وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية التربية
قسم الفيزياء

الموجات الكهرومغناطيسية وتأثيرها على جسم الانسان

بحث مقدم الى قسم الفيزياء كجزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم الفيزياء

من قبل

سيف حسن هادي ..... ريام علي عزيز

بأشراف

م. د. فراس عائد نجم

2017

شكر وتقدير

لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين بذلك جهودا كبيرة في بناء جيل الغد لتبعث الأمة من جديد...

وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والامتنان والتقديروالمحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة...

إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة...

إلى جميع أساتذتنا الأفاضل ونخص بالشكر والتقدير الدكتور فراس عائد نجم الذي ساعدنا على إتمام هذا البحث وقدم لنا العون ومد لنا يد المساعدة وزودنا بالمعلومات اللازمة لإتمام هذاالبحث

الاهداء

الى ينبوع العطاء الذي زرع في نفسي الطموح والمثابرة ..... والدي العزيز

الى نبع الحياة الصافي ..... امي العزيزة

الى من يحملون في عيونهم ذكريات طفولتي وشبابي..... اخوتي واخواتي

الى محبي العلم والمعرفة.....اساتذتي الافاضل

بسم الله الرحمن الرحيم

اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ ۞ خَلَقَ الْإِنسَانَ مِنْ عَلَقٍ ۞ اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ ۞ الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ ۞ عَلَّمَ الْإِنسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ۞

صدق الله العلي العظيم

الخلاصة

ان الموجات الكهرومغناطيسية هي أحد أشكال الطاقة تصدره وتمتصه الجسيمات المشحونة، والتي تظهر سلوك مشابه للموجات في سفرها خلال الفضاء .للإشعاع الكهرومغناطيسي حقل كهربائي وآخر مغناطيسي، متساويان في الشدة، ويتذبذب كل منها في طور معامد للآخر ومعامد لاتجاه طاقة وانتشار الموجة، حيث ينتشر الإشعاع الكهرومغناطيسي في الفراغ بسرعة الضوء. ان تأثيرات الموجات الكهرومغناطيسية على النظم الحية) والعديد من النظم الكيميائية في ظروف درجة حرارة وضغط قياسية (تعتمد على كل من قوة وتردد الإشعاع. تنحصر تأثيرات الموجات الكهرومغناطيسية المنخفض التردد وصولاً إلى تردد الضوء المرئي على الخلايا والمواد العادية بالحرارة والتسخين وبالتالي تعتمد على قوة الإشعاع .وبالعكس للإشعاع ذو التردد الأعلى كتردد الأشعة الفوق بنفسجية والأعلى منها، فإن الضرر للمواد الكيميائية وللخلايا الحية يكون أكبر بكثير من مجرد تسخين بسيط بسبب قدرة الفوتونات المفردة في مثل هذه الترددات على تدمير الجزيئات الفردية كيميائياً.

الفصل الاول

المقدمة

1-1 المقدمة

إن من أعظم الاكتشافات التي حققها البشر على مدى تاريخهم بعد اكتشافهم وتوليدهم للطاقة الكهربائية هو اكتشافهم للموجات الكهرومغناطيسية. ويعود الفضل في ذلك لعالم الفيزياء الاسكتلندي الشهير جيمس كلارك ماكسويل والذي تكمن عبقريته في مقدرته الفذة على استخدام الرياضيات في صياغة مختلف أنواع الظواهر الفيزيائية وكذلك استنباط الحقائق الفيزيائية من الصيغ الرياضية. لقد تمكن ماكسويل في عام 1860 م من صياغة جميع القوانين المتعلقة بالكهربائية والمغناطيسية وتفاعلهما مع بعضهما البعض في أربع معادلات تفاضلية. ولم يتوقف الأمر عند هذا الحد بل استطاع من خلال حل هذه المعادلات التنبؤ بوجود ما يسمى بالموجات الكهرومغناطيسية والتي تم التحقق من وجودها وإيجاد طرق وذلك في عام 1887 م. (Heinrich Hertz) لتوليدها على يد عالم الفيزياء الألماني هينرتش هيرتز .

ومن الجدير بالذكر أنه لولا تطور علوم الرياضيات وخاصة علمي التفاضل والتكامل لما كان بإمكان ماكسويل صياغة قوانين الكهرباء والمغناطيسية بهذا الشكل المميز ولما كان بإمكانه التنبؤ بوجود الموجات الكهرومغناطيسية. لقد سهلت الموجات الكهرومغناطيسية عملية نقل مختلف أنواع المعلومات إلى أي مكان على سطح هذه الأرض بل وتعداها إلى الفضاء الخارجي . فبعد (wireless) بطريقة لاسلكية سنوات قليلة من اكتشاف وتوليد هذه الموجات بدأ ظهور كثير من الأنظمة اللاسلكية فظهر التلغراف اللاسلكي في عام 1900 م ومن ثم البث الراديوي في عام 1918 م والبث التلفزيوني في عام 1935 م. ولولا اكتشاف هذه الموجات لبقي البشر مقيدين في نقل معلوماتهم المختلفة بالقنوات السلكية التي تحتم عليهم التواجد في أماكن محددة حيث توجد أطراف هذه الأسلاك كما هو الحال مع الهواتف السلكية. لقد مكنت هذه الموجات بناء انظمة اتصالات تكون فيها المرسلات ثابتة والمستقبلات متحركة أو بالعكس أو يكون كليهما متحركا وهذا لا يمكن إنجازه باستخدام القنوات السلكية إلا على نطاق ضيق جدا. ولذلك أصبح الاتصال ممكنا مع السفن وهي في عرض البحار والطائرات وهي في جو السماء والمركبات أين ما كان موقعها والأشخاص وهم في أي واد أو جبل يهيمون. بل أصبح بالإمكان باستخدام هذه الموجات مشاهدة صور في غاية الوضوح لأسطح كواكب المجموعة الشمسية من خلال كميرات مثبتة على مركبات فضائية .

وترسل هذه الصور وغيرها من المعلومات من على بعد مئات الملايين من الكيلومترات. وباستخدام هذه الموجات أصبح بإمكان البشر التحكم عن بعد بمختلف أنواع الأجهزة والمعدات الموجودة في البيوت والمكاتب والمصانع وكذلك في الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية والطائرات والصواريخ. ومع التقدم المذهل في مجال الإلكترونيات والإستغلال الأمثل لترددات الطيف الكهرمغناطيسي بدأ التحول كليا من القنوات السلكية إلى القنوات اللاسلكية لنقل إشارات المعلومات والتحكم في مختلف المجالات.

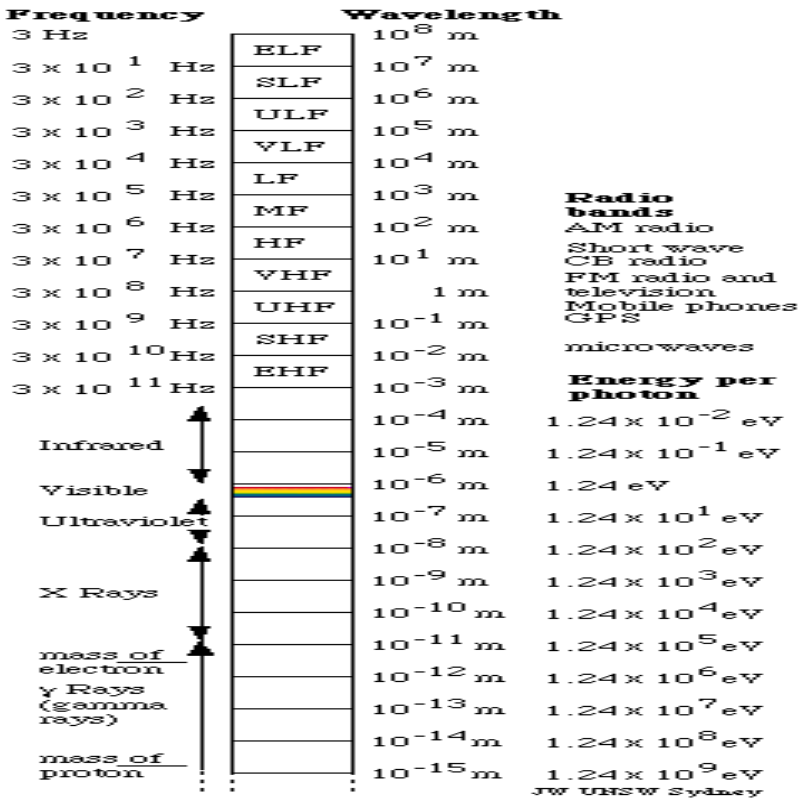
2-1 الطيف الكهرومغناطيسي (Electromagnetic Spectrum)

يتكون الطيف الكهرومغناطيسي من ثلاثة أجزاء رئيسية ((الطيف الراديوي (radio spectrum) الذي يمتد من الصفر حتى 300 جيغاهيرتز والمستغل بأكمله في أنظمة الاتصالات الراديوية وطيف الأشعة المرئية وما تحت الحمراء والذي يمتد من 300 جيغاهيرتز إلى ثلاثة ملايين جيغاهيرتز والمستغل جزئيا في أنظمة الاتصالات الضوئية وأجهزة الرؤيا الليلية وطيف الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية والكونية والتي يتعذر استخدامها لصعوبة توليدها ولخطورتها على الكائنات الحية إلا في بعضالتطبيقات الطبية والصناعية كاستخدام الأشعة السينية في تصوير الأجسام الحية واختبار المواد. ونظرا للتباين الكبير في خصائص الموجات الكهرومغناطيسية الراديوية من حيث طرق توليدها وانتشارها وأنواع الهوائيات المستخدمة فيها فقد تم تقسيمها إلى عدة مناطق وهي الترددات مفرطة الإنخفاض (extremely low frequency ELF) (3 إلى 30 هيرتز) والترددات فائقة الإنخفاض) (super low frequency SLF) (30 إلى 300) هيرتزوالترددات بالغة الإنخفاض ultra low) (300 إلى 3000 هيرتز) والترددات المنخفضة جدا(frequency ULF very low)

