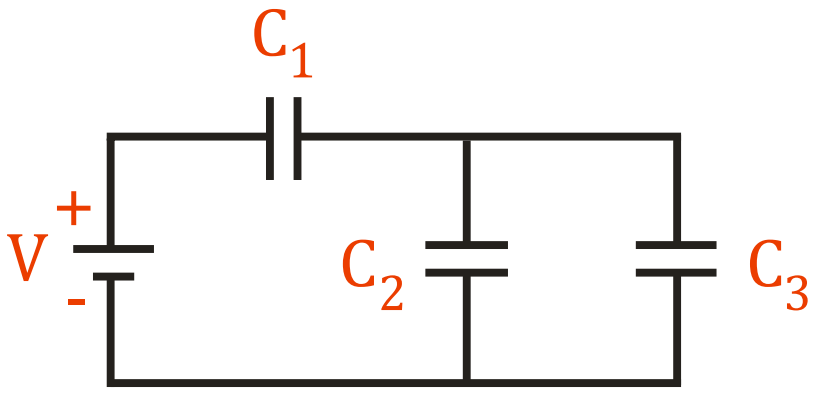
$C_2 = 10\ \mu F$

$C_3 = 20\ \mu F$

$V = 18\ V$

3. ค่าประจุที่สะสมในวงจรทั้งหมด





$C_1 = 15\ \mu F$

$C_2 = 10\ \mu F$

$C_3 = 20\ \mu F$

$V = 18\ V$

4. ค่าความต่างศักย์ที่คร่อม $C_1,\ C_2$ และ C_3

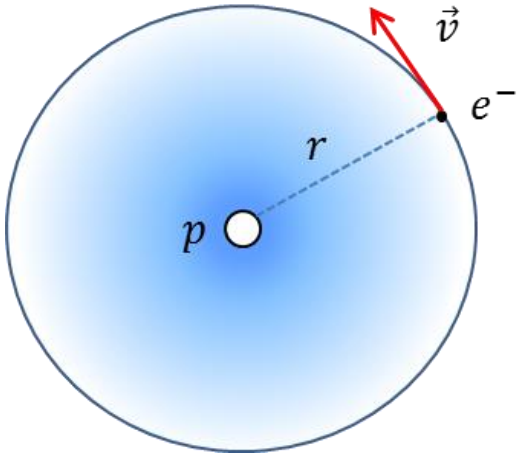
5. ค่าพลังงานสะสมที่ C_2 และ C_3

6. ค่าพลังงานสะสมภายในวงจรทั้งหมด

แบบฝึกหัด : พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า

ในอะตอมไฮโดรเจน ตามแบบจำลองของโบร์ (Bohr's H-atom model) อิเล็กตรอน โคจรเป็นวงกลม รอบ โปรตอนด้วยรัศมี 0.53 อังสตรอม จงคำนวณหา

(a) ศักย์ไฟฟ้า ณ วงโคจรของอิเล็กตรอน (b) พลังงานศักย์ไฟฟ้าของระบบ



$$V = \frac{k_e e}{r} = 27.2\ [V], \qquad U = -\frac{k_e e^2}{r} = -43.5 \times 10^{-19}\ [J] = -27.2\ [eV]$$)

แบบฝึกหัด : พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า

ในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของ มทส. อิเล็กตรอนจะถูกเร่งด้วยความต่างศักย์

$1 \times 10^5\ [V] = 100\ [kV]$

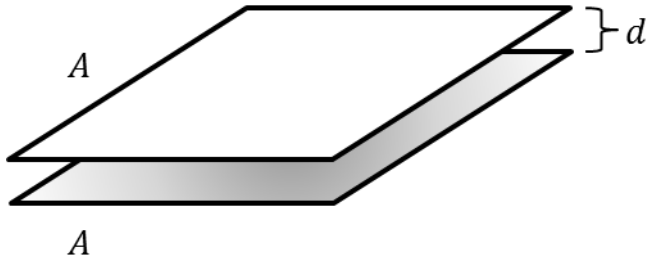
(a) จงหาว่าพลังงานจลน์สุดท้ายของอิเล็กตรอน

