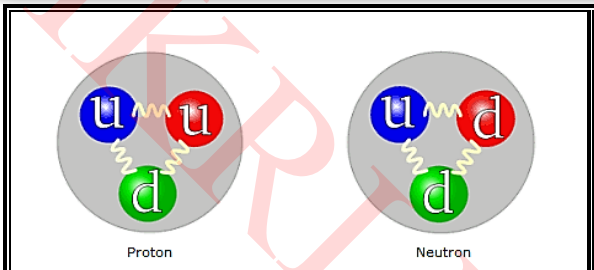
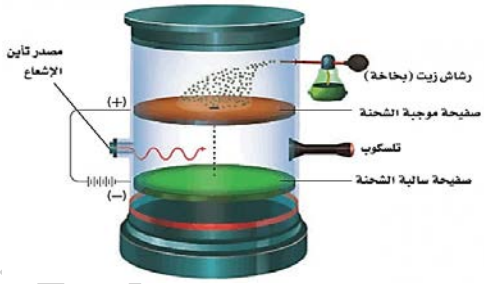
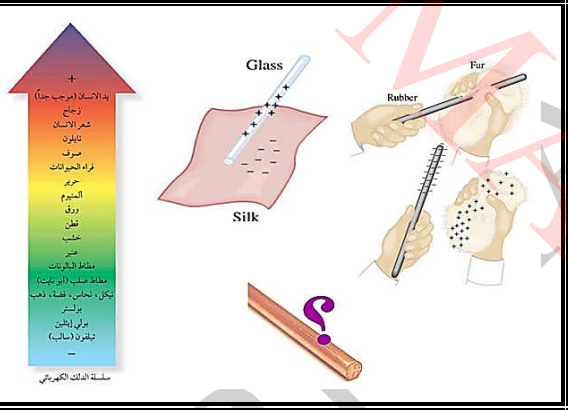
0502171456

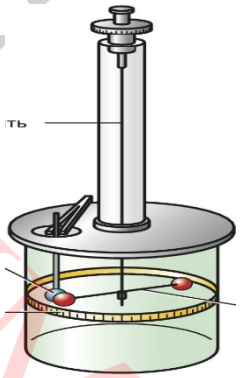
الفصل الدراسي الأول ... الوحدة : 1

القوى الكهروستاتيكية

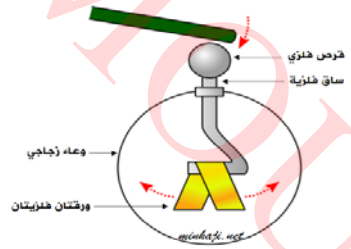








- شرح شامل ووافي لكل جزء من أجزاء المنهج المقرر.
- تطبيقات عديدة تشمل تدريبات الكتاب المدرسي بأسلوب سهل ، بسيط (الاختيار من متعدد – مراجعة مفاهيم – تمارين رياضية – أسئلة منوعة)
- أسلوب مميز يحقق للطالب مبتغاه للنجاح والتفوق.



العام الدراسي 2020/2021

فيزياء 12 متقدم

إعداد:الأستاذ

فكري محمود محمد

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

0502171456

1.1 الكهرومغناطيسية

- ظلت الصواعق البرقية لغزاً حير الإنسان في الحضارات القديمة وذلك بسبب القوة التدميرية المصاحبة للبرق والتي كانت تتسبب في إحداث الحرائق وموت الأشخاص والحيوانات ولم يُعرف سببها ولا مصدر هذا البرق
- لاحظ اليونانيون القدماء أن قطعة الكهرمان المدلوكة بقطعة من القماش تجذب الأجسام الصغيرة والخفيفة ولكننا أصبحنا الآن نعلم أن دلك الكهرمان بقطعة قماش يسبب انتقال جسيمات سالبة الشحنة تسمى الإلكترونات من قطعة القماش الى الكهرمان
- في أوائل القرن الـ 20 اكتشفت قوتان أخريان أساسيتان غير (الكهربية والمغناطيسية) وهما:
  - **القوة الضعيفة:** وهي التي تعمل أثناء انحلال جسيمات بيتا.
  - **القوة الشديدة:** وهي موجودة دائما داخل نواة الذرة حيث تعمل على ربط مكونات الذرة.

1.2 الشحنة الكهربائية

يوجد نوعان من الشحنات الكهربائية في الطبيعة (الشحنة الموجبة + ، الشحنة السالبة -)

- المادة سواءاً كانت (صلبة ، سائلة ، غازية) تكون غير مشحونة (متعادلة كهربياً) أي أنها تحتوي أعداداً متساوية من الشحنات الموجبة والسالبة والتي غالباً ما يلغي كل منها الأخرى.

☯ **قانون الشحنات الكهربائية**

الشحنات المتماثلة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب

- وحدة الشحنة الكهربائية : الكولوم (C)
- تُعَرْف وحدة الكولوم بدلالة وحدة التيار في النظام الدولي للوحدات حيث نجد أن :

$$1C = 1As$$

- شحنة الالكترون الواحد تعادل $[e = 1.602 \times 10^{-19}c]$ ، $(q_e = -e)$ حيث q_e الشحنة.
- إن شحنة الإلكترون الواحد هي خاصية داخلية لها تماماً ككتلته.

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

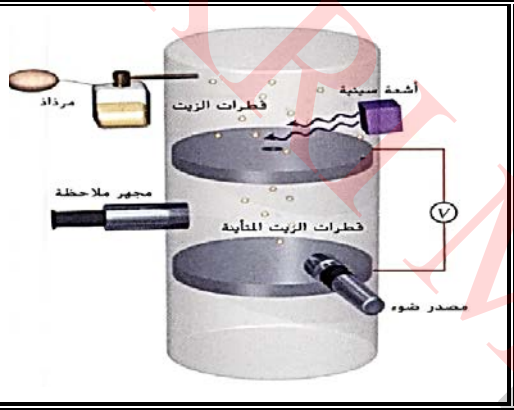
- شحنة البروتون تعادل شحنة الإلكترون وهما جسيمان أساسيان في الذرة $(q_p = +e)$
- الميكروكولوم μc يعادل $(10^{-6}c)$ ، بينما النانوكولوم nc يعادل $(10^{-9}c)$ بينما البيكو كولوم Pc يعادل $(10^{-12}c)$ ، و هي وحدات شائعة الإستخدام للكولوم
- الشحنة محفوظة: تعني أنها لا تفنى ولا تستحدث من العدم بل تنتقل من جسم إلى جسم آخر.

☯ **قانون حفظ الشحنة :** الكمية الكلية للشحنة الكهربائية في نظام مغلق لا تتغير

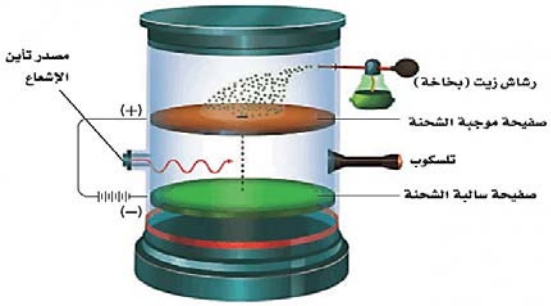
- تكون الشحنة مكماة أي مضاعفات صحيحة فقط لأقل كمية شحنة
- أصغر وحدة شحنة كهربائية هي شحنة الإلكترون حيث تعادل $[e = -1.602 \times 10^{-19}c]$

✪ جهاز ميليكان (لاثبات أن الشحنة الكهربائية مكماة)

يتم رش قطرات من الزيت في غرفة محكمة الغلق حيث يتم نزع الالكترونات منها خارج القطرات بسبب تعرضها للأشعة السينية ثم تسقط القطرات موجبة الشحنة بين لوحين مشحونين كهربائياً وبضبط الشحنة بين اللوحين تتوقف قطرات الزيت وتعلق في الهواء بين اللوحين ثم قيست شحنات القطرات فلاحظ ميلكان أن الشحنة مكماه أي مضاعفات صحيحة لشحنة الالكترون



شرح تفصيلي لتجربة ميليكان للإطلاع فقط (معلومات إثرائية)



في البداية، يقوم المرذاذ(البخاخ) برش أو ضخ قطرات صغيرة من الزيت داخل الغرفة، ونتيجة لهذا تتمكن بعض قطرات الزيت من عبور الفتحة الصغيرة التي تفصل الغرفة العلوية عن السفلية ، ترك ميليكان قطرات الزيت التي نزلت إلى الغرفة السفلية تتحرك نحو الأسفل بتأثير جاذبيتها، لكنها توقفت بعد مدة قصيرة لأنها وصلت إلى سرعتها الحدية، مما أجبرها على التوقف.. بعدما حدد ميليكان كتلة قطرات الزيت المعلقة في الغرفة السفلية، قام بشحنها، وذلك بتعريضها لأشعة إكس، وهذا يعني أن هواء الغرفة ذاته سيتأين، وتأينه يعني أن جزيئات الهواء تفقد الكترونات، مما يشجع جزيئات قطرات الزيت المعلقة على "قبض" الكترونات إضافية، فتصبح سالبة الشحنة ، قام ميليكان بتوصيل لوحي جهازه، العلوي والسفلي، ببطارية وكأنه تحول إلى مكثف Capacitor، وهذا يعني وجود فرق جهد بين اللوحين العلوي والسفلي.

يؤثر المجال الكهربائي المتولد بين اللوحين على قطرات الزيت المشحونة والمعلقة في هواء الغرفة السفلية. وحيث أن قطرات الزيت مشحونة بشحنة سالبة، فهذا يعني أنها ستسير "بعكس" إتجاه المجال الكهربائي المتولد. قام ميليكان بتوصيل اللوح العلوي بطرف البطارية الموجب والسفلي بطرفها السالب؛ وذلك كي يتولد مجال يجبر الإليكترون السالب على الحركة إلى الأعلى..

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

حتى نفهم ما يحدث بالضبط، دعونا نتابع حركة قطرة زيت واحدة ..تسقط القطرة بسرعة بتأثير الجاذبية الأرضية، لكن، بسرعة أيضا تتوقف عن السقوط لأن مقاومة الهواء تزداد بزيادة السرعة، فتصل إلى سرعتها الحدية، وتصبح معلقة (ومن البديهي أن السرعة الحدية ستختلف من قطرة لأخرى حسب كتلتها)..

- جزيئات الزيت متعادلة بالطبع، لذا قام ميليكان بتعريض الغرفة لأشعة إكس التي تعمل على تأيين الهواء فيفقد بعض الكتروناته، مما حفز الجزئيات المتعادلة على إكتسابها، فتصبح سالبة الشحنة.
- بعد شحن الغرفة ووجود فرق جهد، سيتولد مجال كهربائي يؤثر على قطرات الزيت، يكون إتجاهه من أعلى إلى أسفل، ولأن قطرات الزيت سالبة، تحركت "عكس" المجال من أسفل إلى أعلى..
- الآن، هناك قوتين رئيسيتين تؤثران في قطرة الزيت وهما، قوة الجاذبية نحو الأسفل ، وقوة المجال الكهربائي إلى الأعلى.. ستتحرك قطرة الزيت نحو الأعلى حتى تتساوى قوة الجاذبية مع القوة التي يؤثر فيها المجال الكهربائي، وهنا ستتوقف لحظياً وتبقى معلقة ثابتة.

في هذه الحالة **قوة الجاذبية الأرضية** F_g = الكتلة m × تسارع الجاذبية الأرضية g.

