حكايات علمية

٣٤

الموجات الكهرومغناطيسية وآثارها فى حياتنا

دكتور مهندس/ سمير محمود والى

دار المعارف

تصميم الغلاف: محمد أبو طالب

تم تنفيذ المتن والغلاف

بالمركز الإلكترونى

بدار المعارف

الناشر: دار المعارف . ١١١٩ كورنيش النيل . القاهرة: ج. م. ع.

إعداد الماكيت: أمانى والى

الأثير

اعتاد محمد ذو الثامنة عشر عاما وأخته أمانى التى تصغره بعامين أن يتناولا طعام العشاء مع والديهما أثناء مشاهدتهم لبرامج التلفزيون فى حديقة منزلهم، وفى ذات ليلة من ليالى الصيف المقمرة، وبينما كانت الأسرة تتناول طعام العشاء وتستمع بمشاهدة التلفزيون، شاهد الجميع إعلانا تلفزيونيا يفيد أنه بمناسبة ذكرى وفاة سيدة الغناء العربى السيدة أم كلثوم سيقدم التلفزيون تسجيلا نادرا وقديما للغاية لإحدى حفلاتها، وما هى إلا دقائق حتى بدأ ذلك التسجيل القديم بتقديم من مذيع الحفلة قائلا: "نبث لكم هذه الحفلة عبر موجات الأثير".

أثارت جملة "موجات الأثير" اهتمام محمد ولكنه لزم الصمت وتابع الاستماع إلى الحفلة، ولكن قبل نهاية الحفلة انقطعت الصورة والصوت من جهاز التلفزيون.. صاحت الأم: لقد انقطع الإرسال..!! عندئذ لم يتمالك محمد نفسه وسأل والده: ما هو الأثير..؟! وإرسال ماذا الذى انقطع؟! ماذا يرسل التلفزيون؟ ضحك الأب وهو يقول: لذلك قصة يا محمد هل تحب أن تسمعها؟! قالت الأسرة كلها: نحن جميعا فى شوق لهذه القصة، قال الأب: شهدت بداية القرن التاسع عشر نشاطا علميا مكثفا لمجموعة من العلماء الأوربيين كان أبرزهم ذلك العالم الذى لن يجود الزمان بمثله وهو العالم "م. فاراداى". فقد وضع هذا العالم أسس الهندسة الكهربائية علميا وعمليا حيث وضع نظرية توليد الكهرباء والتى بموجبها تم تصنيع المولدات الكهربائية والتى تنتج لنا الكهرباء حتى الآن، ويبدو فى شكل رقم (١) أول مولد لإنتاج الكهرباء فى التاريخ صممه وصنعه ذلك العالم الفذ.

شكل رقم (١)
أول مولد لإنتاج الكهرباء فى التاريخ، صممه وصنعه العالم العبقرى (فاراداى) .

وفى عام ١٨٣١م قام ذلك العالم بوضع نظرية الموجات الكهرومغناطيسية التى تعتبر أساس تصميم وتصنيع أجهزة الراديو والتلفزيون والرادار والأقمار الصناعية والأجهزة الطبية التشخيصية والعلاجية بالموجات الكهرومغناطيسية، ثم وضع العالم "جيمس كلارك ماكسويل" فى نهاية القرن التاسع عشر الصيغة الرياضية لهذه النظرية شكل رقم (٢).

شكل رقم (٢)
العالم « جيمس ماكسويل » واضع الصيغة الرياضية للنظرية الكهرومغناطيسية .

سأل محمد: ولكن ما هى نظرية الموجات الكهرومغناطيسية؟

أجاب الأب: إن لهذه النظرية قصة طريفة سأرويها لكم، لقد بدأ الأمر حين وضع "فاراداى" نظرية توليد الكهرباء، والتى تنص على أنه لكى يتم توليد جهد كهربائى بين طرفى أى موصل معدنى (سلك ممثلا) لابد من توافر ثلاثة شروط هى:

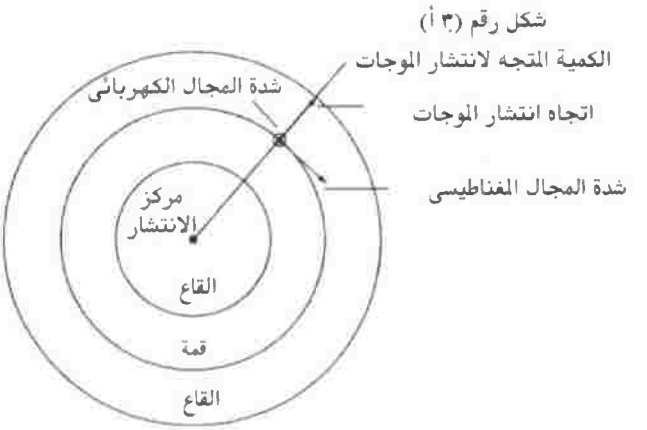
- موصل معدنى.
- مجال مغناطيسى.
- حركة نسبية بين الموصل المعدنى والمجال المغناطيسى.

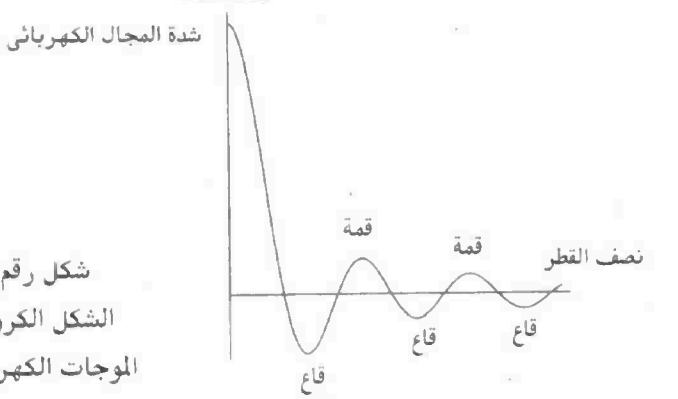
فإذا ما توفرت هذه الشروط الثلاثة فإن الجهد الكهربائى الناتج يساوى معدل تغيير المجال المغناطيسى بالنسبة للزمن (حيث إن هناك حركة نسبية مرتبطة بالزمن)، وقد لاحظ! "فاراداى" أن هذا المعدل له وحدات التيار الكهربائى فسماه: "تيار الإزاحة"، ولما سأله زملاؤه لماذا سميته تيار الإزاحة؟! إزاحة ماذا؟!

أجاب: إزاحة جزئيات مادة الأثير بعضها البعض، التى افترضها العالم "كريستيان هيجنز" عام ١٦٧٠م، قالوا: الأثير..؟! ما هو الأثير؟ ولماذا تزيح جزئياته بعضها عن البعض؟!

