بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد أشرف المخلوقين وعلى آله وصحبه أجمعين

أما بعد ، في إطار سلسلة الكتب المرتبة والمفهرسة التي جمعت من مواقع الأنترنت التعليمية

أقدم هذا الكتاب الذي يضم دروس وتمارين معظمها مع الحل في مادة الفيزياء والكيمياء للسنة الثانية

بكالوريا شعب علوم رياضية وعلوم تجريبية ،والتي جمعت من موقع الأستاذ علال محداد

sciencephysique.ifrance.fr

راجيا من الله أن ينفع به

لتصفح أي درس إضغط على عنوانه في الفهرس وكذلك التمارين ، وللرجوع للفهرس إضغط على

تجميع وترتيب وفهرست

Almohannad

عضو بمنتديات دفاتر

الفهرس

الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي		
الموجات الميكانيكية المتوالية	تمارين	الحل
الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية	تمارين	الحل
انتشار موجة ضوئية	تمارين	الحل
حيود الضوء بواسطة شبكة	تمارين	الحل
التناقص الإشعاعي	تمارين	الحل
النوى ، الكتلة والطاقة	تمارين	الحل
	تمارين توليفية حول الفيزياء النووية	الحل
ثنائي القطب RC	تمارين	الحل
ثنائي القطب RL	تمارين	الحل
الذبذبات الحرة في دارة متوالية RLC	تمارين	الحل
الدارة المتوالية في النظام الجيبي القسري(RLC)	تمارين	الحل
الموجات الكهرمغنطيسي ، ننقل المعلومات		
تضمين الوسع	تمارين	
قوانين نيوتن	تمارين	
السقوط الرأسي لجسم صلب	تمارين	
الحركات المستوية	تمارين	
الأقمار الاصطناعية والكواكب	تمارين	
حركة دوران جسم حول محور ثابت	تمارين	الحل
المجموعات الميكانيكية المتذبذبة	تمارين	الحل
المظاهر الطاقية	تمارين	الحل
الذرة وميكانيك نيوتن	تمارين	الحل
الأسئلة التي تطرح على الكيميائي	تمارين	الحل
التحولات السريعة والتحولات البطيئة	تمارين	الحل
التتبع الزمني للتحول - سرعة التفاعل	تمارين	الحل
التحولات الكيميائية التي تحدث في منحيين	تمارين	
حالة توازن مجموعة كيميائية	تمارين	
التحولات المقرونة بالتفاعلات حمض ـ قاعدة في محلول مائي	تمارين	
التطور التلقائي لمجموعة كيميائية		
التحولات التلقائية في الأعمدة	تمارين	
أمثلة لتحولات قسرية - العلوم الفيزيائية والرياضية	تمارين	
كيفية التحكم في تطور مجموعة كيميائية	تمارين	
التحكم في تطور مجموعة بتغيير متفاعل		

النظريات والنماذج في الفيزياء

نشاط وثائقي 1:

أين يتجلى عمل الفيزيائي ؟

لإبراز عمل الفيزيائي واهتمامه ، لابد من تعريف أهم ميزات الفيزياء . في هذا الصدد نورد ما كتبه (ألان أسبي Alain Aspect) وأخرون : " الفيزياء ككل علوم الطبيعة ، مستمدة من الطريقة التجريبية التي اعتمدت منذ عهد (غاليلي Galilée) .

غير أن للفيزياء مميزاتها ، فبينما ينكب علماء الرياضيات على إثبات مبرهنات ، ينهمك الفيزيائيون في إعداد نماذج بسيطة لإثبات صحتها وذلك بمقابلة أوصافها النظرية مع نتائج التجربة .

المقادير الفيزيائية إلى الواقع من أجل التأكد من صحت وصفهم ....

عندما يمر كاشف التجربة بنجاح ، ويضحى النموذج مثبتا وراسخا ، يفتح آنذاك باب لفيزياء تنبؤية ، إذ يعتبر التنبؤ إحدى الميزات الأساسية لعلم الفيزياء ."

النشاط الوثائقي 2

هل ينتهي عمل الفيزيائي ببناء نظرية أو نموذج تنبئي ؟

العالم الإنجليزي الكبير (ستيفان هاوكينغ Stephan Hawking) يجيب عن هذا التساؤل ، فيكتب :

" في الفيزياء ، تعتبر نظرية ما مؤقتة من منظور أنها لا تشكل سوى فرضية مهما كبر عدد مرات التي توافق نتائج التجربة تلك النظرية ... ، إذ يكفي حدوث ملاحظة واحدة مناقضة لتوقعات النظرية لكي تصبح هذه الأخيرة مفندة ...

تبقى النظرية ذات مصداقية ما دامت التجارب الجديدة تؤكد توقعاتها ، مما يعظم تقتنا فيها ، لكن أقل تعارض تبرزه ملاحظة ما مع النظرية يجعل من الضروري إعادة فحص النظرية تغييرها ، أو التخلي عنها "

استثمار :

1 ـ ما هي عناصر المنهج التجريبي ؟ (استعن ببحث في موسوعة علمية أو على الأنترنيت)

- ملاحظة الظاهرة المراد دراستها مع طرح مجموعة من الأسئلة لها ارتباط بالظاهرة

مثلا بالنسبة للأسئلة التي يجب أن يطرحها الفيزيائي :

ماهي المقادير المناسبة التي تسمح بدراسة الظاهرة ؟

ما هي البارامترات الخارجية التي تتحكم في تطور الظاهرة ؟

هل تطور الظاهرة سريع أم بطيء ؟

هل هو رتيب أم متغير ؟ هل هو دوري أم لا دوري ؟

- الفرضية .

نجيب عن هذه الأسئلة بوضع فرضيات

- التجربة .

هذه المرحلة تجرى بالمختبر وهي ظرورية لتأكد من صلاحية الفرضية أو تفنيدها .

للقيام بالتجربة داخل المختبر يجب أولا نمذجة الظاهرة .

النمذجة

ظواهر تخص ميدانه .

أمثلة لنماذج في الفيزياء : نموذج الذرة لروديرفورد النموذج الشمسي

نموذج التحول الكيميائي بتفاعل كيميائي الخ ...

للتجربة ثلاثة أطوار :

1 ـ عملية التجريب والتي تتطلب دقة اختيار البرامترات الخارجية التي تتحكم في الظاهرة وكذلك دقة الملاحظة .
2 ـ تسجيل الملاحظات المتعلقة بالتجربة (دراسة كيفية أو كمية ، مبيانات ، الخ ...)
3 ـ استثمار النتائج المحصل عليها .

- الاستنتاج . علاقة رياضية بين البرامترات الخارجية
- التعميم . صلاحية العلاقة بتعدد التجارب وهذا يمكن من صياغة قانون أو مبدأ أو قاعدة .

مثال : مبدأ القصور ـ مبدأ انحفاظ كمية الحركة الخ ...

2

عمل الفيزيائي لا ينتهي ببناء نموذج وإنما يفتح بابا لفيزياء تنبؤية وهي ميزة أساسية بالنسبة للعالم الفيزيائي . أمثلة قوانين نيوتن في الميكانيك (معرفة الشروط البدئية لإطلاق صاروخ من موقع ما تمكن من تحديد العلو الذي يمكن أن يصل إليه هذا الصاروخ)
المبدأ الأساسي الذي تبنى عليه النظرية التنبؤية هو مبدأ الحتمية (إذا توفرت نفس الأسباب والشروط يؤدي بالضرورة إلى نفس النتائج وبطبيعة الحال أن تغير هذه الأسباب يؤدي إلى تغير النتائج)
تصبح النتائج المتحققة نسبية وتؤدي إلى الاحتمال عوض الحتمية .

3

التي تطرح عليه .
يحدد دور الفيزائي بصفة عامة إما في الأنشطة المهنية أو في مجال البحث العلمي
بعض الأمثلة لدور الفيزيائي في المجتمع :
ميدان الطاقة :
بالنسبة للطاقة النووية يبحث عن إيجاد طرق ووسائل
شروط السلامة في المفاعلات النووية أما على مستوى البحث العلمي يعمل على إيجاد طاقة بديلة تحاظ على توازن بيئيو سليم .
ميدان الصناعة
تطوير مختلف التكنولوجيات المستعملة في الصناعات سواء الخفيفة منها أو الثقيلة والبحث عن تكنولوجيات جديدة .
ميدان الطب
صناعة وتطوير وتوظيف الأجهزة قصد تشخيص الأمراض ومعالجتها وبالتالي تحسين المستوى الصحي للإنسان.
ميدان الطيران والفضاء
صناعة وإطلاق الأقمار الاصطناعية من أجل دراسة الكون وتطوير وسائل الاتصال والتواصل والمساهمة في الاكتشافات الفضائية .
النشاط الوثائقي 3
وصف ظاهرة (القفز بالمظلة)
القفز بالمظلة رياضة تسترعي اهتماما متزايدا لفئة من الناس ، وتتلخص مراحل سقوط مظلي فيما يلي :

- المرحلة الأولى : يقفز الرياضي من الطائرة من ارتفاع يناهز 4000m من سطح الأرض ؛ بحيث يخضع لحركة سقوط حر ، فتتزايد سرعته لتصل إلى حوالي 200km/h أو ما يفوق ، حسب وضع جسمه أثناء السقوط .
- المرحلة الثانية : على بعد 1000m تقريبا من سطح الأرض يفتح الرياضي المظلة فتنقص سرعته بشكل كبير لتبلغ حوالي 15km/h خلال بضع ثواني .
- المرحلة الثالثة : تبقى خلالها سرعة المظلي ثابتة تقريبا .

- المرحلة الرابعة : مرحلة نزول المظلي فوق سطح الأرض ، وتتطلب إتقان المظلي استعمال أدوات التحكم في مظلته .

نمذجة الظاهرة (الدراسة التجريبية)

نعتبر الحالة الخاصة للقفز بالمظلة حيث تكون السرعة البدئية للرياضي منعدمة .

لنمذجة الظاهرة في هذه الحالة ، نستعمل العدة التجريبية التالية :

علبة أسطوانية الشكل مشدودة بواسطة أربعة خيوط بثوب تم قصه بعناية ، مسطرة مدرجة ، كاميرا رقمية ، حاسوب مزود ببرنم مناسب لتحديد نقط المسار ومعالجة المعطيات

استثمار :

1 ـ ما طبيعة حركة الرياضي خلال المرحلتين الأولى والثانية ؟

المرحلة الأولى

حركة متغيرة لكون أن السرعة تتغير ومتسارعة لأن السرعة تزداد خلال سقوطه .

المرحلة الثانية

حركة متباطئة

2 ـ أذكر المقادير التي تسمح بوصف تطور حركة المجموعة { المظلي ، المظلة } .

الموضع ، السرعة ، الزمن ، التسارع ، القوى ، الطاقة ، كمية الحركة ، الخ...

3 ـ بماذا تمت نمذجة هذه المجموعة ؟

{ علبة أسطوانية ، ثوب }

4 ـ أذكر بعض عيوب النموذج المقترح .

مثلا : العلو يختلف بكثير عن النموذج المقترح نتيجة دوران الأرض

الظاهرة تتميز بعدة أزمنة بينما النموذج يتميز بزمن واحد

5 ـ اقترح طريقة العمل التجريبي بتوظيف عناصر العدة التجريبية المذكورة أعلاه ، مبرزا دور كل عنصر .

ظاهرة الزلازل

هزة أرضية تحدث في مناطق معينة من القشرة الأرضية سببها انتقال موجات زلزالية في الصخور، يعتقد أن سببها المباشر هو الانكسار المفاجىء للصخور نتيجة لتعرضها للضغط أو الشد أو كليهما فيؤدّي ذلك إلى حدّ من الإجهاد يتسبب في تشوه الصخور بالكسر. وينشأ عن الزلزال ثلاثة أنواع من الموجات الزلزاليةSeismic waves ، هي الموجات التضاغطية السريعة الانتشار. وتسبب تشوهاً مرناً في المواد الصلبة على هيئة نبضات متتالية من التخلخل والضغط في اتجاه انتشار الموجة، وهي أولى الموجات التي تصل إلى أجهزة التسجيل، وتسمى الموجات الأولية ويرمز لها بالحرف الإنجليزيP ، والنوع الثاني هو الموجات المستعرضة وتسبب ذبذبات عمودية على اتجاه انتشارها، وتسمى موجات ثانوية ويرمز لها بالحرف الإنجليزيS ، والنوع الثالث موجات سطحية تنشأ من انعكاسات الموجات الزلزالية في داخل القشرة غير المتجانسة، وهي موجات بطيئة نسبياً وتصل إلى أجهزة تسجيل الزلازل بعد الموجات والثانوية. تستخدم لرصد الزلازل أجهزة حساسة تسمى السيزموجراف.Seismograph
وتقاس شدة الزلزال بوحدات مقياس رختر، وهو مقياس لوغارتمى، فمثلاً الزلزال الذي شدته تقابل وحدتين من مقياس رختر يساوي في الشدة عشرة أضعاف الزلزال الذي له شدة تقابل وحدة واحد فقط من مقياس رختر، ويتدرج المقياس في شدته من وحدة واحدة إلى ثماني وحدات.
وينشأ الزلزال من نقطة في باطن الأرض هي بؤرة الزلزال Focus والنقطة الواقعة أعلى البؤرة مباشرة على سطح الأرض تسمى نقطة فوق المركز.Epicenter
وتنتشر موجات الزلازل في جميع بقاع الأرض، لكن مصادرها تتركز في أماكن محدودة يتكرر فيها حدوث الزلازل من وقت لآخر، وهي مناطق الأحزمة الزلزالية. يوجد حزام زلزال حول المحيط الهادي يمتد من شيلي إلى بيرو إلى أمريكا الوسطى ـ المكسيك ـ كاليفورنيا ـ غرب كندا ـ ألاسكا ـ اليابان ـ الفلبين ـ إندونسيا ونيوزلندا. ويشمل الحزام الثاني: شمال أفريقيا ـ أسبانيا ـ إيطاليا ـ اليونان ـ تركيا ـ إيران ـ شمال الهند ـ بورما إلى الصين. وتوجد مناطق نشيطة زلزالياً،

لكن أهميتها أقل من الحزامين الزلزاليين الأساسيين، وتنتشر هذه المناطق في المحيط المتجمد الشمالي، والمحيط الأطلسي والهندي ووسط سيبيريا وشمال وشرق أفريقيا. وتحدث الزلازل عادة في مناطق عدم الاستقرار في القشرة الأرضية. والزلازل قد تكون ضحلة، وهي التي تنشأ عند أعماق لا تزيد على ستين كيلومتراً وهي أخطر أنواع الزلازل.

استثمار

اقترح نمذجة بسيطة لكل من الموجات P والموجات S .

أقترح طريقة العمل التجريبي مع تحديد العدة التجريبية مبرزا دور كل عنصر .

خلاصة

ترتبط أنشطة الفيزيائي بصفة عامة بالميدان المهني وبمجال البحث العلمي و يتحدد دوره في تحليل وفهم ظاهرة ما .

لكون أن الفيزياء تلعب دورا أساسيا في التطور العلمي والتكنولوجي ، سواء على المستوى النظري أو التطبيقي ، مما يجعل العالم الفيزيائي يساهم بدور كبير في المجتمع بحيث تتجلى هذه المساهمة في المجالات التالية :

ـ المجال الطبي

ـ المجال الطاقي

ـ المجال الصناعي

ـ المجال الطيراني والفضائي .

ومن أجل دراسة الظواهر الفيزيائية تطرح على الفيزيائي عدة أسئلة .

من بين الأسئلة التي تطرح على الفيزيائي هناك على سبيل المثال :

ـ ما المقادير الفيزيائية الملائمة التي تسمح بدراسة تطور الظاهرة ؟

ـ ما البرامترات الخارجية التي تتحكم في تطور هذه الظاهرة ؟

ـ هل التطور سريع ، بطيء ، منتظم ، متغير ، دوري ، لادوري ؟

ـ هل يمكن تمييز التطور بزمن مميز أو أكثر ؟

ـ ما دور الشروط البدئية في تطور الظاهرة ؟

و لإيجاد حلول لهه الأسئلة يعتمد الفيزيائي عناصر المنهج العلمي انطلاقا من ملاحظة الظاهرة ومرورا ببناء وتوظيف نموذج نظري أو تجريبي ، وانتهاء باستخلاص النتائج .

الموجات الميكانيكية المتوالية
Les ondes mécaniques progressives

I ـ الموجات الميكانيكية المتوالية

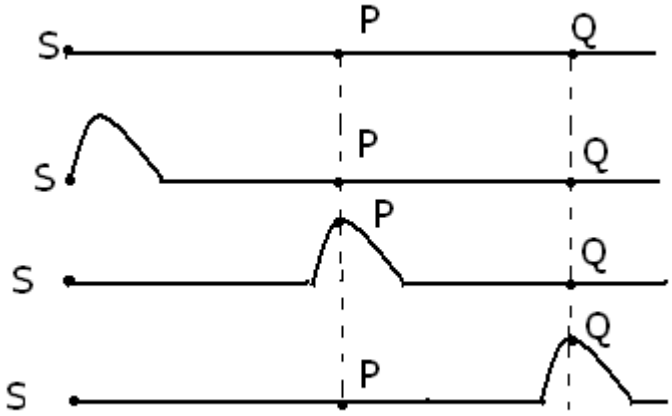
1 ـ الموجة الميكانيكية

النشاط التجريبي 1

نعرض التجارب التالية بواسطة فيديو أو القيام بها داخل القسم في حالة توفر المعدات اللازمة

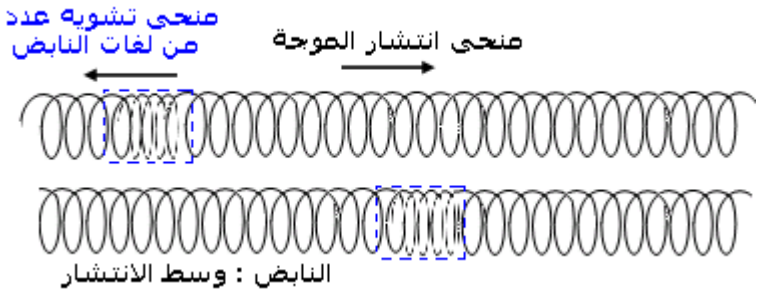
التجربة 1

نأخذ حبلا ونضعه على الأرض ، ونثبت أحد طرفيه ، ثم نقم بتحريك طرفه الآخر من ألأعلى نحو الأسفل .



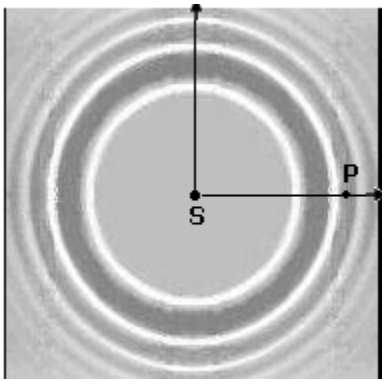
التجربة 2

نضع نابضا لفاته غير متصلة على الأرض ونضغط على بعض اللفات عند طرفه ونحررها



التجربة 3

نترك قطرة ماء تسقط على سطح ماء راكض .



استثمار

1 ـ صف في كل حالة ، التشوه البدئي للوسط ، واذكر طبيعة الوسط

التجربة	الوسط	التشوه البدئي للوسط	طبيعة الوسط	حالة الوسط
التجربة 1	الحبل	عمودي على الوسط	مادي يتكون من ذرات أي مرنة	صلبة
التجربة 2	النابض	متطابق مع الوسط	مادي يتكون من ذرات ، مرنة	صلبة
التجربة 3	الماء	عمودي على الوسط	مادي يتكون من جزيئات ، مرنة	سائلة

نسمي الوسط الذي ينتشر في التشويه **بوسط الانتشار** .

نسمي الحيز الذي انطلق منه التشويه **بمنبع الموجة** .

2 ـ بالنسبة لكل تجربة :

2 ـ 1 قارن بين حالات الوسط .

حالات وسط الانتشار في التجارب أعلاه كلها **مادية ومرنة**

2 ـ 2 هل يصاحب انتشار التشويه انتقال للمادة ؟ علل جوابك .

من خلال التجربة 1 ، فالنقطة P من وسط الانتشار أنها تتحرك أثناء مرور التشويه بها ، ثم ترجع إلى موضعها البدئي ، وتستقر بعد اجتيازه لها .

نستنتج أنه خلال انتشار الموجة ليس هناك انتقال للمادة التي تكون الوسط .

3 ـ اقترح تعريفا للموجة الميكانيكية .

نسمي موجة ميكانيكية ظاهرة انتشار تشوه في وسط مادي مرن دون انتقال للمادة التي تكون هذا الوسط

ملحوظة : نسمي موجة كل انتشار تشوه دون انتقال للمادة

2 ـ الموجة الميكانيكية المستعرضة والموجة الميكانيكية الطولية .

1ـ الموجة المستعرضة :

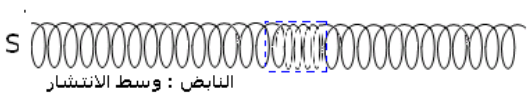
عندما تحدث موجة تشويها اتجاهه متعامد مع منحى انتشارها نقول أنها موجة مستعرضة .

2 ـ الموجة الطولية

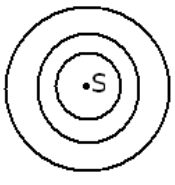
عندما تحدث موجة تشويها له نفس اتجاه منحى انتشار ها نقول أنها موجة طولية

على التبيانات التالية حدد اتجاه التشويه واتجاه الانتشار في التجارب السابقة

الحبل : وسط الانتشار



النابض : وسط الانتشار



وسط الانتشار : الماء

من بين الموجات المدروسة سابقا ، حدد المستعرضة منها والطولية .

التجربة	طبيعة الموجة ، طولية أم مستعرضة
التجربة 1	مستعرضة
التجربة 2	طولية
التجربة 3	مستعرضة

1 ـ 3 الموجات الصوتية

أ ـ الصوت موجة ميكانيكية

تجربة (فيديو)

عند تفريغ الإناء الزجاجي من الهواء يختفي صوت المرنة . مما يدل على أن الصوت لاينتشر في الفراغ أي أنه يحتاج إلى وسط مادي مرن إذن **الصوت موجة ميكانيكية تنتشر في جميع الاتجاهات (ثلاثي الأبعاد) وفي جميع الأجسام المادية (السائلة والصلبة والغازية).**

تجربة (فيديو)

عند النقر على الرنان ينبعث منه صوت يؤدي إلى تحريك الكرة مما يبين أن اتجاهي التشويه والانتشار يوجدان على استقامة واحدة إذن **الصوت موجة ميكانيكية طولية .**

نعلل انتشار موجة صوتية في وسط مادي بكونها أنها نتيجة انضغاط وتمدد لوسط الانتشار .

2 ـ الموجة الميكانيكية المتوالية

نعرف الإشارة أو الموجة ظاهرة تحدث في مدة قصيرة جدا . عندما نعيد بث هذه الموجة أو الإشارة مرات عديدة نحصل على موجة متوالية. يصاحب انتشار موجة انتقال الطاقة .

أمثلة لاهتزازات مصانة تمكّن من الحصول على موجات ميكانيكية متوالية .

ـ حركة شفرة معدنية مرنة تحرر بعد تقويسها .

ـ حركة حبال مركب خاضع لتأثير الرياح .

ـ عند نقر أوتار الكمان .

ملحوظة

وكيف تنتقل الطاقة في وسط الانتشار ؟ ما هي أنواع هذه الطاقة ؟

عند إحداث تشويه بالطرف S للحبل فإنها تكتسب طاقة ميكانيكية (طاقة الوضع : تغير الموضع ، والطاقة الحركية) على شكل شغل .

وعند وصول الموجة إلى كل نقطة من نقط وسط الانتشار تعيد نفس حركة المنبع S أي أنها تكتسب بدورها الطاقة الميكانيكية للمنبع S .

أي أنه عند انتشار الموجة طول الحبل يصاحبها انتقال طاقة ، على شكل طاقة ميكانيكية .

3 ـ سرعة انتشار موجة ميكانيكية

أ ـ تجربة 4

قياس سرعة انتشار موجة ميكانيكية مستعرضة طول حبل متجانس ومتوتر بين حاملين نستعمل خليتين كهر ضوئيتين B_1 و B_2 بحيث تفصل بينهما مسافة d ونوصلهما بميقت إلكتروني .

عند مرور الموجة أمام الخلية B_1 ، يشتغل الميقت ويتوقف عند مرورها أمام الخلية B_2 .

نقيس المدة الزمنية Δt التي يستغرقها انتشار الموجة بين B_1 و B_2 لمختلف قيم المسافة d.

نحصل على النتائج التالية :

d(m)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Δt(s)	0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54

على ورق مليمتري نمثل d=f(Δt)

نحصل على مستقيم يمر من أصل المحورين

نستخلص أن d تتغير خطيا مع المدة الزمنية Δt أي أن $c=\frac{d}{\Delta t}$ حيث يدل c على سرعة انتشار الموجة طول الحبل .

ب ـ العوامل التي تؤثر في سرعة الانتشار طول الحبل .

نعيد نفس التجربة السابقة بنفس الحبل .

نحتفظ بنفس الطول للحبل ونفس التوتر ونغير استطالة التشويه نلاحظ أن سرعة انتشار الموجة تبقى ثابتة .

نحتفظ بنفس الطول ونغير توتر الحبل ونقيس سرعة انتشار موجه ميكانيكية

نلاحظ أنه كلما ارتفع توتر الحبل ، تزداد سرعة انتشار الموجة طول الحبل

بالنسبة لحبلين لهما نفس التوتر ، تكون سرعة انتشار الموجة أصغر في الحبل ذي الكتلة الطولية الكبرى أي أن سرعة الانتشار تنقص كلما ازداد قصور وسط الانتشار .

خلاصة:

بالنسبة لوسط مادي متجانس تكون سرعة انتشار موجة مستقلة عن شكل التشوه وعن مدته ، فهي تتعلق بطبيعة وسط الانتشار ، خاصة من حيث مرونته و قصوره ، ودرجة حرارته .

ملحوظة : سرعة انتشار موجة صوتية

الموجة الصوتية موجة طو

الهواء .

تبين التجربة أن سرعة انتشار الصوت تتعلق بطبيعة وسط الانتشار.

الوسط	سرعة انتشار الصوت ب m/s
الأجسام الصلبة	
ـ الزجاج	$6,5.10^3$
ـ القشرة الأرضية	4.10^3
السوائل عند درجة حرارة 20°C	
الماء	15
ماء البحر	$1,53.10^3$
الغازات عند درجة 20°C	
الهواء	340.10
الهيدروجين	$1,33.10^3$

4 ـ المقارنة بين حركة جسم وإشارة ميكانيكية

إشارة ميكانيكية	حركة جسم
تحدث انطلاقا من منبع ويمكن أن تنتشر في جميع الاتجاهات	مسار جد محدد
عدم انتقال المادة	انتقال المادة
الموجات لاتنتقل في الفراغ أي سرعة انتشارها منعدمة بينما هي أكبر في	ينتقل الجسم بسهولة في الفراغ أي أن سرعة جسم في الفراغ أكبر من سرعته في

الأجسام الصلبة من الأجسام السائلة والأجسام الغازية v(solide)>v(liquide)>v(gaz)	الغاز
سرعة انتشار موجة لاتتعلق بالشروط البدئية في حالة استطالة صغيرة	سرعة الجسم تتعلق بالشروط البدئية .

5 ـ التأخر الزمني لموجة ميكانيكية

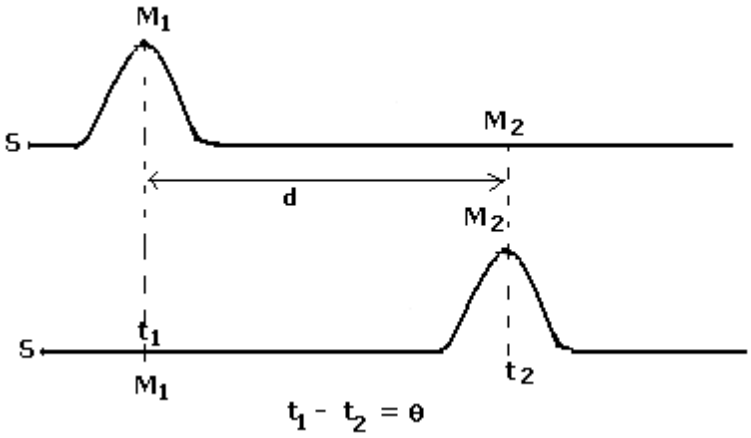
نحدث موجة ميكانيكية طول حبل انطلاقا من S طرف الحبل و V سرعة انتشار هذه الموجة طول الحبل .

نعتبر شكل الحبل في لحظتين t_1 و t_2 . خلال هذه المدة قطعت الموجة مسافة $d=M_1M_2$.

عند وصول الموجة النقطة M_2 فإنها ستتحرك بنفس الاستطالة لحركة المنبع S .

نسمي $\theta=\Delta t=t_2-t_1$ بالتأخر الزمني للموجة ونعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$\theta=\frac{M_1M_2}{V}$$



6 ـ الخواص العامة لموجة ميكانيكية

5 ـ 1 اتجاه انتشار موجة

تنتشر موجة انطلاقا من منبعها في جميع الاتجاهات المتاحة لها .

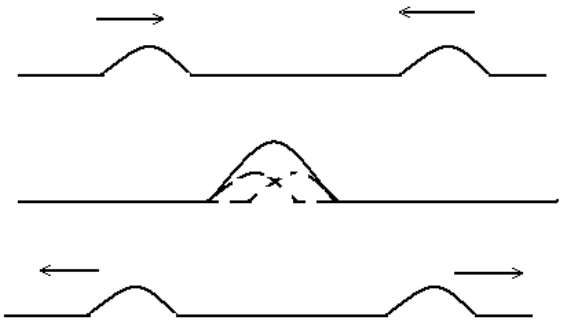
5 ـ 2 تراكب موجتين ميكانيكيتين .

ماذا يحدث عندما تتراكب موجتين ؟

تجربة (فيديو)

على طرفي حبل نحدث موجتين متقابلتين ، عند التقائهما في نقطة P من الحبل تتراكبان ونلاحظ :

عدم حدوث تصادم بين الموجتين لأنهما بعد التقائهما يستمر انتشار كل منهما دون تأثير ناتج عن تراكبهما ، بحيث تحتفظ كل موجة بنفس المظهر ونفس سرعة الانتشار .

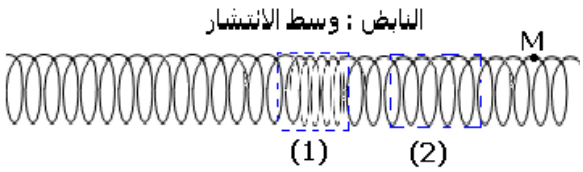


ملحوظة : تتحقق هذه الخاصية فقط بالنسبة لموجات ذات تشوه جد ضعيف أو استطالة التشويه ضعيفة .

الموجات الميكانيكية المتوالية
تمارين

تمرين 1 موجة ميكانيكية طول نابض .

نحدث موجة طول نابض وذلك بضغط بعض من لفاته وتحريرها فجأة .



يمثل الشكل أسفله حالة النابض في لحظة معينة t .

1 ـ هل الموجة المنتشرة طول نابض مستعرضة أم طولية ؟

2 ـ صف عند اللحظة t ، حالة النابض في المنطقة (1) وفي المنطقة (2)

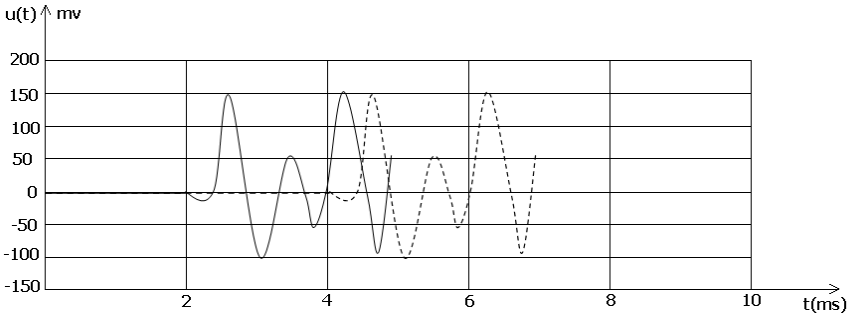
3 ـ حدد منحى واتجاه حركة النقطة M عندما تصلها الموجة .

تمرين 2 حساب سرعة الصوت .

يلتقط ميكروفونان M_1 و M_2 صوتا منبعثا من منبع صوتي نقطي S . يوجد الميكروفونان M_1 و M_2 على استقامة واحدة مع المنبع الصوتي S ، يبعدان عن بعضهما البعض بمسافة d=68cm .

يوجد المنبع S خارج القطعة المحدودة بالنقطتين M_1 و M_2 .

نعاين على شاشة كاشف التذبذب الإشارات الملتقطة بواسطة M_1 و M_2 عبر وسيط معلوماتي (أنظر الشكل)

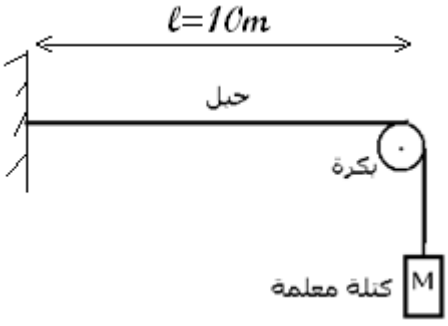


1 ـ ارسم تبيانة التركيب التجريبي المستعمل .

2 ـ أحسب سرعة انتشار الصوت في ظروف التجربة .

<u>تمرين 3 سرعة انتشار موجة طول حبل</u>

تعطي العلاقة $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ، سرعة انتشار موجة طول حبل موثر حيث T شدة توتر الحبل و μ كتلته الطولية .



1 ـ أحسب سرعة انتشار موجة طول حبل ، طوله $\ell = 10m$ حيث أن كتلته m=1,0kg موتر بقوة شدتها 2,5N . واستنتج المدة الزمنية التي تعبر خلالها الموجة الحبل كله .

2 ـ كيف تتغير هذه السرعة إذا استعملنا نفس الحبل موتر بقوة شدتها أربع مرات شدة القوة السابقة ؟

3 ـ نوتر الحبل بواسطة كتلة معلمة كتلتها M=160g أنظر الشكل 1

أحسب قيمة سرعة انتشار الموجة طول الحبل

نعتبر أن أبعاد البكرة مهملة . ونأخذ g=10N/kg

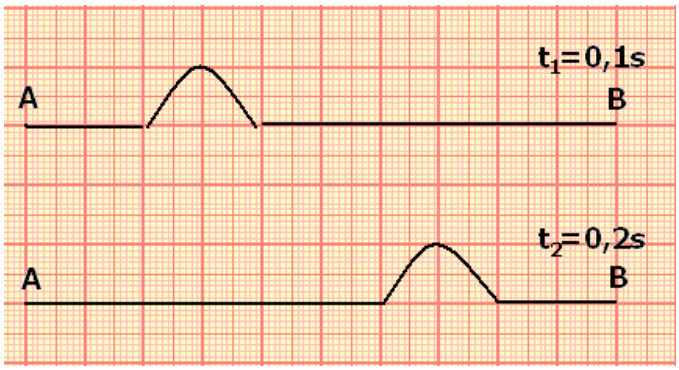
<u>تمرين 4 سرعة انتشار موجة ودرجة الحرارة</u>

سرعة انتشار الصوت في الهواء تتناسب اطرادا مع الجدر ألتربيعي لدرجة الحرارة المطلقة للهواء .

1 ـ عبر رياضيا عن هذه العلاقة .
2 ـ أحسب سرعة انتشار الصوت في الهواء عند درجة الحرارة 0°C ، ثم عند 25°C .
نعطي سرعة الصوت في الهواء عند درجة الحرارة 15°C هي v=340m/s

تمرين5 استغلال رسم مساني .

يمثل الشكل التالي حبلا (AB) طوله $\ell = 10m$ ، تنتشر طوله موجة مستعرضة في اللحظتين اللتين تاريخهما t_1 و t_2 .

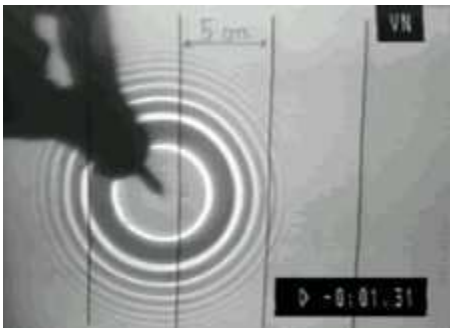


1 ـ أعط تعريف موجة مستعرضة .
2 ـ عين سرعة انتشار الموجة طول الحبل .
3 ـ عين طول الموجة واستنتج مدتها
2 ـ في أي تاريخ انبعثت الموجة من النقطة A ؟

تمرين6 تحديد نقطة سقوط صاعقة .

خلال يوم عاصفي تم سماع الرعد بعد مرور 14,7s قبل رؤية البرق .
1 ـ احسب المسافة الفاصلة بين النقطة التي حدث فيها البرق والملاحظ .
نعطي سرعة انتشار الصوت في الهواء v=340m/s و سرعة انتشار الضوء في الهواء $c=3.10^8 m/s$.

تمرين 7 دراسة موجة ميكانيكية دائرية .

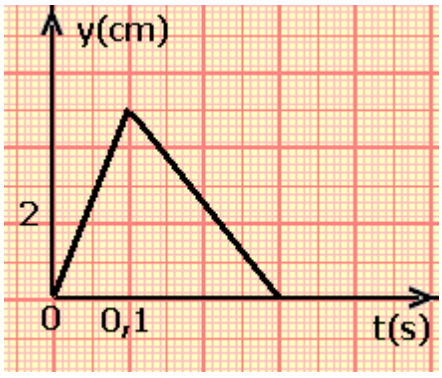


نحدث بواسطة مسمار موجة دائرية على سطح الماء لحوض الموجات فنحصل على الشكل المبين جانبه .
1 ـ هل الموجة الدائرية على سطح الماء مستعرضة أم طولية ؟ علل جوابك .
2 ـ نقيس تغيرات أشعة الدوائر الممركزة في المنبع S بدلالة الزمن فنحصل على الجدول التالي :

r(m)	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
t (s)	0	0,5	1	1,5	2	2,5

أ ـ أحسب سرعة انتشار الموجة .
ب ـ أحسب شعاع الدائرة عند اللحظة ذات التاريخ t=3s .
ج ـ أحسب لحظة وصول الموجة إلى النقطة M التي توجد على مسافة d=10cm من المنبع S
د ـ أحسب التأخر الزمني بين S و M .

تمرين 8 استغلال رسم مساني

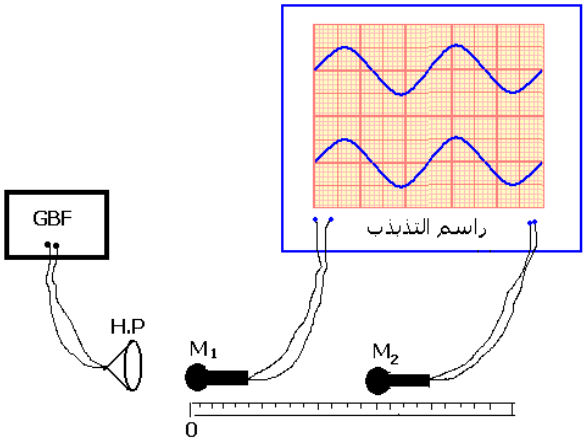


نحدث عند الطرف S لحبل مرن ، موجة مستعرضة تنتشر بسرعة v=10m/s .
عند t=0s يوجد مطلع الإشارة عند المنبع S .
يمثل المنحنى أسفله ، تغيرات استطالة المنبع بدلالة الزمن t .
نعتبر نقطة M من الحبل ، توجد على مسافة SM=4m .
1 ـ حدد مدة التشويه Δt لنقطة من نقط الحبل .
2 ـ أحسب التأخر الزمني τ بين النقطتين S و M .
3 ـ كيف يمكن استنتاج استطالة النقطة M بدلالة الزمن انطلاقا من استطالة S ؟ مثل المنحنى $y_M(t)$.
4 ـ مثل شكل الحبل في اللحظة ذات التاريخ t=0,8s .

تصحيح تمارين السلسلة 1
الموجات الميكانيكية المتوالية

تمرين 2 (حساب سرعة الصوت)

1 ـ تبيانة التركيب التجريبي المستعمل



2 ـ حساب سرعة انتشار الصوت في الهواء

نعتبر أن M_1 هي أصل الزمن $t_1=0$

يلتقط الميكروفون M_1 الصوت في اللحظة t_1 بينما M_2 يلتقط الصوت في اللحظة t_2 أي بتأخر زمني $\tau=t_2-t_1$

وحسب الشكل فإن التأخر الزمني هو $\tau=2ms$

ونعلم أن $\tau = \frac{M_1M_2}{V}$

وبالتالي فإن :

$$\tau = \frac{M_1M_2}{V} \Rightarrow V = \frac{M_1M_2}{\tau} = \frac{d}{\tau}$$

$$V = 340m/s$$

تمرين 3

1 ـ حساب سرعة انتشار الموجة طول الحبل :

$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ بحيث أن μ المتلة الطولية للحبل ونعبر عنها بالعلاقة التالية : $\mu = \frac{m}{\ell}$ وبالتالي

$$V = \sqrt{\frac{T.\ell}{m}}$$ فاتعبير السرعة هو :

T : توتر الحبل T=2,5N

ℓ طول الحبل $\ell = 10m$

m كتلة الحبل m=1,0kg

V=5m/s

المدة الزمنية المستغرقة من طرف الموجة عند عبورها الحبل كله :

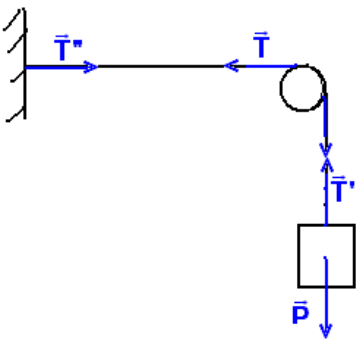
$V = \frac{d}{\Delta t}$ بحيث أن $d = \ell$ وبالتالي فإن $V = \frac{\ell}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\ell}{V} = 2s$

2 ـ في حالة T'=4T فإن :

$$V' = \sqrt{\frac{T'}{\mu}} \Rightarrow V' = \sqrt{\frac{4T}{\mu}} = 2\sqrt{\frac{T}{\mu}} = 2V$$

السرعة تزداد مع ازدياد توتر الحبل وهذا يتضح من خلال العلاقة السابقة

3 ـ 1 قيمة سرعة انتشار الموجة طول الحبل في حالة توتره بكتلة معلمة (أنظر الشكل)



تم استعمل جزء من حبل طوله يساوي طول الحبل السابق أي له نفس الكتلة الطولية في هذه الحالة سيكون الجزء المتوتر ، شدة توتره T=Mg وتصبح العلاقة :

$$v'' = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow v'' = \sqrt{\frac{Mg\ell}{m}} = 4m/s$$

تمرين 4 سرعة انتشار موجة ودرجة الحرارة

1 ـ التعبير الرياضي لسرعة انتشار الصوت في الهواء :

$$v = K\sqrt{T}$$

بحيث أن T درجة الحرارة المطلقة $T = 273 + \theta°C$

2 ـ سرعة انتشار الصوت في الهواء عند درجة حرارة 0°C :

لدينا درجة الحرارة المطلقة في هذه الحالة T=273K نعتبر أن v_1 سرعة انتشار الصوت في الهواء عند درجة حرارة 0°C وحسب العلاقة السابقة لدينا : $v_1 = K\sqrt{T_1}$

ولدينا حسب المعطيات أن سرعة الصوت في الهواء عند درجة حرارة 15°C هي 340m/s أي أن T=285°K ونحسب K :

$$v_0 = K\sqrt{T_0} \Rightarrow K = \frac{v_0}{\sqrt{T_0}}$$

$$K = 20,0SI$$

وبالتالي عند o°C لدينا v_1=330m/s

وعند درجة حرارة 25°C لدينا v_2=345m/s .

