طاقة الوضع الكهربائية $(P.E_e)$

هي الطاقة التي تكسبها الشحنة بسبب وضعها في المجال الكهربائي لشحنات أخرى .

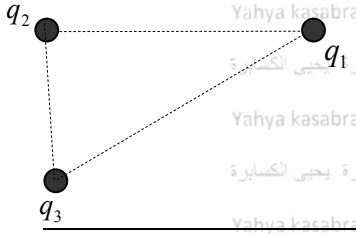
$$V = \frac{P.E_e}{q_o}$$ يُعطى في الامتحان

يمكن إعادة كتابة العلاقة على النحو : $P.E_e = q_o V$

q_o : الشحنة المراد حساب طاقتها .

V : الجهد المؤثر على q_o .

_ في حالة شحنتين كما في الشكل تكون : $P.E_1 = q_1 V_2 = q_1 K_c \frac{q_2}{r}$



– في حالة ثلاث شحنات كما في الشكل تكون :

$$P.E_3 = q_3(V_1 + V_2) = q_3 K_c(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{r_2})$$

ملاحظات :

– في المالانهاية تكون : $(P.E_e = 0)$ لذلك تعتبر المالانهاية مرجعاً لحساب طاقة الوضع الكهربائية .

– في حالة شحنتين نقطيتين فقط تكون :

* $(P.E_1 = P.E_2)$.

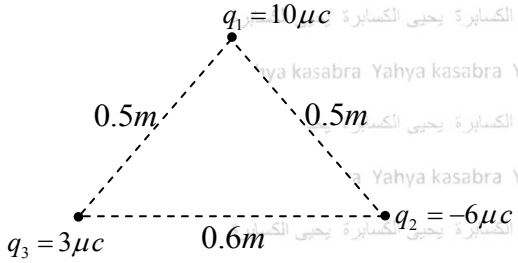
* $(P.E_e)$ موجبة إذا كانت الشحنتان من نفس النوع , $(P.E_e)$ سالبة إذا كانت الشحنتان مختلفتان نوعاً .

س1) ثلاث شحنات وضعت على رؤوس مثلث كما في الشكل والمطلوب :

1) احسب طاقة وضع الشحنة (q_2) ؟

2) إذا نقلت الشحنة (q_2) من موضعها إلى المالانهاية هل تزيد أم تقل طاقة وضعها الكهربائية .

الحل :



1)
$$P.E_2 = q_2 V_{1+3} = q_2 K_c(\frac{q_1}{r_1} + \frac{q_3}{r_3})$$
$$= -6\times10^{-6} \times 8.99\times10^{9}(\frac{10\times10^{-6}}{0.5} + \frac{3\times10^{-6}}{0.6}) = -1.35J$$

2) تزيد لأن $P.E_\infty = 0$

س2) شحنتان نقطيتان متساويتان في المقدار بينهما مسافة $(8cm)$ إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية لأحدهما بتأثير الأخرى تساوي $(-0.018J)$:

عن عُقْبَةَ بنِ عامِرٍ رَضِيَ اللَّه عنهُ أَنَّ رسولَ اللَّهِ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وسَلَّم قال : «أَلَمْ تَرَ آيَاتٍ أُنْزِلَتْ هَذِهِ اللَّيْلَةَ لَمْ يُرَ مِثْلُهُن قَطُّ ؟ قُلْ أَعُوذُ بِرَبِّ الفَلَقِ ، وَقُلْ أَعُوذُ بِرَبِّ النَّاسِ » رواه مسلم .

1) هل الشحنتان من النوع نفسه أم مختلفتان في النوع .

2) احسب مقدار كل من الشحنتين .

3) لماذا يكون الجهد الكهربائي أكثر فائدة لمعظم الحسابات من طاقة الوضع الكهربائية .

الحل :

1) مختلفتان لأن طاقة الوضع سالبة .

2) من السؤال : $q_2 = -q \ , \ q_1 = q$

$$P.E_e = q_1 V_2 = q_1 K_c \frac{q_2}{r_{12}}$$

$$-0.018 = 8.99\times10^{-9} \times \frac{-q^2}{0.08} \Rightarrow q = 4\times10^{-7}\ C$$

$$q_1 = 4\times10^{-7}\ C \ , \ q_2 = -4\times10^{-7}\ C$$

3) لأن طاقة الوضع تعتمد على الشحنة الموجودة في النقطة أما الجهد فلا .

