تطبيقات التطورات الزمنية

مؤشرات الكفاءة

يوظف التطورات الزمنية في بعض الظواهر الفيزيائية والكيميائية لقياس الأزمنة والمسافات....

تصميم الدرس

مقدمة :

1- قياس مدّة زمنية

1-1- قياس مدّة زمنية بالنقصان الإشعاعي

1-2- قياس مدّة زمنية من ظاهرة دورية:

2- قياس مدّة زمنية لتحديد مسافة:

3- توظيف انعراج الضوء لقياس مسافات صغيرة:

- التموقع باستعمال النظام GPS (Global Posioning System)

أو

Géo Positionnement par Satellite

تمارين

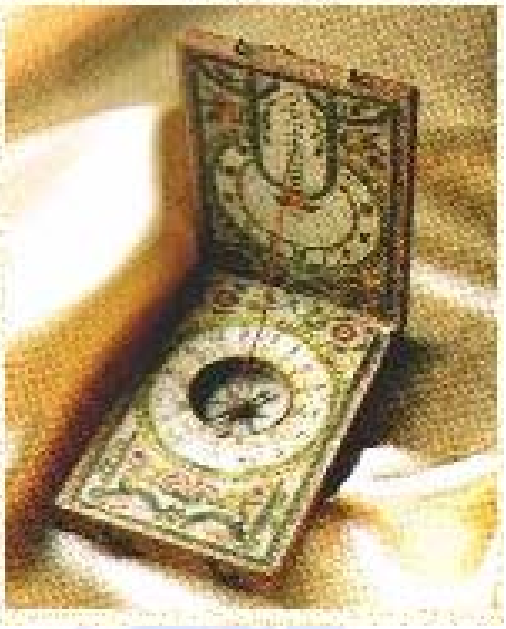
حلول التمارين

مقدمة :

الوقت كالسيف، إن لم تقطعه قطعك. هكذا يقول المثل. فمنذ أن أدرك الإنسانُ مفهوم الوقـت، أو حقيقة كون الحاضر شيء مختلف عن الماضي وعن المستقبل، بدأ سعيه لتسجيل هذا التيار المتواصـل الوحيد الاتجاه.

فمنذ القدم، اخترع الإنسان عدّة أنواع من الساعات، منها:

- **الساعة الشمسية**

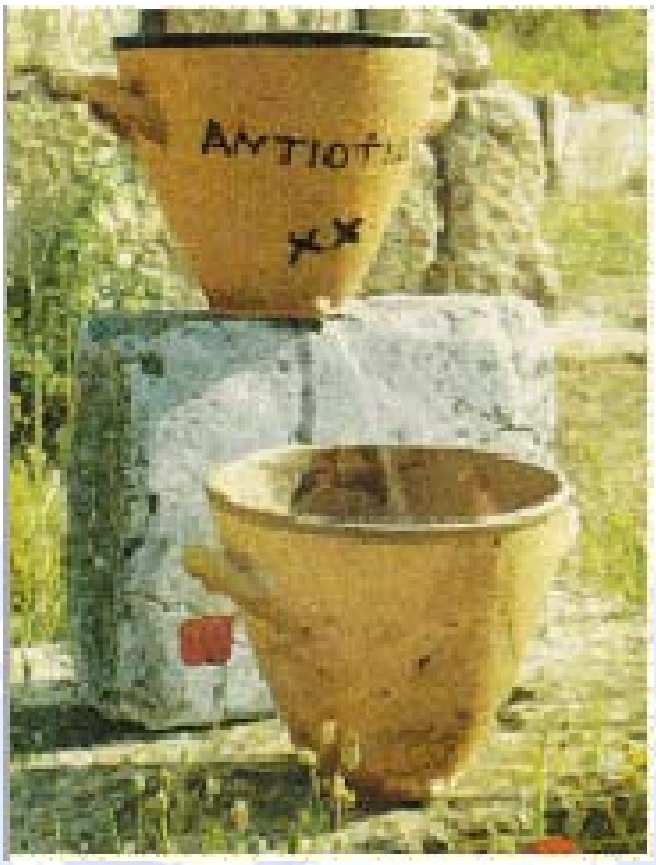


و هي جملة بسيطة تحتاج لكي تعمل إلى ضوء الشمس .

و بالتالي هذا النوع من الساعات غير عملي بصفة جيدة نظرا لكونه لا يعمل في الليل و لا في الأيـام الغائمة.

- **الساعة المائية: (Clepsydre) :**

صنعت في مصر في عهد أمينوفيس الأول (Aménophis 1er) و تتكون من وعاء مثقوب في قعـره، ومن برميل مدرج بالساعات، يملأ الوعاء بالماء الذي يتدفق ببطء في البرميل، يسمح مستوى الماء في البرميل بتعيين الوقت بدقة.



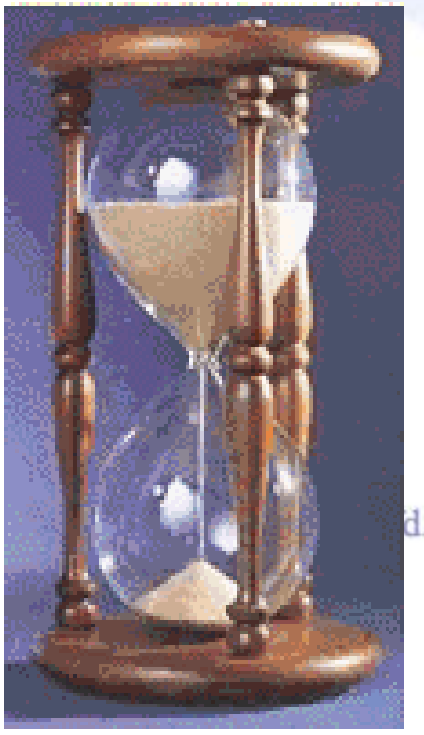
هذا النوع من الساعات كان أحسن و أفضل من النوع الأول لأنّه يعطي الوقت في الليل كذلك.

- **الساعة الرملية:(Sablier)**

يقال بأنّ أول ساعة رملية صنعت في القرن الثامن.

تتكون الساعة الرملية من حبابة من الزجاج بها اختناق في وسطها، صنع بشكل ترك فيه ممر ضيق لانسياب الرمل عبره إلى الجزء السفلي من الحبابة.

تملأ الحبابة بالرمل، وعند قلبها، فإنّ الرمل يبدأ في النزول إلى الجزء الآخر من الحبابة عبر الممر الضيق ليستمر نزوله زمنا معينا، وهـو الزمن المقاس.



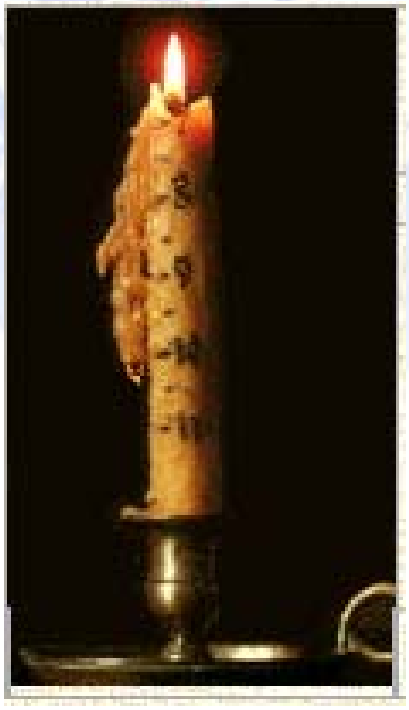
توجد عدّة أنواع من الساعات الرملية، وذلك حسب مدّة تدفق الرمـل فيها. فمنها الذي تكون مدّة تدفقه ثلاث دقائق مثلا، وأخـرى نـصف ساعة، وأخرى ساعة كاملة...الخ

ساعة رملية من القرن XVIII

- **الساعة الشمعية:**

عند احتراق الشمعة فإنها تذوب بصفة منتظمة، ويترتب عن ذلك نقصان منتظم في طولها، ومن هنـا جاءت الفكرة باستعمال الشمعة كساعة لقياس الزمن.

إنّ الذي صنع هذه الساعة هو ألفرد لو قران، و كانت عبارة عن شمعة تحترق لمدّة أربع سـاعات، و كانت مدرجة على امتداد طولها، بحيث توافق كل تدريجة عشرين دقيقة .



و عند احتراق الشمعة كلية، كانت تعوض بسرعة بشمعة أخرى.

- **الساعة الميكانيكية :**

و قد تم التعرض لها في وحدة الاهتزازات.

- **الساعة الكهربائية**

تعمل الساعة الكهربائية بالتيار الكهربائي الذي يحرك محركا يدور بسرعة تقدر بـ 50 trs / s .

الساعة الذرية:

وهي التي تعطي الوقت بصورة دقيقة جدا.

1- قياس مدّة زمنية:

لقد اخترع الإنسان منذ القدم أجهزة مختلفة لقياس الزمن، منها الساعة الرملية، ساعات الميزان ، الساعات الذرية ، ...

