@grade12ua_e

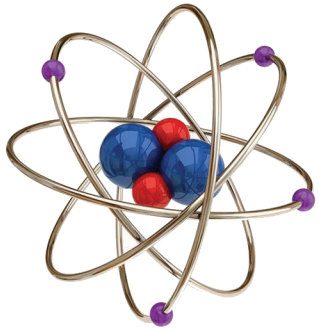
الفيزياء

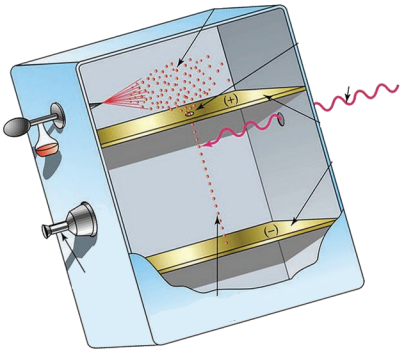
للصف 12 المتقدم

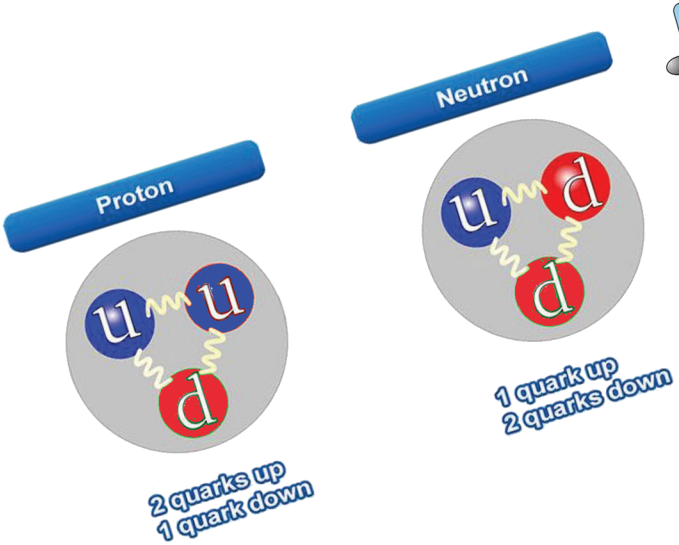
الفصل الدراسي الأول

العام الدراسي 2018 / 2019 م

بهجة العلوم







القوى الكهروستاتيكية

جهاد الصوافين
050 526 7764

عبدالله الفريحات
050 743 8910

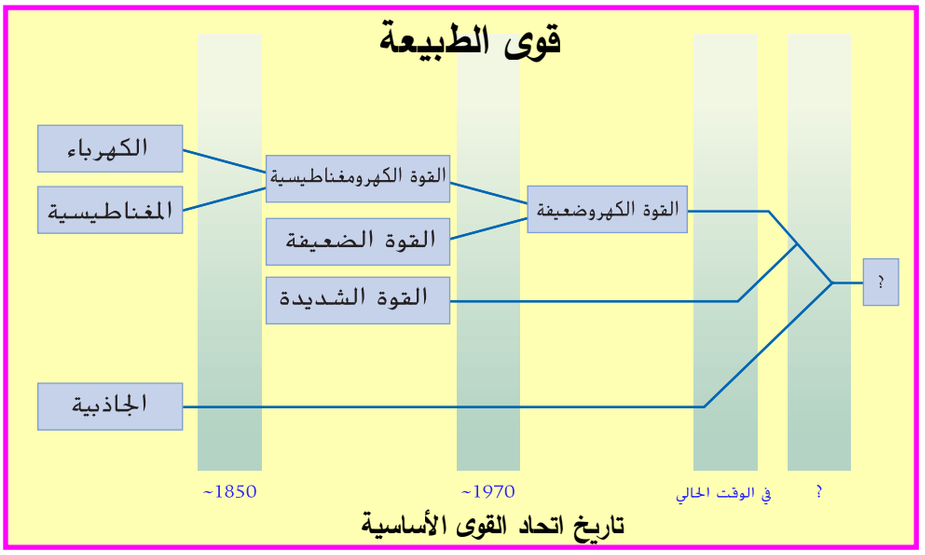
1- الكهرومغناطيسية

- القوى الأساسية في الطبيعة:

1- القوة الكهربائية (تنشأ بين الشحنات الكهربائية) ، القوة المغناطيسية (تنشأ بين الأقطاب المغناطيسية)

2- القوة الضعيفة (تعمل أثناء انحلال بيتا (β) الذي ينبعث فيه الكترون و نيوترينو تلقائيا من بعض النوى)

3- القوة الشديدة (الموجودة داخل نواة الذرة) 4- قوة الجاذبية (تنشأ بين الأجسام المادية)



تاريخ اتحاد القوى الأساسية

2- الشحنة الكهربائية

أنواع الشحنات : 1- الشحنة الموجبة (+) 2- الشحنة السالبة (-). وغير ذلك تكون متعادلة كهربائيا (±).

ملاحظات عامة:

- الجسم المتعادل يحتوي على أعداد متساوية من الشحنات الموجبة والسالبة
- بعد دلك قضيب زجاجي بقطعة قماش يكتسب كل منهما شحنة مختلفة عن الآخر (+ ، -)
- بعد دلك قضيب بلاستيكي بقطعة فرو (أو صوف) يكتسب كل منهما شحنة مختلفة عن الآخر (- ، +)
- **قانون الشحنات الكهربائية** : الشحنات المتماثلة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب.
- آلية الشحن : نقل جسيمات سالبة الشحنة (الالكترونات) من ذرات مادة و جزيئاتها الى ذرات جسم آخر .
- وحدة الشحنة الكهربائية هي الكولوم (C) وتعادل في النظام الدولي للوحدات (A.s) ، (1 C = 1 A.s)
- شحنتي الالكترون والبروتون ($q_p = +e\,, q_e = -e$) حيث ($e = 1.602 \times 10^{-19} C$)
- وحدات شائعة الاستخدام (الميكروكولوم ($\mu C = 10^{-6} C$) ، النانوكولوم ($nC = 10^{-9} C$)، البيكوكولوم ($pC = 10^{-12} C$))
- الشحنة لا تفنى و لا تستحدث بل تنتقل من جسم إلى آخر.
- **قانون حفظ الشحنة** : الكمية الكلية للشحنة الكهربائية في نظام مغلق لا تتغير.
- **الشحنة الكهربائية مكمّاة** : الشحنة الكهربائية هي إحدى المضاعفات الصحيحة للشحنة الأولية (شحنة الالكترون)

