الـــفـــصـــــل الثاني

الطاقة الكهربائية والمكثفات

الـثـانـــي عشر الـعـلـمـي

الطاقة الكهربائية وفرق الجهد الكهربائي

الطاقة الكهربائية

- تنشأ الطاقة الكهربائية من تفاعل شحنتي الجسمين وليس من تفاعل كتلتيهما
- تندرج طاقة الوضع الكهربائية ضمن انواع الطاقة الميكانيكية

$$\mathbf{M.E = K.E + P.E_g + P.E_e + p.E_c}$$

$P.E_c$:- طاقة الوضع الكهربائية .

- عند حركة شحنة داخل مجال كهربائي منتظم فإن طاقة الوضع الكهربائية لهذه الشحنة تتغير بسبب بذل شغل على الشحنة لتحريكها او بسبب ان الشحنة نفسها بذلت شغلاً اثناء حركتها

$$\Delta PE_e = -W_e$$
$$= -\vec{F}_e \cdot \vec{r} = -q\vec{E} \cdot \vec{r}$$
$$= -qErCos(\theta)$$

- يعتمد مقدار التغير في طاقة الوضع للشحنة الكهربائية على ما يلي

$$\mathbf{\Delta P.E = -q E d}$$

1- مقدار الشحنة الكهربائية q
2- مقدار شدة المجال الكهربائي المؤثر على الشحنة E
3- مقدار الإزاحة التي تحركتها الشحنة d

- الإشارة السالبة في القانون تعني ان الشحنة الكهربائية الموجبة تفقد من طاقتها اذا تحركت في نفس اتجاه المجال الكهربائي وتكتسب طاقة وضع اذا تحركت في عكس اتجاه المجال الكهربائي والعكس يحدث للشحنة السالبة
- تعتبر نقطة المالانهاية هي النقطة المرجعية لطاقة الوضع الكهربائية وبذلك تكون قيمة طاقة الوضع تساوي صفرا عند هذه النقطة

$$\mathbf{p.E = -qEd}$$

تستخدم هذه العلاقة فقط لمجال الكهربائي المنتظم

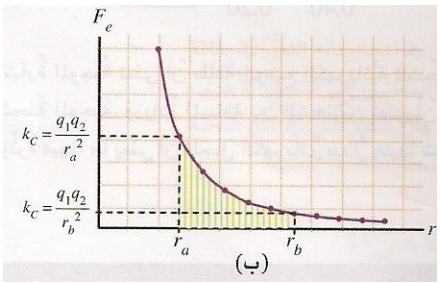
- اذا تحركت الشحنة الكهربائية باتجاه عمودي على اتجاه المجال الكهربائي فإن الشغل المبذول على الشحنة او من الشحنة يساوي صفراً كما هو الحال عند التأثير بقوة عمودية على اتجاه حركة جسم فان شغل هذه القوة يساوي صفراً
- وبالتالي فان التغير في طاقة الوضع الكهربائية في هذه الحالة يساوي صفراً

سؤال :- يتحرك جسيم مشحون مسافة 10 cm باتجاه يميل بزاوية مقدارها ° 37 مع مجال كهربائي منتظم شدته 75N/C اذا علمت ان طاقة الوضع الكهربائية تنقص بمقدار 4.8×10^{-16} J . ما مقدار الشحنة المتحركة

سؤال :- مجال كهربائي منتظم شدته 2×10^{4} N/C يتجه نحو محور Y الموجب يتحرك بداخله بروتون ابتداءاً من النقطة (1,2) ولغاية النقطة (10- ,4-) احسب مقدار التغير في طاقة الوضع الكهربائية للبروتون

طاقة الوضع الكهربائية لشحنة في مجال كهربائي غير منتظم

- كما تعلم ان القوى الكهربائية في المجال المنتظم تكون ثابة في المقدار لان قيمة المجال ثابتة لكن في المجال الكهربائي غير المنتظم تكون قيمة الكجال غير ثابتة وبالتالي تكون القوى الكهربائية غير ثابتة ايضاً .
- لحساب التغير في طاقة الوضع الكهربائي في مجال غير منتظم نلجأ احيانا لحساب المساحة تحت المنحنى للقوة المتغيرة مع البعد عن الشحنة النقطية كما هو موضح بالشكل



المساحة تحت المنحنى $= W$.