(b) จงประมาณความเร็วของอิเล็กตรอน

$\Delta K = -\Delta U = 1.6 \times 10^{-14}\ [J] = 100\ [keV]$, $v_f \approx 1.9 \times 10^8 [m/s]$)

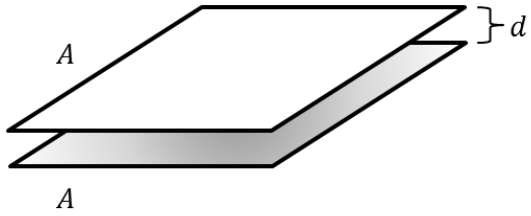
แบบฝึกหัด : พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า

สร้างตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนานแกนอากาศโดยใช้แผ่นโลหะแบนราบพื้นที่ $A = 1[m^2]$ สองแผ่นสำหรับใช้เป็นขั้วไฟฟ้า ถ้าต้องการค่าความจุไฟฟ้า $C = 1\ [\mu F]$ แผ่นขั้วไฟฟ้าจะต้องอยู่ห่างกันเท่าใด



($d = 8.85\ [\mu m]$)

สร้างตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนานแกนอากาศโดยใช้แผ่นโลหะแบนราบสองแผ่นเป็นขั้วไฟฟ้า แต่ละแผ่นมีพื้นที่ $A = 5\ \text{m}^2$ ถ้าต้องการให้ได้ค่าความจุไฟฟ้า $C = 10\ \text{nF}$ แผ่นขั้วไฟฟ้าจะต้องอยู่ห่างกันประมาณเท่าใด



1) $d = 8.8\ m\text{m}$
2) $d = 0.88$ mm
3) $d = 0.88$ cm
4) $d = 44\ m\text{m}$
5) $d = 4.4$ mm

5)

3. (4 คะแนน) อนุภาคอัลฟาถูกเร่งจากหยุดนิ่งให้มีพลังงานเพิ่มขึ้น 2.0 MeV (MeV = 10^6 eV และ 1 eV =1.6×10-19 J) หากอนุภาคดังกล่าวถูกยิงตรงเข้าหาทรงกลมโลหะที่มีประจุ +1.0 C ให้หาว่าอนุภาคอัลฟาจะเข้าใกล้ทรงกลมโลหะมากที่สุดเป็นระยะเท่าใด

(นิวเคลียสของธาตุ He ประกอบด้วยโปรตอน 2 ตัว และนิวตรอน 2 ตัว อนุภาคอัลฟามีมวล m=6.62×10^{-27} kg และมีประจุ +2e) สมมติให้ระยะห่างระหว่างส่วนเร่งอนุภาคอยู่ไกลจากทรงกลมโลหะที่มีประจุมาก จนกระทั่งค่าพลังงานศักย์ไฟฟ้าของทรงกลมโลหะและอนุภาคอัลฟาเริ่มต้นมีค่าเป็นศูนย์

อนุภาคอัลฟาจะเข้าใกล้ทรงกลมโลหะที่สุดเป็นระยะ.....

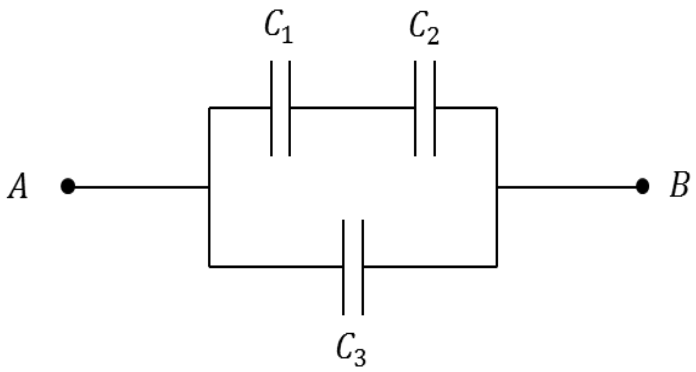
แบบฝึกหัด : พลังงานศักย์ ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า