تمرين 5 استغلال الرسم المبياني :

1 ـ تعريف بموجة مستعرضة : عند ما يكون منحى انتشارها عمودي اتجاه التشوه .

2 ـ حساب سرعة انتشار الموجة طول حبل :

حسب الشكل ، خلال المدة الزمنية $\Delta t = t_2 - t_1$ تقطع الموجة مسافة 4m (السلم 1cm يمثل 1m) أي أن السرعة V هي :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

$$v = 40m/s$$

تعين طول الموجة PQ من خلال الشكل فإن PQ=2m

مدة الموجة : هي المدة المستغرقة من طرف التشوه : نرمز لها ب τ

$$PQ = v.\tau \Rightarrow \tau = \frac{PQ}{v} = 0,05m/s$$

4 ـ تاريخ انبعات الموجة من النقطة A :

لنعتبر t_0 هو تاريخ انبعاث الموجة من النقطة A وحسب الشكل الذي يمثل مظهر الحبل عند t_1=0,6s نكتب :

$$AQ = v(t_1 - t_0) \Rightarrow AQ = vt_1 - vt_0$$

$$t_0 = t_1 - \frac{AQ}{v}$$

تطبيق عددي : t_0=0s .

تمرين 6 تحديد نفطة سقوط صاعقة .

نعتبر اللحظة t_1 تاريخ رؤية البرق أي أن $d = C.t_1$ بحيث أن d هي المسافة الفاصلة بين النقطة التي حدثت فيه الصاعقة والملاحظ

نعتبر t_2 تاريخ سماع الرعد أي أن $d = V.t_2$

نعتبر $\Delta t = t_2 - t_1$ وحسب العلاقتين السابقتين لدينا :

$t_1 = \frac{d}{C}$ و $t_2 = \frac{d}{V}$ أي أن $\Delta t = \frac{d}{V} - \frac{d}{C} \Rightarrow d = \frac{\Delta t}{\frac{1}{V} - \frac{1}{C}}$

بما أن C>>V فإن $\frac{1}{C} << \frac{1}{V}$ أي من الممكن إهمال $\frac{1}{C}$ أمام $\frac{1}{V}$ وتصبح العلاقة $d = V.\Delta t$

تطبيق عددي : d=5000m

تمرين 7 دراسة موجة ميكانيكية دائرية

1

اتجاه انتشار الموجة .

2 ـ1 نعلم أن $V = \frac{d}{\Delta t}$ وبالتالي فإن V=0,02m/s

ب ـ بتطبيق العلاقة $V = \frac{d}{\Delta t}$ بحيث أن $\Delta t = t - t_0 = t$ نجد أن

$$d = r = V.t \Rightarrow r = 0,06m$$

ج ـ لحظة وصول الموجة إلى النقطة M :

$V = \frac{d}{\Delta t}$ أي أن $\Delta t = \frac{d}{V} \Rightarrow t_M = \frac{d}{V}$

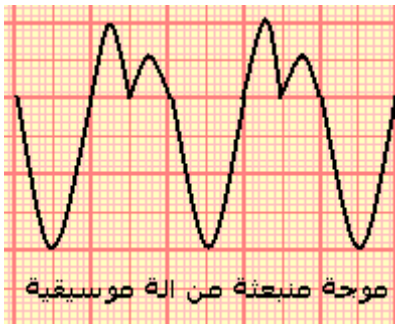
t_M=5s

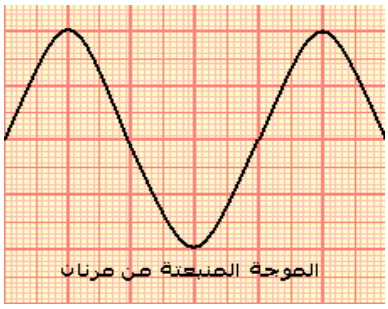
د ـ التأخر الزمني τ بين النقطتين S و M :

$$\tau = t_M - t_S = 5s$$

الموجات الميكانيكية المتوالية الدورية
Les ondes mecaniques progressives periodiques

I ـ الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية





النشاط التجريبي 1 الموجات الصوتية

بواسطة راسم التذبذب و ميكروفون نعاين موجتين صوتيتين:

ـ موجة منبعثة من آلة موسيقية :

ـ موجة منبعثة من مرنان Diapason

1 ـ هل هذه الموجات دورية ؟

الموجة المنبعثة من آلة موسيقية دورية ونفس الشيء بالنسبة للموجة المنبعثة من المرنان .

الموجات الصوتية موجات ميكانيكية متوالية ودورية .

لأن التشوه الحاصل لكل نقطة من وسط الانتشار يتغير بشكل دوري مع الزمن .

2 ـ قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصلين .

الموجة المنبعثة من الآلة الموسيقية موجة ميكانيكية متوالية دورية بينما الموجة المنبعثة من المرنان هي موجة متوالية دورية **جيبية** . لأن تغير التشوه هو عبارة عن دالة زمنية بالنسبة للزمن t .

3 ـ علما أن زر الحساسية الأفقية لراسم التذبذب ضبط على القيمة 0,5ms ، أحسب الدور T لكل من الموجتين الصوتيتين واستنتج تردد الموجة الصوتية المنبعثة من المرنان .

* الموجة الصوتية المنبعثة من الآلة الموسيقية : $T=2.0,5.10^{-3}s=10^{-3}s$

* الموجة المنبعثة من المرنان : $T=2.10^{-3}s$.

نسمي T بالدورية الزمنية للموجة الميكانيكية المتوالية .

II ـ الموجة المكانيكية المتوالية الجيبية

1 ـ تعريف بالموجة المتوالية الجيبية

النشاط التجريبي 2 الموجات المكانيكية طول الحبل

تتحرك شفرة معدنية تحت تأثير كهرمغنطيس بتردد 100Hz . يتكون وسط الانتشار من حبل مشدود تبث أحد طرفيه بنهاية الشفرة ، بينما يوضع على الطرف الثاني في كأس به ماء لامتصاص الموجة .

نستعمل في هذه التجربة جهاز كهربائي يسمى بالوماض :

جهاز إلكتروني يصدر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية T_e ، ويحتوي على زر يمكن من تغيير وضبط تردد الومضات ν_e .

نضيء الخيط بواسطة الوماض ونضبط التردد ν_e للومضات على أكبر قيمة تمكن من ملاحظة توقف ظاهري للحبل . في هاته الحالة تردد الوماضات هو تردد حركة الحبل .

نغير قيمة تردد الوماض قليلا بالنسبة للقيمة ν_e : $\nu_e+\varepsilon$ و $\nu_e-\varepsilon$

$\nu_e+\varepsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في نفس منحى انتشار الموجة .

$\nu_e-\varepsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في المنحى المعاكس لمنحى انتشار الموجة .

استثمار

1 ـ كيف هو شكل الحبل في غياب الوماض ؟

ـ نلاحظ أن شكل الحبل مضبب ، غير واضح ،

2 ـ
للحبل . بين أن حركة كل نقطة M من الحبل مستقيمية جيبية ، ترددها مساو لتردد الشفرة المهتزة .
ـ عندما يكون تردد الوماض يساوي تردد حركة الحبل أي تردد المنبع S نلاحظ توقف ظاهري للحبل .
المنبع S له استطالة دورية دورها T ،أي أن الدالة $Y_S=f(t)$ دالة جيبية بالنسبة للزمن t
نفس الشيء بالنسبة لجميع النقط المنتمية للحبل . **نقول أن الموجة المتوالية جيبية**

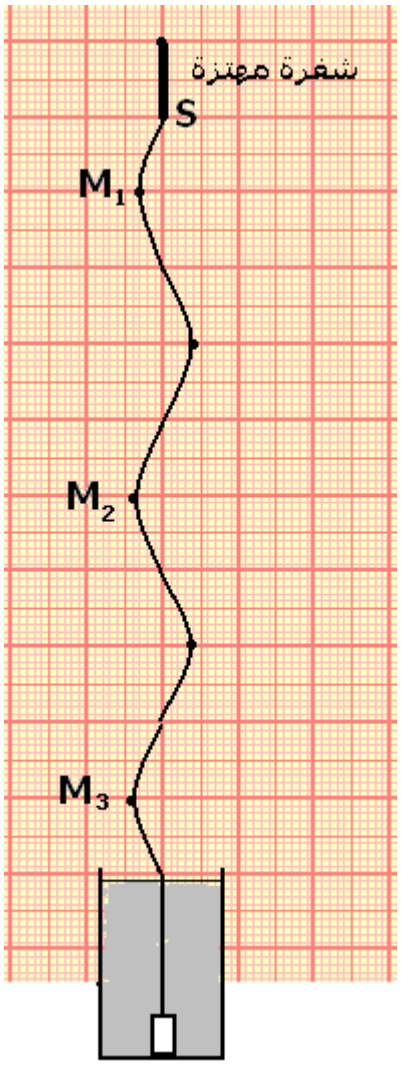
تعريف :

الموجة المتوالية الدورية الجيبية هي موجة يكون المقدار الفيزيائي المقرون بها دالة جيبية بالنسبة للزمن .

2 ـ الدورية الزمانية

للموجة المتوالية الجيبية دورية زمانية T_M يساوي دور المنبع S إي أن $T_M=T_S$. وهذا الدور T_S يساوي دور الوماض T_e .

3 ـ الدورية المكانية



ـ الشكل جانبه يمثل مظهر الحبل في لحظة t بالسلم الحقيقي .
بحيث يكون على شكل جيبي y=f(x) (دالة جيبية)
والتي تمثل مظهر الحبل في لحظة t . يتميز هذا المنحنى **بدورية مكانية تسمى طول الموجة ويرمز لها ب λ**

4ـ تعريف بطول الموجة

نسمي طول الموجة المسافة الفاصلة بين نقطتين متتاليتين لهما نفس الحركة في نفس الوقت . ونعرف كذلك طول الموجة بالمسافة التي تقطعها الموجة المتوالية الجيبية خلال مدة زمنية تساوي دور الموجةT

$$\lambda = V.T = \frac{V}{\nu}$$

λ : طول الموجة (m)
V : سرعة انتشار الموجة (m/s)
ν : تردد الموجة (Hz)

1 ـ قس المسافتين M_1M_2 و M_2M_3 و M_1M_3
2 ـ قارن الحالات الاهتزازية للنقط M_1 ، M_2 ، M_3 .
هذه النقط لها نفس الحركة في نفس الوقت .
3 ـ أكتب المسافات M_1M_2 و M_2M_3 و M_1M_3 بدلالة λ .
$M_1M_2=\lambda$ و $M_1M_3=2\lambda$
بصفة عامة إذا كانت المسافة التي تفصل بين نقطتين M و N من الحبل تساوي عددا صحيحا لطول الموجة λ أي أن

$$SN - SM = k\lambda \qquad k \in N^*$$

فإن النقطتين تهتزان على توافق في الطور .
وإذا كانت المسافة التي تفصل بين نقطتين من الحبلP و M تساوي عددا فرديا لنصف طول الموجة :

$$SM - SP = \frac{(2k+1)\lambda}{2} \qquad k \in N^*$$

فإن النقطتين تهتزان على تعاكس في الطور .

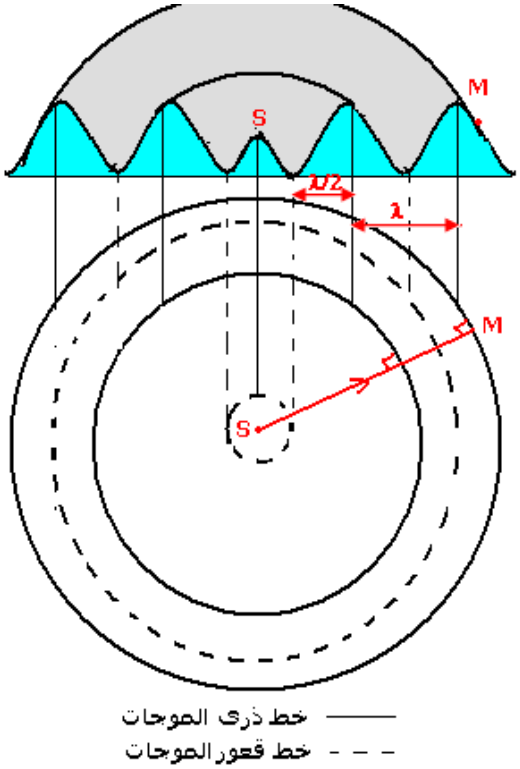
III ـ الإبراز التجريبي لظاهرة حيود موجة ميكانيكية متوالية جيبية

1 ـ الموجة المتوالية الدائرية والموجة المتوالية المستقيمية

أ ـ الموجة المتوالية الحسة الدائرية

1 ـ دراسة تجريبية : الموجة المتوالية على سطح الماء

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ، حركة اهتزازية دائمة أو مصونة ترددها 100Hz . وتفاديا لانعكاس الموجة نكسو جوانب الحوض بالقطن التي يمتصها .



1 ـ ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

نلاحظ على سطح الماء تموجات دائرية تنشأ عند رأس المسمار وتنتشر على سطح الماء .

لدينا موجات ميكانيكية متوالية جيبية .

ملحوظة :

خط الموجة وشعاع الموجة

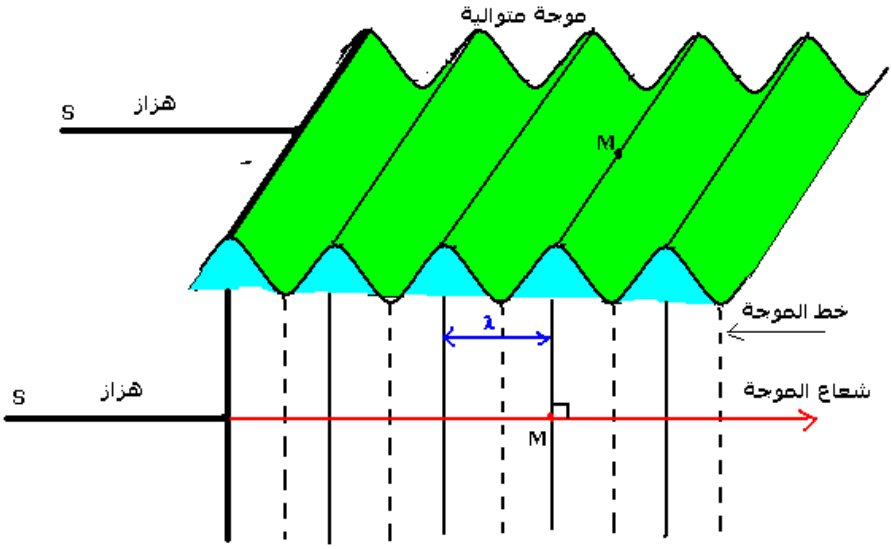
- حميع نقط وسط الانتشار المتواجدة على نفس الدائرة تهتز بكيفية مماثلة . نقول أن هذه النقط تنتمي إلى نفس خط الموجة ويسمى المستقيم SM العمودي على خط الموجة شعاع الموجة منحاه هو منحى انتشار الموجة

ب ـ الموجة المتوالية المستقيمية

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة صفيحة أفقية متصلة بهزاز كهربائي حركة اهتزازية دائمة . وتفاديا لانعكاس الموجة ، نكسو جوانب الحوض بالقطن من امتصاصها .

نلاحظ أن حركة الصفيحة تحدث على سطح الماء تموجات مستقيمية ، وهكذا نحصل بواسطة هذه الطريقة على موجات متوالية مستقيمية .

خطوط الموجة عبارة عن مستقيمات متوازية مع مستوى الصفيحة وأشعة الموجة متوازية فيما بينها وعمودية على خطوط الموجة .



2 ـ ظاهرة الحيود

2 ـ 1 حيود الموجات الميكانيكية على سطح الماء بواسطة فتحة صغيرة

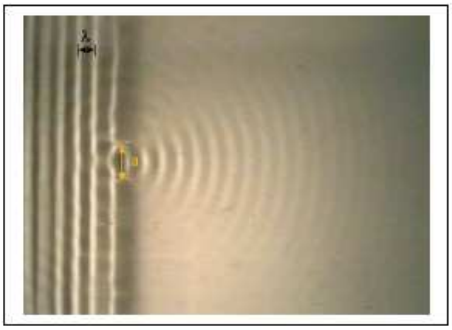
تجربة :

نضع رأسيا في حوض الموجات ، وعلى استقامة واحدة صفيحتين على شكل مستطيل ، مكسوتين بمادة (قطن أو إسفنج) ماصة للموجات الواردة . ونقرب الصفيحتين بحيث نحتفظ بفتحة بينهما عرض الفتحة هو ℓ.

نحدث على سطح الماء ، بواسطة هزاز ، موجة مستقيمية واردة موازية لسطح الصفيحتين .

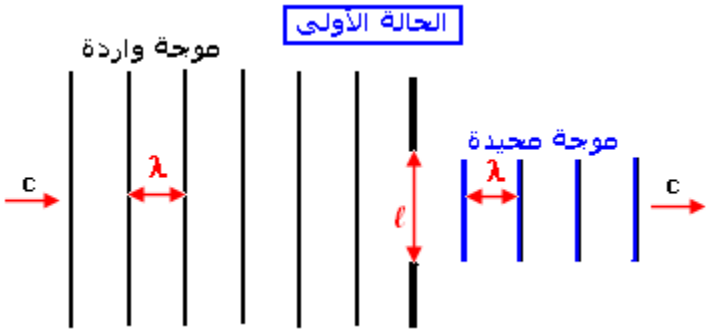
Photographie 1

Photographie 2



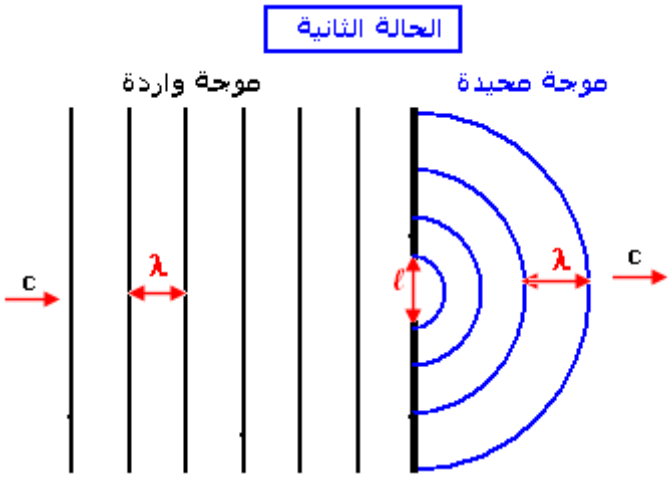
ملاحظات

الحالة الأولى : $\ell >> \lambda$. يلاحظ عند إضاءة سطح الماء بوماض ضبط على تردد الومضات التي تظهر توقف الموجات الواردة ، نلاحظ موجة تجتاز الفتحة الصغيرة لتنتشر وراء الصفيحتين الحاجزتين .



الفتحة تحدّ من انتشار الموجة المستقيمية في الوسط الثاني على عرض الفتحة . نقول إن الفتحة تحجب الموجة الواردة .

الحالة الثانية : $\ell \approx \lambda$ نلاحظ تحت الوماض ، تولد موجة دائرية عن الموجة المستقيمية الواردة على مستوى الفتحة . فتبدوا كأن موجة دائرية منبعثة من منبع وهمي يوجد في الفتحة : نسمي هذه الموجة **بالموجة المحيدة** وهذه التجربة تبرز **ظاهرة الحيود** .



خاصيات الموجة المحيدة

* التوقف الظاهري للموجتين الواردة والمحيدة تحت ضوء الوماض ، يدل على أن لهما نفس التردد N .

* وبما أنهما ينتشران في نفس الوسط إذن لهما نفس سرعة الانتشار C وبالتالي فلهما نفس طول الموجة λ .

خلاصة :

يحدث حيود موجة واردة على مستوى فتحة عرضها يقارب بقليل طول الموجة للموجة الواردة .

للموجتين الواردة والمحيدة نفس سرعة الانتشار c ونفس التردد N ونفس طول الموجة λ

2 ـ 2 حيود الموجات الصوتية

مثال : لاستقبال صوت وارد من خارج حجرة

نقط الحجرة ويعزى هذا إلى حيود الصوت عند اجتيازه الباب .

يحدث في الهواء حيود موجات صوتية الخفيضة ذات طول الموجة يقارب المتر $\lambda \approx 1m$

والموجات الصوتية المتوسطة ذات طول الموجة يقارب الديسيمتر $\lambda \approx 1dm$ على مستوى الفتحات (البواب والنوافذ ...) .

أما الموجة الصوتية الحادة ، فلا يحدث لها حيود نقول أن انتشارها موجه . مثال ، الموجات فوق الصوتية ذات التردد أكبر من $2.10^{14}Hz$.

3 ـ ظاهرة التبدد Phénomène de dispersion

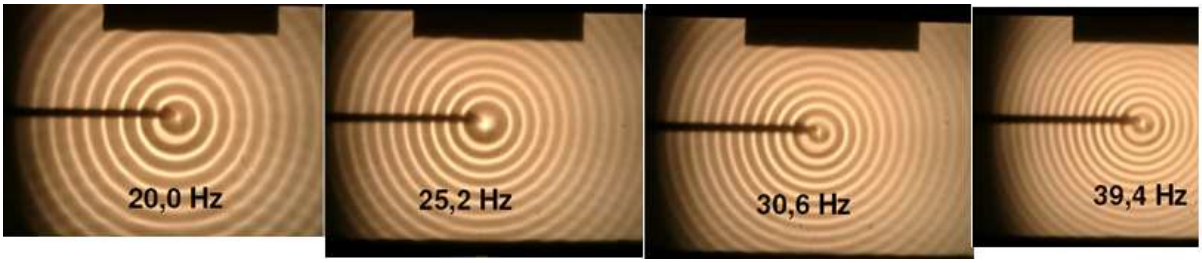
تجربة :

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ذي تردد قابل للضبط حركة اهتزازية دائمة .

نضيء سطح الماء بوماض ، نضبط تردد ومضاته على تردد يساوي تردد الهزاز فنحصل على توقف ظاهري للموجات المتوالية الدائرية .

نقيس طول الموجة λ بالنسبة لمختلف قيم التردد N ونحسب السرعة V سرعة انتشار الموجة على سطح الماء .

N(Hz)	20,0	25,0	30,0	35,0
4λ(m)	4	3,6	3,2	2,8
λ(m)				
V(m/s)				



استنتاج : أن V سرعة انتشار موجة متوالية على سطح الماء تتعلق بالتردد N و هو يساوي تردد المنبع . نقول أن الوسط مبدد .

أمثلة لأوساط غير مبددة للموجات :

- الموجات الصوتية 20000Hz>N>20Hz في الهواء ، في هذه الحالة الهواء غير مبدد لهذه الموجات .

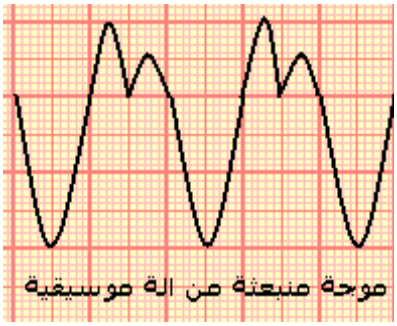
ملحوظة : بالنسبة للموجات الصوتية ذات وسع أكبر يصبح الهواء في هذه الحالة مبدد لها . نفس الشيء بالنسبة للموجات فوق الصوتية .

وصول صوت الرعد ناتج عن أن الهواء وسط مبدد للموجات الصوتية ذات وسع أكبر . الصوت الخفيض ينتشر بسرعة أقل من الصوت الحاد .

- تلعب ظاهرة التبدد دور أكبر في البصريات .

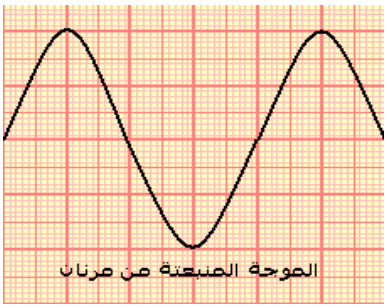
الموجات الضوئية أو البصرية تختلف عن الموجات الميكانيكية فهي تنتشر بنفس السرعة في الفراغ .

الموجات الميكانيكية الدورية
أنشطة تجريبية



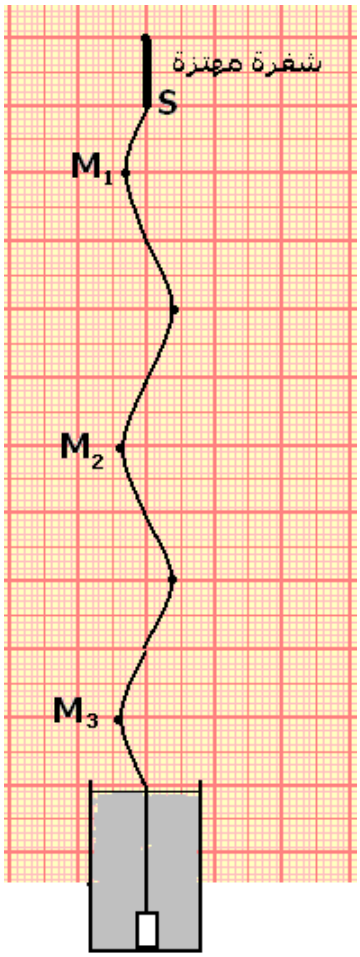
النشاط التجريبي 1 الموجات الصوتية

بواسطة راسم التذبذب و ميكروفون نعاين موجتين صوتيتين:
ـ موجة منبعثة من آلة موسيقية :
ـ موجة منبعثة من مرنان Diapason
1 ـ هل هذه الموجات دورية ؟
2 ـ قارن بين الرسمين التذبذبيين المحصلين .
3 ـ علما أن زر الحساسية الأفقية لراسم التذبذب ضبط على القيمة 0,5ms ، أحسب الدور T لكل من الموجتين الصوتيتين واستنتج تردد الموجة الصوتية المنبعثة من المرنان .



النشاط التجريبي 2 الموجات الميكانيكية طول الحبل

تتحرك شفرة معدنية تحت تأثير كهرمغنطيس بتردد 100Hz . يتكون وسط الانتشار من حبل مشدود تبث أحد طرفيه بنهاية الشفرة ، بينما يوضع على الطرف الثاني في كأس به ماء لامتصاص الموجة .
نستعمل في هذه التجربة جهاز كهربائي يسمى بالوماض : جهاز إلكتروني يصدر ومضات ضوئية سريعة في مدد زمنية متتالية ومتساوية T_e ، ويحتوي على زر يمكن من تغيير وضبط تردد الومضات ν_e .



نضيء الخيط بواسطة الوماض ونضبط التردد ν_e للومضات على أكبر قيمة تمكن من ملاحظة توقف ظاهري للحبل . في هاته الحالة تردد الوماضات هو تردد حركة الحبل .
نغير قيمة تردد الوماض قليلا بالنسبة للقيمة ν_e : $\nu_e+\varepsilon$ و $\nu_e-\varepsilon$
$\nu_e+\varepsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في المنحى المعاكس لمنحى انتشار الموجة .
$\nu_e-\varepsilon$ نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل في نفس منحى انتشار الموجة .

استثمار

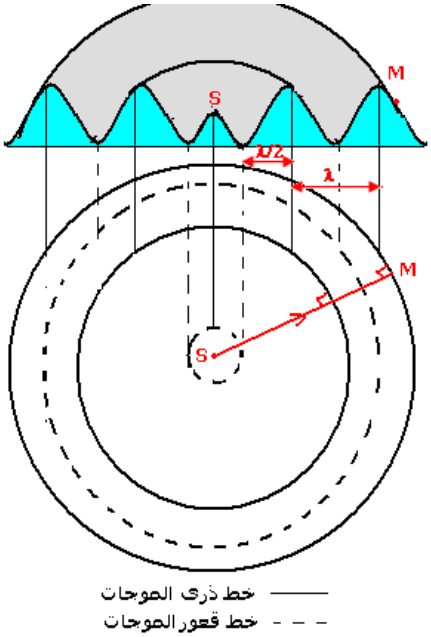
1 ـ كيف هو شكل الحبل في غياب الوماض ؟
2 ـ عند إضاءة الحبل بالوماض وضبط تردد ومضاته على أكبر قيمة حيث نلاحظ توقف ظاهري للحبل . بين أن حركة كل نقطة M من الحبل مستقيمية جيبية ، ترددها مساو لتردد الشفرة المهتزة .
3 ـ الشكل جانبه يمثل مظهر الحبل في لحظة t بالسلم الحقيقي . بحيث يكون على شكل جيبي $y=f(x)$ (دالة جيبية)
والتي تمثل مظهر الحبل في لحظة t . يتميز هذا المنحنى **بدورية مكانية تسمى طول الموجة ويرمز لها ب** λ
1 ـ قس المسافتين M_1M_2 و M_2M_3 و M_1M_3
2 ـ قارن الحالات الاهتزازية للنقط M_1 ، M_2 ، M_3 .
3 ـ أكتب المسافات M_1M_2 و M_2M_3 و M_1M_3 بدلالة λ .

النشاط التجريبي 3

أ ـ الموجة المتوالية الجيبية الدائرية

1 ـ دراسة تجريبية : الموجة المتوالية على سطح الماء

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ، حركة اهتزازية دائمة أو مصونة ترددها 100Hz . وتفاديا لانعكاس الموجة نكسو جوانب الحوض بالقطن التي يمتصها .

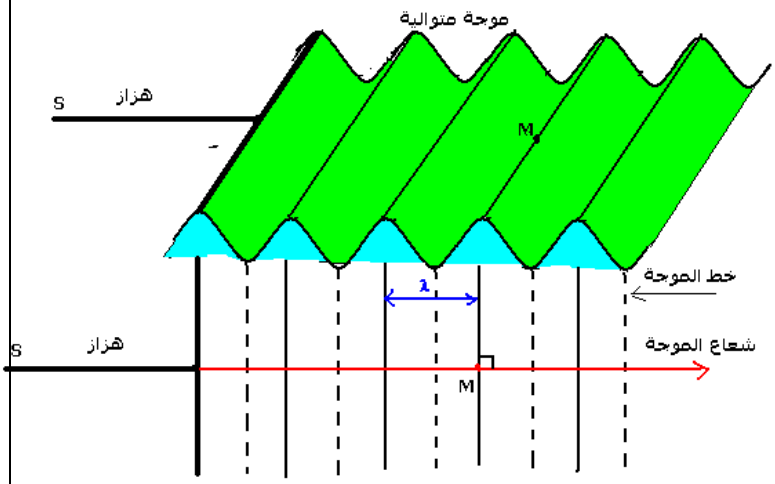


1 ـ ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

ماذا نلاحظ عندما نضيء سطح الماء بواسطة وماض بحيث نضبط ومضاته على $\nu+\varepsilon$ و $\nu-\varepsilon$ ؟

ب ـ الموجة المتوالية المستقيمية

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة صفيحة أفقية متصلة بهزاز كهربائي حركة اهتزازية دائمة . وتفاديا لانعكاس الموجة ، نكسو جوانب الحوض بالقطن من امتصاصها .



ماذا نلاحظ في غياب الوماض ؟

ماذا نلاحظ عندما نضيء سطح الماء بواسطة وماض بحيث نضبط ومضاته على $\nu+\varepsilon$ و $\nu-\varepsilon$ ؟

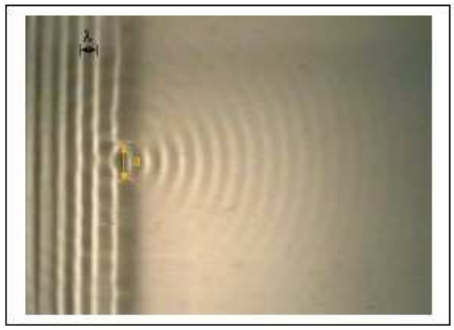
النشاط التجريبي 4 : ظاهرة الحيود

تجربة :

نضع رأسيا في حوض الموجات ، وعلى استقامة واحدة صفيحتين على شكل مستطيل ، مكسوتين بمادة (قطن أو إسفنج) ماصة للموجات الواردة . ونقرب الصفيحتين بحيث نحتفظ بفتحة بينهما عرض الفتحة هو ℓ .

نحدث على سطح الماء ، بواسطة هزاز ، موجة مستقيمية

Photographie 2



Photographie 1

الحالة الأولى : $\ell >> \lambda$.ماذا تلاحظ ؟

الحالة الثانية : $\ell \approx \lambda$. ماذا تلاحظ ؟

قارن بين طول الموجة الواردة وطول الموجة المحيدة . ماذا تستنتج .

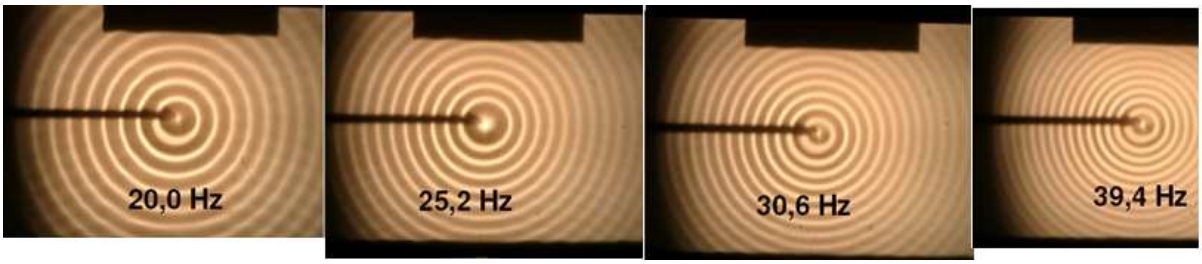
النشاط التجريبي 4 : ظاهرة التبدد

في حوض للموجات يحتوي على ماء سمكه ثابت ، نحدث بواسطة مسمار متصل بهزاز كهربائي ذي تردد قابل للضبط حركة اهتزازية دائمة .

نضيء سطح الماء بوماض ، نضبط تردد ومضاته على تردد يساوي تردد الهزاز فنحصل على توقف ظاهري للموجات المتوالية الدائرية .

نقيس طول الموجة λ بالنسبة لمختلف قيم التردد N ونحسب السرعة V سرعة انتشار الموجة على سطح الماء .

N(Hz)	20,0	25,0	30,0	35,0
4λ(m)	4	3,6	3,2	2,8
λ(m)				
V(m/s)				



ماذا تستنتج ؟

الموجة الميكانيكية المتوالية الدورية

سلسلة التمارين 2

تمرين 1

نعطي سرعة انتشار الصوت في الهواء V=340m/s .

1 ـ يتغير تردد موجة صوتية في الهواء بين قيمتين : $\nu_1 = 20Hz$ و $\nu_2 = 20kHz$.

حدد مجال تغير طول الموجة الصوتية λ في الهواء .

2 ـ يصدر مرنان صوتا يناسب النوطة الموسيقية La_3 ذات التردد 440Hz . ما طول موجة هذا الصوت .

3 ـ هل تقع ظاهرة الحيود ، للموجة الصوتية في الهواء عبر فتحة عرضها d=80cm في الحالتين التاليتين ؟

ـ موجة صوتية ذات تردد $\nu_1 = 3.10^3 Hz$

ـ موجة صوتية ذات تردد $\nu_2 = 100Hz$

تمرين 2

يحدث هزاز في نقطة S من سطح الماء ، موجة متوالية جيبية ، ترددها $\nu = 200Hz$ وسرعة انتشارها V=12m/s .

نعتبر نقطتين M_1 و M_2 من سطح الماء ، موجودتين على التوالي على مسافة :

$d_1=SM_1=9cm$ و $d_2=SM_2=18cm$

1 ـ هل الموجة على سطح الماء طولية أم مستعرضة ؟ علل جوابك .

2 ـ أحسب طول الموجة λ.

3 ـ قارن حركتي M_1 و M_2 مع حركة المنبع S .

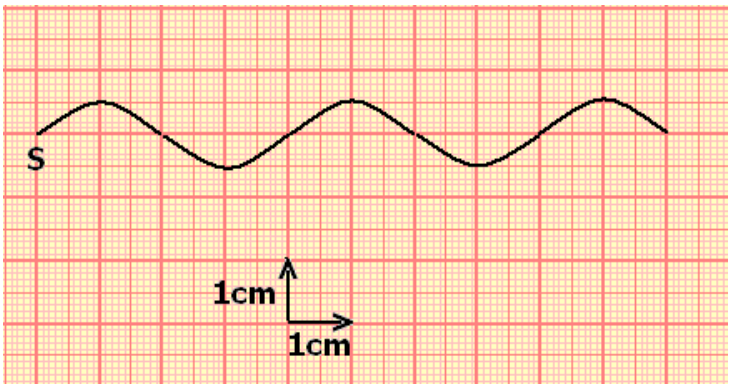
4 ـ في لحظة تاريخها t توجد النقطة M_1 على مسافة 3mm تحت موضع سكونها ، ما موضع النقطة M_2 بالنسبة لموضع سكونها

تمرين 3

يحدث الطرف S لشفرة مهتزة ، موجة متوالية جيبية ، ترددها ν تنتشر طول الحبل .

نضيء الحبل بوماض، وضبط دور ومضاته على أصغر قيمة ليظهر الحبل متوقفا فنجد θ_s=0,04s .

يمثل الشكل أسفله ، مظهر الحبل عند لحظة t .



1 ـ أحسب تردد الموجة

2 ـ أحسب سرعة انتشار الموجة

3 ـ نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى . مثل شكل الحبل عند اللحظتين :

ـ t_1=40ms

ـ t_2=60ms

4 ـ نضبط تردد الومضات على القيمتين $\nu_{1s} = 26Hz$ و بعد ذلك على القيمة $\nu_{2s} = 24Hz$. كيف يظهر شكل الحبل في كل حالة ؟ علل جوابك .

تمرين 4

يحدث هزاز مرتبط بصفيحة S ، موجة متوالية جيبية مستقيمية ، على سطح الماء لحوض الموجات . نضبط تردد الوماض على أكبر قيمة ، تمكن من الحصول على توقف ظاهري لـ الماء ، فنجد $\nu_s = 50Hz$ ونقيس المسافة d الفاصلة بين الخط الأول للموجة والخط الخامس للموجة ، اللذان يوجدان في نفس الحالة الاهتزازية فنجد d=1,6cm .

1 ـ أحسب قيم تردد الموجة ν و طول الموجة λ و V_1 سرعة الإنتشار .

2 ـ عند t_0=0s تبدأ الصفيحة المتواجدة عند x=0 في الاهتزاز نحو الأسفل ، علما أن القيمة القصوى لوسع حركتها هو 0,2cm .

2 ـ 1 مثل في مستوى عمودي على سطح الماء ، مظهر سطح الماء عند t=0,04s .

باستعمال السلم : $1cm \leftrightarrow 0,2cm$ (على الورق المليمتري)

2 ـ 2 مثل مظهر سطح الماء عند اللحظات :

ـ t_1=0,08s

ـ t_2=0,05s

3 ـ نضع أمام الموجة السابقة حاجزا ، ذا فتحة عرضها ℓ قابل للضبط . حدد شكل والخصائص (λ, V, ν) للموجة بعد الحاجز في الحالتين :

3 ـ 1 $\ell_1 = 0,3cm$

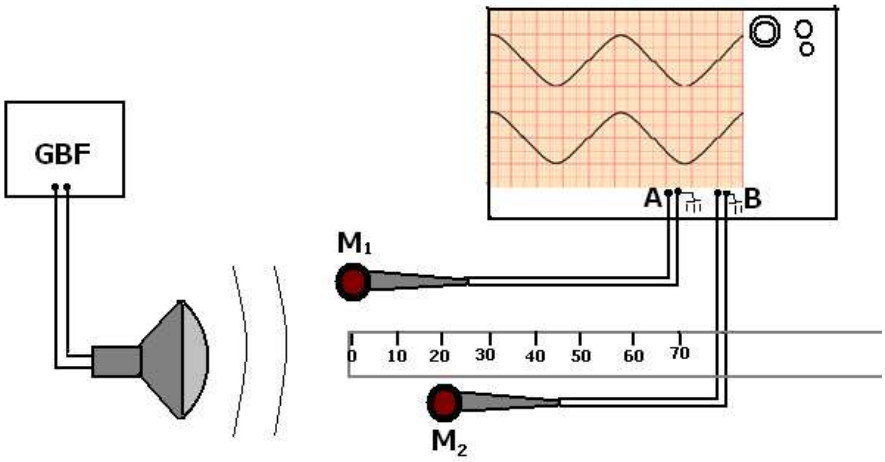
3 ـ 2 $\ell_2 = 1cm$

4 ـ نضبط تردد الوماض على قيمة ν' حيث $(\nu' > \nu)$ فتصبح سرعة الانتشار V'=0,15m/s .

قارن قيم V و V' . ماذا تستنتج ؟

تمرين 5

لقياس سرعة انتشار في الهواء ننجز التركيب التالي :



الصوت المنبعث من مكبر الصوت يلتقطاه ميكروفونين M_1 و M_2 مرتبطين بالمدخلين A و B لراسم التذبذب . نحدد الأفصولين x_1 و x_2 على التوالي للميكروفونين على محور مطابق للمسطرة المدرجة .

1

الأفصول $x_1=x_2=0$.

أحسب تردد الصوت علما أن الحساسية الأفقية هي : 0,1ms/div .