$$W_{e\ a\to b} = K_c q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right) .$$

$$\Delta PE_{e\ a\to b} = -W_{e\ a\to b} = -K_c q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right) .$$

$$= K_c q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_b} - \frac{1}{r_a}\right) .$$

عندما تكون r_b بعيدة جداً عن الشحنة النقطية اي انها تؤول الى المالانهاية فان المعادلة السابقة تصبح كما يلي

$$\Delta PE_e = K_c q_1 q_2 \left(\frac{1}{r_a}\right)$$

سؤال :- شحنتان نقطيتان تفصل بينهما مسافة 20 cm في الهواء اذا كانت طاقة الوضع الكهربائية لكل منهما -4.1×10^{-4} J احسب مقدار الشحنة الاولى اذا كانت الشحنة الثانية ضعف الاولى

الجهد الكهربائي في نقطة :- هو مقدار طاقة الوضع الكهربائية لجسيم مشحون داخل مجال كهربائي مقسومة على مقدار الشحنة

أو :- هو مقدار الشغل المبذول ضد قوى كهربائية لتحريك شحنة من نقطة مرجع الى نقطة أخرى مقسوما على شحنة الجسيم

$$\boldsymbol{V} = \frac{\boldsymbol{PE}_{\text{كهربائية}}}{\boldsymbol{q}} .$$

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين :- هو مقدار الشغل المبذول لنقل الشحنة بين النقطتين مقسوماً على مقدار الشحنة

$$\boldsymbol{\Delta V} = \frac{\boldsymbol{\Delta PE}_{\text{كهربائية}}}{\boldsymbol{q}} = \frac{\boldsymbol{-W_e}}{\boldsymbol{q}} .$$

- يقاس فرق الجهد الكهربائي بوحدة الفولت V وتكافئ J/ C

فرق الجهد الكهربائي في مجال منتظم

$$\boldsymbol{\Delta V} = \boldsymbol{-E\,d} .$$

- تفيد الاشارة السالبة في المعادلة ان الجهد الكهربائي ينقص كلما تحركنا باتجاه المجال وهذا يعني ان المجال الكهربائي يتجه من النقطة ذات الجهد المرتفع الى النقطة ذات الجهد المنخفض

فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في مجال كهربائي غير منتظم

- النقطة المرجعية لأي شحنة نقطية تعتبر في المالانهاية ويكون الجهد عندها يساوي صفراً
- الجهد الكهربائي لشحنة نقطية عند نقطة تقع بجوارها يعطى بالعلاقة التالية

$$\boldsymbol{V_a} = \frac{\boldsymbol{PE}_{\text{كهربائية}}}{\boldsymbol{q}} = \boldsymbol{k_c}\,\frac{\boldsymbol{q}}{\boldsymbol{r}} .$$

k_c :- *ثابت كولوم ويساوي* $9 \times 10^9\ N.m^2/C^2$

V_a :- الجهد الكهربائي للشحنة q عند النقطة a بغض النظر عن وجود شحنات عند النقطة a

لايجاد فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين تبعدان عن شحنة نقطية r_1 , r_2 من خلال العلاقة التالية

$$\Delta V = k_c\, q \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) .$$

- اذا كانت المسافة r_1 كبيرة جداً اي ان بعد النقطة الاولى كبير جداً فان $1/r_1$ تصبح صغيرة جداً تؤول الى الصفر وبالتالي تعود العلاقة الى

$$\Delta V = k_c\, q \frac{1}{r} .$$

- تعتبر الأرض غالباً نقطة مرجعية للجهد الكهربائي حيث يعتبر الجهد للأرض يساوي صفراً دائماً

مبدأ التراكب في حساب الجهد الكهربائي :- الجهد الكهربائي الكلي الناشئ عن عدة شحنات نقطية عند نقطة معينة يساوي المجموع الجبري لجهود جميع الشحنات المؤثرة على تلك النقطة

- الجهد كمية قياسية وليست متجهه .

$$\Delta V = k_c\, q_1 \frac{1}{r_1} + k_c\, q_2 \frac{1}{r_2} + K_c q_3 \frac{1}{r_3} + \cdots .$$

س1:- افلت بروتون من حالة السكون داخل مجال كهربائي منتظم مقداره 8.0×10^6 V/m نتيجة لذلك تحرك البروتون مسافة 0.50 m جد ما يلي .