أراد هويغنز (1695 – 1629) صناعة ساعة تعمل بصورة دقيقة لكي تسمح للبحارة خاصة بتحديـد خط الطول longitude نظرا للفارق الزمني الموجود بين الساعات المحلية والذي كان في ذاك الوقت يتأخر بربع ساعة في اليوم.

والساعات القديمة لم تكن تخلو من عدم الدقّة في حساب الزمن بسبب ميكانزم اهتزازات النواس الذي لا يعمل إلاّ من أجل زوايا أكبر من 25° .

بيّن هويغنز أنّ هذه الزاوايا تجعل دور الاهتزازات يتعلق بالسعة و بالتالي هي لا تكون ثابتة. وفي عام 1657، وجد هويغنز الحل ، حيث صنع ساعة نواسها لا يتحرك على دائرة بل cycloide و كانت لا تتقدّم أو تؤخر الوقت إلاّ بـ s 15 في اليوم.

1-1- قياس مدّة زمنية بالنقصان الإشعاعي:

أ- التأريخ بالكربون 14 : $_{14}C$

إنّ عنصر الكربون متواجد في الطبيعة على شكل نظيرين للكربون .النظير ($_{12}C$) وهو المـستقر، و النظير ($_{14}C$) و هو المشع و الذي يقدر نصف عمره بـ 5570 ans .

إنّ نسبة الكربون 14 و التي تمثل كمية ذرات الكربون 14 على الكمية الكلية لذرات الكربـون تبقـى نفسها في جميع الكائنات خلال الزمن.

لكن عندما يموت الكائن الحي ، فإنّ نسبة الكربون في جسمه تبدأ في التناقص.
و كلما تبقت كمية قليلة من الكربون في الكائن نعلم أنّ موته قديم، و هكذا فإنّ قياس النسبة $\frac{\text{كمية } {}^{14}C}{\text{كمية } {}^{12}C}$ تسمح بالرجوع إلى الماضي بعشرات الآلاف من السنين .

ب- عمر الصخور و عمر الأرض :

إنّ زمن نصف عمر عنصر مشع يستعمل كساعة.
فمثلا صخرة حديثة لا نستطيع تأريخها بنظائر ذات نصف عمر طويل لأنها لا تحتوي على عدد كبير من النوى "السلالات" .
و كذلك صخرة قديمة جدا لا تؤرخ بنظائر ذات نصف عمر قصير لأنّها لا تحتوي تقريبا على النوى "الأب"، فالعمر لا يجب أن يتجاوز من 5 إلى 6 من نصف العمر.
و النظير المثالي هو الذي يكون نصف عمره من رتبة عمر الصخرة المراد تأريخها، و هكذا تكون كميات نوى "الأب" ونوى "الابن" متقاربة.

جـ- عمر الأرض :

لا نستطيع تحديد التاريخ 0 لنشأة الأرض لأنّ الكرة الأرضية تكونت تدريجيا.
ولتحديد تاريخ الأرض، نبحث عن تأريخ الصخور الأكثر قدما، فتبلور $ZrSiO_4$ (سليكات الزيركونيوم) كان في بداية نشأة الأرض، ثم أخذت مكان الزيركونيوم كميات من اليورانيوم 238 والذي بدأ في التفكك وتحول بدوره إلى الرصاص 206 المستقر.
و في أيامنا هذه، نستطيع تحديد النسبة $\frac{\text{كمية } {}^{206}Pb}{\text{كمية } {}^{238}U}$ و" نصعد" هكذا إلى تاريخ تكون الصخرة.
إنّ الأرض تكونت حسب القياسات منذ 4,5 مليار سنة.
و قد وجد هذا العمر بطرق أخرى كاستعمال الثنائية $\frac{\text{بوتاسيوم } 40}{\text{أرغون } 40}$ والثنائية $\frac{\text{روديوم } 87}{\text{سترونيوم } 87}$.

تمرين 1:

إنّ بعض الصخور البركانية تحتوي على البوتاسيوم $^{40}_{19}\mathrm{K}$ المشع الذي يتفكك إلى الأرغون $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ الذي له نصف عمر قدره $t_{1/2} = 1,4\ .10^{9}\ ans$.

خلال ثوران البراكين، وعند خروج الحمم منها، يتسرب غاز الأرغون مع هذه الحمم، و عند تصلب الصخرة الناتجة عن هذه الحمم يسجن هذا الغاز بداخلها.

1- صف نواة البوتاسيوم. هل العدد 19 أو 40 هو الذي يميزها ؟

2- أكتب معادلة تفكك البوتاسيوم 40 إلى الأرغون 40.

3- وجدت عينة من صخرة بالقرب من بركان قديم تحتوي على كتلة قدرها $m= 2,3\ mg$ من البوتاسيوم 40 وكتلة قدرها $m'= 0,3\ mg$ من الأرغون 40.

إنّ مبدأ التواريخ أُخذ عند ثوران البركان.

أحسب عدد النوى N للبوتاسيوم $^{40}_{19}\mathrm{K}$ وعدد النوى N للأرغون $^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ المتواجدة يوم التحليل.

4- عبّر عن عدد النوى N_0 للبوتاسيوم $^{40}_{19}\mathrm{K}$ المتواجدة في العينة مباشرة بعد ثوران البركان بدلالة عدد نوى البوتاسيوم ($^{40}_{19}\mathrm{K}$) والأرغون ($^{40}_{18}\mathrm{Ar}$) المتواجدة يوم التحليل. أحسب العدد N_0 .

5- عبّر عن التاريخ t بدلالة زمن نصف العمر $t_{1/2}$ و $\ln\left(\frac{N\left(^{40}_{19}\mathrm{K}\right)}{N_0\left(^{40}_{19}\mathrm{K}\right)}\right)$. أحسب التاريخ t.

يعطى:

$$N_A = 6.02.10^{23}\ mol^{-1} \quad M\left(^{40}_{18}Ar\right)= 40g/mol\ ,\ M\left(^{40}_{19}K\right)= 40g/mol$$

الحل:

1- Z = عدد البروتونات = الرقم الذري.

A = عدد النيوكليونات = العدد الكتلي

N = A - Z = عدد النترونات.

2- المعادلة:

$$^{40}_{19}\mathrm{K} \rightarrow {}^{40}_{18}\mathrm{Ar} + {}^{0}_{1}\mathrm{e}^{+}$$

نلاحظ من المعادلة أنّه يوجد إصدار بوزيتون أي إشعاع من النوع β^+ .

3- عدد النوى:

نحسب كمية البوتاسيوم $^{40}_{19}\mathrm{K}$

$$n\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)=\frac{m}{M}$$

$$n\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)=\frac{2{,}3.10^{-3}}{40}=5{,}75.10^{-5}\ \ \mathrm{mol}$$

عدد نوى $\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)$ المتواجدة يوم التحليل في التاريخ t :

$$N\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)=n\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)\times N_A$$

$$N\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)=5{,}75.10^{-5}\times 6{,}02.10^{23}=3{,}4615.10^{19}$$

$$N\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)=3{,}4615.10^{19}$$

كمية الأرغون ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$:

$$n\left({}^{40}_{18}\mathrm{Ar}\right)=\frac{m}{M}$$

$$n\left({}^{40}_{18}\mathrm{Ar}\right)=\frac{0{,}3.10^{-3}}{40}=7{,}5.10^{-6}\ \ \mathrm{mol}$$

عدد نوى $\left({}^{40}_{19}\mathrm{K}\right)$ المتواجدة يوم التحليل في التاريخ t :

$$N\left({}^{40}_{18}Ar\right)= n\left({}^{40}_{18}Ar\right)\times N_A$$

$$N\left({}^{40}_{19}K\right)= 7,5.10^{-6}\times 6,02.10^{23}= 4,515.10^{18}$$

$$N\left({}^{40}_{18}Ar\right)= 4,515.10^{18}$$

4- عند التاريخ 0 :

في هذا التاريخ أي بعد الثوران مباشرة، توجد النوى "الأب" ${}^{40}_{19}K$.

في التاريخ t ، جزء من هذه النوى تحول إلى نوى "الإبن" ${}^{40}_{18}Ar$ والجزء الآخر بقي على حاله.

$$N_0\left({}^{40}_{19}K\right)= N\left({}^{40}_{18}Ar\right)+ N\left({}^{40}_{19}K\right)$$

$$N_0\left({}^{40}_{19}K\right)= 4,515.10^{18}+ 3,4615.10^{19}= 3,913.10^{19}$$

$$N_0\left({}^{40}_{19}K\right)= 3,913.10^{19}$$

5- $N = N_0.e^{-\lambda.t}$ **أي** $\dfrac{N}{N_0}= e^{-\lambda.t}$

حيث $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$

نعوض في العلاقة السابقة:

$$\ln\frac{N}{N_0}\left({}^{40}_{19}K\right)= -\lambda.t = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t$$

نحسب الزمن t:

$$t = \frac{-t_{1/2}.\ln\frac{N}{N_0}\left({}^{40}_{19}K\right)}{\ln 2}$$

$$t = \frac{-1{,}4.10^{9}.\ln\frac{3{,}4615.10^{19}}{3{,}913.10^{19}}}{\ln 2} = 2{,}476.10^{8}\,ans$$

$$t = 2{,}476.10^{18}\ \ ans$$

نستنتج أنّ ثوران هذا البركان حدث منذ 248 مليون سنة.

