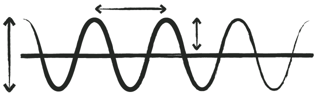
6-1 وصف الموجات



أ. صفية الحضرمية

الموجة المسافرة: موجة تحمل **طاقة** من مكان إلى آخر وتتحرك خلال المادة أو الفراغ.

خصائص الموجات

الإزاحة (x)

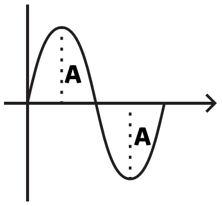
المسافة التي تبعدها نقطة ما عن موضع الاتزان

المتر (m)

السعة (A)

أقصى إزاحة للموجة من موضع الإتزان

المتر (m)



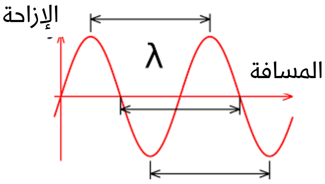
الطول الموجي (λ)

المسافة بين نقطتين متجاورتين في موجة مهتزة لكل منهما الإزاحة والاتجاه نفسه (نفس الطور)

- المسافة بين قمتين متجاورتين
- المسافة بين قاعين متجاورين

المتر (m)

(من منحنى الإزاحة- المسافة)



الطول الموجي= المسافة الكلية / عدد الاهتزازات

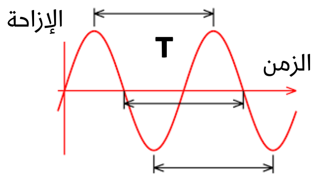
$$\lambda = \frac{d}{n}$$

الزمن الدوري (T)

الزمن المستغرق لنقطة ما في موجة لإكمال اهتزازة كاملة (الزمن الذي تستغرقه نقطة في الموجة للانتقال من موضع معين والعودة إلى الموضع نفسه حيث تتحرك في الاتجاه نفسه)

الثانية (s)

(من منحنى الإزاحة- الزمن)



الزمن الدوري= الزمن المستغرق / عدد الاهتزازات

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

$$T = \frac{1}{f}$$

التردد (f)

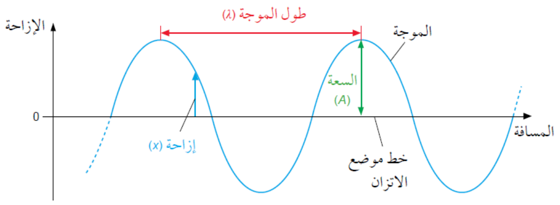
عدد الاهتزازات لنقطة ما في موجة لكل ثانية

الهيرتز (Hz)= s-1

التردد= عدد الاهتزازات / الزمن المستغرق

$$f = \frac{n}{t}$$

$$f = \frac{1}{T}$$



أنواع الموجات

من حيث الوسط

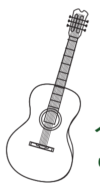
الموجات الكهرومغناطيسية

(**لا تحتاج** إلى وسط لتنتقل عبره)

مثل: الضوء المرئي، الموجات الميكروية، موجات الراديو

الموجات الميكانيكية

(**تحتاج** إلى وسط لتنتقل عبره)

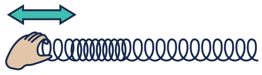


مثل: الصوت، الأوتار المشدودة، الموجات الزلزالية، الموجات المائية

من حيث اتجاه الحركة

الموجات الطولية

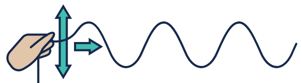
(الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط باتجاه **موازي** للاتجاه الذي تنتقل فيه الموجة)



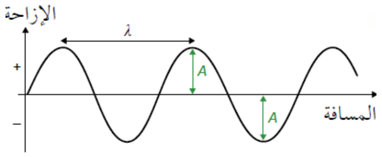
مثل: الصوت، الموجات فوق الصوتية، تحريك الزنبرك للأمام والخلف

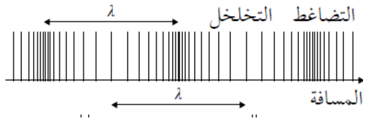
الموجات المستعرضة

(الموجة التي تهتز فيها جسيمات الوسط **عمودياً** على الاتجاه الذي تنتقل فيه الموجة)



مثل: الضوء وجميع الموجات الكهرومغناطيسية، الحبل، تحريك الزنبرك من جانب لآخر.





الطول الموجي في الموجة الطولية

= المسافة بين منتصفي تضاغطين متجاورين

= المسافة بين منتصفي تخلخلين متجاورين

= 2× المسافة بين منتصف تضاغط ومنتصف تخلخل مجاور

جهاز رسم إشارة الأشعة المهبطية CRO (الأوسيلوسكوب)

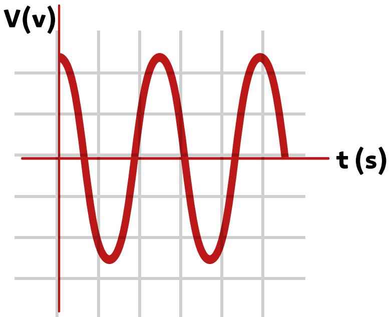
أ. صفيحة الحضرمية

جهاز يعمل على رسم الإشارة كموجة على شاشة، حيث يمثل المحور الصادي: فرق الجهد الكهربائي (V) والمحور السيني: الزمن (t)

قياس التردد

(من المحور السيني للزمن)

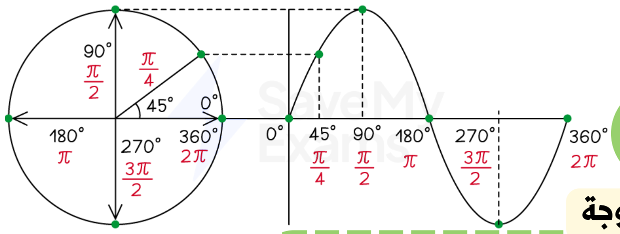
1. حساب **عدد الأقسام التي تمثل الموجة الواحدة**
= عدد الأقسام الكلي / عدد الموجات
2. حساب **الزمن الدوري**= عدد أقسام الموجة الواحدة× معايرة مقياس الزمن
3. ايجاد **التردد** = 1/ الزمن الدوري



قياس السعة

(من المحور الصادي لفرق الجهد)

1. حساب **عدد الأقسام التي تمثل السعة**
(من موضع الاتزان إلى أقصى إزاحة)
2. ايجاد **السعة** = عدد الأقسام× معايرة مقياس فرق الجهد الكهربائي



الطور

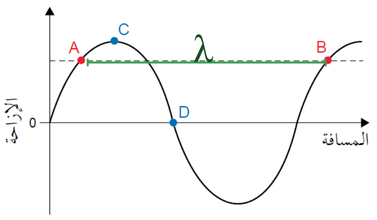
الحالة الاهتزازية لنقطة ما على الموجة

إذا كان جسيمين لهما نفس الإزاحة ونفس الاتجاه

فإن الجسيمان يتحركان بنفس الكيفية

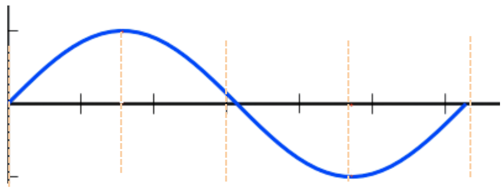
لهما نفس الطور

تفصل بينهما مسافة طول موجي واحد أو مضاعفاته



الاهتزازة أو الدورة الكاملة تمثل:

طول موجي واحد (λ)= زمن دوري (T)= 2π =°360



0°	90°	180°	270°	360°
	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
	$\frac{1}{4}\lambda$	$\frac{1}{2}\lambda$	$\frac{3}{4}\lambda$	λ
	$\frac{1}{4}T$	$\frac{1}{2}T$	$\frac{3}{4}T$	T

إذا كان جسيمين يختلفان في الإزاحة أو الاتجاه أو كليهما

فإن أحد الجسيمان يتقدم أو يتأخر عن الآخر

لهما فرق في الطور

المفهوم

قياس لمقدار التأخر أو التقدم بين جسيمين في موجة ما (يقاس بالدرجات) أو الراديان)

المعادلة

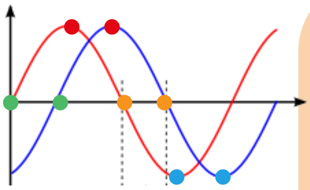
فرق الطور بالدرجات:

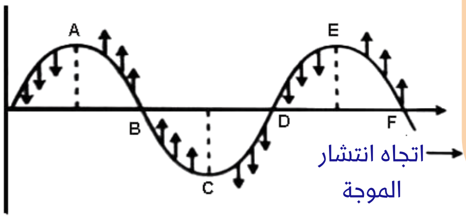
$$\phi = \frac{x}{\lambda} \times 360°$$

فرق الطور بالراديان:

$$\phi = \frac{x}{\lambda} \times 2\pi$$

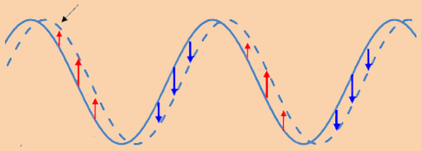
ϕ: فرق الطور
x: المسافة بين الجسيمين
λ: الطول الموجي





- **عند حساب فرق الطور بين نقطتين في موجتين مختلفتين لهما نفس التردد والطول الموجي:**
يجب أن تكون النقطتين متتاليتين ولهما نفس الإزاحة وفي نفس اتجاه انتشار الموجة

الموضع الجديد لموجة تتحرك لليمين

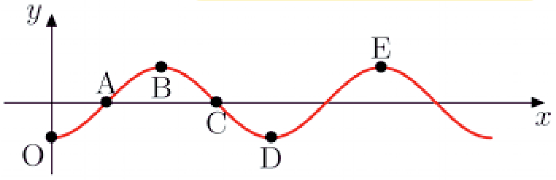


- **لتحديد اتجاه حركة الجسيمات خلال الموجة:**
1. حدد اتجاه حركة الموجة
2. اعد رسم الموجة في الموضع الجديد
3. ارسم سهم من موقع الجسيم الحالي إلى موقعه في الموجة الجديدة

حالات فرق الطور بين

أ. صفية الحضرمية

نقطتين في نفس الموجة



متفقتان في الطور

$\phi = 0$

$\phi = 360^\circ = 2\pi$

النقطتان (O ،D) و (B ،E)
يفصل بينهما طول موجي كامل

متعاكستان في الطور

$\phi = 180^\circ = \pi$

النقطتان (O ،B) و (A ،C) و(D ،B) و(D ،E)
يفصل بينهما نصف طول موجي

مختلفتان في الطور

$\phi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$

النقطتان (O ،A) و (A ،B) و (C ،B) و (C ،D)
يفصل بينهما ربع طول موجي

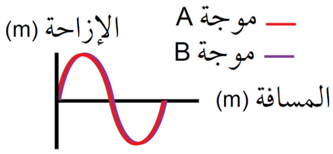
$\phi = 270^\circ = \frac{3\pi}{2}$

النقطتان (O ،C) و (A ،D) و (C ،E)
يفصل بينهما ثلاثة أرباع الطول الموجي

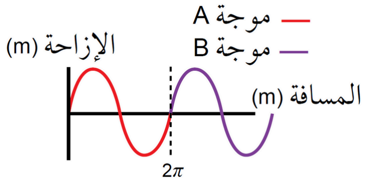
نقطتين في موجتين لهما نفس التردد والطول الموجي

متفقتان في الطور

$\phi = 0$



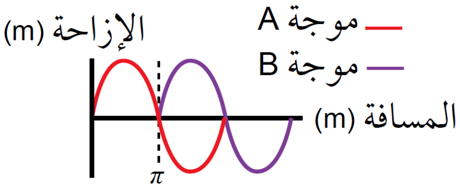
$\phi = 360^\circ = 2\pi$



الموجتان تتحركان بنفس الكيفية

متعاكستان في الطور

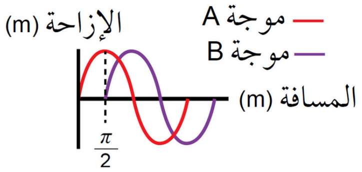
$\phi = 180^\circ = \pi$



الموجة A تتقدم الموجة B بـ180˚

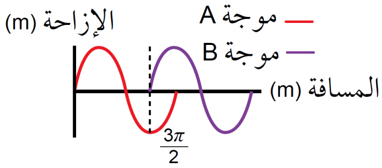
مختلفتان في الطور

$\phi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$



الموجة A تتقدم الموجة B بـ90˚

$\phi = 270^\circ = \frac{3\pi}{2}$



الموجة A تتقدم الموجة B بـ270˚

	متفقتان في الطور	متعاكستان في الطور	مختلفتان في الطور
فرق الطور (ϕ) بالدرجات	0, 360, 720, 1080...	180, 540, 900..	90, 270, 450,630...
فرق الطور (ϕ) بالراديان	0, 2π,4π, 6π..	π, 3π, 5π..	$\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}$
المسافة (x)	$0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda, 4\lambda...$	$\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}, \frac{7\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \frac{7\lambda}{4}$
الفترة الزمنية (t)	0, T, 2T, 3T, 4T....	$\frac{T}{2}, \frac{3T}{2}, \frac{5T}{2}, \frac{7T}{2}$	$\frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{5T}{4}, \frac{7T}{4}$

6-2 طاقة الموجة

شدة الموجة (I)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

معدل الطاقة (القدرة) المنقولة عبر وحدة المساحة العمودية على اتجاه انتشار الموجة.

المعادلة

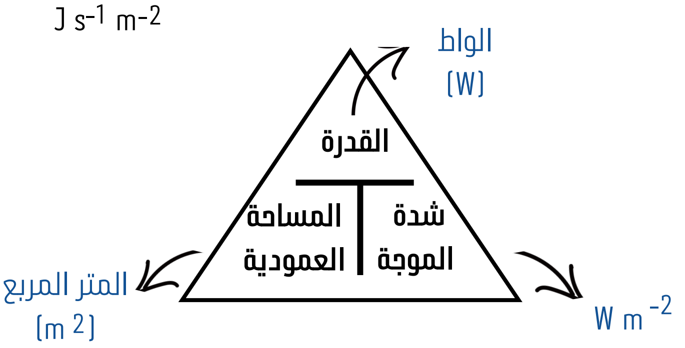
شدة الموجة= القدرة / المساحة

وحدة القياس

الواط لكل متر مربع

$W\ m^{-2}$

$J\ s^{-1}\ m^{-2}$



القدرة= الطاقة المنقولة / الزمن

- **تقل شدة الموجة أثناء انتقالها** بسبب:
  1. انتشار الموجة من المصدر
  2. امتصاص أو تشتت الموجة

العلاقات

علاقة عكسية تربيعية (قانون التربيع العكسي)

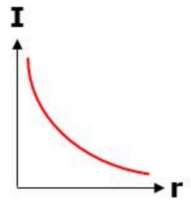
بين شدة الموجة (I) والبعد عن المصدر النقطي (r)

تتناسب شدة الموجة عكسياً مع مربع البعد عن المصدر:
كلما ازدادت المسافة للضعف تقل شدة الموجة للربع

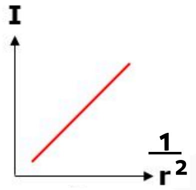
المساحة العمودية للمصدر النقطي= مساحة الكرة= $4\pi r^2$

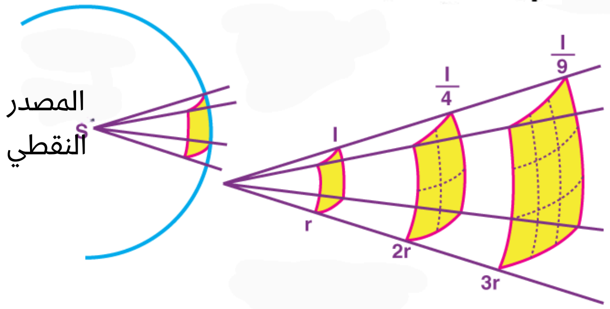
شدة الموجة (I)= القدرة / $4\pi r^2$

$$I\ \alpha\ \frac{1}{r^2}$$



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{{r_2}^2}{{r_1}^2}$$





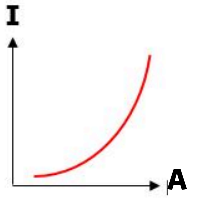
علاقة طردية تربيعية

بين شدة الموجة(I) وسعة الموجة (A)

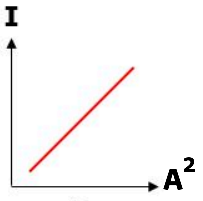
تتناسب شدة الموجة طردياً مع مربع السعة:
كلما زادت سعة الموجة للضعف تزداد الشدة لأربعة أضعاف (أي تنقل أربعة أمثال معدل الطاقة لكل وحدة مساحة عمودية على اتجاه انتشار الموجة).

