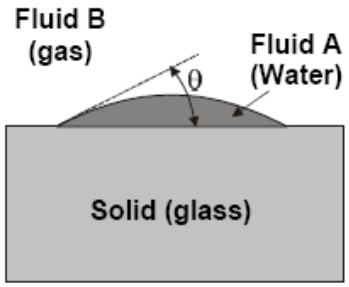
بسم الله الرحمن الرحيم

السوائل + الكهرباء(1)

كلية الهندسة المدنية – السنة الأولى

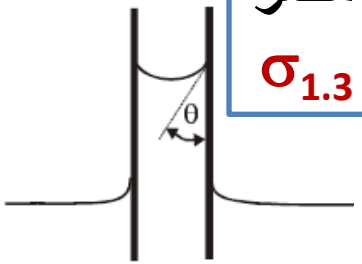
د.صبا عياش

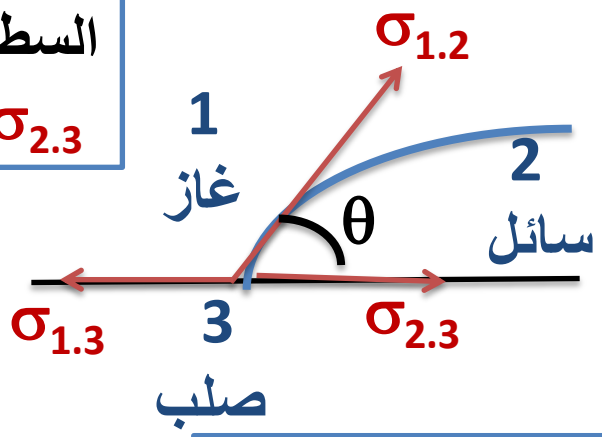
يعبر عن التوتر السطحي للسطح الفاصل بين وسطين من هذه الأوساط بالمقادير $\sigma_{2.3}$(حالة صلب – سائل)، $\sigma_{1.2}$ (حالة سائل ، غاز)، $\sigma_{1.3}$ (حالة غاز- صلب)