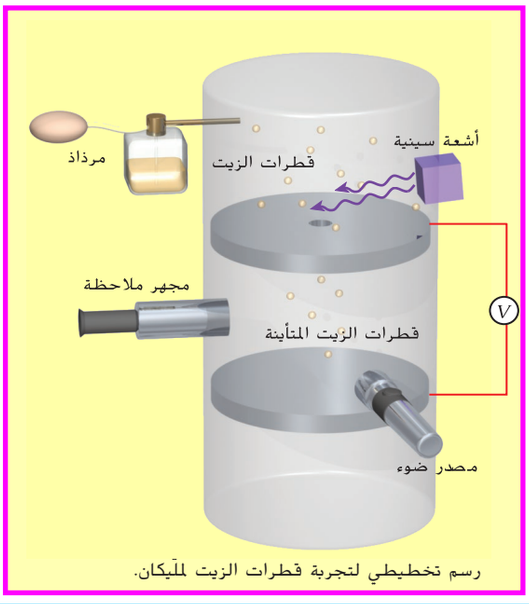
($q_{\text{للجسم}} = \pm N_{\Delta e} . e$)

تجربة ميليكان (تجربة قطرة الزيت)

➢ أثبتت هذه التجربة أن الشحنة الكهربائية مكماة و ليست متصلة (فقط مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون) ($q_{\text{للجسم}} = \pm N_{\Delta e} . e$)

حيث يشير الرمز

($N_{\Delta e}$: عدد الالكترونات المنتزعة من الذرة أو المكتسبة ، (Δe) الى الفرق بين عدد الالكترونات قبل وبعد إخلال تعادل الذرة.)

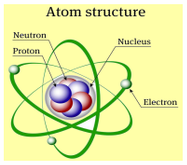


رسم تخطيطي لتجربة قطرات الزيت لمليكان.

س) فسر لماذا لا نلاحظ أن الشحنة مكمّاة في ملاحظاتنا اليومية للكهرباء .

ج) لأن معظم الظواهر الكهربائية تشمل أعداداً هائلة من الإلكترونات.

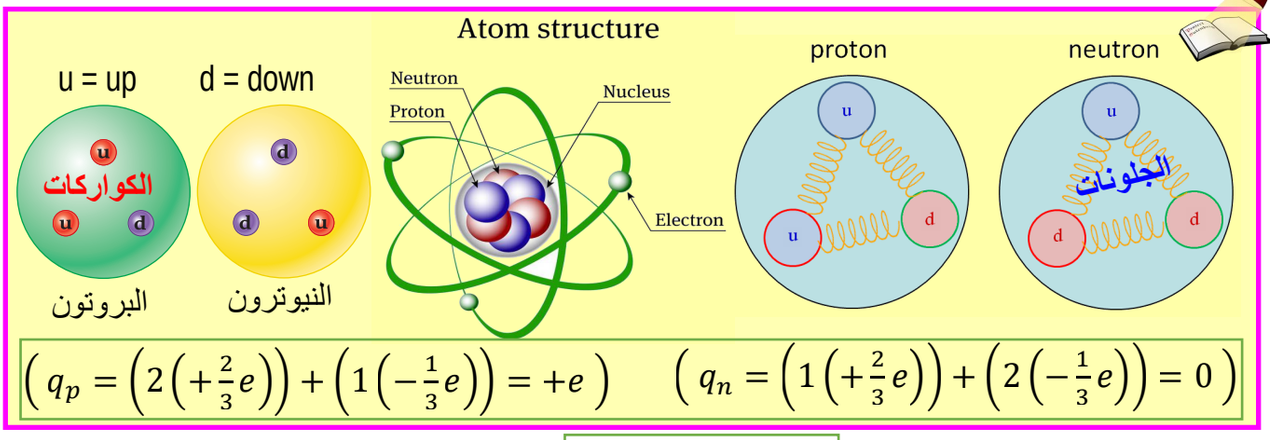
جهد موقع الصولجان عبد الله فاضل فرحات الحيالي قناة الصولجان التعليمية



ملاحظات على مكونات الذرة

- تتكون الذرة من نواة تحتوي على بروتونات (+) ونيوترونات ($\pm$) تحيط بها الالكترونات (-)
- كتلة الإلكترون أصغر بكثير من كتلة النيوترون و البروتون (تتركز معظم كتلة الذرة في النواة)
- يمكن بسهولة نسبية نزع الإلكترونات من الذرات (الإلكترونات هي ناقلات الكهرباء وليس البروتونات)
- الالكترون جسيم أولي نقطي ليس له أجزاء (نصف قطره يقارب الصفر)
- يتكون البروتون والنيوترون من جسيمات مشحونة تسمى **الكواركات** .
- ترتبط الكواركات ببعضها عن طريق جسيمات غير مشحونة تسمى **الجلونات**.
- تبلغ شحنة الكواركات $\left(\pm\frac{1}{3}\right.$ أو $\left.\pm\frac{2}{3}\right)$ من شحنة الالكترون ولا يمكن أن توجد هذه الجسيمات بشكل مستقل.
- يشير المقدار $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ إلى شحنة الكوارك العلوي و المقدار $\left(-\frac{1}{3}e\right)$ إلى شحنة الكوارك السفلي .
- يتكون البروتون من (2 كوارك علوي و 1 كوارك سفلي) $\left(q_p=\left(2\left(+\frac{2}{3}e\right)\right)+\left(1\left(-\frac{1}{3}e\right)\right)=+e\right)$
- يتكون النيوترون من (1 كوارك علوي و 2 كوارك سفلي) $\left(q_n=\left(1\left(+\frac{2}{3}e\right)\right)+\left(2\left(-\frac{1}{3}e\right)\right)=0\right)$
- توجد جسيمات شبيهة بالالكترون وكتلتها أكبر بكثير تسمى **الميون** و **التاو**.
- يمكن التعبير عن شحنة أي جسم بدلالة مجموع عدد البروتونات ناقص مجموع عدد الالكترونات المكونة للجسم

