مقال مصوّر في علم الأحجار الكريمة

الياقوت الأزرق

من هيكل اكسيد الالمونيوم إلى ظلال اللون الأزرق، الأزرق المخضرّ، تغير اللون وفلورة.



أزرق شاحب · 1,24 ct



أزرق مخضر - أخضر · 1,29 ct



أزرق مع معدل بنفسجي · 0,935 ct



أزرق غامق · 1,118 ct · مُسخن

كل ظل من اللون الأزرق

الياقوت الأزرق هو النوع الأزرق من اكسيد الالمونيوم، وهو أكسيد الألومنيوم مع الصيغة Al_2O_3. لونه ليس صبغة متوضعة داخل الحجر: فهو ينشأ من تفاعل الضوء مع العناصر النزرة المدمجة في الشبكة البلورية. يمكن للتركيب الذري نفسه أن ينتج ألوانًا زرقاء مختلفة تمامًا، من الفاتح إلى العميق، مع تدرجات ثانوية خضراء أو بنفسجية. مصطلح التجارة الأزرق المخضرّ يصف اللون بين الأزرق والأخضر. فهو لا يشير إلى نوع معدني ولا إلى أصل جغرافي. [1] [4]

يتطلب فهم هذا التنوع اتصالات عبر عدة مستويات: الترتيب الذري، وظروف النمو، وشوائب داخلية، والقطع، والإضاءة. المظهر البصري وحده ليس تشخيصيا. قد يحتفظ الياقوت الأزرق والأخضر بلونه تحت إضاءة مختلفة؛ وعلى العكس من ذلك، يتغير لون بعض الياقوت من اللون الأزرق إلى اللون البنفسجي عندما يتغير مصدر الضوء. تعدّد الألوان، والتي تعتمد على اتجاه المشاهدة، هي ظاهرة منفصلة. [5]

توضح أربع عينات هذا التنوع: وزن بيضاوي أزرق شاحب 1,24 ct ، وسادة وزنها باللون الأزرق المخضر 1,29 ct ، مثمن أزرق مع وزن معدل بنفسجي 0,935 ct ووزن مثمن أزرق غامق 1,118 ct . يتم تسخين الأخير. توضح صورهم الأشكال المختلفة والاستجابات للضوء؛ فهي لا تشكل مقياس ألوان معايرًا.

علم البلورات والتصنيف

يتبلور اكسيد الالمونيوم في النظام الثلاثي، الفئة البلورية 3m–، المجموعة الفضائية R3̄c no. 167. يتم وصف شبكتها المعينية R Bravais بشكل شائع باستخدام الإعداد السداسي التقليدي. في الإعداد المعيني السطوح البدائي، تبلغ زاوية خلية الوحدة α تقريبًا 55.28°: وهذا يصف هندسة الشبكة، وليس ميل شكل بلوري معيني السطوح مجهري. تشكل الأنيونات O^{2} ترتيبًا متقاربًا ومشوهًا قليلاً؛ يحتل Al^{3} ثلثي مواقع الثماني السطوح المتاحة. يتصل الثماني الأسطح AlO_6 المشوه من خلال مشاركة الوجوه والحواف. تعمل بدائل Fe و Ti على إزعاج هذا الهيكل محليًا دون تغيير الهوية المعدنية لأكسيد الألمونيوم. يعتمد اللون على حالات شحنتها وارتباطاتها، وليس مجرد تركيزها الإجمالي. [1] [2] [14]

التصنيف	الإطار المرجعي
Al_2O_3 · أكسيد بسيط	صيغة
مثلثي · معيني السطوح R	النظام / شعرية Bravais
R3̄c– · 3m، لا. 167	مجموعة الصف / الفضاء
أ ≈ 4,75 Å · ج ≈ 12,97 Å · Z = 6	خلية الوحدة التقليدية
آل: 12c, (0,0,z), z ≈ 0,352 · O: 18e, (x,0,¼), x ≈ 0,306	المواقف البلورية
CB.05.04	سترونز
04.03.01.01	دانا

1 · الإعداد السداسي · $Al_{12}O_{18}$

2 · المجسم الثماني المشوه · AlO_6

3 · الترتيب الدوري · ثلاث خلايا وحدة

اسحب للتدوير؛ استخدم الإيقاف المؤقت أو الاستئناف للتحكم في التدوير. تستخدم طرق العرض مواضع Wyckoff 12c و18e في المجموعة الفضائية R3̄c. تحتوي خلية الوحدة الأولى على 12 Al و18 O؛ أما العرض الثالث فيجمع ثلاث خلايا وحدة كاملة، تشمل 36 Al و54 O. [1] [14]

يتم تقريب القيم الموضعية المستخدمة في النماذج: Al 12c, z = 0.3522؛ يا 18e، س = 0.3064. تولد الترجمات ذات التركيز R مواضع 12 Al و18 O داخل خلية الوحدة التقليدية، أي ما يعادل ست وحدات صيغة Al_2O_3. يُشتق المجسم الثُماني من جيران

الأكسجين الستة لذرة الألومنيوم؛ النموذج الثالث يكرر ثلاث خلايا وحدة دون إضافة ذرات زخرفية. يظهر O باللون الوردي وAl باللون الأزرق. [14]

عادات التكوين والبلورة

يصبح اكسيد الالمونيوم مستقرا عندما يكون نشاط الألومينا مرتفعا ونشاط السيليكا منخفضا بما فيه الكفاية. الكوارتز وأكسيد الالمونيوم غير متوافقين بشكل عام عند التوازن: في النظام الغني بالسيليكا، يدخل الألومنيوم بشكل تفضيلي إلى الفلسبار أو الميكا أو السيليمانيت أو الكيانيت أو الكورديريت. ولذلك يتطلب جوهر اكسيد الالمونيوم نافذة بروجينية دقيقة، تم إنشاؤها عن طريق التحول، أو التحول، أو التجفيف أو تطور الصهارة القلوية غير المشبعة بالسيليكا. [2]