3 إلى 30 كيلوهيرتز) والترددات) (VLF الترددات المنخفظة (low frequency LF) 30 إلى 300) كيلوهيرتز والترددات المتوسطةMedium frequency MF الترددات العالية جدا (very high frequency VHF) 30 إلى 300 ميغا هيرتز) والترددات بالغة العلو (ultra high frequency UHF) 300 الى 3000 ميغا هيرتز والترددات فائقة العلو (SHF) super high frequency 3 إلى 30 جيغاهيرتز) والترددات مفرطة العلو) high frequency EHF

extremely 30 إلى 300 جيغاهيرتز). لقد أحدث اختراع العنصر الإلكتروني المسمى) بالصمام الثلاثي (triode valve) على يد المهندس الكهربائي الأمريكي لي ديفورست (Lee Deforest) في عام 1906 م ثورة في أنظمة الاتصالات الكهربائية. فإلى جانب استخدام هذا العنصر في المضخمات الإلكترونية (electronic amplifiers) فقد تم استخدامه في المذبذبات الإلكترونية(electronic oscillators) التي تقوم بتوليد الترددات اللازمة لحمل إشارات المعلومات. لقد تم استخدام هذه المذبذبات في العشرينيات من القرن العشرين لتوليد الترددات المنخفضة والمتوسطة ثم العالية في الثلاثينيات ثم العالية جدا وبالغة العلو في الأربعينات. وتستخدم اليوم الترانزستورات كبديل عن هذه الصمامات لتوليد الترددات في جميع أجزاء الطيف الراديوي إلا أن الصمامات لا زالت مستخدمة لتوليد الترددات في الأنظمة ذات القدرات العالية كما في محطات البث الإذاعي والتلفزيوني وفي أنظمة الرادار. وتواجه مصممي أنظمة الاتصالات الراديوية أو اللاسلكية مشكلة توفير الترددات اللازمة لأعداد كبيرة ومتزايدة من أنظمة الاتصالات المختلفة كأنظمة البث الإذاعي والتلفزيوني والهواتف اللاسلكية والخلوية وأنظمة الأقمار الصناعية وأنظمة الرادار وأنظمة الاتصالات العسكرية والمدنية وأنظمة الملاحة الجوية والبحرية والبرية.ويعود السبب في هذه المشكلة للعدد المحدود من الترددات المتاحة في الطيف الكهرومغناطيسي ولكون جو الأرض وسطا مشتركا تنتشر فيه جميع الترددات التي تبثها الأنظمة اللاسلكية مما يمنع إعادة استخدام نفس التردد في نفس المنطقة تجنبا لتداخل إشارات الأنظمة المختلفة. وقد استخدمت أنظمة الاتصالات معظم مناطق الطيف الراديوي باستثناء الترددات بالغة العلو التي حال دون استخدامها تأثرها الكبير بالأحوال الجوية بسبب قصر طول موجتها ولكن مع تزايد الطلب على استخدام الأقمار الصناعية وشح الترددات المتاحة فقد بدأ باستخدام هذه الترددات في بعض التطبيقات. يتم تخصيص الترددات للمستخدمين من قبل هيئات تنظيم قطاع الاتصالات الوطنية بالتعاون مع الاتحاد الدولي للاتصالات(International Telecommunication Union ITU) الذي يحدد الترددات المتاحة لأنظمة الاتصالات المختلفة والذي عادة ما يسمح بإعادة استخدام نفس التردد شريطة عدم وجود تداخل بين الأنظمة المختلفة وذلك بالاستفادة من التباعد الجغرافي وقدرة البث المحدودة واستخدام طرق تعديل وتشفير واستقطاب مختلفة. ولقد تم تخصيص أجزاء من الطيف الراديوي لبعض التطبيقات المهمة بشكل دائم كتخصيص جزء من الترددات المتوسطة (540 إلى 1700 كيلوهيرتز)

للبث الإذاعي متوسط الموجة بواقع تسعة كيلوهيرتز لكل محطة وجزء من الترددات العالية للبث الإذاعي قصير الموجة وجزء من الترددات العالية جدا (من 88إلى 108 ميغاهيرتز) للبث الإذاعي بتعديل التردد بواقع مائتي كيلوهيرتز لكل محطة وأجزاء من الترددات العالية جدا (من 54 إلى 88 ومن 174 إلى 216 ميغاهيرتز) وجزء كبير من الترددات فوق العالية470 إلى 824 ميغاهيرتز) للبث التلفزيوني بواقع ستة ميغاهيرتز لكل محطة. أما أنظمة اتصالات) الأقمار الصناعية والأمواج الدقيقة والرادارات فتستخدم الترددات التي تمتد من واحد إلى مائة كيكاهيرتز.



شكل (1-1) يوضح الطيف الكهرومغناطيسي

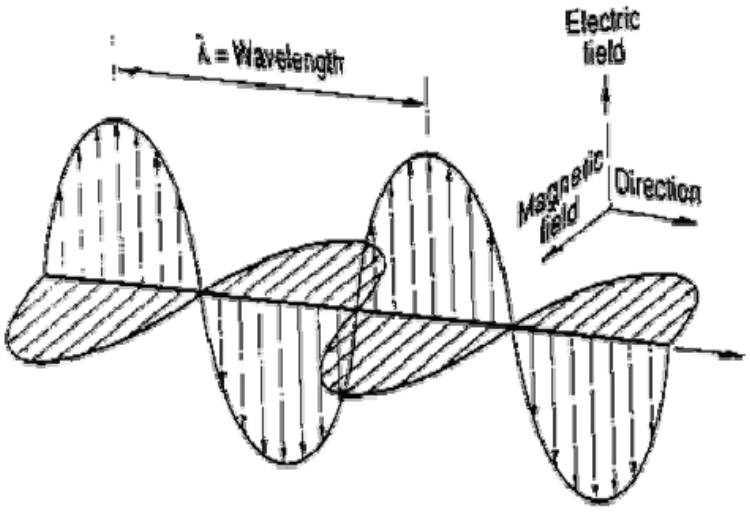
(1-3) انتشار الموجات الكهرومغناطيسية

تتكون الموجة الكهرومغناطيسية من مجال كهربائي وآخر مغناطيسي متعامدان على بعضهما البعض في الفضاء ويتغيران بشكل دوري مع الزمن وبحيث تنتشر الموجة باتجاه يتعامد مع اتجاهي المجالين الكهربائي والمغناطيسي حسب قاعدة معينة. وتنتشر الموجات الكهرومغناطيسية في الأوساط المختلفة بسرعة ثابتة تتحدد من قيم السماحية الكهربائية(permittivity) والنفاذية المغناطيسية (permeability) للوسط المعني حيث تساوي معكوس الجذر التربيعي لحاصل ضرب السماحية في النفاذية. وتبلغ سرعة الانتشار في الفضاء الحر ثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية تقريبا وهي نفس سرعة الضوء في الفراغ والذي ما هو إلا أحد أشكال الموجات الكهرومغناطيسية كما اكتشف ذلك ماكسويل. إن سرعة أنتشار الموجات في أي وسط لا يمكن أن تزيد عن سرعتها في الفراغ لأن قيم السماحية والنفاذية لهذه الأوساط أعلى من قيمهما في الفراغ. وعندما تنتشر موجة كهرومغناطيسية في وسط ما فإن المسافة بين قمتين من قممها مقاسة بالأمتار يسمى طول الموجة (wavelength) والتي تساوي حاصل تقسيم سرعة إنتشار الموجة على ترددها (frequency) .شكل (1-2) يوضح العلاقة بين المجال المغناطيسي والكهربائي.

إن نسبة شدة المجال الكهربائي إلى شدة المجال المغناطيسي في الموجة الكهرومغناطيسية يسمى المعاوقة المتأصلة (intrinsic impedance) والتي تساوي الجذر التربيعي لحاصل قسمة النفاذية على السماحية للوسط الذي تنتشر فيه هذه الموجة.

ويعرف إستقطاب الموجة wave polarization) بأنه الإتجاه الذي يشير إليه مجالها الكهربائي في الفضاء وعند إتخاذ سطح الأرض كمرجع فإن الموجة تكون عامودية الإستقطاب (vertical polarization) إذا كان إتجاه مجالها الكهربائي عاموديا على سطح الأرض وأفقية الإستقطاب(horizontal polarization) إذا كان إتجاه مجالها الكهربائي موازيا لسطح الأرض. وتسير الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ أو في أي وسط متجانس على شكل خطوط مستقيمة ولكنها قد تتعرض لظواهر عدة عند انتقالها من وسط إلى وهي ظواهر الإنعكاس(reflection) والإنكسار(refraction) والحيود(diffraction) والتشتت (scattering) فعند إنتقال موجة كهرومغناطيسية من وسط إلى وسط بينهما حد منتظم غير متعرج فإن جزءا من هذه الموجة سينعكس راجعا في الوسط الذي جاء منه وبحيث تساوي زاوية الإنعكاس زاوية السقوط بينما ينفذ الجزء

المتبقي من الموجة الساقطة إلى الوسط الثاني ويسير فيه بشكل منكسر حيث تتحدد زاوية الإنكسار من زاوية السقوط وكذلك معاملات الإنكسار(refractive index) لكلا الوسطين حسب قانون سنل (Snell's Law) وإذا ما سقطت موجة على وسط ذي سطح متعرج فإن الإنعكاس لن . يكون في اتجاه واحد بل في اتجاهات متعددة وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة التشتت. وعندما تسقط موجة على جسم له أبعاد تقل عن طول الموجة فإن هذه الموجة لن تتأثر كثيرا بوجود هذه الجسم بل ستحيد عنه وتكمل مسارها وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة الحيود. وجدير بالذكر أن جميع المعادن لا تسمح بالموجات الكهرومغناطيسية بالنفاذ من خلالها بل تعكسها كليا إلى الوسط الذي جاءت منه وعليه فإنه لا يمكن إستقبال أو إرسال هذه الموجات من داخل مباني جدرانها وأسقفها من المعادن. وبما أن معظم أنظمة الاتصالات الكهربائية تعمل على سطح الأرض الكروية الشكل وكذلك ضمن الغلاف الجوي المحيط بها والذي تتغير خصائصه بشكل مستمر مع تغير الليل والنهار وتغير الفصول فإنها تتعرض في الغالب إلى عدد من الظواهر بعضها ذا فائدة كبيرة لبعض أنظمة الاتصالات وبعضها الآخر يقلل من حسن أدائها. ومن هذه الظواهر انعكاس الأمواج عند ارتطامها بالأرض وبعض طبقات الغلاف الجوي مما يؤدي إلى تغيير اتجاه انتشارها ومنها انكسار الأمواج عند انتقالها من طبقة إلى طبقة أخرى في الغلاف الجوي وهناك ظاهرة الحيود حيث تقوم بعض الأمواج بتخطي بعض العوائق الطبيعية وتكمل مسارها وهناك الفقد الناتج عن امتصاص مكونات الغلاف الجوي لبعض طاقة الأمواج وهناك التبعثر الناتج عن ارتداد جزء من الموجة عند ارتطامها بمنطقة غير متجانسة في الغلاف الجوي. ويمكن تقسيم الموجات من حيث طريقة انتشارها فوق سطح الأرض وضمن الغلاف الجوي إلى ثلاثة أنواع وهي الموجات السطحية والسماوية والفضائية.شكل (1-3)يوضح انواع الموجات .