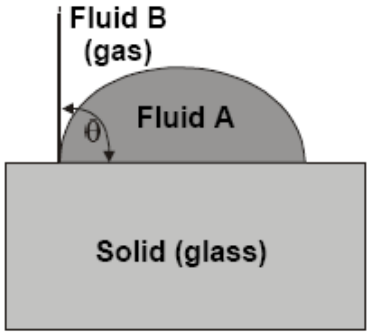
السطح مقعر

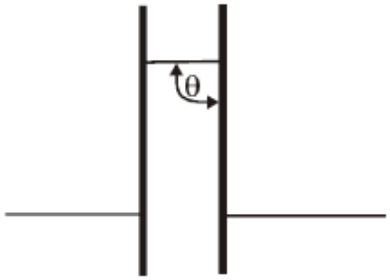
$\sigma_{1.3} > \sigma_{2.3}$



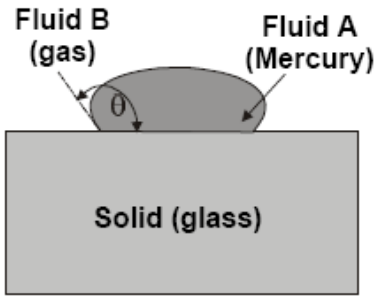


θ:زاوية التبلل





$$\sigma_{1.3} = \sigma_{2.3} + \sigma_{1.2} \cos\theta$$



السطح محدب

$\sigma_{1.3} < \sigma_{2.3}$

حالات التبلل

$\theta = 0$

$\theta = \frac{\pi}{2}$

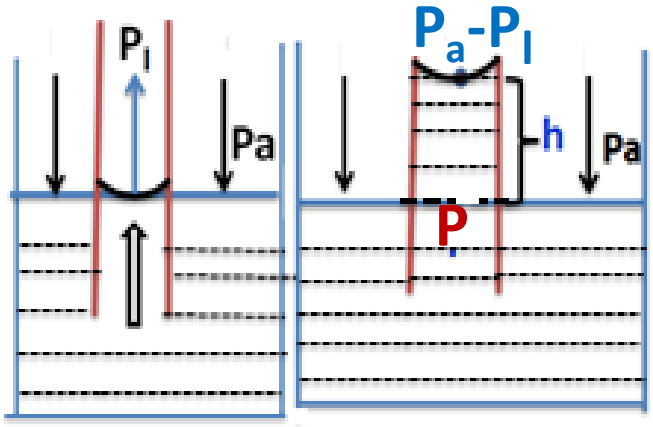
$\theta = \pi$

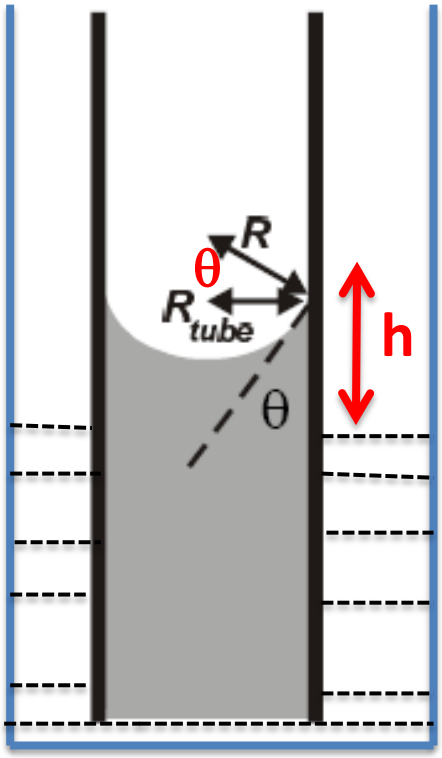
الظاهرة الشعرية

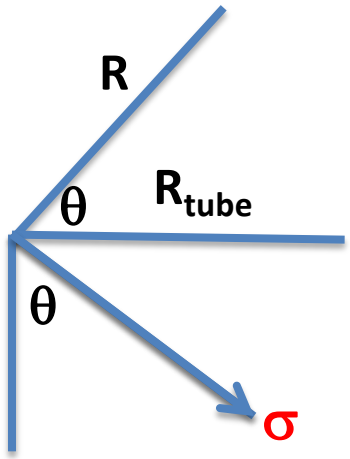
إذا أدخل أنبوب شعري في سائل يرتفع السائل داخل الأنبوب وفقا للضغط اللابلاسي P_l .

يرتفع الماء داخل الأنبوب لارتفاع h عند النقطة p

يتوقف السائل عن الصعود عندما يكون الضغط داخل الأنبوب = الضغط خارج الأنبوب







$$h = 2\sigma/\rho\, g\, r$$

خطورة الظاهرة الشعرية على الأبنية البيتونية

الكهرباء الساكنة

أنواع الشحنة و القوى الكهربائية

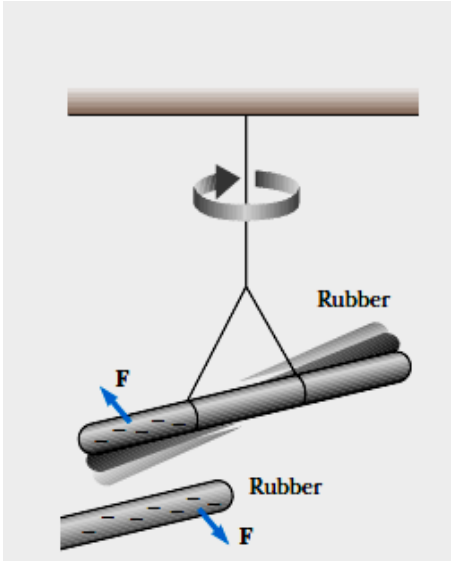
- المادة (الذرة) معتدلة كهربائيا أي عدد الشحنات الموجبة (البروتونات)= عدد الشحنات السالبة (الالكترونات)

- عدد الالكترونات > عدد البروتونات ⇐ الشحنة سالبة
- عدد البروتونات >عدد الالكترونات ⇐ الشحنة موجبة

