

# أهبي، امتحان البكالوريا .. في مادة الفيزياء

Je prépare mon examen de baccalauréat en physique

## جزء الميكانيك

### (1) مبرهنة الطاقة الحركية:

(في معلم غاليلي) تغير الطاقة الحركية لجسم صلب (في حركة إزاحة أو في حركة دوران حول محور ثابت) بين لحظتين يساوي المجموع الجبري لأشغال القوى المطبقة عليه بين هاتين اللحظتين.

$$\Delta E_c = E_{c,f} - E_{c,i} \quad \text{مع} \quad \Delta E_c = \sum W\vec{F}_{ext}$$

● الطاقة الحركية بالنسبة لجسم صلب كتلته  $m$  وسرعته  $v$  في حركة إزاحة هي:  $E_c = \frac{1}{2} m.v^2$

● الطاقة الحركية بالنسبة لجسم صلب عزم قصوره  $J_\Delta$  في حركة دورانية:  $E_c = \frac{1}{2} J_\Delta . \omega^2$

$\omega$ : السرعة الزاوية ب:  $rad / s$  وتربطها بالسرعة الخطية العلاقة:  $v = r\omega$

### (2) شغل قوة ثابتة مطبقة على صلب في حركة إزاحة:

شغل قوة ثابتة  $\vec{F}$  مطبقة على جسم صلب في حركة إزاحة خلال انتقال نقطة تأثيرها من القطعة  $A$  إلى النقطة  $B$  هو:

$$W\vec{F}_{A \rightarrow B} = \vec{F} \cdot \overline{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\vec{F}, \overline{AB})$$

وحدة الشغل هي الجول ( $J$ )

### (3) شغل وزن جسم:

شغل وزن جسم خلال الانتقال من نقطة  $A$  إلى نقطة  $B$  تعطيه العلاقة التالية:

$$W\vec{P}_{A \rightarrow B} = m.g(z_A - z_B)$$

ملحوظة: يمكن استعمال العلاقة:  $W\vec{P}_{A \rightarrow B} = \vec{P} \cdot \overline{AB} = P \cdot AB \cdot \cos \alpha$  إذا كانت الزاوية بين  $\vec{P}$  و  $\overline{AB}$  معروفة.

### (4) الحركة المستقيمة المنتظمة:

تتميز الحركة المستقيمة المنتظمة بمسار مستقيمي وسرعة ثابتة.

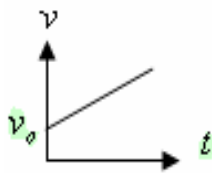
المعادلة الزمنية للحركة المستقيمة المنتظمة:  $x = v_x \cdot t + x_0$  إحداثية متجهة السرعة حسب المحور  $ox$  وهي قيمة جبرية.

### (5) الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام:

تتميز الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام بمسار مستقيمي وتسارع ثابت.

$$x = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + x_0$$

المعادلة الزمنية للحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام



دالة لسرعة للحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام:  $v = at + v_0$

عبارة عن مستقيم معاملته الموجه:  $\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  يساوي التسارع.

### (6) العلاقة المستقلة عن الزمن بين نقطتين $A$ و $B$ تكتب كما يلي: $v_B^2 - v_A^2 = 2.a_x(x_B - x_A)$

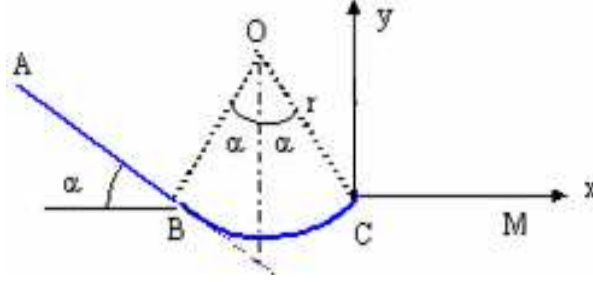
### (7) المراحل المتبعة لتطبيق القانون الثاني لنيوتن هي كما يلي:

- المرحلة الأولى: تحديد المجموعة المدروسة.  
المرحلة الثانية: جرد القوى وتمثيلها على الشكل.  
المرحلة الثالثة: كتابة العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن بالنسبة للمجموعة المدروسة (وهي علاقة متجهية).  
المرحلة الرابعة: اختيار معلم مناسب.  
المرحلة الخامسة: إسقاط العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن في هذا المعلم.

## تمارين تطبيقية

### التمرين الأول في الميكانيك:

نعتبر الاحتكاكات مهملة. متحرك  $K$ ، كتلته  $m$ ، نعتبره نقطة مادية، ونحرره بدون سرعة بدنية من نقطة  $A$  فينزل نحو النقطة  $B$  فوق مستوى مانل بزاوية  $\alpha$  بالنسبة للمستوى الأفقي. نضع  $AB = L$  المستوى المائل مرتبط في النقطة  $B$  بمسار دائري  $BC$  شعاعه  $r$ ، والذي ينتهي عند النقطة  $C$  الموجودة على نفس الخط الأفقي الذي يضم النقطة  $B$  (انظر الشكل).



نُعطى:  $\alpha = 45^\circ$  ،  $L = 7,07m$  ،  $r = 2m$  ،  $g = 10m/s^2$  ،  $m = 0,5kg$

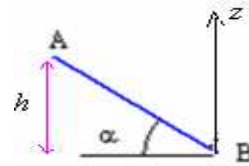
- أوجد سرعة الجسم عند مروره من النقطة  $B$  بدلالة  $L$  ،  $\alpha$  ،  $g$  . ثم احسب قيمتها.
- أعط مميزات سرعة الجسم في النقطة  $C$  .
- أعط بدلالة  $m$  ،  $g$  ،  $\alpha$  ،  $L$  ،  $r$  شدة القوة المطبقة من طرف سطح التماس على الجسم في النقطة  $B$  في كل من الحالتين التاليتين:
  - باعتبار المتحرك  $K$  يوجد فوق المستوى المائل (في النقطة  $B$ ).
  - باعتبار المتحرك  $K$  يوجد فوق القوس الدائري (في النقطة  $B$ ).
- أحسب شدة هذه القوة في كل من الحالتين السابقتين مبينا أنها لا تحتفظ بنفس الشدة على المسارين في نفس النقطة  $B$  .
- في المعلم  $(c, x, y)$  عبر بدلالة  $v_B$  ،  $g$  و  $\alpha$  عن المعادلة  $y = f(x)$  لمسار المتحرك  $K$  . باعتبار لحظة انطلاق الجسم من النقطة  $C$  أصلا للتواريخ.
- الجسم يسقط في النقطة  $M$  على المستوى الأفقي المار من  $BC$  . عبر بدلالة  $L$  و  $\alpha$  عن المسافة  $CM$  . ثم احسب قيمتها.

### تصحيح التمرين الأول في الميكانيك:

(1) الجسم المتحرك يخضع بين  $A$  و  $B$  للقوى التالية:  
 $\vec{P}$  : وزنه .

$\vec{R}$  : القوة المطبقة من طرف سطح التماس وهي عمودية عليا لأن التماس يتم بدون احتكاك .  
 بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم بين  $A$  و  $B$  .

$$\begin{aligned} \vec{W}\vec{R} = 0 \quad \text{مع} \quad \Delta E_C = W\vec{P}_{A \rightarrow B} + W\vec{R}_{A \rightarrow B} &\Leftarrow \Delta E_C = \Sigma W\vec{F}_{ext} \\ E_{C_B} - E_{C_A} = m.g(z_A - z_B) &\Leftarrow \\ E_{C_B} - 0 = mg(h - 0) & \end{aligned}$$



$$h = AB \cdot \sin \alpha \quad \Leftarrow \quad \sin \alpha = \frac{h}{AB}$$

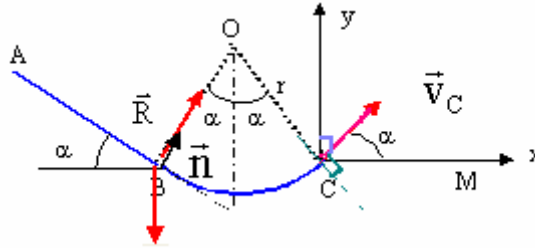
$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot \sin \alpha} = \sqrt{2 \times 10 \times 7,07 \times 0,707} \approx 10m/s \quad \Leftarrow \quad \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 = m \cdot g \cdot AB \cdot \sin \alpha \quad \text{إن :}$$

(2) بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم بين  $A$  و  $B$  .

$$W\vec{R} = 0 : \text{لدينا} \quad \Delta E_{C \rightarrow C} = W\vec{P}_{B \rightarrow C} + W\vec{R}_{B \rightarrow C} \Leftrightarrow \Delta E_C = \Sigma W\vec{F}_{ext}$$

$$\Delta E_{C \rightarrow C} = 0 : \text{وبالتالي} \quad W\vec{P} = m.g.(z_B - z_C) = 0 \quad \text{أي: } z_B = z_C : \text{ولدينا}$$

$$v_C = v_B = 10 \text{ m/s} \Leftrightarrow E_{C_B} = E_{C_C} : \text{أي } E_{C_B} - E_{C_C} = 0 \Leftrightarrow$$



متجهة السرعة في النقطة C مماسة للمسار في هذه النقطة وموجهة في منحنى الحركة.

(3)

1-3 المتحرك K يوجد فوق المستوى المائل (في النقطة B).

العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن تكتب كما يلي  $\vec{P} + \vec{R} = m.\vec{a}_G$  إسقاطها على العمودي على المستوى المائل والموجه نحو الأعلى

$$R = m.g.\cos\alpha = 0,5 \times 10 \times 0,707 \approx 3,5 \text{ N} \quad \Leftrightarrow \quad R - P.\cos\alpha = 0 \quad \text{هو :}$$

2-3 المتحرك K يوجد فوق القوس الدائري (في النقطة B)

العلاقة المعبرة عن القانون الثاني لنيوتن تكتب كما يلي  $\vec{P} + \vec{R} = m.\vec{a}_G$  إسقاطها في معلم فريني على المنظمي (B, n) يكتب كما يلي:

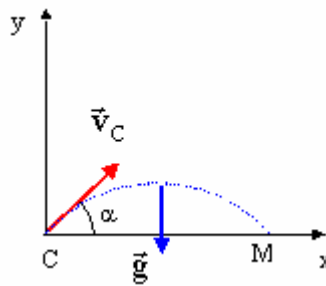
$$R = m.g.\cos\alpha + m.\frac{v_C^2}{r} = m.g.\cos\alpha + \frac{2.m.g.L.\sin\alpha}{r} = 0,5 \times 10 \times 0,707 + \frac{2 \times 0,5 \times 10 \times 7,07 \times 0,707}{2} \approx 28,5 \text{ N}$$

بمجرد الانتقال في نفس النقطة من فوق المستوى المائل إلى فوق القوس الدائري تتغير شدة القوة المطبقة من طرف سطح التماس ب: 25N

$$\vec{v}_C \begin{cases} v_{Cx} = v_C.\cos\alpha \\ v_{Cy} = v_C.\sin\alpha \end{cases} \Leftrightarrow \quad (c, x, y) \text{ المعلم في مركبتين}$$

$$\begin{cases} v_x = v_C.\cos\alpha \\ v_y = -g.t + v_C.\sin\alpha \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Leftrightarrow \vec{P} = m.\vec{a}_G \Leftrightarrow \text{الجسم بعد مغادرته C يخضع لوزنه فقط :}$$

$$y = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{v_C^2.\cos^2\alpha} + x.tg\alpha \quad \text{معادلة المسار:} \Leftrightarrow \begin{cases} x = (v_C.\cos\alpha).t \\ y = -\frac{1}{2}.g.t^2 + (v_C.\sin\alpha).t \end{cases}$$



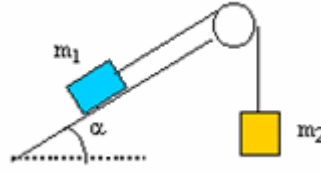
$$y = -\frac{1}{2}.g.\frac{x^2}{2.gL.\sin\alpha.\cos^2\alpha} + x.tg\alpha \quad \Leftrightarrow \quad v_C^2 = 2g.L.\sin\alpha$$

$$0 = -\frac{1}{2}.g.\frac{x_M^2}{2.gL.\sin\alpha.\cos^2\alpha} + x_M.tg\alpha \quad \Leftrightarrow \quad y = 0 : \quad \text{في النقطة M : (5)}$$

$$x_M = 4.L.\sin^2\alpha \times \cos\alpha = 4 \times 7,07 \times 0,707^2 \times 0,707 \approx 10 \text{ m} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{x_M^2}{4.L.\sin\alpha.\cos^2\alpha} = x_M.tg\alpha$$

### التمرين الثاني في الميكانيك

نعتبر المجموعة الممثلة بالشكل أسفله والمكونة من جسم صلب كتلته  $m_1$  يتحرك بدون احتكاك فوق مستوى مائل بزاوية  $\alpha = 30^\circ$  بالنسبة للمستوى الأفقي ، ومرتبطة بخيط غير قابل للمد بجسم صلب كتلته  $m_2$  ويمر بمجرى بكرة كتلتها مهملة . الخيط كتلته مهملة، ولا ينزلق والاحتكاك مع الهواء مهمل.

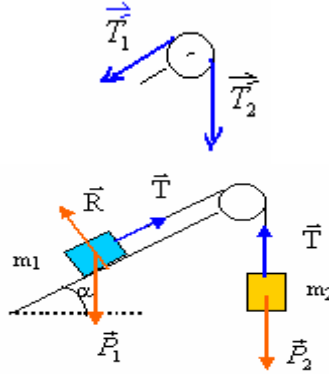


- (1) انقل الشكل ومثل عليه القوى المطبقة على كل من الجسمين (1) و (2).
- (2) احسب قيمة الخارج  $\frac{m_1}{m_2}$  لكي تكون المجموعة في حالة توازن.
- (3) في الواقع  $m_2 = 3m_1$  ونحرر المجموعة بدون سرعة بدئية.
  - (1-3) - بين أن المجموعة تصبح في حالة حركة وحدد منحى حركتها.
  - (2-3) - احسب تسارع كل من الجسمين (1) و (2).
  - (3-3) - احسب توتر الخيط المستعمل في حالة:  $m_1 = 0,5kg$ .
- (4) عندما يقطع كل من الجسمين (1) و (2) مسافة  $15cm$  ينفصل الخيط عن الجسمين .
  - (1-4) - احسب الطاقة الحركية للجسم (1) في لحظة انفصال الخيط.
  - (2-4) - كيف يصبح توتر الخيط .
  - (3-4) - بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية احسب المسافة  $d$  التي سيقطعها الجسم (1) قبل أن يتوقف لينطلق نحو الأسفل.