الودائع المتحولة بالمعنى الضيق

في الرخام غير النقي، والنيس الألوميني، والجرانوليت، وبعض الصخور المافية-فوق المافية المتحولة، يمكن أن تنتج تفاعلات إزالة الكربون وإعادة البلورة أكسيد الألمونيوم، والإسبنيل، والفلوجوبايت، والسكابوليت، وديوبسيد والكربونات. التبادلات بين طبقات الألمنيوم والصخور المجاورة تتحكم في إمداد الكروم والحديد والمغنيسيوم والتي. [2]

الرواسب المتحولة – الميتاسوماتية

يمكن لتدوير السوائل وتفاعلات الصخور والسوائل إزالة السيليكا من البغماتيت أو الصخور المضيفة، وتشكيل البلوماسيت، والفلوجوبيتايت أو البيوتيت، والسكارن، والكورندوميت. في ظل التحول عالي الجودة، يسجل تقسيم المناطق وشوائب داخلية وكيمياء العناصر النزرة التفاعلات بين البروتوليث والسوائل والصخور المضيفة. تتضمن هذه الفئة سكارنز حاملة للياقوت تم تطويرها عند الاتصال بين الرخام والتداخلات. [2]

الرواسب الصهارية والإعدادات المتعلقة بالبازلت

يمكن أن يتبلور اكسيد الالمونيوم في الأنظمة المنصهرة غير المشبعة بالسيليكا. ومع ذلك، في مقاطعات البازلت القلوية، العديد من الياقوت عبارة عن بلورات أجنبية أو تنشأ من أحجار زينوليث مستخرجة من خزانات القشرة الأرضية أو الوشاح: ثم يعمل البازلت كحامل سريع بدلاً من الصخور التي حدث فيها التبلور. غالبًا ما يكون هذا الكوراندوم المرتبط بالبازلت أكثر ثراءً بالحديد من اكسيد الالمونيوم المتحول. [2]

الودائع الثانوية

لا تعتبر الرواسب الغرينية والطميية والطمي والأماكن القديمة بيئات تبلور. إن صلابة اكسيد الالمونيوم وكثافته ومقاومته الكيميائية تفضل تركيزه بعد التجوية والنقل. يتم تشكيل الغرينيات الحديثة أو إعادة صياغتها من خلال العمليات الحديثة؛ الحفريات القديمة هي رواسب رسوبية قديمة يمكن إعادة صياغتها عن طريق التآكل الحديث. يمكن لأفق واحد أن يجمع بين عدة مصادر أولية وعدة أجيال من وسائل النقل. [2]

التجميعات أو الأمثلة	استضافة الصخور والعمليات	التصنيف الجيني
اكسيد الالمونيوم الحامل للحديد يتم تجميع البلورات في بعض الأحيان على شكل بلورات xenocrysts	الصهارة القلوية غير المشبعة بالسيليكا؛ syenites والأنظمة ذات الصلة lambrophyres	الصهارة الأولية
الإسبنيل، الميكا، الروتيل، الزركون، الكربونات	الرخام والنيس والجرانوليت والأمفيبوليت والصخور المافية والمافية للغاية	المتحولة الأولية
الفلوجوبايت، السكابوليت، ديوبسيد، الإسبنيل، الكربونات	إزالة السيليكات وتفاعلات الصخور والسوائل؛ بلوماسيتس وسكارنز	ميتاسوماتي الأولية
الرواسب الغرينية والطميية، والغرينية الغرينية، والأماكن القديمة	التجوية والنقل والفرز الهيدروليكي	ثانوي

عادات الكريستال النظرية في دوران **360°**

تنجم العادات البلورية عن التطور النسبي للأشكال البلورية: القاعدية {0001 Pinacoid c}، والمنشور {11-20 a}، وrhombohedron r {10-11}} والأهرام الثنائية. تميز النماذج الستة الأشكال البسيطة عن المجموعات؛ ينقل نسيجها مظهر البلورة الطبيعية وتحدد ملصقاتها الوجوه المهيمنة. تم إنشاء النموذج الخامس من القيم الطبيعية المتبادلة للشكل {10-11 r}، بدلاً من اعتماد زاوية خلية الوحدة البدائية

بشكل تعسفي. [1] [14]

تثير القوام الذي تم إنشاؤه بواسطة الكمبيوتر للنماذج الستة أسطح النمو والتصدعات والمخالفات في أكسيد الألمونيوم الخام؛ إنهم لا يعيدون بناء البلورة التي قطعت منها العينة باللون الأزرق المخضر. لا ينبغي الخلط بين العادات البلورية وبين السحنات المتحولة، التي تصف ظروف الضغط ودرجة الحرارة.

الخصائص الفيزيائية والبصرية

القيمة المرجعية	الملكية
ن ≈ 1,772–1,767 · ن ≈ 1,763–1,759	معاملات الانكسار
≈ 0,010–0,008	انكسار مزدوج
أحادي المحور سلبي. قد ينشأ شكل تداخل ثنائي المحور شاذ من الإجهاد الداخلي أو التوأمة دون جعل البلورة ثنائية المحور حقًا	الطابع البصري والعلامة
لا ينطبق في الحالة أحادية المحور المثالية	زاوية 2V
تختلف ثنائية اللون باختلاف الاتجاه: تكون المكونات بشكل عام من الأزرق إلى الأزرق والأخضر ومن الأزرق إلى الأزرق البنفسجي	تعدّد الألوان
منخفض، حوالي 0.018	التشتت
≈ 4,10–3,98	الكثافة النسبية
9 موس	صلابة
لا الانقسام. قد يحدث فراق قاعدي أو معيني السطوح	انقسام / فراق
محاري إلى كسر غير متساوي · مادة صلبة، ولكنها عرضة للتقطيع	الكسر / المثابرة
زجاجي إلى تحت الآدامنتين	بريق

