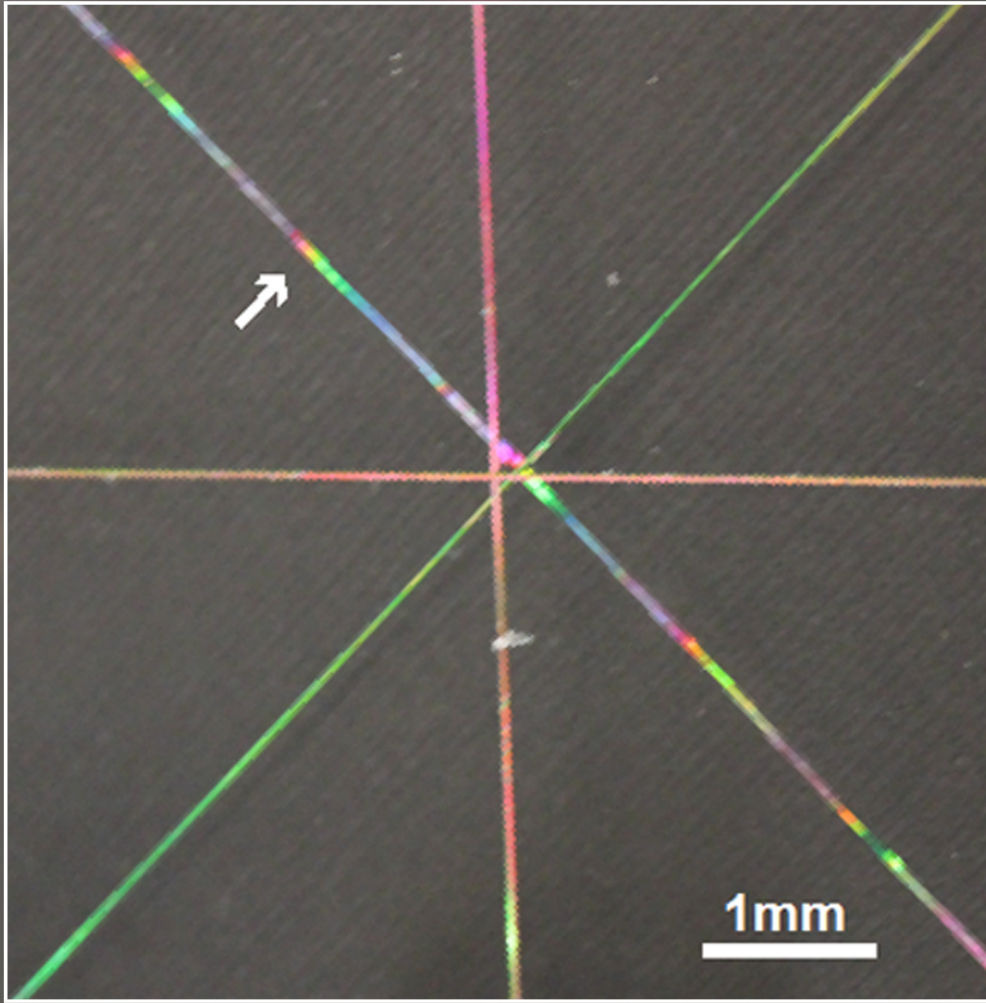


ألياف بصرية مرنة تغير لونها مستوحاة من الطبيعة



ألياف بصرية مرنة تغير لونها مستوحاة من الطبيعة



www.nasainarabic.net

@NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic



الألياف المرنة القابلة لتغيير لونها

حقوق الصورة: Mathias Kolle, Laboratory for Bio-inspired Photonic Engineering (LBPE)

إن العديد من التصميمات العلمية مستوحاة من عناصر الطبيعة، وأحد هذه العناصر هو بشرة ثمار *Margaritaria nobilis* ذات اللون الأزرق المخضر الرائع (وتسمى أيضاً *bastard hogberry*)، وهي ثمار تنتج في المكسيك ووسط وجنوب أمريكا، تتميز بلونها الأزرق البراق بسبب بنية سطحها المعقدة التي تتفاعل مع الضوء)، لقد ولدت ما يكفي من الفضول لدى إحدى مجموعات العلماء البحثية لاكتشاف سبب تدرج صبغتها اللونية، وقد أفضت اكتشافاتهم إلى تطوير ألياف جديدة تغير لونها عندما تتمدد.

الطبيعة واللون الأزرق

ليست الأصباغ والملونات الزرقاء شائعة في الطبيعة، فقد كان يُستخدم اللازورد المعدني والكوبالت كملونات زرقاء لوقت طويل، بالإضافة إلى استخدام النيلج (نبات يستخرج من أوراقه صباغ أزرق) والنيلة الغامقة - اللذان يعطيها لونهما ذات الجزيء- كصباغ، وتعمل هذه الملونات والأصباغ عن طريق امتصاص ألوان معينة من الضوء، وبالتالي نرى اللون المتخلف عن الضوء.

كما أن معظم البقع الزرقاء المتكونة بيولوجياً - على أجنحة الطيور الحشرات وصدفة البطلينوس (حيوان رخوي يلتصق بالصخور، ذو صدفة مخططة بالأزرق بشكل متقطع) وبعض الفواكه- لا يتشكل مظهرها الخارجي الأزرق عن طريق الامتصاص الانتقائي للضوء أو عكسه، بل عن طريق توظيف تقنيات بنيوية.