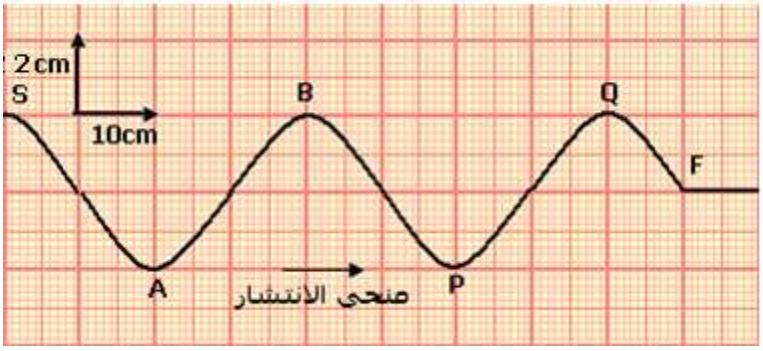
2 ـ نحتفظ بالميكروفون M_1 عند الأفصول $x_1=0$ ، ونحرك M_2 طول المسطرة المدرجة . يلخص الجدول أسفله قيم الأفصول x_2 للميكروفون M_2 ، عندما يظهر الرسمان التذبذبيان على توافق في الطور على الشاشة .

N°	1	2	3	4	5
x_2(cm)	17,0	34,0	51,0	68,0	85,0

2 ـ 1 ما هي قيمة طول الموجة التي يمكن استنتاجها من هذه القياسات ؟

2 ـ 2 استنتج قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء .

تمرين 6



تمثل الوثيقة جانبه مظهر حبل في لحظة تاريخها $t_1=45ms$.

1 ـ 1 أعط اسم النقطة F .

1 ـ 2 عين مبيانيا طول الموجة λ

1 ـ 3 أحسب سرعة انتشار الموجة طول الحبل واستنتج دورها .

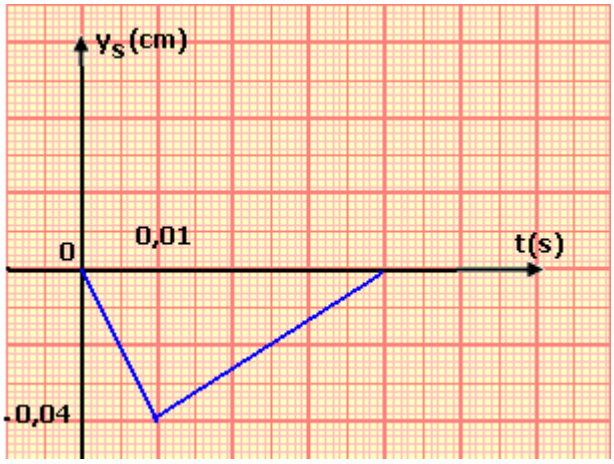
1 ـ 4 حدد منحى S عند أصل التواريخ $t=0$.

2 ـ قارن حركة النقطتين S و P ثم S و Q معللا جوابك .

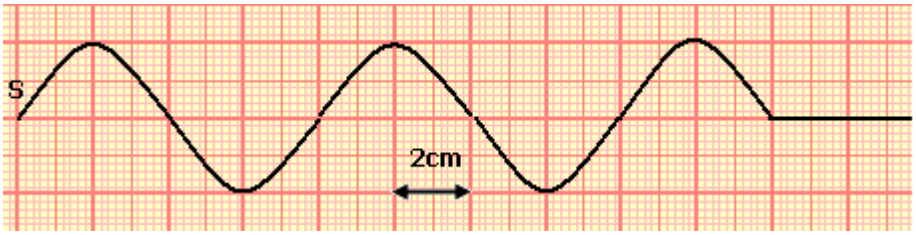
3 ـ مثل في نفس نظمة المحورين تغيرات استطالتي النقطتين S و A .

تمرين 7

I ـ نحدث في لحظة تاريخها $t=0$ ، بالطرف S لحبل مرن إشارة مستعرضة . تنتشر هذه الإشارة طول حبل بسرعة C=m/s . يمثل الشكل (1) تغير الاستطالة y_S للمنبع S بدلالة الزمن



1 ـ عين مدة هذه الإشارة .
2 ـ أحسب طول هذه الإشارة .
3 ـ مثل مبيانيا بدلالة الزمن ، الاستطالة y_M لنقطة M من الحبل تبعد عن الطرف S بمسافة d=32cm .
(نختار نفس السلم المستعمل في الشكل
II ـ نوصل الطرف S للحبل بهزاز يصدر موجات متوالية جيبية ترددها N . تنتشر هذه الموجات طول الحبل بدون إخماد وبدون انعكاس بسرعة C=4m/s
نتخذ اللحظة التي بدأت فيها حركة الهزاز أصلا للتواريخ t=0 .
يمثل الشكل (2) مظهر الحبل عند اللحظة التي تاريخها t_1 .



1 ـ عين طول الموجة λ ، واستنتج قيمة التردد N .
2 ـ حدد التاريخ t_1 .
3 ـ قارن حركتي النقطتين P و Q من الحبل حيث SP=8cm و SQ=20cm . علل جوابك .

تصحيح تمارين السلسلة 2
الموجة الميكانيكية المتوالية الجيبية

تمرين 1

1 ـ مجال تغير طول الموجة الصوتية في الهواء :

$$\nu_1 \le \nu \le \nu_2 \Rightarrow \frac{1}{\nu_2} \le \frac{1}{\nu} \le \frac{1}{\nu_1} \Rightarrow \frac{V}{\nu_2} \le \frac{V}{\nu} \le \frac{V}{\nu_1}$$

$$\lambda_2 \le \lambda \le \lambda_1 \Rightarrow 0,017m \le \lambda \le 17m$$

2 ـ طول موجة المرنان الذي يصدر صوتا يناسب La_3 :

$$\lambda = \frac{V}{\nu} \Rightarrow \lambda = \frac{340}{440} = 0,773m$$

3 ـ ظاهرة الحيود :

الحالة الأولى : $\nu_1 = 3.10^3 Hz$ وعرض الفتحة d=80cm

حساب $\lambda_1 = \frac{340}{3.10^3} = 0,113m$ يلاحظ أن $\lambda_1 \ll d$ أي لايحدث حيود الموجة الصوتية .

الحالة الثانية : $\nu_1 = 100Hz$ وعرض الفتحة d=80cm

حساب $\lambda_2 = \frac{340}{100} = 3,40m$ يلاحظ أن $\lambda_1 \gg d$ أي يحدث حيود الموجة الصوتية .

تمرين 2

1 ـ الموجة على سطح الماء مستعرضة (أنظر الدرس)

2 ـ حساب طول الموجة :

$$\lambda = \frac{V}{\nu} \Rightarrow \lambda = \frac{12}{200} = 0,06m = 6cm$$

3 ـ مقارنة حركتي M_1 و M_2 مع المنبع S :

$\frac{SM_1}{\lambda} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \Rightarrow SM_1 = \frac{3\lambda}{2}$ لنحسب $SM_1 = 9cm$

أي أن M_1 و S يهتزان على تعاكس في الطور .

$\frac{SM_2}{\lambda} = \frac{18}{6} = 3 \Rightarrow SM_2 = 3\lambda$ لنحسب $SM_2 = 18cm$

أي أن M_2 و S يهتزان على توافق في الطور .

4 ـ موضع النقطة M_2 بالنسبة لموضع سكونها :

بما أن M_1 و M_2 يهتزان على تعاكس في الطور في لحظة t تكون استطالة النقطة M_1 عي $y_{M1}(t)=-3mm$ ، في نفس اللحظة تكون استطالة النقطة M_{M2} : $y_{M2}(t)=-y_{M1}(t)$ أي أن النقطة M_2 توجد على مسافة 3mm فوق موضع سكونها

تمرين 3

1 ـ حساب تردد الموجة :

بما أن الحبل يظهر متوقفا عند إضاءته بالوماض حيث دور ومضاته ضبطت على أصغر قيمة θ والذي يساوي دور المنبع S أي أن $T=T_S$. وبالتالي فإن

$$\nu = \frac{1}{T_S} \Rightarrow \nu = 25Hz$$

2 ـ حساب سرعة انتشار الموجة :

نعلم أن $\lambda = \frac{V}{\nu} \Rightarrow V = \lambda.\nu$

نحدد طول الموجة انطلاقا من مظهر الحبل :

$$\lambda = 4 \times 1cm = 4cm = 0,04m$$

وبالتالي فإن سرعة انتشار الموجة :

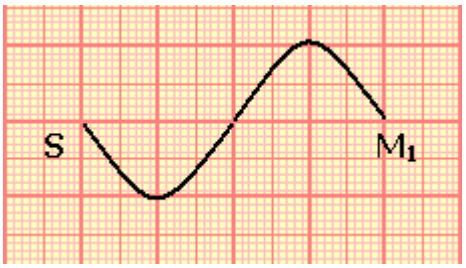
$$V = \lambda.\nu \Rightarrow V = 0,04 \times 25 = 1m/s$$

3 ـ نعتبر أصل التواريخ لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى .

مظهر الحبل عند اللحظة $t_1=0,04s$ ، المسافة التي قطعتها الموجة خلال هذه المدة هي :

$$d_1 = V.t_1 \Rightarrow d_1 = 0,04m = 4cm$$

$$\frac{d_1}{\lambda} = 1 \Rightarrow d_1 = \lambda$$

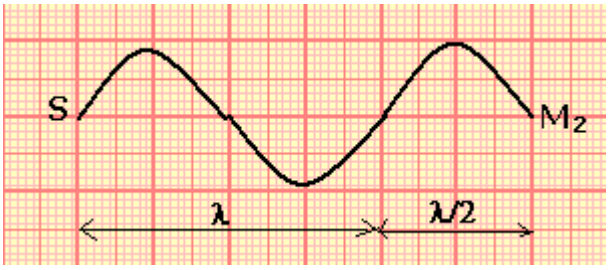


بما أن لحظة بداية اهتزاز المنبع S نحو الأعلى فإن مقدمة الموجة تعيد نفس حركة S بتأخر زمني وستهتز نحو الأعلى وبالتالي سيكون مظهر الحبل في هذه اللحظة .

مظهر الحبل عند اللحظة $t_2=0,06s$:

$$d_2 = V.t_2 \Rightarrow d_2 = 0,06m = 4cm$$

$$\frac{d_2}{\lambda} = 1,5 \Rightarrow d_2 = \lambda + \frac{\lambda}{2}$$



بنفس الطريقة نمثل مظهر الحبل في اللحظة t_2 :

4 ـ الحركة الظاهرية للحبل :

بما أن $\nu_{1S} = 26Hz > \nu_S$ فإن الحركة الظاهرية للحبل بطيئة وهي في منحى معاكس للمنحى الحقيقي لانتشار الموجة طول الحبل.

نلاحظ حركة ظاهرية بطيئة للحبل بحيث تنتشر الموجة في نفس منحى انتشار الموجة. : $\nu_{2S} = 24Hz < \nu_S$

تمرين 5 قياس سرعة انتشار الصوت في الهواء .

1 ـ حساب تردد الصوت باعتبار أن الحساسية الأفقية هي : 0,1ms/div لدينا حسب الشكل المحصل على شاشة راسم التذبذب :

$$T = 5 \times 0,1.10^{-3}s = 5.10^{-4}s$$

$$\nu = \frac{1}{T} = 2kHz$$

2 ـ طول الموجة الممكن استنتاجه من جدول القياسات :

حسب جدول القياسات لدينا :

$$d_2 = x_2 - x_1 = 17.0cm$$

$$d_3 = x_3 - x_1 = 34cm$$

.

.

$$d_5 = x_5 - x_1 = 85,0cm$$

في كل حالة يظهر الرسمان على شاشة راسم التذبذب على توافق في الطور أي أن

$$d_i = M_1M_i = k\lambda \quad 1 \le k \le 5$$

$$d_2 = M_1M_2 = \lambda = 17,0cm$$

$$d_3 = M_1M_3 = 2\lambda = 34,0cm$$

وبالتالي فإن $\lambda = 17cm$

3 ـ قيمة السرعة المتوسطة للصوت في الهواء :

$$V = \lambda\nu \Rightarrow V = 0,17 \times 2.10^3 = 340m/s$$

تمرين 6

1 ـ اسم النقطة F

تسمى النقطة F مقدمة الموجة .

2 ـ 1 تعيين طول الموجة :

حسب المبيان $\lambda = 40cm$

3 ـ 1 حساب سرعة انتشار الموجة والدور T :

عند اللحظة t_1 ، قطعت الموجة المسافة SF أي أن $C = \frac{SF}{t_1} = \frac{90.10^{-2}}{45.10^{-3}} = 20m/s$

يعبر عن دور اهتزازت الحبل بالعلاقة التالية :

$$T = \frac{\lambda}{C} \Rightarrow T = 20ms$$

4 ـ 1 منحى حركة S عند أصل التواريخ :

نلاحظ حسب مظهر الحبل أن F مقدمة الموجة تنتقل نحو الأعلى . وبما أن جميع نقط الحبل تعيد نفس حركة المنبع ، نستنتج أن منحى حركة S عند t=0 يكون نحو الأعلى .

2 ـ مقارنة حركتي S و P :

حسب الشكل المبياني لدينا : $SP = \frac{3\lambda}{2}$ أي أنها على شكل : $SP = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$

إذن S و P يهتزان على تعاكس في الطور .

مقارنة حركتي S و Q

من خلال الشكل يتبين أن $SQ = 2\lambda$ أي على شكل $SQ = k\lambda$ وباتالي فإن S و Q يهتزان على توافق في الطور .

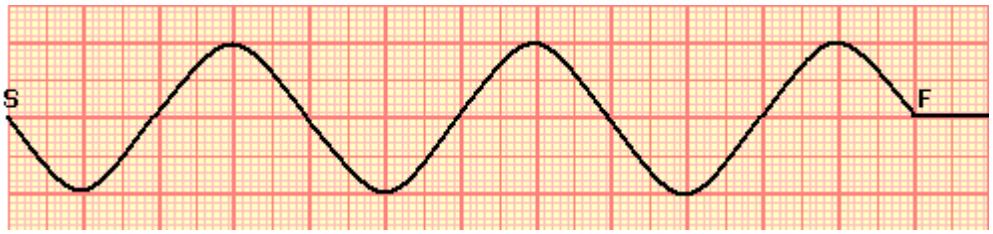
3 ـ تمثيل مظهر الحبل عند اللحظة t_2 :

عند اللحظة t_2 تقطع المقدمة الموجة المسافة

$$SF = C.t_2 = 1,2m = 120cm$$

$$SF = 3\lambda$$

وبالتالي يكون أعداد أطوال الموجة بين S و F هو 3

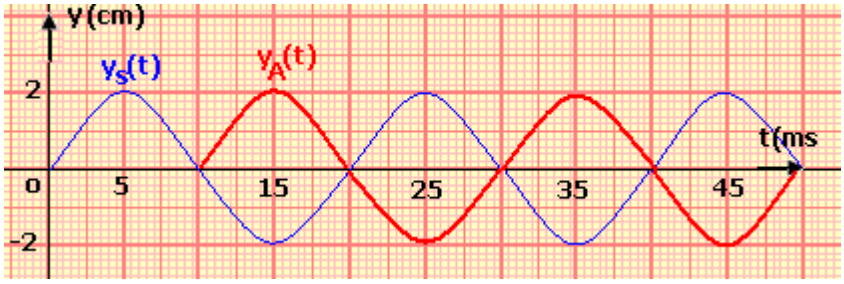


4 ـ تمثيل استطالتي

النقطتين S و A بدلالة الزمن :

يتطلب تمثيل استطالة S بدلالة الزمن معرفة :

- شكل المنحنى : جيبي
- وسع الحركة : مبيانيا a=2cm
- دور الحركة : T=20ms
- تاريخ بداية حركة S : t=0
- منحى انتقال S لحظة بداية حركته : نحو الأعلى .



بالنسبة للنقطة A فإنها تعيد نفس حركة S بعد مرور المدة

$$\theta = \frac{SA}{C} = 10ms$$

أي أن A تعيد نفس حركة S بتأخر زمني 10ms بالنسبة ل S :

A و S يهتزان على تعاكس في الطور .

تمرين 7

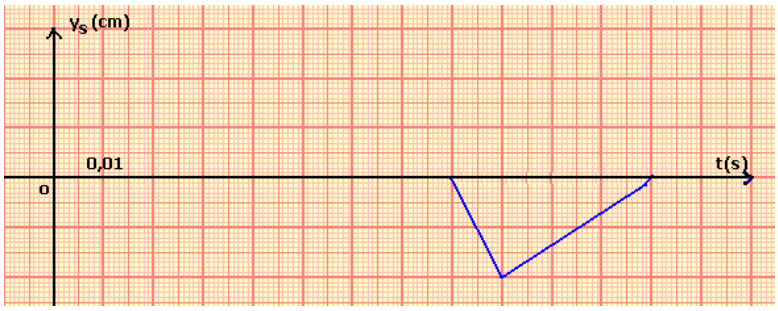
I ـ تعيين مدة الإشارة

حسب الشكل (1) ، المدة الزمنية التي تستغرقها الإشارة هي : $\tau = 0,01 \times 4 = 4.10^{-2} s$

2 ـ حساب طول الإشارة :

لدينا : $\ell = C.\tau$ أي أن $\ell = 1,6.10^{-1} m$

3 ـ تمثيل مبيان y_M بدلالة الزمن :



لدينا أن $y_M(t) = y_S(t-\theta)$ مع أن

$\theta = \frac{d}{C} = 8.10^{-2} s$ وهي تمثل التأخر الزمني .

نترجم هذه العلاقة مبيانيا بإزاحة المنحنى y_S بالتأخر الزمني θ .

II ـ 1 تعيين λ واستنتاج N :

حسب الشكل لدينا $\lambda = 4 \times 2cm = 8.10^{-2} m$

وحسب العلاقة $\lambda = \frac{C}{N} \Rightarrow N = \frac{C}{\lambda}$ وبالتالي فإن N=50Hz

2 ـ تحديد التاريخ t_1 :

حسب الشكل (2) الذي يمثل مظهر الحبل في اللحظة ذات التاريخ t_1 وباعتبار أن اللحظة التي بدأ فيها حركة الهزاز أصلا للتواريخ نلاحظ أن مطلع الإشارة قطع المسافة

$$d = 5.\frac{\lambda}{2} = C.t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{5}{2}.\frac{\lambda}{C} \Rightarrow t_1 = \frac{5}{2N} = 5.10^{-2} s$$

3 ـ مقارنة حركتي P و Q

لمقارنة حركتي P و Q نقارن المسافة الفاصلة بينهما وطول الموجة λ :

لدينا SQ-SP=12cm و $\lambda = 8cm$

بحيث أن $SQ - SP = \frac{3\lambda}{2}$ على شكل $SQ - SP = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ مع k=1 وبالتالي نستنتج أن P و Q تهتزان على تعاكس في الطور .

انتشار موجة ضوئية
Propagation d'une onde lumineux

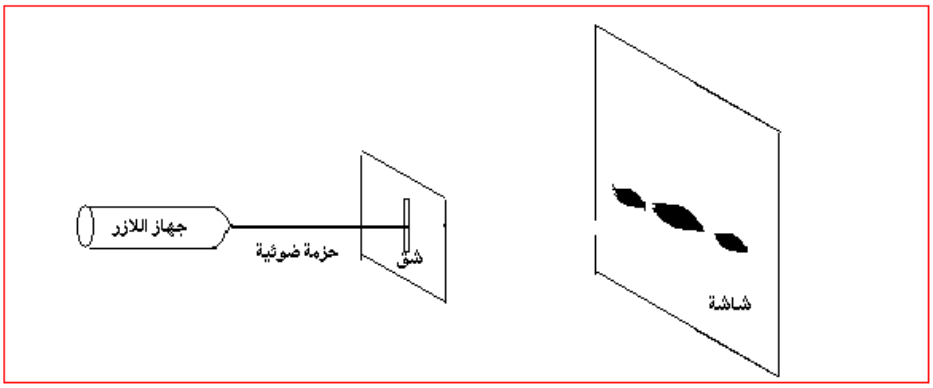
I ـ الإبراز التجريبي لظاهرة حيود الضوء

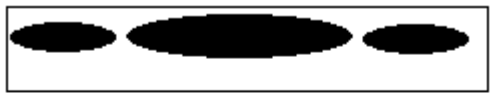
1 ـ تجربة

ننجز التركيب التجريبي جانبه حيث :

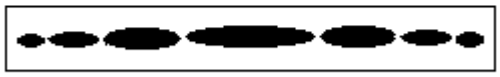
ـ الحزمة الضوئية المنبعثة من جهاز اللازر تقع في وسط الورق الميليمتري .

ـ نضع صفيحة بها شق عرضه a على مسافة D=1,77m من الشاشة ، فنشاهد على هذه الأخيرة الشكل أ .





الشكل ب



الشكل أ

ـ نعوض الصفيحة بأخرى شقها عرضه a/2 فتحصل على الشكل ب

ـ نحتفظ بنفس المسافة D=1,77m ونستعمل صفائح شقوقها مختلفة العرض a . نقيس بالنسبة لكل صفيحة العرض L للبقع المركزية المشاهدة على الشاشة .

ندون في جدول قيم كل من a و L . فنحصل على الجدول التالي :

a(µm)	380	250	110	90	50
L(mm)	5,5	8,5	2,0	2,5	3,0

استثمار

1

الماء

ظاهرة حيود الموجات الميكانيكية تحدث عندما

من طول الموجة الميكانيكية .

نفس الشيء بالنفس للضوء فعند وصوله إلى حاجز ذي فتحة عرضها aصغير جدا يتغير اتجاه انتشار الأشعة الضوئية .

2 ـ ذكر بالمبدأ المستقيمي للضوء . هل يتحقق هذا المبدأ خلال هذه التجربة ؟

ينتشر الضوء في أوساط شفافة ومتجانسة وفق خطوط مستقيمية .

عند وصول الضوء إلى الحاجز ذي الفتحة يتغير اتجاه انتشاره وبالتالي فإن مبدأ انتشار الضوء لايتحقق . لت هذه الأشعة الضوئية يمكنها أن تصل إلى أماكن توجد وراء الحاجز . نقول أن الضوء خضع لظاهرة الحيود
عند حدوث
، وتقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المركز ويتصرف هنا الشق كمنبع ضوئي وهمي
3 ـ ماذا يمكن استخلاصه فيما يخص طبيعة الضوء ؟
مبدأ الإنتشار المستقيمي للضوء لا يمكن من تفسير وصول الضوء لأما
وبالمماثلة مع الموجات الميكانيكية نعتبر الضوء موجة .

خلاصة :

كما هو الشأن بالنسبة لحيود موجة ميكانيكية مستقيمية على سطح الماء في حوض الموجات ، يتم حيود الضوء ، بواسطة فتحات صغيرة : ثقب أو شق رأسي أو سجاف voilage والتي يمكن اعتبارها منابع ضوئية وهمية ، الشيء الذي يثبت الفرضية التالية :

إن الضوء عبارة عن موجات متوالية . ويسمى هذا المظهر الموجي للضوء .

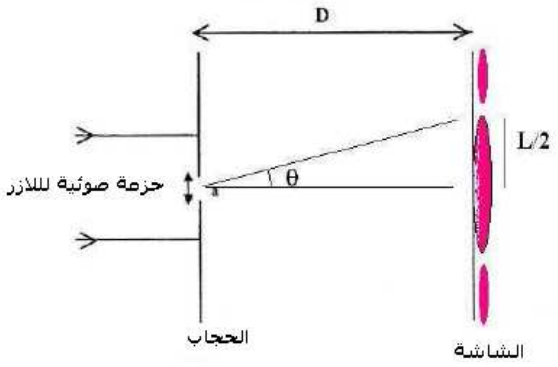
ولقد توصل العالم هويكنس Huygnes إلى هذه الفرضية في منتصف القرن السابع عشر الميلادي وثم إثباتها تجريبيا في بداية القرن التاسع عشر الميلادي من طرف العالم يونغ Young

4 ـ تحديد طول الموجة لموجة ضوئية منبعثة من جهاز اللازر .

ـ يرمز للفرق الزاوي بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة بالحرف θ .

4 ـ 1 بالنسبة لفرق زاوي صغير ، يمكن كتابة العلاقة tanθ=θ ، حيث يعبر عن θ بالرديان .

أثبت العلاقة : $\theta = \frac{L}{2D}$



نعبر عن الفرق الزاوي θ بالرديان بين وسط الهدب المركزي وأول هدب مظلم

من خلال الشكل لدينا :

$$\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} = \frac{L}{2D}$$

باعتبار أن θ صغيرة جدا فإن

$$\tan\theta \approx \theta = \frac{L}{2D}$$

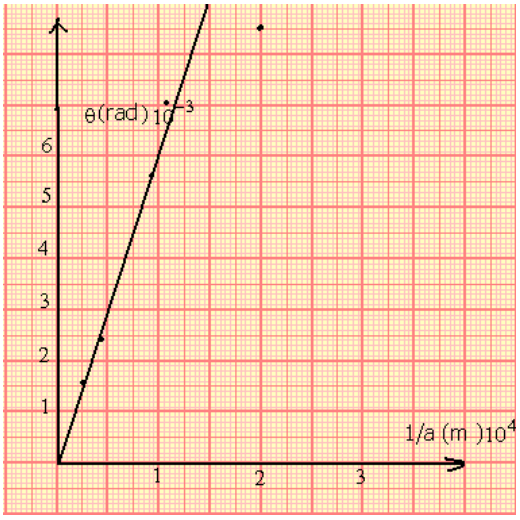
4 ـ 2 مثل المنحنى الممثل لتغيرات θ بدلالة $\frac{1}{a}$

a(µm)	380	250	110	90	50
L(m)	$5,5.10^{-3}$	$8,5.10^{-3}$	$2,0.10^{-2}$	$2,5.10^{-2}$	$3,0.10^{-2}$
$1/a(m^{-1})$	$2,6.10^{3}$	$4,0.10^{3}$	$9,1.10^{3}$	$1,1.10^{4}$	$2,0.10^{4}$
θ(rad)	$1,55.10^{-3}$	$2,40.10^{-3}$	$0,56.10^{-2}$	$0,71.10^{-2}$	$0,85.10^{-2}$

التمثيل المبياني باختيار السلم التالي :

بالنسبة ل 1/a نختار : $1cm \leftrightarrow 0,5.10^{4} m^{-1}$

بالنسبة ل θ نختار : $1cm \leftrightarrow 1.10^{-3} rad$



4 ـ 3 أستنتج العلاقة الرياضية بين θ و (1/a) . ما هو المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه للمنحنى المحصل عليه ؟

و من خلال االتحليل البعدي لهذه العلاقة يتبين $\theta = k.\frac{1}{a}$

أن الثابتة k تمثل طول الموجة لأن وحدتها في المعادلة هي المتر . وبالتالي فالعلاقة بين θ و (1/a) هي : $\theta = \frac{\lambda}{a}$

5 ـ ما تأثير عرض الشق a على العرض L للبقعة المركزية ؟

II ـ الموجات الضوئية

1 ـ انتشار الموجات الضوئية

الضوء الطبيعي المنبعث من الشمس

يحتاج لوسط مادي لانتشاره خلافا للموجات الميكانيكية .

تنتشر الموجات الضوئية في الفراغ .

في سنة 1821 نشر فرينل Fresnel فرضيته بالنسبة للإهتزازات الضوئية باعتبارها موجات مستعرضة أي أنها متعامدة مع اتجاه انتشارها . بحيث أن هذه الاشارة هي عبارة عن مجال كهربائي مقرون بمجال مغناطيسي لذا نسميها بالموجات الكهرمغنطيسية .

الموجات الضوئية موجات كهرمغنطيسية .

تنشر في الفراغ بسرعة $c \approx 3.10^8 m/s$.

سرعة انتشار الضوء في الفراغ هي ثابتة عالمية قيمتها c=299 792 458m/s

في وسط مادي شفاف سرعة الضوء أصغر من سرعته غي الفراغ . في الهواء تقارب سرعته في الفراغ .

ـ تحمل الموجات الضوئية طاقة تسمى طاقة الإشعاع .

2 ـ العلاقة بين طول الموجة الضوئية والتردد

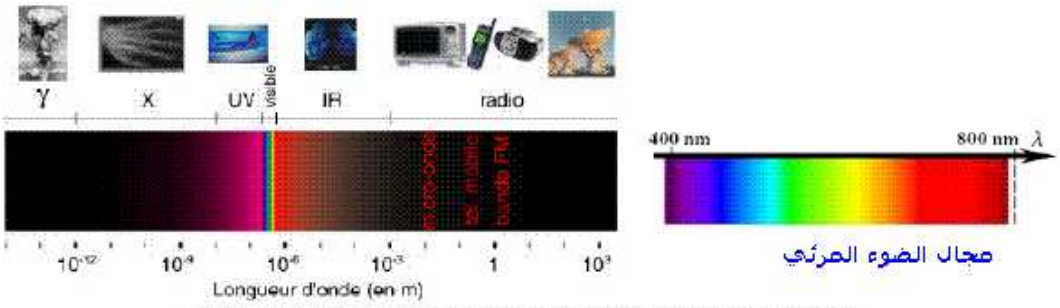
تتميز موجة ضوئية أحادية اللون بترددها ν ، نعبر عنه بالهرتز (Hz) أو بالدور $T = \frac{1}{\nu}$ نعبر عنها بالثانية s .

- تردد موجة ضوئية هي نفسها في جميع الأوساط الشفافة .
- طول الموجة λ في الفراغ يمثل الدورية المكانية و T تعبر عن الدورية الزمنية . هذان المقدران مرتبطان بالعلاقة التالية :

$$\lambda = c.T$$

نعبر عن λ بالمتر (m) و عن c ب (m/s) و ν ب الثانية (s) .

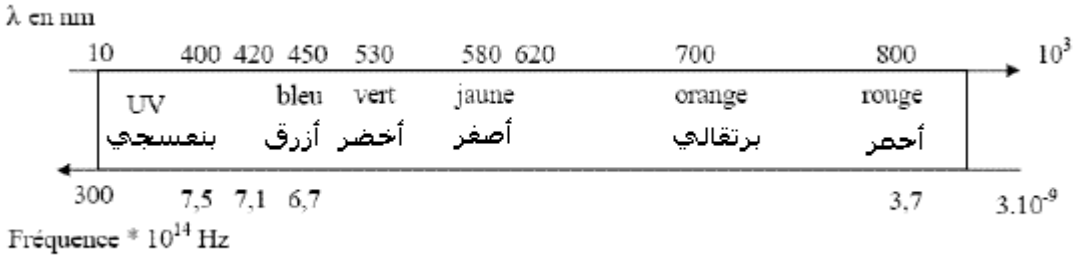
يبين الجدول التالي مجال الترددات وطول الموجة للموجات الضوئية في الفراغ :



Domaine de différentes radiations en fonction de leurs longueurs d'onde

مجال مختلف الاشعاعات بدلالة طول الموجات

مجال الضوء المرئي



III ـ تبدد الضوء La dispersion de la lumière

3 ـ 1 سرعة الانتشار ومعامل الانكسار n

تعريف : معامل انكسار وسط شفاف هو النسبة بين سرعة الانتشار c للضوء في الفراغ وسرعة انتشاره V في هذا الوسط الشفاف .

$$n = \frac{c}{V}$$

معامل الانكسار ليست له وحدة .

في الهواء كل الإشعاعات تنتشر بسرعة V تقارب c وبالتالي فمعامل انكسار الهواء يقارب 1 :

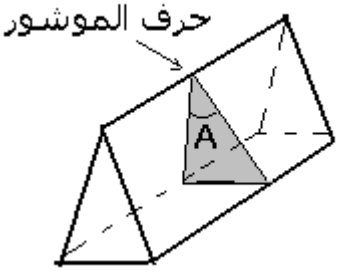
$n_{air} = 1,00$.

في الماء ، تساوي سرعة الضوء تقريبا $2,3.10^8 m/s$ أي أن معامل الانكسار الماء هو :

$n_{eau} = 1,3$

3 ـ 2 معامل الانكسار وطول الموجة

طول الموجة λ لإشعاع تردد ν هو : $\lambda_{vide} = c.T = \frac{c}{\nu}$



في وسط شفاف مبدد معامل انكساره $n = \frac{c}{V}$ ، الإشعاع ذي التردد ν طول موجته λ نعبر عنها بالعلاقة التالية :

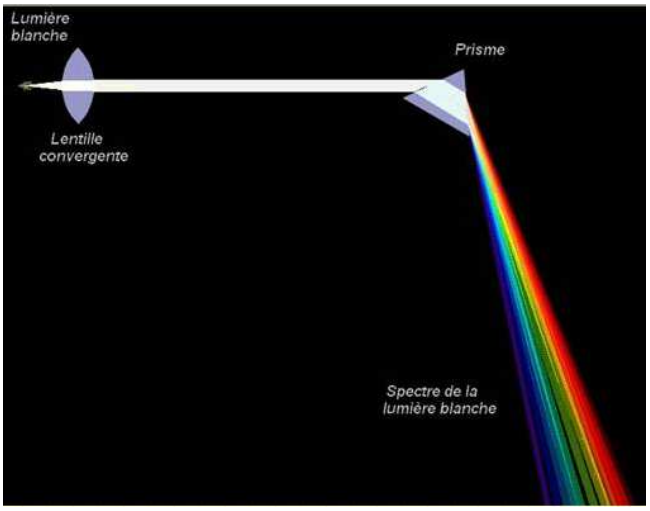
حسب العلاقة السابقة $\lambda = V.T = \frac{c}{n.V}$

$$\lambda = \frac{\lambda_{vide}}{n} \Rightarrow n = \frac{\lambda_{vide}}{\lambda}$$

3 ـ 3 تبدد الضوء بواسطة موشور

تعريف بالموشور :

الموشور وسط شفاف محدود بوجهين مستويين غير متوازيين ، يتقاطعان حسب مستقيم يسمى حرف الموشور



- مستوى المقطع الرأسي هو المستوى المتعامد مع الحرف
- قاعدة الموشور هي الوجه المقابل للحرف
- زاوية الموشور هي الزاوية A المقابلة للقاعدة .

تجربة : تحليل الضوء الأبيض

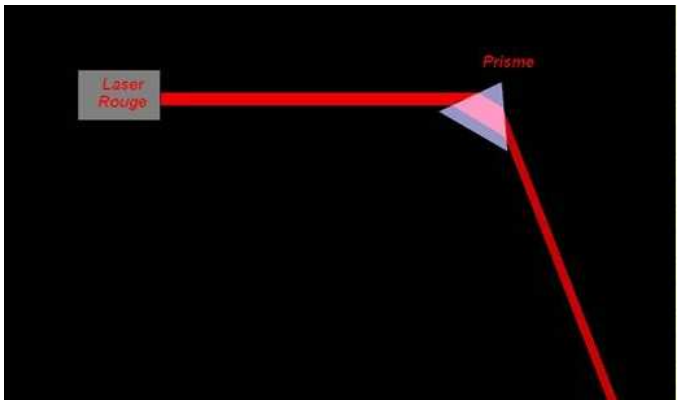
أنظر هذا الرابط بالأنترنيت

http://www.up.univ-mrs.fr/~laugierj/CabriJava/0pjava60.html

نضع أمام منبع ضوئي (S) ، حجابا به شق رقيق جدا ونحقق بواسطة عدسة رقيقة مجمعة ،

على شاشة E ، صورة الشق ، ثم نضع بين العدسة والشاشة ، موشورا من زجاج شفاف .
ملاحظات :

- انحراف الحزمة الضوئية بسبب وجود الموشور الأولى عند دخولها الموشور والثانية عند خروجها منه .
- نلاحظ على الشاشة E بقعة ضوئية ملونة وهذه الألوان مشابهة لألوان قوس قزح ، تسمى هذه البقعة الضوئية الملونة ب**طيف الضوء الأبيض**
- عند استعمال ضوء أحادي اللون (الأحمر) نلاحظ على الشاشة طيف ضوئي يضم حزة واحدة
- يعطي الضوء الأبيض طيف ضوئي مستمر
- الزجاج وسط مبدد للضوء حيث معامل الانكسار يتعلق بتردد الاشعاعات الضوئية



التحليل
أ ـ انحراف الضوء الأحادي اللون :
يرد شعاع ضوئي أحادي اللون ينتمي إلى المقطع الرأسي على وجه الموشور .
1 ـ ما هي الظاهرة التي تحدث عند دخوله الموشور ، ثم عند خروجه منه ؟
ـ تحدث ظاهرة الانكسار مرتين : عنط دخوله في النقطة I ، ثم عند خروجه في النقطة I' .
2 ـ حدد على الشكل زاوية الانحراف D بين SI الشعاع الوارد على الموشور والشعاع المنبعث عند خروجه I'R منه : $D = (\overline{SI}, I'R)$
ـ الشعاعان SI و I'R ليس لهما نفس الاتجاه وبالتالي فغن الموشور قد غير اتجاه الضوء الأحادي اللون / تسمى هذه الظاهرة انحراف الضوء بواسطة موشور .
تعريف : زاوية الانحراف D هي الزاوية التي يكونها اتجاه الشعاع الوارد SI مع اتجاه الشعاع المنبعث I'R أي $D = (\overline{SI}, \overrightarrow{I'R})$
3 ـ أوجد هندسيا وبتطبيق قوانين ديكارت للانكسار صيغ الموشور .

حسب قوانين ديكارت للإنكسار لدينا :

$$\sin i = n \sin r$$

$$n \sin r' = \sin i'$$

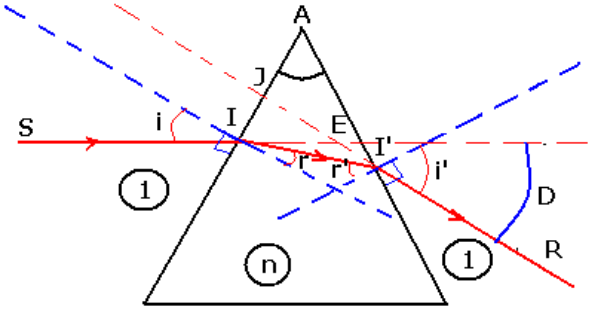
هندسيا لدينا : حسب المثلث AII'

$$\hat{A} + (\frac{\pi}{2} - r) + (\frac{\pi}{2} - r') = \pi \Rightarrow \hat{A} = r + r'$$

نأخذ زاويا المثلث AJI' و IJE

$$\hat{A} + (\frac{\pi}{2} - i') + (\pi - \frac{\pi}{2} - i + D) = \pi \Rightarrow \hat{A} - i' - i + D = 0$$

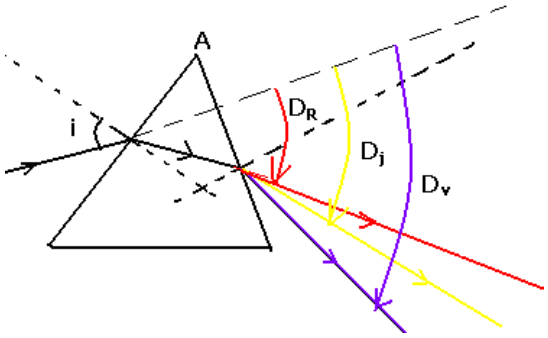
$$D = i + i' - \hat{A}$$



أنظر الربط بالأنترنيت التالي :
http://perso.orange.fr/guy.chaumeton/animations/2dprisme1.htm

3 ـ 4 ظاهرة تبدد الضوء

نرسل حزمة رقيقة من الضوء الأبيض على موشور كما هو ممثل في الشكل ونعتبر العلاقة :



$$D = i + i' - A$$

نلاحظ :

بالنسبة للإشعاعات التي تكون الضوء الأبيض أن كلا من الزاويتين i و A لهما نفس القيمة ، بينما قيمتا الزاويتين i' و D مرتبطتان بقيمة معامل الانكسار n أي طول موجة الاشعاع أي لون هذا الأخير .

$$\sin i = n \sin r$$

$$n \sin r' = \sin i'$$

مما يبين أن معامل انكسار زجاج الموشور يتعلق بتردد الموجات الضوئية وبما أن $n = \frac{C}{V}$ فإن سرعة انتشار الموجات تتعلق كذلك بتردد الموجات وهذا يبين أن زجاج الموشور مبدد للضوء

بالنسبة لمنحنى الانحراف D ، فإنه يكبر من اللون الأحمر إلى اللون البنفسجي أي الضوء الأحمر أقل انحرافا بينما الضوء البنفسجي أكثر انحرافا . $D_v > D_j > D_R$

خلاصة :

يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بتردد الإشعاعات الضوئية ، وهذا ما يسبب ظاهرة تبدد الضوء

ملحوظة :

تتميز الموجة الضوئية بطول موجتها لكون أن طول الموجة يتغير عندما تنتقل من وسط إلى آخر (طول الموجة الضوئية يتعلق بمعامل الانكسار) بينما ، التردد يبقى هو نفسه . فالذي $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ يتغير من وسط إلى آخر هو سرعة انتشار الضوء

حسب قانون ديكارت للانكسار $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

السلسلة الرقم 3
السنة الثانية بكالوريا علوم فيزيائية
انتشار موجة ضوئية

تمرين 1

تنتشر الموجة الضوئية في الفراغ بسرعة $C=3.10^8 m/s$.

يتميز الضوء المرئي ، بطيف ترددات موجاته بين القيمتين $\nu_1 = 3,75.10^{14} Hz$ و $\nu_2 = 7,5.10^{14} Hz$

1 ـ حدد مجال تغيرات أطوال الموجات للضوء في الفراغ .

2 ـ علما أن معامل الانكسار للزجاج n=1 ,5 حدد مجال تغير أطوال الموجات للضوء المرئي .

تمرين 2

تنتشر الموجة الضوئية في جميع الأوساط الشفافة ذات معامل الانكسار n . أتمم الجدول التالي :

	الفراغ	الماء	الزجاج
طول الموجة λ(nm)	550		
معامل الانكسار n		1,33	
سرعة الانتشار (m/s)	3.10^8		2.10^8
التردد ν ب Hz			
اللون			

تمرين 3 : إنشاء شكل لحيود موجة ضوئية .

نضيء شق عرضه a بواسطة ضوء أحادي اللون الأحمر طول موجته في الفراغ $\lambda_1=633nm$.

على شاشة توجد على مسافة D=3m من الشق نعاين شكل حيود الموجة الضوئية .

1 ـ صف وارسم شكل الحيود المحصل عليه .

2 ـ عرف ، بواسطة تبيانة الفرق الزاوي θ للهذب المركزي للحيود .

3 ـ ما هي العلاقة بين θ والعرض a للشق ؟

4 ـ أوجد العلاقة بين tanθ والمسافة D والعرض L للبقعة المركزية .

5 ـ نفس السؤال إذا اعتبرنا أن tanθ تساوي تقريبا θ والتي نعبر عنها بالرديان .

6 ـ أحسب عرض الفتحة a إذا كان عرض البقعة المركزية للحيود L=12,0cm .

تمرين 4

نضيء شق عرضه a بواسطة ضوء أحادي اللون الأحمر طول موجته في الفراغ $\lambda_1=633nm$ ، ثم بواسطة ضوء أصفر طول موجته λ مجهول .