، **قوة المجال الكهربائي على شحنة فيه** F_E = مقدار الشحنة q × مقدار المجال الكهربائي E

وحيث أنه عند توقف قطرة الزيت المشحونة، فإن هذا يعني أن: $F_E = F_g$

- لكن بعض القطرات أكبر من غيرها، وهذا يعني أن لها القدرة على القبض على أكثر من الكترون واحد، وهذا يعني ضمناً أنها تحتاج إلى مجال كهربائي "أقوى " لإيقافها عن الحركة.
- وهكذا، قام ميليكان بتغيير مقدار المجال الكهربائي لإيقاف جزيئات الزيت، وحساب الشحنة في كل حالة استناداً إلى القانون السابق وأيضاً، قام ميليكان بتغيير قوة أشعة إكس المؤينة للهواء، وهذا يعني تغيير عدد الالكترونات التي سيقبض عليها.. قام ميليكان وفريقه بدراسة حركة آلاف، من قطرات الزيت المشحونة، وتكرار الخطوات جميعها من حساب كتلة كل قطرة وحساب سرعتها الحدية، ثم تغيير المجال وحساب شدته للتوصل إلى مقدار الشحنة التي تحملها كل قطرة زيت..
- **لاحظ ميليكان**، بعد دراسة البيانات التي تم التوصل إليها ، أن قطرات الزيت كانت تحمل دائماً، مقداراً هو أحد مضاعفات العدد $n \times 1.602 \times 10^{-19} C$ فاستنتج أن أقل مقدار يمكن لقطرة الزيت تقبضه الكتروناً واحداً فحسب هو $-1.602 \times 10^{-19} c$. وهذا يعني أن شحنة الالكترون e ومقدارها $1.602 \times 10^{-19} C$ – مكماة ، أي أن .. مقدار الشحنة $q = n \times 1.602 \times 10^{-19} C$ ، حيث n تمثل عدداً صحيحاً.. ومن هنا نرى أهمية العمل الذي قام به ميليكان، حيث قان بحساب قيمة شحنة الإليكترون المفردة ، كما أثبت أنها مكماة.

$$F_E = F_g \quad \Rightarrow \quad q \times E = m \times g \quad \Rightarrow \quad q \times \frac{V}{d} = m \times g$$

$$q = \frac{m \times g \times d}{V}$$

وجد ميليكان أن أقل شحنة يمكن أن تحملها قطرة الزيت هي شحنة الإلكترون e = 1.6019×10^{-19} كولوم

ملاحظات : بمعرفة شحنة قطرة الزيت أمكن حساب عدد الإلكترونات التى تحملها قطرة الزيت كما يأتى :

- عدد الإلكترونات التى تحملها قطرة الزيت = $\frac{\text{شحنة القطرة q}}{\text{شحنة الالكترون e}}$
- [شحنة قطرة الزيت q = شحنة الإلكترون e] إذا حملت قطرة الزيت بإلكترون واحد.

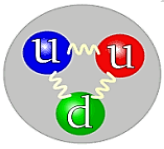
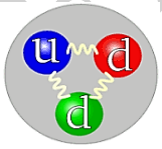
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

0502171456

خصائص ومكونات المادة

تتكون المادة من ذرات والذرة تتكون من نواة تحتوي بداخلها على جسيمات تحمل شحنات موجبة تسمى البروتونات وأخرى تحمل شحنات متعادلة تسمى النيترون كما يحيط بالنواة عدد من الجسيمات السالبة تسمى الإلكترونات

- في الذرة الحقيقية تكون المسافة من الالكترونات الى النواة أكبر بكثير من حجم النواة
- في الذرة المتعادلة يتساوى عدد البروتون داخل النواة مع عدد الالكترونات التي تدور حولها
- كتله الالكترون أصغر بكثير من كتلة النيوترون أو البروتون لذا تتركز معظم كتلة الذرة في نواتها
- يمكن نزع الإلكترونات بسهولة نسبياً من الذرة لذلك فإن ناقلات الطاقة الكهربائية هي الالكترونات.
- الالكترون جسيم أولي ليس له أجزاء نصف قطره صفر تقريباً.
- يتكون البروتون من جسيمات مشحونة تسمى **الكواركات** وتربطها جسيمات غير مشحونة تسمى **الجلونات** ولا يمكن للجلونات التواجد بشكل منفرد
- تعد شحنات الكواركات خصائص داخلية للبروتون أو النيترون تماماً كشحنة الالكترون
- يتكون **البروتون** من 2 كوارك علوي $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ ، 1 كوارك سفلي $\left(-\frac{1}{3}e\right)$
- شحنه البروتون تعادل: $+1e$
- يتكون **النيوترون** من 1 كوارك علوي $\left(+\frac{2}{3}e\right)$ ، 2 كوارك سفلي $\left(-\frac{1}{3}e\right)$
- شحنة النيترون تعادل: $0e$
- توجد جسيمات شبيهة بالالكترون وكتلتها أكبر منه تسمى **الميون والتاو**
- مجموع شحنات الكواركات داخل البروتون = شحنة الإلكترون

يتكون **البروتون** من اثنين من الكواركات العلوية وكوارك سفلي واحد لذا فإن: $q_p = +\frac{2}{3}_{\text{علوي}} + \frac{2}{3}_{\text{علوي}} - \frac{1}{3}_{\text{سفلي}} = \frac{3}{3} = +1$	 Proton
يتكون **النيوترون** من واحد كوارك علوي واثنين من الكواركات السفلية لذا فإن: $q_n = +\frac{2}{3}_{\text{علوي}} - \frac{1}{3}_{\text{سفلي}} - \frac{1}{3}_{\text{سفلي}} = 0$	 Neutron

- يمكن التعبير عن شحنة جسم بدلالة مجموع عدد البروتونات N_p ناقص مجموع عدد الالكترونات N_e التي يتكون منها الجسم من العلاقة : $\mathbf{q = e(N_p - N_e)}$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

تدريب 1.1 إذا أردنا أن يكتسب قالب حديدي كتلته 3.25kg شحنة موجبة مقدارها 0.1c فما نسبة الالكترونات التي سنحتاج إلى نزعها؟ (علماً بأن $^{56}_{26}Fe$).

الحل: لحساب العدد الكلي للالكترونات لابد من إيجاد عدد الذرات

$$N_{\text{ذرات}} = \frac{m_{\text{الجسم}} \times N_A}{\text{الكتلة الذرية}} = \frac{3.25 \times 6.023 \times 10^{23}}{0.056} = 3.5 \times 10^{25} \text{ ذرة}$$

- نحسب عدد الالكترونات : الكترون $N_{\text{الكترونات}} = 3.5 \times 10^{25} \times 26 = 9.09 \times 10^{26}$

- حساب عدد الالكترونات المنزوعة : $q = e(N_p - N_e)$

$$(N_p - N_e) = \frac{q}{e} = \frac{0.1}{1.602 \times 10^{-19}} = 6.24 \times 10^{17} \text{ الكترون منزوع}$$

$$\frac{\text{الالكترونات المنزوعة}}{\text{العدد الكلي للالكترونات}} = \frac{6.24 \times 10^{17}}{9.09 \times 10^{26}} = 6.87 \times 10^{-10}$$

الإختبار الذاتي :

اكتب شحنة الجسيمات الأولية أو الذرات التالية بدلالة الشحنة الأساسية $e = 1.6 \times 10^{-19} c$	
a. بروتون	$+1e = +1$
b. نيوترون	0
c. ذرة هيليوم (بروتونان ونيوترونان والكترونان)	$(+2 + 0 + (-2)) = 0$
d. ذرة هيدروجين (بروتون واحد والكترون واحد)	$(+1 + (-1)) = 0$
e. كوارك علوي	$\left(+\frac{2}{3}e\right)$
f. كوارك سفلي	$\left(-\frac{1}{3}e\right)$
g. الكترون	-1e = -1
h. جسيم ألفا (بروتونان ونيوترونان)	$(+2 + 0) = +2$

تدريبات

1.30 كم عدد الإلكترونات اللازمه لإنتاج شحنة كلية مقدارها 1C ؟

الحل: $N = \frac{q}{e} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18}$ الكترون

FIKRI MAHMOUD
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

1.31 الفاراداي وحدة شحنة نصادفها كثيراً في التطبيقات الكهروكيميائية وتنسب للعالم فاراداي وتعادل مولاً واحداً من الشحنات الأولية كم عدد الكولومات في 1 فاراداي.

الحل: $1F = N_A.e = 6.023 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19} = 9.65 \times 10^4 C$

1.32 تبذل شحنتان مقدار كل منهما 1esu بينهما مسافة 1cm قوة مقدارها 1 داين تماماً إحداهما على الأخرى علماً بأن ($1D = 1 \times 10^{-5} N$)

a. حدد العلاقة بين وحدة esu ووحدة الكولوم

b. حدد العلاقة بين وحدة esu والشحنة الأولية

الحل:

a – $F = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$

$$1D = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \times \frac{1esu \times 1esu}{0.01^2\ m^2}$$

$$1 \times 10^{-5} N = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \times \frac{1esu \times 1esu}{0.01^2\ m^2}$$

$$0.01^2 \times 10^{-5}\ C^2 = 9 \times 10^9\ esu^2$$

$$1\ esu = 3.3 \times 10^{-10}\ C \quad \ldots\ldots (1)$$

b – $\because e = 1.6 \times 10^{-19}$

$$\because C = \frac{e}{1.6 \times 10^{-19}}$$

وبالتعويض في (1)

$$1\ esu = \frac{3.3 \times 10^{-10}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.08 \times 10^9 e \text{ (شحنة أولية)}$$

1.33 تيار شدته 5mA يكفي لأن يجعل عضلاتك تنقبض. احسب عدد الالكترونات التي ستتدفق عبر جلدك إذا تعرضت لتيار كهذا لمدة 10s.

الحل: $\because I = \frac{q}{t}$ & $\because q = N.e \rightarrow \therefore N.e = I.t$

$$\therefore N = \frac{I.t}{e} = \frac{5 \times 10^{-3} \times 10}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.125 \times 10^{17} \text{ الكترون}$$

1.34 كم عدد الإلكترونات الموجودة في 1 kg من المياه؟

الحل: $M_{H_2O} = (2 \times 1) + (1 \times 16) = 18 \frac{g}{mol}$ الكتلة المولية لجزئ الماء

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

الكترون $n = (2 \times 1) + (1 \times 8) = 10$ عدد الالكترونات في الجزئ الواحد

$$\text{عدد المولات } N = \frac{m\left(\text{الكتلة الكلية}\right)}{M\left(\text{الكتلة المولية}\right)} = \frac{1000}{18} = 55.56\ \text{mol}$$

$$\text{عدد الجزيئات} = N_{\text{عدد المولات}} \times N_A = 55.56 \times 6.023 \times 10^{23} = 3.35 \times 10^{25}\ \text{جزئ}$$

العدد الكلي للإلكترونات $N_T =$ عدد الجزيئات × عدد الالكترونات في الجزئ الواحد

$$= 3.35 \times 10^{25} \times 10 = 3.35 \times 10^{25}\ \text{الكترون}$$

1.35 تُقذف الأرض بالأشعة الكونية التي يتكون معظمها من البروتونات وتسقط على الغلاف الجوي للأرض من كل الإتجاهات بمعدل 1245 بروتون/$m^2.s$ فإذا إفترضنا أن عمق الغلاف الجوي للأرض يبلغ 120km فما مقدار الشحنة الكلية التي تسقط على الغلاف الجوي في مدة مقدارها 5min ؟ إفترض أن نصف قطر الأرض يساوي 6378km.

الحل:

$$r_{\text{بعد الغلاف الجوي عن مركز الأرض}} = r_E + h_{\text{الارتفاع عن سطح الأرض}}$$

$$= 120 \times 10^3 + 6378 \times 10^3 = 6.498 \times 10^6\ \text{m}$$

$$A_{\text{الكرة}} = 4\pi r^2 = 4\pi\left(6.498 \times 10^6\right)^2 = 5.31 \times 10^{14}\ \text{m}^2$$

$$N_P = 1245 \times 5.31 \times 10^{14} \times 5 \times 60 = 1.98 \times 10^{20}\ \text{بروتون}$$

$$q = N.e = 1.98 \times 10^{20} \times 1.6 \times 10^{-19} = 31.7\ \text{C}$$

1.3 الموصلات والعازلات وأشباه الموصلات والموصلات فائقة

تسمى المواد جيدة التوصيل للكهرباء بالموصلات بينما تسمى المواد رديئة التوصيل بالعازلات

- يشير التركيب الالكتروني للمادة الى طريقة ارتباط الالكترونات بالنواة.

❶ **العازلات** : هى المواد التي لا تسمح للالكترونات بحرية الحركة خلالها وذلك بسبب الارتباط القوي بين الكترونات الماده وذراتها

❷ **الموصلات** :هى المواد التي تسمح لبعض الإلكترونات بحرية الحركة خلالها مثل (**Cu** ، **Fe** ، **Al**) بسبب الميل النسبي لذرات المادة إلى كسب أو فقد الالكترونات.

- يمكن أن تعمل الموائع والأنسجة العضوية والمحاليل الأيونية كملح الطعام كموصلات أيضا.
- الماء النقي عازل كهربياً ، إذابة ماده معينة كملح الطعام تحسن من قدرة الماء على التوصيل للتيار الكهربائي.

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

❸ **أشباه الموصلات** : هى مواد يمكنها أن تتغير من عازلة الى موصلة ثم الى عازلة مرة أخرى وهي تعد أساس كل صناعات الكومبيوترات و الإلكترونيات الإستهلاكية.

- **هناك نوعان من أشباه الموصلات**: نقية ، وغير نقية
- **أمثلة على أشباه الموصلات النقية**: بلورات زرنيخ الجاليوم – الجرمانيوم - السيليكون.
- **قانون مور**: يوضح تضاعف متوسط قوة وحدة المعالجة المركزية لأجهزة الكمبيوتر كل 18 شهراً (متوسط تجريبي على مدار الخمسة عقود الماضية).
- تصنع أشباه الموصلات غير النقية عبر إضافه كميات دقيقة من مواد أخرى تعمل كـ ..

