فى عالم الأمواج

للدكتور محمد محمود غالى

سير العلماء لمراحل الاشعاع — طول الموجة وعدد الذبذبات — من الموجات اللاسلكية إلى الأشعة النافذة — أشعة الوت — الأشعة السينية وعمل «لاويه» — الضوء والكهرباء أنواع كونية واحدة

حدثنا القارئ عن الموجات الكهربائية التى نستخدمها فى الاستماع إلى الإذاعة اللاسلكية ، وعن الموجات الضوئية التى نرى بها صور الأشياء وذكرنا عقيدة « هرتز Hertz » من أنها أمواج واحدة لا يتميز فريق منها عن الآخر إلا باختلاف أطوالها ، فهى كأهل مدينة كبيرة بينهم من هو طويل القامة ومن هو قصيرها ؛ كلهم من البشر ويمثلون جنساً واحداً ولكن يتحتم أن يوجد بينهم الطويل والقصير

ونذكر الآن أنه كان للمصادفة شأن هام فى كشف «هرتز» لوحدة هذه الأمواج ، ذلك أنه أراد أن يعرف ما إذا كانت للأمواج الكهربائية خواص الأمواج الضوئية كخاصية الانعكاس مثلاً ، وتصادف أنه استخدم أمواجاً قصيرة طول موجتها بضعة أمتار فكان هذا الاختيار سبباً فى نجاح تجاربه وفى نجاح نظريته الضوئية فى الكهرباء ؛ إننا لا نستطيع اليوم أن نعكس أمواج الراديو على مرآة لسبب واحد هو عدم استطاعتنا أن نصنع مرآة كبيرة تتناسب وأطوال الأمواج التى نستخدمها الآن ، ولم نستخدم فى الإذاعة الأمواج القصيرة إلا فى العهد الأخير ، وهى الأمواج التى أمكن عكسها بواسطة شبكة سلكية بدل المرآة ، وليس ثمة شك فى أن اختيار « هرتز » لنوع معين من الأمواج كان توفيقاً تحمد الظروف عليه ، فقد تقدمت بذلك العلوم خطوة كبرى إلى الأمام

ولا نود أن نذكر للقارئ كلمة أمواج دون أن يتابعنا فى المعنى المراد من هذه الكلمة ونعيد عليه أن الأمواج التى نعرفها فى الظواهر المختلفة تنقسم إلى أمواج طولية وأمواج مستعرضة ، وتعتبر الأمواج الضوئية والأمواج الكهربائية من النوع الأخير فهى أمواج مستعرضة ، ومعنى ذلك أن الذبذبات تحدث عمودية على الخط الضوئى أو الكهربائى الواصل من المنبع إلى مكان وصول الشعاع ، ويسمون طول الموجة المسافة الواقعة بين قمتين الأوضاع المختلفة التى تأخذها نقطتان تتذبذبان على هذا الخط ، ويحسن بالقارئ لكى يتخيل طول الموجة أن يتصور تلك الأمواج التى تحدث على سطح الماء فإنها هى أيضاً من النوع المستعرض ، وطول الموجة بالتعريف هو المسافة الواقعة بين قمة الماء عند مكان معين والقمة التى تليها ، وهذه المسافة فى حالة أمواج الماء تبلغ مثلاً متراً أو اثنين ولكنها تبلغ فى الأمواج الكهربائية الطويلة من ٢٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر وفق طول الموجة التى تتخيرها محطة الإذاعة

وينبغى ونحن نتكلم عن طول الموجة أن نذكر للقارئ شيئاً عما يسمونه عدد الذبذبات . فثمة علاقة بين سرعة الضوء وطول موجته وعدد الذبذبات الحادثة ، ذلك أن سرعة الضوء تساوى عدد الذبذبات مضروباً فى طول الموجة فبمعرفة سرعة الضوء يمكننا إيجاد عدد الذبذبات إذا عرفنا طول الموجة أو نعرف طول الموجة من عدد الذبذبات ، وما يقال عن الضوء يقال عن الكهرباء لأننا نعرف أن سرعتهما واحدة