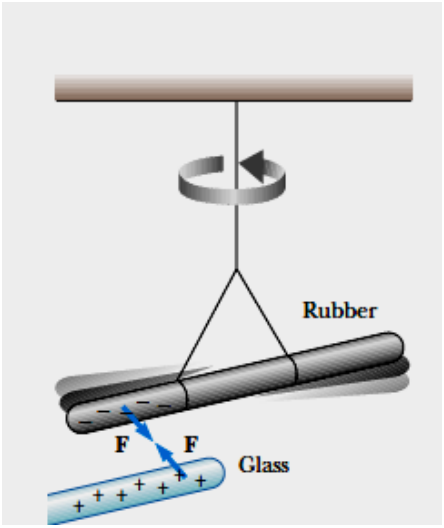
- ينشأ بالتالي نوعان من القوى الكهربائية : قوى تنافرية بين الأجسام المشحونة بشحنات متماثلة (+,+) أو (-,-)و قوى تجاذبية بين الأجسام المشحونة بشحنات مختلفة(-,+)

طرق انتقال الشحنات الكهربائية

انتقال الشحنات بالدلك : عند دلك جسم بآخر فإن أحد الجسمين يكتسب شحنة بينما يفقد الجسم الآخر هذه الشحنة وينشأ عن ذلك قوى كهربائية بين الشحنات المختلفة (قوى تجاذب) و بين الشحنات المتماثلة(قوى تنافر) و هذا ما يسمى بالكهرباء الساكنة

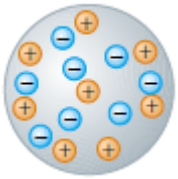


قوى التنافر بين قطعتي الإيبونيت المشحونتين بشحنة سالبة



قوى التجاذب بين قطعة الإيبونيت المشحونة بشحنة سالبة و قطعة الزجاج المشحونة بشحنة موجبة

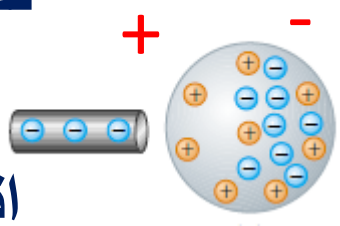
انتقال الشحنات بالتأثير(التحريض) شحن كرة معدنية معتدلة



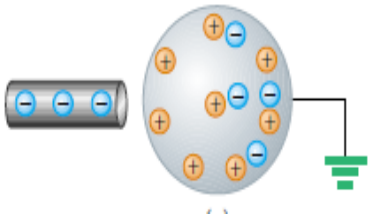
كرة معتدلة : الشحنات الموجبة = الشحنات السالبة

تم شحن الكرة بشحنة موجبة بالتأثير

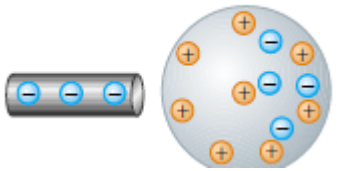
تقريب قضيب الإيبونيت المشحون بشحنة سالبة من الكرة



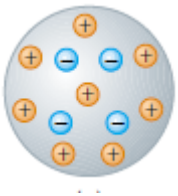
انتقال الالكترونات للطرف البعيد عن الإيبونيت



تأريض السطح البعيد عن الإيبونيت ⇐ اعتدال الشحنة



قطع الاتصال بالأرض ⇐ بقاء الشحنات الموجبة



رفع قضيب الإيبونيت توزع الشحنات الموجبة على كامل الكرة

انجذاب قصاصات ورقية لمشط مدلوك بالشعر ومشحون

قانون كولون

إذا تم وضع شحنتين q_1 q_2 على بعد r بينهما فإن القوة الكهربائية الناتجة بينهما تعطى بالعلاقة :

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

حيث K ثابت التناسب و يتعلق بنوعية الوسط بين الشحنتين ويساوي في حالة الخلاء (في الجملة الدولية) $K=9x10^9$ $N.m^2/coul^2$

يعطى الثابت K بالعلاقة :

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$$

❖ثابت السماحية الكهربائية للخلاء

$\varepsilon_0 = 8.85X10^{-12}\ coul^2/N.m^2$

❖يعطى قانون K بالحالة العامة بالشكل:

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon} = \frac{1}{4\pi\ \varepsilon_0 \varepsilon_r}$$