أجاب: فى الواقع إنى فى حيرة من أمرى.. إن وجود هذه الموجات المغناطيسية وكذا الموجات الكهربائية تعنى وجود "موجة"، والموجة حسب التعريف هى: "اضطراب فى وسط" أى حركة أو إزاحة جزئيات هذا الوسط بعضه البعض، وكنت أظن أن هذه الموجات هى نتيجة لاضطراب جزئيات الهواء وإزاحتها بعضها عن البعض، ولكنى حين تيقنت أن هذه الموجات الكهربائية والمغناطيسية تنتشر فى الفراغ حيث لا يوجد هواء افترضت أن هناك مادة ما تتخلل الفراغ والهواء والجماد والنبات والحيوان وكل شىء سميتها الأثير؛ لان هذه الموجات مغناطيسية تنتشر خلال كل شىء خلال الفراغ، خلال الجماد، خلال الإنسان كل شىء.. كل شىء فلابد من وسط ما تنتشر خلاله وتحرك جزئياته لأنها موجة، سألوه: وهل استطعت إثبات وجود هذا الأثير؟! أجاب: للأسف لا.. لم أستطع. سألوه: ولكن ما هى طبيعة هذه الموجات الكهرومغناطيسية؟!

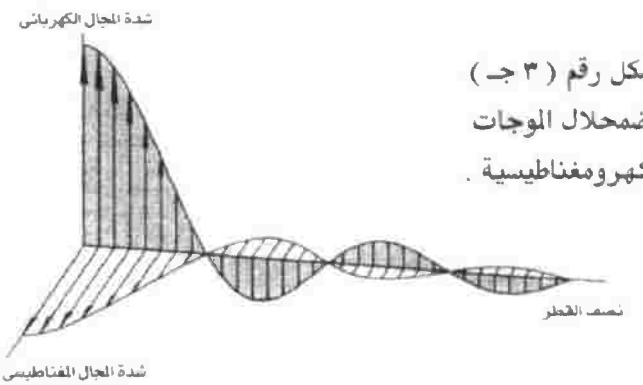
قال: كل ما أعرفه هو أن هذه الموجات الكهرومغناطيسية تتكون من مجالين متعامدين: أحدهما مجال كهربائى والآخر مجال مغناطيسى وأن اتجاه انتشارهما عمودى على اتجاه كلا المجالين، سألوه: كيف ذلك وما هو شكل هذه الموجات الكهرومغناطيسية؟! أجاب: إن هذا أيضا أمر محير، فتارة تتصرف هذه الموجات كأنها تنتشر بشكل كروى كما هو واضح فى شكل رقم (٣)



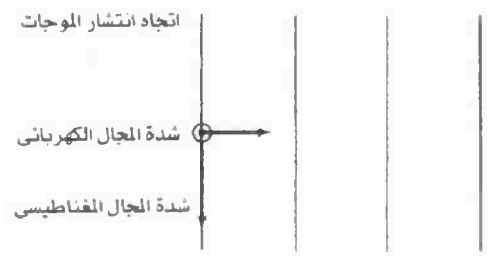


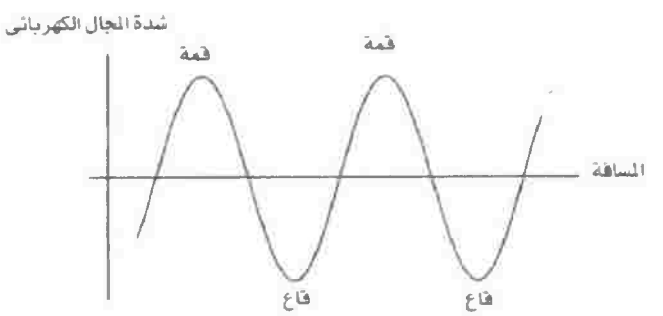
شكل رقم (٣ ب)
الشكل الكروى لانتشار
الموجات الكهرومغناطيسية.

وتارة تنتشر بشكل مستويات كما هو واضح فى شكل رقم (٤)



شكل رقم (٣ جـ)
اضمحلال الموجات
الكهرومغناطيسية .





شكل رقم (٤) انتشار الموجات الكهرومغناطيسية على شكل مستويات.

قالوا: إذن أنت لم تتوصل إلى الحقيقة العلمية الكاملة! قال: نعم ولكن الظاهرة موجودة، وأستطيع أن ألمس تأثير هذه الموجات فى عديد من التطبيقات الكهربائية.

سأل محمد والده: وهل ما زالت النظرية الكهرومغناطيسية ناقصة وغير كاملة علميا حتى الآن..؟!

أجاب الأب: كلا فقد قام عالم جليل هو: "ألبرت أينشتاين" شكل رقم (٥)

« ألبرت أينشتاين » واضع النظرية النسبية العامة والخاصة (إلى اليسار). شكل رقم (٥)

عام ١٩٠٥م بوضع النظرية النسبية الخاصة والنظرية النسبية العامة التى أتمت وأكملت أساس النظرية الكهرومغناطيسية التى بدأها "فاراداى".

سألت أمانى: كيف ذلك..؟!

أجاب الأب: بدون الدخول فى تفاصيل نظرية النسبية وحتى لا نفقد الخط الرئيسى فى شرح النظرية الكهرومغناطيسية فقد قامت النظرية النسبية بسبب الجدل العلمى الذى استمر قرابة سبعين عاما عن وجود مادة الأثير، وهل فعلا توجد هذه المادة التى تتخلل كل شىء والتى لا مرونة المطاط وصلابة الفولاذ فى آن واحد؟!

ولقد وضعت نظرية النسبية "لأينشتاين" ـ فيما يخص النظرية الكهرومغناطيسية . حلولا محددة وواضحة وقاطعة وهى:

١- لا توجد على الإطلاق مادة الأثير التى افترضها العالم "فاراداى".

٢- الموجات الكهرومغناطيسية حقيقة علمية وظاهرة طبيعية موجودة بالفعل، ولها سرعة ثابتة بغض النظر عن سرعة مصدرها وسرعتها تساوى ٣٠٠ مليون متر فى الثانية الواحدة.

سأل محمد: هل تقصد يا أبى بالموجات الكهرومغناطيسية موجات الراديو والتلفزيون..؟!

أجاب الأب: كلا، فإن طبيعة الموجات الكهرومغناطيسية تتحدد طبقا لطولها الموجى أو ترددها.

سألت أمانى: وما هو الطول الموجي؟!

أجاب الأب: كما تعلمون فإن السرعة تساوى الطول الموجى مضروبا فى التردد، وحيث إن السرعة ثابتة كما ذكرنا، فإن الطول الموجى هو المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين للموجة، وتتحدد طبيعة تلك الموجات طبقا لما يلى:

م	طبيعة الموجة	الطول بالمتر	التردد بالذبذبة/ ثانية
١	موجات الراديو والتلفزيون	$٠.١ - ٢ \times ١٠^{٤}$	$٣ \times ١٠^{٩} - ٠.٦٦ \times ١٠^{٤}$
٢	موجات الرادار	$١.٣ - ٠.٧٥ \times ١٠^{-٢}$	$٢.٣ \times ١٠^{٨} - ٤ \times ١٠^{١٠}$
٣	أشعة تحت الحمراء	١×١٠^{-٥}	٠.٦×١٠^{١٥}
٤	ضوء مرئي	٥×١٠^{-٧}	٠.٦×١٠^{١٥}
٥	أشعة فوق البنفسجية	٣×١٠^{-٨}	١×١٠^{١٦}
٦	أشعة إكس	١×١٠^{-١٠}	٣×١٠^{١٨}
٧	أشعة جاما	١×١٠^{-١٢}	٣×١٠^{٢٠}
٨	الأشعة الكونية	١×١٠^{-١٤}	٣×١٠^{٢٢}

ويوضح هذا الجدول مدى الاختلاف فى أطوال الموجات الكهرومغناطيسية من أطول موجة وهى عشرون كيلو مترا إلى أصغر موجة وهى جزء من مائة ألف جزء من البليون من المتر (البليون ألف مليون)، وكيف تختلف طبيعة هذه الموجات طبقا للطول الموجى وتختلف تطبيقات واستخدامات هذه الموجات تبعا للطول الموجي؟

سأل محمد: لقد ذكرت يا أبى أن الموجات الكهرومغناطيسية تتكون من موجات كهربائية وأخرى مغناطيسية فما هى طبيعة كل موجة على حدة؟! ولماذا ترتبط الموجات الكهربائية مع الموجات المغناطيسية لتكون موجة واحدة هى الموجة الكهرومغناطيسية؟!

