الفصل السادس
Chapter Six

الكهرباء الساكنة
The Electrostatic

مسألة (6.1) *Problem*

إذا كانت شحنة نواة ذرة الهيليوم تساوي ($2e$)، وشحنة نواة ذرة النيون تساوي ($10e$)، والمسافة الفاصلة بين النواتين تساوي ($3\ nm$).

أوجد مقدار القوة الكهروستاتيكية بينهما.

الحل *Solution*

$$F = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{q_1\,q_2}{r^2}$$

$$r = 3\ nm = 3\times10^{-9}\ m$$

$$q_1 = 2e = 2(1.6\times10^{-19}\ C)$$

$$q_2 = 10e = 10(1.6\times10^{-19}\ C)$$

$$\varepsilon_o = 8.85\times10^{-12}\ N^{-1}.m^{-2}.C^2$$

$$F = \frac{1}{4\left(\frac{22}{7}\right)8.85\times10^{-12}\ N^{-1}.m^{-2}.C^2}\frac{20(1.6\times10^{-19}C)^2}{(3\times10^{-9}m)^2}$$

$$F = 5.12\times10^{-10}N$$

وهي قوة ذات إشارة موجبة، أي أنها قوة تنافر.

مسألة (6.2) *Problem*

تتكون ذرة الهيدروجين في حالتها الأساسية من بروتون واحد في النواة وإلكترون واحد في مداره حول النواة، يحمل كلاً منهما الشحنة الأساسية (e) تفصلهما عن بعضهما مسافة ($5.3\times10^{-11}m$). افرض أن مدار الإلكترون حول النواة دائري الشكل أوجد.

1- قوة الجذب الكهربائي بين الجسمين.

2- السرعة المدارية للإلكترون، إذا علمت أن كتلة الإلكترون ($m_e = 9.1\times10^{-31}\ kg$).

Solution الحل

-1
$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{q_1\,q_2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\left(\frac{22}{7}\right)8.85\times10^{-12}\ N^{-1}.m^{-2}.C^{2}}\frac{(1.6\times10^{-19}C)^2}{(5.3\times10^{-11}m)^2}$$

$$= 8.2\times10^{-8}\ N$$

2- إن القوة $(8.2\times10^{8}\,N)$ تساوي القوة الجاذبة المركزية *Centripetal Force*

والتي تحفظ الإلكترون في مداره حول النواة وتساوي :

$$\vec{F} = m_e\,\vec{a}$$

وتسارع الحركة الدائرية هو :

$$\vec{a} = \frac{v^2}{r}$$

حيث (v) هي سرعة الإلكترون المدارية، (r) نصف قطر المدار.

وهكذا :

$$\vec{F} = m_e\left(\frac{v^2}{r}\right)$$

$$v = \left(\frac{Fr}{m_e}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{8.2\times10^{-8}N\times5.3\times10^{-11}\,m}{9.1\times10^{-31}kg}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$v = 2.18\times10^{6}\,m\,.\,s^{-1}$$

مسألة Problem (6.3)

إلكترونين شحنة كل منهما (e) تفصلهما عن بعضهما مسافة (r) أوجد :

1- القوة الكهروستاتيكية (الكهربائية الساكنة) بينهما.

2- القوة الجاذبة بينهما.

الحل Solution

1- القوة الكهروستاتيكية (F_e) يمكن إيجادها من قانون كولومب.

$$\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{q_1\,q_2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\left(\frac{22}{7}\right)8.85\times 10^{-12}\ N^{-1}.m^{-2}.C^2}\ \frac{(1.6\times 10^{-19}C)^2}{r}$$

2- أما القوة الجاذبة (F_g) فيمكن إيجادها من قانون نيوتن للجذب العام :

$$F_g = G\frac{m_1\,m_2}{r^2}$$

حيث (G) هو ثابت الجذب العام لنيوتن.

$$G = 6.67\times 10^{-11} N\,.\,m^2\ .\,kg$$

$$F_g = 6.67\times 10^{-11} N\,.\,m_2\ .\,kg\ \frac{(6.1\times 10^{-31}kg)}{r^2}$$

