

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السوائل + الكهرباء (1)

كلية الهندسة المدنية – السنة الأولى

د. صبا عياش

## تصحيح بعض الأخطاء في المحاضرة 5

$$\epsilon x = 4.44 \times 10^{-4}$$

شريحة 6 من المحاضرة 5

$$X_2 = X + 1.5$$

شريحة 9 من المحاضرة 5

$$10s = 5 + 5 = t \text{ الزمن الكلي} \quad t_1 = 5 s$$

شريحة 11 من المحاضرة 5

مفهوم معدل  
التدفق  
الحجمي  $m^3/s$

جاء مساحة المقطع العرضي و  
سرعة المائع ثابتة في جميع نقاط  
الأنبوب

معادلة الاستمرارية



$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

معادلة برنولي

يتحرك سائل مثالي عبر أنبوب غير متجانس، نأخذ نقطتين من الأنبوب نقطة 1 ونقطة 2

القوة بعكس جهة  
الإزاحة عند النقطة 2  
العمل سالب

تؤدي القوة المطبقة على مساحة  
المقطع  $A_1$ :  $F_1 = P_1 \cdot A_1$  إلى انتقال  
 $W_1 = P_1 \cdot A_1 \cdot \Delta X_1 = P_1 \cdot V \leftarrow \Delta X_1$

تؤدي القوة المطبقة على مساحة  
المقطع  $A_2$ :  $F_2 = -P_2 \cdot A_2$  إلى انتقال  
 $W_2 = -P_2 \cdot A_2 \cdot \Delta X_2 = -P_2 \cdot V \leftarrow \Delta X_2$

نقطة 2:  $A_2, v_2, \gamma_2, \rho$

Point 2

$\Delta x_2$   
 $-P_2 A_2 \hat{i}$

$v_2$   
 $y_2$

نقطة 1:  $A_1, v_1, \gamma_1, \rho$

Point 1

$\Delta x_1$

$P_1 A_1 \hat{i}$

$v_1$   
 $y_1$

$$W = W_1 + W_2 = (P_1 - P_2)V$$

العمل الكلي الناتج

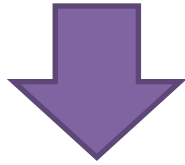
$$\frac{1}{2} m(v_2^2 - v_1^2) = \Delta K$$

تغير الطاقة الحركية

$$mgy_2 - mgy_1 = \Delta U$$

تغير الطاقة الكامنة الثقالية

$$W = \Delta K + \Delta U$$



يتحول العمل الناتج عن القوى المؤثرة على مساحة المقطع العرضي  $A_1$  و المقطع العرضي  $A_2$  خلال الفاصل الزمني  $\Delta t$  إلى طاقة حركية  $\Delta K$  + طاقة كامنة  $\Delta U$  لجزيئات السائل المارة عبر مساحة المقطعين

$$(P_1 - P_2)V = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + mgy_2 - mgy_1$$

باعتبار  $m = \rho V$  و بالتقسيم على الحجم  $V$

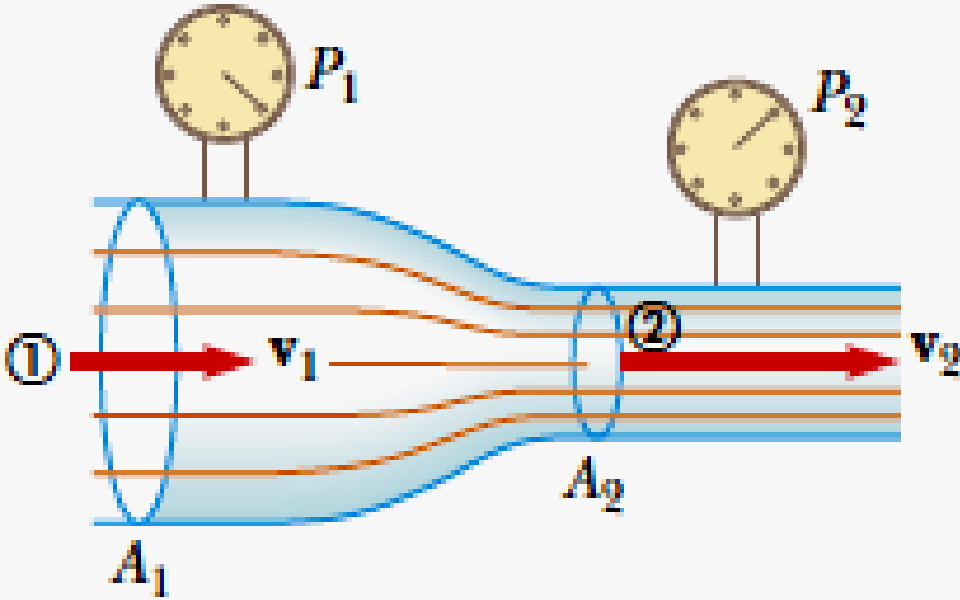
$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_2 - \rho gy_1$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gy_2$$

