المقتطف

الجزء الرابع من المجلد المائة

١ ابريل سنة ١٩٤٢ — ١٥ ربيع اول سنة ١٣٦١

أساطين العلم الحديث

وليم براغ وعلم البلورات

إن دراسة البلورات بالأشعة السينية فرع جديد من فروع العلم الطبيعي الحديث. جذوره ممتدة في الذرات والجزيئات والاشعة، وفروعه منتشرة في عالم الصناعة. مهد له أولاً الاستاذ لاو السويسري سنة ١٩١٢ في جامعة زوريخ، اذ بيّن ان الأشعة السينية تمكن الباحث من معرفة بناء البلورات، فحققت هذه الأشعة ما عجزت عنه أشعة الضوء العادي. وأخذ السر وليم براغ Bragg وابنه الاستاذ وليم براغ المشعال الخافت من يد الباحث السويسري، ومضيا به شوطاً بعيداً، في ميدان لا طرق فيه ولا معالم، فأزاحا النقاب عن مشاهد خلابة في عالم البناء الطبيعي والكيميائي، ونفخا الصناعة بأداة لا تقدر قيمتها بدرات الأموال. وفي منتصف مارس ١٩٤٢ أذيع ان براغ الكبير قد ذهب الى لقاء ربه. فجدير بنا ان نقف هنا قبيلاً، ريثما نلقي نظرة على هذا العلم الجديد ونواحيه النظرية والتطبيقية، وسيرة هذا العالم الكبير

١ — أصول علم البلورات الحديث

لما كان الانسان قادراً على تصور بعض النتائج التي يجنيها من تغلبه على المصاعب التي تعترض سبيله، ولما كان ذا عزم يدفعه الى محاولة التغلب عليها، فقد استنبط وسائل مختلفة

غاية في الاحكام لمساعدته في تحقيق ما يصبو اليه . فاذا أخذنا بعض المصاعب التي تنشأ عن ضعف بصره وجدنا انهُ استنبط المجهر ليمكنه من رؤية الأجسام الدقيقة التي تعجز العين المجردة عن رؤيتها

فنجم عن ذلك ان الانسان أصبح بالمجهر أقدر على بحث كثير من المواد التي لا بدَّ من استعمالها في شؤون الحياة اليومية. فهو أداة فعالة في درس سطوح المعادن والأخلاط التي تبنى منها الآلات والسيارات وسكك الحديد . ولا غنى عنهُ في درس دقائق الألياف في صناعة الغزل والنسج . وغني عن البيان أنهُ وسيلة البيولوجي الأولى وسلاح البكتيريولوجي الأمضى. وبملزم البيولوجي والبكتيريولوجي تتصل العلوم والصناعات الزراعية التي لها أكبر شأن في العمران الحديث

على ان للمجهر حدًّا لا يستطيع ان يتعداهُ . فبهِ نستطيع ان نرى طائفة كبيرة من الاجسام الدقيقة . ولكن ثمة طائفة من الاجسام أصغر منها لا يكشف عنها المجهر . وسبب هذا العجز حائل طبيعي ، مردُّه إلى طبيعة أمواج الضوء . ولو كانت جميع الاشياء التي تهمنا مما يستطاع الكشف عنهُ بالمجهر لما كان العلماء يحاولون ان يتخطوا هذا الحائل كاختراعهم من عهد قريب المجهر الكهيربي . ولكن العوالم الكائنة وراء حدود المجهر العادي أوسع آفاقاً من العوالم التي كشف المجهر عنها . ولذا فلا نندحة عن البحث عن وسيلة لرؤية ما في تلك العوالم من الدقائق والأسرار . فثمة مثلاً تفاصيل بناء الخلية الحية وتركيب أصغر الدقائق التي في المعادن والفلزات والمطاط والدهان والعظم والعصب وألياف القطن والكتان والحرير وغيرها ، وهي لا بدَّ ان تظل محجوبة عنا اذا اكتفينا بالمجهر العادي ، لأن حجبها قائم على طبيعة الضوء لا على جهل الباحث . فما هو هذا الحائل الطبيعي ؟