### تصحيح التمرين الثاني في الميكانيك:

(1)

**ملحوظة:** بما أن كتلة البكرة مهملة ، فإن عزم قصورها منعدم وبالتالي الخيط (1) و (2) لهما نفس التوتر .  
 لأن:  $J_{\Delta} \cdot \ddot{\theta} = 0 \Leftrightarrow M\vec{T}_2 - M\vec{T}_1 = 0 \Leftrightarrow T_2 \cdot r - T_1 \cdot r = 0 \Leftrightarrow T_1 = T_2 = T$  توتر الخيط.



(2) عند التوازن لدينا:  $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$

بالنسبة للجسم (1):  $\vec{P}_1 + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}$  بالإسقاط على المحور الموازي للمستوى المائل والموجه نحو الأعلى

$$T = m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha \quad \Leftrightarrow -P_1 \cdot \sin \alpha + 0 + T = 0$$

بالنسبة للجسم (2):  $\vec{P}_2 + \vec{T} = \vec{0}$  بالإسقاط على المحور الرأسي والموجه نحو الأسفل.  $T = m_2 \cdot g \Leftrightarrow P_2 - T = 0$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin 30} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad \Leftrightarrow \quad m_2 \cdot g = m_1 \cdot g \cdot \sin \alpha \quad \text{ومنه :}$$

(3) بما أن الخيط غير قابل للمد فإن الجسمين لهما نفس التسارع :  $a_1 = a_2 = a$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن :

بالنسبة للجسم (1):  $\vec{P}_1 + \vec{R} + \vec{T} = m_1 \cdot \vec{a}$  بالإسقاط على المحور الموازي للمستوى المائل والموجه نحو الأعلى

$$T = m_1 \cdot (a + g \cdot \sin \alpha) \quad \Leftrightarrow -P_1 \cdot \sin \alpha + 0 + T = m_1 \cdot a$$

بالنسبة للجسم (2):  $\vec{P}_2 + \vec{T} = m_2 \cdot \vec{a}$  بالإسقاط على المحور الرأسي والموجه نحو الأسفل.

$$T = m_2 \cdot (g - a) \quad \Leftrightarrow P_2 - T = m_2 \cdot a$$

$$a = \frac{g(m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha)}{m_1 + m_2} \Leftrightarrow m_2(g - a) = m_1(a + g \cdot \sin \alpha) : \text{ومنه}$$

إذا كانت  $a > 0$  يكون للحركة نفس المنحى الذي تم اختياره وإذا كانت سالبة يكون لها المنحى المعاكس.

$$\frac{m_2}{m_1} > 0,5 : \text{أي} \quad \frac{m_2}{m_1} > \sin \alpha \quad \Leftrightarrow \quad m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha > 0 \quad \text{إذا كان} \quad a > 0 \quad \text{يكون التسارع}$$

ومن خلال المعطيات لدينا :  $m_2 = 3m_1$  إذن :  $\frac{m_2}{m_1} = 3 > 0,5$  وبالتالي الجسم (1) ينتقل نحوى الأعلى و(2) نحو الأسفل.

$$a = \frac{g(m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha)}{m_1 + m_2} = \frac{g(3m_1 - m_1 \cdot \sin \alpha)}{m_1 + 3m_1} = \frac{g(3 - \sin \alpha)}{4} = \frac{9,8(3 - 0,5)}{4} = 6,125 \text{ m/s}^2 \quad (2-3)$$

$$T = m_1(a + g \cdot \sin \alpha) = 0,5(6,125 + 9,8 \times 0,5) = 5,5 \text{ N} \quad (3-3)$$

(4) (1-4) الطاقة الحركية للجسم (1) في لحظة انفصال الخيط :  
بتطبيق العلاقة المستقلة عن الزمن بين اللحظة البدئية ولحظة انفصال الخيط.  
 $v^2 - v_0^2 = 2.a.x$  ولدينا  $v_0 = 0$   $\Leftrightarrow$  مربع السرعة عند انفصال الحبل عن المجموعة:  
 $v^2 = 2 \times 6,125 \times 0,15 = 1,84 \text{ (m/s)}^2$

$$E_c = \frac{1}{2} m_1 \cdot v^2 = 0,5 \times 0,5 \times 1,84 = 0,46 \text{ J}$$

(2-4) توتر الخيط ينعدم .

(3-4) بتطبيق مبرهنة الطاقة الحركية على الجسم (1) بين لحظة انفصال الخيط ولحظة توقف الجسم :  
 $E_{cf} - E_{ci} = W\vec{P} + W\vec{R}$  ولدينا :  $E_{cf} = 0$  عند التوقف و  $W\vec{R} = 0$  .  
إذن :  $-E_{ci} = W\vec{P}$  أي :  $-\frac{1}{2} m_1 \cdot v^2 = -m_1 \cdot g \cdot d \cdot \sin \alpha$  شغل الوزن مقاوم خلال الانتقال  $d$  .  
ومنه :  $d = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot \sin \alpha} = \frac{1,84}{2 \times 9,8 \times 0,5} = 0,19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$

## جزء الكهرباء

### ثنائي القطب RC

#### (1) سعة المكثف :

تناسب شحنة المكثف مع التوتر المطبق بين مربطيه و معامل التناسب بينهما ثابتة تميز المكثف ،تسمى : سعة المكثف .  
تناسب شحنة المكثف إطرادا مع التوتر المطبق بين مربطيه . يرمز إليها بـ C .

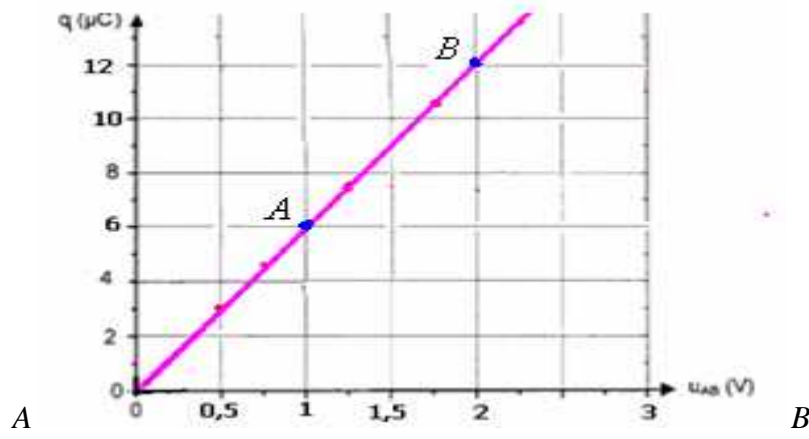
$$q = C \cdot U_{AB}$$

Le Farad

F : نرسم إليه بـ :

وحدة سعة المكثف في النظام العالمي للوحدات هي الفاراد

#### (2) التحديد المبياني لسعة المكثف :



سعة المكثف تمثل المعامل الموجه للمستقيم الذي يمثل تغيرات شحنة المكثف بدلالة التوتر المطبق بين مرطبيه.

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta U_{AB}} = \frac{(13,5 - 1,5) \times 10^{-6} C}{(2,25 - 0,25)V} = 6 \cdot 10^{-6} F = 6 \mu F$$

### (3) تجميع المكثفات :

التركيب على التوالي : يستعمل لتخفيض السعة.

$$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}$$

بالنسبة لعدة مكثفات مركبة على التوالي ، سعة المكثف المكافئ :

التركيب على التوازي : يستعمل لتضخيم السعة:

$$C = \sum C_i$$

بالنسبة لعدة مكثفات مركبة على التوازي ، سعة المكثف المكافئ :

### (4) الطاقة المخزونة في المكثف:

الطاقة المخزونة في مكثف سعته  $C$  إذا كان التوتر بين مرطبيه هو:  $u_C$  تعطى العلاقة التالية:

$$\xi = \frac{1}{2} C u_C^2$$

الطاقة  $\xi$  بالجول:  $J$ .

السعة  $C$  بالفاراد  $F$ .

$u_C$  بالفولط  $V$ .

من خلال علاقة تعريف سعة المكثف هناك علاقتين تمكنان كذلك من تحديد الطاقة المخزونة في المكثف:

$$q = C u_C \Rightarrow C = \frac{q}{u_C} \Rightarrow \xi = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{u_C} u_C^2 = \frac{1}{2} q u_C$$

$$q = C u_C \Rightarrow u_C = \frac{q}{C} \Rightarrow \xi = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} C \left( \frac{q}{C} \right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$$

### (5) شحن المكثف :

#### (أ) المعادلة الفاضلية:

نظرا لوجود العازل الكهربائي بين اللبوسين فإن المكثف يعتبر عازلا للتيار الكهربائي في التيار الكهربائي المستمر. لكن يمكن شحنه خلال مدة زمنية جد وجيزة باستعمال مولد (رتبة صاعدة للتوتر).

أي عند لحظة ربط المولد بالمكثف من أجل الشحن يكون في البداية عند  $t = 0$  ، التوتر بين مرطبي المكثف  $u = 0$ .

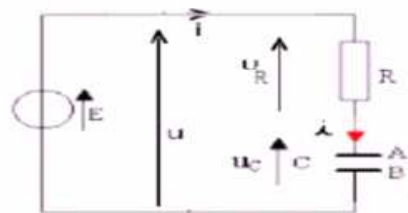
نعلق الدارة في لحظة نعتبرها أصلا للتواريخ.

بتطبيق قانون إضافته لتوترات :

$$u = E \quad \text{من جهة لدينا :}$$

$$u = u_R + u_C \quad \text{ومن جهة أخرى لدينا :}$$

$$u_R + u_C = E \quad \text{إذن:}$$



$$u_R = R \cdot i \quad \text{مع: (قانون أوم بالنسبة لموصل أومي)}$$

بما أن شحنة المكثف تتناسب إطراداً مع التوتر المطبق بين مربطيه:  $q = c.u_c$

$$i = \frac{dq}{dt} = c \frac{du_c}{dt} \quad \text{و} \quad i = \frac{dq}{dt} \quad \text{فهي تساوي:}$$

العلاقة السابقة تصح كما يلي:  $R.c \frac{du_c}{dt} + u_c = E$  المعادلة التفاضلية للتوتر بين مربطي المكثف خلال الشحن.

ونسمي المقدار  $\tau = R.C$  **تأينة الزمن** ، وبذلك المعادلة السابقة تصبح:  $\tau \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = E$  المعادلة التفاضلية.

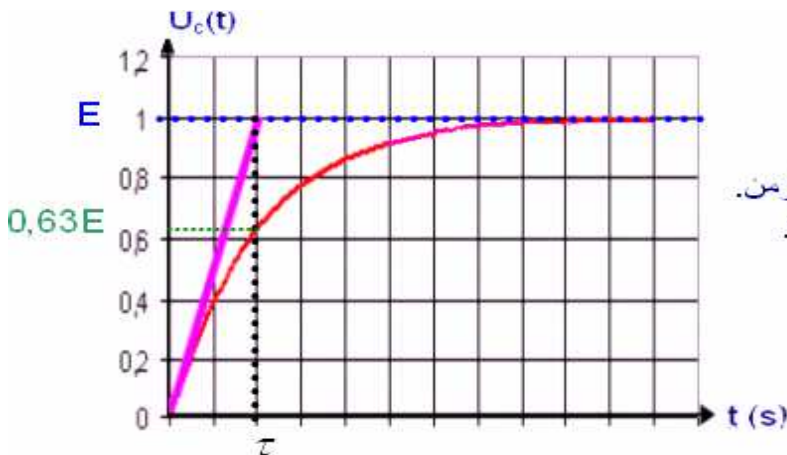
**(ب) حل المعادلة التفاضلية:**

إن حل المعادلة التفاضلية:  $\tau \cdot \frac{du_c}{dt} + u_c = E$  يكتب كما يلي:  $(1) u_c(t) = Ae^{-m.t} + B$

التوابث  $A$  ،  $m$  و  $B$  يتم تحديدها بالتعويض في المعادلة التفاضلية وباستعمال الشروط البدئية.

وبذلك الحل النهائي يكتب كما يلي:  $u_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  مع  $\tau = R.C$

المنحنى الذي يمثل الدالة  $u_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$



يبرز المنحنى وجود نظامين :

- نظام انتقالي : يتزايد خلاله التوتر مع الزمن.

- نظام دائم : بحيث يأخذ التوتر قيمة ثابتة.

ملحوظة: المقدار  $\tau$  له بعد زمني ، ولذلك يسمى تأينة الزمن لثنائي القطب  $RC$  ، ويتضح ذلك من

$$\tau = R.C$$

**(ج) طريقة تحديد تأينة الزمن  $\tau$**

نعطي للمتغيرة  $t$  في العلاقة  $u_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  القيمة  $t = \tau$ .

فحصل على قيمة التوتر بين مربطي المكثف الموافق ل:  $t = \tau$  فهو :  $u_c = E(1 - e^{-1}) \approx 0,63E$

**(د) تعبير شدة تيار الشحن في الدارة  $RC$ :**

لدينا من خلال دارة الشحن السابقة :  $u_R + u_c = E$  إذن:  $u_R = E - u_c$  مع  $u_R = R.i$

$$i = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{ومنه} \quad R.i = E - E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = Ee^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{أي:}$$

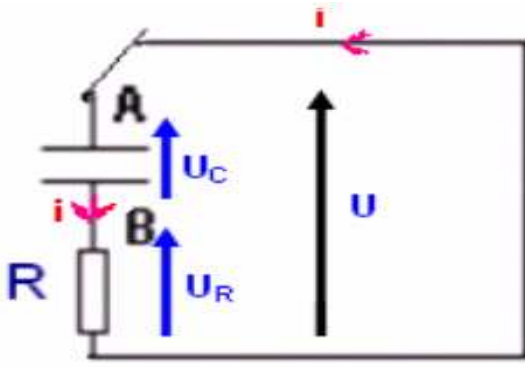
ملحوظة: مدة الشحن جد قصيرة ، فخلال حوالي  $5\tau$  تكون عملية الشحن قد انتهت وهي أقل من  $5s$ .

**(6) تفريغ مكثف :**

**(أ) المعادلة التفاضلية:**

عندما يصبح المكثف مشحوناً يمكن تفريغه بعزله عن المولد وربط لبوسيه بواسطة موصل أومي.

وبذلك يكون التوتر بين مربطيه عند اللحظة  $t = 0$  ،  $u = E$  ثم يصبح منعدماً عند  $t > 0$  (أي : خضع لرتبة نازلة للتوتر)



بتطبيق قانون إضافية لتوترات :  
 لدينا من جهة  $u = 0$   
 ومن جهة أخرى:  $u = u_R + u_C$   
 إذن :  $u_R + u_C = 0$   
 أي :  $Ri + u_C = 0$   
 ولدينا :  $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(Cu_C)}{dt} = C \frac{du_C}{dt}$   
 إذن العلاقة السابقة تصبح:  
 $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$

بما أن :  $\tau = RC$  العلاقة تصبح:  $\tau \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$  المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر بين مربطي المكثف خلال التفريغ.

