

تطورت قنوات الاتصال والتواصل بين الأفراد والجماعات عبر التاريخ بداية من قرع الطبول واستعمال دخان النار وبعث مرسل على متن الحصان إلى استعمال الموجات الكهرومغناطيسية عبر خطوط الهاتف والفاكس والألياف البصرية والأقمار الاصطناعية....

ولقد أضحي ، في عصرنا الحاضر، مجال الاتصال والتواصل جزءا لا يتجزء من الأنشطة اليومية للأفراد والجماعات إلى درجة أن المجتمعات المتطورة تكنولوجيا أصبحت تسمى " مجتمعات المعلومات".

وجدير بالذكر أن هذا المجال لا يقتصر على عالم البشر فقط بل يصح حتى في عالم الحشرات والحيوانات ، حيث تلجأ هذه الكائنات إلى طرائق متعددة للتواصل فيما بينها كإفراز مركبات كيميائية تدعى الفيرومونات Phéromones وإصدار موجات صوتية وحركات تعبيرية...

يتناول هذا الموضوع دراسة مبسطة لأحد المركبات الكيميائية التي تستعملها بعض الحشرات للتواصل في ما بينها، كما يتناول دراسة بعض خصائص الموجات الكهرومغناطيسية المستعملة سلكيا ولاسلكيا في نقل المعلومات والبيانات.

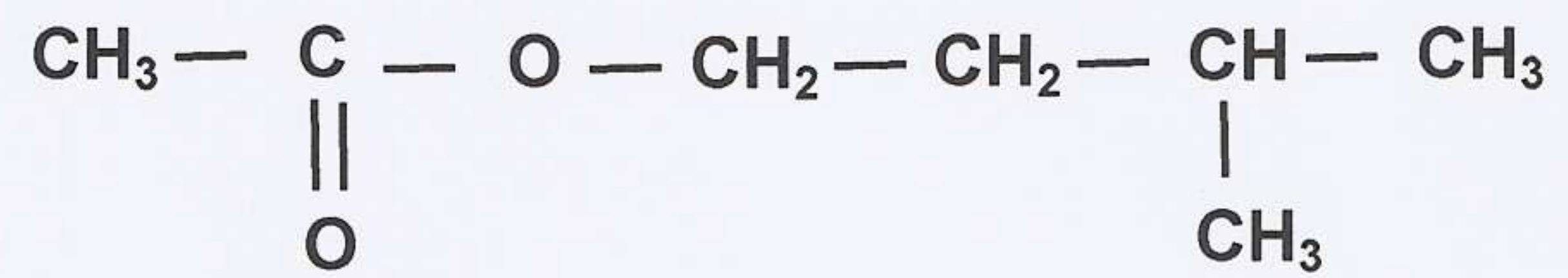
الكيمياء:



تفرز الحشرات موادا كيميائية تسمى الفيرومونات للتواصل فيما بينها قصد الإنذار أو الدفاع أو التناسل...

ندرس فيرومون الإنذار عند النحل وهو عبارة

عن مركب عضوي (E) صيغته نصف المنشورة هي:



نعطي الكتلة المولية للمركب (E) : $M(E)=130 \text{ g.mol}^{-1}$

يمكن تحضير المركب (E) في المختبر انطلاقا من حمض الإيثانويك (A) وكحول (B) .

الجزء الأول : تحديد ثابتة الحمضية K_A للمزدوجة $\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$

1.1 - يتوفر المختبر على محلول تجاري S_0 لحمض الإيثانويك ؛ وتحمل لصيقة القنينة التي يوجد بها هذا الحمض المعلومات التالية : $\% = 98$ ؛ $d = 1,07$ ؛ $M=60 \text{ g.mol}^{-1}$.
نعطي الكتلة الحجمية للماء $\rho_{\text{eau}} = 1 \text{ kg.L}^{-1}$.

باستعمال المحلول S_0 والماء المقطر، بين كيفية الحصول على محلول مائي مخفف لحمض الإيثانويك (S') تركيزه $C' = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ وحجمه $V' = 1\text{L}$.

1.2 - انطلاقاً من المحلول (S')، نحضر حجماً $V = 0,1\text{L}$ من محلول (S) تركيزه $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. أعطى قياس موصلية المحلول المخفف (S) الذي تم تحضيره القيمة $\sigma = 15,3 \text{ mS.m}^{-1}$ عند درجة حرارة 25°C .

نهمل تركيز HO^- ونعطي الموصليات المولية الأيونية التالية:

$$\lambda_1 = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1} \quad -$$

$$\lambda_2 = \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4,09 \text{ mS.m}^2.\text{mol}^{-1} \quad -$$

1.2.1 - أكتب المعادلة الكيميائية للتحويل الحاصل في المحلول (S) علماً أنه محدود وأنشئ جدول الوصف.

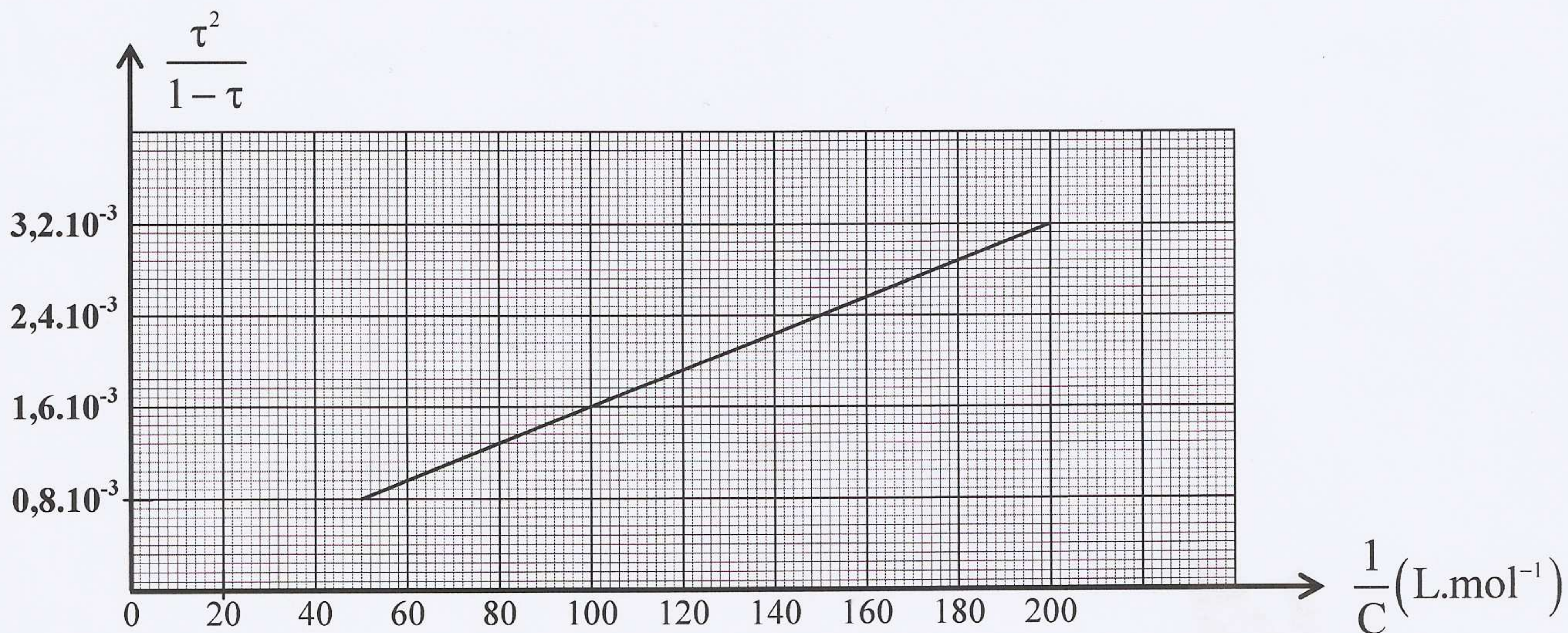
1.2.2 - أثبت أن التقدم النهائي x_f للتفاعل الحاصل يكتب على الشكل: $x_f = \frac{\sigma \cdot V}{\lambda_1 + \lambda_2}$.

1.2.3 - استنتج τ نسبة التقدم النهائي للتفاعل.

1.2.4 - حدد قيمة pH للمحلول S .

1.2.5 - اعتماداً على قياسات موصلية محاليل مائية لحمض الإيثانويك ذات تراكيز مختلفة، تم تحديد نسبة

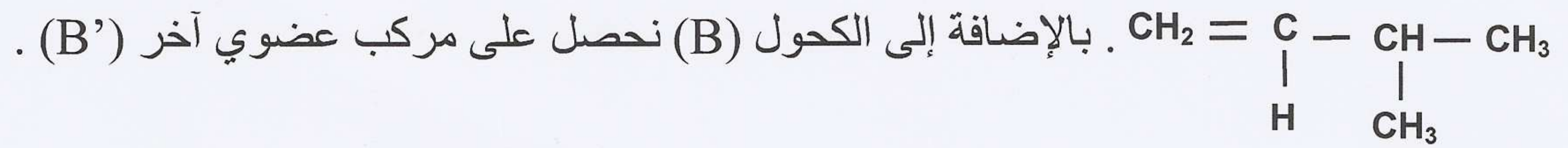
التقدم النهائي τ الموافقة لكل تركيز C على حدة. يمثل المنحنى التالي الدالة: $\frac{\tau^2}{1-\tau} = f\left(\frac{1}{C}\right)$.



اعتماداً على المنحنى التجريبي، حدد قيمة pK_A .

الجزء الثاني : تخليق ودراسة الكحول (B) :

تحت ظروف تجريبية معينة ، يمكن تحضير الكحول (B) بإضافة الماء على الألكين ذي الصيغة



2.1- أكتب الإسم والصيغة نصف المنشورة للمركب (B') .

