

ÇİFT KİRİNİMLİ KRİSTALLER

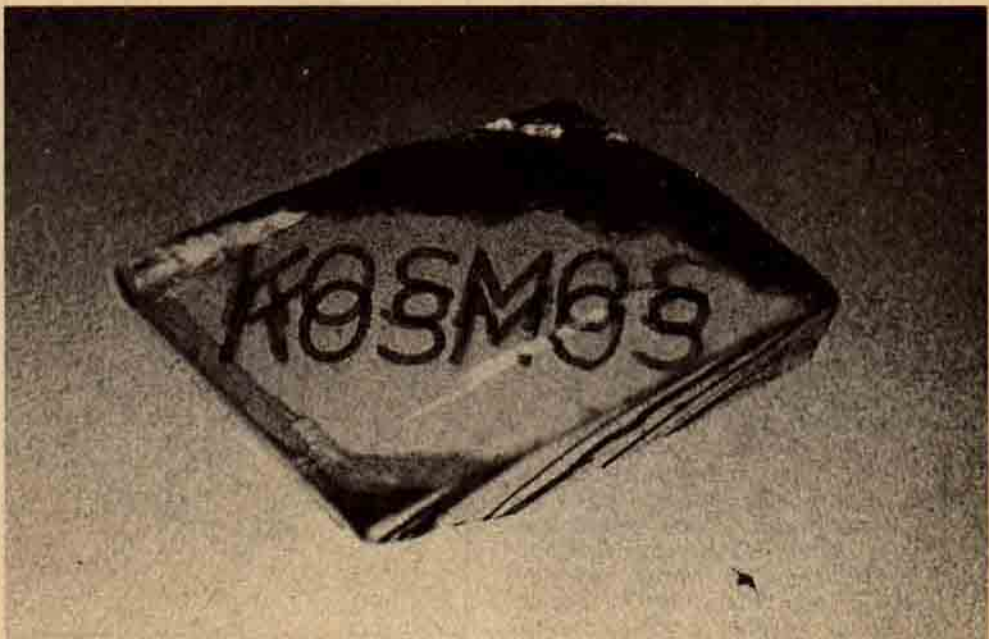
DETLEF SEYDEL

1669 yılında Danimarkalı doktor ve matematikçi Erasmus Bartholinus bir Islanda Kalkspat Kristalinin berrak bir parçasının içinden baktığı zaman, sonradan yazdığı gibi, «akla hayale gelmeyen bir harika ile karşılaştı.» Hafifçe karantıklılaştırılmış çalışma odasının perdelerindeki bir delik ona beklediği gibi tek değil, çift olarak gözüktü. Işın daha garibi, kristali oynatır oynatmaz, görüntülerden biri bu hareketi izliyor, öteki ise olduğu yerde hareketsiz kalıyordu. Bundan ışığın kristalin içinden geçerken iki kez kırıldığı sonucunu çıkardı.

Bu olaya oldukça sık rastlanır. Bütün berrak kristaller, kübik simetri dışında, az veya çok belirgin bir çift kırınım gösterirler. Bunların içinde Kalkspat en ileride olanıdır, bu yüzden ona Dopelspat = çift sspat da denir. Bu kadar açık seçik göze çarpan bir olayın 17 nc yüzyıla kadar keşfedilmemiş olması, muhtemelen bu aslında pek nadir olmayan mineralin

yeter derecede büyük ve berrak parçalarına pek fazla sık rastlanmamasının bir sonucu olabilir. Kalkspat (kimyasal formülü $CaCo_3$) değişik birçok şekillerde kristalize olur. Kristal parçalandığı zaman karşımıza daima yüzeyler eşkenar dörtgen olan bir prizma (Rhombahedral) parça çıkar.

Esaslı incelemeler için ayrıca polarizasyon yapraklarına ihtiyaç vardır. Bu polarizatörler doğal ışığın olduğu dalga demetlerinden yalnız belli bir yüzeyde titreşenleri geçirirler. Bu yapraklar böylece ışığın saydam olacak titreşim yüzeyini saptarlar. Daha önceden polarize olmuş bir ışık böyle bir yaprak üzerine düşürüldüğünde, titreşim doğrultusu onun polarizasyon doğrultusuna uygun gelirse, tamamıyla öteki tarafa geçer. Diğer bütün hallerde ışık zayıflar, ya da doğrultular birbirine tam dikey ise, hiç bir surette öteki tarafa geçemez. Böylece ışığın polarizasyon durumu çabukça anlaşılır. Yap-



rak, incelenen ışık en fazla zayıflayınca ya kadar döndürülür, döndürme eksenini bakış doğrultusudur. Bu yaprakların yerine fotoğrafçılıkta kullanılan polarizasyon filitlerinden de faydalanılır, bilindiği gibi bu filitreler resmi bozucu yansılar (refleksleri) filmden uzak tutarlar. Bunların yerine bir çok şoförlerin geceleri taktıkları polaroid gözlüklerinin camları da kullanılabilir.

