الجزء الأول

إسهام علماء العرب فى تطوير بعض فروع علم الأرض : علم البلورات وعلم المعادن وعلم الصخور الرسوبية وعلم الأرض الطبيعى (دوران الأرض)

obeikandl.com

تمهيد

يتكون الجزء الأول من كتاب علوم الأرض عند العرب من ثمانية فصول بيانها كالآتى: الفصل الأول: وصف البلور الصخرى عند البيرونى، والفصل الثانى: بعض خصائص المعادن كما عرفها علماء العرب، والفصل الثالث عن: وصف معدن الكهرمان عند العرب. أما الفصل الرابع فيتحدث عن: القلقند والقلقديس والقلقطار وهى سلسلة أملاح الكبريتات أو الزاجات التى عرفها العرب. بالنسبة للفصل الخامس فموضوعه: الأدوية المعدنية عند العرب، وفى الفصل السادس: إضافات عربية لعلم الصخور الرسوبية. أما الفصل السابع فهو عن: حركة الأرض عند علماء العرب، والفصل الثامن مرتبط به ويتكلم عن: دوران الأرض عند القزوينى.

هذه الفصول الثمانية تمثل إسهام علماء العرب والمسلمين فى إنشاء وتطوير عدد من فروع علم الأرض مثل: علم البلورات وعلم المعادن وعلم الصخور الرسوبية وعلم الأرض الطبيعى. وهنا يجب أن ننوه أن علماء المسلمين كانوا أول من اهتم بدراسة الأشكال البلورية للمعادن وقالوا إن البلور الصخرى – أى الكوارتز – ذو شكل سداسى. وفى كتاب عجائب المخلوقات للقزوينى (توفى سنة ٦٨٢هـ /١٢٨٣م) ذكر فكرة دوران الأرض حول الشمس.

الفصل الأول

وصف البلور الصخرى عند البيرونى

البيرونى: هو أبو الريحان محمد بن أحمد البيرونى، ولد فى خوارزم عام ٣٦٣هـ / ٩٧٣م وتوفى عام ٤٤٠هـ / ١٠٤٨م فى سجستان بأفغانستان. وأمضى وقتًا غير قصير من حياته بالهند. ترك ثروة علمية هائلة تزيد على مائة وثمانين كتابًا فى شتى مجالات العلوم من رياضيات وطبيعيات وجغرافيا وجيولوجيا ومعادن وفلك وتاريخ وفلسفة وصيدلة. كان من أعظم العقليات العلمية والفلسفية فى العالم، يقول المستشرق (سخاو) بعد اطلاعه على بعض أعمال البيرونى إنه أعظم عقلية فى التاريخ ويقول مؤرخ العلم جورج سارتون «إن البيرونى من أعظم عظماء الإسلام ومن أكابر علماء العالم».

كتاب «الجماهر فى معرفة الجواهر» للبيرونى:

أما الكتاب الذى ورد به وصف البلور الصخرى Rock Crystal (الكوارتز أو المرو) فهو من مؤلفات البيرونى وعنوانه «كتاب الجماهر فى معرفة الجواهر» كتبه حوالى سنة ٤٤٠هـ / ١٠٤٨م وهو من أروع الكتب العربية فى علم المعادن (السكرى، ١٩٧٣). تقول مجلة الجمعية المصرية لتاريخ العلوم فى العدد الخامس (١٩٦٥) إن الكتاب نشرته جمعية دائرة المعارف العثمانية بحيدر أباد الدكن عام ١٣٥٥هـ / ١٩٣٥م محققًا لفظيًا وليس علميًا من ينابيع ثلاثة:

(أ) نسخة محفوظة فى خزانة طوب خانة بالآستانة وهى أصح النسخ.

(ب) نسخة محفوظة فى خزانة السيد راشد أفندى بالقيصرية، نسخت فى مصر أيام دولة المماليك وهى كثيرة الأخطاء.

(جـ) نسخة محفوظة فى خزانة الإسكوريال بمدريد.