2.2- ماذا يمثل المركب (B') بالنسبة للكحول (B) ؟

2.3- ننجز الأكسدة المعتدلة للكحول (B) باستعمال محلول برمنغنات البوتاسيوم $\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{MnO}^-_{4(\text{aq})}$ في وسط حمضي ، فيتكون مركب عضوي (D) .

يعطي المركب (D) راسبا أحمرأ أجوريا مع محلول فهلين كرائز.

أكتب نصفي المعادلة أكسدة -اختزال ثم استنتج المعادلة الكيميائية الحصيلة للأكسدة المعتدلة للكحول (B).

نعطي المزدوجة أكسدة - اختزال : $\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}$

الجزء الثالث : تصنيع الفيرومون (E)

تتفاعل الكمية 1mol من حمض الإيثانويك (A) مع 1mol من الكحول (B) فنحصل على الماء والكتلة m_E من المركب (E) .

3.1- أكتب معادلة هذا التفاعل باستعمال الصيغ نصف المنشورة.

3.2- أعط ، مستعملا التسمية الرسمية ، اسم الكحول (B) واسم المركب (E) .

3.3- أنشئ الجدول الوصفي لهذا التفاعل الكيميائي .

3.4- بين أن تعبير التقدم النهائي x_f لهذا التفاعل يكتب على الشكل $x_f = \frac{\sqrt{K}}{1 + \sqrt{K}}$ ؛ حيث K ثابتة

التوازن للتفاعل الحاصل ، ثم أحسب x_f علما أن $K=4$.

3.5- استنتج r مردود الفيرومون الناتج.

3.6- هل يمكن الرفع من مردود التفاعل برفع درجة حرارة وسط التفاعل ؟ علل .

3.7- في حالة مزج الكمية 1mol من حمض الإيثانويك (A) مع n mol من الكحول (B) ، أوجد تعبير التقدم النهائي x_f بدلالة n .

3.8- احسب قيمة r' مردود الفيرومون الناتج في حالة $n=10$.

3.9- باستعمال نفس كمية المادة من الكحول (B) ومن مركب عضوي آخر (A') يمكن إنتاج الفيرومون (E) بمردود 100% . أكتب اسم وصيغة المركب (A') .

الفيزياء

دراسة تضمين وإزالة تضمين الوسع للموجات الكهرمغناطيسية

$$\cos x \cdot \cos y = \frac{1}{2} [\cos(x+y) + \cos(x-y)]$$

نذكر بالعلاقات المثلثية :

$$\cos(x+y) = \cos x \cdot \cos y - \sin x \cdot \sin y$$

الجزء الأول: دراسة دارة مرشحة لترددات معينة

يعتبر قانون أوم قانونا أساسيا في الكهرباء الحركية . لكن عندما يكون التوتر و التيار الكهربيين في الدارة جيبيين ، يمكن تعميم واستعمال قانون أوم بالإستعانة بالأعداد العقدية . فيما يلي شرح مختصر ومبسط لهذه الطريقة :

- نقرن بدالة جيبية $x(t) = X_m \cos(\omega t + \varphi)$ ، ترددها $f = \frac{\omega}{2\pi}$ ، دالة عقدية $\underline{x}(t)$ نكتبها على الشكل :

$$\underline{x}(t) = X_m e^{j(\omega t + \varphi)} = X_m e^{j\varphi} e^{j\omega t} = \underline{X} e^{j\omega t}$$

حيث $j^2 = -1$.

- تمثل الدالة $x(t) = X_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$ الجزء الحقيقي للدالة $\underline{x}(t)$. نكتب $\underline{x}(t) = \text{Re}[\underline{X} e^{j\omega t}]$.

- نسمي العدد \underline{X} : الوسع العقدي (amplitude complexe) ، ويكون الوسع الحقيقي الذي نبحث عنه

$$\text{مساويا لمعيار الوسع العقدي} : X_m = |\underline{X}|$$

- يمثل الطور φ عمدة العدد \underline{X} : $\varphi = \arg(\underline{X})$ (argument complexe) .

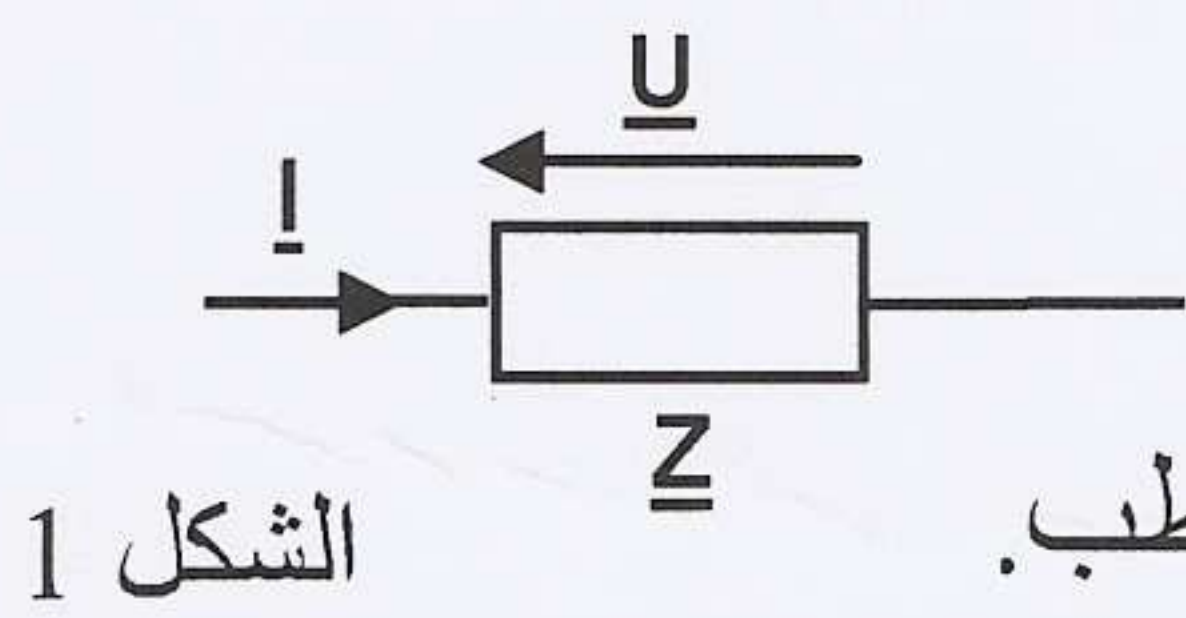
- نذكر بالعلاقات التالية لعدد عقدي $\underline{X} = a + jb$:

$$\text{المعيار} : |\underline{X}| = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\text{العمدة} : \arg(\underline{X}) = \arctan\left(\frac{b}{a}\right) \text{ si } a > 0$$

- مشتقة دالة عقدية $\underline{x}(t) = X_m e^{j(\omega t + \varphi)}$ هي : $\frac{d\underline{x}(t)}{dt} = j \cdot \omega \cdot \underline{x}(t)$

- نعتبر ثنائي القطب الممثل في الشكل 1 :



الشكل 1

يُكتب قانون أوم بتعبيره العقدي كالتالي : $\frac{u(t)}{i(t)} = \underline{Z}$ ، حيث \underline{Z} الممانعة العقدية لثنائي القطب .

يبقى قانون إضافية التوترات وقانون العقد صالحين شريطة تعويض شدة التيار $i(t)$ والتوتر $u(t)$ بمقرونيهما العقديين $i(t)$ و $u(t)$ ؛ كما أن جميع ممانعات ثنائيات القطب يشبه كيفية جميع الموصلات الأومية .

1.1- بين أن تعابير الممانعات العقدية \underline{Z}_R و \underline{Z}_L و \underline{Z}_C لكل من ثنائيات القطب : موصل أومي مقاومته الكهربائية R و وشيعة معامل تحريضها L (مقاومتها مهملة) و مكثف سعته C ، هي :