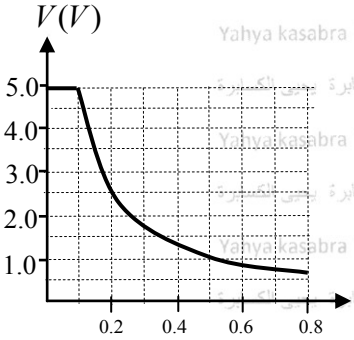
عن أبي سعيدٍ الخُدْرِيِّ رَضي الله عنهُ قال : كانَ رسولُ اللَّهِ صَلّى اللهُ عَلَيْهِ وسَلَّم يَتَعَوَّذُ مِنَ الجانِّ ، وَعَيْنِ الإِنْسَانِ ، حتَّى نَزَلَتِ المُعَوذَتان ، فَلَمَّا نَزَلَتَا ، أَخَذَ بِهِما وتَركَ ما سِواهُما . رواه الترمذي وقال حديث حسن

س3) يظهر الشكل البياني المجاور تغيرات الجهد الكهربائي عند نقطة بتغير بعدها عن مركز موصل كروي مشحون بشحنة موجبة :

1) احسب شحنة الموصل .

2) احسب طاقة الوضع الكهروستاتيكية لشحنة نقطية مقدارها $(1.4\times10^{-12}C)$ **وضعت على بُعد** $(1.2m)$ **من مركزه .**

الحل :



1) $$V_s = K_c \frac{Q}{R} \Rightarrow Q = \frac{V_s R}{K_c} = \frac{5\times0.1}{9\times10^9} = 5.56\times10^{-11} C$$

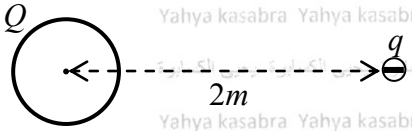
2) $$P.E_e = q_o V = q_o K_c \frac{Q}{r}$$

$$= 1.4\times10^{-12}\times8.99\times10^9 \times \frac{5.56\times10^{-11}}{1.2} = 5.88\times10^{-13}\ J$$

س4) شحنة نقطية $(q = -5\times10^{-8}C)$ **وضعت في الفراغ على بعد** $(2m)$ **من مركز موصل كروي نصف قطره** $(0.1m)$ **وشحنته** (Q) **, إذا كانت طاقة الوضع الكهربائية للشحنة النقطية** $(9.45\times10^{-5}\ J)$ **:**

1) احسب الجهد في موقع الشحنة النقطية (q) **.**

2) احسب شحنة الموصل الكروي (Q) **.**



الحل :

1) $$P.E_e = q_o V_{\text{موصل}} \Rightarrow V_{\text{موصل}} = \frac{P.E}{q_o} = \frac{9.45\times10^{-5}}{-5\times10^{-8}} = -1890V$$

2) $$V_{\text{موصل}} = K_c \frac{Q}{r} \Rightarrow Q = \frac{V\times r}{K_c} = \frac{-1890\times2}{8.99\times10^9} = -4.2\times10^{-7}\ C$$

التغير في طاقة الوضع الكهربائية $(\Delta P.E_e)$

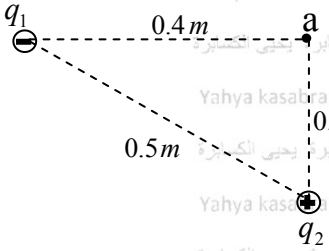
$$\boxed{\Delta P.E_e = q_o \Delta V = q_o (V_f - V_i)}$$

يُعطى في الامتحان

q_o : الشحنة المنقولة . ΔV : فرق الجهد المؤثر على الشحنة المنقولة .

