

## الوحدة الأولى

$$q = n e$$

عدد الإلكترونات      شحنة الجسم

$$q = e(N_p - N_e)$$

مجموع عدد البروتونات ( $N_p$ )  
مجموع عدد الإلكترونات ( $N_e$ )

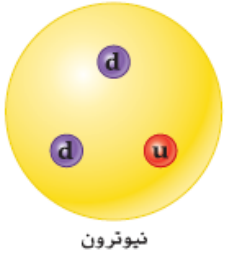
يتكوّن البروتون من اثنين من الكواركات العلوية (شحنة كل منهما  $+\frac{2}{3}e$ ) وكوارك سفلي واحد (شحنة  $-\frac{1}{3}e$ ). لتكون شحنة البروتون هي

$$q_p = (2)(+\frac{2}{3}e) + (1)(-\frac{1}{3}e) = +e$$

بينما يتكون النيوترون المتعادل كهربائياً من كوارك علوي وكواركين سفليين. لذا فإن شحنة النيوترون تساوي

$$q_n = (1)(+\frac{2}{3}e) + (2)(-\frac{1}{3}e) = 0$$

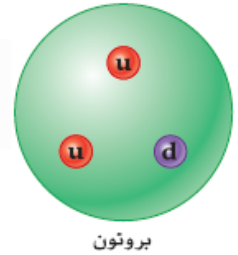
لكن تبقى الحقيقة الأساسية هي أن كل المادة التي نلاحظها في حياتنا اليومية تتشكّل من إلكترونات (بشحنة كهربائية  $-e$ ) وكواركات علوية (بشحنات كهربائية  $+\frac{2}{3}e$ ) وسفلية (بشحنات كهربائية  $-\frac{1}{3}e$ ) وجلونات (غير مشحونة).



يحتوي النيوترون على كوارك واحد علوي (u) وكواركين سفليين (d).

$$q_n = +\frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e - \frac{1}{3}e = 0$$

يحتوي البروتون على كواركين علويين (u) وكوارك واحد سفلي (d)



$$q_p = +\frac{2}{3}e + \frac{2}{3}e - \frac{1}{3}e = +e$$

### قانون كولوم

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$k = 8.99 \cdot 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$\epsilon_0$  : يسمى السماحية الكهربائية للحيز المطلق،

## الوحدة الثانية

$$F = ma = qE$$

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E = \left| \frac{F}{q_0} \right| = \frac{K|q|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2}$$

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\Delta X = v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta X$$

$$v_f = v_i + a t$$

### ثنائي القطب

$$\mathbf{P} = |q| \mathbf{E} \quad \text{عزم ثنائي القطب}$$

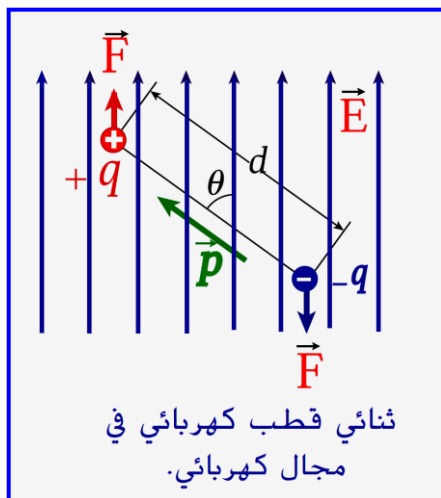
$$\vec{\tau} = \vec{P} \times \vec{E}$$

المسافة بين الشحنتين      عزم الثنائي القطب

$$\tau = qEd \sin \theta = PE \sin \theta$$

عزم دوران ثنائي القطب      الزاوية بين اتجاه المجال  $\mathbf{E}$  واتجاه عزم ثنائي القطب  $\mathbf{P}$

- إذا كان الدوران عكس اتجاه حركة عقارب الساعة يكون العزم موجباً وفي اتجاه محور Z الموجب
- إذا كان الدوران مع اتجاه حركة عقارب الساعة يكون العزم سالباً وفي اتجاه محور Z السالب