5. ต่อตัวเก็บประจุสามตัว $C_1 = 3\ [\mu F]$, $C_2 = 5\ [\mu F]$ และ $C_3 = 8\ [\mu F]$ ต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรดังรูป ถ้าความต่างศักย์ $V_{AB} = 10\ [V]$

(a) จงหาความจุไฟฟ้าของวงจร C_{AB}

(b) จงหาประจุไฟฟ้าบนตัวเก็บประจุแต่ละตัว

(c) จงหาพลังงานไฟฟ้ารวม



($C_{AB} = 9.9\ [\mu F],\ Q_1 = 19\ [\mu C], Q_2 = 19\ [\mu C], Q_3 = 80\ [\mu C],\ U_{AB} = 49\ [\mu J]$)

ระบบจุดประจุ 2 ตัว q1 กับ q2 เป็นประจุชนิดเดียวกัน ในตอนแรกประจุทั้งสองอยู่ห่างกัน r มีพลังงานศักย์ของระบบเป็น U1 ต่อมาจุดประจุทั้งสองอยู่ห่างกัน 2r ระบบประจุมีพลังงานศักย์เป็น U2 อัตราส่วนของพลังงานศักย์ของระบบในตอนแรกกับตอนหลัง (U1/U2) มีค่าเท่าใด

Select one:

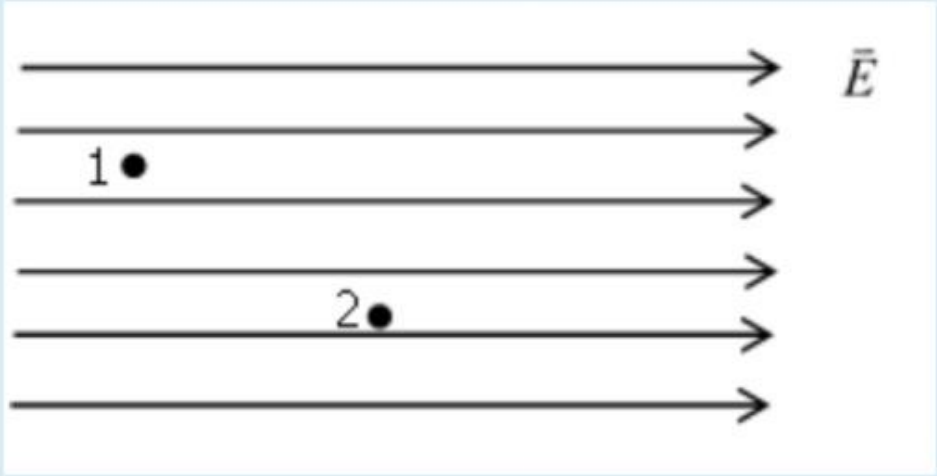
- a. 1/4
- b. 4
- c. 2
- d. 1/2
- e. 1

จุดประจุ +1 μC กับ - 2 μC อยู่ห่างกัน 6 cm ที่จุดกึ่งกลางระหว่างจุดประจุทั้งสองศักย์ไฟฟ้ามีค่าเท่าใด

Select one:

