سنتر فيوتشر

Subject: فيزياء اعدادي

Chapter: المجال الكهربي

الجزء الأول:-

* مجال شحنة نقطة

* خطوط المجال

* الموصل المعزول

* المزدوج القطبي الكهربي

Mob: 0112 3333 122

0109 3508 204

"المجال الكهربي"

المجال :-

- هو تأثير فيزيائي يؤثر حول جسم أو مادة معينة ناتجة عنه "عن الجسم".
- فلو تركت أي جسم من يدك بالقرب من سطح الأرض فإنه يسقط على الأرض؛ "يدل على وجود جاذبية للأرض" وكلما ابتعدنا عن الأرض تقل تلك القوة بالتدريج حتى تنعدم في الفضاء البعيد ولذا نقول ان للأرض مجال للجاذبية تظهر فيه آثارها.
- وأيضا كوب الشاي الساخن اذا اقتربت يدك منه احسست بالتأثير الحراري له ولكن اذا ابتعدت لن تشعر به.

المجال الكهربي (E)

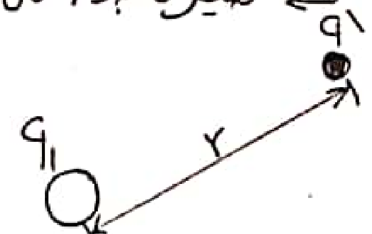
- الكمية الفيزيائية "التأثير الفيزيائي" المرتبط بوجود شحنة ما.
- يمكن تحديد قيمة تأثير تلك الشحنة عند نقاط مختلفة وسوف نسمي ذلك E.
- لمعرفة قوة "شدة" المجال عند نقطة ما نضع شحنة اختبار عند نفس النقطة المراد قياس شدة المجال الكهربي عندها "q'" ونقيس على تلك الشحنة قيمة القوة عليها F.

$$E = \frac{F}{q'} = N/C$$

- قيمة المجال عند النقطة.

لابد ان تكون q' ← موجبة
← صغيرة جدا حتى لا تؤثر في قيمة المجال.

$$F = k\,\frac{q_1 q'}{r^2}$$



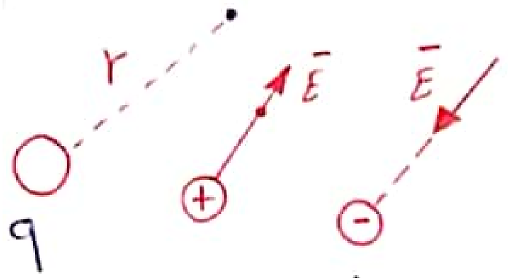
النقطة المطلوب ايجاد المجال عندها

الشحنة المطلوب ايجاد المجال لها

$$E = \frac{F}{q'} = k\,\frac{q}{r^2}$$

$$|E| = k\,\frac{q}{r^2} = N/C$$

- المجال كمية متجهة [مقدار ، اتجاه]



- اتجاه المجال :
  - ← شحنة موجبة : خارج منها
  - ← " سالبة : داخل بها

- لاحظنا أن الشحنة q تحدث مجال E حواليها لما حطينا q'
- وضع q' أدى إلى تولد قوى عليها

$F = k \frac{q}{r^2}$ $\quad F = q'E$

- المجال E هنا ناشئ من شحنة نقطية.

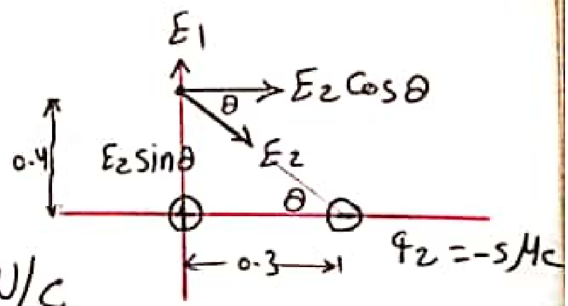
حساب المجال الناشئ من عدة شحنات نقطية.

هي نفس خطوات فكرة رقم 1 من كولوم " حساب القوة على شحنة بسبب عدة شحنات نقطية " ونكتب مع استبدال ← $F \rightarrow E$

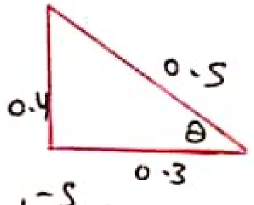
مثال (1) وضعت شحنة $q = 7\mu C$ عند نقطة الأصل وأخرى $q_2 = -5\mu C$ عند $(0.3, 0)$ أوجد المجال الكهربي الناشئ عنهما عند $(0, 0.4)$

الحل

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_1^2} = 9*10^9 \frac{7*10^{-6}}{(0.4)^2} = 3.9*10^{-5}\ N/C$$



$$E_2 = k \frac{q_2}{r_2^2} = 9*10^9 \frac{5*10^{-6}}{(0.5)^2} = 1.8*10^{-5}\ N/C$$

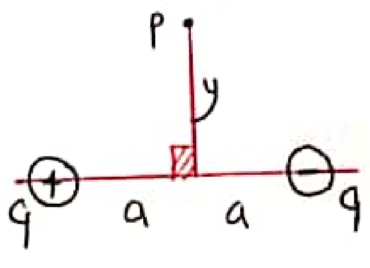


$$E_x = E_2 \cos\theta = 1.8*10^{-5} * \frac{0.3}{0.5} = 1.1*10^{5}\ N/C\ i$$

$$E_y = E_1 - E_2 \sin\theta = 3.9*10^{-5} - 1.8*10^{-5} \cdot \frac{0.4}{0.5} = 2.5*10^{-5}\ j$$

$$E_T = 1.1*10^{5}\ \hat{i} + 2.5*10^{-5}\ j$$

مثال (2) احسب المجال الناشئ من الشكل التالي "ثنائي القطب الكهربي" عند P



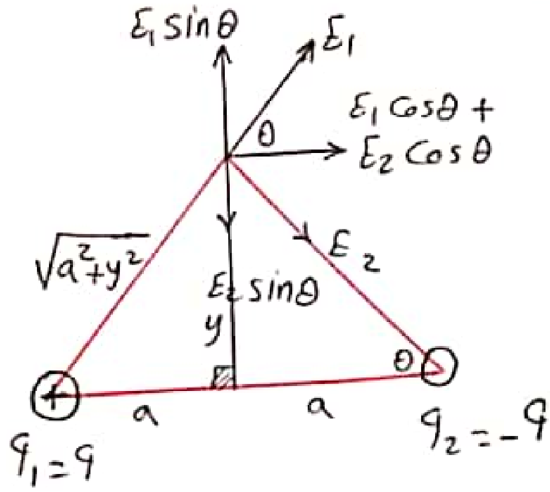
$|q_1| = |q_2| = q$

$E_x = E_1 \cos\theta + E_2 \cos\theta$

$E_y = E_1 \sin\theta \quad E_2 \sin\theta$

$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = \frac{kq}{(y^2+a^2)}$

$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = \frac{kq}{(y^2+a^2)}$



$\cos\theta = \frac{a}{\sqrt{a^2+y^2}}$

$\sin\theta = \frac{y}{\sqrt{a^2+y^2}}$

$E_x = \frac{kq}{y^2+a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+y^2}} + \frac{kq}{y^2+a^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+y^2}}$