معادلة برنولي

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{const}$$

## أنبوب فينتوري



في حالة خاصة من أنبوب  
برنولي يكون الأنبوب الأفقي  
(كالموضح في الشكل)

$$v_1 = v_2 = v$$

تصبح معادلة برنولي بالشكل:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

يمكننا أنبوب فينتوري من حساب سرعة سائل غير قابل للانضغاط من خلال الاستعانة بمعادلة الاستمرارية

# خصائص السوائل / التوتر السطحي

الفرق بين جزيئات الطبقة السطحية و الطبقات العميقة

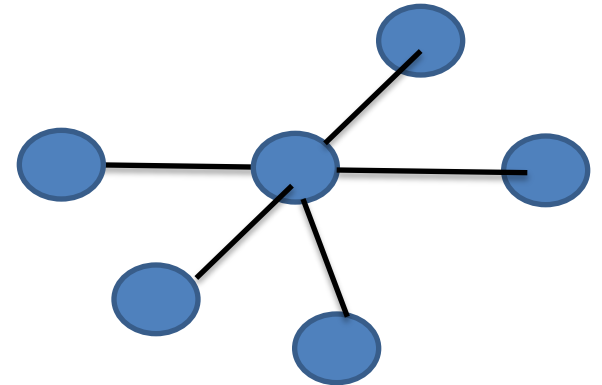
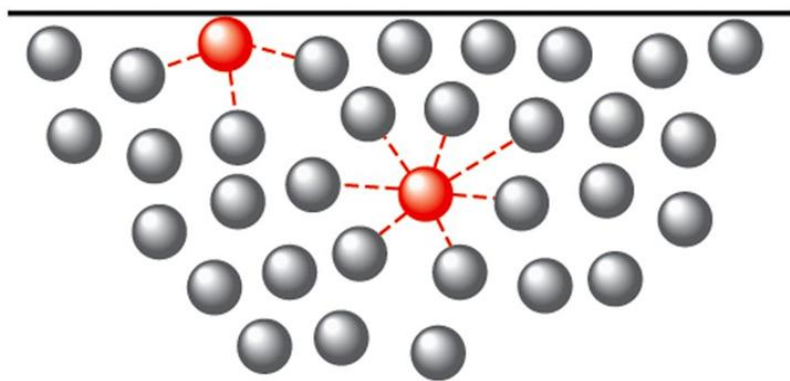
لماذا يأخذ السائل شكل كروي؟

التوتر السطحي للسوائل  $\sigma$ : القوة المؤثرة في وحدة الطول من

$$\sigma = \frac{f}{L}$$

السائل  
قوى التوتر السطحي: القوى التي تقع في مسنوي سطح السائل  
العلوي

Surface



العوامل المؤثرة على التوتر السطحي:

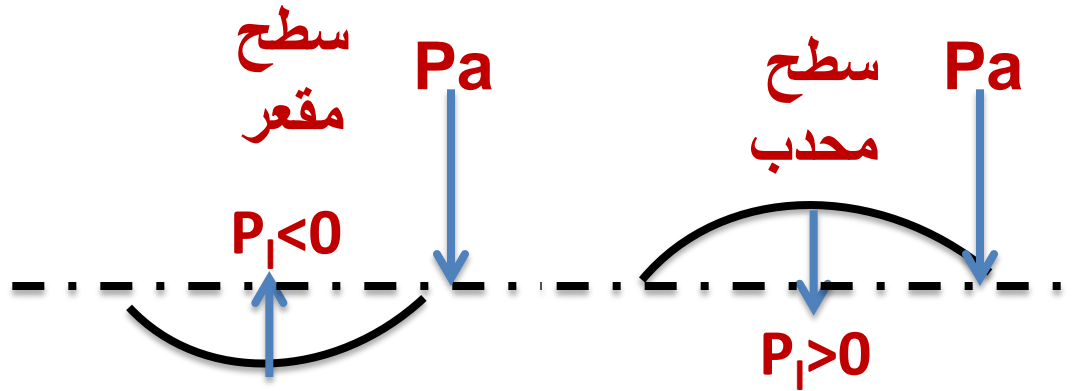
الضغط

اللابلاسي  $P_L$

الضغط اللابلاسي  $P_L$ : الضغط المشروط بانحناء سطح السائل. و هو ضغط إضافي يزيد أو ينقص من الضغط الذي يعاني منه سطح السائل المستوي (Pa)

