كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء عامة٢

المحاضرة الرابعة /نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

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

$$q = \frac{F}{m} = \text{---}$$

الضغط الكهربائي:

لنفرض أنه لدينا سطح (S) مشحون بكثافة سطحية قيمتها σ فإن
قيمة الحقل على هذا السطح هي $E_s = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$ وكذلك $dq = \sigma ds$
هي الشحنة التي يحملها السطح الصغير ds وهي تخضع لقوة كهربائية

$$dF = dq\, E_s = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} ds$$

و لدينا الضغط هو $P = \frac{F}{S}$ إذاً

$$P = \frac{dF}{ds} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$$

إن قيمة الضغط الكهربائي هي دوماً نحو خارج السطح سواء كانت σ موجبة أو سالبة
أما قيمته فهي صغيرة جداً .

مثال : لدينا كرة معدنية نصف قطرها 10cm . حيث قيمة تأثير فرق الكمون 10^3 volt
فما هو الضغط الكهربائي على سطحها

الحل : لحساب الكثافة السطحية

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{CV}{S} = \frac{4\pi\varepsilon_0 RV}{4\pi R^2} = \varepsilon_0 \frac{V}{R}$$

$$\Rightarrow \sigma = \frac{1}{36\pi 10^9} \frac{10^3}{10^{-1}} = 8.85 \times 10^{-8} \ C/m^2$$

ويكون قيمة الضغط الكهربائي على السطح

$$P = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} = \frac{(8.85\times10^{-8})^2}{2\,\frac{1}{36\pi\times10^9}} = 4.4 \times 10^{-3} \ \frac{N}{m^2}$$

* ثنائي الاقطاب الكهربائي :

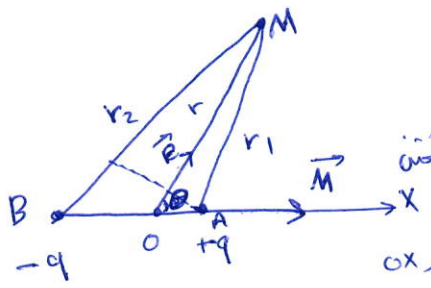
ثنائي الاقطاب الكهربائي هو عبارة عن شحنتين كهربائيتين نقطيتين $+q$ ، $-q$ متساويتين بالقيمة المطلقة ومختلفتين بالاشارة ، تفصل بينهما مسافة صغيرة ℓ جدا بالمقارنة مع بعد نقطة التأثير .

1- حساب الكمون :

لحساب الكمون المتولد عن الشحنتين $+q$ ، $-q$ في النقطة M التي تبعد مسافة r_1 عن $+q$ ومسافة r_2 عن $-q$

علما أن النقطة M يمكن تعيينها بالاحداثيات القطبية r ، θ حيث r : بعد M عن منتصف المسافة بين الشحنتين

θ : الزاوية التي يصنعها OM مع المحور ox الموجه من الشحنة السالبة إلى الموجبة



لحساب الكمون المتولد عن كل شحنة نعوض فنجمع الكمونين المتولدين منهما

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{r_2 - r_1}{r_2 r_1}$$

وبما أن $r \gg \ell$ فيمكننا أن نكتب التقريبين التاليين :

$$r_2 - r_1 \approx \ell\cos\theta \quad , \quad r_1 r_2 = r^2$$

بالتعويض نجد :

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\ell\cos\theta}{r^2}$$

نسمي المقدار $(M = q\ell)$ بالعزم الكهربائي لثنائي الاقطاب وهو عبارة عن شعاع محمول على المستقيم الواصل بين الشحنتين المكونتين لثنائي الاقطاب وموجه من الشحنة السالبة إلى الشحنة الموجبة

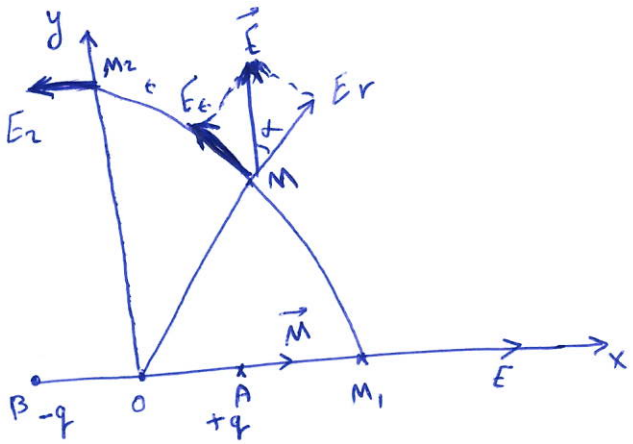
إن مكونات المادة (الذرات) يمكن اعتبارها بتقريب مقبول ثنائيات الاقطاب فجزيئات الماء والنشادر وغاز كلور الماء تسمى جزيئات قطبية أي تكافئ ثنائيات أقطاب كهربائية ذات عزوم كهربائية صغيرة جدا