$$\underline{Z}_R = R$$

$$\underline{Z}_L = jL\omega$$

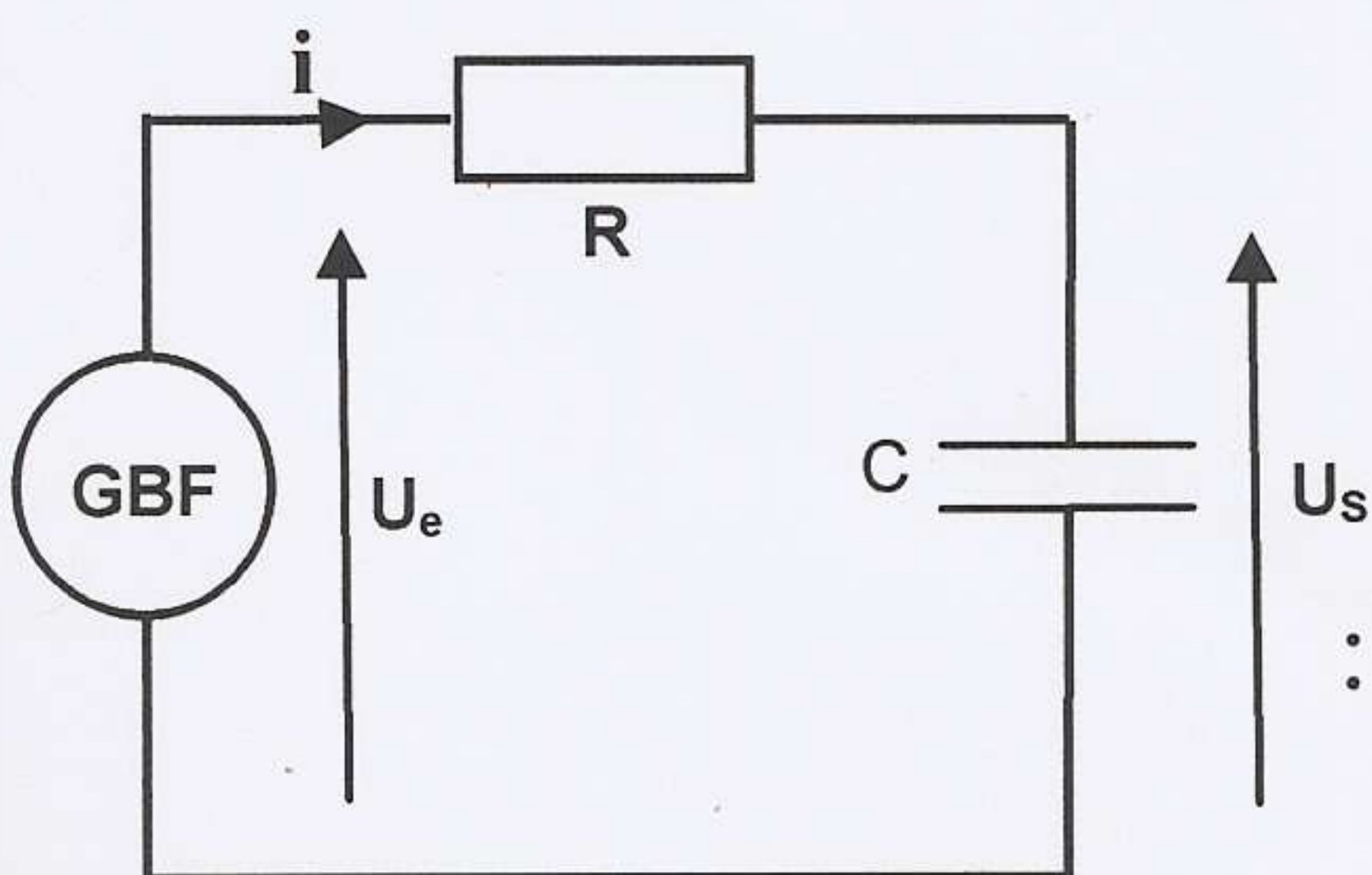
$$\underline{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}$$

1.2- دراسة ثنائي قطب RC (الشكل 2) :

يطبق المولد GBF توترا جيبييا $u_e(t) = E \cos(\omega t)$ ، فيمر في الدارة

تيار كهربائي $i(t)$. يُكتب التوتر $u_s(t)$ بين مربطي المكثف على الشكل التالي :

$$u_s(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$$



الشكل 2

1.2.1- بتطبيق قانون أوم في تعبيره العقدي :

1.2.1.1- أعط العلاقة بين $\underline{u}_s(t)$ و $\underline{i}(t)$.

1.2.1.2- أعط العلاقة بين $\underline{u}_e(t)$ و $\underline{i}(t)$.

1.2.2- بين أن الدالة العقدية $\underline{G}(\omega) = \frac{\underline{u}_s}{\underline{u}_e}$ يمكن كتابتها كالتالي : $\underline{G}(\omega) = \frac{1}{1+j.RC\omega}$.

1.2.3- أعط تعبير $G(\omega)$ معيار $\underline{G}(\omega)$ بدلالة R و C و ω .

1.2.4- نسمي المنطقة الممررة لهذه الدارة المجال $[\omega_1, \omega_2]$ بحيث $\frac{1}{\sqrt{2}} \leq G(\omega) \leq 1$. حدد تعبير كل من

النبضين ω_1 و ω_2 بدلالة R و C مع $\omega_2 > \omega_1$.

1.2.5- ضبط نبض المولد GBF على القيمتين $\omega_{BF} = \frac{\omega_2}{10}$ ثم $\omega_{HF} = 10.\omega_2$.

احسب $G(\omega)$ في كلتا الحالتين ، ثم استنتج هل هذه الدارة تعتبر مرشحا ممررا للترددات العالية أم ممررا للترددات المنخفضة .

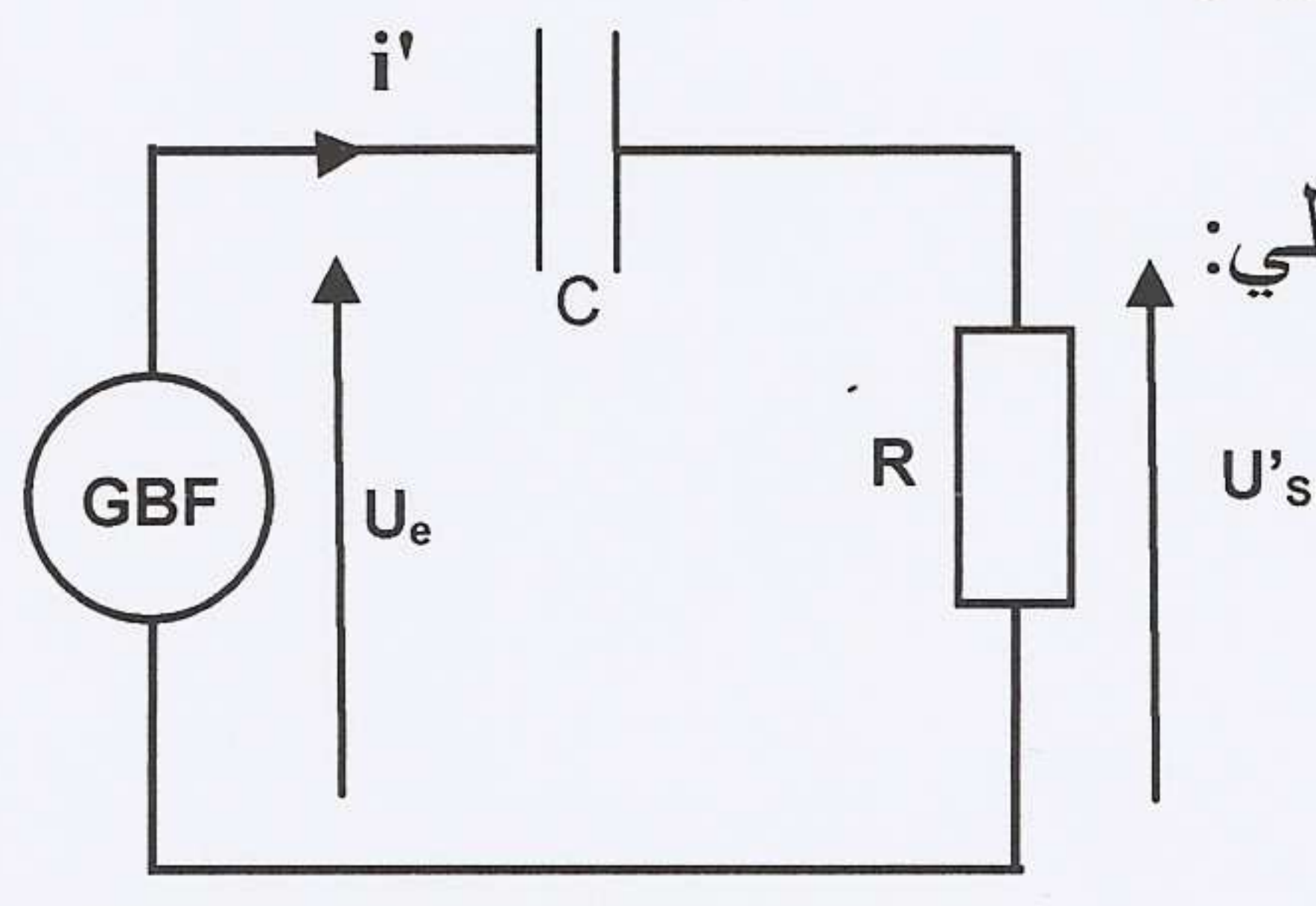
1.3- دراسة ثنائي القطب CR (الشكل 3) :

نعتبر الدارة الممثلة في الشكل 3 جانبه، بحيث يطبق المولد GBF توترا

جيبييا $u_e(t) = E \cos(\omega t)$ ، ويمر في الدارة تيار كهربائي $i'(t)$.

يكتب التوتر $u'_s(t)$ بين مربطي الموصل الأومي R على الشكل التالي:

$$u'_s(t) = U'_m \cos(\omega t + \varphi')$$



الشكل 3

1.3.1- أوجد تعبير الدالة العقدية $\underline{G}'(\omega) = \frac{\underline{u}'_s}{\underline{u}_e}$.

1.3.2- أعط تعبير $G'(\omega)$ معيار $\underline{G}'(\omega)$ بدلالة R و C و ω .

1.3.3- أوجد نهاية الدالة $G'(\omega)$ في الحالتين: $\omega \rightarrow 0$ و $\omega \rightarrow \infty$ ؛

استنتج هل تعتبر هذه الدارة مرشحا ممررا للترددات العالية أم ممررا للترددات المنخفضة .

الجزء الثاني : تضمين الوسع لتوتر جيبي

لإرسال إشارات صوتية (إذاعة ، هاتف ...) ، يتم تحويلها إلى توترات كهربائية جيبيية لها نفس التردد

المنخفض f حيث $20\text{Hz} \leq f \leq 20\text{kHz}$. و بواسطة هوائي تحوّل التوترات الكهربائية إلى موجات

كهرمغناطيسية تنتشر في الهواء .

2.1- علما أن رتبة قدر الطول L للهوائي المستعمل هو نصف طول الموجة الكهرمغناطيسية في الهواء ،

أحسب القيمة الدنيا لطول الهوائي؛ ثم فسر لماذا نلجأ إلى عملية التضمين.