على شاشة ، توجد على بعد D من الشق ، نعاين بالتتابع أشكال الحيود المحصل عليها :

ـ بالنسبة للضوء الأحمر عرض البقعة المركزية $L_1=8,0cm$ و بالنسبة للضوء الأصفر . عرض البقعة المركزية $L_2=7,5cm$.

1 ـ أعط العلاقة بين طول الموجة λ و الفرق الزاوي θ للبقعة المركزية وعرض الشق a .

2 ـ لنقبل أن $\theta(rad) = \frac{L}{2D}$

2 ـ 1 بين أنه بالنسبة لجهاز تجريبي معين ، النسبة $\frac{\lambda}{L}$ تبقى ثابتة .

2 ـ 2 أحسب طول الموجة λ_2 .

تمرين 5

إشعاعين طول موجتهما في الفراغ $\lambda_R=656,3nm$ (الأحمر)و $\lambda_B=487,6nm$ (الأزرق) .

بالنسبة لهذين الإشعاعين معامل الإنكسار للزجاج هو على التوالي $n_R=1,612$ و $n_B=1,671$.

1 ـ أحسب التردد الموافق لكل إشعاع .

2 ـ أحسب بالنسبة لكل إشعاع :

أ ـ سرعته في الزجاج

ب ـ طول موجته في الزجاج

تمرين 6: تبدد الضوء بواسطة موشور

نعتبر موشورا من الزجاج مقطعه الرأسي مثلث زاويته A=60,00° . نحصر الدراسة بالنسبة لشعاع ضوئي الوارد المنتمي إلى مستوى المقطع الرأسي على وجه الموشور

يرد شعاع ضوئي على وجه موشور بزاوية الورود i=45° . معامل انكسار الموشور بالنسبة للإشعاع الوارد هو n_J=1,660 .

1 ـ بين بطريقة هندسية أن زاوية الانحراف $D = i + i' - A$ و $A = r + r'$

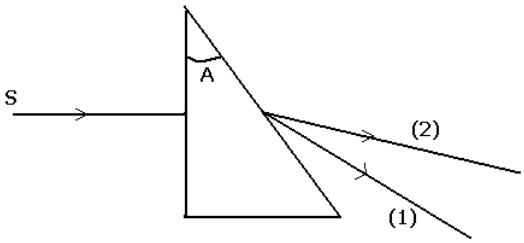
2 ـ بتطبيق قانون ديكارت للإنكسار أحسب D_j, i', r, r'

3 ـ نفس السؤال في حالة الضوئين الأحادي اللون الأزرق (n_B=1,673) والبرتقالي (n_O=1,655)

4 ـ مثل مسارات الأشعة الأحادية اللون قبل وبعد اجتيازها الموشور . اعط اسم الظاهرة .

تمرين 7

ترد حزمة ضوئية مكونة من شعاعين : أحمر وبنفسجي عموديا على أحد أوجه موشور زاويته A (أنظر الشكل أسفله) .



نعطي : $\lambda_V = 0,4\mu m$ و $\lambda_R = 0,6\mu m$

معامل الانكسار : $n_R = 1,65$ و A=30° .

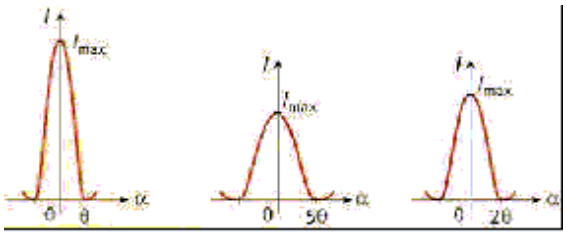
تعبر العلاقة $n = a + \frac{b}{\lambda^2}$ عن تغير معامل الانكسار للوسط بدلالة طول الموجة λ للموجة الضوئي حيث a و b ثابتتان .

1 ـ ما اسم الظاهرة التي تحدث ؟

2 ـ تعرف مع التعليل على الشعاعين (1) و (2) .

3 ـ أحسب قيمة D_R زاوية انحراف الشعاع الأحمر بالنسبة لاتجاهه البدئي .

4 ـ نضع أمام الشعاعين (1) و (2) عدسة مجمعة L . مسافتها البؤرية الصورة f'=100cm بحيث ينطبق محورها البصري الرئيسي مع الشعاع (1) فتكون المسافة ℓ الفاصلة بين الحزمتين الحمراء والبنفسجية المحصل عليها على الشاشة E المتواجدة في المستوى البؤري الصورة للعدسة L : $\ell = 2,47cm$.



4 ـ 1 أثبت أن $\ell = f' \tan(D_V - D_R)$

4 ـ 2 استنتج قيم :

D_V : زاوية انحراف الشعاع البنفسجي بالنسبة لاتجاهه البدئي .

n_V : معامل انكسار الموشور بالنسبة للشعاع البنفسجي .

5 ـ أحسب قيمتي الثابتتين a و b .

تمرين 8

خلال تجربة الحيود نقيس شدة إضاءة الموجات الضوئية المحيدة باستعمال شقوق عرضها بالتتابع d_1=0,2mm و d_2=0,5mm و d_3=1mm .

تمثل المنحنيات أسفله تغيرات الشدة I بدلالة الفرق الزاوي θ (بدون سلم) . طول موجة الضوء الأحادي اللون في الفراغ هو 633nm ، وسرعة انتشاره في الهواء هي : $C=3.10^8 m/s$

θ نصف طول البقعة المركزية .

1 ـ ما تردد الموجة المحيدة ؟

2 ـ اقرن كل منحنى بالشق الموافق له .

3 ـ ما هو عرض البقعة المركزية للحيود محصل عليه غلى شاشة تبعد بمسافة D=2,5m عن الشق الذي عرضه d_1 ؟

الجواب : $\nu = C/\lambda = 4,74.10^{14} Hz$

الشق 1 المنحنى الموجود في الوسط

الشق 2 المنحنى الموجود على اليمين

الشق 3 المنحنى الموجود على اليسار . 3 ـ $d = 2\lambda D/a = 1,58cm$

تصحيح تمارين السلسلة 2
الموجة الضوئية السلسلة 3

تمرين 1

1 ـ مجال تغير طول موجات الضوء في الفراغ :

$$\nu_1 \le \nu_0 \le \nu_2 \Rightarrow \frac{1}{\nu_2} \le \frac{1}{\nu_0} \le \frac{1}{\nu_1} \Rightarrow \frac{V}{\nu_2} \le \frac{V}{\nu_0} \le \frac{V}{\nu_1}$$

$$\lambda_2 \le \lambda_0 \le \lambda_1 \Rightarrow 0,4\mu m \le \lambda \le 0,8\mu m$$

2 ـ نعرف معامل انكسار وسط بالعلاقة التالية :

$n = \frac{C}{V}$ ونعلم كذلك أن $V = \lambda.\nu$ سرعة الضوء في وسط شفاف . وكذلك سرعته في الفراغ هي :

$C = \lambda_0.\nu$ أي أن $n = \frac{C}{V} = \frac{\lambda}{\lambda_0} \Rightarrow n = \frac{\lambda}{\lambda_0}$ وبالتالي فإن تغير أطوال الموجات للضوء المرئي في الزجاج هي :

$$0,4\mu m \le \lambda_0 \le 0,8\mu m$$

$$\frac{0,4\mu m}{1,5} \le \frac{\lambda_0}{n} \le \frac{0,8\mu m}{1,5}$$

$$0,27\mu m \le \frac{\lambda_0}{n} \le 0,53\mu m$$

تمرين 2

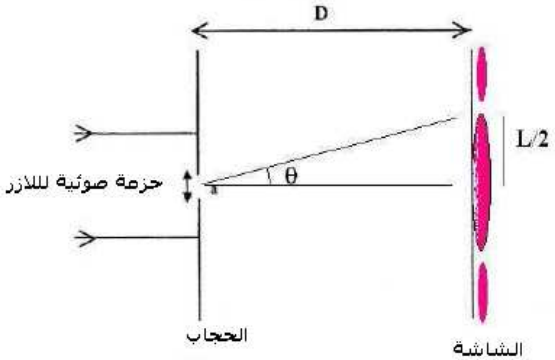
باستعمال العلاقات السابقة وباعتبار أن التردد لايتعلق بوسط الانتشار يمكن ملأ الجدول

	الفراغ	الماء	الزجاج
طول الموجة λ(nm)	550	**414**	**567**
معامل الانكسار n	**1**	1,33	**1,5**
سرعة الانتشار (m/s)	3.10^8	**$2,3.10^8$**	2.10^8
التردد ν ب Hz	**$5,5.10^{14}$**	**$5,5.10^{14}$**	**$5,5.10^{14}$**
اللون	**أخضر**	**أخضر**	**أخضر**

ملاحظة : أن لون كل إشعاع أحادي اللون مرتبط بتردده بما أن التردد لايتغير فاللون لا يتغير

تمرين 3 : إنشاء شكل لحيود موجة ضوئية

1 ـ عندما يجتاز الضوء الأحادي اللون الشق ذي الفتحة عرضها a نلاحظ تكون أهداب ضوئية مضيئة ومظلمة . يتصرف الشق كمنبع ضوئي وهمي . تسمى هذه الظاهرة : حيود الموجة الضوئية .



2 ـ نسمي الفرق الزاوي θ الزاوية المحصورة بين وسط الذب المركزي وأول بقعة مظلمة .

3 ـ العلاقة بين θ والعرض a للشق :

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

4 ـ العلاقة بين tanθ والمسافة D والعرض L للهذب المركزي :

حسب الشكل لذينا :

$$\tan\theta = \frac{L}{2D}$$

5 ـ إذا اعتبرنا أن $\tan\theta \approx \theta \Rightarrow \theta = \frac{L}{2D}$

6 ـ حساب عرض الفتحة :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ et } \theta = \frac{L}{2D} \Rightarrow \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$a = \frac{2D.\lambda}{L} = 31,7\mu m$$

تمرين 4

1 ـ أنظر السؤال 3 في التمرين السابق

2 ـ 1 لنبين أنه بالنسبة لجهاز تجريبي معين النسبة $\frac{\lambda}{L}$ تبقى ثابتة :

حسب العلاقتين السابقتين لدينا :

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \text{ et } \theta = \frac{L}{2D} \Rightarrow \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$\frac{\lambda}{L} = \frac{a}{2D}$$

من العلاقة يتبين أن المقادير a عرض و D المسافة الفاصلة بين الحاجز والشاشة يتعلقان بالجهاز

وبالتالي فإن النسبة $\frac{a}{2D}$ تتعلق بالجهاز أي أن $\frac{\lambda}{L}$ ثابتة إذا تم استعمال نفس الجهاز .

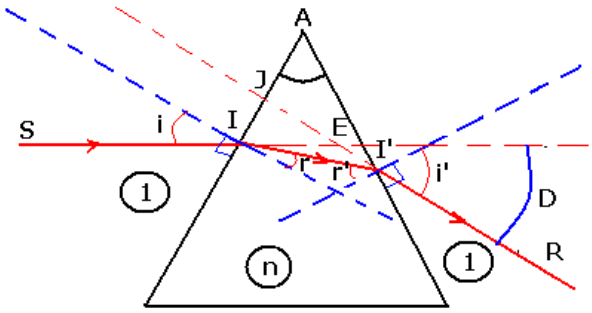
2 ـ 2 حساب λ_2

بما أن $\frac{\lambda}{L}$ ثابتة بالنسبة لنفس الجهاز فإن

$$\frac{\lambda_1}{L_1} = \frac{\lambda_2}{L_2} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{L_2}{L_1}\lambda_1$$

$$\lambda_2 = 0,937\lambda_1$$

تمرين 6 تبدد الضوء بواسطة موشور :



1 ـ استعمال الطريقة الهندسية (أنظر الدرس)

2 ـ نطبق القانون الثاني للإنكسار :

عند نقطة الورود I لدينا :

$$\sin i = n_j \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{n_j} = 0,426$$

$$r = 25°21$$

عند نقطة الورود I′ :

$$A = r + r' \Rightarrow r' = A - r$$

$$r' = 34°79$$

$$n_j \sin r' = \sin i' \Rightarrow \sin i' = 0,947$$

$$i' = 71°26$$

$$D_j = i + i' - A$$

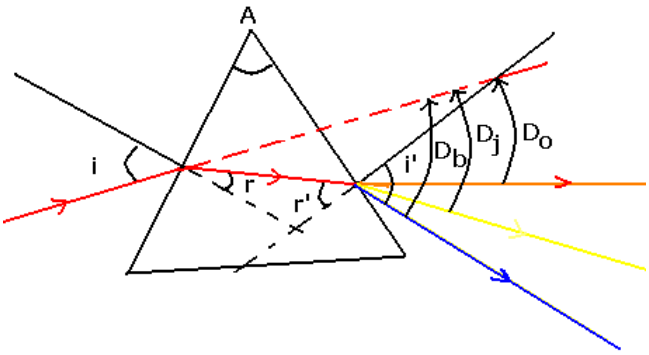
$$D_j = 56°26$$

3 ـ بنفس الطريقة نحسب الزوايا بالنسبة للضوء الأحادي اللون الأزرق :

$$r = 25° \quad r' = 35° \quad i' = 73°67$$

$$D_B = 58°67$$

بالنسبة للضوء الأحادي اللون البرتقالي :



$r = 25°29 \quad r' = 34°70 \quad i' = 70°42$

$D_o = 55°42$

4 ـ مسارات الأشعة أحادية اللون قبل وبعد اجتيازها الموشور

اسم الظاهرة تبدد الضوء بالموشور .

تمرين 7

1 ـ اسم الظاهرة لتي تحدث : ظاهرة تبدد الظوء بواسطة موشور

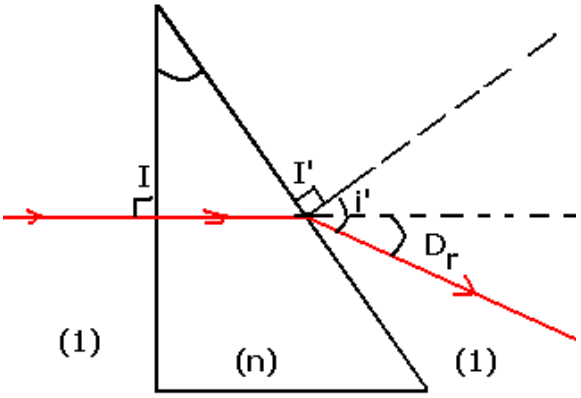
2 ـ تؤدي ظاهرة تبدد الضوء الأبيض بواسطة موشور إلى انبتاق طيف الضوء الأبيض حيث أن الشعاع البنفسجي أكثر انحرافا من الأشعة الأخرى وبالتالي من الشعاع الأحمر إذن حسب الشكل فإن :

(1) يمثل الشعاع البنفسجي

(2) يمثل الشعاع الأحمر .

3 ـ حساب قيمة D_R زاوية انحراف الشعاع الأحمر بالنسبة لاتجاهه البدئي :

حسب قانون ديكارت :



$\sin i = n_R \sin r \qquad i=0$

$\sin r = \dfrac{\sin i}{n_j} = 0$

$r = 0$

$A = r + r' \Rightarrow r' = A = 30°$

$n \sin r' = \sin i' \Rightarrow \sin i' = 0,825$

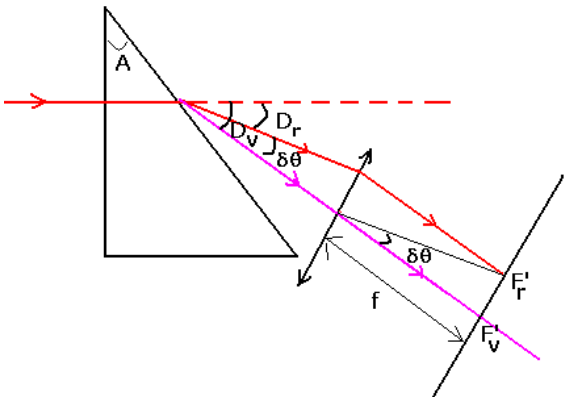
$i' = 55°59$

$D_R = i + i' - A \Rightarrow D_R = 25°59$

4 ـ 1 إثبات العلاقة $\ell = f' \tan(D_v - D_R)$

حسب الشكل I′ نقطة الانكسار الثاني بين الموشور والوسط الهواء متطابقة مع البؤرة الرئيسية الشيء للعدسة المجمعة . الشعاع البنفسجي متطابق مع المحور البصري الرئيسي أي عند اجتيازه العدسة لا ينحرف ، بينما الشعاع الأحمر الوارد من البؤرة الرئيسية الشيء سيجتاز العدسة موازيا للمحور البصري الرئيسي .

ومن خلال الشكل بتبين أن :



$\tan(\delta\theta) = \dfrac{\ell}{f'}$

$\delta\theta = D_v - D_R \Rightarrow \tan(D_v - D_R) = \dfrac{\ell}{f'}$

$\ell = f' \tan(D_v - D_R)$

4 ـ 2

نستنتج قيمة زاوية الانحراف D_v :

$$\ell = f'\tan(D_v - D_R) \Rightarrow D_v - D_R = Arc\tan\left(\frac{\ell}{f'}\right)$$

$$D_v = Arc\tan\left(\frac{\ell}{f'}\right) + D_R$$

$$D_v = 26°99$$

$$D_v = i + i' - A \quad \text{i=0}$$

$$i' = D_v + A = 56°99$$

حسب قانون ديكارت :

$$n_v \sin r' = \sin i'$$

$$A = r + r' = r'$$

$$n_v \sin A = \sin(A + D_v) \Rightarrow n_v = \frac{\sin(A + D_v)}{\sin A} = 1,67$$

5 ـ حساب a و b

حسب الدراسة لدينا :

$$n_R = a + \frac{b}{\lambda_R^2}$$

$$n_v = a + \frac{b}{\lambda_v^2}$$

$$n_v - n_R = b\left(\frac{1}{\lambda_v^2} - \frac{1}{\lambda_R^2}\right) \Rightarrow b = \frac{n_v - n_R}{\left(\frac{1}{\lambda_v^2} - \frac{1}{\lambda_R^2}\right)} = 5,63.10^{-15} m^2$$

$$a = n_v - \frac{b}{\lambda_v^2} = 1,634$$

تمرين 8

1 ـ تردد الموجة المحيدة هو :

$$\lambda_0 = \frac{C}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{C}{\lambda_0} = 4,74.10^{14} Hz$$

2 ـ حسب العلاقة : $\theta = \frac{\lambda}{d} = \frac{L}{2D} \Rightarrow L.d = 2\lambda D$

أي أن L طول البقعة المركزية وممثل في الشكل ب θ وعرض الشق d يتناسبان عكسيا .

من خلال المعطيات لدينا $d_1 < d_2 < d_3$ أي أن $L_1 > L_2 > L_3$

من خلال الشكل يتبين أن المنحنى الذي يتوفر على أكبر هذب مركزي هو الذي يوجد في الوسط فهو يمثل الشق (1)

المنحنى الذي يتوفر على أصغر هذب مركزي هو الذي يوجد على اليسار فهو يمثل الشق

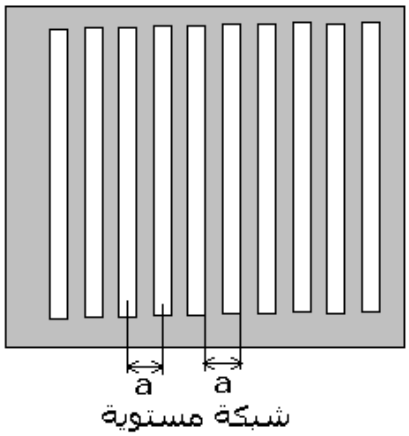
والمنحنى الذي يوجد على اليمين فهو يمثل الشق (2)

3 ـ عرض الهذب المركزي المحصل عليه على شاشة تبعد بمسافة D=2,5m بالنسبة لعرض الشق d_1 :

حسب العلاقة : $\frac{\lambda}{d_1} = \frac{L}{2D} \Rightarrow L = \frac{2\lambda D}{d_1} = 1,58cm$

حيود الضوء بواسطة شبكة
Détraction de la lumière par un réseau

I ـ تعريف



الشبكة مجموعة بصرية تمكن من الحصول على ظاهرة تبدد الضوء الأبيض شأنها شأن الموشور . وهي عبارة عن صفيحة مكونة من عدة شقات دقيقة ومتوازية متساوية المسافة فيما بينها .

تعريف بخطوة الشبكة pas d'un réseau

تسمى المسافة بين شقين متتالين : خطوة الشبكة ويرمز له بالحرف a .

تتميز الشبكة بعدد الشقات في وحدة الطول أي عدد الشقات في متر واحد . ويعبر عن هذا العدد بالعلاقة $n=\frac{1}{a}$

حيث وحدة a هي المتر .

يوجد نوعين من الشبكات :

ـ شبكة ذات مساحة شفافة مثل الستائر وتسمى شبكة بالانتقال .

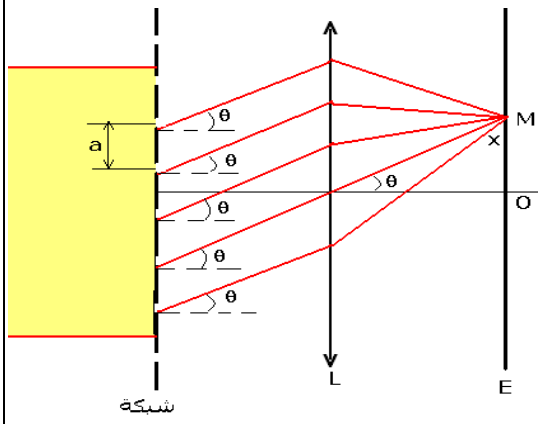
ـ شبكة ذات مساحة عاكسة مثل الأقراص المدمجة ذي القراءة باللازر وتسمى شبكة بالانعكاس

تمرين تطبيقي : تضم شبكة 400 شقا في المتر . احسب خطوة الشبكة a .

شبكة خطوتها $a=10^{-3}mm$. احسب n عدد الشقات في المتر .

II ـ الإبراز التجريبي لحيود الضوء الأحادي اللون بواسطة شبكة .

II ـ 1 ـ تجربة :



نرسل بواسطة جهاز اللازر حزمة ضوئية دقيقة أحادية اللون على شبكة بالانتقال (شبكة ذات مساحة شفافة) توجد أمام عدسة مجمعة .

نضع في المستوى البؤري الصورة للعدسة شاشة .

II ـ 2 ـ استثمار النتائج التجريبية

1 ـ صف ما تشاهده على الشاشة ؟

الشكل الملاحظ على الشاشة

نشاهد سلسلة من بقع ضوئية أحادية اللون متوازية ومتساوية المسافة فيما بينها ومتماثلة بالنسبة للبقعة المركزية .

ما اسم هذه الظاهرة ؟

ظاهرة الحيود . وهي تثبت الطبيعة الموجية للضوء وتتصرف شقوق الشبكة كمنابع ضوئية ثانوية ، تبعث موجات ضوئية في جميع اتجاهات المستوى .

2

ويصطلح على إعطاء الرتبة k=0 لهذه البقعة . وترقم البقع الأخرى انطلاقا من من رتبة البقعة المركزية ,

2 ـ 1 تحقق تجريبيا أن إضاءة البقع تنقص مع تزايد رتبها .

يتضح من خلال الشكل أنه كلما ابتعدنا من البقعة المركزية يتزايد عدد الرتب بينما الإضاءة تنقص

3ـ نعوض الشبكة بواسطة قرص مدمج

3 ـ 1 ماذا تلاحظ ؟

نلاحظ عدة أشعة ذات ألوان مختلفة أحادية أو طيف من الألوان الضوء الأبيض على وجه القرص

3 ـ 2 أين يجب وضع الشاشة للحصول على بقع ضوئية ؟

يجب وضع الشاشة في المكان الذي يوجد فيه الضوء المنعكس بواسطة القرص .

عندما يتبث الملاحظ شعاع على وجه القرص ويغير اتجاهه الزاوي بالنسبة لهذه النقطة يلاحظ عدة أطياف على وجه القرص من الأحمر إلى البنفسجي .

3 ـ 3 هل القرص المدمج شبكة بالانتقال ؟

ليست بشبكة بالانتقال لكن هو شبكة بالإنعكاس .

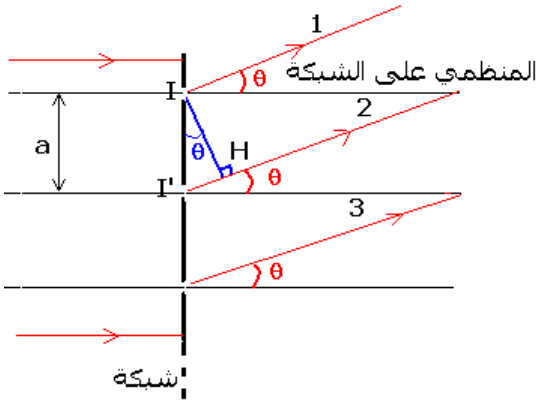
II ـ 3 ـ تفسير وتعليل : حالة ورود منظمي .

في هذه الحالة يكون اتجاه الحزمة الضوئية الأسطوانية الواردة على الشبكة عموديا وهذا يعني أن كل الشقات (أو الثقب) I و I' ....

جميع اتجاهات المستوى : نقول إن الشبكة سببت في حيود الضوء الأحادي اللون .

- فرق السير

تعريف : نعتبر الموجتين 1 ، 2 المنبعثتين من الشقين I و I' بحيث تكونان زاوية θ مع الخط المنظمي على الشبكة . نعرف فرق السير المسافة I'H بحيث H الإسقاط العمودي للنقطة I على الموجة 2 حسب الشكل :



بحيث أن d_1 المسافة $\delta = d_2 - d_1 = I'H$

المقطوعة من طرف الموجة 1 و d_2 المسافة لمقطوعة من طرف الموجة 2.

ولدينا $\theta = (\widehat{I'IH})$ إذن

$$\sin\theta = \frac{I'H}{II'} = \frac{I'H}{a} \Rightarrow I'H = a\sin\theta$$

أي أن $\delta = a\sin\theta$

- موضع النقط ذات إضاءة القصوى

كل الموجات الضوئية الأحادية اللون المنتشرة وفق الاتجاهات θ تتراكب فيما بينها ـ في اللانهاية ـ لكي تكوّ δ عددا مضاعفا لطول الموجة λ للموجة الضوئية .

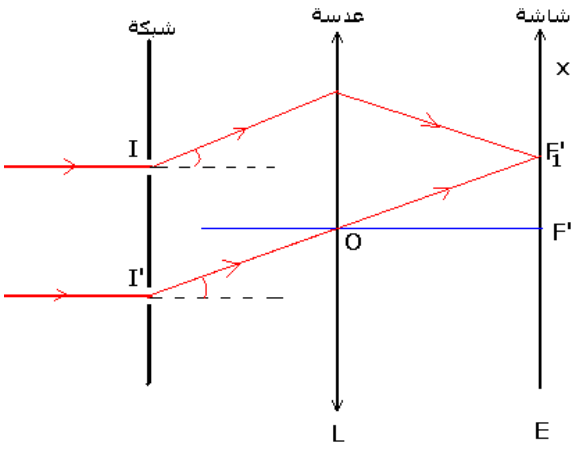
$$\delta = k\lambda \text{ avec } k \in Z$$

أي أن $a\sin\theta = k\lambda$ وبما أنه لدينا $a = \frac{1}{n}$

وبالتالي : $\sin\theta = k\lambda n$ بحيث أن $k \in Z$

هذه العلاقة : $\sin\theta = k\lambda n$ تحدد زوايا انحراف الاتجاهات الموافقة للإضاءة القصوية .

إذا اقتصرت الدراسة على النقط ذات الإضاءة القصوية (البؤر الثانوية الصورة) القريبة من البؤرة الرئيسية الصورة F' للعدسة المجمعة ، فإن زاوية الانحراف θ تكون صغيرة جدا ، فنكتب بتقريب مقبول :



$sin\,\theta \approx tan\,\theta = \frac{F'F'_1}{f'}$ حيث f' المسافة البؤرية

الصورة للعدسة .

وفي حالة الرتبة k نكتب :

$$sin\,\theta \approx tan\,\theta = \frac{F'F'_1}{f'} = \frac{x_k}{f'}$$

وبما أن $sin\,\theta = k\lambda n$ نجد أن : $\frac{x_k}{f'} \approx k\lambda n$

إذن : $\frac{x_k}{f'} \approx k\lambda n \Rightarrow x_k = kf'\frac{\lambda}{a}$

وبالتالي فإن النقط ذات الإضاءة القصوية F'_1 ، F'_2 ، F'_3 متساوية المسافة فيمل بينها .

هذه المسافة هي : $i = x_{k+1} - x_k = f'.\frac{\lambda}{a}$

- عدد النقط ذات الإضاءة القصوية .

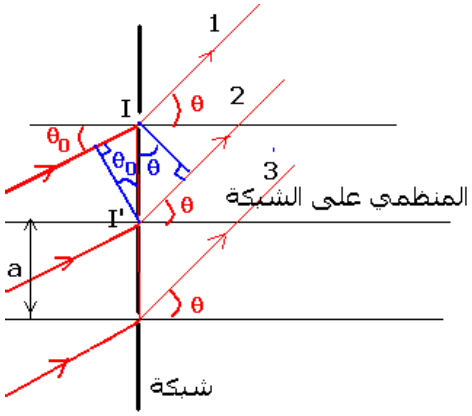
اعتمادا على العلاقة $sin\,\theta = k\lambda n$ وعلما أن $|sin\,\theta| \le 1$ نكتب $|k\lambda n| \le 1$

فنجد أن : $-\frac{1}{\lambda n} \le k \le \frac{1}{\lambda n}$ حيث $k \in Z$ وهو عدد النقط ذات الإضاءة القصوية .

II ـ 4 ـ تفسير وتعليل حالة ورود غير منظمي

نعتبر θ_0 زاوية ورود الأشعة الضوئية الأحادية اللون على الشبكة . نحسب فرق السير δ .

لدينا



$$\delta = d_2 - d_1 = I'H - IH$$

$$\theta_0 = \widehat{II'H}\,,\theta = \widehat{I'IH}$$

$$sin\,\theta = \frac{I'H}{II'} = \frac{I'H}{a} \Rightarrow I'H = a\,sin\,\theta$$

$$sin\,\theta_0 = \frac{H'I}{II'} = \frac{H'I}{a} \Rightarrow H'I = a\,sin\,\theta_0$$

$$\delta = a(sin\,\theta - sin\,\theta_0)$$

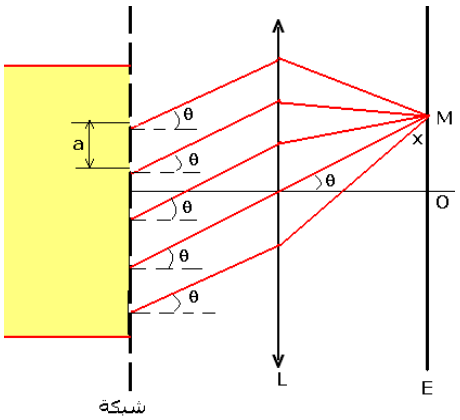
وبما أن التداخلات إنشائية فإن عبارة فرق السير هي : $\delta = k\lambda$ avec $k \in Z$

الشيء الذي يمكن من كتابة :

$$k\lambda = a(sin\,\theta - sin\,\theta_0)$$

$$sin\,\theta = sin\,\theta_0 + \frac{k\lambda}{a}$$

$$sin\,\theta = sin\,\theta_0 + k\lambda n \quad avec \quad k \in Z$$

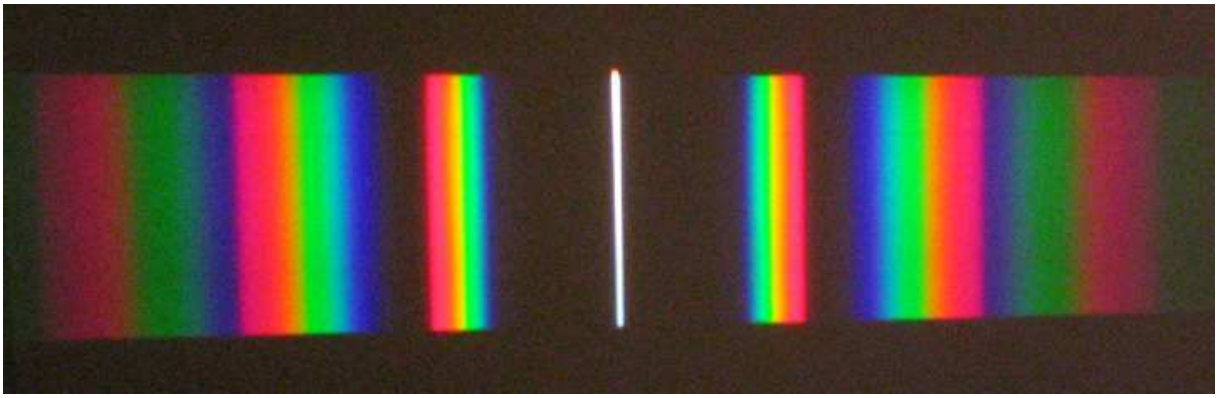


III ـ الإبراز التجريبي لحيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة .

1 ـ تجربة .

نرسل حزمة ضوئية أسطوانية من الضوء الأبيض عموديا على شبكة بالإنتقال توجد أمام عدسة مجمعة L_2 .

نضع في المستوى البؤري الصورة للعدسة L_2 شاشة .



1 ـ صف ما تشاهده على الشاشة . ما اسم الظاهرة ؟

نلاحظ على الشاشة ظاهرة تبدد الضوء الأبيض حيث نشاهد سلسلة من أطياف الضوء الأبيض ما عدا البقعة المركزية بيضاء.

تسمى هذه الظاهرة بحيود الضوء الأبيض بواسطة شبكة .

2 ـ فسر لماذا تكون البقعة المركزية بيضاء اللون ؟

تتراكب جميع الأشعة الضوئية الأحادية اللون لتعطي بقعة مركزية بيضاء اللون (تراكب الضوء الأبيض)

3 ـ بالنسبة للطيف ذي الرتبة k=1 :

ـ ما الضوء الأكثر انحرافا الأحمر أم البنفسجي ؟

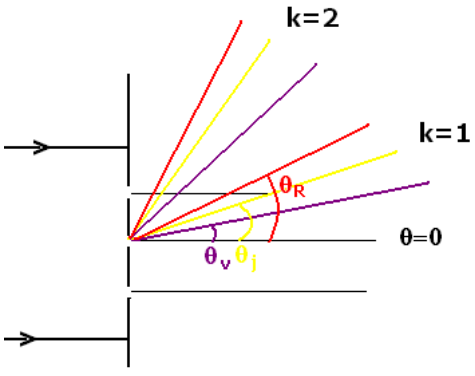
ـ انحراف الضوء الأحمر يكون أكبر من انحراف الضوء البنفسجي

4 ـ هل يتوافق هذا مع ما تمت ملاحظته بالنسبة لموشور ؟

لا يتوافق مع ما تمت ملاحظته بالنسبة للموشور (الضوء البنفسجي أكبر انحراف من الضوء الأحمر) تمكن الشبكة من حيود وتبدد الضوء الأبيض .

نستنتج أن : **زاوية انحراف الضوء الأحادي اللون (θ) الناتج عن تبدد الضوء بشبكة دالة تصاعدية لطول الموجة λ للموجة الضوئية .**

III ـ 2 زوايا الانحراف θ



حالة ورود منظمي :

نعتبر الحالة التي يكون فيها ورود الضوء الأبيض منظميا على الشبكة $\theta_0=0$ فتصبح العلاقة التي تعبر عن الإضاءة القصوية هي :

$$\sin\theta = \sin 0 + k\lambda n$$

$$\theta_0 = 0 \Rightarrow \sin\theta = k\lambda n$$

$$k \in Z$$

بالنسبة لزاوية θ صغيرة جدا تصبح هذه العلاقة :

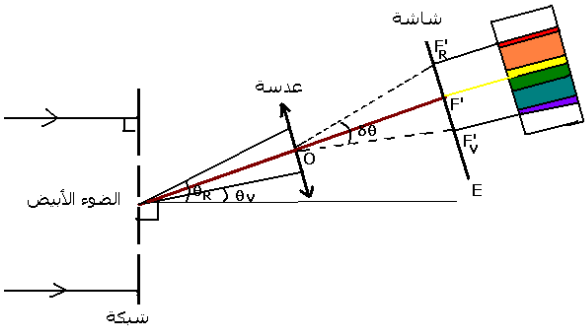
$$\theta_{rad} = k\frac{\lambda}{a} = k\lambda n$$

بما أن الضوء الأبيض يتكون من عدة أشعة أحادية اللون لها طول الموجة ينتمي إلى المجال $400nm \le \lambda \le 800nm$ فإن زاوية الانحراف تتعلق بقيمة λ أي بلون الإشعاع الأحادي اللون .

وجدول التالي يعطي عبارات sinθ بالنسبة للضوء الأحمر والأصفر والبنفسجي الموافقة للرتب k=0 و k=1 و k=2 للأطياف .

k=0	k=1	k=2
$\sin\theta = 0 \Rightarrow \theta = 0$ لايتبدد الضوء الأبيض الوارد على الشبكة فتكون البقعة المركزية بيضاء اللون .	$\sin\theta_R = 2\lambda_R n$ $\sin\theta_J = 2\lambda_J n$ $\sin\theta_V = 2\lambda_V n$	$\sin\theta'_R = 2\lambda_R n$ $\sin\theta'_J = 2\lambda_J n$ $\sin\theta'_V = 2\lambda_V n$

وكما هو الشأن بالنسبة للنقط ذات الإضاءة القصوية بالنسبة للضوء الأحادي اللون فإنه يمكن وضع عدسة رقيقة مجمعة لالونية وراء الشبكة حيث ينطبق مثلا محورها البصري الرئيسي مع اتجاه الضوء الأصفر للطيف ذي الرتبة (k=1) فيتكون طيف الضوء في المستوى البؤري الصورة لهذه العدسة .



III ـ 3 ـ عرض الطيف

يعبر عن عرض الطيف الضوء المرئي ذي الرتبة k=1 المحصل بواسطة الشبكة ب : $x_{1R} - x_{1V}$ حيث $x_{1R} = f'\lambda_R n$ أفصول البقعة الحمراء من الطيف انطلاقا من البقعة المركزية و $x_{1V} = f'\lambda_V n$ أفصول البقعة البنفسجية من نفس الطيف بالنسبة للبقعة المركزية البيضاء (k=0,x=0)

وبالتالي فإن $x_{1R} - x_{1V} = f'n(\lambda_R - \lambda_V)$

تعميم : عرض طيف الضوء المرئي ذي الرتبة k هو : $x_{kR} - x_{kV} = kf'n(\lambda_R - \lambda_V)$

من خلال هذه العلاقة يتبين أن عرض الطيف ذي الرتبة k=1 يزداد كلما صغرت خطوة الشبكة a ، أي كبر n عدد الشقوق في المتر ، وهذا يتوافق مع العلاقة الأخيرة . وتبين هذه العلاقة أنه للحصول على عرض كبير للطيف ، يجب اختيار عدسة ذات مسافة بؤرية f' كبيرة وشبكة عدد شقوقها في المتر كبير أيضا .

تمارين في الفيزياء السلسلة 4
حيود الضوء بواسطة شبكة
2008-2007

تمرين 1

نرسل حزمة ضوئية أحادية اللون ، طول موجتها $\lambda=540nm$ ، عموديا على شبكة الانتقال خطوتها $a=4\mu m$ توجد أمام عدسة مجمعة L مسافتها البؤرية $f'=25cm$. نضع في المستوى البؤري للعدسة شاشة .

1 ـ تمثل θ_k زاوية الانحراف الأشعة التي تؤدي إلى تكون البقعة الضوئية ذات الرتبة k .

1 ـ 1 أوجد تعبير θ_k بدلالة a و λ و k حيث k تنتمي إلى Z .

1 ـ 2 احسب قيمة الزاوية θ_1 الموافقة للبقعة الضوئية ذات الرتبة k=1 .

1 ـ 3 هل يمكن الحصول على بقعة ضوئية رتبة قدرها k=8 ؟ علل الجواب .

2 ـ لتكن x_1 المسافة الفاصلة بين مركزي البقعة المركزية F'_1 والبقعة ذات الرتبة k=1 . أثبت العلاقة : $x_1 = f'\frac{\lambda}{a}$. أحسب x_1 .

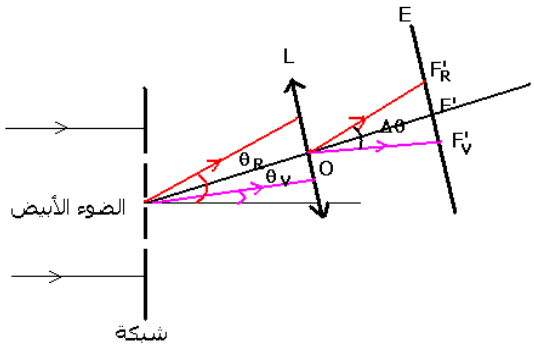
3 ـ نميل الحزمة الضوئية الواردة بزاوية θ_0 بالنسبة للمنظمي على الشبكة ، فيصبح موضع مركز البقعة الضوئية ذات الرتبة k=4 هو F'_1 . استنتج قيمة زاوية الورود θ_0

تمرين2

نضيء بواسطة ضوء أبيض شبكة تضم 4.10^5 شقا في المتر (1m) . إذا كان ورود الحزمة الضوئية الأسطوانية منظميا على الشبكة ، أوجد :

1 ـ قيمة زاوية الانحراف θ الموافقة للضوء الأحمر $\lambda_R=0,8\mu m$ ثم الضوء البنفسجي $\lambda_V=0,4\mu m$ بالنسبة للطيف ذي الرتبة k=1 .

2 ـ الفرق $\Delta\theta=\theta_R-\theta_V$ بين الإشعاعين السابقين واستنتج عرض الطيف ذي الرتبة k=1 في حالة استعمال عدسة رقيقة مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية $f'=30cm$ وراء الشبكة (أنظر الشكل)



تمرين 3

ترد حزمة ضوئية أسطوانية منبعثة من مصباح بخار الزئبق عموديا على شبكة تضم 400 شقا في المليمتر .

1 ـ يكون اتجاه انتشار الإشعاع الأحادي اللون الأصفر الذي ينتمي إلى الطيف ذي الرتبة 1 زاوية الانحراف $\theta=13°22'$ مع المنظمي على الشبكة .

احسب طول الموجة للضوء الأصفر λ_J .

2 ـ أوجد قيم الزوايا الانحراف θ الأخرى التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر بالنسبة لباقي الأطياف .

3 ـ أوجد قيم زوايا الانحراف θ التي توافق اتجاهات الإضاءات القصوية بالنسبة للضوء الأزرق ذي طول الموجة $\lambda_B=0,436\mu m$.