تقوم قوة بصرنا على اشعاع الضوء من مصدر ما . فالضوء سر البصر ومن دونهِ نعجز عن رؤية جسم ما من الاجسام. وحقيقة الاشعاع لا تزال خفية عنا . ولكن ما كشف من ظاهراتها يخولنا حق القول انها في بعض هذه الظاهرات امواجٌ في وسط يدعى الاثير . والعين عضوٌ خلق للتأثر بهذه الامواج . فاذا اتجهنا الى مصدر الضوء بعيوننا لم نشعر الاَّ بهذا التألق المنبعث منهُ فاذا وقعت هذه الامواج على جسم ارتدت عنهُ وتحوَّلت في اثناء ارتدادها . فاذا اتجهنا بعيوننا الى هذا الجسم المغمور بالامواج ، اتصلت بها الامواج المرتدة عنهُ المتحولة في اثناء ارتدادها . وقد تعلمنا بالاختبار الطويل ان نميِّز من طبيعة الامواج المرتدة، طبيعة الجسم المرتدة عنهُ . وهذا هو الابصار

والعمل الاساسي في هذا العمل هو تشتت امواج الضوء وتحوّلها بحسب الجسم الذي

يشتتها . والمعروف ان للامواج أطوالاً مختلفة . فاذا لاحظنا أمواج البحر وجدنا ان جسما صغيراً طافياً على سطح البحر كقطعة صغيرة من الخشب الخفيف لا يستطيع ان يؤثر في سير الموجة . بل هي تتعداه في سيرها غير آبهة له . فاذا التقت بجدار كبير او بسفينة ضخمة ارتدّت عنها . وما يصدق على أمواج البحر يصدق على أمواج الضوء . فمن الاجسام ما هو أصغر من أمواج الضوء التي نراها . وهذه الاجسام لصغرها لا تستطيع أن تؤثر في الامواج فلا ترتدّ الامواج عنها ولا تتحوّل ، ولذلك لا نستطيع ان نراها لا بالعين المجرّدة ولا بالمجهر المألوف ، لان الامواج التي تستطيع العين ان تتأثر بها فتمكنها من الابصار ، تقع بين طرفين محدودين من الطول والقصر . وهذه الاجسام اصغر من أقصر هذه الامواج . فلا بدّ من بقائها محجوبة عن أبصارنا اذا اكتفينا بالمجهر المألوف . على ان رؤيتها ومعرفة تفاصيل بنائها لها شأن خطير في ارتقاء العلم والعمران . فاذا نفعل ؟

بالاشعة السينية نستطيع ان نتخطى هذا الحائل وندخل عالماً جديداً واسع النطاق كثير المجاهل . والاشعة السينية عكسنا من ذلك لان امواجها اقصر من اقصر الامواج الضوئية التي نبصرها ونبصر بها، بعشرة آلاف ضعف . على انها شبيهة بها من حيث خصائصها الطبيعية . فالاجسام الدقيقة التي لم تستطع ان تؤثر في اقصر امواج الضوء تستطيع أن ترد امواج الاشعة السينية وتحوّلها لان هذه الامواج أصغر منها

ولكن كيف نستطيع أن نطلع على الحقائق التي تكشفها لنا هذه الاشعة ونحن لا نستطيع رؤيتها لانها خارج نطاق الامواج التي تؤثر في أعصابنا البصرية

التصوير الضوئي هو إحدى هذه الوسائل . فالفلم او لوح التصوير الضوئي ينطبع بهذه الاشعة كما ينطبع بالأشعة الكيميائية التي في ضوء الشمس — برغم احتجابها عن عيوننا . لكن ذلك لا يجدي نفعاً لو لم تكن الطبيعة قد جرت في بناء المواد على قواعد معينة . فما هي هذه القواعد ؟