يؤدي اتجاه الخام بالنسبة للمحور البصري إلى تغيير اللون الظاهر وازدواج اللون والانقراض وإنتاجية القطع. تشير صلابة 9 إلى مقاومة قوية للخدش، وليس مناعة ضد الصدمات: يمكن أن يتسبب الانفصال والإجهاد الداخلي والكسور في التقطيع أو الكسر. [1] [2] [14]

اللون وتغيير اللون وفلورة

الأزرق: نقل الشحنة والبيئة الذرية

في العديد من الياقوت الأزرق، يشتمل الكروموفور الرئيسي على Fe^{2} وTi^{4} . يتضمن الامتصاص نقل الشحنة بين الأيونات المجاورة، والتي توصف تقليديًا بـ $Fe^{2+} + Ti^{4+} \rightarrow Fe^{3+} + Ti^{3}$ في الحالة المثارة. يزيل هذا الامتصاص الواسع بعض الأطوال الموجية المكملة للون الأزرق. تؤثر الهندسة الزوجية واتجاه المجال الكهربائي للضوء على الاستجابة: فالأطياف العادية وغير العادية ليست متطابقة. [4]

يساهم Fe^{3} في الامتصاص باللون البنفسجي والأزرق. يمكن لهذه المساهمات، المتراكبة على نطاقات Fe-Ti، أن تحول اللون نحو اللون الأزرق والأخضر. التوازن بين الجهات المانحة والمتقبلة للشحنة، والشوائب الأخرى وظروف الأكسدة مهم أيضًا. وبالتالي، لا يمكن للصورة البطيئة إنشاء محتوى حديدي أو تحديد كمية أزواج Fe-Ti. يؤثر تقسيم مناطق النمو والمسار البصري عبر الجوهرة أيضًا على مظهرها. [4]

ثلاث ظواهر للتمييز

التفسير	ميزة

الأزرق مصحوبًا باللون الأخضر: وصف لوني لا يعني تغير اللون تلقائيًا.	لون الأزرق المخضرّ
يختلف اللون مع اتجاه الرؤية والاستقطاب تحت الإضاءة المستمرة.	تعدّد الألوان
تغيير في اللون المدرك عندما يتغير طيف الإضاءة، مع الحفاظ على ثبات الشكل الهندسي قدر الإمكان.	تغيير اللون / تغير اللون

من الأزرق إلى البنفسجي: تأثير الإضاءة

تظهر بعض الياقوت نافذتين للإرسال تتغير مساهماتهما النسبية بين الضوء الغني بأطوال موجية قصيرة والضوء الدافئ. قد يساهم الفاناديوم، أحيانًا إلى جانب الكروم والحديد. تم توثيق هذه الاحتمالات في الياقوت الذي تم تحليله؛ ولم يحددوا كيمياء العينة المصورة هنا. [5]

تُظهر اللوحة المزدوجة الياقوت المثمن 0,935 ct تحت 6000 كلفن على اليسار و2700 كلفن على اليمين. يلاحظ Ultra Rare انتقالًا من اللون الأزرق إلى اللون البنفسجي، الموصوف هنا بـ تحول اللون . لا تصف درجة حرارة اللون الطيف الكامل للمصباح: قد يختلف مصباحان LED عند 6000 كلفن. توثق المقارنة الفوتوغرافية ملاحظة.

ياقوت مثمن · 0,935 Ultra Rare · 3 mm × 4,1 × 6,7 · VS · ct الصور الفوتوغرافية.

فلورة: الضوء المنبعث، يختلف عن الضوء المنبعث

فلورة هو انبعاث الضوء تحت الإثارة. في اكسيد الالمونيوم، يمكن أن ينتج Cr^3 انبعاثًا أحمر، مع خطوط قريبة من 694 نانومتر. قد يقوم الحديد بقمع هذا الانبعاث من خلال مسارات الاسترخاء غير الإشعاعية. وبالتالي فإن ضعف فلورة لا يعني بالضرورة غياب الكروم؛ كما أن اللون الأحمر فلورة وحده غير كافٍ للتمييز بين اكسيد الالمونيوم الطبيعي والاصطناعي. يؤثر الطول الموجي المثير والمرشحات والتعرض بقوة على الصورة. [6]

تُظهر الصورة المزدوجة أدناه وزن الياقوت الأزرق الشاحب 1,24 ct في الضوء المرئي، تليها برتقالي قوي أحمر فلورة تحت 365 نانومتر UV ، لاحظها Ultra Rare. لم يتم تحديد أصل هذا الانبعاث لهذه العينة. لا يمكن للون الصورة وحده إنشاء مركز إنارة محدد. بالنسبة للياقوت الأزرق المخضر 1,287 ct، يذكر تقرير Bellerophon بشكل منفصل "فلورة: لا شيء".

نفس الصور الفوتوغرافية 1,24 ct من الياقوت الأزرق الفاتح · الضوء المرئي و365 Ultra Rare · UV nm.