❖ثابت سماحية الوسط ، εr ثابت السماحية النسبي ويساوي إلى 1 في حالة الخلاء

قواعد عامة في توجيه القوى و الإشارات

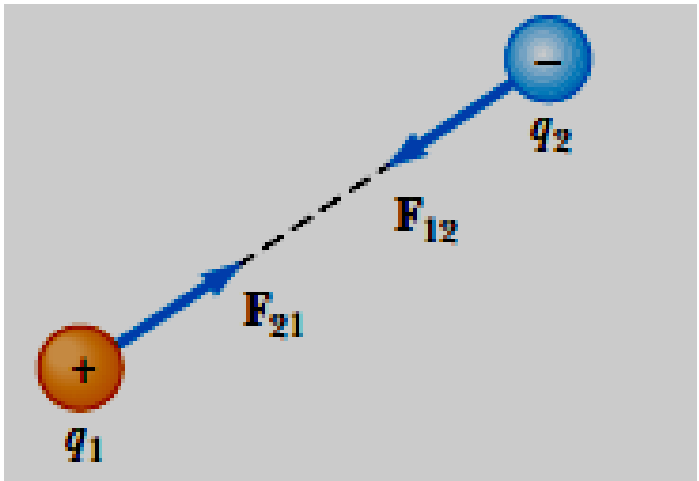
1- يرمز للقوة التي تؤثر بها الشحنة q_1 على الشحنة q_2 بالرمز F_{12} و تكون نقطة تأثيرها عند الشحنة q_2

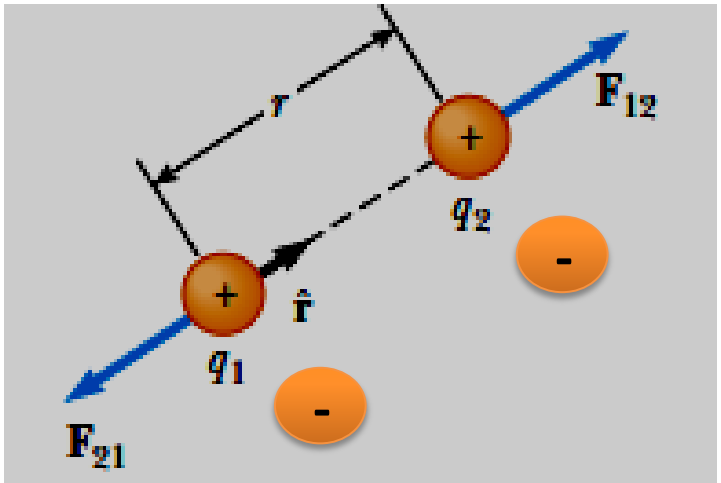
2- يرمز للقوة التي تؤثر بها الشحنة q_2 على الشحنة q_1 بالرمز F_{21} و تكون نقطة تأثيرها عند الشحنة q_1

3- تكون القوتان $F_{12}=F_{21}$

$$F_{12}=F_{21}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2} \quad -4$$

5- تكون جهة القوة للخارج (تنافر) إذا كانت الشحنتان متماثلتين (+,+)،(-,-) أو قوى تجاذب إذا كانت الشحنتان مختلفتين(-,+).





الحقل الكهربائي

الحقل الكهربائي : هو حيز من الفراغ إذا وضعت فيه شحنة نقطية q' تخضع لقوة دفع أو جذب ، و ينشأ الحقل عن شحنة نقطية q (مولدة لهذا الحقل)

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\,q'}{r^2}}{q'} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

واحدة الحقل الكهربائي

واحدة الحقل :