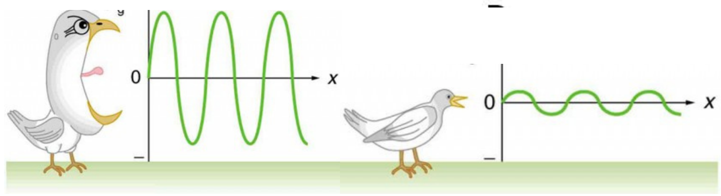
الشدة / مربع السعة = مقدار ثابت

$$I \propto A^2$$



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{{A_1}^2}{{A_2}^2}$$





6- 3 سرعة الموجة

سرعة الموجة

السرعة التي تنتقل بها الطاقة بواسطة الموجة

أ. صفية الحضرمية

وحدة القياس

m Hz= m s^{-1}

القانون

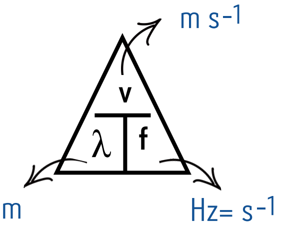
السرعة = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ $v = \frac{d}{t}$

إذا قطعت موجة مسافة طول موجي واحد خلال زمن دوري واحد فإن سرعتها:

سرعة الموجة = $\frac{\text{الطول الموجي}}{\text{الزمن الدوري}}$ $v = \frac{\lambda}{T}$

بالتعويض عن قيمة الزمن الدوري: $f = \frac{1}{T}$

سرعة الموجة = الطول الموجي × التردد $v = \lambda f$



قد تتغير سرعة الموجة عند انتقالها، كالتالي:

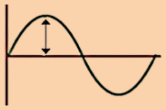
- في نفس الوسط: تبقى **سرعة الموجة ثابتة** عند نفس الظروف
  (وتكون **العلاقة عكسية** بين التردد وطول الموجة)

- إذا تغير الوسط: **تتغير سرعة الموجة** وطولها الموجي، بينما يبقى التردد ثابت لنفس المصدر
  (وتكون **العلاقة طردية** بين سرعة الموجة وطولها الموجي)

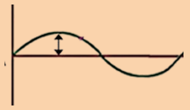
6- 4 تأثير دوبلر للموجات الصوتية

- **سعة** الموجة الصوتية تعبر عن **شدة** الصوت:

سعة كبيرة: (صوت عالي قوي)

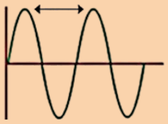


سعة صغيرة: (صوت منخفض ضعيف)

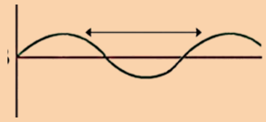


- **تردد** الموجة الصوتية يعبر عن **حدة** الصوت:

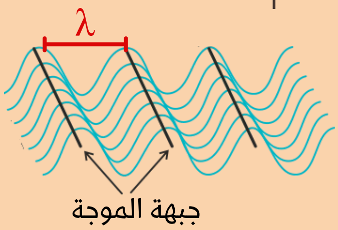
تردد عالي: (صوت حاد)



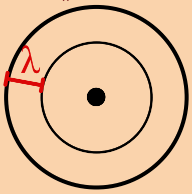
تردد منخفض: (صوت غليظ)



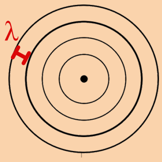
- ترسم الموجات الصادرة من مصدر معين على شكل خطوط، تسمى جبهات الموجة
- **جبهات الموجة:** هي خطوط تبين نقاط في الموجة لها الطور نفسه.
- المسافة بين جبهتي موجة متجاورتين= **الطول الموجي** λ



الجبهات متباعدة: الطول الموجي كبير، التردد منخفض



الجبهات متضاغطة: الطول الموجي صغير، التردد عالي



تأثير دوبلر

أ. صفية الحضرمية

التغير في التردد أو طول الموجة الملاحظ لموجة عندما يتحرك مصدر الموجة باتجاه المراقب أو بعيداً عنه (أو يتحرك المراقب بالنسبة إلى المصدر)

المصدر والمراقب ثابتان

التغير في التردد لا يتغير التردد

(التردد الملاحظ= تردد المصدر)

$\frac{f_o}{f_s}=1$ **$f_o = f_s$**

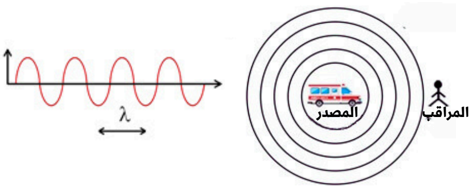
التفسير

المسافة بين المصدر والمراقب ثابتة فبالتالي لا يتغير الطول الموجي

(الطول الموجي ثابت)

يصل للمراقب نفس العدد من الأطوال الموجية في الثانية

(يبقى التردد ثابت)

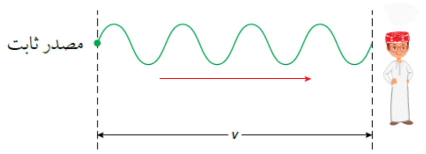


المعادلة

$$\lambda_o=\frac{v}{f_s}$$

بالتعويض في المعادلة: $f_o=\frac{v}{\lambda_o}$

$f_o = f_s$



المصدر يقترب من مراقب ثابت

التغير في التردد يزداد التردد

(التردد الملاحظ أكبر من تردد المصدر)

يسمع صوت أعلى حدة/ حاد

$\frac{f_o}{f_s}>1$ **$f_o > f_s$**

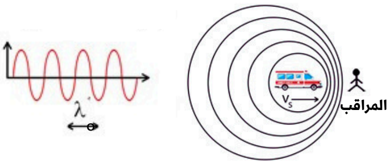
التفسير

تقل المسافة بين المصدر والمراقب فتتضاغط الأطوال الموجية

(يقل الطول الموجي)

وبما أن سرعة الصوت ثابتة لنفس الوسط يصل للمراقب عدد أكبر من الأطوال الموجية في الثانية

(يزداد التردد)



المعادلة

$$\lambda_o=\frac{v-v_s}{f_s}$$

$$f_o=\frac{f_s\, v}{(v-v_s)}$$

الحد الأعلى للتردد

المصدر يبتعد عن مراقب ثابت

التغير في التردد يقل التردد

(التردد الملاحظ أصغر من تردد المصدر)

يسمع صوت أقل حدة / غليظ

$\frac{f_o}{f_s}<1$ **$f_o < f_s$**

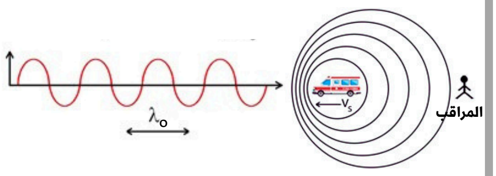
التفسير

تزداد المسافة بين المصدر والمراقب فتتباعد الأطوال الموجية

(يزداد الطول الموجي)

وبما أن سرعة الصوت ثابتة لنفس الوسط يصل للمراقب عدد أقل من الأطوال الموجية في الثانية

(يقل التردد)

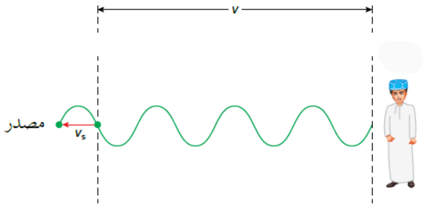


المعادلة

$$\lambda_o=\frac{v+v_s}{f_s}$$

$$f_o=\frac{f_s\, v}{(v+v_s)}$$

الحد الأدنى للتردد



v: سرعة الصوت

vs: سرعة المصدر

fs: تردد المصدر

fo: التردد الملاحظ (الذي يسمعه المراقب)

λ_o: الطول الموجي الملاحظ

يظهر تأثير دوبلر للموجات الصوتية عند **تحرك** المصدر أو المراقب أو كليهما.

- التردد الملاحظ(fo) والطول الموجي الملاحظ (λ_o) **يتأثران بسرعة المصدر(vs)** ولا يتأثران بسرعة الموجة الصوتية (v)، لأن سرعة الصوت ثابتة في نفس الوسط.
- تردد المصدر (fs) وسرعة الصوت (v) **لا يتأثران بحركة المصدر (vs).**
- **معادلة تأثير دوبلر العامة:** $$f_o=\frac{f_s\, v}{v\mp v_s}$$

تستخدم **إشارة الطرح :** عند اقتراب المصدر من المراقب

تستخدم **إشارة الجمع :** عند ابتعاد المصدر عن المراقب

7-1 مبدأ تراكب الموجات

تراكب الموجات

أ. صفية الحضرمية

المبدأ

عندما تلتقي موجتان أو أكثر عند نقطة ما،
فإن الإزاحة المحصلة هي **المجموع الجبري**
لإزاحات الموجات الفردية

مراعاة الإشارة الموجبة والسالبة

- ينطبق مبدأ تراكب الموجات:
للموجات من نفس النوع وفي
نفس المكان والزمن نفسه.

- الموجة المحصلة: تكون معقدة
وقد تحتوي على نتوءات
وانحدارات.

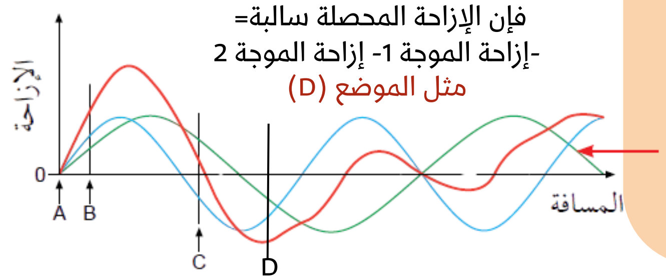
الحالات

إزاحة الموجتين الفرديتين صفر،
فإن الإزاحة المحصلة= صفر
مثل الموضع (A)

الموجتين لهما إزاحة موجبة،
فإن الإزاحة المحصلة موجبة=
إزاحة الموجة 1+ إزاحة الموجة 2
مثل الموضع (B)

إحدى الموجتين لهما إزاحة موجبة والأخرى سالبة،
فإن الإزاحة المحصلة =
إزاحة الموجة 1- إزاحة الموجة 2
مثل الموضع (C)

الموجتين لهما إزاحة سالبة،
فإن الإزاحة المحصلة سالبة=
-إزاحة الموجة 1- إزاحة الموجة 2
مثل الموضع (D)

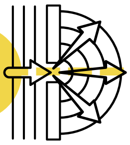


الخطوات

1. رسم الموجات الفردية على نفس المحاور (إزاحة-مسافة)
2. رسم خط رأسي يمر بالموجات عند نفس النقطة
3. تجمع إزاحات الموجات الفردية عند تلك النقطة (مع مراعاة الإشارة)
4. نحدد موضع محصلة الإزاحات عند تلك النقطة
5. نكرر الخطوات عند مواضع مختلفة
6. رسم الموجة المحصلة من خلال توصيل جميع النقاط الناتجة.

7-2 حيود الموجات

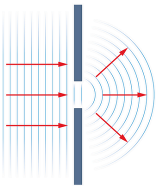
الحيود



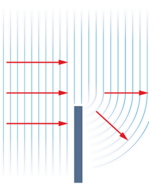
المفهوم

انحناء الموجة عندما تمر عبر فجوة ما
أو تتجاوز حافة حاجز وانتشارها

فجوة



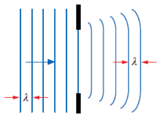
حافة حاجز



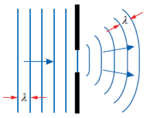
الأنواع

يعتمد مدى حيود الموجات على العلاقة بين
طول الموجة و**عرض الفجوة**

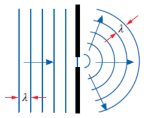
عرض الفجوة **أكبر بكثير** من λ
يصعب ملاحظة الحيود
(تمر الموجة بشكل مستقيم)



عرض الفجوة **أكبر** من λ
يلاحظ حيود محدود

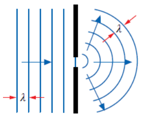


عرض الفجوة **يساوي تقريباً** λ
تأثير الحيود أكبر ما يمكن

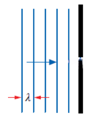


عرض الفجوة **أصغر** من λ
تأثير الحيود أكبر ما يمكن

(تمر الموجة وتنتشر في جميع الاتجاهات)



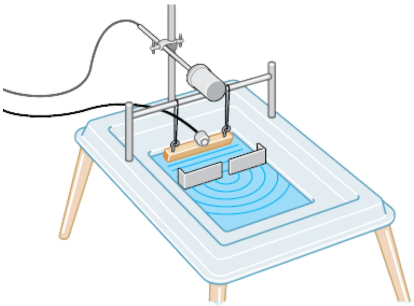
عرض الفجوة **أصغر بكثير** من λ
لا يحدث حيود
(لا تمر الموجة، تنعكس أو يتم امتصاصها)



في الحيود: يتغير اتجاه انتشار الموجة، لكن **لا تتغير خصائص الموجة** (نفس التردد والسرعة والطول الموجي)
لذا يجب أن تكون **المسافة بين الجبهات متساوية** قبل وبعد مرور الموجة عبر الفجوة

الحيود

الاستقصاء

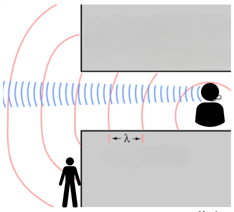


حوض الموجات المائية:

- تتولد موجات مستوية باستخدام ساق مهتز
- تتحرك الموجات باتجاه فجوة في حاجز
- تنعكس الموجات عند اصطدامها بالحاجز وتعبر الموجات الأخرى الفجوة ليحدث الحيود
- يتم التحكم بمدى الحيود من خلال تغيير عرض الفجوة

التطبيقات

حيود الصوت والضوء

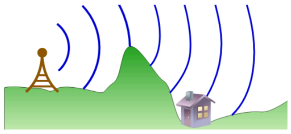


إذا كنت تقف بجانب غرفة زميلك، فإن **يمكنك سماع صوته، لكن لن تستطيع رؤيته ترى إضاءة الغرفة من أسفل الباب فقط:**

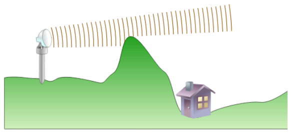
- موجات الصوت: لها طول موجي كبير ويساوي تقريباً عرض فجوة الباب؛ لذا يحدث حيود لموجات الصوت وتنتشر لتصل إليك.
- موجات الضوء: لها طول موجي أصغر بكثير من عرض الفجوة (الفجوة أكبر بكثير من λ)؛ لذا يمر الضوء في خطوط مستقيمة عبر فجوة الباب ويحدث لها حيود يصعب ملاحظته. (يمكن ملاحظة حيود الضوء عند عبورة عبر شق ضيق أو ثقب)

حيود موجات الراديو والموجات الميكروية

تستقبل إشارات الراديو من أجهزة الارسال الأرضية في المناطق الجبلية، بينما تستقبل الموجات الميكروية عبر إرسالها إلى الأقمار الاصطناعية:



- موجات الراديو: لها طول موجي كبير ويساوي تقريباً عرض الفجوة بين الجبال؛ لذا يحدث حيود لموجات الراديو وتنتشر لتصل إلى أجهزة الاستقبال.



- الموجات الميكروية: لها طول موجي أصغر بكثير من عرض الفجوة (الفجوة أكبر بكثير من λ)؛ لذا تمر الموجات الميكروية في خطوط مستقيمة بين الجبال دون أن يحدث لها حيود. (تستخدم الاقمار الاصطناعية لارسال واستقبال الموجات الميكروية في خطوط مستقيمة)

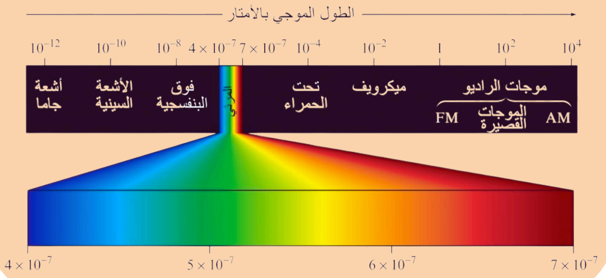
حيود موجات الراديو

تحتاج السيارات إلى هوائي راديو خارجي:

- موجات الراديو: لها طول موجي أكبر بكثير من أبعاد النوافذ (الفجوة أصغر بكثير من λ)؛ لذا لا يحدث حيود لموجات الراديو ولا تمر إلى داخل السيارة عبر النوافذ.

(إشارات FM طولها الموجي أصغر من الطول الموجي لاشارات AM، لذا يمكن التقاطها بشكل ضعيف داخل القطار)

يتألف الطيف الكهرومغناطيسي من مجموعة من المناطق تتفاوت بشكل كبير في أطوال موجاتها:



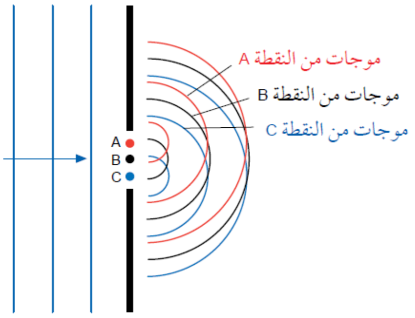
السبب

أ. صفية الحضرمية

كل نقطة من الموجة التي تعبر الفجوة تمثل مصدر نقطي، فينتج موجات ثانوية(كروية) تتحرك في الحيز خلف الحاجز.

ووفق **مبدأ تراكب الموجات**، يحدث تراكب بين الموجات الثانوية التي تنتجها النقاط على الفجوة:

- تجمع الموجات في بعض النقاط وتكون موجة جديدة
- تلغي الموجات بعضها البعض في نقاط أخرى



7- 3 التداخل

تداخل الموجات

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

تراكب موجتين أو أكثر من مصادر مترابطة.

المصادر المترابطة:
المصادر التي لها التردد نفسه تماماً، ولها فرق طور صفري أو ثابت.

المترابط: وصف لموجتين صادرتين من مصدرين مترابطين

الأنواع

تداخل بنَاء (التداخل الأقصى)

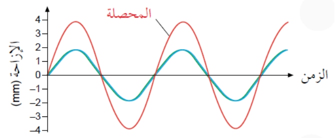
المفهوم

عندما تتعزز موجتان لإعطاء سعة أكبر عند نقطة ما في حيز.

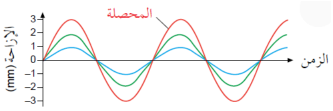
الحالات

إذا وصلت موجتان إلى نقطة ما وكان لهما:

- نفس السعة: فإن الموجة المحصلة لها ضعف السعة



- سعة مختلفة: فإن المحصلة تساوي مجموع السعتين



فرق الطور

$\phi = 0$ أو 360°

متفقتان في الطور

- قمة+ قمة
- قاع+ قاع

فرق المسار

فرق المسار $= n\lambda$

عدد صحيح كامل من الأطوال الموجية:

$0, \lambda, 2\lambda, 3\lambda...$

تداخل هدَام (التداخل الأدنى)

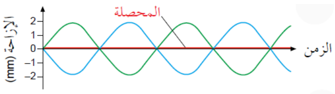
المفهوم

عندما تلغي موجتان إحداهما الأخرى لإعطاء سعة منخفضة أو صفرية عند نقطة ما في حيز.

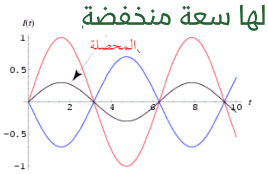
الحالات

إذا وصلت موجتان إلى نقطة ما وكان لهما:

- نفس السعة: فإن الموجة المحصلة =صفر



- سعة مختلفة: فإن المحصلة لها سعة منخفضة



فرق الطور

$\phi = 180^\circ$

متعاكستان في الطور

- قمة+ قاع

فرق المسار

فرق المسار $= \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda$

n: عدد صحيح بما في ذلك الصفر

عدد فردي من أنصاف الأطوال الموجية:

$\frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \frac{7}{2}\lambda....$

$\frac{1}{2}\lambda, 2\frac{1}{2}\lambda, 3\frac{1}{2}\lambda, 4\frac{1}{2}\lambda....$

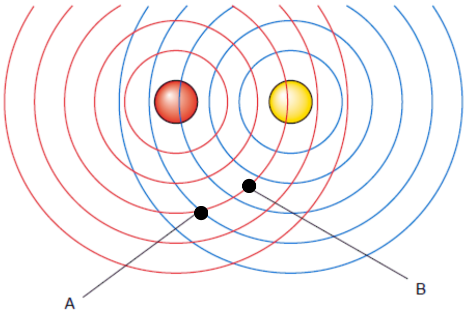
التفسير

يعتمد نوع التداخل في نقطة ما على **فرق المسار** بين الموجتين عند تلك النقطة.

