تمرين 1

1- فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين $A(1,2,3)$ و $B(5,6,0)$

$$V_A - V_B = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$$

$$V_A - V_B = 3\times10^{-2} \cdot E \quad \leftarrow \quad \overrightarrow{AB}\begin{vmatrix} x_B - x_A = 4\ (cm) \\ y_B - y_A = 4\ (cm) \\ z_B - z_A = -3\ (cm) \end{vmatrix} \quad \text{و} \quad \vec{E}\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ -E \end{vmatrix}$$

$$V_A - V_B = 3\times10^{-2}\times10^{6} = \underline{3.10^{4}\ V} \quad \text{ت.ع.}$$

2- شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على إلكترون عند انتقاله من A إلى B

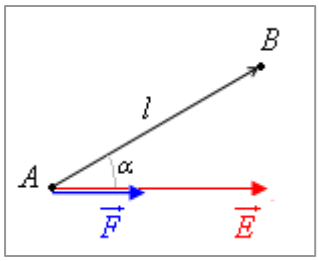
$$W_{A\to B}(\vec{F}) = -e(V_A - V_B) \quad \leftarrow \quad q = -e \text{ مع } \quad W_{A\to B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = -1,6.10^{-19}\times3.10^{4} = \underline{-1,6.10^{-15}\ J} \quad \text{ت.ع.}$$

$$(W_{A\to B}(\vec{F}) = -30\ keV \quad \text{:أي})$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) < 0 \quad \leftarrow \quad \text{شغل مقاوم}$$

تمرين 2



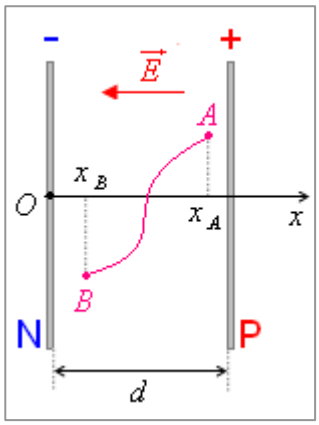
- الشغل الذي تنجزه القوة الكهرساكنة:

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = qEl\cos\alpha \quad \leftarrow \quad W_{A\to B}(\vec{F}) = q\vec{E}\cdot\overrightarrow{AB}$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = 10\times10^{-9}\times100\times20\times10^{-2}\times\cos30° = \underline{1,7.10^{-7}J} \quad \text{ت.ع.}$$

تمرين 3

1- فرق الجهد الكهربائي بين A و B و شغل القوة الكهرساكنة



$$\frac{V_A - V_B}{U} = \frac{d-3}{d} \quad \leftarrow \quad \begin{vmatrix} V_A - V_B = E(x_A - x_B) \\ V_P - V_N = E(x_P - x_N) \end{vmatrix}$$

$$V_A - V_B = \frac{d-3}{d}\cdot U \quad \leftarrow$$

$$V_A - V_B = \frac{5-3}{5}\times1\ 000 = \underline{400\ V} \quad \text{ت.ع.}$$

و شغل القوة الكهرساكنة:

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = 10^{-12}\times400 = \underline{4.10^{-10}\ J} \quad \text{ت.ع.}$$

2- طاقة الوضع الكهرساكنة للشحنة q في A و B :

في نقطة ما M : $E_{pe}(M)=qEx_M+Cte$

باختيار الصفيحة السالبة حالة مرجعية: $0=0+Cte \leftarrow Cte=0$

$$E_{pe}(M)=qEx_M \leftarrow E_{pe}(M)=q\cdot U\cdot\frac{x_M}{d} \leftarrow$$

و بالتالي: $E_{pe}(A)=q\cdot U\cdot\frac{x_A}{d}$ و $E_{pe}(B)=q\cdot U\cdot\frac{x_B}{d}$

ت.ع. $E_{pe}(A)=10^{-12}\times 1000\times\frac{4}{5}=\underline{8.10^{-10}\ J}$ و $E_{pe}(B)=10^{-12}\times 1000\times\frac{2}{5}=\underline{4.10^{-10}\ J}$

ملحوظة: $\Delta E_{pe}=E_{pe}(B)-E_{pe}(A)=-\ 4.10^{-10}\ J \leftarrow \Delta E_{pe}=-\ W_{A\to B}(\vec{F})$ تتحقق العلاقة:

تمرين 4

1- شدة المحال الكهرساكن

$$V_A-V_B=\vec{E}\cdot\overrightarrow{AB} \leftarrow V_A-V_B=E(x_A-x_B) \leftarrow E=\frac{V_A-V_B}{x_A-x_B}$$

ت.ع. $E=\frac{0-400}{(-2-8)\times 10^{-2}}=\underline{4.10^3\ V.m^{-1}}$

2- الجهد الكهربائي في النقطة O

$$V_O-V_A=E(x_O-x_A) \leftarrow V_O-0=E(0-x_A) \leftarrow V_O=-Ex_A$$

ت.ع. $V_O=-4.10^3\times(-2\times10^{-2})=\underline{80\ V}$

3- طاقة الوضع الكهرساكنة لشحنة $q=5\ \mu C$ توجد في النقطة M ذات الأفصول $x_M=5\ cm$

$$E_{pe}(M)=qEx_M+Cte$$

باختيار النقطة A حالة مرجعية: $0=qEx_A+Cte \leftarrow Cte=-qEx_A$

$$E_{pe}(M)=qE(x_M-x_A) \leftarrow$$

ت.ع. $E_{pe}(M)=5\times10^{-6}\times4.10^3\times(5-(-2))\times10^{-2}=\underline{1,4.10^{-3}\ J}$

تمرين 5

نفترض أن البروتون يصل النقطة N.

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البروتون بين M و N ، لدينا:

$E_c(N)-E_c(M)=W_{M\to N}(\vec{F})$ (وزن البروتون مهمل أمام القوة الكهرساكنة $\vec{F}$)

$$\frac{1}{2}mv_M^{\ 2}-\frac{1}{2}mv_N^{\ 2}=q(V_M-V_N) \leftarrow$$

$$v_N^{\ 2}=v_M^{\ 2}+\frac{2e}{m}(V_M-V_N) \leftarrow$$

ت.ع. $v_N^{\ 2}=10^{10}+\frac{2\times1,6.10^{-19}}{1,67.10^{-27}}\times(-500-(-100))=-6,7.10^{10}$

$v_N^{\ 2}<0$: هذا مستحيل، و افتراضنا غير صحيح، إذن لن يصل البروتون النقطة N.

ملحوظة: $V_M-V_N<0$ و $q=+e>0 \leftarrow W_{M\to N}(\vec{F})=q(V_M-V_N)<0$: القوة الكهرساكنة مقاومة.

تمرين 6

1- الطاقة الحركية لكل أيون عند وصولهما الصفيحة P

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على أيون بين N و P ، لدينا:

$$E_c(P)-E_c(N)=W_{N\to P}(\vec{F})$$ (وزن أيون مهمل أمام القوة الكهرساكنة $\vec{F}$)

$$E_c(P)-E_c(N)=q(V_N-V_P) \quad \leftarrow$$

$$E_c(P)-0=(-e)\cdot(-U_{PN}) \quad \leftarrow$$

$$E_c(P)=e\cdot U_{PN} \quad \leftarrow$$

$$E_c(P)=1,6.10^{-19}\times 100=\underline{1,6.10^{-17}\ J} \quad \text{ت.ع.}$$ أي: $\underline{E_c(P)=100\ eV}$

للأيونين نفس الطاقة الحركية لأن لهما نفس الشحنة و يخضعان لنفس المجال الكهرساكن.

2- نسبة سرعتيهما عند وصولهما الصفيحة P

بما أن للأيونين نفس الطاقة الحركية، فإن: $\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}m_2v_2^2$ $\leftarrow$ $\frac{v_1^2}{v_2^2}=\frac{m_2}{m_1}$ $\leftarrow$ $\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{M(^{37}_{17}Cl^-)}{M(^{35}_{17}Cl^-)}}$

$$\frac{v_1}{v_2}=\sqrt{\frac{37}{35}}=\underline{1,03} \quad \text{ت.ع.}$$

سرعة الأيون $^{35}_{17}Cl^-$ أكبر قليلا من سرعة الأيون $^{37}_{17}Cl^-$.