أجاب الأب: إن لذلك حديثا يطول شرحه، وقد تأخر الوقت بنا فلماذا لا نرجئ حديثنا إلى مساء الغد؟!

أجابت الأسرة: لا بأس فنحن للغد منتظرون.

الموجات الكهربائية والموجات المغناطيسية

فى مساء اليوم التالى اجتمعت الأسرة حول مائدة العشاء، وبدلا من أن يشاهدوا برامج التلفزيون، بدأت جلسة الحوار العلمى العائلى بسؤال من محمد لأبيه عن ماهية المجالات أو الموجات الكهربائية، فاعتدل الأب فى جلسته وبدأ حديثه قائلا: تنشأ المجالات الكهربائية من تواجد الشحنات الكهربائية.

سألت أمانى: وكيف تتواجد الشحنات الكهربائية؟!

قال الأب: تتولد الشحنات الكهربائية الساكنة عند احتكاك بعض الأجسام ببعضها، فالسحاب مثلا هو مثال طبيعى لكيفية تولد الشحنات الكهربائية الساكنة، فعند احتكاك السحاب بطبقة الهواء الملامسة له أثناء حركته أو عند احتكاك السحاب بعضه ببعض تتكون عليه شحنات كهربائية موجبة، وحيث إن هذه الشحنات موجبة والأرض شحنتها سالبة، فإنه ينشأ مجالا كهربائيا ساكنا . أى غير متغير مع الزمن . بين السحاب والأرض، وتبلغ قيمة الشحنات وكذا المجال رقما مرتفعا للغاية، حيث يصل جهد السحاب إلى حوالى ١٠٠ مليون فولت، وهو بالطبع جهد عال للغاية يتسبب فى خلق مجال كهربائى قد تصل شدته إلى ٢٥ ألف فولت/ متر. ويظل هذا المجال موجودا إلى أن يتم تفريغ هذه الشحنة الهائلة عن طريق البرق، فالبرق هو: تفريغ كهربائى هائل لشحنة استاتيكية موجودة على السحاب، والبرق هو: شرارة كهربائية قد يصل قيمة التيار الكهربائى فيها إلى قيم تتراوح بين ١٠٠٠٠٠ إلى مليون أمبير، وكما تعلمون فإن التيار الكهربائى هو نتيجة لحركة الشحنات الكهربائية من السحاب إلى الأرض، لأن تعريف التيار الكهربائى هو: معدل تغير الشحنات بالنسبة للزمن.

وتنتشر الموجات الكهربائية فى الفراغ وفى الهواء وفى المواد العازلة كهربائيا. والمواد العازلة كهربائيا هى المطاط والخشب والخزف والزجاج والفلين والورق وما شابه ذلك. ولكن الموجات إذا صادفت مواد موصلة مثل النحاس والفضة والقصدير والألمونيوم فإنها تسبب حركة الشحنات الكهربائية بها أى أنها تسبب مرور تيار كهربائى بها.

ويعتبر معامل السماحية الكهربائية " ϵ " عن مدى سماح المادة لمرور المجال الكهربائى بها، ففى الفراغ المطلق تبلغ قيمة هذا المعامل $\epsilon_0 = ٤ ط \times ١٠^{-٦}$ فأراد لكل متر حيث ط = النسبة التقريبية = ٧/٢٢ وحيث الفاراد هو وحدة السعة الكهربائية، فإذا اعتبرنا أن معامل السماحية النسبى لأى مادة هو ϵ_r = معامل السماحية للمادة مقسوما على معامل السماحية

للفراغ أى $\epsilon_r = \epsilon_0 / \epsilon$ وبذلك يصبح معامل السماحية للفراغ = ١ أى الوحدة. والجدول الآتى يوضح مدى سماحية أى مادة لانتشار الموجات الكهربائية بها، مقارنة بسماحية الفراغ التى اعتبرناها الوحدة.

م	المادة	معامل السماحة النسبي
١	الفراغ	١
٢	الهواء	١.٠٠٠٦
٣	البارافين	٢.١
٤	البوليسترين	٢.٧
٥	العنبر	٣
٦	المطاط	٣
٧	عنصر الكبريت	٤
٨	الكوارتز	٥
٩	الزجاج	٦
١٠	الميكا	٦
١١	الرخام	٨
١٢	الجلسرين	٥٠
١٣	الماء المقطر	٨١

ويوضح هذا الجدول أن الماء المقطر . على سبيل المثال . يسمح للموجات الكهربائية بالمرور خلاله حوالى ٨١ مرة أكثر من الهواء.

والمواد العازلة كهربائية لها قدرة على تحمل جهد كهربائى أو مجال كهربائى إلى حد معين، فإذا زاد المجال الكهربائى عن هذا الحد، فإن المادة العازلة تنهار خاصيتها للعزل الكهربائى، وتصبح موصلا للتيار الكهربائى، ويوضح الجدول الآتى بعض المواد العازلة وقيمة أقصى مجال كهربائى يمكنها تحمله مقدرا بالفولت لكل متر:

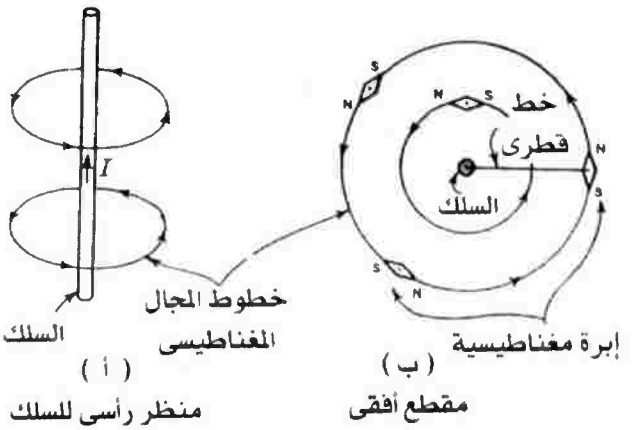
م	المادة	شدة مجال الانهيار فولت/ متر
١	الهواء	٣ × ١٠^٦
٢	الزيوت المعدنية	١٥ × ١٠^٦
٣	الورق المشبع بالزيوت	١٥ × ١٠^٦
٤	البوليسترين	٢٠ × ١٠^٦
٥	المطاط	٢١ × ١٠^٦
٦	البكاليت	٢٥ × ١٠^٦
٧	الزجاج	٣٠ × ١٠^٦
٨	البارافين	٣٠ × ١٠^٦
٩	الكوارتز	٣٠ × ١٠^٦
١٠	الميكا	٢٠٠ × ١٠^٦

ويتضح من هذا الجدول أن السنتيمتر الواحد من الهواء يتحمل جهدا كهربائيا حتى ثلاثين ألف فولت بعدها ينهار وتمر من خلاله شرارة كهربائية مقارنة بمائتين ألف فولت للسنتيمتر الواحد من شرائح مادة الميكا العازلة. وقد استفاد العلماء من هذه الظاهرة فى تصنيع المكثفات الكهربائية (الكوندسرات)، كما قام بعض العلماء بعمل سائل يستخدم رذاذه فى توليد شحنات كهربائية (وبالتالى مجالات كهربائية) على أسطح بعض المواد بغرض أن تكون هذه الأسطح طاردة للأتربة بحيث لا تستقر عليها أى أنواع من الأتربة.

