



كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثانية

المادة : كهرباء ومغناطيسية ١

المحاضرة : الرابعة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

2026

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

9

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

• الكمون الكهربائي : Electric potential

مقدمة : نعلم أن رفع جسم عن سطح الأرض يتطلب بذل عمل ضد قوى الجاذبية الأرضية، ونقول العمل المبذول إلى طاقة كامنة في الجسم، والتي تعد طاقة الموضع، أو طاقة الوضع، وإذا ترك الجسم ليطلق على الأرض بفعل الجاذبية الأرضية تحول طاقة الكامنة تدريجياً إلى طاقة حركية ليصل إلى موضع مرتفع إلى صفر. وبالمثل إذا تحركت شحنة كهربائية (أو جسم مشحون) في حقل كهربائي فإنها تكون واقعة تحت تأثير القوة الكهربائية الساكنة الناشئة عن هذا الحقل، وهنا يعني أن تحريك شحنة ضد قوة الحقل الكهربائي الساكن يتطلب بذل عمل خارجي على هذه الشحنة، وبالتالي نقول هذا العمل إلى طاقة كامنة كهربائية نعوها بطاقة الموضع الكهربائي، فإذا كانت الشحنة سالبة فإنها ستتحرك بفعل الحقل الكهربائي، فإذا أعادت إلى الموضع الذي كانت فيه فإنها ستفقد طاقة كامنة كهربائية الذي بذل في تحريكها.

• بشكل عام، تتولد الطاقة الكامنة الكهربائية للشحنة الواقعة ضمن حقل كهربائي عندما تتحرك هذه الشحنة ضد القوة الكهربائية لهذا الحقل وذلك يكون على حساب طاقة حركية وتتفقد طاقتها عند حركتها مع قوى هذا الحقل، وذلك يكون على حساب طاقة هذا الحقل نفسه.

• سيجد التفسير في الطاقة الكامنة الكهربائية التي لوحدات الشحنتات الموجبة عند انتقالها بين نقطتين ضمن حقل كهربائي بفارق الكمون بين هاتين النقطتين، ونستطيع بالتالي أن نفرق فرق الكمون بين نقطتين يوجد فيها حقل كهربائي، بأنه العمل الذي تبذره واحدة الشحنتات عند حركتها بين هاتين النقطتين، ويكون فرق الكمون سالب إذا كان العمل على حساب طاقة الحقل، وصحيحاً، إذا كان العمل على حساب طاقة خارجية، أي أنه بإشارة فرق الكمون هي ووماً يعكس إشارة العمل المبذول لدى انتقال الشحنة.

• كمالات سطح الأرض تعتبر سوية معيارية بالنسبة لطاقة الموضع في حقل الجاذبية الأرضية، فإن نقطة اللازالية تعتبر سوية معيارية لحساب الطاقة الكامنة الكهربائية أو الكمون الكهربائي بالنسبة لها، حيث يكون الكمون الكهربائي عندنا معدوماً، ويمكن حتى هذا الاعتبار هو نسبي، لذلك يعتبر القاطع مع مفهوم فرق الكمون في حالة الشحنتات الكهربائية ضمن الحقول، حيث أنها أكثر منطقية وهو المستخدم في الأغلب.

• فرق الجهد الكهربائي: Electrical Potential Difference

لقد سبق لنا سيرة سيرة الحقل الكهربائي هي دالة لوزن الحقل، نصفه ونعبر عنه
وسنجد أن الجهد الكهربائي هو أيضاً دالة الحقل، لكن خلاف الحقل فإن الجهد مقدار سلمي
بنسبة سيرة الحقل مقدار متجه وسنجد أن هذين المقدارين مرتبطين ببعضهما البعض.

• يعرف فرق الجهد بين نقطتين A و B بأنه العمل W_{AB} الواجب تقديمه لتحريك
شحنة اختبار من النقطة A إلى النقطة B مقدماً على تلك الشحنة، ومربحاً يمكن
التعبير عن ذلك بالعلاقة التالية:

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad (J/C) \quad (1-4)$$

ويكون هذا العمل المنبهول موجباً، أو سالباً، أو صفراً وذلك حسب حالة الشحنة التي يكون فيها
الجهد عند B أعلى، أو أدنى، أو مساوياً للجهد عند A على الترتيب. إننا واحدة
فرق الجهد في المملكة الدولية هي جول على كولون والتي تسمى بالفولت (V).

