وزارة التعليم العالي والبحث العلـ
جامعة القادسية
كلية التربية
قسم الفيزياء

الأشعة الكهرومغناطيسية وتأثيرها على الأنسان

بحث مقدم الى مجلس قسم الفيزياء كجزء من متطلبات نيل درجة بكالوريوس علوم في الفيزياء من قبل الطالبين

حسن حمدان ريكان و جمانة جبار حبيب

بأشراف

م.م.عباس عبد سويف البديري

١٤٤٠هـ

٢٠١٨م

بسم الله الرحمن الرحيم

{وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ}

صدق الله العلي العظيم

الاسراء آية : (٢٣)

الإهـــــــــداء

الى ....خير خلق الله النبي محمد
(صلى الله عليه وآله وسلم)

اهدي هذا العمل المتواضع الى ابي الذي لم يبخل علي يوماً بشيء

والى ... من تتسابق الكلمات لتخرج معبرة عن مكنون ذاتها

من علمتني وعانت الصعاب لاصل الى ما أنا فيه وعند ما تكسوني الهموم اسبح في بحر حنانها ليخفف من آلامي ... أمي

الى ... اخوتي واسرتي جميعاً

الى.. من زودوني بعلمهم اساتذتي الافاضل

الباحثان

بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة على اشرف الانبياء والمرسلين ، بأسمه تعالى عليماً حكيماً له الاسماء الحسنى و حمداً له ابدياً والصلاة والسلام على رسوله النبي محمد (ص) رسول الهدى وعلى اله الطيبين الطاهرين .

لا يسعى قولا وانا اخطو اول درجة من درجات العلم الا بالتقدم بالشكر والعرفان لله عز وجل الذي وفقني ومنحني الصحة والصبر والمثابرة على العمل وبذل الجهد لمواصلة السير في هذه الدراسة واتمام هذا البحث واخراجه في صورته النهائية .

اتقدم بفائق الشكر والاحترام الى الاستاذ المشرف (عباس عبد سويف البديري) لما قدمه لي من دعم كبير ، ولما ابداه لي من جهد مخلص ومتابعة انارت امامي السبيل وذلك الصعاب .

وفي الختام اتقدم بالشكر والامتنان الى كل من اسهم في انجاز هذا البحث واسأل الله تعالى ان يوفقنا جميعاً .

الباحثان

المحـــــــــتويات

ت	اسم الموضوع	رقم الصفحة
	الاية القرآنية والاهداء والشكر والعرفان	ب-ج-د
	الفصل الاول	
١	مقدمة عامة	
٢	الأشعة (الموجات) الكهرومغناطيسية	
٣	الخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية	
٤	الفوتون والموجة الكهرومغناطيسية	
٥	كيفية توليد بعض انواع الموجات الكهرومغناطيسية	
	الفصـــــــل الثانـــــــي	
	شرائح الأشعة الكهرومغناطيسية (مصادرها واستخدامها)	
١	نبذة عامة	
٢	شريحة الموجات فائقة الطول	
٣	شريحة موجات الترددات الراديوية	

٤	شريحة الموجات الدقيقة	
٥	شريحة الأشعة تحت الحمراء	
٦	شريحة الضوء المرئي	
٧	شريحة الأشعة فوق البنفسجية	
٨	شريحة الأشعة السينية	
٩	شريحة أشعة جاما	
الفصل الثالث		
١	مقدمة	
٢	التأثيرات الضارة للأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي	
٣	التأثيرات البيولوجية للموجات الدقيقة	
	المصـــــــــــادر	

الخـــــــلاصة

الموجات الكهرومغنطيسية أنماط مرتبطة من القوى الكهربائية والمغنطيسية. تتولد هذه الموجات نتيجة لتذبذب الشحنات الكهربائية وحركتها للأمام وللخلف. وهي تنتقل خلال الفضاء بسرعة الضوء وهي٢٩٩,٧٩٢كم في الثانية. وأبسط الموجات الكهرومغنطيسية هي الموجات المستوية التي تنتقل عبر الفضاء في خطوط مستقيمة. وتتغير شدة الموجة في الفضاء وعبر الزمن بقمم وقيعان متناوبة. وتُسمى المسافة من قمة إلى قمة بالطول الموجي.

استخدامات الموجات الكهرومغنطيسية. يستخدم الأطباء أشعة جاما، التي يشعها الراديوم، في علاج السرطان. ويستخدمون كذلك الأشعة السينية لعلاج السرطان، كما يستخدمونها في تحديد مكان الاضطرابات الداخلية وتشخيصها. وتُستخدم الأشعة فوق البنفسجية في المصابيح الشمسية، وفي المصابيح الفلورية، وكمطهر. أما الموجات تحت الحمراء، التي تنبعث من الأجسام الساخنة، فتُستخدم في علاج الأمراض الجلدية، وصقل المينا. وتستخدم موجات المايكروويف؛ أي الموجات المتناهية الصغر، لطهو الطعام، بينما تُستخدم موجات الراديو في الإذاعة المسموعة والمرئية.الطيف الكهرومغنطيسي يتكون من نطاقات من الأطوال الموجية المختلفة.

وأهم أنواع الموجات الكهرومغنطيسية مرتبة ترتيبًا تصاعديًا حسب الطول الموجي هي أشعة جاما، فالأشعة السينية، فالضوء فوق البنفسجي، فالضوء المرئي فالأشعة تحت الحمراء، فالموجات المتناهية الصغر، ثم موجات الراديو. تؤثر الموجات الكهرومغناطيسية على الأنظمة الحية والكيميائية المحيطة بنا، سواء أكان التأثير على الضغط أو على درجة الحرارة، مع الأخذ بعين الاعتبار كلاً من قوة الموجة وترددها، ويكون تأثير الموجة الكهرومغناطيسية التي تمتلك تردداً منخفضاً محصوراً؛ بحيث يؤثر على تردد الضوء الذي يمكن رؤيته، والمواد العادية المحيطة بنا سواء بالحرارة أو بالتسخين أو بالقوة الإشعاعية.

الفصل الاول

١-المقدمة عامة

شهدة القرن التاسع عشر الميلادي طفرة هائلة في علوم الفيزياء تضخمت عن العديد من الاكتشافات في مجال الحث الكهرومغناطيسي والموجات الكهرومغناطيسية. فقد تمكن ميشل فاراداي (١٧٩١-١٨٦٧م) من اكتشاف قوانين الحث المغناطيسي التي مفادها ان اي مجال مغناطيسي متغير مع الزمن يولد مجالاً كهربائياً متغيراً كذلك، اوضحت دراسات كل من امبير وماكسويل ان اي مجال كهربائي متغير مع الزمن يولد مجالاً مغناطيسياً متغيراً مع الزمن بنفس الاسلوب .واستناداً لهذه الحقائق العلمية تمكن الفيزيائي جيمس ماكسويل(١٨٣١-١٨٧٩م) من اشتقاق معادلاته الشهيرة الخاصة بالموجات الكهرومغناطيسية وصياغة نظرياته الخاصة بها، التي تحدد العلاقات المتبادلة بين المجالات الكهربائيه و المغناطيسية المتغيرة.

لقد توصل ماكسويل من خلال هذه النظريات الى التنبؤ بوجود الموجات الكهرومغناطيسية التي تنتشر في الفراغ بسرعة تساوي سرعة انتشار الضوء المرئي في الفراغ($١٠^{٨} \times ٢٩٩٧٩٢$م/ث)،الامر الذي حدا به إلى تطوير فكرة ان

الضوء المرئي صورة من صور الموجات الكهرومغناطيسية، وبالتالي إلى ادراج الضوء ضمن هذه الموجات[١].

ولقد تحقق تنبؤات ماكسويل العلمية على يد هنريك هيرتز(١٨٥٧-١٨٩٤) الذي

تمكن لأول مرة من توليد الموجات الكهرومغناطيسية ومن الكشف عن هذه الموجات بصورة عملية.وقد ادى هذا الكشف العظيم في الربع الاخير من القرن التاسع عشر الى ارتياد عصر الجديد هو عصر الاتصالات اللاسلكية الذي بدأ في استخدام النظام اللاسيلكية كالراديوا والرادار والتلفاز في الاتصالات.

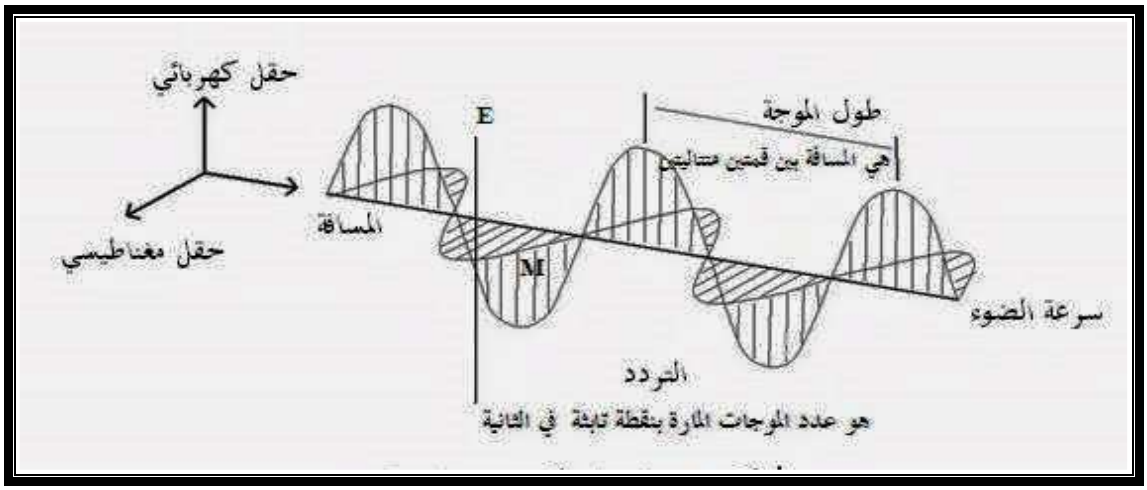
١-١ الأشعة (الموجات) الكهرومغناطيسية

الاشعة (الموجات) الكهرومغانطيسية هي صورة من صور الطاقة التي لا تستند على كتلة مادية، اي انها كيان غير مادي وعديم الكتلة . وانما هي طاقة متمثلة في صورة مجالين احدهما الكهربائي والاخر مغناطيسي يتغيران بمرور الزمن وبتغير الموضع.ويمكن انت تتولد الموجات الكهرومغناطيسية من مصادر متنوعة ومختلفة فمنها ما يتولد عن الشحنات الكهربائية المتسارعة او المتباطئة عن التيارات الكهربائية المترددة.ومنها مايتولد من الاجسام الساخنة غير المتوهجة اومن الاجسام الملتهبة المتوهجة.كذلك.يمكن ان تتولد الموجات الكهرو مغناطيسي عندا الانتقال الالكترونات بين المدارات المختلفة في الذرة او نتيجة لاضمحلال طاقة الاثارة في نواة الذرة .وسوف يفصل مصادر توليد الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة في الفقرات اللاحقة.