يظهر ذيل الطاوس بألوان براقّة ونماذج شبيهة بالنماذج المستخدمة في التنويم المغناطيسي، وتظهر الريشات المضاءة من الخلف بلون بني خفيف. تابع القراءة لتعرف السبب! حقوق الصورة: "Peacock Feather" by user:AlexDuarte - Own work. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons

التداخل، والبنية، واللون

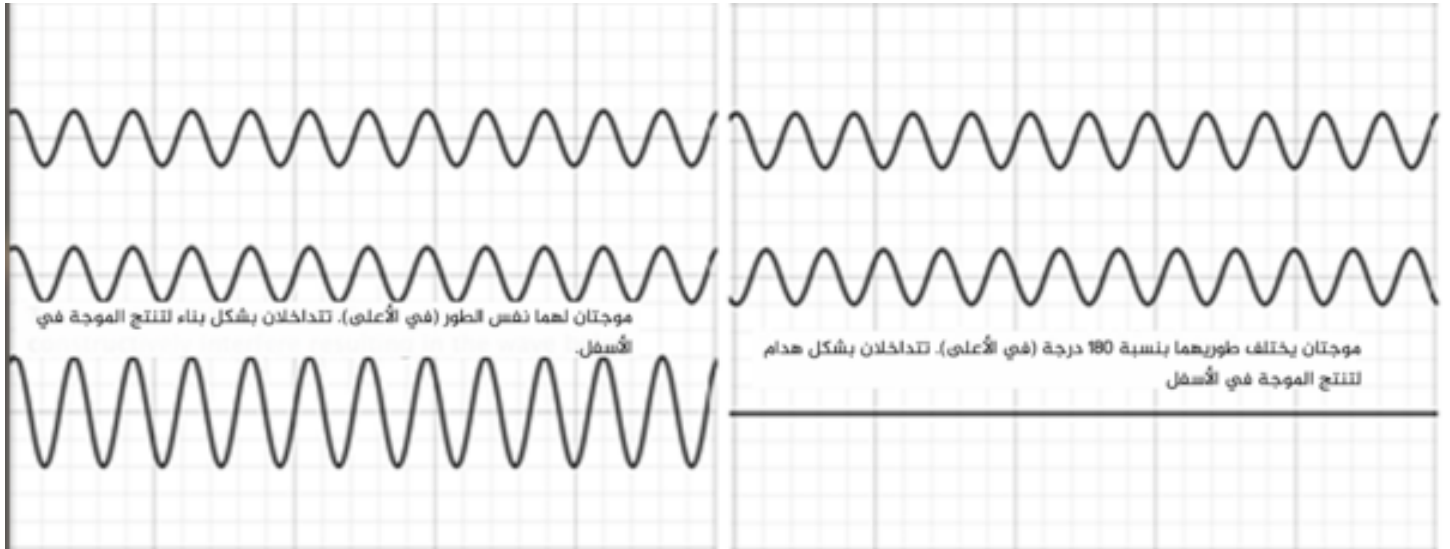
كيف تظهر البنية لونها؟ يعتمد التأثير على طبقات رقيقة وشفافة من المادة تسبب تداخلاً لموجات الضوء، فيتم انتقاء لون معين ليتم عكسه، وتنتقل ألوان ضوئية أخرى مباشرة عبرها أو يتم عكسها بعد إفقادها لكثافتها، وذلك أثناء تجمع الضوء، هذا التجمع هدامٌ للضوء أكثر من كونه بناءً له.

إن فقاعة الصابون أو بقعة الزيت الطافية على الماء عبارة عن غشاء رقيق متباين الكثافة، وعندما يسقط الضوء على هذا الغشاء يتداخل الضوء المنعكس عن سطحه العلوي والسفلي، ليضم الأمواج إلى بعضها، وعندما تتداخل الأمواج يمكنها أن تجتمع لتعطي سعةً أكبر للموجة الضوئية (لتبدو أكثر إشراقاً)، أو لتجعل سعة الموجة أقل (فتبدو أقل إشراقاً)، أو أن تؤدي إلى جعل سعة الموجة مساوية للصفر (فلا يظهر الضوء)، وذلك كله اعتماداً على أطوارها.