• أما الجهد الكهربائي عند نقطة ما فيعرف بالطريقة التالية:

تؤخذ نقطة ما A بحيث تكون على مسافة كبيرة جداً «اللا نهاية» من كل الشحنات
وتؤخذ شحنة V_A (اختيارياً) مساوية للصفر وبذلك يكون الجهد الكهربائي
عند نقطة B مثلاً مساوياً،

$$V_B = \frac{W_{\infty B}}{q_0}$$

وتكتب عادة العلامة السابقة بالكل:

$$V = \frac{W}{q_0} \quad (2-4)$$

حيث W العمل المبذول لتحريك شحنة اختبار q من اللانزلية إلى تلك النقطة المراد حساب الشحون عندها. وهذا يؤكدنا بالتقريب التقليدي للشحون الكهربائي في نقطة مع أنه العمل اللازم بذله ضد القوة الكهربائية للحقل الكهربائي لتقل واحدة لـ شحنت المولية من اللانزلية إلى تلك النقطة.

• من المهم أن نعلم أن الذي يرضنا أساساً هو فرق الشحون الكهربائي وليس الشحون بحد ذاته. العلاقة (2-4) تعطينا اختيار (مع) اللانزلية كمرجع أو دليل للشحون الكهربائي المادي للصفر. حيث يمكن اختيار الشحون (50 Volt) مثلاً كمرجع. وعند دراسة المرات الكهربائية تختار عادة الأرض كمرجع الشحون الكهربائي حيث يغير كحول مادي للصفر. ولا تنس أن فرق الشحون عبارة عن مقدار سلمي (غير صحيحة).

• العلاقة بين الشحون وسعة الحقل الكهربائي

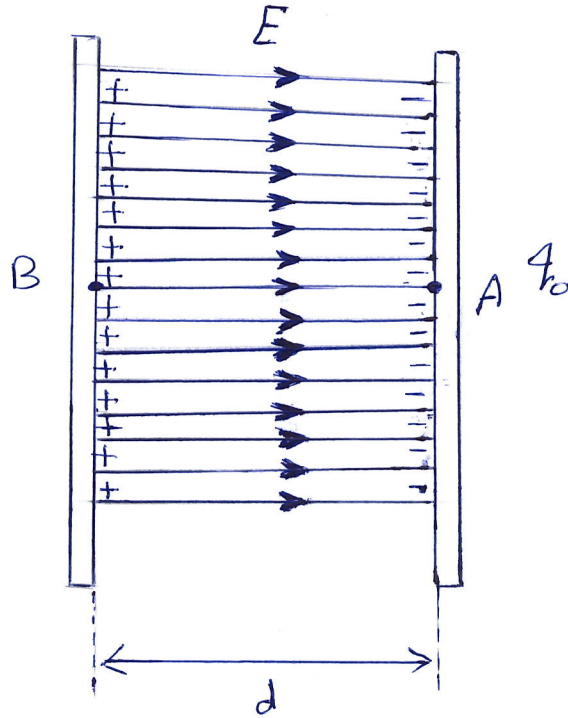
The Relation between potential and Intensity of Electric Field :

1 - حالة الحقل المنتظم

• نوضح الشكل (1-4) حقلًا كهربائيًا متجهًا (كما هو الحال بين لبوس مكثفة مسطحة) النقطة A تبعد مسافة d ، في اتجاه الحقل، عن نقطة B . ولنفرض وجود شحنة اختبار q موجبة تتحرك بمؤثر خارجي من B إلى A على طول المسار المستقيم لواجه بين القطبين.

• القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة هي $\vec{F} = q\vec{E}$ متجهة من B إلى A (أي باتجاه المجال) وهي تترك الشحنة بحركة طائفة لحية الحقل (من A إلى B) إلا أنه من وجود مؤثر خارجي يولد شحنا بقوة $\vec{F}$ مساوية المقدار $q\vec{E}$ ، وعلى ذلك يكون العمل المبذول :

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = q\vec{E} \cdot \vec{d}$$



الشكل (4 - 1)
شحنة اختبار موجبة تتحرك في حقل كهربائي منتظم

• وبما أن الزاوية بين $\vec{E}$ و d تساوي الصفر نكتب :

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} = E \cdot d \quad (3-4)$$

2- الحالة العامة (الحقل الكهربائي غير منتظم) :

• ليضع المرء (2-4) حقلًا كهربائيًا غير منتظم ، حيث تتخذ شحنة اختبار q_0 مسارًا غير منتظم من A إلى B . القوة الكهربائية $\vec{E}$ تؤثر على الشحنة q_0 كما في الشكل وهي تقرب الشحنة بمرورها في قوة خارجية $\vec{F}$ تساوي $-\vec{E} \cdot q_0$ حيث أن تؤثر أيضًا على الشحنة .

