٢٢١ فيز

المحاضرة الأولى

الكهرومغناطيسية

الكهرومغناطيسية – باختصار- تصف التفاعل الذي يتم بين الجسيمات المشحونة وبين مجالات كهربية ومجالات مغناطيسية . ويمكن تقسيم الكهرومغناطيسية إلى ؛
١) الإليكتروستاتيكا التي تدرس الشحنات الكهربية في حالة السكون ،
٢) والإليكترودينامكا التي تدرس التفاعل بين الشحنات المتحركة والإشعاع .
**النظرية الكلاسيكية للكهرومغناطيسية: تعتمد علي قانون قوي لورنتز ومعادلات ماكسويل

* بالنسبة للإليكتروستاتيكا: فهي دراسة الظواهر المرتبطة بالأجسام المشحونة في حالة السكون ، وهذه الأجسام بالتأكيد تبذل قوي باتجاه بعضها البعض ، كما وصفها قانون كولوم . وسلوك هذه الأجسام يمكن تحليلها ومعرفتها من خلال مفهوم أن أي جسم مشحون يكون محاطا بمجال كهربي بحيث إذا كان هناك جسم مشحون آخر يقع في مجال الجسم الأول فإنه بدوره يقع تحت تأثير قوي تتناسب مع مقدار الشحنة والقطبية التي تسبب حدوث تجاذب أو تنافر بين الجسيمات المشحونة . الإليكتروستاتيكا لها تطبيقات كثيرة، بدءا من تحليل الظواهر مثل العواصف الرعديه إلي دراسة سلوك أنابيب الإلكترون

* الإليكترودينامكا: هو دراسة الظواهر المرتبطة بالأجسام المشحونة المتحركة . حيث أن الشحنات الكهربية المتحركة تنتج مجال كهربيا يحيط بها، فإن الإليكترودينامكا تختص بالآثار الناتجة عن ذلك مثل؛ المغناطيسية و الإشعاع الكهرومغناطيسي و الحث الكهرومغناطيسي. هذه المواضيع من الإليكترودينامكا

تعرف بالإليكتروديناميكا الكلاسيكية ، وكانت قد شرحت لأول مرة بواسطة جيمس ماكسويل، ومعادلات ماكسويل تصف ظواهر هذا المجال أي الإليكتروديناميكا الكلاسيكية بطريقة جيدة وعامة . الآن هناك تطور حديث لمجال الإليكتروديناميكا الكمومية الذي يتضمن قوانين نظرية الكم لشرح تأثير الإشعاع الكهرومغناطيسي علي المادة . ديراك و هايسينبيرج و باولي كانوا روادا في صياغة الإليكتروديناميكا الكمية . الإليكتروديناميكا النسبية – من جهة أخري – تفسر التصحيحات التي تجريها نظرية النسبية علي سرعة الجسيمات المشحونة عندما تقترب من سرعة الضوء . وهي تنطبق على الظواهر المتضمنة في معجلات الجسيمات ، و أنابيب الإلكترون التي تحمل فروق جهد وتيارات عالية . الكهرومغناطيسية تشمل عديد من ظواهر العالم الحقيقي التي في ذاتها تعتبر ظواهر ذات خواص كهرومغناطيسية . فعلى سبيل المثال ، الضوء عبارة عن مجال كهرومغناطيسي متذبذب الذي يُشع من جسيمات مشحونة معجلة . مبادئ الكهرومغناطيسية تجد العديد من التطبيقات في مختلف المجالات مثل موجات الميكروويف ، والهوائيات ، والآلات الكهربائية ، والاتصالات الفضائية، والكهرومغناطيسية الحيوية ، البلازما ، والأبحاث النووية ، والألياف البصرية، والتداخل والتوافق الكهرومغناطيسي، وتحويل الطاقة الكهروميكانيكية، ومعرفة الأرصاد من خلال الرادار ، والإستشعار عن بعد.

**وتشمل الأجهزة الكهرومغناطيسية : المحولات الكهربية ، والمبادلات ، وأجهزة الراديو والتلفاز ، والهاتف ، والمحركات الكهربائيه ، وخطوط الإرسال ، وموجهات الموجات ، والألياف البصرية ، وأجهزة الليزر.