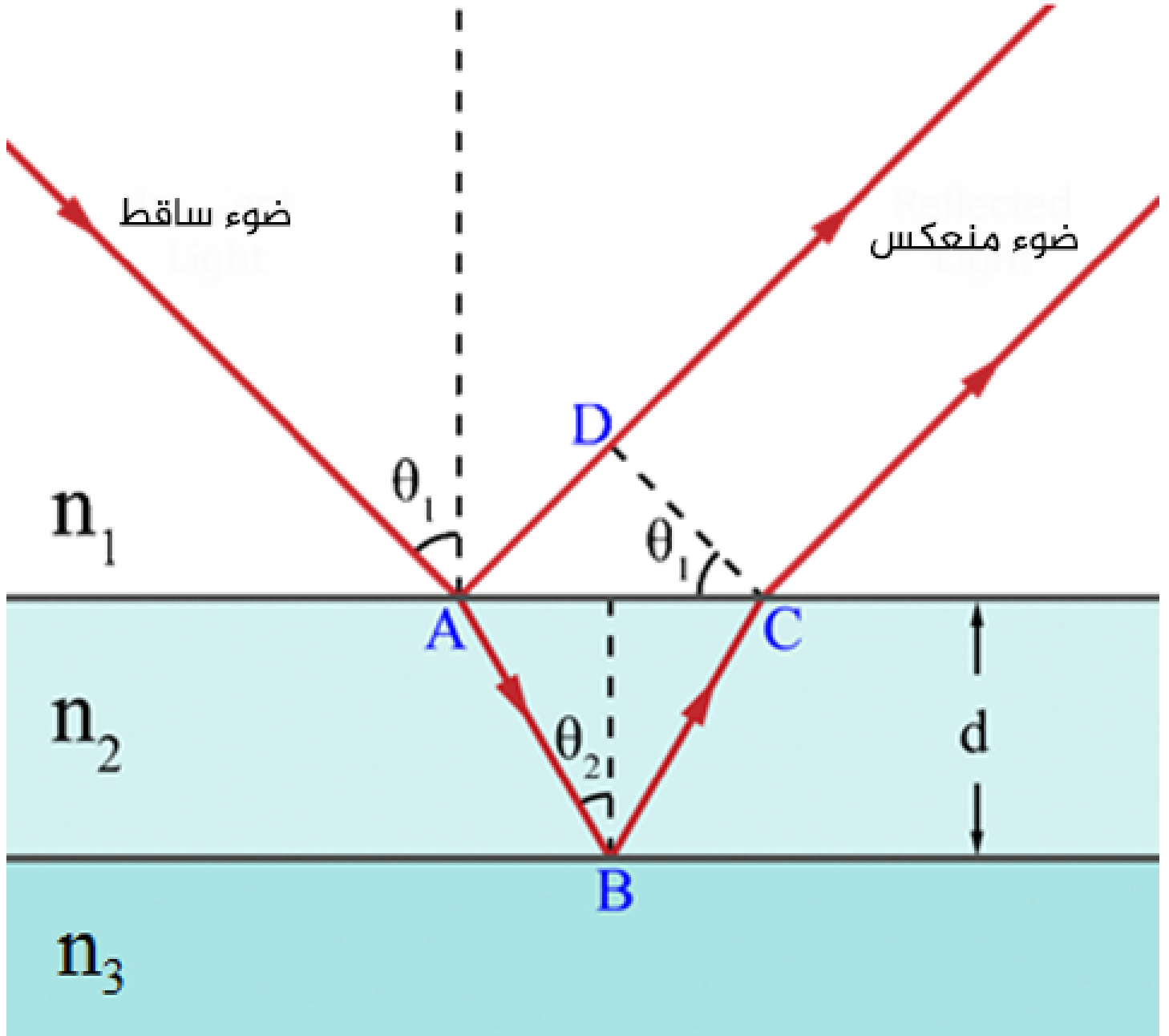
فراشة الطاووس معروضة بتكبير متدرج، حيث تظهر بنية الجناح باستخدام المجهر الماسح الإلكتروني. حقوق الصورة: "Butterfly magnification series collage" by users SecretDisc, Shaddack, Michael Apel, and howcheng Licensed under ...CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons – <https://commons.wikimedia.org/.../File:Butterfly>

إن كان الاختلاف الإجمالي بين طوري الشعاعين المنعكسين يبلغ الدرجة صفر (قمة الموجة الأولى تحاذي قمة الثانية، وقاع الأولى يحاذي قاع الثانية) فإنها تتداخل بشكل بناء لتعطي موجة سعتها أكبر، وإن كان الاختلاف بين طوري الموجتين يبلغ 180 درجة (قمة الأولى تحاذي قاع الثانية) تتداخل الموجتان بصورة هدامة ملغيةً إحداهما الأخرى، فلا يمكن ملاحظة أي ضوء، كما هو موضح في الأسفل.



التداخل البناء والتداخل الهدام حقوق الصورة H.M. Doss .

يضم الرسم البياني أعلاه موجات لها ذات السعة والطول الموجي، قد تختلف الأمواج بشكل كبير في سعتها وقد يرافقه اختلاف بطولها الموجي أو لا يرافقه، وكلما تداخلت مثل هذه الموجات، فيجب إضافة المركبة الشاقولية لكل من الموجتين إلى بعضهما عند موضع أفقي مفترض لإيجاد المركبة الشاقولية الناتجة.



التصميم خاص بصاحب المقال تم إنشاؤه باستخدام Adobe Illustrator "Thin film interference1" by Chanli44 at English -Wikipedia. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons

في الصورة أعلاه يشير المتغير n إلى قرينة الانكسار **index of refraction** الذي يمثل نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في وسط معين، فعندما يصدم الفوتون السطح الفاصل وسطين مختلفين في قرائن الانكسار **indices of refraction**، يمكن أن ينقسم إلى قسمين حيث ينعكس جزء من طاقته والجزء الآخر يتحول.

إن الشعاعين المنعكسين في الرسم البياني (أحدهما من السطح العلوي والآخر من السفلي) عبر مسافات مختلفة، وبالتالي سيكونان في طورين مختلفين. عندما يكون الوسط الواقع تحت سطح الانعكاس ذا قرينة انكسار أعلى من الوسط الذي يعلو هذا السطح، يخضع الشعاع المنعكس لتغير في طوره يبلغ 180 درجة (تصور بأنك ترسل موجة على شكل نبضة عبر حبل مرتبط بجدار، فعندما تصل الموجة إلى نهايته، ستقفل عائدة إلى بداية الحبل لكنها ستكون معكوسة)، وإن كان الوسط الواقع تحت سطح الانعكاس ذا قرينة انكسار أقل من

الوسط الذي يعلو هذا السطح، فلا تغير عملية الانعكاس طور الموجة.

فكر في المسافة التي قطعتها الأشعة المنعكسة من السطح السفلي مقارنةً بالموجة المنعكسة عن السطح العلوي، فإن كان الضوء الساقط متعامداً مع السطح، سيقطع مسافة تبلغ ضعفي الثخن، ويمكن حساب المسافة التي يقطعها الضوء الساقط بزاوية ما من خلال العلاقة:

$$(2d \cos \theta_2)$$

كما يمكننا أن نحدد كيف يغير الفرق في المسافة طور الموجة! فإذا كان الفرق في المسافة المقطوعة مساوياً لعدد صحيح من الأطوال الموجية، يكون تغير الطور الناجم عن المسافة الإضافية مساوياً للصفر، وإذا كان الفرق في المسافة المقطوعة من مضاعفات نصف طول الموجة سيكون تغير طور الموجة عندها يبلغ 180 درجة (وهناك احتمال دائم بأن الموجتين في مكان ما بين هاتين الحالتين، ومن المهم تضمين تغيرات الطور الناتجة عن الانعكاس بالمثل).