• إذا كانت الانزاحة التي تسير $\vec{F}$ هي d فيكون العمل المبذول بالمؤثر الخارج هو :

$$W = \vec{F} \cdot d$$

والحل المبني على الحركة من A إلى B يكون:

$$W_{AB} = \int dW = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{\ell}$$

بالقوة عن $\vec{F}$ بمتجه $d\vec{\ell}$.

$$W = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{\ell}$$

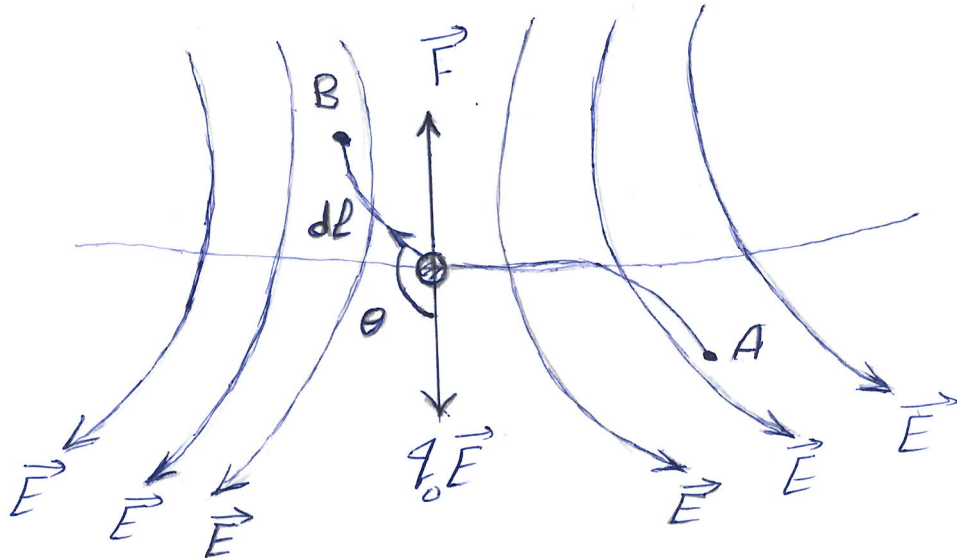
بالقوة عن W بمتجه من العلاقة (4-1) هذا هو:

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (4-4)$$

أخذ $A = \infty$ فإن $V_A = 0$ وبالتالي V_B عند نقطة B بمتجه العلاقة:

$$V_B = - \int_{\infty}^B \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \quad (5-4)$$

تستخدم العلاقة السابقة بين V و E عند نقطة معينة في مجال هذا الحقل $\vec{E}$ عند نقطة معينة بين نقطتين (أو النقطتين) إذا علم الحقل.



الشكل (4-2)

سحنة تتحرك في حقل كهربائي غير منتظم

مثال: ليكن لدينا حقل كهربائي موجه باتجاه x الموجب وسرعته تساوي 10 V/m

و المطلوب ايجاد الكمون بتابعية x علماً أنه $V=0$ عند $x=0$.

الحل: نعلم أنه فرق الجهد المتناهي صغير بتابعية المسافة والحقل الكهربائي بالعلاقة التالية:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = (-10 \text{ V/m}) \vec{i} \cdot (dx \vec{i} + dy \vec{j} + dz \vec{k})$$

$$= -(10 \text{ V/m}) \cdot dx$$

نجد بالسكالات أنه:

$$V = \int dV = \int -(10 \text{ V/m}) dx = -(10 \text{ V/m}) x + V_0$$

يحدد ثابت السكالات V_0 من الشرط البدائي $V=0$ عند $x=0$

$$V(0) = V_0 = 0$$

يعطى الكمون كذاً بالعلاقة التالية:

$$V = -(10 \text{ V/m}) x$$

• **سطوح تساوي الكمون:**

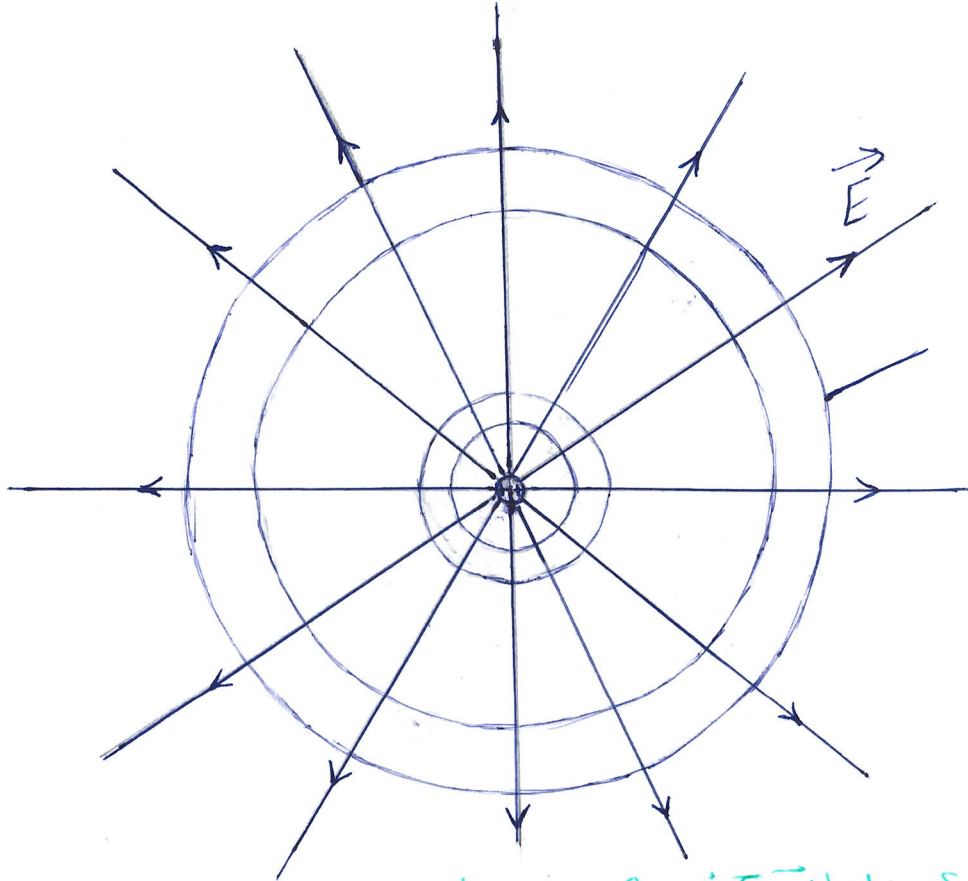
Equipotential surfaces

• يطلق على الحيز الهندسي للنقاط التي لارتفاع الكمون "السطح المتساوي الكمون"
وبالتالي فإن عند كل نقطة من نقطة إلى أخرى على سطح متساوي الكمون لا تحتاج
لبذل أي عمل لأن فرق الكمون بين نقطتين لا يتقال على سطح معدوم أي إنه:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (6-4)$$

• وبما أن $\vec{E}$ و $d\vec{l}$ مختلفان عن الصفر، نستنتج من العلاقة السابقة أن $\vec{E}$
لا بد أن يكون عمودياً على الانتقال $d\vec{l}$ ، أي بأنه سطح متساوي الكمون يكون عمودياً على
خطوط القوى الكهربائية، فإذا كان الحقل متجهياً فإنه هذه السطح تكون عبارة عن مستويات

عمودية على المحل. أما سطح سوية الشحنة (الجزء) الناتجة خارج ناقل كروي مشحون
بكمية منتهية فهو عبارة عن كرات متحدة المركز في مركز الشحنة، أما خطوط المحل
الكهربائي فهو عبارة عن أنابيب أقطار عمودية على سطح سوية الشحنة كما يوضح
ذلك الشكل (3-4).



الشكل (3-4)

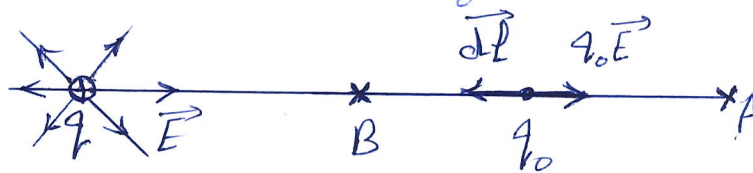
سطوح تساوي
الشحنات وخطوط
المحل الكهربائي
خارج ناقل كروي
مشحون بكمية
منتهية

• الشحنة الكهربائية الناتجة عن شحنة نقطية :

potential of point charge

• لدينا شحنة نقطية موجبة q ، ونأخذ حاسب فرق الشحنة بين النقطتين A و B
الواقعتين في مسار الشحنة q ، وفي استقامة واحدة للسهولة.

ولنفرض أن شحنة اعتبار نقطية q_0 تتحرك من A إلى B كما هو موضح بالشكل



الشكل (4-4)

• يتضح من الشكل السابق أن $\vec{E}$ متجه نحو المركز بينما $d\vec{\ell}$ متجه نحو اليسار (في اتجاه الحركة) وبالتالي يكون لدينا :

$$\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = E \cdot d\ell \cdot \cos 180^\circ = -E \cdot d\ell$$

وبعد اعتبار أن الاتجاه $(d\vec{\ell})$ بعد اتجاه زيادة نصف القطر r فإن :

$$d\ell = -dr \quad \text{و} \quad \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = E \cdot dr$$

بالعوض في العلاقة (4-4) نجد :

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = - \int_{r_A}^{r_B} E \cdot dr \quad (7-4)$$

بالعوض عن E بقيمتها من العلاقة (4-2) المتعلقة بالحقل المنولد عن شحنة نقطية نجد :

$$V_B - V_A = \frac{-q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right] \quad (8-4)$$

وإذا أخذ قيمته $A = \infty$ أي $(V_A = 0)$ في هذه نقطة فنكون العلاقة السابقة
إذ العلاقة تعطى الشحنة عند أية نقطة تبعد مسافة r عن الشحنة .

