تضـــارب فى الرأى

يؤدى إلى كشف خطير

للدكتور محمد محمود غالى

الفكرة الموجية والفكرة الجدثية — لماذا تذهب العلماء بالفكرة الجدثية أو الموجية — ظاهرة التداخل الضوئى والاستطاب

فيم كان التضارب ؟ وفى أى المناحى ظهرت أزمة علمية ؟ لقد كان فى أهم مرحلة من المراحل العلمية التى تتصل بفهمنا للكون ورؤيتنا له ، وللقارئ بيان ذلك

حاولنا أن نُرجع الكون فى مجموعه إلى ظواهر أربع : الكهرباء والمادة والإشعاع والطاقة . وحاولنا أن نُرجع كل هذه الظواهر إلى ست وحدات أصلية ، وذكرنا أن ظاهرة الإشعاع ترجع إلى ذرة ضوئية يسمونها الفوتون ، والواقع أن ظاهرة الإشعاع تتكون من الفوتون ومن موجة مستصحبة له ، وذكرنا أن هذه الذرة الضوئية تسافر بسرعة عظيمة تبلغ حوالى ثلاثمائة ألف كيلو متر فى الثانية . ولا نتوسع اليوم مع القارئ فى شرح الطرق التجريبية المختلفة التى توصل بها العلماء لقياس سرعة الفوتون الذى لا يمكن أن نعثر عليه إلا وهو فى حالة حركة سريعة بالنسبة للمادة ، ولكننا نستعرض مناحى التفكير فى فهم الظاهرة الضوئية ، والوسط الذى ينتقل فيه الضوء ، والكيفية التى تصور بها الباحثون هذا الوسط الذى يتصل فى أساسه بالكون وبالوجود والحالة التى اضطر لها العلماء فى تعديل تصورهم والاتجاهات العلمية التى تناولت هذا التعديل ، وبهذا نستعرض موضوعاً تضاربت فيه الآراء ، وأزمة كانت من أشد الأزمات العلمية ، أزمة لم تنته إلا بتطور علمى جديد ، عدّل تصوراتنا عن الكون وهذّب طريقتنا لمعرفته

* * *

ولا عجب فى ظاهرة ترجع فى تكوينها وفى معرفتنا لها إلى ظروف معقدة يجمل بنا أن نذكرها ، فالضوء الذى ترسله إلينا الشمس مثلاً أو المصباح يصل لنا فى الحيز من أجسام مادية ، لا نعرف على وجه التدقيق ما حدث فيها من عمليات يصل أثرها إلى حاسة من أهم حواسنا هى البصر نعرف به صور الأشياء بالمظهر ذاته الذى يراه كل من وهب هذه العيون

كذلك عند ما يتلقن الطفل أن هذا اللون هو اللون الأحمر وذاك هو الأخضر ، فإنه بعد المران يعرف دائماً الأحمر من الأخضر ، ولا يحدث خلاف بين بنى الإنسان فى تمييز لون معين من بين الألوان ، فثمة اتفاق عام على أن هذا أحمر وذاك أخضر ، تلك مسألة نقررها بتجاربنا اليومية ، ولكنها تجارب بدائية تقف فى حد ذاتها عن الكشف عن طبيعة الظاهرة التى تجعلنا جميعاً نتفق فى هذا التعيين

وقد يكون غريباً على القارىء أن نقول له إن الضوء عملية موجية ، وإن اللون يترجم عدداً من الذبذبات فى الزمن ، وإنه إنما يميز الأحمر من الأخضر ، لأن ثمة عددا من الذبذبات فى الثانية أثرت على العين ليرى اللون الأحمر . وثمة عدد آخر من الذبذبات يختلف عن العدد الأول وصل إلى العين ليرى اللون الأخضر ،

