دولة ليبيا

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة طرابلس

كلية التربية / جنزور

قسم الفيزياء

مشروع تخرج لنيل درجة البكالوريوس في الفيزياء

بعنوان :

الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على جسم الإنسان

إعداد الطالبة: ريان إسماعيل المشاط سالم

تحت إشراف:

د. أمال بن حامد

العام الجامعي 2023/2022م

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿يُدَبِّرُ الْأَمْرَ مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ مِمَّا تَعُدُّونَ﴾

[سورة السجدة الآية: 5]

الإهـــداء

"ألي الله الشكر كله و ما كنت لأفعل لولا ان الله مكنني"

ومن قال انا لها "نالها" وانا لها إن أبت رغما عنها أتيت بها

أهدي فرحة تخرجي هذه

إلي من احمل اسمه بكل فخر "أبي" , إلي من كان دعائها سر نجاحي "أمي"

دامهم الله لي حباً و عمراً و قرباً

إلي الذين كانوا ينتظرون هذه اللحظات ليفتخروا بي "أخواتي"

إلي اساتذتي

إلي كل من أضاء بعلمه عقل غيره أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائليه فأظهر بسماحته تواضع العلماء وبرحابته سماحة العارفين

أهدي هذا البحث المتواضع سائلة الله

عز وجل أن يجد القبول والنجاح

الشكر والتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم , نحمد الله عز وجل الذي وفقني والذي ألهمني الصحة والعافية والعزيمة في إتمام هذا البحث العلمي والخروج بهذه الصورة المتكاملة , فها أنا أستكملُ مسيرة حياتي وقد وصلت إلى ما حلمتُ به طويلًا، وما كان ذلك ليحدث لولا توفيق الله، ثم وقوف بعض الأوفياء إلى جانبي.

أود أن أشكر من كل قلبي مشرفتي واستاذتي الدكتورة (أمال بن حامد) على إشرافها المتميز على بحثي، فقد كانت دائمًا حاضرة لإرشادي وتصحيح أخطائي وإثراء معارفي، فضلاً عن دعمها المعنوي في الأوقات الصعبة، اقدر جهودها الكبيرة في كل أوقات الدراسة التي مرت علينا، وما فعلته معي أعظم من كل الشكر , لقد استفدت من خبرتها وعلمها كثيرًا، وأسأل الله أن يجزيها كل الخير, وكل الشكر والتقدير الي عائلتي الذين وقفوا معي لأكون على ما أنا عليه اليوم.

كما أقدم بجزيل الشكر وكل آيات الامتنان الي أعضاء هيئة التدريس في قسم الفيزياء في كلية التربية جنزور على عطائهم اللامحدود، وحسن تعاونهم معي طيلة مسيرتي الدراسية لم ارى فيها إلا العزيمة القوية، وصدق النية، والبذل والعطاء.

وختاماً نسأل الله رب العالمين أن يكون هذا البحث مفيدًا نافعًا لمن أراد أن ينتفع به، وأن يجعله في ميزان حسناتنا.

قائمة المحتويات

ر.م	الموضوع	رقم الصفحة
	الآية القرآنية	ii
	الاهداء	iii
	الشكر والتقدير	iv
	قائمة المحتويات	v
	قائمة الجداول	vi
	قائمة الاشكال	vii
	ملخص الدراسة	viii
	المصطلحات العلمية	xi
1	**الفصل الاول : الموجات الكهرومغناطيسية**	
1.1	المقدمة	2
2.1	تاريخ اكتشاف الموجات الكهرومغناطيسية	3
3.1	كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية	4
1.3.1	الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة من مصدر متناوب	4
2.3.1	الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن ملف مكثف كهربائي	6
3.3.1	الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة بواسطة الكهرباء الاجهادية	10
	الفصل الثاني : خصائص الموجات الكهرومغناطيسية	
1.2	خصائص الاساسية للموجة	14
2.2	الطاقة الكهرومغناطيسية وحساب طاقة الاشعاع الكهرومغناطيسي	16
	الفصل الثالث : امثلة على الموجات الكهرومغناطيسية	
1.3	الطيف الكهرومغناطيسي	21
2.3	موجات الطيف الكهرومغناطيسي	22
3.3	تصنيف الموجات من ناحية التردد	22
4.3	تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية من ناحية الطول الموجي	23
	الفصل الرابع : تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على جسم الأنسان	
1.4	الميزات	29
2.4	العيوب	33
3.4	الخطورة الناجمة عن الموجات الكهرومغناطيسية	34
4.4	التأثيرات الصحية لانبعاث المجالات الكهرومغناطيسي من ابراج الهاتف النقال	35
5.4	كيف تأتي الخطورة من التعرض للأشعة الكهرومغناطيسية؟	36
6.4	خطورة استخدام الهواتف النقالة من قبل الاطفال	37
7.4	معاملات قياس الجرعات	38
1.7.4	معدل الامتصاص النوعي (Specific Absorption Rate)	38
2.7.4	مقاس كشافة القدرة	38
8.4	الاثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية وفقا لمدى لترددات	39
9.4	التوصيات	42
	الخاتمة	43
	المراجع والمصادر	45
	ملحق التجربة العلمية	47

قائمة الجداول

ر.م	الموضوع	رقم الصفحة
1.1	علاقات التأسيسية للكهرباء الاجهادية	11
2.1	رموز وتعريف ووحدات قياس للعلاقات التأسيس الكهرباء الاجهادية	12
3.1	يصنف الموجات الكهرومغناطيسية من ناحية الطول الموجي والتردد	26
1.3	تصنف الجيل الخامس للأنظمة اللاسلكية	39
1.4	تصنف الحالات المرضية وزيادة معدل الاصابة	41

قائمة الاشكال

ر.م	الموضوع	رقم الصفحة
1.1	رسم بياني يوضح انتشار الموجات الكهرومغناطيسية	3
2.1	يوضح شكل الهوائي	5
3.1	يوضح شكل المجال الكهربائي موازيا للمجال المغناطيسي	6
4.1	يوضح الشكل اجزاء من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين بواسطة الهوائي يكون مستقطب	6
5.1	يوضح دائرة الرنين "l c"	7
6.1	يوضح الشكل محول كهربائي ودائرة محول الكهربائي	7
7.1	يوضح الشكل الدورة الاهتزازية كاملة لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن مكثف	8
8.1	يوضح الشكل الدوران الاهتزازي للبندول المتأرجح	10
1.2	يوضح احداثيات الموجات الكهرومغناطيسية	18
2.2	يوضح شكل مقطع لحجم الذي تتحرك فيه الموجة في مساحة Aوطول Ct	19
1.3	يوضح الشكل الطيف الكهرومغناطيسي	21
1.4	يوضح شكل المصباح الشمسي والمصابيح الفلورية	30
2.4	يوضح شكل جهاز الرنين (MRI)	31
3.4	يوضح الشكل الرادار العسكري	31
4.4	يوضح الشكل جهاز المايكرويف	32
5.4	يوضح الشكل ابراج الاتصالات التي تقام فوق المباني	35
6.4	يوضح الشكل العلاقة بين درجة حرارة الرأس وفترة التحدث	39
7.4	يوضح الشكل عمق تأثير الحراري في رأس الانسان	41

مُلخص البحث

تتواجد الموجات الكهرومغناطيسية في كل مكان في الكون، وتتحرك بسرعة الضوء في الفراغ دون الحاجة إلى وسط مادي لتنتقل فيه. ولها الاهمية العظمى في حياة البشر.

يتطرق هذا البحث ليتكلم عن المواضيع الاتية: في الفصل الاول يتحدث عن الموجات الكهرومغناطيسية: اكتشافها، توليدها، وطرق انتاجها، اما الفصل الثاني فيتناول خصائص هذه الموجات الكهرومغناطيسية، يليه الفصل الثالث امثلة عن الموجات المذكورة واخيرا الفصل الرابع يتحدث عن تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على جسم الأنسان. والذي يهتم بصورة خاصة عن تأثير هذه الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة من استخدام الهواتف النقالة وما تسببه من مشاكل صحية بطريقة غير مباشرة وظهور تأثيرها السلبي على المدى البعيد. وهذا الموضوع لا يزال يتطلب الكثير من البحث العلمي لتحديد تأثيرها بشكل دقيق

المصطلحات العلمية

(SAR) : هو اختصار لـ "Specific Absorption Rate"، والذي يعني باللغة العربية "معدل امتصاص الطاقة النوعية". يشير هذا المصطلح إلى كمية الطاقة التي يمتصها الجسم من مصدر إشعاع غير أيوني، مثل الهواتف المحمولة والأجهزة اللاسلكية الأخرى، ويتم قياسه بوحدة (W/kg).

(ICNIRP): هو اختصار لـ " International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection" أي "اللجنة الدولية لحماية الإشعاع الغير مؤين". وهي هيئة دولية مستقلة تهدف إلى حماية العاملين والجمهور من التعرض للإشعاع الغير مؤين، مثل الإشعاع الكهرومغناطيسي الناتج عن الأجهزة اللاسلكية والهواتف المحمولة والأجهزة الإلكترونية الأخرى.

الفصل الاول

الموجات الكهرومغناطيسية

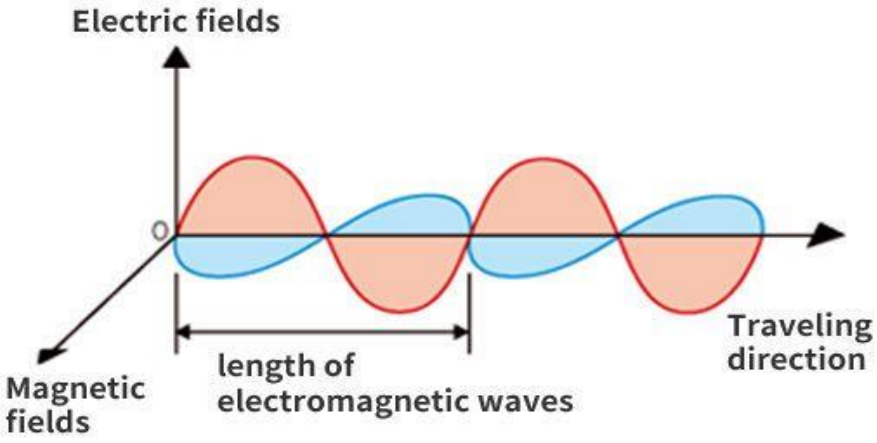
الموجات الكهرومغناطيسية

1.1 مقدمة:

كان يعتقد في الماضي بأن هناك نوعين مختلفين وايضا غير مرتبطين من المجالات التي تنتجها الاجسام المشحونة، واستمر اعتقاد بأن المجالين الكهربائي والمغناطيسي كظواهر غير مرتبطة ببعضها فترة زمنية طويلة حتى عام 1820 بظهور العالم الفيزيائي الدنماركي (هانز كريستيان أوريستد) إذ قام بتجربته المشهورة والتي لاحظ فيها انحراف إبرة البوصلة عند اقترابها من سلك يحمل تيار كهربائي وبهذا تمكن (اوريستد) من اجاد علاقة تربط بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي.