وبقسمة F_e على F_g نجد أن :

$$\frac{F_e}{F_g} = 416\times 10^{42}$$

$$F_e = 416\times 10^{42}\,F_g$$

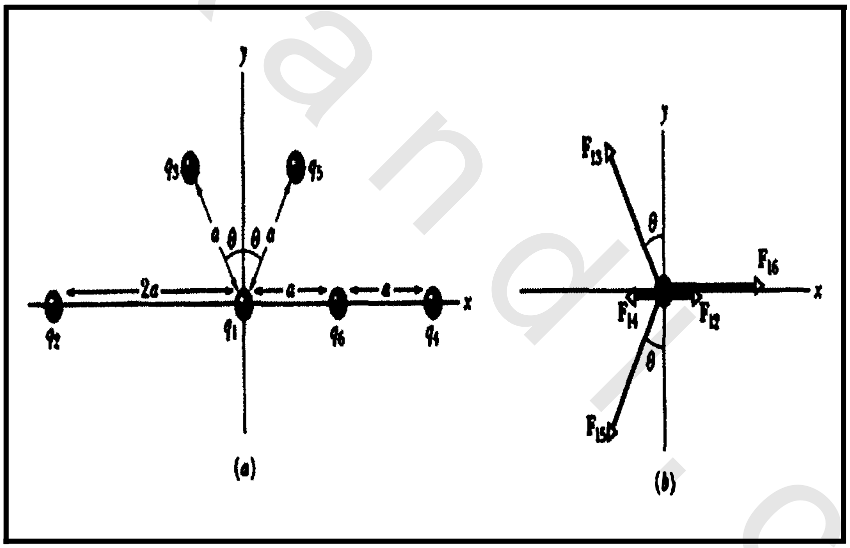
ومن هذه المسألة نستنتج ضآلة قوة التجاذب بين إلكترونين إذا ما قورنت بقوة التنافر الكهروستاتيكي بينهما.

مسألة (6.4) *Problem*

الشكل (6.1) (b , a) يمثل ترتيباً لست شحنات كهربائية، حيث تبلغ المسافة (a) ($2.0\ cm$) والزاوية (θ) (30^o)، أما مقدار كل من الشحنات الست فهو ($3.0 \times 10^{-6} C$) وطبيعتها الكهربائية موضحة على الشكل ذاته، أوجد القوة الكهروستاتيكية (F_1) المؤثرة على الشحنة (q_1) من باقي الشحنات الأخرى.

الحل *Solution*

من المعلوم أن القوة المطلوب إيجادها ($\vec{F}_1$) هي كمية اتجاهية، وعليه فهي عبارة عن مجموعة القوى الاتجاهية $\vec{F}_{16}$, $\vec{F}_{15}$, $\vec{F}_{14}$, $\vec{F}_{13}$, $\vec{F}_{12}$ وبالنظر إلى الشكل (6.1) نجد أن :



شكل (6.1)، المسألة (6.4)

$$F_{12} = F_{14} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_3}{a^2}$$

$$F_{13} = F_{15} = F_{16} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1 q_3}{a^2}$$

وبالنظر مرة أخرى إلى الشكل ($6.1\ b$) نجد أن :

$$F_1 = F_{16} = 2\, F_{13}\, Sin(\theta)$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1\, q_6}{a^2} - \frac{2}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q_1\, q_3}{a^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q^2}{a^2}(1 - 2\times(0.5)) = 0$$

ذلك أن الشحنات متساوية في المقدار، وكذلك $Sin(\theta) = 0.5$.

مسألة (6.5) *Problem*

إذا كان نصف القطر *radius* نواة ذرة اليورانيوم (R) يساوي ($6.8\ fm$)، وإذا ما افترضنا أن شحنة النواة تتوزع بشكل منتظم في داخلها. أوجد شدة المجال الكهربائي عند نقطة على سطح النواة.

الحل *Solution*

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{Ze}{R^2}$$

$$= \frac{1}{4\left(\frac{22}{7}\right)8.85\times 10^{-12}\, N^{-1}\ .\ m^{-2}\ C^2}\ \frac{(92)(1.6\times 10^{-19}\, C)}{(6.8\times 10^{-15}\, m)^2}$$