إذا سطعت أشعة الشمس على غشاء فقاعة صابون شفافة، فسيتداخل طول موجي واحد من الضوء المرئي بشكل بناء عند ثخن وزاوية رؤية، مسبباً لهذا الطول الموجي المحدد امتلاكه كثافة انعكاس أكبر من الأخريات، وهذا هو السبب وراء الألوان المتغيرة بشكل دائم التي يتم رؤيتها في غشاء فقاعة الصابون.

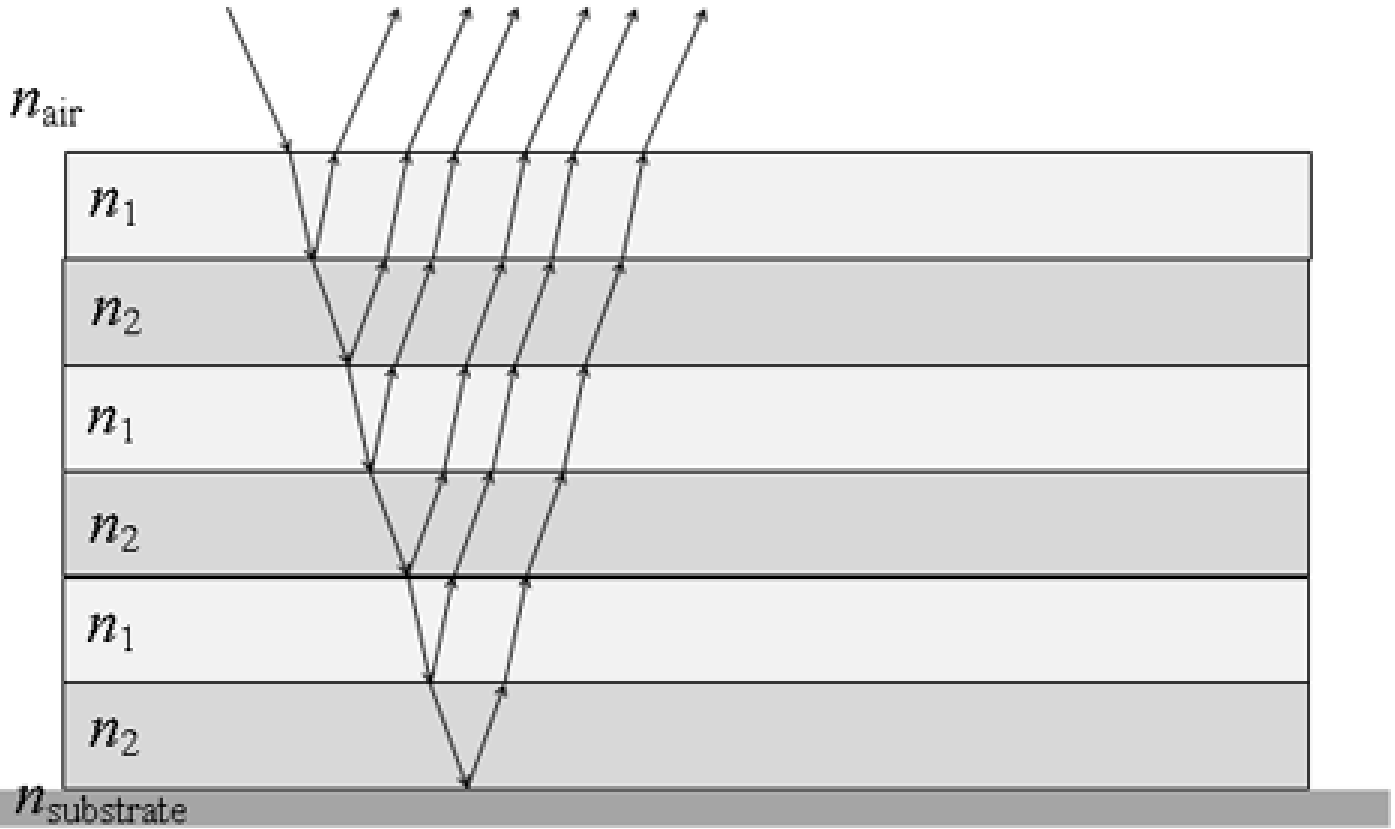
ولكي نرى ألواناً مختلفة، كل ما نحتاج فعله هو مراقبة الضوء المنعكس الذي قد انتقل عبر مسارات مختلفة الطول، يمكن فعل ذلك عن طريق تغيير زاوية الرؤية، أو زاوية الضوء الساقط أو تغيير ثخن الغشاء.



"Girl blowing bubbles" by Taken byfir0002 | flagstaffotos.com.au Canon 20D + Canon 400mm f/5.6 L – Own" work. Licensed under GFDL 1.2 via Wikimedia Commons

إذا تم تكديس أغشية رقيقة شفافة متعاقبة في طبقات تكون سماكتها ربع الطول الموجي المطلوب، تصبح عاكسات ضوء فعالة للطول الموجي ذاته. يدعى هذا النوع من المرايا بالمرآة العازلة **dielectric mirror** وتسمى أيضاً مرايا براغ **Bragg mirror** يمكنها عكس نطاق ضيق للأطوال الموجية قريب من الطول الموجي المطلوب مع فعالية أكثر من 99%، يتم استخدام هذه الأنواع من المرايا غالباً في الليزر. ويمكن الوصول لخصائص بصرية فريدة أخرى عن طريق تعديل سماكة طبقات الأغشية، وذلك عن طريق زيادة سماكة الغشاء كل بضع طبقات لا ابتكار ما يسمى بالمرآة الحادة أو الممزقة **chirped mirror**، حيث يمكن توسيع نطاق الانعكاس.