وكما برهن الفيزيائي الالماني (هاينريش هيرتز) ان الموجات الكهرومغناطيسية موجات يمكنها التنقل في الفراغ بسرعة الضوء. [5] [4]

ومن هنا يمكن تعريف الموجات الكهرومغناطيسية بأنها موجات تحدث نتيجة اهتزاز المجالين الكهربائي والمغناطيسي ويتشكلا معا بحيث يكون المجالين متعامدين على اتجاه انتشار الموجة أي يكوّنان زاوية قائمة، ويمكنها التنقل في الفراغ دون الحاجة الي وسط مادي لتنقل من خلاله كما يمكنها ايضا ان تنتقل في اوساط مادية مختلفة على عكس الموجات الميكانيكية فأنها تحتاج الي وسط مادي لتنقل من خلاله.[8]



يوضح الشكل (1.1) انتشار الموجات الكهرومغناطيسية

2.1 تاريخ اكتشاف الموجات الكهرومغناطيسية

قبل ان يجري هيرتز تجاربه , في عام 1864 اعد العالم الفيزيائي (جيميس كليرك ماكسويل) ورقة بعنوان "النظرية الديناميكية للمجال الكهرومغناطيسي" وتم نشرها في عام 1865, في الجزء الثالث من الورقة بعنوان "المعادلات العامة للمجال الكهرومغناطيسي" ، صاغ ماكسويل عشرين معادلة التي أصبحت تعرف باسم معادلات ماكسويل ، حتى تم تطبيق هذا المصطلح بدلاً من ذلك قام بجمع اربعة معادلات , قوانين فارداي وقانون جاوس الثلاثي و قانون جاوس للمغناطيسية و قانون امبير في مجال الكهربية و المغناطيسية أي قام بتوحيدهم , توضح هذه المعادلات التغيرات الفضائية والزمنية للمجال الكهربي $\overrightarrow{E}$ والمجال المغناطيسي $\vec{B}$ في الاحداثيات الكارتيزيه في الفراغ الحر [8] , وتكون معادلات ماكسويل الاربعة كالتالي [14]

قانون جاوس $$\vec{\nabla} . \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_\circ} \ldots\ldots\ldots (1)$$

قانون جاوس للمغناطيسية $\vec{\nabla} . \vec{B} = 0 \ldots\ldots\ldots (2)$

قانون فارداي $\vec{\nabla} \times \vec{E} = \frac{\partial \vec{B}}{\partial \mathrm{t}} \ldots\ldots (3)$

قانون امبير في مجال الكهربية و المغناطيسية $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_{\circ} \vec{J} \ldots\ldots (4)$

ثم جاء من بعده العالم الفيزيائي (هيرتز) سنة 1887 الذي اثبت ما تنبأ به العالم (ماكسويل) اذ عمل على تجربته البسيطة لإثبات وجود الموجات الكهرومغناطيسية، حيث وضع سلكين قريبين من بعضهما البعض ثم عرضهما على كهرباء عالية الفولتية فلاحظ تكوين شرارة بين السلكين ومن هنا تم اكتشاف موجات الراديو التي سميت بالموجات اللاسلكية.[8]

3.1 كيفية توليد الموجات الكهرومغناطيسية

عادةً ما تنشأ الموجات الكهرومغناطيسية عن طريق حركة الإلكترونات خلال المجال الكهربي، يوجد ثلاث طرق مختلفة تنتج عنها الموجات الكهرومغناطيسية:

1.3.1 الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة من مصدر متناوب

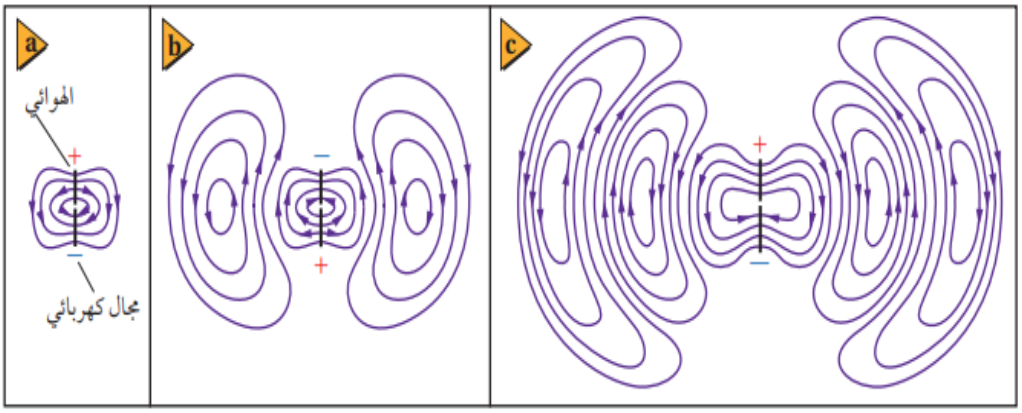
مصدر الهوائي او السلك الهوائي يعرف بأنه سلك يتصل بمصدر تيار متناوب مصمم لاستقبال ونقل الموجات الكهرومغناطيسية ويكون تردد هذه الموجات مساويا لتردد دوران مولد التيار المتناوب (AC) ويحدد بـ (1kHz). يوصل هذا السلك بجهاز الاذاعة او الاستقبال حيث يعمل ايضا على تحويل طاقة الموجات الكهرومغناطيسية الي تيار كهربائي

ويستخدم في البث الاذاعي والتلفزيوني وفي الاستشعار عن بعد والاتصال اللاسلكي من نقطة الى أخرى.[10]

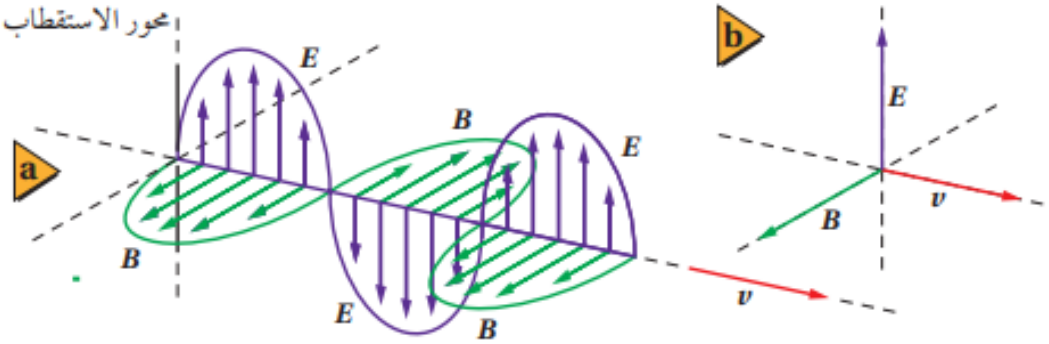
الشكل رقم (2.1) المصدر الهوائي

توليد الموجات الكهرومغناطيسية من مصدر متناوب

يولد مصدر التيار المتناوب الموصل بالهوائي فرق جهد متغير في الهوائي من ثم يولد فرق الجهد المتغير مجالا كهربائي متغير ومن ثم ايضا يولد المجال الكهربائي المتغير مجالا مغناطيسيا متغيرا فتستمر هذه العملية مما تجعل الموجات المغناطيسية تنتشر مبتعدة من مصدرها الي الفضاء كما بالشكل (3.1)، لان الموجات الكهرومغناطيسية اساسا متكونة من مجالات مغناطيسية متغيرة مجالات كهربائية متغيرة، والمجال الكهربائي يكون موازيا لموصل الهوائي حيث ان الموجة الكهرومغناطيسية الناتجة تكون مستقطبة كما في شكل (4.1).



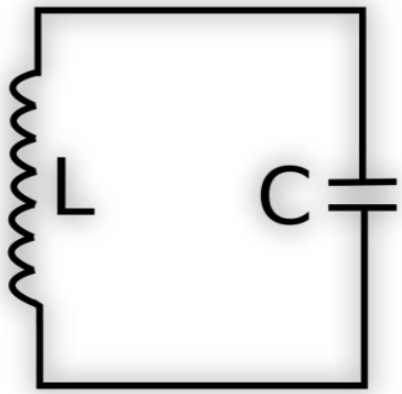
الشكل رقم (3.1) انتشار موجات الكهرومغناطيسية من سلك هوائي



الشكل رقم (4.1) اجزاء من المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتولدين بواسطة الهوائي يكون مستقطب لأن المجال الكهربي يكون موازيا لموصل الهوائي

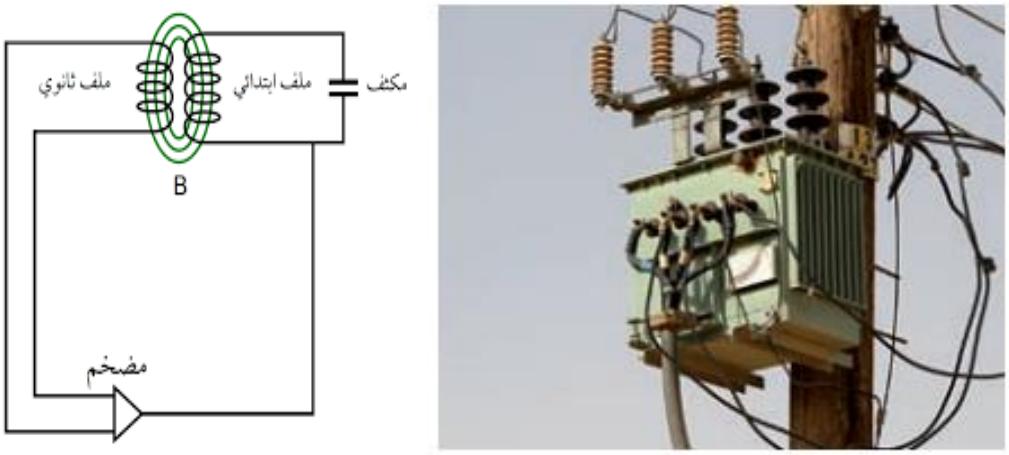
2.3.1 الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن ملف مكثف كهربائي

عند توليد موجات كهرومغناطيسية ذات ترددات كبيرة يتم توصيل الملف (المحث) والمكثف معا على التوالي في دائرة كهربائية، تسمى هذه الدائرة بدائرة الرنين.



الشكل رقم (5.1) دائرة الرنين "L C"

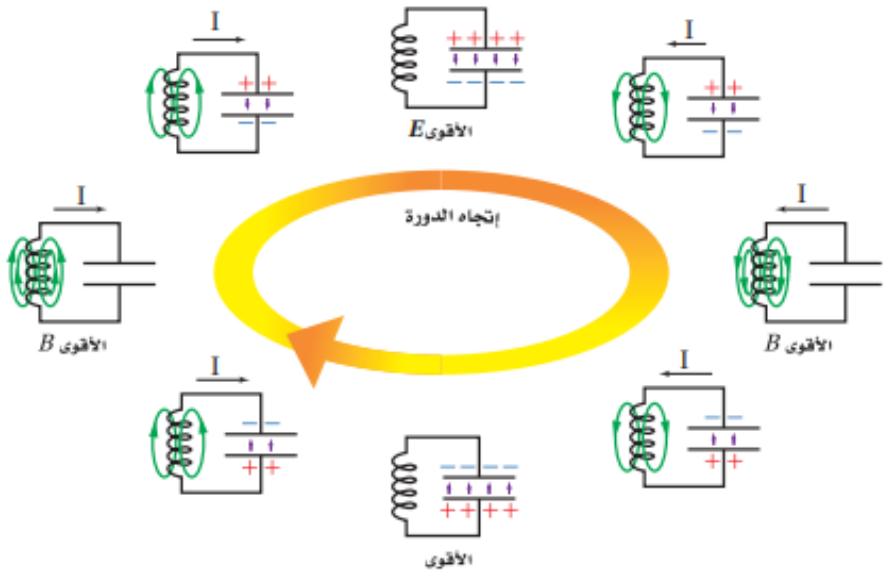
تردد الموجة الكهرومغناطيسية الناتجة عن دائرة المكثف والملف يعتمد على حجم كل من المكثف والملف فاذا أردنا زيادة الترددات الناتجة بواسطة دائرة ملف ومكثف نقوم بتقليل الحجم لكل من الملف والمكثف، أي كلما كان حجم الملف والمكثف صغير كلما نتج تردد أكبر، والعكس صحيح، فكلما كان حجم الملف والمكثف أكبر نتجت ترددات صغيرة. وللحصول على ترددات تصل الي 400 MHz يكون بإضافة ملف اخر في الدائرة لتشكل محول كهربائي كما بالشكل (6.1).



الشكل رقم (6.1) المحول الكهربائي

توليد الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن ملف ومكثف:

اذا شحن المكثف بواسطة بطارية فيكون هناك تيار داخل الدائرة، عندها ينتج فرق الجهد الكهربائي مجالا بين لوحيه وعند فصل البطارية يفقد المكثف شحنته عن طريق تدفق الإلكترونات المختزنة فيه خلال الملف مولدةً مجالا مغناطيسياً، وعندما يفقد المكثف كل شحنته ينهار المجال المغناطيسي للملف، فتتولد قوة دافعة كهربائية حثية عكسية، ويعاد شحن المكثف في اتجاه معاكس، وتتكرر العملية، وعند توصيل هوائي بالمكثف تبث مجالات المكثف في الفضاء. كما هو مبين في الشكل (7.1).



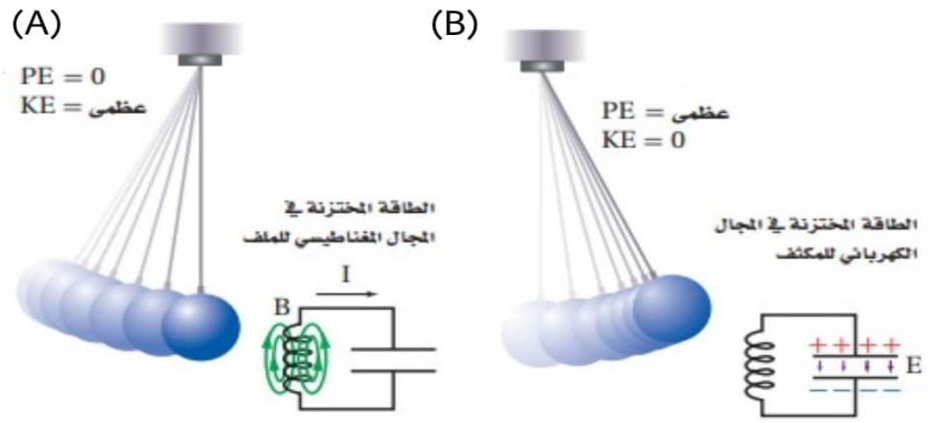
الشكل رقم (7.1) الدورة الاهتزازية كاملة لتوليد الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن مكثف والمحث

العلاقة بين الملف (المحث) والمكثف:

عندما يكون التيار في الدائرة قيمته قيمة عظمى تكون قيمة الطاقة المختزنة في الملف قيمة عظمى، اما الطاقة المختزنة في المكثف تكون قيمتها صفر اي المكثف لم يصل له التيار بعد كما هو مبين في الشكل السابق (1.7).