① مانحات الكترونات n (Negative)	② مستقبلات الالكترونات P (Positive)
فيها يتم تطعيم شبه الموصل النقي كالسيليكون مثلاً بعناصر خماسية التكافؤ مثل (الزرنيخ ، الأنتيمون ، الفوسفور)	فيها يتم تطعيم شبه الموصل النقي كالسيليكون مثلاً بعناصر ثلاثية التكافؤ مثل (الجاليوم ، الأنديوم ، البورون ، الألومنيوم)
حيث يتوافر في البلورة المطعمة بأحد العناصر السابقة إلكترونات فائضة عن الترابط يمكنها التنقل بحرية عبر ذرات البلورة مما يزيد من قدرتها على التوصيل للتيار الكهربائي.	حيث يتوافر في البلورة المطعمة بأحد العناصر السابقة فجوات يتركها الإلكترون بعد ارتباطه بالمستقبل يمكن أن تنتقل بحرية عبر ذرات شبه الموصل لتعمل كناقل فعال للشحنة الموجبة.

☯ الموصلات فائقة التوصيل

هي.. مواد مقاومتها لتوصيل الكهرباء منعدمه.

- لا تكون الموصلات الفائقة فعالة إلا في درجات حرارة منخفضة.
- سبيكة النيوبيوم والتيتانيوم من المواد فائقة التوصيل التي يجب المحافظة عليها عند درجة حرارة قريبة من حرارة الهيليوم السائل (K4.2).
- **درجة الحرارة الحرجة (Tc)** : هي أعلى درجة حرارة تسمح بالموصلية الفائقة حيث تكون هذه المواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة النيتروجين السائل (77.3K).
- لم تكتشف للآن مواد فائقة التوصيل عند درجة حرارة الغرفة (300K).

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

تدريبات:

1.37 تم تطعيم عينة من السيليكون بالفوسفور بنسبة 1 (فوسفور) لكل 1×10^6 (سيليكون). يعمل الفوسفور كمانح للإلكترونات حيث يمنح إلكتروناً حراً لكل ذرة وتبلغ كثافة السيليكون $2.33\ g/cm^3$ و تبلغ كتلته الذرية $28.09\ g/mol$.

a. احسب عدد الإلكترونات الحرة لكل وحدة حجم في السيليكون المطعم؟

b. قارن النتيجة من الجزء (a) مع عدد الإلكترونات الموصلة لكل وحدة حجم في سلك من النحاس بافتراض أن كل ذرة نحاس تنتج إلكتروناً واحداً حراً علماً بأن كثافة النحاس $8.96\ g/cm^3$ وكتلته الذرية $63.54\ g/mol$.

الحل:

$$\text{a- عدد مولات السيليكون} = \frac{m\ (\text{الكتلة})}{M\ (\text{الكتلة المولية})} = \frac{\rho.V}{M} = \frac{2.33\times1}{28.09} = 0.083\ mol/cm^3$$

$$\text{عدد ذرات السيليكون} = N_{\text{عدد المولات}} \times N_A = 0.083 \times 6.023 \times 10^{23} = 4.99 \times 10^{22}\ \text{ذرة}/cm^3$$

$$10^6\ Si \longrightarrow 1P$$

$$4.99 \times 10^{22}\ Si \longrightarrow n_eP$$

$$\text{عدد الالكترونات الحرة } n_e = \frac{4.99 \times 10^{22} \times 1}{10^6} = 4.99 \times 10^{16}\ \text{الكترون}/cm^3$$

$$\text{b} - \text{عدد مولات النحاس} = \frac{m\ (\text{الكتلة})}{M\ (\text{الكتلة المولية})} = \frac{\rho.V}{M} = \frac{8.96 \times 1}{63.54} = 0.141\ mol/cm^3$$

$$\text{عدد ذرات النحاس} = N_{\text{عدد المولات}} \times N_A = 0.141 \times 6.023 \times 10^{23} = 8.49 \times 10^{22}\ \text{ذرة}/cm^3$$

$$\frac{\text{عدد الالكترونات الحرة بالسيليكون } N_{Si}}{\text{عدد الالكترونات الحرة بالنحاس } N_{Cu}} = \frac{4.99 \times 10^{16}}{8.49 \times 10^{22}} = 5.88 \times 10^{-7}$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

1.4 الشحن الكهروستاتيكي

هو . . عملية شحن الجسم بشحنة ساكنة.

✪ **الكشاف الكهربائي:** هو.. جهاز يظهر استجابة ملحوظة عند شحنه.

- **استخدامه**: يستخدم للكشف عن الحالة الكهربائية للجسم من حيث كونه (مشحون أو غير مشحون) ، وتحديد نوع شحنة الجسم
- **تركيبه**: قرص معدني متصل بساق معدنية وفي نهايتها شريطين من رقائق معدنية رفيعة جداً متصلين عند طرف واحد قابل للدوران والحركة ، يحيط بهما إطار زجاجي لتقليل تأثير الهواء على الرقائق المعدنية.

☜ **ملاحظات هامة :**

- يعتمد مقدار دوران الموصل المتحرك على كمية شحنة الكشاف أو شحنة الجسم المشحون.
- يمكن التخلص من أى شحنة أى جسم مشحون وكذلك من شحنة الكشاف عن طريق التوصيل بالأرض وذلك لأن الأرض مستودع شحنة لا يفنى وتسمى عملية التفريغ هذه **(التأريض)**.
- تسمى الوصلة الكهربائية بالأرض **وصلة أرضية**.

مراجعة المفاهيم 1.2

يتحرك الموصّل المتصل بمفصلة بعيدا عن الموصل الثابت عند شحن الكشاف الكهربائي لأن:

a) الشحنات المتماثلة تتنافر.

b) الشحنات المتماثلة تتجاذب.

c) الشحنات المختلفة تتجاذب.

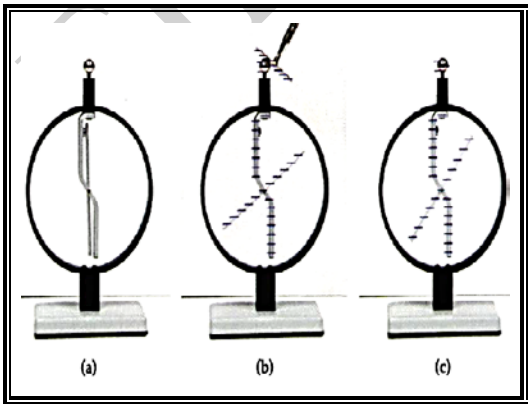
d) الشحنات المختلفة تتنافر.

الإجابة (a) لأن حركة الموصل بعيداً عن الموصل الثابت كان بفعل قوة التنافر

طرق شحن الأجسام بالكهرباء الساكنة

أولاً . . الشحن بالتوصيل (التلامس)

- **خصائصها :**
  - شحنة الجسمين بعد التلامس تكون من نفس النوع
  - تقل شحنة الجسم المشحون (المؤثر)
  - مجموع شحنتي الجسمين قبل التلامس يساوي مجموع شحنتاهما بعد التلامس (قانون حفظ الشحنة)
  - تستخدم تلك الطريقة للمواد الموصلة والعازلة إلا أنها أكثر فاعلية مع المواد الموصلة.



prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456
FIKRI MAHMOUD

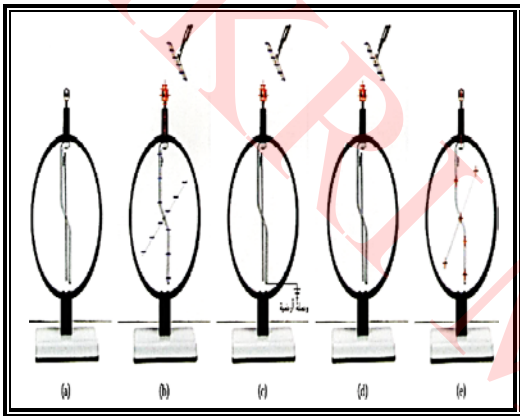
ثانياً . . الشحن بالحث (التأثير)

وفيها يتم شحن موصل بوضعه قريباً من جسم آخر مشحون من غير تلامس حيث:

- يتكون على طرف الموصل القريب من المؤثر شحنة مقيدة لحدوث لحدوث تجاذب مع شحنة المؤثر وعلى الطرف البعيد شحنة حرة.
- يتم عمل وصلة أرضية متصلة بالكشاف مع إبقاء المؤثر قريباً منه للتخلص من الشحنة الحرة.
- إزالة الوصلة الأرضية مع وجود المؤثر.
- إبعاد المؤثر تاركاً الكشاف مشحون بشحنة مخالفة للمؤثر.

❐ **خصائصها :**

- مناسب للمواد الموصلة لأن لديه الكترونات حرة الحركة
- مقدارالشحنة المقيدة أقل من أو يساوي مقدار الشحنة المؤثرة وتخالفها في النوع.
- مقدار الشحنة المقيدة يساوي مقدار الشحنة الحرة وتخالفها في النوع.
- مقدار الشحنة المؤثرة لا يتغير.



مقارنة بين الشحن باللمس والشحن بالحث (التأثير)

وجه المقارنة	الشحن باللمس	الشحن بالحث (التأثير)
كيفية حدوثه	تلامس جسمين	تقريب جسمين من بعضهما
نوع شحنة الجسم المشحون	نفس شحنة الجسم الشاحن	الطرف القريب مختلف والبعيد مشابه
إنتقال الشحنات	ينتقل جزء من الشحنات	لا تنتقل الشحنات
بقاء الشحنة بعد زوال المؤثر	تبقى الشحنات	تزول الشحنات

ثالثاً . . الشحن بالدلك :

- مناسب للمواد العازلة.
- تنتقل الالكترونات من أحد الجسمين إلى الآخر.
- مقدار شحنة الدالكة تعادل شحنة الجسم المدلوك وتخالفها في النوع.
- عند دلك ساق موصلة تنتقل كل شحنة يكتسبها الموصل إلى الأرض عن طريق اليد.
- عند شحن مادة موصلة بطريقة الدلك يجب أن تكون محاطة بمادة عازلة.

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

0502171456

❐ **أمثلة مختلفة ..**

❖ عند دلك ساق من الزجاج بدالكة من الحرير تصبح ساق الزجاج موجبة الشحنة بينما تصبح دالكة الحرير سالبة الشحنة .

❖ عند دلك ساق من الأبونيت بدالكة من الصوف تصبح ساق الأبونيت سالبة الشحنة بينما تصبح دالكة الصوف موجبة الشحنة .

❖ عند دلك قضيب بلاستيكي بفراء الأرنب يصبح القضيب سالب الشحنة بينما يصبح فراء الأرنب موجب الشحنة.

1.5 القوة الكهروستاتيكية – قانون كولوم

▪ يتوقف نوع القوة الكهربائية المتولدة بين شحنتين على نوع الشحنتين فقد تكون :

① قوة تجاذب	② قوة تنافر
كالقوة المتولدة بين شحنة موجبة وأخرى سالبة	كالقوة المتولدة بين شحنتين من نفس النوع
q_1 ⊖ ← $\vec{F}_{21}$ ، $\vec{F}_{12}$ → ⊕ q_2	q_1 ⊕ ← $\vec{F}_{21}$ ، $\vec{F}_{12}$ → ⊕ q_2 q_1 ⊖ ← $\vec{F}_{21}$ ، $\vec{F}_{12}$ → ⊖ q_2

☜ **ملحوظة هامة:**

❐ القوة التي تؤثر بها الشحنة الأولى على الثانية **تساوي وتعاكس** القوة التي تؤثر بها الشحنة الثانية على الأولى أى أن: $\left[\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}\right]$ وذلك **طبقاً لقانون نيوتن الثالث**

❖ **قانون كولوم** : ينص على .. القوة الكهربائية (جذب أو تنافر) المتبادلة بين شحنتين كهربيتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب مقدار شحنتيهما وعكسياً مع مربع المسافة الفاصلة بينهما.