1- فرق الجهد بين موقعي البروتون الابتدائي والنهائي

2- التغير في طاقة الوضع الكهربائية للبروتون نتيجة الازاحة

س2:- وضعت ثلاث شحنات كهربائية مقاديرها μC (6.0 5.0 , 4.0) على رؤوس مثلث متساوي الاضلاع طول ضلعه 20.0 cm اوجد مقدار الجهد الكهربائي عند نقطة تقع في منتصف قاعدة المثلث

س3:- دخل الكترون بسرعة 3×10^{6} m/s باتجاه الشرق الى منطقة مجال كهربائي منتظم شدته 200 N/C يتجه من الجنوب الى الشمال طوله 0.1 m احسب ما يلي

1- تسارع الإلكترون أثناء وجوده في المجال

2- الزمن الذي يمضيه الالكترون من لحظة دخوله الى المجال الى لحظة خروجه منه

س4:- شحنة نقطية مقدارها 2×10^{-8} C موضوعه عند نقطة (أ) التي جهدها 5 V احسب

1- طاقة الوضع الكهربائية لشحنة

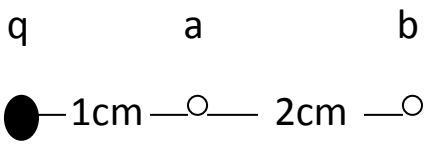
2- الشغل اللازم لنقلها الى نقطة اخرى ولتكن (ب) والتي جهدها 12 V

3- التغير في طاقة وضع الشحنة عند نقلها من الموضع الاول الى الموضع الثاني

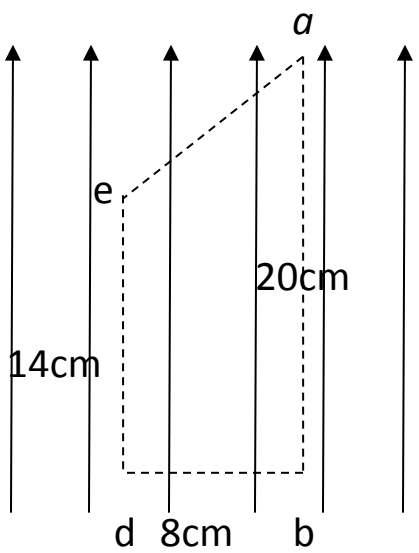
س5 :- اذا كان المجال الكهربائي في منطقة يساوي صفراً فهل يجب ان يكون الجهد في نفس المنطقة صفراً علل اجابتك

س6:- اذا افلت بروتون في مجال كهربائي منتظم من حالة السكون فهل يتغير الجهد الكهربائي للبروتون في المواقع المختلفة وماذا يحصل لطاقة الوضع الكهربائية ؟

س7 :- في الشكل المجاور اذا علمت ان جهد النقطة (a) 30 V اوجد فرق الجهد V_{ab}

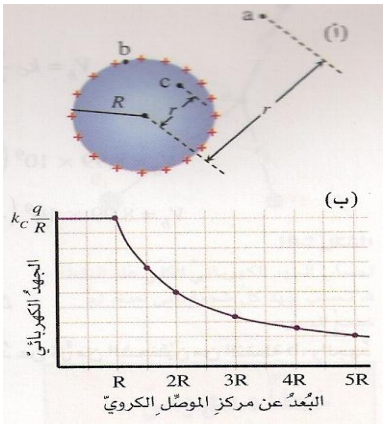


س8:- مجال كهربائي منتظم مقداره 10^3 V/m اعتماداً على الشكل المجاور احسب V_{ab} ، V_{bd}، V_{da}، V_{ea}



الجهد الكهربائي في المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون ومعزول

نتعامل مع الموصل الكروي المشحون كما لو كان شحنة نقطية متركزة في المركز لذلك



- عند نقطة تبعد عن الموصل مسافة اكبر من نصف القطر r > R فان الجهد الكهربائي لهذه النقطة تساوي

$$V = k_c\, q \ \frac{1}{r}$$.

- عند سطح الموصل r = R يكون الجهد الكهربائي لاي نقطة على السطح يساوي

$$V = k_c\, q \ \frac{1}{R}$$.