ثم تبدا الشحنات تنتقل لشحن المكثف، عندها تبدا شحنات المكثف في الازدياد ويبدا المكثف في اختزان الطاقة أي كل التيار الذي كان موجود في الملف انتقل واختزن في المكثف، عندها يكون التيار في الملف قيمته تساوي صفر أي لا يوجد تيار، وفي الحالة هذه تكون طاقة الملف صفر ايضا، عندها يكون المكثف مشحون بأقصى طاقة ممكنة وتكون قيمته قيمة عظمى , وهكذا تبقى العملية تتكرر, هنا يبين بأن التيار دائما ما تكون قيمته مساوية لقيمة الملف أي ان التيار يتناسب تناسب طردياً مع قيمة الملف. ويتم مقارنة هذه العملية التي تحدث في دائرة الملف والمكثف بالدوران الاهتزازي للبندول المتأرجح كما فالشكل (8.1).

وتخمد الذبذبات الناتجة عن دائرة الملف والمكثف بعد فترة من الزمن نتيجة مقاومة الدائرة حيث يستهلك جزء من الطاقة على شكل الحرارة. ويقصد بالتخامد انه عند اهتزاز او تحريك البندول المتذبذب وتركه يستمر في الحركة، سوف تقل حركته الي حركة أصغر بسعة أقصر إلى ان يتوقف.[11]



الشكل رقم (8.1) الدوران الاهتزازي للبندول المتأرجح

3.3.1 الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة بواسطة الكهرباء الاجهادية

في عام 1880 اكتشف الفيزيائيان بيار كوري وأخيه جاك بأن إذا تم ضغط شرائح رقيقة من بلورات معينة ستظهر شحنات في الاوجه المقابلة سالبة وموجبة أي ان البلورة المضغوطة يمكن ان تجعل في الدائرة تيار مثل ما تفعله البطارية.[12]

توليد الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة الكهرباء الاجهادية :

في الكهرباء الاجهادية او (تأثير الكهروضغطية) او ما يسمى ايضا (بتأثير كهرواجهادي) يتم تحويل او نقل الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الميكانيكية والعكس صحيح، وهذا يكون موجود في العديد من المواد البلورية، يتم تطبيق خاصية الكهرباء الاجهادية على البلورة بتطبيق جهد كهربائي متناوب عبرها، فعندها تتولد موجات كهرومغناطيسية على مقطع عرضي من بلورة الكوارتز تنتج اهتزازات مستمرة، وتكون العلاقة بين سمك البلورة وتردد الاهتزازة خطية عكسية.

مثال ذلك يمكن قطع بلـورة الكوارتـز وتطبيق جهـد معين عليها، فتتشـوه وتبـدأ في الاهتزاز بـترددات محددة ويمكن تضخيمها واعادتها للبلورة للمحافظة على استمرار الاهتزاز، كما تولـد خاصية الكهرباء الإجهادية قوة دافعة كهربائية عندما تتشـوه البلورة. ولأن الترددات المتذبذبة التي تنتجها بلورت الكوارتز ثابتة، فهذا يجعلها مثالية للاستخدام في الساعات والتطبيقات الاخرى التي تحتاج الي إشارات متذبذبة دقيقة.[11]

العلاقات التأسيسية للكهرباء الاجهادية

يعبّر عنها بالعلاقات التالية[13]

جدول رقم (1.1) علاقات التأسيسية للكهرباء الاجهادية

المعادلات	نوع المتغيرات	زوجان من المتغيرات
$S = s^E T + d^t E$ $D = dT + \varepsilon^t E$	كثيف	(T,E)
$T = c^D - h^t D$ $E = -hS + \beta^T D$	شامل	(S,D)
$S = s^D T + g^t D$ $E = -gT + \beta^T D$	مختلط	(T,D)
$T = c^E S - e^t E$ $D = eS + \varepsilon^s E$	مختلط	(S,E)

جدول رقم (2.1) رموز وتعريف ووحدات قياس للعلاقات التأسيس الكهرباء الاجهادية

النوع	الرموز	التعريف (المعنى)	الوحدات
كهربائي	**D**	ناقل الازاحة الكهربائية(3×1)	$C.m^{-2}$
	E	ناقل المجال الكهربائي (3×1)	$V.m^{-1}$
	E^t	مصفوفة السماحية (3×3)	
ميكانيكي	S	ناقل الاجهاد النسبي (6×1)	
	T	ناقلات الاجهاد النسبي (6×1)	$N.m^{-2}$
	S^E	مصفوفة الامثال في حقل E ثابت (6×6)	$m^{-2}N.$
	C^D	مصفوفة الصلابة عند ثابت D (6×6)	$N.m^{-2}$
الاجهادية (كهروضغطية)	e	مصفوفة الاجهادية (كهروضغطية)	$C.m^{-2}$
	d^t	مصفوفة ثابت الشحن (6×3)	$C.N^{-1}$
	h	$\beta^s.c.d$	$V.m^{-1}$
	g	$\beta^T.d$	$m^2.C^{-1}$
	β	$1/\varepsilon$	

الفصل الثاني

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية

خصائص الموجات الكهرومغناطيسية

1.2الخصائص الاساسية للموجة

من اهم الخصائص التي يمكن وصف الموجة خلالها هي السعة والطول الموجي والتردد والتي يمكن تعريفها كالاتي

ا. التردد (Frequency)

يعرف بأنه عدد تكرار الموجات خلال نقطة ما في الثانية الواحدة ويقاس بوحدة الهرتز (Hz) وتعادل 1/الثانية وتكون بصيغة:

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

ب. الطول الموجي (Wavelength)

هو المسافة التي تفصل بين وحدات الموجية المتشابهة أي يتم حساب الموجة الواحدة بمسافة الفاصلة بين القمة والقمة او القاع والقاع ويرمز لها ب (λ).

والعلاقة التي تربط الطول الموجي بالتردد هي:

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

حيث ان:

V : سرعة تقدم الموجة، وهي مسافة الموجة المقطوعة في الثانية الواحدة ، ويتم التعبير عنه بالصيغة الاتية:

$$\mathrm{V} = f \times \lambda$$

حيث

f : تردد الموجة.

λ : الطول الموجي.

في حالة الموجات التي تتحرك بسرعة الضوء يتم استبدال الرمز v برمز c سرعة الضوء حتى تصبح المعادلة الفيزيائية:

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

ويتم وضع سرعة الضوء $3\times 10^8\ m/s$ اثناء التعويض في القانون.

ج. السعة (Amplitude)

تعرف بأنها المسافة العمودية بين قمة الموجة ومحور المركزي للموجة أي انها تقيس اقصى قيمة رأسية لنبضة واحدة وايضا تعرف السعة بأنها مرتبطة بشدة الموجة.

د. الفترة الزمنية (Time period)

الزمن الازم الذي تستغرقه الموجات في العبور موجة واحدة ويقاس الزمن بالثانية (s).

خصائص اخرى للموجات الكهرومغناطيسية:

- سرعة الموجات الكهرومغناطيسية تساوي سرعة الضوء $3\times10^8\ m/s$, و دائما ما تكون ثابتة.
- يكون المجال المغناطيسي والمجال الكهربي متذبذبان في نفس الطور.
- عندما ينتقل الطول الموجي من وسط الى آخر يتغير, بينما التردد يبقى ثابتا دون تغير.

- الموجات الكهرومغناطيسية عبارة عن موجات كهربائية وموجات مغناطيسية متعامدة على بعضها البعض، وتعرف على انها موجات مستعرضة.
- اشعاع الكهرومغناطيسي لا يحتاج الي وسط مادي لكي ينتقل من خلاله، بل يمكنه التنقل في الفراغ.
- كل من الطاقة التي يحملها مجال الكهربائي ومجال المغناطيسي متساوية.
- تنتج الموجات الكهرومغناطيسية نتيجة تسريع الموجات.[13]
- تنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في المواد العازلة بسرعة اقل من سرعة الضوء، ويقصد بالعازل الكهربائي على انه مادة غير موصلة تنتقل من خلالها الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ بسرعة اقل من سرعة الضوء. ولها **علاقة رياضية** تربط بين سرعة الضوء وسرعة تقدم الموجة في العازل:[14]

$$V = \frac{c}{\sqrt{k}}$$

2.2 الطاقة الكهرومغناطيسية وحساب طاقة الاشعاع الكهرومغناطيسي

احيانا يشعر الانسان بوجود الطاقة مثل الشعور بدفء من شعاع الشمس. وايضا الأشعة الميكروووية المتولدة من جهاز المايكروويف المستخدم في تسخين الطعام، فهذه الاشعة تترك اثر واضح، الا ان هناك ما يعرف بالطاقة الخفية حيث لا يستطيع ان يشعر بها الانسان متل اشعة جاما التي تسبب في تدمير الخلايا الحية بطريقة غير مباشرة!

يمكن للموجات الكهرومغناطيسية أن تجلب الطاقة إلى نظام ما بفضل المجالين الكهربائي والمغناطيسي. وايضا يمكن لهذه المجالات أن تمارس القوى وتحرك الشحنات في النظام، وبالتالي تعمل عليها.

إذا كان تردد الموجة الكهرومغناطيسية هو نفسه الترددات الطبيعية للنظام ومع ذلك، يوجد طاقة في الموجة الكهرومغناطيسية نفسها أي هذان المجالان الكهربائي والمغناطيسي يحتويان على طاقة، لذا فالموجات لابد أن تحمل طاقة عبر الفضاء، سواء تم امتصاصها أم لا. بمجرد إنشائها، تنقل الحقول الطاقة بعيدًا عن المصدر.

إذا تم امتصاص بعض الطاقة تزداد قوة المجالين الكهربائي والمغناطيسي، زاد العمل الذي يمكنهم القيام به وايضا زادت الطاقة التي تحملها الموجة الكهرومغناطيسية، يتم تحديد طاقة الموجة من خلال سعة الموجة.

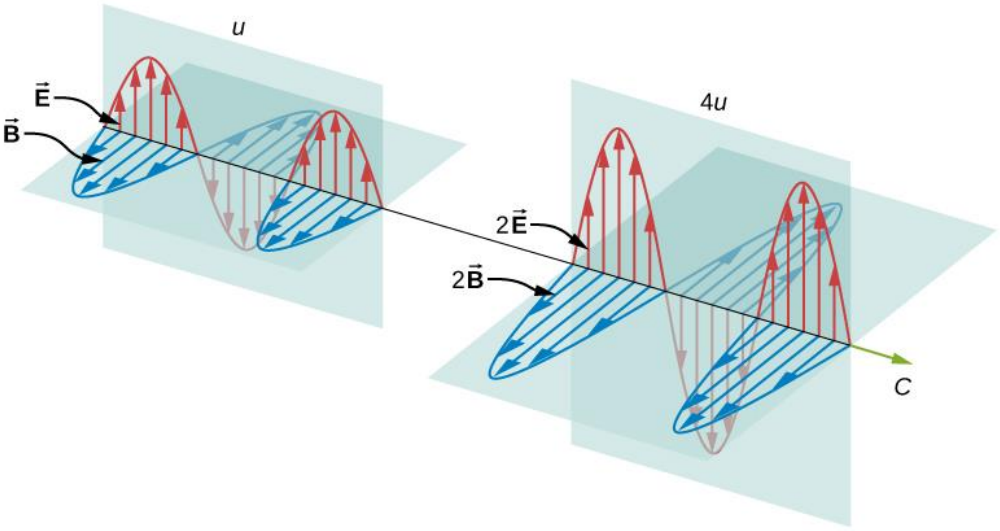
الطاقة التي تحملها الموجة تعتمد على اتساعها او تكون متناسبة مع مربع اتساعها، و مع الموجات الكهرومغناطيسية، تضاعف الحقول ويقصد بالحقول

(المجال الكهربي) $\overrightarrow{E}$ و (المجال المغناطيسي) $\vec{B}$ التي تتضاعف إلى أربعة أضعاف كثافة الطاقة u فتصبح (u4) كما في الشكل (1.2).