شكل (1-2) العلاقة بين المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي

(1-3-1) الموجات الارضية (Surface or Ground Waves)

تعرف الموجات السطحية أو الأرضية بأنها تلك التي تسير ملاصقة لسطح الأرض وينحي مسار انتشارها مع انحناء سطح الأرض ويعود السبب في ذلك إلى ظاهرة حيود الموجات الكهرومغناطيسية حول سطح الأرض الكروي الشكل. وقد وجد العلماء أنه كلما قل تردد الموجة الراديوية كلما ازداد حيودها وتسير بذلك مسافات طويلة ملاصقة لسطح الأرض. وعلى العكس من ذلك فكلما ازداد ترددها كلما قل حيودها حيث تختفي ظاهرة الحيود حول الأرض تدريجيا عند بداية نطاق الترددات العالية (ما يزيد عن 3 ميغاهيرتز) أي أن ظاهرة الحيود تظهر بشكل واضح في الترددات المتوسطة والمنخفضة وما دونها. ولقد تم الاستفادة من هذه الظاهرة لبناء أنظمة اتصالات بعيدة المدى كأنظمة البث الإذاعي التي تعمل في نطاق الترددات المتوسطة والتي قد تصل تغطيتها لعدة آلاف من الكيلومترات وكذلك في أنظمة الاتصالات البحرية التي تعمل في نطاق الترددات المنخفضة وتصل تغطيتها لعشرات آلاف من الكيلومترات. إلا أن عيبها يكمن في حاجتها لقدرات بث عالية نظرا للفقد الذي تتعرض له الموجة من قبل امتصاص بعض طاقتها من قبل سطح الأرض وعادة ما يستخدم الاستقطاب العامودي في هذه الموجات للتقليل من أثر الفقد وذلك لكون إتجاه المجال الكهربائي عموديا على سطح الأرض.

(2-3-1) الموجات السماوية (Sky Waves)

يستفيد هذا النوع من الموجات من وجود مناطق عالية التأين في طبقات الجو العليا يطلق عليها اسم طبقات الأيونسفير(Ionosphere layers) والتي تمتد في الجو من خمسين كيلومتر إلى ما يزيد عن أربعمائة كيلومتر فوق سطح الأرض. ويعود السبب في ظهور هذه الطبقات لتأين ذرات الهواء المختلفة من الإشعاعات القادمة من الشمس وخاصة الأشعة فوق البنفسجية ولذلك فإن هذه الطبقات تكون عالية التأين عند منتصف النهار وقليلة التأين أثناء الليل حيث تختفي الطبقات القريبة من الأرض تماما. وتعمل هذه الطبقات على رد بعض أنواع الأمواج الراديوية الموجهة إليها من محطات البث الأرضية ثانية إلى الأرض حيث تتحدد قوة الموجة المنعكسة على زاوية السقوط وارتفاع الطبقة التي عملت على ردها وكذلك درجة تأينها. ولحسن الحظ أن طبقة الأيونسفير لا تعكس إلا الترددات الواقعة في نطاق الترددات العالية وما دونها (أقل من 30 ميغاهيرتز) وإلا لما كان بإمكاننا استخدام الأقمار الصناعية في أنظمة الاتصالات الحديثة. ولقد تم الاستفادة من طبقة الأيونسفير في بناء أنظمة اتصالات بعيدة المدى حيث يتم توجيه هوائيات الإرسال باتجاه طبقة الأيونسفير بزاوية محددة فتنعكس الأمواج عنها باتجاه منطقة أخرى على سطح الكرة الأرضية وتصل تغطية مثل هذه الأنظمة لعدة آلاف من الكيلومترات. وتعمل أنظمة البث الإذاعي ذات الترددات العالية (الموجات القصيرة) بناء على هذا المبدأ ولكن عيبها أنها لا تعمل إلا في أوقات زمنية محددة وذلك بسبب تغير خصائص طبقة الأيونسفير مع تغير موقع الشمس التي هي المسبب الرئيس في عملية تأين هذه الطبقات.

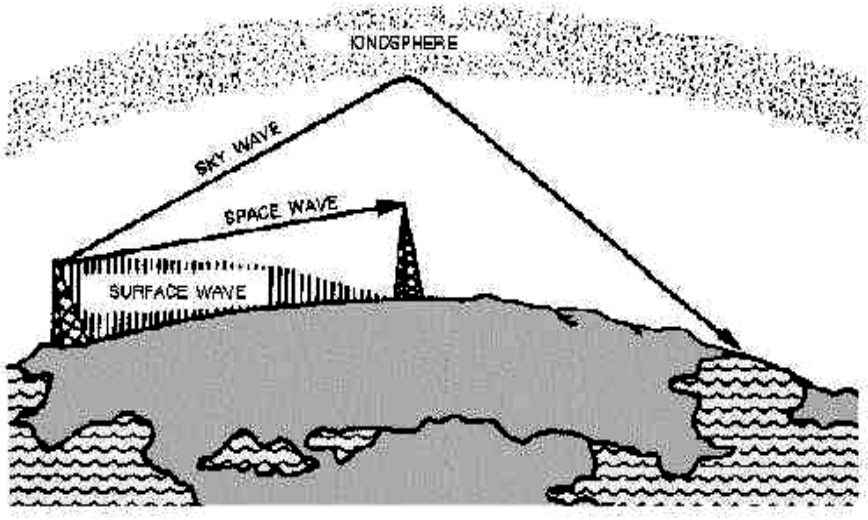
(3-3-1) الموجات الفضائية (Space Waves)

الموجات الفضائية هي تلك الموجات التي تسير في خطوط مستقيمة فلا تستطيع الأرض أن تحيدها عن مسارها المستقيم ولا تتمكن طبقة الأيونسفير كذلك من اعتراض طريقها بل تنفذ من خلاله دون فقد يذكر. وتشمل هذه الموجات جميع الترددات التي تزيد عن ٣٠ ميغاهيرتز أي نطاق الترددات العالية جدا وما فوقها. ونظرا لأن هذه الموجات تسير في خطوط مستقيمة فلا بد من توفر ما يسمى بخط النظر بين هوائي لإتمام عملية الاتصال بينهما. ونعني بخط النظر بين الهوائيين الإرسال وهوائي الاستقبال(line of sight) .

أنه لو تم مد خط مستقيم بينهما فيجب أن لا ينقطع هذا الخط بأي عائق مادي يحول دون وصول الأمواج من هوائي الإرسال إلى هوائي الاستقبال. وبسبب أن الأرض كروية الشكل فيجب أن لا تزيد

المسافة بين الهوائيين عن مسافة محددة وإلا انقطع خط النظر بينهما نتيجة لتبعج الأرض بينهما. وتتحدد مسافة الإرسال القصوى بين الهوائيين من ارتفاع كل منهما عن سطح البحر والذي يساوي ارتفاع موقع الهوائي عن سطح البحر مضافا إليه طول الهوائي وكذلك من ارتفاعات الجبال الواقعة بينهما.

ولقد وجد عمليا أن المسافة القصوى بين الهوائيات لا تتجاوز في الغالب مائة كيلومتر وذلك نتيجة للصعوبات الفنية والاقتصادية في بناء أبراج عالية للهوائيات. إن هذه التحديد في المسافة القصوى بين الهوائيات ليس عائقا دون بناء أنظمة اتصالات بعيدة المدى بين المدن وبين الدول طالما أنه لا يوجد عوائق طبيعية كالبحار والمحيطات تفصل بينها وذلك باستخدام ما يسمى بالأنظمة متعددة القفزات(multihop) يتكون نظام الاتصالات متعدد القفزات من مرسل رئيس موجود عند مصدر المعلومات ومستقبل رئيس موجود عند مورد المعلومات ومن عدة محطات تقوية تسمى المعيدات(repeaters) حيث يستقبل المعيد الاشارة الضعيفة من هوائي الاستقبال ويقوم بتكبيرها ثم يبثها بهوائي الإرسال باتجاه المعيد الذي يليه وهكذا حتى تصل الإشارة للمستقبل الرئيس. أما بخصوص الدول التي يفصل بينها عوائق طبيعية كالمحيطات مثلا فلم يكن بالإمكان استخدام الأمواج الفضائية في أنظمة الاتصالات إلى أن تم استخدام الأقمار الصناعية كمعيدات معلقة في السماء في عام 1957. وتستخدم هذه الموجات الفضائية في أنظمة البث التلفزيونية وفي البث الراديوي بتعديل التردد وفي أنظمة الهواتف الخلوية وفي معظم وصلات أنظمة الاتصالات كما في أنظمة اتصالات الأمواج الدقيقة وأنظمة الأقمار الصناعية والرادارات وأنظمة الاتصالات الفضائية.