تمرين 4

ترد حزمة ضوئية أسطوانية منبعثة من مصباح بخار الصوديوم عموديا على شبكة تضم 10^6 شقا في المتر .

1 ـ ماذا نشاهد في الاتجاه $\theta=0$ ؟.

2 ـ يتكون الطيف ذو الرتبة 1 من ثلاث حزات من بينها حزة صفراء وحزتان حمراء وخضراء أقل إضاءة من الحزة الصفراء . نعطي طول الموجة للإشعاعات الموافقة :

$\lambda_R = 0,615\,\mu m$ ، $\lambda_J = 0,589\,\mu m$ ، $\lambda_V = 0,568\,\mu m$

أحسب قيم زوايا الانحراف θ_V و θ_J و θ_R الموافقة للإضاءات القصوية للإشعاعات السابقة .

3 ـ بين أنه لا يمكن الحصول على طيف رتبته k=2 .

4 ـ نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة مجمعة لالونية مسافتها البؤرية الصورة f'=30cm ومحورها البصري الرئيسي مطابق لاتجاه انتشار الضوء الأصفر .

4 ـ 1 حدد موضع الشاشة بالنسبة للعدسة للحصول على طيف الضوء المنبعث من ا

4 ـ 2 أحسب عرض الطيف .

تمرين 5

نضيء شبكة بواسطة حزمة ضوئية أسطوانية أحادية اللون طول موجتها λ=528µm وفق زاوية الورود θ_0=0

k=2 هي θ=25° .

1 ـ احسب خطوة الشبكة وعدد الشقات في الميليمتر .

2

k=1 و k=3 .

تمرين 6

نضيء شبكة خطوتها $a=10^{-3}$mm بواسطة حزة ضوئية طبيعية . نضع وراء الشبكة عدسة رقيقة مجمعة لا لونية مسافتها البؤرية الصورة f'=1,20m محورها البصري مطابق مع اتجاه الضوء الأصفر وشاشة توجد في المستوى البؤري الصورة للعدسة .

نعطي : طول موجة الضوء الأحمر λ_R=750mm

طول موجة الضوء البنفسجي λ_V=390mm

1 ـ أحسب عرض الطيف ذي الرتبة k=1 .

2 ـ أوجد موضع النقط ذات إضاءة القصوية للضوئين الأحمر والبنفسجي في حالة k=1 و k=2

3 ـ قارن الموضعين x_{2V} و x_{1R}

تصحيح تمارين الفيزياء السلسلة 4
حيد الضوء بواسطة شبكة

تمرين 1

1 ـ 1 تعبير θ_K بدلالة λ و a و K حيث $k \in \mathbb{Z}$:

نحسب فرق السير بين الشعاعين (1) و (2) بالعلاقة التالية : $\delta = a \sin\theta_K$

هذان الشعاعان يعطيان تداخلات إنشائية إذا كانت $\delta = k\lambda$ أي أن

$$k\lambda = a \sin\theta_k \Rightarrow \sin\theta_k = \frac{k\lambda}{a}$$

1 ـ 2 حساب θ_1 (k=1)

$$\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{a} = 0,135$$

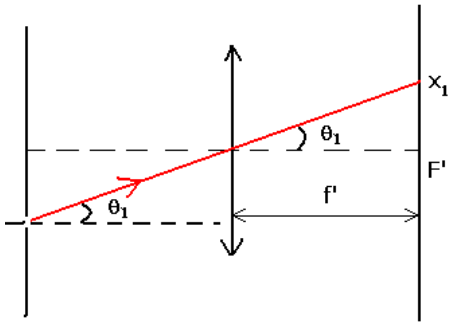
$$\theta_1 = 7°76$$

1 ـ 3 حالة K=8

نحسب $\sin\theta_8 = 1,08 > 1$ إذن من غير الممكن الحصول على بقعة ضوئية من الرتبة 8 ز

2 ـ العلاقة $x_1 = f'_1 \frac{\lambda}{a}$

حسب الشكل



$$\tan\theta_1 = \frac{x_1}{f'} \Rightarrow x_1 = f' \tan\theta_1$$

$$\tan\theta_1 \approx \sin\theta_1 = \frac{\lambda}{a}$$

$$x_1 = f' \frac{\lambda}{a}$$

تطبيق عددي : $x_1 = 3,37cm$

3 ـ قيمة زاوية الورود θ_0 :

نحسب فرق السير δ :

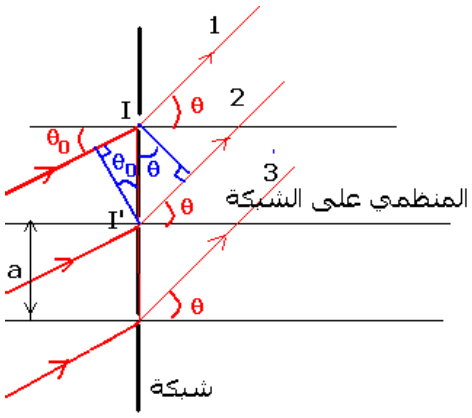
$$\delta = k\lambda = a(\sin\theta_K - \sin\theta_0)$$

$$\theta_K = \theta_4 = 0$$

$$\sin\theta_4 = \sin\theta_0 + \frac{k\lambda}{a} = 0$$

$$\sin\theta_0 = -4\frac{\lambda}{a}$$

$$\theta_0 = -32°7$$



تمرين 2

1 ـ نطبق العلاقة التالية : $\sin\theta=k\lambda n$ حيث k=1 إذن $\sin\theta_R=n\lambda_R$ أي أن $\theta_R=18,7°$

نفس الشيء بالنسبة للضوء البنفسجي : $\sin\theta_V=n\lambda_V$ أي أن $\theta_V=9,2°$.

2 ـ قيمة الفرق : $\Delta\theta=\theta_R-\theta_V=9,5°$

حساب عرض الطيف هناك طريقتين لحسابه :

الطريقة الأولى :

من خلال الشكل يتبين أن عرض الطيف هو $F'_RF'_V$. وبما أن $\Delta\theta$ صغيرة فإنه يمكن أن نكتب بتقريب مقبول : $F'_RF'_V=f'.\Delta\theta$ ($l=R.\theta$) حيث f' المسافة البؤرية للعدسة و $\Delta\theta$ بالرديان rad .

$$F'_RF'_V = 30.10^{-2}.\frac{9,2.2\pi}{180} = 4,8cm$$

الطريقة الثانية :

نطبق العلاقة التالية :

$x_{1R}-x_{1V}=k.f'n\left(\lambda_R-\lambda_V\right)$ حيث k=1 فنحصل على :

$$x_{1R}-x_{1V}=f'n\left(\lambda_R-\lambda_V\right)=30.10^{-2}4.10^5.(0,8-0,4).10^{-6}$$

$$x_{1R}-x_{1V}=4,8cm$$

تمرين 3

1 ـ حساب طول الموجة للضوء الأصفر λ_R .

$$\sin\theta=k\lambda_J n \quad avec\ k=1\ et\ n=4.10^5$$

$$\lambda_J=\frac{\sin\theta}{n}=0,572\mu m$$

2 ـ لحساب الزاوية التي توافق اتجاهات الضوء الأصفر :

لدينا العلاقة التالية : $|\sin\theta|\le 1$

وحسب العلاقة السابقة :

$$|\sin\theta|\le 1$$

$$-1\le\sin\theta\le+1\Rightarrow-1\le k.\lambda_J.n\le+1$$

$$-\frac{1}{\lambda_J.n}\le k\le+\frac{1}{\lambda_J.n}$$

تطبيق عددي : $-4,370\le k\le+4,370$

أي أن قيم زوايا الانحراف هي :

$k=\pm1$ $\quad\theta=\pm13°22$

$k=\pm2$ $\quad\theta=\pm27°54$

$k=\pm3$ $\quad\theta=\pm43°34$

$k=\pm4$ $\quad\theta=\pm66°23$

3 ـ قيم زوايا الانحراف θ التي توافق اتجاهات الإضاءات القصوية بالنسبة للضوء الأزرق :

بنفس الطريقة السابقة نتوصل إلى النتائج التالية :

$$-1 \le \sin\theta \le +1 \Rightarrow -1 \le k.\lambda_B.n \le +1$$

$$-\frac{1}{\lambda_B.n} \le k \le +\frac{1}{\lambda_B.n}$$

$$-5,733 \le k \le +5,733$$

$k = \pm 1$ $\quad \theta = \pm 10°04$

$k = \pm 2$ $\quad \theta = \pm 20°41$

$k = \pm 3$ $\quad \theta = \pm 31°55$

$k = \pm 4$ $\quad \theta = \pm 44°23$

$k = \pm 5$ $\quad \theta = \pm 60°69$

تمرين 4

1 ـ في الاتجاه $\theta=0$ ليس هناك تبدد للضوء على الشبكة وبالتالي تكون البقعة المركزية صفراء اللون .

2 ـ بالنسبة للرتبة k=1 نحسب قيم زوايا الانحراف الموافقة للإضاءات القصوية للإشعاعات السابقة بتطبيق العلاقة التالية : $\sin\theta = \lambda n$

بالنسبة للإشعاعات السابقة :

$$\sin\theta_R = \lambda_R n \Rightarrow \theta_R = 37°95$$

$$\sin\theta_J = \lambda_J n \Rightarrow \theta_J = 36°08$$

$$\sin\theta_V = \lambda_V n \Rightarrow \theta_V = 34°61$$

3 ـ لنبين أنه لا يمكن الحصول على طيف رتبته k=2

نطبق العلاقة $\sin\theta = 2\lambda n$ يلاحظ من خلال هذه العلاقة أنه بالنسبة للإشعاعات السابقة لدينا : $2\lambda n > 1 \Rightarrow \sin\theta > 1$ وبالتالي هذا غير ممكن إذن لا يمكن الحصول على طيف رتبته 2

4 ـ 1

أن الشعاع نعتبره منبعث من الا نهاية فإنها تمر من المستوى البؤري الصورة .

$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ وبما أن الشيء في الا نهاية

$$\overline{OA} = \infty \Rightarrow \overline{OA'} = f'$$

4 ـ 2 حساب عرض الطيف :

نطبق العلاقة :

$$x_{1R} - x_{1V} = f'n\left(\lambda_R - \lambda_V\right) = 30.10^{-2}.10^6.(0,615 - 0,568).10^{-6}$$

$$x_{1R} - x_{1V} = 1,41.10^{-2}\, m = 14,1mm$$

تمرين 5

1 ـ حساب خطوة الشبكة a :

$$\sin\theta = \frac{2\lambda}{a} \Rightarrow a = \frac{2\lambda}{\sin\theta} = 2,5.\mu m$$

عدد الشقات في الميليمتر :

$$n = \frac{1}{a} = 0,4.10^6 \ / \ m = 0,4.10^3 \ / \ mm$$

2

$\sin\theta_1 = \lambda n \Rightarrow \theta_1 = 12°19$: k=1

$\sin\theta_2 = 3\lambda n \Rightarrow \theta_2 = 39°32$: k=2

تمرين 6

1 ـ عرض الطيف ذي الرتبة k=1 :

$$x_{1R} - x_{1V} = f'n(\lambda_R - \lambda_V) = 1,2.10^6.(0,750 - 0,390).10^{-6}$$

$$x_{1R} - x_{1V} = 0,432m = 432mm$$

2 ـ موضع النقط ذات الإضاءة القصوية للضوء الأحمر في حالة k=1 :

$$\tan\theta_R = \frac{x_{1R}}{f'} \Rightarrow x_{1R} = f'\tan\theta_R$$

$$\tan\theta_{1R} \approx \sin\theta_{1R} = k\lambda_R n$$

$$x_{1R} = f'.k.\lambda_R.n = 0,90m$$

موضع النقط ذات الإضاءة القصوية للضوء البنفسجي في حالة k=1 :

$$x_{1V} = f'.k.\lambda_V.n = 0,468m$$

بالنسبة ل k=2

$$x_{2R} = f'.k.\lambda_R.n = 1,80m$$

$$x_{2V} = f'.k.\lambda_V.n = 0,936m$$

3 ـ مقارنة الموضعين x_{1R} و x_{2V} :

$$\frac{x_{2V}}{x_{1R}} \approx 1 \Rightarrow x_{2V} \approx x_{1R}$$

تمرين الفرض المنزلي :

1 ـ طبيعة العدسة L :

نعلم أنه بالنسبة لعدسة رقيقة لدينا العلاقة التالية : $C = \frac{1}{f'} \Rightarrow f' = \frac{1}{C} = 0,2m > 0$

وبالتالي فإن العدسة رقيقة مجمعة .

2 ـ قيم زوايا الانحراف الموافقة للاتجاهات القصوية :

بما أن الحزمة الضوئية ترد عموديا على الشبكة وللحصول على زوايا الانحراف الموافقة للاتجاهات القصوية يجب عليها تحقيق العلاقة التالية :

$$\sin\theta = k\lambda n \quad k \in \mathbb{Z}$$

$$\sin\theta = k \times 568.10^{-9} \times 6.10^5 = 0,341k$$

$k = 2$ θ=43°

k=-2 θ=-43°

k=1 θ=19°9

k=-1 θ=-19°9

k=0 θ=0

3 ـ موضع الشاشة بالنسبة للعدسة : لكي نشاهد الأهذاب الضوئية المضيئة أي الموافقة للإضائة القصوية ، الناتجة عن ظاهرة الحيود يجب أن تكون الشاشة في المستوى البؤري الصورة للعدسة بالنسبة لكل زاوية θ من زوايا الجدول ترد على العدسة أشعة ضوئية متوازية فيما بينها فتجتاز العدسة لتتجمع في نقطة من المستوى البؤري الصورة لتعطي نقطة ذات إضاءة قصوية .

4 ـ 1 المشاهدة في الاتجاه θ=0 :

في الاتجاه $\theta=0$ يكون عندنا $\sin\theta=0$ أي $k\lambda n=0$ أي أن $k=0$ كيف ما كانت n و λ . وبالتالي فإن كل ضوء أحادي اللون من طيف الضوء الأبيض يعطي هذب ذي إضاءة قصوية في نفس الموضع وينتج عن هذا تراكب هذه الأهذاب ضوء أبيض أي هذب أبيض .

4 ـ 2 عرض الطيف ذي الرتبة k=1 :

بالنسبة للطيف ذي الرتبة k=1

$\sin\theta=\lambda n$

$$\lambda_R \le \lambda \le \lambda_v$$

$$n\lambda_R \le \sin\theta \le n\lambda_v$$

$$0,234 \le \sin\theta \le 0,45$$

$$13,5° \le \theta \le 26,7°$$

حساب عرض الطيف $\Delta x=X_R-X_v$

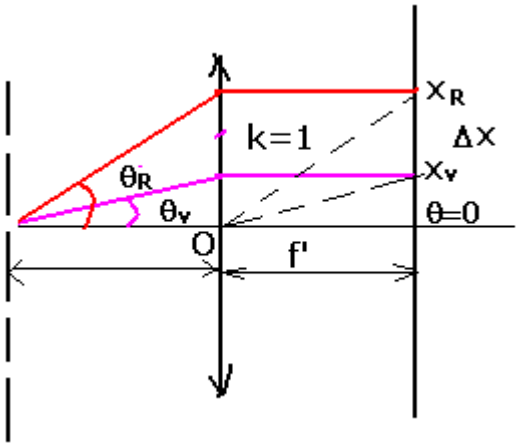
$$x_R = f'\tan\theta_R$$

$$x_v = f'\tan\theta_v$$

حسب الشكل :

$$\Delta x = f'(\tan\theta_R - \tan\theta_v)$$

$\Delta x=5,3cm$



التناقص الإشعاعي
Décrissance radioactive

I ـ الذرة (تذكير)

1 ـ نموذج الذرة

تتكون الذرة من نواة وإلكترونات تدور حول هذه الأخيرة .
تتكون النواة من دقائق تسمى بالنويات nucléon البروتونات (p) والنوترونات (n) .

2 ـ خاصيات نواة الذرة .

نمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي X بالرمز $^{A}_{Z}X$.

X : رمز العنصر الكيميائي
Z : عدد البروتونات و A عدد الكتلة .
عدد النوترونات هو N=A-Z .

مثال : أحسب عدد البروتونات وعدد النوترونات لنواة الكلور $^{35}_{17}C\ell$

3 ـ النويدات nucléides

في الفيزياء الذرية يطلق اسم النويدة على مجموعة من النوى تتميز بعدد معين من البروتونات ومن النوترونات .
نعرف نويدة بإعطاء Z و A . مثلا $^{12}_{6}C$ و $^{14}_{6}C$ نويدتان لعنصر الكربون .

4 ـ النظائرية

النظائر ، نويدات تحتوي على نفس عدد البروتونات وتختلف من حيث عدد النوترونات
مثال : $^{35}_{17}C\ell$ و $^{37}_{17}C\ell$ نظيرين لعنصر الكلور .

- **الوفارة الطبيعية** : بالنسبة لخليط طبيعي كتلته m يتكون من نظائر عنصر ما ، نعرف الوفارة الطبيعية θ_i لنظير i كتلته m_i في هذا الخليط بالعلاقة : $m=\sum m_i\theta_i$ ، ويعبر عنها بالنسبة المائوية .

مثال : الوفارة الطبيعية للأورانيوم : $^{234}_{92}U$: 0,006% ، $^{235}_{92}U$: 0,718 ، $^{238}_{92}U$: 99,276 .

5 ـ كثافة المادة النووية

تبين التجارب النووية أنه يمكن نمذجة نواة بكرية شعاعها r يتعلق بعدد الكتلة A وفق العلاقة : $r=r_0A^{1/3}$ حيث أن $r_0=1,2.10^{-15}m$ شعاع ذرة الهيدروجين .

يمكن استنتاج القيمة التقريبية للكتلة الحجمية للنواة : $\rho=\frac{mA}{\frac{4}{3}\pi r^3}=\frac{3m}{4\pi r_0^3}$

الكتلة التقريبية للنواة : $m=1,67.10^{-27}kg$ تكون الكتلة الحجمية التقريبية : $\rho\approx 2.10^{17}kg/m^3$ مما يدل على أن النواة أو **<u>المادة النووية شديدة الكثافة</u>** .

II ـ النشاط الإشعاعي

نص وثائقي :

في سنة 1986 م اكتشف العالم الفيزيائي الفرنسي بيكريل Hernie Becquerel النشاط الإشعاعي عن طريق الصدفة حينما كان يقوم بأبحاث علمية على أشعة X الحديثة الاكتشاف أنداك وذلك بتعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس ، في 26 فبراير 1896 م كان يوما غائما ، فتعذر عليه تعريض هذه الأملاح لأشعة الشمس ، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود ومعتم .
وفي أول مارس من نفس السنة قام بيكريل بتحميض الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بانبهار كبير أنها متأثرة ، رغم عدم تعرضها للأشعة الشمسية .
على صفائح فوتوغرافية .
وسنتان بعد ذلك لاحظ الفيزيائيان بيير كوري وزوجته ما
اكتشفها بيكريل .
كانت هذه الاكتشافات الخطوة الأساسية لانطلاق أبحاث أخرى أدت إلى التعرف وتصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة ، حيث تم التعرف على الأشعة المنبعثة من ألأورانيوم من طرف العالمان الإنجليزيان

فريديريك سودي ، مبينا أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة ، وسميت أشعة α , ويعبر عن هذا الانبعاث بالمعادلة :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

في سنة 1900 م تعرف بكيريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع β^- . وهو عبارة عن انبعاث إلكترونات $^{0}_{-1}e$ من نوى الطوريوم Th وفق المعادلة التالية : $^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e$

وبعد ذلك أبرز العالم الفرنسي بول فيلار وجود الأشعة γ وهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية غير مرئية .

استثمار :

1 ــ ما هي طبيعة الأشعة X ؟ ما رتبة قدر طول موجتها µm أو nm ؟

طبيعة الإشعاعات X هي إشعاعات غير مرئية . رتبة قدر طول موجتها nm

$0,001nm \leq \lambda \leq 10nm$

2 ــ كيف اكتشف بيكريل أن أملاح الأورنيوم تبعث أشعة غير مرئية ؟

عند وضعه أملاح الأورانيوم داخل درج مع صفائح فوتوغرافية وبعد يومين تبين له أن الصفائح تأثرت بأشعة شبيهة بالأشعة X أي غير مرئية .

3

لقد كان هذا الاكتشاف بالصدفة .

4 ــ ما هو النشاط الإشعاعي ؟ كيف يمكن الكشف عن مادة مشعة ؟

النشاط الإشعاعي هو تحول طبيعي تلقائي لنواة مشعة أي غير مستقرة إلى نواة أخرى وذلك بانبعاث إشعاعات نشيطة .

يمكن الكشف عن مادة مشعة

5 ــ أذكر النواتين المشعتين التي تم التعرف عليهما إلى حدود سنة 1898م .

الطوريوم $^{234}_{90}Th$ و الأورانيوم $^{238}_{92}U$

6 ــ أذكر أنواع الإشعاعات النووية الواردة في النص وحدد طبيعتها .

أشعة α وهي نوى الهيليوم $^{4}_{2}He$ والإشعاع β^- وهي عبارة عن انبعاث إلكترونات $^{0}_{-1}e$ والإشعاع γ عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ..

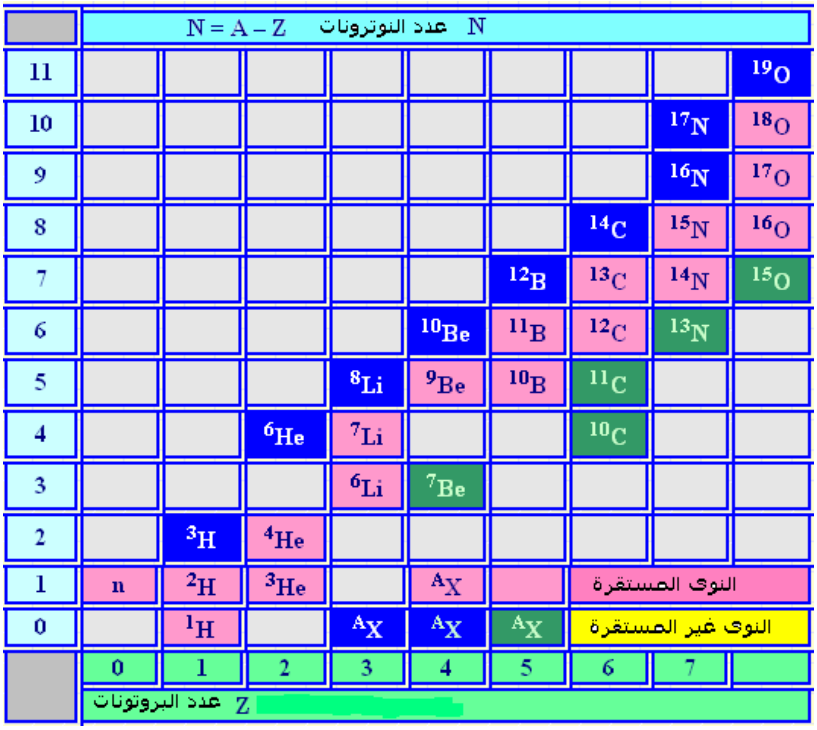
تحقق من انحفاظ كل من عدد الكتلة وعدد الشحنة في معادلتي التحولين الواردين في النص

1 ــ تعريف النشاط الإشعاعي .

النشاط الإشعاعي تحول طبيعي وتلقائي يسمى كذلك باستحالة نووية، وغير مرتقب في الزمن ، تتحول خلاله نواة غير مستقرة تسمى نواة الأصل إلى نواة أخرى تسمى بنواة متولدة أو إلى حالة إثارة أقل طاقة .

وتسمى النواة غير المستقرة **بالنواة المشعة** أو **نواة إشعاعية النشاط** والدقائق المنبعثة **بإشعاعات نشيطة .**

2 ــ مخطط سيغري ، مخطط (N,Z) .



النشاط الوثائقي 2

يفسر تماسك النواة بوجود قوى جاذبية بين النويات . لهذه القوى شدة كبيرة جدا وتسمى قوى التأثيرات البينية النووية . وهي أكبر بكثير من التأثيرات البينية الكهرساكنة وقوى التجاذب الكوني وهذا ما يجعل أن النوى مستقرة ومع ذلك توجد نويدات غير مستقرة أي تتحول تلقائيا إلى نوى أخرى بعد بعثها إشعاعات نشيطة .

كيف يمكن التنبؤ باستقرار نواة ؟

بواسطة مخطط سيغري يمكن تحديد النوى المستقرة والنوى المشعة ، حيث تمثّل كل نواة بمربع صغير أفصوله Z عدد برتونات النواة وأرتبه N عدد نوترونات النواة . ويسمى المجال الذي يحتوي على النوة المستقرة (المربعات الحمراء) بمنطقة الاستقرار ويحاديه من كل جهة النوى غير المستقرة .

استثمار :

1 ـ ذكر بمدلول الحرف A و Z في التمثيل ${}^{A}_{Z}X$ ، واعط العلاقة بين A و Z و N .

2 ـ حدد موضع النوى المستقرة بالنسبة ل Z<20 (النوى الخفيفة). بماذا تتميز هذه النوى ؟ واستنتج أن $\frac{A}{Z}$ تساوي 2 تقريبا .

النويدات المستقرة توجد قريبة من المستقيم N=Z فهي تتميز بكون أن عدد البرتونات يساوي عدد النوترونات . ويحقق عدد الكتلة A العلاقة التالية : A=2Z تقريبا .

3 ـ بالنسبة ل Z>20 أين توجد هذه النوى بالنسبة للمستقيم N=Z ؟ بماذا تتميز هذه النوى ؟ ما هو استنتاجك ؟

بالنسبة ل Z>20 تكون منطقة الاستقرار فوق المستقيم ذي المعادلة Z=N وتتميز هذه النوى بأن عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات . نستنتج أن استقرار النواة في هذه الحالة لا يمكن أن يحصل إلا إذا كان عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات .

4ـ كيف تصبح النسبة $\frac{A}{Z}$ بالنسبة للنوى الثقيلة المستقرة أي بالنسبة ل Z>70 ؟

$\frac{A}{Z} \approx 2,5$ بالنسبة للنوى الثقيلة .

5 ـ النواة ${}^{137}_{56}Ba$ هل هي مستقرة ؟ هل هي نشيطة إشعاعيا ؟

نفس السؤال بالنسبة ل ${}^{131}_{56}Ba$ و ${}^{144}_{56}Ba$

${}^{137}_{56}Ba$ و ${}^{144}_{56}Ba$ و ${}^{131}_{56}Ba$ توجد هذه النوى في منطقة الاستقرار , فهي نوى مستقرة .

6 ـ في بحض الحالات ، وخلال تحول نووي تلقائي ، تتفتت نوترون داخل نواة إلى بروتون . في أي مجال من المخطط توجد هذه النوى التي تخضع لهذا التحول ؟

يحصل هذا التحول بالنسبى للنوى غير المستقرة وعدد نوتروناتها أكبر من عدد البروتونات .

خلاصة :

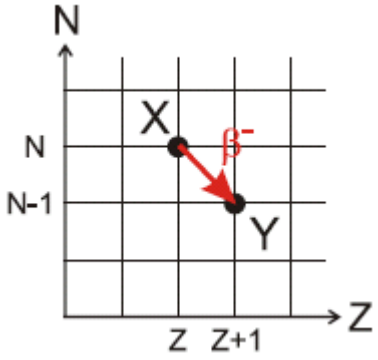
منطقة الاستقرار : بالنسبة ل Z<20 هي المتطابقة مع المستقيم ذي المعادلة Z=N أي أن عدد البروتونات مساو لعدد النوتورونات .

بالنسبة ل Z>20 تتموضع منطقة الاستقرار فوق المستقيم N=Z ويكون في هذه الحالة عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات .

النوى غير المستقرة :

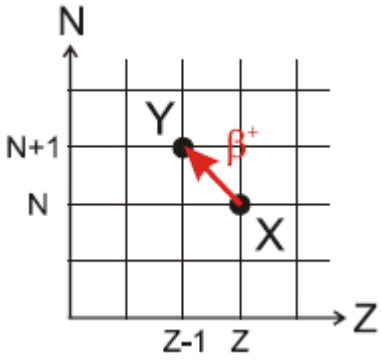
هناك ثلاث حالات :

- **النواة الأصل ${}^{A}_{Z}X$ توجد فوق منطقة الاستقرار .**



عدد النوترونات أكبر من عدد البرتونات في هذه الحالة تكون عندنا استحالة نووية تلقائية حيث تتحول البرتونات إلى نوترونات ويصاحب هذا التحول انبعاث إلكترونات ${}^{0}_{-1}e$ تسمى دقائق β^- حيث نحصل على نواة متولدة ${}^{A}_{Z+1}Y$ والتي تقترب من مجال الاستقرار .

- **النواة الأصل ${}^{A}_{Z}X$ توجد تحث منطقة الاستقرار .**



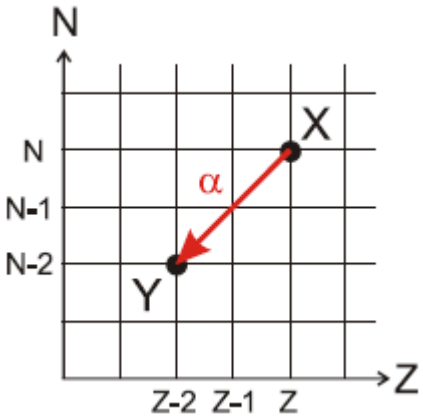
تتوفر نواة الأصل على أكبر عدد من البرتونات مقارنة مع النوترونات أي أن هناك استحالة نووية تلقائية حيث تتحول البرتونات إلى نوترونات مع انبعاث بوزترونات ${}^{0}_{+1}e$ تسمى دقائق β^+ حيث نحصل على نواة متولدة ${}^{A}_{Z-1}Y$ والتي تقترب إلى منطقة الاستقرار .

- **حالة النوى الثقيلة (N , Z) كبيران جدا**

A>170 لكي تقترب من منطقة الاستقرار تتفتت باعثة نوى الهيليوم ${}^{4}_{2}He$ تسمى بالدقائق α . ونحصل على نواة متولدة ${}^{A-4}_{Z-2}Y$.

في غالب الأحيان يصاحب هذا التحولات انبعاث إشعاعات مهرمغناطيسية γ وهذا يلاحظ عندما تكون النواة الأصلية في حالة مثارة حيث تتوفر على وفرة من الطاقة .

III ـ قوانين الانحفاظ والمعادلات النووية للأنشطة الإشعاعية α,β;γ .



يمكن نمذجة الأنشطة الإشعاعية بمعادلات نووية تخضع لقانون صودي .

نص القانون : خلال تحول نووي تنحفظ الشحنة الكهربائية Z ةكذلك العدد الإجمالي للنويات A .

1 ـ معادلة النشاط الإشعاعي α

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$$

يلاحظ أنه خلال هذا التحول يتحقق قانون صودي .

2 ـ معادلة النشاط الإشعاعي β^-

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$$

$$^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Th + {}^{0}_{-1}e$$

3 ـ معادلة النشاط β^+ .

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e$$

$$^{19}_{10}Ne \rightarrow {}^{19}_{9}F + {}^{0}_{+1}e$$

4 ـ معادلة النشاط الإشعاعي γ

الإشعاع γ , α و β^- و β^+ ،

حيث تكون النواة المتولدة في حالة إثارة ولفقدان إثارتها تفقد الطاقة وذلك ببعث إشعاعاتγ

معادلة الإشعاع γ تكتب على الشكل التالي :

$$^{A}_{Z}Y^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$$

$$^{16}_{7}N \rightarrow {}^{16}_{8}O^{*} + {}^{0}_{-1}e$$

$$^{16}_{8}O^{*} \rightarrow {}^{16}_{8}O + \gamma$$

$^{16}_{8}O^{*}$ نواة متولدة في حالة مثارة

$^{16}_{8}O$ نواة متولدة في حالتها الأساسية .

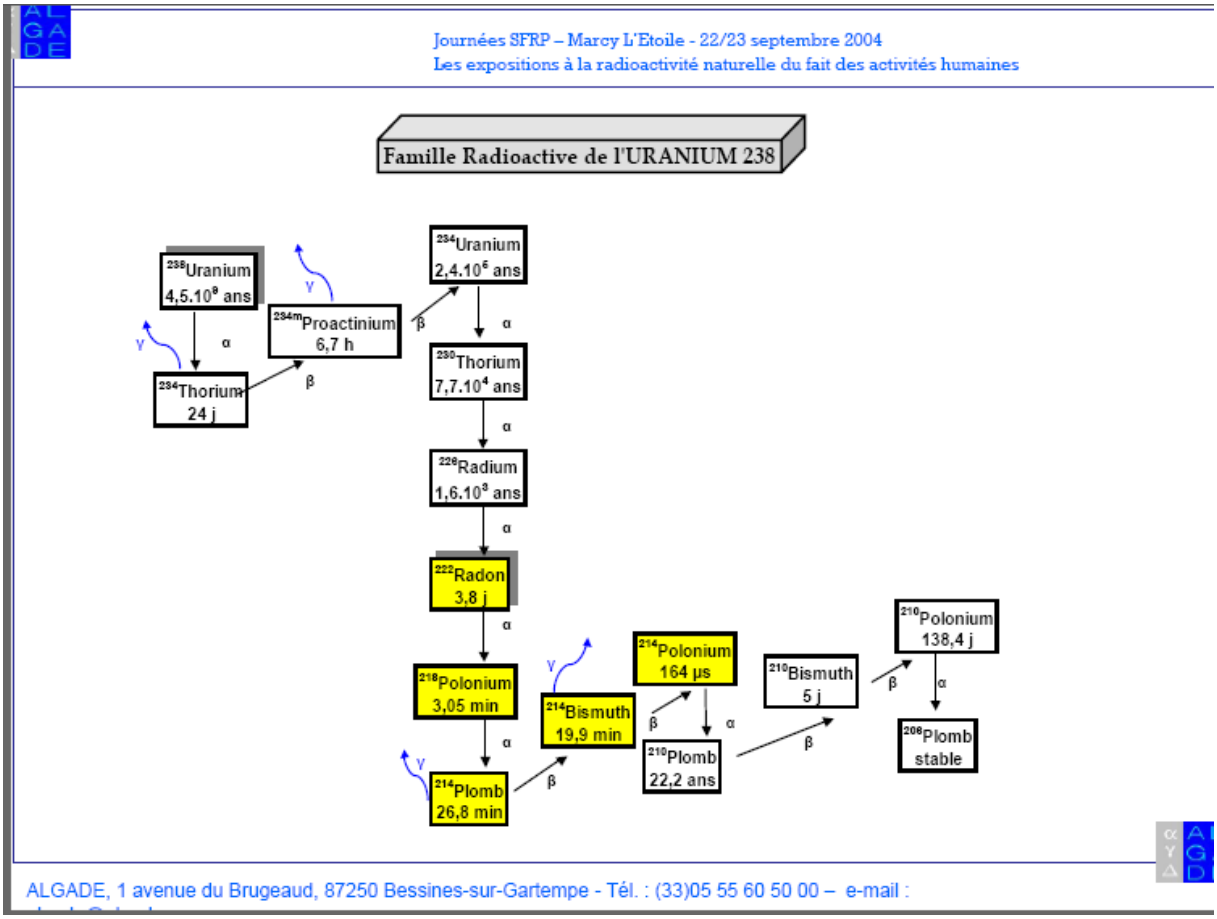
5 ـ الفصيلة المشعة .

تتحول نواة أصلية غير مستقرة إلى نواة أخرى , إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة ، فإنها بدورها تتحول إلى نواة أخرى ، وهكذا إلى أن نحصل على نواة مستقرة وغير مشعة . نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية فصيلة مشعة / famille radioactive

توجد أربع فصائل مشعة طبيعية تنحدر من النوى التالية :

$^{232}_{90}Th$, $^{237}_{93}Np$, $^{235}_{92}U$, $^{238}_{92}U$

مثال فصيلة الأورانيوم 238 :



VI ـ التناقص الإشعاعي

1 ـ الصبغة العشوائية للنشاط الإشعاعي

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا ، إذ لا يمكن التنبؤ باللحظة التي يحدث فيها التفتت ولا يمكن تغيير خاصيات هذه الظاهرة .

النشاط التجريبي 3

تفتت نواة ظاهرة عشوائية غير مرتقبة في الزمن ، ذلك أنه لا يمكن التنبؤ بحدوث نشاط إشعاعي لنواة في لحظة معينة . غير أنه يمكن معرفة احتمال وقوعه خلال مدة زمنية معينة Δt .

نفس الشيء

مثلا ، بل يمكن فقط معرفة احتمال ظهور الوجه (6) وهو $p = \frac{1}{6}$.

يمكن مماثلة نواة مشعة بنرد ، والحصول على منحنى يوافق قانون التناقص الإشعاعي وذلك بتحديد عدد الرميات التي يظهر فيها الوجه (6)

يمكن لهذا الغرض استعمال برنم محاكات رمي الرند

ننبث عدد النردات N_0=100 . نقوم بالرمية الأولى فيسجل لنا عدد النردات التي يظهر فيها الوجه (6) فهذا العدد يمثل عدد النوى المفتتة خلال الثانية الأولى نزيل هذا العدد من N_0 فنحصل على العدد N_1 عدد النوى المتبقية بدون تفتت . نقوم بالرمية الثانية فيسجل لنا عدد النردات التي يظهر فيها الوجه (6) . يمثل هذا العدد النوى المفتتة خلال الثانية الموالية . نزيل العدد N_2 من بين العدد N_1 الخ

نعيد نفس العملية بواسطة برنم المحاكة . ندون النتائج في الجدول التالي :

t(s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
عدد النردات التي ظهر فيها الوجه (6)																					
عدد النردات المتبقية	100	85	73	61	54	42	38	35	27	24	21	19	14	14	11	10	8	6	5	4	4

استثمار النتائج

1 ـ مثل المنحنى N(t) عدد النردات المتبقية بدلالة الزمن .

2 ـ حدد المدة الزمنية $t_{1/2}$ التي تقلص خلالها عدد النردات المتبقية إلى النصف . نسمي $t_{1/2}$ عمر النصف .

3 ـ أدخل نتائج التجربة في برنم يعالج المعطيات (ريغريسي)

4 ـ أحسب النسبة $\frac{t_{1/2}}{\tau}$ وقارنها مع ln2 . ماذا تستنتج ؟

2 ـ قانون التناقص الإشعاعي

ـ نعتبر عينة تحتوي على N_0 من نوى المشعة في اللحظة t=0 . ونعتبر N(t) عدد النوى المتبقية في اللحظة t أي التي لم تتفتت بعد .

$N(t)+dN(t)$ عدد النوى المتبقية في اللحظة $t+dt$ بما N(t) تتناقص إذن dN(t)<0 . أي أن عدد النوى المتفتتة بين اللحظتين t و t+dt هو $N(t)-\left(N(t)+dN(t)\right)=-dN(t)$

تبين الدراسة الإحصائية لعينة أن عدد النوى المتفتتة dN(t) - يتناسب مع N(t) عدد النوى المتبقية في العينة و dt المدة الزمنية

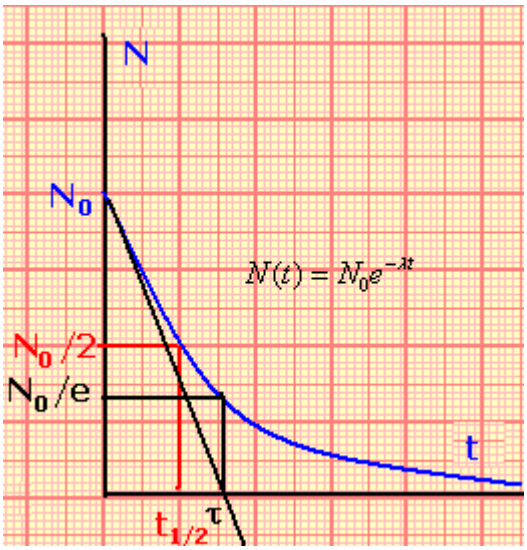
ويعبر عن هذا رياضيا بالعلاقة :

$$-dN(t)=\lambda N(t).dt \Rightarrow \frac{dN(t)}{N(t)}=-\lambda dt$$

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها يكتب على الشكل التالي :

$N(t)=Ke^{-\lambda t}$ تحدد الثابتة K حسب الشروط البدئية :

$N(t=0)=N_0=K$



الجداء λt لا بعد له أي أن $\left([\lambda]=\frac{1}{[t]}=s^{-1}\right)$ وبالتالي فإن وحدة λ هي s^{-1}

يخضع عدد النوى N(t) المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقص الإشعاعي التالي : $N(t)=N_0e^{-\lambda t}$ ، حيث :

λ تسمى ثابتة النشاط الإشعاعي أو ثابتة التفتت . وهي تميز طبيعة النويدة المشعة و N_0 عدد النوى في اللحظة t=0 .

3 ـ ثابتة الزمن ـ عمر النصف

أ ـ ثابتة الزمن τ

تمكن ثابتة النشاط الإشعاعي λ من تعرف زمن مميز لنويدة مشعة معينة ، يسمى ثابتة الزمن رمزها τ وتعرف بالعلاقة : $\tau=\frac{1}{\lambda}$

τ تميز طبيعة النويدة المشعة . وحدة τ هي s (الثانية)

يصبح قانون التناقص الإشعاعي كالتالي :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

عند اللحظة t=τ نأخذ N(t) القيمة :

$$N(\tau) = N_0 e^{-1} \Rightarrow N(\tau) = 0,37 N_0$$

وهو ما يمثل نقصانا في عدد النوى البدئية N_0 بنسبة 63% .

وتجدر الإشارة إلى أن المماس للمنحنى الأسي عند اللحظة t=0 يقع محور الأفاصيل عند التاريخ t=τ .

ب ـ عمر النصف $t_{1/2}$ لنويدة مشعة .

يسمى عمر النصف $t_{1/2}$ المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى عينة .

عند $t=t_{1/2}$ لدينا $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$ أي أن

$$N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \Rightarrow e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

$$Ln\left(e^{-\lambda t_{1/2}}\right) = -Ln2 \Rightarrow \lambda t_{1/2} = Ln2$$

$$t_{1/2} = \frac{Ln2}{\lambda} = \tau Ln2$$

مثال : نويدة الأورانيوم 238 عمرها النصف هو $t_{1/2}=4,5.10^9$ ans

نويدة الكربون 14 عمرها النصف هو 5600ans

نويدة سيزيوم 137 عمرها النصف 30ans

ويدة بولونيوم 212 عمرها النصف 3.10^{-7}s

4 ـ نشاط عينة مشعة activité radioactive

أ ـ تعريف

نشاط عينة a(t) تحتوي على عدد N(t) من النوى المشعة هو عدد النوى المفتتة في وحدة الزمن . تعبيره :

$$a(t) = \frac{-dN(t)}{dt}$$

وحدة a(t) هي بيكريل (Bq)

1Bq يمثل تفتتا واحدا في الثانية .