و بالنسبة لموجة مستوية تتحرك في اتجاه المحور x الموجب ذات طور موجي معين فيكون الحد الأقصى للموجة عند نقطة الأصل (عندما $t = 0$)، يخضع المجالان الكهربائي والمغناطيسي للمعادلات التالية:

$$E_y\,(x,t) = E_0 \cos(kx - \omega t) \ldots\ldots (1)$$

$$B_x(x,t) = B_0 \cos(kx - \omega t) \ldots\ldots (2)$$



شكل رقم (1.2) احداثيات الموجات الكهرومغناطيسية

وتعطى الطاقة المختزنة في وحدة الحجوم من مجال كهربي مقداره E في الفراغ بالعلاقة $\frac{1}{2}\epsilon_\circ E^2$ اما الطاقة المختزنة من مجال مغناطيسي مقداره B فهي $\frac{B^2}{2\mu_\circ}$ ، وحزمة الإشعاع الكهرومغناطيسي تنتقل بسرعة الضوء وتقطع مسافة مقدارها $c\ t$ وهي أصغر بكثير من الطول الموجي لإشعاع الحزمة الضوئية، فيكون الحجم لمساحة مقدارها A هي $c\ t\ A$ وحجم هذه الحزمة في فترة زمنية معينة تعطى بالعلاقة

الطاقة الكلية = كثافة طاقة المجال المغناطيسي في الحجم + كثافة طاقة المجال الكهربي في الحجم

$$\text{Energy at } A\ c\ t = \frac{B^2}{2\mu_\circ} Ac\ t + \frac{1}{2}\epsilon_\circ E^2\ A\ c\ t$$

ولحساب الطاقة لوحدة المساحات في الثانية تصبح المعادلة السابقة كالاتي:

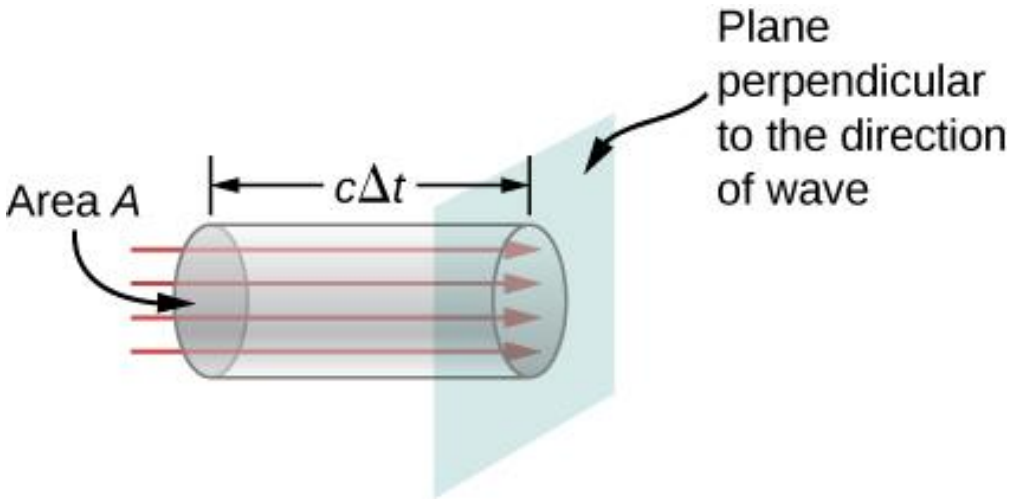
$$\frac{c}{2}\left[\frac{B^2}{\mu_\circ} + \epsilon_\circ E^2\right]$$

ويطلق على هذا المقدار شدة الموجة I، و وحدة الشدة في النظام الدولي للوحدات تساوي W/m^2

وبما ان $B^2 = \frac{E^2}{c^2} = \epsilon_\circ E^2 \mu_\circ$ فإن المعادلة يمكن كتابتها على الصورة

$$I = \frac{1}{2}\, c\ \epsilon_\circ\, [\, E^2 + E^2] = \ c\ \epsilon_\circ E^2$$

وتشير المعادلة الأخيرة الى ان الحد الخاص بكل من المجالين الكهربي والمغناطيسي لهما نفس المقدار. ومن تم نستنتج ان المجالين الكهربي والمغناطيسي في الموجة الكهرومغناطيسية ينقلان مقادير متساوية من الطاقة.[15]



الشكل رقم (2.2) مقطع لحجم الذي تتحرك فيه الموجة في مساحة A وطول Ct

الفصل الثالث

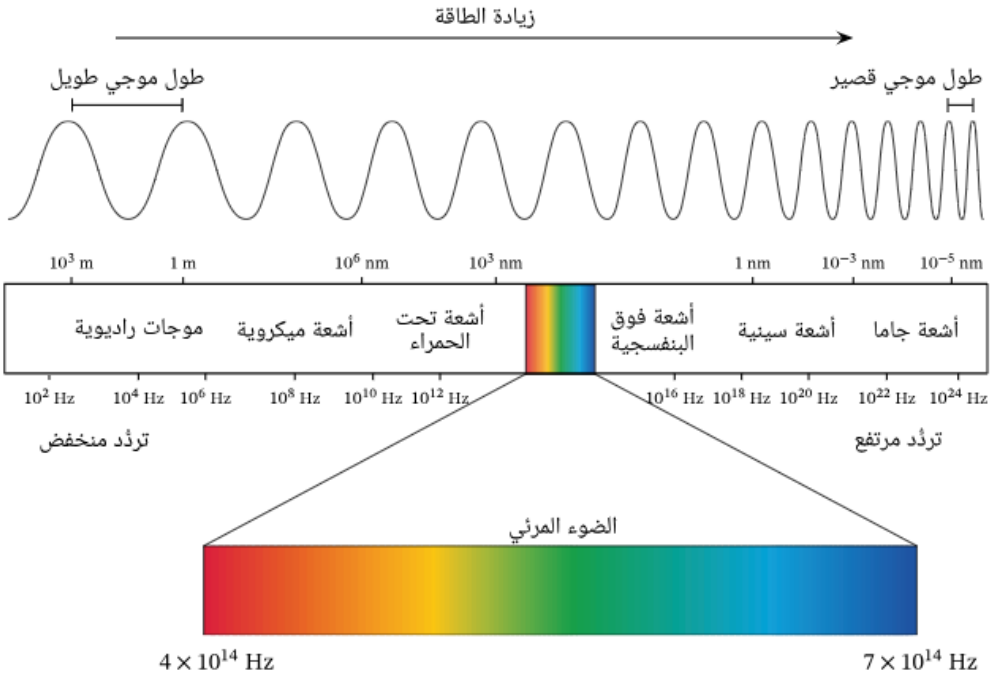
امثلة على الموجات الكهرومغناطيسية

امثلة على الموجات الكهرومغناطيسية

تعتبر الموجات الموجودة في الطيف الكهرومغناطيسي جميعها امثلة على انواع على الموجات الكهرومغناطيسية

1.3 الطيف الكهرومغناطيسي

هو عبارة عن مجموعة كاملة من الموجات الكهرومغناطيسية تظهر على هيئة خطوط ضوئية ملونة وتكون هذه الخطوط متوازية متجاورة كما في الشكل (1.3)



الشكل رقم (1.3) الطيف الكهرومغناطيسي

2.3 موجات الطيف الكهرومغناطيسي

يتكون الطيف الكهرومغناطيسية من مجموعة رئيسية من الموجات والمتمثلة في:

- موجات راديوية
- موجات ميكروية
- أشعة تحت الحمراء
- الطيف المرئي (أحمر، برتقالي، أصفر، أخضر، أزرق، نيلي، بنفسجي)
- أشعة فوق البنفسجية
- أشعة السينية
- أشعة غاما

3.3 تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية من ناحية التردد

يمكن تقسيم تردد الموجات الكهرو مغناطيسيه الي عدة ترددات مختلفة وهي كالاتي

- **تردد الموجات المنخفض للغاية**

التردد المنخفض للغاية يستخدم في نطاق واسع للطاقة الكهربائية وهي ذات تردد من 50 إلى 60 هيرتز في معظم البلدان.

- **تردد الموجات المتوسط**

وهي الترددات التي تتراوح بين 300 هرتز إلى 100 كيلو هيرتز وهذه الترددات توجد في اجهزة التلفزيون والكمبيوتر التي تستخدم انابيب اشعة الكاثود وكذلك مصابيح الفلورسنت المدمجة اضافةً إلى أجهزة ارسال الراديو واجهزة مكافحة السرقة في المتاجر واجهزة الكشف عن المعادن.

- **تردد الراديو**

وتتراوح ترددتها ما بين 100 إلى 300 جيجا هيرتز من الطيف الكهرومغناطيسي. وتستخدم مصادر الترددات للاسلكية على نطاق واسع في العالم كله. ومن امثلة ذلك الهواتف المحمولة والتطبيقات الطبية والصناعية.

4.3 تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية من ناحية الطول الموجي

ويكون لدى هذه الموجات الرئيسية مجموعات ثانوية تصنف حسب طولها الموجي وترددها

- **موجات الراديو:** تتولد موجات الراديو بواسطة أجهزة الإرسال وأجهزة الاستقبال اللاسلكية، باستخدام الهوائيات لنقل البيانات كما في الشبكات الانترنت والحاسوب والاقمار الاصطناعية والراديو العديد من التطبيقات الأخرى، وتمتلك الموجات الراديو اطول طول موجي بين جميع الموجات الكهرومغناطيسية.

- **الميكروويف:** تعرف موجات الميكروويف على انها موجات دقيقة بقدرتها على اختراق السّحب، الأمطار الخفيفة وتقاس بوحدة السنتيمتر وتحتوي على طول موجي أقصر من موجات الراديو وتدخل الموجات الميكروويف في صناعة الافران الميكروويف وصناعة اجهزة الطقس.

- **الاشعة تحت الحمراء (دون الحمراء)**: تتولد عن طريق الالكترونات المدارية الخارجية في الذرات والجزيئات وتغير في الطاقة الاهتزازية والدورانية للجزيئات , يكون لدى الاشعة تحت الحمراء طول موجي اكبر وتردد اقل, وتم اكتشاف الاشعة تحت الحمراء نتيجة تسخين خاص اي دراسة حرارة الضوء وفق أطيافه المختلفة وعند ذلك تم ملاحظة أن أكثر الأجزاء سخونة كان في المنطقة غير مرئيّة تقع بالقرب من الضَّوء الأحمر ولذلك أطلق عليها الأشعة تحت الحمراء او (دون الحمراء), ومثال على ذلك (جهاز قياس اشعاع , وجهاز قياس الحرارة الاشعاعية) , وخلايا التوصيل الضوئي تستخدم و تفيد في تصوير الفوتوغرافي في الضباب.

- **الضوء المرئيّ:** وهو ما يعرف بالطيف المرئي الذي جمع الالوان ولأطوال الموجيّة المختلفة (الأحمر، والبرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيليّ، والبنفسجي) وتم توليده عن طريق اعادة ترتيب الالكترونات المدارية الخارجية في الذرات والجزيئات مثل: انبوب تفريغ الغاز، الاجسام الصلبة والسائلة المتوهجة ويمكن رؤيته بواسطة العين والالواح الفوتوغرافية والخلية الضوئية، وتستخدم في وسائل الاتصال السلكية واللاسلكية وايضا في الطب مثل: منظار الجهاز الهضمي.

- **الأشعة فوق البنفسجيّة:** تنبعت الاشعة فوق البنفسجية من الشمس و من الاجسام الساخنة الموجودة في الفضاء، ولها طول موجي اقصر من الضوء المرئي ولكن طولها الموجي اطول من الاشعة السينية، وتعتبر هذه الاشعة ضارة للإنسان أي عندما يتعرض الانسان الى هذه الاشعة لفترة طويلة تسبب له حرق في البشرة وتصبغها، يستخدم هذا النوع من الاشعة في صناعة التلسكوب، مثل: تلسكوب هابل الفضائي.

- **الأشعة السينيّة:** تم اكتشاف من قبل العالم فيلهلم رونتجن في عام 1895 هذه الاشعة بتسليط شعاع إلكتروني داخل أنبوب زجاجي ويكون بتعجيل او تسريع الجسيمات المشحونة ولديها طاقة كافية لاختراق الأجسام، كما تستخدم في تصوير الاشعاعي في الطب للكشف عن حالات كسر العظام والاسنان.