Bu hazırlamalardan sonra Dr. Bartholinus'un klâsik deneyi artık taklit edilebilir. Perdedeki delikten pek güzel vaz geçilebilir. Onun yerine üzerinde bir iğne ile ufak bir delik açılmış olan bir kartondan faydalanabiliriz. Kalkspat parçamızı kartonun üzerine koyalım, böylece aydınlık bir yere tuttuğumuz delik gerçekten çift gözüdür. Kristal kartonun üzerinde döndürülünce, görüntüler belli bir kristal eksenine daima paralel kalır. Bu her seferinde üç geniş açıdan meydana gelen eşkenar dörtgen prizmanın iki köşesini birleştirir. Bu doğrultuda oluşan özel optik durum yüzünden ona optik eksen adı verilir (şekilde O.A.). Optik ekseninden geçen kristal içindeki bütün yüzeylere ve bunlara paralel olan bütün öteki yüzeylere esas kesim (şekilde H.S.) adı verilir.

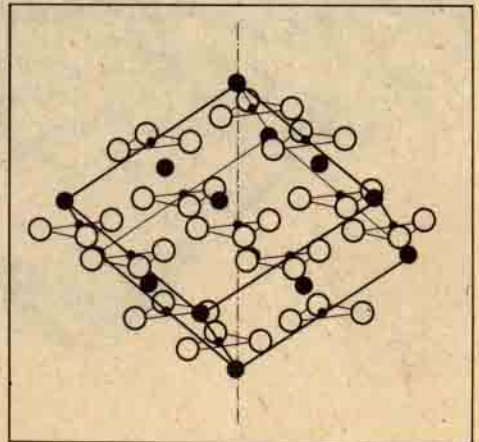
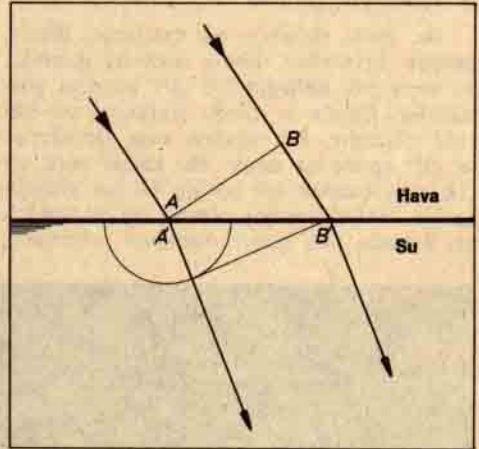
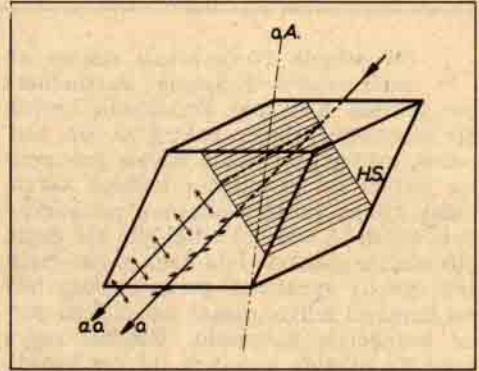
Yalnız gözle değil, polarizasyon yaprağı (ince bir kristal katmanı) ile ve bunu döndürerek bakarsak, hayret verici bir buluş yaparız. Belirli bir durumda görüntülerden bir tanesi tamamen kaybolur ve öteki en yüksek aydınlık derecesine kavuşur. Polarizasyon yaprağını döndürmeğe devam edersek, hiç görünmeyen görüntü yavaş yavaş görünmeğe, sonra da aydınlık olmağa başlar, ilk önce aydınlık olan görüntü ise kararır. Sonunda 90° döndürüldüğü zaman durum ilk durumun tam tersi olur. Kristal, üzerinde yazı bulunan bir tabaka kâğıdın üstüne ve polarizatör devamlı döndürülürse gözetlenen yazı «siçrayıverir».