$$= 2.9\times 10\, N^{21}\ /\ C$$

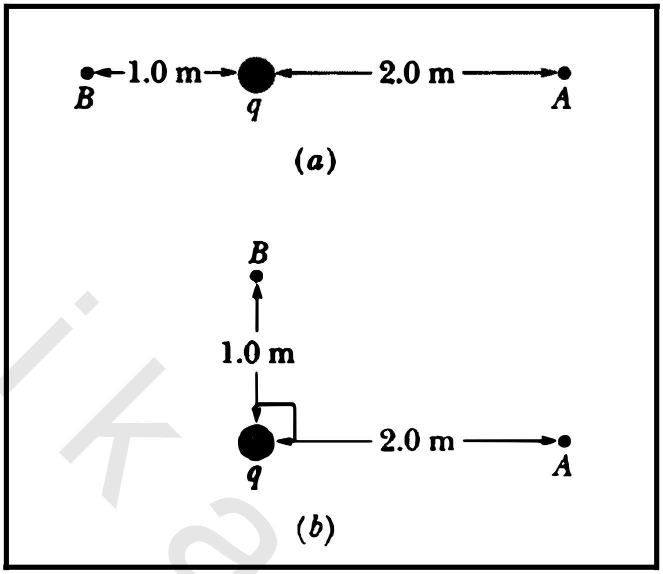
حيث (Z) تمثل عدد البروتونات داخل النواة لليورانيوم.

مسألة (6.6) *Problem*

إذا كان مقدار الشحنة النقطية *Point charge* ، الموضحة في الشكل (6.2) يساوي ($1.0\ \mu\ C$) ، وتبعد النقطة (A) عنها مسافة قدرها ($2.0\ m$) ، أما النقطة (B) فتبعد ($1.0\ m$).

1- أوجد فرق الجهد (V_A - V_B) في الشكل (6.4 - a).

2- أوجد فرق الجهد (V_A - V_B) في الشكل (6.4 - b).



شكل (6.2)، المسألة (6.6)

الحل Solution

-1

$$V_A - V_B = \frac{q}{4\,\pi\varepsilon_o\, r_A} - \frac{q}{4\,\pi\varepsilon_o\, r_B}$$

$$= \frac{q}{4\,\pi\varepsilon_o}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)$$

$$= \frac{1\times 10^{-6}\,C}{4\left(\frac{22}{7}\right)8.85\times 10^{-12}\ N^{-1}\,.\,m^{-2}\,.\,C^{2}}\left(\frac{1}{2.0\ m} - \frac{1}{1.0\ m}\right)$$

$$= -4500\,V$$

2- بما أن الجهد الكهربائي يعتمد على مقدار المسافة (r) وليس على اتجاهها إذن :

$$V_A - V_B = -4500\,V$$

مسألة (6.7) *Problem*

مكثفان سعة كل منهما ($C_1 = 200\ PF$) ، ($C_2 = 600\ PF$) تم وصلهما على التوازي، ثم شحنا حتى صار فرق الجهد بينهما ($120\ Volt$).

1- أوجد الشحنة على كل مكثف.

2- السعة المكافئة للمجموعة.

الحل *Solution*

-1

$$q_1 = C_1 V$$
$$= (200 \times 10^{-12} F)(120 V)$$
$$= 2.4 \times 10^{-8}\ C$$

$$q_2 = C_2 V$$
$$= (600 \times 10^{-12} F)(120 V)$$
$$= 7.2 \times 10^{-8}\ C$$

$$q = q_1 + q_2$$
$$= (2.4 + 7.2) \times 10^{-8} = 9.6 \times 10^{-8} C$$

-2

$$C = C_1 + C_2$$
$$= (200 \times 10^{-12}) + (600 \times 10^{-12})$$
$$= 800 \times 10^{-12}\ F$$
$$C = 8 \times 10^{-10}\ F$$

Problem (6.8) مسألة

مكثفان سعة كل منهما ($C_1 = 3.0\ PF$) ، ($C_2 = 6\ PF$) تم وصلهما على التوالي، ثم وصلت المجموعة بفرق جهد مقداره ($V = 1000\ Volt$) .

1- أوجد السعة المكافئة للمجموعة.

2- الشحنة الكلية على المجموعة والشحنة على كل مكثف.

3- أوجد فرق الجهد عبر كل مكثف.

***Solution* الحل**

-1

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

$$= \frac{1}{3\ PF} + \frac{1}{6\ PF} = \frac{1}{2\ PF}$$

$$C = 2\ PF = 2 \times 10^{-12} F$$

-2

$$q = C\,V$$

$$= (20^{-12} F)(1000\,V) = 2 \times 10^{-9} C$$

وبما أن التوصيل على التوالي :

$$q = q_1 = q_2 = 2 \times 10^{-9} C$$

-3

$$V_1 = \frac{q}{C_1} = \frac{2 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-12}} = 667.0\,Volt$$

$$V_2 = \frac{q}{C_2} = \frac{2 \times 10^{-9}}{6 \times 10^{-12}} = 333.0\,Volt$$

مسألة (6.9) *Problem*

شحنتان كهربائيتان مقدار الأولى ($2\ \mu\ C$)، ومقدار الثانية ($-3\ \mu\ C$)، والمسافة بينهما ($30\ cm$). أوجد القوة الكهروستاتيكية التي تؤثر على الشحنة الثانية.