- **أشعة جاما:** تحتوي اشعة جاما على طول موجي قصير ولديها اكبر قدر من الطاقة أي لديها اعلى تردد , وهي تتكون من فوتونات عالية الطاقة , تنبعت اشعة جاما اثناء التفاعل الذري من نواة الذرة و الانفجار النووي أي انها تعتبر اخطر انواع اشعة لا يمكن ايقافها يمكنها ان تخترق الجلد ايضا تسبب تشوهات وراثية في الخلية ,لدى هذه الاشعة عدة استخدامات منها يمكن لي الفيزيائيون استخدامها كعدسة لدراسة العواصف الرعدية ومعرفة نشوء البرق وايضا تستخدم في التحليل الطيفي الجوي والأرضي، لرسم الخرائط الجيولوجية واستكشاف المعادن وكذلك تستخدم في الاندماج النووي وغيرها من الاستخدامات , ويمكن استخدامها ايضا في الصناعة , أي يقاس بهذه الاشعة وقود الطيارات , تستخدم في تصوير الاشعاعي صناعي لكشف العيوب في المسكوكات

المعدنية , وكذلك تستخدم في تصوير امتعة المسافرين في المطار لي اظهار البضائع وكشف ما اذا كان يوجد بها ممنوعات.[16] [2]

جدول (1.3) يصنف الموجات الكهرومغناطيسية من ناحية الطول الموجي والتردد

الموجة الكهرومغناطيسية	الطول الموجي (λ)	تردد الموجة (f)
اشعة جاما (γ)	10^{-12}m	$3 \times 10^{20}\text{Hz}$
اشعة إكس	10^{-10}m	$3 \times 10^{18}\text{Hz}$
الاشعة فوق البنفسجية	10^{-8}m	$3 \times 10^{16}\text{Hz}$
الضوء المرئي	$0.6 \times 10^{-6}\text{m}$	$5 \times 10^{14}\text{Hz}$
الاشعة تحت الحمراء (دون الحمراء)	10^{-4}m	$3 \times 10^{12}\text{Hz}$
الموجات الميكروويف	$3\times10^{-2}\text{m}$	10^{10}Hz
الموجات اللاسلكية	3m	10^{8}Hz

الفصل الرابع

تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على جسم الانسان

تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على جسم الانسان

توجد الموجات الكهرومغناطيسية في معظم الأجهزة الحديثة التي تستخدم في حياتنا اليومية كأفران المايكرويف، التلفزيون، المذياع، اجهزه الحاسوب، الهاتف النقال، المصابيح، مجفف الشعر وغيرها من هذه الاجهزة، هذه التقنيات كما انها تؤثر بالإيجابيات وتوفر على الانسان الوقت والجهد إلا انها تؤثر سلباً على الصحة العامة ولو على المدى البعيد.

ولان العيش في بيئة نظيفة، سليمة وامنة يعتبر حق من حقوق الانسان والذي يؤثر على سلامة عقله وجسمه، وبسلامتها يدفع للمرء بالتعلم والعمل والتقدم، فلذلك دعت الحاجة إلى معرفة ايجابيات وسلبيات هذه الموجات الكهرومغناطيسية وتأثير انتشارها العشوائي بين الاحياء السكنية على صحة الانسان والبحث في ما أن هذه الموجات لها تأثير سلبي على المدى القريب أو البعيد.

وفي هذا البحث سنركز ونهتم بتقنية الهاتف النقال الذي أحدث ثورة تكنولوجية عظيمة فقد قدّم خدمات كثيرة ووفر الوقت والجهد على الانسان إلا ان هذا التقدم العلمي سبب في مشاكل صحية للإنسان بطريقة غير مباشرة ولا يظهر أثرها إلا بعد فترة زمنية من تواجد هذه الموجات الكهرومغناطيسية حول الانسان، ونتيجة لاستخدام النقالات بصورة كثيرة وكثيفة بين البشر ادى هذا إلى بناء شبكات النقال وابراجه بعدد أكبر في مناطق مختلفة وبتوزيع عشوائي بدون النظر ودراسة تأثير ذلك على الصحة العامة. فأبراج النقالات ينتج عنها الموجات الكهرومغناطيسية المحتوية على الاشعاع الكهرومغناطيسي والمكون من مجال كهربي وآخر مغناطيسي والمعلوم انهما متعامدان مع بعضهما البعض فيجريان عملية نقل

الطاقة والعزم ومن ثم امتصاصهما من قبل المواد فضلاً عن انتشارهما في وسط غير مادي وفى الفراغ.

تأثير الموجات الكهرومغناطيسية على الانسان قد يكون موضوع مثير للجدل، وهذا الموضوع لا يزال يتطلب الكثير من البحث العلمي لتحديد تأثيرها بشكل دقيق. خاصةً انه بعد اكتشاف الموجات الكهرومغناطيسية أصبح لها استخداماتها التي لا يمكن الاستغناء عنها في مجالات عديدة من الحياة، وأصبح هناك من يرى ان تأثيرها مضر او يكون له اثار سلبية على صحة الانسان، بينما يرى آخرون ان تأثيرها محدود او غير مؤثر.

وسنذكر هنا بعض من الميزات والعيوب الرئيسية لتأثير هذه الموجات على الانسان:

1.4 الميزات:

تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية في العديد من الاغراض التي تعتبر لها إيجابيات متعددة والمفيدة لحياة الانسان اليومية والتي وفرت الوقت والجهد، ومن هذه الاستخدامات:

- **الإنترنت Wi-Fi**

تستخدم أجهزة مودم ال Wi-Fi إشعاعًا كهرومغناطيسياً لتبّث الإشعاعات المسؤولة عن شبكات الإنترنت وتكون شبكات Wi-Fi LAN بمعلومات الشبكة السريعة وهي مفيدة في تقليل تكلفة تركيب الأسلاك وبواسطته ايضا يتم استخدام جميع مواقع تواصل الاجتماعي من قبل الانسان ويساعد في العمل عن بعد، الدراسة عن بعد وما الي ذلك من الاستخدامات الرهيبة الرائعة.

- **الإنارة**

كشفت الابحاث ان الاضاءة وتجهيزات الاضاءة المختلفة من المصابيح الشمسية والمصابيح الفلورية المستخدمة في كل مكان في حياتنا تعتمد بشكل اساسي على الموجات الكهرومغناطيسية.

الشكل (1.4) المصباح الشمسي والمصابيح الفلورية

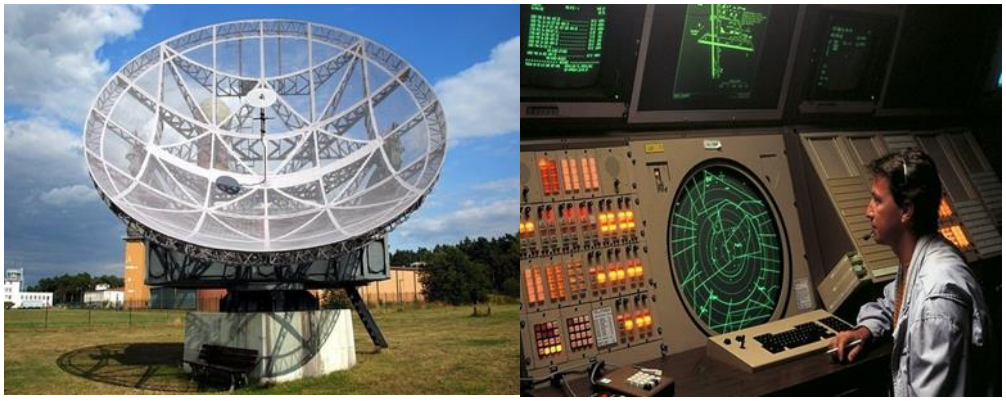
- **تشغيل الاجهزة والمجالات الطبية**

يستخدم الإشعاع الكهرومغناطيسي في العديد من المجالات الطبية. وتعتبر الأشعة مثل أشعة جاما والأشعة السينية مهمة كجزء من علاج لمرضى السرطان، كما أنها تستخدم في الكشف عن بعض الحالات الصحية وتشخيصها مثل التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)، وتفيد ايضاً في علاج الأسنان وكسور العظام وغيرها من التشخيصات بينما الاشعة التحت الحمراء والمنبعثة من الاجسام الساخنة تستخدم في علاج الامراض الجلدية.

الشكل رقم (2.4) صورة لجهاز الرنين (MRI)

- **المجال الحربي او العسكري**

يتم تضمين الموجات الكهرومغناطيسية في عمل الرادارات العسكرية وأجهزة التتبع المستخدمة لحماية الحدود الوطنية من الخصوم والخروقات الأمنية، كما تستخدم في إنتاج محطات المفاعلات النووية وتشغيل الصواريخ الموجهة عن بعد.



الشكل رقم (3.4) الرادار العسكري

- **توليد الطاقة**

اما في مجال توليد الطاقة، فتستخدم الموجات الكهرومغناطيسية في إنتاج المولدات الكهربائية وفقًا لمبدأ القوة الكهرومغناطيسية.

- **جهاز المايكروويف**

يعتبر فرن الميكروويف من الأجهزة الشائعة الاستخدام في حياة الإنسان اليومية. فتستخدم الموجات الكهرومغناطيسية ظاهرة الحمل الحراري لتسخين وطهي الطعام.

الشكل رقم (4.4) جهاز المايكروويف

- **التلفاز والراديو (FM) والهاتف الخلوي**

تستخدم موجات الراديو الاذاعتين المسموعة والمرئية، والهواتف، وموجات الأقمار الصناعية / الأرضية، واتصالات الإنترنت في حياة الانسان اليومية.

2.4 العيوب

هذا البند يتحدث عن بعض العيوب السلبية المحتملة كنتيجة للتعرض للموجات الكهرومغناطيسية من استخدام الهواتف النقالة، ويكمن الخطر الناتج من استخدام اجهزة الهاتف المحمول في أنه تنبعت منها طاقة أعلى مما هو مسموح به لأنسجة الرأس والتي يصل ترددها إل900 MHz في زمن صغير جداً، وهذه الطاقة لها القدرة على التأثير على صحة الانسان وان كان ظهورها يكون على المدى البعيد، ومن هذه التأثيرات الصحية:

- **التعرّض للإشعاعات الكهرومغناطيسية يلحق الضرر بشبكية العين وعدسة العين البلورية**

يؤدي التعرض للإشعاع الكهرومغناطيسي إلى الإضرار بشبكية العين وعدسة العين، يمكن أن يحدث إعتام عدسة العين عندما ترتفع درجة حرارة العدسة إلى حوالي 41 درجة مئوية تؤدي الي ظهور المياه البيضاء في العين.

- **الإصابة بالصداع المزمن والتوتر والانفعالات غير السويّة والإحباط**

هذه الاعراض تحدث نتيجة تعرض الانسان بشكل مباشر للموجات الكهرومغناطيسية وغالبا ما تكون هذه الاعراض مؤقتة.

- **الإصابة بالأورام السرطانيّة**

يوجد احتمالية الإصابة بأورام سرطانية اثناء تعرض الانسان بشكل كبير للموجات الكهرومغناطيسية الصادرة من الاجهزة المحيطة به ويعد هذا أحد أكثر الآثار الضارة للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي لا يوجد علاج له.

- **الإصابة بأعراض تنشيط عضلات القلب ومعدلات التنفس**

اثناء تعرّض الانسان الي المعدات الطبية التي تستخدم الإشعاع الكهرومغناطيسي بصورة مباشرة فهناك وجود احتمالية للإصابة بأعراض على نشاط عضلات القلب ومعدلات التنفس ، مثل أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) المستخدمة لالتقاط صور لتفاصيل الدقيقة داخل جسم الانسان.

- **تأثيرها على وظيفة الغدّة النُخاميّة**

وجود احتمال ايضا بأن تتأثر الغدة النخامية لخلل اذا تعرضت الي الاشعاعات الكهرومغناطيسية.

- **التعرّض لبعض الأعراض الوقتيّة**

إذا تعرّض الانسان للإشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات من 0.01 إلى 10 mW/cm^2

يمكن ان يصاب الانسان بزيادة الضغط العصبي وايضا يوجد احتمالية ان يصاب بأعراض فقدان التركيز والنسيان وذلك يحدث بشكل مؤقت.[17] [18]

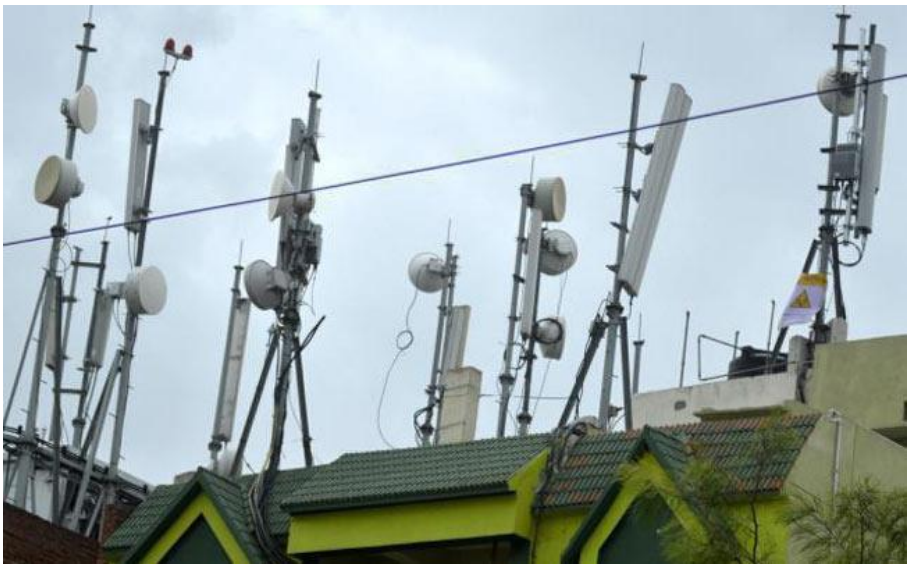
3.4 الخطورة الناجمة عن الموجات الكهرومغناطيسية

وينتج هذا الضرر من كمية اشعاع الموجات الكهرومغناطيسية فتسبب الجرعات الاشعاعية العالية في موت الخلايا الحية، أما الاشعاعات المنخفضة فيكون تأثيرها على المدى الطويل. والذي يسفر عن تحفيز سلسلة من التغيرات التي تؤدي إلى اضرار بالمادة الوراثية للخلية

الجسدية ويترتب عن ذلك استحداث الأورام السرطانية وان كان ذلك يستغرق لظهورها عدة سنوات. كما قد تسبب في التشوهات الخلقية وتوارث الامراض الوراثية من جيل إلى اخر.