وكتاب الجماهر يعتبر من أقدم المراجع العربية المميزة فى علم المعادن وعلم الأحجار الكريمة، وهو سجل حافل لبحوث من سبقوه مثل الكندى ونصر الدينورى وغيرهما، بجانب ما توصل إليه من خبرته التى اكتسبها أثناء مصاحبته لملوك الغزنويين فى حروبهم. واستغل البيرونى الوزن النوعى فى الكشف عن نقاوة الفلزات والصلابة فى الكشف عن الجواهر.

وقد اشتمل هذا الكتاب على وصف عدد كبير من المعادن والأحجار الكريمة والفلزات. وقسمها المؤلف إلى معادن وفلزات. ومن بين هذه المعادن والأحجار الكريمة معدن البلور الصخرى الذى تعرض البيرونى لدراسته، شكل ١. ونعرض فى الفقرات التالية بعضًا من دراسة هذا العالم الجليل لمعدن البلور الصخرى الذى هو معدن المرو أو الكوارتز بلغة علم المعادن الحديث.

معدن البلور الصخرى أو المها:

يقول أبو الريحان البيرونى فى كتابه المعنون الجماهر فى معرفة الجواهر (الطبعة الأولى، ١٣٥٥هـ / ١٩٣٥م) فى ذكر حجر البلور:

حجر البلور هو المها منصوب الميم ومكسورها. قالوا أصله من الماء لصفائه ومشابهة زلاله.. وقيل فى المها إنه اسم مركب من الماء والهواء، أصلى الحياة لأنه يشبه كل واحد منهما فى عدم اللون، قال البحترى:

يخفى الزجاجة لونها[1] فكأنها ... فى الكأس قائمة بغير إناء

وقال الصاحب:

رق الزجاج ورقت الخمر ... فتشابها وتقارب الأمر
وكأنما خمر ولا قدح ... وكأنما قدح ولا خمر

وقال أبو الفضل الشكرى:

---

(١) أى لون الخمر.

يحسبها الناظر لاتحادها بكأسها قائمة بلا إناء

وقال ابن المعتز:

فتحسب الماء زجاجا جرى وتحسب الأقداح ماء جمد

هذه الأبيات الجميلة من الشعر العربى لبعض شعراء العرب المشهورين مثل البحترى والصاحب وابن المعتز، قيلت فى وصف كئوس وأقداح نحتت كلها من البلور الصخرى الذى يتميز بشفافيته الشديدة وصفائه ونقائه وحسن مظهره وخلوّه من العيوب الطبيعية، شكل ١، ومن شدة صفاء البلور الطبيعى «فكأنما خمر ولا قدح» كما يقول الصاحب.

صلابة البلور:

يستطرد أبو الريحان البيرونى فى وصف البلور، فيبرز أهم خصائصه الطبيعية وهى الصلابة، فيقول:

«والبلور أنفس الجواهر التى يعمل منها الأوانى لولا تبذّله بالكثرة، ويسميه أهل الهند بتك، وفيه فضل صلابة يقطع بها كثير من الجواهر ويقوم لأجلها مقام فولاذ الحديد حتى تنقدح منه النار إذا ضربت قطاعه بعضها ببعض وشرفه بالصفاء ومماثلة أصلى الحياة من الهواء والماء».

يبرز البيرونى فى النص السابق وهو نص علمى أدبى رائع بعضًا من خصائص البلور الطبيعية الهامة. ومن بينها أنه من أنفس الجواهر وفيه صلابة زائدة وتخرج النار عند ضرب قطعه بعضها ببعض، ثم يشير إلى صفائه أى شفافيته التى تجعله من أنفس الأحجار الكريمة. ونوضح هنا بصفة خاصة مقالة البيرونى عن صلابة حجر البلور.

صلابة المعدن أو صلادته هى قدرته على مقاومة الخدش، وتقدر صلابة أى معدن بالقياس إلى أحد المعادن المعروفة الصلابة. وقد رتبت عشرة معادن متدرجة الصلابة تصاعديا من ١ إلى ١٠ فى مقياس حديث يعرف باسم مقياس موهز للصلابة Mohs Scale of Hardness بحيث يكون المعدن رقم ١ أقلها صلابة والمعدن رقم ١٠ أكثرها صلابة. وهذه المعادن هى:

١ – طلق ٢ – جبس ٣ – كالسيت ٤ – فلوريت ٥ – أباتيت
٦ – فلسبار ٧ – كوارتز (البلور) ٨ – توباز ٩ – كورندم ١٠ – ألماس.