- عند نقطة تقع داخل الموصل يكون الجهد الكهربائي مساوياً للجهد على السطح وذلك لأنه لا يوجد مجال كهربائي داخل الموصل وبالتالي لا يلزم بذل شغل لنقل شحنة من داخل الموصل الى أي نقطة على السطح وبالتالي يكون جهد السطح مساوياً للجهد داخل الموصل

$$V = k_c\, q \ \frac{1}{R}$$.

الجهد الكهربائي في المجال الكهربائي لموصل كروي مشحون وغير معزول

اذا كان الموصل المشحون غير معزول اي اذا كان بجانبه شحنة نقطية او موصل اخر مشحون فاننا نتعامل معه كما يلي

- اذا كانت النقطة المراد حساب الجهد عندها خارج الموصلين فاننا نستعمل مبدأ التراكب كما لو كانت الموصلات شحنات نقطية متركزة في المركز
- اذا كانت النقطة تقع على احد سطح احد الموصلين او داخله فاننا نحسب الجهد عند السطح وجهد تأثيري من الموصل الاخر $V = k_c\, q_1 \ \frac{1}{R} + K_c q_2 \frac{1}{r}$ حيث r هي البعد بين مركزي الموصلين او بين مركز الموصل والشحنة النقطية

سؤال :- وضعت شحنة نقطية $q = -5\ \mu C$ على بعد $1\ m$ من مركز موصل كروي نصف قطره $20cm$ جد الشحنة التي تتكون على سطح الموصل مع العلم ان الموصل متصل مع الارض

سؤال :- موصلان كرويان نصفي قطريهما cm (15,20) وضعا في الهواء البعد بين مركزيهما $0.6\ m$ شحن الأول بشحنة مقدارها $6\ \mu C$ والثاني شحن بشحنة q بحيث أصبح الجهد الكلي للموصل الثاني $18000\ V$ احسب1- مقدار الشحنة على الموصل الثاني وما نوعها 2- اذا وصل الموصلان معاً بسلك نحاسي رفيع فما مقدار الشحنة على كل منهما 3- ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها $3\mu C$- من سطح الموصل الأول إلى نقطة تقع في منتصف المسافة بين الموصلين

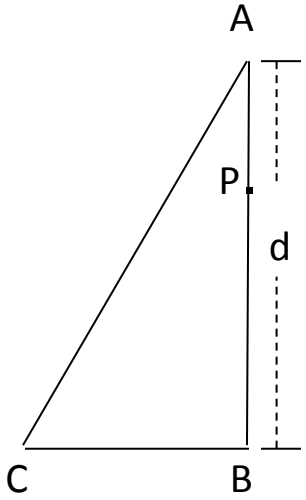
موصلات في حالة اتزان كهروستاتيكي

- الموصلات غير المشحونة تكون في حالة اتزان كهروستاتيكي لان محصلة حركة الالكترونات تساوي صفراً
- الموصل المشحون يكون الجهد عند اي نقطة على سطحه تساوي صفراً
- المجال الكهربائي بالقرب من سطح الموصل يكون عمودياً على السطح
- محصلة حركة الشحنات على سطح الموصل تساوي صفراً بسبب التنافر بين هذه الشحنات
- كثافة الشحنة السطحية على سطح الموصل الكروي الشكل تكون متساوية عند جميع النقاط
- الأسطح المخروطية يكون الجهد عند جميع النقاط على السطح متساوي لكن الكثافة السطحية للشحنات غير متساوية بحيث تزداد الكثافة عند الأسطح المدببة كذلك تكون شدة المجال الكهربائي بالقرب من الأسطح المدببة اكبر من باقي أجزاء الموصل بسبب زيادة كثافة الشحنة عليها
- تصنع مانعة الصواعق على الأبنية العالية من رؤوس مدببة لان كثافة الشحنة على هذه الرؤوس تكون اكبر من باقي أجزاء المبنى وبذلك يتم التفريغ الكهربائي بعد أن يتأين الهواء بين الغيوم والرأس المدبب الموصول مع الأرض

البطارية :- جهاز لتخزين الطاقة يوفر فرق جهد ثابت بين موقعين داخل البطارية نسميهما قطبي البطارية