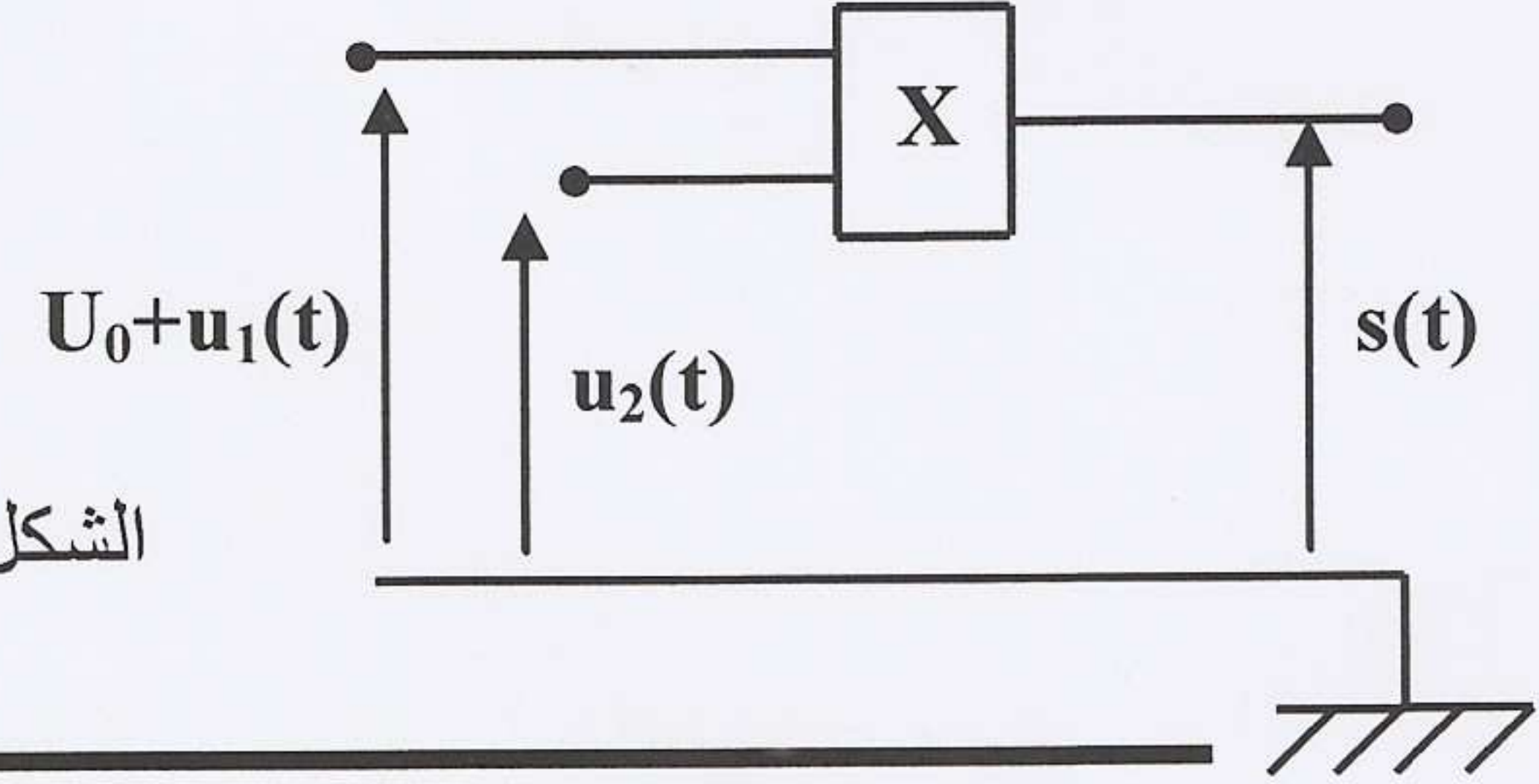
نذكر بسرعة انتشار الموجات الكهرمغناطيسية في الهواء : $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

2.2- ننجز تضمين الوسع لتوتر جيبي تعبيره $u_1(t) = U_{1m} \cos(2\pi f t)$ باستعمال موجة حاملة جيبيية

تعبيرها $u_2(t) = U_{2m} \cos(2\pi F t)$. بعد إضافة توتر ثابت U_0 للتوتر $u_1(t)$ وباستعمال دارة متكاملة

منجزة للجزاء ، نحصل عند مخرج الدارة على التوتر $s(t)$ والذي تعبيره $s(t) = k(U_0 + u_1(t))u_2(t)$ ؛

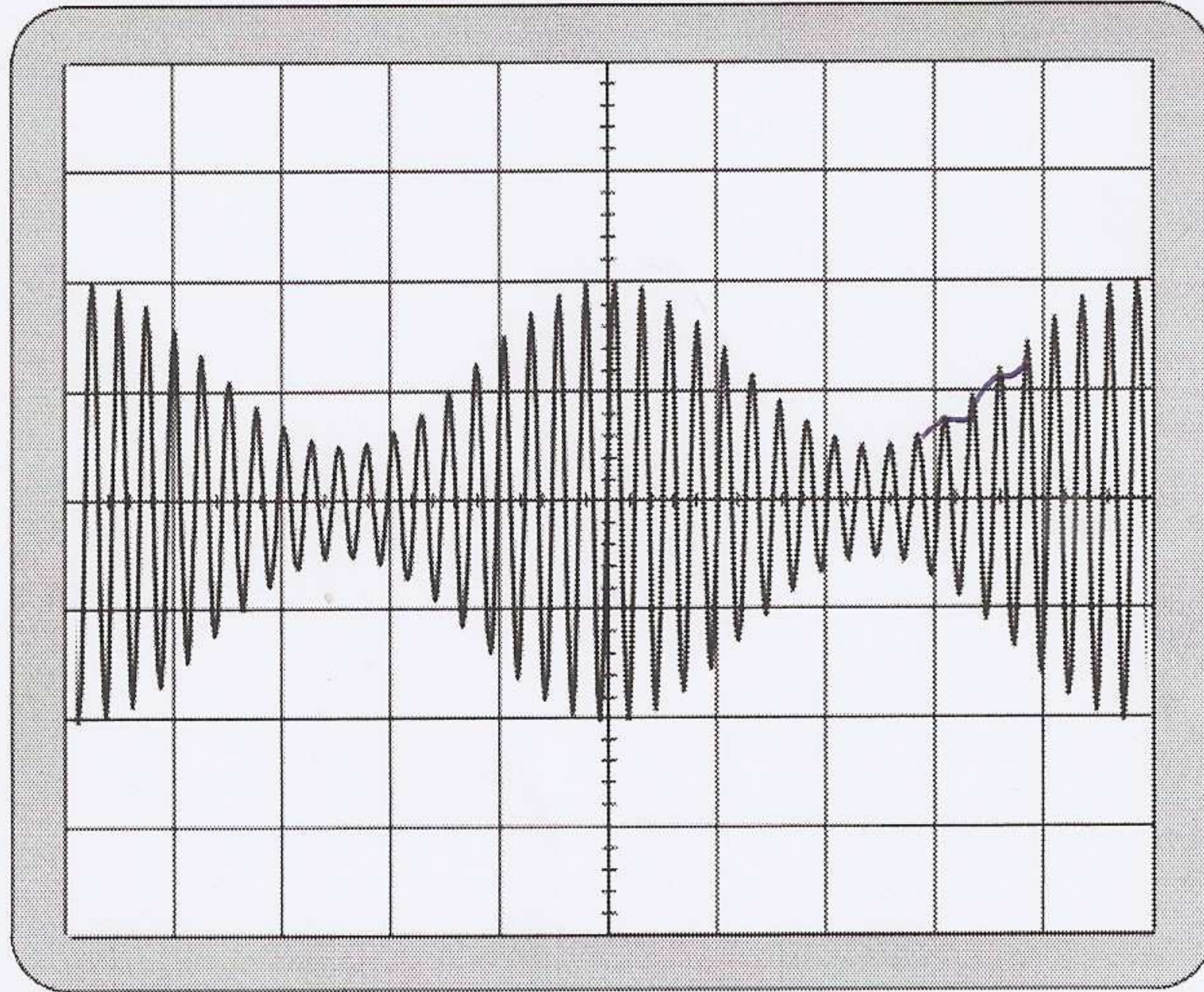
حيث $k = 0,1 \text{ V}^{-1}$ ثابتة. (الشكل 4)



الشكل 4

2.2.1- يمكن اعتبار التوتر $s(t)$ كمجموع لثلاث توترات جيبيية تردداتها مختلفة. عبّر عن هذه الترددات بدلالة f و F .

2.2.2- نعاين بواسطة كاشف التذبذب التوتر $s(t)$ ؛ فنحصل على منحنى الشكل 5.



الحساسية الرأسية: $2V / div$
الحساسية الأفقية: $500\mu s / div$

الشكل 5

2.2.2.1- حدد التردد f للموجة المضمّنة.

2.2.2.2- حدد كذلك الوسع U_{1m} و التوتر المستمر U_0 .

2.2.3- بين أن التوتر $s(t)$ يمكن كتابته كالتالي: $s(t) = A[1 + m \cos(2\pi f t)] \cos(2\pi F t)$ ؛ حيث m معامل التضمين.