$= \frac{2qka}{(y^2+a^2)^{3/2}}$

$E_y = \frac{kq}{y^2+a^2} \cdot \frac{y}{\sqrt{a^2+y^2}} - \frac{kq}{y^2+a^2} \cdot \frac{y}{\sqrt{a^2+y^2}} = \text{zero}$

$\overline{E_T} = E_x = \frac{2kqa}{(y^2+a^2)^{3/2}} \; N/C \; \hat{i}$

مثال (٣) في الشكل المقابل مثلث متساوي الساقين

أوجد قيمة الزاوية حتى يكون نسبة المجال $0.9 = \frac{E_P}{E_M}$

الحل

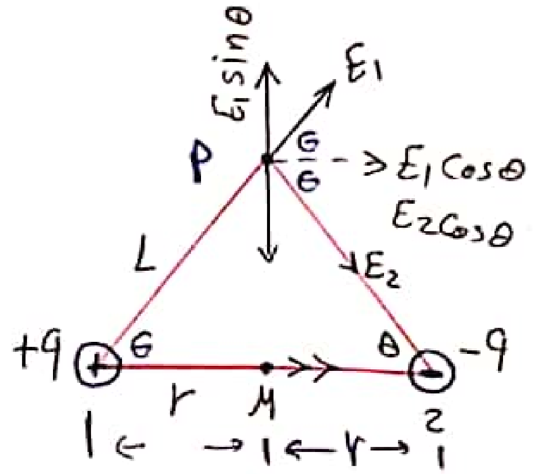
Point M

$\overline{E_M} = \overline{E_{1M}} + \overline{E_{2M}}$

$E_1 = \frac{kq}{r_1^2} = \frac{kq}{r^2}$

$E_2 = \frac{kq}{r^2}$

$E_M = \frac{2kq}{r^2}$



Point P

$\cos\theta = \frac{r}{L} = \frac{r}{\sqrt{d^2+r^2}}$

$$E_T = E_{1p}\cos\theta + E_{2p}\cos\theta = (E_{1p}+E_{2p})\cos\theta$$

$$E_{1p} = \frac{kq}{r_{1p}^2} = \frac{kq}{r^2+d^2} = E_{2p}$$

$r_{1p}^2 = L^2$

$$E_{Tp} = \frac{2kq}{r^2+d^2} * \frac{r}{\sqrt{d^2+r^2}} = \frac{2kqr}{(r^2+d^2)^{3/2}} = E_p$$

$$\frac{E_p}{E_M} = \frac{2kqr}{\sqrt{(r^2+d^2)^3}} * \frac{r^2}{2kq} = 0.9$$

$L = \sqrt{d^2+r^2}$

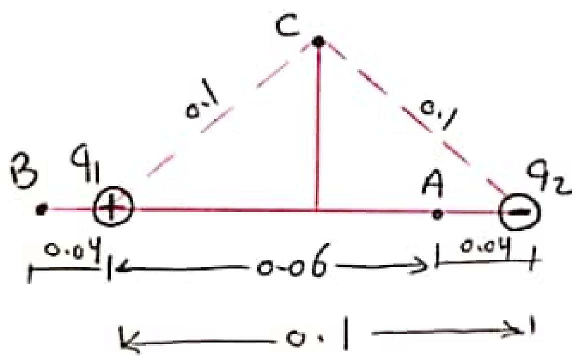
$\frac{r}{L} = \cos\theta$

$$= \frac{r^3}{L^3} = 0.9$$

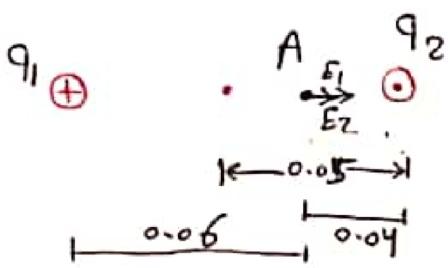
$$= \cos^3\theta = 0.9 \quad \therefore \cos\theta = \sqrt[3]{0.9} \rightarrow \theta = 15 = \cos^{-1}\sqrt[3]{0.9}$$

مثال (ع) في الشكل المقابل احسب المجال عند A, B, C

$|q_1| = |q_2| = 12\,nC$



الحل



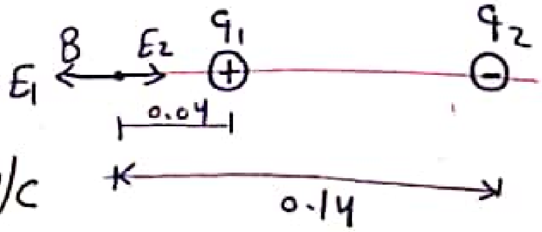
$\boxed{A}$ $E_x = E_1 + E_2$

$$E_1 = k\frac{q_1}{r_1^2} = 9*10^9 \frac{12*10^{-9}}{(0.06)^2} = 3*10^4\ N/C$$

$$E_2 = k\frac{q_2}{r_2^2} = 9*10^9 \frac{12*10^{-9}}{(0.04)^2} = 6.75*10^4\ N/C$$

$$E_A = E_1 + E_2 = 3*10^4 + 6.75*10^4 = 9.75*10^4\ N/C\ \hat{i}$$

at B $E_T = E_2 - E_1\ \hat{i}$



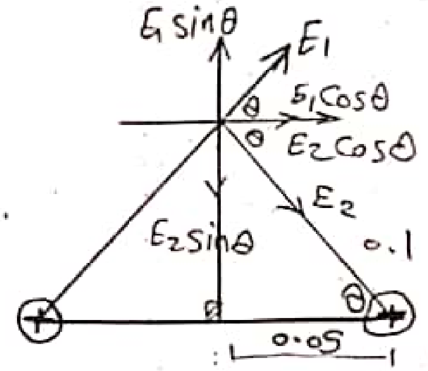
$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = 9*10^9 \frac{12*10^{-9}}{(0.04)^2} = 6.75*10^4 N/C$$