س5) يبين الشكل المجاور نقطة (a) تقع بالقرب من شحنتين نقطيتين $(q_1 = -2\times10^{-8}C)$ **و** $(q_2 = 2\times10^{-8}C)$
احسب التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة (q_2) **إذا نُقلت من موضعها إلى النقطة (a) .**

الحل :



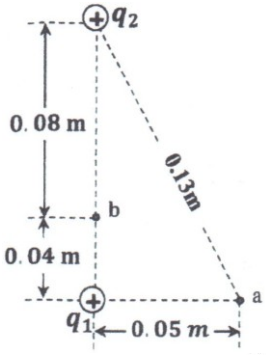
$$\Delta P.E_e = q_2 \Delta V_1$$

$$V_{1i} = K_c \frac{q_1}{r_i} = 8.99\times10^9 \times \frac{-2\times10^{-8}}{0.5} = -360V$$

$$V_{1f} = K_c \frac{q_1}{r_f} = 8.99\times10^9 \times \frac{-2\times10^{-8}}{0.4} = -450V$$

$$\Delta P.E_e = 2\times10^{-8}\left[-450-(-360)\right] = -1.8\times10^{-6}\,J$$

س6) في الشكل إذا كانت $(q_1 = 2\times10^{-6}\,C)$, $(q_2 = 4\times10^{-6}\,C)$ **احسب التغير في طاقة الوضع الكهربائية لشحنة** $(Q = -3\times10^{-6}\,C)$ **عندما تُنقل من النقطة** (a) **إلى النقطة** (b) **؟**



الحل :

$$V_i = 8.99\times10^9\left(\frac{2\times10^{-6}}{0.05} + \frac{4\times10^{-6}}{0.13}\right) = 6.4\times10^5\,V$$

$$V_f = 8.99\times10^9\left(\frac{2\times10^{-6}}{0.04} + \frac{4\times10^{-6}}{0.08}\right) = 9\times10^5\,V$$

$$\Delta P.E = q_o\,\Delta V = Q(V_f - V_i) = -3\times10^{-6}(9\times10^5 - 6.4\times10^5) = -0.78\,J$$

س8) موصل كروي نصف قطره $(0.05m)$ **يحمل شحنة** $(Q = -8\mu C)$ **وضعت شحنة نقطية** $(q = +2\mu C)$ **على بُعد** $(0.15m)$ **من سطح الموصل في الهواء احسب التغير في طاقة الوضع الكهربائية للشحنة النقطية** (q) **عند نقلها إلى نقطة قريبة جداً من سطح الموصل .**

الحل :

$$V_i = 8.99\times10^9 \times \frac{-8\times10^{-6}}{(0.15+0.05)} = -3.6\times10^5\,V$$

$$V_f = 8.99\times10^9 \times \frac{-8\times10^{-6}}{0.05} = -1.44\times10^6\,V$$

$$\Delta P.E_e = q_o\Delta V = 2\times10^{-6}\times\left[-1.44\times10^6 - (-3.6\times10^5)\right] = -2.16J$$

عن أبي هريرة- رضى الله عنه- قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم "من جلس في مجلس، فكثر فيه لغطه فقال قبل أن يقوم من مجلسه ذلك: سبحانك اللهم وبحمدك، أشهد أن لا إله إلا أنت، أستغفرك وأتوب إليك، إلا غفر له ما كان في مجلسه ذلك" . رواه الترمذي وقال: حديث حسن صحيح.

س9) موصل كروي مشحون نصف قطره $(0.03m)$ **والجهد الكهربائي عند نقطة على سطحه** $(-6V)$ **احسب التغير في طاقة الوضع الكهربائية لإلكترون** $(q_e = -1.6\times10^{-19}\,C)$ **ينتقل من نقطة تبعد** $(0.12m)$ **عن مركز الموصل إلى نقطة بالقرب من سطح الموصل؟**

الحل :

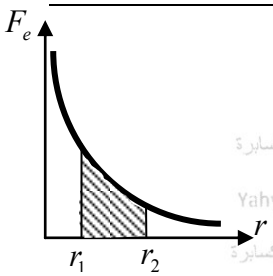
$$V_s = k_c\frac{Q}{R} \Rightarrow Q = \frac{0.03\times-6}{9\times10^9} = -2\times10^{-11}\,C$$

$$V_i = -6V \qquad V_f = k_c\frac{Q}{r} = 9\times10^9 \times \frac{-2\times10^{-11}}{0.12} = -1.5V$$

$$\Delta P.E_e = q_o\Delta V = -1.6\times10^{-19}\times\left[-6-(-1.5)\right] = 7.2\times10^{-19}\,J$$

شغل المجال الكهربائي (W_e)

$$W_e = -\Delta P.E_e$$ يُعطى في الامتحان

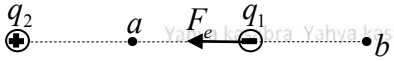


المساحة المظللة في الشكل تمثل (W_e) .

