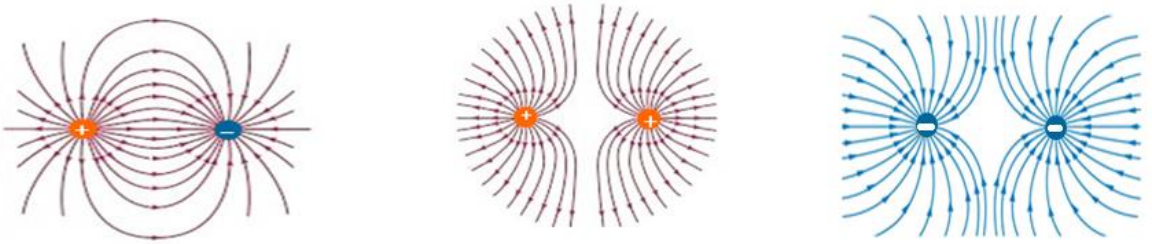
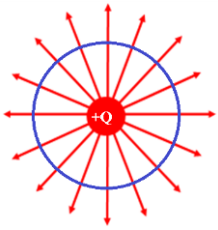
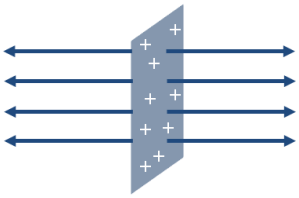
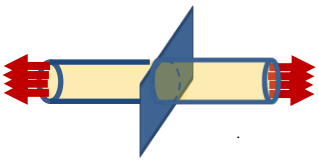
فسيفساء، تعريفات، مبادئ، ملاحظات ، نقاط مهمة، توصيات عملية، سريان المفعول وكيف توصلنا

الكهرباء الساكنة

https://www.youcube.co.il

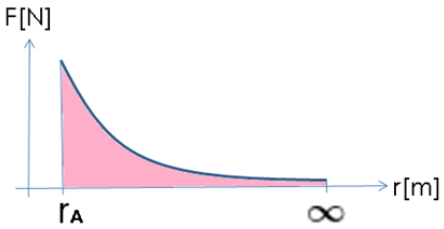
شحنة كهربائية اساسية	يوجد في الطبيعة جسيمان أساسيان تعمل بينهما قوة كهربائية بالإضافة إلى الجاذبية العامة - الإلكترون له شحنة سالبة. والبروتون له شحنة موجبة.
الاجسام المشحونة	بشكل عام، توجد للأجسام في الطبيعة نفس عدد الإلكترونات والبروتونات، وتسمى هذه الأجسام بالأجسام المحايدة كهربائيًا. يسمى الجسم الذي يحتوي على فائض من الإلكترونات بالجسم المشحون بشحنة كهربائية سالبة، وإذا كان الجسم يفتقر إلى الإلكترونات يكون مشحون بشحنة كهربائية موجبة - تعمل قوة كهربائية بين الأجسام المشحونة.
المبنى الذري	تتكون كل مادة في الكون من مجموعة من الذرات التي تعطي المادة خصائصها. تتكون الذرة من البروتونات والنيوترونات (جسيمات أساسية محايدة كهربائيًا) التي تشكل نواة الذرة، حول النواة تتحرك الإلكترونات، تعمل القوة الكهربائية على الإلكترونات كقوة جاذبة نحو المركز.
قانون كولون	يصف مقدار القوة المؤثرة بين شحنتين (أو جسمين مشحونين) كدالة للبعد بين الشحنات r ومقدار الشحنات Q_1 و- Q_2، وفقًا لما يلي: $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ $\quad$ $F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_1}{r^2}$ بين الشحنات المتطابقة بالإشارة تعمل قوة تنافر، وبين الشحنات المختلفة بالإشارة تعمل قوة جذب.
الحقل الكهربائي	تغير الشحنة الحيّز الذي تتواجد فيه، والحقل الكهربائي عبارة عن متجه يصف الحيّز حول الشحنة. يتم تعريف الحقل الكهربائي في نقطة ما بواسطة شحنة موجبة صغيرة تسمى شحنة الاختبار q. حسب النسبة بين القوة الكهربائية التي ستؤثر على شحنة اختبار تقع في النقطة مقسومة على مقدار شحنة الاختبار: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
متّجه الحقل	متّجه الحقل في محيط شحنة نقطية هي خطوط شعاعية، وموجهة وفقًا لإشارة الشحنة النقطية. كلما ابتعدنا عن الشحنة يكون تقل شدة متّجه الحقل.
شدة متجه الحقل الكهربائي	تتعلق شدة متجه الحقل الكهربائي في أي نقطة بالقرب من شحنة نقطية ببعد النقطة من الشحنة r. ومقدار الشحنة المكونة للمجال Q. $E = \frac{F}{q} = \frac{\frac{K \cdot Q \cdot q}{r^2}}{q} = \frac{K \cdot Q}{r^2}$ $\quad$ $E = \frac{K \cdot Q}{r^2}$ هذه الصيغة مناسبة لوصف شدة الحقل في محيط الشحنة النقطية فقط! وهي غير ملائمة لحقل كهربائي متجانس. في حالة نقطة قريبة من عدد من الشحنات، يتعين علينا استخدام مبدأ التراكب، لإيجاد متجه الحقل الكهربائي المتولد من كل شحنة عند نقطة ما. متجه الحقل المحصل يساوي مجموع متجهات الحقل التي تم الحصول عليها في تلك النقطة. .