$\boxed{4}$

Scanned by CamScanner

$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = 9*10^9 \frac{12*10^{-9}}{(0.14)^2} = 0.515*10^4 \; N/C$

$E_B = E_2 - E_1 = 0.515*10^4 - 6.75*10^4 = -6.2*10^4 \; N/C \; \hat{i}$



at C

$E_x = E_1\cos\theta + E_2\cos\theta \; \hat{i}$

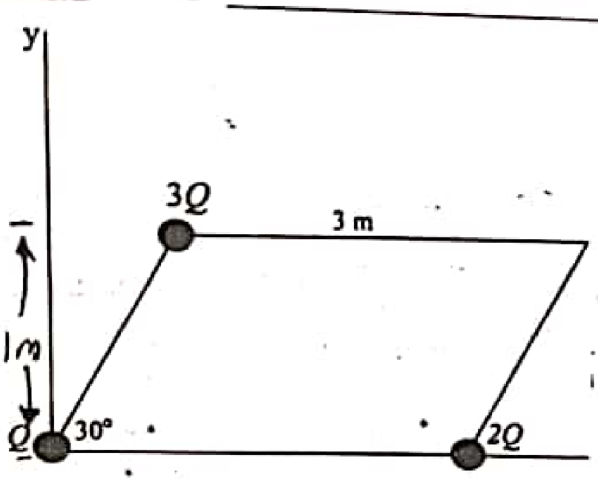
$E_y = E_1\sin\theta - E_2\sin\theta$

$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = 9*10^9 \cdot \frac{12*10^{-9}}{(0.1)^2} = 1.08*10^4$

$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = 9*10^9 \frac{12*10^{-9}}{(0.1)^2} = 1.08*10^4$

$\therefore E_y = 0 \quad , \quad E_x = 2E_1\cos\theta = 2*1.08*10^4 * \frac{0.05}{0.1} = 1.08*10^4 \; N/C$

مثال (٥) لا تتصور ← لا تراكي دي



ثلاث شحنات نقطيه موضوعه على أركان متوازى أضلاع كما فى شكل
فإذا كانت قيمة $Q = 8\ \mu C$ ، احسب المجال الكهربى عند الركن الخالى من الشحنة.
وإذا وضعت شحنة $q = 5\ \mu C$ عند ذلك الركن فما القوة المؤثرة عليها؟

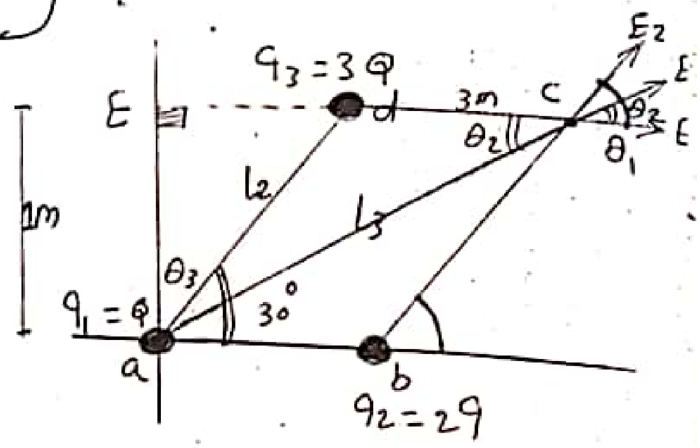
الحل

- From draw

$\theta_1 = 30 \qquad \theta_3 = 60$

Draw $\overline{dE}$ Line

in $\Delta\, adE$



$\tan\theta_3 = \frac{x_1}{aE} \quad , \tan\theta_3 = \frac{\overline{dE}}{aE} = \frac{x_1}{aE}$

$\tan 60 = \frac{x_1}{1} \qquad \therefore x_1 = \sqrt{3}\ m$

in Δ aEc

$$\tan\theta_2 = \frac{1}{3+\sqrt{3}} \qquad \therefore \theta_2 = 11.93^\circ$$

$$L_3 = \sqrt{1^2+(3+\sqrt{3})^2} = 4.84 \text{ m}$$

$$L_2 = \sqrt{1^2 - x_1^2} = \sqrt{1^2-(\sqrt{3})^2} = 2\text{m}$$

$$E_x = E_1\cos\theta_2 + E_2\cos\theta_1 + E_3$$

$$E_y = E_1\sin\theta_2 + E_2\sin\theta_1$$

$$E_1 = \frac{kq_1}{r_1^2} = k\frac{Q}{r_1^2} = 9\times10^9\ \frac{8\times10^{-6}}{(4.84)^2} = 3073.6\ N/C$$

$$E_2 = \frac{kq_2}{r_2^2} = k\frac{2Q}{r_2^2} = 9\times10^9\ \frac{2\times8\times10^{-6}}{2^2} = 36000\ N/C$$

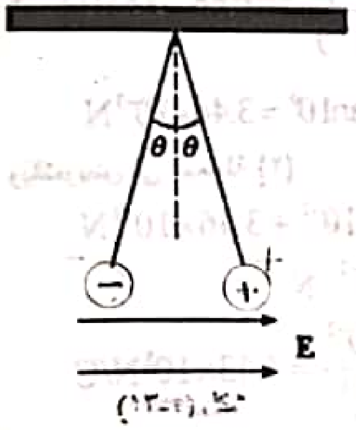
$$E_3 = \frac{kq_3}{r_3^2} = k\frac{3Q}{r_3^2} = 9\times10^9\ \frac{3\times8\times10^{-6}}{3^2} = 24000\ N/C$$

$$E_x = 3073.6\cos11.93 + 36000\cos30 + 24000 = 6.464\times10^{-3}\ \hat{i}\ N/C$$

$$E_y = 3073.6\sin11.93 + 36000\sin30 = 2.072\times10^{-3}\ \hat{j}$$

$$F = qE = 5\times10^{-6}[E_T] = 3.23\times10^{-8}\ \hat{i} + 1.03\times10^{-8}\ \hat{j}\ N$$

مثال (٩)