ويغذيه من نفسه وينميه فيها فيظهر فى لهجته وكلامه . فالألمان يعتقدون أنهم أقوى ما فى الدنيا ولذلك فإنهم يقبلون على الدنيا بهذا الإحساس يتحدون كل قواها مقعقعين بلغتهم وكلامهم كأنهم المدافع ، والفرنسيون يعتقدون أنهم أجمل ما فى الدنيا وأشد ما فيها عصفاً وهم لهذا يقبلون على الحياة مدللين متأنقين متلطفين مغرين الناس بأنفسهم قد أرهفوا انتباههم إلى مسة تخدشهم فما تخدشهم حتى يثوروا فما يسترضون حتى يرضوا ... طبيعة الجميل المدلل الأنيق المتلطف ؛ وكل هذا بادٍ فى لغتهم ومطاتها الرشيقة ووقفاتهم الأنيقة كما يبدو فى عواصف إلقائهم وزوابعه إذا هم غضبوا ... وأهل لبنان فى إلقائهم للعربية بداوتهم الباقية وعنجهيتها الفخور ... وأهل المغرب فى سرعة إلقائهم ومضغ الحروف و « كركبة » الألفاظ بعضها فوق بعض لا يزالون فى الهلع الذى أصابهم منذ أزمحوا عن الأندلس بما كانوا يلهون فيها ...

— وأهل مصر ؟

— تسمّعيهم أنت ... ونبئينى غداً بما تسمعين

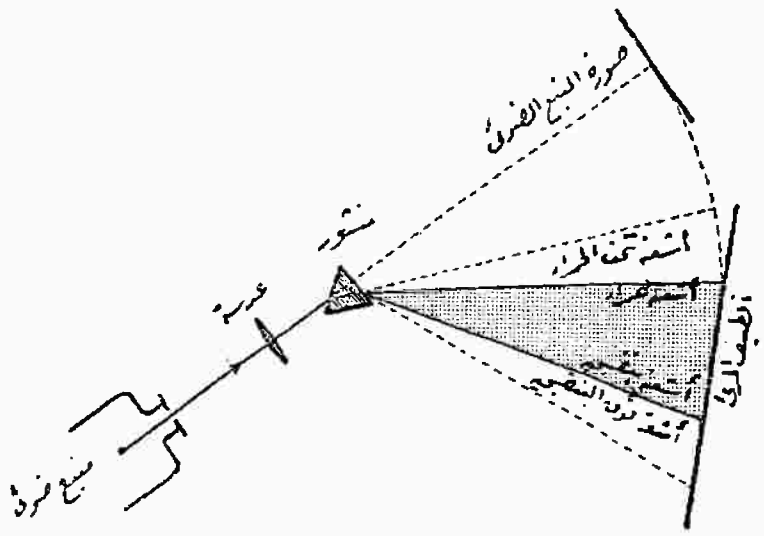
فريد أحمد شوقى

١٤ ٥٣٥

ذلك أن القارئ لا يرى هذه الذبذبات، وليس فى تجاربه اليومية ما يؤيدها ؛ ولكنا نطالبه أن يتبعنا قليلاً ليرى معنا ماذا تكنه هذه الظاهرة العجيبة التى عرف عندها الأشياء بصورها واستوعب الألوان بحالتها

* * *

أول معارفنا عن الضوء ترجع لملاحظة الظواهر العادية التى تتصل بما يسمونه الضوء الهندسى Optique Geomertrique الذى يبين مَسيرات الأشعة الضوئية . كلنا يعرف أن الضوء يسير فى خط مستقيم ما دامت المادة التى يسير فيها لا تتغير، ويعرف أن الأشعة تنكسر عند انتقالها من مادة إلى أخرى ، وما السراب إلا ظاهرة حادثة من انكسار الضوء فى الهواء الذى يتكون منه فى الواقع طبقات تختلف كثافتها لاختلاف درجة حرارتها وقد عرف نيوتن ظاهرة انكسار الضوء فى الزجاج ، ودرس من ذلك ظاهرة تحليل الضوء الأبيض إلى الألوان المعروفة ، وبذلك عرف أن الضوء الأبيض الذى يصلنا من الشمس خليط من أشعة مختلفة ألوانها وقد أثبت ذلك بأن جعل الضوء يمر فى منشور زجاجى فيتحلل إلى الألوان المعروفة : الأحمر ، والبرتقالى ، والأصفر ، والأخضر ، والأزرق ، والأرجوانى ، والبنفسجى ، وهى ظاهرة الطيف التي نشاهدها أيضاً فى قوس قزح حيث تلعب كرات الماء المتناثرة فى الفضاء دور المنشور فيتحلل الضوء عند اختراقها إلى ألوانه البسيطة