سألت أمانى والدها: وماذا عن المجالات المغناطيسية؟

قال الأب: إن لها قصة طريفة، فقد كانت معرفة البشرية بالمجالات المغناطيسية لأول مرة فى التاريخ، من خلال ملاحظة يومية لفيلسوف إغريقى ضرير، كان يتجول بين الهضاب والجبال مستعينا بعصا حديدية تعينه على تحسس طريقه بين الجبال والصخور، وقد لاحظ هذا الفيلسوف أنه عند مروره بمنطقة تسمى "أرض مغنيسيا" فإن عصاه الحديدية تنجذب نحو الصخور بشدة، ولم يعرف أحد سر هذه الظاهرة، ولكن أطلقوا عليا "ظاهرة أرض مغنيسيا" ثم تطور الاسم إلى "مغنيسيا" فقط ثم إلى "مغنطيسية" فيما بعد.

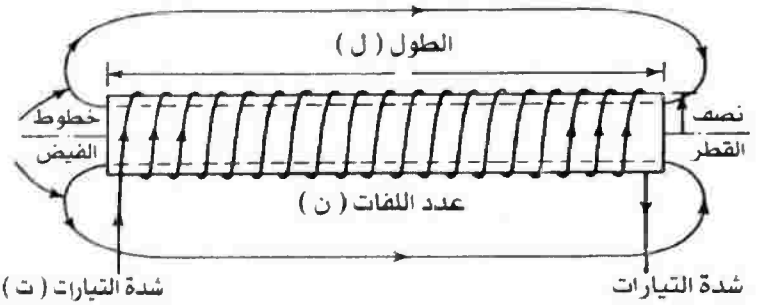
وقد ظل هذا الاسم حتى عام ١٨٣١م، عندما وضع "فاراداى" قانون توليد الجهاز والتيار الكهربائى، حيث لاحظ العلماء أن مرور التيار الكهربائى فى موصل معدنى (سلك مثلا) يصاحبه تولد مجال مغناطيسى دائرى حول ذلك السلك كما هو واضح فى شكل رقم (٦)



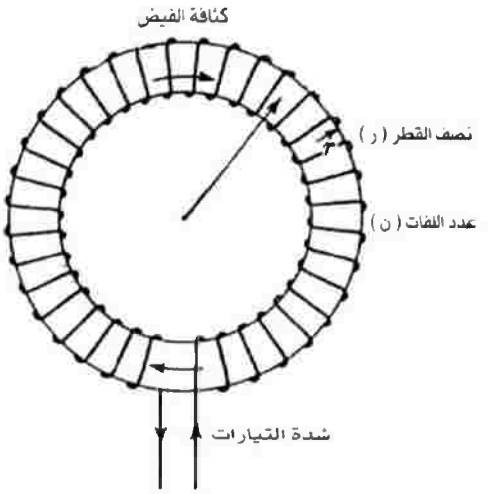
شكل رقم (٦) المجال المغناطيسى الدائرى حول سلك يحمل تيارًا كهربائيا.

وقد تم استشعار هذا المجال المغناطيسى بواسطة بوصلة (إبرة ممغنطة). وقد شدت هذه الملاحظة انتباه علماء القرن التاسع عشر، وعمدوا إلى التفكير فى وسيلة تمكنهم من الحصول على مجال مغناطيسى قوى يفوق ذلك المجال المصاحب لمرور التيار الكهربائى فى السلك حيث هداهم تفكيرهم إلى استنباط أسلوب "الملفات" حيث يقومون بلف السلك حول اسطوانة مصمتة مستقيمة أو دائرية مصنوعة من أية مادة كما هو واضح فى شكل رقم (٧)

ومع مرور الوقت وتكثيف التجارب العلمية العملية، لاحظ العلماء أن المادة المصنوع منها هذه الاسطوانة ذات تأثير كبير للغاية فى شدة المجال المغناطيسى الناتج، حيث يكون المجال قويا لغاية إذا كانت مادة الأسطوانة مصنعة من الحديد، أما إذا كانت مصنعة من أية مادة أخرى خلاف الحديد، فإن المجال المغناطيسى الناتج يكون ضعيفا جدا. لذا أبدى العلماء اهتماما خاصا للملفات التى يتم لفها حول مادة حديدية أو كما اشتهرت فيما بعد باسم "ملفات القلب الحديدى"، وقد أسفر هذا الاهتمام والدراسة المكثفة لملفات القلب الحديدى عن التوصل إلى معامل يسمى "معامل السماحية المغناطيسية" ويعبر عن التوصل إلى معامل يسمى "معامل السماحية المغناطيسية" ويعبر هذا المعامل عن مدى سماح المادة لمرور المجالات المغناطيسية بها وقد اتخذ العلماء من الهواء مرجعا، حيث حددوا قيمة هذا المعامل بالوحدة (أى يساوى ١) للهواء.



شكل (٧ – أ) ملف مستقيم للحصول على مجال مغناطيسى قوى .



شكل (٧ – ب) ملف دائرى للحصول على مجال مغناطيسى قوى .

وعندما حاول العلماء إيجاد قيمة هذا المعامل للحديد وجدوا أن الحديد ينقسم من الناحية المغناطيسية إلى قسمين:

١- الحديد المطاوع (مغناطيسيا): وهو ذلك النوع من الحديد الذى يسمح للمجالات المغناطيسية بالمرور خلاله بسهولة فائقة، ولكنه لا يحتفظ بالمغناطيسية، وقد وجدوا أن معامل السماحية النسبى لهذا من الحديد عال للغاية، ويتراوح بين ٢٠٠ ألف إلى مليون، أى أنه يسمح للمغناطيسية بالمرور من خلاله من ٢٠٠ ألف إلى مليون مرة أسهل من الهواء.

٢- الحديد الصلب (مغناطيسيا): وهو ذلك النوع من الحديد الذى يسمح للمغناطيسية بالمرور من خلاله بصعوبة ولكنه يحتفظ بالمغناطيسية؛ أى أنه يصلح لتصنيع المغناطيسيات الدائمة، وتتراوح قيمة معامل السماحية المغناطيسية النسبية لهذا النوع من الحديد من ١٠٠ إلى ٧٠٠٠، أى أنه يسمح للمغناطيسية بالمرور من خلال من ١٠٠ إلى ٧٠٠٠ مرة أسهل من الهواء.

وقد أدى استنباط وسيلة "القلب المغناطيسى" ومعرفة خواص الحديد الفائقة بالنسبة إلى المجالات المغناطيسية، إلى تطوير وتحسين أداء المحولات الكهربائية والمحركات والمولدات الكهربائية.