اكتشف هذا الياقوت الأزرق الفلوريسنت

لاحظ تغير لون الياقوت 0,967 ct



ضوء بارد · 6000 K



الضوء المرئي · 1,24 ct

الشوائب الداخلية

شوائب داخلية سجل النمو والتحولات اللاحقة. وقد تشمل إبر الروتيل أو الحرير، والبلورات الصلبة، وسحب الجسيمات، والبلورات السالبة، وبصمات الكسور الملتئمة. غالبًا ما يكون توزيعها وتوجهها وعلاقتها بتقسيم المناطق أكثر إفادة من كونها ميزة معزولة. يمكن للإبر المصطفة في ثلاثة اتجاهات أن تنتج نجمًا عندما تكون كثافتها وقص كابوشون مناسبين؛ لا ينتج الحرير دائمًا نجمًا مرئيًا. [7]

تعتمد التجميعات على بيئة التكوين. قد يحتوي الياقوت المرتبط بالبازلت على الفلسبار والأكاسيد وذوبان السيليكات شوائب داخلية. قد يحتوي الياقوت المتحول على سائل شوائب داخلية أو جمعيات معدنية مختلفة. لا ينبغي أن يعزى أي من هذه الأمثلة إلى عينة الأزرق المخضرّ دون ملاحظة مناسبة. عندما تسمح الظروف بذلك، يمكن لمجهر رامان اختبار هوية البلورة المضمنة دون استخراجها. [3] [7]

صور مجهرية لعينات **Ultra Rare**

على اليسار، تُظهر الصورة المجهرية 1,287 ct الياقوت الأزرق المخضر بتكبير عالي. ويكشف عن حقل أخضر مزرق، وملامح صغيرة مشرقة ومناطق داكنة محددة بشكل حاد. ويعتمد تفسيرها على المستوى البؤري والإضاءة والانعكاسات بين الجوانب. على اليمين، تُظهر الصورة المجهرية 1,24 ct الياقوت البيضاوي الأزرق الشاحب: الخطوط المرئية والتفاصيل هي ملاحظات فوتوغرافية، مع عدم وجود معدن متضمن يتم تحديده فقctن خلال المظهر. المصطلح نقيّ بالعين المجرّدة يصف الفحص بالعين المجردة: فهو لا يعني عدم وجود هياكل مرئية تحت المجهر.



الروتيل الرسوم التوضيحية التي تم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر



الياقوت الأزرق المخضر · 1,287 ct صورة مجهرية أصلية Ultra Rare.

الودائع – أطلس

تمتد تواجدات الياقوت الأزرق عبر عدة قارات وتاريخ جيولوجي مختلف. تشمل المصادر المرجعية سريلانكا وميانمار وكشمير ومدغشقر بالنسبة لمجموعات الياقوت المرتبطة بالإعدادات المتحولة أو المتحولة. وتقدم أستراليا وتايلند وكمبوديا ونيجيريا وإثيوبيا أمثلة ذات صلة بالبازلت. توضح مونتانا وتنزانيا إعدادات أخرى لا يمكن اختزالها في تمييز ثنائي بسيط. [2] [3]

قد تحتوي الدولة على عدة أنواع من الودائع. اللون وحده لا يمكنه تحديد الأصل: تتداخل النطاقات الكيميائية وشوائب داخلية لبعض المجموعات السكانية. توفر خريطة الحدوث السياق الجغرافي للأدب؛ فهو لا يحل محل إمكانية تتبع الشراء ولا تحديد الأصل المختبري. تستخدم الحدود الإدارية للتوجيه ولا تمثل الحدود الجيولوجية. [3]

فسيفساء جيولوجية ولونية

مدغشقر ليست كتلة صخرية موحدة. وينقسم درعها الذي يعود إلى عصر ما قبل الكمبري إلى ستة مجالات رئيسية - بيماريفو، وأنتونجيل-ماسورا، وأنتاناناريفو، وإيكالامافوني، وأندرويان-أنوسيان، وفوهيبوري - تم وضعها جنبًا إلى جنب وإعادة صياغتها من خلال تاريخ متعدد الحلقات، لا سيما أثناء تكون الجبال الأفريقية. يسود الغطاء الرسوبي الدهر الوسيط في الغرب. تحدث الحقول البركانية القلوية من النيوجين إلى الرباعي بشكل رئيسي في الشمال وفي أجزاء من المناطق الوسطى والجنوبية. [17]

في الجنوب، تسجل حبيبات نطاق Androyan-Anosyan ظروفًا عالية الجودة، عادةً حول 700–800 °C و4–5 kbar، خلال الأحداث الأفريقية تقريبًا بين 565 و490 Ma. تسجل صخور المافيك-فوق المافية في مجال فوهيبوري ضغوطًا أعلى محليًا، حوالي 9–11.5 kbar عند 750–800 °C. هذه هي مراتب إقليمية من حيث الحجم: كل منطقة لها تاريخ P-T-t الخاص بها. [20]

إيلاكاكا-ساكاراها. تستغل المنطقة الجنوبية الغربية، التي تم تطويرها من 1998، الآفاق التريasية الفتاتية لنهر إيسالو، والتي تم تفسيرها على أنها أماكن قديمة واسعة النطاق أعيدت صياغتها محليًا بسبب التآكل الحالي. وينتج الأزرق والوردي والبنفسجي والأصفر والبرتقالي والبادبارادشا والصفير المتغير اللون. يعكس الانتشار الواسع لتوقيعات شائبة داخلية والعناصر النزرة ونظائر الأكسجين - قيم $\delta^{18}O$ المنشورة تقريبًا من −0.3 إلى 16.5 ‰ لأكسيد الألمونيوم من الرواسب الثانوية المدغشقرية - مزيجًا من المصادر الأولية. [2] [3]

أندرانودامبو والجنوب الشرقي. الرواسب الأولية الكلاسيكية عبارة عن سكارن ميتاسوماتي يتكون عند التلامس بين جرانيت أنوسيان ورخام بروتيروزويك وصخور سيليكات الكلس من مجموعة ترانومارو. أنتجت تفاعلات الصخور والسوائل والتجفيف ونقل المكونات تجمعات تحمل اكسيد الالمونيوم. قدمت التجوية اللاحقة تركيزات ثانوية قريبة. الزركون المتزامن مع الياقوت يؤرخ هذه الحلقة إلى 510–523 Ma تقريبًا. [2]