### (ب) حل المعادلة التفاضلية:

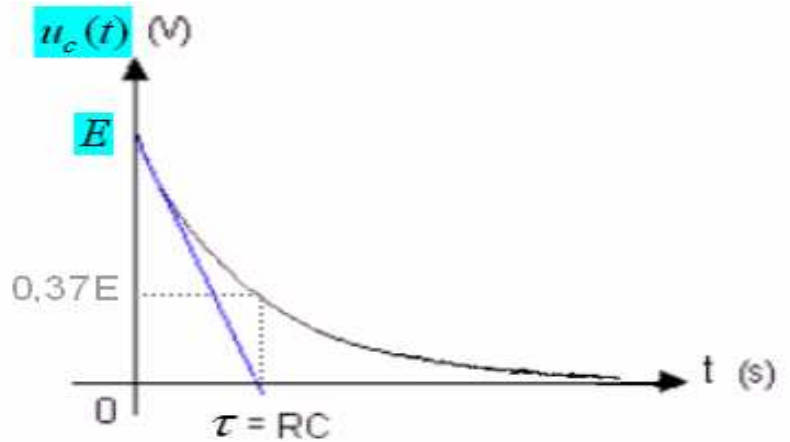
حل المعادلة التفاضلية:  $\tau \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$  يكتب كما يلي:  $(1) u_C(t) = Ae^{-m.t} + B$

التوابت  $A$ ،  $m$  و  $B$  يتم تحديدها بالتعويض في المعادلة التفاضلية وباستعمال الشروط البدئية.

وبذلك الحل النهائي يكتب كما يلي:  $u_C(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$  مع  $\tau = RC$ .

هذا المنحنى يمثل الدالة :

$$u_C(t) = E e^{-\frac{t}{\tau}}$$



لتحديد قيمة  $\tau$  نستعمل طريقة المماس عند  $t=0$  أو قيمة التوتر عند اللحظة  $t = \tau$  الذي يأخذ القيمة  $0,37E$ .  
 كلما كانت  $\tau$  صغيرة كلما كانت مدة التفريغ أسرع.

### (ج) تعبير شدة تيار التفريغ في الدارة RC :

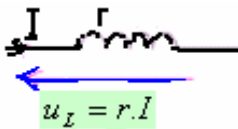
لدينا من خلال دارة التفريغ السابقة :  $u_R + u_C = 0$  إذن:  $u_R = -u_C$  مع  $u_R = Ri$

$$i = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{ومنه :} \quad Ri = -E e^{-\frac{t}{\tau}}$$

## ثنائي القطب RL

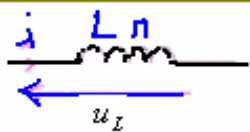
### (1) التوتر بين مربطي الوشيجة :

في التيار الكهربائي المستمر تتصرف الوشيجة كموصل أومي .



التوتر بين مربطي وشيجة مقاومتها  $r$ ، في التيار الكهربائي المستمر :  $u_I = r \cdot i$

في التيار الكهربائي المتغير الوشيجة لها دور تحريضي : بحيث تقاوم قيام وانقطاع التيار الكهربائي في الدارة.



$$u_I = r \cdot i + L \frac{di}{dt}$$

التوتر بين مربطي الوشيجة في التيار الكهربائي المتغير :

$L$  معامل تحريض الوشيجة : يعبر عنه ب : بالهنري :  $H$ .

### (2) الطاقة المخزونة في وشيجة :



تناسب الطاقة المخزونة في وشيعة مع معامل تحريضها  $L$ ، ومع مربع شدة التيار الكهربائي الذي يعبر عنها :

$$\xi_m = \frac{1}{2} L i^2$$

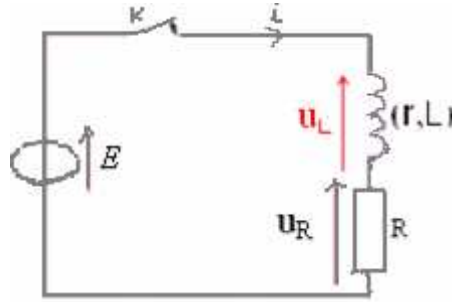
بـ: بالجول (J)

$L$  : بالهنري (H) وشدة التيار  $i$  بالأمبير (A).

### 3) مقاومة الوشيعة لإقامة التيار في الدارة :

(أ) التركيب التجريبي :

نركب على التوالي موصلًا أوميًا مقاومته  $R$  و وشيعة معامل تحريضها الذاتي  $L$  ومقاومتها  $r$ ، ونخضعه لرتبة صاعدة للتوتر.



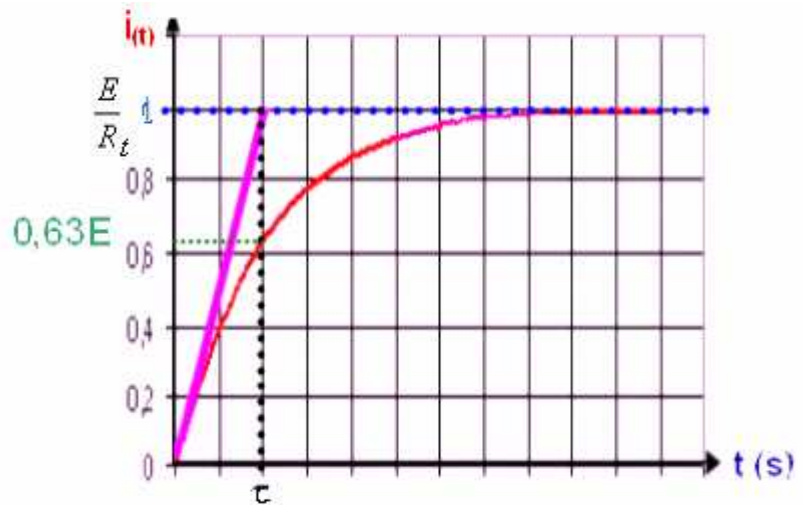
(ب) المعادلة التفاضلية :

بتطبيق قانون إضافية التوترات نحصل على المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار في الدارة هي:  $\tau \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$

(ج) حل المعادلة التفاضلية :

$$\text{الحل النهائي يكتب كما يلي: } i_{(t)} = \frac{E}{R_t} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ مع } \tau = \frac{L}{R_t}$$

$$\text{فنحصل على المنحنى الذي يمثل الدالة } i_{(t)} = I_0 (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ مع } I_0 = \frac{E}{R_t}$$



يمثل هذا المنحنى التأخر الزمني الذي يحدث عند إقامة التيار في دارة تضم وشيعة .

(هـ) طريقة تحديد ثابتة الزمن :

الطريقة الأولى: نعطي للمتغيرة  $t$  - إما في العلاقة :  $u(t) = Ee^{-\frac{t}{\tau}}$  القيمة  $t = \tau$ .

فنحصل على قيمة التوتر بين مربطي الوشيعة الموافق ل:  $t = \tau$  فهو :  $u_c = Ee^{-1} \approx 0.37E$

- أو في العلاقة :  $i_{(t)} = I_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

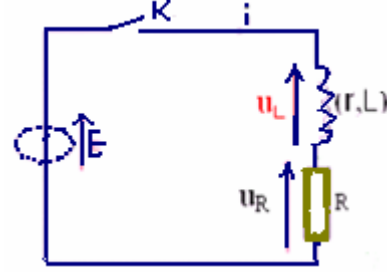
فنحصل على قيمة شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الدارة الموافق ل:  $t = \tau$  فهو:  $i = I_0(1 - e^{-1}) = 0.63I_0$

الطريقة الثانية: برسم المماس للمنحنى عند اللحظة  $t = 0$  فهو يتقاطع مع المقارب  $u_L = \frac{E}{R_t}$

في اللحظة  $t = \tau$  (انظر الشكل) . ومع محور الزمن بالنسبة للتوتر.

4) مقاومة الوشيعة لإنقطاع التيار الكهربائي في الدارة: (تعطل انقطاع التيار في الدارة)

عند فتح قاطع التيار الكهربائي  $K$  يتغير التوتر بين مربطي ثنائي القطب  $RL$  من القيمة  $E$  إلى صفر، (نقول أنه خضع إلى رتبة توتر نازلة).



$$u_L + u_R = 0$$

بتطبيق قانون التوترات نجد :

$$L \frac{di}{dt} + (r + R)i = 0 \quad \Leftrightarrow \quad (L \frac{di}{dt} + ri) + Ri = 0 \quad \text{أي:}$$

$$\frac{L}{R+r} \cdot \frac{di}{dt} + i = 0 \quad \text{التي يمكن كتابتها كما يلي :} \quad \text{مع } \tau = \frac{L}{R+r}$$

حل هذه المعادلة يكتب كما يلي:  $i = Ae^{-mt} + B$  بالتعويض وباعتبار الشروط البدئية نحصل على :

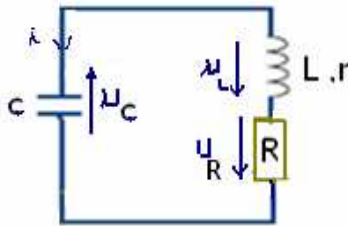
$$i = \frac{E}{R_t} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

## ثنائي القطب RLC

### (1) المعادلة التفاضلية لدارة RLC.

تعتبر التركيب التالي:

حسب قانون إضافية التوترات:  $u_C + u_R + u_L = 0$



$$u_R = Rc \frac{du_c}{dt}$$

$$\Leftrightarrow i = \frac{dq}{dt} = c \frac{du_c}{dt}$$

$$\text{مع} \quad u_R = Ri$$

$$\text{و} \quad u_L = ri + L \frac{di}{dt}$$

$$Lc \frac{d^2 u_c}{dt^2} + R_t c \frac{du_c}{dt} + u_c = 0 \Leftrightarrow$$

$$\text{إذن:} \quad u_c + (R+r)c \frac{du_c}{dt} + Lc \frac{d^2 u_c}{dt^2} = 0$$

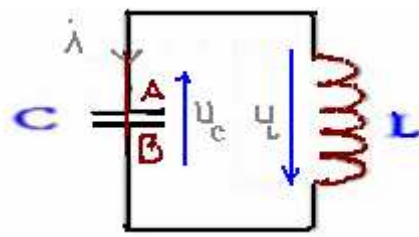
$$\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{R_t}{L} \cdot \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{LC} \cdot u_c = 0$$

ونحصل على المعادلة التفاضلية لدارة متواليات RLC :

المقدار:  $\frac{R_t}{L} \cdot \frac{du_c}{dt}$  ناتج عن ظاهرة الخمود (بانعدامه يزول الخمود).

### (2) التذبذبات غير المخمدة في دارة مثالية LC

تعتبر التركيب التالي المكون من مكثف سعته  $C$ ، ووشية معامل تحريضها الذاتي  $L$  ومقاومتها منعدمة. هذه دارة مثالية لأنه كلما كانت الوشية فإن مقاومتها غير مهملة وبالتالي فهذا تركيب مثالي يصعب تحقيقه تجريبيا.



حسب قانون إضافية التوترات نجد:  $u_L + u_c = 0$  (1)

$$u_L = Lc \frac{d^2 u}{dt^2}$$

مع  $u_L = L \frac{di}{dt}$  إذن  $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(cu_c)}{dt} = c \frac{du_c}{dt}$

ونحصل على المعادلة التفاضلية التالية:  $\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{1}{Lc} u_c = 0$

حل المعادلة التفاضلية:  $\frac{d^2 u_c}{dt^2} + \frac{1}{Lc} u_c = 0$  هو عبارة عن دالة جيبية يكتب كما يلي:

$$u_c(t) = U_m \cos(\omega_o t + \varphi) \quad \text{مع} \quad \omega_o = \frac{2\pi}{T_o} \quad \text{النبض الخاص.}$$

$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  النبض الخاص للدارة المتذبذبة  $LC$ ، وحدته  $rad/s$ .

$U_m$ : وسع التذبذبات وهي القيمة القصوى للتوتر  $u_c(t)$ .

$\frac{2\pi}{T} t + \varphi$ : طور التوتر عند اللحظة ذات التاريخ  $t$ .

$\varphi$ : الطور عند أصل التواريخ. (بالراديان  $rad$ ).

$T_o = 2\pi\sqrt{LC}$ : الدور الخاص للتذبذبات.

الثابتين  $U_m$  و  $\varphi$  تحددان باستعمال الشروط البدئية للتوتر  $u_c$  وشدة التيار الكهربائي  $i$ .

### (3) طاقة الدارة المثالية LC.

الطاقة الكلية المخزونة في الدارة المثالية LC تساوي في كل لحظة مجموع الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف  $\xi_e$  والطاقة المغناطيسية  $\xi_m$  المخزونة في الوشبة.

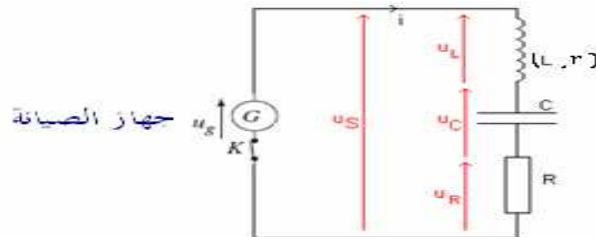
$$\xi_t = \xi_e + \xi_m = \frac{1}{2} c u_c^2 + \frac{1}{2} L i^2$$

$$\xi_t = \frac{1}{2} c U_m^2 = \frac{1}{2} L i_m^2 \quad \text{(4) الطاقة الكلية لدارة مثالية LC}$$

استنتاج: خلال التذبذبات غير المخمدة تتحول الطاقة الكهربائية في المكثف إلى طاقة مغناطيسية في الوشبة والعكس.

### (5) صيانة التذبذبات:

يمكن صيانة التذبذبات في دارة متوالية RLC، ويتم ذلك باستعمال مولد G يزود الدارة بطاقة تعوض الطاقة المبددة بمفعول جول على مستوى المقاومة الكلية للدارة.



المولد G يزود الدارة بتوتر يتناسب اطرادا مع شدة التيار الكهربائي الذي يعبر الدارة.  $u_g = R_o i$  (مع  $R_o = R + r$ ) وهو يتصرف كمقاومة سالبة.

بتطبيق قانون إضافية التوترات:  $u_g = u_R + u_C + u_L$

$$(1) \quad L \frac{di}{dt} + u_c = 0 \quad \Leftarrow \quad (R + r)i = R.i + u_c + r.i + L \frac{di}{dt} \quad \text{أي:}$$

$$\frac{di}{dt} = c \frac{d^2 u_c}{dt^2}$$

$$\text{وبما أن: } i = \frac{dq}{dt} = c \frac{du_c}{dt} \text{ فإن:}$$

إذن (1) تصبح:  $LC \frac{du_c}{dt} + u_c = 0$ . وهي المعادلة التفاضلية المميزة للدائرة المثالية ذات المقاومة المهملة.