شكل(1-3) يوضح الموجات الارضية والسطحية والفضائية

(4-1) الهوائيات (Antennas)

يتم توليد الموجات الكهرومغناطيسية باستخدام ما يسمى بهوائيات الإرسال التي تقوم بتحويل الإشارات الكهربائية التي تغذى إليها من المرسل(transmitter) إلى موجات كهرومغناطيسية تنتشر في الفضاء. ويتم التقاط هذه الموجات المنتشرة في الفضاء بما يسمى هوائيات الاستقبال التي تقوم بتحويلها إلى إشارات كهربائية مرة ثانية لتسلمها إلى المستقبل.(reciever) وتمتاز الهوائيات ببساطة تركيبها حيث يمكن لأي سلك أو سطح معدني إشعاع والتقاط الموجات الكهرومغناطيسية ولكن الهوائيات العملية لها أشكال وأبعاد معينة تحدد حسب الغرض الذي صنعت من أجله. إن من أهم مواصفات الهوائيات هو ما يسمى بنسق الإشعاع(radiation pattern) والذي يحدد طريقة توزيع الطاقة الذي يبثها أو يلتقطها الهوائي في الاتجاهات المختلفة فالهوائي المثالي(isotropic antenna) يبث طاقته بالتساوي في جميع الاتجاهات أما الهوائيات العملية فقد يكون بثها في اتجاهات معينه أعلى منها في اتجاهات أخرى. ففي بعض التطبيقات كأنظمة الأقمار الصناعية وأنظمة الأمواج الدقيقة يتطلب تركيز البث في إتجاه واحد فقط حيث يوجد المستقبل وذلك على شكل شعاع ضيق وذلك لتوفير كمية الطاقة المبثوثة. وفي تطبيقات أخرى كأنظمة البث الراديوي والتلفزيوني يتطلب أن يكون البث في جميع الاتجاهات الموازية لسطح الأرض وذلك لتغطية جميع المستقبلات التي تتوزع حول محطة الإرسال. ومن مواصفات الهوائيات ما يسمى بكسب الهوائي (antenna gain) والذي يحدد قدرة الهوائي على تركيز طاقة البث في إتجاه الفص الأعظم(lobe major) من نسق الإشعاع وكلما زاد كسب الهوائي كلما قل ما يسمى بعرض الشعاع beam width

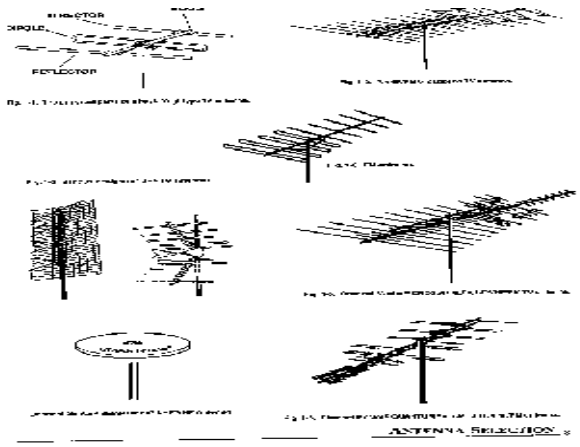
ومن المواصفات الأخرى للهوائي مدى طيف الترددات التي يمكن للهوائي إشعاعها أو التقاطها وكذلك مقدار معاوقة أو مقاومة المدخل للهوائي (input resistance or impedance) والذي يستخدم لأغراض موائمة الهوائيات عند ربطها بخطوط النقل. ولكي تتمكن الهوائيات من الاستقبال من بعضها البعض فيجب أن يكون لها نفس الاستقطاب ويعرف إستقطاب الهوائي (antenna polarization) بأنه إتجاه المجال الكهربائي للموجة التي يبثها الهوائي في الفضاء. ولا بد من القول من أن أي هوائي يمكن أن يستخدم للإرسال والاستقبال وأن جميع مواصفته تبقى كما هي في الحالين. ويوجد أنواع كثيرة من الهوائيات تتفاوت أبعادها وأشكالها بشكل كبير جدا حسب نوع نظام

الاتصالات فمن الهوائيات السلكية المستخدمة في الراديو والتلفزيون والهواتف الخلوية والتي تتراوح أطوالها بين عدة سنتيمترات وعدة أمتار إلى الهوائيات البوقية والصحنية المستخدمة في أنظمة الموجات الدقيقة وأنظمة الأقمار الصناعية والرادارات والتلسكوبات الراديوية والتي تتراوح أقطارها بين عشرات السنتيمرات وعشرات الأمتار.

(1-4-1) الهوائيات السلكية Antennas Wire

تتميز الهوائيات السلكية ببساطة تركيبها حيث يمكن لأي سلك معدني أن يعمل كهوائي إرسال أو إستقبال ولكن في كثير من التطبيقات يتطلب الأمر استخدام أسلاك بأشكال وأطوال مختلفة للحصول على مواصفات محددة للهوائيات. إن أبسط وأشهر أنواع الهوائيات السلكية هو سلك يبلغ طوله نصف طول الموجة المراد بثها أو إلتقاطها ويتم ربط خط النقل بهذا الهوائي عند منتصفه وذلك بعد قطعه إلى نصفين ويسمى هذا النوع هوائي نصف الموجة ثنائي القطبيةhalf-wave dipole antenna) ولقد تم اختراع هذا الهوائي على يد عالم الفيزياء الألماني هينرتش هيرتز Heinrich Hertz)(وذلك في عام 1886. وتبلغ مقاومة هذا الهوائي 75 أوم ولهذا السبب نجد أن كثير من خطوط النقل لها معاوقة مميزة تبلغ 75 أوم لكي تتوائم مع هذا النوع من الهوائيات عند ربطها بها. وفي هذا النوع يكون البث أوالاستقبال أعلى ما يكون في الاتجاه المتعامد مع السلك ويقل تدريجيا إلى أن يصل إلى الصفر في الاتجاه الموازي للسلك ولذا يستخدم هذا الهوائي في جميع المرسلات التي يكون البث فيها في جميع الاتجاهات الموازية لسطح الأرض أو في المستقبلات التي تلتقط إشاراتها من جميع الاتجاهات كما في أجهزة إرسال واستقبال البث الراديوية والتلفزيونية والهواتف الخلوية. ويوجد أشكال معدلة لهذا الهوائي لتتناسب مع بعض التطبيقات مثل الهوائي السوطي(whip antenna) والذي يتكون من سلك يبلغ طوله ربع طول الموجة ويتم تغذيته بخط النقل عند طرفه وعند وضعه فوق سطح معدني وربط الطرف الثاني من خط النقل بالسطح المعدني فإنه يعمل كالهوائي ثنائي القطبية ويكثر استخدام هذا النوع في المركبات. وفي هوائي ثنائي القطبية المطوي(folded dipole) يتم ثني سلك بطول أطول قليلا من طول الموجة ليصبح على شكل حلقة مستطيله بطول يساوي نصف طول الموجة وبعرض يقل كثيرا عن طول الموجة ويتم ربط خط النقل بمنتصف أحد ضلعي المستطيل الطويلين بعد فتحه. ويستخدم هذا النوع في هوائيات استقبال التلفزيون وذلك بسبب ارتفاع عرض نطاقه (مدى الترددات التي يمكن للهوائي التقاطها بكفاءة) بالمقارنة مع هوائي ثنائي

القطبية العادي ولكن عيبه أن مقاومته ترتفع إلى 300 أوم بدلا من 75 أوم ولذلك يحتاج لدائرة موائمة لربطه مع خطوط النقل الدارجة والتي تبلغ مقاومتها 75 أوم. وتستخدم الهوائيات المصفوفة(array antennas) لزيادة قدرة الهوائيات في البث أو الإستقبال من اتجاه واحد وفي هذه الهوائيات يتم استخدام عدد كبير من الهوائيات ثنائية القطبية مرتبة على شكل مصفوفة توضع هذه الهوائيات بشكل متوازي ويفصل بينها مسافات محددة. ويتم تحديد إتجاه البث أو الاستقبال من خلال تحديد المسافات الفاصلة بين الهوائيات والكيفية التي يتم بها تغذية هذه الهوائيات بالتيارات من حيث قيم هذه التيارات وأطوارها بالنسبة لبعض البعض. ومن أبسط أنواع الهوائيات المصفوفة هي النوع المستخدم لإستقبال الإشارات التلفزيونية والمسمى هوائي ياغي- يودا(Yagi - Uda antenna) نسبة للمخترعين اليابانيين الذين اخترعا هذا النوع في عام 1930. ويمكن التحكم باتجاه البث إلكترونيا وليس يدويا في الهوائيات المصفوفة من خلال التحكم بأطوار التيارات المغذية لعناصر هذه المصفوفة إلكترونيا ولذا تسمى هوائيات المصفوفة الطوريةphased array antennas) وهناك أنواع أخرى لا حصر لها من الهوائيات السلكية تصمم لأغراض مختلفة وعند ترددات مختلفة كالهوائيات الحلقية (loop antenna). واللولبية (helix antenna) والمربعة (square antenna) شكل (1-4) يوضح انواع الهوائيات السلكية.