الحل *Solution*

$$q_1 = 2\mu C = 2 \times 10^{-6} C$$

$$q_2 = -3\mu C = -3 \times 10^{-6} C$$

$$r = 30\ cm = 30 \times 10^{-2} m$$

$$\varepsilon_r = 1$$

$$\varepsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} N^{-1} m^{-2} C^2$$

إذن بتطبيق قانون كولومب في الصيغة العامة نستطيع تحديد القوة الكهروستاتيكية التي تؤثر على الشحنة الثانية وهي :

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\ \varepsilon_o \varepsilon_r} \ \frac{q_1\, q_2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi (8.85 \times 10^{-12} N^{-1} m^{-2} C^{-2})(1)} \ \frac{(2 \times 10^{-6} C)(-3 \times 10^{-6} C)}{(30 \times 10^{-2} m)^2}$$

$$= -6.0\ N.$$

مسألة (6.10) *Problem*

إذا كانت شحنة نواة ذرة الأرغون تساوي ($18\ e$). أوجد القوة الكهروستاتيكية بين نواتي ذرتي آرغون، المسافة الفاصلة بينهما ($1.0\ nm$).

الحل Solution

$q_1 = 18e \qquad , \qquad q_2 = 18e$

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

$r = 1.0\ nm = 1.0 \times 10^{-9}\ m$

أما باقي الثوابت فهي كما ورد في السؤال السابق.

إذن القوة الكهروستاتيكية بين نواتي ذرتي الأرغون هي :

$$F = \frac{1}{4\pi\ \varepsilon_o \varepsilon_r} \ \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi(885 \times 10^{-12} N^{-1} m^{-2} C^2)(1)} \ \frac{[18(1.6 \times 10^{-19} C)]^2}{(1.0 \times 10^{-19} m)^2}$$

$$= 7.46 \times 10^{-8} N.$$

مسألة (6.11) Problem

كرتان من نخاع البيلسان تحمل الأولى شحنة مقدارها $(3 \times 10^{-9} C)$ والثانية شحنة مقدارها $(120 \times 10^{-9} C)$، تفصلهما عن بعضهما مسافة قدرها $(3.0\ nm)$ في الهواء. أوجد القوة الكهروستاتيكية بينهما.

الحل Solution

$q_1 = 3 \times 10^{-9} C \qquad , \qquad q_2 = 120 \times 10^{-9} C$

$r = 3.0\ nm \qquad\qquad = 3 \times 10^{-9} m$

استخدم عزيزي الطالب الثوابت الأخرى كما هي $(\varepsilon_o , \varepsilon_r)$، وبالتعويض في الصيغة العامة لقانون كولومب نجد أن :

$$F = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o\varepsilon_r}\;\frac{q_1q_2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi(8.85\times10^{-12}N^{-1}m^{-2}C^2)(1)}\;\frac{(3\times10^{-9}C)(120\times10^{-9}C)}{(3\times10^{-9}m)^2}$$

$$= 3.6\times10^{11}N.$$

ويلاحظ أن صغر المسافة بين الكرتين أدى إلى وجود قوة كبيرة جداً.

مسألة (6.12) *Problem*

ما هو مقدار الشحنة الكهربانية النقطية التي تولد مجالاً كهربانياً مقداره $(1N/C)$ على نقطة تبعد عنها مسافة $(1\ m)$. ؟

الحل *Solution*

$q = ?$

$r = 1m$

$$E = \frac{F\,(N)}{q\,(C)}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\;\varepsilon_o\varepsilon_r}\;\frac{q}{r^2}$$

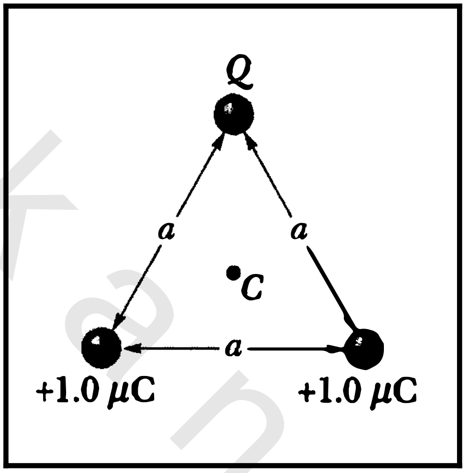
$$q = 4\pi\,\varepsilon_o\varepsilon_r(E)(r^2)$$

$$= 4\pi\,(8.85\times10^{-12}N^{-1}m^{-2}C^2)(1N/C)(1m^2)$$

$$= 1.112\times10^{-10}C.$$

Problem (6.13) مسألة

في الشكل (6.3) وضعت الشحنات الثلاثة على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع طول ضلعه (a). حدد قيمة وإشارة الشحنة التي يجب وضعها عند النقطة (Q) وذلك حتى تصبح قيمة المجال الكهربائي في مركز المثلث عند النقطة (C) مساوية إلى الصفر.