يمكننا كتابة الكمون الكهربائي بدلالة العزم بالشكل

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{M\cos\theta}{r^2}$$

٢- حساب الحقل : يمكننا ايجاد الحقل الناتج عن كل شحنة بمفردها ثم نجمع الحقلين جمعاً شعاعياً إلا أن هذه الطريقة طويلة ولكن نحاول حساب الحقل باستعمال التكون حساب علاقة الحقل بالكمون

نلاحظ أنه توجد مركبتان للحقل الكلي احداهما E_r محمولة على المستقيم OM والثانية E_t محمولة على العمود OM



ونكتب

$$E_r = -\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right)_\theta = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2M\cos\theta}{r^3}$$

$$E_t = -\frac{\partial V}{\partial t} = -\left(\frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta}\right)_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{M\sin\theta}{r^3}$$

وتكون القيمة المطلقة لـ E

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_t^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{M}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}$$

اما منحى الحقل E فيصنع زاوية α مع المحور OM وتحقق العلاقة

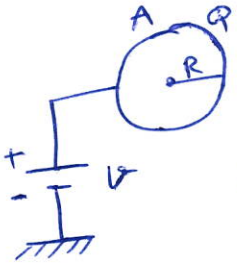
$$tg\,\alpha = \frac{E_t}{E_r} = \frac{1}{2}tg\,\theta$$

السعة والمكثفات :

عندما نشحن ناقل A بشحنة كهربائية Q وذلك بوصله بالقطب الموجب للمولد مثلاً فإن الشحنة توزع على سطحه ويصبح كموناه ساوياً لكمون المولد

وعندما نزيد (V) تزداد Q بحيث تبقى النسبة بينهما ثابتة ونكتب $\left(\frac{Q}{V} = C\right)$

حيث C : سعة الناقل وتقدر بالفاراد $\frac{Col}{V}$



طبعاً يمكننا حساب الحقل المتولد عن هذه الكرة في نقطة M تقع خارجها علماً أنه شعاع محمول على المستقيم الواصل بين مركز الكرة والنقطة M وذلك نسبياً الشاطر ومحتوى بين O إلى M

إذا كانت $\alpha > 0$ وهي M إلى O إذا كانت $\alpha < 0$ أما منحى العدوية فيحسب بتطبيق نظرية غوص.

ونحصل على أن فرق الكمون بين سطح الناقل والأرض هو

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R} \Rightarrow C = 4\pi\varepsilon_0 R$$

فإذا كانت $R = 1m$ فإن $C = \frac{1}{9\times10^9}$ Farad

نستنتج من ذلك أنه لا يمكننا الحصول على سعات كبيرة نسبياً بواسطة ناقل واحد لذلك نضع ناقلين قريبين جداً من بعضهما يحصل حسب شكل الناقل على مكثفة مستوية أو كروية أو أسطوانية مثلاً.

ويمكننا تكثيف الكهرباء على ناقل A وذلك بوصله بالقطب الموجب لمولد بينما القطب السالب للمولد نصله بالارض فيكتسب الناقل (A) كمية صغيرة موجبة ولزيادتها نقرب من A ناقلاً آخر B موصولاً بالأرض وموازياً له.

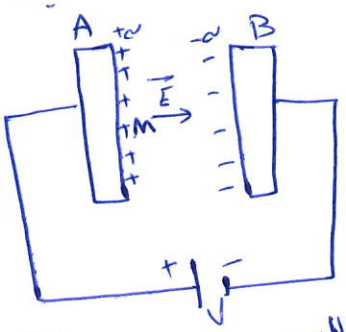
نلاحظ ظهور كميات سالبة متولدة بالتأثير على B متوثرة هذه الكميات على A وتزيد من كمية الموجبة. نتابع تقريب B من A نلاحظ ازدياد الكمية السالبة على B والموجبة على A.

من الواضح أن المولد هو الذي يقدم هذه الكميات.

وبما أن Q تزداد بينما يبقى V ثابتاً لذلك فإن C تزداد كي تبقى العلاقة $\left(C = \frac{Q}{V}\right)$ صحيحة دوماً وسمي هذه المكثفة وهي عبارة عن مجموعة الناقلين مقسوماً على فرق الكمون بينهما.