❐ **العوامل التي يتوقف عليها مقدار القوة الكهربائية المتبادلة بين شحنتين:**

① مقدار كل من الشحنتين q_1 ، q_2	② مربع المسافة الفاصلة بينهما r^2	③ نوع الوسط الفاصل بينهما أو السماحية الكهربائية للوسط الفاصل ($\varepsilon_\circ$).
$F_{12} \propto \lvert q_1 . q_2 \rvert$ (التناسب طردي) **القيمة المطلقة** هنا تعني أنه لا يؤخذ في الاعتبار إشارة الشحنة السالبة عند التعويض رياضياً	$F_{12} \propto \frac{1}{r^2}$ (التناسب عكسي)	يختلف مقدار F_{12} تبعا لنوع الوسط الفاصل ★ إذا كان الوسط هواء $K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ ★ إذا وضع وسط فاصل من مادة عازلة بين الشحنتين يكون : $K = 1/4\pi\varepsilon_\circ$ ، حيث **تقل** قيمة القوة الكهروستاتيكية F_{12} **ملحوظة** $\varepsilon_\circ$ **للهواء** $= 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$ وتختلف قيمة $\varepsilon_\circ$ باختلاف نوع الوسط الفاصل

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456

حالات الحصول على محصلة القوة الكهروستاتيكية

No	عدد الشحنات	التوضيح بالرسم		
1	شحنتين	خط مستقيم	أفقي	مائل
		القوة بين شحنتين معلقتين بينهما زاوية		
		القوة بين شحنتين على سلك	رأسي	
			مائل	
2	ثلاث شحنات في خط مستقيم	أفقي		مائل
3	ثلاث شحنات بينهما زاوية قائمة	القوة عند الزاوية القائمة		
		القوة عند إحدى الزاويتين		
4	القوة عند أطراف مربع			
5	القوة عند تقاطع قطري المربع			
6	نقطة التعادل	هي النقطة التي تنعدم عندها محصلة القوة الكهروستاتيكية ($\sum F = 0$) أى تكون عندها $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$		

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

✪ مبدأ التراكب (في حال وجود أكثر من شحنتين كهربائيتين)

1	إيجاد كافة القوى F_1 ، F_2 ، ... المؤثرة على الشحنة المطلوب إيجاد محصلة القوى عليها
2	رسم مخطط القوى لتحديد اتجاهات القوى المختلفة
3	▪ إذا كانت القوتان بنفس الاتجاه $F_R = F_1 + F_2$ حيث يكون F_R بنفس اتجاه F_1 ، F_2 ▪ إذا كانت القوتان متعاكستان $F_R = F_1 - F_2$ حيث يكون F_R بنفس اتجاه F الأكبر ▪ إذا كانت القوتان متعامدتان $F_R = \sqrt{F_1 + F_2}$ اتجاه F_R يكون $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F_y}{F_x}\right)$ ▪ إذا كانت القوتان غير متعامدتان (يتم تحليل المتجهات) اتجاه F_R يكون $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\sum F_y}{\sum F_x}\right)$

❐ **موضع الاتزان** : حالات نقطة التعادل (تحديد موضع نقطة الاتزان)

①	②	③	④
إذا كانت الشحنتان متماثلتان تكون نقطة التعادل بينهما وأقرب ما تكون للشحنة الأقل مقداراً	إذا كانت الشحنتان مختلفتان نوعاً تكون نقطة التعادل خارجهما وأقرب ما تكون للشحنة الأقل مقداراً	إذا كانت الشحنتان متماثلتان ومتساويتان مقداراً تكون نقطة التعادل في منتصف البعد بينهما	إذا كانت الشحنتان متساويتان مقداراً ومختلفتان نوعاً لا يوجد نقطة الاتزان

تدريبات:

1.38 كرتان مشحونتان تفصل بينهما مسافة 8cm إذا اقتربت احداهما من الأخرى بما يكفي لزيادة مقدار القوة المؤثرة في كل منهما بمعدل أربعة أضعاف ، فما المسافة الفاصلة بينهما عندئذ؟

الحل:

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \rightarrow r_2 = 4cm$$

1.39 جسيمان متماثلان مشحونان تفصل بينهما مسافة مقدارها 1m يتنافران بقوة مقدارها 1N ما مقدار الشحنتين؟

الحل:

$$\because F = K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} \Rightarrow \therefore q = \sqrt{\frac{F.r^2}{K}} = \sqrt{\frac{1}{1\times10^9}} = 1.054 \times 10^{-5}\ C$$

1.40 ما المسافة الفاصلة التي يجب أن تكون بين إلكترونين على سطح الأرض لكي تكون القوة الكهروستاتيكية بينهما مساوية لوزن أحد الالكترونين؟

الحل:

$$F_{\text{الكهربية}} = F_g = 9.1 \times 10^{-31} \times 9.81 = 8.93 \times 10^{-30}\ N$$

ومن قانون كولوم

$$r = \sqrt{K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{F}} = \sqrt{\frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{8.93 \times 10^{-30}}} = 5.08\ m$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

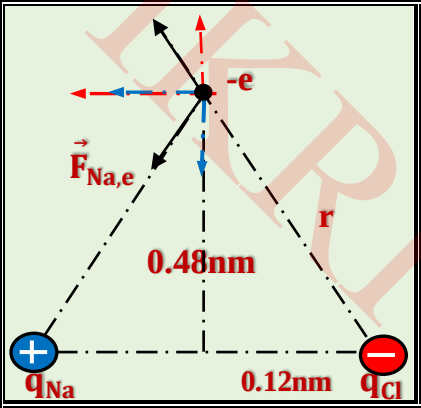
FIKRI MAHMOUD

1.41 في كلوريد الصوديوم الصلب (ملح الطعام) يزيد عدد الإلكترونات في أيونات الكلوريد عن عدد البروتونات بإلكترون واحد ويزيد عدد البروتونات في أيونات الصوديوم عن عدد الإلكترونات ببروتون واحد وتفصل بين هذه الأيونات مسافة مقدارها 0.28 nm احسب القوة الكهروستاتيكية بين أيون صوديوم وأيون كلوريد.

الحل:

$$\because F = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}{(0.28\times10^{-9})^2} = 2.94\times10^{-9}\ N$$

1.42 في كلوريد الصوديوم الغازي يزيد عدد الإلكترونات في أيونات الكلوريد عن عدد البروتونات بالكترون واحد ويزيد عدد البروتونات في أيونات الصوديوم عن عدد الإلكترونات ببروتون واحد وتفصل بين هذه الأيونات مسافة مقدارها 0.24nm إذا إفترضنا أن إلكتروناً حراً يقع على مسافة 0.48nm فوق نقطة منتصف جزئ كلوريد الصوديوم فما مقدار القوة الكهروستاتيكية واتجاهها التي يبذلها الجزئ على هذا الإلكترون؟



الحل:

$$r = \sqrt{0.12^2 + 0.48^2} = 0.495\ nm$$

$$\because F_1 = F_2 = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}{(0.495\times10^{-9})^2} = 9.41\times10^{-10}\ N$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.12}{0.48}\right) = 14^\circ$$

وبتحليل المتجهات وإيجاد المحصلة نجد أن :

a. مركبتي القوتين $\vec{F}_{Cl,e}$ ، $\vec{F}_{Na,e}$ في اتجاه محور (y) متساويين مقداراً ومتعاكسين اتجاهاً لذا يلغي كل منهما الآخر فتكون محصلتهما $\vec{F}_{net_y} = 0$

b. مركبتي القوتين في اتجاه محور $(-X)$ نجد أنهما في اتجاه واحد لذا :

$$\vec{F}_{net_x} = 2\times(-9.4\times10^{-10}\times\sin14) = -4.56\times10^{-10}N$$

1.43 احسب مقدار القوة الكهروستاتيكية التي يبذلها الكواركان العلويان أحدهما على الآخر داخل بروتون إذا كانت المسافة الفاصلة بينهما 0.9fm .

الحل:

$$\because\ q_1 = q_2 = \frac{2}{3}\times1.6\times10^{-19} = 1.07\times10^{-19}C$$

$$\therefore F = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1.07\times10^{-19})^2}{(0.9\times10^{-15})^2} = 126.42\ N$$

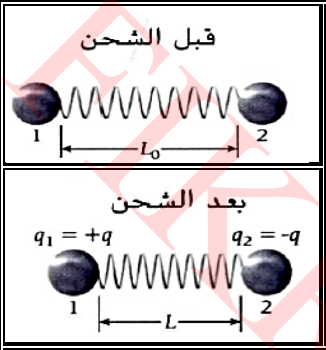
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

1.44 تقع شحنة مقدارها $-4\mu C$ على مسافة 20cm يمين شحنة مقدارها $2\mu C$ على محور X ما مقدار القوة المؤثرة في الشحنة $2\mu C$ ؟

الحل:

$$\therefore F = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times2\times10^{-6}}{(0.2)^2} = 1.8\ N$$

1.45 وصلت كرتان فلزيتان غير مشحونتين 1 ، 2 بواسطة زنبرك عازل بطول طبيعي قدره $L_o = 1m$ وبثابت زنبرك $K=25N/m$ كما بالشكل المقابل ثم اكتسبت الكرتان الشحنتين $+q$ ، $-q$ فانكمش الزنبرك وأصبح طوله $L=0.635m$ تذكر أن القوة التي يبذلها الزنبرك $F_s = k.\Delta x$ أوجد الشحنة q إذا طلى الزنبرك بطبقة فلزية ليصبح موصلا فما الطول الجديد للزنبرك؟



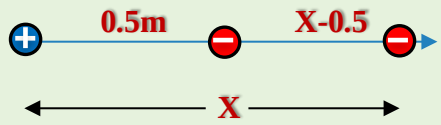
الحل:

$$F = k.\Delta x = 25\times(1-0.635) = 9.125\ N$$

$$q = \sqrt{\frac{F.r^2}{K}} = \sqrt{\frac{9.125\times(0.635)^2}{9\times10^9}} = 2.02\times10^{-5}\ C$$

إذا طلي الزنبرك بمادة فلزية يصبح موصلاً وبالتالي تتعادل الشحنتان ويعود الزنبرك لطوله الأصلي.

1.46 وضعت شحنة نقطية $+3q$ عند نقطه الأصل ، وشحنة نقطية $-q$ على المحور X عند النقطة $D=0.5m$ عند أي نقطة على محور X ستكون محصلة القوى من الشحنتين الأخريين المؤثرة في شحنة ثالثة q_o مساوية صفراً؟



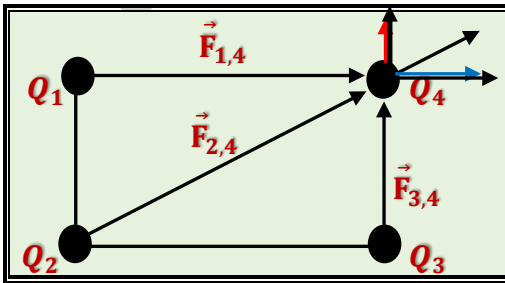
الحل: المطلوب إيجاد موضع نقطة التعادل والتي عندها يكون $\vec{F}_{1,2} = \vec{F}_{2,1}$

$$\frac{3q\times q_o}{X^2} = \frac{q\times q_o}{(X-0.5)^2}$$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين $\frac{\sqrt{3}}{X} = \frac{1}{X-0.5}$

$$\sqrt{3}X - \sqrt{3}\times0.5 = X \quad \Rightarrow \quad X = 1.183\ m$$

1.47 وضعت أربع شحنات متماثلة Q على الزوايا الأربع لمستطيل محيطه 2m في 3m إذا كانت $Q = 32\mu C$ فما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في أي شحنة من الشحنات؟



0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

0502171456

الحل:

$$F_{1,4} = K\frac{|q_1 . q_4|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(32\times10^{-6})^2}{(3)^2} = 1.024\ N$$

$$F_{2,4} = K\frac{|q_2 . q_4|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(32\times10^{-6})^2}{(\sqrt{13})^2} = 0.71\ N$$

$$F_{3,4} = K\frac{|q_3 . q_4|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(32\times10^{-6})^2}{(2)^2} = 2.304\ N$$

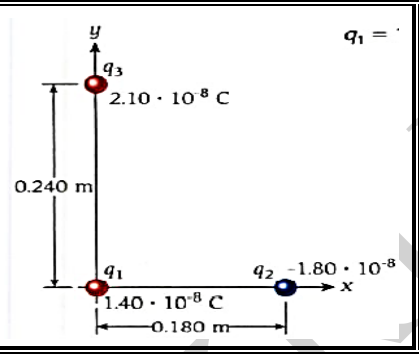
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) = 33.7^\circ$$

$$F_{2,4x} = F_{2,4}.Cos\theta = 0.71\times Cos(33.7) = 0.59N$$

$$F_{2,4y} = F_{2,4}.Sin\theta = 0.71\times Cos(33.7) = 0.39N$$

$$F_X = 1.024 + 0.59 = 1.614\ N$$

$$F_y = 2.304 + 0.39 = 2.7\ N$$



1.48 وضعت الشحنة $q_1 = 1.4\times10^{-8}C$ عند نقطة الأصل ، ووضعت الشحنتان ($q_2 = -1.8\times10^{-8}C$ ، $q_3 = 2.1\times10^{-8}C$) عند النقطتين (0.18m , 0m) ، (0m , 0.24m) على التوالي كما هو موضح بالشكل أوجد محصلة القوى الكهروستاتيكية (المقدار والاتجاه) المؤثرة في الشحنة q_3.