يعطى الضغط اللابلاسي بالعلاقة التالية:

$$P_L = -\sigma \frac{dA}{dV}$$

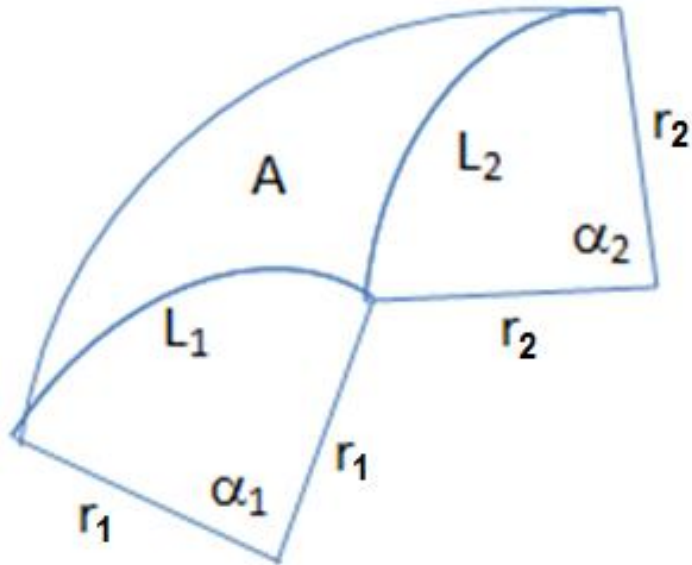


الضغط اللابلاسي في الحالة  
الأسطوانية  $P_L = -\sigma / R$

الضغط اللابلاسي في الحالة الكروية  
 $P_L = -2\sigma / R$

## الضغط اللاباسي في الحالة العامة

يحدد انحناء أي سطح بزواويتي  
انحناء  $\alpha_1$  ،  $\alpha_2$



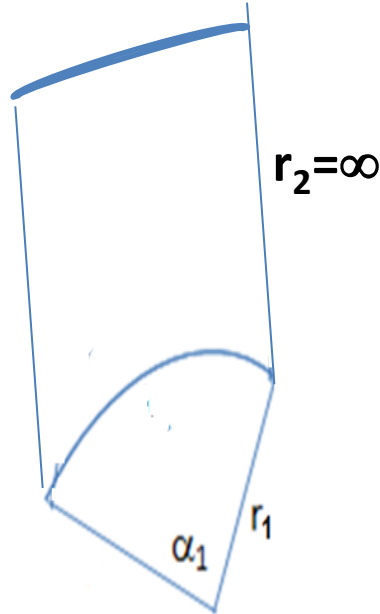
تعطى مساحة السطح  $A$  بدلالة طول  
القوسين  $L_1$  ،  $L_2$  :  $A = L_1 \cdot L_2$

بتطبيق علاقة القوس في الدائرة  
 $L = r \cdot \alpha$  و من أجل  $dr_1 = dr_2 = dr$   
نجد أن الضغط اللاباسي يعطى  
بالعلاقة:

$$P_1 = -\sigma \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$



حالة الشكل  
الأسطواني



## حالات خاصة

❖ حالة وقوع مراكز الانحناء في

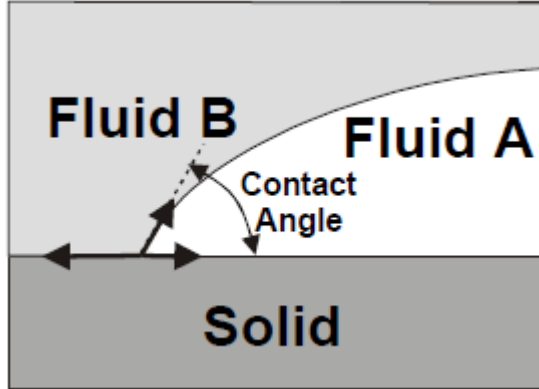
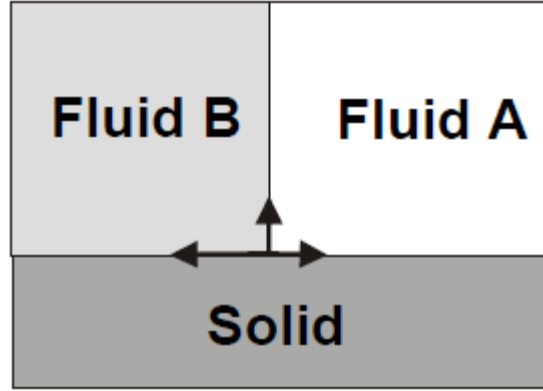
جهات مختلفة بالنسبة للسطح