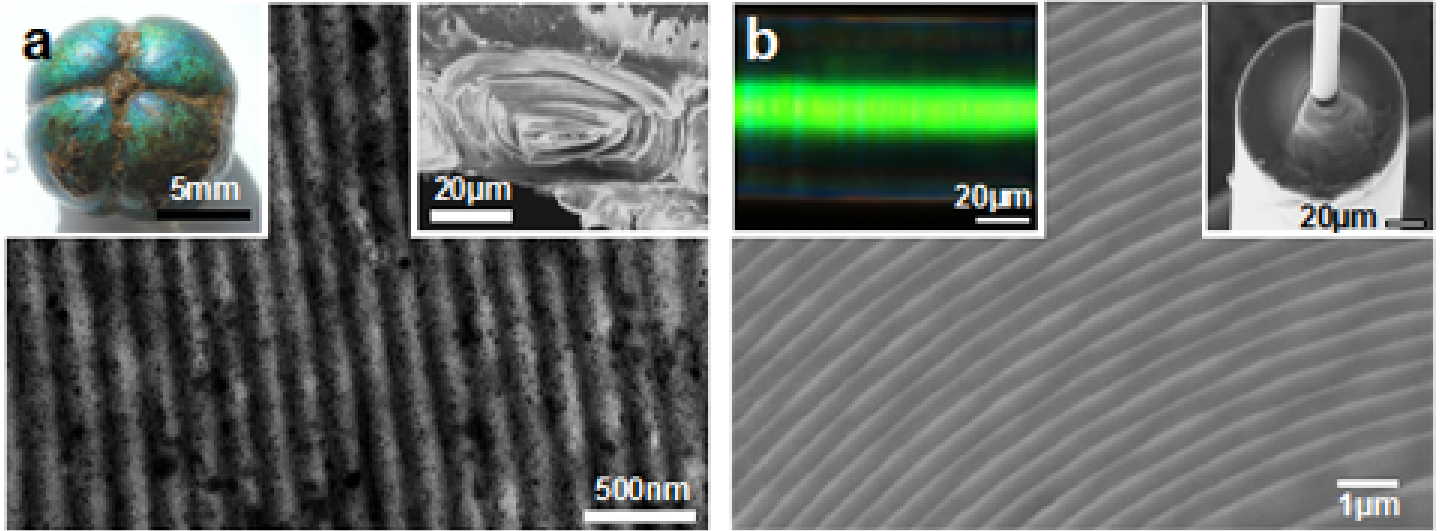
وينفس الطريقة، تستخدم **bragg mirror** تداخلاً بناءً لتحقيق انعكاس عالٍ، وينفس الطريقة ابتكر علماء المواد سطوحاً خارجية مضادة للانعكاس تسبب تداخلاً هداماً، عن طريق التحقق من أن الضوء من طبقات الأغشية المتاخمة مختلفة الطور عن بعضها بـ 180 درجة.



نموذج تخطيطي لرقائق متناوبة، تعكس بشكل انتقائي طيفاً صغيراً من أطوال الموجات تتمحور حول طول موجي واحد. سمك الطبقات يتناسب مع الطول الموجي المنعكس (عادةً ربع الطول الموجي) حيث ينفذ ما تبقى من الضوء. حقوق الصورة: H.M. Doss

الثمرة شبيهة بالتوت الألياف

غالباً ما يتم إيجاد الغشاء المتكسد في الطبيعة مثل ثمرة **margaritaria nobilis** الموجودة في الصورة **a** أدناه، تظهر الصورة الداخلية الأخرى مقطعاً عرضياً عبر خلية من الطبقات الخارجية للثمرة، يظهر هذا المقطع بنية أسطوانية، وتظهر في الصورة الكبيرة **a** صورة لمجهر إلكتروني ماسح بنية تلك الخلية الداخلية ذات الطبقات، وتتألف تلك البنية من طبقات متحدة المركز لأغشية رقيقة أكثر ما تعكسه ثخانتها هو اللون الأزرق، علاوةً على ذلك، يؤدي الشكل الأسطواني للثمرة وتراص الطبقات لإنتاج شدة انعكاس عالية لهذا الطول الموجي من عدة زوايا رؤياً.