الحل:

$$F_{1,3} = K\frac{|q_1 . q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1.4\times10^{-8}\times2.1\times10^{-8}}{(0.24)^2} = 4.594\times10^{-5}\ N$$

$$F_{2,3} = K\frac{|q_2 . q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1.8\times10^{-8}\times2.1\times10^{-8}}{(0.3)^2} = 3.78\times10^{-5}\ N$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{0.18}{0.24}\right) = 36.87^\circ$$

$$F_{2,3x} = F_{2,3}.Sin\theta = 3.78\times10^{-5}\times Sin(36.87) = 2.27\times10^{-5}N$$

$$F_{2,3y} = -F_{2,3}.Cos\theta = -3.78\times10^{-5}\times Cos(36.87) = -3.024\times10^{-5}N$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

0502171456

$$F_X = 2.27 \times 10^{-5} N$$

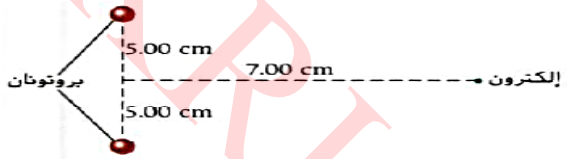
$$F_y = 4.594 \times 10^{-5} + \left(-3.024 \times 10^{-5}\right) = 1.57 \times 10^{-5}\ N$$

$$F_{net} = \sqrt{\left(2.27 \times 10^{-5}\right)^2 + \left(1.57 \times 10^{-5}\right)^2} = 2.76 \times 10^{-5}\ N$$

$$F_{net} = \left(2.27 \times 10^{-5}\right)\hat{x} + \left(1.57 \times 10^{-5}\right)\hat{y}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1.57}{2.27}\right) = 34.7^{\circ}$$

1.50 أوجد مقدار القوة الكهروستاتيكية واتجاهها المؤثرة في الإلكترون الموضح بالشكل المقابل؟



الحل:

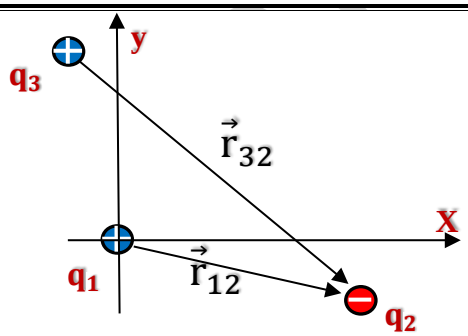
$$F_1 = F_2 = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times \left(1.6 \times 10^{-19}\right)^2}{(0.086)^2} = 3.114 \times 10^{-26}\ N$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{5}{7}\right) = 35.54^{\circ}$$

$$F_{net(x)} = 2 \times 3.114 \times 10^{-26} \times Cos(35.54) = 5.1 \times 10^{-26} N \quad (-\hat{X})$$

$$F_{net(y)} = F\sin\theta - F\sin\theta = 0$$

1.51 توجد ثلاث شحنات ثابتة في منطقة حيز ثنائي الأبعاد[**+1mC** عند (0,0)] ، [**-2mC** عند (17mm,-5mm)] ، [**+3mC** عند (-2mm,11mm)] ما مقدار محصلة القوى المؤثرة في الشحنة - **2mC** ؟



الحل:

$$\vec{r}_{12} = [(17-0),(-5-0)] = (17,-5)$$

$$|\vec{r}_{12}| = \sqrt{17^2 + 5^2} = 17.7$$

$$\vec{r}_{32} = [(17-(-2)),(-5-(-11))] = (19,-16)$$

$$|\vec{r}_{32}| = \sqrt{19^2 + 16^2} = 24.8$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

$$F_{1,2} = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-3}\times2\times10^{-3}}{(17.7\times10^{-3})^2} = 5.73\times10^7\ N$$

$$F_{3,1} = K\frac{|q_1 . q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times3\times10^{-3}\times2\times10^{-3}}{(24.8\times10^{-3})^2} = 8.75\times10^7\ N$$

$$\theta_{2,1} = \tan^{-1}\left(\frac{-5}{17}\right) = -16.4^\circ$$

$$F_{1,2x} = F_{1,2}.Cos\theta = 5.73\times10^7\times Cos(-16.4) = -5.5\times10^7 N$$

$$F_{1,2y} = F_{1,2}.Sin\theta = 5.73\times10^7\times Sin(-16.4) = 1.62\times10^7 N$$

$$\theta_{2,3} = \tan^{-1}\left(\frac{-16}{19}\right) = -40.1^\circ$$

$$F_{2,3x} = F_{2,3}.Cos\theta = 8.75\times10^7\times Cos(-40.1) = -6.7\times10^7 N$$

$$F_{2,3y} = F_{2,3}.Sin\theta = 8.75\times10^7\times Sin(-40.1) = 5.64\times10^7 N$$

$$F_X = \left(-5.5\times10^7\right) + \left(-6.7\times10^7\right) = -1.22\times10^8 N$$

$$F_y = \left(1.62\times10^7\right) + \left(5.64\times10^7\right) = 7.26\times10^7 N$$

$$F_{net} = \sqrt{(-1.22\times10^8)^2 + (7.26\times10^7)^2} = 1.42\times10^8\ N$$

$$F_{net} = \left(-1.22\times10^8\right)\hat{x} + \left(7.26\times10^7\right)\hat{y}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{7.26\times10^7}{1.22\times10^8}\right) = 30.8^\circ$$

1.52 وضعت خرزتان زجاجيتان أسطوانيتا الشكل كتلة كل منهما m =10mg بوضع رأسي على سطح أفقي بحيث تفصل بينهما مسافة d = 2cm وكان معامل الاحتكاك السكوني بين الخرزتين والسطح $\mu_s = 0.2$ ثم أعطيت الخرزتان شحنتين متماثلتين في (المقدار و الاشارة) ما أقل شحنة لازمة لكي تبدأ الخرزتان في التحرك؟

الحل: $F = F_s = \mu_s mg = 0.2\times10\times10^{-3}\times10^{-3}\times9.8 = 1.962\times\times10^{-5}N$

$$q = \frac{F.r^2}{k} = \frac{1.962\times10^{-5}\times0.02^2}{9\times10^9} = 9.34\times10^{-10}C$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

0502171456

1.53 كرة صغيرة كتلتها 30g وشحنتها $-0.2\mu C$ متدلية من السقف بخيط وهي متدلية على ارتفاع 5cm فوق أرضية عازلة إذا دحرجت كرة صغيرة أخرى كتلتها 50g وشحنتها $0.4\mu C$ أسفل الكرة الأولى مباشرة فهل ستغادر الكرة سطح الأرضية؟ وما مقدار الشد في الحبل لحظة وجود الكرة الأخرى أسفل الكرة الأولى مباشرة؟

الحل:

$$F = F_T = K\frac{|q_1.q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times0.2\times10^{-6}\times0.4\times10^{-6}}{(0.05)^2} = 0.288\ N$$

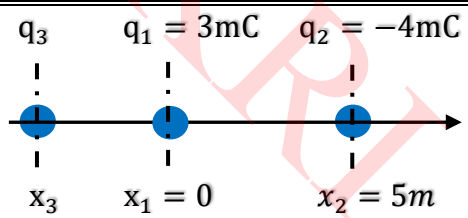
$$F_{g,2} = m_2.g = 50\times10^{-3}\times9.8 = 0.4905N$$

نلاحظ أن الوزن أكبر من قوة الجذب لأعلى وبالتالي لن تغادر الكرة الأرض

1.54 شحنتان +3mC , -4mC ثابتتان في وضع السكون وتفصل بينهما مسافة مقدارها 5m.

a. أين يمكن وضع شحنة مقدارها +7mC بحيث تكون محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟

b. أين يمكن وضع شحنة مقدارها -7mC بحيث تكون محصلة القوة المؤثرة فيها صفراً؟



الحل:

- **أولاً**: لا تؤثر قيمة أو نوع الشحنة الموجودة في موضع الاتزان عليه.
- **ثانياً**: عندما تكون محصلة القوى المؤثرة = صفراً ....هذا يعني تحديد موضع نقطة التعادل

$$\vec{F}_{1,3} = -\vec{F}_{2,3}$$

$$\frac{|q_1.q_3|}{r_{1,3}^2} = K\frac{|q_2.q_3|}{r_{2,3}^2} \quad \Rightarrow \quad \frac{3}{(d)^2} = \frac{4}{(5+d)^2}$$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين $\frac{\sqrt{3}}{d} = \frac{\sqrt{4}}{(5+d)}$

$$d = 5\sqrt{3} + d\sqrt{3} \quad \Rightarrow \quad d = -32.3\ m$$

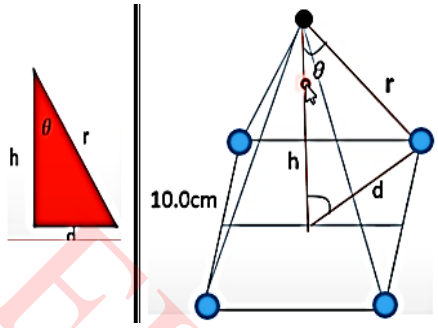
الاشارة السالبة لأنه في اتجاه محور (-X)

وبنفس الطريقة يمكن تحديد موضع نقطة التعادل عن طريق تبديل موضعي الشحنتين

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

0502171456



1.55 أربع شحنات نقطية q مثبتة على الزوايا الأربع لمربع طول ضلعه 10cm ويتدلى الكترون فوق نقطة يتعادل وزنه عندها مع القوة الكهروستاتيكية الناتجة عن الالكترونات الأربعة على مسافة 15nm فوق مركز المربع ما مقدار الشحنات الثابتة؟ عبر عن الشحنة بوحدة الكولوم وكمضاعفات لشحنة الالكترون.

الحل: نحسب بعد الالكترون عن كل شحنة

$$d = \sqrt{5^2 + 5^2} = 7.07cm$$

$$r = \sqrt{(15 \times 10^{-9})^2 + (7.07 \times 10^{-2})^2} = 0.071$$

وحيث أن الإلكترون متزن فإن: $\vec{F}_{net} = \vec{F}_g$

وحيث أن متجه الوزن لأسفل دائماً فإن محصلة مركبات القوى الأفقية $= 0$

متجه الوزن = مجموع مركبات القوى على المحور y والتي اتجاهها لأعلى وبالتالي: هذا يدل على أن جميع الشحنات سالبة

$$\sum F_{e.y} = m_e.g$$

$$4F_e \times Cos\theta = m_e.g$$

$$4K\frac{|q_1.q_e|}{r^2} \times \frac{h}{r} = m_e.g$$

$$q = \frac{r^3.m_e.g}{4k.h.q_e} = 3.655 \times 10^{-17}C$$

$$n = \frac{3.655 \times 10^{-17}}{1.602 \times 10^{-19}} = 228.144$$

1.59 إفترض أن الأرض والقمر اكتسبا شحنتين موجبتين متساويتين في المقدار ما مقدار الشحنة اللازمة لإنتاج قوة تنافر كهروستاتيكية تساوي 1% من قوة الجاذبية بين الجسمين؟

الحل:

$$F_e = 0.01F_g \quad \Rightarrow \quad K\frac{|q.q|}{r^2} = 0.01 \times G\frac{m_1.m_2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{0.01 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 5.97 \times 10^{24} \times 7.36 \times 10^{22}}{9 \times 10^9}} = 5.71 \times 10^{12}C$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

1.60 بسبب التشابه بين صيغة قانون نيوتن في الجذب وصيغة قانون كولوم. خمن البعض أن قوة الجاذبية مرتبطة بالقوة الكهروستاتيكية. افترض أن الجاذبية ما هي إلا شحنة كهربائية بطبيعتها أي أن هناك شحنة زائدة Q تحملها الأرض و شحنة زائدة مساوية لها في المقدار ومضادة لها في الاتجاه Q- يحملها القمر مسؤولتان عن قوة الجاذبية التي تتسبب في الحركة المدارية المرصودة للقمر حول الأرض. ما مقدار Q اللازم لإعادة إنتاج مقدار قوة الجاذبية الملاحظ؟

الحل:

$$F_e = F_g \quad \Rightarrow \quad K\frac{|q.q|}{r^2} = G\frac{m_1.m_2}{r^2}$$

$$q = \sqrt{\frac{6.67\times10^{-11}\times5.97\times10^{24}\times7.36\times10^{22}}{9\times10^{9}}} = 5.71\times10^{13}\,C$$

1.61 في نموذج بور لذرة الهيدروجين يتحرك الالكترون حول نواة تحتوي على بروتون واحد في مدارات دائرية ذات أنصاف أقطار محسوبة بدقة من المعادلة ($r_n = n^2.a_B$) حيث $n = 1,2,3,\ldots..$ عدد صحيح يحدد المدار $a_B = 5.29\times10^{-11}m$ نصف قطر المدار الأول ويسمى نصف قطر بور احسب قوة التفاعل الكهروستاتيكي بين الالكترون والبروتون في ذرة الهيدروجين بالنسبة إلى أول أربعة مدارات و قارن بين شدة هذا التفاعل وشدة الجاذبية بين البروتون والإلكترون.

