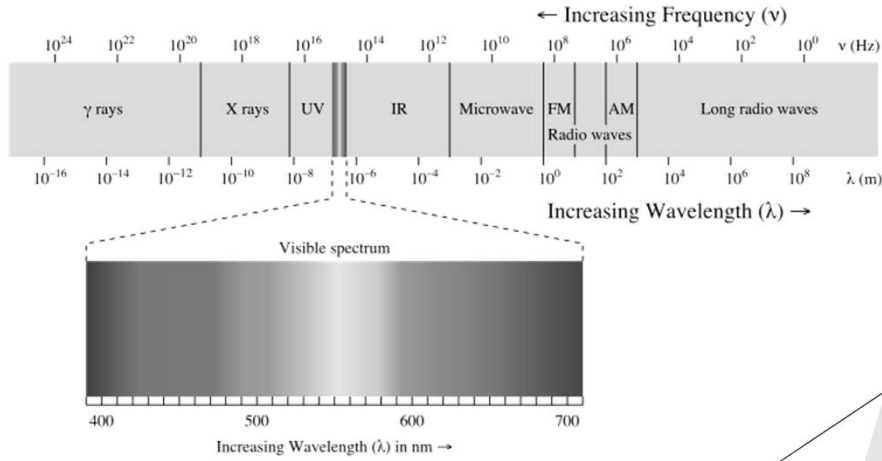




## الأمواج الميكروية في الطيف الكهرطيسي



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

3

## الأمواج الميكروية Microwaves

- ▶ تقع الأمواج الميكروية في جزء التواترات الأعلى والأطوال الموجية الأقصر من مجال الأمواج الراديوية في سلم الطيف الكهرطيسي.
- ▶ قام العالم هرتز بتوليدها والكشف عنها في عام 1888.
- ▶ تدعى أحياناً الأمواج السنتمترية نظراً لأطوالها الموجية من مرتبة السنتمترات،
- ▶ تتضمن أطوالاً موجية من 0.1 حتى 100 سم وتواتراتها من 300 MHz حتى 300 GHz التي تنقسم إلى مجالين:
- ▶ مجال الترددات العالية (Ultra high frequency (UHF) من 300 MHz حتى 3 GHz
- ▶ مجال الترددات العالية (HF)
- ▶ مجال الترددات العالية جداً (Extremely high frequency (EHF) من 30 GHz حتى 300 GHz

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

4

## تطبيقات الأمواج الميكروية



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي



▶ الاتصالات

▶ (الهواتف النقالة)

▶ التلفزة بالأقمار الاصطناعية

▶ الرادار Radio Detecting And Ranging

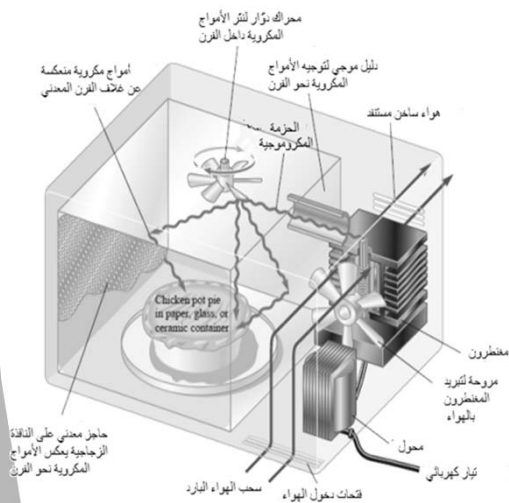
▶ أفران التسخين

▶ المعالجة الفيزيائية

▶ ....

5

## مكونات فرن التسخين بالأمواج الميكروية



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

▶ المغنطرون Magnetron: تجويف مجاوب يولد تيارات كهربائية مهتزة تصدر أمواجاً ميكروية بالتواتر المطلوب.

▶ الدليل الموجي: يوجه الأمواج الميكروية.

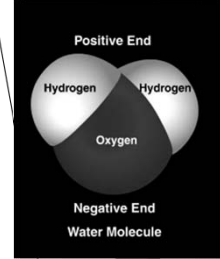
▶ المحرك: ينثر الأمواج الميكروية ويوزعها على كامل فراغ الفرن.