من العلاقة $-dN(t) = \lambda N(t)dt \Rightarrow a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t)$

بتعويض N(t) في العلاقة $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ نجد :

$a(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$ بحيث ان $a_0 = \lambda N_0$

يقاس النشاط الإشعاعي بواسطة عدادات . مثلا عداد جيجر Geigre

ب ـ أمثلة لنشاط مصادر مشعة

رجل كتلته 70kg نشاطه 7000Bq

لتر من ماء معدني نشاطه 10Bq

1kg من السمك نشاطه 100Bq

1kg من البلوتونيوم نشاطه الإشعاعي 2.10^{12}Bq

مصدر طبي مشع نشاطه الإشعاعي 10^{14}Bq .

V ـ التأريخ بالنشاط الإشعاعي

يستعمل الجيولوجيون وعلماء الآثار تقنيات مختلفة لتحديد أعمار الحفريات والصخور التي تعتمد على النشاط الإشعاعي .

تحتوي الصخور والحفريات على نويدات مشعة حيث يتناقص عددها مع مرور الزمن

نشاط عينة أخرى مرجعية يمكن تأريخها .

كلما كان عمر العينة المراد تأريخها كبيرا جدا وجب استعمال طريقة تعتمد نويدات ذات عمر نصف أكبر

1 ـ التأريخ بالكربون 14

نعلم أن عنصر الكربون يتوفر أساسا على نظيرين ، الكربون 12 وهو مستقر والكربون 14 وهو إشعاعي النشاط b^- موجود بكميات ضئيلة بسبب ضعف وفارته الطبيعية (0,0001%) حيث يوجد بهذه الوفارة في كل تركيب كيميائي يحتوي على الكربون . مثلا ثائي أوكسيد الكربون يحتوي على هذه النسبة .
وجود هذا النظير هو نتيجة تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية وفق المعادلة التالية

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H$$

كيف يتم التأريخ بالكربون 14 ؟
نفترض أنه خلال 40000سنة نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن .
نعلم كذلك أن جميع الكائنات الحية تتبادل الكربون مع الجو من خلال التنفس التركيب الضوئي و التغذية ، أي أن هذه النسبة الثابتة توجد في كل الكائنات الحية . وعند موتها تتناقص هذه النسبة بسبب تفتت نوى الكربون 14 وفق المعادلة التالية : $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e$

وبتطبيق قانون التناقص الإشعاعي : $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

علما أن $t_{1/2}$=5600ans نحسب $\lambda = \frac{Ln2}{t_{1/2}}$

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{a(t)}{a_0} = e^{-\lambda t}$$

$$Ln\frac{a(t)}{a_0} = -\lambda t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} Ln\frac{a(t)}{a_0}$$

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} Ln\frac{a(t)}{a_0}$$

يقاس نشاط a(t) لكتلة معروفة من عينة (1g مثلا)
يقاس النشاط a_0 لنفس الكتلة من عينة شاهدة حالية .
ملحوظة : تستعمل هذه الطريقة ، التأريخ بالكربون 14 ، فقط بالنسبة لعينات عمرها أقل من 40000 سنة . وهذا راجع لكون العينات الأطول عمرا تحتوي على كمية ضئيلة من الكربون 14 ولا يمكن قياس نشاطها .

2 ـ التأريخ بطرق أخرى

توجد طرق أخرى للتاريخ تستعمل فيها نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا . وتمكن من تأريخ عينات أكثر قدما .
مثلا ، لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور ، يستعمل الأورانيوم 238 . لأن عمر نصفه كبير جدا واستعمال هذا النظير قد مكن من تقدير عمر الكرة الأرضية وهو حوالي 4,55 مليار سنة وعمر نصف هذا النظير $t_{1/2}=4,468.10^9$ans .

تمرين تطبيقي : أعطى قياس النشاط الإشعاعي لعينة من الفحم كتلتها غرام واحد ، أخذت من موقد نار يرجع إلى ما قبل التاريخ ، القيمة $a(t)=4,0.10^{-2}$Bq .
أحسب عمر الموقد ما قبل التاريخ ، علما أن نشاط غرام من الفحم الموجود في الوقت الحاضر a_0=0,23Bq
عمر النصف للكربون 14 هو $t_{1/2}$=5600ans

الجواب :

عمر الموقد هو :
وبتطبيق قانون التناقص الإشعاعي : $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

علما أن $t_{1/2}$=5600ans لدينا $\lambda = \frac{Ln2}{t_{1/2}}$

$$a(t) = a_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{a(t)}{a_0} = e^{-\lambda t}$$

$$Ln\frac{a(t)}{a_0} = -\lambda t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} Ln\frac{a(t)}{a_0}$$

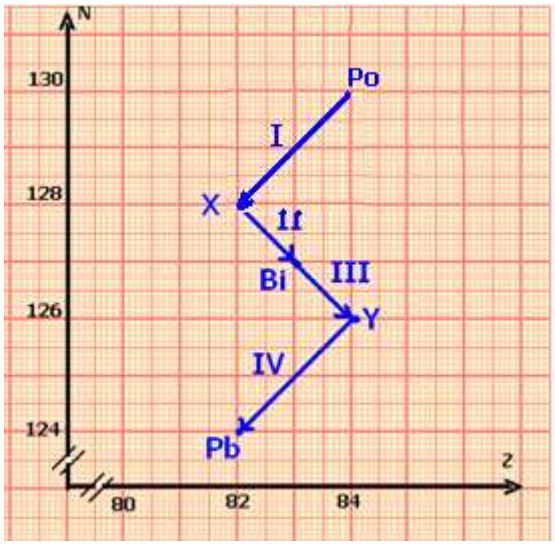
$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} Ln\frac{a(t)}{a_0}$$

تطبيق عددي :

$$t = -\frac{5600}{Ln2}.Ln\left(\frac{4.10^{-2}}{0,23}\right) = 14132 Bq$$

الفيزياء النووية
السلسلة 1 : التناقص الإشعاعي
الثانية بكالوريا علوم فيزيائية وعلوم رياضية

تمرين 1



يعطي المخطط الممثل في الشكل جانبه النوى الأخيرة من الفصيلة المشعة للأورانيوم 238 .

1 ـ حدد اعتمادا على المخطط الرمزين التامين للنواتين ${}^{A}_{Z}X$ و ${}^{A'}_{Z'}Y$.

2 ـ أكتب معادلتي التفتتين III و IV ، واستنتج نوع النشاط الإشعاعي بالنسبة لكل تفتت .

تمرين 2

1 ـ ذكر بقانون صودي .

2 ـ نعتبر التفاعل النووي التالي : ${}^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{a}_{z}x$

أ ـ ما طبيعة الدقيقة X المنبعثة ؟

ب ـ ما طبيعة النشاط الإشعاعي للنواة ${}^{12}_{7}N$ ؟

ج ـ ماذا يحدث إذا كانت نواة الكربون المتولدة في حالة إثارة ؟ واكتب معادلة التفاعل النووي في هذه الحالة .

تمرين 3

يمثل الجدول التالي نتائج سلسلة من القي أحد ${}^{19}_{8}O$ نظائر عنصر الأوكسيجين .

t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
a(Bq)	1489	1231	1018	843	695	570	475	395	330

1 ـ باستعمال حاسبة أو مجدول ، أحسب عند كل لحظة t تغير النشاط بالنسبة لوحدة الزمن :

$$\left(\frac{\Delta a}{\Delta t}\right)_{t_i} = \frac{a(t_{i+1}) - a(t_{i-1})}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

2 ـ 2 ـ 1 مثل مبيانيا $-\left(\frac{\Delta a}{\Delta t}\right)_{t_i}$ بدلالة a .

2 ـ 2 بين أن معادلة المنحنى المحصل عليه تكتب على الشكل التالي :

$$\left(\frac{\Delta a}{\Delta t}\right)_{t_i} = -\lambda a$$

أعط القيمة العددية ل λ ووحدتها .

3 ـ تعرف الدالة المشتقة بالنسبة للزمن $\frac{da}{dt}$ للنشاط a بالعلاقة التالية : $\frac{da}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0}\left(\frac{\Delta a}{\Delta t}\right)$

ما العلاقة بين a ودالته المشتقة $\frac{da}{dt}$ ؟

4

عن دالة أسية وبالتالي فإن التعبير النظري للنشاط a يكتب : $a_{th} = a_0 e^{-\lambda t}$.

4 ـ 1 ما مدلول الثابتة a_0 ؟ حدد قيمتها ووحدتها .

4 ـ 2 أرسم التمثيل المبياني ل a_{th} باستعمال قيمة λ المحصل عليها في السؤال 2 ـ 2 .

4 ـ 3 أرسم على نفس المبيان السابق المنحنى $a_{exp}(t)$ اعتمادا على النتائج المدونة في الجدول
استنتج مدى صلاحية النموذج المستعمل لتقريب قانون التناقص الإشعاعي : $a_{th} = a_0 e^{-\lambda t}$.

5 ـ أوجد مبيانيا $t_{1/2}$ عمر النصف لنويدة الأوكسيجين 19 .

6 ـ أثبت العلاقة $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ، ثم احسب من جديد $t_{1/2}$ قارن واستنتج .

<u>تمرين 4</u>

البلونيوم 210 ($^{210}_{84}Po$) إشعاعي النشاط α ينتج عن تفتته نظير الرصاص $^{A}_{Z}Pb$. عمر النصف للبولونيم 210 هو $t_{1/2}$=138jours .

1 ـ أكتب معادلة النشاط الإشعاعي ، ثم حدد A و Z للنواة المتولدة .

2 ـ أحسب الثابتة الإشعاعية λ .

3 ـ نشاط عينة من البولونيوم 210 ، عند اللحظة t=0 هو : $a_0=10^{10}$Bq .
أحسب N_0 عدد نويدات البولونيوم 210 الموجودة في العينة .

4 ـ ما المدة الزمنية اللازمة ليصبح نشاط العينة $\frac{a_0}{4}$ ؟

5 ـ أعط العلاقة بين a_0 و a(t) النشاط الاشعاعي عند اللحظة t .

عبر عن التناقص النسبي للنشاط $r = \frac{a_0 - a(t)}{a_0}$ بدلالة $t_{1/2}$ و t ,

أحسب r عند t=1jour؟

<u>تمرين 5</u>

الكربون $^{14}_{6}C$ نظير إشعاعي النشاط β^- ,

1 ـ أكتب معادلة التحول النووي لنويدة الكربون .

2 ـ تبقى نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن (ذرة واحدة من الكربون 14 في 10^6 ذرة كربون طبيعي) .
توجد هذه النسبة في كل الكائنات الحية ، في حين أن هذه النسبة تتناقص في جسم تفتت النوى $^{14}_{6}C$.

عمر النصف للكربون 14 هو $t_{1/2}$=5600ans

نسمي $\frac{a(t)}{a_0}$ نسبة الكربون 14 المتبقية عند تأريخ كائن " ميت " في اللحظة t .

أ ـ أنقل الجدول التالي وأتممه .

t(année)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$		0,71		0,35		0,81	

ب ـ خط المنحنى الممثل ل $\frac{a(t)}{a_0}$ بدلالة t .

السلم : محور الأفاصيل : $100ans \leftrightarrow 1cm$
محور الأراتيب : $1 \leftrightarrow 1cm$

3 ـ أثناء ثوران بركان ، اختفت غابة مجاورة له تحت الأنقاض . تمكن الجيولوجيون من إيجاد قيمة نسبة الكربون 14 في كربون خشب الأحفوري $\frac{a(t)}{a_0} = 0,49$

متى حدث هذا ابركان ؟

الفيزياء النووية
التناقص الإشعاعي
تصحيح تمارين السلسلة 1

تمرين 1

ـ بما أن X وPb لهما نفس Z إذن X نظير ل Pb وبالتالي رمز X هو Pb

ـ بما أن Y و Po لهما نفس Z إذن Y نظير ل Po وبالتالي رمز Y هو Po .

معادلة التفتت واستنتاج نوع النشاط الإشعاعي :

من خلال المخطط نستنتج أن :

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e$$

نوع النشاط β^- .

من خلال المخطط كذلك نستنتج أن :

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb \rightarrow + {}^{4}_{2}He$$

نوع النشاط الإشعاعي α .

تمرين 2

1 ـ قانون صودي : خلال تحول نووي ينحفظ عدد النويات وعدد البرتونات Z .

2 ـ نطبق قانون صودي نحصل على النتيجة التالية : a=0 و z=1 أي أن الدقيقة عبارة عن بوزترون .

وتسمى أيضا الدقيقة β^+ .

3 ـ طبيعة النشاط الإشعاعي لنواة الأزوت 12 هو : النشاط الإشعاعي β^+ .

ج ـ إذا كانت النواة المتولدة في حالة إثارة فإنها تنتقل إلى حالتها الأساسية بانبعاث إشعاع γ حيث طاقة هذا الإشعاع هي الفرق بين مستوى الإثارة والمستوى الأساسي .

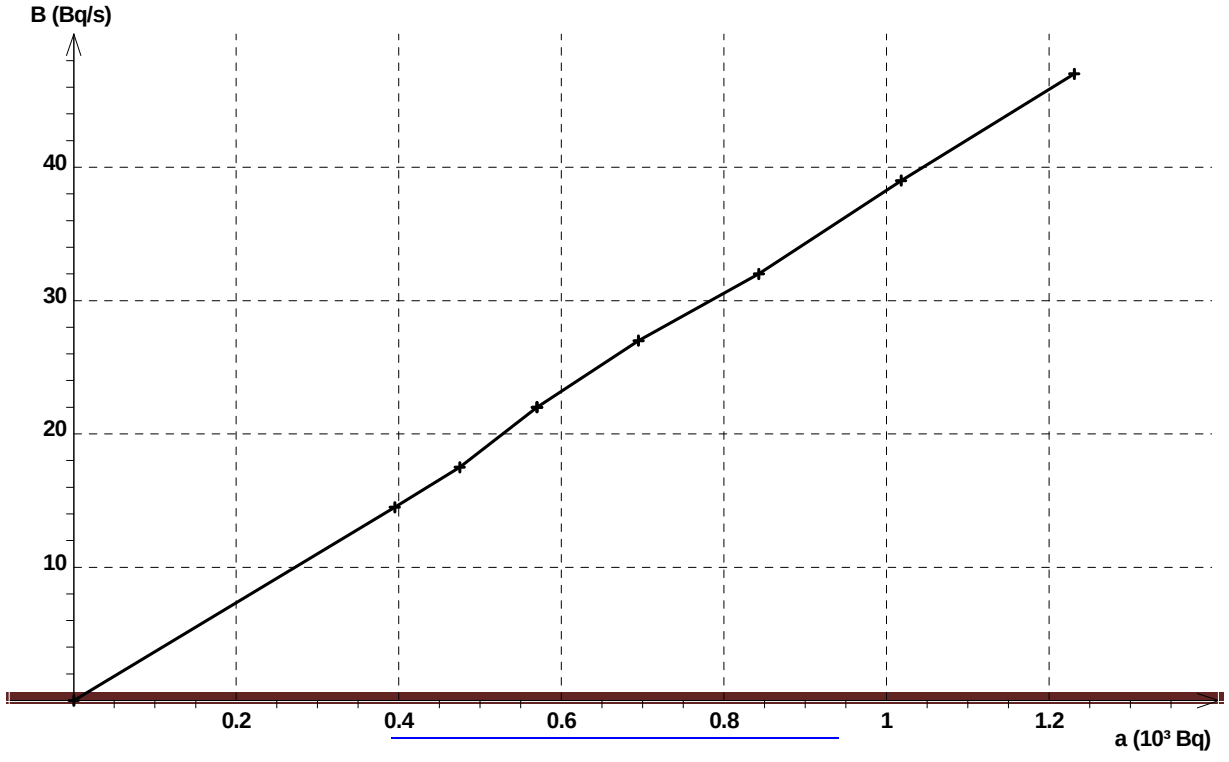
معادلة هذا التفتت هي : $^{12}_{6}C^* \rightarrow {}^{12}_{6}C \rightarrow \gamma$

تمرين 3

1 ـ نملأ الجدول باستعمال آلة حاسبة :

t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
a(Bq)	1489	1231	1018	843	695	570	475	395	330
$\frac{\Delta a}{\Delta t}$		-47	-39	-32	-27	-22	-17.5	-14.5	

2 التمثيل المبياني نستعمل برنم ريغريسي :



المبيان عبارة عن مستقيم يمر من أصل المعلم إذن فالدالة $-\frac{\Delta a}{\Delta t}=f(a)$ دالة خطية تكتب على الشكل التالي : $-\frac{\Delta a}{\Delta t}=\lambda a$

حيث λ قيمتها هي : $\lambda=3,8.10^{-2}s^{-1}$ وهي تمثل الثابتة الإشعاعية

3 ــ رياضيا نعلم أن :

$$\frac{da}{dt}=-\lambda a \text{ أي أن } \frac{da}{dt}=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta a}{\Delta t}=-\lambda a$$

4 ــ 1 تمثل a_0 في التعبير $a_{th}=a_0e^{-\lambda t}$ قيمة النشاط الإشعاعي في اللحظة t=0 .

من الجدول نستنتج أن a_0=1489Bq .

4 ــ 2 باستعمال قيمة λ وقيمة a_0 نحصل على :

$$a_{th}=1489\times e^{-3.8.10^{-2}t}\Rightarrow \frac{da_{th}}{dt}=-56.58e^{-3.8.10^{-2}t}$$

بتطبيق هذه العلاقة نملأ الجدول ونمثل $-\frac{\Delta a_{th}}{\Delta t}=f(a_{th})$

4 ــ 3

$a_{th}=a_0e^{-\lambda t}$ يتلاءم مع النتائج التجريبية .

5 ــ مبيانيا $t_{1/2}$ يوافقها $a_{1/2}=a_0/2$ =744Bq

6 ــ نطبق العلاقة النظرية للتناقص الإشعاعي :

لدينا $a_{th}=a_0e^{-\lambda t}$ عند $t_{1/2}$

$$a_{th}(t_{1/2})=a_0/2=a_0e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$\ln 2=\lambda t_{1/2}\Rightarrow t_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}\simeq 18s$$

تمرين 4

1 ــ معادلة النشاط الإشعاعي للبولونيوم : $^{210}_{84}Po\rightarrow {}^{206}_{82}Pb+{}^{4}_{2}He$

أنظر التمرين 1

2 ــ حساب الثابتة الإشعاعية :

$$t_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}=5,81.10^{-8}s^{-1}$$

3 ــ حساب نشاط العينة a_0 :

نعلم أن : $a_0=\lambda N_0\Rightarrow N_0=\frac{a_0}{\lambda}=1,72.10^{18}$

4 ــ حسب العلاقة : $a=a_0e^{-\lambda t}$ لدينا

$$\frac{a_0}{4}=a_0e^{-\lambda t}\Rightarrow \ln 4=\lambda t$$

$$t=2t_{1/2}=276jours$$

ــ 5

$$r = \frac{a_0 - a}{a_0} \Rightarrow r = \frac{a_0 - a_0 e^{-\lambda t}}{a_0} \Rightarrow r = 1 - e^{-\frac{t \ln 2}{t_{1/2}}}$$

$$r = 1 - 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}$$

عند t=1jours لدينا r=0,5% .

تمرين 5

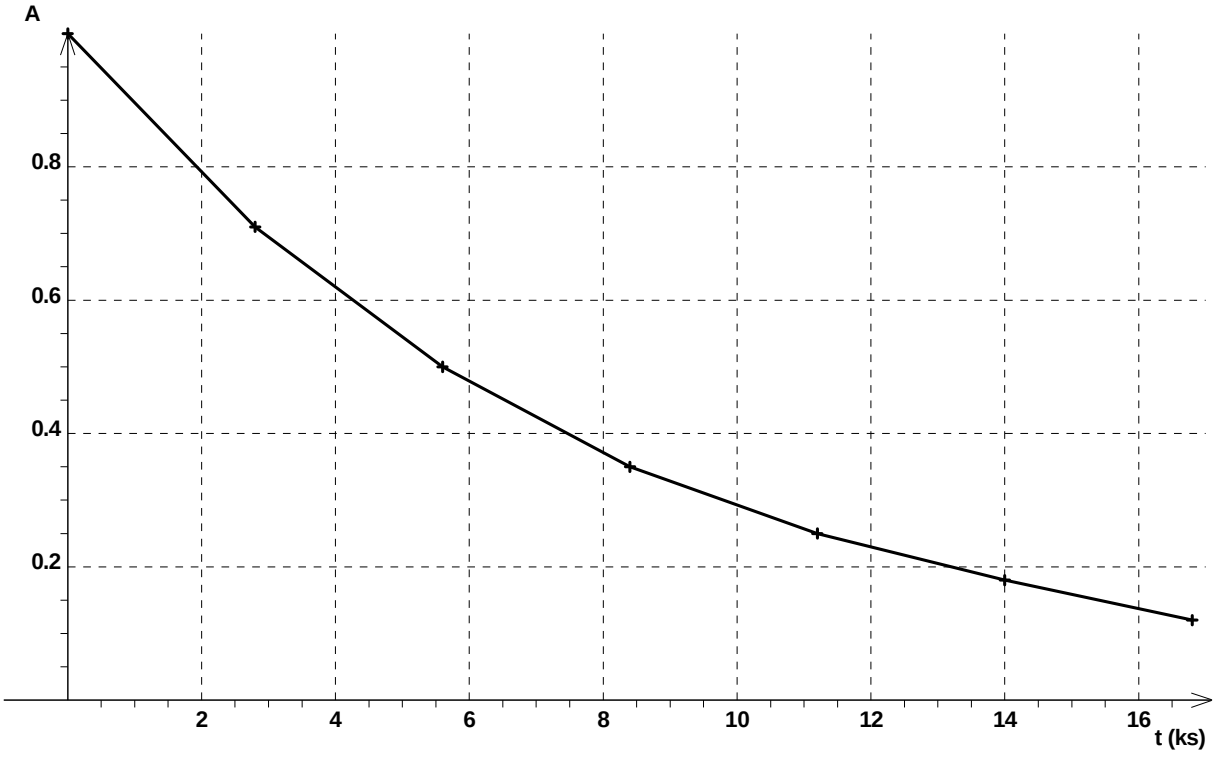
1 ـ معادلة تحول النووي لنويدة الكربون :

$$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$$

2 ـ أ

t(année)	0	2800	5600	8400	11200	14000	16800
$\frac{a(t)}{a_0}$	1	0,71	0,50	0,35	0.25	0,18	0.12

ب ـ خط المنحنى الممثل ل $\frac{a(t)}{a_0}$ بدلالة t .



النوى ، الكتلة والطاقة
Noyau ,masse et énergie

I ـ التكافؤ "كتلة ـ طاقة"

1 ـ علاقة إنشتاين

توصل العالم إنشتاين من خلال الميكانيك النسبوية الخاصة سنة 1905م إلى أن هناك تكافؤ بين الكتلة والطاقة .

تمتلك كل مجموعة كتلتها m ، في حالة سكون ، طاقة E تسمى طاقة الكتلة تعبيرها هو :

$$E = m.c^2$$

$c \simeq 3.10^8 m/s$ سرعة الضوء

m كتلة المجموعة نعبر عنها ب kg

E طاقة المجموعة نعبر عنها بالجول .

عندما تتغير كتلة المجموعة ب Δm خلال تحول ما ، يكون تغير الطاقة الكتلية لهذه المجموعة هو :

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

$\Delta m<0$ (تنقص كتلة مجموعة في سكون) ، طاقتها الكتلية تنقص كذلك $\Delta E<0$: **تحرر المجموعة في هذه الحالة طاقة تمنحها للوسط الخارجي . (Q>0)**

$\Delta m>0$ (تزداد كتلة مجموعة في سكون) ، طاقتها الكتلية تزداد كذلك $\Delta E>0$: **تكتسب المجموعة في هذه الحالة طاقة من الوسط الخارجي . (Q<0)**

2 ـ وحدة الكتلة والطاقة

أ ـ وحدة الكتلة الذرية

في الفيزياء النووية ، تكون كتل النوى والدقائق صغيرة جدا ، لذا يعبر عنها بوحدة ملائمة تسمى وحدة الكتلة الذرية ونرمز لها بـu

1u يساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12

نعلم أن كتلة مول واحد من ذرات الكربون 12 تساوي 12.10^{-3}kg ويحتوي 1 مول على $N=6,02.10^{23}$ ذرة أي أن :

$1u = \frac{1}{12}\frac{12.10^{-3}}{6.03.10^{23}} = 1,66.10^{-27} kg$ **وبالتالي 1u=1,66.10^{-27}kg**

مثال : كتلة البروتون

$$m_p = 1,6725.10^{-27}\,kg$$

$$m_p = \frac{1,6725.10^{-27}}{1,66.10^{-27}} = 1,0073u$$

ب ـ وحدة الطاقة : الإلكترون ـ فولط

في الفيزياء النووية الجول وحدة غير ملائمة للطاقة ، لذلك يفضل استعمال الإلكترون ـ فولط ومضاعفاته كالميغا إلكترون ـ فولط (MeV) .

$$1eV = 1,602177 \times 10^{-19} J$$

$$1MeV = 10^6 eV = 1,602177 \times 10^{--13} J$$

ج ـ الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية u .

حسب علاقة انشتاين الطاقة التي تكافئ 1u هي :

$$E = 1,66054\times\left(299792458\right)^2 = 1492,42\times10^{-13}\,J$$

$$E = \frac{1492,42\times10^{-13}}{1,602177\times10^{-13}} = 931MeV$$

$$1u = 931,5MeV/c^2$$

مثال : حساب طاقة الإلكترون : $E=mc^2$ بحيث أن $m_e=9,1.10^{-31}kg$

$E=9,1.10^{-31}.9.10^{16}J=81,9.10^{-15}J$ وبما أن $1eV=1,6.10^{-19}J$ فإن $E=0,512Mev$

نستنتج أن كتلة الإلكترون بوحدة الطاقة الكتلية : $m_e=0,512Mev/c^2$.

II ـ طاقة الربط Energie de liaison

2 ـ 1 النقص الكتلي .

تبين قياسات دقيقة أنجزت بواسطة معيار الكتلة أن كتلة النواة تكون دائما أقل من مجموع كتل الدقائق التي تكونها .

مثال : كتلة نواة الدوتريوم ^2_1H : $m\left(^2_1H\right)=2,0109u$

الدقائق المكونة لنواة الدوتريوم Z=1 و N=1

مجموع كتل الدقائق : $m_p+m_n=2,0199u$

وبالتالي

$$\Delta m = \left(m_p+m_n\right)-m\left(^2_1H\right)$$
$$= 0,0050u$$

نسمي Δm بالنقص الكتلي للنواة .

بصفة عامة : **نسمي النقص الكتلي لنواة Δm الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة وهو مقدار دائما موجب .**

$$\Delta m = \left(Zm_p+Nm_n\right)-m\left(^A_ZX\right)$$

2 ـ 2 طاقة الربط

النواة مكونة من بروتونات ذات شحنة موجبة و n نوترونات ذات شحنة منعدمة . يفسر تماسك النواة بوجود قوى نووية ذات شدة كبيرة تسمى بقوى التأثيرات البينية القوية .

لفصل نويات النواة يجب إعطاؤها طاقة ، تسمى بطاقة الربط E_ℓ .

وحسب علاقة التكافؤ بين الكتلة والطاقة لأنشتاين فإن النقص الكتلي لنواة يكافئ الطاقة اللازمة إعطاؤها لفصل نوياتها :

$$Zm_p+(A-Z)m_n = m(^A_ZX)+E_\ell$$

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = \left(Zm_p+(A-Z)m_n-m(^A_ZX)\right).c^2$$

2 ـ 3 طاقة الربط بالنسبة لنوية

$$\mathcal{E} = \frac{E\ell}{A}$$

وحدة $\mathcal{E}$ هي Mev/nucléon

وهي تمثل طاقة الربط المتوسطة لنوية .

- للحكم على مدى استقرار نويدة يجب اعتبار طاقة الربط بالنسبة للنوية .
- تكون نويدة أكثر استقرارا كلما كانت طاقة الربط بالنسبة للنوية كبيرة .

تمرين تطبيقي :

نعتبر نويدة الراديوم $^{226}_{88}Ra$

أحسب طاقة الربط لنويدة الراديوم واستنتج طاقة الربط بالنسبة لكل نوية .

نعطي : $m(Ra)=225,977u$ و $m_p=1,00728u$ و $m_n=1,00867u$ و $1u=1,66.10^{-27}kg$ و

$c=3.10^8m/c^2$

الجواب : طاقة الربط اللازمة هي الطاقة اللازمة لفصل نويات موجودة في حالة سكون .

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = \left[\left(Zm_p + Nm_n\right) - m\left({}^{A}_{Z}X\right)\right]c^2$$

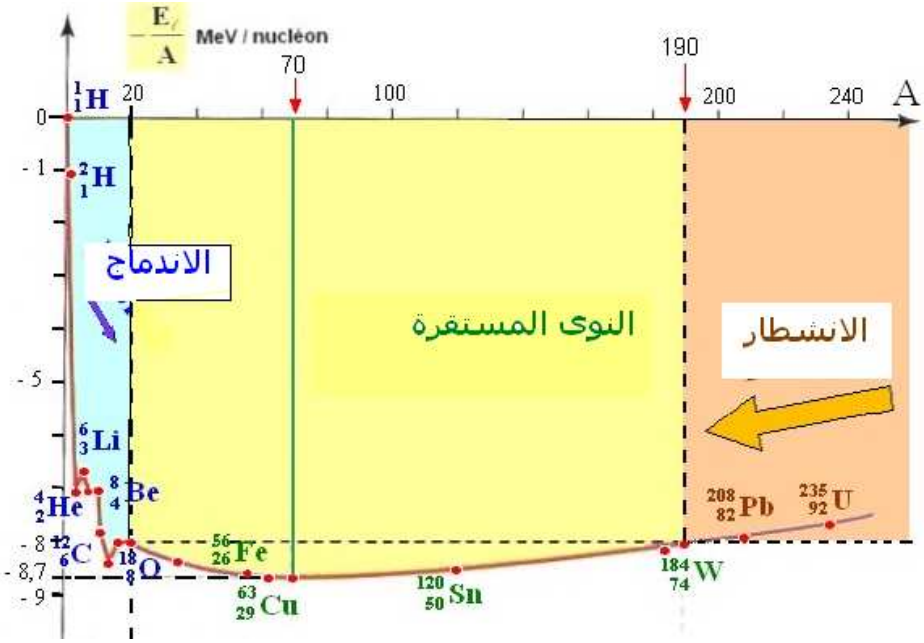
Z=88 و N=226 ومنه فإن

$$E_\ell = (88.1,00728 + 138.1,00867 - 225,977).9.10^{16} = 2,779.10^{-10}\,J = 1736,90MeV$$

طاقة الربط بالنسبة لكل نوية $\mathcal{E} = \frac{E\ell}{A}$ وبالتالي $\mathcal{E} = \frac{1736,90}{226} = 7,68MeV/c^2$

2 ـ 4 منحنى أسطون Aston

يمكن مقارنة استقرار مختلف النويدات باستعمال منحنى أسطون ، حيث يمثل تغيرات مقابل طاقة الربط



بالنسبة لنويدة $\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$ بدلالة عدد النويات A . أنظر الشكل .

من خلال المنحنى نلاحظ :

- 20<A<195 : $\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$ لها قيم دنيا تقارب قيمتها المطلقة $8MeV/c^2$. هذه المنطقة تظم النوى الأكثر استقرارا (مثال الحديد Fe هو النوى الأكثر استقرارا لذا يوجد بوفرة في الطبيعة .
- A<20 و A>195 : $\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$ كبيرة أي أن $\left(\frac{E_\ell}{A}\right)$ صغيرة جدا وبالتالي فطاقة الربط بالنسبة لنوية ضعيفة الشيء الذي يبين أن هذه النوى غير مستقرة يمكنها أن تتحول إلى نوى أكثر استقرارا .

يمكن لهذه أن تتحول وفق نوعين من التفاعلات النووية :

-- A>19 ـ النوى الثقيلة غير المستقرة تنشطر إلى نواتين خفيفتين . وتسمى هذه **الظاهرة الانشطار النووي .**

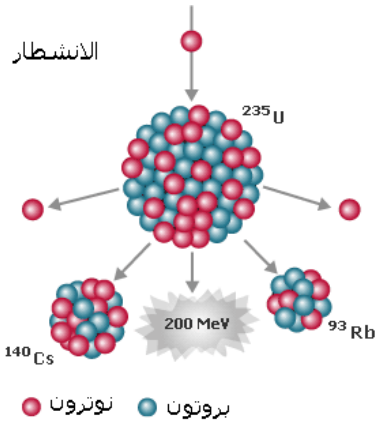
ـ A<20 ـ النوى الخفيفة تتحد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلا وتسمى هذه **الظاهرة الاندماج النووي** .

ملحوظة . الاندماج والانشطار تفاعلان محرّضان .

III ـ الانشطار والاندماج النوويان Fusion et fission nucléaire

1 ـ الانشطار النووي :

يمكن لنواة ثقيلة كالأورانيوم أو البلوتونيوم مثلا أن تنقسم ، بعد قدفها بنترون بطيء (طاقته الحركية أقل من 0,1MeV)إلى نواتين خفيفتين . يسمى هذا التحول الانشطار النووي ، وتسمى النوى الثقيلة النوى **الشطورة fissile** والنترون القديفة **: النوترون الحراري .**



أ ـ تعريف

الانشطار النووي تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شطورة ، بعد التقافها لنترون حراري إلى نواتين خفيفتين .

أمثلة :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{140}_{55}Cs + ^{93}_{37}Rb + 3\,^{1}_{0}n$$

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{139}_{54}Xe + 3\,^{1}_{0}n + \gamma$$

ب ـ تفاعل متسلسل

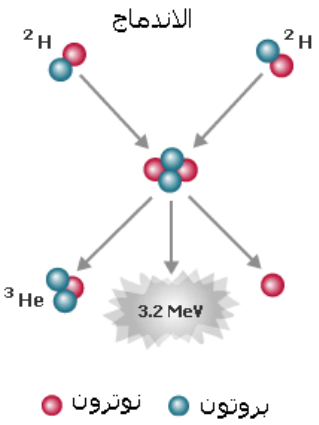
يمكن لنوترونات الناتجة عن الانشطار النووي أن :

ـ تفلت من وسط التفاعل .

ـ أو تلتقفها نوى غير شطورة .

أو تتسبب في انشطار نوى أخرى ، مساهمة في حدوث تفاعل متسلسل قد يتم بكيفية تفجيرية ، إذا كان غير متحكم فيه ، وهذا ما يحدث في القنبلة النووية . ويمكن التحكم فيه وضبطه وهذا ما يحدث في المفاعلات النووية حيث ينتج الطاقة بكيفية منتظمة .

ويتحكم في التفاعل التسلسل في المفاعلات النووية عن طريف امتصاص النوترونات بواسطة قضبان من الكاديوم .



2 ـ الاندماج النووي .

أ ـ تعريف

الاندماج النووي تفاعل يتم خلاله انضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا .

أمثلة : تقع تفاعلات الاندماج داخل الشمس حيث يتم خلالها تكون الهيليوم انطلاقا من الهيدروجين ، وفق ثلاث مراحل :

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{2}_{1}H + ^{0}_{1}e$$

$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He$$

$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H$$

ب ـ شروط تحقيق الاندماج النووي

لا يتحقق الاندماج النووي إلا إذا كان للنواتين الخفيفتين طاقة تمكنها من التغلب على قوى التأثيرات البينية التنافرية . ويتطلب توفير هذه الطاقة درجة حرارة عالية . ولهذا السبب ينعت الاندماج **بالتفاعل النووي الحراري .**

VI ـ الحصيلة الكتلية والطاقية لتفاعل نووي .

1 ـ الحالة العامة :

نعتبر تفاعلا نوويا معبرا عنه بالمعادلة التالية :

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}X_3 + ^{A_4}_{Z_4}X_4$$

X_i تدل على نوى عناصر كيميائية أو دقائق .

الحصيلة الطاقية المقرونة بهذا لتفاعل هي :

$$\left[E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)\right] = \left[E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)\right] + \Delta E$$

$$\Delta E = \left[E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)\right] - \left[E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)\right]$$

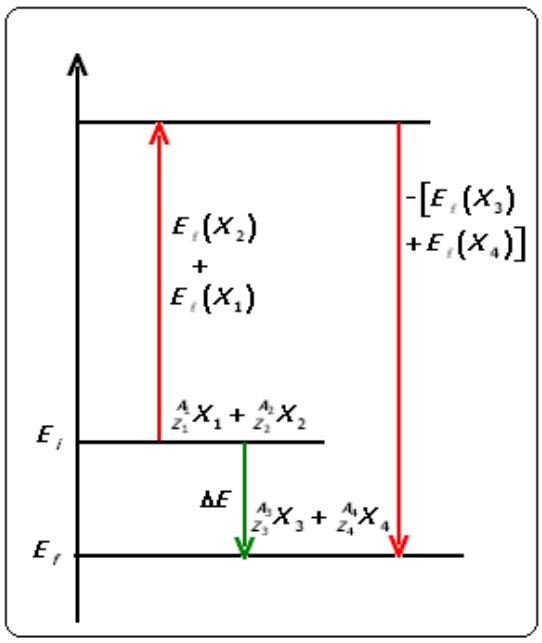
حيث $E_\ell(X_i)$ طاقة الربط للنواة أو الدقيقة X_i . و ΔE طاقة التفاعل .

حسب تعبير طاقة الربط E_ℓ لدينا :

$$\Delta E = \left[m(X_3) + m(X_4)\right].c^2 - \left[m(X_1) + m(X_2)\right].c^2$$

$$\Delta E = \left[m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)\right].c^2$$

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = \left[m(produit) - m(reactifs)\right].c^2$$



ملحوظة : مخطط الطاقة لتفاعل نووي عام :

E_i : الطاقة البدئية للمجموعة

E_f : الطاقة النهائية للمجموعة .

$E_\ell(X_1)+E_\ell(X_2)$ الطاقة التي تكتسبها المجموعة لتفكيك النواتين .

$-\left[E_\ell(X_3)+E_\ell(X_4)\right]$ الطاقة التي تحررها المجموعة عند تكون النواتين X_3 و X_4 .

ΔE الطاقة الكلية لهذا التفاعل النووي وبذلك تصبح أكثر استقرارا .

ملحوظة : الطاقة المحررة خلال تفاعل ناشر للطاقة هي $Q=-\Delta E>0$

2 ـ تطبيقات على الانشطار ولاندماج النوويين

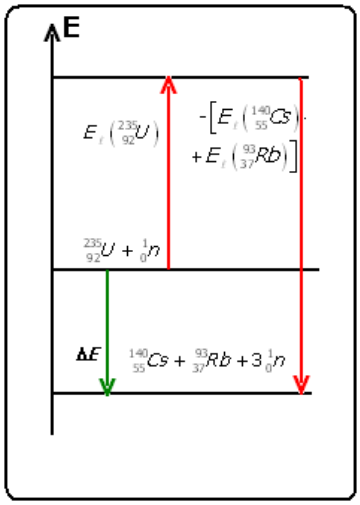
أ ـ الانشطار النووي :

نعتبر معادلة الانشطار النووي التالية :

$$^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n\rightarrow{}^{140}_{55}Cs+{}^{93}_{37}Rb+3\,{}^{1}_{0}n$$

نعطي كتل النوى المتدخلة في هذا التفاعل النووي .

$^{235}_{92}U$	$^{140}_{55}Cs$	$^{93}_{37}Rb$	$^{1}_{0}n$
234,99346 u	139,88711 u	92,90174 u	1,00866 u



أحسب الطاقة المحررة من طرف نواة واحدة من الأورانيوم .

لدينا حسب تعبير تغير الطاقة : $\Delta E=\Delta m.c^2$

بحيث أن

$$\Delta m=m_f-m_i$$

$$=\left[m\left(^{140}_{55}Cs\right)+m\left(^{93}_{37}Rb\right)+3m\left(^{1}_{0}n\right)\right]-\left[m\left(^{235}_{92}U\right)+m\left(^{1}_{0}n\right)\right]$$

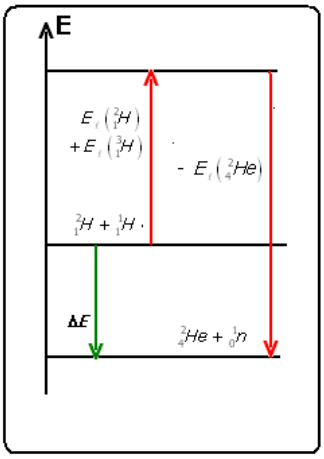
$$=\left[m\left(^{140}_{55}Cs\right)+m\left(^{93}_{37}Rb\right)+2m\left(^{1}_{0}n\right)-m\left(^{235}_{92}U\right)\right]$$

$$=-0,18729u=-3,1100\times10^{-28}kg$$

$$\Delta E=\Delta m.c^2=-2,7995\times10^{-11}J=-174,699MeV$$

أي أن انشطار نواة واحدة من الأورانيوم تحرر طاقة $Q=-\Delta E$ تساوي 174,699MeV .

مخطط الطاقة لتفاعل الانشطار : أنظر الشكل



ب ـ الاندماج النووي

نعتبر تفاعل الاندماج التالي :

$$^{2}_{1}H+{}^{3}_{1}H\rightarrow{}^{2}_{4}He+{}^{1}_{0}n$$

$$\Delta E=\Delta m.c^2$$

$$\Delta m=m_f-m_i=\left[m\left(^{2}_{4}He\right)+m\left(^{1}_{0}n\right)\right]-\left[m\left(^{2}_{1}H\right)+m\left(^{3}_{1}H\right)\right]$$

$$=-0,18729u=-3,1100\times10^{-28}kg$$

$$\Delta E=\Delta m.c^2\simeq-17,585MeV$$

$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{2}_{4}He$	$^{1}_{0}n$
2,01355	3,01550	4,00150	1,00866

تفاعل الاندماج يحرر طاقة تقارب 18MeV ، بينما تفاعل الانشطار يحرر طاقة تقارب 200MeV تقريبا .

فالبنسبة لعدد النويات بالنسبة للاندماج النووي 5 نويات وبالنسبة للانشطار النووي 236 نوية أي أنه بالنسبة لنوية واحدة الطاقة المحررة بالاندماج أكبر بخمس مرات

سلسلة التمارين 2)

3 ـ تطبيقات على التحولات النووية التلقائية .

ملحوظة مهمة :

$\Delta E < 0$ تكون المجموعة ناشرة للطاقة أي أنها تحرر الطاقة يكتسبها المحيط الخارجي ($Q=-\Delta E>0$).