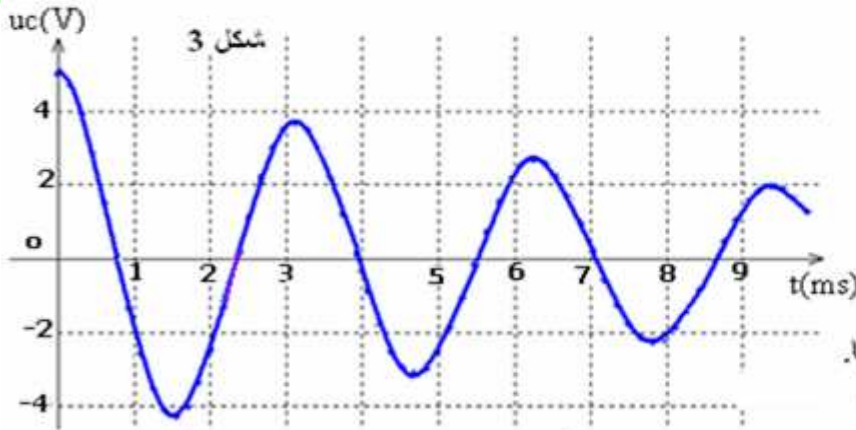
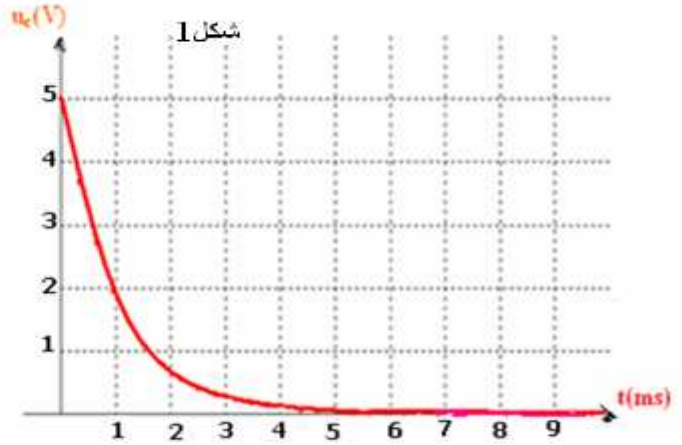
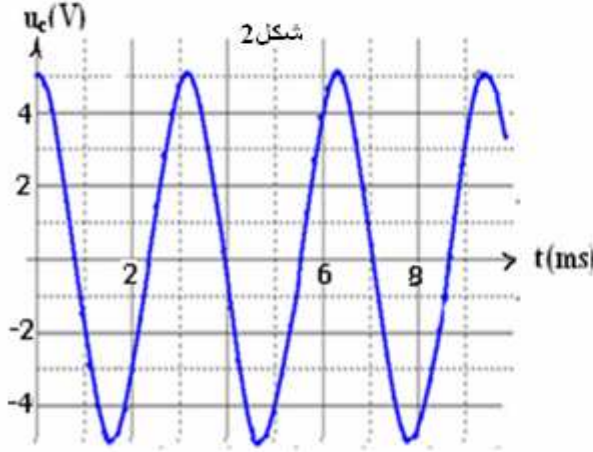
## تمارين تطبيقية في الكهرباء

### التمرين الأول في الكهرباء

نشحن مكثفا سعته  $C = 1\mu F$  بواسطة مولد ذي توتر ثابت  $E$ . بعد إنهاء عملية الشحن نركب المكثف بين مربطي ثنائي قطب. هذا الثنائي قطب هو:

- وشيعة معامل تحريضها  $L$  ومقاومتها مهملة.
- أو وشيعة معامل تحريضها  $L$  ومقاومتها  $r$  غير مهملة.
- أو موصلا أوميا مقاومته  $R$ .

الأشكال (1)، (2)، و(3) تعطي التغير بدلالة الزمن للتوتر  $u_c$  بين مربطي المكثف المحصل عليه بالنسبة لكل من هذه الثنائيات القطب.



(1) أقرن لكل شكل الثنائي القطب الموقف. معطلا اختيارك. ثم أعط وصفا مختصرا للظاهرة الفيزيائية المشاهدة في كل حالة.

(2) كل من الظواهر السابقة تتميز بزمن مميز لها. عرف هذا الزمن ثم احسب قيمته (في كل حالة).

(3) استنتج قيمة المقاومة  $R$  للموصل الأومي و لمعامل التحريض  $L$  للوشيعة.

(4) بالنسبة لكل ثنائي قطب :

(أ) أعط التركيب لمكون من المكثف والثنائي القطب المدروس.

(ب) أوجد علاقة التوترات بين مرابط المركبات لمكونة لكل دائرة.

(ج) أوجد المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر  $u_c$  بين مربطي المكثف.

(5) نعتبر حالة تفريغ المكثف في وشيعة مقاومتها منعدمة. ما الطاقات الكامنة في الدارة؟ احسب هذه الطاقات في اللحظة  $t = 0$

(6) نعتبر حالة تفريغ المكثف في وشيعة مقاومتها غير منعدمة. ما الطاقة المفقودة خلال الشبه الدور الأول؟ كيف فقدت هذه الطاقة؟

### تصحيح التمرين الأول في الكهرباء:

- (1) الشكل 1----- الدارة  $RC$  دائرة تفريغ المكثف لأنها لا تشتمل على مولد **الظاهرة** : **تفريغ المكثف**.  
 الشكل 2----- الدارة  $LC$  دائرة **مثالية** مقاومتها منعدمة. **الظاهرة** **صيانة الذبذبات الكهربائية في دائرة مثالية**.  
 الشكل 3----- الدارة  $RLC$  دائرة **خمود** الذبذبات في دائرة مقاومتها غير منعدمة **الظاهرة** : **ظاهرة الخمود**.

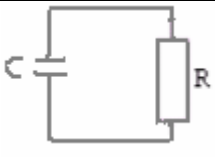
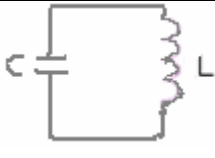
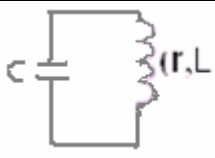
(2) في الشكل 1 ، ظاهرة: تفريغ المكثف. تتميز **بثابتة الزمن**  $\tau$  وقيمتها تحدد مبيانيا نحصل على:  $\tau = 1ms$ .

ظاهرة صيانة الذبذبات الكهربائية في دائرة مثالية . تتميز **بالدور الخاص**  $T_o$  وقيمته تحدد مبيانيا . نحصل على  $T_o = 3ms$  .  
ظاهرة خمود الذبذبات في دائرة  $RLC$  . تتميز **بشبه الدور**  $T$  وقيمته تحدد مبيانيا . نحصل على  $T \approx T_o = 3ms$  .

$$R = \frac{\tau}{C} = \frac{10^{-3}}{10^{-6}} = 10^3 \Omega = 1K\Omega \quad (3)$$

$$L = \frac{T_o^2}{4\pi^2 \cdot C} = \frac{(3 \cdot 10^{-3})^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 10^{-6}} \approx 0,23H \quad \Leftrightarrow \quad T_o = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \quad \text{الدور الخاص:}$$

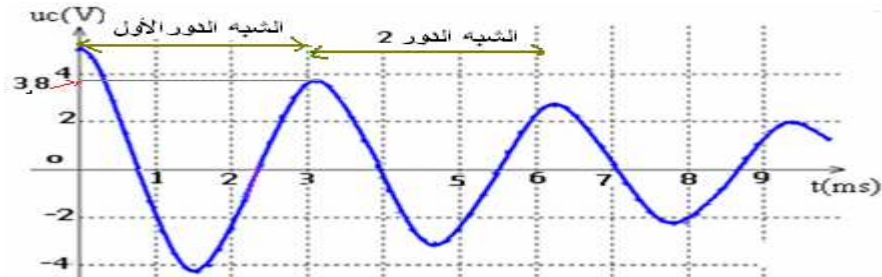
(4)

الشكل	الشكل 1	الشكل 2	الشكل 3
(أ) التركيب			
(ب) علاقة التوترات	$u_C + u_R = 0$	$u_C + u_L = 0$	$u_C + u_{(L,r)} = 0$
(ج) المعادلة التفاضلية	$R \cdot C \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$	$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{1}{L \cdot C} u_C = 0$	$L \cdot C \frac{d^2 u_C}{dt^2} + r \cdot C \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$

(5) الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف والطاقة المغناطيسية للشريحة.

$$\xi_m = 0 \quad \text{و} \quad \xi_e = \frac{1}{2} C \cdot u_c^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot 5^2 = 1,25 \cdot 10^{-5} J \quad \text{في اللحظة } t = 0$$

(6)



الطاقة المفقودة خلال الشبه الدور الأول هي:  $\xi = \xi_0 - \xi_3$

$$\xi_3 = \frac{1}{2} C \cdot u_c^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot (3,8)^2 = 7,22 \cdot 10^{-6} J \quad \text{و} \quad \xi_0 = \frac{1}{2} C \cdot u_c^2 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-6} \cdot 5^2 = 12,5 \cdot 10^{-6} J$$

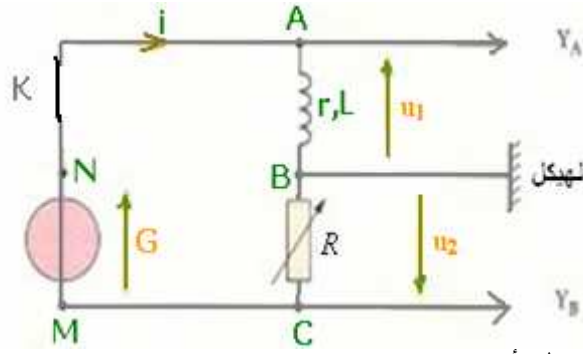
ومنه :  $\xi = 5,26 \cdot 10^{-6} J$  فقدت هذه الطاقة على شكل طاقة حرارية بمفعول جول نتيجة وجود المقاومة.

### التمرين الثاني في الكهرباء

(1) نمرر عبر وشيعة مقاومتها  $r$  ومعامل تحريضها  $L$  تيارا كهربائيا مستمرا شدته  $I = 300mA$  ونقيس التوتر بين مربطيهما فنحصل على:  $U = 6V$  .

(1-1) أوجد قيمة المقاومة  $r$  للشريحة معللا جوابك

من أجل تحديد قيمة معامل تحريض الشريحة نستعمل مولدا للترددات المخفضة ( $G.B.F.$ ) وننجز التركيب التالي:



ثم نضبط قيمة مقاومة الموصل الأومي  $R$  على أن تصبح  $R = r$ .  
نشاهد على شاشة راسم التذبذب في المدخل  $y_B$   $u_2(t)$  الشكل التالي:

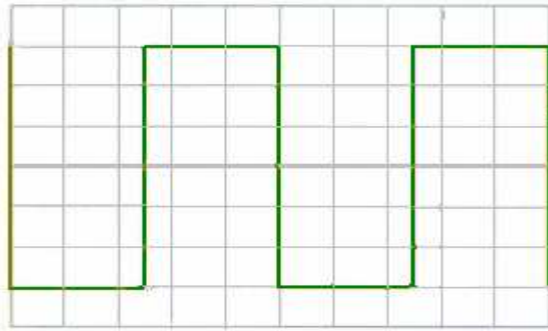


التكسح الأفقي:  $1ms/div$   
الحساسية الرأسية للمدخل:  $2V/div$

$u_2(t)$

(2-1) أوجد تردد المولد  $GBF$ .

(2) نضغط على الزر  $ADD$  الذي يمكن من مشاهدة المجموع  $u_s = u_1 + u_2$  على الشاشة فنحصل على الشكل التالي:



التكسح الأفقي:  $1ms/div$   
الحساسية الرأسية:  $2V/div$

(1-2) عبر عن التوتر  $u_1$  بدلالة  $r$ ،  $L$ ،  $\frac{di}{dt}$  و  $i$ .

(2-2) عبر عن التوتر  $u_2$  بدلالة  $r$  و  $i$ .

(3-2) عبر عن  $u_s$  بدلالة  $u_2$ ،  $L$  و  $r$ .

(3) باستثمار الشكلين السابقين والعلاقة المحصل عليها في السؤال (2-3) أوجد قيمة معامل التحريض  $L$  للوشية.

(4) (1-4) اوجد المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار  $i(t)$  المار في الدارة، عند فتح قاطع التيار  $K$ .

(2-4) حل هذه المعادلة التفاضلية هو:  $i(t) = Ae^{-k.t} + B$  حيث  $A$ ،  $B$  و  $K$  ثوابت. حدد تعبير كل منها.

(5) ماذا سيحدث خلال هذه الدراسة إذا وصلنا المربط  $M$  للمولد  $GBF$  بالهيكل؟

(6) احسب الطاقة القصوى المخزونة في الوشية.