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



أسئلة تدريبية (1)

1- كم عدد الالكترونات اللازمة لإنتاج شحنة مقدارها ($1.00\ C$)؟

2- اكتب شحنة الجسيمات الأولية أو الذرات التالية بدلالة الشحنة الأساسية ($e=1.602\times10^{-19}C$).

a) البروتون b) النيوترون c) ذرة الكربون ($^{12}_{6}C$) (6 بروتونات و 6 الكترونات)

d) جسيم ألفا ($^{4}_{2}\alpha$) (بروتونين و نيوترونين) e) ذرة متعادلة اكتسبت (3) الكترونات .

f) كوارك علوي . g) كوارك سفلي. h) الجلون.

سؤال : قالب حديدي كتلته (3.25 Kg) ، يراد شحنه بشحنة موجبة مقدارها (0.010 C) . فإذا علمت أن :

$(m_p = 1.673 \times 10^{-27} Kg \ , m_n = 1.675 \times 10^{-27} Kg, m_e = 9.109 \times 10^{-31} Kg \, , e = 1.602 \times 10^{-19} C)$

(العدد الذري للحديد (26) و العدد الكتلي (56)) ($^{56}_{26}Fe$) . أجب عما يلي :

1- احسب عدد الالكترونات التي يمكن نزعها من قالب الحديد ($N_{\Delta e}$).

الحل:

$$q = \pm N_{\Delta e} . e$$

$$0.010 = +N_{\Delta e} . (1.602 \times 10^{-19})$$

$$N_{\Delta e} = 6.24 \times 10^{17} \text{ الكترونا}$$

2- احسب عدد الالكترونات الكلية التي يحويها القالب الحديدي(N_e).

الحل:

- كتلة الذرة الواحدة من الحديد = مجموع كتل (26 بروتون و 26 الكترون و 30 نيوترون):

$$m_{(Fe)} = (26 m_{(e)}) + (26 m_{(p)}) + (30 m_{(n)})$$

$$m_{(Fe)} = (26 \times 9.109 \times 10^{-31}) + (26 \times 1.673 \times 10^{-27}) + (30 \times 1.675 \times 10^{-27})$$

$$m_{(Fe)} = (9.377 \times 10^{-26}) Kg$$

– عدد الذرات في كتلة القالب (في 3.25 Kg) : (حيث أن كل ذرة كتلتها $(9.377 \times 10^{-26}) Kg$ ،

$$N_{atom} = \left(\frac{3.25}{9.377 \times 10^{-26}} \right) = 3.47 \times 10^{25} \text{ ذرة}$$

- عدد الالكترونات في القالب : (كل ذرة حديد تحوي 26 الكترونا ، لذلك فإن:)

$$N_e = 26 \times \text{عدد الذرات} = 26 \times 3.47 \times 10^{25}$$

$$N_e = 9.02 \times 10^{25} \text{ الكترونا}$$

3- جد نسبة عدد الالكترونات في الفرع (1) إلى العدد الكلي للالكترونات في الفرع (2)

$$\frac{N_{\Delta e}}{N_e} = \frac{6.24 \times 10^{17}}{9.02 \times 10^{25}} = 6.9 \times 10^{-10}$$

ملاحظات :

- يمكن استخدام العلاقة الرياضية التالية للحصول على عدد الذرات (N_{atom}) في عينة كتلتها m لذرات عنصر (x) عدده الذري A و عدده الكتلي Z ($^{Z}_{A}x$)

$$N_{atom} = \frac{(6.022 \times 10^{23}) \times m(kg)}{Z \times (1 \times 10^{-3})}$$

- عدد الالكترونات الاجمالي (الكلي) في العينة يحسب من العلاقة :

$$N_e = A \times N_{atom} = \frac{A}{Z} \frac{(6.022 \times 10^{23}) \times m(kg)}{(1 \times 10^{-3})}$$

- عدد الالكترونات المطلوب نزعه أو إضافته للعينة لشحنها بشحنة q موجبة أو سالبة يحسب من العلاقة المعروفة :

$$N_{\Delta e} = \frac{q}{e} = \frac{q}{(1.602 \times 10^{-19})}$$

حيث :

- عدد أفوجادرو = (6.022×10^{23})
- كتلة المول الواحد من المادة (بوحدة الجرام) = العدد الكتلي للمادة
- المول : هو عدد أفوجادرو (6.022×10^{23}) من الذرات

3- (تصنيف المواد كهربائيا)

العوازل و الموصلات و أشباه الموصلات و والموصلات فائقة التوصيل

الموصلات: مواد جيدة التوصيل للكهرباء (و تتفاوت فيما بينها بين الجيد والرديء)، تركيبها الالكتروني يسمح لبعض الالكترونات بحرية الحركة خلالها.

مثل : (المعادن كالنحاس، محلول ملح الطعام المائي (NaCl) (أيونات)،الأنسجة العضوية (غير جيدة للتيارات الصغيرة))

العوازل: مواد عديمة التوصيل للكهرباء (و تتفاوت فيما بينها بين الجيد والرديء) ، الالكترونات ليست حرة الحركة بسبب ارتباطها القوي بذرات المادة.

مثل : (الزجاج، البلاستيك، القماش،.....)

أشباه الموصلات: هي أساس كل الصناعات الإلكترونية الدقيقة، وتتغير هذه المواد من موصلة إلى عازلة والعكس.

- قانون مور (ظاهرة التضاعف) : **يتضاعف متوسط قوة وحدة المعالجة المركزية لأجهزة الكمبيوتر بمتوسط كل 18 شهراً .**
- نوعا أشباه الموصلات

1- أشباه الموصلات النقية (البلورات النقية كيميائيا مثل زرنيخ الجاليوم، الجرمانيوم، السيليكون،..)