2.2.4- حدد مبيانيا قيمة m معامل التضمين، ثم اذكر هل تمت عملية التضمين بشكل جيد؟

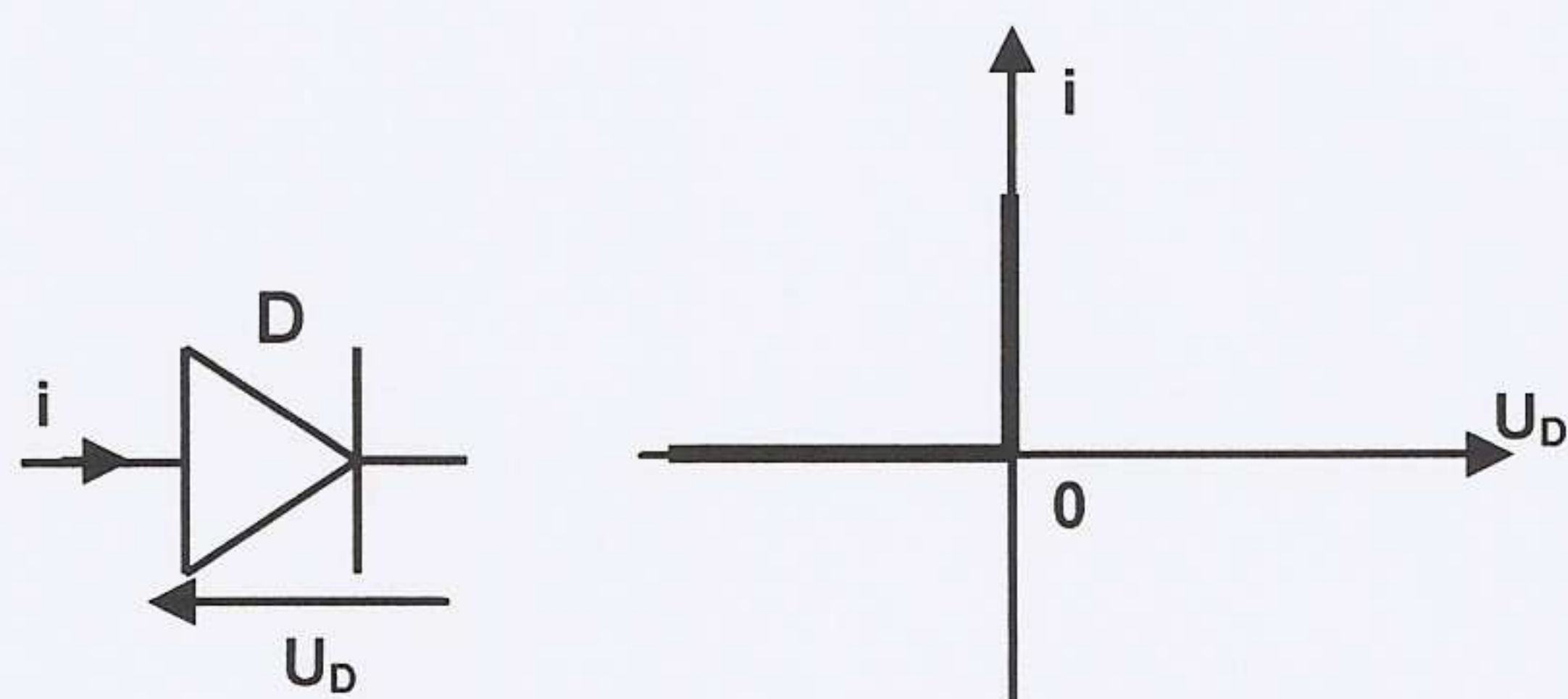
2.2.5- تبث محطتان إذاعيتان في نفس المنطقة على التردد F و F' ، مع $F' > F$.

أحسب القيمة الدنيا للمقدار $\Delta F_{\min} = F' - F$ كي تتم إذاعة الترددات الصوتية $20\text{kHz} \geq f \geq 20\text{Hz}$ دون تداخل بينهما.

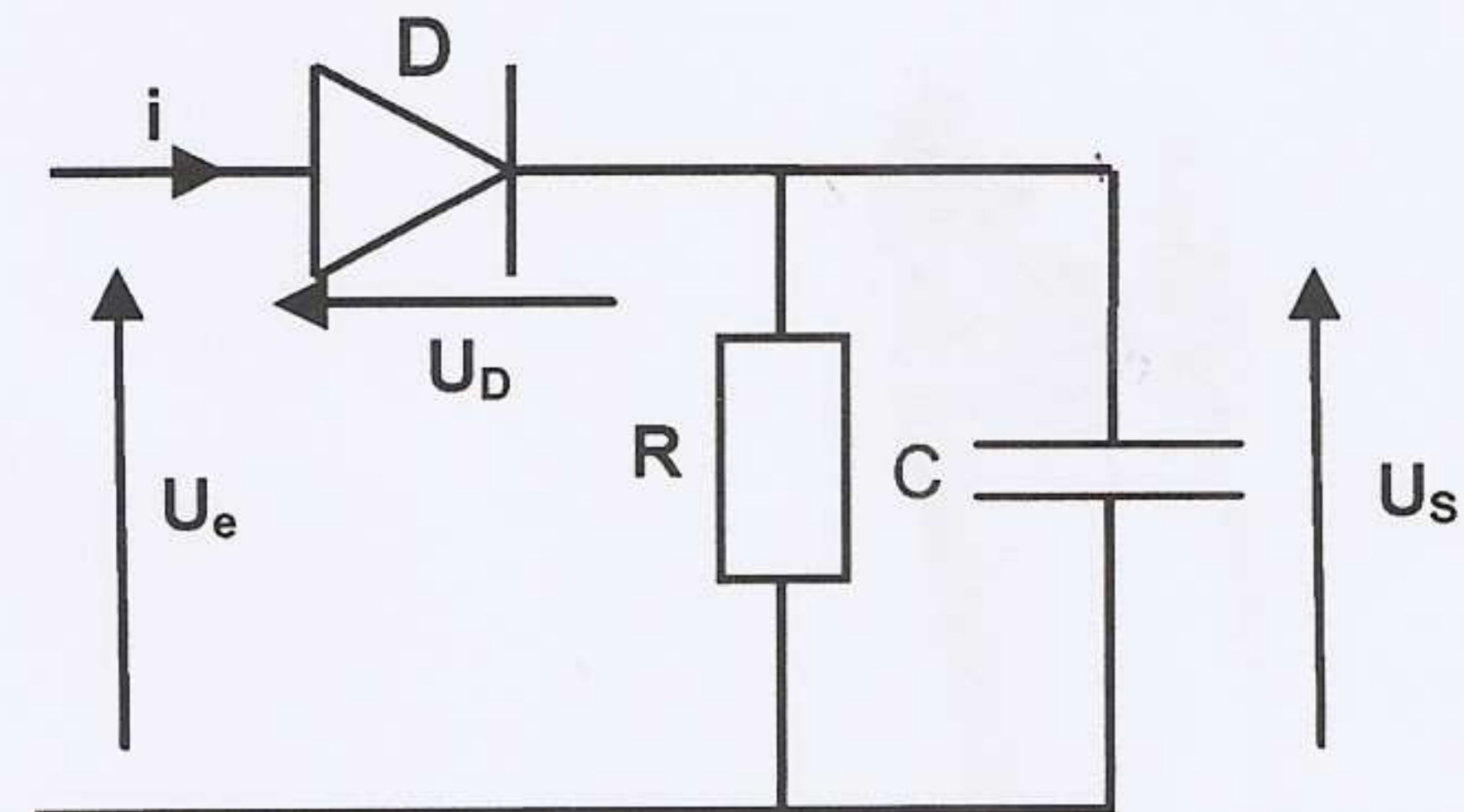
بواسطة هوائي مستقبل ملائم، يتم التقاط الموجة $s(t)$ ، وباعتماد عدة إلكترونية ملائمة مزيلة للتضمين يمكن استخراج المعلومة ذات التردد f .

الجزء الثالث: إزالة التضمين بواسطة دارة ذات صمام ثنائي.

نعتبر الدارة الكهربائية (كاشف الغلاف) الممثلة في الشكل 6 والمشملة على موصل أومي مقاومته R ومكثف سعته C و صمام ثنائي مؤتمل D .



الشكل 7



الشكل 6

يبين الشكل 7 الميزة $i(u_b)$ للصمام المؤتمل D .

يكون الصمام D في إحدى الحالتين :

الحالة 1: الصمام D ممرر للتيار، و يكون مكافئا لموصل أومي مهمل المقاومة $r \approx 0 \Omega$ و بالتالي $u_D = 0, i \geq 0$.

الحالة 2: D قاطع للتيار ، و يكون مكافئا لموصل أومي ذي مقاومة كبيرة جدا $(r \rightarrow \infty)$: $i = 0$ و توتره $u_D \leq 0$.

لتبسيط هذه الدراسة ، نعتبر أن التوتر $u_e(t) = U_m \cos(\Omega t)$ جيبي و دوره هو $T = \frac{2\pi}{\Omega}$.

3.1- نعتبر الحالة التي يكون فيها الصمام D ممررا للتيار:

يمر في الدارة تيار كهربائي جيبي تعبير شدته : $i(t) = I_m \cos(\Omega t + \varphi)$.

3.1.1- أرسم الدارة المكافئة للشكل 6.

3.1.2- أعط العلاقة بين التوترين $u_s(t)$ و $u_e(t)$.

3.1.3- باستعمال التركيب على التوازي لثنائيات القطب ، أوجد الممانعة العقدية Z_{eq} المكافئة لثنائي القطب RC المركبين على التوازي (الشكل 6).

3.1.4- باعتماد قانون أوم في تعبيره العقدي ، أوجد تعبير I_m و φ بدلالة C و R و U_m و Ω ؛ ثم استنتج المجال الذي ينتمي له العمدة φ .

3.1.5- أعط تعبير $\tan \varphi$ و $\sin \varphi$ بدلالة C و R و Ω .

3.1.6- لتكن t_0 اللحظة التي تنعدم فيها شدة التيار $i(t)$ لأول مرة.

3.1.6.1- أثبت التعبير التالي : $t_0 = \frac{T}{4} (1 - \frac{2}{\pi} \arctan(RC\Omega))$.

3.1.6.2- استنتج قيمة $u_e(t_0)$ بدلالة U_m و $\sin \varphi$.

3.1.6.3- تطبيق عددي : نعطي $U_m = 1V$ و $RC\Omega = 200\pi$ ، أحسب $\frac{t_0}{T}$ و $u_s(t_0)$.