يتضح من هذا المقياس أن معدن الكوارتز الذى هو البلـور الصخـرى قـد أعطـى رقم ٧ فى مقياس موهز للصلابة أى أنه يلى الألماس والكورندم (الياقوت) والتوبـاز فى الصلابة، وهى أقوى ثلاثة معادن فى درجة صلابتها كمـا أنـه يخـدش عـددًا كبيرًا من المعادن التى تأتى بعده فى قائمة ترتيب الصلابة. وهذا يدل على زيـادة صلابة البلور الصخرى أو أن «فيه فضـل صلابـة» كمـا قـال البـيرونى. هـذا مـن ناحية ومن جهة أخرى فمن المعروف أن المكافئ الشائع للكوارتز فى الصلابـة هـو سكين القلم (هوتن وبروكس، ١٩٧٤) وهـى مـن حديـد صلـب وهـذا يفسـر عبـارة البيرونى وفيه (أى البلور الصخرى) فضل صلابـة يقطـع بـها كثـير مـن الجواهـر ويقوم لأجلها مقام فولاذ الحديد. هكـذا نـرى أن البـيرونى وصـف صلابـة البلـور الصخرى أو الكوارتز بدقة بالغة تضارع الوصف العلمى المعاصر.

مقالة الكندى عن البلور:

ينقل البيرونى رأى الكندى فى البلور فيقول:

«قال الكندى: أجود البلور الأعرابى يلقط من براريهم من بـين حصاهـا، وقـد غشى بغشاء رقيق عكر، ويوجد منه ما يوازن الرطلين كمـا يلقـط أيضـا بسـرنديب وهو دون الأعرابى فى الصفاء، ومنه ما يخرج من بطن الأرض فإن كـان فـى أرض العرب كان أجود. قال: ورأيت منه قطعة زادت على مائتى رطـل، وإنمـا كـانت كثيرة الغيم والثقوب، وله معدن بأرمينية وآخر ببدليس بين تخومها يضرب لونـه إلى الصفرة».

من المعروف أن رسائل وكتابات الحكيم الكندى (المتوفى سنة ٢٤٦هـ / ٨٦٩م) فى الجواهر والأحجار قد ضاع أغلبها وفقد، وبالتالى فإن البيرونى قد حفـظ جـزءًا من مؤلفات ودراسات الكندى فى الجواهر والأحجار منقولة عنه. أى أن البيرونى أدى خدمة جليلة لعلم المعادن، وذلك بنقله عن الكنـدى ونصـر الدينـورى وبذلـك حفظ جزءًا من أعمالهما فى هذا المجال من ضياع مؤكد.

يتضمن النص المنقول عن الكندى الإشارة إلى أماكن تواجد معدن البلور الصخرى المعروفة فى ذلك الوقت. فمنه ما يوجد بشبه الجزيرة العربية ومنه ما يوجد بجزيرة سرنديب (سيلان) ونوع آخر يوجد بأرمينية وبدليس. كذلك يشير الكندى إلى وجود ما يسمى حاليا المحصورات المائعة Fluid Inclusions ، وهى عبارة عن فجوات ميكروسكوبية صغيرة، فى البلورة مليئة بالغاز أو السائل أو الاثنين معًا، وذلك حينما يصف قطعة البلور بأنها «كانت كثيرة الغيم والثقوب». ذلك أن كثرة وجود هذه المحصورات المائعة يقلل من شفافية قطعة البلور ويعطيها الشكل الغيمى الذى ذكره الكندى، ويظهرها على أنها كثيرة الثقوب.

