جامعة تكريت - كلية التربية للبنات - قسم الرياضيات

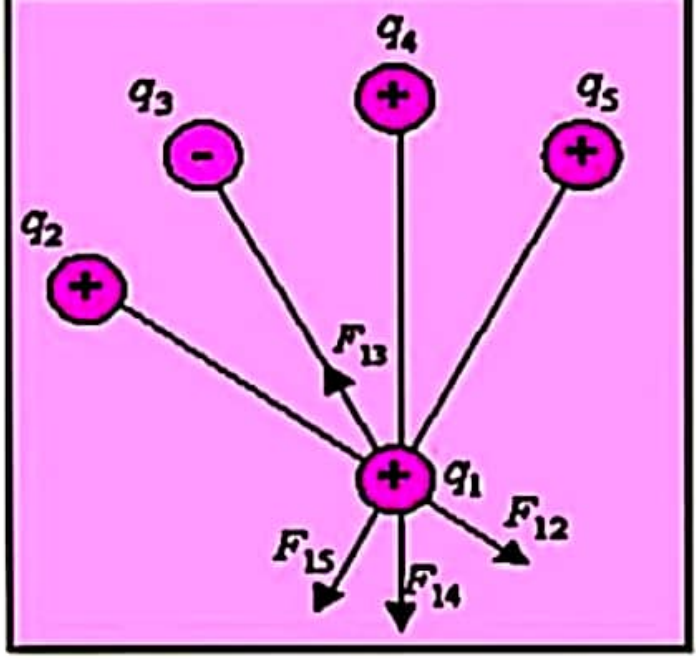
- المرحلة الأولى

-مادة الفيزياء الجامعية

- قانون كولوم(ج1)

-أ.م.د. سروة عبدالقادر محمد صالح

srwa.muhammad@tu.edu.iq



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

إن أول نظـام للوحـدات كانـت توضـع علـى أساسـه معـادلات الكهروسـتاتيك هـو نظـام الوحـدات الكهروستاتيكي (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 1سم من شحنة أخرى مماثلة لها في النوع ومساوية لها في المقدار لتنافرت معها بقوة داين واحد. إن القوة وفقاً لهذا التعريف كان قد عبر عنها بالداين والمسافة بالسنتيمتر، غير إن المعادلات المتعلقة بظاهرة المغناطيسية كانت توضع على أسس نظام أخر نشأ مع تطور المغناطيسية دعيّ بنظام الوحدات الكهرومغناطيسية (e.m.u.) واستعملت على أساسه وحدة للشحنة وهي وحدة الكهرومغناطيسية.

إن وحدات هذين النظامين سالفي الذكر ليست متساوية لنفس الكمية، أضف إلى ذلك فان مجموعة من الوحدات الكهربائية التي استعملت في القياسات العملية كالفولت والأمبير والاوم والهنري والفاراد تختلف في قيمتها عن تلك في النظامين المذكورين مما دعيّ إلى نشوء نظام جديد للوحدات سميّ بالنظام العملي.

إن هذا الإرباك في تعدد أنظمة الوحدات أدى إلى التفكير باستحداث نظام أخر جديد، وضع أسسه الإيطالي جورجي Giorgio في بداية القرن التاسع عشر سميّ بنظام متر-كيلوغرام-ثانية-أمبير ورمزه (MKSA) تبنته أقطار عديدة في العالم عام 1935. وأخيرا 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 تعرّف بدلالة قانون كولوم بل بدلالة وحدة التيار (الأمبير) وتسمى الكولوم C، وتعرف بأنها كمية الشحنة المارة خلال مقطع عرضي لسلك في ثانية واحدة إذا مرّ تيار ثابت مقداره واحد أمبير في هذا السلك. ولكون الكولوم كمية كبيرة نسبياً من الشحنة $1\,coulomb = 2.99592\times10^{9}\,statcoulomb$ ، تستعمل وحدات اصغر 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 التناسب k عملياً، وقد وجد أن أحسن قيمة له في الفراغ هي $8.98776\times10^{9}Nm^{2}C^{-2}$ وتقرّب إلى $9\times10^{9}Nm^{2}C^{-2}$. غالباً يستبدل الثابت k بالمقدار $1/4\pi\varepsilon_0$ حيث ε_0 سماحية الفراغ Permittivity of Vacuum وقيمتها تساوي $8.85\times10^{-12}N^{-1}m^{-2}C^{2}$. وبذلك يصبح قانون كولوم :

$$\left.\begin{aligned}&\vec{F}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}\\ \text{or}\quad&\vec{F}=9\times10^{9}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}\end{aligned}\right\}\qquad \text{(في الفراغ)} \ldots\ldots\ldots (1\text{-}2)$$