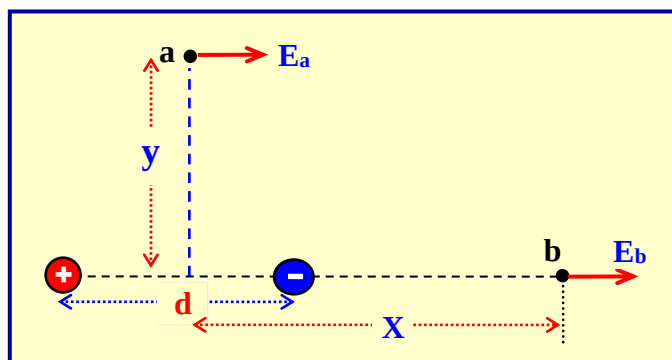
$$E_b = \frac{2K(qd)}{X^3} = \frac{2KP}{X^3} \quad \text{المجال عند (b) حيث } X \gg d$$

$$E_a = \frac{K P}{\left[ \left( \frac{d}{2} \right)^2 + y^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

المجال عند (b)

$$E = \frac{K(qd)}{y^3} = \frac{KP}{y^3}$$

المجال عند (b) حيث  $X \gg d$



### المجال الكهربائي الناتج عن التوزيعات العامة للشحنة

\* المجال الناتج عن الشحنة على سلك مستقيم و توزيع منتظم

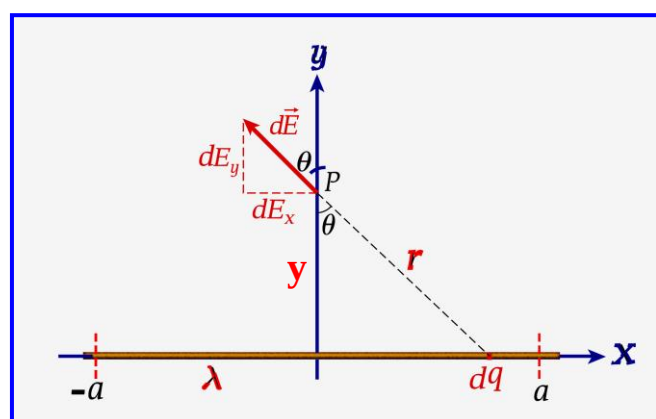
للشحنة بكثافة ( $\lambda$ )

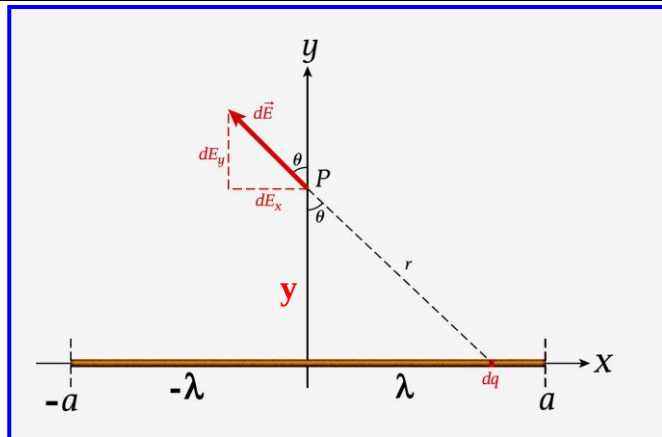
- المجال الكهربائي عند مسافة (y) على خط ينصف السلك :

$$E_y = \frac{2k\lambda}{y} \frac{a}{\sqrt{y^2 + a^2}}$$

$$E_y = \frac{2k\lambda}{y}$$

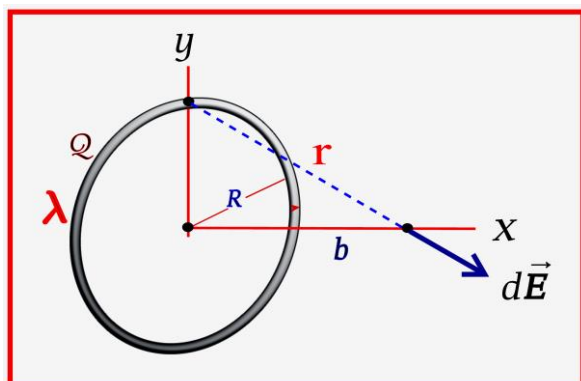
- السلك لانتهائي الطول :