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \quad (9-4)$$

تبين هذه العلاقة بكل وضوح أن $\vec{E}$ طوع تاوي يكون لشحنة نقطية معزولة هي عبارة عن طوع كروية مركزها الشحنة نفسها .

• الكون يملك بالعلاقة السابقة (4-9) موجباً وسالب وذلك حسب إشارة الشحنة q .

• الطاقة الكامنة U لشحنة الاختبار q التي تقع على مسافة r من الشحنة النقطية Q تعطى بالعلاقة:

$$U = q \cdot V = \frac{k q Q}{r} \quad \text{و} \quad U = 0 \quad \text{عند } r = \infty \quad (4-10)$$

تمرين 2: ما هو الكون الكهربائي على مسافة $r = 0,529 \times 10^{-10}$ م البروتون (هذه المسافة هي المسافة الوسطية بين البروتون والإلكترون في ذرة الهيدروجين).
 (b) ما هي الطاقة الكامنة للإلكترون الذي يقع على نفس المسافة السابقة وكذلك البروتون.

الحل: (a) يملك الكون الكهربائي بالعلاقة (4-9) فقد:

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r} = \frac{(9 \times 10^9)(1,6 \times 10^{-19})}{0,529 \times 10^{-10}} = 27,2 \text{ ص}$$

(b) من العلاقة (4-10) نجد مباشرة الطاقة الكامنة الكهربائية:

$$U = q \cdot V = (-e)(27,2) = -27,2 \text{ ص}$$

ملاحظة 1: من المعروف أن الإلكترون يملك طاقة حركية في ذرة الهيدروجين تساوي $13,6 \text{ ص}$ وبالتالي فإن الطاقة الكلية للإلكترون في ذرة:

$$13,6 \text{ ص} - 27,2 \text{ ص} = -13,6 \text{ ص}$$

هذه الطاقة هي الطاقة اللازمة لكي يحرر الإلكترون من ذرة الهيدروجين من الذرة أي $13,6 \text{ ص}$ والتي تسمى طاقة التأين.

$$1 \text{ ص} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ ج} \quad \text{و} \quad 1 \text{ ص} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ ج} \quad \text{ملاحظة 2:}$$

تقديري 3: في الانطار النووي ، إذا اقتربت ذرة يورانيوم ^{235}U تسرعاً ، فإنها تنشط
بالحمل ذرتين خفيفتين نسبياً . في بعض الأحيان يمكن أن تكون الذرات هما ذرة الباريوم
(ذات الكتلة 56 e) وذرة الكريبتون (ذات الكتلة 36 e)
إذا اعتبرنا أن هذين النكليوسين عبارة عن كتلتين نقطيتين موجبتين تفصل بينهما مسافة
 $r = 14,6 \times 10^{-5} \text{ m}$ والمطلوب حساب الطاقة الكامنة لهذه الكتلة لمكونة
من النكليوسين مقربة بالكريبتون - فولط .

الحل: بتطبيق العلاقة (4-10) نجد:

$$U = \frac{k q_1 q_2}{r} = \frac{k (56e)(36e)}{r} = e \frac{k e (56)(36)}{r}$$

$$= e \frac{(9 \times 10^9)(1,6 \times 10^{-19})(56)(36)}{14,6 \times 10^{-15}}$$

$$= e (1,99 \times 10^8 \text{ V}) = 199 \text{ MeV}$$

ملاحظة: الطاقة r أخذت مساوية تقريباً لمجموع نصف قطري النكليوسين .

بعد الانطار فإن النكليوسين يتبعان مسارات منبعدة عن بعضها بسبب القوة الكهرستاتيكية الساكنة
المتنافية . حيث تصرف الطاقة الكامنة السابقة 199 MeV على شكل طاقة حركية
ومعظم الطاقة حركية . نتيجة هذا الانطار فإننا نحصل أيضاً على نيوترونين أو ثلاثة والتي
يديرها تتفاعل مع ذرات يورانيوم أخرى مما يؤدي إلى انشطارات أخرى ، وهذا ما سيمر
بالتفاعل المتسلسل . ولأن كل انطار من هذه الانشطارات يحصل على ما يقارب 200 MeV
بشكل متوسط .