الكروي أي  $dr_1 = -dr_2 = dr$

❖ حالة السطح الكروي :  $r_1 = r_2 = r$

❖ حالة السطح الأسطواني :  $r = r_1$

$r_2 = \infty$

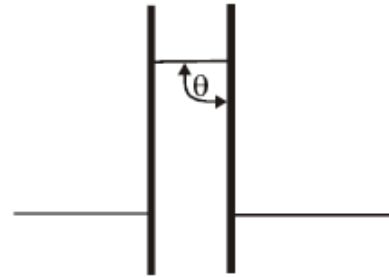
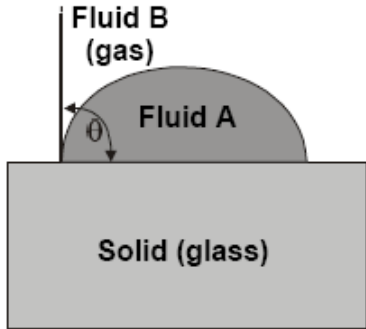
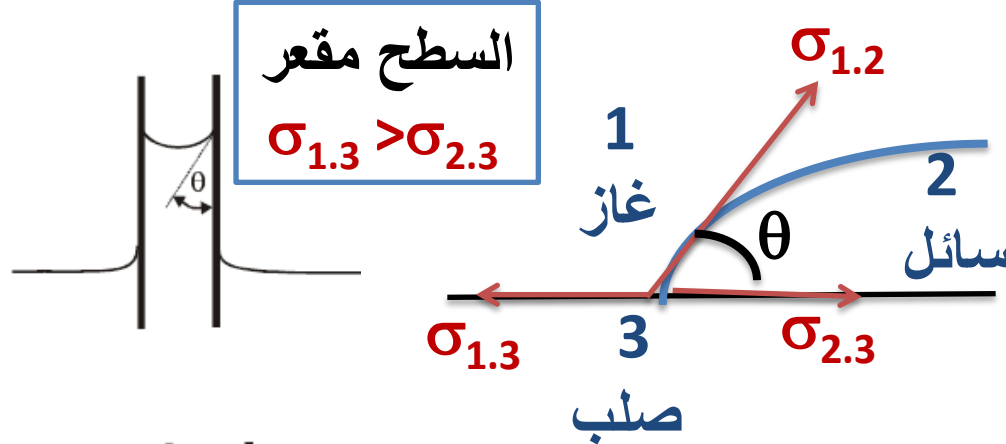
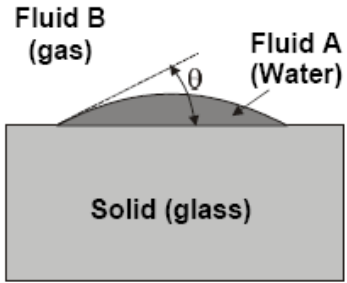


❖ عندما يحد سطح جسم صلب وسطين غير قابلين للامتزاج (سائل ، غاز) نحصل على عدة حالات للتبلل

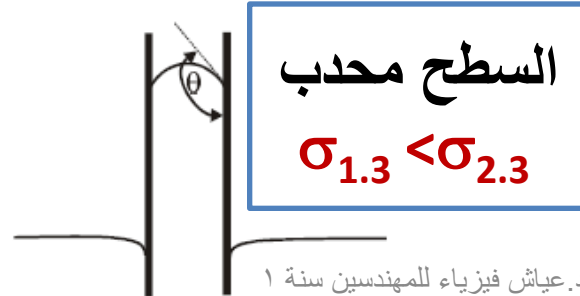
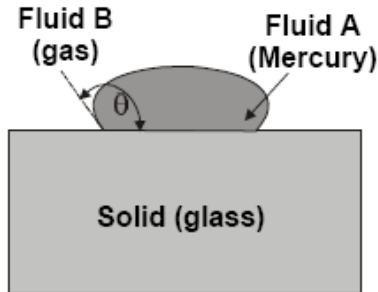
❖ تحدد حالة التوازن بين الأوساط الثلاث بزاوية التبلل  $\theta$  و يمكن من خلالها تحديد حالة التبلل.