- a. -300 kV
- b. 600 kV
- c. 300 kV
- d. -600 kV
- e. 0

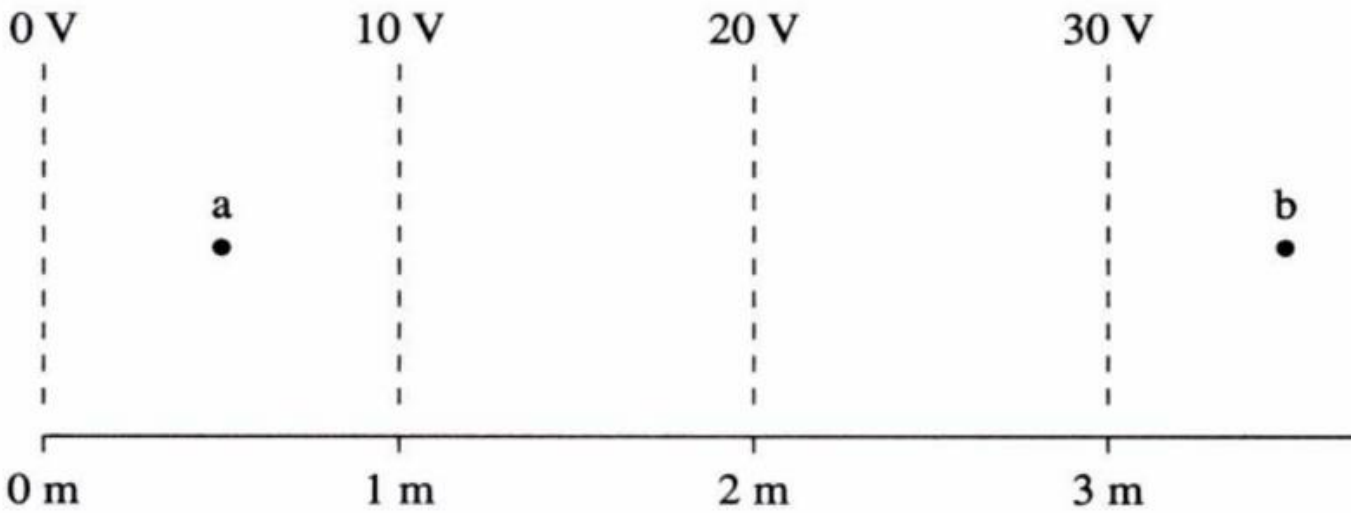
บริเวณหนึ่งมีสนามไฟฟ้าคงตัวดังแสดงในรูป ข้อใดเปรียนเทียบค่าศักย์ไฟฟ้า (V) ที่จุด 2 จุดในรูปได้ถูกต้อง



Select one:

- a. V1 = V2
- b. V1 > V2
- c. V1 < V2
- d. เปรียบเทียบไม่ได้แน่นอนจนกว่าจะมีข้อมูลมากกว่านี้

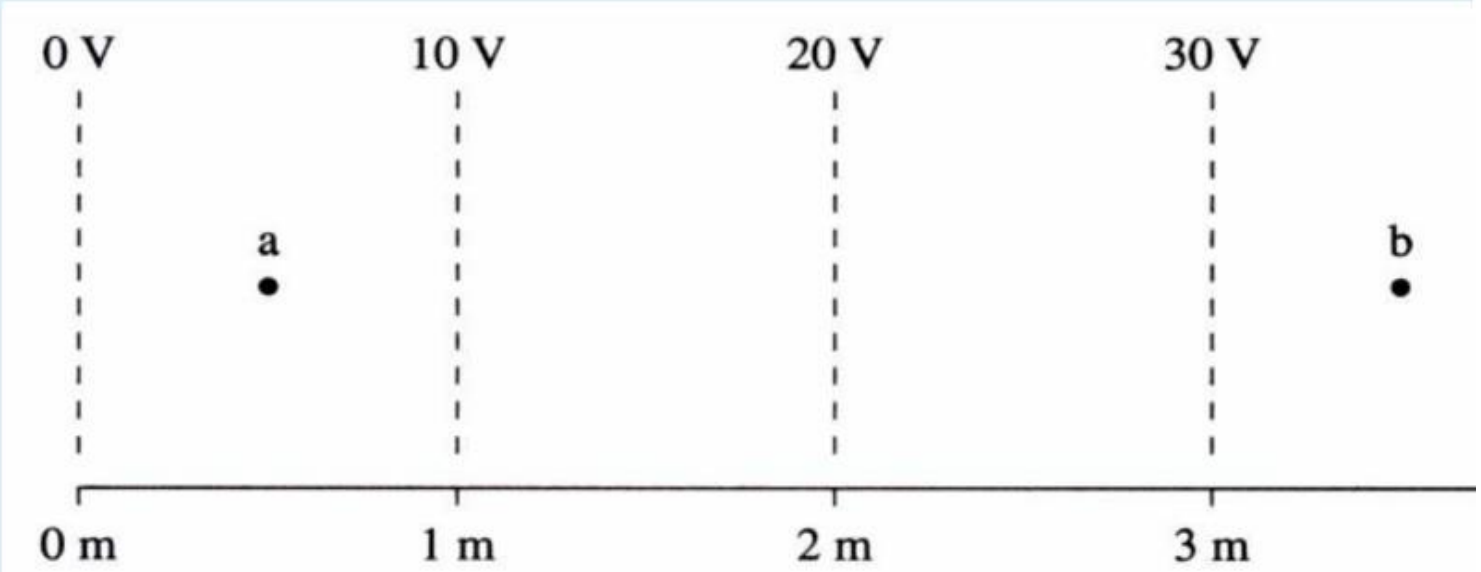
ภาพด้านล่างแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง x ต่าง ๆขนาดของสนามไฟฟ้าในแนว x ที่จุด a มีค่าเท่าใด