خطوط الحقل	**خطوط الحقل هي خطوط وهمية متواصلة تمّس متجهات الحقل.** **اتجاه متجهات الحقل في كل نقطة يساوي اتجاه متجه الحقل الكهربائي في كل نقطة.** **كثافة خطوط الحقل في كل نقطة تساوي شدة الحقل الكهربائي في كل نقطة.** **يمكن أن تنحني خطوط الحقل لكنها لا تتقاطع مع بعضها البعض أبدًا.** **خطوط الحقل عمودية لسطح الجسم.** **تبدأ خطوط الحقل بشحنة موجبة أو من اللانهاية. وتنتهي بالشحنة السالبة أو اللانهاية.** 
التدفق الكهربائي	**التدفق الكهربائي هو وصف لمقدار خطوط المجال، يُشار إليها بـ Φ ويتم قياسها بوحدات** $\left[\frac{N\cdot m^2}{C}\right]$.
قانون جاوس	**ينص قانون جاوس على أن مقدار خطوط الحقل الخارجة من الشحنة يتناسب تناسبًا طرديًا مع مقدار الشحنة ، وفقًا للصيغة:** $$\Phi = 4\pi K\cdot Q$$ بمساعدة قانون جاوس، يمكن الحصول على شدة المجال الكهربائي بالقرب من شحنة نقطية: نضع سطح غاوسي (وهمي) حول شحنة Q.  مساحة الغلاف الكروي: $A = 4\cdot\pi\cdot r^2$ مقدار خطوط الحقل الخارجة من الشحنة وتعبر الكرة: $\Phi = 4\pi K\cdot Q$ **شدة الحقل الكهربائي في أي نقطة على سطح الكرة الجاوسية هي متجانسة، سنقوم بالتعبير عن كثافة خطوط الحقل عبر الكرة :** $$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{4\cdot\pi\cdot K\cdot Q}{4\cdot\pi\cdot r^2} = \frac{K\cdot Q}{r^2}$$ **بمساعدة جاوس، من الممكن حساب شدة الحقل الكهربائي في محيط الأجسام المشحونة ذات الأشكال المختلفة.**