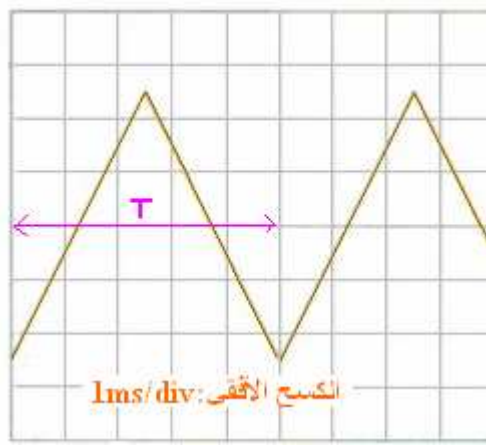
### تصحيح التمرين الثاني في الكهرباء

تمرين الفيزياء:

(1-1) في التيار الكهربائي المستمر تتصرف الوشية كموصل أومي، إذن التوتر بين مربطيهما:  $U = r.I$  ومنه:

$$r = \frac{U}{I} = \frac{6V}{300 \times 10^{-3} A} = \frac{6}{0,3} = 20\Omega$$

(2-1) - تردد المولد:



$$T = 1\text{ms} / \text{div} \times 5\text{div} = 5\text{ms} = 5.10^{-3}\text{ s}$$

$$N = \frac{1}{T} = \frac{1}{5.10^{-3}\text{ s}} = \frac{10^3}{5} = 200\text{Hz}$$

الدور:

والتردد:

$$u_1 = r.i + L \frac{di}{dt} \quad (1-2)$$

$$R = r \quad \text{لأن} \quad u_2 = -R.i = -r.i \quad (2-2)$$

$$u_s = u_1 + u_2 = r.i + L \frac{di}{dt} - r.i = L \frac{di}{dt} \quad (3-2)$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{1}{r} \cdot \frac{du_2}{dt} \quad \Leftarrow$$

$$i = -\frac{u_2}{r} \quad \Leftarrow$$

$$u_2 = -r.i$$

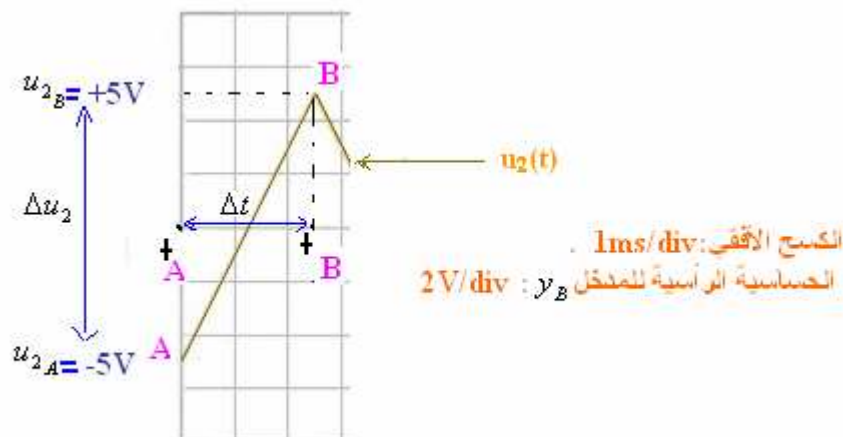
$$u_s = -\frac{L}{r} \cdot \frac{du_2}{dt} \quad \text{ومنه:}$$

(3)

$$(1) \quad L = -\frac{u_s \times r}{\frac{du_2}{dt}} \quad \text{نستخرج:} \quad u_s = -\frac{L}{r} \cdot \frac{du_2}{dt} \quad \text{من خلال العلاقة}$$

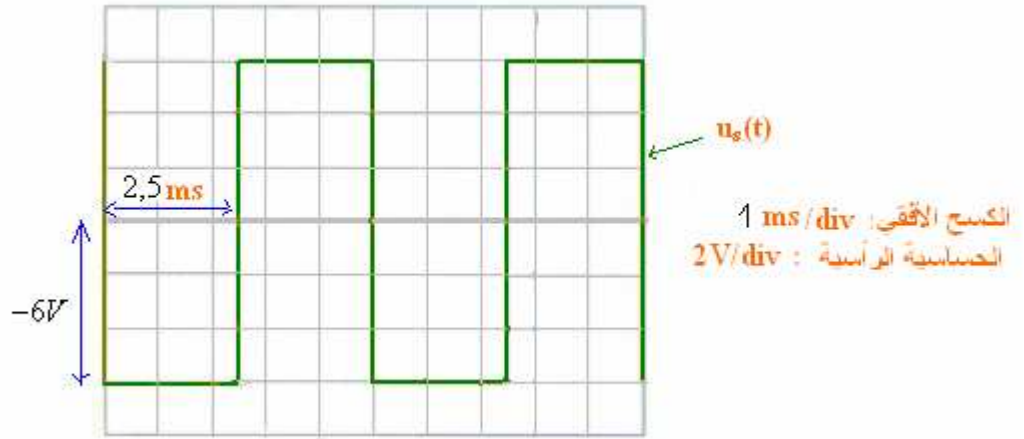
$u_2 = at + b$  من خلال الشكل الأول، في المجال  $\left[0, \frac{T}{2}\right]$  الجزء التصاعدي معادلته على الشكل

أي:  $\frac{du_2}{dt} = a$  مع  $a$  هو المعامل الموجه للمستقيم  $AB$ .



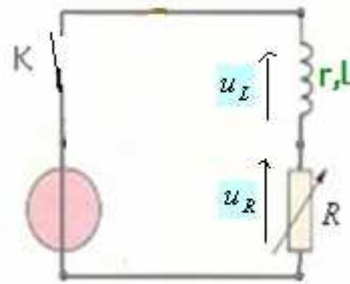
$$\frac{du_2}{dt} = 4 \times 10^3 \text{ V/s} \quad \text{إذن} \quad a = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = \frac{(u_2)_B - (u_2)_A}{t_B - t_A} = \frac{5 - (-5) \text{ V}}{(2,5 - 0) \times 10^{-3} \text{ s}} = \frac{10 \text{ V}}{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 4000 \text{ V/s}$$

ومن خلال الشكل الثاني: في المجال :  $\left[0, \frac{T}{2}\right]$  لدينا :  $u_s = -6 \text{ V}$



$$\text{وبالتعويض في العلاقة (1) نحصل على :} \quad L = -\frac{u_s \times r}{\frac{du_2}{dt}} = -\frac{-6 \times 20}{4 \times 10^3} = 0,03 \text{ H}$$

(4) (1-4) نعتبر الدارة :



خلال مدة وجيزة بعد إغلاق قاطع التيار ، يتجلى دور الوشيعية ، التحريضي ، في مقاومة انقطاع التيار الكهربائي في الدارة .  
بتطبيق قانون إضافية التوترات في الدارة السابقة:  $u_L + u_R = 0$  (1) عند فتح قاطع التيار (و خلال هذه الفترة المذكورة).

$$\text{أي:} \quad L \frac{di}{dt} + r \cdot i + R \cdot i = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{L}{2r} \frac{di}{dt} + i = 0 \quad \text{لأن} \quad R = r \quad \text{وهي المعادلة التفاضلية التي تحققها شدة التيار .}$$

(2-4) الحل هو :  $i(t) = Ae^{-k \cdot t} + B$  إذن :  $\frac{di}{dt} = -Ake^{-k \cdot t}$  وبالتعويض في المعادلة التفاضلية نحصل على :

$$Ae^{-k \cdot t} \left(1 - \frac{kL}{2r}\right) = -B \quad \Leftrightarrow \quad -\frac{L}{r+r'} Ake^{-k \cdot t} + Ae^{-k \cdot t} + B = 0$$

$$k = \frac{2r}{L} \quad \Leftrightarrow \quad \begin{cases} 1 - \frac{kL}{2r} = 0 \\ B = 0 \end{cases}$$

ومن خلال الشروط البدئية ، قبيل فتح قاطع التيار (ن.الدائم متحقق) :  $u_L = E$  أي  $i = \frac{E}{2r}$  بالتعويض في  $i(t) = Ae^{-\frac{2r}{L} \cdot t}$

$$\text{وبذلك يصبح الحل :} \quad A = \frac{E}{2r} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{E}{r+r'} = Ae^{-\frac{2r}{L} \times 0}$$

$$\text{وبالتالي الحل يكتب كما يلي :} \quad i(t) = \frac{E}{2r} e^{-\frac{2r}{L} \cdot t}$$



(5) إذا وصلنا المربط  $M$  للمولد  $GBF$  بالهيكل ستصبح:  $u_2 = 0$  يندم التوتر بين مربطي الموصل الأومي، والتوتر  $u_s = u_1$ . أي أننا أقصينا الموصل الأومي من الدارة بإخضاعه لمفعول الدارة القصيرة (on a court-circuité le conducteur ohmique)

$$(6) \text{ الطاقة القصوى المخزونة في الوشعة هي: } \xi_m = \frac{1}{2} L i_{\max}^2 \text{ مع: } (i_{\max})^2 = \left(-\frac{u_{2\max}}{r}\right)^2 = \left(\frac{5V}{20\Omega}\right)^2 = (0,25)^2 A^2$$

$$\text{ومنه: } \xi_m = \frac{1}{2} \times 0,03 \times (0,25)^2 \approx 9,4 \times 10^{-4} J$$

## جزء الموجات الموجات الميكانيكية:

تعريف:

الموجة الميكانيكية هي ظاهرة انتشار تشويه في وسط مادي مرن دون انتقال للمادة التي تكون هذا الوسط. وتكون **مستعرضة** إذا كان اتجاه تشويه الوسط عموديا على اتجاه انتشارها و**طولية** إذا كان اتجاه تشويه الوسط على استقامة واحدة مع اتجاه انتشارها.

$d$ : هي المسافة التي تقطعها الموجة خلال المدة  $\Delta t$

تنتشر الموجة في وسط الانتشار بسرعة ثابتة:  $v = \frac{d}{\Delta t}$

**ملحوظة:** سرعة انتشار موجة طول حبل متوتر:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$T$ : توتر الحبل ب ( $N$ )

$\mu = \frac{m}{\ell}$ : كتلة الحبل لوحدة الطول  
ب: ( $kg/m$ )

### الموجات الميكانيكية المتوالية:

الموجة الميكانيكية المتوالية هي تتابع مستمر، لا ينقطع، لإشارات ميكانيكية، ناتج عن اضطراب مصان ومستمر لمنبع الموجات.

**طول الموجة المتوالية:**

نسمى طول الموجة  $\lambda$  المسافة التي تقطعها الموجة خلال مدة زمنية تساوي دور اهتزاز المنبع  $T$ .

$$\lambda = v.T = \frac{v}{\gamma}$$

$\lambda$ : طول الموجة المتوالية. ( $m$ )

$v$ : سرعة انتشار الموجة. ( $m/s$ )

$\gamma$ : تردد الموجة المتوالية = تردد المنبع  $S$ . ( $Hz$ )

**التوافق والتعكس في الطور:**

نقطنان  $M$  و  $M'$  من وسط الإلتشار تهتزان **على توافق في الطور** إذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا صحيحا لطول الموجة

$$\lambda \cdot MM' = k\lambda \text{ مع } k \in \mathbb{N}^*$$

وإذا كانت المسافة بينهما تساوي عددا فرديا لنصف طول الموجة، فهما **تهتزان على تعكس في الطور**.  $MM' = (2k'+1) \frac{\lambda}{2}$

مع:  $k' \in \mathbb{N}$

**ظاهرة الحيود:**

الحيود ظاهرة تميز **الموجات**، وتحدث كلما صادفت موجة دورية حاجزا به شق عرضه  $a$  ولا تظهر إلا إذا كان عرض الشق أصغر أو مساو لطول الموجة الواردة.

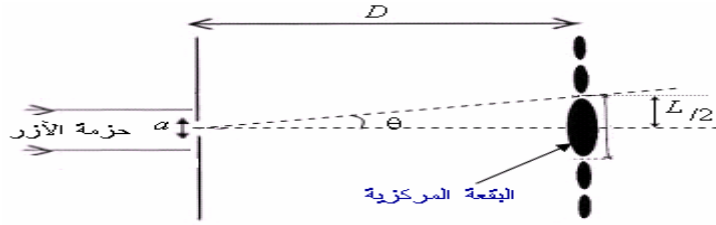
**ظاهرة التبدد:**

يكون وسط الإلتشار مبددا للموجات المتوالية إذا كانت سرعة انتشارها في هذا الوسط تتعلق بتردد المنبع.

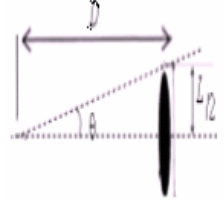
### الموجات الضوئية:

**حيود الضوء:**

عندما تجتاز حزمة ضوئية جد دقيقة (حزمة من أشعة الليزر مثلا) صفيحة بها شق عرضه  $a$  نحصل على ظاهرة حيود الضوء.



نشاهد على الشاشة بقعا مضيئة تتوسطها بقع مظلمة في اتجاه متعاقد مع اتجاه الشق .



من خلال الشكل السابق لدينا:  $tg\theta = \frac{L}{2D}$

بالنسبة للزايا الصغيرة:  $\theta \leq 15^\circ$  لدينا:  $tg\theta \approx \theta(rad)$

إذن:  $(1) \theta = \frac{L}{2D}$

تبين التجربة أن  $\theta$  بدلالة  $\frac{1}{a}$  عبارة عن مستقيم معاملته الموجه هو:  $\lambda$  طول موجة الضوء المستعمل.  $(2) \theta = \frac{\lambda}{a}$

من خلال (1) و(2) لدينا: أي:  $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$  عرض البقعة الضوئية  $L = \frac{\lambda \times 2D}{a}$  ومنه يتضح أنه كلما ازداد عرض الشق  $a$  كلما تناقص عرض البقعة الضوئية وكلما كانت ظاهرة الحيود أقل وضوحا.

**ملحوظة:** يعبر عن الفرق الزاوي في حالة ثقب دائري بالعلاقة:  $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{a}$

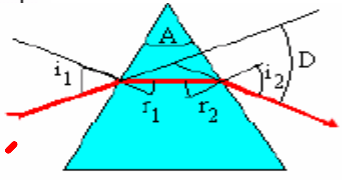
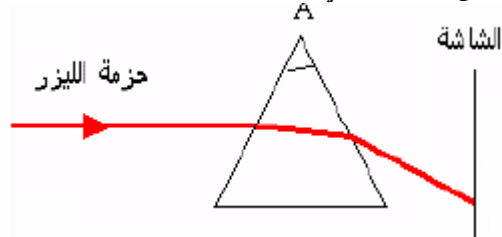
**الضوء الأحادي اللون:**

يتميز كل إشعاع ضوئي أحادي اللون بطول موجته  $\lambda$  لا تتغير عندما ينتشر من وسط لآخر.

سرعة انتشار الضوء في الفراغ  $\leftarrow \lambda = \frac{c}{\gamma}$   $\rightarrow$  طول الموجة الضوئية  
تردد الموجة الضوئية  $\leftarrow$

**2) مسار حزمة ضوئية أحادية اللون عبر موشور**

الحزمة تخضع لإتكسار على الوجه الأول ثم على الوجه الثاني وتتحرف نحو قاعدة الموشور.



$r_1$ : زاوية الإنكسار على الوجه الأول.  
 $r_2$ : زاوية الورود على الوجه الثاني.  
 $i_2$ : زاوية الإنكسار على الوجه الثاني

$D$ : زاوية انحراف الحزمة الضوئية الأحادية اللون عبر الموشور.  
 $A$ : زاوية الموشور.  
 $n$ : معامل انكسار الموشور.

