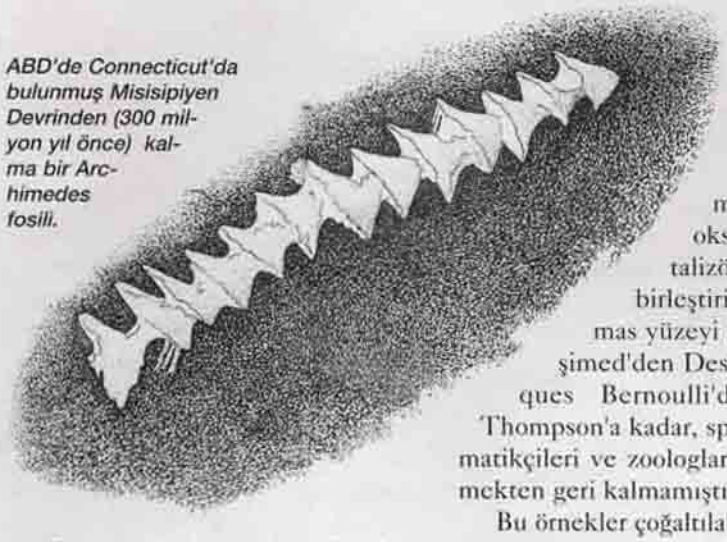
Hayvanlar Dünyasının Başdöndürücü Şekilleri

Sarmal ve Spiraller

Bir salyangozun kabuğuyla bir galaksinin aynı geometrik kurala uymasına ne dersiniz? Nasıl oluyor da ikisi de spiral biçiminde olabiliyor? Köpekbalığının bağırsak iç zarı kıvrımlarının spiral biçiminde dizilmesi, sindirilmekte olan besinin geçişini yavaşlatmak içindir. Peki ama, New Mexico yarasalarının spiraller çizerek uçmasını nasıl açıklayacağız? Doğadaki diğer spiral ve sarmallar sizi şaşırtabilir: Güneş'in manyetik alanı, gökadalar, bulutsular, içkulak salyangozu, göbek kordonu, parmak izleri, mamutların dişleri, fillerin hortumları, domuzların penisi, bazı örümceklerin ağları, eşekarılarının topluca uçarken çizdikleri yol, bazı keçilerin boynuzları, ayçiçeğinin ortası, bazı fosiller, fizikde maddenin en küçük parçalarının (partiküller) hızlı ve serbest haldeyken çizdikleri yol... spiral biçimindedir. Asma filizleri, sarmaşıklar, bazı mikroplar, bazı yaprakların dal etrafında dizilişi ve canlıların kalıtım molekülü DNA... ise sarmal biçimini yeğlemiştir. Doğa, atomlardan canlılara, fosillerden gökadalara kadar spiral ve sarmal çizmeyi seviyor kuşkusuz.

GEOMETRİDE çok iyi bilinen bazı garip eğrilere doğada da rastlarız. Bunun en iyi örneklerinden olan helis ve spiraller, Pline formülüne uyarlar: "*Magna ludentis naturae varietas*" (Doğada büyüktür oyunların çeşitliliği!) Spiral biçimi moleküllerden tutun, dev boyutlu bulutsu (nebula) ve gökadalara (galaksi) ve ikisi ortasında bir sigaranın lüle lüle olmuş dumanlarına kadar, doğadaki her spiral veya sarmal (helis) başımızı döndürür.

Üstte Capra falconeri, aşağıda Sicilya Girgentana keçisi. Her ikisinin de boynuzları eşit açılı spiral ve aynı zamanda helikoit biçiminde



ABD'de Connecticut'da bulunmuş Misisipiyen Devrinden (300 milyon yıl önce) kalma bir Archimedes fosili.

Nerede son bulur doğada spiral avlayışımız? Ulysse sondasının gösterdiğine göre, Güneş'in manyetik alanı spiral biçimindedir. 80 000 tür yumuşakçanın çoğu spiral biçimini almıştır. Peki ya dişbudak veya akağaç kurumuş meyvelerinin, dallarından koptuktan sonra yere helisler çizerek inmesine ne dersiniz? İç kulağımızdaki salyangoz biçimi organ (koklea), işitmemizi sağlamak için spiral biçiminde olmaya mecbur muydu?

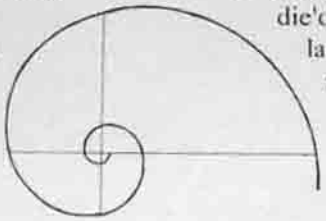
İçkulak salyangozu kendi üstüne bükülmüş çifte rampalı bir tüneldir; spiral biçimi deniz kabuklarını andırır. Bunun için ona içkulak salyangozu denmiştir. Bu eğrinin orta rampası, "taban zarı" (bazilar membran) denilen bir zarla örtülmüştür; bu zarın üstünde kirpikli işitme hücreleri bulunur; bunlar hava titreşimlerini ses olarak algılamaya yardımcı olurlar.

Göbek kordonumuz, sert olmadıkları zaman saçlarımız ve parmak izlerimiz spiral biçimindedir. Mamutların dişleri ve fillerin hortumları spiral oluşturur. Cennet kuşlarının kuyruklarının ucundaki o güzelim mavi tüy yığınları bir spiral üzerine dizilmiş gibidir. Kuzey Kutbu'nda yaşayan deniz gergedanının erkeğinde, ağzın solundan 3 m uzunlukta spiral biçimi bir diş çıkar; dişiler için yapılan kavgalar sırasında hayvan bunu kılıç olarak kullanır.