1-2- قياس مدّة زمنية من ظاهرة دورية:

تعريف اليوم:

اليوم هو المدّة الفاصلة بين مرورين متتاليين للشمس من نقطة معينة من الكرة الأرضية.

أ- الثانية و اليوم الشمسي:

في المرجع جيومركزي، تدور الأرض حول نفسها.

إنّ اليوم الشمسي هو المدّة المستغرقة بين مرورين متتاليين للشمس في مستوي الزوال plan méridien لمكان ما.

و اليوم الشمسي يتغير بـ 30 mn خلال السنة و ذلك بسبب:

* سرعة دوران الأرض حول نفسها التي تتعلق ببعدها عن الشمس.

* الزاوية المحصورة بين المستوي الاستوائي plan équatorial الأرضي والمدار الاهليليجي، وهي تتغير كذلك.

و حدّد علماء الفلك اليوم الشمسي المتوسط بـ 24 heures .

تعريف الثانية :

الثانية هي وحدة الزمن في الجملة الدولية.

و كانت قد عرّفت عام 1960 كالنسبة: $\frac{1}{86400}$ يوم شمسي.

$$1\ \mathrm{s} = \frac{1}{86400}\ jour\ \text{solaire moyen}$$

ملاحظة :

في الحقيقة، وحسب العلماء، توجد 4 أيام شمسية فقط في السنة لها مدّة تساوي 24 heures، وهي التي توافق أيام 15 أفريل، و14 جوان، و1 سبتمبر، و25 ديسمبر. لكن العلماء عمّموا مدّة اليوم الشمسي المتوسط بـ 24 heures على جميع أيام السنة الأخرى.

إنّ المد les marées القمري يؤخر قليلا دوران الأرض حول نفسها حيث تزيد في المتوسط مدّة اليوم بـ 0,00164 s في القرن.

ب- تعريف الظاهرة الدورية:

لقياس مدّة زمنية بدقة ، نستعمل الظواهر الدورية.

نقول عن ظاهرة بأنّها دورية، إذا أعادت نفسها بصفة منتظمة في الزمن.

تتميز بالدور و الذي يمثل المدّة الزمنية التي تفصل إعادتين متتاليتين .

من هذه الظواهر: حركة الأرض حول نفسها، حركة الأرض حول الشمس.

2- قياس مدّة زمنية لتحديد مسافة:

2-1- تعريف المتر : (وحدة الطول في الجملة الدولية)

في بداية التاريخ، كان الإنسان يستعمل أعضاء جسمه كمرجع لقياس كل مقدار قابل للقياس، فقد استعمل الإبهام، اليد، الرجل ، ... وكانت تختلف من منطقة إلى أخرى.

في عام 1747 حددت كوحدة للطول: طول نواس يدق الثانية عند خط الاستواء

في نهاية القرن الثامن عشر (18) ، سمي المتر:

$$.1\,m = \frac{1}{10\ 000\ 000}$$

من مستوي الزوال الأرضي.

في عام 1889، صنع المكتب العالمي للأثقال والقياسات (BIPM) المترالقياسي وهو عبارة على مسطرة من البلاتين (90 % من البلاتين و 10% من الإيريديوم).

في عام 1960، لم يصبح المتر مقتصرا على عنصر مادي، بل أصبح يحسب بطول موجة إشعاع.

$1\,\mathrm{m} = 1\ 650\ 763{,}73$ من طول الموجة في الفراغ لإشعاع برتقالي.

منذ 1985، عرّف المتر انطلاقا من الثانية و سرعة الضوء.

المتر = المسافة المقطوعة من طرف الضوء في الفراغ خلال مجال زمني قدره $\frac{1}{299\ 792\ 458}\,s$.

2-2- قياس طول من انتشار موجة ميكانيكية:

ندرس هذه الفقرة على شكل تمرين.

تمرين2 :

يحتوي التيلمتر (télémètre) فوق الصوتي على جهاز إرسال موجة فوق صوتية تواترها f = 40 kHz ، وعلى ميقاتية تشير إلى عدد النبضات ذات التواتر f_c = 17 100 Hz التي يعطيها هزاز إلكتروني.

من أجل قياس المسافة بين الجهاز و الحاجز، يوجه المستعمل الأداة نحو الحاجز، و يضغط على الزر، وهكذا تبدأ الميقاتية في القياس في نفس الوقت الذي تُبعث فيه موجة فوق صوتية من جهاز الإرسال، فتنعكس الموجة على الحاجز و ترجع إلى المستقبل ، و عندما يستقبل هذا الأخير الموجة المنعكسة يتوقف الإرسال فوق الصوتي و تتوقف الميقاتية عن العدّ .

تيلمتر

1- يستعمل التيلمتر عند 20°C وتكون سرعة الموجة فوق الصوتية V= 342 m/s . بين أنّه من أجل كل نبض تحسبه الميقاتية تقطع الموجة المسافة 2 cm .

2- يشير الكرونومتر دائما إلى عدد ذي ثلاثة أرقام.

أ- ما هو العدد الأعظمي الذي يشير إليه ؟

ب- ما هو الزمن الذي تستغرقه موجة للذهاب و الإياب ؟

جـ- ما هي المسافة الأعظمية الفاصلة بين التيلمتر و الحاجز؟

3- أحسب مدّة سير الموجة عند 20°C عندما يكون التيلمتر على 5 m من الحاجز. ما هي إشارة الكرونومتر ؟

الحل:

1- إنّ دور النبضات التي يعطيها الهزّاز الإلكتروني هو:

$$T_c = \frac{1}{f_c}$$

$$T_c = \frac{1}{17100} = 5{,}848.10^{-5}\ \text{s}$$

$$T_c = 5{,}848.10^{-5}\ \text{s}$$

لدينا:

$$L_c = V.T_c$$

و منه:

$$L_c = 342 \times 5{,}848.10^{-5} = 0{,}02 \ \text{m}$$

$$L_c = 2 \ \text{cm}$$

-2

أ- بما أن العدد يحتوي دائما على ثلاثة أرقام، فالعدد الأعظمي الذي تشير إليه الميقاتية هو 999.

ب- بما أن العدد المشار إليه هو 999 ، هذا يعني أنّ مدة الذهاب و الإياب للموجة فوق الصوتية.

$$t_{max} = 999 \times T_c$$

$$t_{max} = 999 \times 5{,}848.10^{-5} = 0{,}05842 \ \text{s}$$

$$t_{max} = 0{,}05842 \ \text{s}$$

جـ - المسافة الأعظمية:

$$L_{max} = V \times t_{max}$$

$$L_{max} = 342 \times 0{,}05842 = 19{,}98 \ \text{m}$$

$$L_{max} = 19{,}98 \ \text{m}$$

المسافة المقطوعة بين الحاجز و التيلمتر أي للذهاب فقط هي نصف المسافة السابقة.

$$d_{max} = \frac{L_{max}}{2}$$

$$d_{max} = \frac{19,98}{2} = 9,99 \ \ m$$

$$d_{max} = 999 \ \ cm$$

3- في هذه الحالة تقطع الموجة المسافة ذهاب و إياب $L_1 = 2 \ d_1 = 2 \times 5 = 10 \ \ m$ بسرعة $V = 342 \ m/s$.

فالزمن اللازم هو:

$$t_1 = \frac{L_1}{V}$$

$$t_1 = \frac{5}{342} = 0,02924 \ \ s$$

$$t_1 = 0,02924 \, s$$

و يكون عدد النبضات المسجلة هو:

$$N_1 = \frac{t_1}{T_H}$$

$$N_1 = \frac{0,02924}{5,848.10^{-5}} = 500$$

$$N_1 = 500$$

2-3- قياس مدّة لتحديد تسارع الجاذبية:

لدراسة هذه النقطة ، نأخذ مثلا النواس البسيط الذي قد مرّ بنا في الدروس السابقة.

تمرين 3 :

نقيس المدّة الموافقة لزمن عشر (10) اهتزازات كاملة و ذلك بتغيير طول النواس .

نتحصل على النتائج التالية:

$\ell(\mathrm{m})$	0,25	0,5	0,7	1,0	1,2
t(m)	10,2	14,2	16,9	19,8	22,0

إنّ دور اهتزازات النواس البسيط يعطى بالعلاقة:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

1- أحسب مربع العبارة السابقة.

2- استنتج عبارة g بدلالة T و ℓ .

3- أكمل الجدول التالي.