نحن نعلم ان العناصر اثنان وتسعون عنصراً . أخفها الايدروجين وأثقلها الأورانيوم . ولكن منها بضعة عناصر تفوق سائر العناصر مقداراً في جو الارض وقشرتها والاجسام التي على سطحها . ومن أشهرها الاكسجين والسليكون والالومنيوم . فاذا أخذنا قطعة من الحديد الصرف علمنا أنها لا تحتوي على شيء الا على ذرات الحديد . ولكن هذه الذرات ليست مجتمعة اعتباطاً . بل هي منتظمة انتظاماً دقيقاً طبقاً لنموذج معين لا نحيد عنه . وللنحاس نموذج خاص به . وللماس آخر وهلمّ جرًّا . وبعض هذه النماذج أبسط بناءً من نموذج الحديد، وأكثرها أشدّ تعقيداً منه ، ولاسيما في المواد المركبة . وللمسافات بين الذرات

في هذه النماذج صغيرة جدًّا والذرّات نفسها لا ترى . ولكننا نعرف ترتيب الذرّات او الجزيئات بواسطة الاشعة السينية

فاذا وجدت لدينا مادة تنتظم فيها الذرات طبق النموذج المعيّن في صفوف موازٍ أحدها للآخر قلنا أن هذه القطعة المادية « بلورة » Crystal . وصفة البلورة انما تستعمل في هذا العلم للانتظام الكامل بحسب النموذج الخاص بمادة ما . والبلورات الفردة كثيرة منها الجواهر والحجارة الثمينة وبلورات الملح والسكر وغيرها . ولكن معظم المواد التي نتناولها كل يوم ، كالقطع الفلزية في ساعاتنا ودبابيسنا ونقودنا انما هي مجموعة من البلورات الدقيقة . والواقع إن البلورة الفردة من فلز ما شيء نادر الوجود غريب الأطوار . فاذا أتيح لنا الحصول على بلورة من النحاس واخذناها في أيدينا تمكنا من حنيها كأنها قطعة من الصلصال المتجمد بعض التجمّد . فاذا عالجناها كذلك هنيهة تصلبت في ايدينا وأصبحت كالنحاس المألوف صلابةً ومتانةً

وسبب ذلك ان لكل نوع من البلورات سطوحاً خاصة تنزلق صفوف الذرات — او الجزيئات اذا كانت مركّبات لا عناصر — بعضها على بعض في جهتها ، وتدعى هذه السطوح سطوح الانزلاق . فاذا كانت بلورة النحاس بلورة منفردة سهل انزلاق صفٍّ من ذرّاتها على الآخر وهكذا يسهل حنيُها . أما اذا كانت القطعة التي في يدك متعددة البلورات تعارضت سطوح الانزلاق . فاذا حاولت حني القطعة في جهةٍ ما اعترضتك بعض البلورات التي اتجاه سطوح انزلاقها مقاوم للجهة التي ترغب فيها فتعجز عن تحقيق اربك . ولذلك ترى جميع المواد البلورية المتعددة البلورات صلبة صلابة متفاوتة

والبلورات الصغيرة التي تتألف منها المواد تمكن رؤيتها أحياناً بالعين المجردة أو بالمجهر الذي كان أداة فعالة في ترقية علم المعادن وما يُصنع منها . ولكن برغم فائدة المجهر في هذه الناحية لا يستطيع ان يكشف لنا شيئاً عن بناء هذه البلورات الصغيرة اي عن انتظام الذرات والجزيئات فيها في نماذج معينة . وأما الاشعة السينية فتستطيع أن تفعل ذلك اذا أتقنا استعمالها وفهم النتائج التي يسفر عنها هذا الاستعمال

واذا صحت الحقائق المتقدمة عن بلورات عنصر واحد فأحر بفائدة الاشعة السينية في درس بلورات المواد الفلزية المعقدة كالاخلاط الفلزية مثلاً التي أصبح لها مقام خاص في الصناعات الحديثة . لان المهندس يستطيع باعتماده على أنتائج البحث بالاشعة السينية أن يخلق منها ما يجمع صفات متعددة يحتاج اليها كما فعل بالدورالومن الجامع بين المتانة وخفة الوزن وهو يستعمل الآن في بناء هياكل البلونات وأجسام الطائرات . وصفات هذه الاخلاط تتوقف غالباً على أشكال البلورات التي تتكون فيها وأحجامها واتجاهاتها النسبية . وهذه كلها مما يمكن درسهُ بالاشعة