وتختلف بعض خصائص الموجات (الاشعة) الكهرومغناطيسية اختلافاً هائلاً بتغير مصدر توليدها رغم اشتراكها في عداد من الخصائص العامة مهما تغير المصدر وسوف يرد فيما يلي سرد لبعض الخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية[١].

١-٢ الخصائص العامة للموجات الكهرومغناطيسية

الموجة الكهرومغناطيسية (المسماة أحياناً بالفوتون ،وسوف يرد شرح ذلك لاحقاً) هي عبارة عن مجالين متغيرين (متناوبين) احدهما كهربائي والاخر مغناطيسي تتغير شدتهما بتغير الزمن والموضع، وينتشران معاً في مستويين متعامدين فيما بينهما بحيث يكون يكون المجال الكهربائي في احد هذين المستويين .ويكون المجال المغناطيسي بالتالي في المستوى الاخر العمودي على الاول وتنتشر الموجة من نقطة التوليد في اتجاه المستقيم الذي يمثال مستقيم تلاقي هذين المستتويين المتعامدين كما في الشكل (١-١)



الشكل (١-١) يبين شكل الموجة الكهرومغناطيسية

ويتغير كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي بين قيمة موجبة قصوى يطلق عليها اسم "القمة"واخرى سالبة قصوى يطلق عليها اسم "القاع"، مروراً بالصفر ويحدث التغير وفق العلاقة الرياضية بسيطة تعرف بالدالة التوافية البسيطة المبنية على (شكل ١-١) وتوصف الموجات الكهرومغناطيسية بأنها موجات مستعرضة[٢].

طبيعتها ،ويتجلى ذلك بوضوح على شكل (١-١) حيث يكون اتجاه انتشار الموجة من نقطة تولدها ، دائماً عمودية على اقصر المستقيمات الواصلة بين قمم الموجة او قيعانها وخط الانتشار. وبمعنى اخر فإنه بفرض ان المركبة الكهربائية للموجة الكهرومغناطيسية تتغير من القمة للقاع في المستوى(y،-y).كما في الشكل(١-١).ان مستوى تغير المجال المغناطيسي هو المستوى (z،-z) العمودي على المستوى الاول يكون اتجاه انتشار الموجة هو اتجاه المحور السيني.

وتصل الموجتان الكهربائية والمغناطيسية الى القمة معاً كما تؤولان معاً للصفر شكل (١-١) كل في مستوى انتشارها .ويطلق على هذه الموجة اسم الموجة المستوية ،نظراً لانتشارها كل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي في مستويين منفصلين ومتعامدين .

وقد توصف الموجات الكهرومغناطيسية بانها موجات مستقطبة .وقد يكون الاستقطاب أفقياً او رأسيا (بالنسبة لسطح الارض) او في اي اتجاه اخر .ويستخدم الاستقطاب الافقي او الرأسي في الارسال التلفزيوني وغيره. ويقصد بالموجات المستقطبة افقياً ان تنتشر المركبة الكهربائية لحميع الموجات الكهرومغناطيسية في المستوى الافقي (اي الموازي لسطح الارض)،في حين تنتشر المركبة المغناطيسية لهذه الموجات في المستوى الرأسي (أي العمودي على سطح الارض اما بالنسبة للموجات المستقطبة رأسياً فتنتشر المركبة الكهربائية في المستوى الرأسي في حين تنتشر المركبة المغناطيسية في المستوى الافقي[٣].

وتتميز كل موجة بكمية فيزيائية يطلق عليها "طول الموجة" يرمز لها في المراجع عادة بالرمز لامدا(وهي عبارة عن المسافة بين اي قمتين متتاليتين،او قاعين متتاليين للمجال الكهربائي والمغناطيسي).وتختلف اطوال الموجات الكهرومغناطيسية احتلافا هائلاً تبعاً لشريحة هذه الموجات ، وتتروح هذه الاطوال بين اكثر من ألف كيلومتر للموجات الكهرومغناطيسية الطويلة اي منخفضة الطاقة. وحوالي الفمتومتر(الفمتومتر ويعادل ١×١٠^{-١٥}من المتر).كما تتميز اي موجة الكهرومغناطيسية بكمية اخرى يطلق عليها "تردد الموجة" f، وهو عدد يمثل عدد الموجات الكاملة (الاهتزازات الكاملة) في ثانية واحدة . ويقاس التردد بوحدة أطلق

عليها هيرتز ،تخليداً لذكرى العالم الذي توصل الى توليد هذه الموجات والكشف عنها عملياً لاول مرة وعندما يقال تجاوزا أن تردد الموجة يساوي الهيرتز الواحد فإن هذا يعني تكرار الشكل الامل للموجة مرة واحده في الثانية ، وعندما يقال ان التردد ٥٠ ميغا هيرتز فهذا يعني ان الموجة الكاملة تتكرر ٥٠ مليون مرة في الثانية الواحدة تترواح ترددات الموجات الكهرومغناطيسية المختلفة بين حوالي عدة عشرات من الهيرتز بالنسبة للموجات فائقة الطول (أي منخفضة الطاقة)، وبين أكثر من $١٠^{-٢٣}$ هيرتز بالنسبة للموجات شديدة القصر (أي فائقة الطاقة مثل إشعاعات جاما)

ويرتبط طول الموجة (بالمتر) وترددها F (بالهيرتز)، لاية موجة كهرومغناطيسية مع سرعة الضوء C (بالمتر\ ثانية) في الفراغ بعلاقة بسيطة هي:

$$C=F\lambda$$

وجدير بالذكر ان شدتي المجالين الكهربائي E والمغناطيسي B يرتبطان في اية لحظة بعلاقة بسيطة حددها ماكسويل وهي : E = C B حيث Cهي سرعة الضوء في الفراغ. ونظراً لضخامة سرعة الضوء من حيث المقدار (حوالي ثلاثمئة مليون متر في الثانية)من هنا يتضح ان شدة المجال الكهربائي يكون محسوسة من الناحية العملية بالمقارنة بشدة المجال المغناطيسي . لذلك يسهل التقاط المركبة الكهربائية للموجة الكهرومغناطيسية بواسطة هوائيات الاستقبال اللاسلكي . وتقوم اسس عمل

جميع الهوائيات المستخدمة للبث اوالاستقبال على استخدام المركبة الكهربائية .

وتتحدد الطاقة الكهرومغنطيسية E التي تحملها الموجة الكهرومغناطيسية (الفوتون)من تردد الموجة F بعلاقة خطية طردية استنتجها انشتاين وهي :

$$E = h f$$

حيث h هو ثابت يعرف باسم ثابت بلانك ويساوي $٦,٦٣\times١٠^{-٣٤}$ جول. ثانية

ويمكن حساب الطاقة الاجمالية لحزمة من الموجات الكهرومغناطيسية وحيدة الطاقة التي تسري خلال وحدة الاسطح من مساحة عمودية على اتجاه الانتشار، وذلك بضرب عدد الموجات (الفوتونات) في طاقة كل موجة (فوتون)تخترق وحدة المساحات باستخدام الطاقة المحسوبة من علاقة اينشتين.

مثلما تتميز الموجة الكرومغناطيسية (رغم عدم وجود كتلة لها) فانها تتميز كذالك بزخم(Momentum)يمكن حسابه بيسر ،بقسمة طاقة الموجة E على سرعة الضوء في الفراغ C ،وفقاً للعلاقة التي اشتقها ماكسويل. وبالتالي فإنه عندما وتسقط موجة كهرومغناطيسية (فوتون) على سطح ما وتمتص فيه يقع على هذا السطح ضغط يمكن حسابه بيسر من الزخم. وعندما يكون السطح عاكساً مثالياً يتضاعف الزخم الواقع على السطح وفقاً لقوانين انحفاظ الزخم، وبالتالي يتضاعف الضغط الواقع على هذا السطح[٢].