تبلل السطح الصلب

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)



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



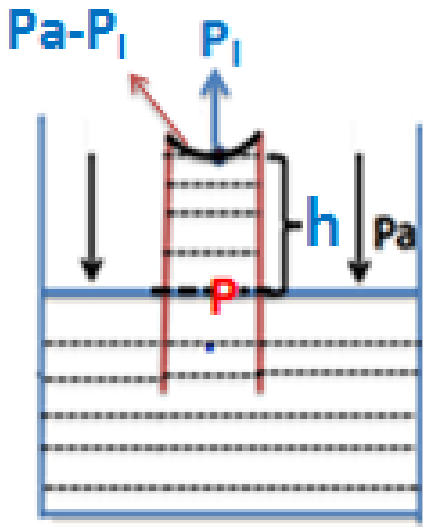
حالات التبلل

$\theta = 0$

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

$\theta = \pi$

# الظاهرة الشعرية

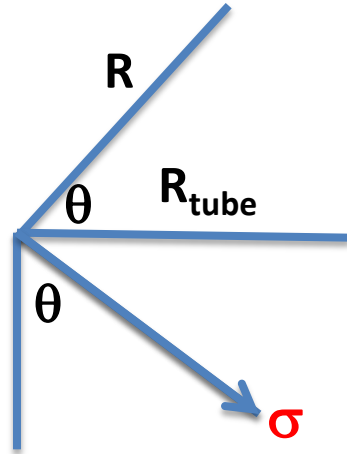
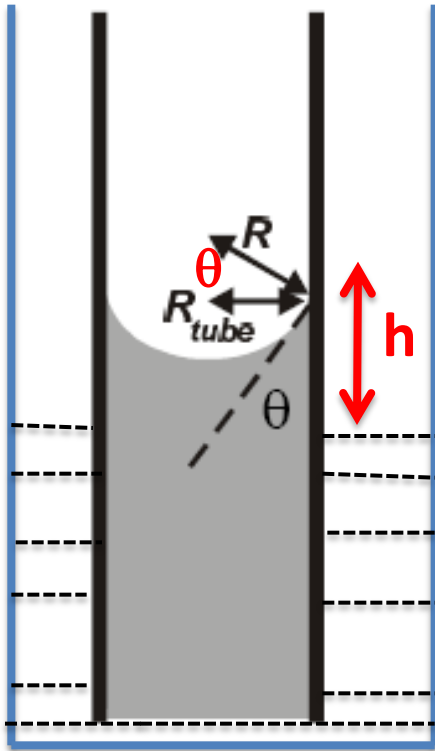


الضغط على سطح  
السائل =  $P_a - P_1$

إذا أدخل أنبوب شعري في سائل  
يرتفع السائل داخل الأنبوب وفقا  
للضغط الابلاسي  $P_1$  .

يرتفع الماء داخل الأنبوب لارتفاع  
h عند النقطة p

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



$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$$

خطورة الظاهرة  
الشعرية على الأبنية  
البيتونية

# الكهرباء الساكنة

## أنواع الشحنة و القوى الكهربائية

❖ المادة (الذرة) معتدلة كهربائياً أي عدد الشحنات الموجبة (البروتونات) = عدد الشحنات السالبة (الإلكترونات)

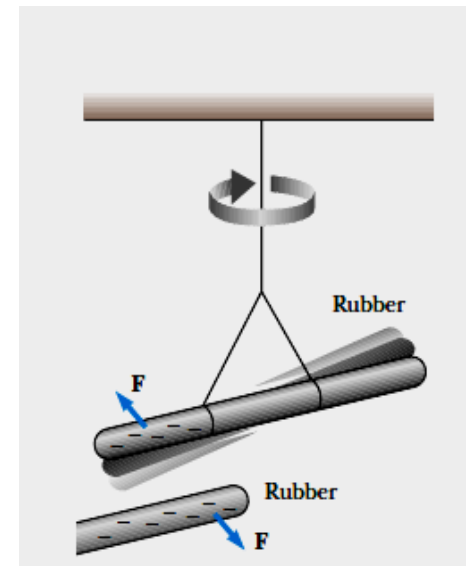
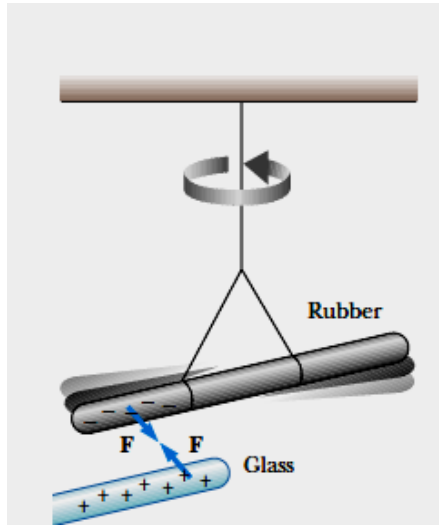
❖ عدد الإلكترونات < عدد البروتونات  $\Leftarrow$  الشحنة سالبة