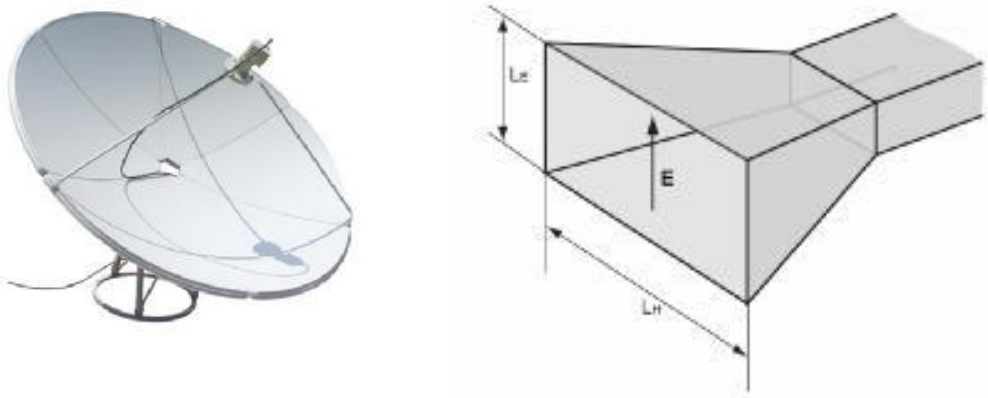


الشكل (1-4) يوضح انواع الهوائيات السلكية

(2-4-1)الهوائيات البوقية والصحنية Dish Antennas & Horn

نظرا لأن أبعاد الهوائيات يجب أن لا تزيد عن طول الموجة التي تبثها أو تستقبلها فإن الهوائيات السلكية تصبح صعبة التصنيع وقليلة الكفاءة عند الترددات التي تزيد عن ألف ميغاهيرتز حيث يبلغ طول الموجة عند هذا التردد ثلاثة سنتيمترات والشكل (1-5) يوضح نموذج الهوائي البوقي. ولذلك فإن الموجات التي يزيد ترددها عن واحد جيغاهيرتز أي في مدى الموجات الدقيقة(microwave) تستخدم مرشدات الموجات (wave guides) لنقلها والهوائيات البوقية والصحنية لبثها أو إلتقاطها. فالهوائيات البوقية ما هي إلا مرشدات أمواج يتم زيادة أبعاد فوهتها (aperture) بشكل تدريجي ابتداءا من أبعاد مرشد الأمواج الذي يغذيها وتأتي على عدة أشكال كالهوائي الهرمي (pyramid) والهوائي المخروطي(pyramid) وتبث هذه الهوائيات الموجات بشكل موجه . وذلك بالاتجاه العامودي على فوهة الهوائي ويتحدد مقدار كسب الهوائي من مساحة الفوهة وطول البوق وهي المسافة من نقطة التغذية إلى الفوهة. وعلى الرغم من أنه يمكن الحصول على قيم عالية للكسب باستخدام هذه الهوائيات إلا أن أبعادها تصبح كبيرة جدا وتستهلك كمية كبيرة من المعدن. ولهذا السبب فإن هذه الهوائيات البوقية غالبا ما تستخدم كهوائيات ابتدائية(primary antenna) وبأحجام صغيرة لتغذية الهوائيات الصحنية والتي تتميز بكسبها العالي بأقل مساحة معدنية ممكنة. والهوائي الصحني هو سطح معدني يتم تشكيله على شكل قطع مكافئ ولذلك تسمى أيضا الهوائيات ذات القطع المكافئantennas (parabolic) وعندما تسقط موجة سطحية مستوية (uniform planewave) على هذا السطح فإنها تنعكس عنه وتتجمع في بؤرته حيث يتم جمعها بالهوائيات القرنية وإذا ما استخدمت كهوائي إرسال فإنه يتم وضع الهوائي القرني عند بؤرة الصحن وعند إشعاع هذا الصحن بالموجة المنبعثة من الهوائي الإبتدائي فإنها تنعكس عنه على شكل خطوط مستقيمة مما يؤدي للحصول على كسب عالي. ويتناسب كسب الهوائيات الصحنية مع مربع حاصل قسمة قطر فوهة الصحن على طول الموجة المستخدمة وهذا يعني أنه إذا كان قطر الصحن ثابتا فإننا نستطيع رفع مقدار الكسب من خلال زيادة التردد حيث أنطول الموجة يتناسب عكسيا مع مقدار التردد. وتستخدم الهوائيات الصحنية في معظم الأنظمة التي تعمل في مجال الموجات الدقيقة كأنظمة الميكروويف الأرضي وأنظمة الأقمار الصناعية وأنظمة الرادار والتلسكوبات الراديوية وتتراوح أقطار الصحون المستخدمة في هذه الأنظمة من عدة عشرات من السنتيمترات كما في الصحون المستخدمة في إلتقاط

الإشارات التلفزيونية من الأقمار الصناعية إلى مائة متر في التلسكوبات الراديوية (radio telescopes)



شكل (1-5) يوضح نموذج الهوائي البوقي والصحني

الفصل الثاني

2-1 المقدمه Introduction

تعد الامواج الكهرومغناطيسية احد اهم الاكتشافات العلمية في العصر الحديث فهي التي تنقل العديد من اشارات المعلومات والصوت والصور عبر الاثير ولملايين الاميال من جميع انحاء العالم فهنالك العديد من الاجهزة التي تعتمد بصفه اساسيه على هذا النوع من الموجات ومنها :

1- محطات البث الاذاعي

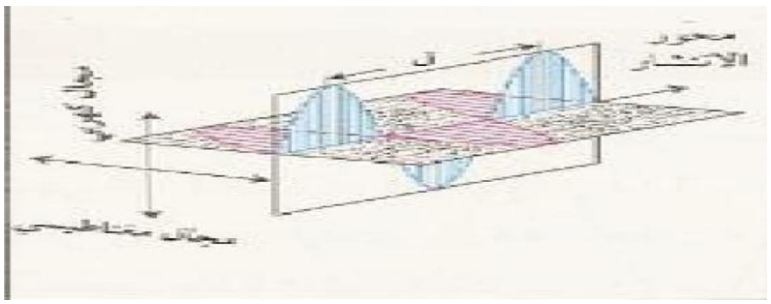
2- اجهزه التلفاز

3- الهواتف النقالة

4- محطات البث الميكروي والرادار

2-2- الموجات الكهرومغناطيسية The Electromagnetic Waves

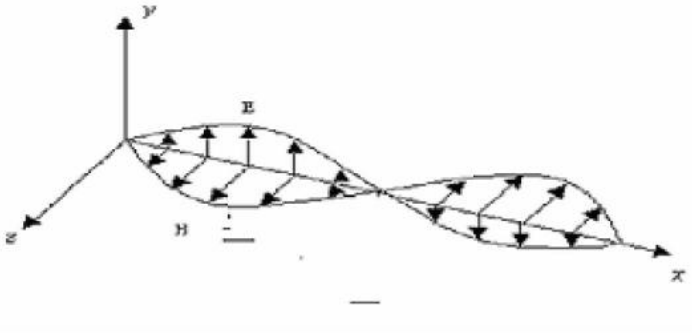
المجال الكهرومغناطيسي يتكون من مجال كهربائي Electric Field ومجال مغناطيسي Magnetic Field يوجد هذان المجالان في كل الدوائر الكهربائية لان اي موصل يحمل التيار الكهربائي يولد مجال مغناطيسي حول الموصل واي نقطتين بينهما فرق جهد يولدان مجال كهربائي . هذان المجالان يحتويان على طاقه عاده ما تبقى داخل الدائرة اذا خرجت هذه الطاقة خارج الدائرة فهذا يعني انه قد تم بثها بشكل جزئي وهذا غير مرغوب فيه لأنها تسبب تداخلا مع الاجهزة الالكترونية الاخرى الموجودة في الجوار ويسمى هذا التداخل Radio Frequency (Interference)RFI اذا كان هذا من مرسل راديوي واذا كان من مصدر اخر يسمى EMI (Electro Magnetic Interference) في حاله المرسل الراديوي فان الهوائي يجب ان يبث طاقه موجة بشكل حر حيث يتم تصميم الهوائي بحيث لا يسمح بعودة طاقه الموجه الكهرومغناطيسية مره اخرى الى الدائرة



شكل (2-1) يوضح شكل الموجة الكهرومغناطيسية.

شكل (2-1) يوضح شكل الموجة الكهرومغناطيسية

يرمز للمجال الكهربائي بالرمز (E) وللمجال المغناطيسي بالرمز (H) واتجاه الانتشار يكون عمودية على كلا المجالين وكلا المجالين متعامد على الاخر شكل (2-2) يوضح تعامد المجال المغناطيسي مع الكهربائي.



شكل (2-2) يوضح تعامد المجال المغناطيسي مع الكهربائي.

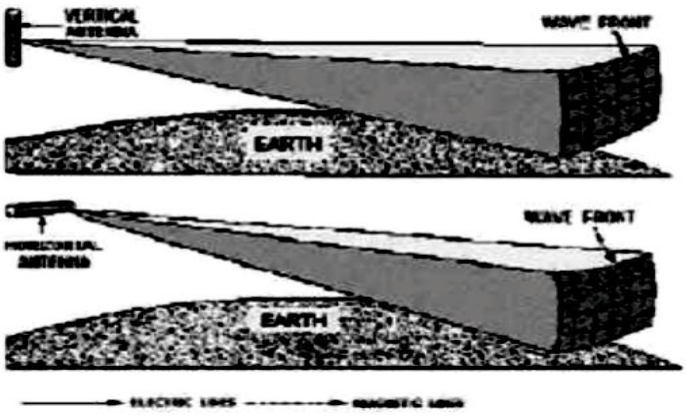
3-2 القطبية : Polarization

الموجات الكهرومغناطيسية تحدد اتجاه المجال الكهربائي (E) في الشكل 2-3 الموجه لها قطبيه عمودي كما سنرى لاحقا فان اتجاه الهوائي يحدد القطبية . الهوائي العمودي ينتج موجه مستقطبه عمودية.

تبنى الشبكات اللاسلكية للسماح للأشاره اللاسلكية بالانتشار ضمن مستويات افقيه وعموديه حيث يشير الاستقطاب الى اتجاه الحقل الكهربائي للأمواج اللاسلكية والشكل 3-1 يوضح الاستقطاب الافقي والعمودي.

1- اذا كان الحقل الكهربائي افقيا يقال عن الهوائي انه مستقطب افقيا

2- اذا كان الحقل الكهربائي عموديا يقال عن الهوائي انه مستقطب عموديا



شكل 2-3 الاستقطاب الافقي والعمودي

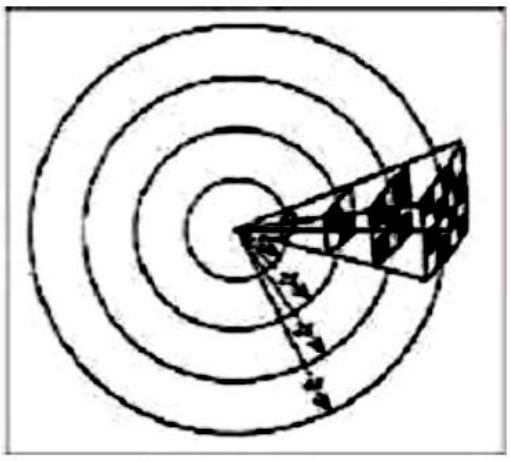
4-2 مقدمه الموجه : Wave Front

اذا تم بث الموجة الكهرومغناطيسية بشكل متساوي في جميع الاتجاهات في الفراغ من نقطه فان مقدمه موجه كرويه يسمى هذا المصدر نقطه المصدر (Isotropic) مقدمه الموجه Wave Front تعرف بانها المستوى الذي يجمع كل النقاط التي لها نفس الطور في الشكل السابق يوجد اربع مقدمات موجه تبعد كل مقدمه عن الاخرى مسافه ثابته (D) نقطه المصدر تبث بشكل متساوي في جميع الاتجاهات حيث تسير الموجة بسرعه الضوء بحيث تصل الطاقة الى المستوى المبين عند مقدمه الموجة والشكل (2-4) يوضح مقدمة الموجة.