٢-٢-الفوتون والموجة الكهرومغناطيسية

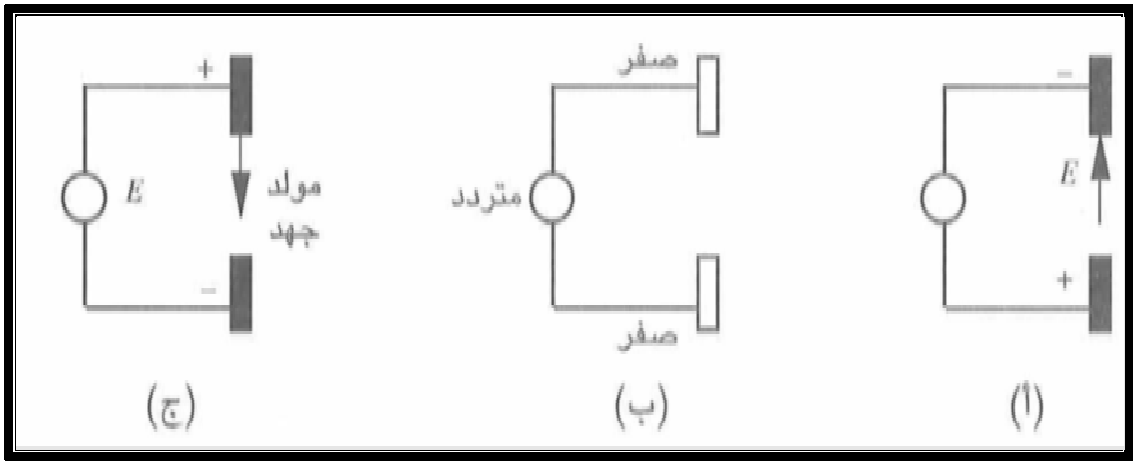
ثبت من دراستنا للضوء المرئي كأحد صور الموجات الكهرومغناطيسية أن الضوء يسلك مسلك الموجات الكهرومغناطيسية في بعض الظواهر كالانعكاس والانكسار والاستقطاب وغيرها . ويمكن شرح جميع هذه الظواهر بدقة في ضوء الطبيعة الموجية للضوء ، أي على اساس اعتبار الضوء موجة كهرومغناطيسية. أما بالنسبة لبعض الظواهر الأخرى كاستطارة الضوء (أي حيوده عن مساره) أو الظاهرة الكهروضوئية (التي تتمثل في امكانية تحرر وانطلاق الإلكترونات من أسطح بعض الفلزات والمواد عند سقوط الضوء عليها) ولبعض الظواهر الأخرى، فإنه يستحيل شرح هذه الظواهر استناداً إلى الطبيعة الموجية للضوء، وانما يمكن شرح هذه الظواهر بيسر باعتبار أن كل موجة يمكن تمثيلها بجسيم وحيد عديم الكتلة عند السكون يطلق عليه اسم فوتون Photon.

ويقال أن هذا الفوتون هو حامل المجالين الكهربائي والمغناطيسي. وهكذا تتصف الموجات الكهرومغناطيسية بخضوعها لمبدأ عرف بأسم مبدأ الأزدواجية "Duality".الذي يمثل في أن الموجة الكهرومغناطيسية يمكن ان تسلك مسلك الموجة بالنسبة لبعض الظواهر ومسلك الجسيم عديم الكتلة بالنسبة لبعض الظواهر الأخرى.

لذلك جرت العادة عند ذكر مصطلح موجة كهرومغناطيسية وحيدة (منفردة) أن يطلق عليها، اسم الفوتون .وعند الحديث عن حزمة من الموجات فإنه يمكن التعبير عن ذلك بحزمة من الفوتونات [١].

٢-٣- كيفية توليد بعض انواع الموجات الكهرومغناطيسية

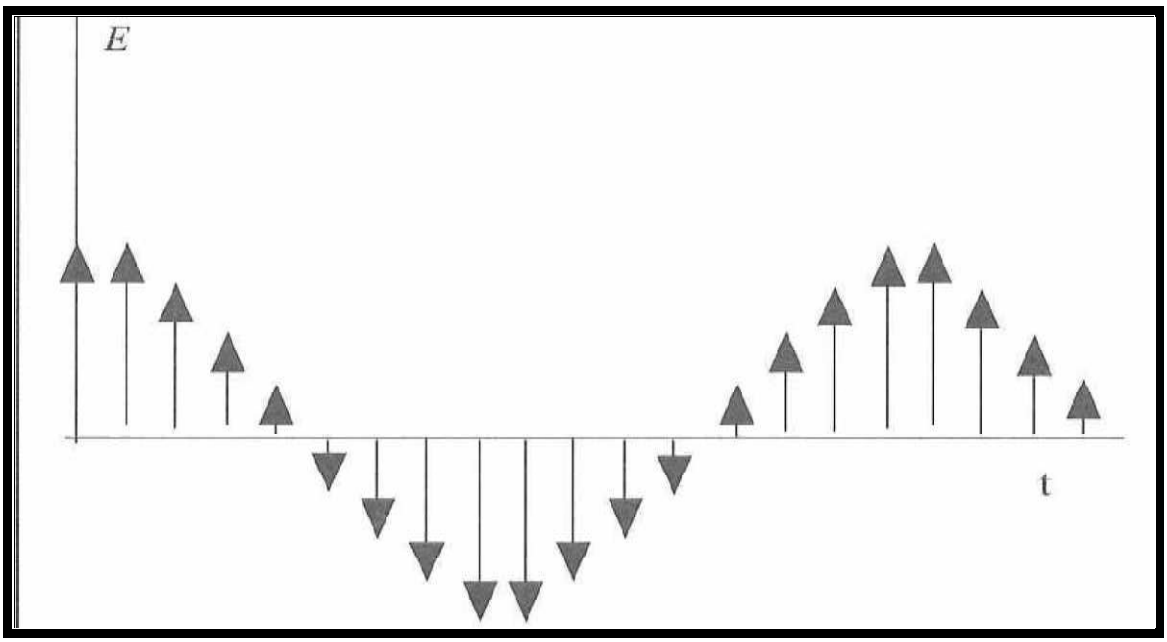
كان الفيزيائي هيرتز أول من تمكن من توليد الموجات الكهرومغناطيسية، وذلك بشحن كرتين صغيرتين منفصلتين ومتقاربتين بالجهد المتردد من خلال ملف حثي وحالياً تطورت اساليب توليد الموجات الكهرومغناطيسية المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية، بدءاً من الموجات الطويلة والتي سيرد ذكرها في الفقرات التالية وحتى الموجات الدقيقة (المعروفة بالانجليزية بالميكروويف)، وذلك بتوصيل الجهد الكهربائي المتردد الطلوب توليد الموجات به ،إلى هوائي الإرسال. ويوضح شكل(١-٢) اسلوب توليد هذه الموجات . فعندما يشحن الجزء العلوي شكل(١-٢- أ)



شكل(١-٢) اسلوب توليد هذه الموجات

من الهوائي بشحنة كهربائية سالبة مثلاً، والجزاء السفلي بشحنة موجبة ،يتولد بين قطبي الهوائي مجال كهربائي، يتحدد اتجاهه، افتراضاً، من الشحنة الموجبة إلى السالبة، أي إلى أعلى في الشكل (١-٢- أ). مع تناقص الشحنات الكهربائية تدريجياً على جزأي الهوائي الفلزيين تتناقص كذلك شدة المجال الكهربائي حتى تنعدم شدة المجال تماماً وتصبح مساوية للصفر عندما تكون الشحنة على جزأي الهوائي صفراً شكل (١-٢- أ). ومع تغير نوع الشحنات في قطبي الهوائي بسبب تبدل اتجاه التيار المغذي للهوائي ،يتغير اتجاه المجال الكهربائي ويصبح من أعلى ألى أسفل شكل(١-٢-ج) ثم يتلاشى هذا المجال من جديد عندما تنعدم الشحنات على جزأي

الهوائي. وهكذا، يتولد مجال كهربائي متردد يتغير بنفس معدل تغير التيار المتردد الذي يشحن قطبي الهوائي. وعادة يتخذ المجال الكهربائي المتردد المتولد بين قطبي الهوائي صورة جيبية كالمبينة في شكل (١-٣) وكما سبق ذكره، فإن المجال الكهربائي المتردد يولد في المستوى العمودي عليه مجالاً مغناطيسياً متردداً بنفس التردد، وينتشر المجلان معاً من مركز الإرسال من الهوائي في الفراغ بسرعة الضوء وعموماً توجد انواع متعددة من الهوائيات التي توصل بدوائر توليد الذبذبات الكهربائية المرتدة كالدائرة المكونة من الملف الحثي والمكثف او الصمامات الخاصة بتوليد هذه الذبذبات عالية التردد .وعادةً تتخذ ابعاد الهوائيات قيماً تتناسب مع اطوال الموجات التي يتم توليدها منها فأبعاد الهوائي المستخدم لتوليد الموجات الطويلة تختلف اختلافاً جوهرياً عن تلك المستخدمة لتوليد الموجات الدقيقة وفضلا عن الابعاد تختلف الهوائيات في اشكالها حسب الغرض المستخدمة من اجله فمنها الاشكال المخصصة لبث موجاتها في جميع الاتجاهات ومنها ما يبث موجاته في صورة حزمة موجهة في اتجاه معين او مستقطبة استقطاباً محدداً وعندما يقال ان الهوائي مستقطب استقطاباً رأسياً فهذا يعني ان المركبات الكهربائية للموجات الكهرو مغناطيسية تنتشر في المستوى الرأسي اي العمودي على السطح الارض في حين تنتشر المركبات المغناطيسية لهذه الموجات في المستوى الافقي اي الموازي لسطح الارض [٢].



شكل (١-٣) يبين تعامد المجالين الكهربائي والمغناطيسي

الفصل الثاني

شرائح الاشعة الكهرومغناطيسية (مصادرها واستخداماتها)

٢-١ نبذة عامة

سبق الاشارة الى ان جميع الموجات الكهرومغناطيسية ،بدءاً من اطول هذه الموجات التي يبلغ طولها حوالي ٦ الاف كيلو متر، وهي الموجات التي تتولد حول خطوط نقل التيار الكهربائي المتردد (٥٠-٦٠ هيرتز تبعاً للدولة) المستخدم في الحياة المدنية وحتى اقصر هذه الموجات وهي اشعة جاما عالية الطاقة التي يبلغ طول موجاتها حوالي فمتو متر (١٠ -١٥ من بسرعة المتر)تنتشر في الفراغ بسرعة ثابتة وهي بسرعة الضوء ويقسم هذا المدى شديد الاتساع من الموجات الكهرو مغناطيسية ضمن عدة شرائح وفقاً لطول الموجة او ترددها وتتميز كل شريحة بخصائص معينة جعلتها صالحة للاستخدام في مجال محدد وجدير بالذكر انه لاتوجد قيم حدية فاصلة بين شريحة والاخرى وانما تتداخل شرائح فيما بينها تداخلا كبيراً ويبين شكل ٢-١ الشرائح المختلفة لهذه الموجات تبعاً لطول الموجة او لترددها وفيما يلي سوف تستعرض الشرائح الرئيسية والفرعية للاشعة الكهرومغناطيسية مرتبة من موجات الاكبر طولاً نحو الاصغر (اي من الاقل تردد او طاقة نحو التردد والطاقة الاكبر) مع الاشارة بأختصار شديد الى مصادر هذه الشرائح واهم تطبيقاتها [١].