2- أشباه الموصلات غير النقية (بتطعيم النقية بمواد أخرى تعمل إما مانحات للإلكترونات أو مستقبلة لها) ومنها نوعان :

- النوع n (أشباه الموصلات المطعمة بمانحات الآلكترونات حيث n تشير الى الشحنة السالبة negative)
- النوع p (أشباه الموصلات المطعمة بمستقبلات الآلكترونات حيث p تشير الى الشحنة الموجبة positive)

- ناقلات التيار في أشباه الموصلات هي الشحنات الموجبة (الفجوات) والسالبة (الالكترونات)

الموصلات الفائقة التوصيل : مواد مقاومتها لتوصيل الكهرباء صفر، لا يحدث فقد للطاقة خلال مرور التيارات الكهربائية خلالها، ويشترط أن تكون هذه المواد عند درجة حرارة منخفضة جدا.

$K = {}^{0}C + 273$

مثل : (سبيكة النيوبيوم والتيتانيوم عند درجة الحرارة (4.2 K))

- درجة الحرارة الحرجة (T_c): أعلى درجة حرارة تسمح بالموصلية الفائقة.

الموصلات الفائقة التوصيل عالية الحرارة تكون عند درجة حرارة النيتروجين السائل (77.3 K)

لم تكتشف مواد فائقة التوصيل حتى الان عند درجة حرارة الغرفة (300 K).

4- الشحن الكهروستاتيكي

الشحن الكهروستاتيكي : عملية شحن الجسم بشحنة ساكنة. (بطريقة الحث، التوصيل، الدَّلك)

- ملاحظات عامة:

- مصدر الطاقة (كالبطاريات) يوفر الشحنات الموجبة والسالبة.
- مثال : البطارية تستخدم التفاعلات الكيميائية للفصل بين الشحنات الموجبة والسالبة.
- يمكن شحن بعض القضبان العازلة بشحنة موجبة او سالبة من مصدر الطاقة.
- يمكن التخلص من الشحنات بطريقة التأريض.

- الكشاف الكهربائي

– جهاز يظهر استجابة ملحوظة عند شحنه
(بانحراف إبرة مؤشره أو انفراج ورقتيه المعدنيتين)

– يمكن شحن الكشاف بالحث أو التوصيل بشحنة دائمة أو مؤقتة حسب الحاجة.

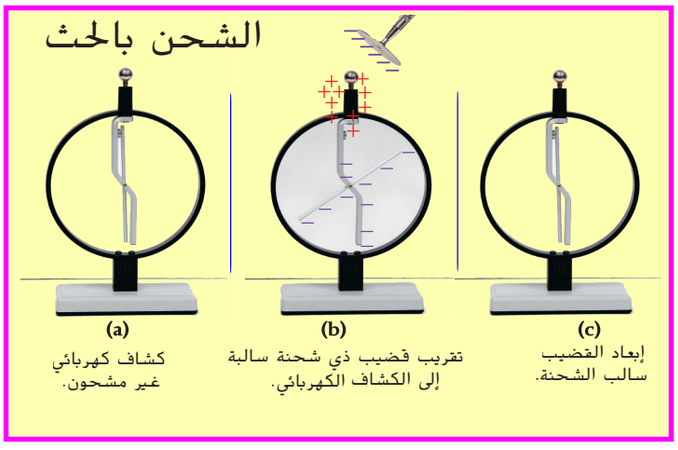
- طرق الشحن (الحث، التوصيل، الدلك) كما في الأشكال التالية:

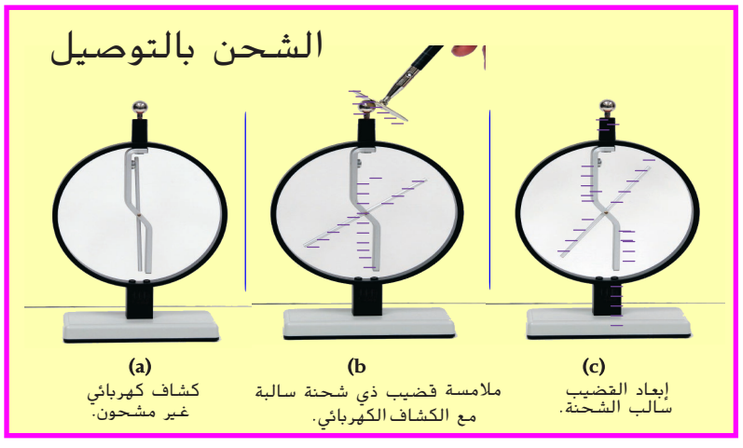
1– الشحن بالحث

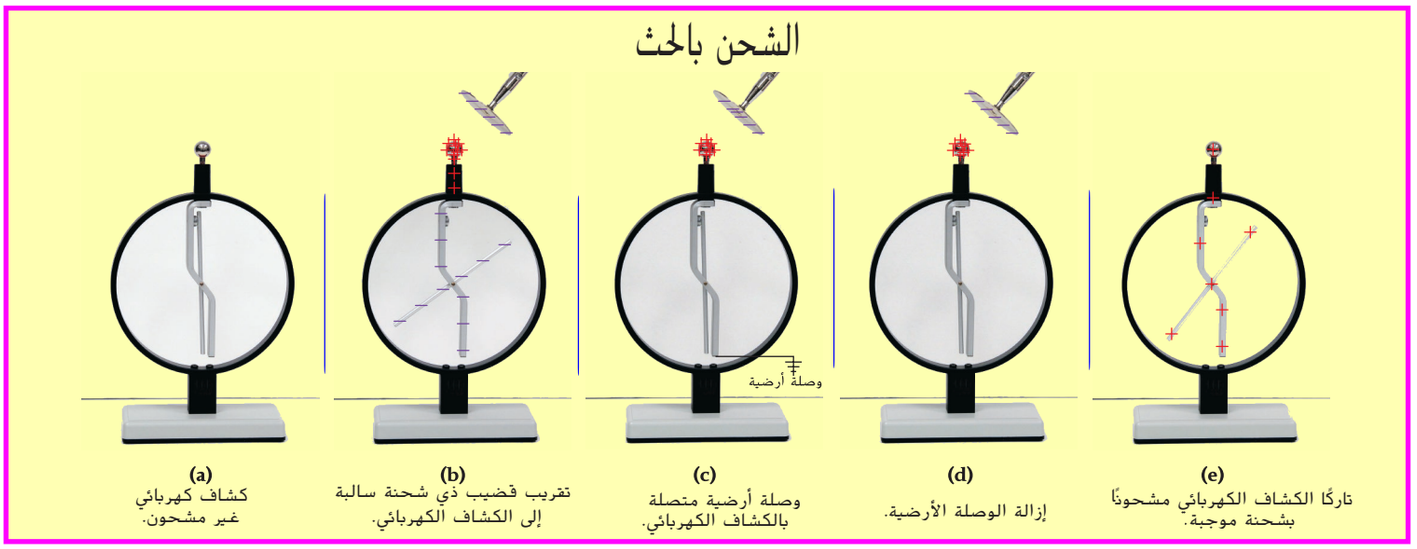
2– الشحن بالتوصيل

3– الشحن بالدلك

كشاف كهربائي نموذجي







الشحن الكهربائي بالدلك

ملاحظات:

- يُشحن كل من الدالك والمدلوك نتيجة احتكاكهما بشحنتين مختلفتين نوعا و متساويتين مقدارا
- الأسباب المجهرية للشحن بالدلك: عند حدوث التلامس بين سطحيّ الجسمين في عملية الاحتكاك

يحدث التصاق وتتكون روابط كيميائية بين ذرات السطحين وعند انفصالهما تتمزق بعض هذه الروابط تاركة كمية كبيرة من الالكترونات المشتركة في الروابط على المادة التي لها دالة شغل أكبر.

- بزيادة شدة الاحتكاك يزداد انتقال الشحنات حيث تزداد النقاط المجهرية لنقل الشحنة على أسطح المواد.
- لتحديد أي المواد يكتسب شحنة موجبة أو سالبة يمكن اعتماد بعض المواد الواردة في الشكل التالي.

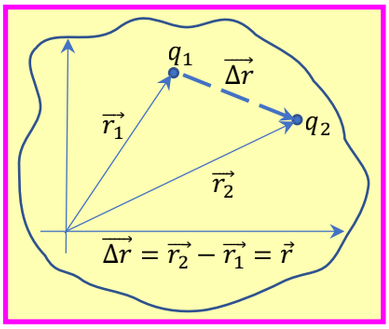
تسلسل الشحن الكهربائي لبعض المواد الشائعة.

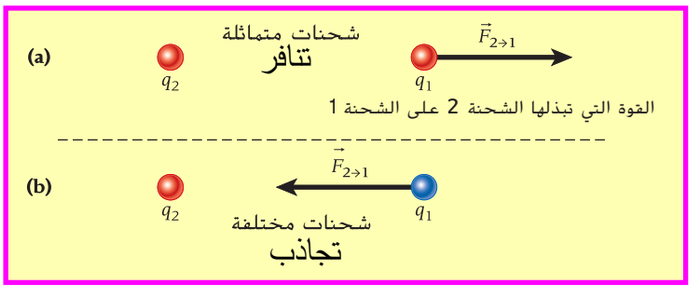
مثال : (الزجاج (+)، البوليستر (–)) ، (المطاط (–)، الصوف (+))
(الزجاج ( )، الحرير ( ))

جهد سوا الصوافين عبدالله فاضل فحات تدريب أفضل تدريب بين المعاهد

5- القوة الكهروستاتيكية – قانون كولوم

يحدد قانون كولوم مقدار واتجاه القوة الكهروستاتيكية المتبادلة بين شحنتين (تجاذب أو تنافر)





و الصيغ التالية تبين ذلك :

- مقدار القوة المتبادلة بين الشحنتين

$$F = \frac{k|q_1 q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

حيث *الثابتين* (ε_o, k) هما ثابت كولوم و السماحية الكهربائية للحيز المطلق *ومقداريهما على الترتيب في الهواء*

$$(\varepsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2), (k = 8.99 \times 10^9 N.m^2/C^2)$$

- الصيغة المتجهة للقوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية على الأولى :

$$\vec{F}_{2\to1} = -k\frac{q_1 q_2}{r^3}(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = -k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}_{21}$$

$\hat{r}_{21}$ هو متجه وحدة يتجه من q_1 إلى q_2

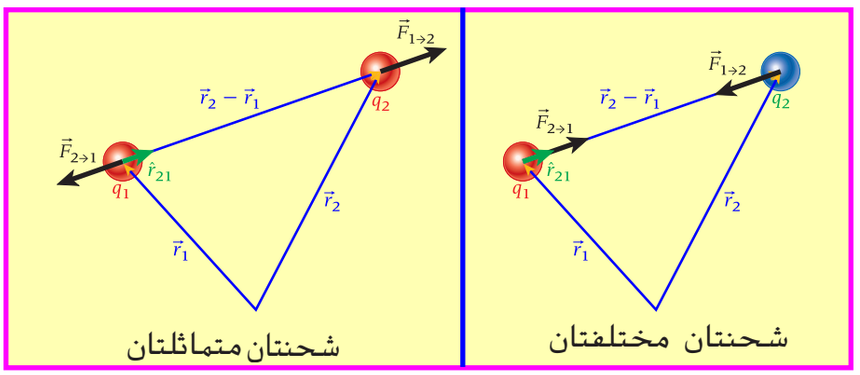
ملاحظة:
متجه الوحدة $\hat{r}_{21}$ يقع على الخط الواصل بين الشحنتين
ويتجه من الشحنة المتأثرة q_1 نحو الشحنة المؤثرة q_2

اذا كانت اشارة القوة موجبة تكون تجاذب و اذا كانت سالبة تكون تنافر

واستنادا الى قانون نيوتن الثالث فإن :

$$\vec{F}_{2\to1} = -\vec{F}_{1\to2}$$

تمثيل منجهات القوى الكهروستاتيكية التي تؤثر بها شحنتان إحداهما على الأخرى:



مبدأ التراكب (في القوى الكهروستاتيكية)

- يعني : حساب محصلة القوى المؤثرة في شحنة تقع في مجال شحنتين أو أكثر مقدارا واتجاها.