فرق المسار:
المسافة الإضافية التي تقطعها إحدى الموجتين مقارنة بالموجة الأخرى.
وغالباً يكتب بدلالة الطول الموجي λ

طريقة حساب فرق المسار بين موجتين:

1. نحدد نقطة ما تتداخل فيها الموجتين
2. نحسب المسافة من مصدر الموجة الأولى إلى تلك النقطة
3. نحسب المسافة من مصدر الموجة الثانية إلى تلك النقطة
4. نطرح المسافتين



- المسافة بين كل جبهتين = λ
- المسافة بين جبهة ومنتصف المسافة بينها (فراغ)= $\frac{1}{2}\lambda$

مثال:

عند النقطة A

فرق المسار= $4\lambda - 3\lambda = \lambda$

تداخل بنَاء

عند النقطة B

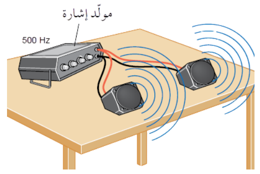
فرق المسار= $3\lambda - 2\frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}\lambda$

تداخل هدَام

تجارب تداخل مصدرين

أ. صفية الحضرمية

موجات الصوت

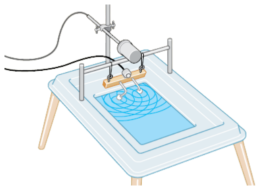


يوصل مكبرين صوت بمولد إشارة واحد

لا يسمع ضعف الصوت وإنما **تسمع سلسلة من المناطق الصاخبة والهادئة:**

- نقاط يكون الصوت فيها أعلى من صوت أحد المكبرين
- وفي نقاط أخرى يكون أكثر انخفاض أو لا يسمع صوت

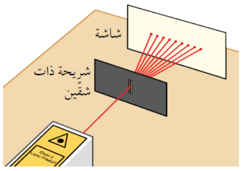
الموجات المائية



في حوض الموجات المائية يظهر التداخل عند:

- اهتزاز كرتين، فتنتج الموجات الدائرية تتداخل فيما بينها كمصادر نقطية.
- اهتزاز ساق فينتج الموجات المستوية، تتداخل بعد عبورها فجوتين في حاجز

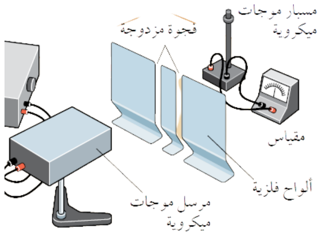
الضوء



توجيه ضوء ليزر عبر شق مزدوج **فتتكون على الشاشة سلسلة من البقع المضيئة:**

- أهداب مضيئة (تداخلات قصوى)
- أهداب معتمة(تداخلات دنيا)

الموجات الميكروية



يوجه جهاز إرسال الموجات الميكروية نحو فجوة مزدوجة في حاجز فلزي، يحدث لها حيود عبر الفجوتين ثم تتداخل خلفها مكونة:

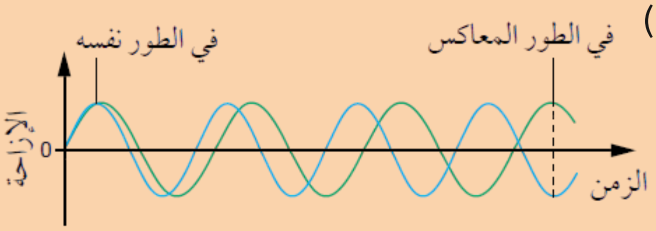
- مناطق ذات شدة عالية (تداخل بنَاء)
- مناطق ذات شدة منخفضة (تداخل هدَام)

يتم الكشف عنها من خلال تحريك مسبار

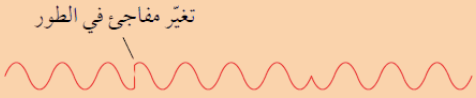
يختلف نمط التداخل بين الموجات:

- **إذا كان التردد والطول الموجي للموجتين نفسه وثابت على طول الموجتين**، فإن مصادر الموجات مترابطة أي فرق الطور بينهما ثابت: يظهر نمط تداخل ثابت (سلسلة من التداخلات البناءة والهدامة).

- **إذا كان التردد والطول الموجي لأحد الموجتين مختلف قليلاً**، فإن مصادر الموجات غير مترابطة أي فرق الطور بينهما غير ثابت: يظهر نمط تداخل غير ثابت (في نفس النقطة تتكون تداخلات بناءة عندما تكون الموجتان في نفس الطور ثم يتعاكسان في الطور فتنشأ تداخلات هدامة وهكذا)



يطلق ضوء الليزر دفعات منفصلة من الضوء:



- **عند استخدام ليزرين**، فإن الموجات الناتجة لن تكون في الطور نفسه (مصدرين غير مترابطين).
- **يجب استخدام ليزر واحد ويجزأ الضوء عبر شق مزدوج** ليكونا في الطور نفسه أو بينهما فرق طور ثابت (مصدرين مترابطين)

إذا كان الحاجز يتكون من:

- **شقين أو أكثر:** يحدث حيود للموجات عند عبورها عبر الشقوق ،ثم تتداخل الموجات، فتظهر مناطق معتمة ومضيئة في الشاشة.
- **شق واحد فقط:** يحدث حيود للموجة فقط لذا يظهر نطاق عريض من الضوء عبر الشاشة.

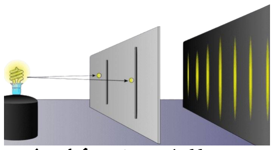
7- 4 تجربة الشق المزدوج ليونج

الشق المزدوج ليونج

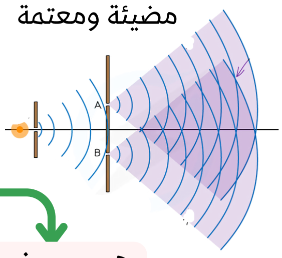
أ. صفية الحضرمية

فكرة العمل

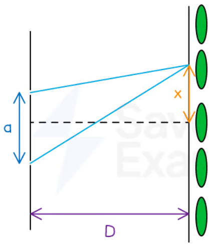
- يسقط ضوء عمودياً على زوج من الشقوق المتوازية
الشقين يضمنان تكون **مصدرين مترابطين** لموجات الضوء (فرق الطور ثابت)



- يحدث **حيود للضوء** في كل شق وينتشر في الحيز خلف الشقين
- ثم **يتداخل الضوء** ويظهر نمط التداخل على شاشة بشكل شرائط/ أهداب مضيئة ومعتمة



المعادلة

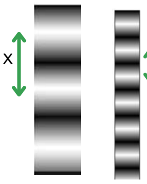


$$\lambda = \frac{a\,x}{D}$$

λ : الطول الموجي للضوء
a: المسافة الفاصلة بين مركزي الشقين
D: المسافة بين الشق والشاشة
x: المسافة الفاصلة بين الأهداب
(بين مركزي هدبين مضيئين متجاورين
أو مركزي هدبين معتمين متجاورين)

العوامل المؤثرة

يسهل ملاحظة نمط التداخل،
كلما ازدادت المسافة بين الاهداب X:

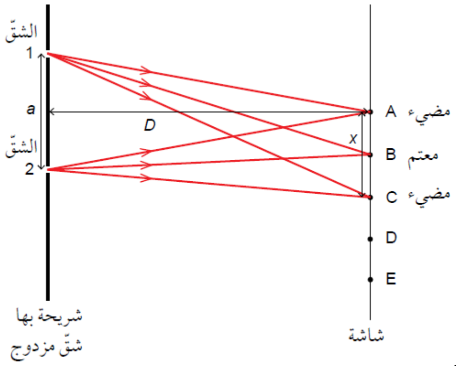


- **علاقة طردية :($x \propto \lambda$)**
إذا ازداد الطول الموجي λ للضعف،
يزداد البعد بين الأهدابX للضعف.

- **علاقة طردية :($x \propto D$)**
كلما ازداد البعد بين الشاشة والشق D للضعف،
يزداد البعد بين الأهداب X للضعف.

- **علاقة عكسية :($x \propto \frac{1}{a}$)**
كلما ازداد البعد بين مركزي الشقينa للضعف،
يقل البعد بين الأهدابX للنصف.

نمط التداخل الظاهر على الشاشة



هدب مضيء

(تداخل بناء)
فرق المسار بين الموجتين= $n\lambda$
تصل الموجات بنفس الطور 0,360
الهدب المضيء المركزي
(في منتصف المسافة بين الشقين):
فرق المسار بين الموجتين=صفر
الهدب المضيء الأول: فرق المسار=λ
الهدب المضيء الثاني: فرق المسار=2λ

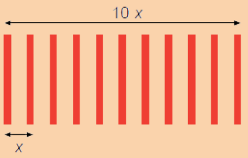
هدب معتم

(تداخل هدام)
فرق المسار بين الموجتين= $\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda$
الموجتان متعاكستان في الطور 180
الهدب المعتم الأول: فرق المسار = $1/2\lambda$
الهدب المعتم الثاني: فرق المسار= $3/2\,\lambda$

- **عندما تكون المسافة بين الأهداب(x) صغيرة جداً وصعبة القياس؛ يمكن حسابها من خلال قياس المسافة الفاصلة بين مجموعة من الأهداب:**

- $x = \frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{عدد المسافات الهدبية}} = \frac{\text{المسافة الكلية}}{\text{عدد الأهداب} - 1}$

مثال:
عدد الأهداب=11
عدد المسافات الهدبية= 11-1=10
$x = \frac{(10x)\ \text{المسافة}}{10}$



لتحديد عدد الأهداب:

1. حساب عدد المسافات الهدبية= المسافة الكلية/ المسافة بين الهدبين المتجاورين(x)
2. عدد الأهداب= عدد المسافات الهدبية + 1

تجارب الشق المزدوج ليونج لتحديد الطول الموجي

الإجراءات

1. استخدام شق مزدوج: لكي يكون مصدري الضوء مترابطين
2. أن يكون عرض الشق مناسب: حتى تتداخل الأشعة بشكل كافي ليحدث حيود للضوء
3. المسافة بين الشقين a مناسبة: حتى تكون المسافات بين الأهداب X كبيرة يمكن ملاحظتها
4. المسافة بين الشاشة والشقين D مناسبة: بحيث نتمكن من رؤية الأهداب بوضوح وغير باهتة والمسافات بينها X كبيرة.

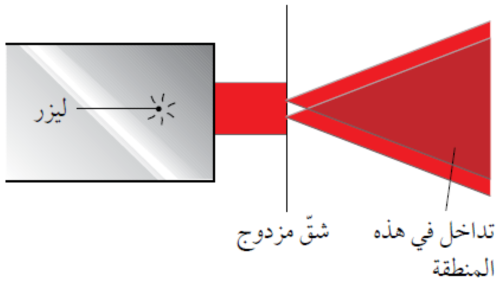
القياسات

أ. صفيحة الحضرمية

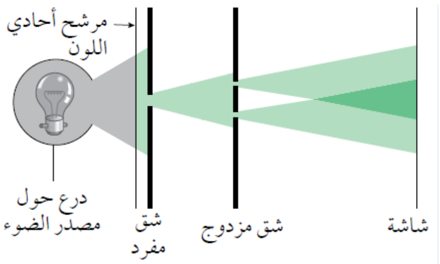
- المسافة الفاصلة بين الشقين a: باستخدام **المجهر المتحرك**؛ لأنها صغيرة جداً
- عرض الهدب x: باستخدام **مسطرة أو مجهر متحرك**، يقاس عرض عدة أهداب ثم حساب متوسط المسافة الفاصلة بينهم
- المسافة بين الشقين والشاشة D: باستخدام **مسطرة مترية أو شريط قياس**

الطرق

ضوء أحادي اللون (ليزر)



الضوء الأبيض



يستخدم **درع** حول مصدر الضوء الأبيض: لزيادة العتمة وتقليل تأثير الضوء المحيط

مرشح أحادي اللون: يسمح بمرور موجات بطول موجي واحد فقط

الطول الموجي: (ليزر)

الليزر يطلق ضوء أحادي اللون بطول موجي معين:

- ينتج **أهداب واضحة** ومتباعدة (مناطق معتمة ومضيئة)
- تظهر **أعداد كبيرة** من الأهداب على الشاشة

شدة الإضاءة: (ليزر)

أكثر سطوع ويتركز في شعاع ضيق وأكثر شدة:

ممكن إبعاد الشاشة عن الشقين D

وبالتالي يزداد البعد بين الأهداب X

(تقل نسبة عدم اليقين في قياسات X, D)

الطول الموجي: (الضوء الأبيض)

الضوء الأبيض عبارة عن طيف من الألوان بأطوال موجية مختلفة:

- تتشكل أهداب في نقاط مختلفة على الشاشة مما يؤدي تشوه الأهداب فتصبح **غير واضحة**

(**بدون مرشح**: يتكون هدب مركزي أبيض لأن جميع الأطوال الموجية تصل بنفس الطور ثم تظهر الأهداب المضيئة الأخرى ملونة)

- يظهر **عدد قليل من الأهداب** على الشاشة

شدة الإضاءة: (الضوء الأبيض)

شدة الإضاءة منخفضة:

حتى نتمكن من رؤية الأهداب يجب تقريب الشاشة من الشقين D

وبالتالي يقل البعد بين الأهداب X

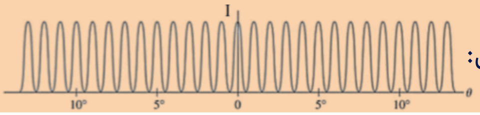
(تزداد نسبة عدم اليقين في قياسات X, D)

عرض الشق لا يؤثر على: المسافة بين الأهداب x

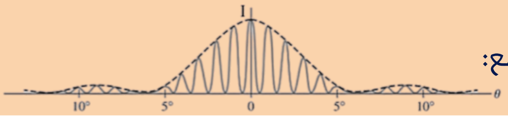
يؤثر عرض الشق على:

- شدة الإضاءة: كلما كان عرض الشق أضيق، فإن كمية الضوء المار تقل، وبالتالي **تقل شدة الإضاءة** على الشاشة. أما الشق الأوسع يسمح بمرور ضوء أكثر فتكون الأهداب **أكثر سطوع**.
- نمط الحيود والتداخل: الشق الأضيق ينتج حيود أكبر، لذا يكون نمط التداخل **ممتد (يظهر مزيد من الأهداب على الشاشة)**. الشق الواسع ينتج حيود أقل، فيكون نمط الحيود **ضيق(يظهر عدد أقل من الأهداب على الشاشة)**.
- توزيع الشدة على الشاشة: في الشق الضيق تكون شدة إضاءة الأهداب **تقل بشكل أقل من منتصف الشاشة إلى الحافة.** الشق الواسع تكون شدة الإضاءة **أكبر في الهدب المركزي ثم تقل بشكل واضح من الطرفين.**

شق ضيق / مهمل:



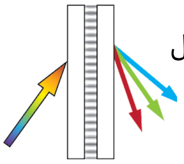
شق واسع:



7- 5 محزوز الحيود

أنواع محزوز الحيود

محزوز النفاذ



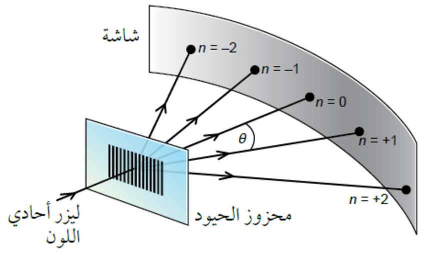
عدد كبير من الشقوق أو الخطوط المتباعدة بشكل متساوي على شريحة زجاجية أو بلاستيكية وكل خط قادر على إحداث **حيود** للضوء الساقط

محزوز الانعكاس

أ. صفية الحضرمية

عدد كبير من الشقوق أو الخطوط لمتباعدة بشكل متساوي على سطح عاكس بحيث **ينعكس** الضوء **ويحيد** بواسطة المحزوز (مثل: سطح أقراص CD و DVD)

التجربة



- يسقط ضوء ليزر أحادي اللون عمودياً على محزوز حيود النفاذ
- يحدث حيود للضوء عبر كل شق خلف الشقوق
- يتداخل الضوء الخارج من كل شق
- تظهر أهداب التداخل على الشاشة

الأهداب الناتجة تتباعد بشكل غير متساوي وبزوايا كبيرة

نمط التداخل الظاهر على الشاشة

أهداب مضيئة تسمى تداخلات قصوى

(تداخل بناء)

تصل الأشعة من جميع الشقوق بنفس الطور 0,360

فرق المسار بين الشعاع في الشق الاعلى والشق الأسفل= nλ

(الهدب المركزي) التداخل الأقصى ذو الرتبة الصفرية:	التداخل الأقصى ذو الرتبة الأولى:	التداخل الأقصى ذو الرتبة الثانية:
فرق المسار=صفر	فرق المسار= λ	فرق المسار= 2λ

يكون الهدب المركزي في المنتصف وتتكرر التداخلات القصوى الأخرى على جانبيه

المعادلة

$$d \sin \theta = n\lambda$$

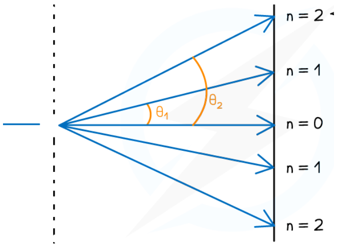
d: (تباعد المحزوز): المسافة الفاصلة بين خطين متجاورين للمحزوز

λ: الطول الموجي للضوء أحادي اللون الساقط عمودياً على المحزوز

n: رتبة التداخل الأقصى

n= 0,1,2,3.... قيم عددية صحيحة

Ө: زاوية التداخل الأقصى ذي الرتبة (n) عن للهدب المركزي



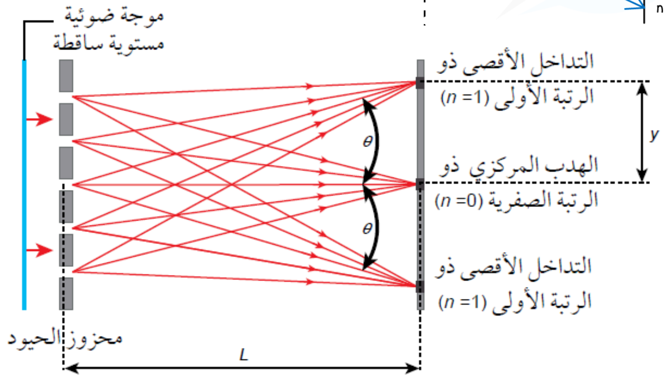
العوامل المؤثرة

- **علاقة طردية: (Ө α λ)**

إذا ازداد الطول الموجي λ، **تزداد زاوية** انحراف الضوء عن الهدب المركزيӨ: يزداد انتشار التداخل الأقصى ويقل عدد التداخلات القصوى على الشاشة.