٢-٢ شريحة الموجات فائقة الطول

وهي شريحة الموجات التي يتراوح طولها حوالي ٦ الاف كيلو متر وحتى مايقترب من الف متر اي يتراوح ترددها بين ٥٠وحوالي ١*١٠ هيرتز وتتولد بعض الموجات هذه الشريحة حول خطوط نقل التيار الكهربائي المتردد المستخدم في الحياة المدنية التي يتراوح تردده مابين ٥٠ الى ٦٠ هيرتز ،وحول بعض مصادر التيار المتردد الاخرى ويتم توليد الموجات الكهرومغناطيسية الطويلة التي تحتل الشريحة من الاطوال الموجية تتراوح مابين عدد قليل من الكيلو مترات والى حوالي الف متر لاستخامها لاغراض الاتصالات المحلية لمسافات محددة ويعود سبب في ذلك لانخفاض ترددات (اي الطاقات) موجات هذه الشريحة مما يجعلها تتصف بقدرتها المحدودة للغاية علة الانتشار في الفضاء لمسافات بعيدة لذلك

يصعب استخدام هذه الشريحة الا لبعض اغراض الاتصالات اللاسلكية المحلية مثل الارسال الاذاعي على الموجات الطويلة ويتم توليد الموجات الطويلة المستخدمة في الاتصالات بأستخدام دوائر مهتزة تتكوناساساً من عنصرين هما ملف حثي ومكثف، ويعتمد تردد الموجات المتولدة على مقداري هذين العنصرين[٣].

٢-٣شريحة موجات الترددات الراديوية

وهي شريحة الموجات التي تتراوح اطوالها الموجية بين حوالي ١كيلو متر الى حوالي المتر الواحد اي التي يتراوح ترددها بين حوالي ٣٠٠كيلو هيرتز وحوالي ٣٠٠ميغا هيرتز وتستخدم هذه الشريحة من الموجات في البث الاذاعي والتلفزيوني وفي الرادار وكذلك في عمليات الاتصالات نظرا لزياده طاقه الموجات وقدرتها بالتالي على الوصول لمسافات بعيده وتنقسم هذه الشريحة الى عده شرائح فرعيه هي :

٢-٣-١شريحة الموجات الاذاعية

تتراوح اطوال موجات هذه الشريحة بين حوالي ١٠٠٠متر وحتى حوالي ١٠ امتار (اي يتراوح ترددها بين حوالي ٣٠٠كيلو هيرتز، ٣٠ميغاهيرتز)وتتولد هذه الموجات باستخدام مذبذبات تتضمن اساسا رادارات تشمل ملف حثي ومكثف تحدد قيمهما قيم تردد الموجات المتولد وتعرف هذه الشريحة بالنسبة للاتصالات اللاسلكية بشريحة تعديل السعة (AM) حيث يتم في جهاز البث تعديل السعة الموجات التوافقية البسيطة الحاملة ذات التردد الثابت ومتساوية السعة الى الموجات متغيرة السعة وفقاً للموجة الصوتية ولها نفس التردد وفي جهاز او محطة الاستقبال يتم اعادة تعديل الموجة للتخلص من الموجة التوافقية البسيطة والحصول على موجة الصوتية .ويعود السبب في ضرورة التعديل الى ان الترددات الموجات الصوتية او الموسيقى تتطلب شريحة يبلغ اتساعها حوالي ٣٠٠٠ هيرتز للاصوات البشرية وحوالي ٢٠٠٠٠ هيرتز للموسيقى والموجات الكهرو مغناطيسية بهذه الترددات لايمكنها الانتقال بعيداً كما ورد سواء في الفراغ او الهواء لذلك تحمل موجات الاصوات البشرية والموسيقى على موجات توافقية بسيطة عالية التردد تقع في المدى الموجات الطويلة (طول الموجي في حدود ١٠٠٠متر) والمتوسطة (مئات قليلة من الامتار) والقصيرة (عدة امتار او عشرات قليل من الامتار) وتعرف الموجة التوافقية البسيطة عالية التردد بالموجة الحاملة وبعد تعديل الموجة الحاملة

تبث الموجات المعدلة لمسافات بعيدة نظراً لقدرة هذه الموجات على اختراق الهواء والفراغومن خصائص الموجات الاذاعية انها تنعكس على الطبقة الايونية المحيطة بالغلاف الجوي فترتد الى الارض ويمكن التقاطها بواسطة الهوائيات المختلفة وعند محطة الاستقبال يعاد تعديل الموجه حيث يتم التخلص من الموجه التوافقية البسيطة الحاملة وتبقى الموجه الصوتية او الموسيقية وبالتالي يتم سماع صوت مطابق تماما للصوت الاصلي.[٢،٤].

٢-٣-٢ شريحة موجات البث التلفزيوني او شريحة تعديل التردد

FM frequency modulation

وتتراوح اطوال موجات هذه الشريحة بين حوالي ١٠ امتار وحتى حوالي ٣٠ سم اي يتراوح ترددها بين حوالي ٣٠ ميغاهيرتز وحتى حوالي ١غيغا هيرتز (الغيغا=١٠) وجدير بالذكر ان الشرائح الفرعية للموجات الإذاعية الطويلة والمتوسطة والقصيرة لاتصلح للارسال التلفزيوني لذلك تستخدم الموجات الاقصر طولا (اي الاكبر ترددا) لهذا النوع من الارسال الا ان الموجات الاكثر ترددا لاتنعكس على طبقه الايونوسفير لطاقتها الاكبر وبالتالي لقدرتها على اختراق طبقة الايونوسفير دون ان ترتد للارض لذلك يحتاج الارسال التلفزيوني الى محطات استقبال وتقوية واعادة ارسال تحقق رؤية مباشرة في خط مستقيم بين محطة الارسال ومحطة الاستقبال والتقوية واعادة البث وكذلك رؤية مباشرة ومستقيمه بين هذه المحطة الاخيرة وجهاز الاستقبال في المنازل لهذا الغرض تستخدم محطات الدعم (الاستقبال والتقوية واعادة البث) الارضية او الاقمار الصناعية التي تدور حول الارض[٦].

٢-٤شريحة الموجات الدقيقة Microwave band

تتراوح اطوال موجات هذه الشريحة بين ٣٠ سم وحوالي المليمتر اي يتراوح ترددها بين ١ غيغاهيرتز حتى ٣٠٠غيغاهيرتز وتستخدم موجات هذه الشريحة في عمليات الاتصال كذلك تستخدم شريحه فرعية من هذه الشريحة في العديد من عمليات التسخين (مثل افران الموجات الدقيقة المعروفة بافران الميكروويف المستخدمة في الطهي) وفي بعض المراجع يتم دمج شريحتي الترددات الخاصة

بالارسال التلفزيوني او شريحة تعديل التردد بشريحة الموجات الدقيقة ضمن شريحة واحدة يتراوح تردد موجاتها بين ٣٠ ميغا هيرتز ٣٠٠غيغا هيرتز

وتتوزع شريحة الموجات الدقيقة على عدد من الشرائح الفرعية التي تحدد نطاق الاستخدام وبين جدول (٢-١) اسماء هذه الشرائح ومدى كل شريحة فرعية منها

اسم الشريحة الفرعية	التردد (ميغاهيرتز)
L	١٤٠٠ _ ١٠٠٠
S	٣٩٥٠ _٢٦٠٠
C	٥٩٥٠ _ ٣٩٥٠
X	١٢٤٠٠ _ ٨٢٠٠
Ku	١٨٠٠٠ _١٢٤٠٠
K	٢٦٠٠٠ _ ١٨٠٠٠
Ka	٤٠٠٠٠ _ ٢٦٠٠٠

جدول (٢-١) اسماء هذه الشرائح ومدى كل شريحة فرعية منها

ويعود التوسع الهائل في تطبيقات الموجات الدقيقة في الارسال والرادار والاتصالات عموما الى بعض الخصائص المميزة لهذه الموجات التي تتمثل في امكانيه بثها خلال الفضاء (الهواء او الفراغ) في حزم كثيفه ومركزة تشبه الى حد كبير حزمة الضوء فضلا عن ذلك يمكن لحزمة الموجات الدقيقة ان تحمل قدرا من المعلومات يزيد كثيرا على الذي تحمله موجات الارسال الاذاعي (اي الموجات الراديوية) فمحطة الارسال التلفزيوني الوحدات تحتاج الى شريحة ترددات يبلغ اتساعها ٤-٥ميغاهيرتز وبالتالي يستحيل تشغيل اكثر من ٥-٦محطات ارسال في ان واحد ضمن مدى من ترددات لايزيد على ٣٠ ميغاهيرتز وعند استخدام الموجات الدقيقة في الاتصالات الرادارية البث الرادار نبضه قصيره الامتداد الزمني وكثيفه وشديده التركيز من الموجات الدقيقه عالية التردد من خلال هوائي الارسال[٩].