(شكل ١) تحليل الضوء الأبيض بواسطة منشور زجاجى

ويرى القارئ فى الشكل (١) تحليل الضوء بواسطة المنشور ، ويرى المنطقة التى يكون فيها اللون الأحمر واللون البنفسجى ، كما يرى المنطقة التى تكون فيها الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية

ولو أننا وضعنا ـ كما فعل نيوتن ـ أمام الأشعة المبعثرة عدسة فإن هذه الأشعة تتجمع مرة أخرى بعد خروجها من العدسة وتكون الضوء الأبيض من جديد

ولقد كان الانكسار فى الضوء الأساس فى اختراع كل الأجهزة الضوئية : كالمنظار الفلكى (التليسكوب) والمجهر (الميكروسكوب) والجهاز الفوتغرافى . بهذه الأجهزة جال الإنسان بنظره وفكره من العوالم البعيدة إلى الدقائق التى لا تراها العين ، واستطاع أن يحتفظ بصور الأشياء والحوادث ، اجتماعية كانت أم علمية ؛ وهكذا بتعديل فى شكل الزجاج خرجت صناعة هامة هى صناعة العدسات ، واقترنت هذه بأعمال الإنسان حتى بات فريق كبير يحملها على العيون ليرى للعالم صورة أوضح من التى تسمح له بها حواسه ، وكان ذلك امتداداً عجيباً لوظيفة العين البشرية ، أى امتداداً لحياتنا البيولوجية

لم تكن هذه الظواهر : من مسار الضوء فى خط مستقيم ، وانكساره عند اختراقه المواد ، وتحليله إلى ألوان مختلفة ـ بكافية لتتعرف حقيقة الضوء ؛ وكان على الباحثين لمعرفة ذلك أن يدرسوا خواصه دراسة وافية ، وهذا ما عكف عليه العلماء الذين ذهب التفكير بهم إلى افتراض احتمالين :

الأول أن يكون الضوء مكوناً من جسيمات صلبة مقذوفة فى الحيز

والثانى أن يكون الضوء حادثة وقعت على جسيمات أخرى مادية ، وليس هو الجسيمات بذاتها ، وفى الحالة الثانية يكون الكون بأسره مملوءاً بهذه المادة التى سموها الأثير Ether وهذه المادة لا تراها بالذات إنما نرى ما يحدث فيها من تعديل أو تموجات ، وظل الرأيان يتناوبان المكان الأول عند العلماء الذين اعتقدوا أولاً فى الفكرة الشيئية (أى الجسيمية) ثم اعتقدوا ثانياً فى الفكرة الحدثية (أى الموجية) ، ولأسباب سنذكرها هنا انتصرت الفكرة الأخيرة عهداً طويلاً ، وظلت النظرية الصحيحة إلى أن حولت النظريات الحديثة ونظرية الكم Quanta مرة أخرى العقائد نحو الفكرة الأولى

أما النظرية الشيئية فقد أسسها نيوتن Neuton ففرض أن

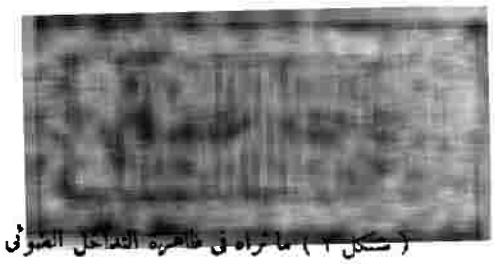
الضوء مكون من جسيمات صلبة صغيرة مقذوفة فى خط مستقيم فى الفضاء ، وكان لما يتكون من ظل لأى جسم موضوع أمام منبع ضوئى دليل عنـد نيوتن على ما احتجزه الجسم من هذه الـكرات التى حال الجسم دون مرورها

أما النظرية الحديثة ، فقد أسسها الرياضى الهولاندى ويجانز Huyghens وقامت فى المبدأ على اعتبارات نظرية وحسابات قام بها هذا العالم ، وكان لا بد من أسباب علمية هامة لـكى يهجر العلماء نظرية نيوتن الجسيمية Corpusculaire على ما لمؤسسها من مكانة ليتمذهبوا بالمذهب الجديد .