شكل (6.3)، المسألة (6.13)

Solution الحل

النقطة C هي التي يظهر خلالها تأثير المحصلة التي يجب أن تكون صفراً. أي أن محصلة المجالين الكهربائيتين الناتجين عن $+1\mu C$ و $+1\mu C$ على المحور الصادي (y) يجب أن تكون مساوية ومعاكسة في الاتجاه للمجال الناشىء عن الشحنة Q.

بتحليل كل من $\vec{E}_3$ و $\vec{E}_2$ إلى مركباتها نجد أن

$$-\vec{E}_2x = \vec{E}_3x \Rightarrow -\vec{E}_2\cos.30 = \vec{E}_3\cos 30$$

أي أن المحصلة على المحور السيني تساوي الصفر، كذلك

$$\vec{E}_2y = E_2\sin 30$$

$$\vec{E}_3y = E_3\sin 30$$

لاحظ أنّ النقطة C تفصلها مسافات متساوية عن الشحنات الثلاثة ويساوي :

$$0.745a = \frac{\sqrt{5}}{3}a$$

$$E_2 y = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o} \frac{q_2}{\left(\frac{\sqrt{5}a}{3}\right)^2} \sin 30$$

$$= \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o} \frac{1\times 10^{-6}\,C}{\frac{5}{9}a^2}(0.5) = \frac{8091}{a^2} \quad \frac{N}{C}$$

$$E_3 y = E_2 y = \frac{8091}{a^2} \quad \frac{N}{C}$$

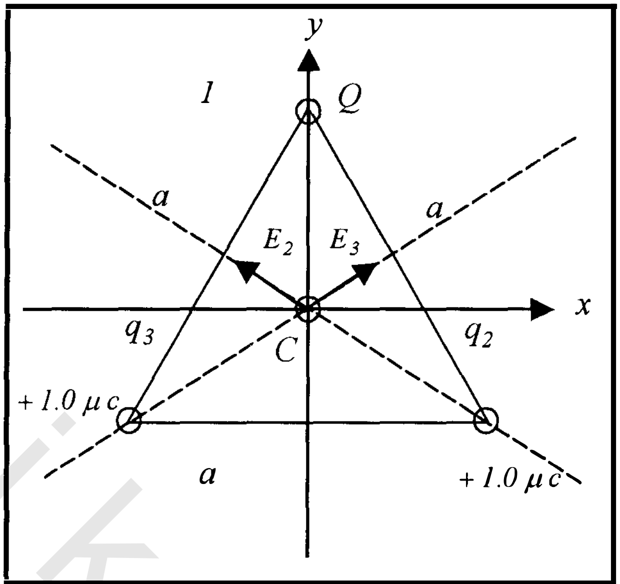
$$\vec{E}_2 y + \vec{E}_3 y = Ey = \frac{16182}{a^2} \quad \frac{N}{C}$$

$$E_1 = \cancel{\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}} \frac{Q}{\cancel{\left(\frac{\sqrt{5}a}{3}\right)^2}} = \cancel{\frac{1}{4\pi\varepsilon_o}} \frac{1\times 10^{-6}}{\cancel{\left(\frac{\sqrt{5}a}{3}\right)^2}} \times 2$$

$$\therefore \quad Q = -2\times 10^{-6}\ C.$$

ملاحظة :