• الكمون الكهرستاتيكي المتولد عن مجموعة من الشحنات لنقطية:

• باعتبار أن الكمون مقدار سلمي ، موجب إذا كانت الشحنة التي تولده موجبة ، وسالبة
وسالبة إذا كانت الشحنة التي تولده سالبة ، فحساب الكمون الكلي المتولد ، في نقطة
عصية له جدار مجموعة من الشحنات ، فحساب الكمون المتولد عن كل شحنة كما لو كانت
موجودة بمفردها ، ثم نجمع هذه الكمونات جبراً فنحصل بذلك على العلاقة التالية .

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n \frac{k q_i}{r_i} \quad (11-1)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

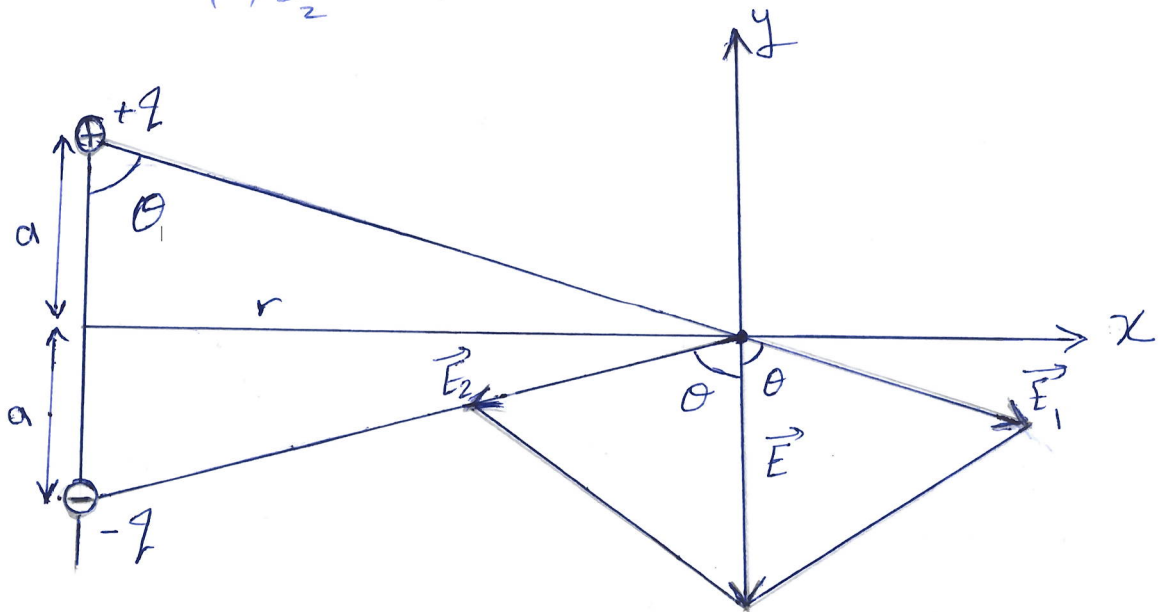
حيث:

• ثنائي الأقطاب الكهربائي:

تعريف: نتكلم هنا عن شحنتين نقطيتين له مقدار ومختلفتان في الإشارة $(+q)$ و $(-q)$ تفصل بينهما مسافة صغيرة جداً مقدارها $(2a)$. ولطلب حساب سعة الحقل الكهربائي عند نقطة تقع على المحور الممتد للمسافة بين الشحنتين وتبعد مسافة r عن نقطة المنتصف.

إليك الحقل الكهربائي الناتج عن ثنائي الأقطاب الكهربائي يكون ماوياً: فحالة الحقلين $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ الناتجتين عن الشحنتين q_1 و q_2 على الترتيب كما هو موضح بالشكل (2-13) ويكون ماوياً:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$



الشكل (2-13)

ثنائي الأقطاب الكهربائي

ويكون لدينا حسب العلاقة (2-4) :

$$E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{(a^2 + r^2)}$$

ويضع مدلولها أن مركبتيه موجهة الكتلين على محور الاستقطاب :