السينية بل إن الاشعة السينية قد أثبتت ان كثيراً من المواد التي لم تحسب بلورية من قبل هي في الواقع بلورية البناء كالقطن والحرير والمطاط الممدود والعظم وغيرها

هذه المامة بسيطة ببناء البلورات وما لمعرفة قواعده من الشأن في الصناعات الحديثة . بقي علينا أن نذكر شيئاً عن طريقة استعمال الاشعة السينية لمعرفة دقائق هذا البناء

قلنا اننا نرى الاجسام بوقوع أشعة النور عليها وارتدادها عنها بعد تحولها تحولاً اصبحنا نفهم منهُ طبيعة الجسم الذي يردها ويحولها . أما الاشعة السينية فقصيرة جداً فتستطيع الذرّة ان ترد ها عنها . ولكن الذرة متناهية في الدقة كذلك فلا تستطيع ان تحس بأمواج الاشعة السينية المرتدة عن ذرة واحدة . ومن هنا مقام البلورات . فالبلورات مجموعة منتظمة من الذرات أو الجزيئات . والذرات أو الجزيئات في بلورات مادة ما منتظمة انتظاماً واحداً . فاذا سدّدت الاشعة السينية الى بلورة اخترقت ذراتها وجزيئاتها ونفذت في نموذج منتظم وهذا يصوّر وبه يعرف انتظام الذرات في البلورة

ومما لا ريب فيهِ انها طريقة غير مباشرة لمعرفة أسرار هذا البناء . فنحن لا نرى بها الذرات او الجزيئات المفردة . بل نكشف فقط عن طريقة انتظامها . ولكن الحقائق التي تجمع من هذه الطريقة تُفضي الى الحقائق التي تجمع من ميادين العلم الاخرى وبها يتوسل العلماء الى الكشف عن اسرار البناء في الطبيعة

٢ — براغ وبحث الذرّة

في شهر يناير سنة ١٩٠٣ عقد مجمع تقدم العلوم الاسترالي مؤتمره السنوي في مدينة دوبيدن بزيلندا الجديدة. وكان رئيس قسم الرياضة والطبيعة فيهِ أستاذ الرياضة والطبيعة في جامعة أدليد الاسترالية . وكان عليهِ أن يلقي خطبة الرآسة في قسمه . ففكّر قبل الاجتماع بأشهر، في موضوع يحتمل ان يظفر بعناية الاعضاء . وكان الكهيرب وظاهرة النشاط الاشعاعي قد كشفا في أواخر القرن التاسع عشر، وكان هو كمعظم علماء الطبيعة حينئذٍ، لا يعرف من هذا الموضوع، سوى نزر يسير، ومع ذلك مال الى انتزاع موضوع خطبتهِ من هذا الميدان البكر في العلوم الطبيعية . فليراجع الكتب في الأشهر الباقية أمامهُ

كان الاقدام صفة من صفات وليم براغ، ولعلهُ كان مثالاً حيًّا على قول من قال « ان الحتى يطأون حيث تخشى الملائكة ان تطأ » . والواقع ان تعيينهُ أستاذاً في أدليد كان نتيجة لمثل هذا الاقدام . ففي سنة ١٨٨٤ كان يتمشى في ساحة جامعة كمبردج مع عميد كلية ترنيتي فسألهُ العميد هل قدّم طلباً لمنصب أستاذٍ في جامعة أدليد . فقال انهُ لم يفعل، ولكنهُ قرّر ان

يقدم الطلب . لعم ان منصب الاستاذ هذا كان يشمل الرياضة والطبيعة كليهما ، ومع تفوقه في العلوم الرياضية ، فانه لم يدرس العلوم الطبيعية دراسة مفصلة . ولكن هذه مسألة ثانوية عنده . ففي وسعه ان يكبّ على دراسة الطبيعة قبل وصوله الى أدليد . وفعلاً قدم الطلب وعين أستاذاً ، وغادر انكلترا بعد ثلاثة أسابيع ، وجعل همهُ في أثناء الرحلة ، الاكباب على كتب الطبيعة ينعم النظر فيها ، ويجيل في موضوعاتها شعاع ذهنهِ المتوقد الذي أرهفتهُ دراسة الرياضة العالية