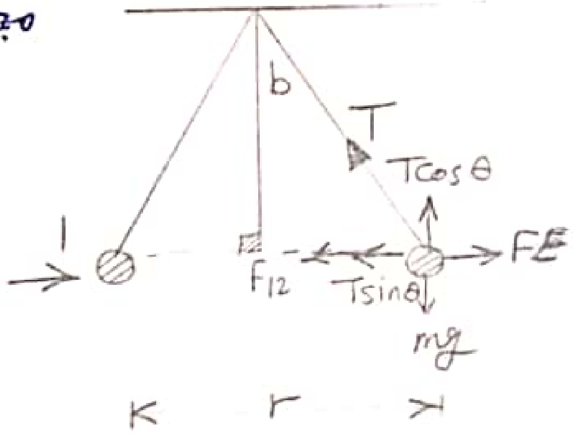
كرتان صغيرتان كتلة كل منهما 2g معلقتين في خيط خفيف طوله 10cm فإذا سلط مجال كهربي في اتجاه محور x ، والشحنتان متساويتان في المقدار ومختلفتان في الاشارة = q ±50 nC ، أحسب قيمة المجال الذى يصل بالكرتين إلى حالة الاتزان وفيها تكون θ =10° كما في شكل (١٢-٢٠)

$T \perp$ الكرة متزنة

الحل

مجموع القوى = صفر

$\Sigma F_x = 0 \quad , \quad \Sigma F_y = 0$



$$T\cos\theta = mg \longrightarrow ①$$

$$F_E = F_{12} + T\sin\theta \longrightarrow ②$$

$$T\cos 10 = 2 * 10^{-3} * 9.8$$

$$T = 0.02\ N$$

$$\sin 10 = \frac{r/2}{L}$$

$$r = 2L\sin 10 = 2 * 0.1 \sin 10 = 0.035$$

$$F_E = F_{12} + T\sin\theta = k\,\frac{q_1 q_2}{r^2} + T\sin\theta$$

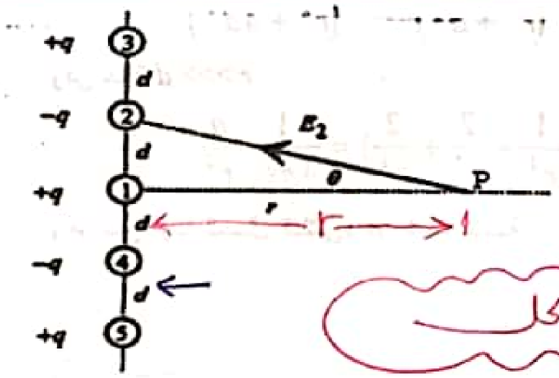
$$qE = 9*10^{9}\,\frac{(50*10^{-9})^2}{(0.035)^2} + 0.02 * \sin 10$$

$$= E * 50 * 10^{-9}$$

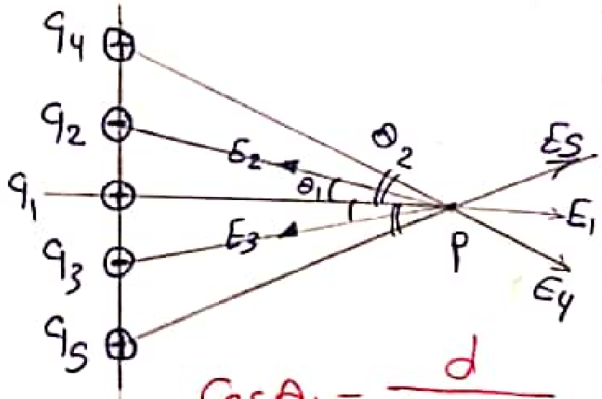
$$\boxed{E = 436.8 * 10^{3}\ N/C}$$

مثال (٧)

أوجد المجال الكهربى الناشىء عن مجموعة من الشحنات النقطية الموجودة فى الشكل المقابل وذلك عند نقطة P



الحل



المركبات الرأسية للمجال الناشئ عن: $(q_5 ، q_4)$ و $(q_3 ، q_2)$ يلاشوا بعض

لأن تم عكس بعض في الاتجاه ونفس المقدار.

$$\cos\theta_1 = \frac{d}{\sqrt{d^2+r^2}}$$

$$E_T = E_1 + E_4\cos\theta_2 + E_5\cos\theta_2 - E_2\cos\theta_1 - E_3\cos\theta_1$$

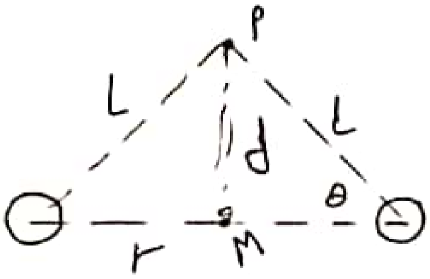
$$\cos\theta_2 = \frac{2d}{\sqrt{4d^2+r^2}}$$

$$E_1 = \frac{kq}{r^2} \qquad E_2 = \frac{kq}{r^2+d^2}$$

$$E_3 = \frac{kq}{r^2+d^2} \qquad E_4 = E_3 \qquad E_T = \frac{kq}{r^2} + \frac{2kq}{\sqrt{r^2+d^2}} - 2k\,\frac{q}{r^2+d^2} * \frac{r}{\sqrt{r^2+d^2}}$$

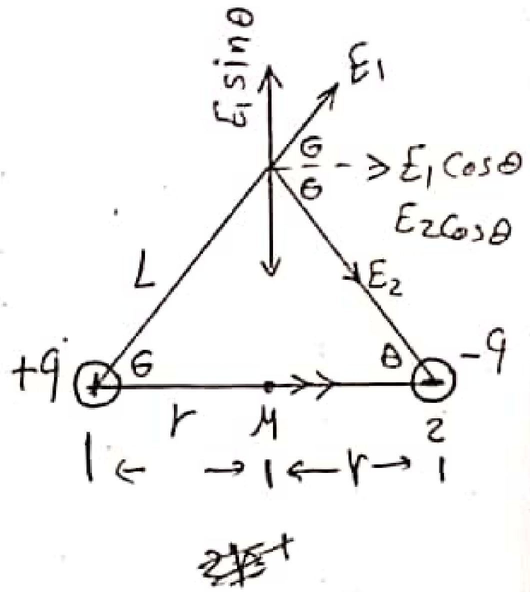
Scanned by CamScanner

مثال (٣) في الشكل المقابل مثلث متساوي الساقين



اوجد قيمة الزاوية حتى يكون نسبة المجال $0.9 = \frac{E_P}{E_M}$

الحل



Point M

$\bar{E}_M = \bar{E}_{1M} + \bar{E}_{2M}$

$E_1 = \frac{kq}{r_1^2} = \frac{kq}{r^2}$

$E_2 = \frac{kq}{r^2}$

$E_M = \frac{2kq}{r^2}$

3

Point P

$\cos\theta = \frac{r}{L} = \frac{r}{\sqrt{d^2+r^2}}$

$E_T = E_{1P}\cos\theta + E_{2P}\cos\theta = (E_{1P} + E_{2P})\cos\theta$

$E_{1P} = \frac{kq}{r_{1P}^2} = \frac{kq}{r^2+d^2} = E_{2P}$

$r_{1P}^2 = L^2$

$E_{TP} = \frac{2kq}{r^2+d^2} * \frac{r}{\sqrt{d^2+r^2}} = \frac{2kqr}{(r^2+d^2)^{3/2}} = E_P$