\* المجال الناتج عن الشحنة على سلك مستقيم و توزيع منتظم للشحنة بكثافة (  $\lambda$  ) على نصف طوله و بكثافة (  $-\lambda$  ) على الآخر .

$$E_p = 2K\lambda \left[ \frac{1}{\sqrt{y^2 + a^2}} - \frac{1}{y} \right]$$

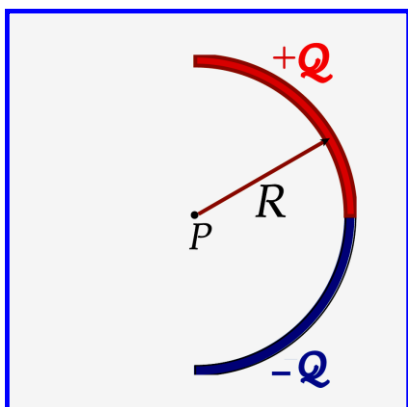


\* المجال الناتج عن الشحنة على حلقة دائرية توزيع منتظم للشحنة بكثافة طولية منتظمة (  $\lambda$  )

$$E_x = \frac{kQb}{(R^2 + b^2)^{3/2}}$$

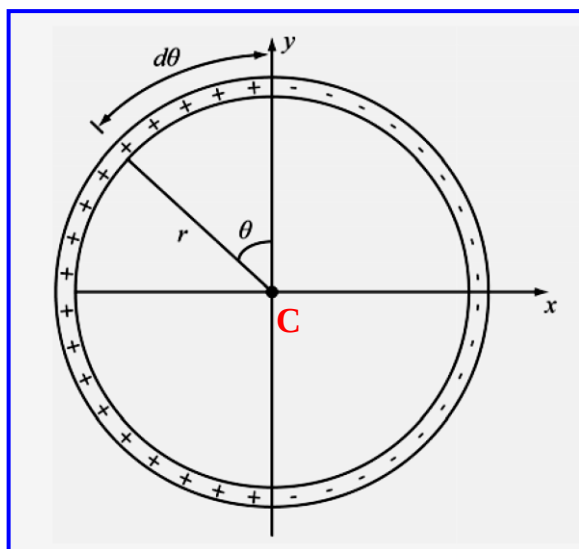
$$E = \frac{Kq}{b^2} \quad \text{إذا كانت } b \gg R$$

– إذا كانت  $b = 0$  ( في مركز الحلقة )  $E = 0$



– ساق زجاجي رفيع على شكل نصف دائرة نصف قطرها (  $R$  ) و وزعت شحنة (  $+Q$  ) بشكل منتظم على النصف العلوي كما وزعت شحنة (  $-Q$  ) بشكل منتظم على النصف السفلي المجال عند المركز (  $P$  )

$$E_c = \frac{-4Kq}{\pi R^2}$$

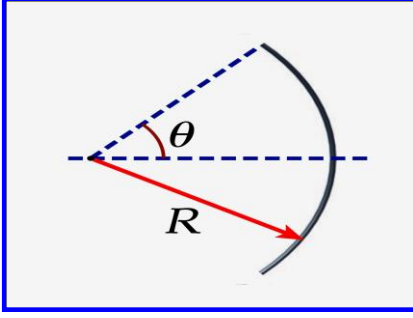


\* المجال الناتج عن الشحنة على حلقة من مادة عازلة ( زجاج ) و توزيع منتظم للشحنة بكثافة (  $\lambda$  ) على نصفها و بكثافة (  $-\lambda$  ) على النصف الآخر ، وذلك عند مركزها (  $C$  )