وقضى براغ سبع عشرة سنة في جامعة أدليد يدرّس الرياضة والطبيعة ، ويتتبع تقدمهما تتبعاً دقيقاً حتى غدا من أعلام مدرسيهما . وحوالي ذلك الوقت طلب اليهِ ان يرئس قسم الرياضة والطبيعة في مجمع تقدم العلوم الاسترالي . فعمد الى مطالعة ما كتب في الكهرب والنشاط الاشعاعي ، على نحو مافعل في دراسة الطبيعة نفسها في اثناء رحلتهِ من انكلترا الى استراليا . وكذلك بدأت مرحلة جديدة من حياته العلمية كانت حافلة بالمآثر العظيمة

وكان تفكيرهُ في اثناء مطالعتهِ الكتب والرسائل المنشورة عن الكهرب والنشاط الاشعاعي سلكت السبيل التالي : — الذرات وهي اللبنات التي تبنى بها ومنها جميع اصناف المادة في الكون ، انواع مختلفة . وذرات كل نوع مماثلة تماماً فهناك ذرّات الكربون وذرّات الاكسجين وذرّات الحديد . وهذه الانواع تبلغ التسعين

وجميع الاجسام في الكون كالاجسام الحية من حيوان ونبات ، او الاجسام الجامدة من الماء الى الكواكب ، انما تنشأ من تركيب طوائف من الذرّات على انماط شتى . فذرات الكربون مرتبة ترتيباً بديعاً في الماس المتألق الصافي . وذرّات الالومنيوم والاكسجين مرتبة على نمطٍ ما ، يولد الياقوت الاحمر او الياقوت الازرق . وذرّات الصوديوم والكلور تولد الملح . وذرات الاكسجين والايدروجين تولد الجمد

وقد يكون من العبث ان نسأل ما شكل الذرّة لانها أصغر من ان ترى ومع ذلك فقد ابتكر العلماء وسائل واساليب غير مباشرة لقياس وزن الذرّة وحجمها . ولو كبر حجمُ ماءٍ في خاتم حتى يضخم في حجم الأرض لكان قطر كل ذرّة من ذرّات الكربون فيهِ ست بوصات . وعند ما تبدأ الطبيعة في البناء تجمع طائفة من الذرات وتصنع منها مجموعة ذات نظام خاص وتعدّد هذه المجموعات ، فاذا نحن أمام مادة لها خواصٌ تتفرد بها . فالماء مثلاً مركب من مجموعات من الذرات ، كل مجموعة قوامها ذرتان من الايدروجين وذرّة من الاكسجين . وهذه الذرات الثلاث مرتبطة احداها بالاخرى ارتباطاً وثيقاً على وجه لم يفهم سره بعد . ومع ان قسم هذه الاواصر ليس ممتنعاً الاّ انها تبلغ من المتانة مبلغاً يجعل الماء مركباً مستقرّاً .

والكيمياوي يدعو هذه المجموعة من الذرات ، وما كان على نمطها — جزيئاً . وليس ثمة ريب في ان جانباً كبيراً من ارتقاء الكيمياء انما مرده الى اتساع العلم بطبيعة الجزيئات ومقوماتها وخواصها واشكالها . فأجسامنا وكل ما حولنا مركب من جزيئات قوامها ذرات العناصر التسعين . وعلى كثرة ما نعرفهُ من كيمياء الجزيئات لا يزال الجهل بها كبيراً . وقد يسأل أحدنا لماذا لا نعمد الى المجهر فنستطلع به طلع الجزيئات وتركيبها ، ولنستشف ترتيب الذرات في هذا التركيب ؟ والجواب ان قدرة المجهر على التكبير محدودة . فالمجهر العادي مداره الضوء المنعكس عن الاجسام التي يراد رؤيتها ، والضوء تموجٌ وأطوال الامواج معروفة ، فالجزيء ، وعلى الاخص الذرّة ، أصغر من الامواج التي تُرى ويُرى بها ، فلا تؤثر في الامواج تأثيراً يمكننا من ان نرى بهذه الامواج أجساماً أصغر منها كثيراً