فإذا رمزنا بالحرف ع لسرعة الضوء و م لطول الموجة و ز للفترة التى تستغرقها الذبذبة الواحدة

فإن السرعة ع = $\frac{م}{ز}$

وإذا رمزنا بالحرف ن للتردد أى لعدد الذبذبات الحادثة فى الثانية الواحدة فإنه من الواضح أن ن = $\frac{١}{ز}$

أى أن ع = م × ن

ومعنى ذلك أن سرعة الضوء أو الكهرباء تساوى طول الموجة مضروباً فى عدد الذبذبات فى الثانية

وعلى ذلك ، فإننا نميز الظواهر الضوئية والكهربائية على السواء إما من طول الموجة أو من عدد الذبذات الحادثة فى وحدة الزمن وهى الثانية ، ويبلغ عدد الذبذبات فى حالة الأمواج الطويلة

المستخدمة فى الراديو الملايين فى الثانية الواحدة ، ويزيد هذا العدد وفق القانون المتقدم كلما كانت الأمواج قصيرة

أما الأمواج الضوئية فتختلف فى أطوالها وبالتالى فى عدد ذبذباتها عن الأمواج الكهربائية رغم تماثل طبيعتها ، فبينما تبلغ أطوال الأخيرة فى كثير من الأمواج التى نستمع بواسطتها للاذاعة بضعة كيلو مترات ويبلغ ترددها الملايين ، فإن أمواج الضوء المرئى تختلف أطوالها من $\frac{٨}{١٠٠٠٠}$ من المليمتر للضوء الأحمر إلى $\frac{٤}{١٠٠٠٠}$ من المليمتر للضوء البنفسجى ويبلغ ترددها ألتريليونات من الذبذبات فى الثانية الواحدة

ومن السهل على القارئ أن يحسب عدد الذبذبات الحادثة عند نقطة معينة من شعاع مرئى معتبر بين الأشعة الحمراء والأشعة البنفسجية وليكن طول موجة هذا الشعاع $\frac{٦}{١٠٠٠٠}$ من المليمتر ويمثل فى الواقع اللون الأصفر المائل إلى البرتقالى

فمن المعروف مما تقدم أن سرعة الضوء تساوى طول الموجة مضروباً فى عدد الذبذبات أى أن عدد الذبذبات يساوى سرعة الضوء مقسوماً على طول الموجة

ولكن سرعة الضوء تساوى ٣٠٠ ألف كيلو متر فى الثانية أى تساوى :

٣٠٠ر٠٠٠ × ١٠٠٠ × ١٠٠٠ مليمتر

ومن ثم يكون عدد الذبذبات يساوى ٣٠٠ر٠٠٠ × ١٠٠٠ × ١٠٠٠ مقسوماً على $\frac{٦}{١٠٠٠٠}$ أى يساوى ٥٠٠ مليون المليون من الذبذبات فى الثانية

وإن نظرنا إلى مجموعة الأشعة التى نعرفها الآن أكهربائية كانت أم ضوئية لوجدنا أن أسهل مراحلها فى الدراسة هو الأشعة المرئية التى ذكرنا أطوال أمواجها ، ولقد استخدم « نيوتن » وغيره أبسط الأجهزة ليقوم بتحليل أشعة الشمس أو عكسها أو كسرها ، وتسنى له بأبسط الوسائل أن يجوب هذه الدار من مراحل الإشعاع ، وزوّدنا باستخدام أشعة الشمس وبثقب كان فى نافذة معمله ومنشور من الزجاج ينصف علم الضوئيات الذى نعرفه اليوم ، ولكن لم تكن معرفة ما بعد الأشعة المرئية وما قبلها من الأشعاع بالشىء الهين إذ تطلب ذلك أبحاثاً طويلة ما زالت قائمة حتى اليوم ، ولا يتسع هذا المجال لتذكر الوسائل الطبيعية المختلفة والأجهزة المعقدة التى استخدمها الإنسان للتوصل إلى معرفة مراحل الأشعاع المختلفة ، فمادة الكوارتز حلت محل الزجاج كما حل اللوح الفوتغرافى والترمومتر وغيره من الوسائل محل العين لمعرفة وجود الأشعة ، وكان لهذه الأجهزة شأن كبير فى الكشف عن مراحل الإشعاع وقياس سلسلة الأمواج المختلفة التى تبدأ من أشعة الراديو التى تجهلها حواسنا وتنتهى بالأشعة النافذة أو الكونية التى لا تشعر بها هذه الحواس رغم مقدرتها على اختراق ما سمكه عشرة أمتار من الرصاص ، وهكذا كشف العلماء عن مراحل الإشعاع التى تقع فى منتصفها هذه المنطقة المحدودة ، والضيقة من الأشعة المرئية ، وهكذا تعرف العلماء على أنواع الإشعاع لمختلف الأمواج كما عرفوا أن سرعة الأشعة الكهربائية هى سرعة الأشعة الضوئيه ، وأن طبيعة الشعاعين واحدة