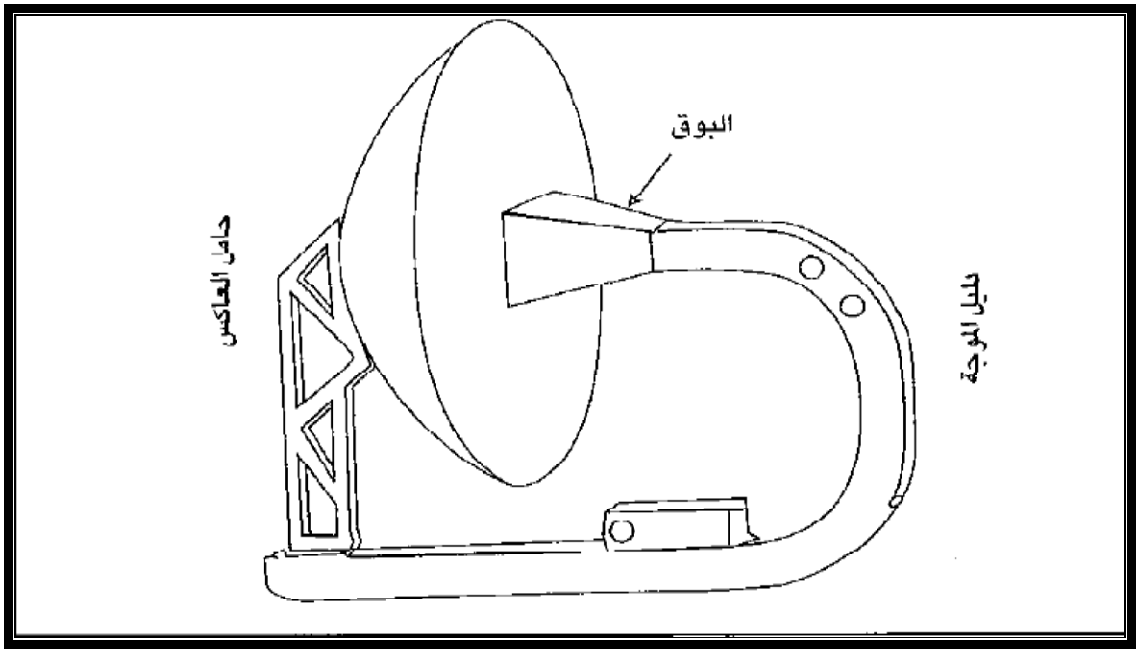
وعند اصطدام هذه النبضة من الموجات بأحد الاجسام (خاصة الفلزية)تنعكس بعض الطاقة(بعض الموجات)من سطح هذه الجسم وتنتشر في الفراغ٠ ويعود جزء منها الى هوائي الرادار المتصل بجهاز استقبال فيلتقطها الهوائي ويضخمها جهاز الاستقبال وبالتالي يسهل الكشف عن هذه الجسم العاكس ويمكن تحديد المسافة بين الجسم والرادار بقياس الفاصل الزمني بين النبضة المنبعثة والنبضة

المنعكسة(المرتدة)أما اتجاه الجسم (الهدف) فيتحدد من الاتجاه الذي يوجه الية الهوائي ومن هذين القياسين يتم تحديد موقع الجسم(الهدف) ضمن اطار الاحداثيات

القطبية الذي يقع جهاز البث الراداري في نقطة الاصل لهذه الاحداثيات وباجراء القياسات بالتتابع بصفة متواصلة بالنسبة للاجسام المتحركة يمكن بيسر تعيين سرعه الجسم(الهدف)واتجاه حركته[١٠].

٢-٤-١ هوائيات البث للموجات الدقيقة

يعتبر تركيز الطاقة المبثوثة للموجات الرادارية الدقيقة في حزمة كثيفة وضيقة من الامور التي يسهل تحقيقها علميا نظرا لان ابعاد هوائي الموجات الدقيقة يمكن ان يتجاوز كثيرا الاطوال الموجية لموجات الحزمة الرادارية المبثوثة فتركز اي حزمه منبعثة بواسطه هوائي في اتجاهمعين يتطلب ان يكون قطر طبق الهوائي اكبر بمئات المرات بالمقارنة بطول الموجه المنبعثةوبالتالي فانه يمكن تحقيق مثل هذه الامر بالنسبة للموجات الدقيقة بواسطه اطباق محدودة الابعادوهو الامر الذي يصعب بل يستحيل تحقيقه علميا بالنسبة للموجات الراديوية ويتكون هوائي الرسال للموجات الدقيقة عموما من جهاز التغذية بالموجات الدقيقة مثل ثنائيالقطب او البوق الموصل بمولد الموجات الدقيقة وعاكس٠والعاكس عبارة عن طبق في صورة قطع مكافئ كالذي نراه فوق اسطح المباني وفي بعض هوائيات الارسال وفي حاله ثنائي القطبتنبعث الطاقة الكهرمغناطيسية من المولد وتوجه من خلال البوق نحو العاكس والبوق هو دليل للموجات الكهرمغناطيسية توجه خلاله الموجات في اتجاه الطبق المشكل على صورة قطع مكافئ ويركب مصدر التغذية بالموجات الدقيقةفي الشكل (٢-٢) في بؤره الطبق العاكس بحيث يوجه موجاته نحو وبالتالي فانه وفق لقوانين الانعكاس يجب ان تنعكس حزمة الموجات الكهرومغناطيسية من العاكس بحيث تكون متوازية(من ناحيه النظرية) الا انه من ناحيه العملية تنطلق الحزمة من الطبق متضمنة من طبق زاوية الانتشار وليس متوازية تماما حيث تزداد مساحه مقطع الحزمة كلما بعدت المسافة عن سطح الطبق ويعرف معدل اتساع مقطع الحزمه بعرض الحزمة "beamwidth"ويعين عرض الحزمة عادة بالدرجات ويمثل زاوية الانحراف المستقيم الواصل بين مركز الطبق وحافة مقطع الحزمة عند مسافه من الطبق تبلغ عندها القدرة نصف قيمتها الاصلية وبين محور الحزمة كذلك يتميز اي هوائي بمعامل اخر يطلق عليه كسب الهوائي ويعرف هذا المعامل على انه النسبة



الشكل (٢-٢) يبين هوائيات البث للموجات الدقيقة

بين كثافة النبضة المنبعثة في الحزمة على مسافه ما من الطبق الى كثافة النبضة عند نفس المسافة لو توزعت النبضة توزعا متجانسا في جميع الاتجاهات وكلما زاد مقدار هذا المعامل كان الهوائي من نوع افضل ويرتبط هذا المعامل بمساحة فتحة الهوائي وبطول الموجة المنبعثة (بعلاقه رياضيه بسيطة). ومن الامور الهامة من وجه نظر تأثيرات الهوائي على الكائنات الحية كل من قدرة الخرج ومحطة الارسال للموجات الدقيقة والكثافة المتوسطة للقدرة [٦,٩].

٢-٥ شريحة الأشعة تحت الحمراء

هي شريحة الموجات التي يترواح ترددها ما بين حوالي ٣٠٠غيغا هيرتز (نهاية شريحة الموجات الدقيقة)وإلى $٤,٢\times١٠^{١٤}$ هيرتز (بدية شريحة الضوء المرئي) أي أن تردد موجاتها يقع في الترتيب تحت تردد الضوء الأحمر مباشرة. وتعرف هذه الشريحة كذلك، بأسم شريحة الأشعة الحرارية (Heat radiation) تتراوح أطوال أمواجها بين حوالي المليمتر وتستمر حتى تبلغ أطول موجات الضوء المرئي وهو اللون الاحمر، الذي يبلغ طول موجته ٠,٧ ميكرومتر(الميكرومتر يساوي جزء من مليون جزء من المتر)وتتولد موجات هذه الشريحة من الأجسام

والجزيئات الساخنة. ولا تستطيع هذه الأشعة الانتشار بعيداً نظراً لسهولة امتصاصها في صورة حرارة حيث تؤدي هذه الأشعة إلى إثارة وتحريك ذرات المادة نتيجة للحركة الاهتزازية أوالانتقالية التي تكتسبها هذه الذرات بفعل الموجات، مما يؤدي بالتالي إلى ارتفاع درجة حرارة الجسم الذي تسقط عليه. وتستخدام الاشعاعات تحت الحمراء في الوقت الحاضر استخداماً واسعاً في العديد من التطبيقات العلمية والعملية بما في ذلك أجهزة الرؤية الليلية ف اجهزة التصوير بالاشعة تحت الحمراء وفي القياسات الطيفية الاهتزازية. ومن استخدامات الهامة لموجات هذه الشريحة في المجال الطبي استخدامها في التسخين في عمليات العلاج الطبيعي[٦،٩].

٢-٦ شريحة الضوء المرئي

إن شكل المحسوس لجميع ابشر بل ولمعظم الكائنات من الموجات الكهرومغاطيسية هو الضوء المرئي وطيفه الذي تستطيع العين البشرية أن تميز. وينتج الضوء عموماً، عند تسخين الأجسام لدرجة حرارة عالية ، نتيجة لإعادة ترتيب الإلكترونات في الذرات والجزيئات. وتتروح أطوال موجات الضوء المرئي بين حوالي

٠,٧ميكرومتر للضوء الأحمر ويقل حتى يصل إلى حوالي ٠,٤ ميكرومتر للضوء البنفسجي (اي يتراوح تردد موجاته بين $٤,٢\times١٠^{١٤}$ هيرتز للضوء الأحمر وحتى $٧,٥\times١٠^{١٤}$ هيرتز للضوء البنفسجي). ويتكون طيف الضوء المرئي من سبعة ألوان مرتبة حسب الطول الموجي من الأكبر للاصغر كالتالي : الأحمر، و البرتقالي، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والنيلي، والبنفسجي. تعتبر الشمس المصدر الرئيس للضوء المرئي ضمن حدود المجموعة الشمسية، وتعتمد حساسية العين البشرية للضوء على الطول الموجي له وتبلغ هذه الحساسية ذروتها عند الطول الموجي المتوسط (حوالي ٠,٥٦ميكرومتر أي ما بين الضوء الأصفر، والأخضر. والضوء المرئي من أهم مقومات الحياة حيث يمثل الطاقة الأساسية في عملية التمثيل الضوئي في النبات المصدر الرئيس للغذاء والأوكسجين على ظهر البسيطة[٧،٥].