$\ell(m)$	0,25	0,5	0,7	1,0	1,2
t(m)	10,2	14,2	16,9	19,8	22,0
T(s)					
$T^2(s^2)$					
g (N/kg)					

4- أحسب القيمة المتوسطة لتسارع الجاذبية الأرضية

الحل:

1- مربع العبارة:

لدينا : $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

نربع و نجد:

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{\ell}{g}$$

2- عبارة g :

من العلاقة السابقة، نستخرج g .

$$g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2}$$

3- الجدول:

نعلم أنّ يمثل زمن الاهتزازات على عددها، أي :

$$T = \frac{t}{10}$$

$\ell(m)$	0,25	0,5	0,7	1,0	1,2
t(m)	10,2	14,2	16,9	19,8	22,0
T(s)	1,02	1,42	1,69	1,98	2,20
$T^2(s^2)$	1,04	2,02	2,86	3,92	4,84
g (N/kg)	9,49	9,79	9,66	10,07	9,79

4- القيمة المتوسطة لـ g :

$$g_{moy} = \frac{\sum g_i}{5}$$

$$g_{moy} = \frac{9,49 + 9,79 + 9,66 + 10,07 + 9,79}{5} = 9,76 m/s^2$$

$$g_{moy} = 9,76\ m/s^2$$

4-2- تحديد كتلة نجم:

طبعا لا توضع الكواكب فوق الميزان لقياس كتلتها، بل بواسطة القوانين الفيزيائية.

إنّ القانون الثالث لكبلر هو الذي يسمح بهذا الحساب، فلقد وجد كبلر أنّ القوّة المطبقة بين كوكبين تتعلق بكتلتيهما وبالمسافة بينهما، وبثابت التجاذب العام.

بعد ذلك وسع نيوتن مجال استخدام هذه العلاقة بسبب التجاذب العام.

كتلة الأرض:

باستعمال قانون التجاذب العام بين الرض و جسم فوقها:

$$p = \frac{G.m.M}{R^2} \quad \text{مع} \quad p = m.g$$

تصبح العلاقة:

$$m.g = \frac{G.m.M}{R^2} \quad \text{و منه نجد:}$$

$$M = \frac{g.R^2}{G}$$

حيث:

g = شدّة التسارع الأرضي = $9{,}81\ m/s^2$

G = ثابت التجاذب العام.= $6{,}67 \cdot 10^{-11}$

R = نصف قطر الكرة الأرضية = 6400 km

تطبيق عددي:

$$M = \frac{9{,}81 \times \left(64.10^5\right)^2}{6{,}67.10^{-11}} = 6{,}02.10^{24}\ kg$$

كتلة الأرض هي حوالي: $M = 6 .10^{24}\ kg$

<u>كتلة الشمس:</u>

نستعمل القانون: $$M = \frac{R^3.w^2}{G}$$

حيث:

R = نصف قطر المدار الأرضي = $1{,}5 \cdot 10^{11}\ m$

w = السرعة الزاوية = $1{,}990 \cdot 10^{-7}\ rd/s$ = 1 tr / an

$$M = \frac{\left(1{,}5.10^{11}\right)^3 \times \left(1{,}99.10^{-7}\right)^2}{6{,}67.10^{-11}} = 2{,}0037.10^{30}\ \text{kg}$$

كتلة الشمس هي حوالي $M = 2.10^{30}\ \text{kg}$

يعطي الجدول التالي كتلة و نصف قطر و مدة الدوران لبض الكواكب من الكتلة الشمسية.

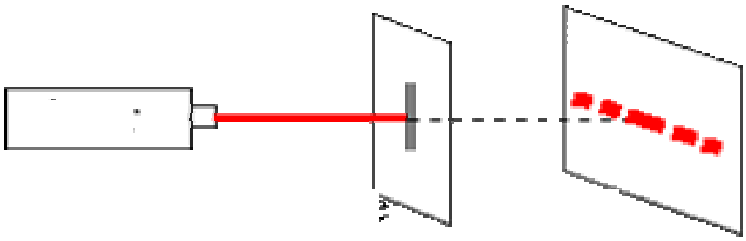
الكوكب	الكتلة (بكتلة الأرض)	نصف القطر (km)	الكثافة بالنسبة للماء	مدّة الدوران
الشمس	328 000	696 000	1,41	25 j
عطارد	0,05	2425	5,4	58,6 j
الزهرة	0,82	6070	5,1	243 j
الأرض	1,00	6378	5,52	23 h 56 mn 4 s
القمر	0,0123	1378	3,3	27,32 j
المريخ	0,12	3395	3,97	24 h 37 mn 22 s
المشتري	317,80	71 600	1,33	9 h 50 mn

3- توظيف انعراج الضوء لقياس مسافات صغيرة:

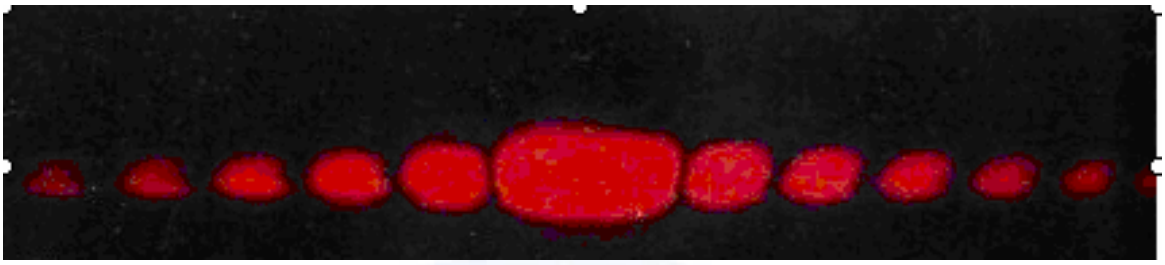
3-1- انعراج الضوء بواسطة خيط:

تجربة 1:

تضيئ حزمة ضوئية الليزر شاشة موضوعة عموديا على الحزمة. نعترض طريق الحزمة بواسطة خيط رقيق عمودي على الحزمة.



نرى على الشاشة خطا أفقيا مكوّنا من لطخات (بقع) ضوئية مختلفة ومتناظرة بالنسبة لمحور حزمـة الليزر، وتكون اللطخة المركزية لامعة أكثر، واللطخات الأخرى يكون لمعانها أقل.



إذا قمنا بإبعاد الشاشة عن الليزر فإنّ عرض اللطخة المركزية يزيد .

إذا استعملنا خيطا ذا قطر أصغر من الخيط الأول، فإنّ عرض اللطخة المركزية يزيد كذلك.

مثال: قياس قطر شعرة:

تمرين 4:

نعتبر تجربة انعراج الضوء حيث نستعمل حزمة لضوء ليزر التي يعترض طريقها خيط رفيـع جـدا وعمودي على الحزمة.

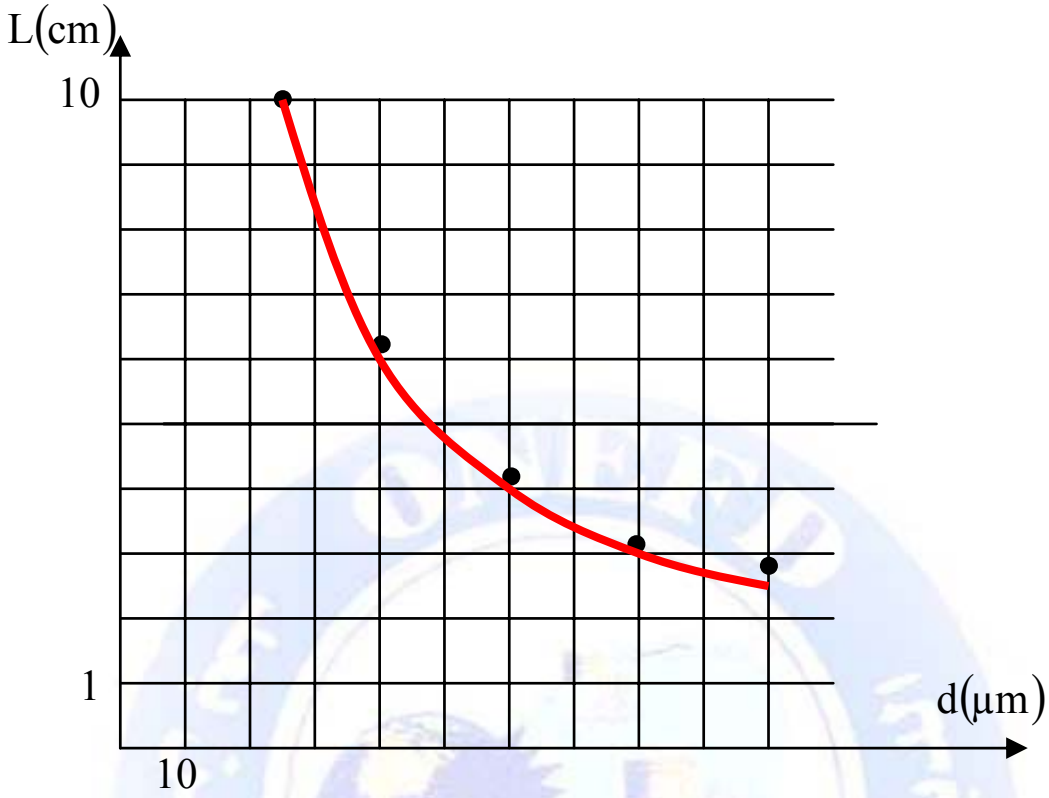
يظهر على الشاشة خط أفقي يتكون من لطخة ضوئية متناظرة بالنسبة لمحور الحزمة، كما تظهر لطخة مركزية لامعة أكثر من الأخرى.