وفي خلال مطالعته وقف براغ على نتائج أسفرت عنها مباحث لمدام كوري فخطر لهُ ان هذه النتائج لا تفسر لها الاّ على نحوٍ واحد ، ومع ذلك لم يقل أحدٌ بهذا التفسير من قبل ذلك بأنهُ كان من المعروف أنهُ عند ما تنقسم ذرة الراديوم قسمين احدهما كبير والآخر صغير ، يمضي الصغير — وهو في الواقع ذرة هليوم كما أثبت رذرفورد — منطلقاً في الهواء فيعرف باشعاع جسيمات « ألفا » . ووصفت مدام كوري تجارب أجرتها تتضمن تأييدها القول بأن جميع هذه الجسيمات تنطلق مسافة واحدة

فاهتم بهذا القول اهتماماً خاصاً . ان جميع أصناف الاشعاع تضعف رويداً رويداً وفقاً لبعدها عن مصدرها . وجسيمات ألفا تتصرف كأنها وابل رصاص ينقذف في كتلة من الخشب . ولكن اذا كان ذلك كذلك ، فعلى هذه الجسيمات أن تنطلق في خطوط مستقيمة في الهواء كما تخترق الرصاصة الخشب . غير أن هذه الجسيمات تلقى في طريقها مئات الألوف من ذرات الهواء فكيف تجوزها . انها لا تدفعها من طريقها لأنها أصغر من الذرات ، ولا تستطيع ان تنحرف عن كل ذرة تلقاها في طريقها وتحتفظ باتجاهها العام . واذا وضعت عشرين كرة من كرات « البلياردو » على مائدة « البلياردو » وقذفت كرة في اتجاه معين فانها على الغالب لا تستطيع ان تسير في خط مستقيم من طرف المائدة الى الطرف الآخر . ولا تستطيع ان تنحرف كلما أقبلت على كرة تعترض طريقها وتبقى محتفظة باتجاهها الأصلي . ان ذلك يقتضي ان يكون في الكرة عقلٌ يوجهها . وليس في الكرة ، او في الاجسام المنقذفة من الراديوم ، عقل على ما نعلم . فكيف تنطلق جسيمات « الفا » في الهواء

ان الجواب الوحيد الممكن هو ان هذه الجسيمات تخترق في سيرها ذرات الهواء التي تلتقي بها . اي ان جسيم الفا وجسم الذرّة التي تخترقها يشغلان في لحة ما ، مكاناً واحداً في الفضاء .

وهذا قول يخالف كلّ ما درج براغ على مطالعهِ في كتب الطبيعة . ولم يكن متاحاً له ان يمتحن هذا القول بالتجربة ، فلا هو يملك راديوماً ولا جهازاً يصلح للتجريب . ولكن بدا له ان القول صحيح . والواقع انهُ كذلك كما اثبتهُ الاستاذ ولسن C. T. R. Wilson بعدئذٍ عندما صوّر مسارَ جسيم من هذه الجسيمات في جهازهِ الشهير بجهاز «الحجرة العائمة» فوجد ان المسار خط مستقيم . وكذلك التقى براغ خطتهُ في دونيدن وضمنها هذا الرأي

فلما عاد الى اديلد وجد من المحسنين الى العلم من منحهُ مالاً لينفقهُ في اعداد العدات لتجريب رأيهِ . فتوالت على يديهِ نتائج متعددة كانت تتفق والمكتشفات التي تمت لرذرفورد في كندا ، وعن طريق هذه المباحث اتصل بأعلام الطبيعة الذرية الحديثة مثل رذرفورد وصُدي وغيرهما فانتخب رفيقاً في الجمعية الملكية سنة (١٩٠٦) ثم نقل استاذاً في جامعة ليدس (١٩٠٩) ثم استاذاً للطبيعة في جامعة لندن (١٩١٥)

