

EVDE FİZİK DENEYLERİ

Kuant ve Phys for Entertainment'dan
derleyen
Selçuk Alsan

MERCEKSİZ OPTİK

1- Çukulların etrafına sarılan cinsden bir yıldız kağıdını alıp ütöleyiniz ve sonra ortasına iğne ile küçük bir delik açınız. Şimdi gözünüzü bu deliğin hemen arkasına koyarak iyice aydınlatılmış bir kitaba çok yakından bakınız. Harflerin çok büyüdüğünü göreceksiniz. Demek yalnız mercekler büyütmezmiş. Peki harfleri nasıl gördünüz, doğru mu başaşağı mı? Harfleri başaşağı görmemiz gerekir. Ashında gözümüzün ağ tabakasına çevremizdeki cisimlerden daima başaşağı hayaller gelir, fakat beynimiz ağ tabakadaki hayalleri ters olduğunu "bilmektedir" ve buna alışmıştır, bu nedenle cisimleri ters değil doğru görürüz.

Saydam olmayan bir kağıdı bir iğne ile delip karanlık bir odada bu deliğin önüne yanar bir mum koyun, deliğin karşısına da ekran rolü oynayacak bir beyaz kağıt asın. Kağıtta mumun ters hayalini göreceksiniz. Böylece eskiden çeşitli hayallerin gözlenmesinde kullanılan Karanlık Odanın (kamera obscura) basit bir şeklini yapmış olunuz. Karanlık Oda fotoğraf makinesinin ağababasıdır.

2- Ağ tabakada ters oluşan hayallerin beyin tarafından "düzeltildiği" şu basit olayla kanıtlanabilir: Yıldızdaki delikle gözünüz arasına küçük birşey, örneğin sivri bir kalem ucu veya toplu iğne başı koyun. Deliğin arkasına bir ışık kaynağı koyarak bu küçük cisme delikten dağılan ışıkta bakın. Ağ tabakada bu cismin ters olmayan bir hayali belirecek, fakat ağ tabakadaki her hayali düzeltmeye almış olan beynimiz bu defa da doğru hayali bize ters gösterecektir.

3- Yıldız gözünüzden 20 cm kadar uzaklaşarak delikten parlak bir ampule bakınız. Yalnız dikkatli olun ki gözleriniz fazla yorulmasın. Delikten etrafa yedi renkli ışınlar saçıldığını ve deliğin etrafında yedi renkli içiçe halkalar belirmediğini göreceksiniz. Bu nasıl açıklanabilir? Işık dalgaları da suyun yüzündeki dalgalar gibi yolları üzerine çıkan bir engelin etrafından dolanabilmektedir. Su dalgalarını hatırlayalım. Bilirsiniz ki küçük ve büyük dalgaların bir engel karşısında davranışları aynı değildir, örneğin hafif dalgalar sudan dışarı çıkmış bir direğin arkasında belirgin bir "gölge" oluşturur. (su yüzeyinin hareketsiz olduğu bir bölge). Buna

karşı büyük dalgalar böyle bir "gölge" oluşturmaz, engeli mükemmelen dolanır.

"Küçük" ve "büyük" dalgadan ne anlıyoruz? Bunlar bir engel karşısında neden farklı davranıyorlar? Burada söz konusu olan dalga boyu kavramıdır. Dalga boyu birbirine komşu iki dalganın en yüksek (veya en alçak) noktaları arasındaki uzaklıktır. Küçük dalgalar dalga boyu küçük dalgalar demektir. Dalga boyu engelin uzunluğundan ne kadar büyükse dalga engelin etrafından o kadar iyi dolanır. Işık dalgaları da böyledir, ışığın delikten etrafa dağılmasının nedeni budur.

Peki renkli halkalar neden oluştu? Bilirsiniz ki beyaz ışık prizma tarafından 7 renge ayrılabilir, bu renklerin herbirinin dalgaboyu farklıdır, kırmızının dalgaboyu en uzun (7.10^{-7} m.) morun en kısadır (4.10^{-7} m.) Küçük delikten prizma rolü oynar,