والمجالات أو الموجات الكهربائية وكذا المجالات أو الموجات المغناطيسية، يمكن أن تكون ساكنة أو متغيرة مع الزمن تغيرا ترديديا. طبقا لمصدرها إذا كان ثابتا مع الزمن أو مترددا، ففى حالة المجالات الكهربائية إذا كانت الشحنة الكهربائية المسببة لهذا المجال ثابتة فإن المجال يكون ثابتا، أما إذا كانت متغيرة أى تقوى وتضعف مع الزمن فإن المجال الكهربائى الناتج عنها سيكون بالتبعية، مترددا مع الزمن، وبالمثل فإن التيار المار فى الملف (سواء ملف ذو قلب حديدى أو غير ذلك). إذا كان التيار مستمرا أى ثابتا مع الزمن فإن المجال الناتج عنه سيكون مجالا ثابتا لا يتغير مع الزمن، أما إذا كان التيار مترددا مع الزمن فإن المجال المغناطيسى بالتبعية سيكون مترددا.

والشرارة الكهربائية الناتجة عن أى مصدر مثل: البرق مثلا أو اللحام بالكهرباء أو شمعة الاحتراق (البوجيه) للسيارات، تعتبر مصدرا للموجات الكهرومغناطيسية أى الكهربائية والمغناطيسية معا.

سألت الأم: ولكن ما هى الفائدة التى تعود علينا من اكتشاف ظاهرة الموجات الكهرومغناطيسية؟!

قال الأب: إن لذلك حديثا يطول سأحدثك عنه مساء الغد..

الموجات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها

حل اليوم التالى، وانشغلت الأسرة كل فى شأنه إلى أن عم الظلام وأضيئت الأنوار، حيث التأم شمل الأسرة مرة أخرى تحت مصابيح حديقة المنزل، وبدأ الحوار الذى انقطع بينهم حين كررت الأم سؤالها:

ما هى الفائدة التى تعود علينا من اكتشاف ظاهرة الموجات الكهرومغناطيسية؟!

ثم استطردت الأم قائلة: وهل لهذه الموجات أضرار؟!

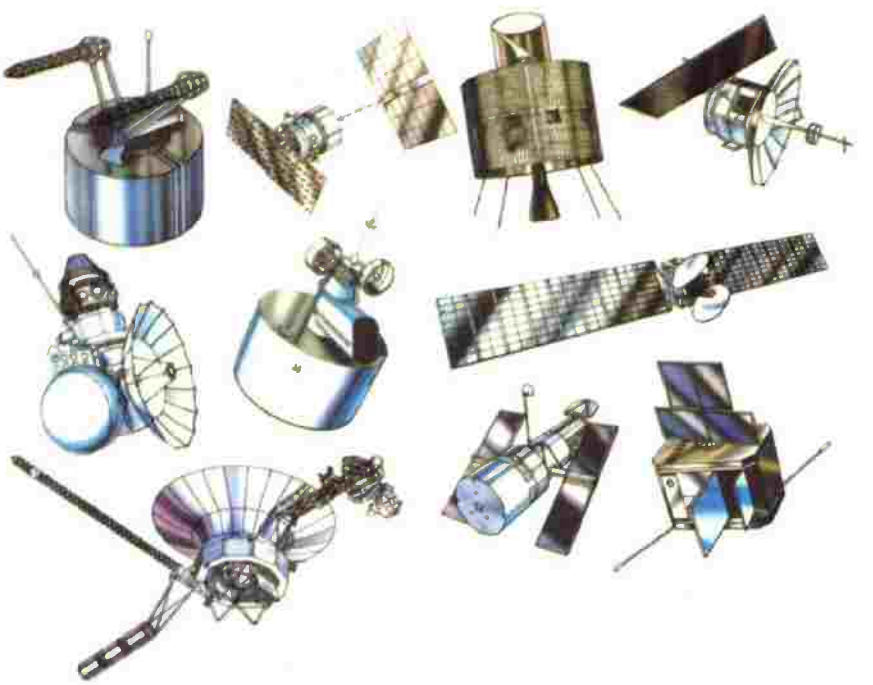
نظر الأب طويلا فى الأفق البعيد المظلم، وهو يستجمع شتات فكره، ثم بدأ حديثه قائلا: إن تطبيقات نظريات الموجات الكهرومغناطيسية فى شتى نواحى النشاط البشرى عديدة ولا تحصى، وتتمثل هذه التطبيقات فى اختراع عديد من الأجهزة الكهربائية لكافة مجالات الحياة: فى المجالات الحربية، فى المجالات الطبية، فى الحياة المنزلية، فى مجال الاتصالات اللاسلكية، فى مجال الترفيه والمتعة، فى المجالات الثقافية وفى مجالات عديدة أخرى لا يتسع الوقت لحصرها.

قال محمد: لنبدأ بالمجالات الحربية لأنى أهواها.

قال الأب: لعل اختراع الرادار فى إبان الحرب العالمية الثانية هو من أهم التطبيقات الحربية، حيث يقوم جهاز الإرسال فى محطة الرادار بإرسال موجات كهرومغناطيسية تتراوح أطوالها بين ٧٥ إلى ١٣٠ سنتيمترا طبقا لتصميم الرادار، وذلك من خلال هوائى الرادار (شكل ٨).

حيث تصطدم هذه الموجات بجسم معدنى عادة ما يكون طائرة أو صاروخا فترتد مرة أخرى إلى الهوائى الذى يستقبلها ويحدد الزمن الذى انقضى بين إرسال الموجة واستقبالها وبذلك يتمكن من تحديد وضع ومسافة الطائرة (حيث إن سرعة الموجات الكهرومغناطيسية ثابتة). كما أن الأقمار الصناعية الخاصة بالاستشعار عن بعد شكل رقم (٩).

شكل رقم (٨)
هوائى رادار .



شكل رقم (٩)
« الأقمار الصناعية » تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية الرادارية لأداء مهامها ، وصورة الهوائى المستخدم فى إرسال واستقبال الموجات لها.

تستخدم الموجات الكهرومغناطيسية الرادارية فى استكشاف الثروات المعدنية الجيولوجية، وكذا المياه الجوفية والبترول والتجسس العسكرى، وأيضا الأحوال البيئية.

سألت أمانى: وماذا عن التطبيقات الطبية؟!

قال الأب: إن استخدام الموجات الكهرومغناطيسية فى الأجهزة الطبية التشخيصية أو العلاجية لا حصر لها، ففى الأجهزة التشخيصية، تعتبر أشعة إكس، وهى إحدى صور الموجات الكهرومغناطيسية، ذات طول موجى ١ × ١٠ $^{-١٠}$ من المتر وهو طول قصير للغاية من أهم هذه التطبيقات. أما فى مجال الأجهزة العلاجية، فهناك أجهزة علاج الأورام السرطانية بالتسخين عن طريق الموجات الكهرومغناطيسية، وكذا الاستخدام الجراحى لأشعة الليزر التى تعتبر إحدى صور الموجات الكهرومغناطيسية ويتراوح طولها حول أطوال الضوء المرئى أى فى حدود ٥ × ١٠ $^{-٧}$ متر شكل رقم (١٠)

شكل رقم (١٠) « شعاع الليزر » إحدى صور الموجات الكهرومغناطيسية

ويفضل الجراحون استخدام شعاع الليزر فى إحداث قطع جراحى لتفادى أى تلوث محتمل لمشارط الجراح أو أدواته، وكذا لدقة شعاع الليزر فى إحداث القطع المطلوب.