ان شده القدرة (p ($^{watt}/_{m2}$ عند مقدمه الموجه الاولى تتناسب بشكل عكسي مع مربع المسافة بوحده المتر

$$P= p_t /4\pi r2 \qquad (1-2)$$

اذا كانت النقطة التي تقع على سطح مقدمه الموجة الثانية لها ضعف المسافة لمقدمه الموجة الاولى من المصدر فان شده القدرة عند الثانية هي ربع شدة القدرة عند الاولى



(2-4) شكل يوضح مقدمة الموجة

5-2 الانعكاس Reflection

كما ينعكس الضوء بواسطه المراة فأن الموجات الكهرومغناطيسية تنعكس بواسطة اي وسط موصل مثل المعادن او سطح الارض حيث تكون زاويه السقوط مساويه لزاويه الانعكاس ومن الملاحظ ان هنالك تغير في الطور بين الموجه الساقطة والمنعكسة كما نرى في الفرق بين اتجاهي الاستقطاب الموجه الساقطة والمنعكسة يوجد بينهما فرق في الطور 180 درجه الانعكاس الكامل يحدث في حاله الموصلات النظرية التامة وعندما يكون المجال الكهربائي متعامد على السطح وفي هذه الحالة تكون قيمه معامل الانعكاس :

$$\rho = \bar{E} / E \qquad (2\text{-}2)$$

حيث

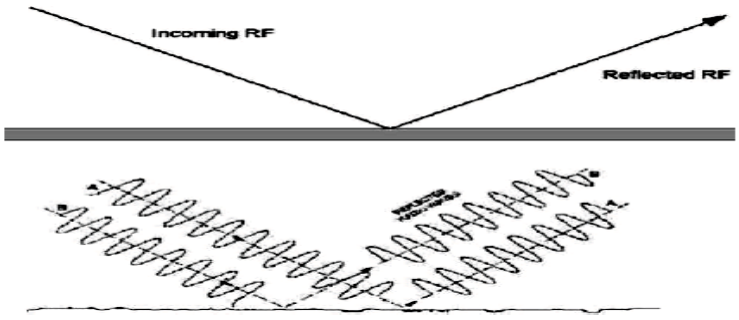
E : شده المجال الكهربائي الساقط

$\bar{E}$: شده المجال الكهربائي المنعكس

قيمه معامل الانعكاس اقل من الواحد بسبب وذلك لان امتصاص جزء من الطاقة من قبل الموصل غير التام وايضالأن جزء من الطاقة سينتشر داخل السطح العاكس.

ان المجال الكهربائي سيحدث له قصر (Short OUT) وستبدد كل الطاقة الكهرومغناطيسة على شكل تيارات سطحيه في الموصل اذا كان المجال الكهربائي موازي بشكل جزئي للسطح فأنه سيحدث قصر جزئي . الشكل (2-5) يوضح انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية على سطح الارض.

عندما يكون السطح العاكس منحني كما في حالة الهوائي الطبقي فأنه يمكن تحليل الموجة بالقوانين الضوئية مثل تركيز الطاقة في البؤرة.



الشكل (2-5) يوضح انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية على سطح الارض

(2-6) الانكسار : Refraction

هذا يحدث في الموجات الكهرومغناطيسية بشكل مشابهة لانكسار الضوء وللأمواج الراديوية كما موضح بالشكل (1-6) ومن الواضح ان قيمه معامل الانعكاس هي اقل من الواحد لان جزء من الموجة ينتشر في السطح العاكس عند حدوث انكسار ترتبط زاويه السقوط (θ_1) وزاويه الانعكاس (θ_2) من خلال قانون سنيل (Snell's Law)

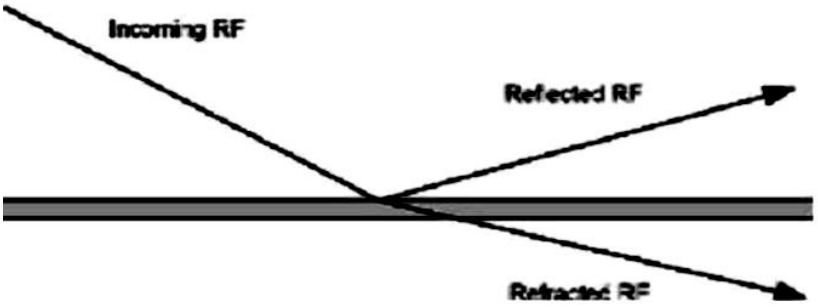
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \qquad (3\text{-}2)$$

حيث :

n_1 : معامل انكسار لوسط الموجه الساقطة

n_2 : معامل انكسار لوسط الموجه المنكسرة

قيمه معامل انكسار المحيط للهواء المفرغ هي واحد بالضبط تقريبا وواحد للغلاف الجوي و 1.5 للزجاج و 1.33 للماء

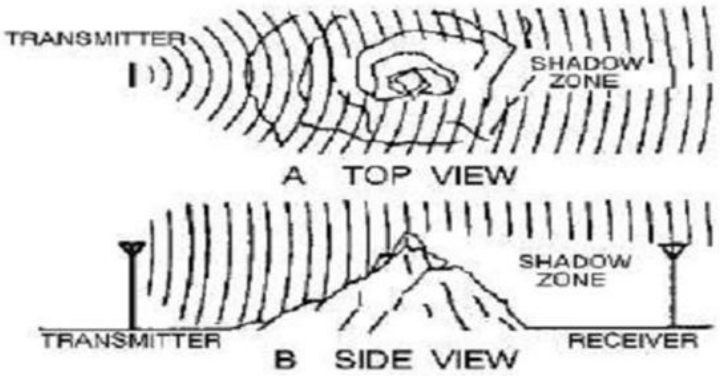


شكل (1-6) يوضح انكسار الامواج

(2-7) الحيود : Diffraction

هو ظاهرة انحناء الموجات الكهرومغناطيسية التي تسير بخط مستقيم حول العوائق وهذه الظاهرة تفسر بمبدأ هايغنس (Haygens Principle) وينص هذا المبدأ على ان "كل نقطه في مقدمة الموجة الكروية يمكن اعتبارها كمصدر مقدمة موجة كرويه ثابتة " وهذا المبدأ ذو أهميه لأنه يمكننا من تفسير الاستقبال الراديو خلف جبل او مبنى مرتفع.

نرى من الشكل (2-7)عملية الحيود التي تسمح بالاستقبال خلف جبل باستثناء منطقة صغيرة تسمى منطقة الظل (Shadow Zone) كما هو واضح في الشكل فأن الموجات الكهرومغناطيسية تحيد على القمه وجوانب العائق تصبح مقدمات الموجات المباشرة التي تجاوزت العائق مصدر جديد لمقدمات موجات تملأ المنطقة الخالية كلما قل التردد لهذه الموجات كلما أسرعت عمليه الحيود (أي تقل منطقه الظل)

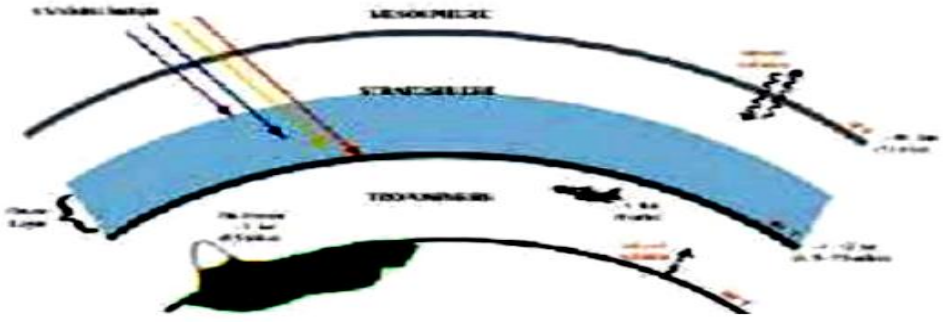


شكل (2-7) يوضح عملية الحيود

(2-8) انواع طبقات الغلاف الجوي

(2-8-1) طبقه التربوسفير : Tropospher Layer

وهي الطبقة الملاصقة لسطح الارض , ويبلغ متوسط أرتفاعها حوالي (6.5) ميل فوق سطح البحر وتسمى الطبقه المناخية لانها الطبقة المؤثره في تغيرات المناخ وفيها كافه الظواهر الجوية كالأمطار والسحاب والضباب وغيرها .. تحتوي هذه الطبقة ايضا على معظم بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي واما كتله الهواء في هذه الطبقة فهي تعادل 80% من كتله الغلاف الجزئي باكمله وتقل درجه حراره الهواء وكثافتهه وضغطه كلما ارتفعنا الى الى الاعلى في هذه الطبقة.



شكل (2-8) يوضح طبقة التروبوسفير

(2-8-2) طبقه الستراتوسفير Stratosphere Layer

يتراوح ارتفاعها ما بين 6.5 وحتى 23 ميل فوق سطح البحر وتتميز هذه الطبقة بالاستقرار التام في جوها حيث ينعدم بخار الماء فيها وتخلو من الظواهر الجوية وتحتوي هذه الطبقة على غاز الأوزون ..درجه الحرارة في الستراتوسفير لها قيمه ثابته وغير متذبذبة لذالك فهي غير معرضه لتقلبات بدرجه الحرارة ولا يمكن ان تسبب انكسارات مؤثره , الستراتوسفير الذي له درجه حراره ثابتة يسمى منطقه تماثل حراري (Isothermal Region) .

(3-8-2) طبقة الايونوسفير: Ionosphere Layer

تمتد هذه الطبقة من ارتفاع (23 وحتى 250 ميل) فوق سطح البحر وتحتوي على كميات كبيرة من الاوكسجين والنتروجين المتأين والالكترونات الحرة وهي مقسمة الى ثلاث طبقات داخلية ولكل منها خصائصها المميزة ويتغير سمكها بتغير الليل والنهار وبتغير الفصول والنشاط الشمسي تسميه الايونوسفير مناسبه لأنه يتكون بشكل رئيسي من جزيئات متأينة تكون الكثافة من السطح العلوي للايونوسفير قليله جدا وتقل بشكل طردي كلما توجهنا لاصفل ناحية الارض والمنطقة العليا من الايونوسفير هي عرضه لأشعات كبيره من الشمس , الاشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet Radiation) من الشمس تسبب تاين الهواء الى الالكترونات حرة وايونات موجبه وسالبه .