تمرين 7

1- مميزات المجال الكهرساكن المحدث بين الصفيحتين

مجال منتظم، اتجاهه عمودي على الصفيحتين، أي أفقي، منحاه من P_1 إلى P_2 ، و شدته: $E=\frac{U}{d}=\underline{5.10^3\ V.m^{-1}}$

2- قيمة كل من التوترات V_O-V_M و V_O-V_N و V_M-V_N

ينتبه لمنحى $\vec{E}$ ، في هذه الحالة $\vec{E}$ و (Ox) لهما نفس المنحى: $E_x=+E$

$$V_A-V_B=\vec{E}\cdot\overrightarrow{AB} \quad \leftarrow \quad V_A-V_B=-E(x_A-x_B)$$

إذن:

$$V_O-V_M=-E(x_O-x_M)$$
$$V_O-V_N=-E(x_O-x_N)$$
$$V_M-V_N=-E(x_M-x_N)$$

$$V_O-V_M=-5.10^3\times(-2\times10^{-2})=\underline{100\ V} \quad \text{ت.ع.}$$
$$V_O-V_N=-5.10^3\times(-7\times10^{-2})=\underline{350\ V}$$
$$V_M-V_N=-5.10^3\times(-5\times10^{-2})=\underline{250\ V}$$

1.3- مميزات القوة الكهرساكنة المطبقة على البروتون

$\vec{F}=q\cdot\vec{E}$ مع $q>0$ $\leftarrow$ $\vec{F}$ و $\vec{E}$ لهما نفس الاتجاه و نفس المنحى، و شدتها: $F=eE$

$$\underline{F=8.10^{-16}\ N} \quad \text{ت.ع.}$$

2.3- سرعة البروتون عند M ثم عند N

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البروتون بين O و M (N)، نجد:

$$v_M=\sqrt{\frac{2e}{m}(V_O-V_M)} \quad \text{و} \quad v_N=\sqrt{\frac{2e}{m}(V_O-V_N)}$$

$$\underline{v_M=1,4.10^5\ m.s^{-1}} \quad \text{و} \quad \underline{v_N=2,6.10^5\ m.s^{-1}} \quad \text{ت.ع.}$$

تمرين 8

1- تعبير الدالة $V_M = f(x)$

$$\frac{V_M - V_Q}{V_P - V_Q} = \frac{d-x}{d} \leftarrow \begin{vmatrix} V_M - V_Q = \vec{E}\cdot\overrightarrow{MQ} = E(d-x) \\ V_P - V_Q = \vec{E}\cdot\overrightarrow{PQ} = Ed \end{vmatrix}$$

و حيث أن $V_Q = 0$، فإن: $V_M = \frac{V_P}{d}(d-x)$ (1)

1.2- قيمة كل من V_P و d

منحنى الدالة $V_M = f(x)$ مستقيم معادلته: $V_M = f(x) = 240 - 30x$ (2)

بمطابقة العلاقتين (1) و (2) يستنتج: $V_P = 240\ V$ و $d = 8\ cm$

2.2- شدة المجال الكهرساكن

$$E = 3.10^3\ V.m^{-1} \leftarrow V_P = Ed$$

2- تغير طاقة الوضع الكهرساكنة لبروتون ينتقل من P إلى Q

طريقة 1	طريقة 2
$\Delta E_{pe} = E_{pe}(Q) - E_{pe}(P)$	$\Delta E_{pe} = -W_{P\to Q}(\vec{F})$
$\Delta E_{pe} = (qV_Q + Cte) - (qV_P + Cte)$ ←	$\Delta E_{pe} = -q(V_P - V_Q)$ ←
$q = +e$ و $V_Q = 0$	$q = +e$ و $V_Q = 0$
$\Delta E_{pe} = -eV_P$ ←	$\Delta E_{pe} = -eV_P$ ←

ت.ع. $\Delta E_{pe} = -3,84.10^{-17}\ J$ $(\ \Delta E_{pe} = -240\ eV\ )$

تمرين 9

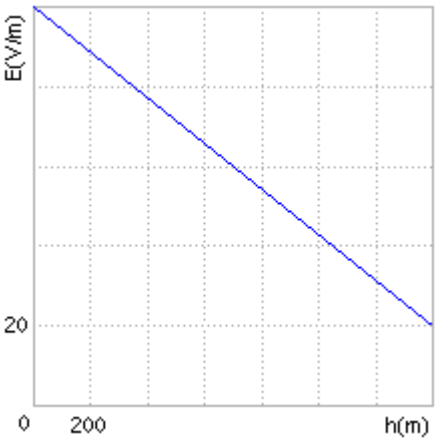
1- تحديد الثابتين a و b و التمثيل المبياني لتغيرات E بدلالة h

$$E = a + bh$$

عند $h = 0$: $E = 100\ V.m^{-1}$ و عند $h = 1\ 400\ m$: $E = 20\ V.m^{-1}$

$$\begin{vmatrix} a = 100\ V.m^{-1} \\ b \approx -0,06\ V.m^{-2} \end{vmatrix} \leftarrow \begin{vmatrix} 100 = a \\ 20 = a + 1400b \end{vmatrix} \leftarrow$$