ثم توقف الأب برهة عن الحديث واستطرد قائلا: أما استخدامات الموجات الكهرومغناطيسية فى مجال الراديو والتلفزيون فهى عديدة ولا تحصى، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلى:

- التلسكوبات التى تعمل بموجات الراديو لاكتشاف مصادر الموجات المتناثرة فى الفضاء شكل رقم (١١)

شكل رقم (١١)
تلسكوب يعمل بموجات الراديو لاكتشاف مصادر الموجات المتناثرة فى الفضاء .

- أجهزة قياس ارتفاعات الطائرات التى تعمل بموجات الراديو "Radio altimeter".
- أجهزة اكتشاف الألغام الأرضية بواسطة موجات الراديو.
- أجهزة التليفون اللاسلكى التى تعمل بموجات الراديو شكل (١٢)

شكل رقم (١٢)
جهاز تليفون لاسلكى يعمل
بموجات الراديو .

- أجهزة التليفون المحمول، وهى تعمل بموجات كهرومغناطيسية شكل (١٣) على تردد ٩٠٠ ميجا سيكل (طول موجى ٣٣.٣ سنتيمتر)

شكل رقم (١٣) أجهزة تليفون المحمول

- أجهزة الإرسال والاستقبال للإذاعة اللاسلكية (راديو) وتنقسم إذاعة الراديو إلى نوعين رئيسيين:

(أ) الإذاعة على موجات التشكيل السعوى A. M وهى اختصار لكلمة Amplitude modulation وتثب على ثلاثة نطاقات هى:

- الموجة القصيرة: وهى تثب على ترددات من ٤ ميجا سيكل (طول موجى ٧٥ مترا) حتى ١٨ ميجا سيكل (طول موجى ١٦.٦ كيلو مترا).
- الموجة المتوسطة: وهى تبث على ترددات من ٥٠٠ كيلو سيكل (طول موجى ٠.٦ كيلو مترا) حتى ١٨٠٠ كيلو سيكل (طول موجى ١.٦٦ كيلو مترا).

- الموجة الطويلة وهى تثب على ترددات تحت ١٠٠ ذبذبة فى الثانية.

(ب) الإذاعة على موجات التشكيل الترددى F. M وهى اختصار كلمة Frequency modulation وهى ذات أداء أفضل من حيث النوعية. وتبث هذه الموجات على ترددات من ٨٠ ميجا سيكل (بطول موجى ٣.٧٥ مترا) حتى ١١٠ ميجا سيكل (بطول موجى ٢.٧٥ مترا) ويستخدم التشكيل الترددى لبث الإرسال الإذاعى حتى مسافة لا تجاوز ٦٠ كيلو مترا.

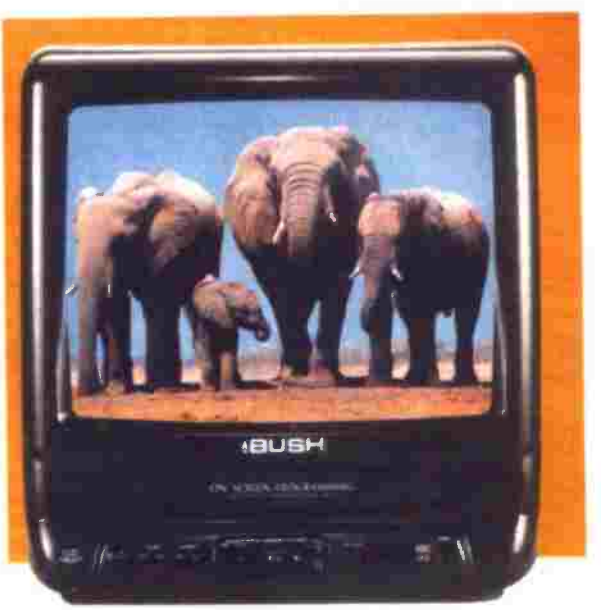
أما التشكيل السعوى فيستخدم لمسافات كما يلى:

الموجة الطويلة: وتستخدم للمسافات الطويلة عبر المحيطات.

الموجة المتوسطة: وتستخدم للاتصالات البحرية والاتصالات بين الطائرات والإذاعات المحلية.

الموجة القصيرة: وتستخدم للاتصالات طويلة المدى فى كافة الأغراض.

أما موجات التلفزيون فتبدأ ترددا تها من حوالى ١٥٠ ميجا سيكل (بطول موجى ٢ مترا) حتى تردد قد يصل إلى ٣ جيجا سيكل (بطول موجى ١٠ سنتيمترا) شكل (١٤)



شكل رقم (١٤) جهاز تليفزيون منزلى حديث .

سألت الأم: وماذا عن استخدام الموجات الكهرومغناطيسية فى الحياة المنزلية؟! ضحك الجميع لاهتمام الأم بالحياة المنزلية، ونظر الأب حوله وضحك ثم قال: إن استخدام الموجات الكهرومغناطيسية فى الحياة المنزلية كثيرة للغاية، فإذا استثنينا أجهزة الراديو والتلفزيون والتليفون اللاسلكى وكذا التليفون المحمول التى ذكرتها سابقا، فإنها يتبقى ما يلى:

- الدفايات الكهربائية: وهى عبارة عن سلك موصل كهربائى مصنوع من مادة التنجستين، على هيئة ملف إذا مر به التيار الكهربائى فإنه يصبح أحمر اللون لشدة حرارته، وعندئذ تنبعث منه أشعة تحت الحمراء، وهى إحدى صور الموجات الكهرومغناطيسية ذات طول موجى قصير للغاية يتراوح بين ٠.٠٠٣ إلى ٠.٠٠٠٣ مليمتر أى تردد من $١٠^{١٣}$ إلى $١٠^{١٤}$ ذبذبة فى الثانية.
- أفران الميكروويف: وهى أفراد كهربائية تستخدم للطهى وللتسخين السريع للطعام شكل (١٥) وتعمل بالموجات الكهرومغناطيسية المتناهية القصر، والتى يتراوح طولها فى حدود ٣ مليمتر.

شكل رقم (١٥)
فرن الميكروويف للطهى المنزلى السريع والذى يعمل بالموجات الكهرومغناطيسية المتناهية القصر .

*اجهزة تجفيف الشعر للسيدات (سيشوار) شكل (١٦)

شكل رقم (١٦) أجهزة تجفيف الشعر

وهى لا تختلف كثيرا عن الدفايات الكهربائية فيما عدا أن هناك محركا كهربائية يدير ضاغطا للهواء أمام سلك التسخين.

- أجهزة تحميص الخبز شكل (١٧):

شكل رقم (١٧) أجهزة تحميص الخبز (توستر)

وهى تعمل بنفس نظرية الدفايات الكهربائية عدا أن فيها جهازا به حساس لدرجة الحرارة والوقت بحيث يدفع الخبر لأعلى عند تحميصه.

- جميع المحركات الكهربائية الموجودة فى الثلاجات وغسالات الملابس وغسالات الأطباق وأجهزة التكييف المنزلى، وكذا ماكينات الحلاقة بالكهرباء شكل رقم (١٨).

شكل رقم (١٨)
ماكينة حلاقة بالكهرباء تعمل
بالموجات الكهرومغناطيسية .