- **علاقة عكسية: (Ө α $\frac{1}{d}$)**

كلما ازداد عدد الشقوق في المحزوز، تقل المسافة بينها d، **تزداد زاوية** انحراف الضوء عن الهدب المركزي Ө: **يزداد** انتشار التداخل الأقصى ويقل عدد التداخلات القصوى على الشاشة **ويزداد** سطوع ووضوح الأهداب (لأن التداخل ينتج من شقوق أكثر)



- **لحساب تباعد المحزوز d:**

$$\text{تباعد المحزوز (d)} = \frac{\text{طول المحزوز}}{\text{عدد الخطوط (N)}}$$

مثال: 300lines mm^{-1} $d=\frac{1}{N}=\frac{1\times10^{-3}}{300}=3.3\times10^{-6}m$

$$\text{عدد الخطوط (N)} = \frac{\text{طول المحزوز}}{\text{تباعد المحزوز (d)}}$$

(انتبه بأن يكون طول المحزوز والتباعد بنفس وحدة القياس)

- **لتحديد عدد التداخلات القصوى التي يمكن رؤيتها، نتبع إحدى الطريقتين:**

1- نحسب قيمة sinӨ لعدد من الرتب حتى نصل لرتبة تكون فيها قيمة sinӨ أكبر من 1 (غير ممكن) نحدد الرتبة السابقة nوستكرر من الطرفين مع الرتبة الصفرية في الهدب المركزي **(عدد التداخلات القصوى الكلي= 2n+1)**

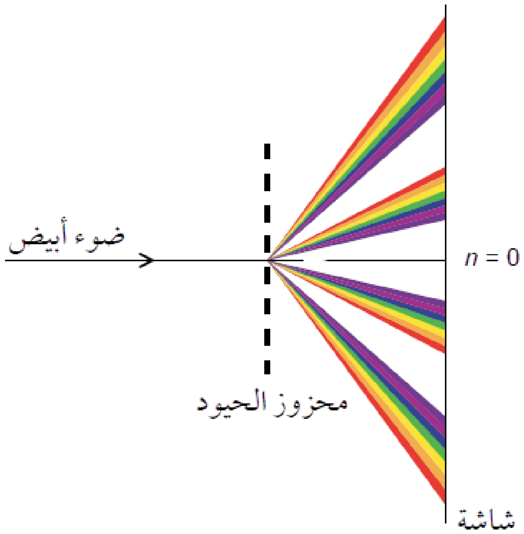
2- نحسب قيمة الرتبة n عندما تكون Ө=90، وبما أن sin90=1 فإن $n=\frac{d}{\lambda}$

نأخذ الرقم الصحيح بدون الفواصل العشرية وبدون تقريب، مثلاً n= 2.9 تكون قيمة n= 2 **(عدد التداخلات القصوى الكلي= 2n+1)**

تشتت الضوء الأبيض

المفهوم

تجزؤ الضوء إلى الأطوال الموجية المكونة له



التفسير

أ. صفية الحضرمية

(علاقة طردية بين طول الموجة وزاوية انحرافها عن الهدب المركزي)

$$\sin\theta = \frac{n\lambda}{d}$$

$$\theta \propto \lambda$$

لألوان الطيف أطوال موجية مختلفة وبالتالي تداخلات قصوى بزوايا مختلفة

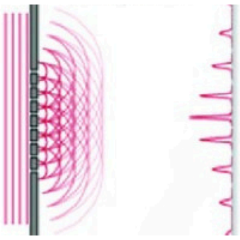
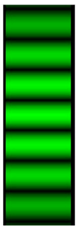
في التداخل الأقصى ذو الرتبة الصفرية (الهدب المركزي)
تصل جميع الألوان بزاوية $\theta = 0$
يظهر لون أبيض

في كل من الرتب الأخرى على كلا جانبي الرتبة الصفرية
تصل الموجات بزوايا مختلفة
تظهر سلسلة من ألوان الطيف

اللون البنفسجي
له طول موجي أقل
ينحرف بزاوية أقل(أقرب إلى المركز)

اللون الأحمر
له طول موجي أكبر
ينحرف بزاوية اكبر(أبعد عن المركز)

مقارنة طرق تحديد الطول الموجي للضوء

	تجربة الشق المزدوج ليونج	محزوز الحيود 
نمط التداخل	• تتكون أهداب عريضة وأقل سطوع • الأهداب متقاربة والمسافات بينها متساوية • شدة الإضاءة متساوية تقريباً للهدب المركزي والأهداب المجاورة له ثم تقل تدريجياً 	• تكون التداخلات القصوى حادة جداً وساطعة • التداخلات القصوى منفصلة وتتباعد بشكل غير متساوي وبزوايا كبيرة • شدة الإضاءة كبيرة في التداخل المركزي ثم تقل تدريجياً من الجانبين
دقة القياسات	**عدم يقين كبير** في قياس: • المسافة الفاصلة بين الشقين a • المسافة بين الأهداب x لأنها متقاربة	يمكن قياس الزاوية θ التي تتشكل عندها التداخلات القصوى لأنها متباعدة

تجربة استخدام محزوز الحيود أكثر دقة في قياس الطول الموجي من تجربة الشق المزدوج.

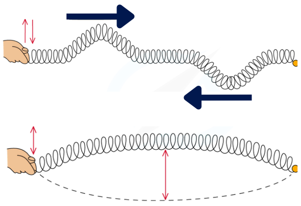
7-6 الموجات المستقرة ، 7-7 المزيد عن الموجات المستقرة

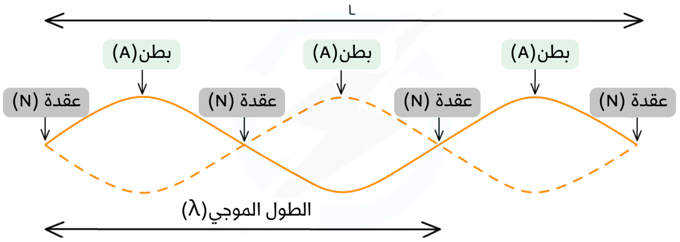
الموجات المستقرة
(الموجات الواقفة)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

نمط اهتزازي مستقر ناتج عن تراكب موجتين مسافرتين **لهما التردد نفسه** وتنتقلان **باتجاهين متعاكسين**، وللموجة المستقرة عُقد وبطون.





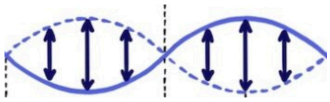
العقدة (N)
نقطة على الموجة المستقرة ذات سعة صفرية
(الجزيئات لا تتحرك)

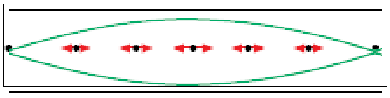
البطن (A)
نقطة على الموجة المستقرة ذات سعة قصوى
(الجزيئات تتحرك بأقصى سعة)

يعتمد اتجاه حركة الجزيئات على نوع الموجة المسافرة

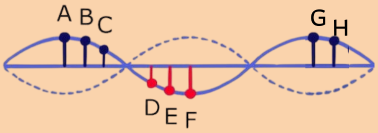
موجة مستعرضة
مثل الأوتار المشدودة والموجات الميكروية
تتحرك الجزيئات عمودياً على اتجاه انتشار الموجة
(للأعلى والأسفل)

موجة طولية
مثل الموجات الصوتية
تتحرك الجزيئات موازية لاتجاه انتشار الموجة
(للامام والخلف)

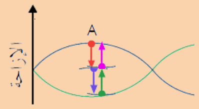




جميع الجزيئات في نفس الحلقة (بين أي عقدتين متجاورتين):
تتحرك في نفس الاتجاه ولها نفس الطور **ϕ= 0**
مثال: A, B, C جميعها في نفس الطور، و D,E,F في نفس الطور
G,H في نفس الطور مع A, B, C



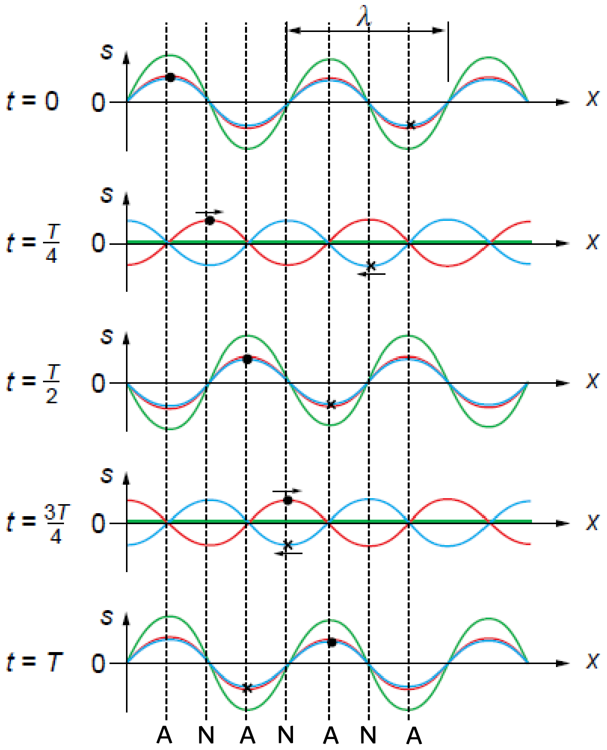
الجزيئات في الحلقات المتجاورة:
تتحرك في عكس الاتجاه ومتعاكسة في الطور **ϕ= 180**
مثال: A,B,C متعاكسة في نفس الطور مع D,E,F



النقطة A في البطن
عند t=0 ازاحتها 2A متجهة للأسفل
بعد t= T/4 تكون ازاحتها صفر وتستمر في الحركة للأسفل
بعد t= T/2 تكون ازاحتها 2A في الجانب الآخر ثم تتحرك للأعلى
بعد t= 3T/4 تكون ازاحتها صفر تستمر في الحركة للأعلى
بعد t= T تكون ازاحتها 2A **(أكملت اهتزازة كاملة)**

كيفية تكونها

الموجة المستقرة هي محصلة تراكب الموجتين (المسافرة والمنعكسة) لهما نفس السعة A والتردد f والطول الموجي λ.
الموجة باللون الأزرق تتحرك لليسار، الموجة باللون الأحمر تتحرك لليمين،
الموجة الخضراء هي الموجة المحصلة.



في الزمن t=0: تتحرك الموجتان في نفس الطور (تداخل بناء)، تنتج موجة محصلة لها ضعف سعة الموجتين 2A

بعد ربع زمن دوري t=T/4: تتحرك الموجتان ربع طول موجي في اتجاهين متعاكسين، ليصبحا متعاكستين في الطور (تداخل هدام)، تنتج موجة محصلة سعتها= صفر

بعد نصف زمن دوري t=T/2: تتحرك الموجتان في نفس الطور (تداخل بناء)، تنتج موجة محصلة لها ضعف سعة الموجتين 2A

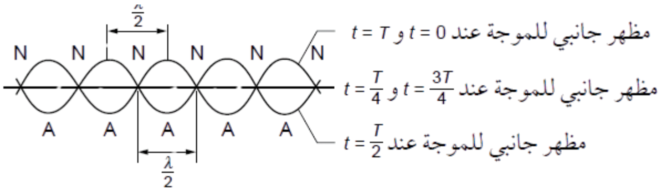
بعد ثلاثة أرباع زمن دوري t=3T/4: تتحرك الموجتان متعاكستين في الطور (تداخل هدام)، تنتج موجة محصلة سعتها= صفر

بعد زمن دوري كامل t=T: تتحرك الموجتان في نفس الطور (تداخل بناء)، تنتج موجة محصلة لها ضعف سعة الموجتين 2A

خلال الدورة الواحدة

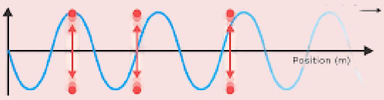
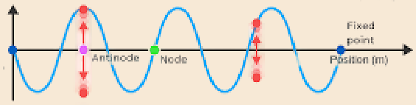
الجزيئات التي لا تتحرك أبدا (إزاحتها صفر خلال التداخل البناء والهدام)
تمثل العقدة N

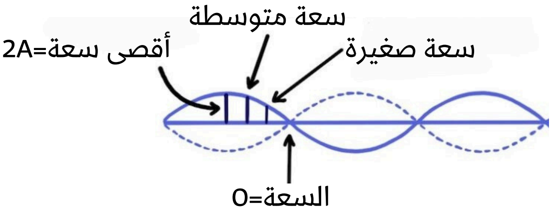
الجزيئات التي تتغير ازاحتها كل ربع دورة (بين سعة قصوى في التداخل البناء، وصفر في التداخل الهدام)
تمثل البطن A



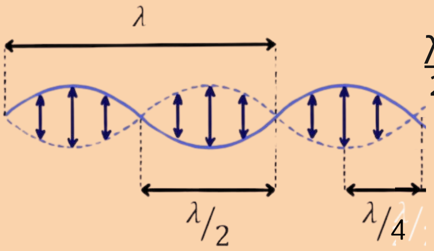
مقارنة الموجات المستقرة والمسافرة

أ. صفية الحضرمية

	الموجة المسافرة	الموجة المستقرة
التردد	لها تردد ثابت (f)	نفس تردد الموجة المسافرة (f)
الطول الموجي	لها طول موجي ثابت (λ)	نفس الطول الموجي للموجة المسافرة (λ)
السرعة	تتحرك بسرعة تعتمد على الوسط (v)	لا تنتقل، ليس لها سرعة (v=0)
فرق الطور	يتغيّر الطور بشكل مستمر على طول الموجة	يتغير الطور بمقدار 180 عند كل عقدة
انتقال الطاقة	تنقل الطاقة من مكان إلى آخر	لا تنقل الطاقة عبر الوسط (تخزن الطاقة)
السعة	جميع النقاط لها **نفس السعة** ولكن لها أطوار مختلفة 	تتراوح بين أقصى سعة (ضعف سعة الموجة المسافرة) عند البطن، إلى الصفر عند العقدة 



لحساب الطول الموجي للموجة المسافرة أو المستقرة:



- المسافة الفاصلة بين عقدتين متجاورتين أو بطنين متجاورين = $\frac{\lambda}{2}$

  الطول الموجي= 2× المسافة الفاصلة بين عقدتين متجاورتين

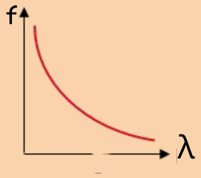
- المسافة الفاصلة بين عقدة وبطن متجاورين = $\frac{\lambda}{4}$

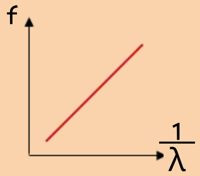
  الطول الموجي= 4× المسافة الفاصلة بين عقدة وبطن

لحساب سرعة الموجة المسافرة: $v= f\lambda$

التردد والطول الموجي (علاقة عكسية):

كلما ازداد الطول الموجي يقل التردد: أطول طول موجي، أصغر تردد



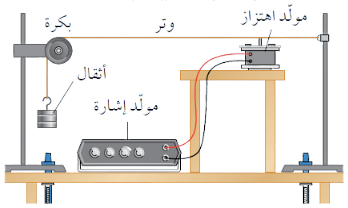


الرنين: تطابق تردد مصدر مهتز مع التردد الطبيعي لاهتزاز جسم ما، الأمر الذي يؤدي إلى اهتزاز ذلك الجسم بسعة أكبر.

تجارب الموجات المستقرة

أ. صفية الحضرمية

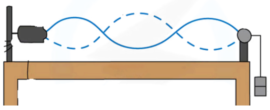
الموجات الميكانيكية
(تجربة ميلد)



- يثبت أحد طرفي الوتر بمولد إشارة، والطرف الآخر يوضع على بكرة بها أثقال لابقاء الوتر مشدود
- تنشأ موجات عند اهتزاز الوتر ثم تنعكس عند الطرف الآخر مكونة موجات مستقرة

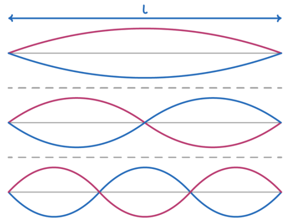
الوتر مثبت من الطرفين :'

(تتكون عقدة عند كل طرف)



- يتم التحكم بتردد مولد الاهتزاز لانتاج أنماط مختلفة من الموجات المستقرة

أطوال طول موجي



$\lambda=2L$ — $L=\frac{1}{2}\lambda$

$\lambda=L$ — $L=\frac{2}{2}\lambda=\lambda$

$\lambda=\frac{2L}{3}$ — $L=\frac{3}{2}\lambda$

$\lambda=\frac{2L}{n}$ — n: 1,2,3,4... عدد صحيح — $L=\frac{n}{2}\lambda$

- إذا كانت سرعة الموجات ثابتة لنفس الثقل ونوع الوتر، تكون **العلاقة عكسية بين التردد والطول الموجي:**

كلما ازداد التردد، يقل الطول الموجي وبالتالي تزداد عدد الحلقات المتكونة

- إذا تم ضبط مولد الإشارة على تردد ثابت، تكون **العلاقة طردية بين سرعة الموجات المسافرة والطول الموجي**

سرعة الموجات المسافرة تعتمد على:

1.قوة الشد/ وزن الثقل **(علاقة طردية):**

كلما ازداد وزن الثقل تزداد سرعة الموجات المسافرة وبالتالي يزداد الطول الموجي أي تقل عدد الحلقات المتكونة.

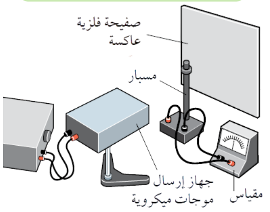
2. سمك الوتر **(علاقة عكسية):**

كلما ازداد سمك الوتر، قلت سرعة الموجات وبالتالي يقل الطول الموجي أي تزداد عدد الحلقات المتكونة.