مقدمة عن المجال الكهربي

١ – الشحنات الكهربية نوعان:

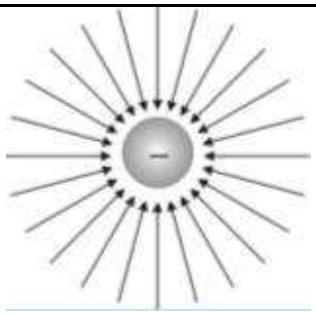
ولوحظ ما يلي:

أ) حول الشحنات الكهربية خطوط مجال كهربي يختلف اتجاهها بنوع الشحنة

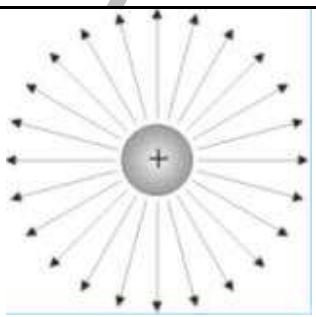
ب) الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب

ج) اقل شحنة كهربية هي شحنة الإلكترون أو البروتون

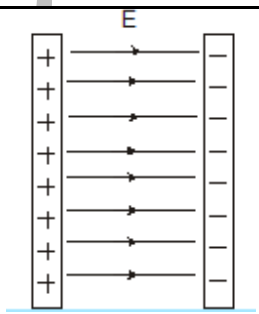
د) شحنة الإلكترون = $١,٦ \times ١٠^{-١٩}$ كولوم



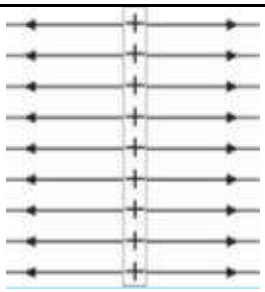
Electric field lines due to -ve charge



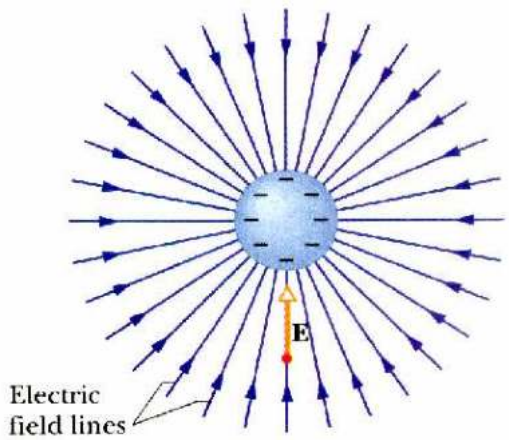
Electric field lines due to +ve charge

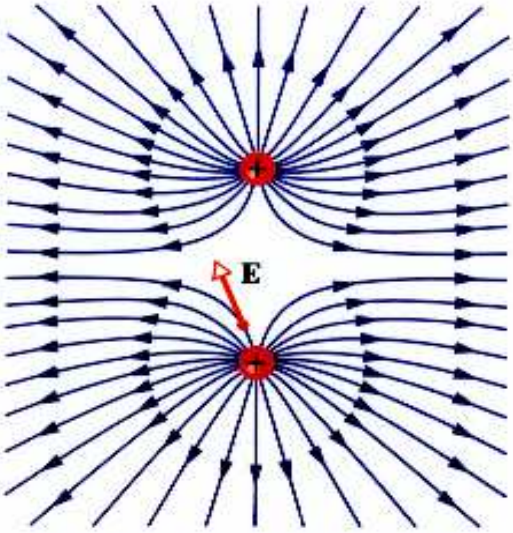


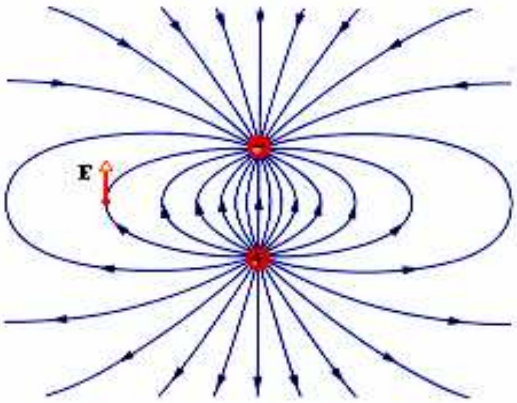
Electric field lines due two surface charge