Select one:

- a. 0
- b. 15 V/m
- c. 10 V/m
- d. 5 V/m
- e. 20 V/m

ภาพด้านล่างแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่ง x ต่าง ๆ ส่วนประกอบในแนว x ของสนามไฟฟ้าชี้ไปในทิศใด



Select one:

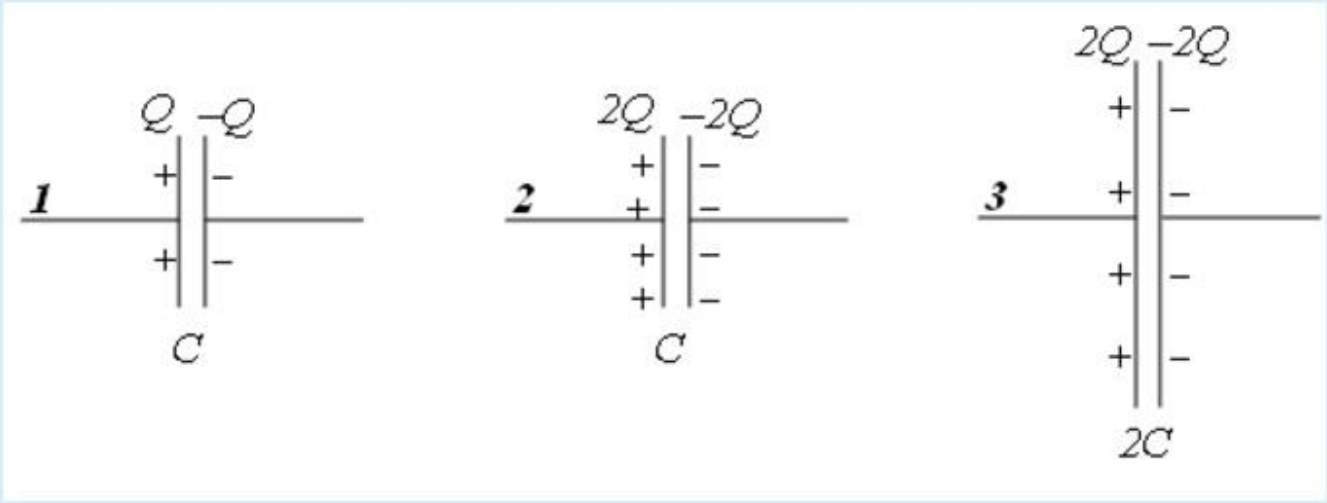
- a. +x
- b. เป็นศูนย์
- c. -x

ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับศักย์ไฟฟ้าในเนื้อตัวนำไฟฟ้า ที่อยู่ในสมดุลไฟฟ้าสถิต (Electrostatic equilibrium)