▶ الغلاف المعدني والحاجز المعدني على النافذة الزجاجية: يعكس الأمواج الميكروية ويحد من تسرب الأمواج خارجه (تكون أبعاد ثقوب حاجز النافذة المعدني أصغر من طول الموجة)

6

## آلية التسخين بالأمواج الميكروية

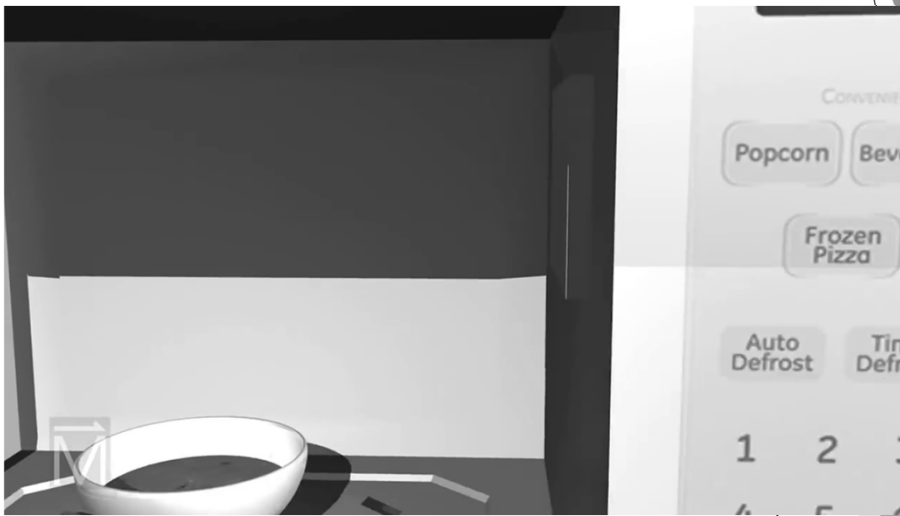
- ▶ يغمر الفرن الطعام بالأمواج الميكروية بطول موجي يقدر بنحو 12 سم.
- ▶ يمتص الماء الموجود في الطعام الأمواج الميكروية بشكل جيد نظراً لكونه جزيئاً قطبياً.
- ▶ تخضع ثنائيات الأقطاب الكهربائية (جزيئات الماء) لعزم قوة تسعى لتوجيهها باتجاه الحقل الكهربائي المهتز لأن الشحنتين السالبة والموجبة تنزاحان في اتجاهين متعاكسين.
- ▶ وتدور جزيئات الماء في اتجاهين متعاكسين بتواتر  $10^9$  هرتز بفعل الحقل الكهربائي لتلحق باتجاهه .
- ▶ تمتص جزيئات الماء الموجودة في معظم مكونات الطعام طاقة الموجة الميكروية فترتفع درجة حرارتها، ثم تنتشر هذه الطاقة في جزيئات الطعام الأخرى.
- ▶ ينصح بعدم استخدام أوعية معدنية أو ورق ألومنيوم في تغليف الأطعمة المراد تسخينها تجنباً لانعكاس الأمواج الميكروية عنها.



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

7

## آلية التسخين بالأمواج الميكروية



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

8

## الأمواج الميكروية في الطب

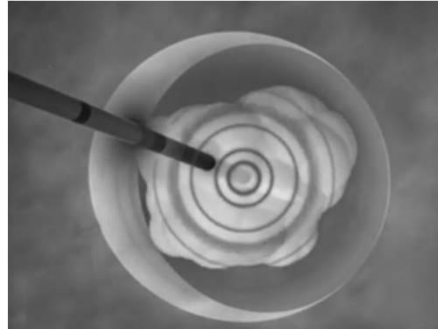
▶ تستعمل الأمواج الميكروية في العلاج الفيزيائي بالانفاذ الحراري Diathermy لإحداث تسخين موضعي في الأنسجة الحية عن طريق إمرار تيارات كهربائية عالية التردد عبرها.



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

## الأمواج الميكروية في الطب

▶ تستعمل طاقة الأمواج الميكروية في تجفيف أنسجة الجسم فيما يدعى الاستئصال بالأمواج الميكروية microwave ablation عند ترددات معينة في العديد من التطبيقات الطبية ومعالجة السرطانات.