$$E_c = \frac{4Kq}{\pi R^2}$$

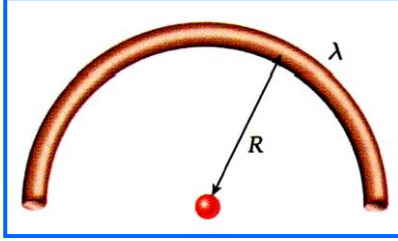
- ساق عازلة ( زجاج ) رفيع على شكل قوس نصف قطره ( R ) و وزعت عليها شحنة ( + Q ) بشكل منتظم .  
( أقل من نصف حلقة )

$$E_c = \frac{Kq \sin(\theta)}{\theta_{rad} R^2}$$



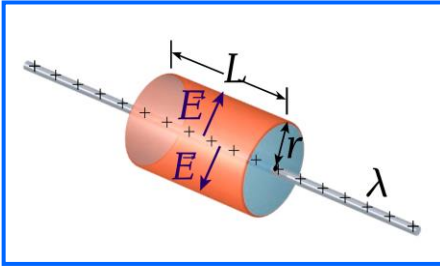
\* المجال الكهربائي عند مركز سلك طوله ( L ) على شكل نصف حلقة نصف قطرها ( R )

$$E = \frac{2\pi K \lambda}{L} = \frac{2K \lambda}{R}$$



$$\oiint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$$

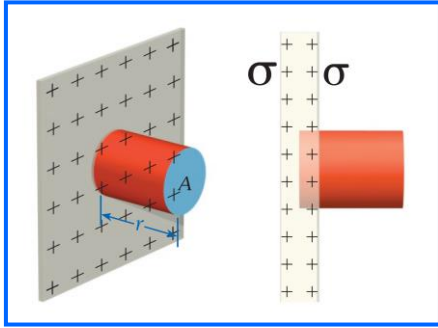
التدفق الكهربائي  $\Phi = \vec{E} \cdot \vec{A} = EA \cos \theta$



التمائل الأسطواني

\* المجال الناتج عن سلك مشحون بكثافة طولية ( lambda )

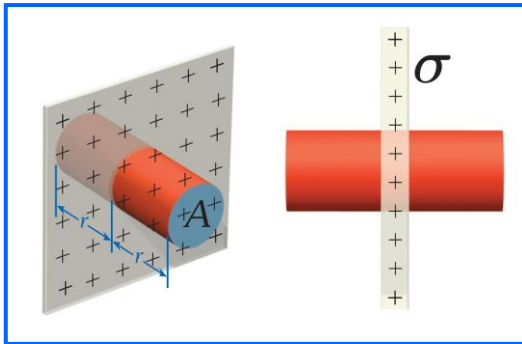
$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} = \frac{2k\lambda}{r}$$



التمائل السطحي ( سطح موصل )

مستوى موصل لانهائي كثافة شحنته على كلا السطحين، ويحيط بأحد طرفي سطح جاوسي على شكل أسطوانة قائمة.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$



التمائل السطحي ( سطح عازل )

لوح مستو لانهائي وغير موصل كثافة شحنته . ويقطع المستوى بشكل متعامد سطح جاوسي في شكل أسطوانة قائمة ذات مقطع عرضي مساحته ( A ) مواز للمستوى، وذات ارتفاع ( r ) أعلى المستوى وأسفله.

