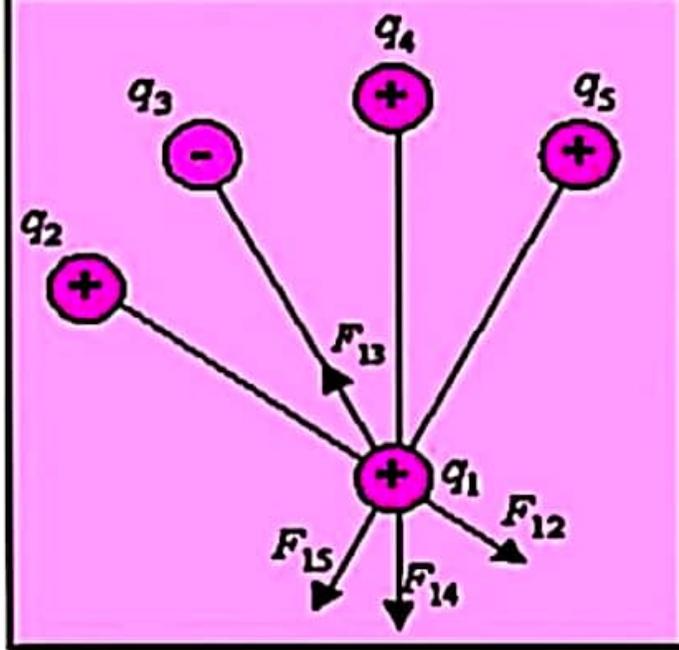




جامعة تكريت - كلية التربية للبنات - قسم الرياضيات
- المرحلة الأولى
- مادة الفيزياء الجامعية
- قانون كولوم (ج2)
- أ.م.د. سرور عبدالقادر محمد صالح
srwa.muhammad@tu.edu.iq

جامعة تكريت



(7-1) أنظمة قياس الشحنة الكهربائية Systematic Measurement Electric Charge

إن أول نظام للوحدات كانت توضع على أساسه معادلات الكهروستاتيكية هو نظام الوحدات الكهروستاتيكية (e.s.u.)، وحسب هذا النظام اختيرت وحدة الشحنة وفقاً لقانون كولوم الذي تعتبر فيه k تساوي واحداً في حالة وجود الشحنات في الفراغ، وأطلق عليها اسم ستات كولوم Statcoulomb. فالستات كولوم تعرف بأنها تلك الشحنة التي إذا وضعت في الفراغ على بعد 1 سم من شحنة أخرى مماثلة لها في النوع ومساوية لها في المقدار لتتأخرت معها بقوة دايين واحد. إن القوة وفقاً لهذا التعريف كان قد عبر عنها بالداين والمسافة بالسنتيمتر، غير إن المعادلات المتعلقة بظاهرة المغناطيسية كانت توضع على أسس نظام آخر نشأ مع تطور المغناطيسية دعي بنظام الوحدات الكهرومغناطيسية (e.m.u.) واستعملت على أساسه وحدة للشحنة وهي وحدة الكهرومغناطيسية.

إن وحدات هذين النظامين سألني الذكر ليست متساوية لنفس الكمية، أضف إلى ذلك فإن مجموعة من الوحدات الكهربائية التي استعملت في القياسات العملية كالفولت والأمبير والاموم والهنري والفاراد تختلف في قيمتها عن تلك في النظامين المذكورين مما دعي إلى نشؤ نظام جديد للوحدات سمي بالنظام العملي.

إن هذا الإرباك في تعدد أنظمة الوحدات أدى إلى التفكير باستحداث نظام آخر جديد، وضع أسسه الإيطالي جورجى Giorgio في بداية القرن التاسع عشر سمي بنظام متر-كيلوغرام-ثانية-أمبير ورمزه (MKSA) تبنته أقطار عديدة في العالم عام 1935. وأخيراً جاء النظام الدولي للوحدات SI System International وهو النظام الأمثل للوحدات وشمل ست وحدات أساسية وهي المتر (وحدة أساسية للأطوال) والكيلوغرام (وحدة للكتلة) والثانية (وحدة للزمن) والأمبير (وحدة لقياس التيار) ودرجة الحرارة المطلقة - كلفن- (وحدة لدرجة الحرارة) والكاندلا (وحدة قياس الشمعة).