الحل:

$$F_{e.1} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^{9}\times1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}{(5.29\times10^{-11})^2} = 8.23\times10^{-8}\ N$$

$$F_{g.1} = G\frac{|m.m|}{r^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times1.67\times10^{-27}\times9.1\times10^{-31}}{(5.29\times10^{-11})^2} = 3.63\times10^{-47}\ N$$

$$\frac{F_{e.1}}{F_{g.1}} = \frac{8.23\times10^{-8}}{3.63\times10^{-47}} = 2.27\times10^{39}$$

1.62 توصلت بعض النماذج الذرية إلى أن السرعة المتجهة المدارية لالكترون في الذرة ترتبط بنصف قطر الذرة اذا كان نصف قطر ذرة الهيدروجين هو $5.29\times10^{-11}m$ والقوة الكهروستاتيكية مسؤولة عن حركة الإلكترون الدائرية فما الطاقة الحركية لهذا الإلكترون المداري؟

الحل:

$$F_e = F_C = \frac{m.v^2}{r} \quad \Rightarrow \quad m.v^2 = F_e.r = K\frac{|q.q|}{r^2}\times r = K\frac{|q.q|}{r^2}$$

$$K.E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}K\frac{|q_1.q_2|}{r^2} = \frac{6.67\times10^{-11}\times1.67\times10^{-27}\times9.1\times10^{-31}}{9\times10^{9}\times1.6\times10^{-19}\times1.6\times10^{-19}}$$
$$= 4.4\times10^{-40}\,J$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

1.63 بالنسبة الى الذرة المذكورة في المسالة 1.62 ما نسبة قوة الجاذبية بين الإلكترون والبروتون الى القوه الكهروستاتيكية؟ كيف ستتغير هذه النسبة في حالة مضاعفة نصف قطر الذرة؟

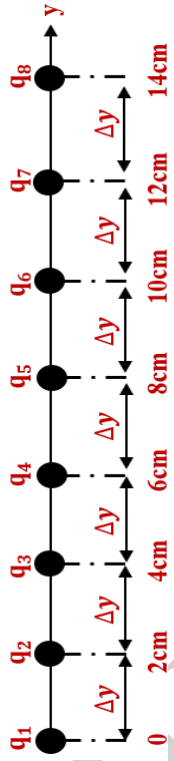
الحل:

$$\frac{F_g}{F_e} = \frac{Gm_p.m_e}{r^2} \times \frac{r^2}{kq_p.q_e}$$

$$= \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.67 \times 10^{-27} \times 9.1 \times 10^{-31}}{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}} = 4.41 \times 10^{-40}$$

- إذا تضاعف نصف القطر .. لن تتغير النسبة لأن هذه القيمة مستقلة عن نصف القطر

1.65 تصطف ثماني شحنات مقدار كل منها $1\mu C$ بطول المحور y على مسافات متساوية مقدار كل منها 2cm بدءاً من النقطة 0 وحتى 14cm أوجد القوة المؤثرة في الشحنة الموجودة عند y=4cm؟



الحل

$$F_{3,1} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.04)^2} = 5.63\ N$$

$$F_{3,2} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.02)^2} = 22.5\ N$$

$$F_{3,4} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.02)^2} = 22.5\ N$$

$$F_{3,5} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.04)^2} = 5.63\ N$$

$$F_{3,6} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.06)^2} = 2.5\ N$$

$$F_{3,7} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.08)^2} = 1.41\ N$$

$$F_{3,8} = K\frac{|q.q|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(1\times10^{-6})^2}{(0.1)^2} = 0.9\ N$$

1.69 يقع جسيم $+19\mu C$ عند النقطة X=-10cm وجسيم ثان $-57\mu C$ عند النقطة X=+20cm ما مقدار القوة الكهروستاتيكية الكلية المؤثرة في جسيم ثالث شحنته $-3.8\mu C$ يقع عند نقطة الأصل (X=0)؟

الحل:

$$F_{1,3} = K\frac{|q_1.q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times3.8\times10^{-6}\times19\times10^{-6}}{(10\times10^{-2})^2} = 64.98\ N$$

$$F_{2,3} = K\frac{|q_2.q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times3.8\times10^{-6}\times57\times10^{-6}}{(20\times10^{-2})^2} = 48.735\ N$$

$$F_{net} = F_{1,3} + F_{2,3} = 64.98 + 48.735 = 113.715\ N \qquad (-\hat{X})$$

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

0502171456

1.70 تقع ثلاث شحنات نقطية على المحور x : [$+64\mu C$) عند النقطة [X=0cm ، [$+80\mu C$) عند النقطة [X=25cm]، [$-160\mu C$) عند النقطة [X=50cm] ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة في الشحنة ($+64\mu C$)

الحل:

$$F_{1,2} = K\frac{|q_1.q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times64\times10^{-6}\times80\times10^{-6}}{(25\times10^{-2})^2} = 737.28\ N$$

$$F_{1,3} = K\frac{|q_1.q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times64\times10^{-6}\times160\times10^{-6}}{(50\times10^{-2})^2} = 368.64\ N$$

$$F_{net} = F_{1,2} + F_{1,3} = 737.28 + 368.64 = 368.64\ N \quad (-\hat{X})$$

1.72 تتدلى كتلة 10g على ارتفاع 5cm فوق لوح مستوى غير موصل مباشرة فوق شحنة مقدارها q بالكولوم إذا كان للكتلة الشحنة نفسها q فما مقدار الشحنة q اللازم لكي تكون الكتلة معلقة بشكل حر في الهواء (بحيث تكون طافية عن نقطة ثابتة) من دون ارتفاع أو انخفاض؟ إذا نتجت الشحنة q عن إضافة إلكترونات إلى الكتلة فما مقدار التغير في الكتلة؟

الحل:

$$F_e = F_g$$

$$K\frac{|q.q|}{r^2} = m.g$$

$$q = \sqrt{\frac{m.g.r^2}{k}} = \sqrt{\frac{10\times10^{-3}\times9.8\times(0.05)^2}{9\times10^9}} = 1.65\times10^{-7}C$$

$$n = \frac{q}{e} = \frac{1.65\times10^{-7}}{1.6\times10^{-19}} = 1.032\times10^{12}\ \text{الكترون}$$

$$\Delta m = n.m_e = 1.032\times10^{12}\times9.1\times10^{-31} = 9.4\times10^{-19}\ kg$$

1.73 وضعت أربع شحنات نقطية عند نقاط النظام الاحداثي xy التالية:

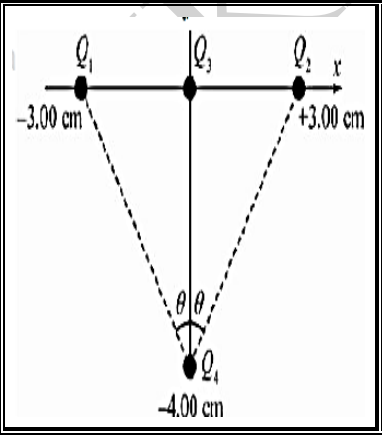
$(-3cm\ ,0cm)$ عند $Q_1 = -1mC$

$(+3cm\ ,0cm)$ عند $Q_2 = -1mC$

$(0cm\ ,0cm)$ عند $Q_3 = +1.024mC$

$(0cm\ ,-4cm)$ عند $Q_4 = +2mC$

احسب محصلة القوى الناتجة عن الشحنات Q_3,Q_2,Q_1 المؤثرة في الشحنة Q_4.



prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456

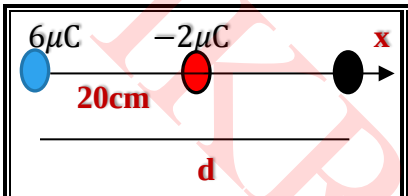
الحل:

$$F_{1,4} = F_{2,4} = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1\times10^{-3}\times2\times10^{-3}}{(5\times10^{-2})^2} = 7.2\times10^6\ N$$

$$F_{3,4} = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times1.024\times10^{-3}\times2\times10^{-3}}{(4\times10^{-2})^2} = 1.152\times10^7\ N$$

$$F_{net} = \left(2\times7.2\times10^{-3}\times\frac{4}{5}\right) + \left(1.152\times10^7\right) = 0\ N$$

1.75 تقع شحنتان نقطيتان على المحور x إذا كانت احدى الشحنتين النقطيتين بمقدار $6\mu C$ وتقع عند نقطة الاصل و كانت الشحنة الأخرى بمقدار $-2\mu C$ وتقع عند 20cm فأين يجب أن توضع شحنة ثالثة بحيث تكون في موضع اتزان؟



الحل:

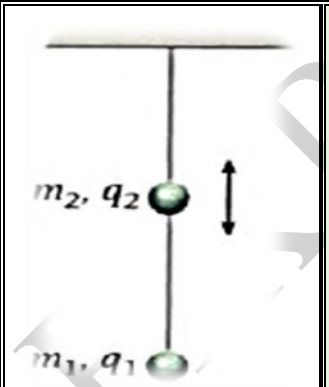
$$\vec{F}_{1,3} = -\vec{F}_{2,3} \qquad K\frac{|q_1 . q_3|}{r_{1,3}^2} = K\frac{|q_2 . q_3|}{r_{2,3}^2}$$

$$\frac{6}{(d)^2} = \frac{2}{(d-0.2)^2}$$

$$\frac{\sqrt{6}}{d} = \frac{\sqrt{2}}{(d-0.2)}$$ بأخذ الجذر التربيعي للطرفين

$$\sqrt{2}d = \sqrt{6}d + 0.48989 \quad \Rightarrow \quad d = 0.473\ m = 47.3\ cm$$

1.76 خرزتان شحنة كل منهما $+2.67\mu C$ معلقتان في خيط عازل ومتدليتان من السقف إحداهما فوق الأخرى على استقامة واحدة كما بالشكل المقابل وكتلة الخرزة السفلية الثابتة في مكانها على طرف الخيط هي $m_1=0.28kg$ بينما تنزلق الخرزة الثانية على الخيط من دون احتكاك وعند مسافة $d=0.36m$ بين مركزي الخرزتين تتوازن قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في m_2 مع القوة الكهروستاتيكية بين الخرزتين ما مقدار الكتلة m_2 للخرزه الثانية؟



الحل:

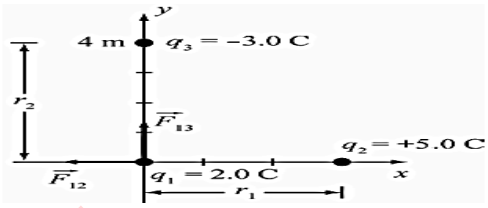
$$F_e = F_g \quad \Rightarrow \quad K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = m_2 . g$$

$$m_2 = \frac{k . q_1 . q_2}{g . r^2} = \sqrt{\frac{9\times10^9\times(2.67\times10^{-6})^2}{9.8\times(0.05)^2}} = 0.05\ kg$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

0502171456

1.77 أوجد محصلة القوى المؤثرة في شحنة +2C عند نقطة الأصل في نظام إحداثي xy اذا كانت هناك شحنة +5C عند النقطة (3m , 0m) وشحنة -3C عند النقطة (0m , 4m).