Select one:

- a. มีค่าเป็นศูนย์ที่ขอบและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสูงสุดที่ตรงกลาง
- b. มีค่าเป็นศูนย์ที่ตรงกลางและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อออกจากตรงกลาง
- c. คงตัวเท่ากันทั่วทั้งเนื้อตัวนำ
- d. เป็นศูนย์เสมอ

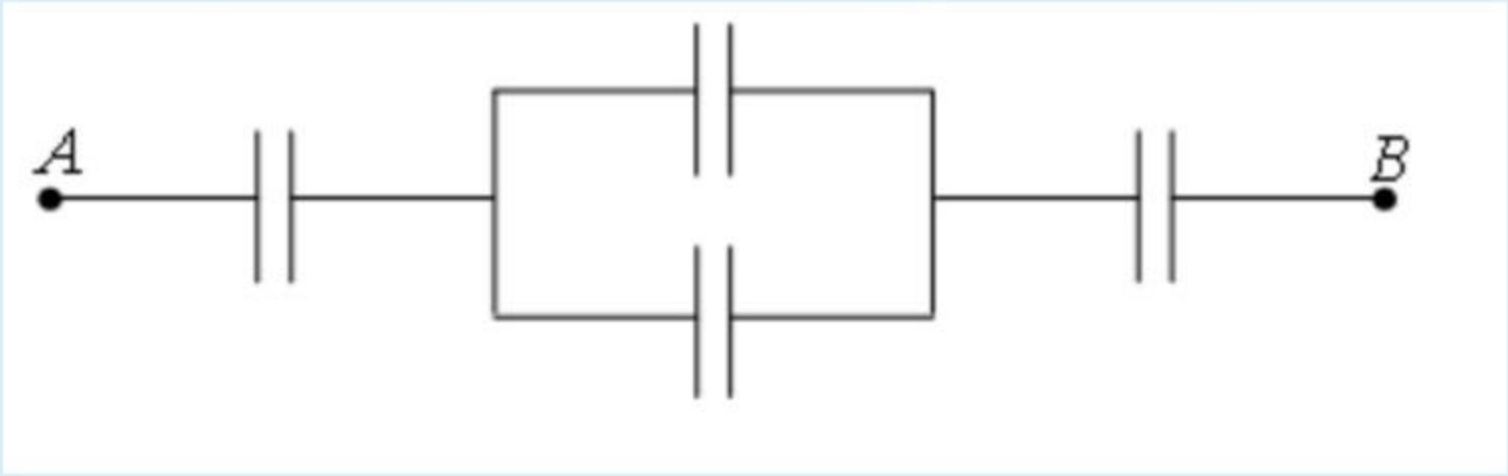
ตัวเก็บประจุแบบแผ่นคู่ขนาน 3 ตัวในรูปด้านล่างนี้มีค่าความจุและประจุบนแผ่นแต่ละแผ่น ดังแสดงในรูป ตัวเก็บประจุตัวใดมีค่าความต่างศักย์ตกคร่อมมากที่สุด



Select one:

- a. เท่ากันหมด
- b. ตัวที่ 2
- c. ตัวที่ 3
- d. ตัวที่ 1

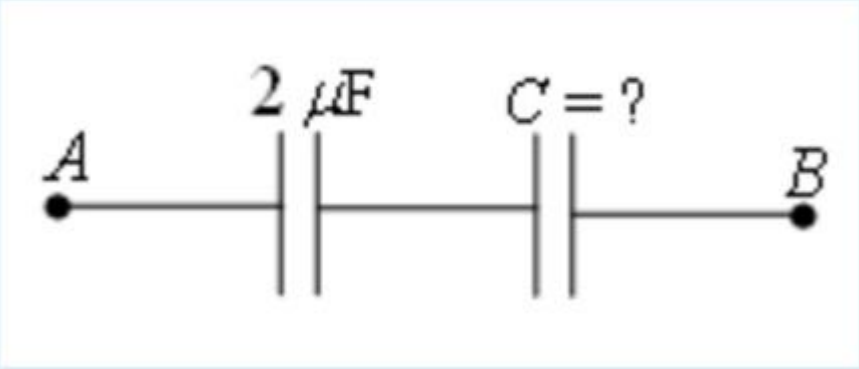
ถ้าตัวเก็บประจุแต่ละตัวมีค่าความจุไฟฟ้าเท่ากับ C ความจุรวม C_{AB} ของระบบตัวเก็บประจุนี้มีค่าเท่าใด