Deney sonucu olarak şunu saptarız: Kristalin döndürülmesini izlemeyle farkına vardığımız olağan dışı kırılan ışık (a.o.), daima bir esas kesitin yüzeyinde yayılır. O polarizedir, ve polarizasyon yaprağının gösterdiği gibi, titreşim yüzeyi daima esas kesite paraleldir. Tam kırılan ışık (o.) buna dikey polarizedir.

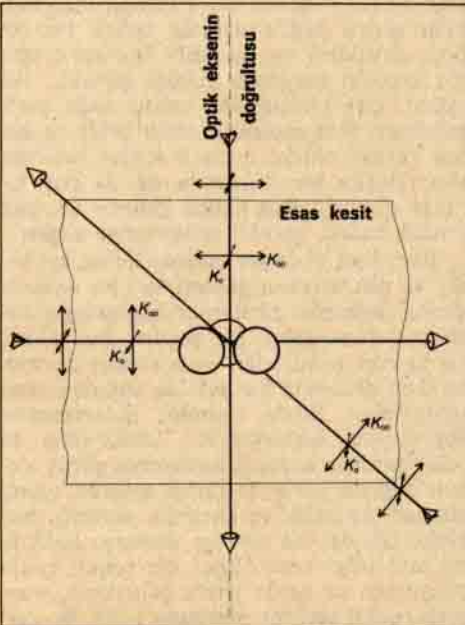
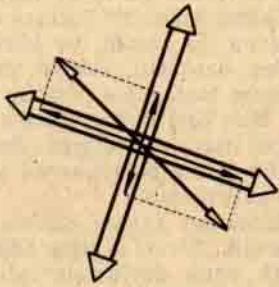
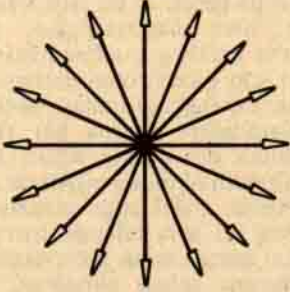
Çift kırılan ışığın herhangi bir şekilde kristale bağlı olduğu görülür. Olağan ışığın etrafında hareket eden olağan dışı ışın, sanki onunla berabermiş izlenimini verir. Her iki ışının da titreşim doğrultuları kristale karşı daima belli bir durum alırlar. Bu bir kristalin iç yapısında yap-

Yukarıdan aşağıya doğru :

- Polarize olmayan bir ışık ışınınun Deppelapatta ikiye ayrılması.
- Bir ışının düzenli olarak suya kırılması.
- Kalkspatın iç yapısı: (O) oksijen, (●) Kalsiyum, (⊙) Karbon, (*) optik eksen.



- Doğal ışık, her durumda polarize olan dalga demetinin titreşim okları vektörleriyle simgelerdir.
- Bütün titreşim oklarının iki büyük ok halinde birleşmiş durumda.
- «Oksijen üçgeninin» değişik açılar altında doğal ışık tarafından uyarılması.

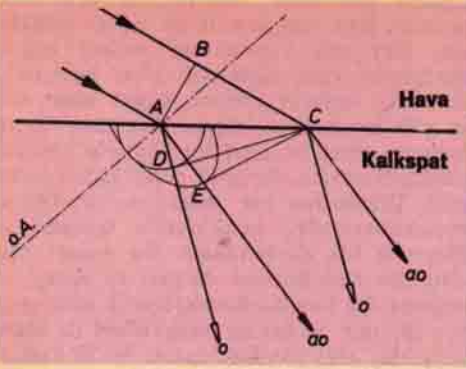


tığımız gözlemler üzerine bir açıklama aramak için bize yeterli bir işaret olmalıdır. Her ışık kırınımının nedeni ışığın maddenin yapı taşlarıyla olan karşılıklı etkisidir, onların düzeni, ışığın basit veya çift kırılacağı saptar. İlk önce basit kırınım gösteren cisimleri bir ele alalım, çünkü bunların durumu daha kolay anlaşılır. Bunlardan bir tanesi sudur. Onun molekülleri oda sıcaklığında tamamiyle düzensiz bir durumdadır. Su amorf bir cisimdir. Düz bir ışık dalgası su yüzeyine değerse, bu havada karakteristik olan ışık hızı ile olur. Fakat su molekülleri ile olan karşılıklı etki yayılma hızını % 25 kadar azaltır. Molekülleri (daha doğrusu: onların dış elektronları) ışık tarafından titreşimlere zorlanır. Bunlardan da aynı frekansı taşıyan ışık yayılır, bu da düşen ışığın üzerine biner. Bunun sonucu gene bu frekanstan, yani renkten olan ışıktır, fakat şimdi onun yayılma hızı biraz azdır. Bu, ışığın düştüğü her yön için geçerlidir, aynı zamanda ışığın alabileceği her polarizasyon durumu için de o daima su içinde aynı hızla ilerler. Bunu sağlayan su moleküllerinin düzensiz durumudur, onlar herhangi bir doğrultunun üstün tutulmasını engeller.