1- قم بقياس عرض اللطخة المركزية عندما تكون الشاشة على بعد ما ثم على بعد أكبـر مـن الأول بالنسبة للخيط. كيف يتغير عرض اللطخة المركزية؟

2- كيف يتغير عرض اللطخة المركزية إذا كان الخيط ذو قطر أصغر.

3- ماهو الاحتياط الذي يجب أخذه إذا أردنا مقارنة عرض اللطخة المركزية من أجل خيوط مختلفـة الأقطار.

4- يمثل المنحنى التالي تغيرات عرض اللطخة المركزية بدلالة قطر الخيط $L = f(d)$ من أجل مسافة بين الشاشة و الخيط قدرها $D = 2\ m$.



كيف يمكننا استعمال المنحنى لتعيين قطر الشعرة.

أ - إذا كان عرض البقعة المركزية هو 3,8cm، كم يكون قطر الشعرة ؟

الحل :

1- تغير اللاطخة المركزية:

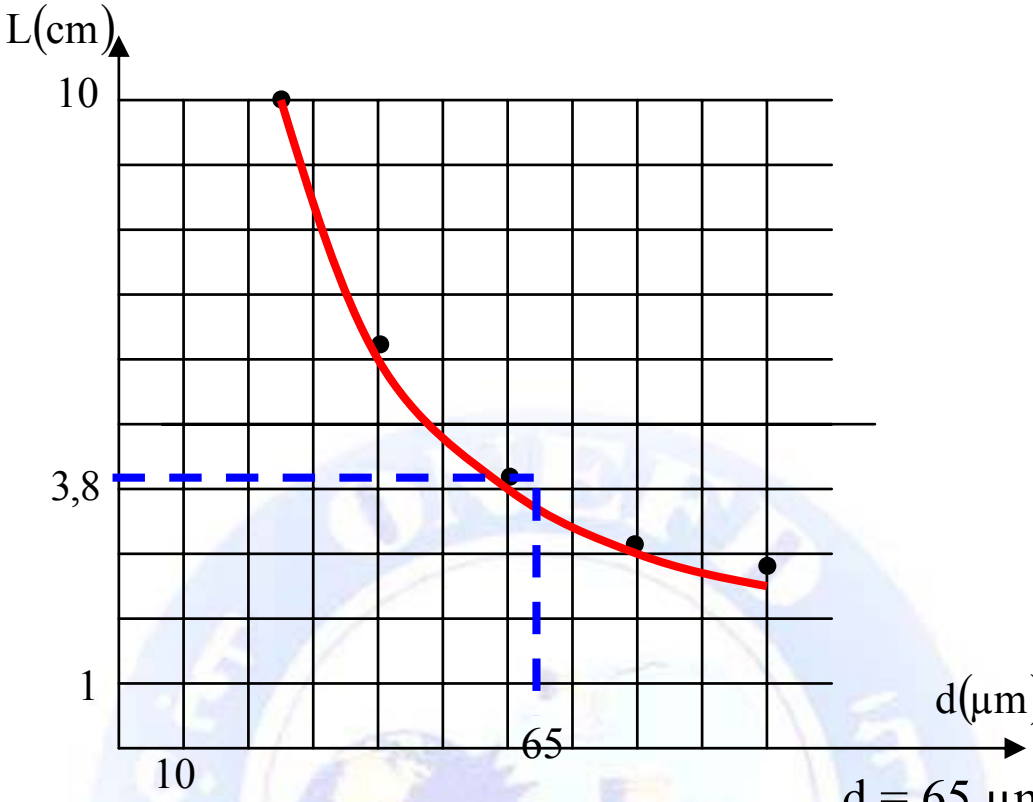
نلاحظ بعد القيام بالقياسات أنّ عرض اللاطخة المركزية يزيد كلما ابتعدت الشاشة عن الخيط.

2- كلما كان قطر الخيط أصغر كلما زاد عرض البقعة المركزية.

3- الاحتياط هو أن يكون البعد بين الشاشة و الخيوط هو نفسه من أجل كل الحالات.

4- أ- إنّ قطر الشعرة يمثل فاصلة نقطة من المنحنى التي يكون ترتيبها مساويا إلى عرض اللاطخة المركزية المتحصل عليها باستعمال الشعرة.

ب- نسقط الترتيب L = 3,8 cm على المنحنى ثمّ نسقط على محور الفواصل لقراءة القطر.



نجد: $d = 65\ \mu m$

التموقع باستعمال النظام GPS (Global Posioning System):

أو

Géo Positionnement par Satellite

1- تعريف GPS :

هو تموقع بمساعدة قمر اصطناعي، والذي بإمكانه أن يعطي في أي مكان من الكرة الأرضية موضعا مساحته بين مئات الأمتار و بعض السنتمترات في النهار كما في الليل.

إنّ المنطقة المرئية منه هي عبارة عن علبة إلكترونية صغيرة، و تمثل جهاز استقبال (recepteur) GPS و الذي يحدد الموضع بدقة مهما تكن الساعة و المكان، الارتفاع و السرعة و الساعة كذلك.

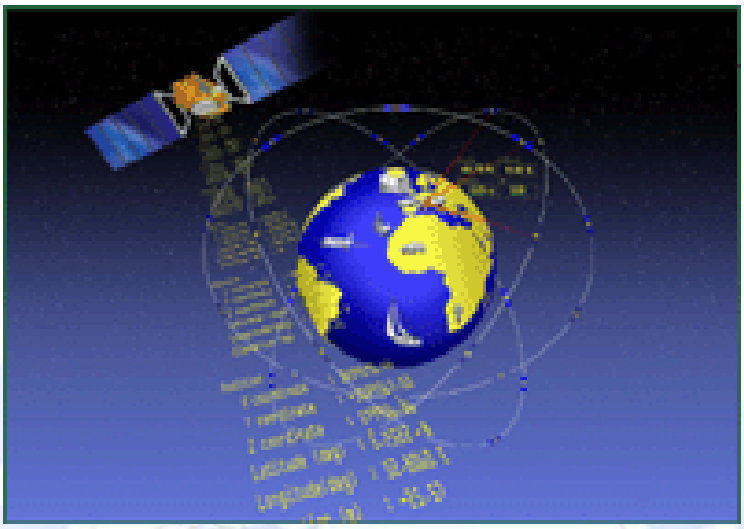
2- استعمال GPS :

بالنسبة للاستعمالات المدنية، فهو يستعمل للتموقع (معرفة المكان والموقع) في مكان مجهول، حيث يحدد الشمال، كما يسمح بالوصول إلى مكان نعرف إحداثياته.

إنّ GPS هو جهاز للملاحة بالأقمار الاصطناعية، تصوره الأمريكيون و بالتحديد العسكريون.

3- تحديد الموقع :

إنّ مبدأ التموقع هو بحيث أنّ سرعة إصدار الإشارات الصادرة عن الأقمار الاصطناعية تساوي سرعة الضوء.

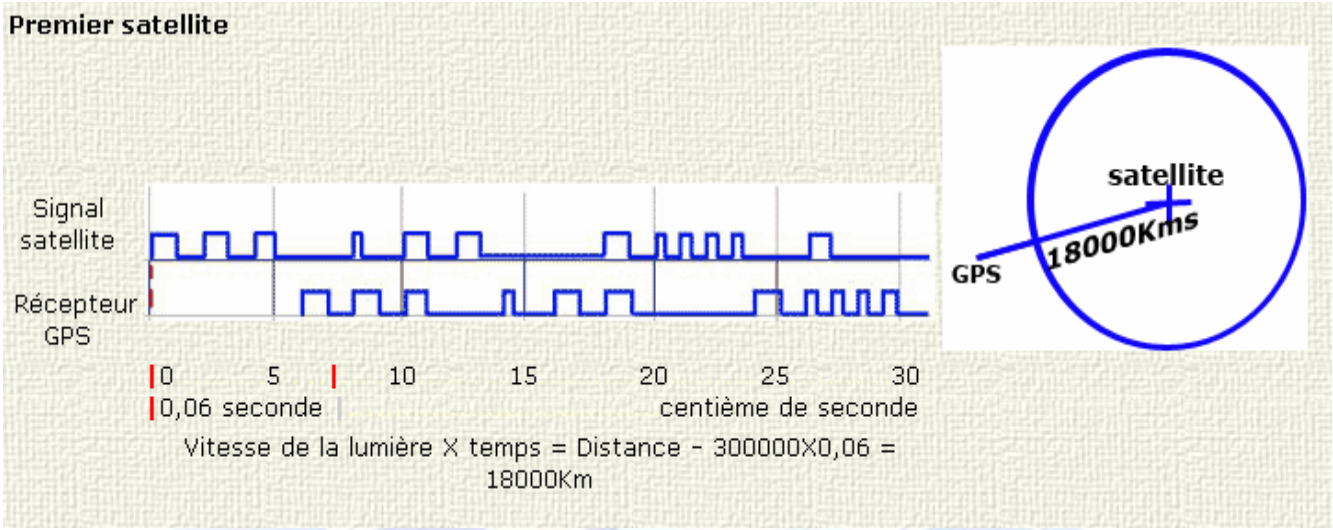


حيث أنّ تبعث الأقمار الاصطناعية أمواجا كهرومغناطيسية تنتشر بسرعة الضوء.