3.2- نعتبر الحالة التي يكون فيها الصمام D مكافئا لقاطع التيار:

مباشرة بعد اللحظة t_0 ، المشار إليها في السؤال 3.1.6 ، يصبح الصمام D قاطعا للتيار.

3.2.1- علل سبب ذلك.

3.2.2- أرسم الدارة المكافئة في الحالة 2.

3.2.3- أعط $u_s(t_0)$ قيمة التوتر بين مرطبي المكثف عند اللحظة t_0 بدلالة U_m و $\sin \varphi$. علل جوابك.

3.2.4- أثبت المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_s(t)$ مباشرة بعد اللحظة t_0 .

3.2.5- يُكتب حل المعادلة التفاضلية السابقة على الشكل $u_s(t) = A.e^{-\frac{t}{\tau}}$. أوجد تعبير كل من الثابتين

A و τ بدلالة مقادير ضمن المجموعة التالية : C و R و U_m و φ و t_0 .

3.3- نعتبر في ما يلي أن $\tau \gg T$ ، ونأخذ مثلا $\frac{\tau}{T} = 100$.

3.3.1- أرسم شكل منحنى الدالة $u_s(t)$ بالنسبة للمجال $t > t_0$ ؛ مثل المماس Δ لمنحنى هذه الدالة في

النقطة ذات الأفضول $t = t_0$ ، ثم حدد نقطة تقاطعه مع محور الزمن.

3.3.2- أرسم ، في شكل آخر ، و على نفس المبيان منحنى الدالة $u_e(t)$ ومنحنى الدالة $u_s(t)$ في المجال $0 \leq t \leq T$.

3.3.3- مثل على هذا المبيان اللحظة t_1 التي تتقاطع فيها الدالتان $u_e(t)$ و $u_s(t)$.

3.3.4- بين أن $t_1 < t_{1max}$ ، حيث $t_{1max} = \frac{T}{4} (3 + \frac{2}{\pi} \arctan(RC\Omega))$

3.3.5- حدد على المبيان السابق اللحظة t_{1min} ، حيث $t_{1min} < t_1 < t_{1max}$

3.3.6- باعتبار أن اللحظة t_1 تحقق الشرط $t_1 \ll \tau$ ، ماذا تلاحظ حول تغيرات الدالة $u_s(t)$ في المجال $0 \leq t \leq T$ ؟

3.3.7- حدد المجالات الزمنية التي يكون فيها الصمام ممررا للتيار و المجالات الزمنية التي يكون فيها قاطعا للتيار .

3.4.1- عند استقبال الموجة المضمنة الوسع من طرف هوائي الإستقبال ، يقوم هذا الأخير بتحويلها إلى توتر كهربائي نفترض أنه التوتر $u_e(t)$ المشار إليه في الشكل 6 والذي نكتب تعبيره كالتالي:

$$u_e(t) = E[1 + m \cos(\omega_m t)] \cos(\Omega t) = U_0 \cos(\Omega t)$$

نظرا لكون $\omega_m \ll \Omega$ فإن الوسع $U_0 = E[1 + m \cos(\omega_m t)]$ يتغير ببطء شديد أمام تغيرات الدالة

$$\cos(\Omega t) \text{ ذات الدور } T = \frac{2\pi}{\Omega} \text{ ؛ بحيث يمكن اعتباره شبه ثابت خلال المدة الزمنية } \Delta t = T$$

في الحالة $T = \frac{2\pi}{\Omega} \gg \tau$ ، مثلا $\frac{\tau}{T} = 100$ ، ما هي العلاقة بين U_0 و $u_s(t)$ ؟

3.4.2- هل أمكن حذف الإشارة الحاملة ؟ علل .

فسر كيف يمكن الحصول على إشارة تعبيرها: $u'_s(t) = U'_M \cdot \cos(\omega_m t)$ ، أي متناسبة مع الإشارة الأصلية المبنوثة.

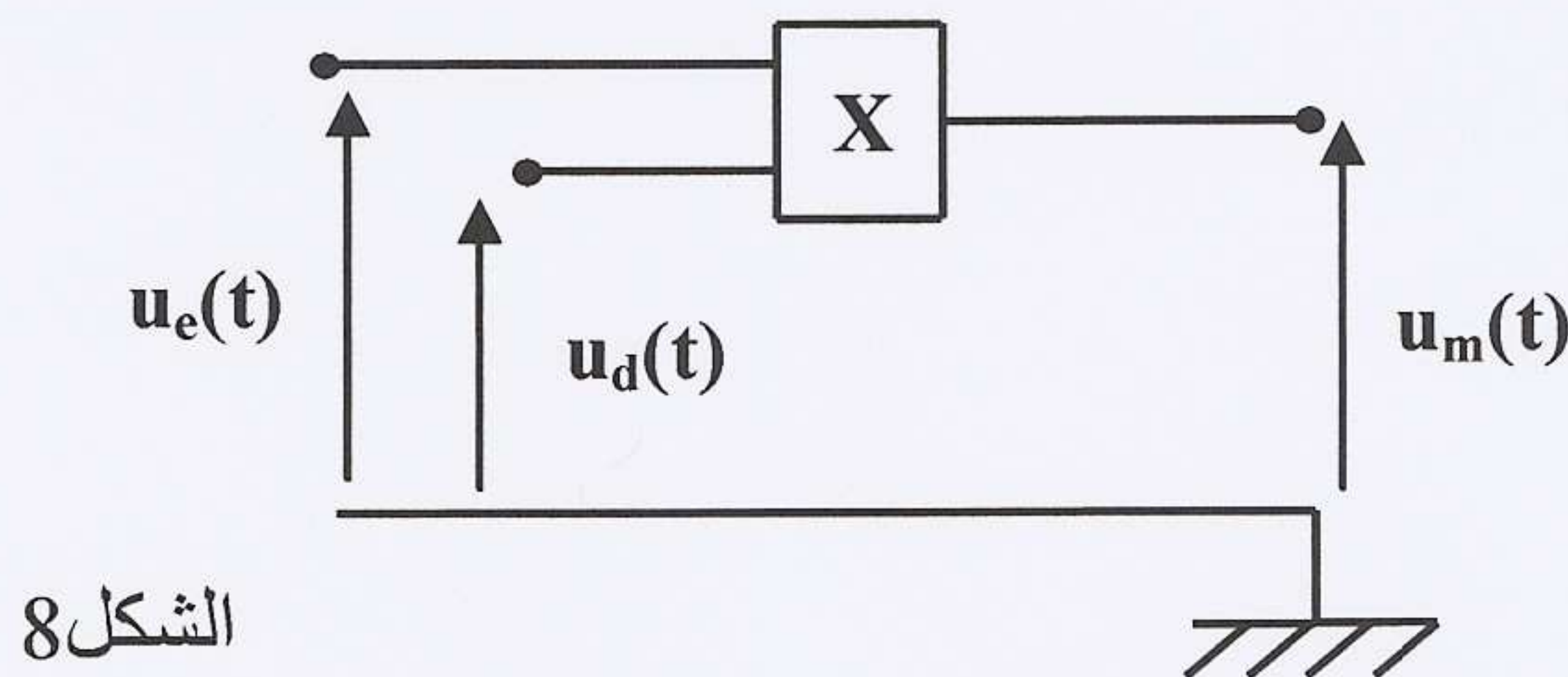
الجزء الرابع : إزالة التضمين بواسطة دارة متكاملة منجزة للجذاء :

نعتبر التركيب التالي المنجز للجذاء (الشكل 8) . ينجز هذا التركيب عملية جذاء بين التوترين: $u_e(t)$

التوتر الممثل للإشارة الكهرومغناطيسية الملتقطة $u_e(t) = E(1 + m \cos \omega t) \cos \Omega t$ والتوتر الجيبي

$u_d(t) = U_d \cos(\Omega t)$. عند مخرج الدارة يكون التوتر $u_m(t) = k \cdot u_e(t) \cdot u_d(t)$ ، حيث k ثابتة موجبة

تميز الدارة المتكاملة.



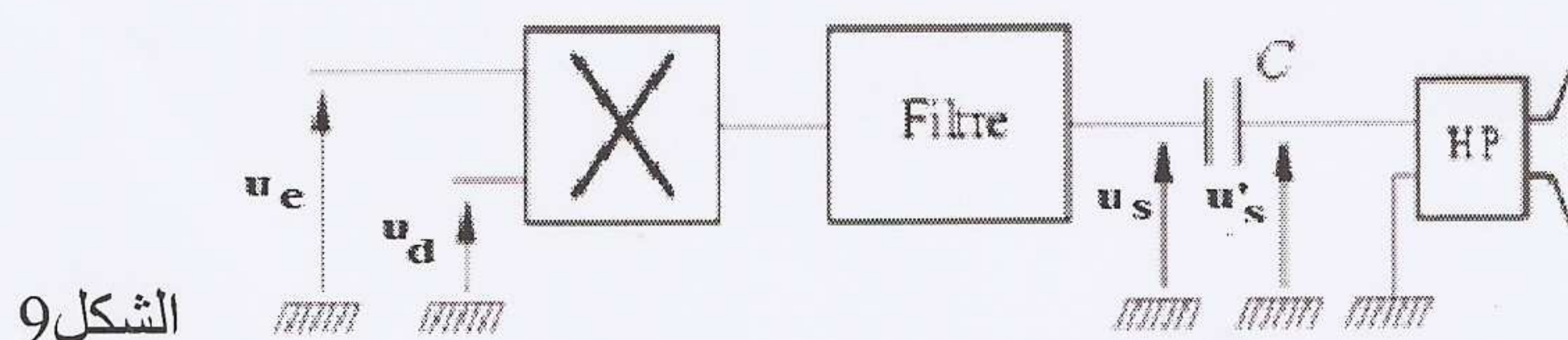
الشكل 8

4.1- أكتب تعبير التوتر $u_m(t)$ كمجموع لتوترات جيبيية وأعط تردداتها .