وفقاً للنظام الدولي SI تقاس القوة بالنيوتن والمسافة بالأمتار، أما وحدة كمية الشحنة فلا تعرف بدلالة قانون كولوم بل بدلالة وحدة التيار (الأمبير) وتسمى الكولوم C، وتعرف بأنها كمية الشحنة المارة خلال مقطع عرضي لسلك في ثانية واحدة إذا مرَّ تيار ثابت مقداره واحد أمبير في هذا السلك. ولكون الكولوم كمية كبيرة نسبياً من الشحنة $1 \text{ coulomb} = 2.99592 \times 10^9 \text{ statcoulomb}$ ، تستعمل وحدات أصغر منه وأكثر ملائمة

هي الملي كولوم mC وميلي كولوم واحد يساوي 10^{-3} كولوم، أو المايكرو كولوم μC ويساوي 10^{-6} من الكولوم. وبمعرفة وحدات القوة F والمسافة r والشحنة q وفق النظام الدولي SI بشكل مستقل عن قانون كولوم يصبح من السهل استخراج القيمة العددية لثابت التنسب k عملياً، وقد وجد أن أحسن قيمة له في الفراغ هي $8.98776 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$ وتقرب إلى $9 \times 10^9 Nm^2C^{-2}$. غالباً يستبدل الثابت k بالمقدار $1/4\pi\epsilon_0$ حيث ϵ_0 سماحية الفراغ Permittivity of Vacuum وقيمتها تساوي $8.85 \times 10^{-12} N^{-1}m^{-2}C^2$. وبذلك يصبح قانون كولوم :

$$\left. \begin{aligned} \vec{F} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r} \\ \text{or} \\ \vec{F} &= 9 \times 10^9 \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r} \end{aligned} \right\} \text{..... (1-2) (ن الفراغ)}$$

في الحالات التي يكون فيها للوسط الفاصل بين الشحنتين ليس فراغاً فإن القوى التي تسببها الشحنتان الموجودة في المادة تنقل من القوة بين الشحنتين النقطيتين، وان قانون كولوم سيأخذ الصيغة الآتية :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 K} \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r} \text{.....(1-3) (ن الوسط لئادي)}$$

وحيث $K\epsilon_0 = \epsilon$ ، إذ ϵ تسمى سماحية الوسط العازل Permittivity of The Medium ، و K ثابت العازل Dielectric Constants يكون :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r} = \frac{k}{K} \frac{q_1q_2}{r^2} \hat{r} \text{.....(1-4)}$$

حيث K تساوي 1 للفراغ و 1.006 للهواء فيما تتراوح بين (1-10) لمعظم المواد ويستثنى من ذلك بعض السوائل والغازات إذ تصل إلى مقدار أعلى من ذلك بكثير.

في حالة وجود عدد من الشحنتان النقطية $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ والمطلوب حساب القوة التي تؤثر على الشحنة q_i مثلاً، فإتينا نستعمل العلاقة الاتجاهية الآتية:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{1i} &= \vec{F}_{12i} + \vec{F}_{13i} + \vec{F}_{14i} + \dots \\ \vec{F}_{1j} &= \vec{F}_{12j} + \vec{F}_{13j} + \vec{F}_{14j} + \dots \end{aligned} \text{.....(1-5)}$$

ومنها بحسب مقدار واتجاه القوة كالآتي :

$$F = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2} \quad , \quad \tan \theta = \frac{F_{1y}}{F_{1x}}$$

(8-1) توزيع الشحنة المتصلة

هناك حالات تكون فيها الشحنة موزعة على طول خط مستقيم او على سطح او على حجم , يكون من الملائم ان تعرف كثافة الشحنة الموزعة وفق الحالات الاتية :-