مهم جداً جداً وايد :

* إذا تحركت الشحنة بنفس اتجاه (F_e) فإن المجال يبذل شغلاً موجباً فتقل $P.E_e$ وتكون $\Delta P.E_e$ سالبة .

مثال : عند حركة الشحنة (q_1) من مكانها إلى النقطة (a) كما في الشكل .



* إذا تحركت الشحنة عكس اتجاه (F_e) فإن المجال يبذل شغلاً سالباً فتزيد $(P.E_e)$ وتكون $\Delta P.E_e$ موجبة .

مثال : عند حركة الشحنة (q_1) من مكانها إلى النقطة (b) كما في الشكل .

س10) الشكل المجاور يمثل قيمة الجهد الكهربائي عند نقطتين في مجال كهربائي , احسب الشغل المبذول من المجال لنقل إلكترون من النقطة (b) إلى النقطة (a) علماً أن $(q_e = -1.6\times10^{-19}\,C)$ ؟

الحل :

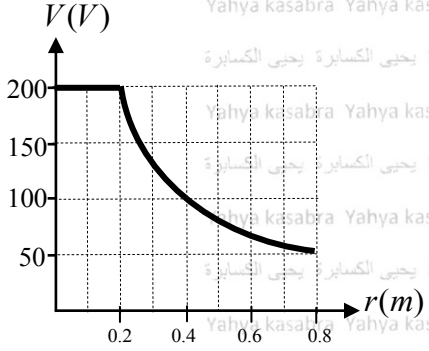
$$W_e = -\Delta P.E_e = -q_o\Delta V$$
$$= +1.6\times10^{-19}\left[-4-(-9)\right] = 8\times10^{-19}\,J$$

س9) يبين الرسم البياني المجاور تغيرات الجهد الكهربائي عند نقطة تقع في مجال موصل كروي مشحون بتغير بعدها عن مركز الموصل إذا كان الهواء يحيط بالموصل والنقطة أجب عما يلي :

1) احسب شحنة الموصل .

2) احسب الشغل المبذول من المجال لنقل بروتون من نقطة قريبة جداً من سطح الموصل إلى نقطة أخرى تبعد مسافة $(0.2\,m)$ من <u>سطحه</u> علماً أن $(q_p = 1.6\times10^{-19}\,C)$.

الحل :



1) من الرسم : $V_s = 200V$, $R = 0.2\,m$

$$V_s = k_c\frac{Q}{R} \Rightarrow Q = \frac{0.2\times200}{9\times10^9} = 4.44\times10^{-9}\,C$$

2) من الرسم : $V_i = 200V$ $\qquad$ $V_f = 100V$

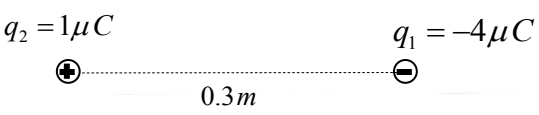
$$W_e = -\Delta P.E_e = -q_o\Delta V = -1.6\times10^{-19}\times(100-200) = 1.6\times10^{-17}\,J$$

س10) معتمداً على الشكل المجاور أجب عما يلي :

1) احسب الشغل المبذول من المجال لنقل إلكترون من منتصف البعد بين الشحنتين إلى المالانهاية .

2) احسب الشغل الخارجي (W_{out}) المبذول لجعل المسافة بين الشحنتين $(0.4\,m)$.

الحل :



عن أبي هريرة- رضي الله عنه- قال: سمعت رسول الله صلى الله عليه وسلم يقول: "لم يبق من النبوة إلا المبشرات" قالوا: وما المبشرات؟ قال: "الرؤيا الصالحة" . رواه البخاري.

1) $V_i = 9\times10^9\left(\frac{1\times10^{-6}}{0.15}+\frac{-4\times10^{-6}}{0.15}\right) = -1.8\times10^5\,V$

$V_f = 0$ (المالانهاية)

$W_e = -\Delta P.E = -q_o\Delta V = +1.6\times10^{-19}\left[0-(-1.8\times10^5)\right] = +2.88\times10^{-14}\,J$

2) نفرض أننا سنحرك (q_1) لليمين لجعل المسافة بين الشحنتين $(0.4\,m)$.