Electric field lines due to +ve line charge

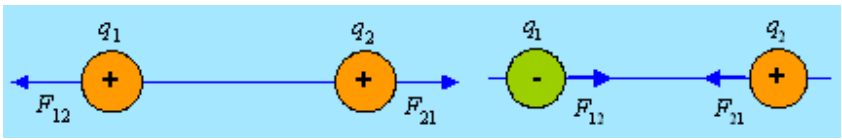


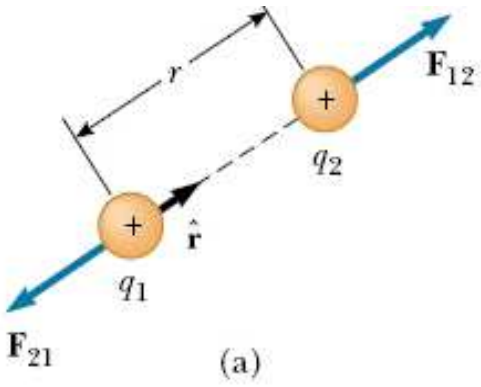




٢. قانون كولوم

عندما تتقارب شحنتين يحدث بينهما احد احتمالين (تجاذب أو تنافر) وكلاهما قوى كهربية يحكمها قانون كولوم وينص على " تتناسب قوى التجاذب أو التنافر بين جسمين مشحونين تناسبا طرديا مع حاصل ضرب شحنتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما "





القانون هو: $F = K_c \frac{q_1 . q_2}{r^2}$

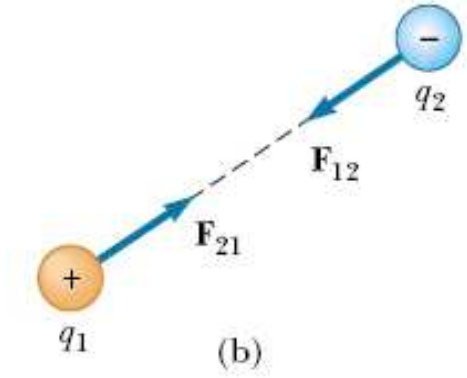
حيث: q_1 , q_2 هما قيمة الشحنتين،

r المسافة بينهما , K_c هو ثابت التناسب يساوي

$(K_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9 N.m^2/C^2)$

وهو يعتمد نفاذية الوسط $(\varepsilon_0 = 8{,}85\times10^{-12})$

** القوة الكهربية هي: $\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 . q_2}{r^2}}$



٣- المجال الكهربي:

هي منطقة محيطة بالشحنة الكهربية يمكن التعرف على منطقة المجال الكهربي بوضع شحنة موجبة في هذه المنطقة وملاحظة تأثير المجال.

- المجال يؤثر بقوة كهربية على اى شحنة كهربية

** شدة المجال الكهربي (E):

هي القوة الكهربية المؤثرة على وحدة الشحنات الموضوعة في هذا المجال.

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

** المجال الكهربي كمية متجه تعتمد على اتجاه خطوط القوى الكهربية او خطوط الفيض الكهربي

قانون جاوس : Gauss`s low

من المعروف إن خطوط القوى الكهربية يمكن استخدامها في:

أ) معرفة اتجاه المجال الكهربي

ب) حساب شدة المجال الكهربي

ويمكن معرفة المجال الكهربي بمعرفة:

** **الفيض الكهربي** Φ (التدفق Flux) ..... " وهو العدد الكلي لخطوط الفيض الكهربي"

بمعنى أن : **شدة المجال الكهربي** عند نقطة تمثل

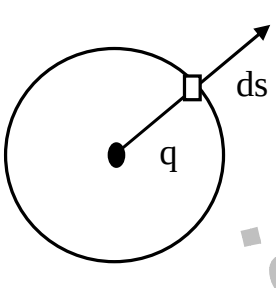
" عدد خطوط القوى الكهربية (الفيض الكهربي) التي تقطع وحدة المساحات عموديا عند هذه النقطة "

وتكون شدة المجال الكهربي (**E**) هي: $\boxed{E = \frac{\varphi}{S}}$

ويمكن تمثيل الفيض الكهربي بالعلاقة ..... $\boxed{\varphi = E.S}$ او $\boxed{\varphi = E.S\cos\theta}$

حيث: **E** هي شدة المجال الكهربي ، S المساحة

أولا: في حالة السطح الكروي المنتظم:



نأخذ عنصر صغير من سطح الكرة المحيطة بالشحنة وليكن (dS)

التي يمر بها فيض (dφ) فتكون العلاقة هي: $d\varphi = E.dS$

وحيث ان شدة المجال مما سبق هي: $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}$