4.2- ننجز الدارة الممثلة في الشكل 9 ، حيث يوجد مباشرة عند مخرج التركيب السابق مرشحا (filtre)

يمكن من استخلاص (extraire) التوتر الممثل للإشارة المضمنة . نرسم ب HP لمكبر صوت يصدر

صوتا له نفس تردد التوتر $u_s'(t)$.



الشكل 9

من بين المرشحين المدروسين الذين تمت دراستهما في الجزء الأول ، حدد المرشح المستعمل. علل.

4.3- حدد تعبير التوتر $u_s(t)$ عند مخرج المرشح .

4.4- حدد تعبير التوتر $u'_s(t)$ بين مربطي المكثف C. يمكن اعتبار مكبر الصوت موصلا أوميا مقاومته r .

4.5- أذكر بعض إيجابيات هذا التركيب مقارنة بالتركيب الذي يستعمل صماما ثنائيا لإزالة التضمين .

الجزء الخامس : انتقال المعلومات بواسطة ألياف بصرية

تعتبر الألياف البصرية من بين الوسائل الحديثة لنقل المعلومات الرقمية والتناظرية ذات صبيب عالي.

و من خصائص هاته الطريقة أنها تنقل المعلومات بين باعث و متلقي بشكل مركّز يضمن اقتصادا في الطاقة مقارنة مع الهوائيات التي تبتث الإشارات في كل الإتجاهات .

في الآونة الأخيرة، بدأ العمل بالألياف البصرية ينتشر في العالم ، و في هذا الصدد تم تشغيل خط ألياف بصرية ، رابط تحت البحر، بين المغرب و إسبانيا طوله يقارب 187 كلم.

في مرحلة أولى يتم تحويل الإشارات الكهرومغناطيسية الحاملة للمعلومات إلى إشارات ضوئية على شكل حُزم، وبعد ذلك يتم نشر هذه الحزم الضوئية عبر الألياف البصرية .

فيما يلي ندرس انتشار إشارة ضوئية مرئية أحادية اللون عبر ليف بصري طوله L مكون من وسطين شفافين أسطوانيين (1) و(2) لهما نفس المحور (OZ) وشعاعيهما على التوالي n_1 و n_2 .

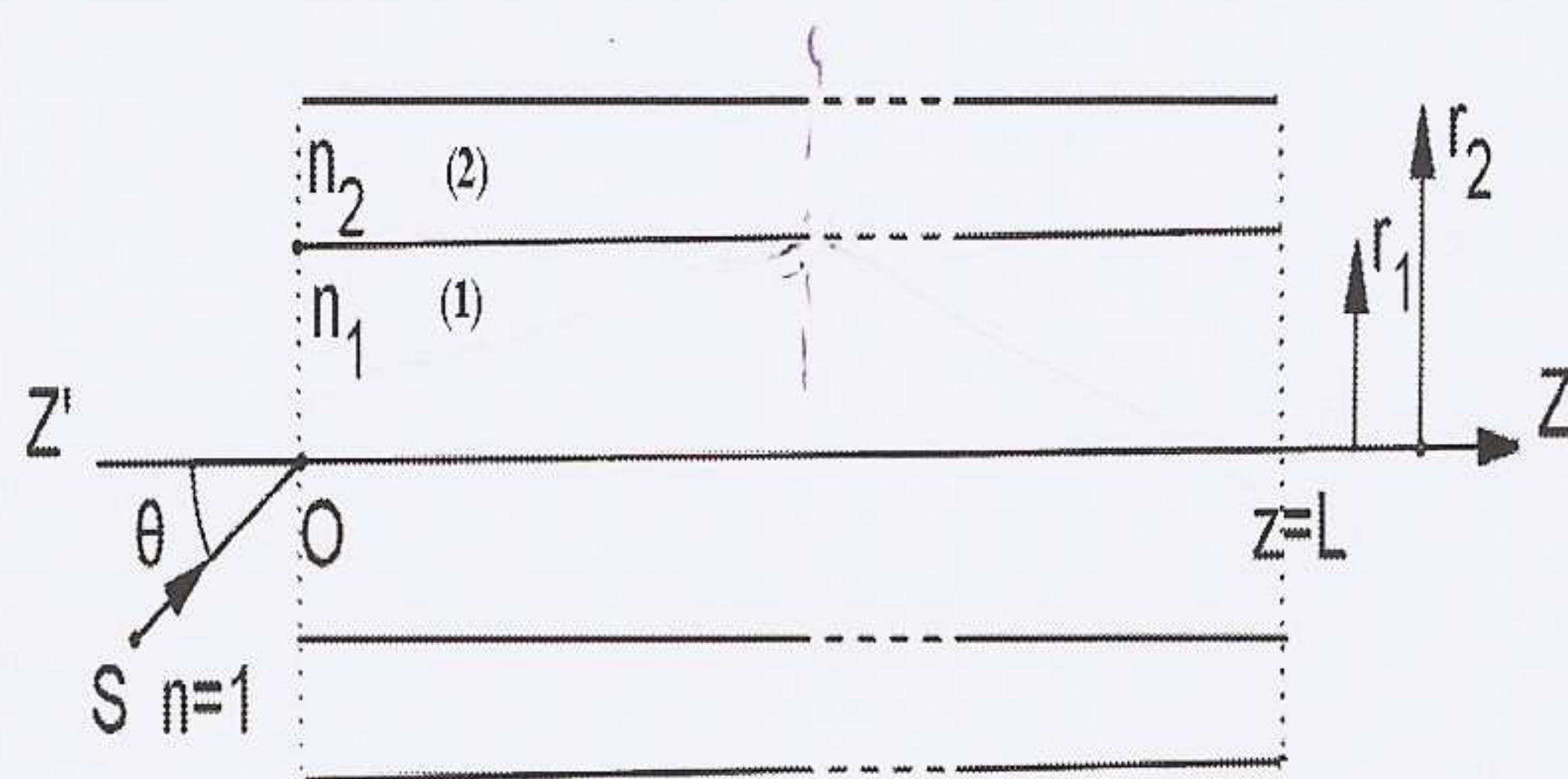
يشكل الوسط (1) لبّ الليف و نرسم لمعامل انكساره بالرمز n_1 ، و يشكل الوسط (2) غلاف الليف ونرسم لمعامل انكساره بالرمز n_2 . نعتبر أن $n_2 > n_1$.

تنتشر الإشارات الضوئية في الهواء وفي الفراغ بسرعة الضوء التي نرسم لها c .

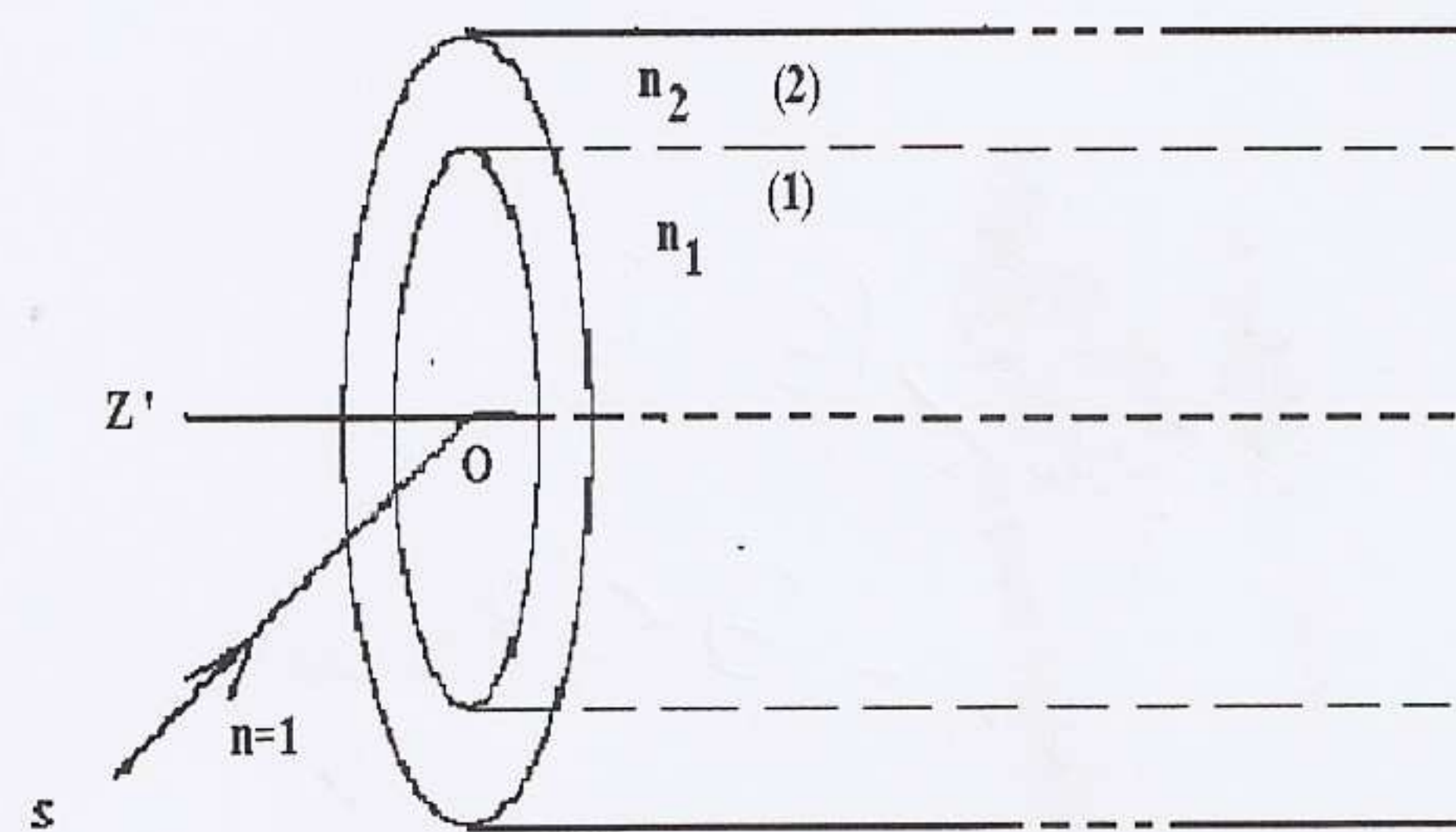
نذكر أن معامل انكسار وسط شفاف هو: $n = \frac{c}{v} \geq 1$ ، حيث v سرعة الضوء داخل هذا الوسط.