$V_i = K_c\frac{q_2}{r_i} = 9\times10^9\times\frac{1\times10^{-6}}{0.3} = 30000\,V$

$V_f = 9\times10^9\times\frac{1\times10^{-6}}{0.4} = 22500\,V$

$W_{out} = \Delta P.E_e = q_1\,\Delta V = -4\times10^{-6}(22500-30000) = 0.03\,J$

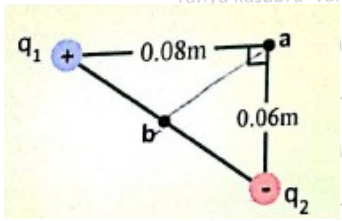
عن أبي هريرة- رضى الله عنه-قال: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : "من رآني في المنام فسيراني في اليقظة -أو كأنما رآني في اليقظة- لا يتمثل الشيطان بي" . متفق عليه.

س11) في الشكل المجاور الشحنتان النقطيتان $(q_1 = 24\mu C\ ,\ q_2 = -24\,\mu C)$ موضوعتان في الهواء والنقطة (b) تنصف المسافة بين الشحنتين والمطلوب :

1) احسب الجهد الكهربائي عند النقطة (a) .

2) احسب الشغل الذي يبذله المجال عند نقل وحدة الشحنات الموجبة من النقطة (a) إلى النقطة (b) .

الحل :

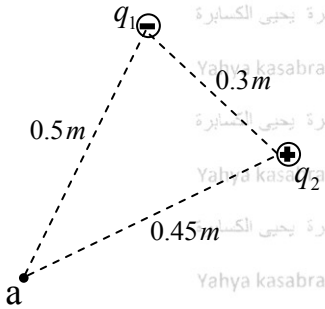


1) $V_a = 9\times10^9\left(\frac{24\times10^{-6}}{0.08}+\frac{-24\times10^{-6}}{0.06}\right) = -9\times10^5\,V$

2) $V_b = 9\times10^9\left(\frac{24\times10^{-6}}{0.05}+\frac{-24\times10^{-6}}{0.05}\right) = 0$

$W_e = -\Delta P.E_e = -q_o\Delta V = -1\times\left[0-(-9\times10^5)\right] = -9\times10^5\,J$

س13) يبين الشكل المجاور نقطة(a) تقع بالقرب من شحنتين نقطيتين $(q_1 = -2\times10^{-8}C)$ و $(q_2 = 2\times10^{-8}C)$



1) احسب القوة الكهربائية المؤثرة على الشحنة (q_2) وحدد اتجاهها .

2) احسب الجهد الكهربائي عند النقطة (a) .

3) احسب الشغل المبذول من المجال لنقل لشحنة (q_1) من موضعها إلى النقطة (a) وهل تزيد طاقة وضعها أم تقل , برر إجابتك .

الحل :

1) $F_e = K_c\frac{q_1q_2}{r^2} = 8.99\times10^9\times\frac{2\times10^{-8}\times2\times10^{-8}}{0.3^2} = 4\times10^{-5}N$ (باتجاه q_1)

2) $V_a = K_c\left(\frac{q_1}{r_1}+\frac{q_2}{r_2}\right) = 8.99\times10^9\left(\frac{-2\times10^{-8}}{0.5}+\frac{2\times10^{-8}}{0.45}\right) = 40V$

3) $V_i = K_c\frac{q_2}{r_i} = 8.99\times10^9\times\frac{2\times10^{-8}}{0.3} = 600\,V$

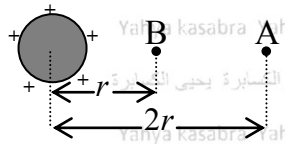
$V_f = 8.99\times10^9\times\frac{2\times10^{-8}}{0.45} = 400\,V$

$W_e = -\Delta P.E_e = -q_1\Delta V = -(-2\times10^{-8})\times\left[400-600\right] = -4\times10^{-6}\,J$

تزيد , لأن شغل المجال سالباً مما يدل على أنها تحركت عكس اتجاه القوة الكهربائية .