4- Keskin bir jileti yıldız üzerinde yürüterek çok dar bir yarık açınız ve yanğı pencereye doğru tutarak gözünüz yıldızdan 10 cm olacak şekilde bakınız, yanğı paralel birkaç tane koyu renkli şeridin belirmediğini göreceksiniz. Eğer iyi görmedinizse yanğınız yeterli kadar dar değildir, yıldız ve yanğı ütölüyüp küçültmeyi deneyin, olmazsa yeni bir yarık açın. Böyle çok dar açılmış bir yarıkla şimdi masa lambasının ampulüne bakın: yanğı dikey doğrultuda iki ışık sütunu ve bunların üzerindeki gökkuşağı renklerinde şeritler göreceksiniz. (Çok iyi bir yanğı şöyle de yapabilirsiniz: Kalın bir kağıt alıp jiletten hafif büyük olacak şekilde iki dikdörtgen kesin, bunların ortalarını oyup çıkartarak resim çerçevesine benzetin, bir jileti ortadan ikiye bölüp keskin kenarları çakışacak şekilde parçaları üstüste koyun, bu yarım jileti hazırladığınız kağıt çerçeve arasına koyup kağıtları yapıştırın, işte çok ince bir yarık).

5- Gece pencereden sokaktaki fenerlere bakın, parlak noktalar göreceksiniz, şimdi gözkapaklarınızı arasında ince bir yarık kalacak biçimde gözlerinizi kısıyın, ışıklı noktalar yerine iki dikey ışık sütunu belirecektir. Şimdi başınızı hafif çevirirseniz ışık sütunları açılı yapar.

6- Gazete kağıdında sivri bir kalemin ucu ile küçük bir delik açın, bu deliği bir suni ipek parçası ile örtüp birkaç metreden bir ampule bakın: suni ipek lifleri birbirine dik iki yönde yarıkla rolünü oynayacak ve bunun sonucu birbirine dikey ışık sütunları göreceksiniz.

7- Bir kış gecesi penceredeki buzu kazıyıp temizlenen cama hohlayın, camda küçük buz billurları belirecektir. Bu billurlar arasındaki ince

ŞEKİL 1

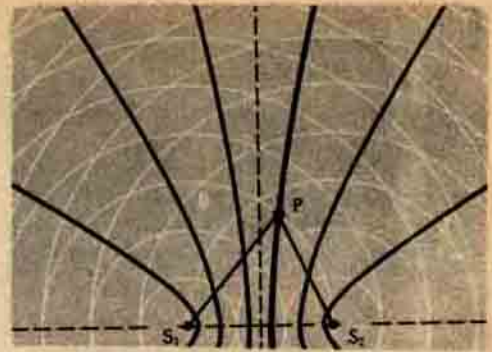
Küçük bir delikten geçen ışık girişim yapar.



yanıklardan sokak fenerlerine bakın; fenerlerin etrafında renkli halkalar oluşur, farklı lambalar farklı renklerde halkalar verir. Buzdolabına küçük bir cam parçası koyarak da bu deney yapılabilir. Bu gibi deneyler kopya kağıdı, gramofon plâğı ve fotoğraf negatifleri ile de tekrarlanabilir (plakdaki çok ince çizgiler ışığı 7 renge ayırabilir).