4.4 التأثيرات الصحية لانبعاث المجالات الكهرومغناطيسي من ابراج الهاتف النقال

بعض الدراسات بينت ان هناك العديد من الظواهر المرضية التي يعاني منها الانسان يسببها استخدام الهاتف النقال، مثل الصداع وضعف بالذاكرة والأرق والقلق اثناء النوم وطنين في الأذن ليلاً، كما تسبب في امراض العيون وتؤثر على صحة الأطفال؛ وذلك بسبب التعرض الجرعات زائدة من الموجات الكهرومغناطيسية التي يمكن أن تلحق اضراراً بالدماغ. وننوه بان اقامة ابراج الهاتف النقال بداخل الاحياء السكنية تسبب اضرار كثيرة وخطيرة على الانسان مثل التأثير على الجهاز المناعي والإصابة بالأورام السرطانية وحالات اجهاض متكررة وتقلل من كفاءة الانسان العقلية والذهنية.[3]



شكل رقم (5.4) ابراج الاتصالات التي تقام فوق المباني

فتحدث تغيرات سيكولوجية وسلوكية نتيجة التعرض للإشعاعات الكهرومغناطيسية والناتجة من ابراج النقالات، فالصداع المزمن واضطراب القلب واعراض الشيخوخة المبكرة وظهور الأورام السرطانية تندرج فيما يسمى بالتغيرات السيكولوجية، اما الاحباط وانخفاض معدلات التركيز الذهني والنسيان فتأتي تحت التغيرات السلوكية.

5.4 كيف تأتي الخطورة من التعرض للأشعة الكهرومغناطيسية؟

تكمن الخطورة في قدرة الاشعة الكهرومغناطيسية على التفاعل مع خلايا الجسم ويتم امتصاص الخلايا للطاقة الناجمة من الأشعة وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة للخلايا وهذا يعني زيادة الطاقة أي زيادة في التردد الصادر من الموجات وهذا يسبب نقصاً في القدرة البدنية والذهنية كما تؤثر في تطور ونمو الجنين وقد تحدث عيوباً خلقية، بالإضافة الي التأثير على الخلايا وتفاعلاتها الكيميائية في جسم الانسان ونسبة السوائل في الجسم وهذا التراكمات السلبية كلها تؤدي لأضرار خطيرة على الانسان.

وبتفاؤل أكثر؛ فان معظم الدراسات التي قام بها العلماء اتفقوا على التأثير الصحي الناتج عن التعرض للموجات الكهرومغناطيسية هو التأثير الحراري فقط وليس بالأمر الخطير حيث ان الانسان يمكنه تحمل ارتفاع درجات الحرارة في حياته اليومية. وتسبب موجات الراديو عند التعرض لها بكثافة عالية ولساعات زمنية طويلة إلى اضرار واصابات مختلفة ومن هذه الإصابات حروق في الجلد، نوبات قلبية وعتمة العين وقلق نفسي وعدم القدرة على التركيز.

وننوه ان مدى خطر الابراج الخلوية يكمن في تواجدها بالقرب الاحياء السكنية، ففي دراسة قام بها العالم Forssen وفريقه سنه 2005 وجد ان 25% من الأشخاص الذين يقيمون في نطاق

300 متر من ابراج شبكات النقال يعانون اضطرابات هرمونية مع اختلاف في افرازات المواد الكيميائية التي يفرزها المخ، كما تتنبأ الدراسات بأن الاشخاص الذين يسكنون بالقرب من هذه الابراج معرضون للإصابة بالسرطان مثل سرطان البروستاتا، البنكرياس والثدي وبنسبة تفوق 3 اضعاف من غيرهم أي الذين يعيشون بعيدا عن أماكن الأبراج و الاشعاع الكهرومغناطيسي.

كما اثبتت دراسات أخرى التي تم اجراها في بحوث السرطان ان الاشعاعات الناتجة من ابراج نقل الكهرباء أو الهاتف تسبب تلوثاً كهرومغناطيسياً غير مرئي يسبب سرطان الدم. والعديد من الامراض النفسية الجسدية الخطيرة وان كان ظهورها يكمن من مراحل وعلى فترات زمنية متفرقة.[6]

لهذا يجب ان تكون الابراج بعيدة عن الاماكن والاحياء السكنية، وكذلك يجب أن تكون بعيدة عن اماكن الخدمات العامة مثل المدارس والجامعات والمستشفيات، وكذلك يجب نشر الوعي بين مستعملي الهاتف المحمول بمدى خطورة استعماله لفترة طويلة ومتكررة وانه جهاز لطوارئ واداء الاشتغال وليس للعب والتسلية وخصوصا عند الأطفال.

6.4 خطورة استخدام الهواتف النقالة من قبل الاطفال

تكون خطورة استخدام هذه الهواتف النقالة اكبر عند استعمالها من قبل الأطفال وذلك لأن مخ الاطفال وخلاياهم العصبية في حالة نمو وغير مكتملة ويمكن لهذه الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهواتف النقالة ان تؤثر على الجهاز العصبي، كما تسبب في اضطرابات النوم وخصوصاً للمراهقين، وبالنسبة للأطفال فإن مخ الاطفال يمتص 60 % من حجم طاقة

الموجات المنبعثة من الجوال واكثر من نسبته بمرتين عن البالغين ، ويرجع سبب ذلك لأن عظام الجمجمة أقل سمكاً وكذلك طبقات الجلد، بالإضافة إلى ضعف انسجة المخ لمقاومتها لمثل هذه الاشعاعات، والخطورة تكون في ان استخدام دقيقة واحدة فقط للحديث بالهاتف النقال عن الطفل يؤثر على مخه ما يؤثر على البالغ عند استخدامه لمدة ساعة .[7]

7.4 معاملات قياس الجرعات

1.7.4 معدل الامتصاص النوعي (Specific Absorption Rate)

وهي تعنى كمية الطاقة التي يمتصها كيلو جرام واحد من الجسم في الثانية ويتم استعمال مقياس معدل الامتصاص النوعي (SAR) لقياس تأثير الموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الاجهزة المستخدمة منزلياً أو في العمل والتي تكون قريبة من جسم الانسان مثل الهواتف النقالة وافران المايكرويف والراديو واجهزة الاتصال اللاسلكي.

2.7.4 مقياس كثافة القدرة

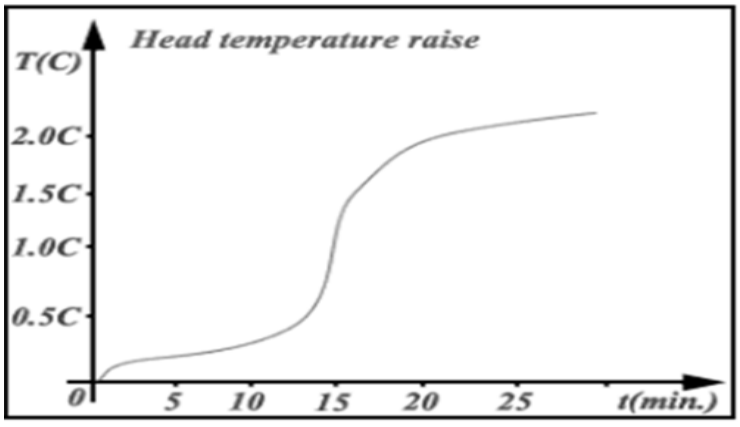
وهي كمية الطاقة التي تسقط على وحدة المساحة في الثانية. ووحدة قياسها mW/cm^2 يستعمل مقياس كثافه القدرة لقياس تأثير الموجات الكهرومغناطيسية في محطات البث والتقوية والتي تكون بعيدة نسبياً عن جسم الانسان مثل ابراج الاتصالات ومحطات الارسال الاذاعي والتلفزيوني والفضائي.

جدول (1.4) يصنف الجيل الخامس للأنظمة اللاسلكية

الجيل	سنة العمل	عرض النطاق الترددي Bandwidth
1G	1981	30kHz
2G	1992	200kHz
3G	2001	5MHz
4G	2012	40MHz
5G	2020	160MHz

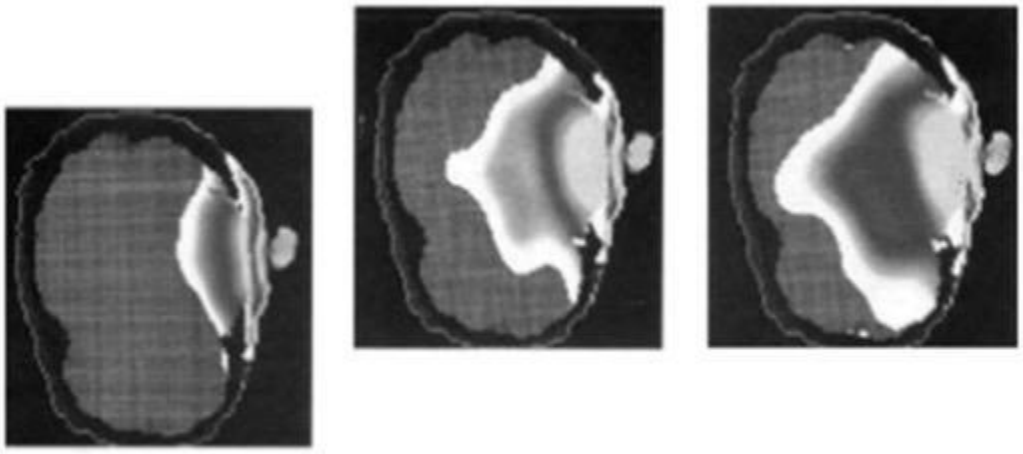
8.4 الاثار الصحية للموجات الكهرومغناطيسية وفقا لمدى لترددات

من المحتمل ان تؤدي الاشعاعات الراديوية الى زيادة حرارة الانسجة عند زيادة التعرض للإشعاعات عن الحد المسموح به في الضوابط العالمية مثل الضوابط الصادرة من اللجنة الدولية للحماية من الاشعاع غير المؤين (ICNIRP) مما يسبب ارتفاع حرارة الجسم وهو ما يعرف بالتأثير الحراري.



الشكل رقم (6.4) العلاقة بين درجة حرارة الرأس وفترة التحدث

قد تؤثر الحرارة المستحثة تلك على نمو الجنين ومن الممكن ان تسبب تشوهات خلقية إذا ارتفعت درجة حرارته بمعدل 2-3 درجات لعدة ساعات طويلة وكذلك قد تؤدي الى الاصابة بمرض اعتام العين في حالة وجود شخص يستخدم الهاتف الخلوي. ومعظم التأثير الحراري سوف يحدث على سطح الرأس مما يسبب ارتفاع درجة حرارته بمقدار جزء من الدرجة. وهذا الارتفاع في الحرارة يمكن وضعه مباشرة في الرتبة التي تسبق ارتفاع الحرارة الناتج عن التعرض لأشعة الشمس. تملك الدورة الدموية في الدماغ القدرة على ازالة الحرارة الزائدة عن طريق زيادة تدفق الدم في الجسم. في حين لا تملك قرنية العين نفس الآلية في تنظيم درجة الحرارة، وبالتالي فإن التعرض لمدة 2-3 ساعات سوف يؤدي إلى اعتام عدسة العين. هذه الدراسة اجريت على حيوان الارنب في استنتاج نتائج على عيون الأرانب بقياس قيم معدل الامتصاص النوعي (W/Kg) والذي أدى إلى درجات حرارة في العدسة تصل إلى 41 درجة مئوية. في حين لم يحدث اعتام للعدسة في عيون القرود عند التعرض لظروف مماثلة، وبشكل عام فإنه لم يتم ربط اعتام العدسة في مراحله الأولى باستخدام الهواتف المحمولة.