$$E_y = 2E_1 \cos \theta \quad \text{و} \quad E_x = 0$$

$$\cos \theta = \frac{a}{(a^2 + r^2)^{1/2}} \quad \text{حيث}$$

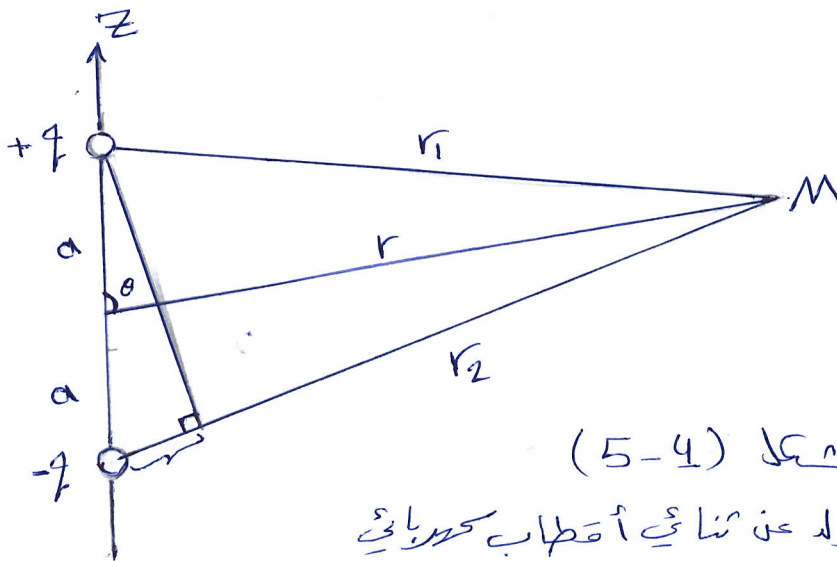
فيكون كذا الناتج :

$$E = E_y = \frac{2q}{4\pi\epsilon_0(a^2 + r^2)} \cdot \frac{a}{(a^2 + r^2)^{1/2}} = \frac{2qa}{4\pi\epsilon_0(a^2 + r^2)^{3/2}}$$

واتجاه $\vec{E}$ هو باتجاه γ السالب أي $(-j)$.

تمرين : لدينا الحثيين $(+q$ و $-q)$ تفصل بينهما مسافة $2a$ ،

احس الشحنة الممكنة عن هذا الناتج في نقطة M (و M) والتي إحداثياتها القطبية r و θ كما هو موضح بالشكل (4-5)



الشكل (4-5)

المكونين لمولده عن متائفي أقطاب كهربائي في النقطة M

الحل: بتطبيق العلاقة (4-11) نجد :

$$V = \sum V_i = V_1 + V_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q}{r_1} + \frac{(-q)}{r_2} \right]$$

$$= Kq \left[\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right]$$

إذا كان لدينا ($r \gg a$) فنحن خلال الشكل السابق نجد بتقريب معين أن :

$$r_2 - r_1 = 2a \cos \theta \quad \text{و} \quad r_1 \cdot r_2 \approx r^2$$

بالعوض في العلاقة السابقة نجد :

$$V = Kq \cdot \frac{2a \cos \theta}{r^2}$$

نتيجة العلاقة السابقة أن V يباين الفرق في مستوى الذي يكون فيه ($\theta = 90^\circ$)، كما أن V يكون أيجابياً عموماً عندما ($\theta = 0$) وبأحد قيمة سالبة عظمى من أجل ($\theta = 180^\circ$) .

• إيجاد المجال الكهربائي من البوتنشل :

Finding The Electric Field From The potential.

• إذا كنا في معرفة البوتنشل، نستطيع حساب المجال الكهربائي الممتلئ به لتغير انتقاله صغيراً في حقل كهربائي معين $\vec{E}$ ، التغير يكون يكون :

$$dV = - \vec{E} \cdot d\vec{l} = -E_p \cdot dl \quad (12-4)$$

حيث: E_f : يمثل مركبة $\vec{E}$ الموازية للانتقال، بإذن:

$$E_f = \frac{-dv}{d\ell} \quad (13-4)$$

- إذا كان هذا الانتقال عمودياً على الحقل الكهربائي فإن الشحنة لا تتغير.
- التغير الأكبر في الشحنة يحصل عندما يكون الانتقال $d\ell$ وفق اتجاه الحقل $\vec{E}$.
- الحقل الذي يتجه في اتجاه التغير الأكبر التابع للشحنة وكذلك طولية حادثة إلى مشتق هذه التابع بالنسبة للمكانة لهذه الانتقال يساوي تدرج التابع.
- الحقل الكهربائي $\vec{E}$ هو التدرج السالب لهذا الشحنة V .
- إذا كان الشحنة تتحرك فقط بالمحور X ، فإن لا تتغير أثناء الانتقال في الاتجاهين Y و Z ، وبالتالي فإن $\vec{E}$ يجب أن يكون فقط وفق المحور X . مع أجل الانتقال في اتجاه X ، فإن $\vec{d\ell} = dx \cdot \vec{i}$ وبالتالي المعادلة (12-4) تصبح:

$$dV(x) = -\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\vec{E} \cdot dx \cdot \vec{i} = -E_x \cdot dx$$