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

### التمائل الكروي ( كرة مصمتة من مادة عازلة )

توزيع كروي للشحنة بشحنة منتظمة لكل وحدة حجم (  $\rho$  )  
ونصف قطر (  $r$  ) و يوضح الشكل أيضا سطحين كرويين

جاوسيين أحدهما داخل الكرة و بنصف قطر (  $r_1 < r$  )

والآخر خارج الكرة و بنصف قطر (  $r_2 > r$  )

(1) المجال عند نقطة في الداخل (  $r_1 < r$  )

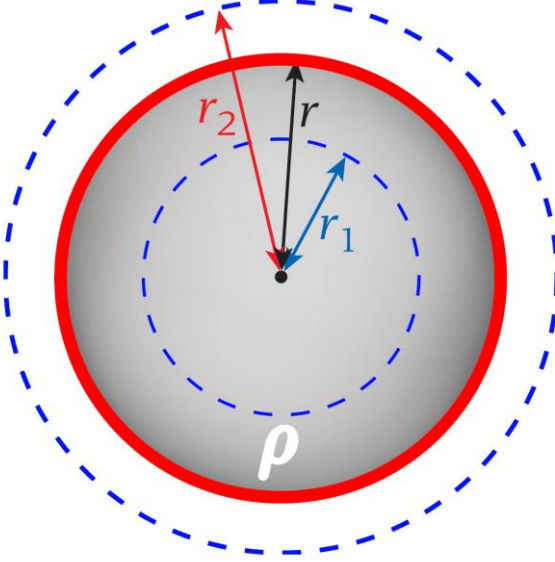
$$E = \frac{\rho r_1}{3\epsilon_0} \quad E = \frac{Kqr_1}{r^3}$$

(2) المجال عند نقطة خارج الكرة (  $r_2 > r$  )

$$E = \frac{Kq}{r_2^2}$$

(3) المجال عند نقطة قريبة جداً من السطح الخارجي .

$$E = \frac{Kq}{r^2}$$



### التمائل الكروي ( كرة مصمتة أو مفرغ رقيق من مادة موصلة )

(1) داخل الكرة المجال داخل الكرة يساوي صفراً (  $r_1 < r_s$  )

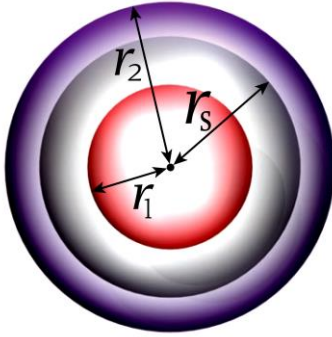
$$E = 0$$

(2) المجال عند نقطة خارج الكرة (  $r_2 > r_s$  )

$$E = \frac{Kq}{r_2^2}$$

(3) المجال عند نقطة قريبة جداً من السطح الخارجي.

$$E = \frac{Kq}{r_s^2}$$



هيكل كروي مشحون  
نصف قطره  $r_s$  و سطح جاوسي نصف قطره  
 $r_2 > r_s$  و سطح جاوسي آخر نصف قطره  
 $r_1 < r_s$ .

### المجال الناتج عن شحنة نقطية عند مركز هيكل كروي

( موصل مفرغ )

(1) المجال عند النقطة ( P ) داخل تجويف الهيكل .

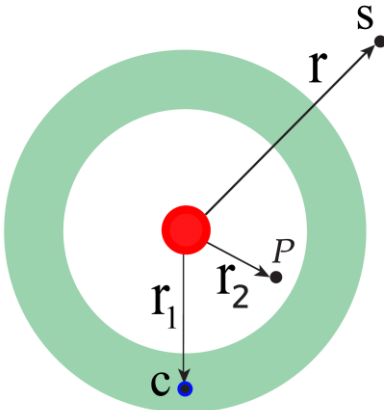
$$E_P = \frac{Kq}{r_2^2}$$

(2) المجال عند النقطة ( C ) داخل الهيكل .

$$E_c = 0.0$$

(3) المجال عند النقطة ( S ) خارج الهيكل .

$$E_S = \frac{Kq}{r^2}$$



## الوحدة الثالثة

$$\Delta U_e = Kq_1q_2\left(\frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i}\right)$$