على أننا نلخص المهم من هذه الأسباب التى خرج بها علينا العلم التجريبى :

السبب الأول كان فى ظاهرة يسمونها (التداخل الضوئى) Intérference ، والسبب الثانى كان فى ظاهرة يسمونها الاستقطاب[1] Polèrisation ، وللقارئ توجز الظاهرتين :

عندما يقع شعاع على جسم يُضيئه شعاع آخر ، فإنه من البديهى أن يزداد توهج الجسم بهذا الشعاع الثانى ، وهى نتيجة حتمية لنظرية « نيوتن » التى تقول بازدياد عدد الجسيمات الضوئية الواقعة على الجسم ، وبرغم هذه الحقيقة التى نشاهدها فى تجاربنا العادية توصل العلماء إلى تجارب من نوع معين يتبين منها أن هذه الإضافة لشعاعين من الضوء ينتج عنها ظلمة حالـكة بدل أن ينتج عنها زيادة فى الضوء



(شكل ٢) مما تراه فى ظاهرة التداخل الضوئى

وقد كشف هذه الظاهرة الطبيب والطبيعى المعروف توماس يونج[2] Thomas Young وتتلخص تجربته فى أنه وضع حاجزاً به ثقبان أمام منبع ضوئى وشاهد على حاجز آخر موضوع خلف الأول سلسلة من الخطوط المضيئة والمظلمة المتجاورة ، ذلك أن هذا الحاجز يضاء بما ينبعث من ضوء خلال الثقبين ، وفى الشكل (٢) يرى القارئ صورة لهذه الظاهرة التى لا يمكن تفسيرها بنظرية « نيوتن » ويمكن تفسيرها بالوسائل الرياضية إذا اعتبرنا الضوء ظاهرة موجية[1] ، ذلك لأن موجتين متضادتين وحادثتين فى مكان واحد تمحو إحداهما أثر الأخرى ، ويظهر ذلك فى هذه الخطوط السوداء التى رغم تعرضها للمنبعين لا يظهر عليها أثر للضوء. وليس المجال هنا لنذكر التجارب المختلفة التى وفق فيها العلماء لرؤية هذه الظاهرة ، ولا بد أن يكون قد رآها كل من أتيحت له فرصة عمل تجارب فى إحدى كليات العلوم ، مثل التجارب المعروفة باسم حلقات « نيوتن » أو « مرآة فرنل » وغيرها . كذلك لا ندخل فى تفصيل التطبيقات العديدة التى استخدمت فيها ظاهرة التداخل لـكل مهندس تتاح له الفرصة فى معرفة ما تقدمه العلوم الطبيعية من تطبيقات مفيدة بعلم أنه يستطيع أن يعرف درجة تمدد أو ضغط إحدى الأعتاب الحاملة للجسور الحديدية[2] بواسطة أجهزة ضوئية تستند إلى ظاهرة التداخل الضوئى ، كما يعرف أنه من السهل الآن تعيين سمك لوحة رقيقة أو دراسة ما على سطحها من تعاريج أو حركة بالالتجاء إلى أمواج الضوء ، واستخدام ظاهرة التداخل فى القيام بما يصعب قياسه بالطرق العادية[3]

أما الظاهرة الثانيـة فهى ظاهرة الاستقطاب التى تفرغ لدراستها أيضاً المهندس والعالم « فرنل » ونشرحها هنا فى كلمتين :

ثمة نوعان من الأمواج فى الظواهر الطبيعية المختلفة ، أمواج طولية حيث تتذبذب الجسيمات فى اتجاه سير الموجة ، وأمواج مستعرضة حيث تتذبذب الجسيمات فى اتجاه عمودى على سير الموجة. وأظهر مثال للأخيرة تلك الأمواج التى نشاهدها على سطح المياه حيث يرتفع المـاء ويهبط فى مكانه عموديا على الاتجاه الظاهرى لمسار الموج دون أن يتحرك الماء من مكانه نحو هذا الاتجاه ،