وبالتالي فإن:

$$E_x = -\frac{dV(x)}{dx} \quad (14-4)$$

- بشكل مماثل، فإن في اتجاه توزيع كروي متناظر للشحنة، فإن الشحنة تابع فقط للمكانة الشعاعية r . وكما رأينا فإن الانتقال بشكل عمودي على هذه المسافات الشعاعية لا تتغير في الشحنة $V(r)$ (سطح تساوي الشحنة)، وبالتالي فإن الحقل الكهربائي يجب أن يكون شعاعياً (أو نصف قطري). الانتقال وفق الاتجاه الشعاعي بحيث الحقل الكهربائي:

$$d\vec{\ell} = dr \cdot \vec{r}$$

$$dV(r) = -\vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\vec{E} \cdot dr \cdot \vec{r} = -E_r \cdot dr$$

وبالتالي :
$$E_r = - \frac{dV(r)}{dr} \quad (15-4)$$

انطلاقاً من العلاقة الأخيرة نلاحظ أنه يمكننا إيجاد قيمة أحد المقدارين المكونين أو الكل في منطقة معينة من الفراغ، فإنه يمكن استخدام المعادلة (15-4) لحساب الآخر.

تمرين : أوجد الحقل الكهربائي في أجل يكون كهربائي $V(x)$ مطبقاً بالعلاقة التالية

$$V(x) = 100V - (25 V/m) x$$

الحل : نلاحظ أنه تابع المكون يتطابق فقط بالمحور x ، وبالتالي فإن الحقل الكهربائي يتجه

بتطبيق العلاقة (14-4) نحصل :
$$\vec{E} = - \frac{dV}{dx} \vec{i} = + (25 V/m) \vec{i}$$

العلاقة العامة بين الحقل $\vec{E}$ و V :

General Relation between $\vec{E}$ and V :

عملياً، ندرج التابع V بحيث $\vec{\text{grad}} V$ هذا يعني أنه :

$$\vec{E} = - \vec{\text{grad}} V \quad (16-4)$$

بشكل عام، يمكننا أن نستعمل التابع المكون بكونه x و y و z . المركبات لميكانيكية الحقل الكهربائي مستقلة بالمشتقات الجزئية المكون على السطح x و y و z حيث تكون المتكاملات الأخرى ثابتة. فضلاً عن المركبة وفق x الحقل الكهربائي تعطى بالعلاقة التالية :

$$E_x = - \frac{\partial V}{\partial x} \quad (a-17-4)$$

بشكل مشابه، المركبات وفق y و z الحقل الكهربائي المستقلة بالمكون تعطى بالعلاقات التالية :

$$E_y = - \frac{\partial V}{\partial y} \quad (b-17-4)$$

$$E_z = - \frac{\partial V}{\partial z} \quad (c-17-4)$$

المعادلة (4-16) في الاحداثيات الديكارتية تصبح :

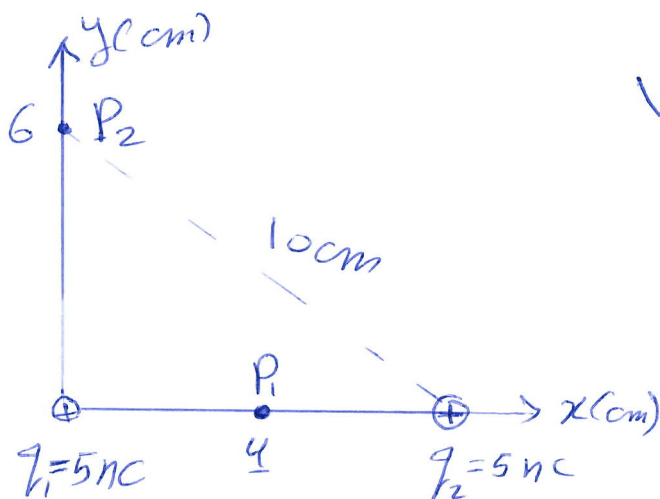
$$\vec{E} = -\text{grad } V = -\left[\frac{\partial V}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \vec{k} \right] \quad (4-18)$$

تمرين :

لنكن الحثان الكهربائي $+5nC$ على محور x ، احدهما في مبدأ والآخر في $x=8cm$ أوجد الجهد عند

(a) النقطة P_1 على محور x عند $x=4cm$

(b) P_2 " " $y=6cm$ " "



$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i} \quad \text{الكل}$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} \right)$$

$$r_1 = r_2 = 4cm \quad \text{لأن}$$

$$q_1 = q_2 = 5 \times 10^{-9} C$$

$$\Rightarrow V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{2q}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 5 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-2}} \approx 2250V$$

$$b) V = \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-9}}{0.106} + \frac{9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-9}}{0.110} \approx 1200V$$



مكتبة
A to Z