أمبوندروميفيهي والشمال. نقلت حقول البازلت القلوية في العصر النيوجيني-الرباعي بلورات زينوليث وزينوليثات حاملة للياقوت. يتم استخراج الأحجار الكريمة بشكل رئيسي من الطمي والتربة المتبقية والبريشيا الباليوكارستية التي تم تطويرها في الحجر الجيري الجوراسي. تظل الأحداث الأولية التي تمت ملاحظتها بشكل مباشر نادرة. لذلك لا ينبغي وصف البازلت تلقائيًا على أنه ذوبان أبوي اكسيد الالمونيوم. [16]

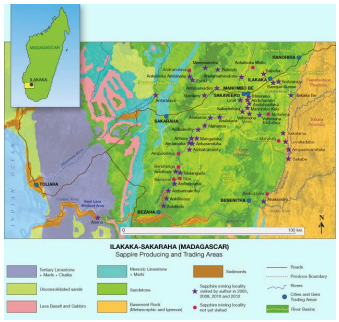
ديدي وأنديلامينا وبيمينتي. ينتج ديدي ياقوت أحمر والياقوت الأزرق، بما في ذلك الياقوت الوردي، بشكل رئيسي من الرواسب الثانوية التي لا تزال مصادرها غير متساوية. تشتهر Andilamena بالطمي الغريني ياقوت أحمر. ينتج Bemainty في الغالب الياقوت الأزرق المتحول وبعض الأحجار الوردية إلى البرتقالية؛ يقع داخل ممر غابات Ankeniheny-Zahamena المحمي. بيكيلي تظل نقطة مرجعية إقليمية في الجنوب، ضمن التضاريس الحبيبية والميتاسوماتية، بدلاً من منطقة واحدة مخصصة حصريًا للياقوت الوردي. [9]

نظائر الأكسجين ومصدرها

تكمل نسب نظائر الأكسجين علم الصخور وكيمياء العناصر النزرة. يمتد اكسيد الالماجاشي الابتدائي المنشور تقريبًا $\delta^{18}O$ = 1.3 إلى 15.6 ‰. تتوافق المجموعات حول 4.7–9.0 ‰ مع إعدادات البيروكسينيت أو الفلسباثيك النيس، في حين أن القيم العالية لـ 10.7–15.6 ‰ تميز بشكل ملحوظ النقوش المرتبطة بالرخام في أندرانونداميو. ومع ذلك، يتطلب التداخل بين الرواسب النظر في النظائر، شوائب داخلية، والأطياف، والعناصر النزرة معًا. [15]

الياقوت المرتبط بالبازلت: أدلة على المصدر

تم توثيق الياقوت المرتبط بالبازلت القلوي في منطقة أمبوندروميفي، بالقرب من كتلة جبل مونتاني دامبر، وفي منطقة فاتوماندري. قد يحمل البازلت بلورات تكونت مبكرًا في العمق، مع قيام التجوية لاحقًا بتزويد الرواسب الثانوية. تشكل التكوينات البركانية في أنكازينا، بالقرب من بيلانانا، أيضًا جزءًا من المشهد البركاني الشمالي؛ إن وجودهم وحده لا ينشئ رواسب ياقوتية بدون وثائق محلية. ال مجموعة 1,29 قيراط غير مسخّن، نقيّ بالعين المجرّدة ياقوت أزرق مخضر ، من مدغشقر، لديه تقارب وصفه Bellerophon بأنه "الوديعة البازلتية ذات الصلة". وبالتالي فإن الأصل في إحدى مناطق الياقوت ذات الصلة بالبازلت في مدغشقر أمر معقول؛ لا يمكن تفضيل أي منطقة معينة باللون الأزرق المخضر وحده. [16] [18]



النقاط المرجعية الإقليمية، دون تخصيص لغم للعينة. خريطة القطاع: فنسنت باردیو، GIA 2013 . يشير التاريخ إلى المستند، وليس إلى النشاط الحالي لكل عمل.

المعالجات

يمكن أن يؤدي التسخين إلى تغيير حالات الشحن وتوزيع العناصر وبعض شوائب داخلية. تختلف آثاره باختلاف التركيب الأولي ودرجة الحرارة والمدة والجو. قد يخفف أو يقوي مكونًا أزرقًا، أو يحول الحرير أو يغير الشفافية. لا تتبع هذه التغييرات وصفة عالمية تنطبق على كل حجر ياقوت. [8] [12]

تظهر التجارب التي أجراها هيوز وبيركنز على الياقوت الملغاشي أن التسخين بدرجة حرارة منخفضة نسبيًا يمكن أن يترك أدلة خفية. يجمع التفسير بين الفحص المجهري والتحليل الطيفي؛ الكريستال المضمن الذي يبدو سليمًا لا يستبعد التسخين. يجب تفسير معايير FTIR وفقًا لنوع الياقوت: النطاق الذي يحدث بشكل طبيعي في بعض الياقوت المرتبط بالبازلت لا يشير تلقائيًا إلى المعالجة. [8] [10]

التفسير	ميزة
التعديل الحراري للمواد الموجودة؛ تعتمد التأثيرات على الكيمياء والجو.	التدفئة
إدخال العناصر خلال معالجة حرارية؛ يتطلب التحليل الكيميائي وتوزيع الألوان الفحص.	الانتشار Be أو Ti
المواد المدخلة في الشقوق. التأثيرات المحتملة على تقييم ورعاية نقاء.	ملء / التشريب
النمو الاصطناعي للكوراندوم: فئة متميزة عن معالجة الحجر الطبيعي.	التوليف

عينة 1,118 المسخنة ct معروضة للتوضيح. هذه ليست مقارنة قبل وبعد المعالجة.