$\frac{E_P}{E_M} = \frac{2\cancel{kq}r}{\sqrt{(r^2+d^2)^3}} * \frac{r^2}{2\cancel{kq}} = 0.9$

$L = \sqrt{d^2+r^2}$

$\frac{r}{L} = \cos\theta$

$= \frac{r^3}{L^3} = 0.9$

$= \cos^3\theta = 0.9$

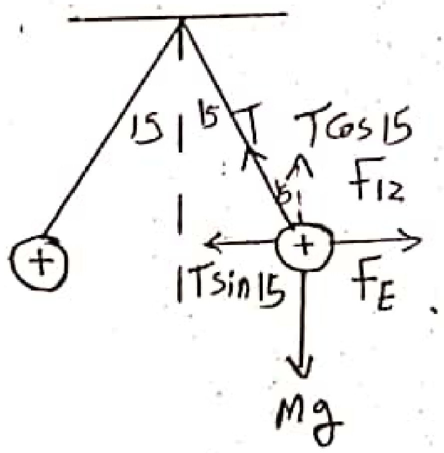
$\theta = 15$

Scanned by CamScanner

مثال (9)

كرتان صغيرتان كتلة كل منهما 2g معلقتان من خيط طول كل منهما 10 سم فإذا سلط مجال كهربي على الاتنان حيث اتزنا على زاوية بين الخيط والرأسي = 15° احسب قيمة المجال حيث كانت الشحنات = 50 nC

الحل



نفرض ان المجال في اتجاه اليمين

$\longrightarrow$

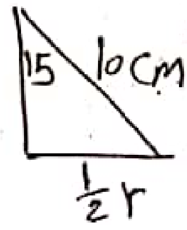
$$F_{12} + F_E = T\sin 15 \rightarrow (1)$$

$$mg = T\cos 15 \rightarrow (2)$$

$$(1)/(2)$$

$$\tan 15 = \frac{F_{12} + F_E}{mg}$$

$$mg \tan 15 = F_{12} + F_E$$



$$\sin 15 = \frac{\frac{1}{2} r}{10}$$

$$F_E = qE \qquad F_{12} = \frac{k\, q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$r = 5.17\ \text{cm}$$

$$2\times10^{-3} \times 9.8 \times \tan 15 = 9\times10^{9} \frac{(50\times10^{-9})^2}{(5.17\times10^{-2})^2} + 50\times10^{-9} E$$

$$\therefore E = -6.3\times10^{4}$$

والسالب معناه ← اعكس الاتجاه

مثال (٩،٠)

شحنة نقطية $q = 2\mu C$ تتأثر بقوة $F = 5\times10^{-5} N \hat{i}$.

① ما هي شدة المجال عندها؟ ② ماذا يحدث عند تغير الشحنة الى $1\mu C$ للمجال

③ ماذا يحدث للقوة اذا تغيرت الى $-2\mu C$ ؟

الحل

(أ)

$$\bar{F} = q\bar{E}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{5\times10^{-5}}{2\times10^{-6}} = 25\ \hat{i}\ N/C$$

(ب) إذا تغيرت الشحنة ← المجال لا يتغير لانه q عليها.

(ج) " " " ← القوة تتغير هنا كالاتجاه "

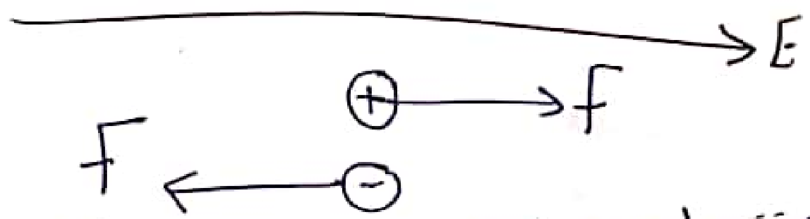
$$\bar{F} = q'\bar{E} = -2\times10^{-6} \times 25\ \hat{i} = -5\times10^{-5} N\ \hat{i}$$

لاحظ ان

عند وجود شحنة ما في مجال فإنها تتأثر بقوة تؤدي الى تحريك الشحنة

فإذا كانت الشحنة موجبة ← تتحرك في نفس اتجاه المجال

وإذا " " سالبة " ← " عكس " "



∴ أى شحنة موجبة تتحرك في نفس اتجاه المجال . مهما كان مصدره

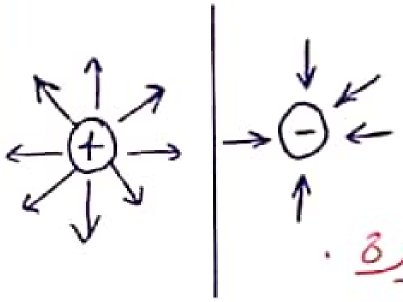
" " سالبة " عكس " " . " " "

خطوط المجال الكهربي

هي خطوط وهمية تستخدم لتمثيل المجال الكهربي لشحنة وهي تعتبر طريقة سهلة لمعرفة شدة المجال عند نقطة.

خصائصها:

1) خطوط وهمية.
2) لا تتقاطع ابداً.
3) تخرج من الشحنات الموجبة وتدخل من السالبة
4) في اتجاه انصاف أقطار الشحنة.
5) تقترب خطوط المجال من بعضها عندما يكون المجال شدته كبيرة.
6) تبتعد " " " " " " " صغيرة.
7) عدد خطوط المجال تعتمد على قيمة الشحنة.

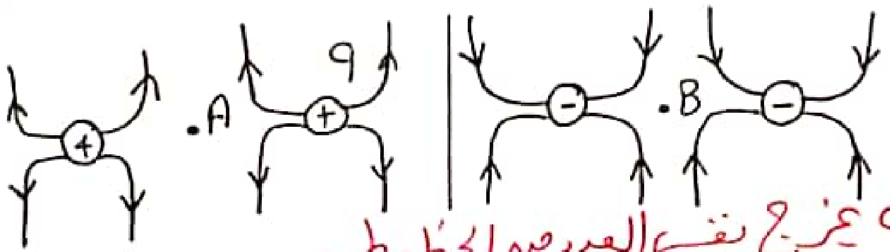


لو فرضنا ان الشحنة q يخرج منها عدد N من الخطوط

اي ان $q \propto N$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

8) الخطوط الزائدة تذهب إلى ∞ حيث ان المجال هناك = صفر "
9) في حالة وجود شحنتان موجبتان او سالبتان بجانب بعض ⟵ يحدث تنافر لخطوط المجال حتى لا تتقاطع.