- تعتبر البطارية تطبيق عملي لمفهومي الجهد الكهربائي وفرق الجهد الكهربائي
- البطارية التي جهدها 1.5 V يكون جهد القطب الموجب 1.5 V والقطب السالب صفراً أو يكون جهد القطب السالب 0.75 V- والقطب الموجب 0.75 V بحيث يكون فرق الجهد بينهما 1.5 V
- عند توصيل البطارية بجهاز فان تفاعلاً كيميائياً يحدث داخل البطارية بحيث تتجمع الشحنات السالبة (الالكترونات) على القطب السالب وهناك الكترونات تتحرك من القطب الموجب (الانود) الى القطب السالب داخل البطارية تحت فرق جهد مقداره 1.5 V حيث يكتسب كل 1C من الشحنات طاقة مقدارها 1.5 J عند حركتها من القطب الموجب الى القطب السالب
- عند حركة الالكترونات من القطب السالب الى القطب الموجب عبر المصباح أو اي جهاز اخر فان الالكترونات تفقد كامل طاقتها داخل المصباح حيث تتحول طاقة الوضع الكهربائية الى طاقة حرارية وطاقة ضوئية

س1:- النقاط A, B , C تقع في مجال كهربائي منتظم تشكل معا مثاثاً قائم الزاية كما في الشكل المجاور اذا كان الجهد الكهربائي عند النقطة A يساوي 4.0 V وعند كل من النقطة B, C يساوي 10.0 V اجي عما يلي



1- حدد اتجاه المجال الكهربائي على الشكل

2- ماذا يطرأ على طاقة الوضع الكهربائية لبروتون عندما ينقل من النقطة A الى النقطة B؟ فسر اجابتك

3- اذا وضع الكترون في النقطة P وترك ليتحرك فحدداتجاه حركته ؟ فسر اجابتك؟

4- اذا كانت المسافة بين A, P ثلث المسافة بين A, B فاحسب جهد النقطة P

س2:- مكثف متوازي الصفائح سعته 6.4×10^{-12} F والمسافة الفاصلة بين صفيحتيه 4.0×10^{-3} m احسب

1- المساحة المشتركة لصفيحتي المكثف

2- طاقة الوضع الكهربائية التي يختزنها المكثف عند وصله ببطارية 12 V

المكثف وتخزين الشحنات

المكثف :- هو جهاز يستعمل لتخزين الطاقة الكهربائية (الشحنات الكهربائية)
من أكثر أنواع المكثفات انتشاراً المكثف ذو الصفيحتين المتوازيتين الذي يفصل بينهما مسافة صغيرة من مادة عازلة أو الهواء او الفراغ

سعة الموصل :- قدرة الموصل على تخزين الطاقة على شكل شحنات كهربائية منفصلة

السعة الكهربائية لمكثف :- النسبة بين مقدار الشحنة التي يحملها إلى فرق الجهد الكهربائي الذي تحدثه الشحنات المنفصلة

السعة تعطى بالعلاقة التالية $$\boldsymbol{C = \frac{Q}{\Delta V}}$$

C :- سعة الموصل او المكثف وتقاس بوحدة الفاراد = كولوم / فولت

تعتمد سعة المكثف ذو الصفيحتين المتوازيتين على ما يلي

1- المساحة المشتركة للصفيحتين A طردياً

2- البعد بين الصفيحتين d عكسياً $$\boldsymbol{C = V\ \varepsilon\ \frac{A}{d}}$$

3- نوع الوسط الفاصل بين الصفيحتين والذي يحدد بعامل يسمى ثابت العازلية طردياً

- ثابت العازلية للفراغ او الهواء يرمز له بالرمز ε_0 ويساوي $8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$

- لكرة موصلة ومعزولة تعطى السعة حسب العلاقة التالية

$$\boldsymbol{C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{R}{k_c}}\ .$$

- من العلاقة السابقة نجد ان سعة الموصل الكروي تعتمد على حجمه
- تعتبر الارض (الكروية الشكل) موصل كبير جداً سعته عالية جداً لذلك اي كمية من الشحنات لن تؤثر كثيراً في تغير جهد الارض لذلك يمكن اعتبارها نقطة مرجع لقياس فرق الجهد في الدوائر الكهربائية

- عند إضافة مادة عازلة غير الفراغ بين الصفيحتين فان سعة المكثف تزداد وذلك بسبب اصطفاف شحنات المادة العازلة مكونة مجالاً معاكساً لمجال المكثف مما يؤدي الى إنقاص شدة المجال بين الصفيحتين وبالتالي إنقاص كمية فرق الجهد بين الصفيحتين مع ثبات كمية الشحنة على الصفيحتين مما يعني زيادة سعة المكثف