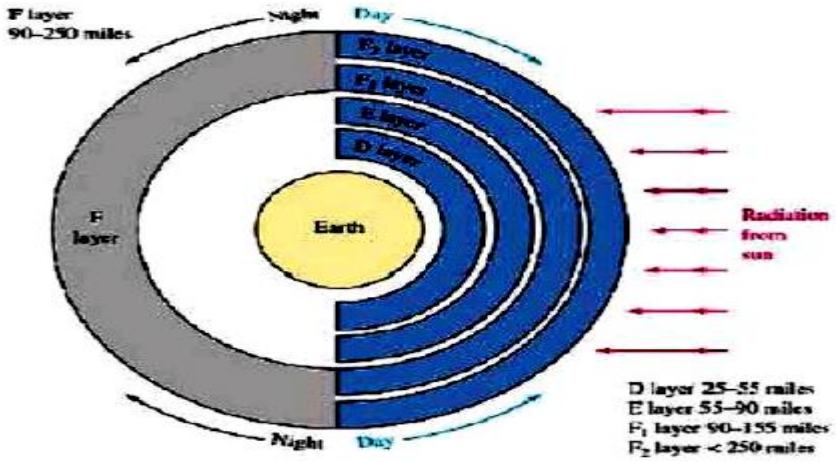
(9-2) طبقات الايونوسفير : Layers of Ionospher

يتكون الايونوسفير من ثلاث طبقات يرمز لها من الاسفل الى الاعلى بالاحرف D.E.F الطبقه F تقسم الى F1 الطبقى السفلى و F2الطبقه العليا , وجود او انعدام احدى هذه الطبقات داخل الايونوسفير وارتفاعها فوق سطح البحر يتغير حسب موقع الشمس في اوقات الظهيرة يكون الاشعاع من الشمس له قيمه عظمى بينما في المساء يكون في قيمتهه الدنيا وعندما يزول الاشعاع فان العديد من الايونات التي تأينت تتحد من جديد .

الفتره الزمنيه بين هذه الظروف هي التي تحدد موقع وعدد الطبقات المتأينه في الايونوسفير, بما ان موقع الشمس بالنسبة لنقطه من الارض يتغير بشكل يومي وشهري فان الخصائص الدقيقه لهذه الطبقات يصعب التنبؤ بها ولكن يمكن توضيح الطبقات بالشكل (2-9) :

1- الطبقة D (Layer D)

تمتد من 25 الى 50 ميل , التأين في هذه المنطقة قليل بسبب انها الطبقة السفلى من الأيونوسفير (الابعد عن الشمس) لديها القدره على كسر الامواج ذات التردد المنخفض والترددات العاليه تخترقها , تزول هذه الطبقة بعد غياب الشمس بسبب الاتحاد السريع لأيوناتها.



شكل (2-9) يوضح طبقات الايونوسفير

2- الطبقة E (Layer E)

تمتد من ارتفاع 55 الى 99 ميل تقريبا تعرف هذه الطبقة باسم اخر هو (Kennelly-Heaviside) لان هذان العالمان هما اول من افترضا وجودها معدل اتحاد الايونات في هذه الطبقة سريع نسبيا بعد زوال الشمس ويكون كلي عند منتصف الليل وهذه الطبقة لديها القدرة على كسر موجات ذات تردد اعلى من تلك التي كسرت بواسطه الطبقة D عمليا الطبقة E لديها القدرة على كسر الاشارات حتى تردد 20MHZ .

3- الطبقة F (Layer F)

تمتد هذه الطبقة من ارتفاع 90 الى 250 ميل , تنقسم هذه الطبقة خلال ساعات النهار الى طبقتين F1 و F2 مستوى التأين عالي نسبيا في كلا الطبقتين الجزئيتين ويتغير بشكل واسع في ساعات النهار حيث يكون الغلاف الجوي اقرب الى الشمس في وقت الظهيرة حيث تبلغ درجة التأين قيمتها العظمى تستخدم الطبقة F في الترددات العالية ارسال المسافات البعيدة بسبب الانكسار حتى الترددات 30MHZ .

الفصل الثالث

تأثير الموجات الكهرومغناطيسية واثارها

3-1 المقدمة : Introduction

مع تطور الحياة وتعقيداتها واتساع دائرة التقدم العلمي والاختراعات التي جاءت لخدمة الانسانية كان لابد من الوقوف على تأثيرات وانعكاسات بعض الانجازات سلبيا على الطبيعة والانسان . ومن هنا نذكر الانجاز الكبير الذي جاء من اختراع الاجهزة التي تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية الذي قدم خدمات كبيرة للانسان وتحقيق قفزات نوعية لتحقيق خدمة التطور الانساني بجميع جوانبه . ولكن هذا التقدم العلمي في مجال الطاقة والاتصالات له سلبيات قد يؤثر بشكل مباشر او غير مباشر على صحة الانسان . في هذه الدراسة نقوم باستعراض الاثار السلبية المحتملة لاستخدام الموجات الكهرومغناطيسية .

3-2 الاعراض المرضية : Indications

أكدت العديد من الدراسات العلمية ان التعرض لمستويات عالية من الاشعاعات الكهرومغناطيسية وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الاعراض المرضية ومنها :

3-2-1 امراض الدماغ والسرطان :

حذر مخترع رقائق الهاتف المحمول , عالم الكيمياء الألماني فرايدلهايم فولنهورست , من مخاطر ترك اجهزة الموبايل مفتوحة في غرف النوم على الدماغ البشري , وقال أن ابقاء تلك الاجهزة او أي اجهزة ارسال او استقبال فضائي في غرف النوم يسبب حالة من الارق والقلق وانعدام النوم وتلف في الدماغ مما يؤدي على المدى الطويل الى تدمير جهاز المناعة في الجسم . واكد ان الاشعاعات المنبعثة من محطات تقوية الهاتف الهاتف المحمول تعادل في قوتها الاشعاعات الناجمة من مفاعل نووي صغير , وكما ان الترددات الكهرومغناطيسية الناتجة من الموبايل اقوى من الاشعة السينية التي تخترق كافة اعضاء الجسم , واشار الى انه يمكن ان تنبعث من المحمول طاقة اعلى من المسموح به لأنسجة الراس عند كل نبضه يرسلها , حيث ينبعث من التليفون المحمول الرقمي اشعة كهرومغناطيسية ترددها 900 ميكا هيرتز على شكل نبضات ويصل زمن النبضة الى 546 ميكرو ثانية ومعدل تكرار النبضة 215 هيرتز وأشار بهذا الصدد الى العديد من الظواهر المرضية التي يعاني منها غالبية مستخدمي الموبايل مثل الصداع وضعف الذاكرة والأرق والقل اثناء النوم وطنين في الاذن ليلا , كما ان التعرض لجرعات زائدة من هذه الموجات الكهرومغناطيسية يمكن ان يلحق اضرارا بمخ الانسان وفسر طنين بالاذن بأنة ناتج عن طاقة زائدة في الجسم البشري وصلت الية عن طريق التعرض الى المزيد من الموجات الكهرومغناطيسية , وقال البروفيسور ان اشعاعات الهاتف المحمول تضرب خلايا المخ بحوالي 215 مره كل ثانية مما ينجم عنة ارتفاع نسبة التحول السرطاني بالجسم 4% عن المعدل الطبيعي . ان البحث الذي اجراه الدكتور بروني وزملاؤه سنه 1998م وتوصل الى مايلي :

- انه بعد فتره تعرض حوالي 20 دقيقة الى الموجات المنبعثة من الهاتف النقال يحدث نقص مؤقت في عدد ضربات القلب (Bradycardia) .
- يزداد ضغط الدم بمقدار 10 ميلي زئبق وذالك لان القلب والاوعية الدموية المتصلة به حساسان للموجات المنبعثة من الهاتف النقال .
- من ثم يجب على مريض القلب او مريض الاوعية الدموية الحذر عند التعرض للموجات الكهرومغناطيسية .

3-2-2 أمراض الاطفال

بين عالم الفيزياء البريطاني جيراد هايلاند في بحث نشرته مجلة (لانست) (مخاوف كثيرة عن الاشعاعات) الكهرومغناطيسية الصادرة من الهواتف النقالة . وقال ان الصبية الذين تقل اعمارهم عن 18 عام اكثر عرضة لأثر الاشعاعات لأن أنظمة المناعة في اجسامهم اقل قوة من البالغين وهذه الاشعاعات لها تأثير على استقرار خلايا الجسم واهم اثارها على الجهاز العصبي وتسبب صداع واضطرابات النوم وفقدان الذاكرة يقول العالم كولين بلا كمورد أحد اختصاصي الجهاز العصبي بجامعة اكسفورد اذا كان من الممكن ان تسبب هذة الموجات مخاطر في المستقبل فأن الاطفال هم الاكثر عرضة لتلك المخاطر نظرا لعدم تطور جهازهم العصبي بالاضافة لكثرة تعرضهم للاشعاع في صورة مبكرة .

3-2-3 الضعف الجنسي :

حذرت دراسة من ان الافراط في التعرض للموجات قد يؤدي الى تدمير الحيونات المنوية , واشارات الى انخفاض سرعة الحيونات المنوية بشدة لدى هؤلاء الاشخاص مقارنة بالذين يتعرضون لها باعتدال . واكد الدكتور اشوك أجروال الذي قاد فريق البحث أن هذا التغير في كمية ونوعية السائل المنوي لدى من يتعرض للموجات بصوره مفرطة يرجع الى تاثير الاشعاع الذي له تاثير شديد الضرر على الحامض النووي الذي يؤثر بدوره على خلايا الخصيتين التي تنتج الهرمون التيستوستيرون او الانابيب التي تنتج فيها الحيوانات المنوية . وأشار اجروال الى ان الدراسة لم تثبت التاثير المدمر للموجات على الحيوانات المنوية وانما تظهر ضروره الحاجة الى المزيد من الدراسات .