على أننا نقسم الأشعة التى نعرفها فى الكون إلى ثلاثة أقسام :

القسم الأول من الأشعة غير المرئية تبدأ من الأمواج الهرتزية أو اللاسلكية وتنتهى بالأشعة تحت الحمراء

القسم الثانى الأشعة المرئية وتبدأ بالأشعة الحمراء وتنتهى بالأشعة البنفسجية

القسم الثالث : وهو الطرف الآخر من الأمواج غير المرئية وتبدأ من الأشعة فوق البنفسجية وتنتهى على حد ما بلغنا إليه اليوم بالأشعة النافذة أو الأشعة الكونية ، وهى أغرب ما نعرفه من الإشعاعات[1]

ولم يكن التعرف على مراحل الإشعاع نتيجة لتتبع منتظم لأطوال الأمواج المختلفة والبحث عن الأطوال غير المعروفة بين الأطوال التى نعرفها ، لأن سبيل تقدير هذه الأطوال وقياس التردد سبيل وعر ألجأ العلماء فى كل مرحلة إلى فن خاص يختلف عن الفن المتبع فى المرحلة القريبة منها . إنما كان

(١) يراجع القارئ مقالاتنا الخمس من الأشعة الكونية المنشورة فى أعداد الرسالة ٣٠٣ و ٣٠٤ و ٣٠٥ و ٣٠٦ و ٣٠٧ من ٢٤ ابريل سنة ١٩٣٩ إلى ٢٢ مايو سنة ١٩٣٩

التعرف على الإشعاع سابقاً فى العادة لدراسة خواص الإشعاع من طول موجته أو تردده أو خواصه الطبيعية ، وكان التعرف على الإشعاع فى كثير من الأحيان نتيجة لمصادفات علمية موفقة ، وقد ضربنا للقارئ مثلاً بكشف « بكارل » لأشعة الإيرانيوم ، ولولا أنه ترك غير عامد قطعة من الإيرانيوم فى أحد أدراج مكتبه على لوح فوتغرافى ، ولولا أنه لاحظ بعد ذلك على هذا اللوح أثراً مطبوعاً يدل على شكل هذه القطعة من الإيرانيوم لتعذرت على الإنسان معرفة هذه المرحلة من الإشعاع المادى ، ولما كشف الإنسان بعده إشعاع الراديوم العجيب