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

## تأثير الأمواج الميكروية على الصحة

- ▶ طاقتها ضعيفة، ومن ثم غير مؤينة.
- ▶ ليس لها آثار بيولوجية سيئة عند مستويات منخفضة.
- ▶ يمكن أن يؤدي التعرض على المدى الطويل لها آثار مسرطنة، ولاسيما على الخلايا الوليدة.
- ▶ بسبب التعرض للأمواج الميكروية عند الشدات العالية جداً حدوث التسخين للنسج كأى منبع حراري وأيضاً حدوث الحروق التي يمكن ألا تظهر فوراً نظراً لميل الأمواج الميكروية إلى تسخين النسج الأعمق ذات المحتوى المائي الأكبر.
- ▶ يفسد التسخين بالأمواج الميكروية البروتينات (يفقدتها طبيعتها) في الجسم البلوري للعين مسبباً حدوث الساد.
- ▶ يعتقد بأن الأشعة تحت الحمراء والأمواج الميكروية والراديوية لا تحطم الخلايا والنسج البيولوجية إلا بالتسخين الجماعي وليس بالإثارة الناتجة عن فوتونات مفردة من الإشعاع.

## أمواج التيراهرتز

Terahertz Radiation

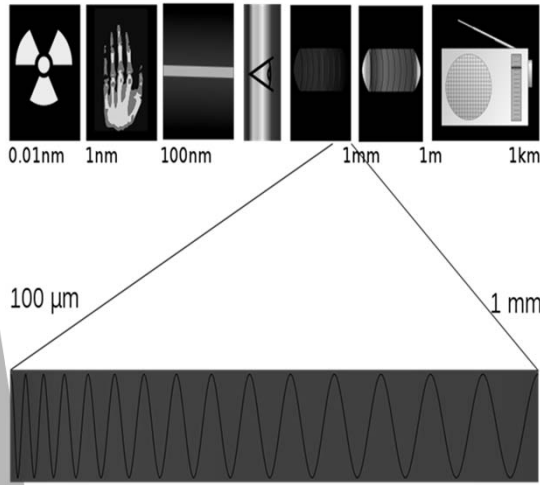
## أهمية التيراهرتز في الطب

- ▶ الكشف عن النخور السنية في مراحلها المبكرة (خلافاً للأشعة السينية)
- ▶ الكشف عن سرطان الجلد في مراحلها المبكرة أيضاً
- ▶ الكشف عن المادة الفعالة في الدواء
- ▶ الكشف عن المستقبلات في الأورام لأنها تشكل بصمة لكل جزيء من الجزيئات الحيوية.
- ▶ تكشف عن الجراثيم

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

13

## موقع أمواج التيراهرتز في الطيف الكهرطيسي



الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

▶ تقع أمواج التيراهرتز في المجال بين تحت الأحمر البعيد و الأمواج الميكروية.

▶ مجال الترددات: 10 - 300 GHz THz

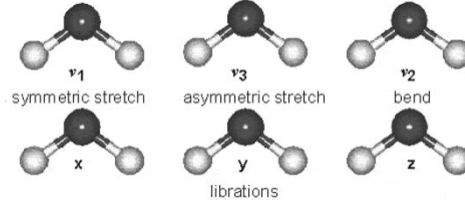
▶ يغلب على الجزء الأقرب إلى الأمواج الميكروية اسم أمواج ويتم توليده بنبضات ليزيرية فائقة القصر، بينما يطلق على الجزء الأقرب إلى الأشعة تحت الحمراء اسم إشعاع لقصر أطواله الموجية.

▶ يشكل مجال التيراهرتز جسراً بين الترددات التي تنشأ من التقنيات الإلكترونية وتلك التي تنشأ من التقنيات الضوئية.

## مصادر أمواج التيراهرتز

### المصادر الطبيعية:

تصدر أمواج التيراهرتز كجزء من إشعاع الجسم الأسود عند درجات حرارة أعلى من 10 K وذلك بسبب الحركات الاهتزازية والدورانية لجزيئات المادة أو النسيج، وتكون استطاعة الأمواج ضعيفة في هذا المجال.



### المصادر الصناعية:

يعد ليزر الشلال الكومومي من أهم مصادر التيراهرتز الاصطناعية.