أزرق غامق · 1,118 ct · مُسخن

الندرة والحدوث

حدوث

إن وجود العديد من رواسب اكسيد الالمونيوم لا يعني وجود وفرة مكافئة من الأحجار الكريمة ذات الجودة العالية. قد تحتوي الصخور

على بلورات معتمة أو مكسورة أو صغيرة الحجم غير مناسبة للقطع. تفصل عدة مراحل اختيار بين التواجد المعدني والأحجار الخام القابلة للقطع والأحجار الكريمة الجاهزة: الاسترداد والفرز والتوجيه وفقدان المواد. لا يمكن استقراء الرقم المحدد لوديعة أو طرد واحد على السوق بأكملها دون طريقة سليمة. [11]

ندرة داخل ندرة

تجمع الأحجار الكريمة الجذابة بين اللون المرغوب فيه والشفافية المناسبة والقطع المتوازن والسلامة الهيكلية الجيدة. ضمن الاختيار غير الساخن، تصبح تلبية كل هذه المعايير أكثر تطلبًا. يضيف اللون الأزرق المخضر مطلبًا خاصًا للون: يجب أن يظل اللون الأزرق ملموسًا بينما يكمله اللون الأخضر دون جعل اللون ثقيلًا. وهذا حكم جوهري وجمالي، وليس تكرارًا إحصائيًا. [11]

التقييم

الياقوت الأزرق: 10 أندر جيولوجياً من الألماس مرات.

الياقوت الأزرق نقيّ بالعين المجرّدة فوق قيراط 1: من 50 إلى 100 أندر مرات من الماس نقيّ بالعين المجرّدة بنفس الوزن.

غير مسخّن نقيّ بالعين المجرّدة أزرق مخضر فوق 1 قيراط: 100 إلى 150 أندر مرات من ألماسة بنفس وزن ووزن نقاء.

التعرّف إلى الحجر

يبدأ تحديد الهوية بقياسات متوافقة مع اكسيد الالمونيوم: معاملات الانكسار، انكسار مزدوج، الشخصية البصرية، الكثافة النسبية والفحص المجهري. إن الاتفاق بين عدة نتائج أقوى من مؤشر واحد. يحتوي الحجر الاصطناعي أيضًا على الصيغة Al_2O_3 وخصائص فيزيائية مماثلة: الهوية المعدنية لا تثبت الأصل الطبيعي. [10]

التفسير	ميزة
معاملات الانكسار وتباين الخواص؛ تقتصر المراقبة على حالة الوجه والتوجيه وظروف القياس.	مقياس الانكسار / الاستقطاب
تقسيم المناطق، وهياكل النمو، شوائب داخلية ودليل على التسخين؛ الفحص تحت ظروف الإضاءة المختلفة.	الفحص المجهري
تحديد المادة وشوائب داخلية الصلبة حيثما أمكن الوصول إليها.	رامان
الاهتزازات، والعيوب التي تتعلق بشكل خاص بالهيدروجين، ومعلومات مفيدة عن تاريخ حراري معين.	FTIR
الامتصاص والتكوين. المقارنة مع المجموعات السكانية المرجعية لتقييم الوضع الجيولوجي والأصل.	الأشعة فوق البنفسجية المرئية NIR وكيمياء العناصر النزرة

يتم تحديد الأصل الجغرافي من خلال المقارنة المدروسة مع عينات مرجعية، وليس اختبارًا ينتج عنه اسم البلد بشكل مباشر. قد يظل الاستنتاج غير محدد عندما تتداخل التوقيعات. ويمكن بعد ذلك أن يوفر وصف نوع الوديعة معلومات مفيدة دون أن يصل إلى حد تحديد الأصل القومي. يتطلب نقاء بالعين المجرّدة بروتوكول مراقبة بالعين المجردة؛ ولا يمكن الاستدلال عليه من الشفافية وحدها كما جاء في التقرير. [3] [10]

التحليل الطيفي

تفسير الامتصاص والانتقال

تعمل تقنية UV-Vis-NIR على ربط اللون بالامتصاص المعتمد على الطول الموجي. في ظل الهندسة الخاضعة للرقابة، يكون الامتصاص $A = -\log_{10}(T)$)، حيث يتم تصحيح T للانتقال النسبي؛ معامل الامتصاص هو $\alpha = 2.303\ A / l$، مع l بالسنتيمتر. ينتج الحجر ذو الأوجه مسارات وانعكاسات ضوئية متعددة: منحنى التصوير الفوتوغرافي أو المظهر الجانبي الزخرفي ليس طيفًا كميًا. [4] [10]

تتضمن الميزات المرجعية المنشورة امتصاصات Fe^3 بالقرب من 380–390 و450 نانومتر، ومساهمة واسعة من Fe-Ti حول 580 نانومتر في العديد من الياقوت الأزرق. يساهم النطاق القريب من 880 نانومتر، خارج النطاق المرئي الموضح أدناه، في دراسة المجموعات

السكانية المرتبطة بالبازلت. ويجب أن يظل تفسيرها قائمًا على الأدبيات والأدلة التحليلية الكاملة. تختلف السعات والعروض والاستقطابات. لم يتم قياس أي من هذه الميزات هنا على عينة الأزرق المخضرّ. [4]

التلألؤ: الكروم ومراكز الانبعاث الأخرى

انتقال الضوء هو الضوء الساقط الذي يمر عبر البلورة. التلألؤ هو انبعاث بعد إثارة مركز الانارة: وهي مساهمات مادية متميزة. في اكسيد الالمونيوم الحامل لـ Cr^3 ، تظهر الخطوط الحمراء R_2 وR_1 بالقرب من 692.9 و694.3 نانومتر على التوالي في درجة حرارة الغرفة. ويعتمد عرضها وكثافتها بشكل خاص على درجة الحرارة والتركيز والتفاعلات الأيونية والتبريد بالحديد. الرسم البياني يشير إلى مواقعهم. لا يتنبأ بـ فلورة للعينة باللون الأزرق المخضر. [6]

يُظهر ياقوت قيراط Ultra Rare باللون الأزرق الساطع والمتغير اللون والفلورسنت 0,935 خط انبعاث أحمر مميز عند فحصه بالمنظار الطيفي، بما يتوافق مع وجود الكروم. قد يفضل محتوى الحديد المنخفض هذا فلورة، لكن فلورة وحده لا يمكنه إثبات هذا المحتوى.