الشكل رقم (7.4) عمق تأثير الحراري في رأس الانسان عند الأطفال والبالغين

جدول (5) يصنف الحالات المرضية وزيادة معدل الاصابة

الحالة المرضية	الزيادة بمعدل الاصابة
الإصابة بالتشوهات الخلقية	372%
الإصابة بحساسية الجلد	323%
الإصابة بالصداع المزمن	374%
الإصابة بالتهابات المفاصل	402%
الإصابة بحساسية الصدر	153%
الإصابة بأمراض الضغط الدم	120%
الإصابة بمرض الجهاز الهضمي	81%
الإصابة بضعف الإبصار	76%

9.4 التوصيات:

1 - عدم اقامة ابراج وشبكات النقال في نطاق التجمعات السكانية أو في اماكن الخدمات العامة كالمدارس والجامعات.

2- تخفيض النشاط الإشعاعي الصادر من ابراج الاتصالات بحيث لا تتعدى كثافة القدرة الدائمة على الجسم البشري $10\ mw/cm^2$

3 - التأكد من قيمة SAR للموبايل قبل شرائه واستعماله يجب نشر الوعي للحذر من استخدام المحمول لفترات طويلة وخاصة عند الاطفال

5 - التنبيه على استعمال سماعة الأذن بدلاً من استعمال جهاز الهاتف المحمول مباشرة وذلك للتقليل من وصول الموجات الاشعاعية إلى المخ.[1]

الخـاتـمة

الحـمد الله وبفضـلـه وصـلت الي نـهاية البحث العلمي المتـعلق بـ:

الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على جسم الانسان

وهو ما فضَّلنا اختياره من موضوعات؛ لما لذلك من أهمية كبيرة في الفترة الرَّاهنة الذي أصبح فيها الهاتف النقال عُنصرًا محوريًّا لدى الجميع وبات وجود ابراج الاتصالات فوق المباني ضروريا لتوفير التغطية اللازمة.

توصل هذا البحث الي ان الموجات الكهرومغناطيسية التي تنتج من الهواتف النقالة وابراج الاتصالات يمكن ان تؤثر على الانسان والبيئة المحيطة به سلبا ولكن اثارها تظهر على المدى البعيد مما نتج عنه عدم الاكتراث بضررها وخاصةٌ عند الشباب والأطفال، والذي قد يسبب بالإصابة بالأمراض الخطيرة في مستقبلهم ومن ثم يؤثر على حياتهم وفي بناء المجتمع.

كما لعبت الدراسات السابقة دورا مهما في توجيه اهتمام الباحث نحو هذا الموضوع وتحديد مسار البحث، ولكن من المؤسف انه لا يمكن تطبيقها عمليا نظرا لعدم توفر الإمكانيات بالقسم؛ حيث تمت المحاولة لإجراء تجربة تعيين سرعة الضوء في عدة أوساط: بالهواء، الماء ومادة صلبة. الا ان ظروف التجربة لم تكن تسير في المسار المطلوب وهناك عراقيل أدت الى عدم اكمال اداءها وباءت بتوقف إنجازها. واهم أسباب عدم التمكن من اخذ النتائج ان المسافة المطلوبة ما بين المصدر الضوئي والمرايا يجب ان تكون ثلاثة عشر متراً وهذه المسافة ليست متوفرة في المعامل، كذلك خطوات التجربة التي كانت مزودة في القرص الالكتروني التابع للتجارب المتاحة كان مختصراً جدا الأمر الذي اضطر الباحث للبحث عن تفاصيل الأداء بموسوعات شبكات الانترنت،

وهذا استغرق فترة زمنية طويلة حتى تم تجهيزها الا انه عند تطبيقها عمليا لم تعط نتائج مرضية، فقد اعطت نتيجة واحدة على الرغم من اختلاف أوساط أداء التجربة.

ونظرا لضيق الوقت في الفترة المطلوب فيها تقديم البحث كمشروع تخرج فقد تم إنجازه نظريا!

وفي نهاية هذا البحث، نشكر الله على توفير العلم والعقل الذي أتاح لنا إجراء هذا البحث ونسأله تعالى ان يساهم هذا البحث في إثراء المعرفة المتعلقة بالموضوع المدروس وان يكون مرجعاً مفيداً للباحثين والمهتمين بالمجال، ونأمل ان يحفز هذا البحث المزيد من الابحاث المستقبلية والتطوير في هذا المجال.

المراجع و المصادر

1. لمياء علي لطيف, لمى ياسين عباس, المعايير الذاتية للتأثيرات السلبية للمجالات الكهرومغناطيسية, الجامعة المستنصرية, كلية العلوم قسم الفيزياء

2. كتاب فيزياء "حرارية وخواص الموجات" السنة الثانية بمرحلة التعليم الثانوي القسم العلمي.

3. سوسن كباشي ابراهيم, عباس جلوب مريسل (2020م) التأثيرات الصحية لانبعات المجالات الكهرومغناطيسية من ابراج الهاتف النقال على مناطق السكانية في محافظة ميسان, مجلة ميسان للدراسات الاكادمية, جامعة ميسان

4. Introduction to electrodynamics, third Edition. Prentice Hall, pp. 559-562

(as quoted in Gabriela, 2009)

5. Electromagnetic Fields (2nd Edition), Roald K. Wangsness, Wiley, 1986 (intermediate level textbook)

6. (Ahmed et al, 2008: Kheifets et al 2008)

7. (Abelin, T1999; Touiton, 2004)

8. https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A9_%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A%D8%A9#cite_note-6

9. https://nasainarabic.net/education/articles/view/the-long-road-to-maxwells-equations

10. https://www.youtube.com/watch?v=SoQ86n9j1Mo&t=52s

11. https://elearning.etec.gov.sa/Tahsili/assets/pdf/physics/physics_3b.pdf

12. http://smartmaterials.free.fr/piezoelectricity.html

13. https://mawdoo3.com/%D9%85%D8%A7_%D9%87%D9%8A_%D8%AE%D8%B5%D8%A7%D8%A6%D8%B5_%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A%D8%A9

14. http://physicallaws.blogspot.com/2017/03/blog-post_0.html

15. https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_(OpenStax)/Book%3A_University_Physics_II_-_Thermodynamics_Electricity_and_Magnetism_(OpenStax)/16%3A_Electromagnetic_Waves/16.04%3A_Energy_Carried_by_Electromagnetic_Waves

16. https://mawdoo3.com/%D8%A3%D9%86%D9%88%D8%A7%D8%B9_%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A%D8%A9

17. https://mawdoo3.com/%D8%A5%D9%8A%D8%AC%D8%A7%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D9%88%D8%B3%D9%84%D8%A8%D9%8A%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D8%B3%D8%AA%D8%AE%D8%AF%D8%A7%D9%85_%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%88%D8%AC%D8%A7%D8%AA_%D8%A7%D9%84%D9%83%D9%87%D8%B1%D9%88%D9%85%D8%BA%D9%86%D8%A7%D8%B7%D9%8A%D8%B3%D9%8A%D8%A9#cite_note-rsKGGInvHo-4

18. https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/3121-3128.pdf

ملحق التجربة العلمية

اسم التجربة

قياس سرعة الضوء (Measuring the velocity of light)

الغرض من التجربة

1. قياس سرعة الضوء في الهواء
2. قياس سرعة الضوء في الماء
3. قياس سرعة الضوء في نوع من الزجاج (جسم صلب)
4. حساب مؤشرات الانكسار

ما يمكنك معرفته

- معامل الانكسار
- الطول الموجي
- التردد
- ثابت المجال الكهربائي
- تابت المجال المغناطيسي

نظرية التجربة

تصف السماحية الكهربائية والنفاذية المغناطيسية للمادة كيف الكهربائية والمغناطيسية تتفاعل معها مجالات الموجة الكهرومغناطيسية.
يتم تعديل شدة الضوء ومقارنة علاقة الطور لإشارة المرسل والاستقبال. يتم حساب سرعة الضوء من العلاقة بين التغيرات في المرحلة ومسار الضوء.

ويتم الحصول على سرعة الضوء على النحو التالي من معادلات ماكسويل

$$(1) \quad C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

حيث:

$$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \ \frac{F}{m}$$

$$\mu_0 = 1.257 \frac{H}{m}$$

ε : السماحية النسبية للوسط

μ_0 : معامل الانكسار للوسط هو حاصل قسمة سرعة الضوء في الفراغ وفي المتوسط.

(2) $\mathrm{n} = \sqrt{\varepsilon . \mu}$

لمعظم المواد الشفافة $\mu = 1$

السماحية النسبية ومعامل الانكسار يعتمدان على التردد (التشتت) بسبب الاهتزاز الطبيعي للذرات والجزيئات

يتم استخدام الضوء الأحمر (*LED*) في التجربة.

العلاقة المرحلة بين إشارة المرسل والمستقبل ممثلة بشخصية ليساجوس (Lissajous) على راسم الذبذبات.

إذا كان الملف خط مستقيم ، فرق الطور هو 0 في حالة الموجب المنحدر و p في حالة السالب واحد. (الشكل أ)

1. من أجل قياس سرعة الضوء في الهواء، مسار الضوء يتم تمديده بواسطة العلاقة

$$\Delta l = 2 \, . \Delta x$$

لإنتاج تغيير طوري لـ p: أي انتقال هذه المسافة التي يتطلبها الضوء مؤقتًا حيث f = 50.1 MHz

وبالتالي يتم التعبير عن سرعة الضوء في الهواء بواسطة

(3) $c_{\mathrm{L}} = \frac{\Delta l}{\Delta t} = 4f . \Delta x$

حيث $c_{\mathrm{L}} = 2.988 \times 10^8$

يتم قياس سرعة الضوء في الماء أو الزجاج الصناعي (كجسم صلب) ، c_m، بمقارنتها بسرعة الضوء في الهواء c_l.

في القياس الأول (مع الوسيط) ، ينتقل الضوء المسافة l_1 في الوقت المناسب t_1. $(l_1 = 2x1)$

سرعة الضوء في الماء / زجاج الأكريليك

في القياس الثاني (بدون وسط) ، يقطع الضوء مسافة.$l_2 = l_1 + 2\Delta x$ في نفس الوقت

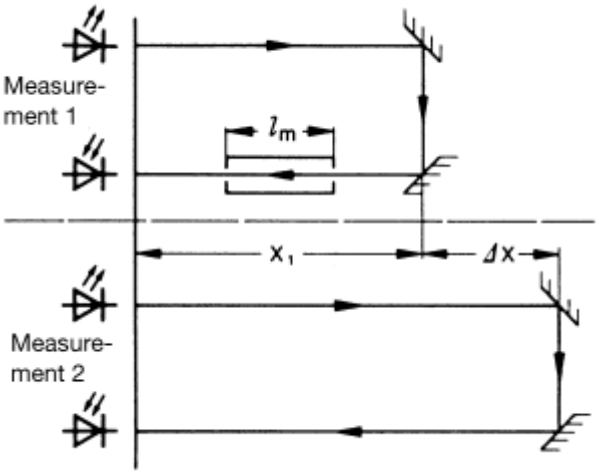
هذا يعني أن الضوء يستغرق نفس الوقت لقطع المسافة في الهواء كما يستغرقه لقطع المسافة في واسطة.