في الحالات التي يكون فيها الوسط الفاصل بين الشحنتين ليس فراغاً فان القوى التي تسببها الشحنات الموجودة في المادة تقلل من القوة بين الشحنتين النقطيتين، وان قانون كولوم سيأخذ الصيغة الآتية :

$$\vec{F}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 K}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}\qquad \text{(في الوسط المادي)} \ldots\ldots\ldots (1\text{-}3)$$

وحيث $K\varepsilon_0=\varepsilon$ ، إذ ε تسمى سماحية الوسط العازل Permittivity of The Medium، و K ثابت العازل Dielectric Constants يكون :

$$\vec{F}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}=\frac{k}{K}\frac{q_1q_2}{r^2}\hat{r}\qquad \ldots\ldots\ldots (1\text{-}4)$$

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 الشحنات النقطية $q_1, q_2, q_3, \ldots\ldots\ldots$ والمطلوب حساب القوة التي تؤثر على الشحنة q_1 مثلاً، فإننا نستعمل العلاقة الاتجاهية الآتية:

$$\begin{aligned}\vec{F}_{1x}&=\vec{F}_{12x}+\vec{F}_{13x}+\vec{F}_{14x}+\ldots\ldots\\ \vec{F}_{1y}&=\vec{F}_{12y}+\vec{F}_{13y}+\vec{F}_{14y}+\ldots\ldots\end{aligned}\qquad \ldots\ldots\ldots (1\text{-}5)$$

ومنها يحسب مقدار واتجاه القوة كالآتي :

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

(1-8) توزيع الشحنة المتصلة

هناك حالات تكون فيها الشحنة موزعة على طول خط مستقيم او على سطح اوعلى 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 كالاتي :

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

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

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

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

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

4- اذا كانت الشحنة موزعة بشكل غير منتظم على طول اوسطح او حجم فيجب ان نعبر عن كثافات الشحنات كالاتي :

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

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

مثال: شحنتان نقطيتان الاولى ($2x10^{-6}$ C) والثانية($-5x10^{-6}$ C) وضعتا في النقطتين (1,3) ,(-5,11), على الترتيب , فاذا كانت الاحداثيات بالسنتمتر احسب القوة المتبادلة بينهما؟

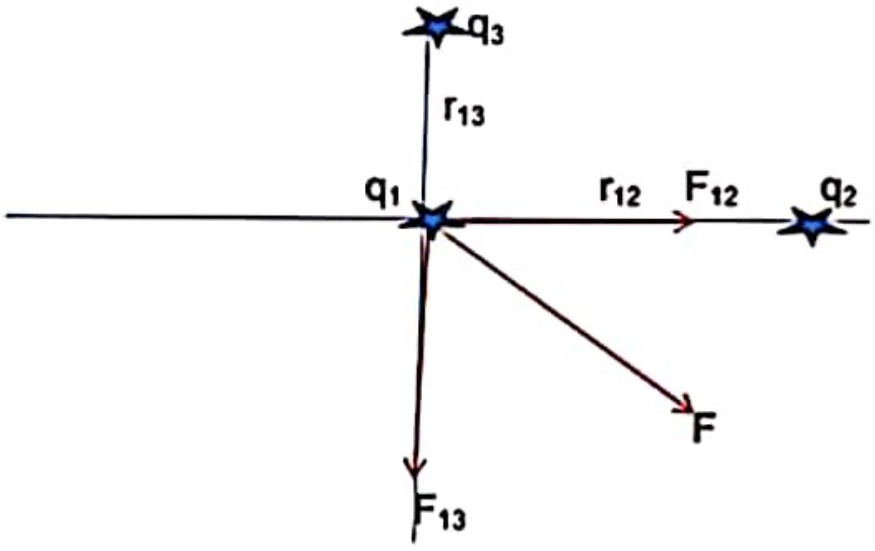
$$F = K\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

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

$F= 9x10^9 \times (5x10^{-6} \times 2x10^{-6}) /(11.66 \times 10^{-2})^2 = 6.6$ N

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

$q_1= 1x10\text{-}6$ C, $q_2= -3.6 \times 10\text{-}6$ C, $q_3 = 4.8 \times 10\text{-}6$ C, $r_{13} = 4$m, $r_{12} = 3$m



$F_{12} = 9 \times 10^9 (1x10^{-6}) (3.6x10^{-6}) / 9 = 36 \times 10^{-4}$ N

$F_{13} = 9 \times 10^9 (1x10^{-6}) (4.8x10^{-6}) / 16 = 27 \times 10^{-4}$ N, ...

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

اما الأتجاه (θ)

$\tan\theta = F13 / F12$, $\theta = 36.9$