N/coul

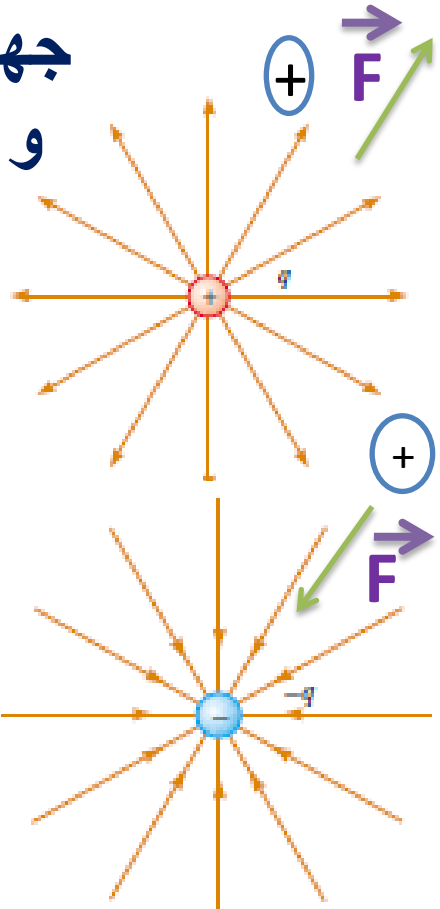
$$[E] = \frac{[F]}{[q']}$$

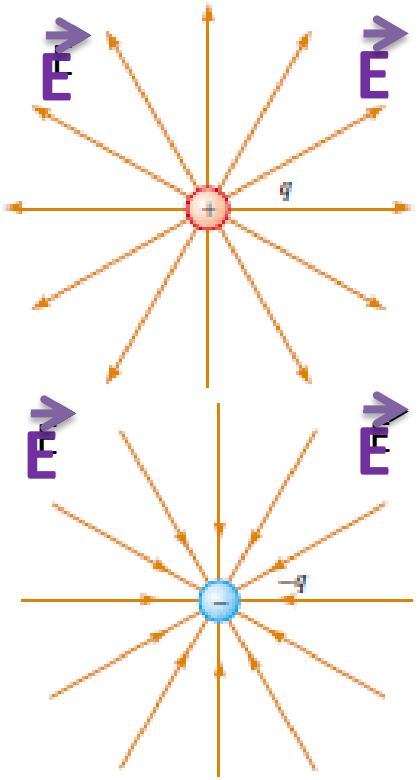
جهة الحقل الكهربائي

تحدد جهة الحقل الكهربائي بوضع واحدة الشحنة الموجبة q'=+1 في حقل الشحنة q وهنا نميز حالتين:

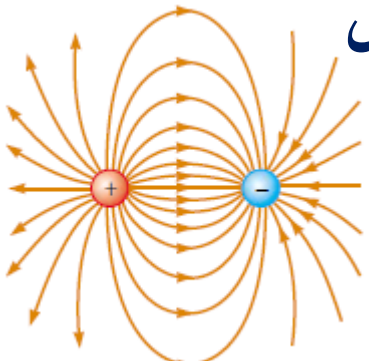
- الشحنة q موجبة ⇐ الحقل ينتشر من الشحنة إلى الخارج
- الشحنة q سالبة ⇐ الحقل ينتشر من الخارج باتجاه الشحنة

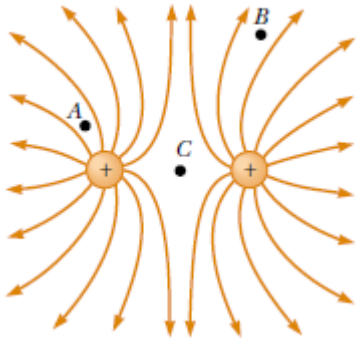
جهة القوة و الحقل





خطوط الحقل الكهربائي لشحنتين كهربائيتين





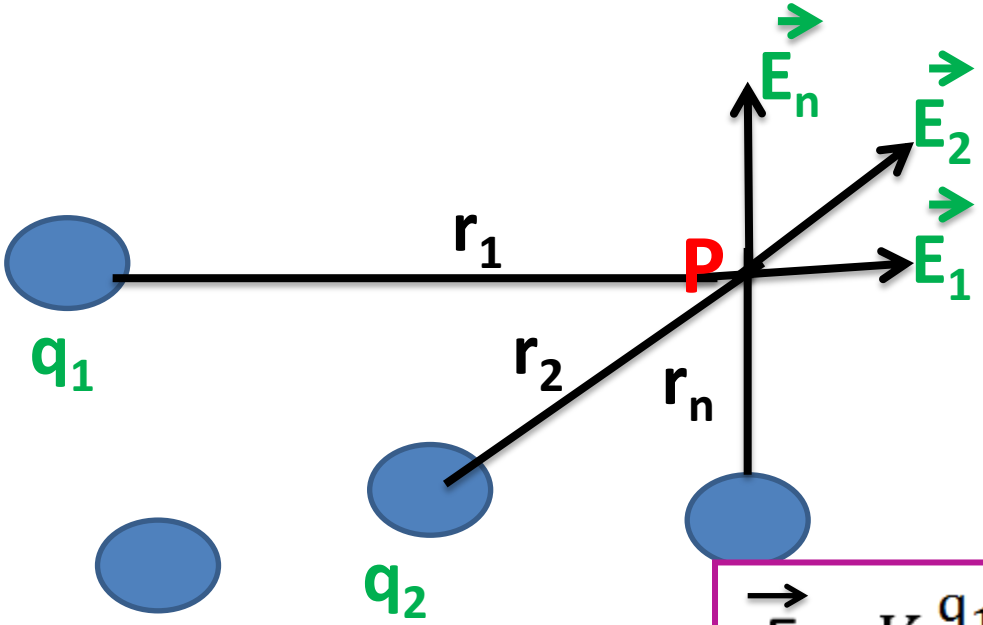
الحقل الكهربائي الناشىء عن عدة شحنات نقطية منفصلة