حقل متجانس	خطوط الحقل عمودية لسطح الجسم، لذا فإن خطوط الحقل الخارجة من لوحة موجبة الشحنة (أو تدخل لوحة سالبة الشحنة) متعامدة للوحة وتكون متوازية، ولا تتغير كثافة خطوط الحقل كلما ابتعدنا من اللوحة المشحونة. يسمى هذا الحقل حقلًا متجانسًا.  تتعلق شدة الحقل المتجانس على جانبي اللوحة على كثافة شحنة اللوحة σ فقط، وفقًا لـ : $$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$ σ- تقاس كثافة الشحنة بوحدات الكولون لكل متر مربع. ϵ_0- ثابت نفاذية الحقل الكهربائي في الفراغ $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{c^2}{N \cdot m^2}$ **ليست هناك حاجة لتطوير التعبير لشدة المجال المتجانس، يتم إعطاء التعبير في صفحات القوانين.** **تطوير تعبير شدة الحقل المتجانس بمساعدة قانون جاوس مع الاسطوانة الجاوسية:**  باستخدام قانون جاوس، سوف نعبر عن مقدار التدفق المنبعث من الشحنة المحصورة من جانبي اللوح بواسطة أسطوانة جاوس: $$\Phi = 4\pi K \cdot Q$$ $$\Phi = 4\pi K \cdot \sigma A$$ مقدار خطوط الحقل التي تخرج إلى كل جانب: $$\Phi = 2\pi K \cdot \sigma A$$ نحسب كثافة خطوط الحقل: $$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{2\pi K \cdot \sigma A}{A} = 2\pi K \cdot \sigma,\ K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow E = 2\pi \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \sigma = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$
الجهد الكهربائي	**يصف الحقل الكهربائي المحيط حول الشحنة بطريقة متجهيه. يصف الجهد الكهربي الفضاء حول الشحنة بصورة أسهل، بطريقة عددية.** **يتم تعريف الجهد في نقطة ما على انه يساوي الشغل المطلوب لتحريك شحنة اختبار (موجبة وصغيرة) من اللانهاية إلى تلك النقطة بسرعة ثابتة، مقسومة على مقدار شحنة الاختبار.** $$V_A = \frac{W_{\infty \to A}}{q}$$ **حسب تعريف الجهد، يتم قياس الجهد بوحدات الجول لكل كولون أو بوحدات الفولط.** **يمكن أن تكون نقطة يكون فيها الجهد الكهربائي صفرًا. وشدة الحقل الكهربائي لا يساوي صفر.** **ويمكن أن تكون نقطة لا يساوي فيها الجهد الكهربائي صفر، والحقل الكهربائي يساوي صفرًا.**

شدة الجهد حول شحنة نقطية

من أجل تحريك شحنة اختبارية من اللانهاية إلى نقطة قريبة من شحنة نقطيّة بسرعة ثابتة، يجب بذل قوة متفاوتة الشدة، في الرسم البياني للقوة كدالة للبعد بين شحنة الاختبار وشحنة النقطة، فإن الشغل يساوي المساحة المحصورة في الرسم البياني، يمكنك حساب هذه المنطقة وإيجاد الشغل باستخدام التكامل אינטגרל:



$$W_{\infty\to A}=\int_{r_A}^{\infty}F(r)dr$$

$$W_{\infty\to A}=\int_{r_A}^{\infty}\frac{K\cdot Q\cdot q}{r^2}dr$$

$$W_{\infty\to A}=K\cdot Q\cdot q\int_{r_A}^{\infty}r^{-2}dr=K\cdot Q\cdot q\left(\frac{r^{-1}}{-1}\Big|_{r_A}^{r_\infty}\right)$$

$$W_{\infty\to A}=\frac{K\cdot Q\cdot q}{-1}\left(\frac{1}{r_\infty}-\frac{1}{r_A}\right)$$

$$W_{\infty\to A}=K\cdot Q\cdot q\cdot\left(\frac{1}{r_A}-\frac{1}{r_\infty}\right)=\frac{K\cdot Q\cdot q}{r_A}$$

نعوض تعبير الشغل في تعريف الجهد:

$$V_A=\frac{W_{\infty\to A}}{q}=\frac{\frac{K\cdot Q\cdot q}{r_A}}{q}=\frac{K\cdot Q}{r_A}$$

$$\boxed{V_A=\frac{K\cdot Q}{r_A}}$$

يصف الجهد الكهربائي وشدة الحقل الكهربائي المحيط حول الشحنة النقطية بشكل مختلف، لكن التعبير متشابه.

الشغل المنجز لتحريك شحنة بسرعة ثابتة بين نقطتين بواسطة قوة خارجية

يمكن استخدام تعريف الجهد لإيجاد شغل القوة الخارجية في تحريك الشحنة بين نقطتين:

$$W_{B\to A}=W_{\infty\to A}-W_{\infty\to B}$$

$$W_{B\to A}=V_A\cdot q-V_B\cdot q$$

$$\boxed{W_{B\to A}=(V_A-V_B)\cdot q}$$

الشغل المنجز لتحريك شحنة بسرعة ثابتة بين نقطتين بواسطة قوة كهربائية	**نظرًا لأن الشحنة تتحرك بسرعة ثابتة، فإن مقدار التغيير في الطاقة الحركية يساوي صفرًا.** **سنكتب قانون الشغل والطاقة في هذه الحالة:** $$W = \Delta E_K$$ $$W_{B\to A}_{\text{خارجي}} + W_{B\to A}_{\text{كهربائي}} = \Delta E_K$$ $$W_{B\to A}_{\text{خارجي}} + W_{B\to A}_{\text{كهربائي}} = 0$$ $$W_{B\to A}_{\text{كهربائي}} = -\left(W_{B\to A}_{\text{خارجي}}\right)$$ $$\boxed{W_{B\to A}_{\text{كهربائي}} = (V_B - V_A)\cdot q}$$ يتم تعريف الجهد من الحالة التي يتم فيها تحريك الشحنة بسرعة ثابتة، ويمكن استخدام التعبيرات العامة لشغل القوة الكهربائية وشغل القوة الخارجية في أي حركة. إذا أطلقنا جسمًا من ارتفاع متر أو ألقينا به من ارتفاع متر، فستكون قوة الجاذبية هي نفسها في كلتا الحالتين. نعبر عن مقدار الشغل حسب شحنة متحركة بتأثير قوة خارجية بسرعة ثابتة، ومقدار الشغل الذي نحصل عليه صحيحًا في جميع الحالات، سواء في حالة الشحنة النقطية أو في حالة اللوحة المشحونة.
طاقة الوضع الكهربائية	**يتعلق شغل القوة الكهربائية بالجهد الكهربائي في نقطة بداية الحركة، وبالجهد الكهربائي في نهاية الحركة ولا يتعلق بمسار الحركة. لذلك فإن القوة الكهربائية هي قوة حافظة.** **ننسب للقوة الكهربائية طاقة وضعية كهربائية:** **شغل القوة الحافظة يساوي ناقص التغيّر في الطاقة الوضعية. نكتب شغل الطاقة الكهربائية:** $$W_{A\to B}_{\text{חשמלי}} = (V_A - V_B)\cdot q$$ $$W_{A\to B}_{\text{חשמלי}} = V_A\cdot q - V_B\cdot q$$ $$W_{A\to B}_{\text{כוח חשמלי}} = -\Delta U$$ $$\boxed{U = V\cdot q}$$ **طاقة الشحنة الموجودة في نقطة معينة تساوي حاصل ضرب مقدار الشحنة بالجهد الكهربائي في النقطة المتواجدة بها الشحنة.**

حفظ الطاقة الميكانيكية

إذا كانت القوة الكهربائية هي القوة الوحيدة التي تعمل على الشحنة المتحركة، فسيبقى مقدار الطاقة الميكانيكية ثابتًا.

سنكتب تعبيرًا لحفظ الطاقة الميكانيكية الكلية بمساعدة قانون الشغل والطاقة:

$$W_{A\to B}^{\text{חשמלי}} = \Delta E_K$$

$$(V_A - V_B)\cdot q = E_{KB} - E_{KA}$$

$$V_A \cdot q + E_{KA} = V_B \cdot q + E_{KB}$$

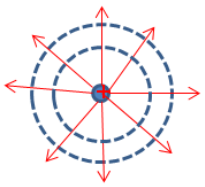
$$\boxed{U_A + E_{KA} = U_B + E_{KB}}$$

في حالة أنه عملت على الشحنة قوة كهربائية فقط:
فإنّ مجموع كمية الطاقة الحركية والوضعية الكهربائية ثابتًا في أي لحظة ويساوي الطاقة الميكانيكية المحصلة.

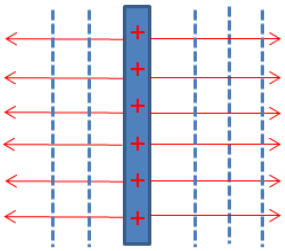
سطح متساوي الجهد

سطح متساوي الجهد هو سطح تكون لكل النقاط فيه نفس الجهد.