* حساب سعة المكثفة المستوية:

المكثفة المستوية هي عبارة عن مستويين المسافة بينهما صغيرة جداً بالنسبة لبعدي المستويين إذا طبقنا بين اللبوسين فرق في الكمون (V) فإن كل منهما يكتسب كمية تتوزع على سطحه بكثافة منتظمة $+\sigma$ على A و $-\sigma$ على B وتولد بين اللبوسين حقل كهربائي عمودي على كل منهما وحقل منتظم يمكن حساب شدته العددية بطريقين



1- إما بحساب الحقل المتولد عن مستويين لانهائيين مشحونين بالكثافتين $+\sigma$ ، $-\sigma$ فنجد

$$E = E_1 + E_2 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} + \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

أو بتطبيق نظرية غوص على سطح اسطوانة محورية على اللبوس A وعند داخل الناقل A

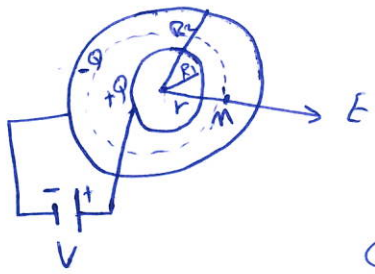
$$\Phi = \iint_S \vec{E}\,d\vec{s} = \frac{\sum q}{\varepsilon_0} \Rightarrow \boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

وحساب الكمون كما هو لان الحقل بين اللبوسين A ، B منتظم

$$\int_A^B -dV = \int_A^B \vec{E}\,d\vec{l} = \int_A^B E\,dl \Rightarrow V_A - V_B = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} d \Rightarrow \text{السعة } C = \frac{Q}{V_A - V_B} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

+ حساب سعة المكثفة الكروية :

المكثفة الكروية عبارة عن كرتين لهما مركز واحد أحداهما داخلية نصف قطرها R_1 والثانية خارجية نصف قطرها R_2 وعندما نطبق بين اللبوسين فرقاً بالكمون V فإن الكرة A تكتسب الشحنة $+Q$ بينما تكتسب الكرة B الشحنة $-Q$ على السطح الداخلي



لنحسب الحقل الكهربائي $\vec{E}$ في نقطة M واقعة بين اللبوسين بتطبيق نظرية غوص على كرة مركزها (O) ونصف قطرها r .

$$\Phi = \oiint_S \vec{E}\,d\vec{s} = \frac{\sum q}{\varepsilon_0} \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

لحساب فولات الحقل $\vec{E}$ بين اللبوسين نجد

$$\int_A^B -dV = \int_A^B \vec{E}\,d\vec{\ell} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r^2}$$

$$V_A - V_B = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right] \Rightarrow$$

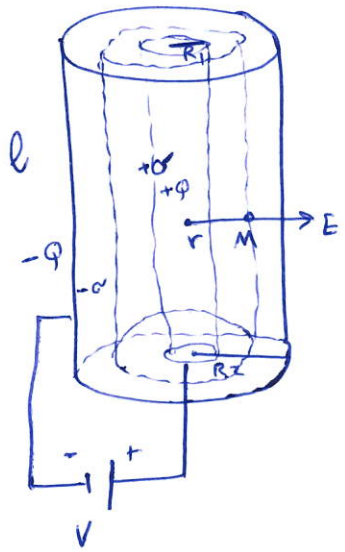
وبالتالي سعة المكثفة الكروية :

$$C = 4\pi\varepsilon_0\,\frac{R_1R_2}{R_2-R_1} \simeq \varepsilon_0\,\frac{S}{d}$$

+ حساب سعة المكثفة الاسطوانية :

المكثفة الاسطوانية عبارة عن اسطوانتين لهما محور واحد، طول كل منها ℓ ونصف قطر الداخلية R_1 والخارجية R_2

عند تطبيق فرقاً بالكمون (V) بين اللبوسين فإن الاسطوانة الداخلية تكتسب شحنة $+Q$ والخارجية $-Q$



لحساب الحقل الكهربائي في نقطة M تقع بين اللبوسين نطبق نظرية غاوص على سطح اسطوانة وهمية نصف قطره $r = OM$ فنجد

$$\Phi = E\,2\pi r\ell = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

وبالتالي

$$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \ell}\ \frac{1}{r}$$

ولحساب فولتية الحقل الكهربائي E بين اللبوسين

$$\int_A^B -dV = \int_A^B \vec{E}\,\vec{dl} = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \ell}\int_{R_1}^{R_2}\frac{dr}{r} \Rightarrow$$

$$V_A - V_B = \frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 \ell}\ln\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow C = \frac{2\pi\varepsilon_0 \ell}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$$

إذا ازداد كل من R_1 و R_2 وبقيت المسافة بينهما ثابتة فإن

$$\ln\frac{R_2}{R_1} = \ln\left(1+\frac{d}{R_1}\right) = \frac{d}{R_1}$$

[نضيف ونطرح d]