يرد شعاع ضوئي SO عبر الهواء إلى النقطة O مدخل الليف . نعتبر هذا الشعاع أحادي اللون وطول موجته λ .

تمثل الزاوية $\theta = \widehat{SOZ'}$ زاوية الورود (الشكل 10 أ و ب)



الشكل 10 ب



الشكل 10 أ

5.1- بعد دخول الشعاع إلى الليف يشكل الزاوية i مع المحور $Z'OZ$ ، و يصل إلى النقطة I الفاصلة بين الوسطين (1) و (2) تحت الزاوية i' مع الخط المنظمي $N'IN$ على السطح الفاصل بين الوسطين (1) و (2).

5.1.1- أكتب قانون ديكارت للإنكسار في النقطة O .

5.1.2- هل يمكن حدوث انعكاس كلي (تام) في النقطة O ؟ علل.

5.1.3- ما الشرط الذي يجب أن تحققه الزاوية i' لكي يحدث انعكاس كلي في النقطة I ؟

في ما يلي نعتبر أن هذا الشرط متحقق ونسمي J نقطة تقاطع الشعاع الضوئي و الحد الفاصل بين الوسطين (1) و (2) بعد قدومه من النقطة I .

5.1.4- أنقل الشكل (10 ب) على ورقة تحريرك ثم ارسم عليه المسار الكامل للشعاع الضوئي ابتداء من وروده على الليف البصري في النقطة O إلى حين مغادرته النقطة J .

5.1.5- أوجد تعبير زاوية الورود القصوية θ_{\max} التي تضمن انتشار الشعاع الضوئي داخل الليف في الوسط (1). أحسب قيمتها العددية. نعطي: $n_1 = 1,456$ و $n_2 = 1,410$.

يدخل شعاع ضوئي إلى الليف تحت زاوية الورود θ حيث $\theta < \theta_{\max}$ في النقطة O عند اللحظة البدئية $t = 0$.

5.2.1- نرمز ب $\tau(\theta, z)$ للمدة الزمنية التي يستغرقها وصول الشعاع إلى النقطة ذات الإحداثيات z .

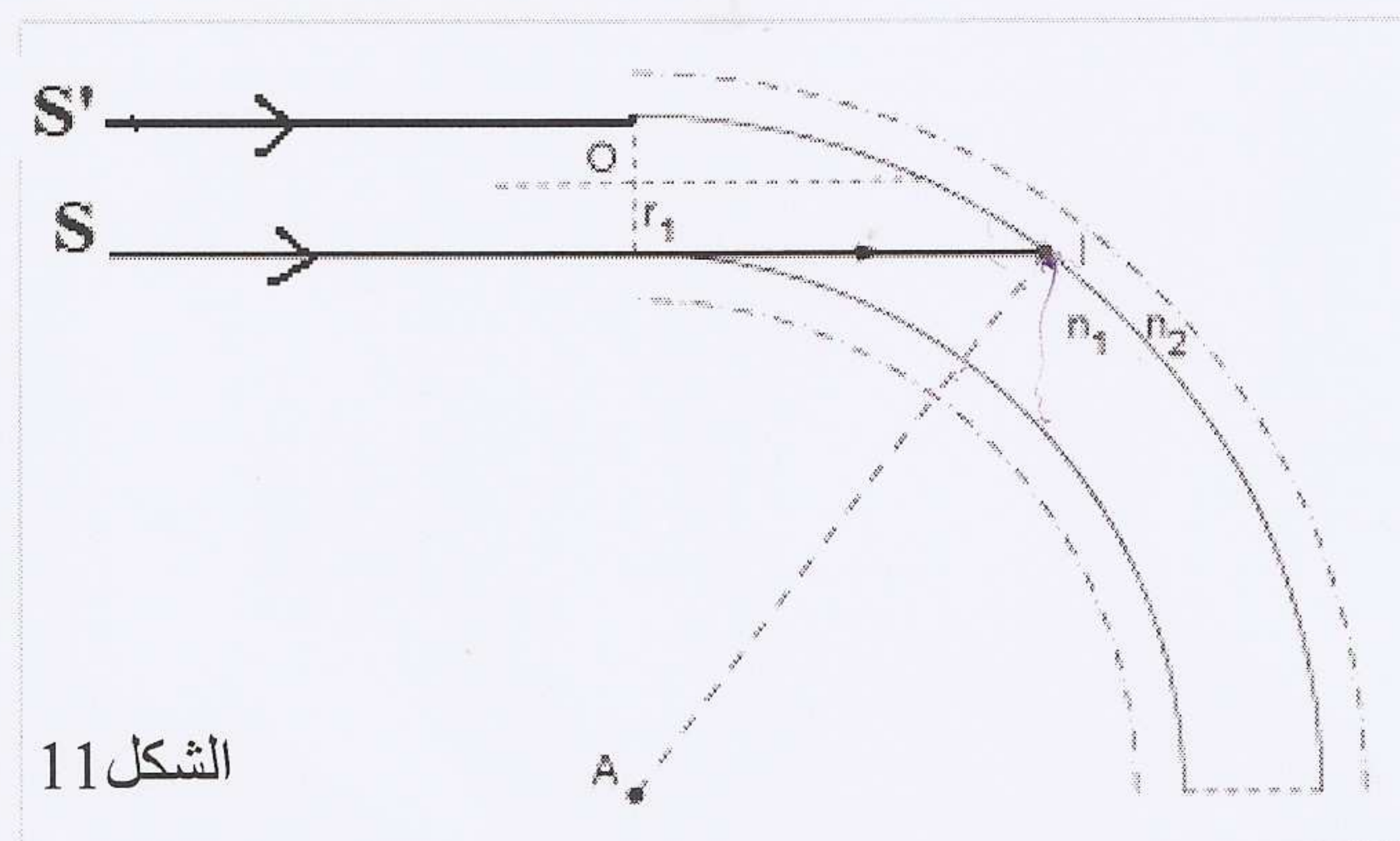
أعط تعبير $\tau(\theta, z)$ بدلالة كل من z و θ و n_1 و c .

5.2.2- أعط تعبير $\tau_0(\theta = 0, z = L)$ بالنسبة لشعاع وارد تحت زاوية منعدمة $\theta = 0$ ،

ثم أعط تعبير $\tau_1(\theta = \theta_{\max}, z = L)$ بالنسبة لشعاع وارد تحت الزاوية القصوية θ_{\max} .

5.2.3- ماهو تعبير الفارق الزمني $\Delta\tau = \tau_0 - \tau_1$ بين لحظة وصول هذين الشعاعين إلى مخرج الليف في النقطة ذات الإحداثيات $z = L$ ؟

5.3- في هذا السؤال نعتبر أن الليف يشكل ربع دائرة شعاعها المتوسط هو $R = AO$. نعتبر كذلك أن الحزمة الضوئية SS' ترد على مدخل الليف تحت زاوية ورود منعدمة. (أنظر الشكل 11)



5.3.1- أوجد ، بدلالة r_1 و n_1 و n_2 ، الشرط الذي يجب أن يحققه شعاع الدائرة المتوسط R كي ينعكس الشعاع الضوئي كلياً في النقطة I داخل لب الليف.

هل سيحدث انعكاس كلي لكل أشعة الحزمة SS' مباشرة بعد دخولها ووصولها إلى الحد الفاصل بين الوسطين (1) و(2)؟ علل.

5.3.2- نعتبر أن هذا الشرط متحقق ، ونعتبر أن J هي نقطة تقاطع الشعاع الضوئي SI مع الحد الفاصل بين الوسطين (1) و(2) بعد قدومه من النقطة I . هل سيحدث انعكاس كلي في النقطة J ؟ علل .

5.4- نعود فيما يلي إلى الليف البصري الأسطواني الشكل.

تتبدد القدرة خلال انتشار الإشارة الضوئية داخل الليف ، ويمكن كتابة تعبير القدرة المبددة dP عندما تقطع الإشارة المسافة dz على الشكل : $dP = -k.P(z).dz$ حيث k ثابتة موجبة و $P(z)$ قدرة الإشارة عند وصولها إلى النقطة ذات الأفصول z .

5.4.1- نُعبر عن هذا التبدد بالمقدار $G_{dB}(z) = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P(z)}{P(0)} \right)$ و نقيسه بوحدة الديسيبيل dB.

برهن أن العلاقة بين $G_{dB}(z)$ و z تناسبية : $G_{dB}(z) = -k'.z$ حيث k' ثابتة موجبة .

5.4.2- نستعمل ليفاً بصرياً مقدار ثابتته $k' = 0,4 \text{ dB/km}$ و القدرة في مدخله $P(z=0) = 1 \mu W$.

حدد $z_{1/2}$ أفصول النقطة التي تكون عندها القدرة المتبقية تساوي نصف القدرة الأصلية عند مدخل الليف.

أوجد، باستعمال نفس الليف البصري $k' = 0,4 \text{ dB/km}$ ، قيمة النسبة المئوية للضياع الطاقى بين المغرب وإسبانيا. ماذا تستنتج؟