## خصائص أمواج التيراهرتز -1

- ▶ أمواج غير مؤينة.
- ▶ نظراً لوقوع التيراهرتز بين الإشعاع تحت الأحمر والأمواج الميكروية فهو يشترك ببعض الخصائص لكل منها.
- ▶ تشبه الأمواج الميكروية، من حيث اختراقها تشكيلة كبيرة من المواد غير الناقلة، إذ تنفذ من خلال القماش والورق والكرتون والخشب ومواد البناء والبلاستيك والسيراميك.
- ▶ لا يمكن أن تخترق الماء السائل أو المعادن.
- ▶ يعد الغلاف الجوي ماصاً شديداً لأمواج التيراهرتز في عصابات امتصاص نوعية لبخار الماء مما يحد في استخدامه في مجال الاتصالات البعيدة المدى.



## خصائص أمواج التيراهرتز -2

- ▶ أمواج التيراهرتز مأمونة عملياً، وغير هجومية وغير تحطيمية، وغنية بمعلومات معالجة فريدة، ويمكن تطبيقها في مجال واسع من العمليات.
- ▶ يقدر الطول الموجي لإشعاع كهربيسي تواتره 1 THz في الخلاء بنحو 0.3 mm وبالتالي تكون المقدره الفاصله للصور التي نحصل عليها بهذه الأمواج من المرتبة نفسها.
- ▶ إن إصدار ذرة أو جزيء لفوتون له التواتر 1 THz يقابل انتقالاً بين مستويين طاقيين يفصل بينهما 4.1 meV، ومن ثم فإن طاقة الأمواج الناتجة تكون ضعيفة نسبياً، وهي أصغر بعشرة آلاف مرة منها في حالة الأشعة السينية.
- ▶ تتفق أطوالها الموجية الأقصر من الأمواج الميكروية والأطول من الأشعة تحت الحمراء بشكل واضح مع الحركات الاهتزازية للجزيئات الحيوية.
- ▶ خلافاً للأمواج الراديوية، تشبه أمواج التيراهرتز الضوء في إمكانية تقريبها وتشكيل صور للأجسام بمقدرة فاصله مناسبة.
- ▶ تستخدم في المطارات للكشف الخامل عن الأسلحة المخبأة.

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(A^\circ)}$$

## الكشف الخامل بأمواج التيراهرتز



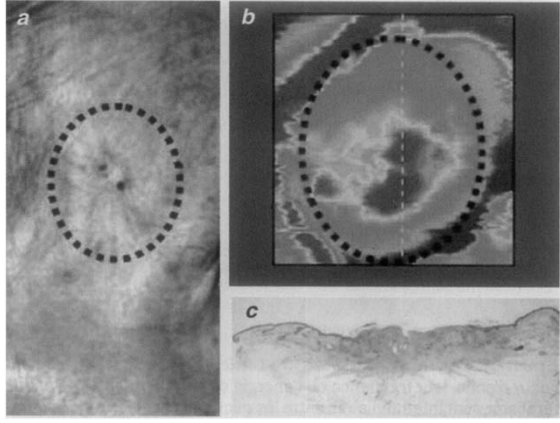
## التيارهرتز والمطيفية

- ▶ تتميز معظم الجزيئات العضوية، ولا سيما الكثير من الملوثات، بتواترات دوران أو اهتزاز أساسية تقع ضمن مجال التيارهرتز.
- ▶ كما تصدر الجزيئات العضوية تلقائياً تواترات في مجال التيارهرتز ضمن إطار حلقات الإثارة والراحة الناجمة عن التهيح الحراري.
- ▶ إن القياس الدقيق لتواترات إصدار المادة أو امتصاصها في مجال التيارهرتز يفسح المجال أمام التعرف على بعض الأنواع الكيميائية المتوافرة فيها.
- ▶ تتطلب المطيفية إضاءة العينة بأموال التيارهرتز للحصول على إشارة كافية.
- ▶ تسمح المطيفية بالكشف عن مواد غير مسموح فيها وعن العناصر الممرضة كعصية الجمره الخبيثة.