٣ — الحل البلوري بالاشعة

كان هذا البحث في الذرّة والاشعاع توطئة لبحث آخر أعمق أثراً وأجدى ، وهو بحث التركيب الذري والجزيئي في البلورات بالاشعة السينية ، وهو فرع من فروع العلم كان له في الصناعة الحديثة فائدة عملية محققة[1] . وقد بدأ براغ يعنى بهِ بعد انتقاله من اديلد الى جامعة ليدس في انكلترا ثم منها الى جامعة لندن

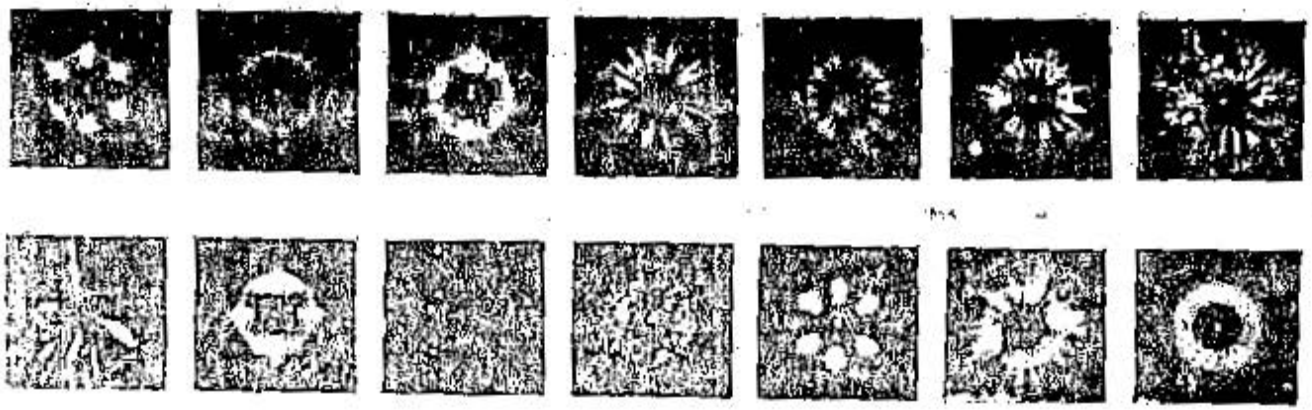
في تاريخ العلم أحيان يبدو فيها ان العلم بلغ سدّاً لا يستطيع عبوره ، ثم يُكشف كشف او تخترع أداة جديدة للبحث ، واذا السدُّ قد انهار ، ومعنى مدّ العلم متدفقاً كالسيل . كذلك كانت نظرية دلتن الذرية ، وكشف فراداي بان المغنطيس المتحرك يولّد تياراً كهربيًّا . وكذلك كان كشف رنتجن للاشعة السينية

وبراغ يلخص تأثير هذا الكشف في قوله ان نيوتن ذهب الى ان الضوء تركيبهُ ذري وتلاه هوجنس فقال انهُ حركة موجية . وأيّد كلٌّ منهما قولهُ بأدلّة ناهضة . ولكن رأي هوجنس تغلّب على رأي نيوتن ولاسيما بعد المباحث التي قام بها يونغ وفرينل وغيرهما اذ اثبتوا ان الرأي الموجي في الضوء كافٍ لتعليل جميع الظاهرات البصرية المعروفة

ثم كشفت الاشعة السينية ، وهي ضرب من الضوء الذي لا يرى بالعينين ، ولكنهُ يشبه الضوءَ المرئيّ من كل وجه ، غير ان امواجه اقصر من امواج الضوء المرئي عشرة آلاف ضعف . وامواجهُ لا تؤثر في عيوننا فعليا ، اذا شئنا ان نرى بهِ ، إما ان نستعمل عيناً خاصة