ليكن لدينا عدة شحنات نقطية منفصلة عن بعضها البعض q_1 ، q_2 ،....

q_n تبعد عن النقطة P أبعاد r_1 ، r_2 ،.. r_n

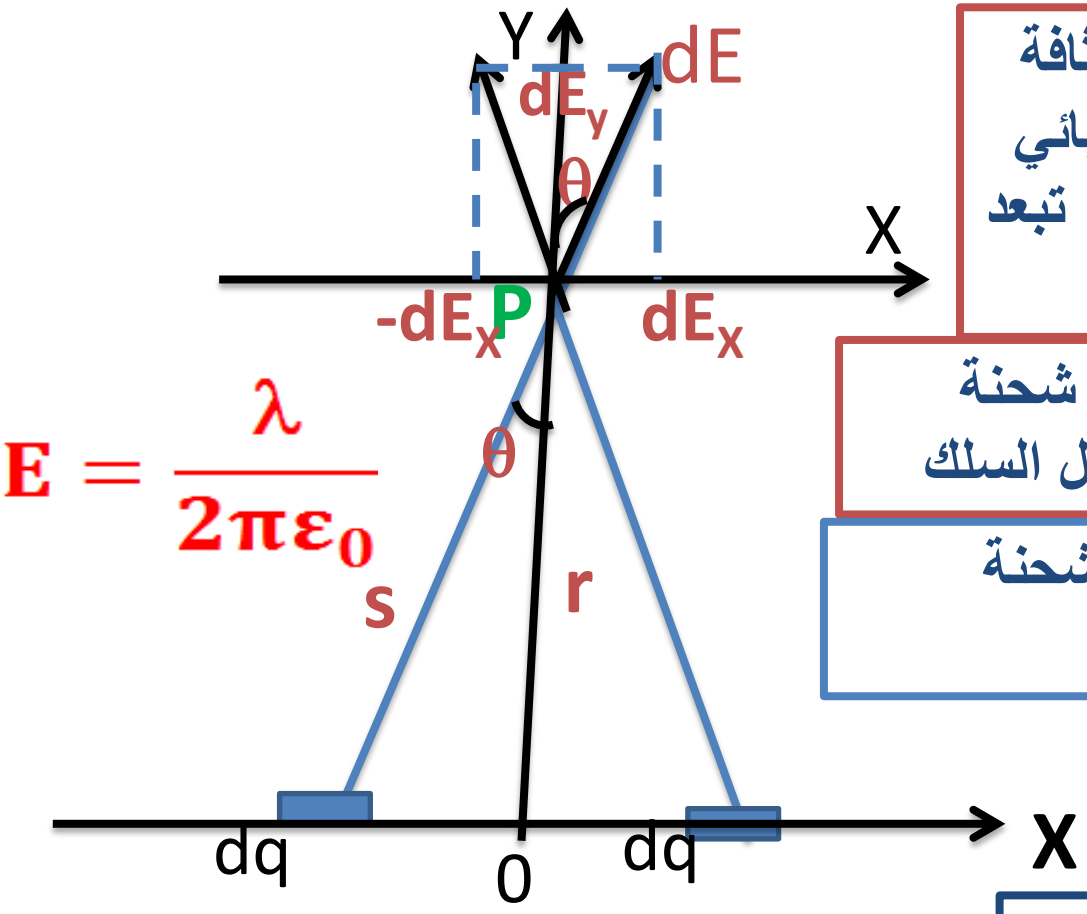
يعطى الحقل الكلي E الناتج عن الشحنات بالعلاقة :

$$\vec{E}=\vec{E_1}+\vec{E_2}+...\vec{E_n}$$



$$\vec{E}= K\frac{q_1}{r_1^2}\vec{er_1} +K\frac{q_2}{r_2^2}\vec{er_2}+..K\frac{q_n}{r_n^2}\vec{er_n}$$