عند A ، B ينعدم المجال

10) في حالة تساوي الشحنات يخرج نفس العدد من الخطوط.

مثال 11) ارسم شكل توضيحي لخطوط المجال لشحنة 2q و q-.

الحل

خط ⟵ q

خطان ⟵ 2q

$\boxed{11}$

الموصل المعزول

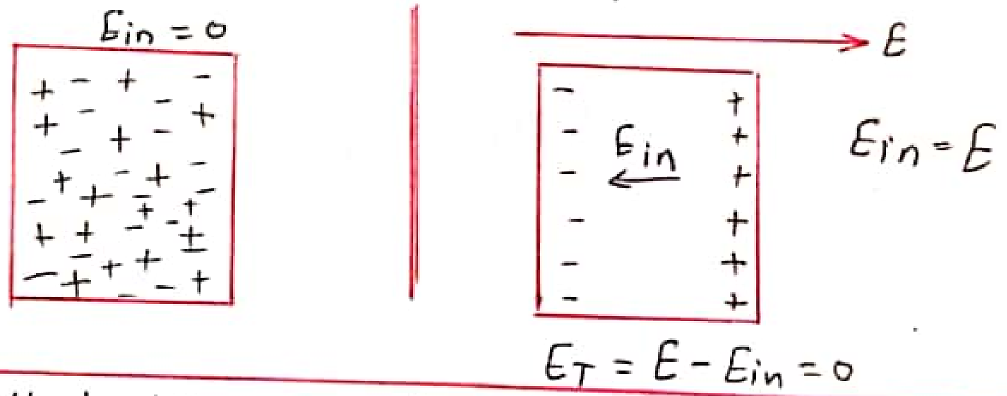
- هو أي مادة موصلة ليست متصلة بمادة أخرى أو بالأرض.
- وجد أن الشحنة الكلية اذا وضعت على موصل تستقر على السطح الخارجي له وليست على الجسم.

تجربة بنيامين (قراءة فقط وعدي لمفاهيم السطر السابق)

- أحضر اناء من مادة موصلة "فضة" متعادلة ثم وضعه على عازل وشحن سطح الاناء الخارجي. ووضع داخل الاناء كرة غير مشحونة وحاول ملامستها للقاع. ثم اخرج الكرة وقاس الشحنة عليها فلم يجد أن بها أي شحنة.

الموصل في وجود المجال

- وجد انه عند تعريض أي مادة موصلة لمجال خارجي يحدث له اعادة توزيع للشحنات على سطحه الداخلي بحيث يكون أن المجال دائما بداخله = صفر.
- هنا نتيجة تولد مجال داخلي يعاكس المجال الخارجي نتيجة ترسب الشحنات.



المجال الداخلي المتولد دائما يساوي الخارجي لأنه اذا زاد الخارجي فسوف يزيد معدل فصل الشحنات من بعضها فيتولد مجال داخلي أكبر.

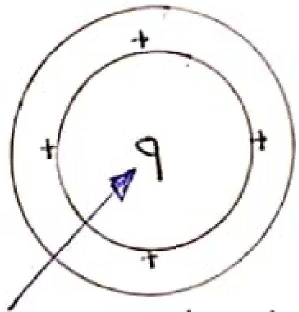
لاحظ أنه مهم.

- المواد الموصلة الشحنة تترسب على السطح الخارجي حتى لو كان الموصل مصمت أو غير مصمت.
- المواد الغير موصلة (العوازل) ← الشحنة تتوزع على الجسم

مثال (١٢)

إذا علمت أن السطح الداخلي لكرة نصف قطرها الداخلي $r=2m$ تحمل شحنة مساحية $\sigma = 1c/m^2$. فإذا تم وضع شحنة داخل الموصل q ليكون الشحنة على السطح الداخلي للكرة بـ $1c/m^2$ فما هي قيمة الشحنات ؟!

الحل



$\sigma = 1C/m^2$

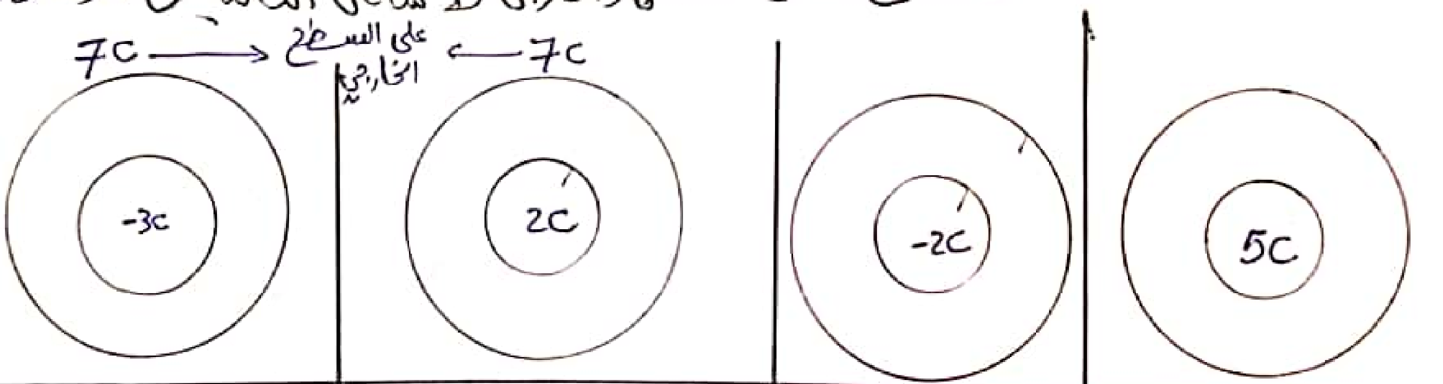
[1] الشحنة سالبة ← حتى يتم توزيع الشحنات في الشكل