مقارنة التردد والطول الموجي للأنبوبين

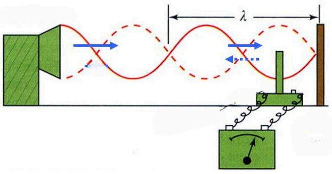
- **الأنبوب مغلق الطرف:** الطول الموجي أكبر ($\lambda=4L$)، وبالتالي تردد أقل (صوت أقل حدة)
- **الأنبوب مفتوح الطرفين:** الطول الموجي أصغر($\lambda=2L$)، وبالتالي تردد أكبر (صوت أعلى حدة)

الموجات الميكروية



- باستخدام جهاز ارسال، يتم توجيه الموجات الميكروية إلى صفيحة فلزية فتنعكس مكونة موجات مستقرة

(تتكون عقدة عند الصفيحة)



- يحرك مسبار مستقبل بين جهاز الإرسال والصفيحة
- يلاحظ مواضع مختلفة الشدة:

شدة عالية (بطن)

شدة منخفضة أو صفر (عقدة)

- يمكن حساب تردد الموجات من خلال حساب الطول الموجي:

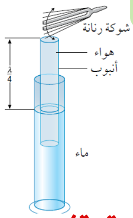
المسافة بين عقدتين متتاليتين $\times 2 = \lambda$

سرعة الموجات الميكروية:

$c=3\times10^{8}\ ms^{-1}$

$f=c/\lambda$

الموجات الصوتية



العمود الهوائي المغلق من أحد طرفيه

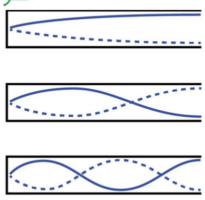
باستخدام أنبوب مفتوح الطرفين موضوع داخل أنبوب اختبار به ماء

الطرف الموجود داخل الماء: جزيئات الهواء لا تهتز (عقدة)

الطرف خارج الماء: تهتز الجزيئات بأقصى سعة (بطن)

- تقرب شوكة رنانة مهتزة من الطرف المفتوح وبالتالي يهتز عمود الهواء داخل الأنبوب وينعكس عند الطرف المغلق ويحدث "الرنين"

أطوال طول موجي



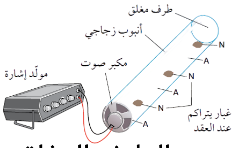
الرنين الأول: $L=\frac{1}{4}\lambda$ — $\lambda=4L$

الرنين الثاني: $L=\frac{3}{4}\lambda$ — $\lambda=\frac{4L}{3}$

الرنين الثالث: $L=\frac{5}{4}\lambda$ — $\lambda=\frac{4L}{5}$

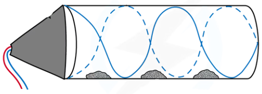
$L=\frac{n}{4}\lambda$ — n: 1,3,5,7... عدد فردي — $\lambda=\frac{4L}{n}$

أنبوب الغبار لكونت



مثال على الأنبوب مغلق الطرف

- يرسل مكبر الصوت موجات صوتية على طول الجزء الداخلي للأنبوب ثم ينعكس عند الطرف المغلق، فتنشأ موجة مستقرة



(يتكون بطن في الطرف المتصل بالمكبر، تتكون عقدة في الطرف المغلق)

- يهتز الغبار بسعة قصوى في البطن ويتراكم عند العقد إذ لا يتحرك الهواء

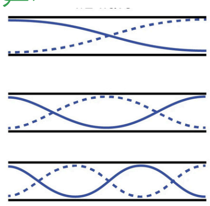
يمكن حساب سرعة الصوت: بمعرفة تردد الصوت f من مولد الإشارة وحساب الطول الموجي λ من خلال المسافة بين العقد $v=f\lambda$

الأعمدة الهوائية المفتوحة من الطرفين

- يتم النفخ في أنبوب مفتوح الطرفين، فيتكون صوت له حدة أكبر مقارنة بالنفخ في أنبوب مغلق الطرف

(يتكون بطن في الطرفين)

أطوال طول موجي



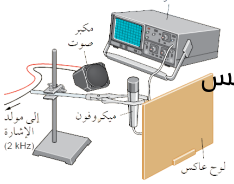
الرنين الأول: $L=\frac{1}{2}\lambda$ — $\lambda=2L$

الرنين الثاني: $L=\frac{2}{2}\lambda=\lambda$ — $\lambda=L$

الرنين الثالث: $L=\frac{3}{2}\lambda$ — $\lambda=\frac{2L}{3}$

$L=\frac{n}{2}\lambda$ — n: 1,2,3,4... عدد صحيح — $\lambda=\frac{2L}{n}$

الأوسيلوسكوب



- ينتج مكبر الصوت موجات صوتية ثم تنعكس عن اللوح العاكس فتتكون موجات مستقرة

(تتكون عقدة عند اللوح العاكس)

يلتقط الميكرفون الموجات بين مكبر الصوت واللوح وتعرض الإشارة على جهاز الأوسيلوسكوب

تظهر شاشة الأوسيلوسكوب مواضع مختلفة:

شدة عالية (بطن)، شدة منخفضة أو صفر (عقدة)

8-1 النموذج الجسيمي والنموذج الموجي

أ. صفية الحضرمية

	النموذج الموجي	النموذج الجسيمي
الطبيعة	اهتزازات ليس لها كتلة	جسيمات صلبة لها كتلة (عدا الفوتونات)
الحركة	تنتشر على شكل اهتزازات دورية، تنتقل في جميع الاتجاهات	تتحرك في خطوط مستقيمة إذا لم تؤثر عليها قوة
الانتشار	تنتقل عبر الوسط أو الفراغ بشكل مستمر	تتحرك من نقطة إلى أخرى كجسيمات فردية منفصلة
الظواهر	يحدث لها انعكاس، انكسار، حيود وتداخل	يمكن أن يحدث لها انعكاس وانكسار، لكن لا يمكن أن يحدث حيود وتداخل
التأثير في الوسط	تمر عبر الأجسام وتنتشر حول الحواجز (حيود)	تتصادم مع الأجسام ولا تمر عبرها

طبيعة الاشعاع الكهرومغناطيسي

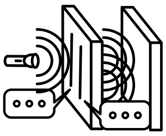
مثل الضوء المرئي، الأشعة السينة، جاما..

طبيعة موجية

يسلك الضوء سلوك الموجات، إذ ينتشر في جميع الاتجاهات بشكل مستمر ويحدث له حيود وتداخل

الدليل

تجربة شقي يونج ومحزوز الحيود

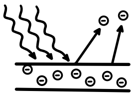


طبيعة جسيمية

يسلك الضوء سلوك الجسيمات، إذ يتحرك في صورة جسيمات منفصلة تتصادم فيما بينها

الدليل

سماع نقرات فردية منفصلة عند الكشف عن أشعة جاما باستخدام عداد جيجر



ظاهرة التأثير الكهروضوئي

"تفاعل بين فوتون وإلكترون في فلز ما، حيث يتحرر إلكترون من سطح هذا الفلز"

نوع الجسيم

الفوتون

"كمة من الطاقة الكهرومغناطيسية"

الكمة: كمية محددة من شيء ما موجودة بشكل منفصل.

علاقة اينشتاين

معادلة تربط **الخاصية الجسيمية** (طاقة الفوتون E) و**الخاصية الموجية** (التردد f) للأشعة الكهرومغناطيسية

$$E = hf \qquad E = \frac{hc}{\lambda}$$

E: طاقة الفوتون بوحدة الجول (J)

f: التردد بوحدة الهيرتز ($Hz = s^{-1}$)

λ: الطول الموجي بوحدة المتر (m)

c: سرعة الضوء في الفراغ ($c = 3\times10^{8} ms^{-1}$)

h: ثابت بلانك بوحدة الجول ثانية (Js) أو جول لكل هيرتز (JHz^{-1})

($h = 6.63\times 10^{-34} Js$)

$E \propto f$

طاقة الفوتون تتناسب طردياً مع تردد الموجات الكهرومغناطيسية (كلما ازداد تردد الموجة ازدادت طاقة الفوتونات)

$E \propto \frac{1}{\lambda}$

طاقة الفوتون تتناسب عكسياً مع الطول الموجي للموجات الكهرومغناطيسية (كلما ازداد الطول الموجي للموجة قلت طاقة الفوتونات)

وحدة قياس طاقة الفوتون (E)

الجول (J)

لتحويل طاقة الفوتون:

- من eV إلى J: **اضرب** في (1.6×10^{-19})
- من J إلى eV: **اقسم** على (1.6×10^{-19})

انتبه: استخدم طاقة الفوتون بوحدة الجول J عند التعويض في القانون E=fh لأن ثابت بلانك يقاس بوحدة Js

عند بذل شغل على جسيم بواسطة فرق جهد كهربائي يكتسب طاقة حركة KE:

$$QV = KE = \frac{1}{2} m v^2$$

وعند تسريع الإلكترون بواسطة فرق جهد كهربائي V يكتسب طاقة حركة:

$$eV = \frac{1}{2} m v^2$$

لحساب سرعة الإلكترون: $v = \sqrt{\dfrac{2eV}{m}}$

إلكترون فولت (eV)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

الطاقة التي يكتسبها إلكترون عندما ينتقل بواسطة فرق جهد مقداره (1V)

المقدار

الطاقة التي يكتسبها الجسيم = الشغل المبذول على الجسيم

W= QV

Q: شحنة الجسيم

V: فرق الجهد الكهربائي

للإلكترون: W= eV

بالتعويض عن شحنة الإلكترون: $e=1.6\times10^{-19}C$

وفرق الجهد الكهربائي: V=1V

$W= 1eV= 1.6\times10^{-19}J$

تقدير ثابت بلانك h

الأدوات

الوصلة الثنائية الضوئيةLED

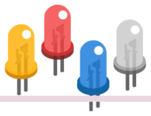
"مكون كهربائي يعمل باتجاه واحد فقط"

عند توصيل الوصلة بشكل صحيح في الدائرة الكهربائية(الانحياز الأمامي)، تحتاج إلى حد أدنى من فرق الجهد الكهربائي حتى تعمل.

جهد العتبة:

الحد الأدنى لفرق الجهد عبر الوصلة الثنائية الضوئية (LED) عندما تبدأ بالتوصيل وبعث الضوء.

الوصلات الثنائية الضوئية ذات الألوان المختلفة، لها قيم مختلفة لجهد العتبة



الوصلة الباعثة للضوء الأحمر	الوصلة الباعثة للضوء الأزرق
(تبعث فوتونات بطاقة منخفضة)	(تبعث فوتونات بطاقة عالية)
لأن تردده منخفض	لأن تردده عالي
يتطلب جهد عتبة منخفض حتى تضيء الوصلة	**يتطلب جهد عتبة مرتفع حتى تضيء الوصلة**

الفكرة

عندما يمر التيار عبر الوصلة الثنائية تنتقل طاقة الإلكترونات إلى الفوتونات فتنبعث وتضيء الوصلة

طاقة الفوتون=الطاقة المنقولة بواسطة الإلكترون

$$eV = \frac{hc}{\lambda}$$

e: شحنة الإلكترون

V: جهد العتبة للوصلة الثنائية الضوئية

h: ثابت بلانك

c: سرعة الضوء في الفراغ

λ: الطول الموجي للضوء المنبعث من الوصلة الثنائية

معدل انبعاث الفوتونات :

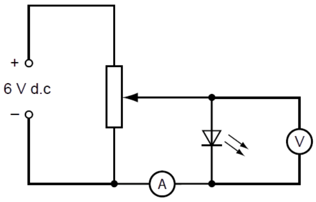
عدد الفوتونات المنبعثة في الثانية

- معدل الفوتونات= $\dfrac{\text{عدد الفوتونات}}{\text{الزمن}}$
- معدل الفوتونات= $\dfrac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون الواحد E}}$

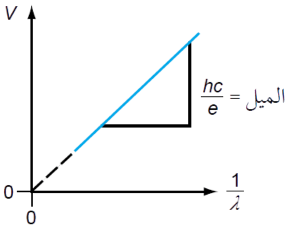
لتحديد نوع الاشعاع: احسب الطول الموجي للفوتون، ثم حدد موقعه في الطيف الكهرومغناطيسي

القياسات

- توصل دائرة كهربائية تحتوي على مصدر جهد، مقاومة متغيرة تعمل كمجزئ جهد، وصلة ثنائية ضوئية وفولتميتر



- يتم زيادة فرق الجهد بين طرفي الوصلة بالتحكم في المقاومة المتغيرة
- يقاس جهد العتبةV: باستخدام الفولتميتر(لحظة **بدأ** الوصلة بالإضاءة وتوصيل التيار)
- يحدد الطول الموجي للضوءλ: باستخدام محزوز الحيود أو المكتوب في الوصلة.
- تكرر القراءات مع وصلات ثنائية مختلفة
- يرسم المنحنى البياني (جهد العتبة- مقلوب الطول الموجي)



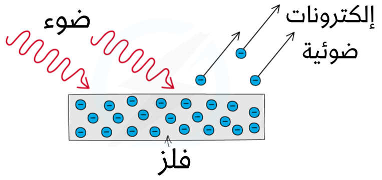
- يحسب ميل المنحنى

$$\text{الميل} = V\lambda = \frac{hc}{e}$$

- تحسب قيمة ثابت بلانك

$$h = \text{الميل} \times \frac{e}{c}$$

8- 2 التأثير الكهروضوئي

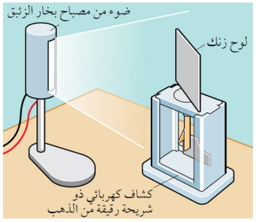


التأثير الكهروضوئي

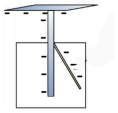
ظاهرة انطلاق إلكترونات من سطح فلزي عندما يسلط عليه ضوء مناسب

أ. صفية الحضرمية

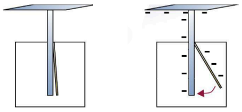
التجربة



- يتم شحن الكشاف الكهربائي بشحنة سالبة (تزداد عدد الإلكترونات) مما يؤدي إلى تنافر رقائق الذهب وانفراجها.



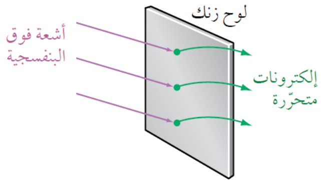
- توضع صفيحة زنك في الجزء العلوي من الكشاف.
- يسلط شعاع كهرومغناطيسي من مصباح بخار الزئبق (أشعة فوق بنفسجية شديدة)
- يقل انفراج الرقاقة تدريجياً؛ لأن الأشعة تعمل على تحرير الإلكترونات



- عند تقريب المصباح أكثر تزداد شدة الإضاءة وبالتالي يقل انفراج الشريحة أسرع (عدد أكثر من الإلكترونات تحرر في وقت أقل)

إضافة قطعة زجاج بين الزنك والضوء: يمنع تحرير الإلكترونات لأن الزجاج يمتص الأشعة وبالتالي لا يقل الانفراج في شريحة الذهب

الشرط



حتى يتم تحرير الإلكترونات من الفلز يجب أن يمتلك الشعاع الساقط حد أدنى من التردد

تردد العتبة f_0:
أدنى تردد للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط الذي يحرر إلكترونات من سطح فلز ما.

بما أن: $c=f\lambda$

فإن أدنى تردد f_0 يقابله أقصى طول موجي λ_0

طول موجة العتبة λ_0:
أقصى طول موجة للإشعاع الكهرومغناطيسي الساقط الذي يحرر إلكترونات من سطح فلز ما.

مثال:

- عند تسليط ضوء مرئي على لوح الزنك: لا تتحرر الإلكترونات مهما زادت شدته <u>لأن ترددہ أقل من تردد العتبة للزنك</u>
- عند تسليط الأشعة فوق البنفسجية على لوح الزنك: تتحرر الإلكترونات <u>لأن ترددہ أكبر من تردد العتبة للزنك</u>

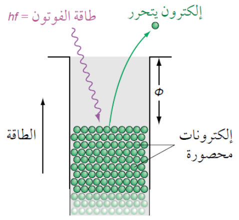
التفسير

تحتوي الفلزات مثل الزنك على إلكترونات حرة الحركة ضعيفة الارتباط بالنواة (تسمى إلكترونات التوصيل)

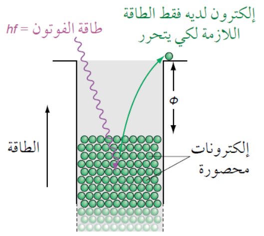
تحتاج إلكترونات التوصيل طاقة حتى تتحرر من سطح الفلز.

طاقة دالة الشغل ϕ:
أدنى طاقة يحتاج إليها الإلكترون للتحرر من <u>سطح</u> فلز ما.