## الكشف عن سرطان الجلد بالتيارهرتز

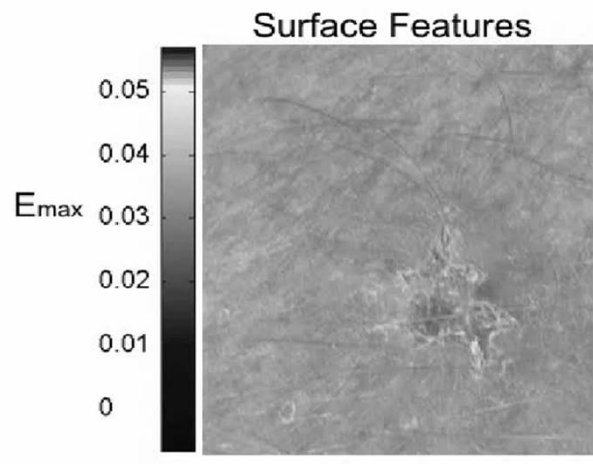
- ▶ يمكن لبعض تواترات التيارهرتز أن يخترق بضعة ملمترات في النسيج المنخفض المحتوى المائي (كالنسيج الدهني مثلاً) ويرتد عنه.
- ▶ يمكن لأموال التيارهرتز الكشف عن الاختلافات في المحتوى المائي للنسيج وفي كثافته.
- ▶ يقتصر مجال تطبيق التصوير الطبي الحيوي بأموال التيارهرتز على مناطق الجلد أو النسيج الظهارية كجدار الأمعاء مثلاً نظراً للماء بنسبة كبيرة في الجسم والذي يكون عاتماً بالنسبة لهذه الأموال.
- ▶ يمكن لنبضات في مجال التيارهرتز مسح سطح الجلد المصاب وتحليل النبضات المنعكسة عنه على شكل صورة ثلاثية الأبعاد تمتد على عمق صغير من الجلد، وبالتالي يمكن للأطباء التفريق بين النسيج المريضة والسليمة.

## الكشف عن سرطان الجلد بالتيارهرتز



(a) ورم سرطاني في صدغ مريض. تسمح صورة التيراهرتز (b) بإظهار المناطق المصابة على سطح الجلد، يؤكد التشخيص الفحص المجهرى لمقطع تم الحصول عليه بالخزع

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي



21

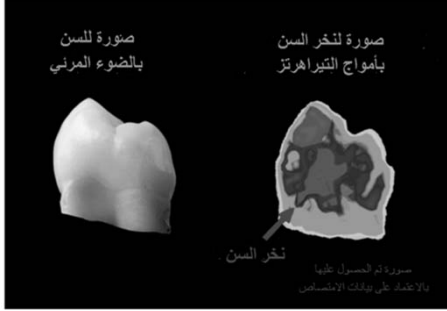
## الكشف عن النخور السنية بأمواج التيراهرتز

- ▶ يتم الكشف عن النخور السنية بالاعتماد على الاختلاف بقرينة الانكسار لدى الانتقال من نسيج السن السليم إلى النسيج المنخور.
- ▶ تتناسب قرينة انكسار وسط مادي عكساً مع سرعة الأمواج في هذا الوسط
- ▶ يمكن تقدير ثخانة طبقة الميناء في السن عن طريق قياس الزمن الذي تستغرقه موجة التيراهرتز من المنبع حتى الوصول إلى سطح السن ثم الارتداد عنه حتى الوصول إلى الكاشف
- ▶ يتولد عن ذلك صورة ثلاثية الأبعاد لسطح السن.
- ▶ كما يمكن بقياس امتصاص التيراهرتز الحصول على معلومات تتعلق بالقدرة الامتصاصية للنسيج التي تختلف تبعاً لمحتواه من المعادن والتعرف على وجود تجاوز في السن.

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

22

## الكشف عن النخور السنية بأموج التيراهرتز



صورة لنخر في السن بأموج التيراهرتز تم الحصول عليها بالاعتماد على بيانات الامتصاص.



صورة للسن تم الحصول عليها بالاعتماد على الزمن الذي تستغرقه الموجة من المتبع حتى الوصول إلى السطح ثم الارتداد عنه حتى الوصول إلى الكاشف

12/03/1437

23

23

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

## المراجع

- ▶ الفيزياء للسنة التحضيرية في الكليات الطبية، وزارة التعليم العالي، د.سهام طرابيشي وآخرين، 2016
- ▶ محاضرات الفيزياء للسنة التحضيرية. د. سهام طرابيشي
- ▶ محاضرات فيزياء التصوير التشخيصي، د.م. يحيى لحفي، ماجستير الفيزياء الطبية، قسم الفيزياء، كلية العلوم، 2017

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

24