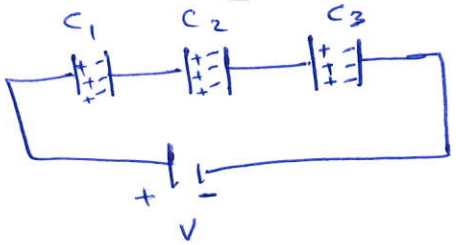
وبالتالي

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 \ell R_1}{d} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$$

* وصل المكثفات :

تصل المكثفات مع بعضها البعض لسببين إما لأنها لا تتحمل فرقاً في الكمون كافياً فنصلها على التسلسل ، أو لأنك تحتاج بسعة كافية فنصلها على التفرع

1- الوصل على التسلسل : ليكن لدينا مجموعة من المكثفات سعاتها $C_1, C_2, C_3 \ldots$ نصلها على التسلسل ثم نطبق بين طرفيها فرقاً في الكمون V كما في الشكل التالي



تتوزع هذه الفولتية في الكمون على كل مكثف فرق كمون حسب سعته بحيث

$$V_1 = \frac{Q}{C_1}\ ,\ V_2 = \frac{Q}{C_2}\ ,\ V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

أي أن

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = Q\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}\right)$$

نلاحظ أن وصل المكثفات هذا يكافئ مكثفة واحدة سعتها تحقق العلاقة التالية

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\cdots$$

2- الوصل على التوازي (التفرع) : نصل مجموعة من المكثفات سعاتها C_1, C_2, C_3 كما في الشكل

نطبق بين طرفيها فرقاً في الكمون V فتكتسب كل منها حمولة حسب سعتها أي

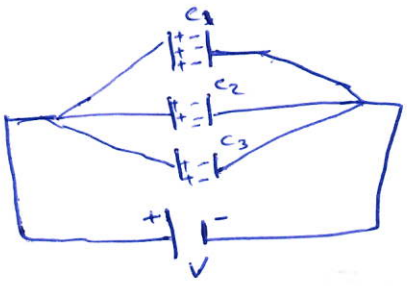
$$Q_1 = C_1 V\ ,\ Q_2 = C_2 V,\ Q_3 = C_3 V$$

وبهذا الشكل تكون حمولة الكلية

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = V(C_1 + C_2 + C_3)$$

أما السعة الكلية

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$



الطاقة المخزنة في مكثفة :

تقوم المكثفة بتخزين الشحنات السالبة والموجبة على لبوسيها وهذا التخزين يترافق مع طاقة كامنة للشحنات على اللبوسين يساوي العمل اللازم لنقل الشحنات بالارتباط

إن العمل اللازم لنقل شحنة dq في لبوس إلى آخر يعطى بالعلاقة

$$dw = v\,dq = \frac{q}{c}\,dq$$

حيث (V) فرق الكمون بين اللبوسين ولنقل الشحنة Q بالكامل يكون العمل الكلي

$$W = \int dw = \int_0^Q \frac{1}{c}\,q\,dq = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{c}$$

يتم تخزين هذا العمل في المكثفة على شكل طاقة كامنة كهربائية U وهو يتحرر عند تفريغ المكثفة . إن العلاقة السابقة تكتب بشكل آخر وهو

$$U = W = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{c} = \frac{1}{8}cV^2 = \frac{1}{2}QV$$

وفي حالة المكثفة المستوية $c = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ إذ تكون الطاقة

$$U = \frac{1}{2}\frac{\varepsilon_0 S}{d}V^2 = \frac{1}{2}\varepsilon_0 S d \frac{V^2}{d^2} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \tau E^2 \quad (*)$$

حيث τ حجم المكثفة $\tau = Sd$ $\Leftarrow$ $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{V}{d}$

نستنتج من العلاقة $(*)$ أن الطاقة محررة في حجم المكثفة يمكن كتابة الكثافة الحجمية للطاقة ونرمز لها بالرمز u

$$u = \frac{V}{\tau} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

وضع عازل بين لبوسي المكثفة :

إن وضع مادة عازلة بين لبوسي مكثفة يؤدي إلى زيادة سعة المكثفة وهذا ما يشير إليه التجربة ويفسر ذلك بأن الحقل الكهربائي بين اللبوسين يؤدي إلى استقطاب العازل فنقول وضع في مادة عازلة هذا الفراغ بين اللبوسين حساسيتها النسبية ε_r يبقى الحقل الكهربائي $E = \frac{V}{d}$ ثابتاً أما الطاقة الكهربائية تزداد ونصبح

$$U = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \varepsilon_r \tau E^2$$

وتزداد سعة المكثفة بوجود عازل ونصبح

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{d} = \varepsilon' \frac{S}{d} \quad \text{أو} \quad C' = \varepsilon_r C$$