وأيضا فرشاة الأسنان الكهربائية شكل رقم (١٩) وجميع محركاتها

شكل رقم (١٩)
فرشة أسنان تعمل عن طريق
الموجات الكهرومغناطيسية .

تعمل بالمجالات الكهرومغناطيسية ذات تردد ٥٠ ذبذبة فى الثانية (طول موجى ٦٠٠٠ كيلو متر)

قالت أمانى: أعتقد أنك يا أبى قد قمت بشرح كل الأجهزة التى تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية.

أجاب الأب: كلا يا أمانى فأنا كما سبق وأخبرتك أن الأجهزة التى تعمل بالموجات الكهرومغناطيسية لا تعد ولا تحصى، فنحن . على سبيل المثال . لم نتطرق إلى الحديث عن الموجات الكهرومغناطيسية فى نطاق الأشعة فوق البنفسجية، وهى موجات ذات طول موجى يتراوح بين ٣ × ١٠$^{-٩}$ إلى ٣ × ١٠$^{-٨}$ من المتر، وتنبعث هذه الموجات عادة من أية شرارة كهربائية، مثل البرق أو شموع الاحتراق فى محركات السيارات، أو معدات اللحام بالقوس الكهربائي، وهى ذات تأثير ضار على العين نعلى الأنسجة البشرية، كما لم نتطرق أيضا للحديث عن الأشعة الكونية الموجودة فى الفضاء خارج الكرة الأرضية، وهى موجات ذات طول موجى يصل إلى ٣ × ١٠$^{-١٥}$ من المتر، وهى أيضا ذات تأثير مدمر على الإنسان والحيوان والنبات لكنها لا تصل للأرض؛ لأن طبقة الأوزون تمنعها من الوصول.

قالت الأم مقاطعة: آه.. لقد ذكرت أن هناك أنواعا من الموجات الكهرومغناطيسية ذات تأثير ضار على الإنسان والحيوان والنبات فما هو ذلك الضرر وما هى طبيعة هذه الموجات؟!

قال الأب: إن لذلك حديثا يطول ويستلزم وجود طبيب متخصص ليشاركنا الحديث، وقد تكون فرصة مناسبة لنزور غدا أخاك الدكتور حسين فى منزله يا زوجتى العزيزة.

قال الجميع: نعم نحن نشتاق لرؤية الدكتور حسين، والتناقش معه، فهو شخصية محبوبة بالإضافة إلى أنه متخصص فى علمه.

التأثيرات البيولوجية للموجات الكهرومغناطيسية

فى مساء اليوم التالى: وفى منزل الدكتور حسين، كان اللقاء الأسرى لاستكمال مناقشة الموجات الكهرومغناطيسية فى حضور طبيب متخصص ومشهور. وبدأ الدكتور حسين حديثه إلى الأسرة قائلا: إن الموجات الكهرومغناطيسية سلاح ذو حدين. وأعنى بذلك أن لها فوائد وتطبيقات جمة، ولكنها على الوجه الآخر لها مضار فى تطبيقات وظروف معينة أو بعبارة أخرى لها حدود آمنة إذا لم يتم مراعاتها تسببت فى أضرار بشرية.

سألت الأم: هل هذا هو رأيك أم أنه حقيقة علمية استقر عليها العلماء؟!

أجاب الدكتور حسين: هذا رأى استقر عليه كل العلماء فى داخل جمهورية مصر العربية، وأيضا فى خارجها، ولعل أشهر هؤلاء العلماء هما: البروفسور "كريستين"، والبروفيسور "درنى" العالمان الأمريكيان اللذان عملا فى هذا المجال مدة تزيد عن ٢٥ عاما.

قال الأب: وما هو رأى هذان العالمان؟!

قال الدكتور حسين: فى الواقع أنهما كان لهما عدة آراء ألخصها لكم فيما يلى:

أولا: إن الله تعالى خلق الإنسان وليس بداخله أى موجات كهرومغناطيسية، ولكنه إذا تعرض لموجات كهرومغناطيسية خارجية فإنه يتولد داخله . بالتأثير . موجات كهرومغناطيسية.

ثانيا: قام هذان العالمان بوضع تقسيم جديد لأطوال الموجات الكهرومغناطيسية، يعتبر تقسيم من الناحية الطبية يختلف عن تقسيم المذكور والذى يعتبر تقسيم من الناحية الهندسية، وهذا التقسيم الطبى كالتالى:

١- إذا كان طول الموجة الكهرومغناطيسية أكبر بكثير من طول أى عضو آدمى (كالقلب أو الكبد أو... إلخ) فإن ذلك يعنى أن الطول الموجى أكبر من ٣٠٠ متر.

٢- إذا كان الطول الموجى أصغر بكثير من طول العضو الآدمى فإن ذلك يعنى أن الطول الموجى يتراوح بين ٠.٣ مليمتر إلى ٣٠٠ متر.

٣- إذا كان الطول الموجى أصغر بكثير من طول العضو الآدمى فإن ذلك يعنى أن الطول الموجى أصغر من ٠.٣ مليمتر.

ثالثا: حدد هذان العالميان أن الموجات الكهربائية (أو الجزء الكهربائى من الموجة الكهرومغناطيسية) اشد ضررا على الجسم الآدمى من الموجة المغناطيسية (أو الجزء المغناطيسى من الموجة الكهرومغناطيسية).

رابعا: لإحداث الضرر فى الجسم الآدمى لابد أن تكون الموجة الكهرومغناطيسية قادرة على اختراق الجسم الآدمى، وهذا يعتمد على الطول الموجى حيث يكون أقصى اختراق هو حوالى ٢٠ سنتيمترا عند طول موجى حوالى ٦٠٠٠ كيلو متر (أى بذبذبة ٥٠ ذبذبة فى الثانية) وأقل اختراق هو حوالى ٤ سنتيمترات عند طول موجى حوالى ٣٠ سنتيمترات (أى بذبذبة ١٠٠٠ ميجا سيكل).

خامسا: ينتج الضرر مباشرة من الجرعة الكهرومغناطيسية وهى عبارة عن حاصل ضرب معامل امتصاص الأنسجة للموجات الكهرومغناطيسية فى زمن التعرض للموجات.

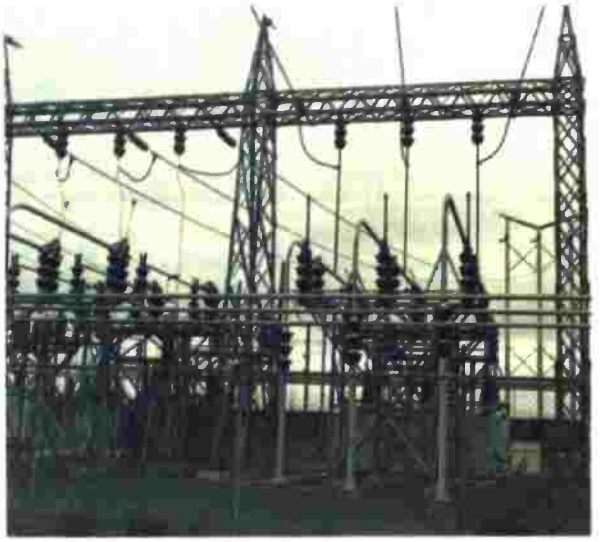
ويعتمد معامل امتصاص الأنسجة على عوامل كثيرة منها:

طول الموجة الكهرومغناطيسية: حيث يكون أقصى امتصاص للموجات الكهرومغناطيسية فى الجسم البشرى عند موجة طولها حوالى ٣ متر (يقع هذا الطول فى نطاق التلفزيون أى بتردد ١٠٠ ميجا سيكل حيث يصل الامتصاص عند هذا الطول الموجى إلى حوالى ٠.٤ وات لكل كيلو جرام من وزن الجسم، ويقل هذا الرقم ليصل إلى حوالى ٠.٠٤ وات لكل كيلو جرام من وزن الجسم عند طول موجى حوالى ٣٠ سنتيمترا أى بتردد ١٠٠٠ ميجا سيكل (ويقع هذا الطول الموجى فى نطاق التليفون المحمول وأجهزة الميكروويف ثم أجهزة الرادار).