**زاوية الموشور:**  $A = r_1 + r_2$

**تطبيق قانون ديكارت لإتكسار الضوء على الوجه الأول للموشور:**  $\sin i_1 = n \sin r_1$

**تطبيق قانون ديكارت لإتكسار الضوء على الوجه الثاني للموشور:**  $n \sin r_2 = \sin i_2$

**زاوية الإحراف الكلي للشعاع الوارد بعد اجتيازه للموشور:**  $D = i_1 + i_2 - A$

**تذكير:**

**الإتكسار الحدي والإنعكاس الكلي لإشعاع ضوئي أحادي اللون.**

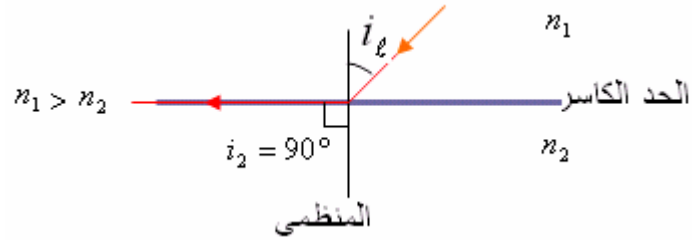
بصفة عامة عندما ينتقل الضوء من وسط أقل انكساراً إلى وسط أكثر انكساراً أي ( $n_1 < n_2$ ) فإن الشعاع المنكسر يقترب من المظمي وفي هذه الحالة نحصل دائماً على ظاهرة الإنكسار.

**لأنه حسب قانون ديكارت لإتكسار الضوء لدينا:**  $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$  إذن:  $\frac{\sin i_2}{\sin i_1} = \frac{n_1}{n_2} < 1$

**لأن:**  $n_1 < n_2$  إذن:  $\sin i_2 < \sin i_1$  أي  $i_2 < i_1$  الشعاع المنكسر يقترب من المنظمي.

لكن عندما ينتقل الضوء من وسط أكثر انكسارية إلى وسط انكسارية أقل أي  $n_1 > n_2$  فإن الشعاع المنكسر

يبتعد من المنظمي. ونحصل على الإنكسار الحدي (أي  $i_2 = 90^\circ$ ) بالنسبة لزاوية ورود حدية  $i_\ell$



$$n_1 \sin i_\ell = n_2 \sin 90$$

$$\text{ومنه: } \sin i_\ell = \frac{n_2}{n_1}$$

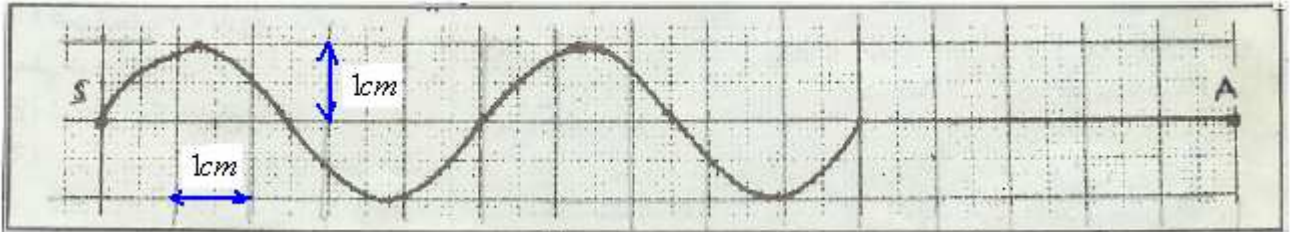
إذا كانت زاوية الورد :  $i_1 \leq i_\ell$  نحصل على الإنكسار.

وإذا كانت زاوية الورد :  $i_1 > i_\ell$  نحصل على الانعكاس الكلي على الحد الكاسر.

## تمارين تطبيقية حول الموجات

### التمرين الأول حول الموجات

(1) يحدث الطرف S لشفرة ، مهتزة بالتردد  $\nu = 100\text{Hz}$  ، موجة مستعرضة متوالية تنتشر طول حبل متوتر .  
تمثل الوثيقة التالية مظهر جزء من الحبل بالسلم الحقيقي في لحظة تاريخها  $t_1$ .



(1) اعط تعريفًا للموجة المستعرضة والموجة المتوالية.

(2) أوجد قيمة الدور  $T$ .

(3) أوجد قيمة كل من طول الموجة  $\lambda$  وسرعة الانتشار  $\nu$ .

(4) علما أن أصل التواريخ اللحظة التي يبدأ فيها المنبع S في الاهتزاز.

(أ) أوجد قيمة اللحظة  $t_1$ .

(ب) في أية لحظة تصل الموجة إلى النقطة A.

(5) مثل مظهر الحبل في اللحظات التالية:  $t_2 = 0,025\text{s}$  ،  $t_3 = t_2 + \frac{T}{4}$  ،  $t_4 = t_3 + \frac{T}{2}$

(6) توجد نقطتان M و N على التوالي على مسافة  $SM = 7,5\text{cm}$  و  $SN = 10\text{cm}$  من المنبع S.

(أ) قارن حركة كل من النقطتين M و N مع حركة المنبع S.

(ب) قارن حركتي M و N .

(ج) اعط استطالة كل من M و N في اللحظة التي تكون فيها استطالة S قصوى.

(7) إذا علمت أن طول الحبل المستعمل يساوي  $2\text{m}$  ، وتوتره يساوي  $2N$  ، ما هي كتلته ؟

(8) عندما نضيق الحبل بواسطة وماض ، ماذا نلاحظ في كل من الحالات التاليتين  $\nu_e = 99\text{Hz}$  و  $\nu_e = 100\text{Hz}$  ثم  $\nu_e = 101\text{Hz}$ .

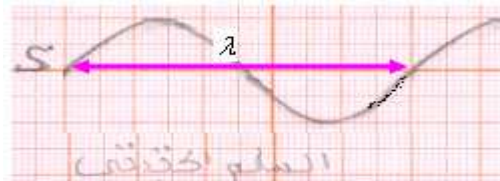
التصحيح :

(1) **الموجة المتوالية** هي ظاهرة تتابع إشارات منطلقة من منبع له حركة اهتزازية دورية ومصونة، وتتميز الموجة المتوالية بطولها وهي المسافة التي تقطعها الموجة خلال مدة زمنية تساوي دور اهتزاز المنبع .  
الموجة المستعرضة هي التي خلال انتشارها تهتز نقط الانتشار عموديا على اتجاه الانتشار.

(2) الدور  $T$ :

$$T = \frac{1}{v} = \frac{1}{100} = 0,01s$$

(3) مبيانيا لدينا :  $\lambda = 5cm$



وسرعة الانتشار :  $v = \lambda \cdot v = 5 \times 10^{-2} m \times 100 Hz = 5 m/s$

(4) أ) خلال المدة الزمنية  $t_1$  مطلع الموجة يقطع المسافة  $d_1 = 10cm$  بسرعة الانتشار  $v$ .



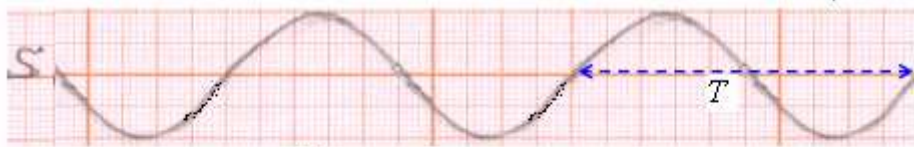
$$ولدينا :  $v = \frac{d_1}{t_1}$  إذن :  $t_1 = \frac{d_1}{v} = \frac{10 \times 10^{-2} m}{5 m/s} = 0,02s$$$

ب) لدينا :  $SA = 15cm = 0,15m$

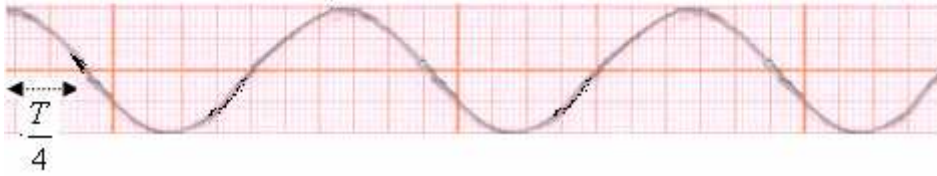
$$إذن : الموجة المتوالية تصل إلى النقطة A في اللحظة :  $t = \frac{SA}{v} = \frac{0,15m}{5 m/s} = 0,03s$$$

(5) مظهر الحبل في اللحظة  $t_2 = 0,025s$

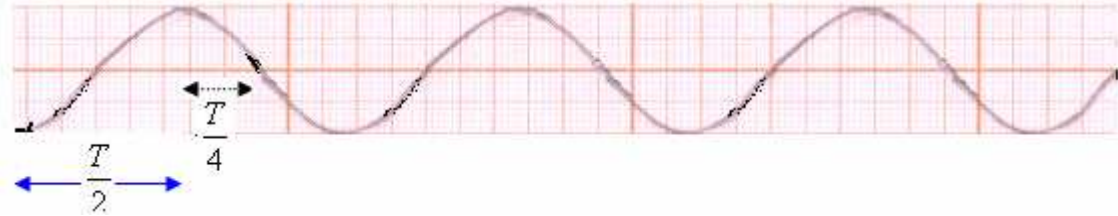
لدينا :  $\frac{t_2}{T} = \frac{0,025s}{0,01s} = 2,5$  إذن :  $t_2 = 2,5T$  نبدأ من المطلع الذي يحتفظ بنفس الشكل ثم نمثل مظهر الحبل.



$$t_3 = t_2 + \frac{T}{4} \quad \text{مظهر الحبل في اللحظة}$$



$$t_4 = t_3 + \frac{T}{2} \quad \text{مظهر الحبل في اللحظة}$$



( يمكن استعمال الطريقة التالية: نحدد أولاً قيمة :  $t_3 = t_2 + \frac{T}{4} = 0,025 + \frac{0,01}{4} = 0,0275s$  )

ثم:  $\frac{t_2}{T} = \frac{0,0275}{0,01} = 2,75$  ومنه :  $t_2 = 2,75T$

ثم نمثل مظهر الحبل انطلاقاً من المطلع فهو يوافق 2 أدوار + 3/4 الدور ونحصل على الشكل السابق.

( كما لدينا :  $t_4 = t_3 + \frac{T}{2} = 0,0275 + \frac{0,01}{2} = 0,0325s$  )

ثم:  $\frac{t_2}{T} = \frac{0,0325}{0,01} = 3,25$  ومنه :  $t_2 = 3,25T$

ثم نمثل مظهر الحبل انطلاقاً من المطلع فهو يوافق 3 أدوار + 1/4 الدور ونحصل على الشكل السابق.)

(6)  $\frac{SM}{\lambda} = \frac{7,5cm}{5cm} = 1,5$  إذن:  $SM = 1,5\lambda$  المسافة بينهما ليست بعدد صحيح لطول الموجة ، لا تهتزان على توافق في الطور.

$\frac{SM}{\lambda} = \frac{7,5cm}{2,5cm} = 3$  إذن:  $SM = 3\frac{\lambda}{2}$  المسافة بينهما فردي لنصف طول الموجة ، فهما تهتزان على تعاكس في الطور.

أي :  $SM = (2K + 1)\frac{\lambda}{2}$  مع  $k = 1$

إذن:  $\frac{SN}{\lambda} = \frac{7,5cm}{5cm} = 2$   $SM = 2\lambda$  المسافة بينهما تساوي عددا صحيحا لطول الموجة ، فهما تهتزان على توافق في الطور.

(ب) بما أن S و M تهتزان على تعاكس في الطور.  
ومن جهة اخرى S و N تهتزان على توافق في الطور فإن : M و N تهتزان على تعاكس في الطور.

(ج) استطالة S القصوى تساوي الوسع ونحصل عليه من خلال الشكل الأول :  $Y_{S \max} = 0,8cm$

بما أن S و M تهتزان على تعاكس في الطور فإن استطالة M في اللحظة التي تكون فيها استطالة S قصوى هي:  $Y_M = -0,8cm$   
بما أن S و N تهتزان على توافق في الطور فإن استطالة N في اللحظة التي تكون فيها استطالة S قصوى هي:  $Y_N = +0,8cm$

(7) لدينا:  $v = \sqrt{\frac{T}{m \ell}}$  إذن:  $v^2 = \frac{T}{m}$  ومنه  $m = \frac{T \times \ell}{v^2} = \frac{2N \times 2m}{25(m/s)^2} = 0,16kg$

(8) بالنسبة للتردد  $v_e = 100Hz$  نلاحظ التوقف الظاهري للموجة المتوالية.

بالنسبة للتردد  $v_e = 99Hz$  نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للموجة المتوالية في نفس منحى الحركة.  
بالنسبة للتردد  $v_e = 101Hz$  نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للموجة المتوالية في عكس منحى الحركة.

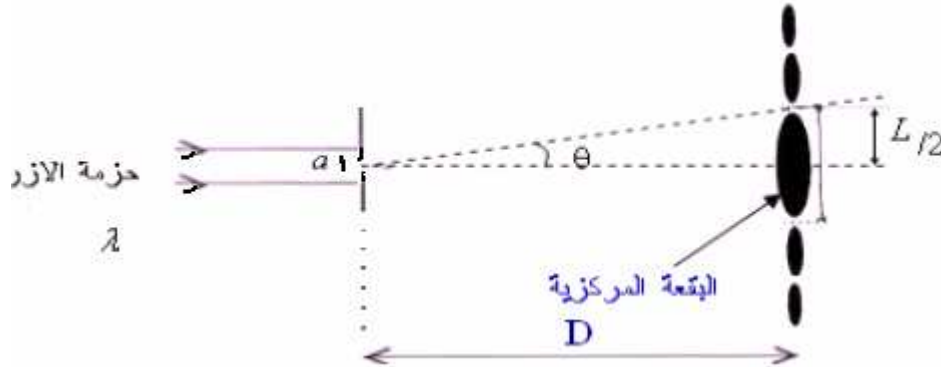
### التمرين الثاني حول الموجات

(II) ننجز التركيب التالي، باستعمال منبع ضوئي لأشعة الأزرق ذات طول الموجة  $\lambda$  و صفيحة بها شق، عرضه  $a$ .

(1) بماذا تسمى هذه الظاهرة وما اتجاه الشق المستعمل، رأسي أم أفقي؟

(2) باعتبار الفرق الزاوي  $\theta$  جد صغير، عبر عن  $\theta$  بدلالة  $D$  و  $L$ .

(3) نضع الشاشة في المسافة  $D = 1,5m$  ونستعمل صفائح ذات شقوق مختلفة العرض  $a$ ، ثم نقيس بالنسبة لكل صفيحة العرض  $L$  للبقعة المركزية المشاهدة على الشاشة.



$a(\mu.m)$					
$L(mm)$					
$\theta(10^{-2} rad)$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\frac{1}{a}(10^4 m^{-1})$	1	2	3	4	5

1-3: أتمم ملء الجدول السابق.

2-3: ارسم على الوثيقة 2 المنحنى الذي يمثل تغيرات  $\theta$  بدلالة  $\frac{1}{a}$ .

3-3: أعط العلاقة بين كل من  $\theta$  و  $\frac{1}{a}$  و  $\lambda$ .

4-3: ما شكل المنحنى المحصل عليه؟ احسب معامل الموجه.

5-3: استنتج طول موجة ضوء الأزرق المستعمل وعبر عنها ب:  $nm$ .