(١) راجع الاشعة السينية والصناعة الحربية في مقتطف مارس ١٩٤٢

الاشعة السينية تكشف عما عجزت عنه أقوى المجاهر



صور مصوّرة بالاشعة السينية لانواع مختلفة من البلورات

والعالم المتوفر على هذا الفرع من العلم يستطيع ان ينفذ الى طريقة انتظام الذرات في البلورات بفحص هذه الصور وأشباهها وهي تمثل صورة النموذج الذري الاشعة بعد نفوذها من خلال قطعة بلورة

تتأثر بها ، وإما ان تستقل فعلها في ألواح التصوير الضوئي . ولما كانت امواج الاشعة السينية قصيرة جداً فهي مما تستطاع رؤية الجزيئات به — بواسطة ألواح التصوير الضوئي . وهذا هو ركن البحث الجليل الشأن الذي تولاه وليم براغ وحده أولاً ثم بالاشتراك مع نجله ، وليم لورنس براغ وظفرا معاً بجائزة نوبل الطبيعية سنة ١٩١٥ . على ان الاشعة السينية التي يفرقها جزيء واحد ليست مما يؤثر تأثيراً ظاهراً في لوح تصوير ضوئي مهما يبلغ من شدة الاحساس. ولكن اذا اجتمعت جزيئات كثيرة ، وكان اجتماعها في نموذج منتظم ، فعندئذٍ يبلغ مقدار الاشعة المتفرقة مبلغاً يمكن تصويره . وهذا يشبه حركة ذراع جندي واحد . فانك لا تستطيع ان تراها من بُعد . ولكن اذا كان الجنود كثيرين ، وكانوا صفاً واحداً ، وحركوا أذرعهم حركة واحدة فانك تستطيع ان ترى الحركة من البعد نفسه . وهنا تدخل البلورة ميدان البحث

قلنا ان الطبيعة تبني دقائقها الصغرى ، في ذرات وجزيئات . فثمة ذرات سليكون وذرات اوكسجين . وثمة جزيئات ثاني أكسيد السليكون . ولكن علاوة على ما تقدم هناك بلورات الكوارتز ، وقوام كل بلورة ثلاثة جزيئات من ثاني أكسيد السليكون

ان الذرات المنفصلة من الاكسجين والسليكون ليست ثاني أكسيد السليكون . وجزيئات ثاني أكسيد السليكون ليست من الكوارتز في شيء . فالوحدة البلورية للكوارتز هي ثلاثة جزيئات من ثاني أكسيد السليكون مرتبة على وجه خاص . وغرض الحل البلوري بالاشعة السينية هو استكشاف اسلوب ترتيب الذرات والجزيئات في البلورة ، وتعليل خصائص البلورة بهذا الترتيب . وقد وقف السر وليم جانباً كبيراً من حياته على توضيح نواحي هذا الموضوع وهو دراسة الاشكال البلورية الاساسية في الطبيعة ، ومعرفة النماذج الضوئية التي تنشأ عن اختراق الاشعة السينية لهذه الاشكال

فالاستاذ لاو والسر وليم براغ ونجله ومن جاراهم من العلماء اباحوا الاشعة السينية للعلماء أداة تمكنهم من سبر أغوار الاجسام البلورية ومعرفة تركيبها وهذه الطريقة تطبق الآن في فحص هذه الاجسام وبها كشفت حقائق عن خواص الفلزات والاخلاط الفلزية ، فصارت الصناعة قائمة على معرفة يقينية بدلاً من قيامها على تجارب يخطئ فيها العالم حيناً ويصيب حيناً آخر . وهذا تطبيق عملي لبحث بدأ علمياً محضاً ، لان غرض لاو ثم براغ في المرحلة الاولى من البحث ، كان معرفة طبيعة الاشعة السينية وهل هي أجسام دقيقة تفعل فعل الاجسام المادية او هي امواج كامواج الضوء . فأثبتت هذه المباحث في الاشعة السينية ما أثبتته مباحث البرنس ده برولي ودافيسن و جرمر الاميركيين وطمسن الانكليزي (وهو نجل السر جوزف مكتشف الكهيرب) انها تفعل آناً فعل أمواج وآناً فعل ذرات . وهو برهان آخر على الفائدة العملية التي تجنى من العلم المحض