وليس المجال هنا لنعرف خواص الإشعاع المختلفة ، وما زال الإنسان دائباً وراء توسيع معارفه فى استخدام الأشعة فى أغراضه ، ففى الناحية الأولى من الأشعة غير المرئية التى تبدأ من الأمواج الهرتزية وتنتهى بالأشعة تحت الحراء استخدم الإنسان مرحلة من هذه الأشعة فى الإذاعة ، وهو ما زال يسعى لمعرفة المرحلة الأخرى من هذه الأشعة ، وقد عثرنا فى كتاب لريشنباخ على أن الأشعة التى طول موجاتها من ثلاثة أمتار إلى خمسة تقتل بعض الحيوانات الصغيرة كالفيران وبعض الحشرات ، ولا شك فى أن ثمة أبحاث موجودة خاصة بهذا الموضوع لم تتح لنا فرصة الاطلاع عليها ، ولعل هذه الملاحظة الخاصة بالحيوان والحشرات سبب جعل فريقاً من الناس يتحدث أحياناً عن استخدام الإنسان يوماً لما يسمونه الأشعة القاتلة التى أطلق عليها البعض أشعة Z أو أشعة الموت ، وليس فى هذا الحديث إذن من سخف شديد ما دام أن هناك مرحلة من مراحل الإشعاع لها هذا الأثر على الحيوان الصغير ، ومع ذلك فإننا لا نعرف حتى الآن أشعة قاتلة للانسان سهلة الوجود والاستخدام ، وهو الكائن الذى تخترقه فى النهار يتبعه الليل كل أنواع الأشعة من أشعة الراديو الطويلة التى يبلغ طول موجاتها بضعة كيلومترات إلى أشعة الشمس المرئية وغير المرئية إلى الأشعة الكونية الخارقة ، وطول موجاتها أجزاء من ملايين الملليمترات ، ويعيش الإنسان تحت كل هذه الأنواع من الإشعاعات المختلفة ، يروح جيئة وذهاباً ، ينعم بالشباب بند الطفولة ، ويتألم من الشيخوخة بعد الرجولة ، ويأخذ قسطاً وافراً من الحياة يلجأ خلالها إلى هذه الأشعة فى مراحلها المختلفة يستخدمها فى الإذاعة وفى نقل الصور الفوتغرافية باللاسلكى وفى التليفزيون ، ونأمل أن نستخدمها بطريقة عملية قريباً فيما نسميه « التحليل عن بعد » ، بل يستخدمها الإنسان فى العلاج دون أن يناله فى كل ذلك أثر مميت ، ولو أننا صعدنا اليوم الدرج إلى عيادة أحد الأطباء المشتغلين بالأشعة وفى جسمنا ألم فإنه يستطيع بين لحظة وأخرى أن يعطينا صورة واضحة لجزء دفين من أجسامنا وذلك باستخدام مرحلة من مراحل الأشعة التى لا نراها بالعين ، وهى الأشعة السينية Rayons X

فيمكننا أن نرى مثلاً حصوة فى الكلى يجب استئصالها أو نعلم مثلاً أن وراء هذا الضرس خراجاً هو سبب مباشر لورم معين ، وهكذا أخذ بعض الكشوف العلمية الكبرى مرحلته التجارية ، فأصبح له أجهزة تباع فى الأسواق يستخدمها الإخصائيون ، وأصبحت بذلك نفعاً للبشر

ولقد كانت معرفة أطوال الأمواج من المسائل العلمية العويصة فى كثير من هذه المراحل ، وإننا نذكر للقارئ على سبيل المثال كيف عرف العلماء طول موجة الأشعة السينية المتقدمة ؛ فلقد كانت ظاهرة الحيود Diffraction الضوئية التى سبق أن تحدثنا عنها ، والتى قامت دليلاً على أن الضوء ظاهرة موجية ، بل قامت دليلاً على النظرية الحدّيّة للضوء ، من الظواهر التى استخدمها الباحثون لمعرفة أطوال الأمواج الضوئية فى جزء هام من مراحل الإشعاع ، على أن هذه الظاهرة بذاتها لم تعد تصلح سبيلاً لدراسة الأشعة السينية ، إذ أن أطوال أمواج هذه الأشعة من الصغر بحيث أن أية فتحة نعمد إلى صنعها فى معاملنا مهما صَغرَت تعتبر كبيرة بنسبة موجة الأشعة السينية ، فلا تصلح لنرى بواسطتها ظاهرة الحيود اللازمة لنا لدراسة هذه الأشعة

ولكن العالم الكبير « ماكس لاويه » Max Von Laue استطاع أن يعرف بهذه الظاهرة طول الموجة السينية ، ويحصل على أشكال بديعة ناتجة من ظاهرة الحيود المتقدمة ، مستخدماً فيها تلك الأشعة ، وذلك باللجوء إلى البلورات ، فهذه تتكون