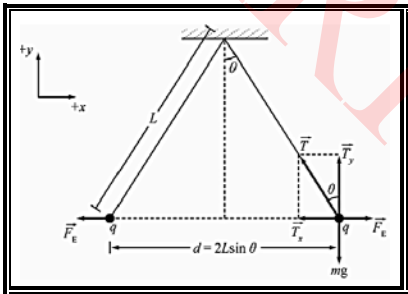
الحل:

$$F_{1,3} = K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times2\times3}{(4)^2} = 3.375\times10^9\ N$$

$$F_{1,2} = K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times2\times5}{(3)^2} = 1\times10^{10}\ N$$

$$F_{net} = \sqrt{(3.375\times10^9)^2 + (1\times10^{10})^2} = 1.06\times10^{10}\ N$$

1.78 كرتان كتلة كل منهما M=2.33g مربوطتان في خيطين طول كل منهما L=45cm ومتدليتان من نقطة مشتركة بشكل حر في البداية مع ملامسة كل كرة للأخرى ثم أعطيت كل كرة شحنة متساوية مقدارها q فأدت القوى الناتجة المؤثرة في الكرتين إلى تدلي كل خيط بزاوية 10° مع المستوى الرأسي أوجد q مقدار الشحنة في كل كرة؟

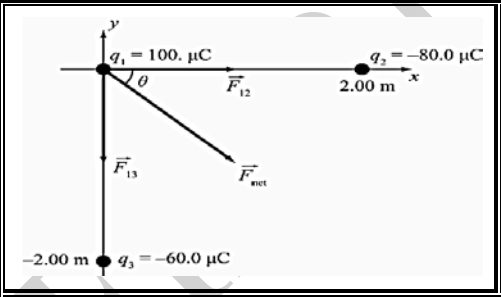


الحل:

$$F_e = F_g \quad \Rightarrow \quad K\frac{|q.q|}{r^2} = m.g.\tan\theta \quad \Rightarrow \quad q^2 = \frac{m.g.r^2.\tan\theta}{k}$$

$$q = \sqrt{\frac{(2\times0.45\times\sin10)^2\times2.33\times10^{-3}\times9.8\times\tan10}{9\times10^9}} = 1.05\times10^{-7}C$$

1.79 تقع شحنة نقطية q_1=100nC عند نقطة الأصل في نظام إحداثي xy وتقع شحنة نقطية q_2=-80nC على المحور x عند x=2m بينما تقع شحنة نقطية q_3=-60nC على المحور y عند y= -2m أوجد محصلة القوى (مقداراً واتجاهاً) المؤثرة في q_1 .



الحل:

$$F_1 = K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times100\times10^{-9}\times80\times10^{-9}}{(2)^2} = 1.8\times10^{-5}\ N$$

$$F_2 = K\frac{|q_1 \cdot q_3|}{r^2} = \frac{9\times10^9\times100\times10^{-9}\times60\times10^{-9}}{(2)^2} = 1.35\times10^{-5}\ N$$

$$F_{net} = (1.8\times10^{-5})\hat{x} - (1.35\times10^{-5})\hat{y}$$

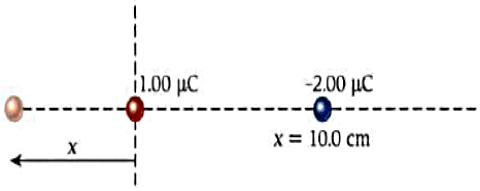
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{-1.35}{1.8}\right) = -36.9^\circ$$

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

0502171456

1.80 شحنة موجبة $q_1 = 1\mu C$ ثابتة عند نقطة الأصل وشحنه ثابتة $q_2 = -2\mu C$ ثابتة عند x=10cm أين يجب أن توضع شحنة ثالثة على المحور x بحيث تكون محصلة القوى المؤثرة فيها صفراً؟



الحل:

$$\vec{F}_{1,3} = -\vec{F}_{2,3}$$

$$K\frac{|q_1 . q_3|}{r_{1,3}^2} = K\frac{|q_2 . q_3|}{r_{2,3}^2}$$

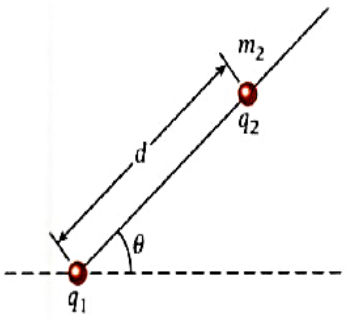
$$\frac{1}{(x)^2} = \frac{2}{(x+0.1)^2}$$

$$\frac{\sqrt{1}}{x} = \frac{\sqrt{2}}{(x+0.1)}$$ بأخذ الجذر التربيعي للطرفين

$$\sqrt{2}x = x + 0.1$$

$$x = 0.2414\ m = 24.14\ cm \qquad (-x)$$

1.81 خرزة شحنتها $q_1 = 1.27\mu C$ ثابتة في مكانها على طرف سلك يصنع زاوية مقدارها 51.3° مع المستوى الأفقي و تنزلق خرزة ثانية كتلتها m_2=3.77g وشحنتها $3.79\mu C$ على السلك من دون احتكاك. ما المسافة d التي تتوازن عندها قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة في m_2 مع القوة الكهروستاتيكية بين الخرزتين؟



الحل:

$$F_e = F_g . Sin\theta$$

$$K\frac{|q . q|}{r^2} = m . g . Sin\theta$$

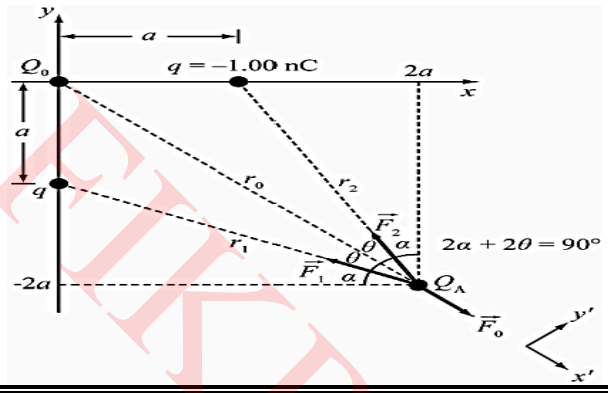
$$r^2 = \frac{K . |q_1 . q_2|}{m . g . Sin\theta}$$

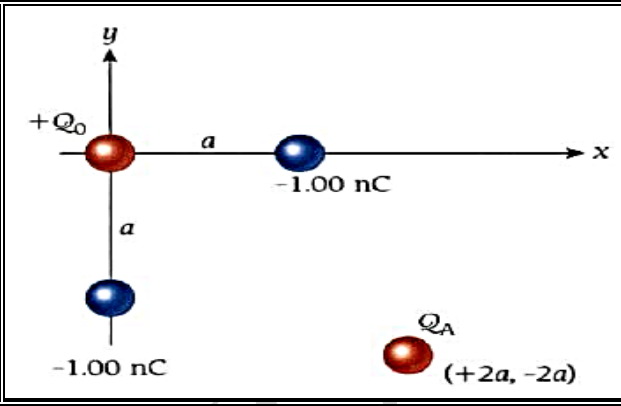
$$r = \sqrt{\frac{9\times10^9 \times 1.27\times10^{-6} \times 6.79\times10^{-6}}{3.77\times10^{-3} \times 9.8 \times Sin(51.3)}} = 1.64\ m$$

FIKRI MAHMOUD

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

1.82 في الشكل الموضح تساوي محصلة القوى الكهروستاتيكية المؤثرة في Q_A صفراً إذا كانت $Q_A = +1nC$ فأوجد مقدار Q_0 ؟





الحل:

$$\vec{r}_1 = [(2a - a), (-2a - 0)] = (a, -2a)$$

$$|\vec{r}_1| = \sqrt{a^2 + (-2a)^2} = \sqrt{5a^2}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{-2a}{a}\right) = -63.43^\circ$$

$$F_1 = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 1}{5a^2}$$

$$\vec{r}_2 = [(2a - 0), (-2a - (-a))] = (2a, -a)$$

$$|\vec{r}_2| = \sqrt{(2a)^2 + (-a)^2} = \sqrt{5a^2}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{-a}{2a}\right) = -26.57^\circ$$

$$F_2 = K\frac{|q_1 . q_3|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 1}{5a^2}$$

$$\vec{r}_3 = [(2a - 0), (-2a - 0)] = (2a, -2a)$$

$$|\vec{r}_3| = \sqrt{(2a)^2 + (-2a)^2} = \sqrt{8a^2}$$

$$\theta_3 = \tan^{-1}\left(\frac{-2a}{2a}\right) = -45^\circ$$

$$F_3 = K\frac{|q_1 . q_2|}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1 \times 1}{8a^2}$$

$$F_x = 0 \quad , \quad F_y = 0$$

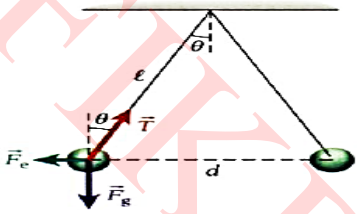
FIKRI MAHMOUD

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

$$0 = \frac{-9\times10^{9}}{5a^{2}}\,\mathrm{Cos}(63.43) - \frac{9\times10^{9}}{5a^{2}}\,\mathrm{Cos}(26.57) + \frac{9\times10^{9}\times q_{\circ}}{8a^{2}}\,\mathrm{Cos}(45)$$

$$\frac{1}{5}\,\mathrm{Cos}(63.43) + \frac{1}{5}\,\mathrm{Cos}(26.57) = \frac{q_{\circ}}{8}\,\mathrm{Cos}(45)$$

$$q_{\circ} = 3.06\times10^{-9}\ \mathrm{C}$$



1.83 كرتان كتلة كل منهما 0.968kg وشحنة كل منهما $29.59\mu C$ وتتدليان من السقف بخيطين لهما الطول L نفسه كما بالشكل فإذا كانت الزاوية التي يصنعها الخيطان مع المستوى الرأسي 29.79° فما طول الخيطين؟

الحل:

$$T.\mathrm{Sin}\theta = F_e \Rightarrow (1) \quad , \quad T.\mathrm{Cos}\theta = F_g \Rightarrow (2)$$

وبقسمة 1 ÷ 2 ⇐

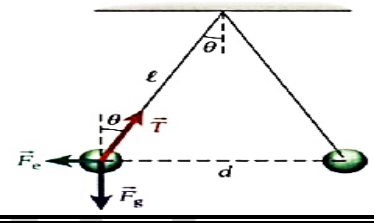
$$\tan\theta = \frac{F_e}{F_g}$$

$$F_e = F_g.\tan\theta$$

$$\frac{k.q^{2}}{d^{2}} = m.g.\tan\theta \Rightarrow d^{2} = \frac{k.q^{2}}{m.g.\tan\theta}$$

$$d = \sqrt{\frac{k.q^{2}}{m.g.\tan\theta}} = \sqrt{\frac{9\times10^{9}\times(29.59\times10^{-6})^{2}}{0.968\times9.8\times\tan(29.79)}} = 1.204\ \mathrm{m}$$

$$\because \mathrm{Sin}\theta = \frac{d/2}{L} \Rightarrow \therefore L = \frac{d/2}{\mathrm{Sin}\theta} = \frac{0.602}{\mathrm{Sin}\ 29.79} = 1.211\ \mathrm{m}$$



1.84 كرتان متماثلتان في الكتلة وشحنة كل منهما $15.71\mu C$ وتتدليان من السقف بخيطين لهما الطول L=1.223m كما بالشكل المقابل والزاوية التي يصنعها الخيطان مع المستوى الرأسي 21.07° ما كتلة كل من الكرتين؟

الحل:

$$T.\mathrm{Sin}\theta = F_e \Rightarrow (1) \quad , \quad T.\mathrm{Cos}\theta = F_g \Rightarrow (2)$$

وبقسمة 1 ÷ 2 ⇐

$$\tan\theta = \frac{F_e}{F_g}$$

$$F_e = F_g.\tan\theta \Rightarrow \frac{k.q^{2}}{d^{2}} = m.g.\tan\theta$$

ولايجاد قيمة (d)

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

$$\because \text{Sin}\theta = \frac{d/2}{L} \quad \Rightarrow \quad \therefore \mathbf{d} = 2L \times \text{Sin}21.07$$

$$m = \frac{k.q^2}{d^2.g.\tan\theta} = \frac{9 \times 10^9 \times (15.71 \times 10^{-6})^2}{(2 \times 1.223 \times \text{Sin}21.07)^2 \times 9.8 \times \tan(21.07)} = 0.76\ kg$$

1.85 كرتان كتلة كل منهما 0.9935kg ومتماثلتان في الشحنة وتتدليان من السقف بخيطين لهما الطول L=1.235m نفسه كم هو موضح بالشكل والزاوية التي يصنعها الخيطان مع المستوى الرأسي 21.07° ما شحنة كل من الكرتين؟

الحل:

$$T.\text{Sin}\theta = F_e \Rightarrow (1) \quad , \quad T.\text{Cos}\theta = F_g \Rightarrow (2)$$

وبقسمة 1 ÷ 2 ⇐

$$\tan\theta = \frac{F_e}{F_g}$$

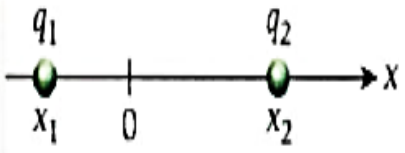
$$F_e = F_g.\tan\theta$$

$$\frac{k.q^2}{d^2} = m.g.\tan\theta \quad \Rightarrow \quad q^2 = \frac{d^2.m.g.\tan\theta}{k}$$

$$q = \sqrt{\frac{d^2.m.g.\tan\theta}{k}}$$

$$q = \sqrt{\frac{(2 \times 1.235 \times \text{Sin}22.35)^2 \times 0.9935 \times 9.81 \times \tan(22.35)}{9 \times 10^9}}$$

$$q = 1.98 \times 10^{-5} C$$



1.86 في الشكل المقابل مقدار الشحنة النقطية q_1 هو $3.979\mu C$ وتقع عند $x_1 = -5.689m$ ومقدار الشحنة q_2 هو $8.669\mu C$ وتقع عند $x_2 = 14.13m$ ما إحداثي x للنقطة التي عندها تساوي محصلة القوى المؤثرة في الشحنة النقطية $5\mu C$ صفراً؟