- عملية تفريغ المكثف تتم بعد عملية الشحن حيث يتم فصل المكثف عن المصدر ومن ثم وصله بأي جهاز أخر حيث تنتقل الشحنات الكهربائية من اللوح الموجب الى السالب عبر الجهاز كما هو الحال في (فلاش كاميرة التصوير او في لوحة المفاتيح)

الطاقة في المكثف :-

يعطى مقدار الطاقة الكهربائية المخزنة في مكثف بالعلاقة التالية

$$U_{\text{كهربائية}} = \frac{1}{2} Q\Delta V$$

$$U = \frac{1}{2} C\Delta V^2 \quad \text{أو}$$

$$U = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \quad \text{أو}$$

وهي تعبير عن مقدار الشغل المطلوب لشحن المكثف

س1:- اذا علمت ان سعة مكثف تساوي 2.00 pF فكم يبلغ فرق الجهد الكهربائي بين طرفيه اللازم لتخزين 18.0 pC من الشحنات

س2:- اذا طلب منك تصميم مكثف متوازي الصفائح سعته 1.0 F والمسافة الفاصلة بين الصفيحتين 1.00m فكم يجب ان تكون مساحة السطح المطلوب لكل صفيحة

س3:- على افتراض ان الارض والغيوم تشكلان صفيحتين لمكثف ارتفاع الغيم 800.0 m

1- ما سعة المكثف اذا كانت مساحة طبقة الغيم $1.00 \times 10^6 \ m^2$

2- اذا كان مقدار المجال الكهربائي الذي يجعل الهواء موصلاً للشحنة (البرق) يساوي 2.0×10^6 N/C فما مقدار الشحنة التي تحملها الغيمة

3- بين ماذا يحدث لجزيئات الهواء حتى تصبح موصلة للكهرباء

س4:- موصل كروي الشكل نصف قطره 20.0 cm شحن بشحنة مقدارها 30 nC اوجد مقدار الجهد الكهربائي لهذا الموصل عند سطحه وعند نقطة تبعد عن المركز 50 cm

س5:- ماذا يحدث لشحنة مكثف اذا تضاعف فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين

س6 :- ماذا نفعل اذا أردنا ان نزيد من الحد الأقصى لفرق الجهد بين طرفي مكثف دون تغير المسافة بين الصفيحتين

س7:- اذا تضاعف فرق الجهد بين طرفي مكثف ماذا يحصل لطاقة الوضع الكهربائية

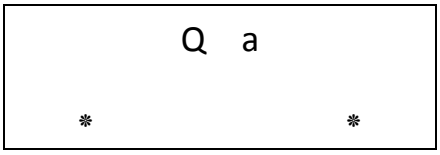
س8 :- اذا تضاعفت المسافة بين الصفيحتين في المكثف المشحون ماذا يحصل لمقدار الطاقة المخزنة

س9:- شحن مكثف سعته 12 µF باستخدام فرق جهد مقداره 120 V فكم مقدار الطاقة المخزنة في المكثف

س10:- مكثف سعته 10 µF وصل مع بطارية فرق الجهد بين طرفيها 50 V بين ماذا يحصل للطاقة بين لوحي المكثف في الحالات التالية مستعيناً بالحسابات ؟

1- اذا وضعت مادة عازلة سماحيتها أربعة أضعاف سماحية الهواء
2- اذا نقصت المسافة بين اللوحين الى الربع
3- اذا فصل المكثف بعد شحنه عن البطارية بين ما يحدث لفرق الجهد والطاقة المخزنة بين طرفيه اذا نقصت المسافة بين اللوحين الى النصف

س11: يبين الشكل المجاور شحنة نقطية (Q) موضوعة في الهواء. عندما وضعت شحنة نقطية ($q = -4.0 \times 10^{-8}$ C) في النقطة (a) التي تقع بالقرب من الشحنة (Q) اكتسبت طاقة وضع كهربائية مقدارها (3.2×10^{-3}J). إذا كانت الشحنة (Q) هي الشحنة الوحيدة المؤثرة في النقطة (a) فأجب عما يلي:



1- ما نوع الشحنة (Q) [موجبة أم سالبة]؟ برر إجابتك.

2- احسب جهد النقطة (a).