1- اذا كانت الشحنة q موزعة بشكل منتظم على طول خط مستقيم L فان كثافة الشحنة الطولية λ تعرف كالآتي :

$$\lambda = q / L \quad (C/m)$$

2- اذا كانت الشحنة q موزعة بشكل منتظم على سطح مساحه S فان كثافة الشحنة السطحية σ تعرف كالآتي :

$$\sigma = q / S \quad (C/m^2)$$

3- اذا كانت الشحنة q موزعة بشكل منتظم خلال حجم V فان كثافة الشحنة الحجمية ρ تعرف كالآتي :

$$\rho = q / V \quad (C/m^3)$$

4- اذا كتبت الشحنة موزعة بشكل غير منتظم على طول او سطح او حجم فيجب ان نعبر عن كثافات الشحنات كالآتي :

$$\lambda = \frac{dq}{dL} \quad \sigma = \frac{dq}{dS} \quad \rho = \frac{dq}{dV}$$

اذ dq هي عنصر الشحنة على امتداد عنصر الطول او السطح او الحجم .

مثال: شحنتان نقطيتان الاولى $(2 \times 10^{-6} \text{ C})$ والثانية $(-5 \times 10^{-6} \text{ C})$ وضعتا في النقطتين $(1,3)$ و $(-5,11)$, على الترتيب , فلذا كانت الاحداثيات بالسنتيمتر احسب القوة المتبادلة بينهما؟

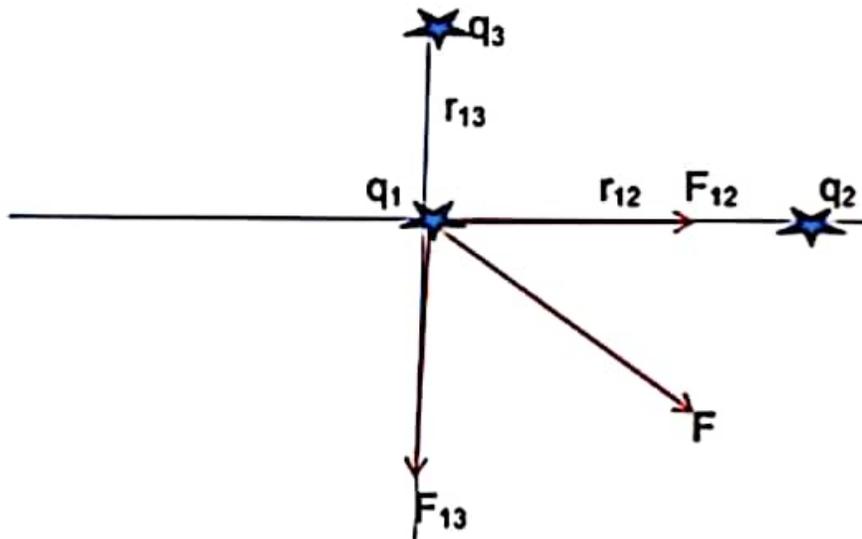
$$F = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$$F=?, r = \sqrt{(1+5)^2 + (11-1)^2} = 11.66$$

$$F = 9 \times 10^9 \times (5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}) / (11.66 \times 10^{-2})^2 = 6.6 \text{ N}$$

مثال 3 | يبين الشكل ثلاثة شحنات نقطية q_3, q_2, q_1 احسب القوة المؤثرة على الشحنة q_1

$$q_1 = 1 \times 10^{-6} \text{ C}, q_2 = -3.6 \times 10^{-6} \text{ C}, q_3 = 4.8 \times 10^{-6} \text{ C}, r_{13} = 4 \text{ m}, r_{12} = 3 \text{ m}$$



$$F_{12} = 9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6}) (3.6 \times 10^{-6}) / 9 = 36 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_{13} = 9 \times 10^9 (1 \times 10^{-6}) (4.8 \times 10^{-6}) / 16 = 27 \times 10^{-4} \text{ N}, \dots$$

$$F = ((F_{12})^2 + (F_{13})^2)^{0.5} = 45 \times 10^{-4} \text{ N},$$

اما الاتجاه (θ)

$$\tan \theta = F_{13} / F_{12}, \theta = 36.9$$