ومنها يكون ..... $d\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}dS$

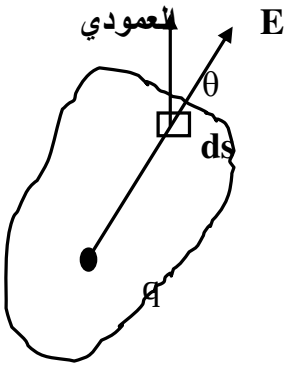
ويكون الفيض الكلي على السطح الكروي هو:

$$\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\int_{\cdot}^{4\pi r^2} dS = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^2}\times 4\pi r^2$$

فيكون الفيض الكلي هو: $\boxed{\varphi = \frac{q}{\varepsilon_o}}$ .... او هو: $\boxed{\varphi = \frac{1}{\varepsilon_o}\sum q}$ ..... (١)

- وهذا التدفق (الفيض) يكون موجبا عندما تكون خطوط الفيض خارجة من السطح ويكون سالبا عندما تكون خطوط المجال الكهربي داخلة الى السطح.

ثانيا: في حالة السطح الغير منتظم:



إذا فرض وجود سطح غير منتظم حول شحنة كهربية q فتكون خطوط المجال غير عمودية على السطح لذلك نفرض عنصر من السطح (dS) فيكون الفيض الكهربي ($d\varphi$) هو:

$$d\varphi = E.\cos\theta.dS$$

وبالتكامل على السطح كله ينتج: $\boxed{\varphi = \oint E.\cos\theta.dS}$ ..... (٢)

وبربط المعادلتين ١ ، ٢ ينتج قانون جاوس:

$$\boxed{\oint E.\cos\theta.dS = \frac{1}{\varepsilon_o}\sum q}$$

**** في النهاية من العلاقة السابقة يقول جاوس:**

" إذا تعرض اى سطح مقفل لمجال كهربي فان الفيض الكهربي الذي ينفذ منه للخارج يساوي ($\frac{1}{\varepsilon_o}$) مضروبا في المجموع الجبري للشحنات المحصورة داخل هذا السطح"

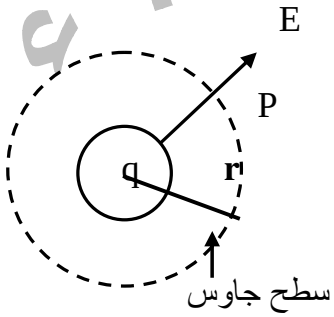
** وتعتمد سهولة حساب شدة المجال الكهربي باستخدام قانون جاوس على حسن اختيار السطح المغلق المناسب حول الشحنة الكهربية.

س: ما هي شروط اختيار سطح جاوس ؟

ج: أربعة شروط هي: ١ـ أن يمر السطح المغلق بالنقطة المراد إيجاد شدة المجال عندها
٢ـ أن يكون السطح مغلق ومنتظم قدر الامكان
٣ـ أن تكون خطوط الفيض عمودية أو موازية للسطح أو تصنع زاوية ثابتة
٤ـ أن تكون شدة المجال ثابتة على أجزاء السطح

تطبيقات على قانون جاوس:

أ) شدة المجال حول كرة مشحونة:



نفرض سطح جاوس هو كرة حول الكرة المشحونة بحيث سطح جاوس يمر بالنقطة (P) ونصف قطرها (**r**) وحيث أن خطوط المجال عمودية على سطح جاوس فيمكن تطبيق قانون جاوس كما يلي:

قانون جاوس: ..... $\oint E.\cos\theta.dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$

** وحيث ان اتجاه المجال عمودي على سطح جاوس الكروي ومنها يكون الزاوية بين اتجاه المجال والعمودي على السطح θ هي صفر وهذا يعنى أن ($\cos ٠ = ١$)

فتكون معادلة جاوس: $E \int_{\cdot}^{٤\pi r^٢} dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$ فتصبح $E.\varepsilon\pi r^٢ = \frac{q}{\varepsilon_o}$

ومنها يكون شدة المجال الكهربي هي:

$E = \frac{١}{\varepsilon\pi r^٢}\frac{q}{\varepsilon_o}$ ... أو هو ..... $\boxed{E = \frac{١}{\varepsilon\pi\varepsilon_o}\frac{q}{r^٢}}$