$\Delta E > 0$ تكون المجموعة ماصة للطاقة (تكتسب طاقة من المحيط الخارجي ($Q=\Delta E <0$)

بالنسبة للتفاعلات النووية التلقائية تكون دائما $\Delta E < 0$ ونرمز لها بالحرف E وتظهر هذه الطاقة على شكل طاقة طاقة حركية تكتسبها على الخصوص الدقائق المنبعثة خلال التفتت .

ا ـ النشاط الاشعاعي α

معادلة التفتت α هي :

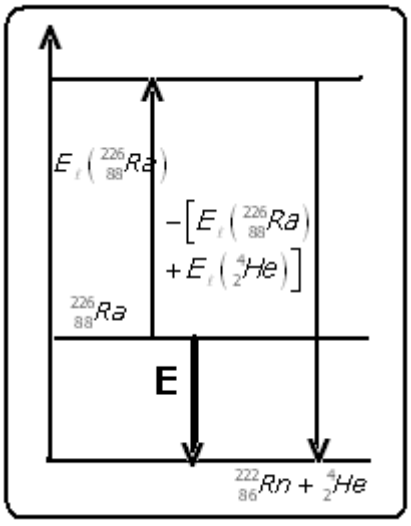
$$^{Z}_{A}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + \alpha$$

الطاقة المتحررة خلال النشاط الإشعاعي α :

$$E = \left[m(\alpha) + m\left({}^{A-4}_{Z-2}Y\right) - m\left({}^{Z}_{A}X\right) \right].c^2$$

تطبيق : أحسب الطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الراديوم 226 . نواة الراديوم إشعاعية النشاط α نعطي :

$^{226}_{88}Ra$	$^{222}_{86}Rn$	$^{4}_{2}He$
225,977u	221,9702	4,0015



$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

ننجز الحصيلة الطاقية لهذا التفاعل :

$$E = \left[m\left({}^{222}_{86}Rn\right) + m\left({}^{4}_{2}He\right) - m\left({}^{226}_{88}Ra\right) \right].c^2$$

$$= \left[-5,3.10^{-3}u \right].c^2$$

نعلم أن $1u=931,5MeV/c^2$ وبالتالي فإن :

$$E = -5,3.10^{-3} \times 931,6 \frac{MeV}{c^2}.c^2 = -4,94MeV$$

وبالتالي الطاقة المحررة عن هذا التفاعل هي : $Q = -E = E_C(\alpha) = 4,94MeV$ وهي تظهر على شكل طاقة حركية تكتسبها على الخصوص الدقيقة α .

ب ـ النشاط الإشعاعي β^- .

معادلة التفتت للنشاط الإشعاعي β^-

$$^{Z}_{A}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$$

الحصيلة الطاقية للنشاط الإشعاعي β^- :

$$E = \left[m\left({}^{A}_{Z+1}Y\right) + m\left({}^{0}_{-1}e\right) - m\left({}^{Z}_{A}X\right) \right].c^2$$

ج ـ النشاط الإشعاعي β^+

معادلة التفتت للنشاط الإشعاعي β^+

$$^{Z}_{A}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e$$

الحصيلة الطاقية للنشاط الإشعاعي :

$$E = \left[m\left({}^{A}_{Z-1}Y\right) + m\left({}^{0}_{+1}e\right) - m\left({}^{Z}_{A}X\right) \right].c^2$$

ملحوظة :

تتحول الطاقة المحررة خلال التفاعلات النووية إلى طاقة حركية للنوى والدقائق الناتجة عن هذا التحول وكذلك إلى طاقة كهرمغناطيسية للإشعاعات γ .

$$Q = -\Delta E = \sum E_C\left({}^{A}_{Z}Y\right)$$

$^{A}_{Z}Y$: **النوى والدقائق الناتجة عن التحول**

٧ ـ التأثيرات البيولوجية للنشاط الإشعاعي .

للإشعاعات النووية تأثير على جسم الإنسان وذلك حسب الكمية التي يمتصها الجسم وبطبيعة الأشعة

- الإشعاعات α
  الجلد .
- الإشعاعات β أكثر نفاذية من α ، ويلزم عددة مليمترات لإيقافها . تستعمل هذه الإشعاعات لمعالجة الخلايا السرطانية .
- الإشعاعات γ نافدة بقدر كبير ، ولإيقافها يلزم عدة سنتيمترات من الرصاص ، وتستعمل في تشخيص الأمراض بالصور .

تستعمل الإشعاعات النووية في الطب بكميات ضئيلة جدا كعنصر لاستشفاء ولتشخيص الأمراض أو لمعالجتها .

كيف تؤثر الإشعاعات النووية على الإنسان ؟

تتفاعل الإشعاعات النووية ذات الطاقة العالية مع المادة المكونة لجسم الإنسان ، إذ يمكنها انتزاع إلكترونات ذرات خلايا بعض الأعضاء محدثة بعض التشوهات بيوكميائية .

الفيزياء النووية
سلسلة التمارين 2 : النوى ، الطاقة والكتلة
الثانية بكالوريا علوم فيزيائية وعلوم رياضية

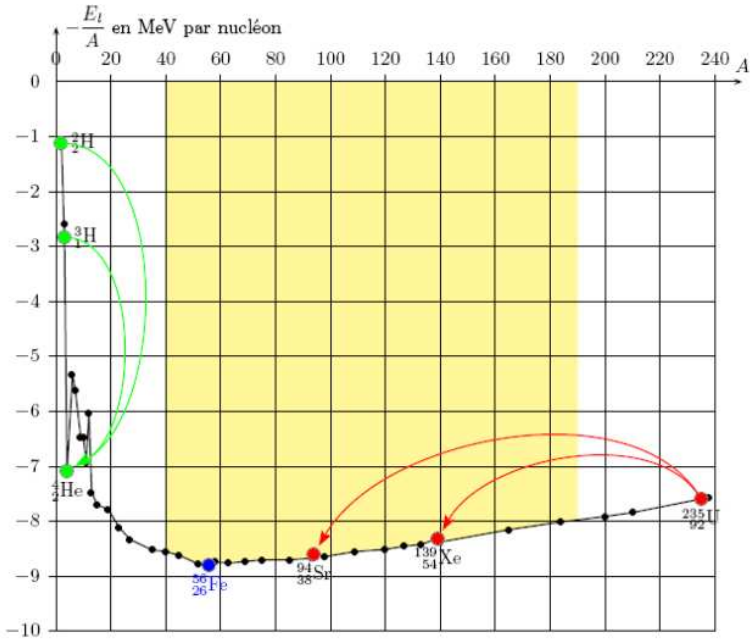
في جميع التمارين نأخذ :

$m_n = 1,00866u,\ m_p = 1,00728u$

$m(\alpha) = 4,00150u,\ m(e) = 0,00055u$

$1u = 1,6605.10^{-27}kg,\ 1eV = 1,602.10^{-19}J$

$c = 2,9979.10^{8}m/s,\ 1u = 931,5MeV/c^2$



<u>تمرين 1</u>

1 ـ عرف النقص الكتلي للنواة $^{Z}_{A}X$.

2 ـ عرف طاقة الربط لنواة E_ℓ

3 ـ أكتب العلاقة التي تمكن من حساب طاقة الربط لنواة $^{Z}_{A}X$.

تمرين 2 . منحنى أسطون

1 ـ ماذا يمثل منحنى أسطون ؟

2 ـ عين على هذا المنحنى مجال النوى المستقرة .

3 ـ أين توجد النوى على المنحنى القابلة للانشطار والنوى القابلة للاندماج ؟ علل جوابك .

<u>تمرين 2</u>

من بين نظائر الكربون هناك : $\left(^{12}_{6}C\right)$ و $\left(^{14}_{6}C\right)$

1 ـ أحسب بالنسبة لنواة $\left(^{14}_{6}C\right)$

أ ـ النقص الكتلي Δm .

ب ـ طاقة الربط E_ℓ .

ج ـ طاقة الربط بالنسبة لنوية $\mathcal{E}$ بMeV /nucleon ثم بالجول .

2 ـ طاقة الربط بالنسبة لنوية للنواة $\left(^{12}_{6}C\right)$ هي $\mathcal{E}' = 7,68MeV/nucleon$.

استنتج النواة الأكثر استقرارا من بين $\left(^{12}_{6}C\right)$ و $\left(^{14}_{6}C\right)$.

معطيات :

$m\left(^{12}_{6}C\right) = 11,99674u, m\left(^{14}_{6}C\right) = 13,9999u$

<u>تمرين 3</u>

يتنبأ علماء الذرة حاليا أن وقود المفاعلات النووية المستقبلية في تفاعلات الاندماج وهو خليط مكون من الدوتوريوم (d) نواته $\left(^{2}_{1}H\right)$ والتريسيوم (t) نواته $\left(^{3}_{1}H\right)$. المعادلة النووية للاندماج هي كالتالي :

$$^{3}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$$

1 ـ أحسب تغير الكتلة Δm الناتج عن التفاعل النووي .

2 ـ أحسب الطاقة الناتجة عن التفاعل النووي .

3 ـ أحسب الطاقة الناتجة بالجول خلال تكوّن 1mol من الهيليوم $^{4}_{2}He$

4 ـ مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة.

نعطي :

$$m\left({}_{1}^{2}H\right)=2,01355u, m\left({}_{1}^{3}H\right)=3,01550u$$

$$m\left({}_{0}^{1}n\right)=1,00866u, m\left({}_{2}^{4}He\right)=4,00150$$

<u>تمرين 4</u>

نعبر عن تفاعل انشطار نواة الأورانيوم 235 ، عند قدفها بنترون ، بالمعادلة التالية :

$${}_{92}^{235}U+{}_{0}^{1}n\rightarrow{}_{54}^{140}Xe+{}_{38}^{94}Sr+3{}_{0}^{1}n$$

1 ـ أحسب تغير الكتلة Δm الناتج عن التفاعل النووي .

2 ـ استنتج الطاقة الناتجة عن التفاعل . هل هذا التفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة ؟ علل الجواب .

3 ـ مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة .

نعطي :

$$m\left({}_{92}^{235}U\right)=234,99332u, m\left({}_{38}^{94}Sr\right)=93,89446u$$

$$m\left({}_{0}^{1}n\right)=1,00866u, m\left({}_{54}^{139}Xe\right)=138,89194u$$

<u>تمرين 5</u>

باستغلال النتائج المحصلة في التمرين 4 والتمرين 5 ، بين أن الطاقة الناتجة خلال الاندماج جد مهمة بالنسبة للطاقة الناتجة خلال الانشطار .

<u>تمرين6</u>

نواة الكوبالط $\left({}_{27}^{60}Co\right)$ إشعاعية النشاط β^{-}.

1 ـ أكتب معادلة التفاعل النووي لتفتت نواة الكوبالط . فسر ميكانيزم النشاط الإشعاعي β^{-} .

2 ـ أحسب طاقة الربط للنواة $\left({}_{27}^{60}Co\right)$.

3 ـ أحسب الطاقة الناتجة عن تفتت 1g من الكوبالط 60 .

نعطي :

$$m\left({}_{28}^{60}Ni\right)=59,91544u, m\left({}_{27}^{60}Co\right)=59,91901u$$

$$N_A=56,02.10^{23}mol^{-1}$$

<u>تمرين7</u>

يتكون الكربون 14 في الطبقات العليا للغلاف الجوي بعد اصطدام نوترون بنواة الأزوت حسب المعادلة التالية : ${}_{7}^{14}N+{}_{0}^{1}n\rightarrow{}_{6}^{14}C+{}_{1}^{1}H$

1 ـ أحسب طاقة هذا التفاعل .

2 ـ الكربون 14 إشعاعي النشاط β^{-}

2 ـ 1 أكتب معادلة تفتت الكربون 14 .

2 ـ 2 أحسب الطاقة الناتجة خلال هذا التفاعل .

3 ـ مثل الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة . هل هذا التفاعل ناشر للحرارة أم ماص للحرارة ؟ علل الجواب .

نعطي : $m\left({}_{6}^{12}C\right)=11,99674u, m\left({}_{6}^{14}C\right)=13,9999$

تصحيح السلسلة 2
النواى والطاقة والكتلة .
السنة الثانية بكالوريا علوم فيزيائية

تمرين 1

1 ـ النقص الكتلي هو الفرق بين كتلة النويات عندما تكون منفصلة وكتلة النواة . نعبر عنه بالعلاقة التالية بالنسبة لنواة ${}^{A}_{Z}X$: $\Delta m = \left(Zm_p + (A-Z)m_n\right) - m\left({}^{A}_{Z}X\right)$

2 ـ طاقة الربط E_ℓ : هي الطاقة اللازم إعطاؤها للنواة لفصل نوياتها .

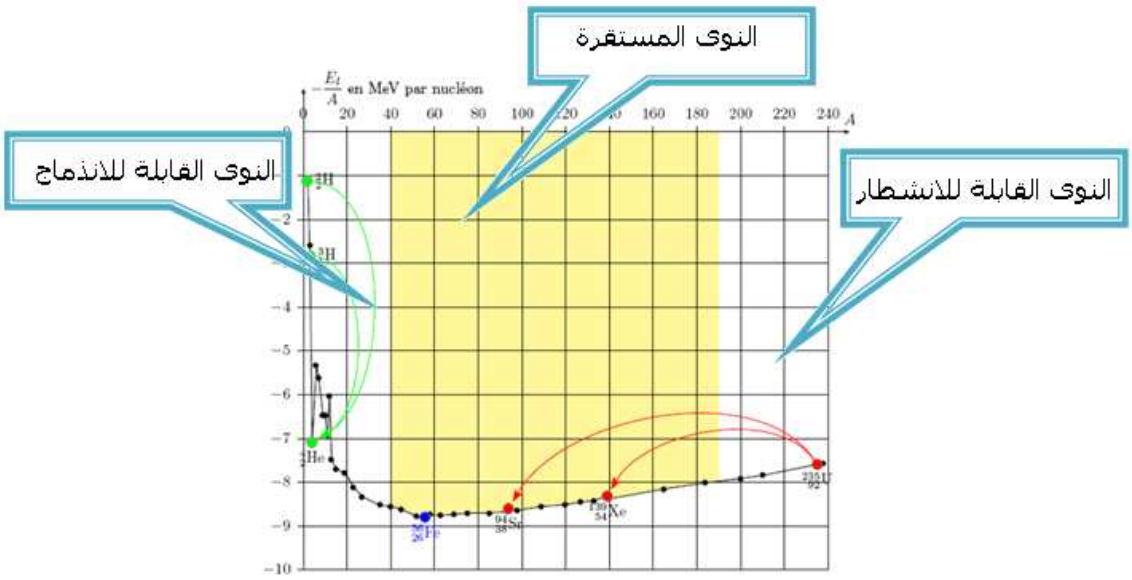
3 ـ العلاقة التي تمكن من حساب طاقة الربط : $E_\ell = \Delta m.c^2$

تمرين 2

يمثل منحنى أسطون تغيرات مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية بدلالة عدد الكتلة A :

$$\left(-\frac{E_\ell}{A}\right) = f(A)$$

أنظر المنحنى :



تمرين 3

1 ـ أ حساب النقص الكتلي :

$$\Delta m = \left(6m_p + 8m_n\right) - m\left({}^{14}_{6}C\right)$$

$$= 6,04368 + 8,06928 - 13,9999 = 0,11306u$$

ب ـ طاقة الربط للنواة :

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = 0,11306u$$

$$1u = 931,5MeV/c^2$$

$$E_\ell = 0,11306u = 0,11306 \times 931,5MeV = 105,32MeV$$

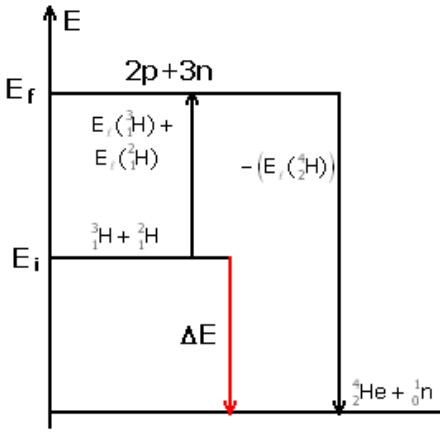
ج ـ طاقة الربط بالنسبة لنوية :

$$\mathcal{E} = \frac{E_\ell}{A} = \frac{105,32MeV}{14} = 7,52MeV/nucleon$$

$\mathcal{E}' > \mathcal{E}$

بالتالي فإن الكربون 12 الأكثر استقرار من الكربون 14 .

تمرين 4



1 ـ حساب تغير الكتلة Δm الناتج عن التفاعل النووي :

$$\Delta m = m(^4_2He) + m(n) - m(^3_1H) - m(^2_1H)$$

$$\Delta m = 4,00150 + 1,00866 - 3,01550 - 2,01355$$

$$\Delta m = -0,01889u$$

$$\Delta m = -17,596MeV/c^2$$

2 ـ حساب الطاقة الناتجة عن التفاعل النووي :

نحسب طاقة التفاعل النووي : $\Delta E = \Delta m.c^2 = -17,5960MeV$

الطاقة الناتجة عن التفاعل هي Q=17,5960MeV خلال تكون نواة واحدة من الهيليوم .

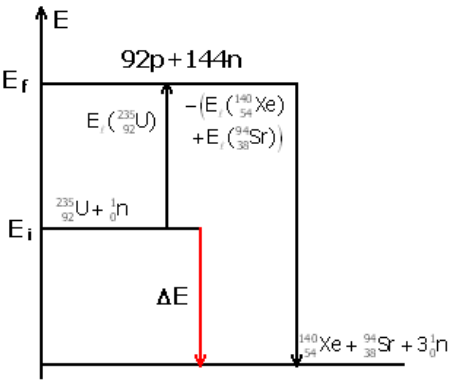
بالجول ، $Q = 17,5960 \times 1,602.10^{-13} J = 28,189.10^{-13} J$

3 ـ عند تكون 1mol والذي يحتوي على N_A نواة من الهيليوم تكون الطاقة الناتجة هي :

$$Q' = N_A.Q = 169,965.10^{10} J$$

4 ـ الحصيلة الطاقية باستعمال مخطط الطاقة :

تمرين 5



1 ـ حساب تغير الكتلة Δm :

$$\Delta m = m(^{140}_{54}Xe) + m(^{94}_{38}Sr) + 2m(n) - m(^{235}_{92}U)$$

$$\Delta m = 138,89194 + 93,89446 + 2 \times 1,00866 - 234,99332$$

$$\Delta m = -0,1896u$$

$$\Delta m = -176,612MeV/c^2$$

2 ـ نستنتج الطاقة الناتجة عن التفاعل :

نحسب طاقة التفاعل : $\Delta E = \Delta m.c^2 = -176,612MeV$

الطاقة الناتجة عن التفاعل هي $Q = -\Delta E = 176,612MeV$ بما أن $\Delta E < 0$ فإن التفاعل ناشر للحرارة

3 ـ مخطط الطاقة أنظر المخطط جانبه .

تمرين 6

حسب التمرينين :

خلال الانذماج يتبين أن 5 نويات تنتج أو تحرر طاقة تكافئ 17,596MeV أي أن نوية واحدة تحرر 3,5192MeV

خلال الانشطار أن 236 نوية تحرر طاقة تكافئ 176,612MeV أي أن نوية واحد تحرر ما قيمته 0,748MeV

مما يبين أن الطاقة المحررة خلال الاندماج أكبر بكثير من الطاقة المحررة خلال الانشطار

تمرين 7

1 ـ معادلة التفاعل النووي لتفتت نواة الكوبالط .

$$^{60}_{27}Co \rightarrow ^{60}_{28}Ni + ^0_{-1}e$$

تفسير ميكانيزم النشاط الإشعاعي β^-

النشاط الإشعاعي β^- هو استحالة نووية حيث تتحول داخل النواة نوترون إلى بروتون :

$$^1_0n \rightarrow ^1_1p + ^0_{-1}e$$

2 ـ حساب طاقة الربط لنواة الكوبالط :

$$\Delta m = \left(27m_p + 33m_n\right) - m\left(^{60}_{27}Co\right) = 0,56333u$$

طاقة الربط هي

$$\Delta m = 0,56333 \times 931,5 = 524,47 MeV / c^2$$

$$\Delta E = 24,74 MeV$$

3 ـ الطاقة الناتجة عن تفتت 1g من الكوبالط :

ـ نحسب طاقة التفاعل :

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = m(Ni) + m(e) - m\left(^{60}_{27}Co\right) = -0,00301 \times 931, MeV / c^2$$

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = -2,804 MeV$$

الطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الكوبالط هي $Q = -\Delta E = 2,804 MeV$

بالنسبة ل 1g ، نحسب عدد النويدات في 1g من الكوبالط : $\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \Rightarrow N = N_A . \frac{m}{M}$

$$Q' = N_A . \frac{m}{M} \times Q$$

$$Q' = 6,02.10^{23} \times \frac{1}{59,5} \times 2,804 \times 1,602.10^{-13} J = 0,4545.10^{10} J$$

تمارين حول التناقص الإشعاعي والنوى والكتلة والطاقة .
السنة الثانية بكالوريا علوم فيزيائية

تمرين 1

يلاحظ النشاط الإشعاعي β^+ بصفة عامة بالنسبة لنوى الاصطناعية . مثلا النيون 19 يتفتت حسب المعادلة النووية التالية :

$$^{19}_{10}Ne \rightarrow ^{19}_{9}F^* + ^{0}_{-1}e + ^{0}_{0}\nu$$

$$^{19}_{9}F^* \rightarrow ^{19}_{9}F + \gamma$$

بحيث أن $^{0}_{0}\nu$ دقيقة ، تسمى بالنوترينو neutrino تنقل الطاقة .

1

2 ـ ما هو نوع الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل ؟ (طاقة وضع ـ طاقة ميكانيكية ـ طاقة حركية .. الخ)

3 ـ الإشعاع γ عند انبعاثه طاقته تساوي 551KeV ، الطاقة الحركية للبوزترون قيمتها 0,822KeV ، نهمل الطاقة الحركية للنواة المتولدة .

3 ـ 1 أحسب طاقة النوترونو $^{0}_{0}\nu$ المنبعثة خلال التفاعل .

3 ـ 2 ما هي خاصيات هذه الدقيقة ؟

نعطي : $m(^{19}_{10}Ne) = 18,99639u, m(^{19}_{9}F) = 18,99346u$

تمرين 2

نعتبر النويدتين $^{226}_{88}Ra$ و $^{A}_{Z}Rn$ من فصيلة الأورانيوم 238 $^{238}_{92}U$

1 ـ أعط تعريف فصيلة مشعة .

2 ـ نويدة الراديوم 226 مشعة تتحول إلى نويدة الرادون Rn ببعث دقائق α .

2 ـ 1 أكتب معادلة هذا التفتت .

2 ـ 2 أحسب الطاقة الناتجة عن التفتت α لنواة الرادون 226 ب MeV .

2 ـ 3 أوجد تعبير $E_{C\alpha}$ الطاقة الحركية للدقيقة α المنبعثة خلال التفتت السابق بدلالة m_α كتلة الدقيقة α و m_{Rn} كتلة النويدة المتولدة و ΔE الطاقة الناتجة عن التفتت ، علما أن النويدة الأصل تبقى في حالة سكون وأن النويدة المتولدة في حالتها الأساسية (غير مثارة)

2 ـ 4 بين أن E_{CRn} الطاقة الحركية للنويدة المتولدة تمثل تقريبا 1,8% من الطاقة التي يحررها التفاعل واستنتج .

3 ـ نويدة ألأورانيوم 238 غير مستقرة تتحول عبر سلسلة من الانبعاثات من نوع α و β^- لتعطي نويدة الرصاص $^{206}_{82}Pb$.

3 ـ 1 حدد عدد الانبعاثات α وعدد الانبعاثات β^- اللذين يؤديان معا تحول $^{238}_{92}U$ إلى $^{206}_{82}Pb$.

3 ـ 2 علل سبب استقرار النويدة $^{206}_{82}Pb$ بالنسبة للنويدة $^{238}_{92}U$.

نعطي : $m(^{226}Ra) = 255,977u, m(^{A}Rn) = 221,970$

تمرين3

تتحول نويدة الأورانيوم 238 $^{238}_{92}U$ إلى نويدة $^{206}_{82}Pb$ على إثر سلسلة من تفتتات تلقائية ومتتالية من طراز α و β^- حسب المعادلة الحصيلة :

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{206}_{82}Pb + x\alpha + y\beta^-$$

1 ـ تعرف على الدقيقتين α و β^- ثم حدد المعاملين x و y .

2 ـ في لحظة t ، تحتوي صخرة معدنية قديمة على 1g من الأورانيوم -238 و10mg من الرصاص -206 ، نفترض أن كل مادة الرصاص -206 المتواجدة في الصخرة هي نتيجة تفتت الأورانيوم -238 مع مرور الزمن ابتداء من لحظة t=0 نفترضها لحظة تكون الصخرة المعدنية .

أوجد بالسنين عمر هذه الصخرة علما أن الدور الإشعاعي للأورانيوم -238 : $t_{1/2}=4,5.10^9 ans$.

نعطي: M(Pb)=206g/mol, M(U)=238g/mol

تمرين4

يستعمل خليط من الأورانيوم الشطور $^{235}_{92}U$ والاورانيوم الخصب $^{238}_{92}U$ كوقود لمفاعل غواصة نووية .

1 ـ تنتج الطاقة المستهلكة من طرف الغواصة من انشطار نووى الأورانيوم الشطور $^{235}_{92}U$ إثر تصادمها بنوترونات ، وذلك حسب معادلة التفاعل النووي التالي :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{54}Xe + ^{95}_{X}Sr + y\,^{1}_{0}n$$

1 ـ 1 أحسب قيمتي x و y .

1 ـ 2 أحسب الطاقة المتولدة عن انشطار نواة الأورانيوم $^{235}_{92}U$

1 ـ 3 أوجد المدة الزمنية التي يستهلك خلالها كتلة m=1g من الأورانيوم $^{235}_{92}U$ من طرف المفاعل النووي للغواصة علما أن قدرته هي 15MW .

2 ـ يمكن للنوترونات المنبعثة عن انشطار الأورانيوم $^{235}_{92}U$ ، والتي لم تخفف سرعتها ، أن تحول الأورانيوم الخصب $^{238}_{92}U$ إلى أورانيوم $^{239}_{92}U$ ، الإشعاعي النشاط ، حسب المعادلة التالية :

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}U$$

بعد دراسة النشاط الإشعاعي للأورانيوم 239 ، نجد أن قيمته تصبح 1/8 قيمته البدئية بعد مرور 69 دقيقة عن بداية تفتته .

أحسب زمن النصف للأورانيوم 239 .

3 ـ يتحول الأورانيوم $^{239}_{92}U$ إلى النبتونيوم $^{239}_{93}Np$ الذي يتحول بدوره إلى البلوتونيوم $^{239}_{94}Pu$. ويعتبر هذا الأخير شطورا هو الآخر ، كالأورانيوم 235 حسب معادلة التفاعل النووي التالي :

$$^{239}_{94}Pu + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{102}_{42}Mo + ^{135}_{52}Te + 3\,^{1}_{0}n$$

3 ـ 1 أوجدا لمعادلة الحصيلة لتحول الأورانيوم 239 إلى البلوتونيوم $^{239}_{94}Pu$ مبينا طبيعة الدقائق المنبعثة

3 ـ 2

$^{238}_{92}U$ أكبر بكثير من نسبة الأورانيوم الشطور $^{235}_{92}U$.

$^{239}_{94}Pu$	$^{95}_{X}Sr$	$^{139}_{54}Xe$	$^{235}_{92}U$
239,1344u	94,9450u	138,9550u	235,1240u

تمرين5

تتفتت نويدة الأورانيوم 238 لتعطي دقيقة α ونويدة الثوريوم Th .

1 ـ أكتب معادلة هذا التفاعل النووي

2

الأخرى في حالتها الأساسية ، كما نلاحظ أن فئة من الدقائق α تنبعث بطاقة حركية $E_{C1}(\alpha) = 4,148MeV$ وفئة أخرى تنبعث بطاقة قصوية $E_{Cmax}(\alpha) = 4,195MeV$.

نرمز ب E للطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الأورانيوم ، ونرمز ب E' للطاقة إثارة نواة الثوريوم المتولدة ، ونرمز ب $E_C(\alpha)$ للطاقة الحركية للدقيقة α .

1 ـ 1 بين أن $E - E' = E_C(\alpha)\left[1 + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}\right]$ حيث $m(\alpha)$ كتلة الدقيقة α و $m(Th)$ كتلة نويدة الثوريوم المتولدة . نعتبر أن نواة ألأورانيوم توجد في حالة سكون .

1 ـ 2 حدد القيمة Δm لتغير الكتلة الناتج عن هذا التفتت نعطي: $c=3.10^8\ m/s$ و $m(Th)=58,8m(\alpha)$ و $1MeV=1,6.10^{-19}J$.

تصحيح التمارين التوليفية
الفيزياء النووية

تمرين 1

1 ـ أنظر الدرس

2 ـ 1 معادلة التفتت لنويدة الراديوم 226 :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

2 ـ 2 طاقة التفاعل لتفتت نويدة الرادون 226

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

$$= \left(m\left({}^{222}_{86}Rn\right) + m(\alpha) - m\left({}^{226}_{88}Ra\right)\right).c^2$$

$$= (221,970 + 4,00150 - 225,977).c^2$$

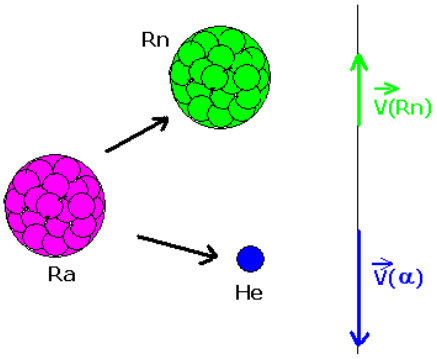
$$= -0,0055 \times 931,5MeV$$

$$= -5,12MeV$$

بما أن التفاعل ناشر للحرارة فالطاقة الناتجة عن التفاعل هي $Q = -\Delta E$ أو نأخذ $|\Delta E|$ الطاقة الناتجة عن التفاعل .

2 ـ 3

انحفاظ كمية حركة المجموعة قبل التفاعل وبعد التفاعل . وأن الطاقة الناتجة تتحول إلى طاقة حركية بعد التفاعل يكتبها كل من الدقائق α ونويدة الرادون



انحفاظ كمية الحركة لدينا :

$$\vec{p}(Ra) = \vec{p}(Rn) + \vec{p}(\alpha)$$

$$\vec{p}(Ra) = \vec{0} \Rightarrow m(Rn).\vec{V}(Rn) + m(\alpha).\vec{V}(\alpha) = \vec{0}$$

نسقط هذه العلاقة على المحور Oz موجه نحو الأعلى :

$$m(Rn).V(Rn) - m(\alpha).V(\alpha) = 0 \Rightarrow V(Rn) = \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}V_\alpha$$

كل الطاقة الناتجة تحولت كطاقة حركية للنواة المتولدة الرادون والدقيقة α :

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + E_C(Rn)$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + \frac{1}{2}m_{Rn}.V_{Rn}^2$$

$$V_{Rn}^2 = \frac{m(\alpha)^2}{m(Rn)^2}V_\alpha^2$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + \frac{1}{2}m_{Rn}.\frac{m(\alpha)^2}{m(Rn)^2}V_\alpha^2$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\frac{1}{2}.m(\alpha)V_\alpha^2$$

$$|\Delta E| = E_C(\alpha)\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\right) \Rightarrow E_C(\alpha) = \frac{|\Delta E|}{\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\right)}$$

2 ـ 4 نحسب النسبة $\left(1+\frac{m(\alpha)}{m(Rn)}\right)$ فنجد أن 1,02 أي أن

$$E_C(\alpha)=0,980|\Delta E| \Rightarrow |\Delta E|-E_C(Rn)=0,980|\Delta E|$$

$$E_C(Rn)=|\Delta E|(1-0,980)=0,02|\Delta E| \simeq 2\%|\Delta E|$$

3 ـ 1 عدد الانبعاثات α وعدد الانبعاثات β^-

لتكن x و y عدد الانبعاثات α وعدد الانبعاثات β^- :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,{}^{4}_{2}He + y\,{}^{0}_{-1}e$$

$$238=206+4x \Rightarrow x=8$$

$$92=82+2\times 8-y \Rightarrow y=6$$

وبالتالي ستكون عندنا 6 تفتتات α و 8 تفتتات β^-

3 ـ 2 تعليل سبب استقرار النويدة Pb بالنسبة للنويدة U :

نقارن النسبة $\frac{N}{Z}$ بالنسبة لكل نويدة :

بالنسبة لنويدة الرصاص 206 لدينا : $\frac{N}{Z}=\frac{124}{82}=1,51$

بالنسبة لنويدة الأورانيوم 238 لدينا : $\frac{N}{Z}=\frac{146}{92}=1,59$

يتبن أن $\frac{N}{Z}\left(^{206}_{82}Pb\right) < \frac{N}{Z}\left(^{238}_{92}U\right)$ أي ان النويدة $^{206}_{82}Pb$ أكثر استقرارا من النويدة $^{238}_{92}U$

تمرين 2

1 ـ التعرف على الدقيقتين α و β : α : دقيقة الهيليوم $^{4}_{2}He$

β^- إلكترون : $^{0}_{-1}e$

حسب قانون سودي :

$$238=206+4x+0 \Rightarrow x=8$$

$$92=82+2x-y \Rightarrow y=6$$

2 ـ عمر الصخرة بالسنين :

حسب المعادلة الحصيلة للتفاعل أنه في اللحظة تحتوي الصخرة على 1g من الأورانيوم وهذه الكتلة تمثل نوى الأورانيوم المتبقية عند اللحظة t . أي أن $N=\frac{N_A}{M(U)}.m$ وتحتوي على 10mg من الرصاص 206 ، هذه الكتلة تمثل N′ النوى المتكونة خلال اللحظة t أي أن $N'=\frac{N_A}{M(Pb)}.m'$ وبالتالي فإن عدد النوى الموجودة في اللحظة t=o هي :

$$N_0=\frac{N_A}{M(U)}.m+\frac{N_A}{M(Pb)}.m'$$

$$N_0=N_A\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)$$

بالسبة للأورانيوم 238 المتبقي نطبق قانون التناقص الإشعاعي :

$$N(t)=N_0e^{-\lambda t}\Rightarrow N(t)=\left(\frac{N_A}{M(U)}.m+\frac{N_A}{M(Pb)}.m'\right)e^{-\lambda t}$$

$$N_A\frac{m}{M(U)}=N_A\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)e^{-\lambda t}$$

$$\frac{m}{M(U)}=\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)e^{-\lambda t}$$

$$\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\Rightarrow\frac{m}{M(U)}=\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)e^{-\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right)t}$$

$$\frac{\frac{m}{M(U)}}{\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)}=e^{-\left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right)t}\Rightarrow\ln\frac{\frac{m}{M(U)}}{\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)}=-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}t$$

$$t=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times\left(\ln\frac{\left(\frac{m}{M(U)}+\frac{m'}{M(Pb)}\right)}{\frac{m}{M(U)}}\right)\Rightarrow t=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\times\left(\ln\left(1+\frac{m'}{m}\frac{M(U)}{M(Pb}\right)\right)$$

تطبق عددي :

. $t=7,45.10^7 ans$

تمرين 3

1 ـ 1 نطبق قانون صودي فنحصل على : x=38 و y=2 .

1 ـ 2 حساب الطاقة المتولدة عن هذا الانشطار :

$$^{235}_{92}U+^{1}_{0}n\rightarrow{}^{139}_{54}Xe+{}^{95}_{38}Sr+2\,^{1}_{0}n$$

$$\Delta E=\left(m(Xe)+m(Sr)+m_n-m(U)\right).c^2$$

$$\Delta E=-200,6MeV=-3,21.10^{-11}J$$

1 ـ 3 حساب المدة الزمنية التي يستهلك خلالها كتلة 1g من الأورانيوم 235 :

نعلم أن : $\mathcal{P}=\frac{W}{\Delta t}$ بحيث أن W الطاقة التي ينتجها 1g من ألأورانيوم وهي :

نعلم أن نويدة واحدة تنتج ما قيمته $Q=-\Delta E=200,5MeV=3,21.10^{-11}J$ ونعلم كذلك أن 1g

يحتوي على N نويدة من الأورانيوم بحيث أن $N=N_A.\frac{m}{M(U)}$ إذن $W=N_A.\frac{m}{M(U)}|\Delta E|$

وبالتالي : $\Delta t=N_A\frac{m}{M(U).\mathcal{P}}|\Delta E|=62jours16h$

2 ـ حساب عمر النصف لنويدة الأورانيوم 239 :

حسب قانون النشاط الإشعاعي لدينا :

$N = N_0 e^{-\lambda t}$ بحيث أن N هو عدد النوى المتبقية من الأورانيوم عند اللحظة t وحسب المعطيات

$N(t) = \frac{N_0}{8}$ و t=69min أي أن :

$$\frac{N_0}{8} = N_0.e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln 8 = \lambda t$$

$$3\ln 2 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} t \Rightarrow t_{1/2} = \frac{t}{3} = 23\min$$

تمرين 4

1 ـ معادلة التفاعل النووي :

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{A}_{Z}Th + {}^{4}_{2}He$$

$$A = 234$$

$$Z = 90$$

$$^{A}_{Z}Th \equiv {}^{234}_{90}Th$$

2 ـ 1 لنبين العلاقة المطلوبة :

الطاقة الناتجة عن تفتت نواة واحدة من الأورانيوم 238تتحول إلى طاقة حركية تكتسبها النواة المتولدة والدقيقة α

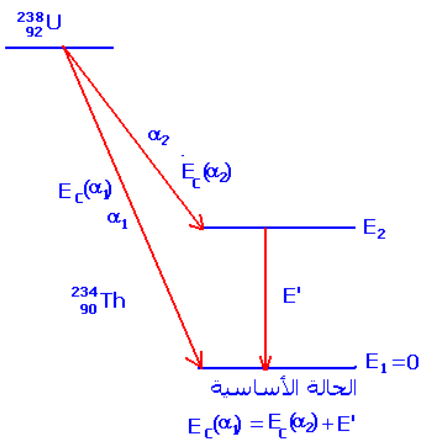
من الدقائق α تنبعث بطاقة حركية أصغر من الطاقة الحركية القصوية للدقائق α التي يمكنها أن تجعل نويدة التوريوم في حالتها الأساسية (أنظر مخطط الطاقة) وستكون الحصيلة الطاقية لهذا التفاعل النووي على الشكل التالي :

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + E' + E_C(Th)$$

انحفاظ كمية الحركة خلال التفاعل النووي : $\vec{0} = m_{Th}.\vec{V}_{Th} + m_{\alpha}.\vec{V}_{\alpha}$

نسقط العلاقة على محور موجه (نواة التوريوم ونواة الهيليوم سيكون منحياهما متعاكسان) أي أن

$$0 = m_{Th}.V_{Th} - m_{\alpha}.V_{\alpha} \Rightarrow m_{Th}V_{Th} = m_{\alpha}.V_{\alpha}$$



$$E_C(Th) = \frac{1}{2}m_{Th}V_{Th}^2 = \frac{1}{2}m_{Th}\left(\frac{m_{\alpha}.V_{\alpha}}{m_{Th}}\right)^2$$

$$E_C(Th) = \frac{m_{\alpha}}{m_{Th}}E_C(\alpha)$$

في العلاقة السابقة :

$$|\Delta E| = E_C(\alpha) + E' + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}E_C(\alpha)$$

$$|\Delta E| = E \Rightarrow E - E' = E_C(\alpha)\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}\right)$$

2 ـ 2 تحديد قيمة Δm حسب مخطط الطاقة لدينا

$$E' = E_{C\max}(\alpha) - E_{C1}(\alpha) = 0,047MeV$$

$$E = \Delta m.c^2 = E_{C\max}(\alpha)\left(1 + \frac{m(\alpha)}{m(Th)}\right) + E'$$

$$= 1,017 \times 4,195 + 0,047 = 4,313MeV$$

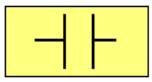
$$\Delta m = 4,313MeV/c^2 = 1,150.10^{-29}kg$$

ثـــــــــــــنائي القطب RC
Dipole RC

I ـ المكثف Condensateur

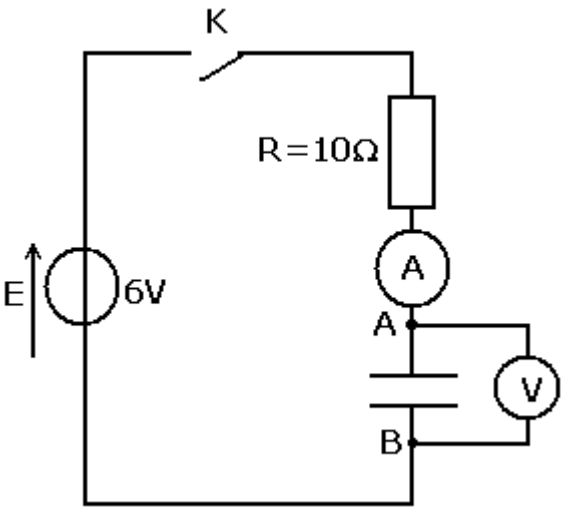
تعريف ورمز المكثف .

المكثف ثنائي قطب ، يتكون من موصلين متقابلين ، نسميهما لبوسين ، يفصل بينهما عازل استقطابي

نرمز للمكثف ب 

1 ـ شحنتا اللبوسين ـ شحنة المكثف

دراسة تجريبية



النشاط التجريبي 1 : العلاقة بين شحنتي لبوسي المكثف .

ننجز التركيب الممثل في الشكل جانبه .

نغلق قاطع التيار بعد أن تم إفراغ المكثف بوصل مربطيه بمربطي موصل أومي مناسب لمدة ثانية واحدة على الأقل .

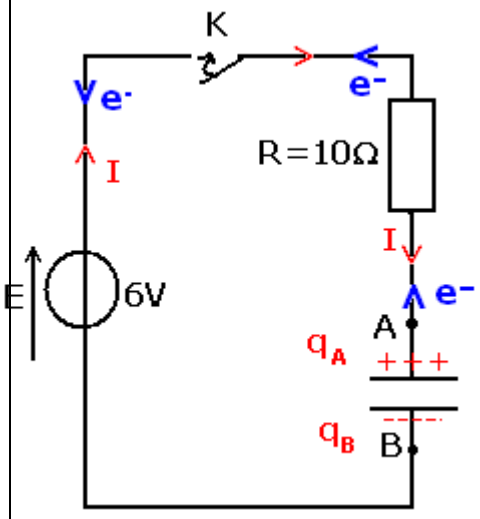
استثمار :

1 ـ كيف يتغير التوتر بين مربطي المكثف وشدة التيار المار في الدارة ؟

عند غلق قاطع التيار نلاحظ ظهور تيار كهربائي في الدارة وأن التوتر U_{AB} يزداد إلى أن تصبح $U_{AB}=E$.