مجال كهربائي منتظم

$$W = q\vec{E} \cdot \vec{d} = qEd \cos \theta$$

مجال كهربائي منتظم

$$W = \Delta K = K_f - K_i$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

$$W = qEd \cos \theta$$

$$\Delta U = -W$$

$$U = k \sum_{ij} \frac{q_i q_j}{r_{ij}}$$

عددة شحنات

$$U_e = \frac{K_c Qq}{r}$$

حساب طاقة الوضع لشحنة موضوعة في مجال شحنة أخرى

$$\Delta V = -Ed \cos \theta$$

$$\Delta U = q \Delta V = q(V_f - V_i)$$

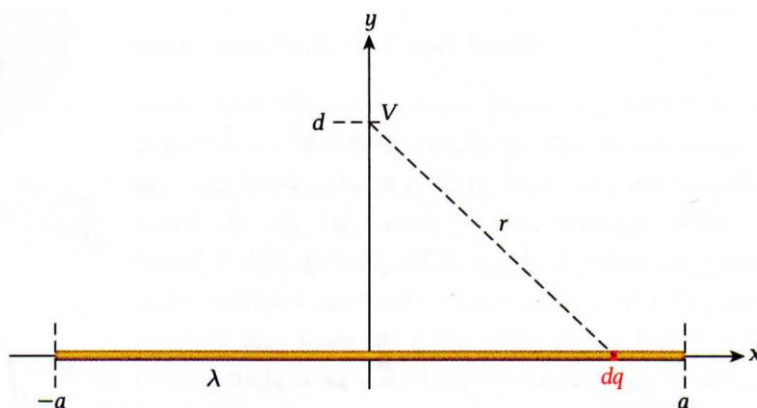
$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x}; \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}; \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}.$$

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V \equiv \left( \frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z} \right)$$

$$V = \sum_{i=1}^n V_i = \sum_{i=1}^n \frac{kq_i}{r_i}$$

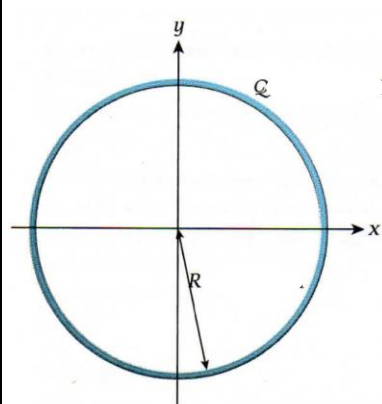
الجهد الكهربائي عند نقطة والناتج عن عدة شحنات

$$V = \sum_{i=1}^3 \frac{kq_i}{r_i} = k \left( \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2} + \frac{q_3}{r_3} \right)$$



الجهد عند نقطة على العمود المنصف لساق  
موزعة عليها الشحنة بانتظام و كثافة طولية ( λ )

$$V = k\lambda \ln \left( \frac{\sqrt{a^2 + d^2} + a}{\sqrt{a^2 + d^2} - a} \right)$$



حلقة معدنية عليها  
شحنة ( q )

(1) عند مركز الحلقة

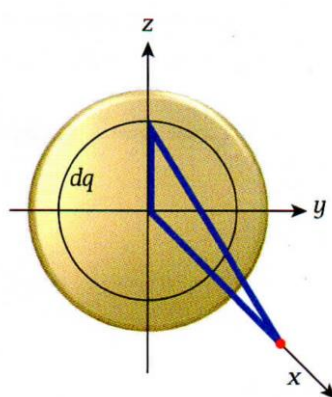
$$E = 0$$

(2) عند جميع النقاط

داخل الحلقة و عند

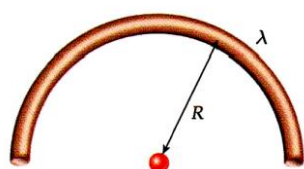
المركز .