يشير الكندى فى النص إلى الأحجام الكبيرة والضخمة لمعدن البلور الصخرى حيث يقول « ورأيت منه قطعة زادت على مائتى رطل أى تزيد على ٦٠ كيلو جرامًا ». من المعروف أن معدن البلور الصخرى أو المرو كثيرا ما يوجد بأحجام ضخمة يزيد وزن الواحدة منها على ٦٠ كيلو جرامًا كما قال الكندى بل تصل إلى حوالى ٥٠٠ كيلو جرام. فمعدن المرو المتبلور يعد من ضمن المعادن القليلة فى القشرة الأرضية التى لها القدرة على النمو فى أحجام ضخمة، حيث قد يصل طول البلورة إلى بضعة أمتار، وسمكها قد يتعدى المتر، وذلك فى صخور البجماتيت، ووجدت أضخم بلورة مرو فى سيبريا، وكان طولها ٣,٥ متراً وعرضها ١,٦ متر ووزنها ١٣ طنًّا (حسن وخفاجى، ١٩٧٧).

مقالة نصر الدينورى عن البلور:

ينقل البيرونى فى كتابه الجماهر تقسيم نصر الدينورى لأنواع معدن البلور فيقول:

> « وأما نصر فإنه قسمه على أربعة أنواع: أولها الأعرابى، وقد وصفها بصفات الكندى إياه، وزاد عليه أن ضياء الشمس إذا وقع عليه رُئِىَ منه ألوان قوس قزح - وكان واجبا عليه أن يشترط فإن ذلك فى المنكسر دون المجرود (الصحيح) وذلك أنه

مشابه للجمز وفى مكاسره المضطربة ترى هذه الألوان أيضًا، والثانى يسمى على وجه التشبيه غيميا، والثالث السرنديبى قريب من الأعرابى مخلف الصفاء عنه، والرابع مستنبط من بطن الأرض وهو يفوق الأعرابى، قال: ومنه لون أصابته رائحة النار والدخان وهو أردَؤه ».

نصر الذى نقل عنه البيرونى هو نصر بن يعقوب الدينورى من زمن يلى زمن الكندى (المتوفى سنة ٢٤٦هـ / ٨٦٩م)، اشتغل بالكتابة وكتب مقالته عن الجواهر باللغة الفارسية، وهو تابع للكندى فى أكثرها. يظهر من النص أن نصر الدينورى قسم البلور الصخرى إلى أربعة أنواع: الأعرابى - الغيمى - السرنديبى - البطنى (مستنبط من بطن الأرض).

ثم ذكر الدينورى نوعًا آخر من البلور الصخرى وهو ما يعرف اصطلاحًا حاليا باسم الكوارتز المدخن Smoky Quartz ووصفه بأنه «منه لون أصابته رائحة النار والدخان وهو أردؤه». من المعروف علميا أن سبب اللون المدخن بهذا النوع من الكوارتز أو البلور الصخرى هو تعرضه لإشعاعات ذرية من الصخور والمعادن المحيطة (بيرل، ١٩٦٥). غير أن الدينورى وصف هذا النوع المدخن من البلور الصخرى بأنه أردؤه والواقع الحالى خلاف ذلك حيث يشكله طائفة الجوهريين كواحد من الأحجار الكريمة التى تستخدم فى التزين ويقبل على شرائه والتزين به كثير من الناس. ومن الملفت للنظر فى النص أن الدينورى وصف هذا النوع من البلور الصخرى بأنه «أصابته رائحة الدخان» منطبقًا فى ذلك تماما مع الوصف المعاصر لهذا المعدن الذى يطلق عليه مصطلح «الكوارتز المدخن».

وصف أشكال البلور الطبيعية:

يورد البيرونى فى النص التالى ملاحظاته عن أشكال البلور الصخرى الطبيعية فيقول:

« والعجب ما اتفق فى البلور من الأشكال خِلْقةَ - فقد ذكر الحكاك المذكور أنه وجد خلال الحصى من التفتيش بناحية

ورزفنج معدن اللعل كأعلام النرد وبيادق الشطرنج – مثمنة ومسدسة كالمنحوتة بالصناعة ».