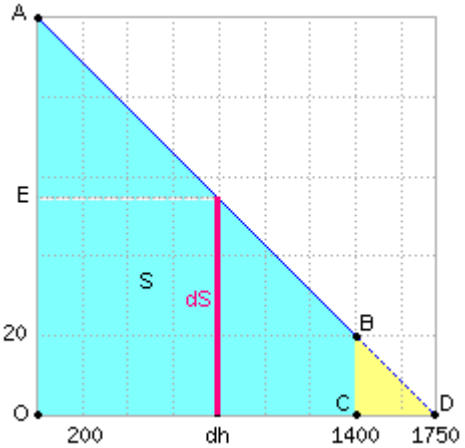
و بالتالي: $E = 100 - 0,06h$



2- • شغل القوة الكهرساكنة

المجال الكهرساكن $\vec{E}$ غير ثابت، إذن القوة الكهرساكنة $\vec{F} = q\cdot\vec{E}$ غير ثابتة.

و لحساب شغلها يجب حساب مجموع أشغالها الجزئية.



- الشغل الجزئي خلال انتقال جزئي dh: $dW = \vec{F}\cdot\overrightarrow{dh} = -qE\cdot dh$

مبيانيا: $E\cdot dh = dS$ (dS مساحة مستطيل عرضه dh و طوله E)

- الشغل الكلي: $W_{0\to h}(\vec{F}) = \sum_{h=0}^{h=1400} dW = -q\sum_{h=0}^{h=1400} E\cdot dh$

مبيانيا: $\sum_{h=0}^{h=1400} E\cdot dh = S$ (S مساحة شبه المنحرف $OABC$)

$$S = S_{OAD} - S_{BCD} = (\frac{1}{2}\times 1750\times 100) - (\frac{1}{2}\times(1750-1400)\times 100) = 84000$$

$$W_{0\to h}(\vec{F}) = -10^{-10}\times 84\ 000 = -8,4.10^{-6}\ J \leftarrow$$

- استنتاج الجهد الكهربائي لنقطة تقع عند الارتفاع h

$W_{0\to h}(\vec{F}) = q(V_0 - V_h)$ (علاقة صالحة حتى في هذه الحالة: حالة مجال غير ثابت)

باختيار سطح الأرض حالة مرجعية: $V_0 = 0$ ← $W_{0\to h}(\vec{F}) = -qV_h$ ← $V_h = -\dfrac{W_{0\to h}(\vec{F})}{q}$

ت.ع. $V_h = 84\ 000\ V$

-3

- طاقة الوضع الثقالية: $E_{pp} = mgh$ ت.ع. $E_{pp} = 1,67.10^{-27} \times 9,81 \times 1\ 400 = 2,3.10^{-23}\ J$
- طاقة الوضع الكهرساكنة: $E_{pe} = qV_h$ ت.ع. $E_{pe} = 1,6.10^{-19} \times 84\ 000 = 1,3.10^{-14}\ J$

ملحوظة هامة: لا يجوز تطبيق العلاقة $E_{pe} = qEh$ في هذه الحالة، لأن شدة المجال الكهرساكن غير ثابتة.

- مقارنة: $\dfrac{E_{pe}}{E_{pp}} = 6.10^8$ ← $E_{pp} \ll E_{pe}$: طاقة الوضع الثقالية مهملة أمام طاقة الوضع الكهرساكنة.

-4 سرعة البروتون عندما يصل سطح الأرض

بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على البروتون بين h و 0، لدينا:

$E_c - 0 = W_{h\to 0}(\vec{F})$ ← $\dfrac{1}{2}mv^2 = e(V_h - V_0)$

← $v = \sqrt{\dfrac{2e}{m} \cdot V_h}$

ت.ع. $v = \sqrt{\dfrac{2 \times 1,6.10^{-19}}{1,67.10^{-27}} \times 84\ 000} = 4,0 \cdot 10^6\ m.s^{-1}$