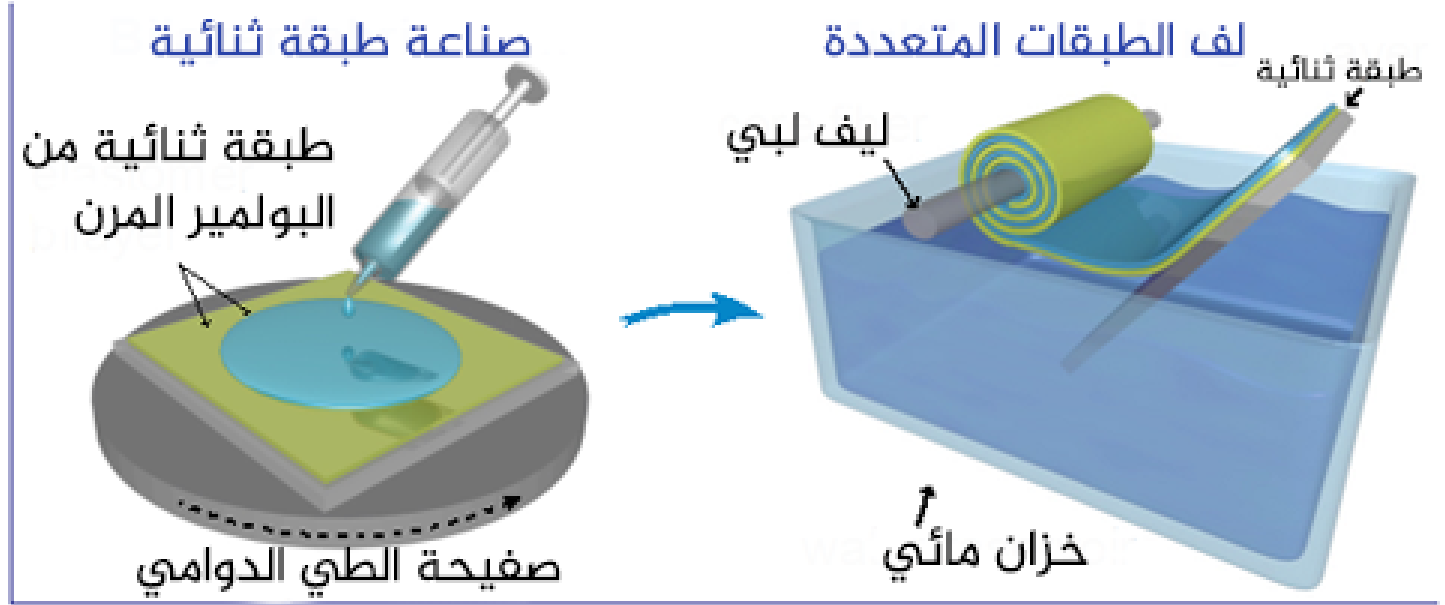


الصورة a نوبيليس بري حيث يظهر مقطع عرضي لخلية مفردة، وصورة بالمجهر الإلكتروني الماسح لمقطع عرضي للخلية. الصورة b نسيج معدل اللون يعكس الأخضر بشكل تفضيلي، صورة بالمجهر الماسح لطبقات الألياف تتكون من طبقات شفافة. حقوق الصورة:

Mathias Kolle

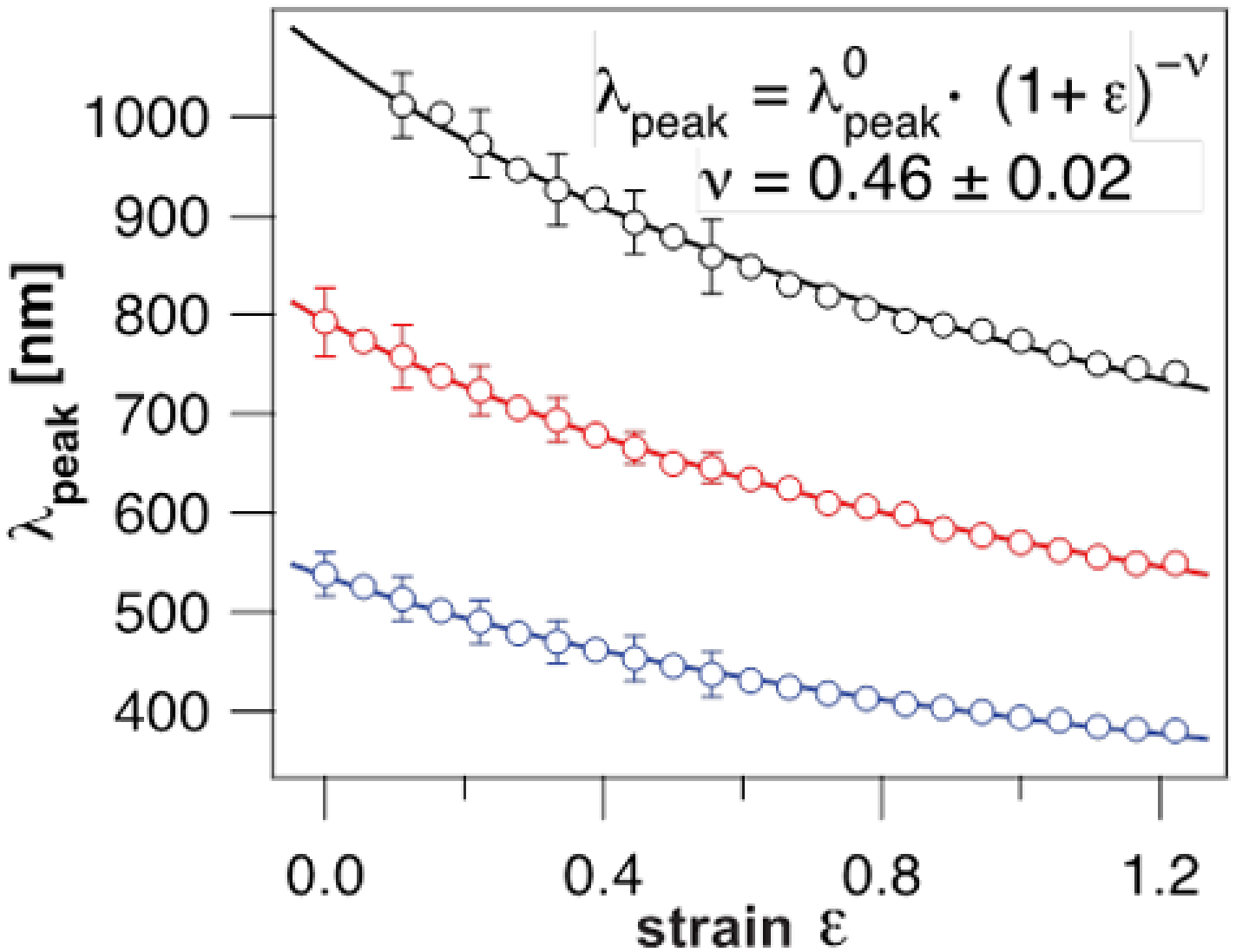
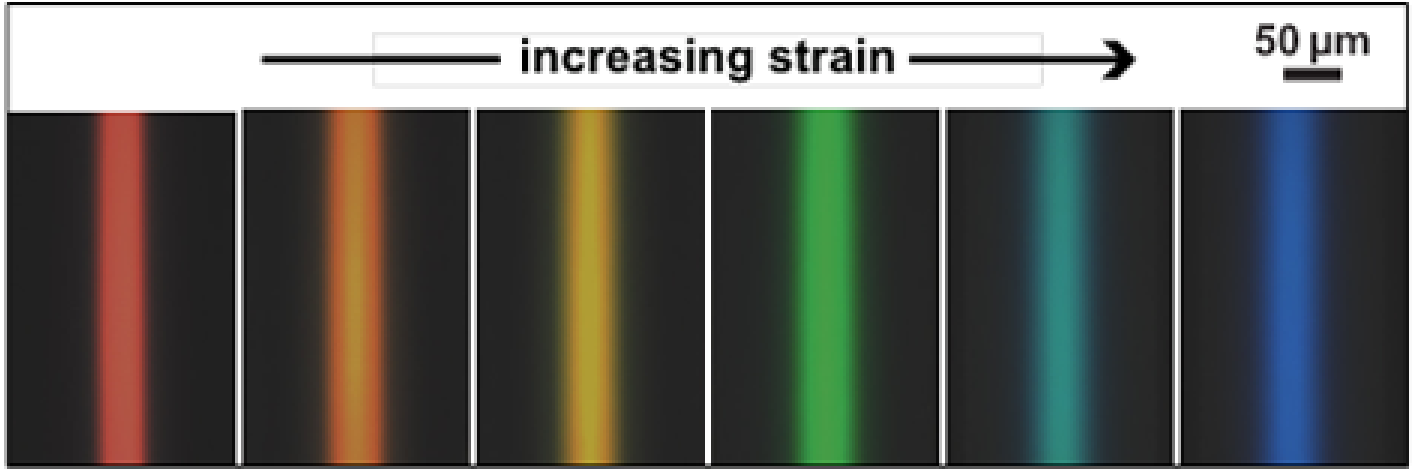
خرج العلماء الباحثون لهذه الثمرة بفكرة جديدة لابتكار ألياف مع بنية غشاء رقيقة متناوبة مكدسة بشكل أسطواني، تظهر الصورة (b) ألياف تعكس ضوءاً أخضر بشكل تفضيلي، ويظهر الإدراج الصغير الآخر الطبقات الملساء للمادتين: ثنائي بولي سيلوكسان (polydimethylsiloxane) و (PDMS, with nPDMS = 1.4 ± 0.02) وبولي سوبرين-بويستيرين ثلاثي التعاقب (polyisoprene-) و (polystyrene triblock copolymer) و (PSPI with nPSPI = 1.54 ± 0.02) وكلا المادتين شفافتين للضوء المرئي وهي مرنة وغير مكلفة.