Sudan yapılmış bir kürenin merkez noktasına bir ışık kaynağı koyabilseydik, ışık aynı zamanda kürenin yüzeyinin her noktasına erişecekti. Her doğrultuda aynı özellikleri gösteren cisimlere isotrop denir (Eski Yunanca İsos: eşit, tropos = doğrultu). Şekilde ışığın hız değişikliğinden dolayı «düzenli şekilde» nasıl kırıldığı görülmektedir: A-B doğrultusu ışığın havadaki dalga cephesini gösterir. O ilk önce A ile A' de su yüzeyine değer. B nin de suya erişmesi bir süre sürer, ki bu B-B doğrultusundan ve ışık hızından hesap edilebilir. Bu sürede A daha küçük olan hızından dolayı suda daha kısa bir mesafe kateder. Bu mesafe yarı çap alınmak suretiyle A nün etrafında çizilecek bir yarı daire, ışık hızının doğrultudan olan bağımsızlığına işaret eder. Suda ışığın dalga cephesini B den daireye çekilen teğet oluşturur. (Şekil 2)

Bir kalkspat kristalinde düzensiz herhangi bir karışıklık hüküm sürmez. Şekil 3'te ilkel bir eşkenar dörtgen bir prizma içindeki atomları röntgenografik incelemelerde gözlediğimiz şekilde sıraladık. Oksijen atomları ortalarında bir karbon atomunun bulunduğu eşkenar bir üçgen oluştururlar. Eşkenar dörtgen prizmanın köşelerinde yüzey merkezlerinde kalsium atomları yerleşmişlerdir. Optik eksen oksijen atomları tarafından meydana getirilen yüzeye dikey olarak geçer.

Eğri durumda düşen ve kalkspatın içinden geçen ışık gidişinin görünüşü.



örneğin ışık hızının değişik değerlerini gösteren, cisimler anizotrop adımlır.

Burada çift kırınımı değişik ışık hızı altında yeniden (Şekil 7'de) ele alalım. Şimdi yarı daire yerine düzen dışı ışın için bir elips geçer, ki bu ışık hızının doğrultudan olan bağımsızlığını gösterir. Kalkspat'ta bu öyle şekillenmiştir ki, düzensiz ışın için geçerli olan dairenin etrafını çevirir. İki değme noktası optik eksen doğrultusundadır. Burada her iki hızda eşittir. Buna dikey olan düzen üstü ışının ki düzenlininkinden büyüktür.

Kalkspatın doğal ışığı, tamamiyle polarize olan iki ayrı bileşiğe ayırması niteliği uzun zaman onun polarizatör olarak kullanılmasına sebep olmuştur. William Nicol (1768-1851) ilk kez kalkspat prizmasını o şekilde birleştirdi ki düzenli ışın kanada balzamından bir katman üzerinde tam yansıma ile yansıdı ve böylece ışın demetinden uzaklaştı. Geriye yalnız düzensiz ışının tamamiyle polarize olan ışığı kaldı. Bazı özel haller dışında bu gün daha fazla işe daha uygun, daha ucuz olan büyük yüzey polarizasyon yaprakları, levhaları kullanılır.

Çift kırınımın koşulu olarak anisotropi'yi öğrendik. Cisim değişik doğrultularda değişik optik davranışlar göstermelidir. Normal olarak su da buna rastlanmaz. Fakat o akıtılırsa, o zaman moleküllerin akıntı doğrultusunda belirli bir hizaya girdikleri ve bununla bir anisotropi, çift kırınım meydana geldiği görülür. Bu «akıntı çift kırınımı»na yalnız suda rastgelinmez. Sıvı moleküllerinin şekli ne kadar yaygın olursa o da o kadar belirgin olur. Başka bir durumda da su çift kırınım gösterir. Buz haline gelince ise, buz kristal kafesi gerekli anisotropiyi sağlar.