٢-٧ شريحة الأشعة فوق البنفسجية

يعني مصطلح الأشعة فوق البنفسجية الإشعاعات الكهرومغناطيسية التي يفوق ترددها تردد الضوء البنفسجي، وتمتد الأطوال الموجبة لهذه الشريحة بين الطول

الموجي للضوء البنفسجي الذي يبلغ حوالي ٠,٣٨ميكرون وحتى حوالي ١نانومتر (النانومتر=١٠$^{-٩}$ متر)،أي أنه يتراوح تردد الموجات فوق البنفسجية بين ٧,٥×١٠^{١٤} وإلى ٣×١٠^{١٧} هيرتز. وتتدخل هذه الشريحة تداخلاً عريضاً مع شريحة الأشعة السينية التي سيرد لاحقاً.

وتعتبر الشمس أحد أهم مصادر الأشعة فوق البنفسجية كما يمكن إنتاج هذه الأشعة بيسر بواسطة مصابيح خاصة شديدة الوهج، لاستخدامها في العديد من الاغراض العلمية والتسخين .وتمتص معظم ألاشعة فوق البنفسجي القادمة من الشمس بواسطة ذرات وجزيئات الطبقة العليا من الغلاف ا لجوي المحيط بالارض والمعروفة بطبقة الستراتوسفير' الامر الذي يقي الانسان وكثيراً من الكائنات الحية الاخر من التأثيرات الضارة لهذه الاشعة .وتعود قدرة طبقة الاستراتوسفر على امتصاص الاشعة فوق البنفسجي الى وجود نسبة عالية من غاز الاوزان (وهوعبارة عن جزيئات أوكسجين ثلاثية الذرات أي$O_٣$) في هذه الطبقة، الأمر الذي يمثل درعاً ضد هذه الاشاعات، حيث تتفاعل الموجات فوق البنفسجية ،وخصوصاً الموجات عالية الطاقة منها، مع جزيئات الأوزون محولة طاقة هذه الإشعاعات إلى حرارة تؤدي بالتالي إلى تسخين طبقة الاستراتوسفير[١٠].

٢-٨ شريحة الأشعة السينية

الأشعة السينية (أي المجهولة عندما اكتشفها رونتغن عام ١٨٩٦م) هي موجات كهرومغناطيسية تتراوح أطوال موجاتها بين عدد محدود من النانومتر وحتى حوالي البيكومتر(البيكومتر=١٠$^{-١٢}$متر)، أي أنه تتراوح ترددات موجاتها بين حوالي ١×١٠^{١٧} وحتى حوالي ٣×١٠^{٢٠} هيرتز. وتتداخل هذه الشريحة تداخلً واسعاً مع شريحتي الترددات التي تسبقها وهي الأشعة فوق البنفسجية والتي تليها وهي أشعة جاما . وتنتج معظم الأشعة السينية المستخدمة في التطبيقات العملية من تباطؤ الإلكترونات المسرعة لطاقات عالية نسبياً، عندما تصدم هذه الإلكترونات أهدافا

مادية خاصة الأهداف الفلزية الثقيلة ،لذلك ، يطلق على هذا النوع من الأشعة السينية اسم الأشعة السينية الانكباحية. وتتولد هذه الأشعة من شاشات أجهزة التلفزة وشاشات الحاسبات بتركيز متفاوتة تزداد بزيادة فرق الجهد الكهربائي المستخدم لتجعيل الإلكترونات في هذه الشاشات. لذلك ينصح دائماً بالجلوس بعيداً عن هذه الشاشات بمسافات محددة خاصة بالنسبة للأطفال، أو استخدام دروع مضادة لهذه الأشعة حول الشاشة لخفض تركيزها كذلك، يوجد نوع آخر من الأشعة السينية التي تنطلق عندما تنتقل إلكترونات المدارات الذرية البعيدة إلى مدارات أقرب للنواة، أي عندما تتخلص الذرة من اثارتها (أي من الطاقة الزائدة فيها). وتنطلق الأشعة السينية، في هذه الحالة، بقيم طاقة مميزة لذرة كل عنصر وتختلف عن القيم المميزة للعناصر الأخرى. ولذلك، يعرف هذا النوع من الأشعة المميزة للعناصر. وبالتالي تعتبر الأشعة السينية المميزة بصمة م بصمات العنصر المعين. ويمكن الكشف عن العنصر المختلفة مهما قلت تراكيزها في العينات المختلفة باستحثاث الأشعة السينية المميزة للعناصر وقياس أطيافها. وقد تطورت هذه التقنية تطوراً هائلاً في ضوء تعدد وسائل إثارة العناصر وأصبحت من أهم تقنيات الاختبارات غير الإتلافية للمواد والعناصر[١١].

وتستخدام الأشعة السينية في مجال الطبي في تشخيص العديد من الأمراض، وكذلك في علاج العديد من الأورام السرطانية السطحية، وفي تعقيم الكثير من الأدوات والمنتجات والعقاقير الطبية . أما في مجال التطبيق الصناعية فتستخدام الأشعة السينية في العديد من المجالات مثل سبر المواد واختبار جودتها والكشف عن العيوب الصناعية فيها.

وكذلك، تستخدم الأشعة السينية لدراسة التراكيب البللورية للمواد وسبرها نظراً لأن طول موجات هذه الأشعة يقترب كثيراً من المسافات الفاصلة بين الذرات في هذه التراكيب.

ورغم المنافع الجمة والعظيمة للأشعة السينية إلا أن لها مخاطر وخيمة على الإنسان وسوف يتم التعرف عليها عند الحديث عن مخاطر الأشعة المؤينة[٢].

٢-٩ شريحة أشعة جاما

أشعة جاما هي موجات كهرومغناطيسية عالية الطاقة تنطلق من نواة الذرة عندما تتفكك هذه النواة عبر تفكك ألفا أو بيتا وتتكون نواة جديدة وليدة تحمل قدراً من طاقة

الإثارة، أو عند إثارة أية نواة عادية (أي غير قابلة للتفكك) بأي طريقة من طرق الإثارة المختلفة. وتتداخل شريحة ترددات أشعة جاما تدخلاً كبيراً مع شريحة ترددات الأشعة السينية، وتتراوح ترددات أشعة جاما بين حوالي 10^{18}هيرتز وأكثر من 10^{23}هيرتز لإشعاعات جاما عالية الطاقة.

ورغم السلوك المتشابه تماماً لكل من الأشعة السينية و أشعاعات جاما إلا أنه ينبغي إدراك أن الأشعة السينية تنطلق عن تباطؤ الجسيمات المشحونة وخاصة الإلكترونات أو عن انتقال الإلكترونات من مدارات أبعد عن النواة إلى مدارات أقرب منها. أما أشعة جاما فإنها تنطلق عن النوى وليس لها علاقة بالإلكترونات المدارية. وتتميز أشعة جاما بقدرة هائلة على اختراق المواد نظراً لطاقتها العالية ولكونها موجة كهرومغناطيسية عديمة الشحنة، حيث يمكن أن تخترق جداراً خرسانيا ذات سماكة كبيرة وأن تجتازه دون أن تفقد أي جزء من طاقتها . وتستخدم أشعة جاما في الوقت الحاضر، في العديد من المجالات الطبية للتشخيص والعلاج والتعقيم، وفي المجالات الصناعية في إكساب المواد خصائص خاصة ، وفي تحسين خصائص العديد من تطبيقات كثيرة منها الطبية والصناعية والزراعية.

ورغم الفوائد المتعددة لإشعاعات جاما إلا ان مخاطرها وخيمة على الانسان وعلى الكائنات الحية الأخرى التي تتعرض لكميات منها. وسوف يرد ذكر هذه المخاطر عند الحديث عن مخاطر الإشعاعات المؤينة[٨].

الفصل الثالث

٣-١ مقدمة

بات من المؤكد أنه رغم الفوائد الجمة للشرائح المختلفة من الموجات الكهرومغناطيسية إلا أن معظم هذه الشرائح تتميز بخصائص بيولوجية هدامة بالنسبة للانسان وللكائنات الحية عموماً. وسوف نحاول خلال الفقرات التالية التعرف على اخطار بعض شرائح هذه الموجات. أما بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية عالية الطاقة المتمثلة في الأشعة السينية وإشعاعات جاما فسوف يرجأ الحديث عن مخاطرها إلى الجزء الذي يتناول التعريف بالأشعة المؤينة ومخاطرها [١١] .

٣-٢ التأثيرات الضارة للأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي

بات من المعروف من عصور طويلة أن تلحق الاذى بجلد الإنسان. فالتعرض لجرعات كبيرة من ضوء الشمس يمكن أن يؤدي إلى حدوث التهابات وحروق في الجلد قد يزول أثرها بعد فترة معينة وقد تبقى اثارها في صورة ندب دائمة في الجلد، ربما تتحول إلى إصابات سرطانية جلدية مختلفة.

ويعود التلف الحاصل في الجلد إلى امتصاص طبقة الجلد السطحية للطاقة الضوئية الساقطة عليه. وتتمثل الية تلف الجلد في المقام الأول في أرتفاع درجة حرارة الجزء المتعرض للضوء بفعل امتصاص الطاقة الضوئية وتحولها إلى حرارية. وعدم تبدد هذه الطاقة نظراً لضعف التوصيلية الحرارية للجلد. وتركز الحرارة بالتالي في الجزء المتعرض. وبدرجة أقل يمكن أن يتمثل التلف في حدوث بعض التفاعلات الكيموضوئية بفعل فوتونات الضوء في بعض الخلايا السطحية محدثة تغييراً محسوساً في الروابط الأيونية والجذور الحرة في هذه الخلايا ومؤدية بالتالي إلى تلفها[١٢].

وفي كلتا الحالتين سواء كانت آلية التلف في الخلايا ناتجة ن ارتفاع درجة حرارة الخلايا أو عن تكون جذور حرة بفعل التفاعلات الكيموضوئية ، يمكن أن تؤدي

التغيرات الحادثة في الجلد إلى التهابات وحروق و احتمال تغير خصائصه، وتغير معدلات انقسام الخلايا ،وبالتالي إلى احتمال موت الخلية أو تحولها إلى خلية سرطانية.