حيث تستخدم قواعد المتجهات بالشكل الصحيح وإن اختلفت الطرق في استخدامها.

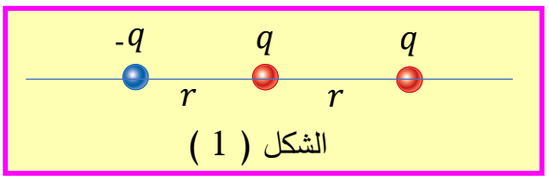
- بشكل عام يستخدم التعبير الرياضي

$$(\vec{F}(\vec{r}) = kq\sum_{i=1}^{n}(q_i\frac{\vec{r}_i - \vec{r}}{|\vec{r}_i - \vec{r}|^3})$$

لايجاد القوة الكهروستاتيكية $(\vec{F}(\vec{r}))$ المؤثرة في الشحنة q على بعد $(\vec{r})$ من مجموعة شحنات (q_i) الموجودة عند الموقع $(\vec{r}_i)$

أسئلة تدريبية (2)

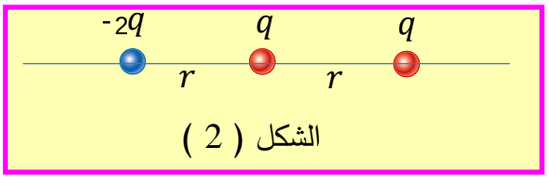
سؤال) استنادا الى الأشكال التالية أجب عما هو مطلوب :



الشكل (1)

(1) – ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة اليمنى؟

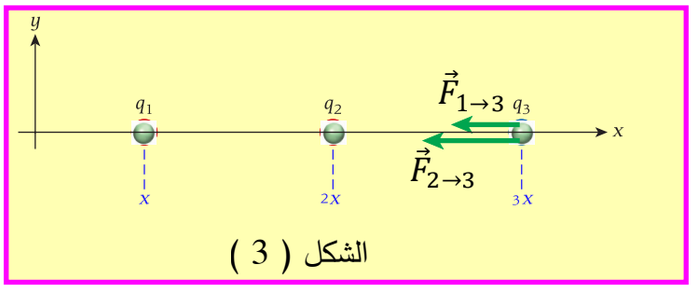
– ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة الوسطى؟



الشكل (2)

(2) – ما اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة اليمنى؟

– ما نسبة القوتين الكهروستاتيكيتين المؤثرتين في الشحنة اليسرى؟



الشكل (3)

(3) (إذا كان $|\vec{F}_{2\to3}| = 2|\vec{F}_{1\to3}|$)

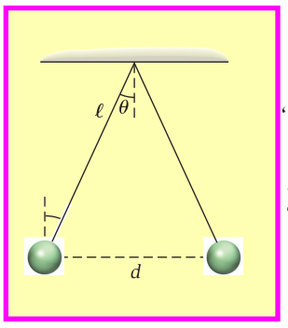
– أي الشحنات متماثلة نوعا ؟

– ما نسبة ($|q_2|$ إلى $|q_1|$)؟

– إذا كانت الشحنة q_1 في حالة اتزان كهروستاتيكي عند موضعها فما نسبة ($|q_2|$ إلى $|q_3|$)؟

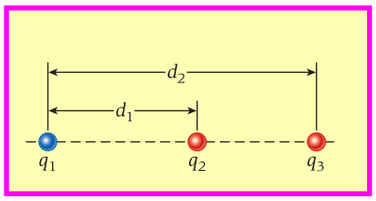
جهد دعوي لأصول بن عبد الله فاضل فرحات الحربي لقرية بني محمد العتيقة

أسئلة تدريبية (3)



(1) كرتان متماثلتان مشحونتان تتدليان من السقف بحبلين عازلين متساويين في الطول، $\ell = 1.50\,\text{m}$. وشُحنت كل كرة بشحنة مقدارها $q = 25.0\,\mu\text{C}$.
ثم أصبحت الكرتان المتدليتان في وضع السكون، وَصنع كل حبل زاوية مقدارها 25.0° مع المستوى الرأسي . ما كتلة كل من الكرتيَن؟ الإجابة (m = 0.768 kg)

(2) الشحنات الثلاث الموضوعة على امتداد المحور x ، كما هو موضح في الشكل. قيم الشحنات هي



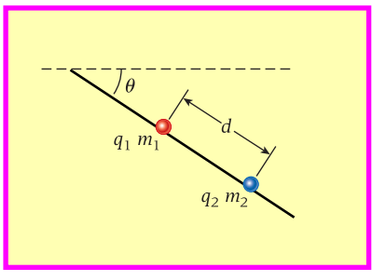
$q_1 = -8.10\,\mu\text{C}$ و $q_2 = 2.16\,\mu\text{C}$ و $q_3 = 2.16\,\text{pC}$. والمسافة بين q_1 و q_2 هي $d_1 = 1.71\,\text{m}$

. والمسافة بين q_1 و q_3 هي $d_2 = 2.62\,\text{m}$.

1- احسب القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة q_1.

2- بيّن ما يحدث لمقدار واتجاه القوة السابقة اذا أزيلت الشحنة q_2 من موقعها.