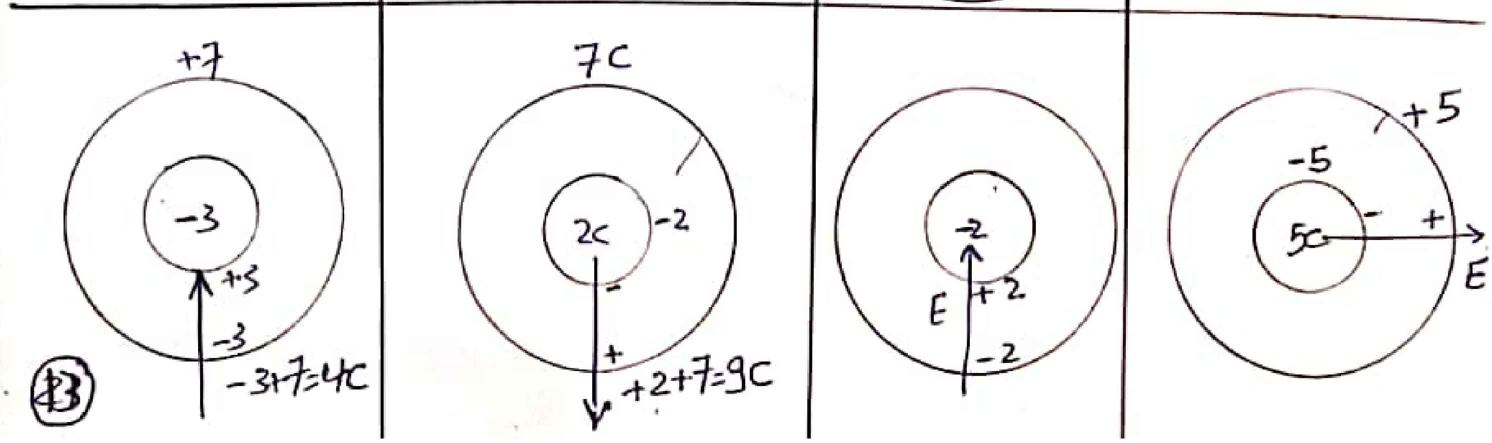
$$q = \sigma A = 1 \times 4\pi R^2 = 1\pi \times 2^2 \times 4$$

$$= -16\pi \ C.$$

مثال (١٣)

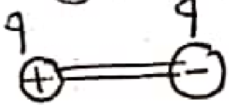
أوجد الشحنة الكلية على سطح الكرة الداخلي والخارجي لـ أشكال التالية "موصلات" كرات





- المزدوج القطبي الكهربي "ثنائي القطب الكهربي".

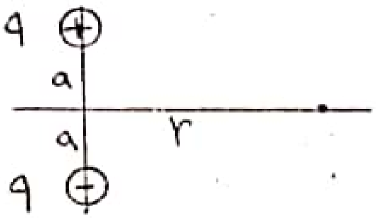
- عبارة عن شحنتان متساويتان في المقدار ولكن عكس بعض في اشارتهم وبينهم مسافة ثابتة.



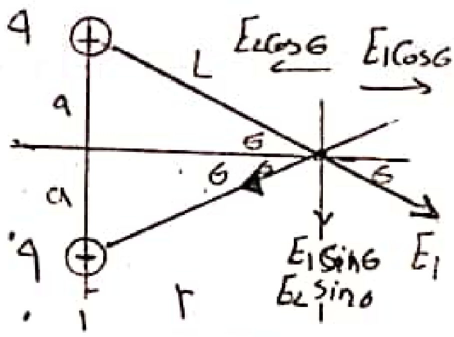
- مثال: جزيئات $\overset{+1}{H}\overset{-1}{Cl}$, $\overset{+2}{C}-\overset{-2}{O}$, $\overset{+2}{H_2}\overset{-2}{O}$.

- مثال (10)

احسب المجال الكهربي الناشئ من ثنائي القطب كل شحنة لها q والمسافة بينهم 2a كما بالشكل



الحل



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

$\sin\theta = \frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}}$

$E_x = E_1\cos\theta - E_2\cos\theta \quad \hat{i}$

$E_y = E_1\sin\theta + E_2\sin\theta \quad (-\hat{j})$

$E_1 = \frac{kq}{L^2} \qquad E_2 = \frac{kq}{L^2}$

$E_x = \text{zero} \xrightarrow{\text{لان}} E_1 = E_2$

$E_y = 2E_1\sin\theta = 2\frac{kq}{(\sqrt{a^2+r^2})^2} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2+r^2}} = \frac{2kqa}{(\sqrt{a^2+r^2})^3}$

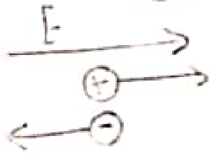
$= \frac{2kqa}{L^3}$

عزم المزدوج القطبي الكهربي :- P

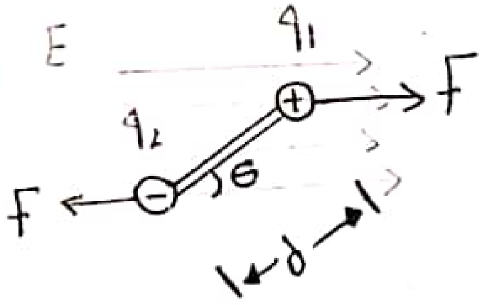
- كمية متجهة تستخدم لوصف مدى ارتباط ثنائي القطب ببعضه
- قيمته = حاصل ضرب احد شحنتيه في المسافة بينهم $P = q * d$
- اتجاهه من الشحنة السالبة للموجبة

عزم الازدواج الناتج عن وضع ثنائي قطب كهربي في مجال كهربي .

- أي جسم في الكون يميل الى يقف في المكان الذي به اقل طاقة مالم يعطى اي طاقة خارجية . كما في الالكترون فإنه يدور في مسار ثابتا به اقل طاقة له إذا اعطينا له طاقة فإنه يخرج خارج الذرة .
- على السابق إذا وضعنا شحنة موجبة فإنها تتحرك مع المجال وإذا كانت سالبة فإنها تتحرك عكس المجال



← فماذا إذا كانت الاثنان في وقت واحد .

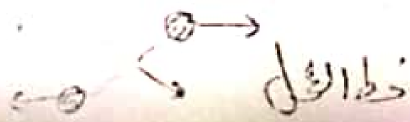


- عند وضع ثنائي قطب كهربي في مجال كهربي خارجي E :-

① تتأثر q_1 بقوة ناحية اليمين ← F

② " q_2 " " اليسار ← F

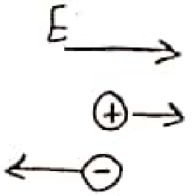
③ قوتان متساويتان في المقدار بينهم مسافة ← يؤدي ذلك الى عزم ازدواج لان القوتان ليس على خط عمل واحد



عزم الازدواج الناتج عند وضع ثنائي قطب كهربي في مجال كهربي

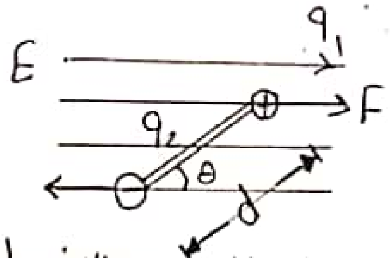
- أي جسم في الكون يميل إلى أن يقف في المكان الذي به أقل طاقة ما لم يعطى أي طاقة خارجية. كما في الالكترون فإنه يدور في مسار ثابت به أقل طاقة له إذا أعطينا له طاقة فإنه يخرج خارج الذرة.