❖ عدد البروتونات < عدد الإلكترونات  $\Leftarrow$  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 ذلك 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 التجاذب بين قطعة الإيونييت المشحونة بشحنة سالبة و قطعة الزجاج المشحونة بشحنة موجبة

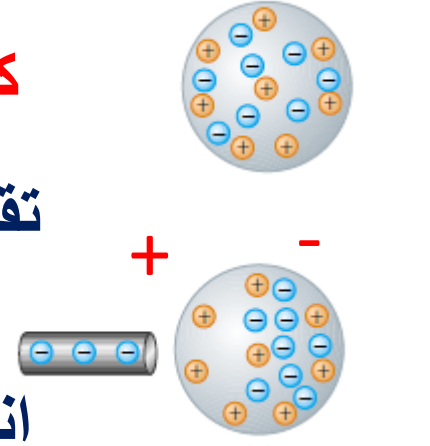
قوى التنافر بين قطعتي الإيونييت المشحونتين بشحنة سالبة

# انتقال الشحنات بالتأثير (التحريض) شحن كرة معدنية معتدلة

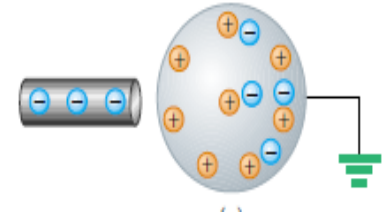
كرة معتدلة : الشحنات الموجبة = الشحنات السالبة

تم شحن الكرة  
بشحنة موجبة  
بالتأثير

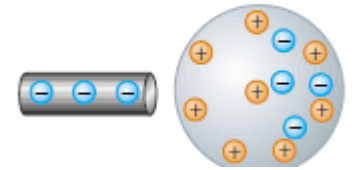
تقريب قضيب الإيونيوت المشحون بشحنة  
سالبة من الكرة  
انتقال الالكترونات للطرف البعيد  
عن الإيونيوت



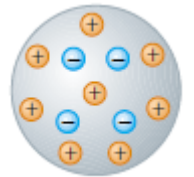
تأريض السطح البعيد عن الإيونيوت  
⇐ اعتدال الشحنة



قطع الاتصال بالأرض ⇐ بقاء  
الشحنات الموجبة



رفع قضيب الإيونيوت توزع الشحنات  
الموجبة على كامل الكرة



انجذاب قصاصات ورقية  
لمشط مدلوك بالشعر  
ومشحون

# قانون كولون

إذا تم وضع شحنتين  $q_1$  و  $q_2$  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)  
 $K=9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{coul}^2$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{يعطى الثابت } K \text{ بالعلاقة :}$$



❖ ثابت السماحية الكهربائية للخلاء

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ coul}^2/\text{N.m}^2$$

❖ يعطى قانون  $K$  بالحالة العامة بالشكل:

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r}$$

❖  $\epsilon$  ثابت سماحية الوسط ،  $\epsilon_r$  ثابت السماحية النسبي ويساوي إلى 1 في حالة الخلاء