تعتبر العناصر الأرضية النادرة منشطات معروفة في العديد من العائلات المعدنية. إن وجودها المحتمل في الياقوت، والذي يرتبط أحيانًا بـ شوائب داخلية المجهري، لا يثبت أنها تتحكم في تألقه. بدون تحديد العناصر وطيف الانبعاث المنسوب إلى مركز معين في الكوراندوم، فإن إضافة خطوط Eu^3 أو Sm^3 أو Dy^3 العامة إلى هذا المخطط ستكون غير صحيحة. تشمل انبعاثات اكسيد الالمونيوم المنشورة الأخرى المساهمات المرتبطة بعيوب التيتانيوم والشبكية في ظل الإثارة المناسبة. [6]

طرق تكميلية، وليست مصطلحات قابلة للتبديل

يفحص مطيافية رامان التشتت غير المرن والاهتزازات الشبكية؛ يقيس FTIR امتصاص الأشعة تحت الحمراء؛ يقيس التلألؤ الضوئي الانبعاث تحت الإثارة. وتختلف محاورها الأفقية وإشاراتها وأغراضها. يمكن للتألق الضوئي اكتشاف مراكز انبعاث ضعيفة دون أن يهيمن ضوءها على لون الجوهرة. وبالتالي فإن الانبعاث الأحمر تحت الأشعة فوق البنفسجية لا يفسر لونه بالكامل في الضوء الأبيض. [3] [6] [10]

تفسير العينات المجمعة

وسادة **ct 1,287** باللون الأزرق المخضر

يتم تقديم هذا الياقوت الطبيعي باسم 1,29 ct، مقربًا من وزن 1,287 ct المطبوع على تقرير Bellerophon A31949 بتاريخ 7 يناير 2026. يقيس 6,43 × 6,39 × 3,81 mm. يسجل المختبر الشكل على شكل وسادة، واللون باللون الأزرق المخضر، وثبات اللون ولا توجد مؤشرات على المعالجة. تسمح المذكرة التجارية الخاصة بالتقرير باستخدام مصطلح الأزرق المخضرّ. يتم تسجيل فلورة على أنه لا شيء.

يصف Ultra Rare هذا الحجر بأنه نقيّ بالعين المجرّدة ويذكر أن مدغشقر هي أصله. توضح الصورة الكلية Bellerophon عودة الضوء ودرجة اللون الأزرق والأخضر؛ ولا ينبغي تفسيرها على أنها خريطة طيفية. لا تتم المطالبة بأي تغيير في اللون بين اثنين من المصابيح المضيئة ولا باللون الأحمر فلورة لهذه الوسادة.

اكتشف هذا الياقوت الأزرق المخضر

الياقوت المثمن **ct 0,935**

يقوم Ultra Rare بتصنيف هذه العينة الثانية VS؛ يبلغ قياسه 6,7 × 4,1 × 3 ملم. إنه يوضح الانتقال المصور من اللون الأزرق إلى البنفسجي تحت 6000 كلفن و2700 كلفن، متبوعًا باللون الأحمر فلورة تحت 365 الأشعة فوق البنفسجية طويلة الموجة نانومتر. وسوف تكون متاحة قريبا في المجموعة.

ct 1,24 الياقوت الأزرق الشاحب

شكل بيضاوي قياس 6,8 × 5,6 × 3,4 mm، نقيّ بالعين المجرّدة VS، من مدغشقر. يؤكد اختبار Bellerophon GemLab عدم وجود تسخين. استجابته القوية باللون الأحمر البرتقالي تحت 365 nm UV تكمل تقييم لونه في الضوء المرئي؛ أصل فلورة لا يزال مجهولا.

الياقوت الأزرق العميق **ct 1,118**

مثمن بقياس 5,8 × 5,5 × 3,3 مم، VS ومسخن، وفقًا للوثائق المرفقة. توضح هذه الصورة لونًا أزرق أعمق. يستخدمه Ultra Rare كمثال للياقوت المسخن بواسطة Ultra Rare؛ لم يتم عرضه للبيع.

ياقوت من مدغشقر، **ct 0,967 -** من اللون الأرجواني إلى الوردي الأرجواني

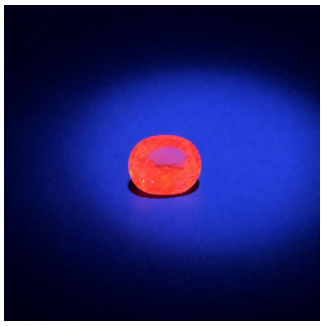
تحت LED إلى 6 000 K، يظهر هذا الياقوت باللون الأرجواني المكثف. تحت الضوء المتوهج عند 2 800 K، يتحول نفس الحجر إلى اللون الوردي الأرجواني الساطع. تسمح لك اللوحة المزدوجة الموجودة على الورقة بمقارنة الظلال جنبًا إلى جنب. تحت UV إلى 365 nm، نلاحظ ظاهرة مميزة: اللون البرتقالي القوي فلورة.

هذا المنتج مناسب 6,1 × 5 × 3 mm. يتميز بشفافية ونقاء ممتازين من فئة نقيّ بالعين المجرّدة خلف الشبكة Ultra Rare. يحدد اختبار Bellerophon GemLab T8549 من 6 في يناير 2026 ياقوتة طبيعية ولا يتخلص من أي مؤشر للنفخ.