- علمنا في السابق إذا وضعنا شحنة موجبة فإنها تتحرك مع المجال وإذا كانت سالبة فإنها تتحرك عكس المجال



← فماذا إذا كانت الاثنتان في وقت واحد.

- عند وضع ثنائي قطب كهربي في مجال كهربي خارجي E :-

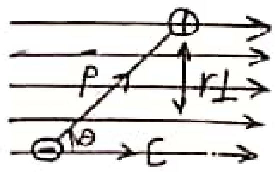


① تتأثر q_1 بقوة ناحية اليمين ← F

② " q_2 " " اليسار ← F

③ قوتان متساويتان في المقدار بينهم مسافة ← يؤدي ذلك إلى عزم الازدواج

لأن القوتان ليستا على خط عمل واحد



$\tau = F . r_\perp$ العزم

$r_\perp$ ← الذراع العمودي

F ← احدى القوتان

$F = qE$

$\sin\theta = \frac{r_\perp}{d}$

$\tau = +qE \times d\sin\theta$ $\qquad qd = p$

$\tau = +PE\sin\theta$

$\bar{\tau} = +\bar{P} \times \bar{E}$

يعمل ذلك العزم على الدوران في جعل الـ P في نفس اتجاه الـ E .

وذلك لأنه عندما يكون P, E في نفس الاتجاه تكون طاقة الوضع أقل ما يمكن.

طاقة الوضع الكهربية لثنائي القطب الكهربي.

طالما هناك حركة ← هناك شغل ← هناك طاقة

$$W_F = \int_{\theta_i}^{\theta_f} +\tau \, d\theta$$

$\theta_i \rightarrow$ زاوية البداية

$\theta_f \rightarrow$ " النهاية

$$= \int_{\theta_i}^{\theta_f} +PE \sin\theta \, d\theta$$

P, E, C

$$= +PE \left[-\cos\theta\right]_{\theta_i}^{\theta_f} = PE\left[\cos\theta_i - \cos\theta_f\right]$$

$$W = -\left[PE\cos\theta_i - PE\cos\theta_f\right]$$

$$W_{ext} = \Delta U + \Delta E_k$$

الشغل عبارة عن التغير في طاقتي الوضع والحركة

$V = c$ وحيث إن دوران المزدوج يكون تقريباً بسرعة ثابتة

$$\Delta E_k = \tfrac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) = \text{Zero} \qquad v_f = v_i$$

$$W_F = -\Delta U = -U_f + U_i = -PE\cos\theta_i + PE\cos\theta_f$$

$U_i = 0$ نفرض $\pi/2 = \theta_1$

$$U_2 = -PE\cos\theta_2$$

$$U_1 = -PE\cos\theta_1$$

$$U = -PE\cos\theta = -\vec{P} \cdot \vec{E} \rightarrow \text{كمية قياسية}$$

علاقة وضع .. E, P مع طاقة الوضع $U = -\bar{P} \cdot \bar{E} = -PE\cos\theta$

$\theta = \pi/2$	$\theta = \pi$	$\theta = 0$
$U = 0$	$U = PE$	$U = -PE$
لا توجد طاقة وضع	أكبر طاقة وضع	أقل طاقة وضع

$W = \pm \Delta U$

لو شغل خارجي "صد بيأثر"
هيتحرك من مكان أقل في U إلى مكان أعلى في

لو شغل مجال "بيتحرك لوحده"
بيتحرك من مكان أعلى في U إلى مكان أقل في U

مثال (٢) احسب أكبر قيمة لعزم الازدواج الناشئ عن مجال كهربى مقداره $8 \times 10^6 N/c$.
ديوجد به جزئ أول أكسيد الكربون عزم ثنائي القطب له $4.8 \times 10^{-28} c.m$

الحل :

$\tau = -\bar{P} * E = -PE \sin\theta$ $\theta = 90$ $\tau \rightarrow Max$

$\tau_{max} = PE = -4.8 * 10^{-28} * 4.8 * 10^6 = -2.3 * 10^{-23} N.m$

مثال (١٦) احسب أكبر قيمة لعزم الازدواج الناشئ عن مجال كهربي مقداره 4.8×10^{6} N/C ويوجد به جزيء أول أكسيد الكربون عزم ثنائي القطب له 4.8×10^{-28} C.m

الحل

$\tau = +\bar{P} \times \bar{E} = +PE\sin\theta$ $\quad \theta = 90 \quad \tau \rightarrow max$

$\tau_{max} = PE = +4.8 \times 10^{-28} \times 4.8 \times 10^{6} = +2.3 \times 10^{-23}$ N.m

---

مثال (١٧) اذا كان عزم ثنائي القطب الكهربي $P = (3\hat{i} + 4\hat{j}) \times 1.24 \times 10^{-30}$ موجود في مجال كهربي $E = 4 \times 10^{3}\ \hat{i}$ احسب:-

① طاقة الوضع الكهربي.

② اذا اثر عامل خارجي "شغل خارجي" حتى اصبح عزم ثنائي القطب = $P = (-4\hat{i} + 3\hat{j}) \times 1.24 \times 10^{-30}$ فما هو ذلك الشغل واحسب عزم الازدواج.

الحل

① $U = -P \cdot E = -(3\hat{i} + 4\hat{j}) \times 1.24 \times 10^{-30} \times 4 \times 10^{3}\,\hat{i} = -1.49 \times 10^{-26}$ J

الشغل الخارجي

② $W_{ext} = +\Delta U = U_f - U_i$

$U_f = -P \cdot E = -(-4\hat{i} + 3\hat{j}) \times 1.24 \times 10^{-30} \times 4 \times 10^{3}\,\hat{i} = 1.98 \times 10^{-26}$ J

$U_i = -1.49 \times 10^{-26}$

$W = U_f - U_i = 3.47 \times 10^{-26}$ J

$\tau = P \times E = (P_x \hat{i} + P_y \hat{j}) \times E_x \hat{i} = P_y E_x \hat{k}$

$= -1.488 \times 10^{-26}\ \hat{k}$

$\hat{i} \quad \hat{j} \quad \hat{k}$ +

19