# قواعد عامة في توجيه القوى و الإشارات

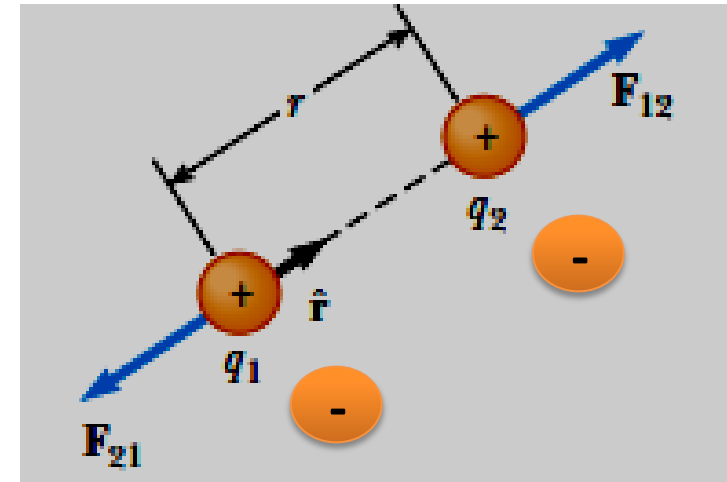
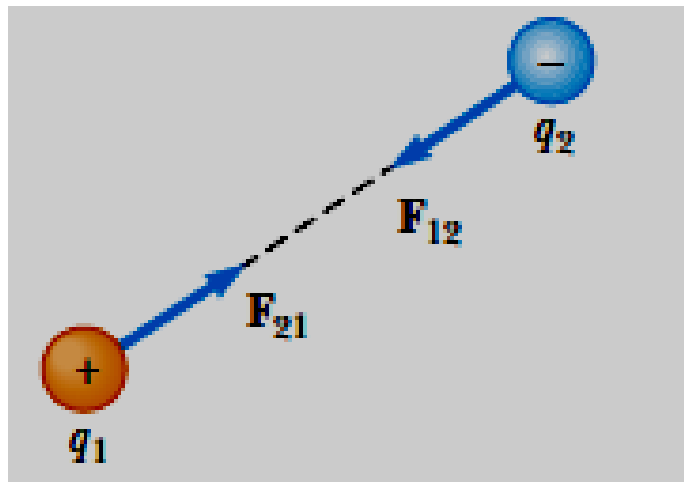
1- يرمز للقوة التي **تؤثر** بها الشحنة  $q_1$  على الشحنة  $q_2$  بالرمز  $F_{12}$  و تكون نقطة تأثيرها عند الشحنة  $q_2$

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

$$F_{12}=F_{21}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad -4$$

3- تكون القوتان  $F_{12}=F_{21}$

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)

$$E = \frac{F}{q'} = \frac{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q q'}{r^2}}{q'} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