- الإلكترونات <u>على سطح الفلز</u> تحتاج طاقة أقل حتى تتحرر



- الإلكترونات <u>أسفل سطح الفلز</u> تحتاج مزيد من الطاقة حتى تتحرر من الفلز



المعادلة

معادلة اينشتاين للكهروضوئية

طاقة الفوتون= دالة الشغل+ طاقة الحركة القصوى للإلكترون

$$E=\phi+KE_{max}$$

$$hf=\phi+\frac{1}{2}mv_{max}^2$$

$$\frac{hc}{\lambda}=\phi+\frac{1}{2}mv_{max}^2$$

E: طاقة الفوتون
ϕ: دالة الشغل
KE_{max}: طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية
h: ثابت بلانك
f: تردد الضوء الساقط
m: كتلة الإلكترون
v_{max}: السرعة القصوى للإلكترونات الضوئية

الإلكترون يستطيع امتصاص طاقة فوتون واحد فقط، وهذه الطاقة:

- يستخدمها الإلكترون ليتحرر من الفلز **(دالة الشغل ϕ)**
- الطاقة المتبقية يكتسبها **كطاقة حركة قصوى KE_{max}**

تردد العتبة، طول موجة العتبة، دالة الشغل **جميعها خواص للفلز** أي تختلف باختلاف نوع الفلز

لحساب السرعة القصوى للإلكترونات الضوئية :

1. نحسب قيمة طاقة الحركة القصوى $(KE_{max}=hf-\phi)$
2. نعيد ترتيب معادلة طاقة الحركة $\left(v=\sqrt{\frac{2KE_{max}}{m}}\right)$

العوامل المؤثرة على

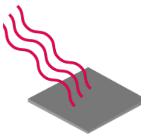
أ. صفية الحضرمية

طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية

تتناسب طردياً مع **تردد الضوء**

عندما يكون تردد الضوء أكبر من تردد العتبة للفلز

إذا كان تردد الفوتون أقل من تردد العتبة($f<fo$)



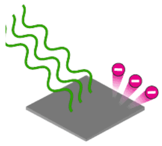
(طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل)

لا تتحرر الإلكترونات من سطح الفلز

إذا كان تردد الفوتون= تردد العتبة($f=fo$)

طاقة الفوتون= دالة الشغل

$$\phi = hf_o = \frac{hc}{\lambda_o}$$



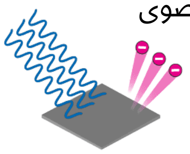
تتحرر الإلكترونات لكن لا تكتسب طاقة حركة

$KE_{max}=0$

إذا كان تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة($f>fo$)

طاقة الفوتون= دالة الشغل+ طاقة الحركة القصوى

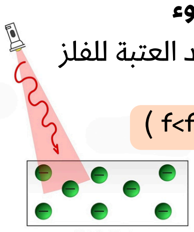
$hf= \phi + KE_{max}$



تتحرر الإلكترونات وتكتسب طاقة حركة

شدة التيار الكهروضوئي

تتناسب طردياً مع **شدة الضوء**



عندما يكون تردد الفوتون أكبر من تردد العتبة للفلز

إذا كان تردد الفوتون أقل من تردد العتبة($f<fo$)

(طاقة الفوتون أقل من دالة الشغل)

لا تتحرر الإلكترونات مهما زادت شدة الضوء الساقط

إذا كان تردد الفوتون أكبر من أو يساوي تردد العتبة ($f\geq fo$)

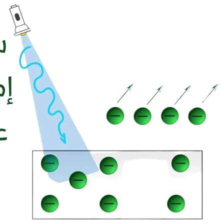
(طاقة الفوتون أكبر من أو تساوي دالة الشغل)

تتحرر الإلكترونات الضوئية ويزداد عددها بزيادة شدة الضوء

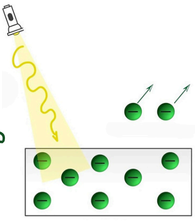
أي تزداد شدة التيار الكهروضوئي

لكن جميع الإلكترونات المنبعثة تتحرك بنفس السرعة

شدة إضاءة عالية



شدة إضاءة منخفضة

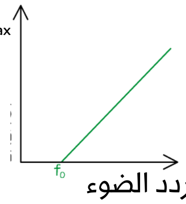


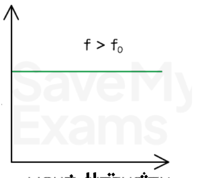
عند حدوث ظاهرة التأثير الكهروضوئي

(أي عندما يكون تردد الضوء أكبر من تردد العتبة للفلز)

طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية

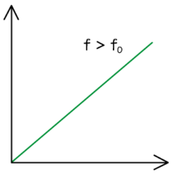
تعتمد على **تردد الضوء** الساقط ولا تعتمد على شدته

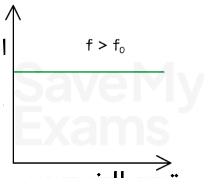




شدة التيار الكهروضوئي

تعتمد على **شدة الضوء** الساقط ولا تعتمد على تردده





منحنيات طاقة الحركة القصوى للإلكترونات الضوئية

طاقة الحركة وتردد الضوء

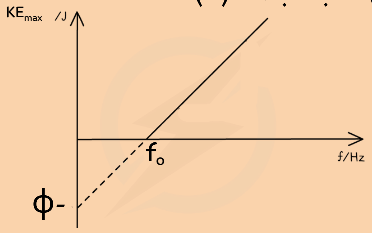
من معادلة الخط المستقيم $y= mx+b$

$KE_{max}=hf-\phi$

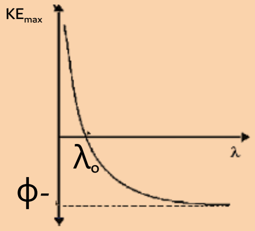
الجزء المقطوع من المحور السيني= تردد العتبة ($f_o=\frac{\phi}{h}$)

الجزء المقطوع من المحور الصادي= -دالة الشغل ($-\phi$)

الميل= ثابت بلانك(h)



طاقة الحركة والطول الموجي الضوء



طاقة الحركة ومقلوب الطول الموجي للضوء

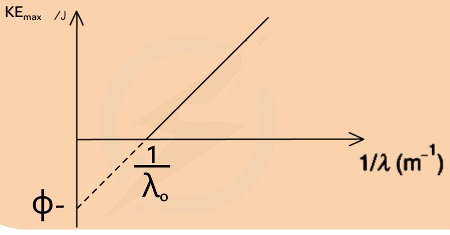
من معادلة الخط المستقيم $y= mx+b$

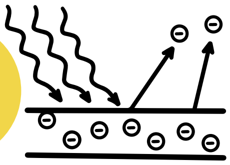
$KE_{max}=\frac{hc}{\lambda}-\phi$

الجزء المقطوع من المحور السيني= ($\frac{1}{\lambda_o}$)

الجزء المقطوع من المحور الصادي= -دالة الشغل ($-\phi$)

الميل= ثابت بلانك× سرعة الضوء(hc)





ظاهرة التأثير الكهروضوئي **تثبت الطبيعة الجسيمية للضوء** وجميع الموجات الكهرومغناطيسية

أ. صفية الحضرمية

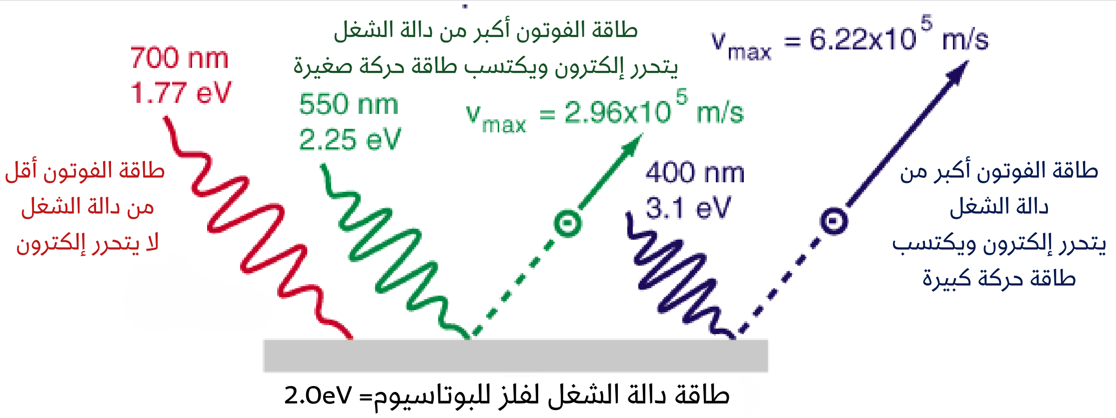
النموذج الموجي للضوء يفترض أن الضوء:

- ينتقل على شكل موجات مستمرة،
- تُوزَّع طاقته تدريجيًا مع مرور الوقت،
- عند زيادة شدة الضوء، تزداد الطاقة الكلية المنتقلة بالموجة في الثانية.

النموذج الجسيمي للضوء يفترض أن الضوء :

- مكون من جسيمات صغيرة تُسمى فوتونات
- يحمل كل فوتون طاقة تعتمد فقط على تردده (E=hf).
- عند زيادة شدة الضوء، تزداد عدد الفوتونات، لكن تبقى طاقة كل فوتون ثابتة

ما يتوقعه النموذج الموجي للضوء	ملاحظات ظاهرة التأثير الكهروضوئي	تفسير الظاهرة وفق النموذج الجسيمي للضوء (الفوتونات)
أي تردد من الضوء يمكن أن يسبب انبعاث إلكترونات إذا طالت مدة التعرض بما فيه الكفاية.	لا ينبعث إلكترون إذا كان تردد الضوء أقل من تردد العتبة، مهما زادت شدة الضوء أو مدة التعرض.	كل فوتون يجب أن يمتلك طاقة أكبر من طاقة دالة الشغل لتحرير الإلكترون
الإلكترونات تمتص الطاقة تدريجياً من الموجة المستمرة إلى أن تحصل على الطاقة الكافية للتحرر (يستغرق وقت أطول)	ينبعث الإلكترون فورًا بمجرد سقوط الضوء ذي التردد المناسب على سطح الفلز.	الفوتون ينقل طاقته مباشرة للإلكترون في لحظة التصادم؛ إذا كانت الطاقة كافية، يحدث الانبعاث فورًا.
الطاقة الحركية للإلكترونات المنبعثة تزداد مع زيادة شدة الضوء.	الطاقة الحركية تعتمد فقط على تردد الضوء، وليس شدته.	طاقة الفوتون تعتمد فقط على تردده (E=hf)، وليس شدته، والطاقة الحركية = طاقة الفوتون – دالة الشغل.
زيادة شدة الضوء تعني زيادة طاقة كل فوتون وبالتالي تزداد طاقة حركة الإلكترونات.	زيادة شدة الضوء تؤدي إلى انبعاث عدد أكبر من الإلكترونات، لكن لا تؤثر على طاقتها الحركية.	الشدة الأعلى تعني وجود عدد أكبر من الفوتونات، وبالتالي مزيد من الإلكترونات المنبعثة، لكن طاقة كل فوتون لا تتغير.



8- 3 للفوتونات كمية تحرك أيضاً

كمية التحرك للفوتون

للضوء كمية تحرك، إذ يصطدم الفوتون بالأجسام ويؤثر عليها بقوة، كما تفعل الجسيمات ذات الكتلة، لأن لديه طاقة رغم أنه ليس له كتلة سكون

المعادلة

$P=\frac{E}{c}$

P: كمية التحرك للفوتون

E: طاقة الفوتون

c: سرعة الضوء في الفراغ

وحدة القياس

أ. صفية الحضرمية

N s

$kg\ m\ s^{-1}$

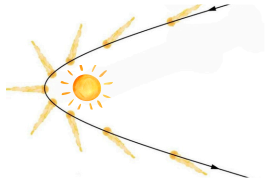
التأثير

ضغط الإشعاع

الضوء يمكن أن يُحدث قوة على الأجسام فيؤثر عليها بضغط.

مثال

يؤثر ضوء الشمس بضغط على ذيل المذنبات، فتتجه بعيداً عنها



لحساب مقدار الضغط الذي يؤثر به الضوء على سطح ما

1. نحسب طاقة الفوتون الواحد: $E=hf=\frac{hc}{\lambda}$
2. نحسب كمية التحرك لكل فوتون: $P=\frac{E}{c}$
3. معدل تدفق الفوتونات (عدد الفوتونات في الثانية)= $\frac{\text{القدرة}}{\text{طاقة الفوتون الواحد(E)}}$
4. نحسب مقدار القوة المؤثرة على السطح:

القوة= معدل التغير في كمية التحرك

القوة= عدد الفوتونات في الثانية× كمية التحرك لكل فوتون

5. الضغط = $\frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$

يمكن التحقق من مقدار الضغط الذي يؤثر به الضوء:

القوة= $\frac{\text{القدرة}}{\text{سرعة الضوء}}$

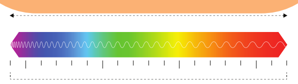
الضغط= $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة× سرعة الضوء}}$ = $\frac{\text{شدة الضوء}}{\text{سرعة الضوء}}$

- شدة الضوء= $\frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$

8-4 الأطياف الخطية

الطيف المرئي (طيف الضوء الأبيض)

أ. صفية الحضرمية



الطيف المستمر

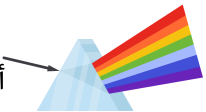
طيف انبعاث يتكون من **سلسلة متصلة** من الأطوال الموجية

ينتج عن "عملية التشتت"

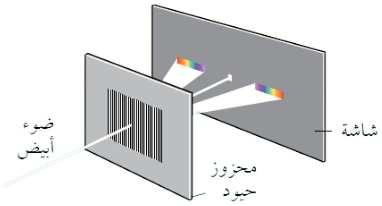
تجزئة الضوء إلى الأطوال الموجية المكونة له من خلال طريقتين

- محزوز الحيود
- المنشور

ضوء أبيض



منشور

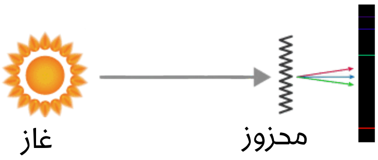


الطيف الخطي

طيف الانبعاث الخطي

طيف **بخطوط ملونة** ساطعة متوازية ذات أطوال موجية محددة

ينتج عند استخدام محزوز الحيود لمشاهدة غاز ساخن



غاز ساخن — محزوز الحيود

طيف الامتصاص الخطي

طيف به **خطوط سوداء** متوازية ذات أطوال موجية محددة ترى على خلفية طيف مستمر

ينتج عند تسليط الضوء الأبيض عبر غاز بارد والنظر إلى الطيف باستخدام محزوز الحيود

الضوء الأبيض — غاز بارد — محزوز الحيود

مستويات الطاقة (حالات الطاقة)

المفهوم

حالات طاقة مكممة للإلكترون في ذرة ما.

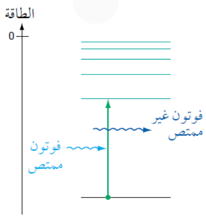
مكممة

كمية يمكن ملاحظتها بقيم منفصلة أو محددة.

طاقة الإلكترون تكون قيمة محددة تساوي الطاقة في المستوى الذي يوجد به ولا يمكن أن يكون له طاقة بين مستويين

تكون الأطياف الخطية

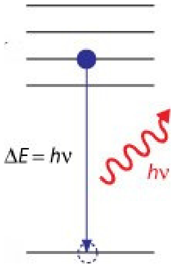
- الضوء يتكون من فوتونات لها طاقة محددة ($E=hf=\frac{hc}{\lambda}$)
- يتفاعل الضوء مع المادة:
  الإلكترونات تمتص طاقة الفوتونات أو تفقد طاقتها وتبعث فوتونات فقط إذا كانت طاقة الفوتون تساوي الفرق بين مستويين للطاقة



طيف الانبعاث الخطي

ناتج عن انبعاث الضوء من الذرات

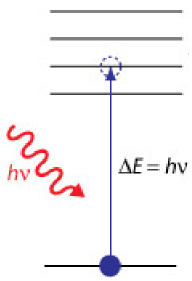
الإلكترون يفقد الطاقةعند الانتقال من مستوى طاقة عالي إلى مستوى طاقة منخفض فيبعث فوتون



طيف الامتصاص الخطي

ناتج عن امتصاص الذرات للضوء

الإلكترون يمتص طاقة الفوتون عند الانتقال من مستوى طاقة منخفض إلى مستوى طاقة أعلى



المعادلة

وفق قانون حفظ الطاقة: انتقال إلكترون واحد مسؤول عن امتصاص أو انبعاث فوتون واحد فقط

طاقة الفوتون= فرق الطاقة بين المستويين الذي انتقل بينهما الإلكترون

(إذا انتقل الإلكترون من مستوى طاقته E1 إلى مستوى آخر طاقته E2)

طاقة الفوتون=ΔE

$\Delta E = E_1 - E_2$

$hf = E_1 - E_2$

$\frac{hc}{\lambda} = E_1 - E_2$

لحساب تردد الإشعاع:f

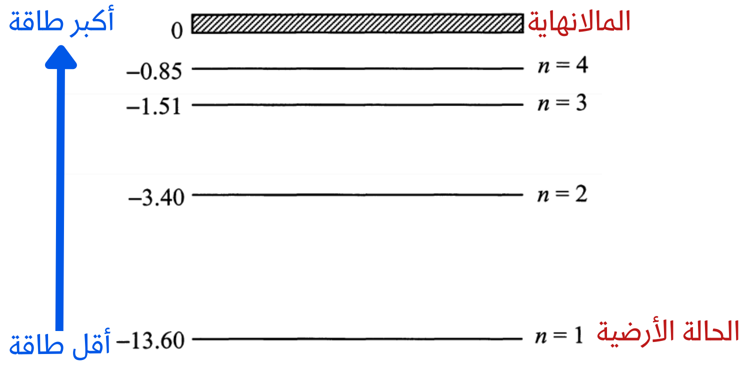
$f = \frac{\Delta E}{h}$

لحساب الطول الموجي للإشعاع :λ

$\lambda = \frac{c}{f}$

وصف مخطط مستويات الطاقة

أ. صفية الحضرمية



المستوى الأول (n=1)

تكون طاقة الإلكترون أقل ما يمكن ويسمى:

- **الحالة الأرضية**: أدنى حالة أو مستوى طاقة يمكن أن يشغلها إلكترون في ذرة.

(تزداد طاقة الإلكترون كلما انتقل إلى مستوى أعلى بعيداً عن النواة)

الطاقة لها قيم سالبة

أي يجب توفير قوة خارجية لإزالة الإلكترون من الذرة

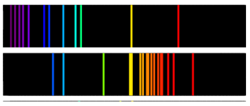
- **الإلكترون داخل النواة:** يكون لديه طاقة وضع سالبة بسبب القوى الجاذبية للنواة الذرية
- **الإلكترون الحر** يخرج من الذرة نهائياً إلى المالانهاية (فتأيُّن الذرة): طاقته تساوي صفر

(إذا امتص الإلكترون فوتون طاقته تساوي طاقة المستوى الذي يوجد عليه فإنه يتحرر وتتأيين الذرة) $E_2=0$

$\Delta E = E_1$

المسافات بين مستويات الطاقة

ذرات العناصر المختلفة لها أطياف خطية مختلفة ومميزة (لها مجموعة محددة من الأطوال الموجية)؛ لأن المسافات بين مستويات الطاقة تختلف من ذرة لأخرى.