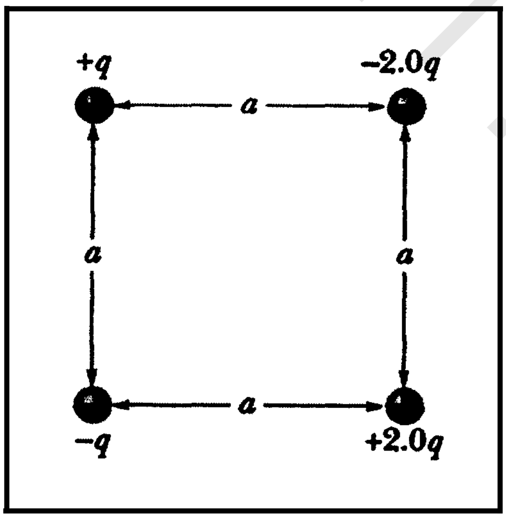
لاحـــظ أنّ محصـــلة المجـــال الكهـــربائي عـــلى المحـــور (y) هـــي ضـــعف المجـــال الناشـــىء عـــن كـــلٍ مـــن الشـــحنتين المعلومـــتين وهـــذا مـــا يجعـــل مقـــدار الشـــحنة Q ضـــعف مقـــدار كـــل مـــنهما وبالإشـــارة الســـالبة. انظـــر الشكل (6.4).



شكل (6.4)، المسألة (6.13)

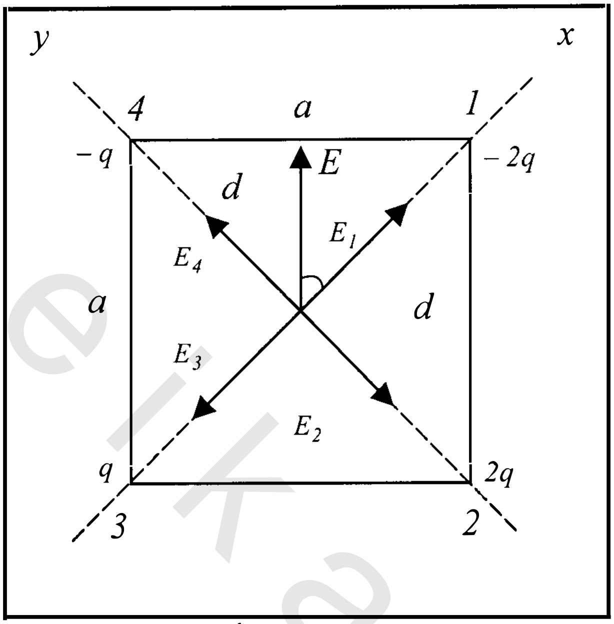
مسألة (6.14) *Problem*

في الشكل (6.5) إليك أربع شحنات كهربانية وضعت على رؤوس مربع طول ضلعه يساوي ($5.0\ cm$)، ومقدار الشحنة ($q = 1 \times 10^{-8} C$) أوجد مقدار واتجاه المجال الكهربائي في مركز الشكل المربع.



شكل (6.5)، المسألة (6.14)

الحل Solution : انظر الشكل (6.6)



شكل (6.6)، المسألة (6.14)

$$(2d)^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$

$$4^2 d^2 = 2a^2$$

$$d^2 = \frac{a^2}{2}$$

$$d = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

$$\vec{E}_x = \vec{E}_1 - \vec{E}_3$$

$$= \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{2q}{\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)} - \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{q}{\left(\frac{a}{\sqrt{2}}\right)^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\left[\frac{2q}{\frac{a^2}{2}} - \frac{q}{\frac{a^2}{2}}\right] = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{q}{(a^2/2)}$$

$$= \frac{(8.99\times10^9\ N.m^2/C^2)(1.0\times10^{-8}\ C)}{(0.050\ m)^2/2} = 7.19\times10^4\ N/C$$

$$E_y = E_2 - E_4 = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{q}{(a^2/2)} = 7.19\times10^4\ N/C$$

$$E = (E^2{}_x + E^2{}_y)^{\frac{1}{2}} = (14.38 \times 10^4\, N/C)^{\frac{1}{2}} = 1.02 \times 10^5\, N/C$$

$$Q = \tan^{-1}\frac{E_y}{E_x} = \tan^{-1}(1)$$

$$Q = 45°$$

مسألة (6.15) *Problem*

مكثفٍ يتكون من لوحين متوازيين مساحة كل منهما ($202.0\ cm^2$) تفصلهما طبقة من الهواء سمكها ($0.4\ cm$).

1- أوجد سعة المكثف.

2- تم وصل هذا المكثف بمصدر قوته الدافعة الكهربائية ($500.0\ V$). أوجد الشحنة الكهربائية على كل لوح.

3- أوجد الطاقة الكهربائية المختزنة، وشدة المجال الكهربائي بين اللوحين.

4- تم إدخال لوح من المايكا سمكه ($0.4\ cm$)، وسماحيته النسبية تساوي (8.0). أوجد الشحنة الكهربائية الإضافية على المكثف. ثم أوجد الطاقة الكلية المختزنة فيه.