يتطرق البيرونى فى هذا النص إلى ظاهرة التبلور Crystallization بمعدن البلور الصخرى فيقول: «والعجب ما اتفق فى البلور من الأشكال خلقة» ويقصد وجود بلورات هذا المعدن بأشكالها الهندسية الرائعة وبطريقة طبيعية لا دخل لأحد فى تكوينها، (شكل ٢). وإذا صح وضع الجملة بالطريقة التى أوردناها بالنص «والعجب ما اتفق فى البلور من الأشكال خلقة.. مثمنة ومسدسة كالمنحوتة بالصناعة» تكون إشارة البيرونى إلى الشكل المسدس لبلورات المرو أو البلور الصخرى إشارة صحيحة حيث يتبلور هذا النوع من المعادن فى نظام بلورى Crystal System هو النظام السداسى Hexagonal System (حسن صادق، ١٩٢٩). وقد أشار البيرونى إلى شكل بلورى Crystal Form يشيع فى المرو، وهو الشكل السداسى أو كما يسميه هو «أشكال مسدسة»، (شكل ٢) . كما أنه رمز لأوجه البلورة Crystal Faces بأنها كالمنحوتة بالصناعة. أما إشارته فى النص إلى الشكل المثمن Octahedron فقد تكون عن طريق الخطأ، أو يكون المقصود بها الشكل البلورى لمعادن أخرى مصاحبة للمرو. إننا نعتبر هذا النص – وهو غنى بالمصطلحات – دراسة متقدمة وفريدة فى نوعها فى علم البلورات Crystallography الذى هو أحد الفروع الحديثة لعلم الأرض.

الإسكندر وأوانى البلور:

يسرد البيرونى أثناء ذكره معدن البلور فى كتابه الجماهر قصة فلسفية عميقة المغزى ، عن أوانى البلور التى أهديت للإسكندر الأكبر، فيقول:

« احترس الإسكندر لما أهدى إليه أوانى بلور نفيسة فاستحسنها، ثم أمر بكسرها، وقيل له فى ذلك، فأجاب بأنى علمت أنها ستنكسر على أيدى خدمى واحدة بعد أخرى وكل مرة يهيجنى الغضب، فأرحت نفسى من تلك المرات بواحدة وأرحتهم منى ».

إذا كنا نتفق مع البيرونى فى المغزى العميق لهذه القصة الغريبة وهو ألا يحزن الإنسان على فقد شىء نفيس يمتلكه فإننا – وكذلك الأسلوب العصرى للبحث – لا تتفق معه على سرد هذه القصص وأمثالها خلال الدراسة العلمية لمعدن البلور الصخرى وغيره . وعلى العموم فقد أظهر النص استحسان الإسكندر الأكبر أوانى البلور النفيسة ، وفى هذا إشارة إلى أن معدن البلور الصخرى كان يستعمل كواحد من الأحجار الكريمة فى أغراض متعددة منها : نحت الأوانى المنزلية الفاخرة؛ وذلك لشفافيته وصفائه وصلابته وحسن مظهره.

تكون البلور من المحاليل المائية:

ينهى البيرونى دراسته عن معدن البلور الصخرى التى استغرقت تسع صفحات من كتاب الجماهر قائلاً عن طريقة تكون هذا الحجر الكريم :

« وكان عندى كرة بلور فيها سنبلة من سنابل الطيب الهندية برمتها ، وقد انكسر من شعراتها شىء قليل فتبددت فى جوف البلور حولها ، وحصلت أخرى مثلها فى ضمنها فتات ورق أخضر باقية على خضرتها كبقاء ذلك السنبل على دكنته . ومعلوم أن هذه الأشياء لم تخالط البلور إلا فى وقت ميعانه وكونه على رقة فوق رقة الماء القراح ، فلو لم تكن كذلك لما غاصت تلك الأشياء فيه ، فإن من شأنها الطفو على وجه الماء لخفتها دون الرسوب ، أو يكون سيالا كالأتى (السيل) يدهدها (يدحرجها) ويحملها ، ويكون جمودها بلورا فى تلك الحال سريعا ، والله أعلم بكيفية ما لا نعلم من ذلك ».