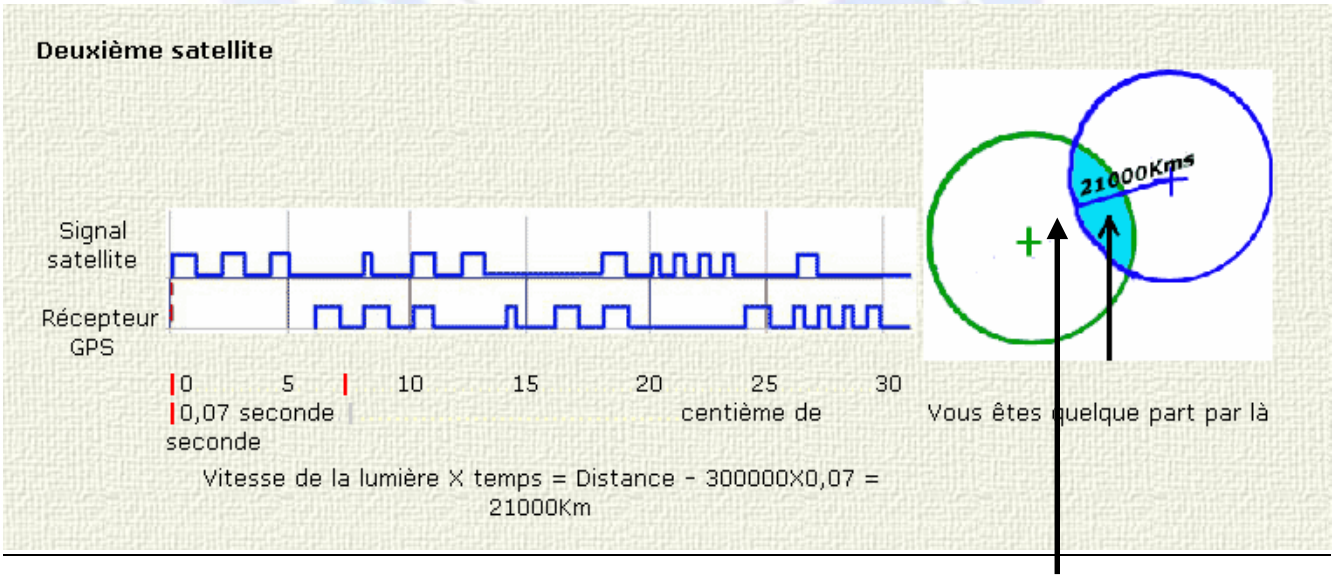
إنّ قمر اصطناعي واحد لا يكفي لتعيين موضع جهاز الاستقبال بدقة بل يجب على الأقل ثلاثة أقمار لحساب الارتفاع وخط الطول longitude altitude latitude و الساعة بدقة.

تقاس لمسافة بين المستعمل و عدد من الأقمار الاصطناعية المعروفة المواضع و ذلك بمعرفة الزمن T المستغرق من طرف كل إشارة تصل إلى GPS، وهكذا يحدد الموضع بالنسبة لكل قمر اصطناعي ضمن دائرة وتقاطعها يعطي لنا الموضع بدقة.

القمر الأول

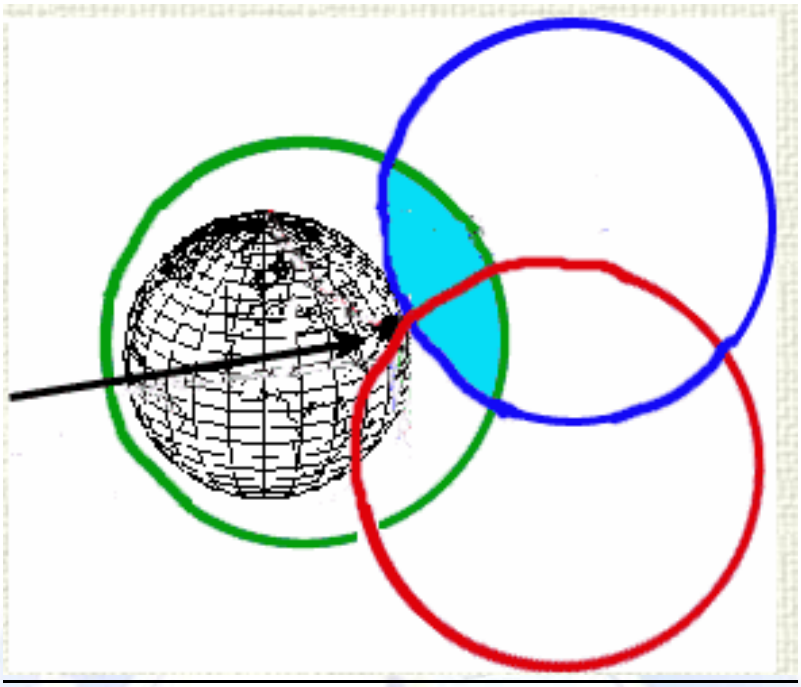


القمر الثاني



أنت متواجد في مكان ما هنا

أنت متواجد هنا



إنّ جهاز استقبال GPS يقيس الزمن الذي تستغرقه موجة تتحرك بسرعة الضوء للذهاب من القمر الاصطناعي إلى جهاز الاستقبال، وهكذا تحسب المسافة بين القمر و جهاز الاستقبال.

إنّ أكبر اهتمام للعلماء هو قياس المدّة بدقة، لأنّ خطأ في القياس قدره $\frac{1}{1000}$ S يعطي خطأ في الموضع قدره 300 km.

لذلك، تكون الأقمار الاصطناعية مجهزة بساعات ذرية بالسيزيوم 137.

و هكذا GPS يسمح بإعطاء موضع بدقة 10 m تقريبا.

كما يسمح بقياس السرعة التي يتحرك بها المستعمل، و يستعمل في ذلك ظاهرة دوبلر حيث أنّ الإشارة التي يستقبلها جهاز استقبال GPS ليس لها نفس التواتر كعند خروجها من القمر الاصطناعي.

إنّ دقة جهاز هي كالتالي:

100 m ارتياب أفقي.

156 m ارتياب شاقولي.

340 ns ارتياب على الزمن.

0,3 m/s ارتياب على السرعة.

4- استعمالات GPS :

إنّ GPS له عدّة منافع ، فهو لا يتأثر بالأحوال الجوية و لا يتعلق بالضوء، فهو يستعمل في الليل و النهار.

و استعماله يكون حقيقيا و على المباشر حيث أنّ متحركا يملك جهاز استقبال GPS يستطيع معرفة موضعه و سرعته في مرجع أرضي في أي وقت.

و بهذه الطريقة تكون الدقّة حوالي 10 إلى 15 m على الموضع و بعض cm/s على السرعة.

من بين استعمالات GPS ، استعماله في الزراعة ، حيث يستعمل لمساعدة المنتجـين الـزراعيين (الفلاحين) لمعرفة طبيعة المكان و الأرض، و ذلك للقضاء على مشاكل المياه السطحية، ... إلخ

ملاحظة هامة :

إن GPS مثل الهاتف النقال يمكن أن يشغلك عن سياقة السيارة بصورة جيدة ، فتكون خطرا على الناس في الطريق،

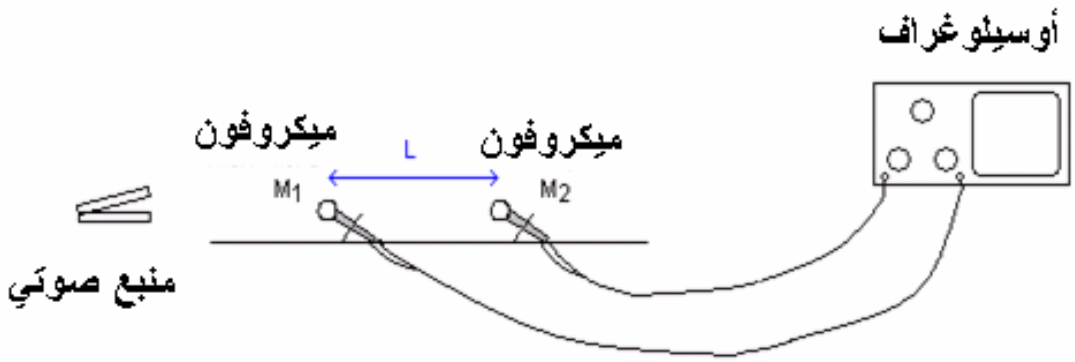
إذن، يجب استعماله بصورة عقلانية.

تمارين

تمرين 1: تطور موجة صوتية. قياس سرعة الصوت.