يستخدم العلماء ركيزة زجاجية (السيليكون) لتصنيع الألياف، حيث يقومون بوضع طبقة رقيقة من (PDMS) بالأعلى (كما يظهر في اللون الأخضر في الصورة أدناه)، ثم يضعون طبقة أرق من (PSPI) الشفافة فوق الطبقة الأدنى، وتلف الطبقات الشفافة من الركيزة على ألياف اللب الزجاجية، لإنتاج طبقات متحدة المركز من الأغشية مشابهة لتلك التي في الثمرة، تعكس الليفية بشكل تفضيلي الطول الموجي اعتماداً على ثخانة الطبقات التي تم اختيارها (الأخضر في صورة الألياف أعلاه).



تصنيع الألياف المغيرة للون، إن طبقة (الأخضر) السفلى هي ثنائي ميثيل بولي سيلوكسان والجزء العلوي (الأزرق) هي طبقة بوليسوبرين البوليسستيرين من البوليمرات ثلاثية التعاقب، وتوالت هذه الطبقات ملفوفة على ليف زجاجي، يمكن لاحقاً إزالة ليف الزجاج من داخلها بمواد كيميائية.

عندما يتم إزالة ليف اللب الزجاجي تصبح الطبقات متحدة المركز من البوليمرات المرنة الشفافة قابلة التمدد، يغير تمدد الألياف سماكة الطبقات مسبباً انعكاساً لطول موجي مختلف للضوء، يمكن للون المنعكس بشكل تفضيلي أن يتم تغييره لأي من الأطوال الموجية المطلوبة، ويفضل التمدد، يغطي مدى الأطوال الموجية الطيف المرئي بأكمله تقريباً.



تظهر الصورة بالأعلى الانعكاس التفضيلي للون على الألياف بينما يتمدد، أما الصورة السفلى فتظهر ثلاث زوايا بارزة الانعكاس للألياف بينما تزداد الاستطالة الطولية (التغير في الطول مقسوماً على الطول الأصلي) حقوق الصورة: Mathais Kolle

تظهر الألياف ثلاث زوايا بارزة للانعكاس تحول اتجاهها بينما تتمدد الألياف، وللألياف الغير ممتدة زاوية بارزة حوالي 550 نانومتراً

واثنين في منطقة الأشعة تحت الحمراء، بينما تتمدد الألياف بشكل تدريجي تتحول الزوايا باتجاه المنطقة الزرقاء من الطيف.

تحول الخط الأخضر الأصلي خلال المنطقة الزرقاء ليصل بنهاية المطاف للمنطقة فوق البنفسجية، تبدأ الزاوية البارزة الوسطى الموضحة بالخط الأحمر في الرسم البياني أعلاه في المنطقة تحت الحمراء وتنتهي في المنطقة الخضراء من الطيف أثناء تتمدد الألياف، أما الزاوية الثالثة التي تظهر بالأعلى بالخط الأسود، تدخل تقريباً المنطقة الحمراء المرئية.