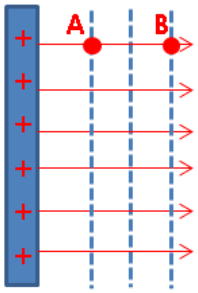
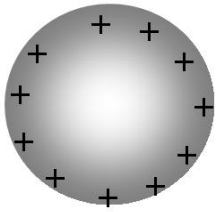
حول شحنة نقطية الأسطح المتساوية الجهد هي أسطح كروية:



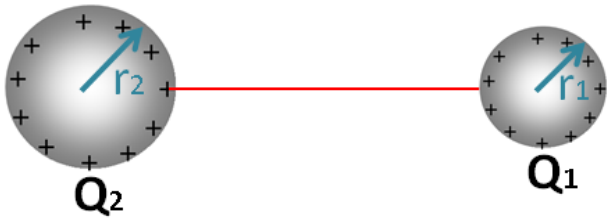
في حقل متجانس (بالقرب من لوح مشحون) ، تكون الأسطح المتساوية الجهد أسطح مستوية:



الأسطح المتساوية الجهد متعامدة مع خطوط الحقل.

لعلاقة بين شدة الحقل المتجانس وفرق الجهد	عندما نتقدم باتجاه الحقل الكهربائي، سوف يقل الجهد الكهربائي. نكتب تعبيرًا يصف التغيّر في الجهد الكهربائي ΔV على امتداد Δx متر باتجاه حقل كهربائي شدته E :  كهربائي $W_{A\to B} = F\cdot(X_B - X_A) = E\cdot q\cdot(X_B - X_A)$ كهربائي $W_{A\to B} = (V_A - V_B)\cdot q$ $E\cdot q\cdot(X_B - X_A) = (V_A - V_B)\cdot q$ $E = \frac{(V_A - V_B)}{(X_B - X_A)} = -\frac{(V_B - V_A)}{(X_B - X_A)}$ $\boxed{E = -\frac{\Delta V}{\Delta X}}$ من هذا التعبير يمكن ملاحظة أن وحدات الحقل الكهربائي هي فولت لكل متر (مثل وحدات نيوتن للكولون) تمثل هذه الوحدات كم فولط يصغر فيه الجهد الكهربائي لكل متر في اتجاه الحقل الكهربائي.
الحقل الكهربائي في قشرة كروية	**في غلاف كروي موصل مشحون، تتركز كل الشحنة على سطح الغلاف.**  **لأسباب هندسية، ستكون القوة المحصلة التي ستعمل على شحنة اختبار موجودة داخل فضاء الغلاف صفرًا، وبالتالي فإن شدة الحقل الكهربائي في أي نقطة داخل فضاء الغلاف تساوي صفرًا.** **لإيجاد شدة الحقل الكهربائي خارج الغلاف (وعبر الغلاف)، يمكن التعامل مع شحنة الغلاف على أنها شحنة نقطية تقع في مركز الغلاف.**
الجهد الكهربائي حول قشرة كروية مشحونة	**داخل الغلاف، تكون شدة الحقل الكهربائي صفراً، وبالتالي فإن الجهد داخل الغلاف ثابت ويساوي الجهد على سطح الغلاف.** **لإيجاد الجهد في نقطة خارج الغلاف (وعبر الغلاف) ، يجب التعامل مع شحنة الغلاف على أنها شحنة نقطية تقع في نقطة مركز الغلاف.**

توصيل الأغلفة الكروية المشحونة



عند توصيل كرتان مشحونتان (أو أغلفة مشحونة) باستخدام موصل طويل (لمنع الاستقطاب) ورقيق (لمنع تخزين الشحنة في الموصل) يحدث أمران:

1. **مقدار شحنة الكرتان قبل التوصيل يساوي مقدار شحنتهما بعد التوصيل.**

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2'$$

2. **بعد فترة طويلة من توصيل الكرتان، سيكون الجهد الكهربائي للكرتين متساويًا.**

$$V_1' = V_2'$$

$$\frac{K \cdot Q_1'}{r_1} = \frac{K \cdot Q_2'}{r_2}$$

$$\boxed{\frac{Q_1'}{Q_2'} = \frac{r1}{r_2}}$$

فقط الشحنة السالبة (الإلكترونات) يمكنها التحرك بين الكرتان! لا تستطيع الشحنة الموجبة أن تتحرك بين الكرتان لأنها تقع في النواة. تتحرك الشحنة السالبة تحت تأثير القوة الكهربائية من الجهد المنخفض إلى الجهد العالي.

https://www.youcube.co.il