KÜÇÜK DELİKLER VE GİRİŞİM OLAYI

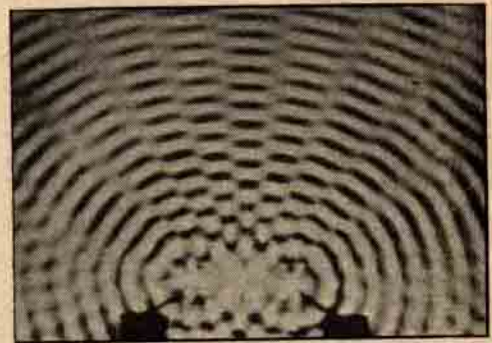
Işık daima düz gider, ancak yansıma ve kırılma halinde yön değiştirir. Ancak çok dar (0.1 mm) bir yarıktan geçen ışığın birden yayıldığını görürüz. Bu olaya difraksiyon denir. Aynı şekilde çok küçük bir delikten geçen ışık bir ekran üzerinde içiçe siyah ve beyaz daireler oluşturur (şekil 1). Buna da girişim (interferans) olayı denir. Girişimi en iyi şöyle anlatabiliriz: suya bir taş atarsanız içiçe halkalar oluşur, benzer olarak suya daldırılmış iki çubuk düşünelim, bunlar elektrikli bir motör sayesinde devamlı içiçe halkalar oluştursun, o zaman bu iki kaynaktan gelen yuvarlak dalgalar birbirlerini birçok noktada keser (şekil 2). Burada üç olasılık vardır: dalga tepeleri üstüste gelince en yüksek noktalar dalga çukurları üstüste gelince en çukur noktalar ve bir dalganın tepesi ile diğerinin çukuru Hareketsiz noktalar hiperbol şeklinde düğüm (nod) çizgileri yapar (şekil 3). Bu çizgiler dalga kaynaklarına yakın iyice eğri, dalga kaynaklarını birleştiren çizginin ortalarında ise düz bir çizgiye yakındır. Düğüm çizgilerinin sayısı dalga boyu kısaldıka artar. Ortaya en yakın düğüm çizgisi üzerinde bir P noktası alalım, $PS_1 - PS_2 = \text{Yarım dalga boyu}$ dur. Şimdi bu çizgilerin neden hiperbol olduğunu da anladık: İki noktadan uzaklıklarının farkı sabit noktaların geometrik yeri bir hiperboldür. Ortaya en yakın düğüm çizgisi üzerindeki her noktanın S_1 ve S_2 den uzaklıklarının farkı yarım dalga boyudur. İkinci düğüm çizgisinde bu fark birbuçuk dalga boyu, üçüncüde ikibuçuk dalga boyu vb. olur. Dalga boyunun neden tam katları değil de yarisinin katları? Çünkü bir noktanın hareketsiz kalması için o noktaya ulaşan iki dalga arasında yarım dalga boyu fark olması gerekir, ancak o zaman 1. dalganın tepesi ile 2. dalganın çukuru üstüste gelir. Bunu FAZ FARKI ile daha iyi açıklarız. Faz farkı pist örneği ile en iyi anlaşılır: Arkadaşınız Ali bir pisti 10 dakikada koşup dolanıyor, siz de 10 dakikada dolaniyorsunuz, yani hızlarınız aynı, fakat diyelim ki koşuya birlikte başlamıyorsunuz, siz Ali piste girdikten 5 dakika sonra piste giriyorsunuz, pistin her noktasına siz Ali'den 5 dakika sonra varıyorsunuz. İşte bu Ali ile aranızda 5 dakika faz farkı var demektir. Pisti dönme zamanınıza PERİYOD (T) denir. Demek ki aranızda yarım period (5 10'un yansı) faz farkı vardır. Dalga yaratıcı çubukları suya aynı zamanda değil de birbiri arkasına batırırsak S_1 ve S_2 den doğan dalgalar arasında bir faz farkını periyod cinsinden ifade eder. Şimdi S_2 daha küçük yarıçaplı daireler yaratacaktır, yarıçaplar arasındaki fark dalga boyunun p katı kadardır. Tabii p, 0 ile 1 arasında olmak zorundadır (faz farkı periyoddan büyük olamayacağı için). S_2 daha



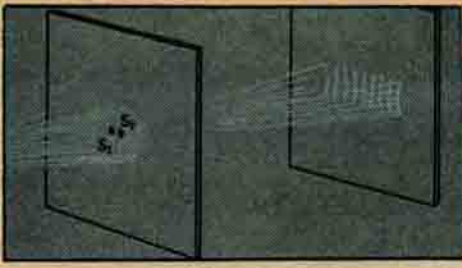
ŞEKİL 2
Su yüzeyinde girişim olayı.

küçük daireler yarattığından kesişme noktaları ve dolayısı ile düğüm çizgileri S_2 ye yaklaşır. S_1 ve S_2 arasında yarım dalga boyu fark yaratırsak (yani yarım periyod) en yüksek noktalar hareketsiz, hareketsiz noktalar en yüksek nokta haline geçer. Yalnız şunu iyice anlamak gerekir: her iki çubuk suya eşzaman batırılabilir bile bir noktadan gelen dalgaların aynı fazda veya faz farkı ile alacaktır. Bir noktanın iki dalga kaynağına olan uzaklıklarının farkı dalga boyunun buçuklu katları ise o nokta hareketsiz olacaktır (tepe-çukur çakışması), bu fark dalga boyunun tam katları ise o nokta birbiri arkasına bir en yüksek nokta (tepe-tepe çakışması) ve bir en alçak nokta (çukur-çukur çakışması) olur (yükselen dalga gelince ardarda dalgaların sizi bir yükseltip bir batıracağını hatırlayın). Bu hazırlıktan sonra şimdi ışığa geçelim.