الهيليوم

النيون

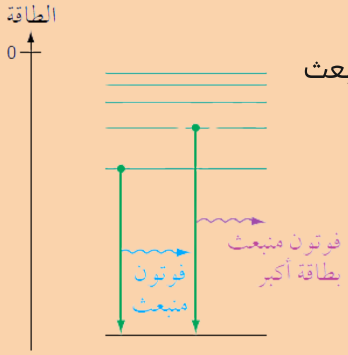
- خطوط طيف **الانبعاث** الخطي لغاز معين هي نفس خطوط طيف **الامتصاص** الخطي (أي عند الأطوال الموجية نفسها) لأن كلاهما ناتج عن انتقال الإلكترونات بين مستويات الطاقة نفسها، وبالتالي إما أن يُمتص الفوتون أو ينبعث بالتردد نفسه

طيف الانبعاث الخطي للهيدروجين

طيف الامتصاص الخطي للهيدروجين

- كلما انتقل الإلكترون بين مستويات طاقة متباعدة أكثر

ازداد مقدار التغير في الطاقة بين المستويينΔE، وبالتالي تزداد طاقة الفوتون الممتص أو المنبعث (يزداد تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي ويقل الطول الموجي)



- اشارة طاقة الفوتون ΔE تحدد نوع الطيف الخطي المتكون:

سالبة ΔE- : طيف امتصاص خطي ، موجبة ΔE+ : طيف انبعاث خطي

- سبب ظهور خطوط معتمة في طيف الامتصاص الخطي:

عند مرور ضوء أبيض عبر غاز بارد، يستثار الإلكترون وينتقل إلى مستوى طاقة أعلى نتيجة امتصاص طاقة فوتون (بطول موجي معين) ومع الوقت يفقد طاقته وينتقل إلى مستوى طاقة أقل أي يبعث الفوتون، لكن **يتم إعادة انبعاثه في اتجاهات مختلفة غير الاتجاه الاصلي للضوء الأبيض** وبالتالي تقل شدة الفوتونات لهذا الطول الموجي، في حين تستمر فوتونات الضوء الأبيض التي لا تنطبق طاقتها مع الفرق بين مستويات الطاقة في الاتجاه الأصلي؛ لذا تظهر خطوط سوداء على طيف الامتصاص الخطي)

8-5 ثنائية (ازدواجية) الموجة والجسيم

ازدواجية الموجة والجسيم

أ. صفية الحضرمية

الاشعاع الكهرومغناطيسي

الطبيعة الموجية

ينتشر الضوء في الفراغ كموجة

الدليل:

- حيود الضوء
- التداخل

الطبيعة الجسيمية

يتفاعل الضوء كجسيم (فوتون) مع المادة (مثل الإلكترونات)

الدليل:

- التأثير الكهروضوئي
- عداد جيجر
- الأطياف الخطية

إذاً للاشعاع الكهرومغناطيسي (مثل الضوء) طبيعة ثنائية مزدوجة (ثنائية الموجة والجسيم)

الجسيمات

الطبيعة الموجية

ينتقل الإلكترون عبر الفضاء كموجة

الدليل:

حيود الإلكترونات

الطبيعة الجسيمية

يتفاعل الإلكترون مع المادة كجسيم

الدليل:

ميكانيكا نيوتن

إذاً للجسيمات (مثل الإلكترونات) طبيعة ثنائية مزدوجة (ثنائية الموجة والجسيم)

للجسيمات طبيعة موجية عندما تتحرك

أي لها طول موجي

طول موجة دي بروي

المفهوم

طول الموجة المصاحب لجسيم متحرك

المعادلة

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

بما أن كمية التحرك للجسيمات: $P=mv$

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

λ: طول موجة دي بروي

h: ثابت بلانك

P: كمية التحرك

m: كتلة الجسيم

v: سرعة الجسيم

العوامل المؤثرة

- **الكتلة** (علاقة عكسية)

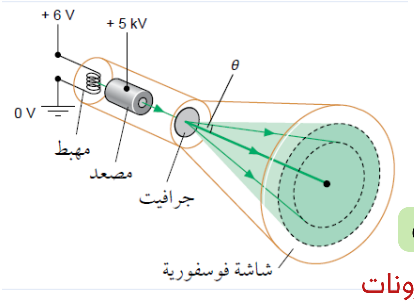
كلما ازدادت كتلة الجسيم، يقل الطول الموجي المصاحب له عند تحركه

لذا لا تظهر الطبيعة الموجية للأجسام الكبيرة مثل البشر، لأن الحيود يكون غير واضح فعرض الفجوة التي تمر منها الأجسام الكبير أكبر بكثير من الطول الموجي المصاحب.

- **السرعة** (علاقة عكسية)

كلما ازدادت سرعة الجسيم، يقل الطول الموجي المصاحب له

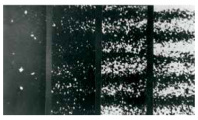
الدليل



حيود الإلكترونات

باستخدام **أنبوب حيود الإلكترونات**

- يتم تسريع الإلكترونات بواسطة تطبيق فرق جهد كهربائيV بين المهبط السالب والمصعد الموجب، فتتحرك الإلكترونات بسرعة عالية
- تمر الإلكترونات عبر عينة رقيقة من الجرافيت متعددة البلورات، تتكون من ذرات الكربون مرتبة في طبقات ذرية منتظمة
- تنفذ الإلكترونات من شريحة الجرافيت عبر الفجوات والمسافات بين طبقات ذرات الكربون (كأنها محزوز حيود)
- تحيد الإلكترونات لأن المسافة بين الطبقات الذرية يساوي تقريباً طول موجة دي بروي للإلكترونات وتظهر حلقات حيود على شاشة الفسفور وهذا دليل على الطبيعة الموجية للجسيمات
- تظهر الشاشة وميض لكل إلكترون يصطدم بها بشكل فردي، ثم تتراكم الومضات لتعطي شكل الحيود. فالومضات المتكونة على الشاشة على شكل بقع دليل على الطبيعة الجسيمية للإلكترونات



ثابت بلانك h يربط **الخاصية الجسيمية** (كمية التحرك) **والخاصية الموجية** (طول موجة دي بروي) للمادة.

سرعة الإلكترون

طريقة حسابها

عند تسريع الإلكترون بواسطة فرق جهد كهربائي V يكتسب طاقة حركة KE:

$eV = KE$

$eV = \frac{1}{2} m v^2$

لحساب سرعة الإلكترون:

$$v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$$

علاقتها بالطول الموجي

أ. صفية الحضرمية

(علاقة عكسية)

كلما ازدادت سرعة الإلكترونات،

يقل طول موجة دي بروي المصاحب لها

نمط الحيود الدائري المتكون على الشاشة الفسفورية يمثل بالعلاقة:

$\lambda = 2d \sin\theta$

حيث d: مسافة التباعد بين الطبقات الذرية

θ: زاوية حيود الإلكترونات

عند زيادة فرق الجهد الكهربائي V بين المصعد والمهبط

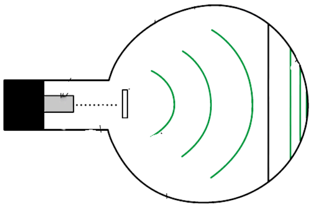
تزداد طاقة حركة الإلكترونات KE

فتزداد سرعة الإلكترونات v

ويقل الطول الموجي λ

فتقل زاوية حيود الإلكترونات θ

ينشأ نمط حيود منكمش (حلقات متقاربة)



عند خفض فرق الجهد الكهربائي V بين المصعد والمهبط

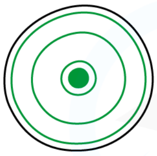
تقل طاقة حركة الإلكترونات KE

فتقل سرعة الإلكترونات v

ويزداد الطول الموجي λ

فتزداد زاوية حيود الإلكترونات θ

ينشأ نمط حيود واسع (حلقات متباعدة)



- **يظهر حيود** الموجات المصاحبة للجسيمات عندما يكون طول موجة دي بروي لها تساوي تقريباً عرض الفجوة التي تعبرها

(تحيد الإلكترونات عندما تكون المسافة الفاصلة بين ذرات المادة التي تعبرها تساوي تقريباً طول موجة دي بروي للإلكترون)

- **لا يحدث حيود بشكل واضح** إذا كان طول موجة دي بروي للإلكترون أصغر بكثير من المسافة الفاصلة بين الذرات.

- تستخدم المعادلة: $\lambda = \frac{h}{P}$ لحساب الطول الموجي **للجسيمات وللأشعة الكهرومغناطيسية**:

معادلة حساب كمية تحرك الأشعة الكهرومغناطيسية: $P = \frac{E}{c}$

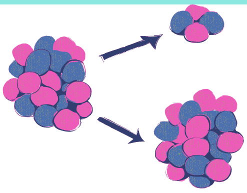
بالتعويض بطاقة الفوتون: $E = \frac{hc}{\lambda}$

$P = \frac{E}{c} = \frac{hc}{\lambda c} = \frac{h}{\lambda}$

9-1 المعادلات النووية

التفاعلات النووية

أ. صفية الحضرمية



تفاعلات الانحلال الاشعاعي

تحدث عندما تفقد النواة غير المستقرة (النواة الأم) الطاقة عن طريق انبعاث جسيمات أو إشعاع، مما يجعلها أكثر استقرارًا (النواة الوليدة)

انحلال ألفا (α): نواة ذرة الهيليوم $_2^4He$

ينتج عنصر جديد

- يقل عدد النيوكليونات بمقدار 4
- يقل عدد البروتونات بمقدار 2

$$_Z^AX \rightarrow \ _{Z-2}^{A-4}Y + \ _2^4He$$

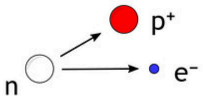
انحلال بيتا السالب (-β): إلكترون $_{-1}^{0}e$

ينتج عنصر جديد

- لا يتغير عدد النيوكليونات
- يزيد عدد البروتونات بمقدار 1

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

ينبعث الإلكترون من النواة، من خلال انحلال نيوترون إلى بروتون وإلكترون



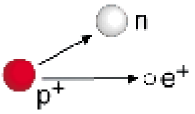
انحلال بيتا الموجب (+β): بوزيترون $_{+1}^{0}e$

ينتج عنصر جديد

- لا يتغير عدد النيوكليونات
- يقل عدد البروتونات بمقدار 1

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

ينبعث البوزيترون من النواة، من خلال انحلال بروتون إلى نيوترون وبوزيترون



اشعاع جاما (γ)

لا ينتج عنصر جديد

- لا يتغير عدد النيوكليونات
- لا يتغير عدد البروتونات

$$_Z^AX \rightarrow \ _Z^AX + \ _0^0\gamma$$

طريقة وزن المعادلات النووية

حتى تكون المعادلة موزونة، يجب أن يتوفر هذين الشرطين:

العدد الكتلي (عدد النيوكليونات) A محفوظ

مجموع عدد النيوكليونات في الطرف الأيمن= مجموع عدد النيوكليونات في الطرف الأيسر

العدد الذري (عدد البروتونات) Z محفوظ

مجموع عدد البروتونات في الطرف الأيمن= مجموع عدد البروتونات في الطرف الأيسر

مثال: $_{92}^{238}U \longrightarrow \ _{90}^{234}Th + \ _2^4He$

عدد النيوكليونات: الطرف الأيمن: 4+ 234=238
الطرف الأيسر: 238

عدد البروتونات: الطرف الأيمن: 2+ 90= 92
الطرف الأيسر: 92

الطرف الأيمن= الطرف الأيسر، **إذن المعادلة موزونة**

يكتب رمز العنصر : $_Z^AX$

- X: رمز العنصر
- Z: العدد الذري= عدد البروتونات
- A: العدد الكتلي= عدد النيوكليونات= عدد البروتونات+ عدد النيوترونات
- لحساب **عدد النيوترونات**= عدد النيوكليونات- عدد البروتونات

$(n= A-Z)$

رموز الجسيمات النووية:

النيوترون ($_0^1n$)، البروتون ($_1^1P$، $_1^1H$)، الإلكترون ($_{-1}^{0}e$)، البوزيترون ($_{+1}^{0}e$)، ألفا ($_2^4He$)

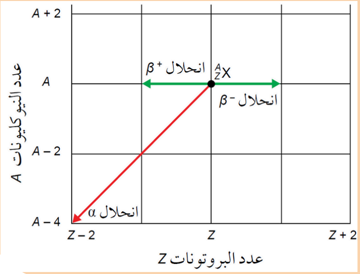
انتبه: عند وزن المعادلة **يضرب** عدد الجسيمات (العدد الذي يكتب قبل رمز الذرة أو الجسيم) في كل من عدد النيوكليونات وعدد البروتونات

مثال: $^{235}_{92}U + \ ^1_0n \rightarrow \ ^{140}_{56}Ba + \ ^{93}_{36}Kr + 3\ ^1_0n$

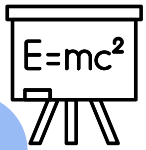
عدد النيوكليونات: الطرف الأيمن: 140+93+3×1= 236
الطرف الأيسر: 235+1= 236

عدد البروتونات: الطرف الأيمن: 56+ 36+3×0= 92
الطرف الأيسر: 92+0=92

يينتج من احلال ألفا وبيتا الموجب والسالب عناصر جديدة لان عدد البروتونات يتغير، أما انبعاث اشعاع جاما لا يؤثر على عدد البروتونات وبالتالي يبقى العنصر نفسه:



9- 2 الكتلة والطاقة



تكافؤ الطاقة والكتلة

أ. صفية الحضرمية

معنى تكافؤ الكتلة والطاقة

المقدار الكلي لـ"الكتلة والطاقة" يبقى ثابت في النظام

الكتلة +الطاقة بعد التفاعل=الكتلة+ الطاقة قبل التفاعل

قد تتحول الطاقة إلى كتلة والكتلة إلى طاقة

تملك الأجسام طاقة حتى وإن كانت ساكنة $E=mc^2$:

- كتلة أصغر: طاقة أقل
- كتلة أكبر: طاقة أكبر

الأجسام عندما تتحرك تملك طاقة أكبر(تكتسب طاقة فتزداد كتلتها) وبالتالي كتلة الجسم المتحرك أكبر من كتلة السكون.

لحساب مقدار الزيادة في كتلة الجسم عندما يتحرك:

1-نحسب مقدار التغير في الطاقة= الطاقة الحركية

(m:كتلة السكون) $\Delta E=KE=\frac{1}{2}mv^2$

2-نحسب التغير في الكتلة

= التغير في الطاقة/ مربع السرعة في الفراغ $\Delta m=\frac{\Delta E}{c^2}$

معادلة الكتلة- الطاقة لاينشتاين

$\Delta E=\Delta mc^2$

(توضح المعادلة أن كمية صغيرة من الكتلة يمكن أن تتحول إلى كمية هائلة من الطاقة)

ΔE:التغير في الطاقة بوحدة الجول(J)

Δm:التغير في الكتلة بوحدة الكيلوجرام (kg)

c: سرعة الضوء في الفراغ ($c=3\times10^8 ms^{-1}$)

يتناسب التغير في الطاقة **طردياً** مع التغير في الكتلة

$\Delta E \; \alpha \; \Delta m$

عندما يزود النظام بالطاقة تزداد كتلته ($+\Delta m$)

مثال: تفكيك النواة إلى نيوكليونات مفردة **يتطلب بذل شغل**

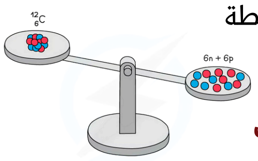
طاقة + النواة ⟵ النيوكليونات المفردة

عندما تنبعث الطاقة من النظام تتناقص كتلته($-\Delta m$)

مثال:عند تشكيل النواة من نيوكليونات مفردة **تتحرر طاقة**

النيوكليونات المفردة ⟵ النواة + طاقة

النيوكليونات المفردة تملك طاقة أكبر من النواة المترابطة وبالتالي كتلة النيوكليونات المفردة أكبر من النواة



وهذا يعني أن الأجسام عندما تكون في حالة **طاقة أعلى** كتلتها أكبر من كتلتها وهي في حالة طاقة أدنى

النقص في الكتلة

المفهوم

الفرق بين مجموع كتل النيوكليونات منفردة وكتلة النواة.

طريقة حسابها

النقص في الكتلة= كتلة النواة - مجموع كتل النيوكليونات

= كتلة النواة- (عدد البروتونات×كتلة البروتون+ عدد النيوترونات×كتلة النيوترون)

الإشارة السالبة دليل على نقص كتلة النظام

دلالتها

نقص كتلة النظام دليل على تحرر أو انبعاث طاقة

كتلة النواة أصغر دائماً من كتلة مجموع كتل النيوكليونات المفردة لذا عند تشكيل النواة من النيوكليونات المنفردة تقل كتلة النظام وتنبعث طاقة.

خطوات حساب مقدار الطاقة المنبعثة عند تشكيل النواة:

1. حدد عدد البروتونات والنيوترونات في النواة
2. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm
3. اضرب مقدار النقص في الكتلة في مربع السرعة في الفراغ $\Delta E=\Delta mc^2$

تقاس كتلة النواة بوحدة:الكيلوجرام (kg) أو وحدة الكتل الذرية (u): تمثل 1/12 من كتلة ذرة كربون-12

$1u=1.6605\times10^{-27}kg$

تذكر: الكتلة في المعادلة $\Delta E=\Delta mc^2$ تحسب بوحدة الكيلوجرام (kg)، للتحويل:

- من وحدة الكتل الذرية إلى الكيلوجرام: نضرب في 1.6605×10^{-27}
- من الكيلوجرام إلى وحدة الكتلة الذرية: نقسم على 1.6605×10^{-27}

(وحدة الكتلة الذرية= الكتلة المولية بالجرام: تساوي تقريباً عدد النيوكليونات)

الكتلة المولية بالجرام=(كتلة النواة بوحدة الكتل الذرية $\times 1.6605\times10^{-27}$) $\times 10^3 \times$ عدد افوجادرو

= (كتلة النواة بالكيلوجرام $\times 10^3$) $\times$ عدد افوجادرو

= كتلة النواة بالجرام × عدد افوجادرو

9- 3 الطاقة المنبعثة في الانحلال الاشعاعي

الطاقة المتحررة في التفاعلات النووية

أ. صفية الحضرمية

سببها

نقص في كتلة النظام،
لأن مجموع كتل الأنوية بعد الانحلال
أقل من مجموع كتل الأنوية قبل الانحلال

شكلها

طاقة حركة تكتسبها الجسيمات
المنبعثة (ألفا أو بيتا) والأنوية الناتجة

طريقة حسابها

1. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm
(مجموع كتل الأنوية بعد التفاعل- مجموع كتل الأنوية قبل التفاعل)
الإشارة السالبة دليل على نقص كتلة النظام

2. اضرب مقدار النقص في الكتلة في مربع السرعة في الفراغ $\Delta E= \Delta mc^2$

في تفاعلات الانحلال الاشعاعي:

النواة غير المستقرة (النواة الأم) لديها طاقة عالية وكتلتها كبيرة،
تبعث جزء من طاقتها بانبعاث جسيمات ألفا وبيتا أو اشعاع جاما،
وتنتج نواة أكثر استقرار (النواة الوليدة) لكنها أقل طاقة وبالتالي كتلتها أصغر
الطاقة المنبعثة تكتسبها الجسيمات المتحررة على شكل طاقة حركة

النواة الأم ⟶ النواة الوليدة + جسيمات ألفا أو بيتا +طاقة
كتلة أكبر = كتلة أصغر + طاقة

الطاقة المتحررة من نواة واحدة: $\Delta E= \Delta mc^2$

الطاقة المتحررة من مول من التفاعل= الطاقة المتحررة من نواة واحدة× عدد افوجادرو (6.02×10^{23})

9- 4 طاقة الربط النووي واستقرار النواة

طاقة الربط النووي

المفهوم

أدنى طاقة خارجية مطلوبة لفصل جميع نيوكليونات نواة ما تماماً إلى ما لا نهاية

كلما كانت النواة أكثر استقرار
ازداد ارتباط النيوكليونات معاً في النواة،
وبالتالي تحتاج إلى طاقة أكبر حتى تتفكك
أي تزداد قيمة طاقة الربط لكل نيوكليون