من المعروف علميًّا أن أحد أسباب تكون معدن البلور هو ترسبه من مياه معدنية غنية بمادة ثانى أكسيد السليكون ، فإذا كانت هذه المياه بقايا صهير صخرى Magma تبلور على عدة مراحل ، فإنه يكثر بها تركيز المواد الطيارة ، فترفع من سيولة المحلول الباقى الذى يكون غنيًّا بمادة السليكا ، والذى يترسب منه بلورات المرو عادة كبيرة الحجم وكاملة الأوجه . فإذا كانت هناك شوائب فى المحلول

مثل بقايا بعض النباتات تبلورت مع بلـورات المـرو أثنـاء نموهـا. وهـذا مـا عنـاه البيرونى فى قوله «ومعلوم أن هذه الأشياء (بقايا النباتات) لم تخالط البلور إلا فى وقت ميعانه وكونه على رقة فوق رقة الماء القراح». هكذا نرى أن علماء العرب قد توصلوا فى وقت مبكـر مـن الزمـن منـذ حـوالى ألـف عـام مـن الآن إلى الاسـتنتاج الصحيح لإحدى طرق تكون معدن البلور الصخرى أو المرو فى الطبيعة.

هناك استدراك بسيط على النص المقتبس حيـث ذكـر فيـه البـيرونى «ويكـون جمودها بلورًا فى تلك الحالة سريعًا» ، إذ يرى علماء المعادن حاليًّا أنـه لابـد أن يكون نمو البلورات بطيئًا، وتبريد المحاليل المعدنيـة الحـارة التـى يترسـب منـها المرو بطيئًا كذلك، حتى تتمكن بلوراته من النمو بالأحجام الكبيرة المشاهدة.

أصل وكيفية تكون البلور:

يختم البيرونى حديثه الشيق عن معدن البلور بفقرة موجزة عن أصـل وكيفيـة تكون هذا المعدن فيقول:

> « ويتحدث من شاهد البلوريـين بـالبصرة، أنـهم يجـدون فيـه حشيشا وخشبا وحصى وطينا وريحا فى نفاخات، وكـل ذلـك شـاهد على أنه فى مبدئه ماء سائل وليس ذلك بمستنكر، فلقـد يوجد فى بعض المواضع ما يستحجر، ومتى اسـتحجر حيـوان ونبات زال استبداع تحجر الماء والأرض – ولولا كـثرة مشـاهدة المتأملين ذلك لما تواتر ذلك على ألسنتهم ».

يؤكد النص فى النهاية على أصل معدن البلور (أو المـرو أو الكوارتـز) وإحـدى طرق تكونه من مياه معدنية حارة أو عادية الحرارة مذابا بـها مـادة ثـانى أكسـيد السليكون وذلك فى قوله: «إنه فى مبدئه ماء سائل».

يلاحظ أن النص – رغم إيجازه – فإنه يحتوى العديد مـن المصطلحـات الفنيـة مثل: البلوريين Crystallographers – ريح فى نفاخات Gas Bubbles – مبـدؤه Genesis – استحجار حيوان ونبات Silicification of Plant & Animal – تحجر الماء Crystallization of Solid From Solution . هذه المصطلحات المتعددة وغيرهـا

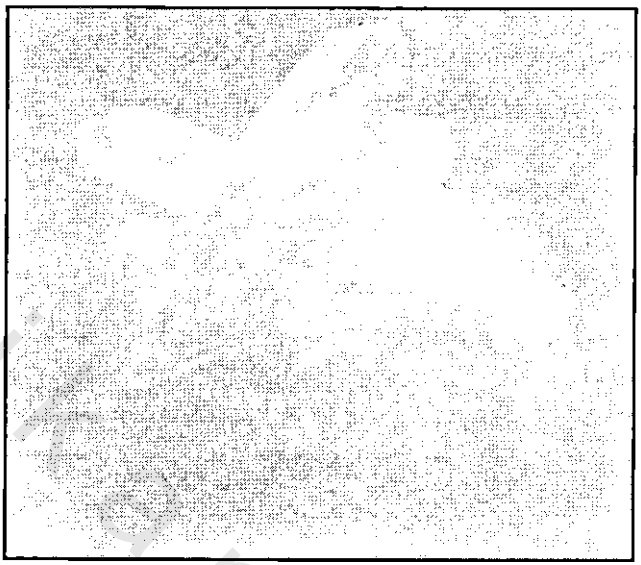
مما سبق ذكره فى الفقرة الخاصة بوصف أشكال البلور الطبيعية، تشكل لغة العلم الحديث فى فرع علم البلورات، وتبين بوضوح أن العرب كانوا سابقين فى وضع أسس علم البلورات الحديث.