ومنذ أوائل القرن العشرين، تم إجراء العديد الدراسات حول التأثيرات القاتلة للضوء المرئي على بعض أنواع البكتريا. وعلى شرائح هذا الضوء الأكثر فتكاً بالنسبة

لأنواع مختلفة من هذه البكتريا. ولهذا الغرض استخدم الزجاج الملون لتمرير الضوء وحيد اللون لدراسة قدرته على الفتك بأنواع معينة من البكتريا. وقد تمخضت بعض هذه الدراسات عن انه بالنسبة للبكتريا العصوية والدرنية فإنه يكفي لقتلها تعريضها للضوء الأبيض أو للضوء المرشح وحيد اللون لفترة زمنية محددة. ويبين جدول (٣-١) أزمنة التعرض للضوء الأبيض أو لمركباته التي تحدث التأثير القاتل للبكتريا العصوية.

لون الضوء المؤثر	المدة اللازمة للقضاء على البكتريا (دقيقة)
الضوء الأبيض (غير المرشح)	٥ — ١٠
الضوء الأزرق	١٠ — ٢٠
الضوء الأحمر	٢٠ — ٣٠
الضوء الأخضر	٤٥

جدول (٣-١) أزمنة التعرض للضوء الأبيض أو لمركباته التي تحدث التأثير القاتل للبكتريا العصوية[١٠].

وفي الوقت الحالي لا توجد دراسات كافية للحكم على طبيعة العلاقة بين احتمالات الإصابة بسرطانات الجلد وبين التعرض للضوء المرئي، سواء كان هذا التعرض من النوع الحاد أي (الأشعة ضوئية كثيفة وخلال فترة زمنية قصيرة) أو من النوع المزمن(أي التعرض لأشعة ذات شدة منخفضة ولكن لفترات طويلة). إلا أنه يجب الإشارة إلى أن الدراسات والبحوث قد أثبت أن الأشعة فوق البنفسجية يمكن أن تؤدي إلى حدوث سرطان الجلد. وحتى الأن لم يتم تحديد شريحة الضوء فوق البنفسجي المسؤولة عن استحثاث السرطانات في الجلد بالدقة الكافية. ومع ذلك فقد اوضحت الشواهد التجريبية أنه حتى في غياب المواد ذات الحساسية لشديدة للضوء

فإن شريحة الأشعة فوق البنفسجية التي تقع أطوال موجاتها بين ٢٩٠-٣٢٠ نانومتر تعتبر من الشرائح المستحة للسرطان[١١].

كذلك، اثبتت الدراسات الأحيائية أن التعرض لضوء الشمس الذي يتضمن هذه الشريحة من الأطوال الموجبة للأشعة فوق البنفسجية يساهم بدرجة أكيدة في زيادة احتمال الإصابة بسرطان الجلد بما في ذلك سرطان الميلانوما الذي يعتبر شديد الخطورة ومن السرطانات الخبيثة.

وقد أكدت الدراسات أن معدل الإصابة بسرطانات الجلد يقل كثيراً في المناطق الباردة والمعتدلة المناخ، في حين يتزايد هذا المعدل بالاقتراب من المناطق الحارة.

فقد أوضحت هذه الدراسات إلى أن احتمال الإصابة بالسرطانات الجلدية نتيجة التعرض لأشعة الشمس بما فيها الأشعة فوق البنفسجية يتضاعف مرة كلما تم الانتقال نحو خط الاستواء بمقدار ٨-١٠ درجات عرض. كذلك ينبغي التنويه إلى ان هناك انواعاً من الجلد تعتبر أكثر حساسية بالنسبة لاستحثاث السرطانات الجلدية، ومنها الجلد الأبيض الذي يميز سكان المناطق الشمالية[٩،١٠].

ومن نتائج التأثيرات البيولوجية الأخرى للأشعة وق البنفسجية استخدام هذه الأشعة لقتل بعض أنواع البكتريا. وقد أكدت البحوث والدراسات البيولوجية حول التاثيرات القاتلة للأشعة فوق البنفسجية أن شريحة الموجات التي يتراوح طولها بين ٢٥٠-٢٧٠ نانومتر تعتبر من أكثر الشرائح فتكاً بعدد من أنواع البكتريا كالجراثيم البوغية (spores) وغيرها.

وتوثر الحزم الكثيفة من الضوء المرئي، والأشعة البنفسجية تأثيراً سلبيا على كل من العدسة والشبكية في العين البشرية، ويمكن ان يصل إلى عتامة عدسة العين أو إلى حدوث تلف في الشبكية قد يؤدي إلى العمى الدائم. ويتمثل التأثير الضار للأشعة فوق البنفسجية وللحزام الكثيفة من الضوء المرئي إلى التسخين الذي تحدثه هذه الأشعة في العين. وسوف يرد الحديث في هذا الخصوص في الفقرات التالية عند تناول تاثيرات الموجات الدقيقة واشعة الليزر على العين[٨].

٣-٣ التأثيرات البيولوجية للموجات الدقيقة

من المعروف أن الانسجة والاعضاء البشرية تتكون من خلايا بنائية مغمورة في سوائل بيولوجية. وتتكون الخلايا عامة من جزيئات محددة وثابتة وغالباً ما تكون مستقطبة كهربائياً، بينما تتضمن السوائل البيولوجية أيونات من المناحل (Electrolytes) الذائبة والأيونات الجهرية (الكبيرة الحجم). تحت تأثير المجالات الكهربائية عالية التردد التي تحملها الموجات الدقيقة عموماً تتأثر هذه الجزيئات القطبية والأيونات بقوى كهربائية يتناسب مقدارها مع كل من شدة المجال الكهربائي Eوالشحنة q التي يحملها الجزيء القطبي أو الايون. وتؤدي هذه القوى المؤثرة على الأيونات إلى تحريكها. أي إلى سريان تيار كهربائي داخل النسيج الحي في

حالة الأيونات الذائبة الأمر الذي يؤدي إلى تسخين إضافي للأنسجة بفعل الاهتزازات التي تحدثها هذه الجزيئات بسبب ترددات الموجات الدقيقة.

وبالنسبة لجميع أنواع الموجات الدقيقة سواء المستخدمة في الاتصالات بما فيها الهواتف المحمولة (الجوالة) أو تللك المستخدمة للتسخين. فقد اتفق على أن كثيرا من التأثيرات الناتجة عنها هي تأثيرات حرارية وأن معظم تأثيراتها الضارة ترجع للأثر الحراري والتسخين. وعندما لا يرجع التأثير البيولوجي على الخلية أو النسيج أو العضو عموماً إلى التأثير الحراري يوصف هذا التأثير عندئذ بالتأثير غير الحراري[١٢].

٣-٣-١ التأثيرات الحرارية للموجات الدقيقة

تحدث التأثيرات الحرارية عموماً عندما يتجاوز التعرض الموجات الدقيقة حوالي ١٠مللي واط/سم^{٢}.وقد أثبتت البحوث والدراسات على حيوانات التجارب أن الموجات الدقيقة التي تتراوح تردداتها بين ٢٠٠إلى ٢٤٠٠٠ ميغاهيرتز تعتبر قاتلة إذا كان حاصل ضرب كل من كثافة التعرض لهذه الأشعة في زمن التعرض كافياً لرفع درجة حرارة النسيج أو العضو فوق درجة حرارة الأتزان مع الأعضاء المحيطة بأكثر من ٥ درجات مئوية. فعلى سبيل المثال، فإن الفئران التي تعرضت

لموجات دقيقة بتردد ٣٠٠٠ ميغاهيرتز، وبكثافة قدرة بلغت ٣٠٠ مللي واط/سم^{٢} عانت من ارتفاع درجة حرارتها ما بين ٨ إلى ١٠درجات مئوية، وماتت جميعها بعد ١٥ دقيقة من التعرض. لكثافة قدرة مقدارها ١٠٠ مللي واط/سم^{٢} فقد ماتت الفئران بعد٢٥ دقيقة من التعرض بسبب ارتفاع درجة حرارتها بين ٧،٦ درجات.

ومن المعلوم أن الإنسان الذي لا يزاول جهداً بدنياً كبيراً يولد حرارة من عمليات التمثيل الحيوي بمعدل يبلغ حوالي ٧٥ واط. أما الأنسان الذي يقوم بمجهود عضلي متوسط. فيبلغ تولد الحرارة من التمثيل الحيوي فيه حوالي ٣٠٠ واط. وتتبدد هذه الحرارة في الهواء أو للبيئة المحيطة بالانسان عندما لا تتجاوز درجة حرارة هذه البيئة ونسبة الرطوبة فيها حدوداً معينة. فإذا تجاوزت درجة حرارة البيئة ونسبة الرطوبة فيها هذه الحدود انخفض معدل تبدد الحرارة وبالتالي ترتفع درجة حرارة جسم الانسان[٩،١١].

ويبلغ معدل تبدد الحرارة للبيئة المحيطة في الظروف البيئية المريحة من درجة الحرارة ونسبة الرطوبة حوالي ٦٥ إلى٧٠ واط. وينبغي أن تخضع كمية الحرارة

الممتصة في جسم الإنسان من الموجات الدقيقة للتبديد بنفس الأسلوب المذكور. وبعملية حسابية بسيطة وبفرض أن مساحة من جسم الإنسان المعياري(كتلته ٧٠ كيلوغراماً) مقدارها ٠.٩م^{٢} تتعرض لحزمة من الموجات الدقيقة بكثافة قدرة مقدارها ١٠ مللي واط/سم^{٢}. يكون معدل أيداع الطاقه في هذا الشخص هو ٩٠٠٠سم^{٢}× $^{-٣}$١٠×١٠ =٩٠ واط، أي ما يزيد قليلاً على الطاقة المتولدة عن عمليات التمثيل الغذائي في الأنسان الذي لايزال جهداً بدنياً. فإذا لم تتوفر الظروف البيئية المواتية لتبديد هذه الحرارة (أي الظروف المريحة)، أو إذا زاد معدل التعرض للموجات عن ١٠ مللي واط /سم^{٢} لا تتبدد الحرارة وتبدأ درجة حرارة الجسم في الارتفاع[٧،١١].