Select one:

- a. C/3
- b. 5C/2
- c. 2C
- d. 3C
- e. 2C/5

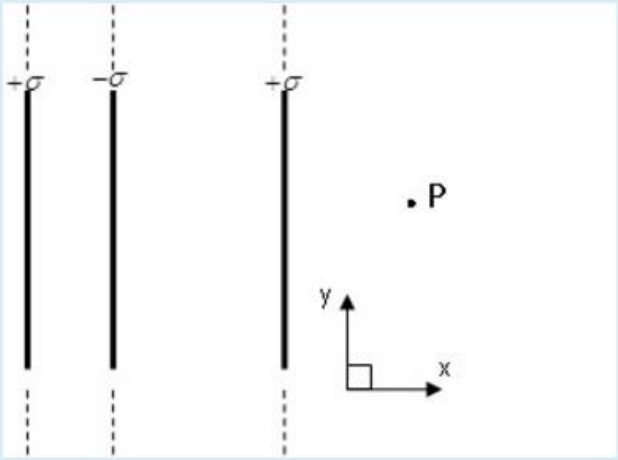
ระบบตัวเก็บประจุในรูปด้านล่างนี้ ถ้าต้องการให้ตัวเก็บประจุที่มีความจุ 2 μF มีประจุอยู่ 8 μC ตัวเก็บประจุอีกตัว ต้องมีค่าความจุ เท่าใด กำหนดให้ V_{AB} มีค่าเท่ากับ 12 V



Select one:

- a. 5 μF
- b. 2 μF
- c. 1 μF
- d. 3 μF
- e. 4 μF

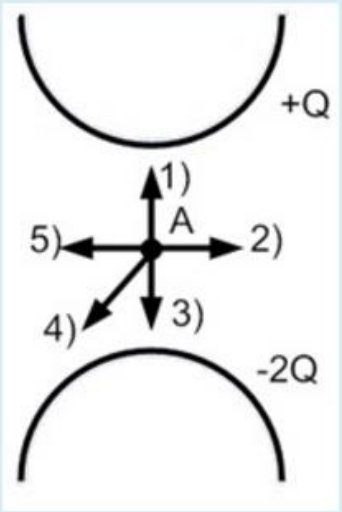
แผ่นประจุขนาดอนัน ต์ 3 แผ่น มีค่าความหนาแน่นประจุเชิงพื้นที่ เป็น $+\sigma,-\sigma$และ$+\sigma$ โดยแต่ละแผ่นวางขนานกันในระนาบ yz และเรียงลำดับดังในรูป ที่จุด P สนามไฟฟ้ามีทิศทางเป็นอย่างไร



Select one:

- a. ชี้ลงด้านล่าง (-y)
- b. ชี้ไปทางซ้าย (-x)
- c. ชี้ขึ้นด้านบน (+y)
- d. เป็นศูนย์
- e. ชี้ไปทางขวา (+x)

นำมีประจุ +Q และ -2Q มาเรียงตัวสม่ำเสมอ อย่างต่อเนื่องเป็นรูปเส้นโค้งครึ่งวงกลมที่มีรัศมีเท่ากัน และทั้งสองเส้นถูกตรึงไว้ดังรูป ข้อใดคือทิศทางของสนามไฟฟ้าลัพธ์ ณ จุด A



Select one:

- a. 1)
- b. 4)
- c. 5)
- d. 2)
- e. 3)