Bazı katı cisimler isotropilerini kaybeder ve çift kırınım gösterirler, bu onların içinde mekanik gerilimler bulunduğu vakit meydana gelen bir şeydir. Bu ya bir dış kuvvet tarafından veya erimiş durumda iken düzensiz bir şekilde soğuma sırasında olur. Böyle cisimler polarizasyon doğrultuları birbirine 90° dönük olan iki polarizatörün arasına konulursa görüş alanını değişik yerlerde farklı şekilde aydınlatırlar. Aydınlık ve karanlık yerlerin birbirini izleyişi ise gerilim durumu hakkında bize bilgi verir. Eğer bir renkli ışıkla çalışılmaz da beyaz ışıkla çalışılırsa, o zaman renkli şeritler meydana gelir. Bu «ge-

Bristalin içindeki sıkı bağlılık yüzünden atomların her doğrultuda hiç bir engelle karşılaşmadan aynı şekilde titreşmelerine imkân yoktur. Bu özellikle oksijen atomları için bahis konusudur (daha doğrusu: oksijen iyonları için). Bu yüzden ışıkla olan karşılıklı etkileri uyarının, üçgen yüzeyinde mi, yoksa buna dikey olarak mı, meydana geldiğine bağlıdır. Bugün biliyoruz ki karşılıklı etki ışık hızının bir değişikliğine sebep olmaktadır. Fakat karşılıklı etki uyarının doğrultusuna tâbi ise aynı şekilde hız da ona bağlıdır. Şimdi Şekil 4 ve 5 te gördüğünüz gibi, kristale girmiş olan ve sayısız titreşim doğrultularıyla yayılma yönlerine dikey olan doğal ışığın birbirine eşit iki bileşiğe ayrıldığını düşünelim. Bir bileşiğe K_{90} diyelim ve bu esas kesite paralel titreşsin; buna, dikey alanına da K_{0} . Işığın geldiği doğrultuya bağımsız olarak, K_{90} daima «oksijen üçgeninin yüzeyine» paralel bulunmaktadır. Böylece karşılıklı etki daima aynı kuvvettedir. K_{90} ise başkadır; o ışığın düşme doğrultusuna göre üçgen yüzeyine değişik açılarda bulunur. Örneğin eğer kristal optik eksenin doğrultusunda ışınlanırsa, üçgen yüzeyine paralel olur. Sonuç olarak K_{90} için karşılıklı etki doğrultuya bağımlı değildir. Kurallar Şekil 6'da bir oksijen üçgeni için basitleştirilmiş olarak gösterilmektedir. Bunun anlamı esas kesite dikey olarak titreşen ışık düzenli bir surette kırılır. Öte yandan esas kesit yüzeyinde titreşen ışığın öteki kısmı düzen dışı kırılır, çünkü ışığın geliş açısına bağlıdır.

Bundan dolayı iki bileşiğin kristal içindeki yolları birbirinden ayrılmak zorundadır. Yalnız ışığın geliş optik eksenin doğrultusunu izlerse o zaman çift kırınım olmaz, çünkü o zaman oksijen atomlarıyla —aynı zamanda ışık hızıyla da— olan karşılıklı etki her titreşim doğrultusu için aynıdır. Değişik doğrultularda birbirinde farklı özelliklere sahip olan,

rilim çift kırınımı» sayesinde mühendis basit bir şekilde yüklü bir yapı parçasının içindeki gerginlikleri gözle görünür bir şekle sokmak olanağına sahip olmuş olur.

Çok çabuk değişen olayların anlaşılması için dada başka sun'î bir çift kırınım kullanılır, buna «elektrik çift kırınımı» adı verilir. Bunun için bazı sıvılardan faydalanılır, (özellikle Nitrobenzol) veya önce isotrop olan gaz şeklindeki cisimlerden. Bunlar yüksek bir doğru veya alternatif elektrik akımına bağlanmış olan bir kondansatörün levhaları (plâkaları) arasına konulursa, molekülleri (elektrik dipoller olarak) elektrik alanında manyetik alandaki küçük magnetler gibi doğrulurlar. Burada da çift kırınıma imkân veren bir anisotropi meydana gelir. Doğal ışık iki bileşiğe ayrılır. Biri alan doğrultusunda öteki buna dikey olarak polarize olur. Bu kondansatörün pratik şekline «Kerr hücresi» adı verilir, elektrik çift kırınımı bulan John Kerr' (1824-1907) in adından. Bu hücre yüksek hızlı kameraların açıp kapama mekanizması, optüratör olarak kullanılır.