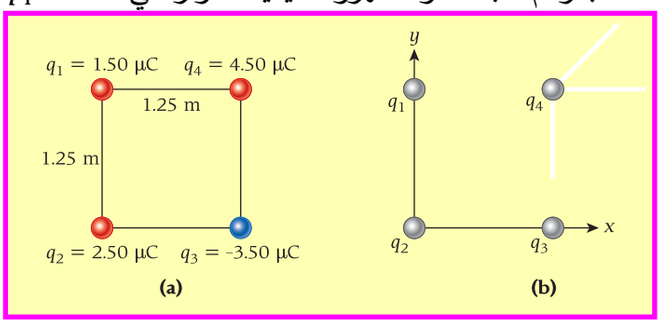
(3) خرزة شحنتها $q_1 = +1.28\,\mu\text{C}$ ثابتة في مكانها على سلك عازل يصنع زاوية مقدارها $\theta = 42.3^\circ$ مع المستوى الأفقي (الشكل 1.20a). وتنزلق خرزة ثانية شحنتها $q_2 = -5.06\,\mu\text{C}$ على السلك من دون احتكاك. وعند مسافة $d = 0.380\,\text{m}$ بين الخرزتَين، تبلغ القوة المحصلة المؤثرة في الخرزة الثانية صفرًا. ما مقدار الكتلة، m_2، للخرزة الثانية؟ الإجابة ($m_2 = 0.0611\,\text{kg}$)



جهد مبارك موصول لابن عبد الله فاضل فرحات لخدمة أبناء جلدته في كل مكان

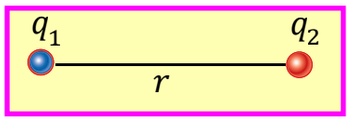
(4) يوضح الشكل أربعة أجسام مشحونة تقع عند زوايا مربع طول ضلعه 1.25 m.

حدد بالرسم اتجاه القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة q_4.



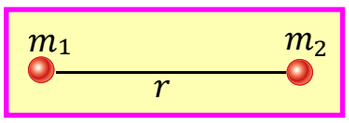
6- قانون كولوم و قانون نيوتن في الجذب

ملاحظات على القانونين



- قانون كولوم يصف القوة الكهروستاتيكية (التجاذب والتنافر) بين شحنتين كهربائيتين

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



- قانون نيوتن في الجذب يصف قوة الجاذبية بين كتلتين

$$F_g = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- تتناسب كلتا القوتين عكسيا مع مربع المسافة (قانون التربيع العكسي)
- في قانون كولوم تكون القوة تجاذب أو تنافر(الشحنات نوعين) ، بينما قوة الجاذبية قوة تجاذب فقط (الكتل نوع واحد)

س) جد نسبة القوة الكهروستاتيكية إلى قوة الجاذبية بين الكترونين. (اعتمد الثوابت في الالة الحاسبة)

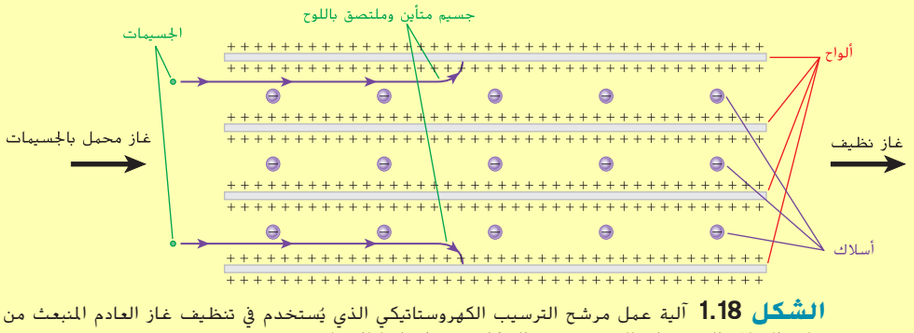
- تطبيقات عملية على الشحن الكهروستاتيكي و القوى الكهروستاتيكية

1- مرشح الترسيب الكهروستاتيكي 2- طابعة الليزر

مرشِّح الترسيب الكهروستاتيكي

من تطبيقات الشحن الكهروستاتيكي والقوى الكهروستاتيكية إزالة الانبعاثات الدخانية من محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم. يُستخدم جهاز **مرشِّح الترسيب الكهروستاتيكي** (ESP) لإزالة الرماد والجسيمات الأخرى التي تنتج عن احتراق الفحم لتوليد الطاقة. ويوضح الشكل 1.18 آلية عمل هذا الجهاز.

يتكون مرشِّح الترسيب الكهروستاتيكي من أسلاك وألواح، ويكون للألواح جهد كهربائي سالب عالٍ مقارنة بالجهد الكهربائي الموجب لمجموعة الأسلاك. (مصطلح *الجهد الكهربائي* المُستخدم هنا هو المصطلح الدارج؛ وفي الوحدة 3، سنحدِّد مفهوم هذا المصطلح من حيث فرق الجهد الكهربائي). في الشكل 1.18، يدخل غاز العادم الناتج عن احتراق الفحم من يسار مرشِّح الترسيب الكهروستاتيكي. وتحمل الجسيمات المارة بالقرب من الأسلاك شحنةً سالبة. لذا تنجذب هذه الجسيمات إلى الألواح موجبة الشحنة وتلتصق بها. ويستمر مرور الغاز عبر مرشِّح الترسيب الكهروستاتيكي ليخرج من الجانب الآخر خاليًا من الرماد والجسيمات الأخرى. ثم تُهز الألواح لإسقاط المادة المتراكمة عليها في حاوية موجودة أسفل الألواح. وتُستخدم هذه المادة في أغراض كثيرة، منها مواد البناء والأسمدة. يوضح الشكل 1.19 مثالًا لمحطة توليد طاقة تعمل بالفحم تستخدم مرشِّح ترسيب كهروستاتيكيًا.