(4) يتعلق معامل انكسار موشور بطول الموجة للضوء الأحادي اللون الذي يجتازه حسب العلاقة التالية:

$$n = 1,46 + \frac{6400}{\lambda^2}$$

( يجب استعمال  $\lambda$  ب  $nm$  في العلاقة السابقة )

(1.4) احسب بالنسبة للضوءين الأحمر والبنفسجي معامل انكسار الموشور، وأتمم ملء الجدول التالي:

البنفسجي	الأحمر	الضوء الأحادي اللون
----------	--------	---------------------

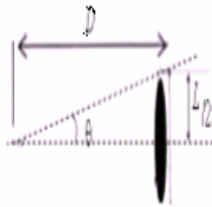
400	800	: طول الموجة ب (n.m)
$n_V = \dots\dots\dots$	$n_R = \dots\dots\dots$	معامل انكسار الموشور

- 2.4) تردد حزمة ضوئية تتكون من الضوئين الأحاديي اللون الأحمر، والبنفسجي بزواوية ورود  $i = 35^\circ$ ، زاوية الموشور  $A = 60^\circ$ .
- (أ) أوجد زاوية الإنحراف  $D_R$  للإشعاع الأحمر.
- (ب) أوجد زاوية الإنحراف  $D_V$  للإشعاع البنفسجي.
- (ج) ما اسم هذه الظاهرة؟ أعط تفسيراً لها.

### تصحيح التمرين الثاني حول الموجات

(II) 1) ظاهرة حيود الضوء بواسطة شق عرضه جد صغير بما اتجاه البقع يكون متعامداً مع اتجاه الشق فإن الشق أفقي.

(2)



من خلال الشكل السابق لدينا:  $tg\theta = \frac{L}{2D}$

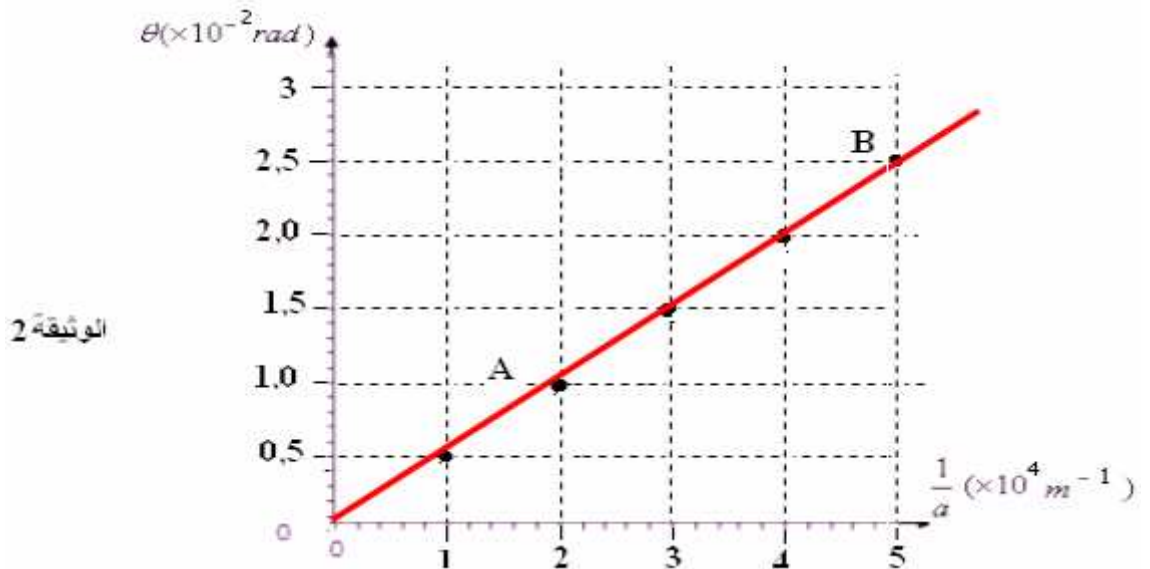
بالنسبة للزايا الصغيرة:  $\theta \leq 15^\circ$  لدينا:  $tg\theta \approx \theta(rad)$

إذن:  $(1) \quad \theta = \frac{L}{2D}$

(3) 1:-3

$a(\mu.m)$	100	50	33	25	20
$L(mm)$	15	30	45	60	75
$\theta(10^{-2} rad)$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$\frac{1}{a}(10^4 m^{-1})$	1	2	3	4	5

:2-3



3-3  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

43- : المحنى المحصل عليه عبارة عن مستقيم إذن المحنى:  $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$  دالة خطية على الشكل  $\theta = k \times \frac{1}{a}$

معاملها الموجه هو معامل التناسب  $k$ .

5-3: لنحدد قيمة المعامل الموجه:

$$k = \frac{\Delta\theta}{\Delta\left(\frac{1}{a}\right)} = \frac{\theta_B - \theta_A}{\left(\frac{1}{a}\right)_B - \left(\frac{1}{a}\right)_A} = \frac{(2,5-1) \times 10^{-2} rad}{(5-2) \times 10^4 m^{-1}} = 0,5 \times 10^{-6} m = 500 \times 10^{-9} m = 500nm$$

إذن:  $\lambda = 500nm$

$$n_R = 1,46 + \frac{6400}{\lambda_R^2} = 1,46 + \frac{6400}{800^2} = 1,46 + 0,01 = 1,47 \quad (1 \ 4)$$

$$n_V = 1,46 + \frac{6400}{\lambda_V^2} = 1,46 + \frac{6400}{400^2} = 1,46 + 0,04 = 1,5$$

البنفسجي	الأحمر	الضوء الأحادي اللون
400	800	طول الموجة ب : (n.m)
$n_V = 1,5$	$n_R = 1,47$	معامل انكسار الموشور

(2) **أ) بالنسبة للإشعاع الأحمر**

تطبيق قانون ديكارت على الوجه الأول للموشور :

$$r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 35}{1,47}\right) = \sin^{-1}(0,39) \approx 23^\circ \quad \Leftarrow \quad \sin r = \frac{\sin i}{n} \Leftarrow \sin i = n \sin r$$

$$r' = A - r = 60 - 23 = 37^\circ \quad \text{لدينا :}$$

تطبيق قانون ديكارت على الوجه الأول للموشور : (لأن  $r' < i_\ell$  بحيث:  $i_\ell = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,47}\right) \approx 42,8^\circ$ )

$$i' = \sin^{-1}(n \times \sin r') = \sin^{-1}(1,47 \times \sin 37) = \sin^{-1}(0,88) \approx 61,6^\circ \quad \Leftarrow \quad n \sin r' = \sin i'$$

$$D_R = i + i' - A = 35 + 61,6 - 60 = 36,6^\circ \quad \text{وبالتالي:}$$

**ب) بالنسبة للإشعاع البنفسجي:**

تطبيق قانون ديكارت على الوجه الأول للموشور :

$$r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 35}{1,5}\right) = \sin^{-1}(0,38) \approx 22,5^\circ \quad \Leftarrow \quad \sin r = \frac{\sin i}{n} \Leftarrow \sin i = n \sin r$$

$$r' = A - r = 60 - 22,5 = 37,5^\circ \quad \text{لدينا :}$$

تطبيق قانون ديكارت على الوجه الأول للموشور : (لأن  $r' < i_\ell$  بحيث:  $i_\ell = \sin^{-1}\left(\frac{1}{1,5}\right) \approx 41,8^\circ$ )

$$i' = \sin^{-1}(n \times \sin r') = \sin^{-1}(1,5 \times \sin 37,5) = \sin^{-1}(0,91) \approx 65,9^\circ \quad \Leftarrow \quad n \sin r' = \sin i'$$

$$D_V = i + i' - A = 35 + 65,9 - 60 = 40,9^\circ \quad \text{وبالتالي:}$$

(ج) تسمى ب: ظاهرة **تبدد الضوء بواسطة** موشور وهي تعزى إلى كون معامل انكسار الموشور يتعلق بنوعية الإشعاع الأحادي اللون. الذي يجتازه ، فهو دالة تناقصية لطول موجة الضوء كما تبينه العلاقة التالية:

$$n = 1,46 + \frac{6400}{\lambda^2}$$

## جزء التحولات النووية

**1) مكونات نواة الذرة:**

تتكون نواة ذرة من بروتونات ونيوترونات وهذه المكونات يطلق عليها اسم **النويات** . عدد البروتونات الذي تتوفر عليه النواة يرمز إليه ب Z ويسمى **بالعدد الذري** أو عدد الشحنة . يرمز لعدد النويات بالحرف A ويسمى **عدد الكتلة** .

تمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي X بالرمز :  $\begin{matrix} A & X \\ \longleftarrow & \\ \text{عدد الكتلة} & \\ Z & \\ \longleftarrow & \\ \text{العدد الذري} & \end{matrix}$  عدد النيوترونات المكونة للنواة يرمز إليه بالحرف N حيث  $N = A - Z$

**2) قانون الإحفاظ: (قانون سودي Soddy)**

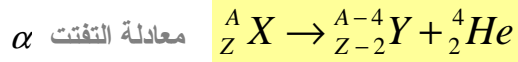
خلال تحول نووي ينحفظ عدد الشحنة Z. وكذلك العدد الإجمالي للنويات A.

**3) أنواع الأنشطة الإشعاعية:**

**النشاط الإشعاعي  $\alpha$  :**



النشاط الإشعاعي  $\alpha$  تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^{A-4}_{Z-2} Y$  ببعث نواة الهيليوم  ${}^4_2 He$ .



\*\*\*\*\*

\*\*

### النشاط الإشعاعي $\beta^-$ :

النشاط  $\beta^-$  تفتت نووي طبيعي وتلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^A_{Z+1} Y$  ببعث إلكترون  ${}^0_{-1} e$  يسمى دقيقة  $\beta^-$  الإشعاعي



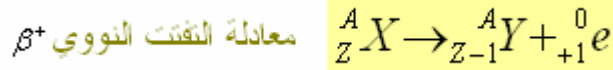
ملحوظة: الإشعاع  $\beta^-$  ناتج عن تحول نوترون إلى بروتون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي:  ${}^1_0 n \rightarrow {}^1_1 p + {}^0_{-1} e$

\*\*\*\*\*

\*\*

### النشاط الإشعاعي $\beta^+$ :

النشاط الإشعاعي  $\beta^+$  تفتت نووي طبيعي وتلقائي، يظهر عموماً لدى العناصر الإشعاعية الإصطناعية تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^A_{Z-1} Y$  ببعث بوزيترون  ${}^0_{+1} e$  يسمى دقيقة  $\beta^+$ .



ملحوظة: الإشعاع  $\beta^+$  ناتج عن تحول بروتون إلى نوترون داخل نواة، ويعبر عنه بما يلي:  ${}^1_1 p \rightarrow {}^1_0 n + {}^0_{+1} e$

\*\*\*\*\*

\*\*

### النشاط الإشعاعي $\gamma$ :

موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة كبيرة، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية  $\alpha$  و  $\beta^-$  و  $\beta^+$  حيث تكون النواة المتولدة في إثارة فتفقد طاقة إثارتها ببعث إشعاع  $\gamma$ .

#### (4) الفصيلة المشعة:

تتحول نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى. وإذا كانت هذه الأخيرة غير مسقرة، فإنها تتحول بدورها إلى نواة أخرى، وهكذا إلى أن نحصل على نواة مستقرة وغير مشعة. نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية فصيلة مشعة.

#### (5) التناقص الإشعاعي: تطور المادة المشعة (قانون النشاط الإشعاعي)

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائياً وبدون سبق إشعار ويخضع عدد النوى  $N(t)$  المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقص

$$\text{الإشعاعي التالي:} \quad \text{عدد النوى المتبقية عند اللحظة } t \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda \cdot t}$$

$N_0$ : عدد نوى العينة المشعة عند اللحظة  $t = 0$ .

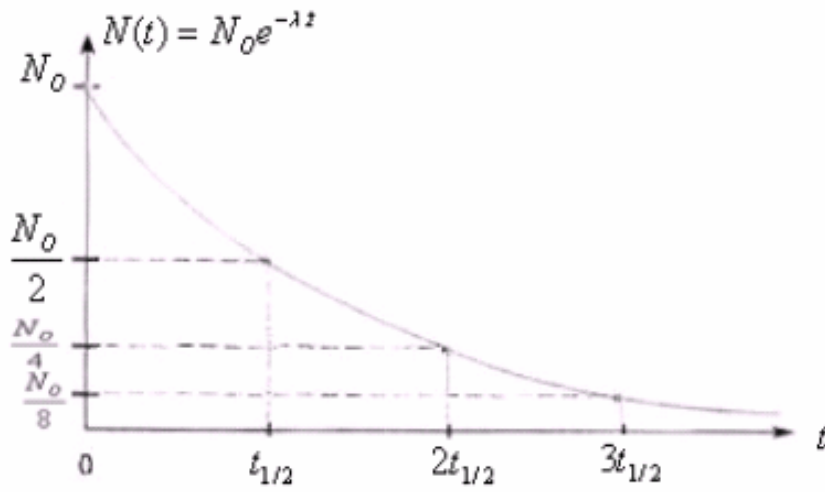
$\lambda$ : ثابتة النشاط الإشعاعي وهي ثابتة تميز النويذة المعينة ووحدتها في ن.ع. للوحدات (  $s^{-1}$  )

(6) ثابتة الزمن  $\tau$ : زمن مميز لنويذة مشعة معينة نرسم لها ب:  $\tau$  وهي مرتبطة بـ ثابتة النشاط الإشعاعي  $\lambda$  بالعلاقة:  $\tau = \frac{1}{\lambda}$  ووحدة

ثابتة الزمن في النظام العالمي للوحدات هي الثانية: (s).

#### (7) عمر النصف $t_{1/2}$ لنويذة مشعة:

نسمي عمر النصف  $t_{1/2}$  لنويذة معينة المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$



### (8) نشاط عينة مشعة:

نشاط عينة تحتوي على عدد  $N(t)$  من النوى المشعة، هو عدد النوى المتفتتة في وحدة الزمن، ونرمز إليه ب:  $a(t)$  وتعطيه العلاقة التالية:

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} \text{ ووحدته هي البكريل الذي نرمز إليه ب: } (Bq) \text{ مع } N(t) = N_0 e^{-\lambda t}.$$

$$a(t) = -\lambda \cdot N(t) \quad \text{إذن}$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \text{ و}$$

$$a_0 = -\lambda \cdot N_0$$

عند اللحظة  $t = 0$  لدينا:

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{ وبذلك لدينا العلاقة:}$$

### (9) التأريخ بالنشاط الإشعاعي:

يمكن التناقص الإشعاعي لبعض العناصر المشعة، الموجودة في الصخور أو في الكائنات الميتة، من إيجاد عدة تقنيات للتأريخ. فبمقارنة قياس نشاط (أو كمية مادة) عينة ميتة مع قياس عينة شاهدة من نفس الطبعة، نتمكن من تقدير عمر العينة.

$$\text{العمر يحدد باستعمال العلاقة: } a = a_0 \cdot e^{-\lambda t} \Leftrightarrow t = \frac{\ln \frac{a_0}{a}}{\lambda} \text{ مع } \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

بحيث  $a_0$  يمثل نشاط العينة الشاهدة و  $a$  نشاط العينة الميتة.