Madenlerin çift kırınımından kristalografileri onları belirlemek için faydalanılır. Polarizasyon mikroskobu altında çok güzel renk tonlarında kendilerini gösterirler. Bunun ne demek olduğunu küçük bir deneyde görebiliriz, bunun için yalnız iki polarizasyon yapırağı ve biraz şeker gerekir. Daha iyi anlayabilmek için önceden küçük bir düşünceye ihtiyaç vardır. Polarize olmayan ışık çift kırınımlı bir kristal üzerine düşerse, bu düzenli bir ışına ayrılır. Aynı şekilde polarize ışık da iki bileşiğe ayrılır. Bunlar, yalnız düşen ışığın titreşim yüzeyi kristalin optik eksenine 45°'lik bir açı ile gelirse aynı aydınlığa sahip olur.

Şimdi ışığın bir dalga halinde yayıldığını hatırlayalım, böylece düzen dışı ışının dalgasının muhakkak düzenli ışın dalgasının aynı titreşim durumunda kristalden çıkmayacağı anlaşılır. Her ikisi de kristalin içinde değişik hızlarla yayılırlar. Böylece düzenli ışın bir dalga tepesiyle ve düzen dışı ışında bir dalga vadisiyle dışarı çıkabilir. Bu çift kırınımın ölçüsüne ve katettikleri yola, yani kristalin kalınlığına bağlıdır.

Su dalgalarında pek güzel görüldüğü gibi, bir dalga tepesi bir dalga vadisiyle karşılaştığı zaman dalgalar ortadan kaybolur. İşte böyle bir çok dalgaların bir biri üstüne gelmesine Interferans = girişim adı verilir. Işık dalgaları da belirli koşullar altında girişim yaparlar. Bunun bir koşulu şudur: Her iki dalga ortak bir dalgadan çıkmalıdır. Bu anlatmak istediğimiz durumda böyledir, çünkü her polarize dalga kristal içinde bir düzenli bir de düzen dışı parçaya ayrılmıştır. İkinci koşul da şudur: Her iki dalga da aynı bir yüzeyde titreşmelidir. Bu ilk bakışta öyle değildir, zira polarizasyon doğrultuları birbirine dikey durumdadır. Bunu kristalin arkasına konmuş olan ikinci bir polarizatör değiştirir. O her iki ışından da yalnız kendi polarizasyon doğrultusuna uygun olan kısmın geçmesine müsaade eder, böylece arkada aynı titreşim doğrultusunun bileşikleri bulunurlar. Bu sayede girişim kabil olur.

Işık olarak bir renkli ışık, örneğin yeşil, kullanılırsa, bazı kristal kalınlıklarında tam bir dalga tepesi bir dalga vadisi üzerine gelir, ve görüş alanı kararır. Kristalin uygun daha başka karanlıklarında aynı şey beyaz ışığın oluştuğu geri kalan öteki renkler (dalga uzunlukları) için de geçerlidir. Daha başlangıçtan beyaz ışık verilirse, kristal kalınlığı değiştiği vakit, görüş alanı değişik renklerde parlar.

Doymuş şeker eriyiğinden bir damlayı birbirine dikey olan iki polarizatör arasındaki cisim taşıyıcısı üzerine koyalım, ve bütün bu tertibi beyaz ışıkla aydınlatalım, ilk önce herşey karanlık kalır. Fakat ilk kristaller eriyikten dışarı çıkmaya başlar başlamaz, görüş alanı bu noktalarda aydınlanmağa başlar. Büyüyen kristaller ilk önce koyu gri bir renk alırlar, sonra yavaş yavaş açıklanırlar. Kristal kalınlıklarının artmasıyla kuvvetli bir sarıya, mavi ve sonunda yeşile dönüşürler. Kristaller sonunda beyaz görününceye kadar, bu devam eder, fakat renkler gittikçe tokluklarını yitirirler. Aynı deneyi tuz ile yapmak kabil değildir. O zar şeklinde (kübik) kristalize olur, bu gibi kristallerde çift kırınım olmaz.

KOSMOS'tan

- Dostlar size yapacaklarımdan dolayı değil, sizi yapmaktan engelledikleri için tehlikelidirler.

H. IBSEN