Işıkla bu deneyleri tekrarlamak istediğimizde şu büyük zorlukla karşılaşırız: Işık çok sayıda atomun titreşmesinden oluşur, bu nedenle bütün ışık kaynakları çeşitli dalga boylarında ve aralarında her türlü faz farkı olabilen çok sayıda dalga verir. Oysa her dalga boyu ve her faz farkı farklı bir girişim örneği vereceğinden adı ışık kaynakları ile



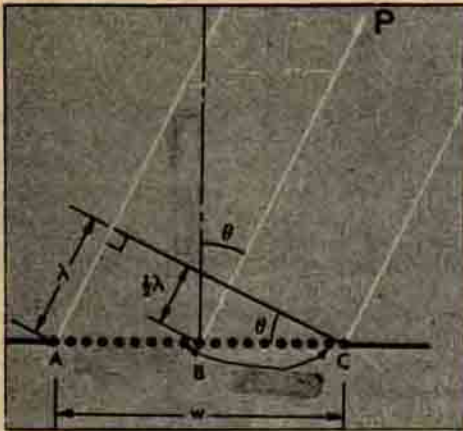
ŞEKİL 3
Girişimde hiperbolik düğüm çizgileri



ŞEKİL 4

Thomas Yougn'ın girişim deneyi

girişim deneyleri yapamayız. Bunun çaresini ilk defa 1801 yılında İngiliz fizikçisi Thomas Young buldu: beyaz ışık önce bir, sonra iki küçük delikten geçirilirse girişim elde edilebilir (şekil 4). 1. deliğe gelen güneş ışını difraksiyon yaparak dağılır, dağılık hüzmeye iki küçük deliğe aynı fazda gelir (ışık kaynağından yeterince uzak olmak faz farklarını pratik olarak sıfıra indirir). İşte istediğimiz de buydu: Aynı fazda iki ışık kaynağı. Küçük deliklerden herbiri suya sokulan dalga yaratıcı çubuğun rolünü oynar ve benzer olarak ekranda yanyana koyu ve açık renk girişim çizgileri belirir. Bugün ampul ve birbirine çok yakın (0.1 mm) iki yarık kullanarak benzer sonuçlar elde edilir. Aslında bugün LASER denen ışınlarla en iyi girişimler elde ediliyor, çünkü Laser aynı dalga boyunda ve aynı fazda ışınlar veriyor ve bu ışınlar atomun ışık verme zamanı olan 10^{-8} saniyeden çok daha uzun sürüyor. Şimdi hepinizin aklına şu soru geliyor herhalde: Fakat yukarıdaki deneylerde iki değil tek yarık kullandık biz. Evet, bu sonradan bulundu, tek yarığın yanyana dizilmiş çok küçük ışık kaynakları gibi davrandığı anlaşıldı (şekil 5). Ekran üzerindeki bir P noktasının yarığın A ve C noktalarına uzaklıkları arasındaki fark dalga



ŞEKİL 5

Tek yarık yanyana dizilmiş çok küçük ışık kaynakları gibi davranır.

boyunun (lambda) tam katları ise B ve C noktaları arasındaki fark dalga boyunun buçuklu katları olacaktır, o zaman bu küçük kaynaklar ikiye ikiye birbirlerini söndürür, yani ekran karanlık çizgi verir. A ve C'ye uzaklıkların farklı dalgaboyunun buçuklu katları ise aksine o nokta daha çok parlar. Bunu şöyle de ifade edebiliriz: ekrandaki bir noktanın orta çizgi ile yaptığı açı teta ise, sinüsteta "dalga boyu-yarıklı eni" oranının tam katları olduğu sürece o noktada sönmeye, buçuklu katları olduğu sürece parlama meydana gelir. Çok ince zarlarda (örneğin sabun köpüğünde) girişim oluşması zarın ön ve arka yüzlerinden yansıyan ışınlar arasında faz farkı doğmasına bağlıdır.

GÖRÜNMEYEN ADAM GERÇEKTEN YAPILABİLİR Mİ?