س14) اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي :

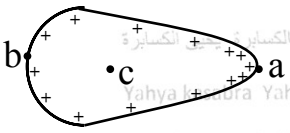
1) في الشكل المجاور النقطة A تبعد مثلي بعد النقطة B عن مركز الموصل الكروي المشحون بشحنة موجبة إذا نقل إلكترون من النقطة B إلى النقطة A فإن :



أ) $V_A = 2V_B \ , \ PE_A = 2PE_B$ ب) $V_A = 2V_B \ , \ PE_B = 2PE_A$

ج) $V_B = 2V_A \ , \ PE_A = 2PE_B$ د) $V_B = 2V_A \ , \ PE_B = 2PE_A$

2) الشكل المجاور يمثل موصل مخروطي مشحون ومعزول , إذا عملت أن $(V_a = 100V)$ ما مقدار الشغل اللازم لنقل شحنة مقدارها $(-2\mu C)$ من النقطة (a) إلى النقطة (b) .



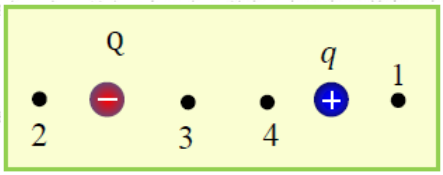
أ) $+2\times10^{-4}\,J$ ب) $-2\times10^{-4}\,J$

ج) صفر د) $-2\times10^{-6}\,J$

3) في الشكل السابق إذا نقل إلكترون من النقطة (c) إلى النقطة (b) فإن طاقة وضعه الكهربائية :

أ) تبقى كما هي ب) تقل ج) تزيد د) تصبح صفر

4) إلى أي من النقاط الأربع المبينة في الشكل المجاور يجب نقل الشحنة (q) إليها من موقعها الحالي لكي تزداد طاقة وضعها الكهربائية :



أ) 1 ب) 2

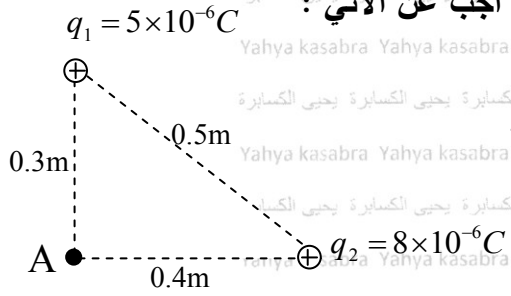
ج) 3 د) 4

الحل : 1) د 2) ج 3) أ 4) أ

عن أبي مسعودٍ البَدْرِيِّ رضيَ اللهُ عنهُ عن النبيِّ صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وسَلَّمَ قال : «مَنْ قَرَأَ بالآيَتَيْنِ مِنْ آخِرِ سُورةِ البقَرةِ فِي لَيْلَةٍ كَفَتَاهُ » متفقٌ عليه . قيلَ : كَفَتَاهُ المَكْرُوهَ تِلْكَ اللَّيْلَةَ ، وَقِيلَ : كَفَتَاهُ مِنْ قِيَامِ اللَّيْلِ .

أسئلة مراجعة

س1) وضعت شحنتان نقطيتان موجبتان في الهواء كما في الشكل المجاور , أجب عن الآتي :



1) احسب مقدار القوة الكهربائية المؤثرة في الشحنة (q_2) وحدد اتجاهها .

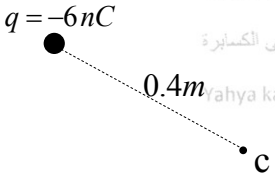
2) إذا نقلت الشحنة (q_2) من مكانها الحالي إلى النقطة (A) فهل تزداد طاقة وضعها الكهربائية أم تقل ولماذا .

الإجابة :

1) $1.44\,N$ تنافر

2) تزداد لأن تقريب شحنة موجبة من شحنة موجبة أخرى يتطلب بذل شغل خارجي للتغلب على قوة التنافر الكهربائية

س2) معتمداً على البيانات في الشكل المجاور أجب عما يلي :



1) احسب شدة المجال الكهربائي والجهد الكهربائي عند النقطة (c) .

2) لو وضع الكترون $(|q_e| = 1.6\times10^{-19})$ في النقطة (c) فاحسب طاقة وضعه والقوة الكهربائية المؤثرة عليه .

الإجابة : 1) $E = 337.5\,N/C \quad V = -135V$ 2) $P.E_e = 2.16\times10^{-17}\,J \quad F_e = 5.4\times10^{-17}\,N$