طريقة حسابها

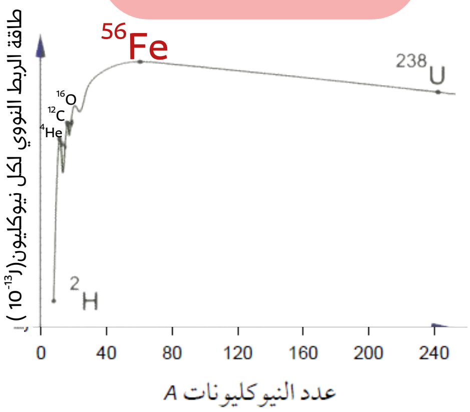
لمقارنة استقرار الأنوية المختلفة،

يجب حساب مقدار طاقة الربط النووي لكل نيوكليون:

1. حدد عدد البروتونات ($p=z$) والنيوترونات ($n=A-Z$)
2. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm
(مجموع كتل النيوكليونات المفردة- كتلة النواة)
3. احسب مقدار طاقة الربط النووي للنواة:
$\Delta E= \Delta mc^2$
4. احسب مقدار الربط النووي لكل نيوكليون:

$$= \frac{\text{طاقة الربط النووي للنواة}}{\text{عدد النيوكليونات}} = \frac{\Delta E}{A}$$

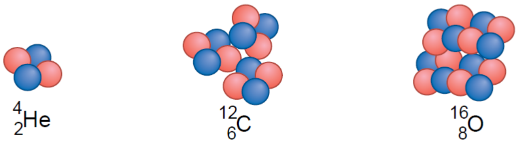
التمثيل البياني



الأنوية الخفيفة ($A< 20$): لها طاقة ربط لكل نيوكليون منخفضة وتزداد بشكل كبير كلما ازداد عدد النيوكليونات

الأنوية الأثقل ($A> 20$): تزداد طاقة ربط نووي لكل نيوكليون ثم تقل تدريجياً كلما ازداد عدد النيوكليونات

- نواة حديد-56 (^{56}Fe): أكثر النظائر استقرار في الطبيعة، لأن لها أكبر طاقة ربط لكل نيوكليون
- نواة الهيليوم^{4}He مستقرة جداً لأن لها طاقة ربط لكل نيوكليون عالية
- الكربون^{12}C والأوكسجين^{16}O من الأنوية المستقرة لأنها تتكون من أنوية هيليوم مترابطة



التفاعلات النووية

تحدث لتصبح الأنوية أكثر استقرار

أي تزيد طاقة الربط النووي لكل نيوكليون

تنتج أنوية قريبة من نظير الحديد ^{56}Fe

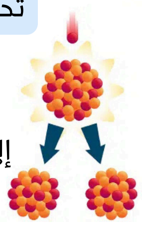
لأنه الأكثر استقرار

للأنوية الثقيلة (A>56)

على يمين عنصر الحديد-56

تحدث عملية **الانشطار النووي**

العملية التي تتجزأ فيها نواة ثقيلة (أقل استقرار) إلى نواتين أصغر (أكثر استقرار)



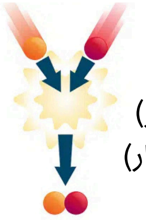
للأنوية الخفيفة (A<56)

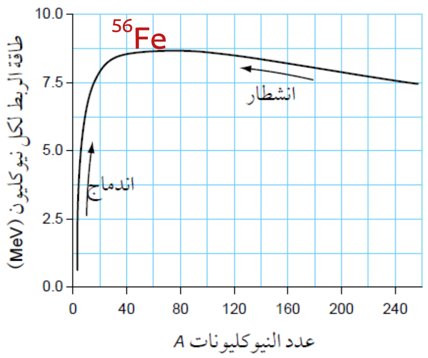
أ. صفية الحضرمية

على يسار عنصر الحديد-56

تحدث عملية **الاندماج النووي**

العملية التي ترتبط من خلالها نواتان خفيفتان جداً(أقل استقرار) لتشكلا معاً نواة أثقل(أكثر استقرار)





تنبعث طاقة من كلا التفاعلين

بسبب

نقص كتلة النظام

(مجموع كتل النواتج أصغر من مجموع كتل المتفاعلات)

لحساب مقدار الطاقة المنبعثة:

1. احسب مقدار النقص في الكتلة Δm

(مجموع كتل الأنوية بعد التفاعل- مجموع كتل الأنوية قبل التفاعل)

الإشارة السالبة دليل على نقص كتلة النظام

2. اضرب مقدار النقص في الكتلة في مربع السرعة في الفراغ

$\Delta E = \Delta mc^2$

زيادة طاقة الربط النووي الكلية

(مجموع طاقة الربط للنواتج أكبر من مجموع طاقة الربط للمتفاعلات)

لحساب مقدار الطاقة المنبعثة:

1. احسب مقدار طاقة الربط لجميع الأنوية:

طاقة الربط الكلية = طاقة الربط لكل نيوكليون× عدد النيوكليونات

2. احسب مقدار الفرق في طاقة الربط:

الطاقة المنبعثة= **مجموع طاقة الربط للأنوية بعد التفاعل- مجموع طاقة الربط للأنوية قبل التفاعل**

أوجه التشابه بين الاندماج والانشطار النووي:

- نقص كتلة النظام
- زيادة طاقة الربط النووي لكل نيوكليون
- انبعاث طاقة
- انتاج أنوية أكثر استقرار

- في الاندماج تزداد طاقة الربط النووي بشكل كبير مقارنة بالانشطار، وبالتالي **عملية الاندماج تحرر طاقة أكبر من الانشطار**
- لا يحدث اندماج للأنوية الثقيلة (A>40) ولا يحدث انشطار للأنوية الخفيفة (A<20):
لأنه **ستنتج أنوية طاقة الربط النووي لكل نيوكليون لها أصغر من طاقة الربط النووي لكل نيوكليون للأنوية الأصلية.**
- النيوترون والبروتون (الهيدروجين $_1^1H$)تحتوي على نيوكليون واحد فقط، لذا **طاقة الربط النووي لها =صفر**
- لتحويل الطاقة من وحدة الجول إلى وحدة MeV: نقسم على 1.6×10^{-19} ثم نضرب في 10^{-6}

9- 5 العشوائية والانحلال الإشعاعي

طبيعة الانحلال الإشعاعي

أ. صفية الحضرمية

عشوائي

غير منتظم، لا يمكن التنبؤ بوقت تحلل نواة مفردة.

السبب:

1. يستحيل التنبؤ بوقت تحلل نواة معينة في عينة ما.
2. كل نواة في العينة لديها فرصة الانحلال نفسها لكل وحدة زمنية.

تلقائي

كل نواة تنحل باستقلالية عن الأنوية المجاورة لها وعن العوامل البيئية

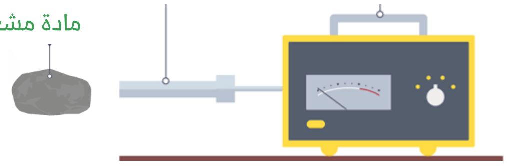
السبب:

1. انحلال نواة معينة لا يتأثر بوجود أنوية أخرى.
2. انحلال الأنوية لا يمكن أن يتأثر بالتفاعلات الكيميائية أو العوامل الخارجية مثل درجة الحرارة والضغط.

معدل العد

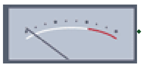
كيفية تحديده

باستخدام عداد جيجر ومقياس معدل العد يتم حساب عدد جسيمات ألفا أو بيتا أو فوتونات جاما المنبعثة من المادة المشعة خلال فترة زمنية محددة تسمى الثابت الزمني ثم يحسب متوسط العد في الثانية.



عداد جيجر مولر (جهاز يكشف عن الاشعاع): يصدر نقر عشوائي غير منتظم

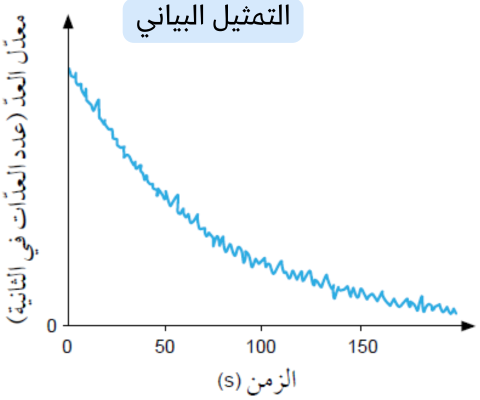
مقياس معدل العد (جهاز يقيس متوسط الاشعاع خلال فترة زمنية محددة): يتذبذب المؤشر بين القيم الأعلى والأقل.



سبب الاستخدام

لا يمكن التنبؤ بالعد الفردي للانحلال الاشعاعي بسبب طبيعته العشوائية

التمثيل البياني



- يتناقص معدل العد مع مرور الزمن؛ لأن الأنوية المتبقية تتناقص
- تظهر تذبذبات على جانبي المنحنى إلى الأعلى وإلى الأسفل، كدليل على الطبيعة العشوائية للانحلال الاشعاعي.

يتم ضبط الثابت الزمني لتخفيف التذبذبات السريعة في معدل العد:

كلما زاد الثابت الزمني، تقل التذبذبات في معدل العد

9- 6 نمذجة الانحلال الإشعاعي رياضياً

النشاط الاشعاعي(A)

أ. صفية الحضرمية

المفهوم

معدل انحلال أنوية مصدر مشع

وحدة القياس

البيكريل Bq:
نشاط انحلال واحد لكل ثانية.

$1Bq= 1s^{-1}$

العوامل المؤثرة

عدد الأنوية غير المنحلة N

علاقة طردية

كلما زاد عدد الأنوية غير المنحلة في العينة N، زاد النشاط الاشعاعي A

ثابت الانحلال λ

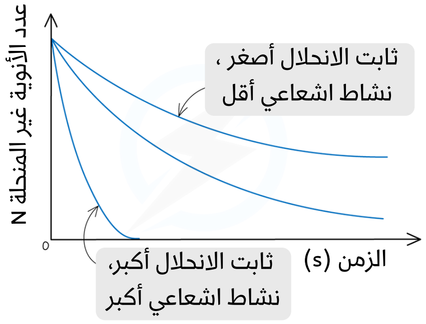
هو احتمال انحلال نواة ما خلال فترة زمنية

يقاس لكل وحدة فترة زمنية

(s^{-1}, min^{-1}, h^{-1}, day^{-1}, $year^{-1}$...)

علاقة طردية

كلما زاد ثابت الانحلال للنظير λ، زاد النشاط الاشعاعي A



المعادلات

$A= \lambda N$

A: النشاط الاشعاعي
λ: ثابت الانحلال
N: عدد الأنوية غير المنحلة

$A= -\frac{\Delta N}{\Delta t}$

A: النشاط الاشعاعي
Δ N: التغير في عدد الأنوية المنحلة
Δt: الفترة الزمنية

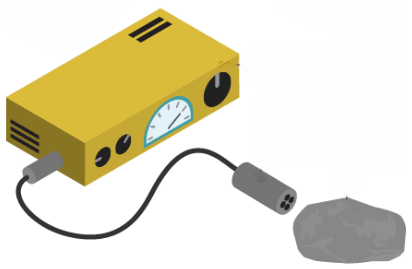
الإشارة السالبة: تعني أن التغير في عدد الأنوية المنحلة سالب أي يتناقص مع الزمن، لكن النشاط الإشعاعي موجب.

- انتبه: **يجب أن يكون النشاط الاشعاعي A وثابت الانحلال λ بنفس الوحدة**
إذا كان النشاط الاشعاعي بوحدة البيكريلBq، فيجب استخدام ثابت الانحلال بوحدة s^{-1}
- **ثابت الانحلال يختلف من مادة لأخرى:** المادة التي لها ثابت انحلال أكبر، أي احتمال أن تنحل بسرعة، يزداد نشاطها الاشعاعي.

معدل العد

المفهوم

عدد جسيمات (بيتا أو ألفا) أو فوتونات أشعة جاما التي تكشف لكل وحدة زمنية بواسطة أنبوب جيجر مولر.



ودائماً ما يكون معدل العد يعد جزء صغير من النشاط الإشعاعي

علاقته بالنشاط الإشعاعيA

معدل العد المسجل R أقل بكثير من النشاط الاشعاعي A

إذ لا يمكن الكشف عن جميع الاشعاعات المنبعثة بواسطة عداد جيجر لعدة **أسباب**:

1. بعض الاشعاع يخرج خارج أجهزة الكشف
2. بعض الاشعاع يمتص داخل العينة نفسها
3. أشعة جاما لا تُكتشف دائمًا (ضعيفة التأيين)
4. العدّاد قد يكون غير فعّال.

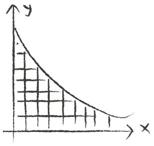
كفاءة عمل نظام الكشف

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{معدل العد}}{\text{النشاط الإشعاعي}} \times 100\%$$

$$\text{الكفاءة} = \frac{R}{A} \times 100\%$$

- **إشعاع الخلفية:** اشعاع يوجد في الطبيعة بكمية بسيطة تكون مهملة عادة.
- إذا كان لاشعاع الخلفية تأثير، فيجب ايجاد قيمة معدل العد المصحح:

معدل العد المصحح =معدل العد المسجل- اشعاع الخلفية



9- 7 التمثيلات البيانية للانحلال ومعادلاته

أ. صفية الحضرمية

نمط الانحلال الإشعاعي

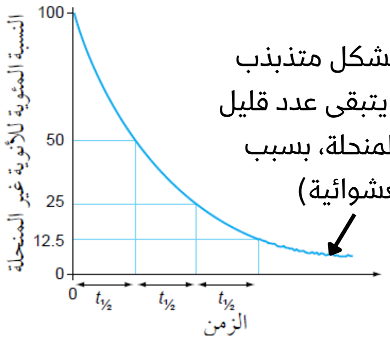
الانحلال الأسي

المفهوم

التناقص في كمية ما بحيث يكون معدل التناقص متناسب مع مقدار الكمية

التمثيل البياني

الشكل



(يظهر المنحنى بشكل متذبذب وغير سلس عندما يتبقى عدد قليل من الأنوية غير المنحلة، بسبب الطبيعة العشوائية)

الخصائص

- خطوط منحنية تتناقص تدريجياً
- تناقص سريع في البداية ثم يبطئ
- لا يصل للصفر بل يقترب منه
- ينخفض للنصف كل عمر نصف

المعادلة

$$x = x_0 e^{-\lambda t}$$

X_o: الكمية الابتدائية عند t=0

x: الكمية المتبقية عند الزمن t

λ: ثابت الانحلال

x قد تمثل كل من:

عدد الأنوية غير المنحلة

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_o: عدد الأنوية غير المنحلة الابتدائية عند t=0

N: عدد الأنوية غير المنحلة المتبقية عند الزمن t

النشاط الإشعاعي

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

A_o: النشاط الإشعاعي الابتدائي عند t=0

A: الانشاط الإشعاعي عند الزمن t

معدل العد

$$R = R_0 e^{-\lambda t}$$

R_o: معدل العد المسجل الابتدائي عند t=0

R: معدل العد المسجل عند الزمن t

- **يجب أن تنتبه للوحدات:**

إذا كان ثابت الانحلال بوحدة s^{-1} فإن الزمن t يجب أن يكون بوحدة s

- **لحساب نسبة الأنوية غير المنحلة المتبقية=** $\%100 \times \frac{N}{N_0} = \%100 \times e^{-\lambda t}$

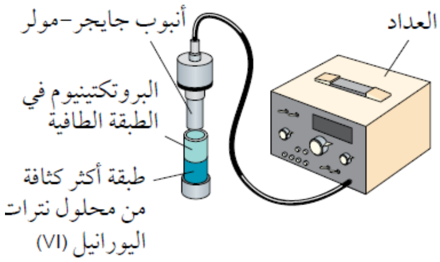
- **لحساب عدد الأنوية =** $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$ × عدد افوجادر= عدد المولات× عدد افوجادرو

$$N = \frac{M}{M_r} \times N_A = n \times N_A$$

عمر النصف $t_{1/2}$

المفهوم

عمر النصف لنظير ما هو متوسط الزمن الذي يستغرقه نصف الأنوية النشطة في العينة حتى تنحل.



طريقة تحديده

- اختيار نظير عنصر لا ينحل بسرعة كبيرة ولا بطئ شديد مثل البروتكتينيوم-234
- يتم رج القنينة التي تحتوي على محلول اليورانيوم لفصل البروتكتينيوم
- تنبعث جسيمات بيتا، يم التقاطها باستخدام عداد جيجر ويحسب معدل العد باستخدام العداد
- يتم تسجيل عدد العدات في فترات زمنية مدتها 10ثواني
- يرسم تمثيل بياني (معدل العد- الزمن)
- يحدد عمر النصف من المنحنى:

1. حدد معدل العد الابتدائي أو عدد الأنوية غير المنحلة الابتدائية
2. احسب نصف العدد الابتدائي
3. حدد الزمن الذي يقابل نصف العدد الابتدائي

9- 8 ثابت الانحلال λ وعمر النصف $t_{1/2}$

ثابت الانحلال وعمر النصف

أ. صفية الحضرمية

العلاقة

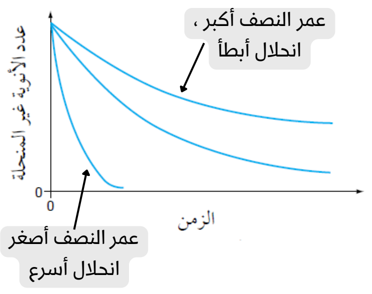
علاقة عكسية

كل ما **قل عمر النصف** لنظير ما

ينحل بسرعة أي يزداد نشاطه الاشعاعي

يرتفع احتمال انحلال الأنوية الفردية لكل وحدة زمنية

ثابت الانحلال أكبر



المعادلة

$$N = N_0\, e^{-\lambda t}$$

بعد عمر نصف واحد $t = t_{1/2}$

يتبقى نصف عدد الأنوية غير المنحلة الإبتدائي

$$\frac{N}{N_0} = e^{(-\lambda t_{\frac{1}{2}})} = \frac{1}{2}$$

$$e^{\lambda t_{\frac{1}{2}}} = 2$$

$$\lambda t_{\frac{1}{2}} = \ln 2$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{t_{\frac{1}{2}}}$$

لحساب الزمن المستغرق لانحلال الأنوية (t):

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

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \ln\left(e^{-\lambda t}\right)$$

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\lambda t$$