الحل *Solution*

$$A = 202.0\, cm^2 = 2.02 \times 10^{-2}\, m^2$$

$$d = 0.4 cm = 0.4 \times 10^{-2}\, m$$

$$\varepsilon_r = 1$$

$$\varepsilon_o = 8.85 \times 10^{-12}\, N^{-1} m^{-1} C^2$$

1- سعة المكثف.

$$C = \varepsilon_o \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

$$= 8.85 \times 10^{-12} N^{-1} m^{-2} C^2 (1) \frac{2.02 \times 10^{-2} m^2}{0.4 \times 10^{-2} m}$$

$$= 4.47 \times 10^{-11} F$$

2- لإيجاد الشحنة الكهربائية : $(v = 500\ Volt)$

$$q_1 = q = CV$$

$$= (4.47 \times 10^{-11} F)(500V) = 2.23 \times 10^{-8} C$$

3- الطاقة الكهربائية المختزنة :

$$P.E = \frac{1}{2} qV$$

$$= \frac{1}{2}(2.23 \times 10^{-6} C)(500\,V)$$

$$= 1.115 \times 10^{-5} J$$

$$E = \frac{V}{d} = \frac{(500\,V)}{(0.4 \times 10^{-2} m)} = 1.25 \times 10^{5} (V/m)$$

4- $$\varepsilon_r = \frac{C_2}{C_1} = \frac{\text{سعة المكثف في الحالة}(2)}{\text{سعة المكثف في الحالة}(1)}$$

$$C_2 = \varepsilon_r\, C_1 = (8.0)(4.47 \times 10^{-11} F) = 35.76 \times 10^{-11} F$$

$$q_2 = C_2 V = (35.76 \times 10^{-11} F)(500\,V) = 1.78 \times 10^{-7} C$$

$$Q = q_2 - q_1$$

$$= (1.78 \times 10^{-7} C) - (2.23 \times 10^{-8} C)$$

$$= 1.565 \times 10^{-7} C$$

هذه هي الشحنة الإضافية على المكثف.

$$P.E = \frac{1}{2}\frac{q_2^2}{C_2} = \frac{1}{2}\frac{(1.78 \times 10^{-7} C)^2}{(35.76 \times 10^{-11} F)}$$

$$= 4.44 \times 10^{-5} J$$

وهي الطاقة الكلية المختزنة في المكثف.

مسألة (6.16) *Problem*

مكثف سعته ($3.0\,\mu F$) عندما يكون الوسط بين لوحي الهواء، أوجد سعة هذا المكثف عندما يكون الشمع هو الوسط العازل بين اللوحين، إذا كانت السماحية النسبية للشمع تساوي (2.8).

الحل *Solution*

$$C_1 = 3.0\,\mu F = 3 \times 10^{-6} F$$

$$C_2 = ?$$

السماحية النسبية للشمع هي : $\varepsilon_r = 2.8$

$$\varepsilon_r = \frac{C2}{C1} = \frac{\text{الوسط العازل هو الشمع}}{\text{الوسط العازل هو الفراغ}}$$

$$2.8 = \frac{C_2}{3 \times 10^{-6} F}$$

$$C_2 = (2.8)(3 \times 10^{-6} F) = 8.4 \times 10^{-6} F$$

$$= 8.4 \mu F$$

مسألة **Problem (6.17)**

مكثف سعته $(60.0 \ P F)$ أوجد الطاقة الكهربائية المختزنة في ذلك :

1- عندما يشحن حتى يصل فرق الجهد بين لوحيه $(2.0 \ K V)$.

2- عندما تكون الشحنة التي يحملها كل لوح $(3.0 \times 10^{-8} C)$.

الحل ***Solution***

$$C = 60.0 PF = 60.0 \times 10^{-12} F$$

1- الطاقة الكهربائية المختزنة عندما يكون فرق الجهد $(V = 2.0 \ K V)$

$$V = 2 \times 10^3 V$$

$$P.E = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2}(60.0 \times 10^{-12} F)(2 \times 10^3 V)^2$$

$$= 2.4 \times 10^{-4} J$$

-2

$$q = 3.0 \times 10^{-8} C$$

$$P.E = \frac{1}{2} \ \frac{q2}{C}$$

$$= \frac{1}{2} \ \frac{(3.0 \times 10^{-8} C)^2}{(60.0 \times 10^{-12} F)} = 7.5 \times 10^{-6} J.$$

مسألة **Problem (6.18)**

كرتان صغيرتان مشحونتان، شحنتهما الكلية تساوي $(5.0 \ x \ 10^{-5} \ C)$، إذا كانت كل كرة تعاني من قوة تنافر كهروستاتيكية من الكرة الثانية مقدارها $(1.0 \ N)$ وذلك عندما تكون المسافة الفاصلة بينهما $(2.0 \ m)$. أوجد مقدار الشحنة الكهربائية على كل كرة.