شاهد تفاصيل الياقوت المتغير اللون من 0,967 ct



أزرق مخضر - أخضر · 1,29 ct



تحت 365 1,24 ct · nm UV

الطريقة والاستنتاج والمصادر

الطريقة التفسيرية

تميز هذه الدراسة بين أربعة مستويات من الأدلة: خصائص الياقوت العامة المنشورة؛ البيانات من التقرير الأصلي A31949؛ الملاحظات والمصدر المقدم من Ultra Rare؛ والرسوم والنماذج التعليمية. تحافظ الصور الفوتوغرافية على ألوان الأحجار الكريمة، نقاء والتفاصيل. تعتبر عروض المجوهرات تصورات إبداعية وليست صورًا للمجوهرات الجاهزة.

تستخدم النماذج الذرية إحداثيات الكوراندوم الرئيسي؛ تستخدم العادات البلورية الستة هندستها. القوام الذي تم إنشاؤه بواسطة الكمبيوتر يتبع الوجوه. خلفية العالم عبارة عن خطوط نقطية أرضية مدمجة مع حدود الأرض الطبيعية؛ تشير النقاط إلى المناطق أو البلدان، وليس إحداثياتي. تتبع خريطة مدغشقر المرجع الوثائقي Ultra Rare. النطاقات الطيفية هي ميزات مرجعية منشورة، مع ملفات تعريف تخطيطية تتميز بوضوح عن قياسات العينات. لم يتم إجراء أي قياسات كيميائية جديدة أو FTIR أو Raman أو UV-Vis-NIR على عينات هذه المقالة.

الاستنتاج

يجمع الياقوت الأزرق بين شبكة كريستالية مستقرة بشكل ملحوظ وحساسية دقيقة للعناصر النزرة. ويتطلب فهم لونه التمييز بين الامتصاص والانبعاث والاتجاه البصري والإضاءة؛ يتطلب فهم أصلها ربط الأدلة المختبرية والملاحظات الميدانية وتاريخ الودائع. الأزرق المخضرّ هو أحد تعبيرات هذا التنوع. يصبح التقييم أكثر دقة عندما تظل كل صورة وشكل واستنتاج مرتبطة بمصدرها الفعلي.

المصادر الرئيسية ومزيد من القراءة

نشر البيانات المعدنية (2001–2005). اكسيد الالمونيوم – دليل علم المعادن. ↩

جولياني، جي. وجروت، إل. إيه. (2019). جيولوجيا اكسيد الالمونيوم ورواسب أحجار الزمرد: مراجعة. ↩

بالكي، A. C. وآخرون. (2019). تحديد المنشأ الجغرافي للياقوت الأزرق. ↩

إيميت، J. L. وآخرون. (2020). وصف كمي لأسباب اللون في اكسيد الالمونيوم. ↩

GIA) 2019). منخفض الحديد، عالي V، لون الياقوت البورمي متغير. ↩

داينينز-جوهانسون، يو إف إس وآخرون. (2024). الأحجار الكريمة المتوهجة: فلورة وفسفرة من الماس والأحجار الملونة واللؤلؤ. ↩

رينفرو، N. D. وآخرون. (2017). الرسم البياني: شوائب داخلية في الياقوت الطبيعي والصناعي والمعالج. ↩

هيوز، إي. بي. وبيركنز، آر. (2019). ياقوت مدغشقر: تجارب درجات الحرارة المنخفضة معالجة حرارية. ↩

باورديو، V. وآخرون. (2017). الياقوت من منطقة جيم راش بيمينتي، أمباتوندرازاكا (مدغشقر). ↩

جروت، L.A. وآخرون. (2019). مراجعة للطرق التحليلية المستخدمة في تحديد المنشأ الجغرافي للأحجار الكريمة. ↩

GIA (تم الوصول إلى 8 في أكتوبر 2026). عوامل جودة الياقوت. ↩

GIA (تم الوصول إلى 8 في أكتوبر 2026). دليل العناية والتنظيف بالياقوت. ↩

GIA (تم الوصول إلى 8 في أكتوبر 2026). حجر بخت شهر سبتمبر - التاريخ والموقع.

ماسلن، E. N. وآخرون. (1993 · المرجع الهيكلي المذكور في [1]). دراسة الأشعة السينية السنكروترونية لكثافة الإلكترون لـ α-Al_2O_3 Acta Crystallographica B49 973–980. ↩

جولياني وآخرون. (2007)، نظاميات نظائر الأكسجين لرواسب اكسيد الالمونيوم في مدغشقر، Mineralium Deposita 42 251–270. ↩

وفقا لراكوتوساميزاناني وآخرون. (2014)، التركيبات النظائرية الكيميائية والأكسجينية، عمر وأصل اكسيد الالمونيوم في البازلت القلوي مدغشقر. ↩

هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، توليف جيولوجي لدرع ما قبل الكمبري في مدغشقر. ↩

موتيت (1982)، التكتونية والبراكين في كتلة تساراتانانا-أنكايزينا. ↩

GIA) 2024)، تسليط الضوء على خصائص الأحجار الكريمة: استكشاف التحليل الطيفي للتألق الضوئي.

راكوتوندرازافي، A. F. M. وآخرون. (2008). رواسب اكسيد الالمونيوم من مدغشقر: مراجعة . . . . مراجعات جيولوجيا الخام، 34(1–2) 134–154. دوى: j.oregeorev.2007.05.001/10.1016. ↩

مصادر هذه الدراسة: تقرير Bellerophon GemLab A31949 والوسائط المقدمة من Ultra Rare؛ تعليمات المالك بتاريخ 8 أكتوبر 2026؛ ميثاق V82 ومقال رئيسي عن الغارنت الأزرق. المصدر الخرائطي: الأرض الطبيعية، المجال العام؛ الخلفية الأرضية التي وزعتها Three.js (ناسا). تم الوصول إلى قائمة المراجع 8 أكتوبر 2026.

النسخة الإلكترونية