بالنسبة للأنبوب المملوء بالماء، حيث يبلغ طول عمود الماء Δx ويقاس 170 ملم، يؤدي ذلك إلى:

$$n = 1.34$$

$$n_{water} = 1.33$$

$$c_{water} = 2.23 \times 10^8 \frac{m}{s}$$



الشكل (أ) يوضح مسار الشعاع الضوئي

الثوابت اللازمة لحساب نتائج التجربة

$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \frac{F}{m}$

$\mu_0 = 1.257 \times 10^{-6} \frac{H}{m}$

$C = 2.998 \times 10^8 \frac{m}{s}$

$c_{water} = 2.23 \times 10^8 \frac{m}{s}$

$v_{nresin\ block} = (1.87 \pm 0.01) \times 10^8 \frac{m}{s}$

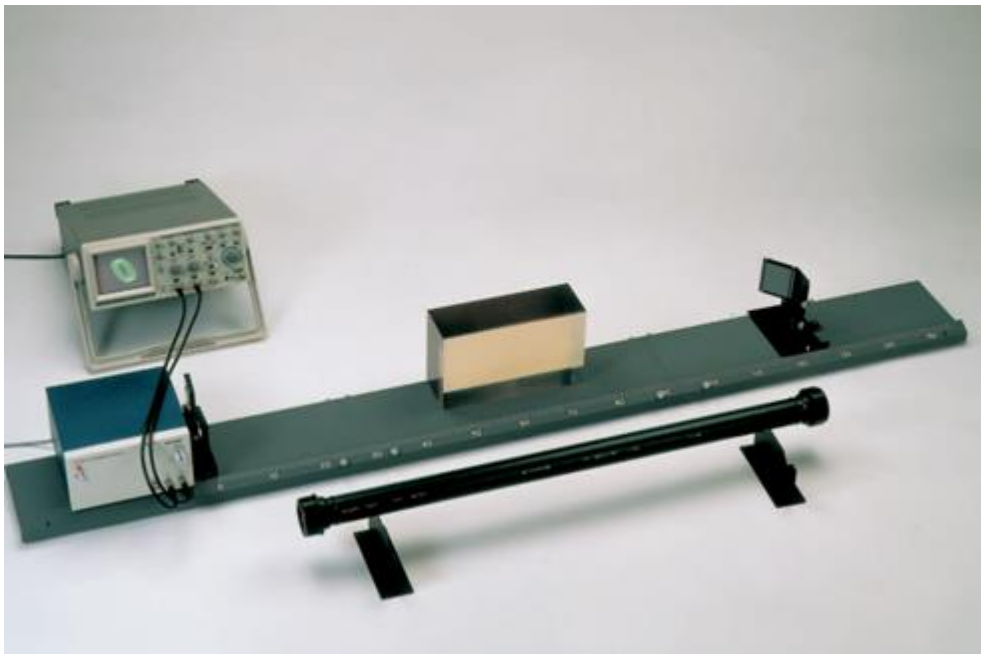
v_{air} = (2.99 ± 0.01) × $10^8 \frac{m}{s}$

$n_{water: T=200c}$ = (1.333 ± 0.001);

= 1.597 ±0.003; n_{air} = 1.000 ± 0.001 $v_{nresin\ block}$

الاجهزة و الادوات المستخدمة (الشكل ب)

- مقعد بصري (منصة داعمة للنظام البصري ، مكونة من مرايا منحرفة والعدسات).
- وحدة التشغيل.
- عدسات على حوامل مغناطيسية .
- عاكس نظام المرآة مع تعديلات المسمار.
- مصباح وهاج (12 فولت تيار متردد).
- وعاء أسطواني طوله L_l = (100.0 ± 0.1) cm مع سائل.
- كتلة من الزجاج الصناعي synthetic resin، بطول L_B = (30.0 ± 0.1)cm
- راسم الذبذبات التناظري ثنائي القناة بعرض نطاق 35 أوم.
- الكابلات المحورية.

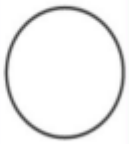


(الشكل ب) يوضح الأدوات اللازمة لإداء التجربة

ضبط التجربة

- يتم ضبط وحدة التشغيل في أقصى الحدود بدون مقياس للمنصة الداعمة، مع الجانب الأمامي (حيث توجد عناصر التحكم) موجهة نحو المراقب (الحافة المرتفعة). العدسات مثبتة بالمغناطيسية وتوضع أمام جهاز الإرسال (LED) والمستقبل (Photodiode) ، مع توجيه جوانبه الطائرة نحو الثنائيات وبالتوازي مع المستوى الذي يحتوي على LED والثنائي الضوئي المستقبِل (على الجانب الجانبي من وحدة التشغيل).
- يتوافق خرج X لوحدة التشغيل مع جهد المرسل ، بتردد 50.1 kHz ، بينما يتوافق خرج Y مع تيار كهربائي الجهد المتناسب مع ذلك المتولد في الثنائي الضوئي عندما يسقط الضوء المنعكس في نظام المرآة.
- كلا المخرجات متصلة بالقناتين 1 و 2 من راسم الذبذبات مع مقابس BNC ، على التوالي.
- يتم وضع نظام المرآة العاكسة عند نقطة الصفر لمقياس المنصة الداعمة.
- إذا تم ضبط نظام العدسات والمرايا بشكل صحيح ، فإننا نرى جيوبًا بتردد 50 kHz والسعة لا تقل عن 1 فولت عند خرج Y لوحدة التشغيل المتصلة بالقناة 2 من الذبذبات. وإلا فيجب علينا إعادة ضبط المحاذاة البصرية للنظام.
- نظام المرآة ينزلق ببطء على طول المقياس المتدرج للمنصة حتى 150 سم ، والتحقق منها في جميع الأوقات ، سعة الإشارة في القناة 2 من الذبذبات ، على الرغم من ضعفها ، فإنها لا تتلاشى. اما إذا لاحظنا أن السعة في القناة 2 أصغر من 0.5 فولت ، فإننا نعد ضبط المرايا بدقة.

- في حالة أن إشارات الإدخال لها نفس التردد [$f = fy$] نلاحظ مجموعة من أرقام Lissajous ، والتي يعتمد الشكل على فرق الطور [Φ] بين الإشارات في كلتا القناتين ، كما هو موضح في الشكل ج. مرة واحدة يتم عرض الشكل، يجب أن نختار الحساسية بشكل صحيح (فولت / قسم.) يظهر راسم الذبذبات إشارات الدخل.

$\Phi = \phi_x - \phi_y$	0	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$3\frac{\pi}{4}$	π
$f_x/f_y = 1$					

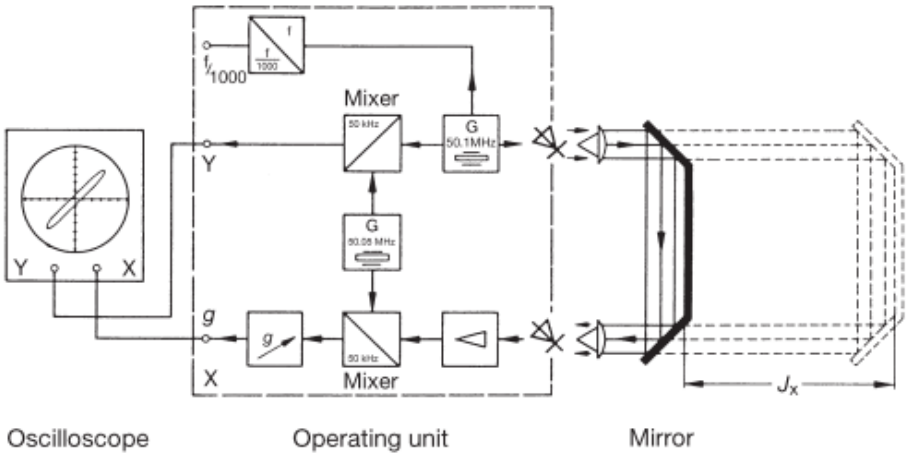
الشكل ج يوضح أنماط Lissajous للإشارات مع نفس التردد وفرق الطور Φ

طريقة عمل التجربة

يتم تعديل شدة الصمام الثنائي بالليزر بتردد عالٍ وينعكس الشعاع ، بعد قطع مسافة معينة ، للخلف في الجهاز.

تتم مقارنة مرحلة الإشارة المستقبلة بالإشارة المرسلة. ثم يتم حساب سرعة الضوء من فرق الطور المقاس وتردد التعديل وطول مسار الضوء

يتم وضع المرآة المنحرفة كما في الرسم التخطيطي للإعداد التجريبي لقياس سرعة الضوء في الهواء كما هو موضح بالشكل د



الشكل د يوضح الرسم التخطيطي للإعداد التجريبي لقياس سرعة الضوء في الهواء

بمجرد إعداد النظام وتعديله، ننتقل بالطريقة التالية:

1. ضع نظام المرآة العاكسة عند نقطة الصفر على مقياس المنصة الداعمة.
2. قم بتوصيل الذبذبات وضبط الوضع X-Y. يظهر على الشاشة شخصية ليساجوس Lissajous. اختر الحساسية كلا القناتين بحيث ينتشر الشكل على الشاشة.

3. مع التحكم في "الطور" في وحدة التشغيل، نقوم بضبط فرق الطور بين الإشارتين حتى يظهر خط مستقيم على شاشة راسم الذبذبات، منحدر إما 1 أو -1. هذا يدل على أن المرحلة الفرق Φ بين الإشارات هو 0 أوπ على التوالي. إذا كان موضع نظام المرآة عند الذي يظهر فيه الخط المستقيم لا يتوافق مع نقطة مقياس الصفر، نلاحظ الموضع الذي عنده يحدث هذا وتعيينه بـ x_l.

4. ينزلق نظام المرآة على طول المنصة حتى نلاحظ خطًا مستقيمًا بميل معاكس لذلك الأول. أي، التغيير في طول المسار الذي يجتازه الضوء من المرسل إلى المتلقي يتوافق مع تغيير في فرق الطور للإشارات في القناتين X (المرسل) و Y(مستقبل) من الذبذبات. نكتب إزاحة المرآة هذه لأسفل ونشير إليها بالرمز x_f

حساب معامل الانكسار لسائل

في هذه الحالة، نستخدم متوسط سرعة الضوء في الهواء، التي تم الحصول عليها في الجزء الأول و ذلك للحصول على معامل الانكسار للسائل الذي يملأ وعاء أسطواني، يوضع في المسار الذي يجتازه الضوء بين الارسال والاستقبال. ننتقل بالطريقة التالية

1. املأ الوعاء الأسطواني بالسائل الذي تريد تحديد معامل انكساره. وضعه على حامله، بالتوازي مع مستوى المنصة، إما في مسار الشعاع الصادر أو العودة بين جهاز الإرسال (LED) والمتلقي (الثنائي الضوئي). يجب أن يمر الضوء من خلال النوافذ البصرية الشفافة في أقصى الحدود الوعاء الأسطواني
2. ضع نظام المرآة المقلوبة بجوار الوعاء الأسطواني، على بعد بين 5 و10 سم من النهاية الأقرب للسفينة. يتم الإشارة إلى موضع نظام المرآة هذا بواسطة x_l (قياس واحد مع الإناء
3. تحقق من ظهور شكل ليساجوس (Lissajous) على شاشة راسم الذبذبات. يتوافق مع فرق طور معين بين إشارات الإدخال. مع التحكم في "المرحلة" في وحدة التشغيل، وتعديل فرق الطور بين الإشارتين حتى يظهر خط ميل مستقيم إما 1 أو -1 على مرسمة الذبذبات عرض. يشير هذا إلى أن فرق الطور Φ بين الإشارات هو 0 أوπ على التوالي
4. قم بإزالة الوعاء الأسطواني مع السائل من المنصة لمسح المسار البصري للضوء.

5. حرك نظام المرآة باتجاه نهاية المنصة حتى يظهر شكل Lissajous على مرسمة الذبذبات يصبح خطًا مستقيمًا بنفس ميل الخط الأول. هذا الموقف الجديد لنظام المرآة يُرمز إليه بـ xf (القياس الثاني، بدون الوعاء الأسطواني)

6. عندما يصبح فرق الطور بين إشارات المرسل والمستقبل ثابتًا (نفس رقم Lissajous) يمكننا أن نقول أن الضوء قد أمضى نفس القدر من الوقت t_1 في عبور كلا المسافات. من خلال العمل بطريقة مماثلة لتلك في قياس سرعة الضوء في كتلة الزجاج الاصطناعي (resin)، نحصل على تعبير مكافئ للمعادلة للمسافة في السائل ، L_l .

قياس سرعة الضوء في مادة صلبة شفافة

1. ضع نظام المرآة العاكسة في الموضع x_l = 120 cm (قم بقياس واحد مع الكتلة)
2. ضع كتلة الزجاج الاصطناعي (resin)، في مكان ما، إما في مسار الشعاع الخارجي أو مسار العودة بين جهاز الإرسال (LED) والمستقبل (الثنائي الضوئي) ، بأطول حافة بطول LB ، موازٍ للمسار البصري ، بحيث يمر الضوء من خلاله.
3. تحقق من ظهور شكل ليساجوس على شاشة راسم الذبذبات. مع سيطرة "المرحلة" في التشغيل الوحدة نقوم بضبط فرق الطور بين الإشارتين حتى يكون خط المنحدر المستقيم (Lissajous) إما 1أو -1 يظهر على شاشة الذبذبات. يشير هذا إلى أن فرق الطور Φ بين الإشارات يساوي 0 أو π على التوالي.
4. قم بإزالة الكتلة من المنصة لمسح المسار البصري للضوء.
5. حرك نظام المرآة باتجاه نهاية المنصة حتى يظهر شكل Lissajous على مرسمة الذبذبات يصبح خطًا مستقيمًا بنفس ميل الخط الأول، عندما كانت كتلة الزجاج الاصطناعي (resin)، في النطاق البصري مسار الشعاع. يُشار إلى هذا الموضع الجديد لنظام المرآة بـ x_f (القياس الثاني، بدون حاجز).
6. منذ أن ظل فرق الطور بين إشارات المرسل والمستقبل ثابتًا (نفس رقم Lissajous) يمكننا أن نقول إن الضوء قد أمضى نفس القدر من الوقت t_1 في عبور كلا المسافات.