الحل Solution

$$q_1 + q_2 = 5.0 \times 10^{-5} C$$

حيث (q_1) هي شحنة الكرة الأولى، (q_2) هي شحنة الكرة الثانية، أما القوة الكهروستاتيكية بينهما فهي :

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\, \varepsilon_o \varepsilon_r} \; \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$1.0N = \frac{1}{4\pi\, (8.85 \times 10^{-12} N^{-1} m^{-2} c^2)(1)} \; \frac{q_1 q_2}{(2.0m)^2}$$

$$q_1\, q_2 = 4.448 \times 10^{-10} C \qquad \ldots (1)$$

$$(q_1 + q_2) = 5.0 \times 10^{-5} C \qquad \ldots (2)$$

$$q_1 = \frac{4.448 \times 10^{-10} C}{q_2} \qquad \ldots (3)$$

نعوض(3) في (2) نجد أن :

$$q_2 + \frac{4.448 \times 10^{-10} C}{q_2} = 5.0 \times 10^{-5} C$$

نجد مقدار (q_2) من هذه المعادلة وهو :

$$q_2 = 3.8 \times 10^{-5} C$$

يمكننا الآن إيجاد (q_1).

$$q_1 = 1.2 \times 10^{-5} C$$

مسألة (6.19) Problem

يبلغ مقدار القوة الكهروستاتيكية بين أيونين متماثلين $(3.7 \times 10^{-9} N)$، كما تبلغ المسافة الفاصلة بينهما $(5 \times 10^{-10} m)$.

1- كم تبلغ شحنة كلٍّ من هذين الأيونين ؟

2- كم من الإلكترونات فقد كلٌّ من الأيونين؟ يمكنك الاستفادة - عزيزي الطالب - من حالة عدم التعادل الكهربائي للأيون.

الحل *Solution*

1- بما أن شحنة كل منهما مساوية للأخرى إذن :

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon_r} \frac{q^2}{r^2}$$

$$(3.7 \times 10^{-9} N) = \frac{1}{4\pi(8.85 \times 10^{-12} N^{-1} m^{-2} c^2)(1)} \frac{q^2}{(5 \times 10^{-10} m)^2}$$

$$q = 3.2 \times 10^{-19} C.$$

2- من المعلوم أنَّ شحنة الألكترون الواحد هي عبارة عن :

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

إذن عدد الألكترونات التي فقدها كل من الأيونين هي :

$$N = \frac{q}{e} = \frac{3.2 \times 10^{-19} C}{1.6 \times 10^{-19} C} = 2$$

العدد المفقود من الألكترونات هو (2).

مسألة (6.20) *Problem*

بفرض أن الألكترون قريباً من سطح الأرض يعتبر ألكتروناً حراً في الفراغ، أين يجب أن يكون موقع ألكترون آخر بالنسبة للألكترون الأول بحيث تتوازن القوة الكهروستاتيكية الناشئة بينهما مع قوة وزن الألكترون الأول ؟ أوجد ذلك حسابياً.

Solution الحل

افرض أن الألكترون الآخر على مسافة (d) من الألكترون الأول ويقع أسفل منه كي تنتج القوة المتجهة نحو الأعلى؛ وذلك لتجعله متوازناً في موقعه. إن وزن الألكترون الأول بكل تأكيد يجب أن يساوي القوة الكهروستاتيكية الناتجة بين الألكترونين أي أن :

$$W_e = m_e\, g = \frac{1}{4\pi\, \varepsilon_o \varepsilon_r}\ \frac{e^2}{d^2}$$

$$d = e\sqrt{\frac{1}{4\pi\, \varepsilon_o \varepsilon_r}\ \frac{1}{m_e\, g}}$$

إذن :

$$= (1.6 \times 10^{-19} C)\sqrt{\frac{8.99 \times 10^9\, N.m^2 C^{-2}}{(9.11 \times 10^{-31} kg)(9.8 m.s^{-2})}}$$

$$= 5.1\, m.$$