يتضح من النص كذلك الأسلوب العلمى العربى فى دراسة المعادن والبلورات، الذى يعتمد فى أحد أركانه الأساسية على المشاهدة الشخصية «ولولا كثرة مشاهدة المتأملين ذلك لما تواتر ذلك على ألسنتهم». وبذلك جاءت استنتاجاتهم بخصوص أصل معدن البلور الصخرى صحيحة ومقاربة لما نعرفه اليوم عن أصل هذا المعدن.

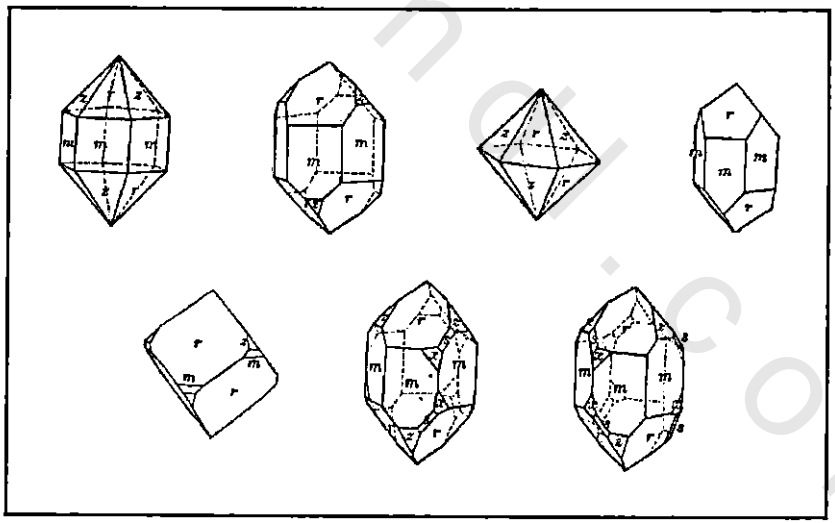
الخلاصة :

فى هذا البحث تناولنا نموذجا من نماذج الدراسة العلمية المعدنية لمعدن البلور الصخرى أو المها أو الكوارتز أو المرو، التى قام بها العالم الجليل أبو الريحان البيرونى فى كتابه الجماهر فى معرفة الجواهر حوالى سنة ٤٤٠هـ / ١٠٤٨م. وهى دراسة متقدمة سابقة لزمانها بكل مقياس وقد اشتملت العناصر الهامة التالية: الأصل اللغوى لكلمة المها وهى المرادفة لكلمة البلور - شفافية البلور وصفاؤها - صلابة أو صلادة البلور الصخرى - البلور كأحد الأحجار الكريمة - أماكن تواجد البلور - بلورات المرو الضخمة - المحصورات المائعة (ريح فى نفاخات وغيم وثقوب) - أقوال العلماء المتقدمين زمانهم مثل الكندى ونصر الدينورى فى البلور - تقسيم أنواع البلور إلى أربعة أنواع - ذكر البلور أو الكوارتز المدخن - أشكال البلور الطبيعية - بلورات المها أو البلور الصخرى ذو شكل سداسى - قصة الإسكندر وأوانى البلور النفيسة - طريقة تكون البلور من المحاليل المائية - أصل وكيفية تكون البلور من محاليل مائية سائلة.

تبين النصوص الأسلوب العلمى العربى فى دراسة المعادن والبلورات، الذى يعتمد فى أحد أركانه على المشاهدة الشخصية والملاحظة القوية، هذا الأسلوب الذى لا يختلف كثيرًا عن الأسلوب الحديث فى دراسة المعادن والبلورات، وبذلك يكون علماء العرب أول من وضع الأسس العلمية الأولى لعلم المعادن وعلم البلورات بمفهومهما الحديث.



(شكل ١)
صورة فوتوغرافية لمجموعة من بلورات الكوارتز أو المرو أو المها أو البلور الصخرى كما درسها العالم العربى البيرونى (٤٤٠هـ/١٠٤٨م). عن رتشارد بيرل (١٩٦٥).



(شكل ٢)
رسم لأنواع مختلفة من بلورات معدن الكوارتز وكلها تنتمى للنظام السداسى.
عن كتاب دانا (١٩٤٩).