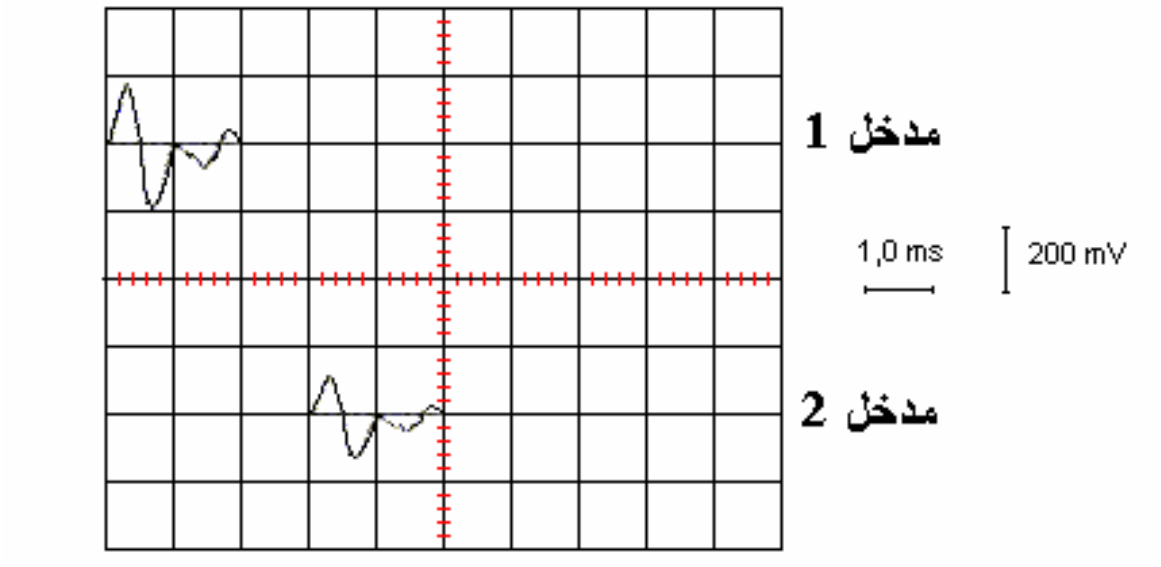
لتعيين سرعة الصوت في الهواء، نستعمل جهازا يسمى الأوسيلوغراف (Oscillographe) ذو ذاكرة ليسجل مرور الإشارة الصوتية على مستوى ميكروفونين M_1 و M_2 يبعدان عن بعضهما مسافة $L = 100\ cm$.

يكون الميكروفونان على استقامة واحدة مع المنبع الصوتي الذي يصدر صوتا قصيرا و حاد.



تكون الحساسية الأفقية هي1ms / div والحساسية الشاقولية هي200mV/ div على المدخلين.

إنّ مرور الموجة على مستوى الميكروفون M_1 يسمح ببداية تسجيل الإشارة على المدخل 1 من الأوسيلوغراف.



1 - عين على شاشة الأوسيلوغراف، التأخر الذي تصل به الموجة الصوتية على مستوى الميكروفون M_2.

2- أحسب سرعة انتشار الصوت.

تمرين 2: استعمال ليزر لقياس المسافة أرض – قمر.

لقد وضع على سطح القمر جهاز عاكس. يستعمل لقياس المسافة أرض – قمر.

إنّ دقة القياس تزيد مع تزايد التطورات العلمية.

إنّ أوّل القياسات التي حققت بعد الحرب العالمية الثانية كانت لها دقّة من رتبـة 1 km . و اليـوم و بفضل الليزر تبلغ دقة هذا القياس $\pm 1\,mm$.

إنّ محطة ليزر تحتوي على جهاز إرسال ليزر، وعلى جهاز استقبال وتليسكوب.

إنّ الإشارة تبعث نحو القمر، تمس العاكس الموجود على سطح القمر(إنّ حزمة الليزر لها قطر يبلغ عدّة كيلومترات عندما يصل إلى القمر) ثمّ تعكس نحو نقطة انطلاقها فوق الأرض. كما يوجد على الأرض ساعة دقيقة جدا تسمح بقياس الزمن الذي تستغرقه الإشارة لقطع المسافة ذهاب – إياب.

1- اشرح لماذا يبلغ قطر حزمة الليزر بضع الكيلومترات عندما تصل إلى القمر.

2- إنّ إشارة ليرز التي تصدر من الأرض تعكس على القمر و يكون الزمن الفاصل بين الإرسـال و الاستقبال هو $t = 2,457\ s$. أحسب المسافة الفاصلة بين السطح القمري و السطح الأرضي، علما أنّ سرعة ضوء الليزر هي $3.10^8\ m/s$.

3- يعطي الجدول التالي المسافة المتوسطة بين مركز الأرض و مركز القمر. (كل القياسات أجريـت في نفس الوقت).

الساعة	التاريخ	الارتياب المطلق	المسافة أرض-قمر
14:21:32 GMT	4/10/70	± 0,15 m	384 402 000,25 m
14:21:32 GMT	4/10/82	± 0,02 m	384 402 000,42 m
14:21:32 GMT	4/10/93	± 0,002 m	384 402 000,475 m
14:21:32 GMT	4/10/04	± 0,00008 m.	384 402 000,47811 m

بين أنّ المسافة بين مركز الأرض و مركز القمر تتزايد بصفة منتظمة.

تمرين 3: انتقال الإنسان على الأرض.

أ- سرعة انتقال الإنسان على مكان مسطح .

لقد قطع أحد العدائين الأمريكيين (T. Montgomery) يوم 14 سبتمبر 2002 مسافة 100 m خلال 9,78 s.

لقد قطع أحد اليابانيين عام 2001 مسافة 500 m تزلج خلال 34,32 s .

أحسب السرعة المتوسطة لكل منهما.

تمرين 4: دراسة زلزال.

عند حدوث الزلزال، تبدأ الأرض في الحركة بواسطة أمواج مختلفة الطبيعة و التي تحدث هزات عنيفة و دمار على السطح.

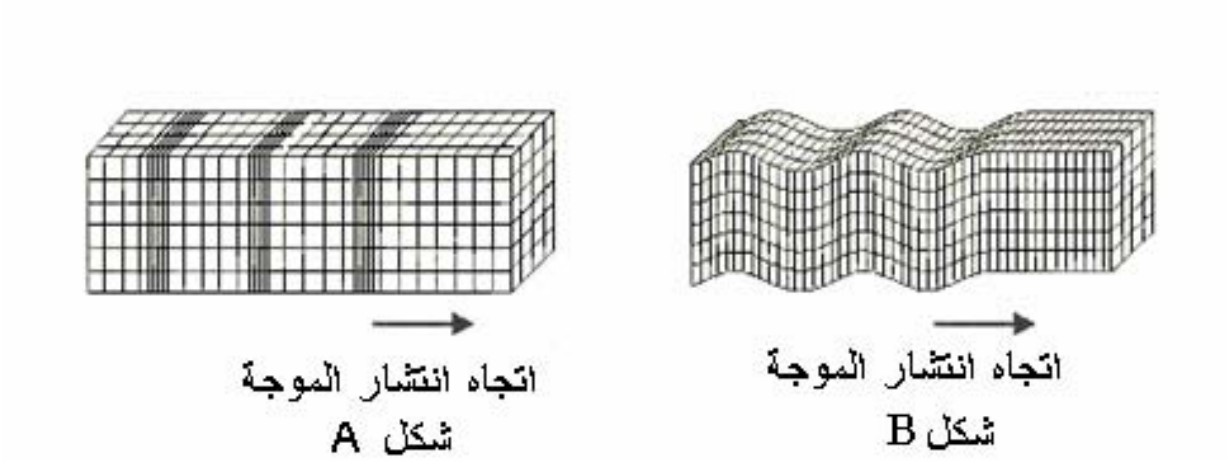
نميز:

الأمواج P ، الأكثر سرعة و التي تنتشر في الأجسام الصلبة و في السوائل.

الأمواج S الأقل سرعة و التي تنتشر فقط في الأجسام الصلبة

إنّ تسجيل هذه الأمواج بواسطة أجهزة قياس الزلازل (Sismographes) على سطح الأرض، يسمح بتعيين مركز الزلزال.

إنّ الشكلينA و B ينمذجان تطور هذه الأمواج الزلزالية في طبقة أرضية.

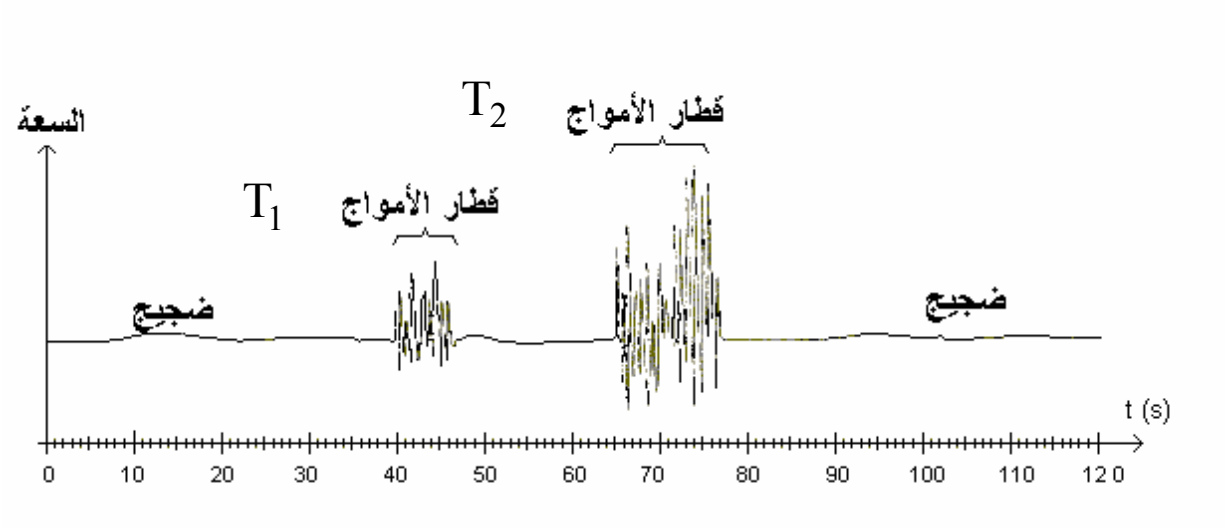


إنّ الأمواج P تسمى أمواج انضغاط و هي أمواج طولية.