2 ـ أ ـ مثل على تركيب الشكل 2 منحى التيار الكهربائي ومنحى انتقال الإلكترونات .

ب ـ استنتج إشارتي q_A و q_B شحنتي اللبوسين A و B للمكثف .



عند غلق قاطع التيار تتحرك الإلكترونات من اللبوس A نحو اللبوس B وبوجود عازل استقطابي تتراكم على اللبوسين حيث يشحن اللبوس A بشحنة موجبة q_A واللبوس B بشحنة سالبة q_B

3 ـ علما أن الشحنة الكهربائية تنحفظ ، ما العلاقة التي تربط بين الشحنتين q_A و q_B عند كل لحظة ؟

بما أن الشحنة تنحفظ فإن $q_A+q_B=0$ أي أن $q_A=-q_B$

خلاصة : تحقق q_A و q_B شحنتا لبوسي المكثف ، في كل لحظة العلاقة : $q_A=-q_B$.

تعريف :

شحنة المكثف أو كمية الكهرباء المخزونة في مكثف هي شحنة اللبوس الموجب للمكثف . ونرمز لها ب Q ووحدتها الكولوم (C)

$$Q=+q_A=-q_B$$

2 ـ العلاقة بين الشحنة وشدة التيار .

نختار منحى موجبا لشدة التيار حيث يدخل من اللبوس A :

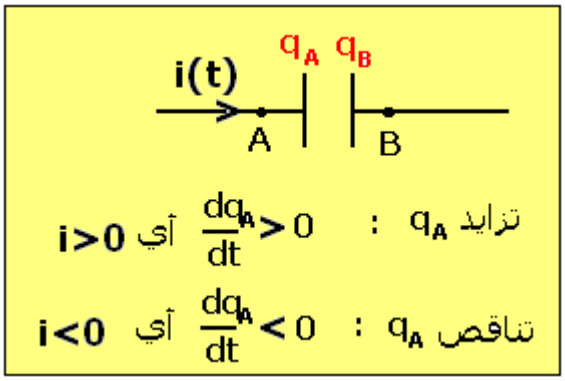
ـ عندما يمر التيار في المنحى المختار فإن $i>0$

ـ عندما يمر التيار في المنحى المعاكس فإن $i<0$

إن كمية الكهرباء تتغير في اللبوسين بنفس المقدار وبإشارتين مختلفتين . إذن خلال مدة زمنية جزئية أي متناهية في الصغر dt تتغير شحنة اللبوس A ب dq_A وشحنة اللبوس B ب dq_B بحيث أن $dq_A=-dq_B$.

نعرف شدة التيار i(t) هي كمية الكهرباء dq_A التي ازدادت في اللبوس A على المدة الزمنية dt :

$$i(t)=\frac{dq_A}{dt}$$



i(t) موجهة نحو اللبوس A

الوحدات :

q_A بالكولوم (C) ، t بالثانية (s) و i(t) بالأمبير (A) .

ملحوظة : حالة التيار المستمر : في حالة شحن المكثف بواسطة مولدمؤمثل للتيار (I=Cte) تصبح العلاقة بين شدة التيار وشحنة المكثف هي : $q_A = I.\Delta t$

3 ـ العلاقة بين الشحنة والتوتر : السعة .

النشاط التجريبي 2

نستعمل في هذه التجربة مولد مؤمثل للتيار يمكنه أن يمنح للدارة تيار ثابت .

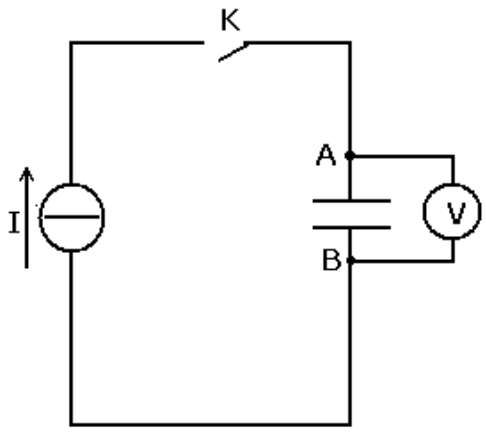
نضبط شدة التيار التي يمنحها المولد على القيمة I=100µA

نفرغ المكثف بوصل مربطيه بمربطي موصل أومي مناسب لمدة ثانية واحدة على الأقل .

ننجز التركيب الممثل في الشكل جانبه .

نغلق قاطع التيار ونشغل الميقت .

نقيس التوتر بين مربطي المكثف بعد كل 10ثوان ، وندون النتائج في الجدول التالي :



u_{AB}(V)	0	2	4	6	8	10
t(s)	0	4,3	8,6	12,9	17,1	21,4
q_A(C)	0	0,0043	0,0086	0,0129	0,0171	0,0214

استثمار :

1 ـ ما العلاقة بين q_A شحنة المكثف والزمن t ؟ أتمم ملأ الجدول اعلاه .

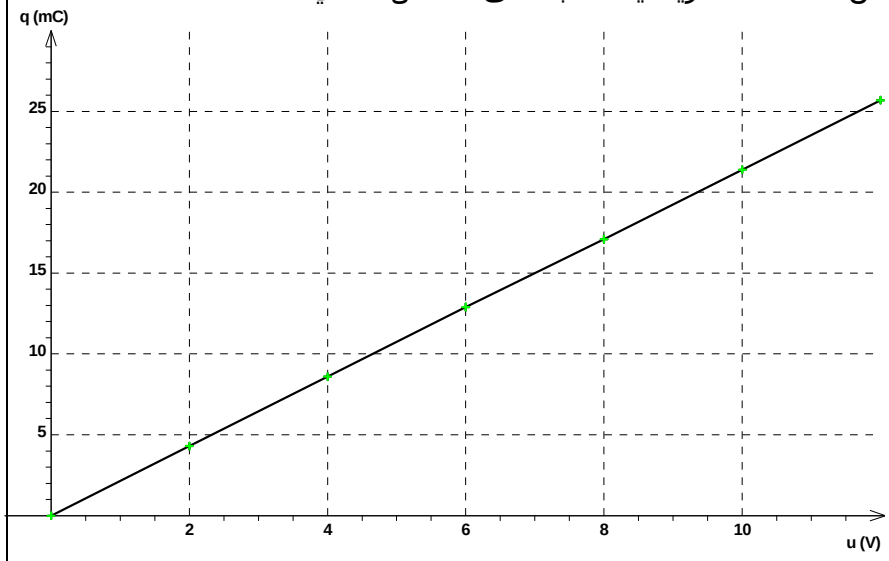
$q_A=I.t$ من خلال القيم المتوفرة بالجدول يمكن حساب q_A .

2 ـ مثل المنحنى $q_A=f(u_{AB})$ باختيار سلم ملائم .

3 ـ ما هو شكل المنحنى المحصل عليه ؟ أكتب معادلته الرياضية .

ما هو المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه لهذا المنحنى ؟ ما هي وحدته في النظام العالمي للوحدات ؟

شكل النحنى عبارة عن مستقيم يمر من O معادلته الرياضية تكتب على الشكل التالي :



$q_A=K.u_{AB}$ ، K المعامل الموجه للمستقيم قيمته هي : K=2,14mF

المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه يمثل سعة المكثف ونرمز لها ب C

أي أن العلاقة الرياضية تصبح :

$q_A=C.u_{AB}$

وحدة C في النظام العالمي للوحدات هي : الفاراد F

أجزاء الفاراد :

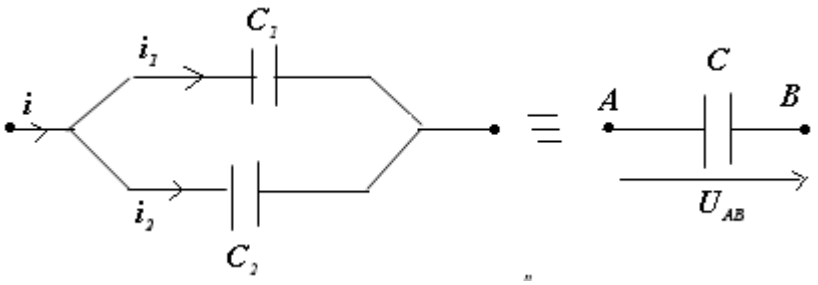
$mF=10^{-3}F$

$\mu F=10^{-6}F$

$nF=10^{-9}F$

II ـ تجميع المكثفات .

1 ـ التركيب على التوازي



$$q = q_A + q_B \Leftrightarrow i = i_1 + i_2$$

$$q = C_1U_{AB} + C_2U_{AB}$$

$$q = C.U_{AB}$$

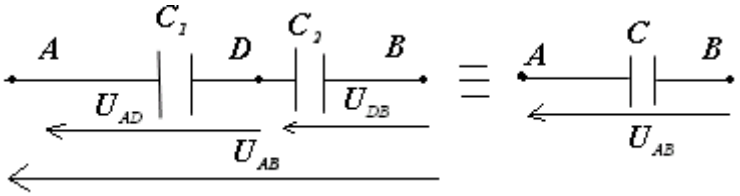
$$C = C_1 + C_2$$

وتعمم هذه النتيجة بالنسبة لمكثفات مركبة على التوازي مهما كان عددها : $C = \sum_{i=1}^{n} C_i$

فائدة التركيب على التوازي : تضخيم السعة عند تطبيق توتر ضعيف . وكذلك يمكن ، بتطبيق توتر ضعيف ، من الحصول على شحنة كهربائية كبيرة قد لا يوفرها كل مكثف على حدة .

2 ـ التركيب على التوالي

نطبق قانون إضافية التوترات بين A و B



$$U_{AB} = U_{AD} + U_{DB}$$

$$U_{AB} = \frac{Q}{C} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

تعمم هذه النتيجة بالنسبة لمكثفات مركبة على التوالي مهما كان عددها : $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$

فائدة التركيب على التوالي : يمكن من الحصول على سعة قيمتها صغيرة جدا ، مع تطبيق توترا جد عالي قد لا يتحمله كل مكثف على حدة ، بينما يبقى التوتر المطبق بين كل مكثف معتدلا.

III ـ استجابة ثنائي القطب RC لرتبة توتر .

1 ـ تعاريف

ثنائي قطب RC هو تجميع على التوالي لموصل أومي مقاومته R ومكثف سعته C .

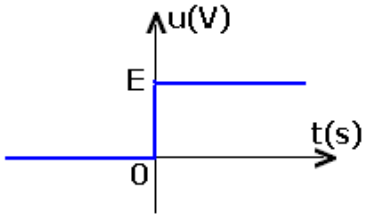
رتبة توتر هي إشارة كهربائية u(t) ونميز بين :

ـ رتبة صاعدة للتوتر ومعادلتها هي :

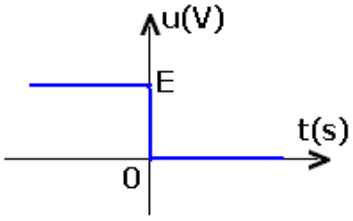
بالنسبة لـ t≤0 : u(t)=0 وبالنسبة لـ t>0 : u(t)=E الشكل 1

ـ رتبة نازلة للتوتر ومعادلتها هي :

بالنسبة لـ t≤0 : u(t)=0 وبالنسبة لـ t>0 : u(t)=-E الشكل 2



الشكل 1

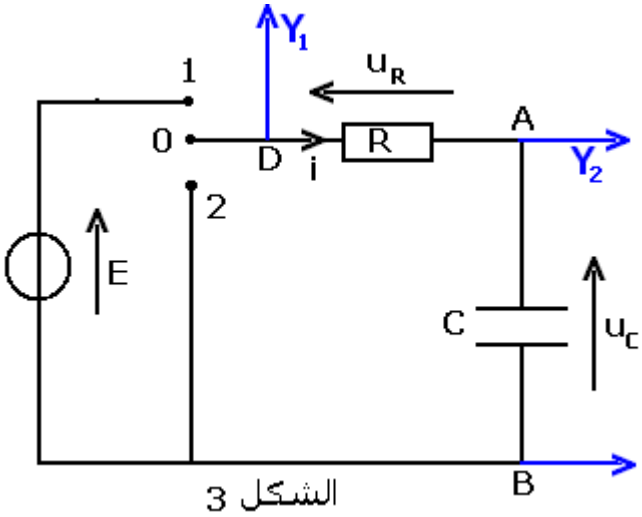


الشكل 2

2 ـ الدراسة التجريبية :

ننجز التركيب الممثل في الشكل 3 . المدخلين Y_1 و Y_2 مرتبطين بمدخلي راسم التذبذب . نضع قاطع التيار في الموضع 1 . ثم نضع مرة أخرى في الموضع 2 . ونلاحظ في كل حالة شكل المنحنى المحصل عليه .

استثمار :



الشكل 3

I ـ نضع قاطع التيار في الموضع 1

1 ـ ما هو التوتر المعاين في المدخل Y_1 لراسم التذبذب ؟ أكتب معادلته .

في المدخل Y_1 نعاين التوتر بين مربطي المولد المؤمثل للتواتر $u_{DB}=E$

2 ـ المعادلة التفاضلية :

ما هو التوتر المعاين في المدخل Y_2 لراسم التذبذب ؟

في المدخل Y_2 نعاين التوتر u_C ، التوتر بين مربطي المكثف

عند غلق الدارة ، يكون المكثف غير مشحون ، أي أن التوتر بين مربطيه منعدما .

نغلق الدارة في اللحظة t=0 تعتبر كأصلا للتواريخ

فنحصل على الدارة الممثلة في الشكل 4

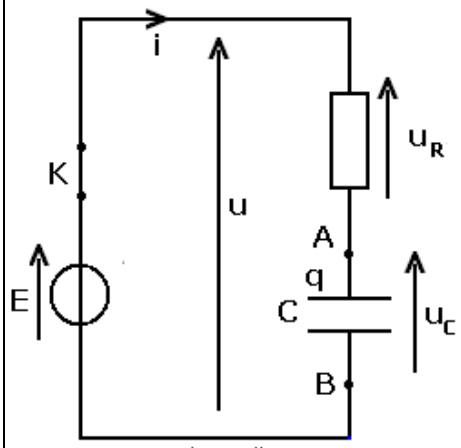
2 ـ 1 بتطبيق قانون إضافية التوترات بين أن :

$$RC\frac{du_C}{dt}+u_C=E$$

والتي تمثل المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_C(t)$ بين مربطي المكثف في كل لحظة t في الدارة RC خاضعة لرتبة توتر صاعدة .

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$u_R+u_C=u$ بحيث أن $u=E$.



الشكل 4

لدينا $u_R(t)=Ri(t)$ حسب قانون أوم ، ولدينا كذلك : $i(t)=\frac{dq}{dt}$

و $q(t)=C.u_C(t)$ أي أن $i(t)=C\frac{du_C(t)}{dt}$

وبالتالي تصبح المعادلة السابقة :

$$Ri(t)+u_C(t)=E\Rightarrow RC\frac{du_C}{dt}+u_C=E$$

2 ـ 2 حل المعادلة التفاضلية

حل هذه المعادلة التفاضلية هو على الشكل التالي :

$u_C(t)=Ae^{-xt}+B$ بحيث أن A و B و x ثوابت يمكن تحديدها .

بتعويض هذا الحل في المعادلة التفاضلية ، حدد الثابتة x والثابتة B .

نعوض هذا الحل في المعادلة التفاضلية :

$$RC\frac{du_C}{dt}+u_C=E\Rightarrow RC.(-Axe^{-xt})+Ae^{-xt}+B=E$$

$$RC.x=1\Rightarrow x=\frac{1}{RC}=\frac{1}{\tau}$$

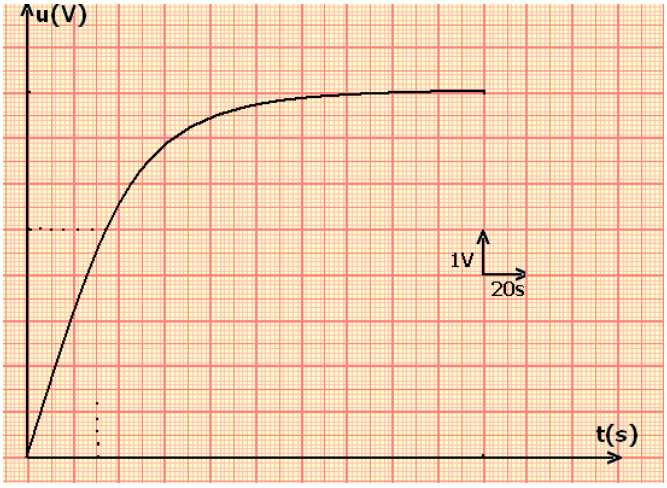
$$E-B=0\Rightarrow B=E$$

وبالتالي يكون حل المعادلة التفاضلية على الشكل التالي : $u_C(t)=Ae^{-\frac{t}{\tau}}+E$

وباعتبار الشروط البدئية $u_C(0)=0$ حدد الثابتة A . واستنتج المعادلة $u_C(t)$ بدلالة الزمن t .
باعتبار الشروط البدئية أعلاه لدينا$u_C(0)=0$ ، وهذا لكون الدالة متصلة في أي لحظة t من لحظات تشغيل المكثف بما فيها اللحظة t=0 . $u_C(t=0^+)=u_C(t=0^-)=0$

$$u_C(0) = A + E = 0 \Rightarrow A = -E$$

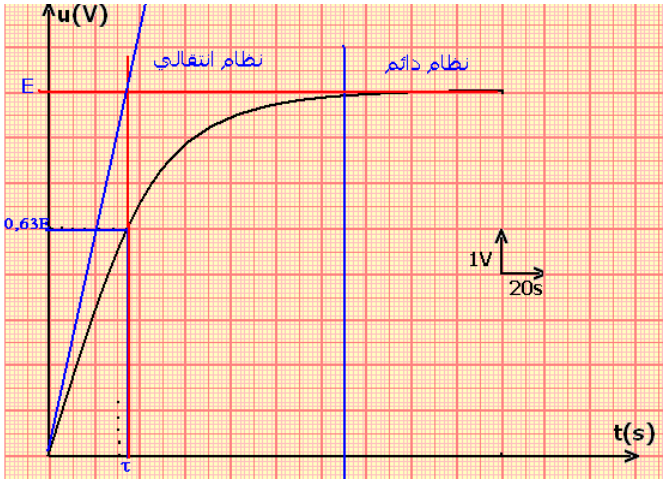
$$u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$



3 ـ المنحنى المحصل عليه خلال التجربة (أنظر الشكل 4 ب) يمثل المعادلة الرياضية التي تم التوصل إليها ، حل المعادلة التفاضلية السابقة

$u_C(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$: وهي على الشكل التالي.

3 ـ 1 يبرز المنحنى وجود نظامين :
نظام انتقالي : يتغير خلاله التوتر $u_C(t)$
نظام دائم : يصل خلاله التوتر إلى قيمة حدية ثابتة .
حدد على المبيان هذين النظامين .



3 ـ 2 عين $u_C(0)$ و $u_C(\infty)$ قيمة $u_C(t)$ عندما تؤول t
4 ـ تسمى τ ثابتة الزمن لثنائي القطب RC ، وبينت الدراسة النظرية أن $\tau = R.C$.
4 ـ 1 باستعمال معادلة الأبعاد بين أن τ عبارة عن زمن .

ثابتة الزمن τ=RC

حسب معادلة الأبعاد بالنسبة للمكثف :

$$i = C\frac{du}{dt} \Leftrightarrow C = \frac{[I][t]}{[V]}$$

بالنسبة للموصل الأومي :

$$u = Ri \Leftrightarrow R = \frac{[U]}{[i]}$$

وبالتالي لدينا $R.C = \frac{[I][t]}{[U]}.\frac{[U]}{[i]} = [t]$

المقدار τ له بعد زمني . يسميه بالثابتة الزمن لثنائي القطب RC ، وحدته هي : الثانية s .
4 ـ 2 تحقق من أن قيمة الجداء R.C تساوي τ .
عند حساب RC=33s وحسب المبيان فإن τ=33s .
5 ـ نعتبر الدالة التي تمثل المنحنى $u_C(t)$.
5 ـ 1 عبر عن $u_C(t=\tau)$ بدلالة E.

$$u_C(\tau) = E(1 - e^{-1}) = 0,63E$$

5 ـ 2 استنتج طريقة مبيانية تمكن من تحديد τ .
أن τ هو الأفصول الذي يوافق الأرثوب 0,63E .

5 ـ 3 عبر عن الاشتقاق $\left(\frac{du_C}{dt}\right)$ عند t=0 بدلالة τ و E ، ثم استنتج طريقة مبيانية ثانية تمكن من تحديد τ .

$\left(\frac{du_c}{dt}\right)_{t=0} = \frac{E}{\tau}t$ t=0 في الأفصول $u_C(t)$ تمثل المعامل الموجه للمماس للمنحنى $\left(\frac{du_c}{dt}\right)_{t=0}$

يقطع مماس المنحنى $u_C(t)$ عند اللحظة t=o المقارب $u_C=E$ ، في اللحظة $t=\tau$.

6 ـ تعبير شدة تيار الشحن .

بين أن شدة التيار الكهربائي المار في دارة RC خاضعة لرتبة صاعدة للتوتر هي :

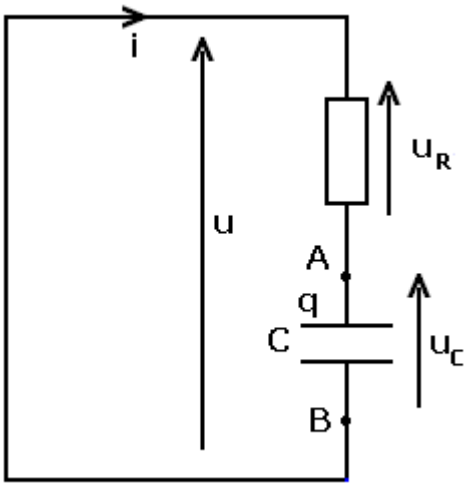
$$i(t) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

تعبير شدة التيار الكهربائي المار في ثنائي القطب RC

نعلم أن

$i = \frac{dq}{dt} = C.\frac{du_C}{dt}$ وبما أن : $u_C(t) = E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ مع $\tau = RC$ فإن :

$$i = \frac{dq}{dt} = C.\frac{du_C}{dt} = CE(0 - \left(-\frac{1}{RC}e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$



الشكل 5

II ـ نضع قاطع التيار في الموضع 2

1 ـ ما هو التوتر المعاين في المدخل Y_1 لراسم التذبذب ؟ أكتب معادلته .

حسب قانون أوم : $u_R = Ri$

2 ـ ما هو التوتر المعاين في المدخل Y_2 لراسم التذبذب ؟

في المدخل Y_2 نعاين التوتر u_C ، التوتر بين مربطي المكثف

نعتبر اللحظة التي تم فيها وضع قاطع التيار في الموضع 2 كأصل للتواريخ (t=0) فنحصل على دارة الشكل 5 حيث يكون المكثف في هذه الحالة مشحونا ($u_C(0)=E$) .

2 ـ 1 بتطبيق قانون إضافية التوترات بين أن :

$$\tau\frac{du_C}{dt} + u_C = 0$$

والتي تمثل المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر $u_C(t)$ بين مربطي المكثف في كل لحظة t في الدارة RC خلال تفريغه في RC .

حسب قانون إضافية التوترات لدينا :

$$u_R + u_C = 0 \Rightarrow Ri + u_C = 0$$

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow i = C\frac{du_C}{dt}$$

$$RC\frac{du_C}{dt} + u_C = 0$$

2 ـ 2 حل المعادلة التفاضلية

حل هذه المعادلة التفاضلية هو على الشكل التالي : $u_C(t) = Ae^{-xt} + B$ بحيث أن A و B و x ثوابت يمكن تحديدها .

بتعويض هذا الحل في المعادلة التفاضلية ، حدد الثابتة x والثابتة B .

نعوض هذا الحل في المعادلة التفاضلية :

$$RC\frac{du_C}{dt}+u_C=0\Rightarrow RC.(-Axe^{-xt})+Ae^{-xt}+B=0$$

$$RC.x=1\Rightarrow x=\frac{1}{RC}=\frac{1}{\tau}$$

$$B=0$$

وبالتالي يكون حل المعادلة التفاضلية على الشكل التالي : $u_C(t)=Ae^{-\frac{t}{\tau}}$

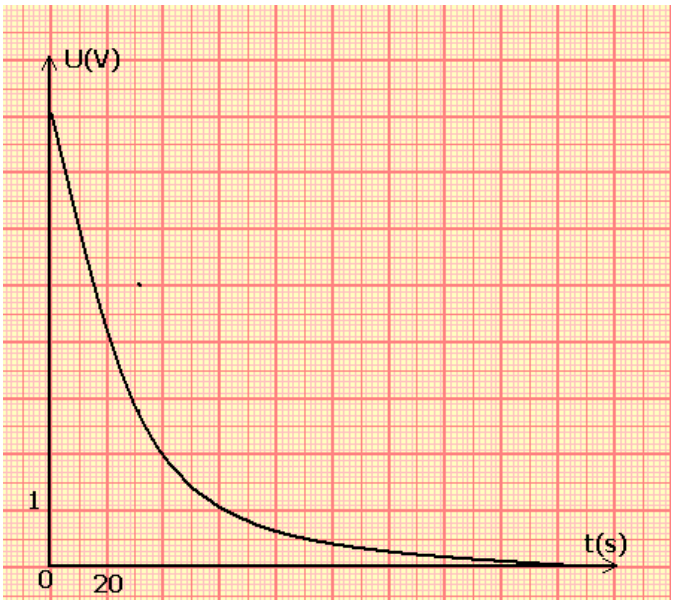
وباعتبار الشروط البدئية $u_C(0)=E$ حدد الثابتة A . واستنتج المعادلة $u_C(t)$ بدلالة الزمن t .

باعتبار الشروط البدئية أعلاه لدينا $u_C(0)=0$ ، وهذا لكون الدالة متصلة في أي لحظة t من لحظات تشغيل المكثف بما فيها اللحظة t=0 . $u_C(t=0^+)=u_C(t=0^-)=E$

$$u_C(0)=A=E\Rightarrow A=E$$

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

ـ المنحنى المحصل عليه خلال التجربة معادلته الرياضية هي على الشكل التالي : $u_C(t)=k'e^{-\frac{t}{\tau'}}$



حدد قيمتي الثابتتين k' و τ' .

3 ـ تعرف النظام الانتقالي والنظام الدائم ، من خلال المنحنى المحصل عليه على شاشة راسم التذبذب . ثم عين :

$u_C(0)$- و $u_C(\infty)$ قيمة $u_C(t)$ عندما تؤول t إلى ما لا نهاية .

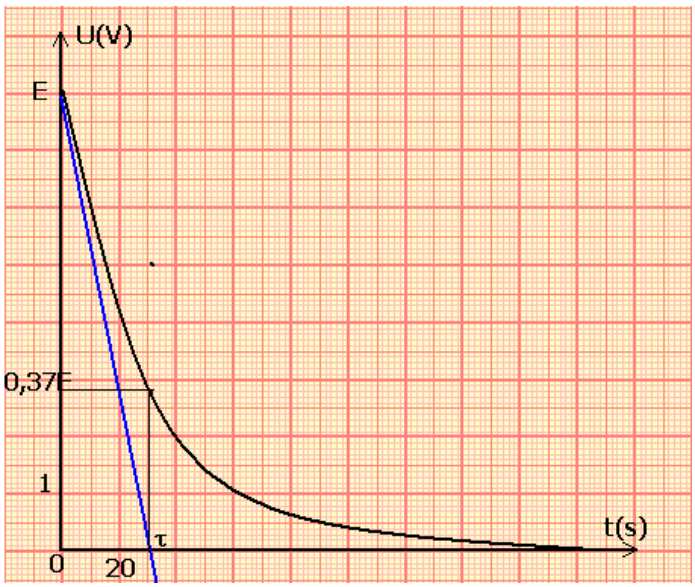
$u_C(0)=E$ ، عندما تؤول t إلى ما لا نهاية تؤول u_C إلى الصفر

ـ تعرف على الثابتة k' .

الثابتة k'=E

4 ـ ماذا تمثل الثابتة τ' ؟

τ تمثل تابتة الزمن



5 ـ عين مبيانيا الثابتة τ' بطريقتين مختلفتين . بواسطة المماس عند اللحظة t=0 أو بالأفصول الذي يوافق الأرثوب 0,37E .

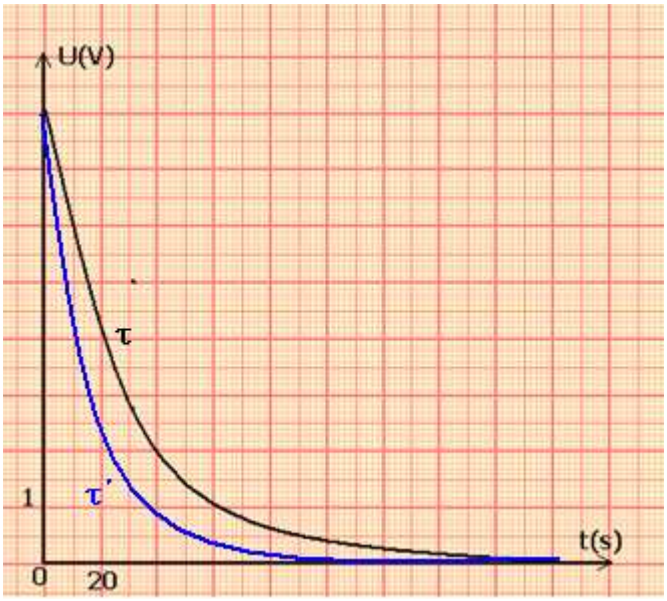
6 ـ أحسب $u_C(t)$ في اللحظة $t=5\tau'$ ، ثم عبر عن القسمة $\frac{u_C(5\tau')}{u_C(0)}$ بالنسبة المائوية . ماذا تستنتج ؟

$$\frac{u_C(5\tau')}{u_C(0)}=6,73.10^{-3}=0,67\%$$

أي أنه عند $t=5\tau$ ينعدم التوتر .

7 ـ نغير $\tau'_1<\tau'$ فنحصل على التمثيل الشكل 3 . ما تأثير τ' على تفريغ المكثف في الدارة RC ؟

كلما كانت τ أصغر كلما كان تفريغ المكثف أسرع .



8 ـ بين أن شدة التيار الكهربائي خلال تفريغ مكثف في موصل أومي هي : $i(t)=\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$

نعلم أن

$u_C(t)=Ee^{-\frac{t}{\tau}}$ مع $i=\frac{dq}{dt}=C.\frac{du_C}{dt}$: وبما أن

$\tau=RC$ فإن :

$$i=\frac{dq}{dt}=C.\frac{du_C}{dt}=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

شدة التيار الكهربائي خلال تفريغ مكثف في موصل أومي هي : $i(t)=-\frac{E}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}$

IV ـ الطاقة المخزونة في المكثف .

1 ـ الإبراز التجريبي

نعتبر التركيب التجريبي الممثل في الشكل جانبه :

نقوم بشحن المكثف بواسطة مولد التوتر المستمر .

نِرجح قاطع التيار K إلى الموضع 2 :

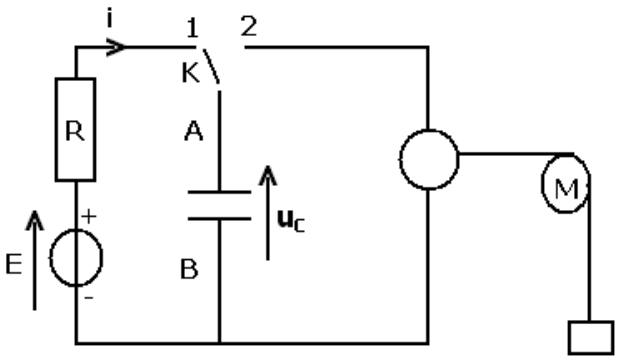
ماذا نلاحظ ؟

نلاحظ أشتغال المحرك وصعود الكتلة المعلمة المعلقة بواسطة خيط ملفوف حول مرود المحرك .

كيف نفسر هذه الملاحظة ؟

يفسر صعود الكتلة المعلمة واكتسابها طاقة وضع ثقالية إلى الطاقة الكهربائية التي اختزنها المكثف أثناء شحنه .

نستنتج أن المكثف يمكّن من تخزين طاقة كهربائية قصد استعمالها عند الحاجة .



2 ـ تعبير الطاقة المخزونة في المكثف .

القدرة الكهربائية الممنوحة للمكثف هي : $\mathcal{P}=u_C.i$ بحيث أن $i=\frac{dq}{dt}=C\frac{du_C}{dt}$ وبالتالي فإن :

$$\mathcal{P}=C.u_C\frac{du_c}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}Cu_C^2\right)$$

ونعلم أن القدرة

$$\mathcal{P}=\frac{d\xi_e}{dt}\Rightarrow\xi_e=\frac{1}{2}Cu_C^2+K$$

باعتبار أن $\xi_e(0)=0$ عندما يكون المكثف غير مشحون $u_C(0)=0$ فإن K=0

وبالتالي تكون الطاقة الكهربائية المخزونة في المكثف هي :

$$\xi_e=\frac{1}{2}Cu_C^2$$

خاصية تخزين الطاقة الكهربائية بواسطة مكثف وإمكانية استرجاعها عند الحاجة تمكن من استعماله في عدة أجهزة كمثلا الذاكرة المتطايرة الدينامية RAM للحاسوب ، التغذية الكهربائية المستمرة والمثبتة ، الأجهزة الفوتوغرافية حيث تمكن الطاقة المخزونة في المكثف من تشغيل مص

تمارين الكهرباء
الدارة RC
السنة الثانية بكالوريا علوم فيزيائية وعلوم رياضية

المكثفات

تمرين 1

نطبق توترا U=300V بين مربطي مجموعة مكونة من مكثفين مركبين على التوالي ، سعة كل منهما $C_1=1\mu F$ و $C_2=2\mu F$.

1 ـ حدد التوترين U_1 و U_2 .

2 ـ ما شحنة كل المكثفين Q_1 و Q_2 .

تمرين 2

نشحن مكثفا سعته $C_1=2\mu F$ تحت توتر U=100V ثم نربطه بقطبي مكثف آخر غير مشحون ، سعته $C_2=0,5\mu F$.

1 ـ عين الشحنة الابتدائية Q للمكثف الذي سعته C_1 .

2 ـ احسب التوتر بين مربطي كل من المكثفين بعد ربطهما .

أجوبة :1 ـ $Q=2.10^{-4}C$ 2 ـ $U_1=U_2=80V$

تمرين3

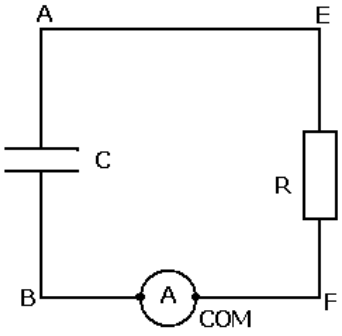
نعتبر مكثفات مماثلة حيث سعة كل واحد هي : 100µF .

1 ـ كم ، وكيف يمكن تجميعها للحصول على مكثف مكافئ سعته 5mF ؟

2 ـ نشحن هذا التجميع تحت توتر قيمته 40V . ما شحنة هذا التجميع وما شحنة كل مكثف ؟

ثنائي القطب RC

تمرين 1



نعتبر تفريغ مكثف سعته C في موصل أومي مقاومته R . علما أن الأمبيرمتر يشير إلى قيمة موجبة خلال هذه التجربة .

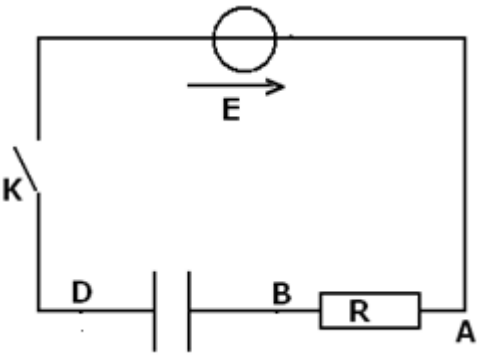
1 ـ وجه الدارة وحدد منحى التيار الكهربائي المار بها .

2 ـ حدد الاصطلاح المستعمل بالنسبة للمكثف والموصل الأومي ، واكتب تعبير التوتر بين مربطي كل منهما .

3 ـ أكتب العلاقة بين i (شدة التيار) و u_{AB} (التوتر بين مربطي المكثف) .

4 ـ بتطبيق قانون إضافية التوترات حدد العلاقة بين u_{AB} و u_{FE} ثم استنتج المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر u_{AB} .

تمرين 2 شحن مكثف



نشحن مكثفا سعته C=10µF من خلال التركيب التالي :
تغذية المولد مستقرة ، يزود الدارة بتوتر E=12,0V . مقاومة الموصل الأومي $R=10k\Omega$.

عند اللحظة t=0 المكثف غير مشحون ونغلق قاطع التيار K .

1 ـ لتكن $q_B=q$ شحنة اللبوس B للمكثف . نضع $i=\frac{dq}{dt}$ ، وجه على الدارة التيار i(t) .

2 ـ نضع $u_{BD}=u$ ، أكتب تعبير u_{AB} بدلالة u و عناصر الدارة .

3 ـ أكتب المعادلة التفاضلية التي تحقق u(t) .

4 ـ حل المعادلة التفاضلية هو على الشكل التالي : $u(t)=A(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$

4 ـ 1 حدد التعابير الحرفية لـ A و τ وأحسب قيمها .

4 ـ 2 عبر عن تيار الشحن i(t)

5 ـ عبر حرفيا ، عند اللحظة t=0 ، ثم أحسب قيم :

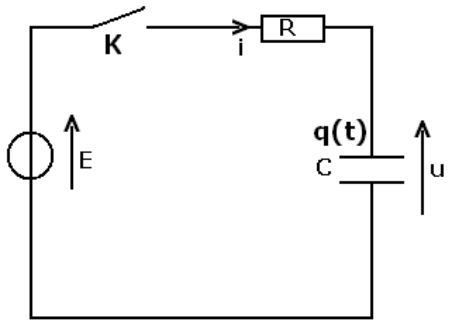
ـ u ، $\frac{du}{dt}$ و i ، $\frac{di}{dt}$

6 ـ 1 حدد عند $t_{1/2}$ اللحظة التي يصل فيها التوتر u(t) إلى القيمة $\frac{E}{2}$. ثم قارنها مع ثابتة الزمن τ .

6 ـ 2 في أية لحظة تكون عندنا $\frac{E}{4}$ ثم $\frac{E}{8}$ ؟

تمرين 3

نركب في الدارة الكهربائية مكثفا سعته C غير مشحون على التوالي مع موصل أومي مقاومته R ثم نغلق قاطع التيار K عند اللحظة t=0 .



1 ـ أوجد المعادلة التفاضلية التي تعبر عن تغيرات شحنة المكثف بدلالة الزمن .

2 ـ حل المعادلة التفاضلية هو : $q(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}} + B$. حيث τ=RC ثابتة الزمن و A و B ثابتتان .

2 ـ 1 عندما يؤول $t \to \infty$ ، يمكن اعتبار الدارة في النظام الدائم . ما شحنة المكثف q(∞) في هذه الحالة ؟ استنتج الثابتة B .

2 ـ 2 باستعمال الشروط البدئية ، حدد الثابتة A واستنتج تعبير q(t) .

تمرين 4 الطاقة في المكثف

نعتبر دارة كهربائية تضم على التوالي مولد للتيار المستمر I=0,2mA ، ومكثفا سعته C=400μF وقاطعا للتيار K وموصلا أوميا مقاومته R=1kΩ . المكثف مفرغ بدئيا ، نغلق K في اللحظة t=0 .

1 ـ حدد عند اللحظة t=0 ، التوترات $u_C(0)$ و $u_R(0)$ و $u_G(0)$ بالتتابع بين مربطي المكثف والموصل الأومي ومولد التيار المستمر .

2 ـ نوقف الشحن عند اللحظة t_1=10s وذلك بفتح قاطع التيار . أحسب في هذه اللحظة :

2 ـ 1 الشحنة $q(t_1)$ للمكثف .

2 ـ 2 التوتر $u_C(t_1)$.

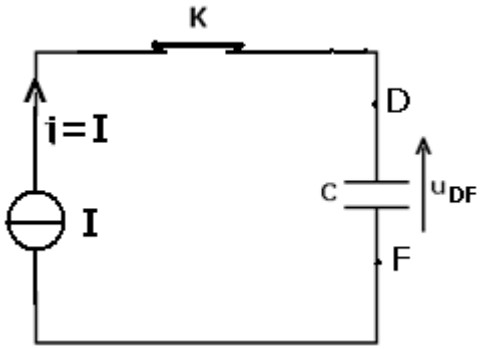
2 ـ 3 الطاقة $\xi_\varepsilon(t)$ المخزونة في المكثف .

3 ـ 1 أحسب الطاقة الحرارية E' المبددة في الموصل الأومي خلال المدة $\Delta t=t_1-t_0$.

3 ـ 2 أحسب r خارج قسمة الكلية المخزونة في المكثف على الطاقة الكلية E التي يمنحها المولد خلال مدة الشحن Δt . ماذا تستنتج ؟

3 ـ 3 ماذا يحدث إذا تم الاستمرار في شحن المكثف دون توقف ؟

تمرين 6



نشحن مكثف سعته C=22μF ، بواسطة مولد مؤمثل للتيار يعطي تيارا شدته I=2μA .

1 ـ عبر عن q_D شحنة اللبوس D للمكثف بدلالة I و t .

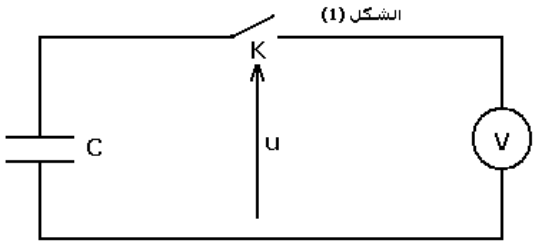
2 ـ أحسب q_D ، إذا كانت مدة الشحن تساوي 20 ثانية .

3 ـ احسب في هذه الحالة التوتر U_{DF} .

4 ـ ما المدة الزمنية اللازمة لشحن المكثف كليا ؟ التوتر الأقصى الذي يتحمله المكثف هو 63V .

تمارين توليفية حول RC

تمرين 1 : تفريغ مكثف في فولطمتر



I ـ نشحن مكثفا سعته C=8μF بواسطة مولد قوته الكهرمحركة E=9,0V خلال مدة كافية لبلوغ التوتر بين مربطي المكثف القيمة U=E.