البحوث والتطبيقات المستقبلية

لقد حاول الباحثون مسبقاً أن يضيفوا بنى غير متناظرة متمتعة بخاصية عدم التناظر المرآتي إلى الألياف لإنتاج أنماط، قاموا بلف طبقة ثنائية من الأغشية على شكل حلزوني على ليف لبي بلاستيكي وراقبوا النمط الحلزوني، وقاموا أيضاً بلف الطبقة الثنائية بنجاح على لب مرن، وعن طريق إخضاع الألياف لآلاف دورات التمدد، يجري اختبار الأداء البصري للألياف وقابلية بقائها لفترة طويلة، ينشر هذا البحث تقريباً نهاية 2015.

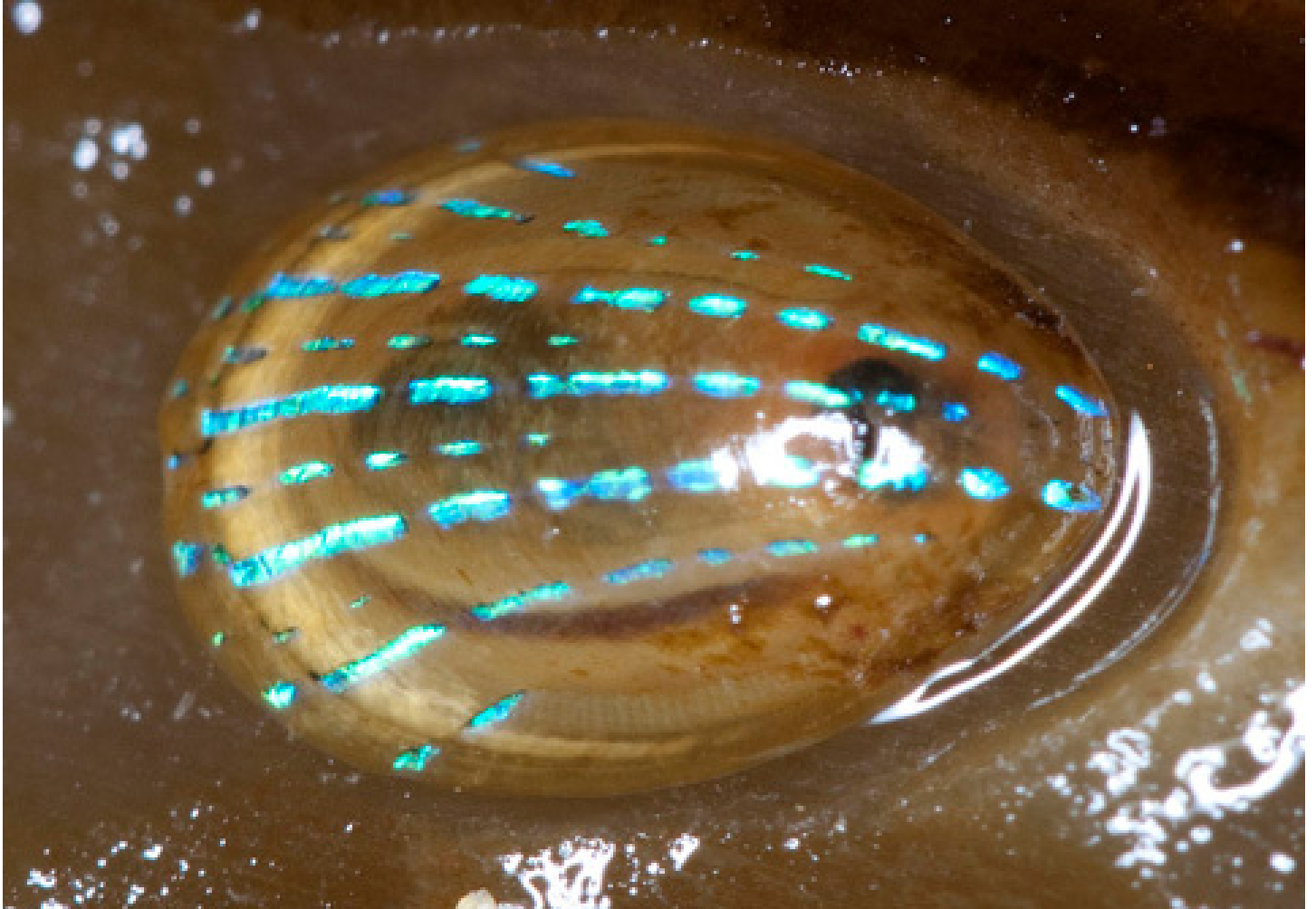


Image Credit: "Patella pellucida" by Andy.Cowley – Own work. Licensed under CC BY-SA 1.0: حقوق الصورة: via Wikimedia Commons

يجري النظر ملياً بالأفكار التي تتناول الاستفادة من الألياف في مجال ملابس الرياضة التي قد تظهر أماكن التمدد جنباً إلى جنب مع

إمكانية استخدام الألياف كأجهزة استشعار الضغط، على سبيل المثال ضمادات الضغط.

ويبحث العلماء أيضاً عن ميزات جديدة مثيرة للاهتمام في الطبيعة، وقد نشروا حديثاً بحثاً عن الرخويات، تحديداً البطلينوس المخطط بما يشبه الأشعة الزرقاء المتقطعة والتي ينتجها بنية أساسية مشابهة.

• التاريخ: 2016-12-30

• التصنيف: أسأل فلكي أو عالم فيزياء

#الضوء #الاياف البصرية #الاياف الزجاجية #الاطوال الموجية #البوليمرات المرنة



المصطلحات

• معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية. (IKI): معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية.

المصادر

• physicscentral

المساهمون

• ترجمة

◦ بثينة زينو

• مراجعة

◦ خزامى قاسم

◦ علي الخطيب

• تحرير

◦ روان زيدان

• تصميم

◦ نادر النوري

• نشر

◦ مي الشاهد