(١) فى محاولة لا أدرى مدى نجاحها أعتقد أنه ربما نستطيع معرفة سرعة المياه فى المنطقة المجاورة لقاع النيـل والترع بالالتجاء إلى ظاهرة الاستقطاب دون ما التجاء لاستخدام الجهاز المعروف لدى مهندسى الرأى باسم « الـكارنتيمتر » Current metre أو moulinet Hydrométrique الذى يصعب استعماله فى المنطقة القريبة من القاع

(٢) أعتقد أنه كان ليونج بالذات بحث هام قام به فى مصر عن الآثار المصرية

(١) يرجع تفسير ظاهرة التداخل إلى المهندس الفرنسى المعروف فرنل Fresnel الذى قام أيضا بتجارب هامة عن الضوء الموجى والذى توفى عن ٣٩ عاما

(٢) قام بهذه التجربة الأستاذ « مناجيه » من أساتذة مدرسة الـكبارى والجسور بباريس

(٣) مما هو جدير بالذكر أن ثمة ظاهرة أخرى اسمها ظاهرة الحيود الضوئية Diffraction ، ولا ندخل فى تفاصيلها، أيدت أيضا النظرية الموجية وعارضت النظرية الجسمية

ولقد أثبت «فرنل» أن الضوء ظاهرة موجية من النوع الأخير فهي كموجة الماء تتذبذب فى اتجاه عمودى على مسار الموجة ، ولا تختلف عنها إلا فى أنها مع مرور الوقت تدور هذه الذبذبة فى المستوى العمودى الذى تتذبذب فيه ، وقد لاحظ « فرنل » أن الضوء عند ما يخترق نوعاً من البلور فإنه يتذبذب عمودياً كما كان قبل اختراقه البلورة ، ولكن الذبذبة تتخذ صفة جديدة ، ذلك أنها تتذبذب فى اتجاه واحد ، ويسمى هذا الشعاع مستقطباً ؛ وقد بيّن « فرنل » أن ظاهرة التداخل لا تحدث بين شعاعين من هذا النوع إلا إذا كانا مستقطبين فى اتجاه واحد . وظلت فكرة « فرنل » التى تتلخص فى أن الضوء ظاهرة موجية مستعرضة تستلزم وجود مادة أثيرية لحدوث هذه الموجات فكرة غير مقبولة من العلماء الذين لم يؤمنوا بوجود مثل هذه المادة فى الكون، وهى المادة التى لجأ إليها كل من «فرنل» و «وبجانز» لتفسير ظاهرتى التداخل والاستقطاب التى صعب تفسيرها بنظرية « نيوتن » الجسمية ، وظل الأثير وسطاً يتطلب الفراسة

وهكذا لم يكن من المستطاع التعرف على الضوء كحالة موجية دون أن يكون هناك هذه المادة الأثيرية التى تملأ الكون ، وكان شأن الأثير من الضوء شأن الماء فى بحيرة سقط فيها حجر ، وإلا فكيف تصل لنا آثار الحجر إذا لم يوجد الماء ، وكيف تصل لنا هذه الدوائر على سطح البحيرة تتسع رُوَيداً رويداً حتى تبلغ الشاطىء إذا خلت البحيرة مما يحمل هذه الدوائر ، ومع ذلك ظل الأثير فرضاً لا نعرف عن خواصه شيئاً ، وكل ما نعرفه أنه مادة خفيفة شبيهة بالغازات ، لا نستطيع تقريبها مهما كانت أجهزتنا قوية، فهو يملأ المصباح الكهربائى مهما كان مفرَّغاً، وبواسطته يمر الضوء من السلك المعدنى إلى الغلاف الزجاجى وإلى ما وراء هذا الغلاف