الحقل الناشىء عن سلك مستقيم مشحون بكثافة خطية λ



$$E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 s}$$

ليكن لدينا سلك مستقيم مشحون بكثافة خطية λ و نريد حساب الحقل الكهربائي E الناشىء عن المستقيم في نقطة P تبعد مسافة عمودية r ثابتة عن السلك

نأخذ طول عنصري من السلك يحمل شحنة عنصرية dq ونكامل على كامل طول السلك

الحقل العنصري dE الناشىء عن الشحنة العنصرية يعطى بالعلاقة :

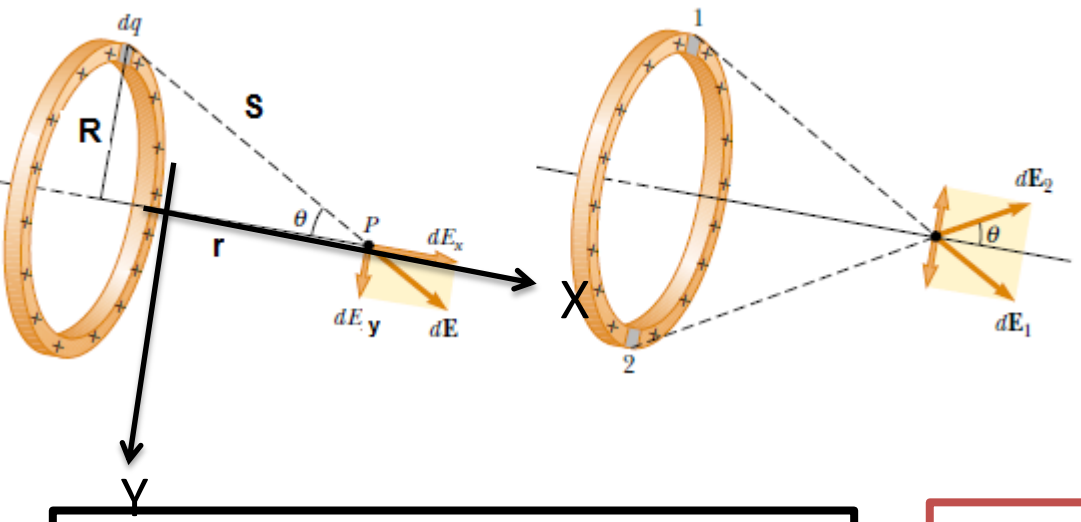
$$dE = K\frac{dq}{s^2}$$

$$dE = K\frac{\lambda . dx}{s^2} \Leftarrow \lambda = \frac{dq}{dx}$$

محصلة مساقط الحقل على المحور X معدومة dEx=0 و ذلك بسبب تناظر المستقيم حول المحور oy:

$$dE_y = dE\cos\theta = K\frac{\lambda . dx}{s^2}$$

الحقل الناشىء عن حلقة دائرية مشحونة بشحنة Q



ليكن لدينا حلقة نصف قطرها R مشحونة بشحنة Qو نريد حساب الحقل الكهربائي E الناشىء عن الحلقة في نقطة P تقع على محور الحلقة و تبعد عن المركز مسافة ثابتة r

نأخذ شحنة عنصرية من الحلقة dq ونكامل على محيط الحلقة الذي يحمل الشحنة Q

الحقل العنصري dE الناشىء عن الشحنة العنصرية يعطى بالعلاقة :

$$dE = K\frac{dq}{s^2}$$

$$dE_x = dE\cos\theta = K\frac{dq}{s^2}\cos\theta$$

محصلة مساقط الحقل على المحور Y معدومة dEy=0 و ذلك بسبب تناظر المستقيم حول المحور ox:

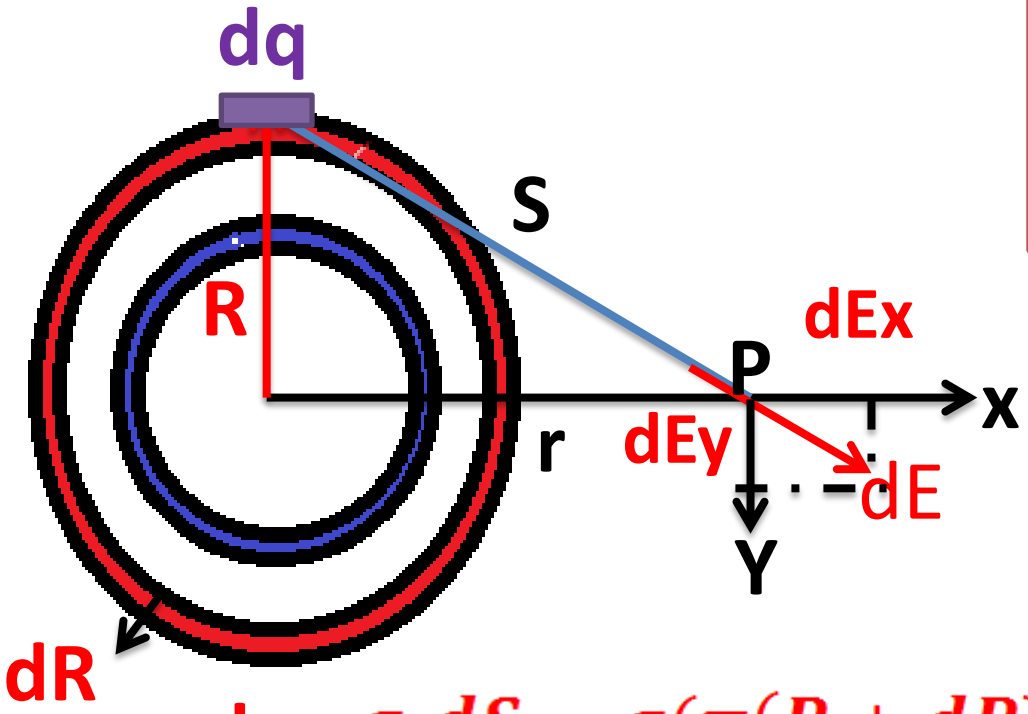
s،θ ثابتة و مستقلة عن موضع الشحنة و المتغير هو الشحنة العنصرية

$$E = K\frac{Q}{s^2}\cos\theta = \frac{Q\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0}$$

الحقل الكهربائي الناشىء عن صفيحة مشحونة بكثافة سطحية σ

ليكن لدينا صفيحة مشحونة بكثافة سطحية σ و نريد حساب الحقل الكهربائي E الناشىء عن الصفيحة في نقطة P تبعد مسافة r عن الصفيحة

نجزىء الصفيحة لحلقات كل حلقة تحمل شحنة عنصرية dq



الحقل العنصري dE الناشىء عن الشحنة العنصرية وفق المحور Xيعطى بالعلاقة :

$$dE = dE_X = K\frac{dq}{s^2}\cos$$

$$dq = \sigma.dS = \sigma(\pi(R+dR)^2 - \pi R^2) \Leftarrow \sigma = \frac{dq}{dS}$$

بالتعويض في قيمة dE و المكاملة نجد :

$$E = \int dE = 2\pi k\sigma \int \frac{R.dR}{S^2}\cos\theta = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

الكمون الكهربائي V

عندما نضع شحنة q في نقطة A تقع على بعد r من شحنة أخرى Q فإن كمون النقطة A يعطى بالعلاقة:

$$V = K\frac{Q}{r}$$

الكمون الكهربائي مقدار سلمي بعكس الحقل الكهربائي

واحدة الكمون: الفولط (V) kV mV μV

الكمون الكهربائي لمجموعة شحنات q1,1q2,..qn في نقطة تبعد عنهم مسافات r1,r2,.....rn: = المجموع الجبري للكمونات الناتجة عن الشحنات في هذه النقطة

$$V = V_1 + V_2 + \cdots V_{n=} K\sum_{i=1}^{i=n}\frac{q_i}{r_i}$$

فرق الكمون بين نقطتين

يعطى الكمون الكهربائي لنقطتين A و B تبعدان عن الشحنة Qالمسافتين ra rb على الترتيب بالعلاقتين :

$$V_A = K\frac{Q}{r_a} \qquad V_B = K\frac{Q}{r_b}$$

فرق الكمون بين النقطتين Aو B

$$V_A - V_B = K\frac{Q}{r_a} - K\frac{Q}{r_b}$$

العلاقة بين الحقل و الكمون

يعطى الكمون الكهربائي V بالعلاقة

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

نشتق علاقة الكمون بالنسبة لـ r

$$\frac{dV}{dr} = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$$

E

$$E=-dV/dr$$