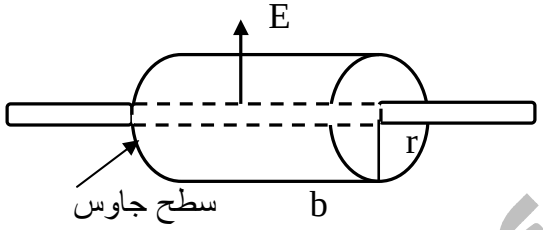
ب) شدة المجال الناشىء عن سلك طويل مشحون:

سنفرض سطح جاوس حول السلك على شكل غلاف اسطواني حول السلك طوله (b) ونصف قطره (r)

وإذا كانت الشحنة لوحدة الأطوال هي (λ)

فتكون الشحنة الكلية للاسطوانة هي ($q = \lambda\, b$)

وحيث أن خطوط القوى الكهربية عمودية على سطح جاوس فيمكن تطبيق قانون جاوس كما يلي:



$\oint E.\cos\theta.dS = \frac{q}{\varepsilon_o}$ ..... وحيث (θ = صفر)

بمعنى ان ($\cos ٠ = ١$) ومساحة الاسطوانة ($٢\pi\, rb$)

فتكون معادلة جاوس: $E \int_{\cdot}^{٢\pi r b} dS = \frac{\lambda b}{\varepsilon_o}$

وبعد إجراء التكامل تصبح المعادلة: $E.٢\pi r\, b = \frac{\lambda b}{\varepsilon_o}$

وتكون شدة المجال الكهربي هي: ..... $\boxed{E = \frac{١}{٢\pi\varepsilon_o}\frac{\lambda}{r}}$

ج) شدة المجال خارج موصل مستوى لانهائي الأبعاد مشحون:

لدينا سطح مستوى عليه شحنه موزعة وسنفرض سطح جاوس حول اللوح المستوى المشحون ويكون سطح جاوس على شكل اسطوانة تخترق اللوح بحيث نصفها أمامه ونصفها الآخر خلفه ويكون اتجاه المجال عمودي على قاعدتي الاسطوانة والشحنة الكلية على قاعدة الاسطوانة (سطح جاوس) هي (q) .

وتكون شحنة قاعدة الاسطوانة هي ($q = \sigma S$)

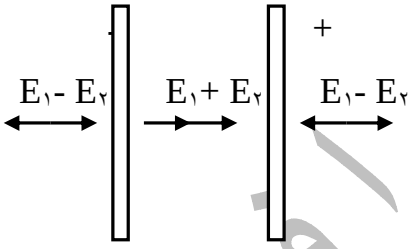
حيث (σ) هي الشحنة لوحدة المساحات ، (S) مساحة قاعدة الاسطوانة.

ولان (θ = صفر) لان اتجاه خطوط المجال عمودية على قاعدة الاسطوانة (سطح جاوس) ومساحة قاعدة الاسطوانة (S) فبتطبيق قانون جاوس على قاعدتي الاسطوانة يصبح القانون كما يلي:

$$E.S + E.S = \frac{q}{\varepsilon_o} \quad \text{ومنها} \quad \ldots\ldots \quad ٢E.S = \frac{\sigma.S}{\varepsilon_o}$$

ويكون شدة المجال الكهربي هي:.... $E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma.S}{\varepsilon_o S} = \frac{1}{2}\frac{\sigma}{\varepsilon}$ ..... أو $\boxed{E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$

د) المجال بين صفيحتين متوازيتين مشحونتين:



لان الصفيحتين متساويتين الأبعاد والشحنة واحدهما موجبة والأخرى سالبة فتكون شدة المجال عند كل نقطة من النقط الخارجية يكون صفر (E= ٠) بينما شدة المجال بينهما هي المحصلة لمجالي الصفيحتين.

* فمما سبق نجد ان شدة المجال للصفيحة الواحدة هي: ..... ($E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$)

وتكون شدة المجال بين اللوحين هي: $E = E_١ + E_٢$

وحيث أن ($E_١ = E_٢$) وأيضا مما سبق .... $E = \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$

فتكون شدة المجال الكلية هي: $E = ٢ \times \frac{١}{٢}\frac{\sigma}{\varepsilon_o}$ ..... او $\boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_o}}$

* ونلاحظ أن المجال بين الصفيحتين هو مجال منتظم عبارة عن خطوط متوازية.

===== أتمنى لكم التوفيق إن شاء الله ===== **د. أسعد عبد الخالق**