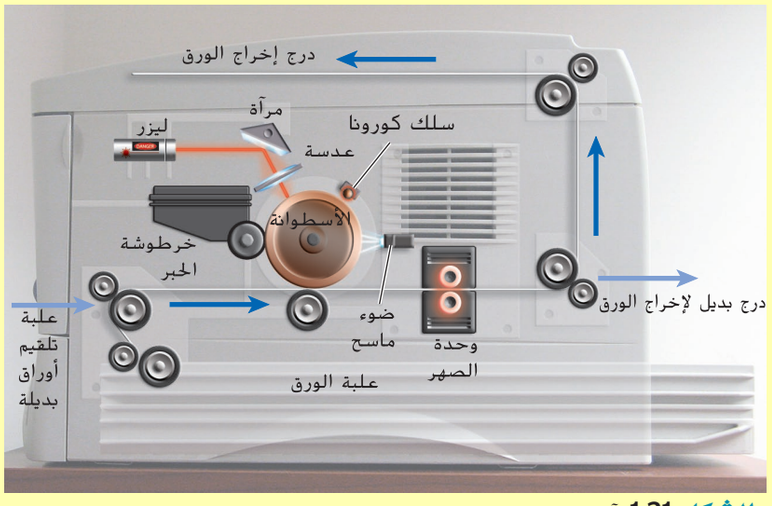
الشكل 1.18 آلية عمل مرشح الترسيب الكهروستاتيكي الذي يُستخدم في تنظيف غاز العادم المنبعث من محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم. يوضح الشكل منظرًا علويًا للجهاز.

الشكل 1.19 محطة لتوليد الطاقة تعمل بالفحم في جامعة ولاية ميشيغان تستخدم مرشِّح ترسيب كهروستاتيكيًا لإزالة الجسيمات من الانبعاثات الدخانية.

طابعة الليزر

تُعد طابعة الليزر مثالًا آخر للأجهزة التي تستخدم القوى الكهروستاتيكية. ويوضح الشكل 1.21 آلية عمل هذه الطابعة. توضح الأسهم الزرقاء مسار الورقة. حيث تُسحب الورقة من علبة الورق أو تُلقَّم يدويًا عبر علبة تلقيم الأوراق البديلة. ثم تمر الورقة فوق أسطوانة حيث يوضع مسحوق الحبر على سطح الورقة، ثم تمر بوحدة صهر تذيب جزيئات مسحوق الحبر لتثبته بشكل دائم على الورقة.

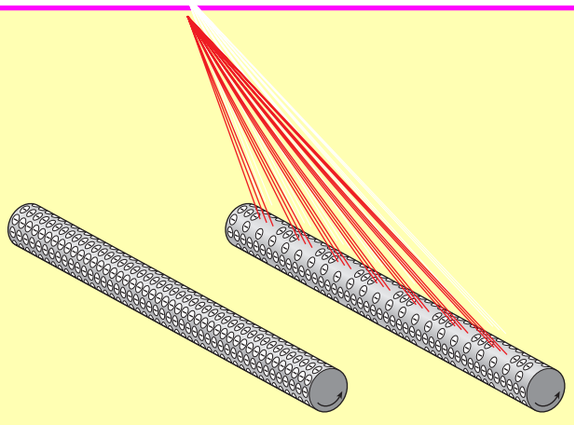
يكون جسم الأسطوانة فلزيًا ومطليًا بمادة معينة حساسة للضوء. ويعمل السطح الحساس للضوء كعازل يحتفظ بالشحنة في غياب الضوء، لكن يفرغ الشحنة بسرعة إذا سُلِّط الضوء عليه. كما تدور الأسطوانة بحيث تكون سرعة حركة سطحها متماثلة مع سرعة الورقة المتحركة. يوضح الشكل 1.22 المبدأ الأساسي لآلية عمل الأسطوانة.



الشكل 1.21 آلية عمل طابعة الليزر النموذجية.

تُشحن الأسطوانة بالإلكترونات السالبة باستخدام سلك عالي الجهد. ثم يوجَّه ضوء الليزر على سطح الأسطوانة. فيحدث تفريغ لشحنة السطح هذه عند أي نقطة يسقط عليها ضوء الليزر. يُستخدم الليزر لأن شعاعه يكون ضيقًا ويظل مركزًا. حيث إن سطر الصورة التي تتم طباعتها يُكتب تدريجيًا بمعدل بكسل واحد (عنصر صورة أو نقطة) في المرة الواحدة باستخدام شعاع الليزر الذي يوجَّه بواسطة مرآة متحركة وعدسة. ويمكن أن تكتب طابعة الليزر النموذجية من 600 إلى 1200 بكسل لكل بوصة. يمر سطح الأسطوانة بعد ذلك ببكرة تلتقط جزيئات مسحوق الحبر من خرطوشة الحبر. فمسحوق الحبر عبارة عن جزيئات عازلة صغيرة وسوداء تتكون من مادة شبيهة بالبلاستيك. وتكون شحنة بكرة الحبر مماثلة لجهد الأسطوانة السالب. لذا عند أي نقطة حدث فيها تفريغ لشحنة الأسطوانة، تُراكم القوى الكهروستاتيكية جزيئات الحبر على سطح الأسطوانة. وأي جزء من سطح الأسطوانة لم يتعرض لضوء الليزر لا يلتقطُ جزيئات الحبر.

ثم يحدث تلامس بين الأسطوانة والورقة مع دوران الأسطوانة. ومن ثَمَّ تنتقل جزيئات الحبر من سطح الأسطوانة إلى الورقة. ومع استمرار دوران الأسطوانة، تُزال جزيئات الحبر المتبقية ليصبح السطح متعادل الشحنة بواسطة ضوء ماسح أو أسطوانة مسح دوَّارة تحضيرًا لطباعة الصورة التالية. ثم تمر الورقة بوحدة الصهر الذي تذيب جزيئات مسحوق الحبر لتنتج صورة مثبتة بشكل دائم على الورقة.



الشكل 1.22 (a) الأسطوانة المشحونة بالكامل في طابعة الليزر. ستنتج هذه الأسطوانة صفحة فارغة. (b) أسطوانة يتم تسجيل سطر واحد من البيانات عليها بواسطة ضوء الليزر. حيث تتعادل الشحنة السالبة عند أي نقطة يسقط عليها ضوء الليزر، فتجذب النقاط مفرغة الشحنة مسحوق الحبر الذي ينتج صورة على الورقة.

تدريبات عامة ( )

عبدالله فاضل فريحات
abdullahfreihatwork@gmail.com
0507438910
Abdullah Freihat
Physics
جهاد موسى الصوافين
jehad.sawafeen@hotmail.com
0505267764
Jehad Al-Sawafeen