إنّ الأمواج S هي أمواج عرضية.

1- بين على الرسم طبيعة كل موجة.

2- لقد حدث زلزال في مدينة سان فرانسيسكو (كاليفورنيا) عام 1989. و سجل جهاز قياس الزلازل الوثيقة التالية و ذلك بأخذ المبدأ $t = 0$ عند بداية الزلزال في مركزه.



تمثل الوثيقة قطارين للأمواج.

أ- أي نوع من الأمواج (S أو P) يوافق كل قطار ؟ برّر.

ب- علما أنّ بداية الزلزال قد حدّدت في مركز رصد الزلازل على الساعة 8 h 15 mn 20 s . عين الساعة التي وقع فيها الزلزال في مركزه.

جـ- علما انّ الأمواج P تنتشر بسرعة متوسطة قدرها 0 km / s ، أحسب المسافة التي تفصل بين مركز الزلزال و مركز رصد الزلازل.

د- أحسب السرعة المتوسطة للأمواج S .

حلول التمارين

حل التمرين 1:

1- تعيين التأخر:

نلاحظ على الشاشة أنه يوجد 3 تدريجات تفصل بين تسجيل الإشارتين.

$$\tau = 3 \times 1 = 3\ \text{ms}$$

$$\tau = 3\text{ms}$$

2- حساب سرعة انتشار الصوت:

إنّ الموجة الصوتية تقطع المسافة $M_1M_2 = L = 100\text{cm}$

ينتشر الصوت بسرعة V حيث:

$$V = \frac{L}{\tau}$$

$$V = \frac{1}{3.10^{-3}} = 333\ m/s$$

$$V = 333\ m/s$$

حل التمرين 2:

1- الشرح:

عندما تبعث حزمة الليزر من الأرض لا تكون أسطوانية الشكل بصفة جيدة و تكون قليلا مكبـرة. إنّ سمكها يكون من رتبة mm عند الانطلاق من الأرض لتبلغ بضع الكيلومترات عند وصولها إلى القمر.

2- حساب المسافة الفاصلة بين السطح القمري و السطح الأرضي:

من أجل قطع مسافة ذهاب و إياب، فإنّ الضوء يقطع مسافة D حيث:

$$D = V\,.\,t$$

$$D = 3.10^{8} \times 2,457 = 7,371.10^{8}\ m$$

$$D = 7,371.10^{8}\ m$$

إنّ المسافة بين سطح القمر و سطح الأرض هي نصف المسافة D .

$$d = \frac{D}{2}$$

$$d = \frac{7,371.10^{8}}{2} = 3,685.10^{8}\ m$$

$$d = 3,685.10^{8}\ m$$

3-

إن القياس الذي أجري يوم 4/10/70 تسمح بكتابة (باستعمال الارتياب)

384 402 000,05 m < d1 < 384 402 000,40 m

إن القياس الذي أجري يوم 4/10/04 تسمح بكتابة (باستعمال الارتياب)

384 402 000,47803 m < d4 < 384 402 000,47819 m

نستطيع القول بأخذ بعين الاعتبار دقة القياسات أنّ المسافة بين الأرض و القمر تزايدت بتقريبا 22 cm خلال 14 ans .

حل التمرين 3:

حساب السرعة المتوسطة:

لدينا:

$$V = \frac{D}{t}$$

بالنسبة للعداء الأول:

$$V_1 = \frac{100}{9,78} = 10,22m$$

$$V_1 = 10,22m = 36,810km/h$$

بالنسبة للعداء الثاني:

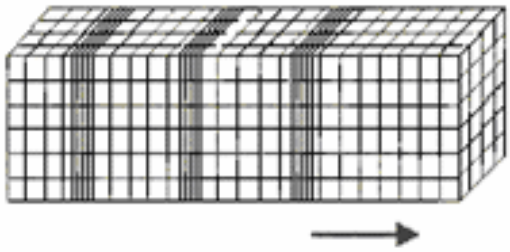
$$V_1 = \frac{500}{34,32} = 14,57m$$

$$V_1 = 14,57m = 52,448km/h$$

حل التمرين 4 :

1- طبيعة كل موجة :

إنّ الشكل A يوافق أمواجا طولية حيث نلاحظ أنّ التشوه له منحى يوازي منحى الانتشار.

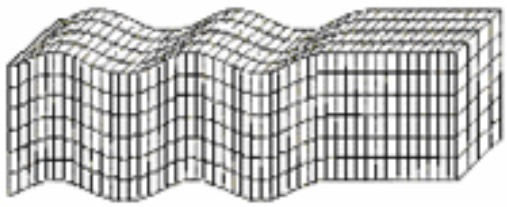


اتجاه انتشار الموجة

شكل A

إذن الشكل A يوافق الأمواج P و التي تسمى أمواج انضغاط.

إنّ الشكل B يوافق أمواجا عرضية حيث نلاحظ أنّ التشوه له منحى عمودي على منحى الانتشار.

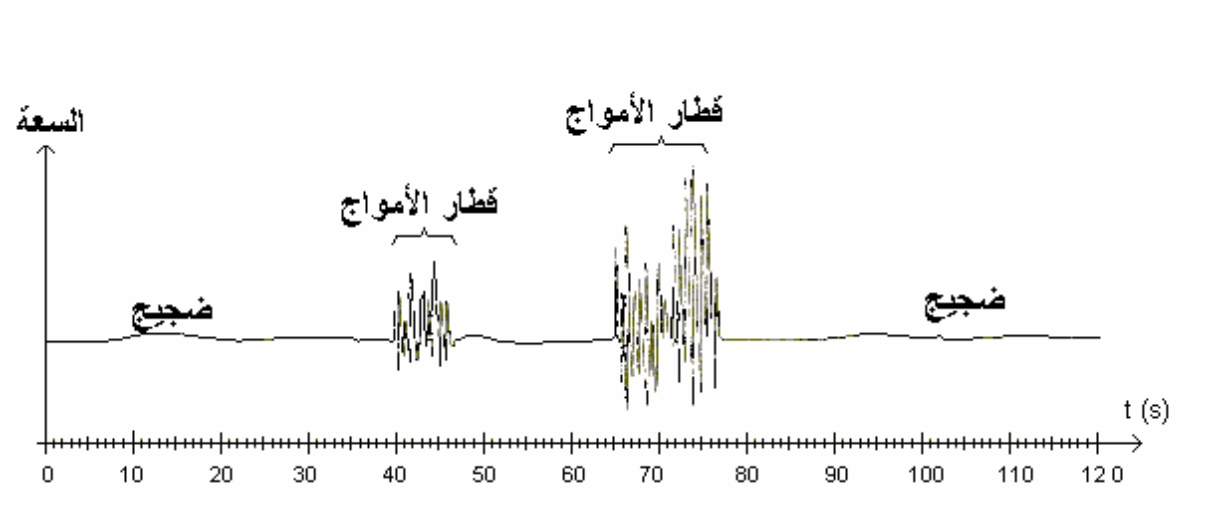


اتجاه انتشار الموجة

شكل B

إذن الشكل B يوافق الأمواج S .

2- أ- نوع الأمواج :



لقد تم اختيار مبدأ الأزمنة لحظة وقوع الزلزال.

نلاحظ من الشكل أنّ قطار الأمواج T_1 يبلغ مركز الرصد خلال 40 s ، و قطار الأمواج T_2 يبلغه خلال 65 s .

نستنتج أنّ قطار الأمواج T_1 هو الأسرع، إذن فهو يوافق الأمواج P .

و قطار الأمواج T_2 يوافق الأمواج S .

ب- ساعة وقوع الزلزال :

$$8\,\text{h}\,15\,\text{mn}\,20\,\text{s} - 40\,\text{s} = 8\,\text{h}\,14\,\text{mn}\,40\,\text{s}$$

$$t = 8\,\text{h}\,14\,\text{mn}\,40\,\text{s}$$

جـ- المسافة :

$$d = V \times t$$

$$d = 10.10^3 \times 40 = 4 \times 10^5\,\text{m}$$

$$d = 400\text{km}$$

د- حساب السرعة:

$$V' = \frac{d}{t'}$$

$$V' = \frac{4 \times 10^5}{65} = 6153{,}8\,\text{m/s}$$

$$V' = 6{,}154\,\text{km/s}$$