H.G. Wells Görünmeyen Adam adlı romanında büyük bir fizikçinin insan vücudunun görünmez oluşunu sağlayıp dünyaya hakim oluşunu anlatır. Bu romanın dayandığı fiziksel tez kesinlikle doğrudur: bir cisim ışığı emer, yansır veya kırar, bunların üçünü de yapmazsa o cisim görülemez. Bunu şöyle söylemek de mümkündür: iki saydam cismin kırma indisleri arasındaki fark 0.05 den az ise her iki saydam cisim de görülmez olur. Eğer verilen bir ilaç insan vücudunu saydamlaştırır kırma indisini de havanınkine yaklaştırabilseydi, insan görünmez olurdu. Bu romanın yayınlanmasından 10 yıl sonra Alman AnATOMI profesörü W. Spalteholtz yazının fikrini çeşitli ölü hayvanlarda ve insan organlarında gerçekleştirdi. Böyle saydam organlar ve hayvan vücutları bugün bile birçok biyoloji müzesinde bulunmaktadır. Sıçanlar, balıklar, insan organları vb. yıkanır renksizleştirilir ve sonra kırma indisi büyük olan metil salisilat sıvısı içine konur. Tabii amaç organları görünmez kılmak olmadıysa da yeterli kadar saydamlaştırma uygulanırsa, böylece hayvanın veya organın içi görülür. Fakat istenilirse tam saydamlaştırma da mümkündür, o zaman organ vb. metil salisilat içinde görünmez olur. Canlıları saydamlaştırmak ise çok daha zordur, herşeyden önce saydamlaştırmayı sağlayan ilacın canlıya zarar vermemesi gerekir. Görünmeyen Adam'ın büyük fizikçisi Griffin dostu Dr. Kemp'e keşfini savunurken ilginç noktalara değinir: "sellüloz lifleri saydam fakat kağıt saydam değildir, benzer olarak pamuk, keten, yün, odun vb. lifleri de saydam, fakat bunlardan oluşan cisimler saydam değildir. İşte insan da böyledir, aslında insanı oluşturan herşey, en başta su olmak üzere, renksiz ve saydamdır. İnsanda renkli olarak yalnız kan (hemoglobinin) ve deriye, saç ve göze renk veren melanin boyası vardır." İlaça bu kırmızı ve siyah renklerin bir soldurulduğunu düşünün. Vücudun siyah boyası bazı insan ve hayvanlarda doğuştan itibaren yoktur, böyle melanin boyasından yoksun canlılara albino denir. 1934'de Detskoye Selo'da yapılan bir gözlemde albino bir kurbagada deri ve kasların saydam olduğu, kemiklerin ve hareket halindeki kalp ve barsakların görüldüğü bildirilmiştir. Wells'in yalnız bir hatası olmuştur: Görünmeyen Adam'ın görme-

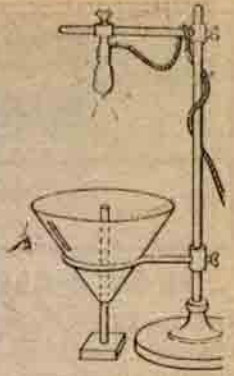
mesi gerekirdi. Çünkü onun gözleri heryeri gibi saydamdı ve ışığı tutmayıp geçiriyordu, oysa bütün canlılarda görmenin olabilmesi için göze gelen ışınların hiç olmazsa kısmen tutulabilmesi gerekir. Örneğin Okyanus uzmanı Murray okyanus yüzeyinin hemen altında canlıların çoğunun renksiz ve saydam olduğunu, kanları bile renksiz olduğundan farkedilemediklerini, fakat küçük siyah gözleri yüzünden yakayı ele verdiklerini yazar. Bütün canlıların gözünde ışığı durduracak bir boya bulunur.

İnsanın görünmez olması belki ilerde şöyle sağlanabilecektir diyebilirsiniz: insana astronotlarınkine benzer bir elbise giydirilecek, elbisenin kumaşı saydam ve kırma indisi havanınkinin aynı olacak. Fakat o zaman bu saydam elbisenin altından insan görülür. Bu belki şöyle önlenebilir: elbisenin içine bulunduğu ortamın rengini alan bir kimyasal madde konulabilir, o zaman insan ormanda yeşil, karda beyaz, çöde kum rengi dolaşacak ve en azından uzaktan görülemeyecektir. Koruyucu boyamayı askerlikde ve doğada zaten görüyoruz: askerlikde kamuflaj ve hayvanlarda mimik olayları. Örneğin kutup ayıları ve dalğır kuşların beyaz; çöl kuşları, böcekleri, solucanları ve aslan çöl rengidir. Yeşil çekirgeleri, peygamber devesini, birçok kelebek ve tırtıl türlerini yaprak ve dallardan ayırmak çok zordur. Denizde kahverengi yosunlar arasında yaşayan canlılar kahverengi, kırmızı yosunlar arasında yaşayan canlılar kırmızıdır. Balıkların gümüş renkli pulları onları balık yiyen kuşlardan ve denizlerin etçil hayvanların-