الحل:

$$\vec{F}_{1,3} = -\vec{F}_{2,3} \qquad K\frac{|q_1.q_3|}{r_{1,3}^2} = K\frac{|q_2.q_3|}{r_{2,3}^2}$$

$$\frac{3.979}{(d)^2} = \frac{8.669}{(19.819-d)^2}$$

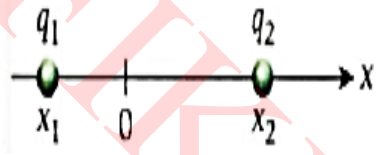
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456
FIKRI MAHMOUD

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين $\frac{\sqrt{3.979}}{d} = \frac{\sqrt{8.669}}{(19.819 - d)}$

$2.944d = 39.534 - 1.995d$

$d = 8m$

بالتالي تكون نقطة التعادل على بعد $2.31m = (8 - 5.689)$ من نقطة الأصل في اتجاه (+X)



1.87 كما هو موضح بالشكل مقدار الشحنة النقطية q_1 هو $4.325\mu C$ وتقع عند x_1 ومقدار الشحنة q_2 هو $7.757\mu C$ وتقع عند $x_2 = 14.33m$ والإحداثي x للنقطة التي عندها تساوي محصلة القوى المؤثرة في الشحنة النقطية $-3\mu C$ صفراً هو $2.358m$ ما قيمة x_1 ؟

الحل

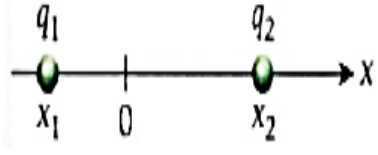
$\vec{F}_{1,3} = -\vec{F}_{2,3} \Rightarrow K\frac{|q_1 \cdot q_3|}{r_{1,3}^2} = K\frac{|q_2 \cdot q_3|}{r_{2,3}^2}$

$\frac{4.325}{(2.358 - x_1)^2} = \frac{7.757}{(14.33 - 2.358)^2}$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين $\frac{\sqrt{4.325}}{2.358 - x_1} = \frac{\sqrt{7.757}}{(14.33 - 2.358)}$

$24.898 = 6.567 - 2.785x_1$

$x_1 = -6.582\ m$



1.88 كما هو موضح بالشكل مقدار الشحنة النقطية q_1 هو $4.671\mu C$ وتقع عند $x_1 = -3.573m$ ومقدار الشحنة q_2 هو $6.845\mu C$ وتقع عند x_2 والإحداثي x للنقطة التي عندها تساوي محصلة القوى المؤثرة في الشحنة النقطية $-1\mu C$ صفراً هو $4.625m$ ما قيمة x_2 ؟

الحل:

$\vec{F}_{1,3} = -\vec{F}_{2,3} \Rightarrow K\frac{|q_1 \cdot q_3|}{r_{1,3}^2} = K\frac{|q_2 \cdot q_3|}{r_{2,3}^2}$

$\frac{4.671}{(4.625 - (-3.573)^2} = \frac{6.845}{(x_2 - 4.625)^2}$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين $\frac{\sqrt{4.671}}{4.625 + 3.573} = \frac{\sqrt{6.845}}{(x_2 - 4.625)}$

$x_2 = 14.55\ m$

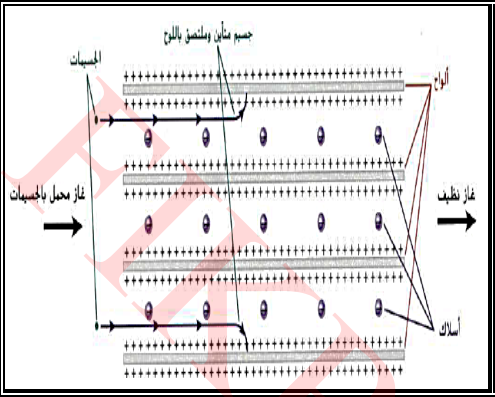
0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

0502171456

✪ تطبيقات على القوة الكهروستاتيكية

❶ مرشح الترسيب الكهروستاتيكي

- يتكون من أسلاك وألواح بحيث يكون جهد الألواح موجباً بينما جهد الأسلاك سالباً.
- عند مرور الغاز العادم بالقرب من الأسلاك تشحن جسيمات الغاز بشحنة سالبة فتنجذب للألواح الموجبة وباستمرار هذه العملية يزداد وزن جزيئات الغاز فتسقط في حاويات خاصة.
- يخرج الغاز من الطرف الآخر خالياً من الجسيمات الملوثة للهواء.



❷ طابعة الليزر

- **المبدأ الأساسي للطابعة اليزرية** الأجسام ذات الشحنات الكهربائية الساكنة المختلفة تتجاذب .
- **مراحل عمل الطابعة اليزرية**

تقوم طابعات الليزر باستخدام القوة الكهروستاتيكية كنوع من الصمغ اللاصق المؤقت، فيما يشكل جهاز استقبال الضوء العنصر الأساسي في عملها، وهو عبارة عن أسطوانة دوارة مصنوعة من مادة فلزية مطلية بمادة حساسة للضوء تعمل كعازل يحتفظ بالشحنة في غياب الضوء ويتم تفريغ شحنتها بواسطة العناصر الضوئية الكهرومغناطيسية (الفوتونات)

- **يتلخص عمل الطابعة الليزرية كالتالي**

① يتم شحن الأسطوانة بالالكترونات السالبة عن طريق سلك عال الجهد.

② يتم توجيه شعاع ليزر ضيق ومحدد على سطح الأسطوانة فيُحدِث تفريغ لشحنة السطح عند النقاط المحددة ، حيث يتم التحكم في شعاع الليزر من خلال المرآة والعدسة المحدبة.

③ تعمل البكرة على إلتقاط جزيئات الحبر من خرطوشة الحبر (الحبر مادة عازلة مشحونة بشحنة سالبة)

④ تتراكم جزيئات الحبر بسبب القوة الكهروستاتيكية على سطح الأسطوانة التي تعرضت لأشعة الليزر فقط.

⑤ بعد تلامس الأسطوانة مع الورق تنتقل جزيئات الحبر من سطح الأسطوانة إلى الورقة وتُزَال جزيئات الحبر المتبقية ليصبح السطح متعادل عن طريق الضوء الماسح.

⑥ أما المرحلة الأخيرة فتمر الورقة بزوج من البكرات الحارة جداً مهمتها إذابة جزيئات المسحوق حتى تكون صورة مثبتة بشكل دائم على الورقة.

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed

FIKRI MAHMOUD

أسئلة اختيار من متعدد :

1.1 أي مما يلي يحدث عندما يعطي لوح فلزي شحنة موجبة؟

a. تنتقل البروتونات (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.

b. تنتقل الالكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح إلى جسم آخر.

c. تنتقل الالكترونات (الشحنات السالبة) من اللوح إلى جسم آخر.وتنتقل البروتونات أيضاً (الشحنات الموجبة) من جسم آخر إلى اللوح.

d. يعتمد ذلك على ما إذا كان الجسم الناقل للشحنة موصلاً أم عازلاً.

1.2 إذا كانت القوة المبذولة بين شحنة مقدارها $25\mu C$ وشحنة مقدارها $-10\mu C$ تساوي $8N$ فما المسافة الفاصلة بين الشحنتين؟

a. 0.28 m
b. 0.53 m
c. 0.45 m
d. 0.15 m

1.3 وضعت شحنة Q_1 على المحور x عند النقطة x=a أين يجب أن توضع الشحنة $Q_2=-4Q_1$ لبذل محصلة قوى كهروستاتيكية مقدارها صفر على شحنة ثالثة $Q_3=Q_1$ موجودة عند نقطة الأصل؟

a. عند نقطة الأصل
b. عند x = 2a
c. عند x = -2a
d. عند x = -a

1.4 أي من الأنظمة التالية له أكبر شحنة سالبة؟

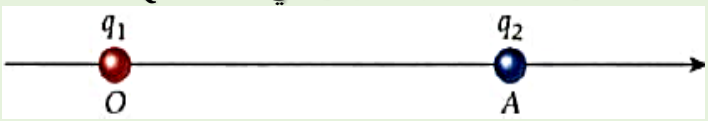
a. الكترونان
b. ثلاثة إلكترونات وبروتون واحد
c. خمسة الكترونات وخمسة بروتونات
d. N الكترونات و N-3 بروتونات
e. الكترون واحد

1.5 شحنتان نقطيتان مثبتتان على المحور x إذا كانت الشحنة $q_1 = 6\mu C$ موضوعة عند نقطة الأصل 0 حيث X_1= 0 cm وكانت الشحنة $q_2 = -3\mu C$ موضوعة عند النقطة A حيث X_2= 8 cm فأين يجب أن توضع الشحنة الثالثة q_3 على المحور x بحيث تكون محصلة القوة الكهروستاتيكية المؤثرة فيها صفراً؟

a. 19 cm
b. 27 cm
c. 0 cm
d. 8 cm
e. -19 cm

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MAHMOUD

1.6 أي من الحالات التالية أكبر محصلة قوى تؤثر في الشحنة Q؟



a. بعد الشحنة Q=1C مسافة 1m عن شحنة مقدارها -2C.
b. بعد الشحنة Q=1C مسافة 0.5m عن شحنة مقدارها -1C .
c. تقع الشحنة Q=1C في منتصف المسافة بين شحنة مقدارها -1C وشحنة مقدارها 1C بينهما مسافة 2m.
d. تقع الشحنة Q=1C في منتصف المسافة بين شحنتين بمقدار -2C بينهما مسافة 2m.
e. تبعد الشحنة Q=1C مسافة 2m عن شحنة مقدارها -4C .

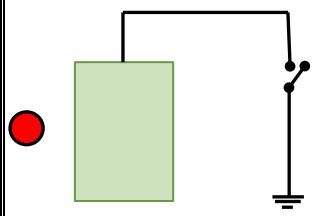
1.7 عند وضع بروتونين أحدهما بجوار الآخر من دون أن تكون هناك أى أجسام أخرى قريبة منهما.

a. يبتعدان عن بعضهما بعجلة
b. ينجذبان إلى بعضهما بسرعة ثابتة
c. يظلان ساكنين
d. يبتعدان عن بعضهما بسرعة ثابتة
e. يقتربان إلى بعضهما بعجلة

1.8 علقت كرتان فلزيتان خفيفتا الوزن إحداهما بجوار الأخرى في خيطين عازلين. إذا كانت إحداهما تحمل شحنة صافية بينما لا تحمل الأخرى شحنة صافية . فإن الكرتين:

a. ستنجذبان إلى بعضهما
b. لن تبذلا محصلة قوة كهروستاتيكية إحداهما على الأخرى.
c. ستتنافران
d. يعتمد أى مما سبق على إشارة الشحنة الصافية الموجودة في إحدى الكرتين

1.9 وصل لوح فلزي بالأرض عن طريق موصل يعمل بمفتاح ، وكان المفتاح مغلقاً في البداية قربت شحنة Q+ إلى اللوح من دون ملامسته وبعدها تم فتح المفتاح ثم إبعاد الشحنة Q+ ما شحنة اللوح عندئذٍ؟



a. اللوح غير مشحون
b. شحنة اللوح موجبة
c. شحنة اللوح سالبة
d. يمكن أن تكون شحنة اللوح موجبة أو سالبة حيث يعتمد ذلك علي شحنته قبل تقريب الشحنة Q+ إليه.

FIKRI MAHMOUD

prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
0502171456

1.10 اذا قربت قضيباً بلاستيكياً ذا شحنة سالبة إلى موصل مؤرض من دون ملامسته ثم قمت بفصل التأريض فما هي إشارة شحنة الموصل بعد إبعاد القضيب المشحون؟

a. سالبة
b. موجبة
c. بدون شحنة
d. لا يمكن التحديد من المعلومات

1.11 عند دلك قضيب بلاستيك بفراء أرنب فإن القضيب يصبح .....

a. سالب
b. موجب
c. متعادل

1.12 عند دلك قضيب زجاجي بقطعه من البوليسترين فان القضيب يصبح .....

a. سالب
b. موجب
c. متعادل

تم بحمد الله

إعداد وتنفيذ : معلم الفيزياء

فكري محمود محمد

050-2171456

0502171456
prepared by : Fikri Mahmoud Mohamed
FIKRI MEHMOUD