ولقد صادفت فكرة « فرنل » عن الموجات الضوئية ووصفها بأنها مستعرضة عقبة جديدة ، ذلك أن الأثير باعتباره مادة شبيهة بالغازات لا يقبل غير الموجات الطولية ، وقد استمسك «فرنل» برأيه فى أن الضوء أمواج مستعرضة حتى أنه ، عند ما تثبت « بواسون » Poisson بأن الموجات الطولية هى وحدها الكائنة فى الأجسام الغازية ، لم يسع « فرنل » إلا أن يطلب من هذا العالم أن يصحح رأيه فى خواص الأثير الذى قد يكون له خواص الأجسام الصلبة ، ويقول «ريشنباخ» Reichenbach إن تصميم « فرنل » هذا كان سبباً لكى يمتنع زميله « أراجو » Arago من أن يوقع معه النشرة العلمية النهائية الخاصة بهذا الموضوع. وفى القرن التاسع عشر عكف العلماء على القيام بتجارب عديدة يتبيّنون منها وجود هذا الأثير ويتعرفون بها على شىء من خواصه ، وتساءل بعضهم ماذا يحدث فى الأثير عند ما يتحرك جسم فيه ؟ ثمة احتمالات ثلاثة :

الأول أن يحمل الجسم معه الأثير بأسره المحبوس بين جزيئات الجسم . والثانى أن للأثير مرونة عظيمة تسمح أن يمر الجسم فيه دون أى احتكاك ظاهر

والثالث أن يكون للأثير حالة متوسطة ، أى أنه يشترك جزئياً مع حركة الجسم، وهو رأى مال إليه « فرنل » وعززه بحسابات أراد منها أن يعرف درجة اشتراك الأثير فى مثل هذه الحركة

وقد عمد فيزو Fizeau لتحقيق ما ذهب إليه فرنل ، وفى تجربة معروفة أرسل شعاعاً فى أنبوبة مملوءة بالماء الجارى كما أرسل فى الأنبوبة ذاتها شعاعاً آخر فى الاتجاه المضاد ، بحيث يسير مع الماء أحد الشعاعين ويسير بعكسه الشعاع الآخر ، وباعتبار أن المادة الحاملة للضوء هى الأثير وأن هذا ، وفق النظرية المتقدمة ، يتحرك مع الماء بعض الشىء ؛ فإنه يجب أن تختلف السرعة لشعاعى الضوء فى الحالين . وباللجوء إلى طريقة دقيقة استخدم « فيزو » فيها لقياس السرعة ظاهرة التداخل الضوئى استطاع أن يقيس الفرق بين السرعتين ، فأيدت صحة هذه التجربة فكرة « فرنل » عن وجود الأثير وعن معرفة شىء عن حركته(١)

على أن تجربة أخرى تعد فى نظرى من أهم التجارب التى أحدثت انقلاباً فى التفكير الحديث قام بها العالم المعروف « البرت ميكلسون » Albert michelson فى سنة ١٨٨١ ، وكان لها أثر فى عقيدة العلماء فيما يخص الأثير، هذا الوسط الوهمى، وسيرى القارئ كيف سببت تجربة ميكلسون تضارباً فى الرأى وأحدثت أزمة علمية عصيبة ، وماذا كان أثرها على التفكير الحديث فى فهم الكون.

محمد محمود غالى
دكتوراه الدولة فى العلوم الطبيعية من السوربون
ليسانس العلوم التعليمية . ليسانس العلوم الحرة . دبلوم المهندسخانة

(١) سيتضح من التجربة التالية لميكلسون خطأ « فيزو » ومهما يكن من أمر تجربة « فيزو » هذه ، فانها توحى للباحث فكرة أخرى تهمنا فى حياتنا العملية ، وهى احتمال قياس السرعة المتوسطة لمياه الأنهار كالنيل بارسال ذبذبة صوتية فى اتجاه سير المياه ، واسانة كبيرة تبلغ بضعة الكيلومترات ، وإرسال ذبذبة مماثلة فى الاتجاه المضاد ، ومحاولة استنتاج السرعة المتوسطة لمياه النهر وبالتالى تصرف النهر من مقارنة الفترتين التين وصلت فيهما هذه الذبذبات-ومن معرفتنا لسرعة الصوت فى الماء