ŞEKİL 6

GÖRÜMEYEN CAM ÇUBUK

25 Watt'lık bir ampul beyaz kartondan bir huni (50 cm yarıçapında) bir cam çubuk ve hunide açılmış 1 cm lik bir yarıç hazırlayınız. Cam çubuğu tam dikey duruma getirdiğinizde ışığın tam çubuk üzerine düşmesini sağlayın. Yarıktan baktığımızda cam çubuk görülmez.



dan korur, çünkü deniz yüzeyi hem yukardan hem de aşağıdan parlak bir ayna gibi görülür. Birçok deniz solucanı, deniz anaları, karides ve yumuşakçaları tamamen renksiz olma yolunu seçmiştir, onlar denizlerin "görünmeyen adam"larıdır. Ermin denen küçük memeli kışın beyaz, ilkbaharda kahverengi tüylerle kaplanır. Bukalemunu ise hepimiz biliriz.

Halk arasında "hay kör şeytan" diye bir deyim vardır, pek de yanlış değil herhalde, çünkü masalarda bile olsa şeytan, cin, peri vb. leri gibi "iyi saatte olsunlar"ın aslında görememeleri gerekirdi, gözleri de saydam olduğundan. Şekil 6'ya bakarak bir "şeytan" çubuk hazırlayın bakalım.

IŞIKLI SAVUNMA

ndenozya'nın Midilli Balığı, düşmanlarını kendini bir ışın kümesi haline getirecek adadır.

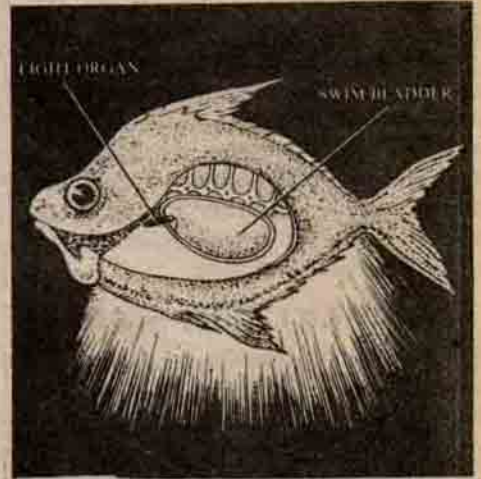
Bu aldatma nasıl sağlanır? Eski bir ayna oyununun varyasyonu ile.

Midilli Balığı bir yandan normal görünümde, ama derinden gözetleyen düşmanı sadece su yüzünde parıldayan bir ışık kümesi görür. Balık bir parlıltı karması için kaybolmuş ve tehlikeli düşman yanıltılmıştır.

Harvard Üniversitesi biyoloğu J Woodland Hastings bu ilginç yaratığı incelemiş ve balığın boğazının yakınında özel bir organ içinde toplanmış ışık yayıcı bakteri türlerine rastlanmıştır.

Bu organdan çıkan ışık, içi ayna benzeri gümüşümsü kristallerle dolu yüzme kesesi ya da hava torbasına yönelir. Kristallerden yansıyan ışık balığın karnında yer alan dikey kaslara (yüzgeç kasları) yayılır. Kaslardaki lifler optik tel rolü oynar ve ışığı aşağı doğru yansıtır. Sonuçta, balık gündüz su yüzüne yakın yüzürken, karnının altı mavimsi bir ışıkla aydınlatılır.

Balığın küçük ışık organının, gözkapığı yapısında bir kapığı vardır. Hastings'e göre bu kapak muhtemelen, yukarıdan gelen güneş ışığının şiddet-



Balığın ışık organındaki bakterilerden çıkan ışık yüzme kesesine girer, oradan balığın karnına yayılır. Akıllı ve ilginç bir kamuflaj şekli.

tine uyum sağlayacak düzeyde ışın salınması işlevini görür.

Geceleri ise, ışık organı tamamen bu kapakla örtülecek ve karanlıkta balığın dikkat ve ilgi çekmesini önleyecektir.