ومما هو جدير بالذكر أن بعض الهيئات العالمية تعتبر أن التعرض لمعدلات امتصاص من ٠.٠٨ وات لكل كيلو جرام من وزن الشخص وحتى ١.٦ وات لكل كيلو جرام من وزن الشخص لمدة لا تزيد عن ٣٠ دقيقة يوميا هو تعرض آمن، وهذه القيمة توضح لنا أن استخدام التليفون المحمول حتى ٣٠ دقيقة يوميا على الأكثر هو استخدام آمن.

يجب هنا ملاحظة أن امتصاص الجسم الآدمى للموجات الكهرومغناطيسية يختلف فى العضلات عن الدهون عن الجلد.. إلخ.

يزداد احتمال حدوث الضرر للبشر بزيادة مدة التعرض للموجات الكهرومغناطيسية، فمثلا البشر الذين يسكنون ملاصقين لخطوط الجهد العالى أو لمحطات المحولات الكهربائية شكل رقم (٢٠) هم أكثر تعرضا للضرر من البشر الذين يعيشون بعيدا عن خطوط الجهد العالى أو محطات المحولات، وأيضا الأفراد الذين ينظرون إلى وجه القوس الكهربائى لأجهزة اللحام بالكهرباء مرة واحدة أقل تعرضا للضرر من الذين ينظرون إلى نفس الوهج عدة مرات يوميا بصفة منتظمة وهكذا.



شكل رقم (٢٠)
محطة محولات الجهد العالى
إلى جهد متوسط تعتبر مصدر
للموجات الكهرومغناطيسية.

يتفاوت الضرر الذى يحدث للبشر من عدم القدرة على التركيز أو التفكير إلى حدوث الأورام السرطانية فى الأجزاء المعرضة لجرعات غير آمنة من الموجات الكهرومغناطيسية.

صاح محمد قائلا: ألا توجد وسيلة للحماية من هذه الأضرار؟! ما العمل إذن لشخص عادى مثلى يريد أن يحمى نفسه من أية أضرار محتملة؟!

قال الدكتور حسين الأمر بسيط للغاية عليك اتباع التعليمات الآتية:

١- لا تعرض نفسك لمصدر عالى الشدة للموجات الكهرومغناطيسية كخطوط الجهد العالى أو محطات إرسال الراديو أو التلفزيون أو الرادار أو وهج القوس الكهربائى للحام أو ما شابه ذلك.

٢- إذا اضطرتك الظروف إلى تعريض نفسك إلى مصدر من هذه المصادر، فعليك ألا تمكث معرضا لهذه المصادر وقتا طويلا، بل حاول أن يكون وقت التعرض أقل ما يمكن، ولا تستعمل التليفون المحمول أكثر من ٣٠ دقيقة يوميا على سبيل المثال.

٣- إذا اضطرتك ظروف عملك أو سكنك أو معيشتك إلى التعرض لمصدر عال للموجات الكهرومغناطيسية، كأن تكون أحد العاملين أو القاطنين بجوار محطة إرسال إذاعى أو تلفزيون أو رادار أو كابلات جهد عال أو ما شابه ذلك، فعليك استخدام أحد وسائل الوقاية من الموجات الكهرومغناطيسية.

سألت أمانى: وما هى هذه الوسائل للوقاية من الموجات الكهرومغناطيسية؟

أجاب الدكتور حسين: هى متعددة وكثيرة، فعلى سبيل المثال تزود جهات الإرسال التلفزيونى والإذاعى والرادارى العاملين بها بحجرة مبطنة بألواح من المعدن مثل النحاس أو الألومنيوم فيما يعرف علميا باسم "قفص فاراداى" "Faraday Cage"

سألت الأم: وماذا عن المواطنين العاديين؟

أجاب الدكتور حسين: هناك كروت أمان مغناطيسية صغيرة الحجم توضع فى الجيب، ولا يتجاوز حجمها حجم كارت بطاقة الائتمان لأى بنك كما توجد ملصقات صغيرة الحجم تلصق على الأجهزة التى تشع موجات كهرومغناطيسية عالية الشدة تحميك من هذه الموجات، وربما ستنتج الشركات العالمية مستقبلا أشكالا أخرى للوقاية من الموجات الكهرومغناطيسية.

سألت أمانى: ولكن لماذا تنتهج البشرية تكنولوجيا تضر بالإنسان؟ لماذا ينتجون القنابل النووية وأسلحة الدمار الشامل البيولوجية والكيماوية وأيضا الكهرومغناطيسية؟

أجاب الأب: إن النفس البشرية ستظل دائما فيها الخير والشر معا، وقد وضح الله سبحانه وتعالى لنا ذلك فى كتابه الكريم حين قال:

بسم الله الرحمن الرحيم

وَنَفْسٍ وَمَا سَوَّاهَا (٧) فَأَلْهَمَهَا فُجُورَهَا وَتَقْوَاهَا (٨) قَدْ أَفْلَحَ مَنْ زَكَّاهَا (٩) وَقَدْ خَابَ مَنْ دَسَّاهَا (١٠) صدق الله العظيم

(سورة الشمس: ٧ . ١٠)

عادت الأسرة إلى منزلها، وهى تمعن التفكير فى هذا العالم الذى يختلط فيه الشر بالخير، وكيف أن البشر . ولا سيما الشباب . عليه أن يكون واعيا لهذه الحقيقة كى يتفادى . على الأقل . شر التكنولوجيا الحديثة ويتمتع بخيراتها، وأن ذلك لن يتأتى إلا بالوعى العلمى الحديث.

وفى الصباح ذهب كل إلى عمله، وانغمس الجميع فى الحياة اليومية بخيرها وشرها..!

المراجع

1- The dynamo, by C. C. Hawkins – Pitman 1922.

2- Introduction to physics, Kitaigorodsky, foreign languages publishing house, Moscow.

3- Fundamentals of Radio, Frederick Terman, Mcgraw- Hill book company.

المراجع

الأثير ٣

الموجات الكهربائية والموجات المغناطيسية ١١

الموجات الكهرومغناطيسية وتطبيقاتها ١٦

التأثيرات البيولوجية للموجات الكهرومغناطيسية ٢٨

المراجع ٣٣

رقم الإيداع ٢٦٨٩/ ٢٠٠٣
الترقيم الدولى ISBN 977- 02- 6418- 0

٤٧/ ٢٠٠٢/ ٧

طبع بمطابع دار المعارف (ج. م. ع.)