3-2-4 تأثير الحامض النووي :

دلت الابحاث على أن تعرض الحامض النووي داخل نوا الخلية الحية DNA الى موجات الميكروويف ,ومنها موجات التليفون المحمول يؤدي الى تهتك ودمار في السلسلة الكيميائية للحامض , ولا سيما خلايا المخ . جاء ذالك في بحث للدكتور ساركر وزملائة عام 1994 ثم بحث للدكتور دانيال وزملائة عام 1994 عندما عرض الاخير ديدان النيماتودا الى موجات المايكروويف الصادرة عن جهاز نوكيا 2115 الصادر عن شركة نوكيا ووجد ان

خلايا الديدان اظهرت تمتكا في السايتوبلازم RNA داخل النواة وكذالك الحامض النووي DNA الحامض النووي كما وجد د. تيسى وزملاؤه عام 1999 ان الحامض النووي يتعرض لتهتك عند سقوط موجات المحمول من DNA جميع انواعه . وخلص ايضا د. ليود سنك عامي 1995-1996 الى ان الكسور في سلسلة الحامض النووي قد زادت عن مثيلتها في العينة الضابطة في خلايا المخ بفئران التجارب , وذالك بعد ساعتين فقط منذ بدأ التعرض . أما د. فيليبس عام 1999 فقد ربط بين جرعة التعرض لموجات المحمول وعدد الكسور في الحامض النووي ووجدت علاقة طردية بينهما فيما يعرف بعلاقة الاثر بالجرعة . أما د.خليل وزملائه عام 1993 فقد لاحظوا أن تعرض الخلايا الليمفاوية البشرية لجرعة 167 ميكا هيرتز تسبب تغيرات في الكروموزومات , واكد ذالك د. ماسى وزملاؤه عام (1997) بجرعة 935.2 ميكا هيرتز .

كما ان دراسة اخرى قامت بها 12 مجموعة من الباحثين عبر أوربا وجدت ان خلايا الحامض النووي من (DNA) تتحطم اذا ماتعرضت لموجات لاسلكية عالية التردد وقالت الدراسة ان تدميرحامل الجينات الوراثية شأنه أن يؤدي الى امراض كارثية مثل السرطان وفقا لما الت اليه الدراسة. وتفيد الدراسة ان الخلايا الاكبر سن اكثر حساسية للموجات ذات التردد المنخفض من الخطوط الكهربائية وكذالك الموجات عالية التردد الصادرة عن سماعة الهاتف . ونقل عن احد اعضاء الفريق الالماني البروفيسور فرانز ادو كلوفر قوله ان الدراسة أضهرت أن نظام الأصلاح الجيني يفقد من فعاليته بتقدم العمر لذالك فأن كبار السن أكثر عرضه لخطر هذه الموجات ورغم أن ادو كلوفر نصح بأستخدام الخطوط الارضية من قبيل الوقاية فأنه حذر من ان الدراسة لم تثبت ان الهواتف المحمولة سببت امراضا لأن البحث تم اجراؤه في مختبرات ولم يعكس الحياة الحقيقية . ولكنة اضاف انة تم تنفيذ هذه التجارب في قنوات زجاجية لذا يصعب اثبات ذالك مؤكدا ان تلك البيانات تدعم التوجه بأن هناك شيئا ما في الافق ودعا الى المزيد من التجارب .

3-3 امراض مرضية اخرى : Other Indications

اظهرت بعض الدراسات تاثيرات اخرى للامواج الكهرومغناطيسية منها :

- زيادة حرارة الدماغ مما يحدث تفاعلا بين الكالسيوم داخل خلايا الدماغ وخارجها فيمنعه من الدخول اليها ويجعلها غير أمنه فأذا حصل اي طارئ لا تستطيع الدفاع عن نفسها .
- التاثير على النخاع الشوكي مما يؤثر على جهاز كريا ت الدم الحمراء والبيضاء وجهاز الدماغ والجهاز التناسلي
- التأثير على خلايا الحمل فهي تتغير في الجينات والكروموزوم وقد يحدث تشوهات للجنين اذا تعرض لاشعاعاته.
- التداخل مع الاجهزة الالكترونية الدقيقة مثل الاجهزة الطبية مما قد يسبب أخطارا على المرضى .
- الشيخوخة المبكرة .
- يشك أن مستخدمي المحمول بشكل كبير يمكن أن يصابوا بفقدان البصر .

4-3 النتائج Termination

ان البحوث والدراسات التي سبق استعراضها في الفقرة السابقة تشير الى النتائج الاتيه :

1)) تتفق العديد من البحوث العلمية أنه لم يستدل على اضرار صحية مؤكدة نتيجة التعرض للأشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات أقل من 0.5 ميلي وات / ^{2}سم الا أن التعرض لمستويات أعلى من هذه الاشعاعات وبجرعات تراكمية قد يتسبب في ظهور العديد من الأعراض .

2)) الشعور بتأثيرات وقتية منها النسيان وعدم القدرة على التركيز وزيادة الضغط العصبي وذالك بعد التعرض للأشعاعات الكهرومغناطيسية بمستوى 10 ميلي وات / ^{2}سم .

3)) التعرض للأشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدا 120 ميلي وات /سم^2 فما فوق يؤثر في وظيفة افراز الهرمونات من الغدة النخامية , الامر الذي قد يؤثر في مستوى الخصوبة الجنسية .

4)) يتخيل المتعرضون للأشعاعات الكهرومغناطيسية بمستويات تبدا من 700 ميلي وات/ ^{2}سم سماع اصوات كما لو كانت صادرة من الرأس أو بالقرب منه .

5)) ان الموجات الميكرومترية التي يستخدمها المحمول وهوائياته من 900 ميكا هيرتز الى 2.3 كيكا هيرتز تسمى موجات غير مؤينه , اي انها اضعف من ان تفكك جزيئات الجسم وتضر به ضررا مباشرا مثلما تفعل الاشعة النووية أو حتى الأشعة السينية .

6)) ان ترددات الراديو يمكن ان تسبب زيادة في ذبذبة الذرات المكونة للأنسجة البشرية وتوليد بعض الحرارة في حين ان مستوى الترددات التي تصدر عن محطات التقوية الخاصة بالمحمول اقل من أن تسبب اي ارتفاع ملحوظ في درجة حرارة الجسد بأكمله .

5-3 التوصيات : Recommendations

1)) عدم الاقتراب من محطات الهوائيات الخلوية فهو ممنوع حيث ان مستوى الاشعاع يمكن ان يتجاوز الحدود الدولية المسموح بها .

2)) ينبغي الا يوضع الموبايل في الحزام او في غلاف به معدن , لأن ذلك يزيد من نسبة امتصاص الموجات الكهرومغناطيسية .

3)) ينبغي عدم استخدام المحمول في الاماكن المغلقة مثل المصعد او داخل السيارة , حيث تخرج من التليفون المحمول موجات أقوى لكي تتم عملية الاتصال , ويتم امتصاص جزء كبير منها من خلال جسم الانسان وخلاياه

4)) عندما تشتري موبايل ينبغي ان تبحث في كتالوج التشغيل الخاص به عما يسمى (Specific Absorption rate)

اي نسبة الامتصاص النوعية التي تحدث من خلال امتصاص الجسم لما يصدر عن الموبايل من طاقة واشعاع وكلما كانت هذه النسبة أقل , كان ذلك افضل .

5)) تجنب اخذ المحمول معك الى الفراش او تحت المخدة التي تنام عليها , لان الموجات المنبعثة منه قد تؤثر على كهرباء المخ مما يسبب اضطراب النوم , صداعا , عدم التركيز , نسيان .... الخ

6)) عدم الاتصال اذا كانت الشبكة ضعيفة لأن الجوال يعمل باقصى استطاعة وهذا يضاعف الاستطاعة عدة مرات عند الاتصال بالشبكة .

7)) الحفاظ على بعد الامان للأشخاص الذين لديهم منظم قلب أو جهاز سمع , حوالي 52 سم لأنه ثبت ان الهواتف النقالة تشوش جهاز تنظيم ضربات القلب بنسبة 50%

8)) ان شركات الهاتف الخلوي ملزمة بوضع حد لمعامل الأمان ضد الأشعاع , كما يرى بضرورة اخضاع محطات تقوية الارسال الخلوي للمراقبة للتأكد من مدى مطابقتها للمواصفات القياسية العالمية فيما يتعلق بعوامل الامان الاشعاعي ، واتباع ما اشترطت عليه بعض المراكز البحثية والمختصون عند بناء وتركيب محطات الهاتف الخلوي ومنها :

a)) ان يكون ارتفاع المبنى المراد اقامة المحطة فوق سطحه في حدود 15-50 متر

b)) ان يكون ارتفاع الهوائي اعلى من المباني المجاورة في دائرة نصف قطرها 10 متر

c)) ان يكون سطح المبنى الذي يتم تركيب الهوائي فوقه من الخرسانة المسلحة .

d)) ان لاتقل المسافة بين اي محطتين على سطح نفس المبنى عن 12 متر

e)) ان يكون الهوائي من النوعية التي لاتقل نسبة الكسب الامامي مقارنة بالكسب الخلفي عن 20 ديسبل

f)) لا تقل المسافة بين الهوائي والجسم البشري عن 12 متر في أتجاه الاشعاع الرئيسي .

g)) لا يسمح بتركيب الهوائي فوق اسطح المباني المستغلة بالكامل كالمستشفيات والمدارس .

h)) ان يتم وضع حواجز معدنية من جميع الاتجاهات .

i)) الزام الشركات بالمواصفات الخاصة بالاشعاع طبقا لما اصدرتة جمعية مهندسي الكهرباء والالكترونات الامريكية والمعهد القومي الأمريكي للمعايرة (IEEE) والتي تنص على ان الحد الاقصى لكثافة القدرة يجب ان لا يتجاوز 0.4 ميلي واط / ^{2} سم على ان تقدم الشركة شهادة بذلك .

j)) يجب عدم توجيه الهوائيات في اتجاة ابنية مدارس الاطفال .

المصادر

1- E.Jordan and K. Balmain," Electromagnetic Waves and Radiating Systems", Prntice- all, New York .

2- A.A. Pistlkors,"The Radiation Resistance of Beam Antennas",Proc. IRE, l.17, ,March1929

3- Andrew, A. M. (1991). Electromagnetic Energy in the Environment and human disease. Clinical Ecology volume III number (3)

4- التلفون المحمول والتلوث الكهرومغناطيسي-2003–تأليف د. عبد الستار صلاح الدين

5- د. امجد قاسم – مخاطر التلوث الكهرومغناطيسي على صحة الانسان-2008

6- K. Fujimoto and J.R.James," Mobile Antenna Systems Handbook",Artech Hous, Norwood, MA,1994 .

7- R.C. Hansen," Fundamental Limitation in Antennas", IEEE, 1981

8 -Possible effects of Electromagnetic Fields (EMF) on Human Health. 2010 Scientific Committee On Emerging And Newly Identified Health Risks (SCENIHR

9- Andrew, A. M. Electromagnetic Energy in the Environment and humanDisease. Clinical Ecology volume III number (3) (1991

10- Adey,W.R."Tissue interactions with non-ionizing electromagnetic fields" Physiological Reviews 61-. 1981

.