$$V = \frac{Kq}{R}$$



الجهد الكهربائي على محور  
تماثل قرص معدني

$$V = \frac{2kq}{R^2} \left( \sqrt{x^2 + R^2} - x \right)$$



الجهد عند مركز سلك

موزعة عليه شحنة بانتظام

على شكل نصف حلقة

$$V = K\lambda\pi$$

## الوحدة الرابعة

$$C = \left| \frac{q}{\Delta V} \right|$$

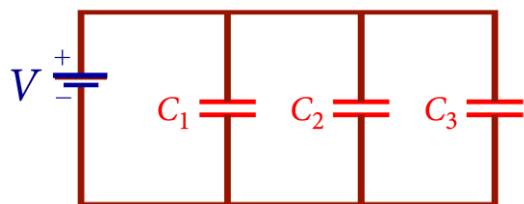
السعة الكهربائية

| المكثف الكروي                                                                                                                                                                                                                                                                                               | المكثف الاسطواني                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | مكثف متوازي اللوحين                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $C = 4\pi\epsilon_0 \left( \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \right)$ $\Delta V = -\frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right)$ $E = \frac{Kq}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ <p> <math>r_1</math> : نصف قطر الكرة الداخلية<br/> <math>r_2</math> : نصف قطر الكرة الخارجية         </p> | $C = \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$ $\Delta V = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 L} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$ $E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r L}$ <p> <math>L</math> : طول الاسطوانة<br/> <math>r_1</math> : نصف قطر الاسطوانة الداخلية<br/> <math>r_2</math> : نصف قطر الاسطوانة الخارجية         </p> | $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ $\Delta V =  Ed $                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | الموصل الكروي                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $C = 4\pi\epsilon_0 R = \frac{R}{K}$                                                                               |
| $U = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | طاقة الوضع الكهربائية المخزنة في المكثف و تساوي الشغل المبذول في شحنه                                              |
| $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d} = \frac{\epsilon A}{d}$                                                                                                                                                                                                                                                  | $C = K C_0 \quad \epsilon = K \epsilon_0$ <p>(K) : ثابت العازلية الكهربائية</p>                                                                                                                                                                                                                                                 | $u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left( \frac{V}{d} \right)^2$ <p>كثافة الطاقة المخزنة</p> |
| $C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d}$                                                                                                                                                                                                                                                                              | $E = \frac{q}{\epsilon A}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | $\Delta V = \frac{qd}{\epsilon A}$                                                                                 |

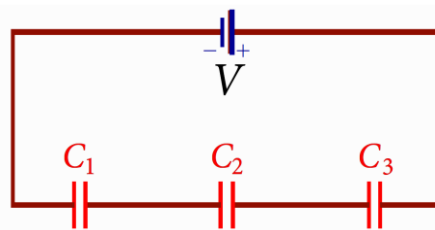
$$K = \frac{E}{E_r} \quad E_r = E - E_d \quad \text{بنسبة تساوي ثابت العزل الكهربائي}$$

حيث E : المجال الكهربائي الخارجي ،  $E_r$  : المجال الكهربائي الناتج

### التوصيل على التوازي



### التوصيل على التوالي



الدائرة الكهربائية

السعة المكافئة

الشحنة

فرق الجهد

لمكثفات متساوية السعة

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

السعة المكافئة تساوي مجموع السعات

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

السعة المكافئة أقل من أصغر سعة مكثف

$$q = q_1 + q_2 + q_3$$

الشحنة الكلية تساوي مجموع الشحنات للمكثفات  
و تتوزع عليها بنسبة طردية مع سعاتها

$$q = q_1 = q_2 = q_3$$

لجميع المكثفات نفس الشحنة

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$$

لجميع المكثفات نفس الجهد و يساوي جهد  
المصدر

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$$

الجهد الكلي يتوزع على المكثفات بنسبة  
عكسية مع سعاتها

$$C_{eq} = n \times C \text{ احداها}$$

لجميع نفس الشحنة و نفس فرق الجهد

$$C_{eq} = \frac{C}{n} \text{ احداها}$$

لجميع نفس الشحنة و نفس فرق الجهد