واحدة الحقل الكهربائي

واحدة الحقل :  
N/coul

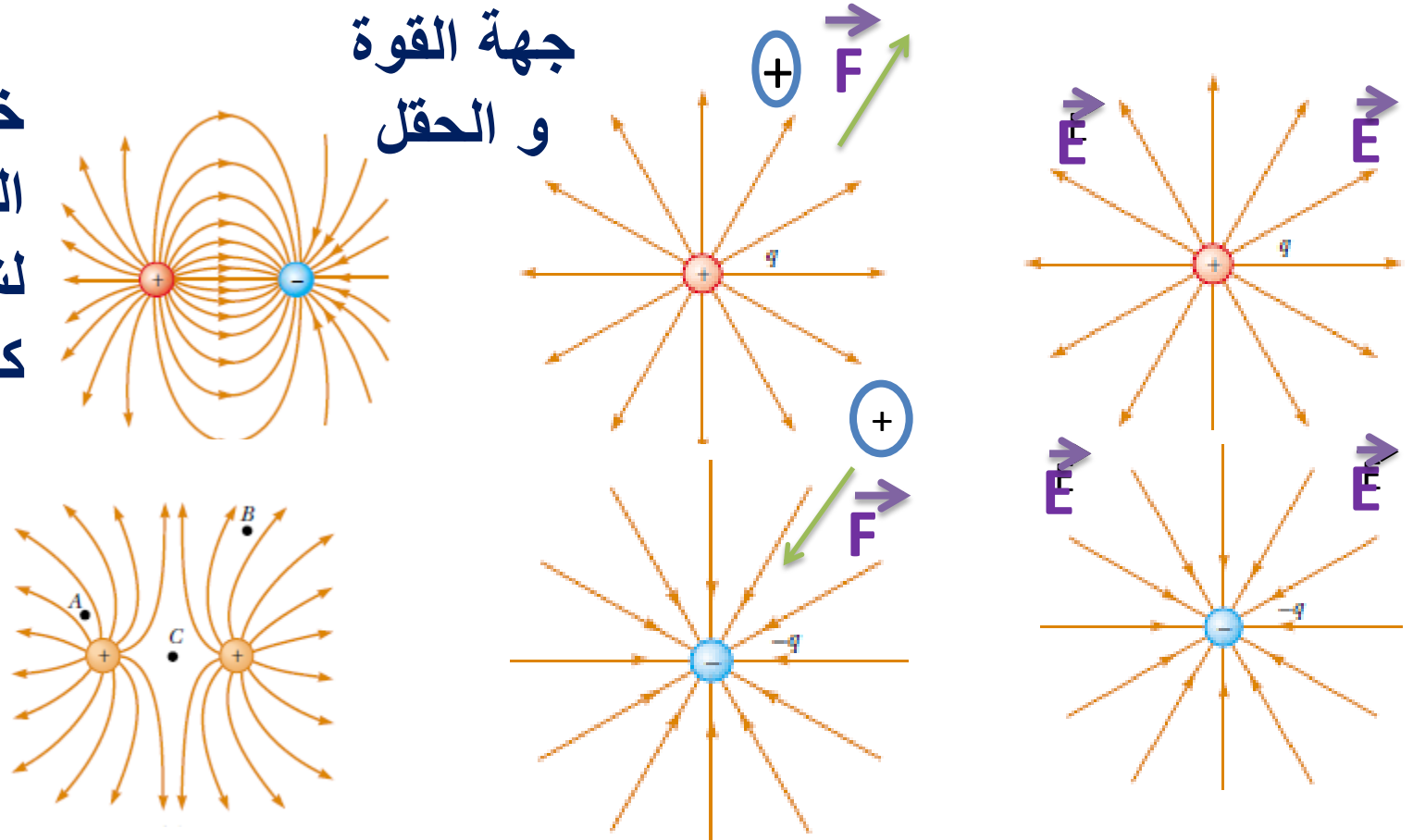
$$[E] = \frac{[F]}{[q']}$$

# جهة الحقل الكهربائي

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

الشحنة  $q$  موجبة  $\leftarrow$  الحقل ينتشر من الشحنة إلى الخارج  
الشحنة  $q$  سالبة  $\leftarrow$  الحقل ينتشر من الخارج باتجاه الشحنة

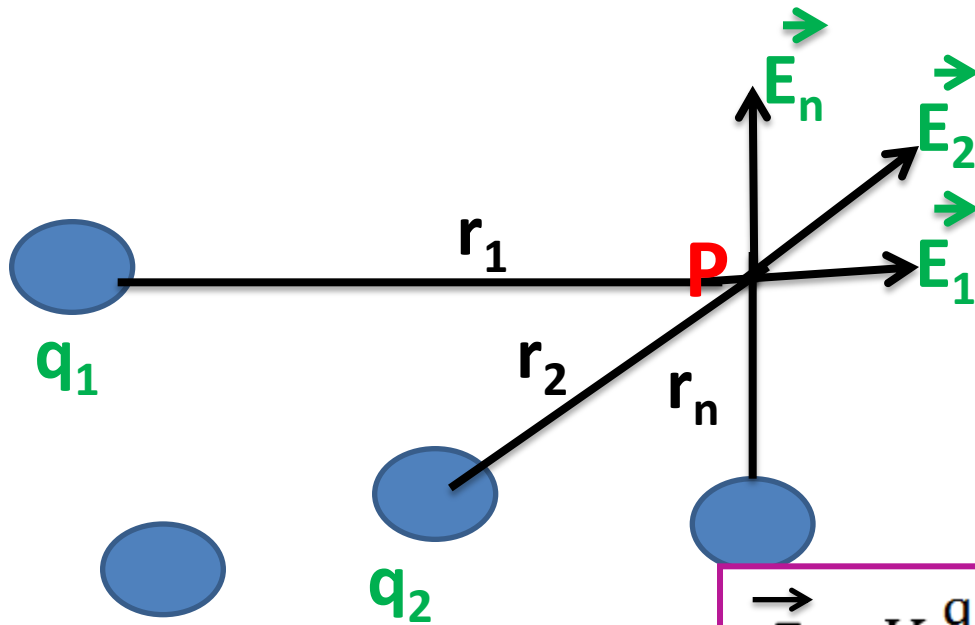
خطوط الحقل الكهربائي لشحنتين كهربائيتين



## الحقل الكهربائي الناشئ عن عدة شحنات نقطية منفصلة

ليكن لدينا عدة شحنات نقطية منفصلة عن بعضها البعض  $q_1, q_2, \dots$   
 $q_n$  تبعد عن النقطة P أبعاد  $r_1, r_2, \dots, r_n$

يعطى الحقل الكلي E الناتج عن  
الشحنات بالعلاقة:  
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$



$$\vec{E} = K \frac{q_1}{r_1^2} \vec{e}_{r_1} + K \frac{q_2}{r_2^2} \vec{e}_{r_2} + \dots + K \frac{q_n}{r_n^2} \vec{e}_{r_n}$$