إن معظم التأثيرات البيولوجية الضارة بالانسان من الموجات الدقيقة تعزى السخونة الفائقة التي تترتب عن تعرض أعضاء الجسم البشري لها. ويتضمن ذلك التلف الذي يحدث أساساً للعين والخصيتين من جراء التعرض لقدرات عالية من الموجات الدقيقة. فهذان العضوان البشريان يعتبران من الأعضاء التي يمكن أن تصاب ورغم عدم وجود دراسات كافية حول درجة الحرارة التي تبدأ عندها عتامة عدسة العين بفعل الموجات الدقيقة إلا أن معظم العلماء يعتبرون أن زيارة درجة حرارة العدسة إلى ٤٥°م وما فوقها يؤدي إلى إحداث العتامة.

أما بالنسبة للخصيتين فمن المعروف أنهما تتاثران تأثراً شديداً بدرجة الحرارة ورغم أن درجة حرارة الجسيم البشري العادية هي ٣٧°م إلا أن درجة حرارة الخصيتين تقل دائماً درجتين (أي أنها ٣٥°م في الظروف العادية). وذلك نظراًلوجودهما في كيس خارج الجسم البشري. وزيادة درجة حرارة الخصيتين إلى ٣٧°م يؤدي إلى انخفاض معدل إنتاج الحيوانات المنوية إلا أن هذا التأثير يعتبر أمر مؤقتاً. فبانخفاض درجة حرارة الخصيتين تعود لهما نفس القدرة السابقة على إنتاج الحيوانات المنوية بصورة عادية. وقد اثبتت البحوث على حيوانات التجارب أنه عند زيادة درجة حرارة الخصيتين عن حد معين تفقد الخصيتين قدرتهما على انتاج الحيوانات المنوية بصفة دائمة ويستحيل عندئذ العودة للأنتاج مهما خفضت درجة الحرارة[٥،٨].

٣-٣-٢ التأثيرات غير الحرارية للموجات الدقيقة

بالنسبة للتأثيرات غير الحرارية للموجات الدقيقة بشرائحها الفرعية المختلفة فإن هذه التأثيرات مازالت غير مفهومة بالوضوح اللازم فقد اكتشفت العديد من التأثيرات غير الحرارية الضارة سواء على حيوانات التجارب أو على الأنسان . وأثبتت الدراسات والبحوث المختلفة أن التعرض لموجات دقيقة بكثافة قدرة تزيد على١٠ مللي واط /سم^{٢} يؤدي إلى عدد من التأثيرات غير الحرارية الضارة ويورد جدول (٣-٢) بعض النتائج التي توصلت اليها التقارير العلمية حول أهم التأثيرات غير الحرارية لهذه الموجات عند مستوى قدرة تزيد كثافتة على ١٠ مللي واط /سم^{٢} واعراضها وشواهدها[٤].

وفضلاً عن ذلك، تبن وجود بعض الاضطرابات التي تصيب العاملين وبأجهزة الموجات الدقيقة والمتعرضين لحزمها. ومن الأمراض التي تعود أسبابها للتعرض لحزمة هذه الموجات الدقيقة الصداع المؤقت والمزمن، والاجهاد المعروف بحسور العين، والإرهاق والدوار (الدوخة)، والنوم القلق (المتقطع) والميل للنعاس أثناء العمل، والميل للكتابة و الانطوائية، وحدة الطبع والعصبية، والشعور بالخوف والإصابة بوسواس المرض، والتوتر العصبي، والوهن الذهني، وانخفاض القدرة على التركيز. وضعف الذاكرة، والشعور بالألم في فروة الرأس والحواجب، وآلام في العضلات، وآلام في القلب، وصعوبة في التنفس، وتعرق شديد في الأطراف، وصعوبات في الحياة الجنسية.

وحاليا لا تتوفر بيانات كافية للحكم على احتمال استحثاث السرطانات بفعل شرائح الموجات الدقيقة وعلى مقدار هذا الاحتمال، إلا أن بعض الدراسات الأولية على حيوانات التجارب قد بينت أن التعرض لحزم كثيفة من الموجات الدقيقة قد يستحث بعض أنواع السرطانات في هذه الحيوانات، إلا أن هذه الدراسات والبحوث مازالت في اطوارها الأولى. كذلك، أكدت الدراسات المختبرية على الحيوانات المتعرضة لجرعات عالية نسبياً من الموجات الدقيقة حدوث تغيرات محسوسة في خصائص

الموجات الدماغية، وحدوث تغييرات للحاجز الدموي للمخ blood-brain ban وحدوث تغييرات جوهرية على النفاذية خلال غشاء الخلية، وحدوث تغييرات في الدم وتأثيرات جينية وتأثيرات ملحوظة على النظام العصبي المركزي وعلى السلوك البشري، عموماً[٦].

وتعود الأسباب في عدم القدرة على الحكم بدرجة كبيرة من الثقة على مخاطر الموجات الدقيقة إلى العجز الشديد والنقص الهائل في قياس جرعات التعرض لهذه الموجات، وإلى صعوبة فصل المجموعات البشرية الحرجة المتعرضة لهذا النوع من الأشعة عن المجموعات المرجعية التي لا تتعرض لها، وكذلك إلى استحالة فصل السرطانات المتولدة عن الموجات الدقيقة عن تلك المستحثة من أسباب أخرى. سوف يستمر هذا الأمر من عدم الجزم بالمخاطر الجسيمة للموجات الدقيقة حتى يتم أيجاد حلول لمشاكل قياس الجرعات من هذه الموجات، وإلى أن يتم الوصول لعلاقة أكيدة بين الجرعة والأعراض بالدقة اللازمة، وإلى صورة استجابة واضحة بين الجرعة وتأثيرها، وبالتالي يمكن تحديد معامل المخاطر من هذه الموجات.

وإلى أن يتم حل جميع هذه المشاكل العلمية والتقنية، ينبغي توخي الحذر واتخاذ موقف أكثر تحفظا من هذه الموجات التي تأكدت مخاطرها على حيوانات التجارب. كما ينبغي اتخاذ مواقف شديدة التحفظ بالنسبة لصغار السن والمراهقين والشباب نظراً لأن الأعراض السرطانية نتيجة التعرض لهذه الموجات لا تظهر على المتعرض إلا بعد مرور فترة طويلة على التعرض قد تصل لعشرات قليلة من السنين[١٠،١٢].

المصـــــــــادر References

[١]-محمد فاروق احمد، ٢٠٠٢ **"الاشعة من حولنا"** الرياض – السعودية.

[٢]- Maxwell, J. Clerk (١ January ١٨٦٥). “A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field”. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. ١٥٥: ٤٥٩–٥١٢. doi:١٠٩٨/rstl.١٨٦٥,٠٠٠٨.

[٣]- Jump up^Carmichael, H. J. “Einstein and the Photoelectric Effect” (PDF). Quantum Optics Theory Group, University of Auckland. Retrieved ٢٢ December ٢٠٠٩.

[٤]- Jump up^She, Alan; Capasso, Federico (١٧ May ٢٠١٦). “Parallel Polarization State Generation”. Scientific Reports. :٦٢٦٠١٩. doi:١٠٣٨/srep٢٦٠١٩. PMC ٤٨٦٩٠٣٥. PMID ٢٧١٨٤٨١٣.

[٥]- Jump up^Paul M. S. Monk (٢٠٠٤). Physical Chemistry. John Wiley and Sons. p. ٤٣٥. ISBN ٩٧٨-٠-٤٧١-٤٩١٨٠-٤.

[٦]- Jump up^Weinberg, S. (١٩٩٥). The Quantum Theory of Fields. ١. Cambridge University Press. pp. ١٥–١٧. ISBN ٠-٥٢١-٥٥٠٠١-٧.

[٧]- Jump up^Herschel, William (١ January ١٨٠٠). “Experiments on the Refrangibility of the Invisible Rays of the Sun. By William Herschel, LL. D. F. R. S”. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. ٩٠: ٢٨٤–٢٩٢. .JSTOR ١٠٧٠٥٧.

[٨]- Jump up to:a b c Jeans, James (١٩٤٧) The Growth of Physical Science. Cambridge University Press.

[٩]- Jump up to:a b Liebel, F.; Kaur, S.; Ruvolo, E.; Kollias, ^ N.; Southall, M. D. (٢٠١٢). “Irradiation of Skin with Visible Light Induces Reactive Oxygen Species and Matrix-Degrading Enzymes”. Journal of Investigative Dermatology. ١٣٢ (٧): .١٩٠١–١٩٠٧. doi:١٠٣٨/jid.٢٠١١,٤٧٦. PMID ٢٢٣١٨٣٨٨.

[١٠]-Jump up to:ab c Binhi, Vladimir N (٢٠٠٢). Magnetobiology: Underlying Physical Problems. Repiev, A & Edelev, M (translators from Russian). San Diego: Academic .Press. pp. ١–١٦. ISBN ٩٧٨-٠-١٢-١٠٠٠٧١-٤. OCLC ٤٩٧٠٠٥٣١.

[١١]- Jump up^Delgado, J. M.; Leal, J.; Monteagudo, J. L.; Gracia, M. G. (١٩٨٢).“Embryological changes induced by weak, extremely low frequency electromagnetic fields”. Journal of .Anatomy. ١٣٤ (Pt ٣): ٥٣٣–٥٥١. PMC ١١٦٧٨٩١. PMID ٧١٠٧٥١٤.

[١٢]- Jump up^Harland, J. D.; Liburdy, R. P. (١٩٩٧). “Environmental magnetic fields inhibit the antiproliferative action of tamoxifen and melatonin in a human breast cancer cell line”. ١٨ (٨): ٥٥٥–٥٦٢. doi:١٠,١٠٠٢/(SICI)١٥٢١-١٨٦X(١٩٩٧)١٨:٨<٥٥٥::AID-BEM٤>٣,٠.CO;٢-١. PMID .٩٣٨٣٢٤٤.