### (10) التكافؤ "كتلة-طاقة" علاقة أينشتاين:

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$E = mc^2 \quad \text{تسمى بعلاقة أينشتاين}$$

وتبين هذه العلاقة أن كل تغير لكتلة مجموعة ما بالمقدار  $\Delta m$  يوافق تغير للطاقة الكتلية لهذه المجموعة بالمقدار

ووحدة الطاقة الكتلية في الفيزياء النووية هي **الإلكترون- فولط (eV)** الذي تربطه بالجول العلاقة التالية:  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

ومن مضاعفاته الميغا إلكترون فولط  $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$

### (11) وحدة الكتلة في الفيزياء النووية:

في الفيزياء النووية نستعمل كوحدة للكتلة إما: ال: **u** أو ال: **MeV/c<sup>2</sup>** نظرا لكون **كتل النوى** والدقائق صغيرة جدا، يعبر عنها في الفيزياء النووية بوحدة ملانمة تسمى ب: **وحدة الكتلة الذرية** **Unité de masse atomique** والتي يرمز إليها ب: **u.m.a.** ومن أجل التبسيط نرمز إليها فقط ب: **u**.

$$1.u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

كما نستعمل كوحدة للكتلة في الفيزياء النووية الوحدة التالية: **MeV/c<sup>2</sup>**

$$1u = 931,5 \text{ MeV/c}^2$$

## 12) النقص الكتلي:

نسمى النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة  ${}^A_Z X$  الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة :

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z X)$$

وهو مقدار موجب.

## 13) طاقة الربط للنواة:

طاقة الربط  $E_\ell$  لنواة  ${}^A_Z X$  هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون.

$$E_\ell = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z X)]c^2$$
 وتعطيها العلاقة التالية:

## 14) طاقة الربط بالنسبة لنوية:

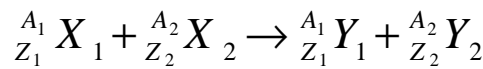
نستعمل أحيانا طاقة الربط بالنسبة لنوية وتعطيها العلاقة التالية:  $\xi = \frac{E_\ell}{A}$  حيث  $E_\ell$  هي طاقة الربط للنواة و  $A$  عدد النويات.

ووحدها:  $MeV / nucleon$ .

كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة كلما كانت النواة أكثر استقرارا.

## 15) الحصيلة الكتلية والطاقية لتفاعل نووي:

نعتبر تفاعلا نوويا معادلته:

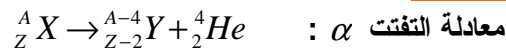


تكتب الحصيلة الطاقية المقرونة بهذا التفاعل كما يلي:

$$\Delta E = [\sum m(\text{نواتج}) - \sum m(\text{متفاعلات})] \times c^2$$

$$\Delta E = [m_{(Y_1)} + m_{(Y_2)} - m_{(X_1)} - m_{(X_2)}] \times c^2$$

## 16) الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي $\alpha$ :



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي  $\alpha$  هي:

$$E = [m_{({}^{A-4}_{Z-2} Y)} + m_{({}^4_2 He)} - m_{({}^A_Z X)}] \times c^2$$
 وهي سالبة.

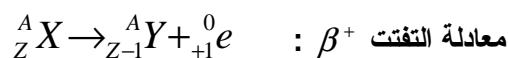
## 17) الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي $\beta^-$ :



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  هي:

$$E = [m_{({}^A_{Z+1} Y)} + m_{({}^0_{-1} e)} - m_{({}^A_Z X)}] \times c^2$$
 وهي سالبة.

## 18) لطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي $\beta^+$



الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي  $\beta^+$  هي:

$$E = [m_{({}^A_{Z-1} Y)} + m_{({}^0_{+1} e)} - m_{({}^A_Z X)}] \times c^2$$
 وهي سالبة.

## تمارين حول التحولات النووية

\*\*\*\*\*  
**1** نواة الكزنيون  $^{135}_{54}Xe$  إشعاعية النشاط  $\beta^-$  ، يتولد عن تفتتها نويدة السيزيوم  $^{135}_{54}Cs$  و عمر النصف لنواة  $^{135}_{54}Xe$  هو:  $t_{1/2} = 9,2h$  .

- 1-1- اكتب معادلة هذا التفتت محددًا  $Z$  و  $A$  .  
 1-2- كتلة عينة من الكزنيون  $^{135}_{54}Xe$  عند اللحظة  $t = 0$  هي:  $m_0$  ونشاطها الإشعاعي هو  $a_0$  عند اللحظة  $t = 9h$  يصبح النشاط الإشعاعي لهذه العينة  $a = 284Bq$  .

- أ) عرف عمر النصف لنويدة إشعاعية.  
 ب) أعط تعبير  $a$  بدلالة  $a_0$  و  $t_{1/2}$  و  $t$  ، ثم احسب  $a_0$  واستنتج قيمة الكتلة  $m_0$  .  
 ج) حدد اللحظة  $t_1$  التي يتفتت عندها 75% من الكتلة  $m_0$  (معبرا عنها بالسنوات).  
 نعطي: كتلة نواة الكزنيون:  $m(^{135}_{54}Xe) = 2,24 \times 10^{-25} Kg$  .

**2** لكربون  $^{14}_6C$  نظير إشعاعي النشاط  $\beta^-$  .

- 1) اكتب معادلة تفتته . (نعطي:  $^{14}_7N$  و  $^0_1e$  ) .  
 2) تبقى نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن. توجد هذه النسبة في الكائنات الحية ، في حين أن هذه النسبة تتناقص في جسم "ميت" بسبب تفتت نوى الكربون 14 .

نسبي النسبة:  $\frac{a(t)}{a_0}$  نسبة الكربون  $^{14}_6C$  المتبقية عند تأريخ كائن "ميت" في اللحظة  $t$  .  
 نعتبر الجدول التالي:

16800	14000	11200	8400	5600	2800	0	t(années)
				0,5			$\frac{a(t)}{a_0}$

- أ) استنتج ثابتة النشاط الإشعاعي  $\lambda$  وعمر النصف للكربون  $^{14}_6C$  (معبرا عنهما على التوالي ب:  $ans^{-1}$  و  $ans$  ) .  
 ب) انقل الجدول السابق وأتمم ملأه.  
 ج) أرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات:  $\frac{a(t)}{a_0}$  بدلالة الزمن.

السلم: محور الأفاصيل : 1 cm يمثل 2000 سنة محور الأرتيب كل 1 سم يمثل 0,2 .  
 3) أثناء ثوران بركان ، اختفت غابة مجاورة له تحت الأنقاض. تمكن الجيولوجيون من إيجاد قيمة نسبة الكربون  $^{14}_6C$  في

كربون الخشب الأحفوري  $\frac{a(t)}{a_0} = 0,49$  متى حدث البركان ؟

4) تمتص النباتات الحية الكربون الموجود في الغلاف الجوي ، وعند موتها يتوقف تطور هذا الامتصاص .  
 تعطي عينة من خشب قديم 150 تفتت في الدقيقة وتعطي عينة من خشب حديث ، لها نفس كتلة العينة السابقة ، 1350 تفتت في الدقيقة  
 أوجد عمر الخشب القديم.  
 ( $a_0$  هو نشاط العينة الشاهدة).

## التصحيح

**1-1** (1) معادلة التفتت:



أ) عمر النصف هي المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة البدئية، ونرمز إليه ب:  $t_{1/2}$  .  
 $a = a_0 e^{-\lambda t}$  (2-1)

ب) مع  $a = a_0 e^{-\lambda t}$  :  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

$$a_o = \frac{a}{e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t}} = \frac{284}{e^{-\frac{\ln 2}{9.2} \times 9}} = 560 Bq$$

\*معظم التلاميذ لم يستطيعوا الإجابة على هذا السؤال رغم أنه غالباً ما نجده في مواضيع البكالوريا (انظر موضوع السنة الماضية

(2007/2006)

تحديد الكتلة  $m_o$ : يجب الانتباه ، لأنه لم تعط لنا كتلة العينة عند اللحظة  $t = 9h$  بينما أعطيت لنا كتلة نواة الكزنيون

$m(^{135}_{54}Xe) = 2,24 \times 10^{-25} Kg$  (انظر نهاية النص). ولم تعط ثابتة أفوكادرو كذلك.

إذن عدد نوى العينة البدئية هو:  $N_o = \frac{m_o}{m(Xe)}$  ونعلم أن:  $a_o = \lambda \cdot N_o$  مع  $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$

$$m_o = \frac{a_o \times m(X_e)}{\ln 2} \times t_{1/2} = \frac{560 Bq \times 2,24 \times 10^{-25} Kg}{\ln 2} \times 9,2 \times 3600 s \approx 6 \times 10^{-18} Kg$$

(ج) لنحدد اللحظة  $t_1$  التي يتفتت عندها 75% من الكتلة  $m_o$  (معبّر عنها بالسنوات).

وهي توافق اللحظة التي يتبقى عندها 25% من الكتلة البدئية.

وبما ان كتلة العينة المتبقية عند لحظة  $t$  تعطى بالعلاقة التالية:  $m = m_o e^{-\lambda t}$  أي:  $0,25 m_o = m_o \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t_1}$

$$0,25 = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t_1} \quad \text{ومنه:} \quad t_1 = -\frac{\ln 0,25}{\ln 2} \times t_{1/2} = -\frac{\ln 0,25}{\ln 2} \times 9,2h = 18,4h$$

(2) معادلة التفتت:  ${}^{14}_6C \longrightarrow {}^{14}_7N + {}^0_{-1}e$

$$\lambda = \frac{-\ln \frac{a}{a_o}}{t} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{a}{a_o} = e^{-\lambda t} \quad \Leftrightarrow \quad \text{نعلم أن: } a = a_o e^{-\lambda t} \quad \text{مع:}$$

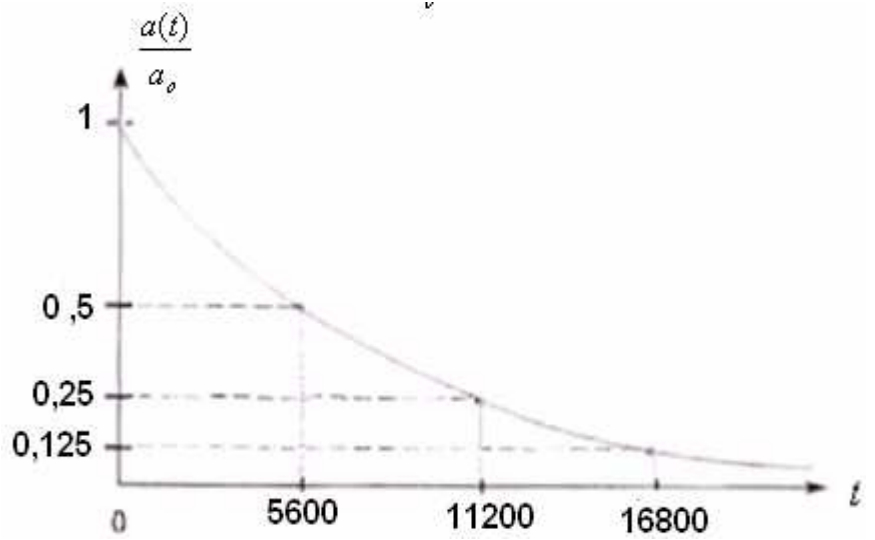
من خلال الجدول لدينا بالنسبة ل:  $t = 5600 ans$  ،  $\frac{a}{a_o} = 0,5$  إذن:  $\lambda = \frac{-\ln 0,5}{5600 ans} \approx 1,24 \times 10^{-4} ans^{-1}$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{\ln 2}{-\ln 0,5} = -\frac{\ln 2}{\ln 0,5} \times 5600 = 5600 ans$$

(ب)

16800	14000	11200	8400	5600	2800	0	t(années)
0,125	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	$\frac{a(t)}{a_o}$

(ج) نرسم المنحنى الذي يمثل تغيرات:  $\frac{a(t)}{a_o}$  بدلالة الزمن.



$$t = \frac{-\ln \frac{a}{a_0}}{\ln 2} \times t_{1/2}$$

$$\text{إذن: } \frac{a(t)}{a_0} = e^{-\lambda.t} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t} \quad \text{لدينا: (3)}$$

$$t = \frac{-\ln 0,49}{\ln 2} \times 5600 = 5763 \text{ans} 80 \text{ j} 3 \text{h} 7 \text{mn} 58 \text{s} \approx 5763 \text{ans}$$

ت.ع : حدث البركان منذ المدة الزمنية:

(4) نعلم أن نشاط عينة هو عدد النوى المفتتة في الثانية، ومن خلال المعطيات لدينا نشاط العينة المراد تحديد عمرها

$$a = \frac{150}{60 \text{s}} = 2,5 \text{Bq} \quad \text{إذن: } a = 2,5 \text{Bq}$$

ومن خلال المعطيات نشاط العينة الشاهدة هو 1350 تفتت في الدقيقة .

$$a_0 = \frac{1350}{60 \text{s}} = 22,5 \text{Bq}$$

$$-\ln \frac{a_0}{a} = -\lambda.t$$

$$\Leftrightarrow \ln \frac{a}{a_0} = -\lambda.t$$

$$\Leftrightarrow \frac{a}{a_0} = e^{-\lambda.t} \quad \text{ولدينا:}$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \text{مع} \quad t = \frac{\ln \frac{a_0}{a}}{\lambda} \quad \text{عمر الخشب القديم:}$$

$$t = \ln \frac{a_0}{a} \times \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \ln \frac{22,5}{2,5} \times \frac{5600 \text{ans}}{\ln 2} = 17751 \text{ans} 211 \text{ j} 16 \text{h} 52 \text{mn} 14 \text{s} \approx 17751,5 \text{ans} \quad \text{أي:}$$



**SBIRO ABDELKRIM Lycée Agricole+ lycée Abdellah Cheffchaoui Oulad-Taima region d'agadir  
Maroc**

Mail [sbiabdou@yahoo.fr](mailto:sbiabdou@yahoo.fr) msen messenger : [sbiabdou@yahoo.fr](mailto:sbiabdou@yahoo.fr)

[www.9alami.com](http://www.9alami.com)