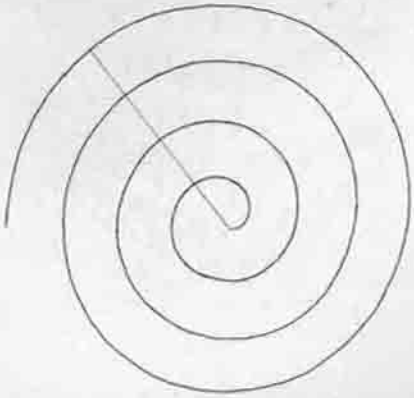
Kimyada son zamanlarda adı duyulan yeni spiraller vardır; örneğin Belusov-Zabotinski tepkimelerinde, basınç altında çıkan CO_2, sıcaklık farklarından dolayı mükemmel spiraller çizer. Bir başka örnek: Karbon monoksitle oksijen bir katalizör aracılığıyla birleştirildiğinde temas yüzeyi spiraldir. Arşimed'den Descartes'a, Jacques Bernoulli'den D'Arcy Thompson'a kadar, spiraller matematikçileri ve zoologları meşgul etmekten geri kalmamıştır.

Bu örnekler çoğaltılabilir. Okurlarına biçim (morfoloji) konusunda uyanık olmayı öğretmiş olan D'Arcy Thompson'un verdiği bir örneği alalım: Erkek domuzun penisi önce sağa ve sonra sola dönen bir burgu biçimindedir; cinsel birleşme sırasında erkek, burgu biçimi penisini, birçok memelinin aksine, dölyatağından içeri sokar ve spermi dölyatağına akıtır.

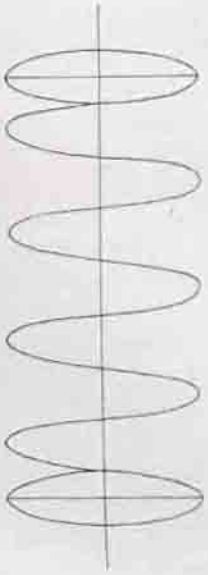
Şimdi sıra helisin ve çeşitli spirallerin geometrisine gelmiştir. Diderot ve d'Alembert, Encyclopédie'de spirali şöyle tanımlarlar: "Spiral, merkezinden sürekli uzaklaşan ve merkezi etrafında birçok kere dönen bir eğridir." D'Arcy Thompson'a göre spiral, bir noktadan başlayan ve bu noktadan uzaklaştıkça eğriliği azalan bir eğridir. Bu tanımla D'Arcy, vidayı dışlamıştır: "Vida, silindirik bir helis olup değişken bir eğriliğe sahip değildir. Bu nedenle tırmanan bitkiler matematik anlamda spiral değildir... " Tırmanan bitkiler (asma filizi, sarmaşık vb) helis çizmektedir (bir teli bir silindir etrafına sararsanız bir helis elde edersiniz).



Eşit açılı veya logaritmik spiral.



Arşimed spirali



Yandaki şekilde bir helis görüyorsunuz. Helis, bir silindirin etrafına bir tel sarmakla elde edilir. Helisin, spiralden farklı olarak, başlangıç noktası yoktur ve eğriliği sabittir. Bu formun en ünlü yapay uygulaması yaylar, günlük yaşamda karşılaştığımız pek çok alet edevatın kaçınılmaz bileşenidir.

Spirali ilk tanımlayan Arşimed oldu. Arşimed spirali tekbiçimlidir (üniform). Bir geminin güvertesi üzerinde, kendi üzerine tek kat sarılmış bir halat bir Arşimed spirali çizer. Arşimed, kendi adıyla anılan spirali bir hareket yardımıyla tanımlamıştır: Bir nokta etrafında sabit bir açısal hızla dönmekte olan bir doğrunun üzerinde sabit bir hızla hareket etmekte olan bir nokta, Arşimed spirali çizer (buna en iyi örnek, bir saatin yelkovanı üzerinde yürümekte olan bir böcektir; yelkovan dairesel, böcekse doğrusal bir hareket yapar; böceğin kâğıt üzerindeki izdüşümü bir Arşimed spiralidir). Bu spiralin sarımları birbirinden eşit uzaklıktadır; bir başka deyişle spiralin yarıçapı, aritmetik dizi (örneğin a+2a+3a+4a+...+na) olarak büyür.

İkinci tip spiral 1638'de Descartes tarafından bulunmuştur; Descartes bu buluşunu Mersenne'e açmıştır. Buna logaritmik ya da eşit açılı (equiangular) spiral denmektedir (Eşit açılı denmesinin nedeni merkezden geçen herhangi bir doğrunun, eğrinin bütün sarımlarını eşit açıyla kesmesidir). Bu spiralde, spiralin sarımları (halkaları) arasındaki uzaklık ve spiral yarıçapı geometrik dizi (örneğin a+2a+4a+8a+16a+...) olarak büyür. Deniz hayvanlarından Nautilus'un kavkısı (yumuşakçaların kalsiyum karbonat bileşimindeki sert kabuğu) tam bir logaritmik spiral çizer. Nautilus'un sarımları arasındaki uzaklık her keresinde sabit bir faktörle çarpı-

larak artar (örneğin 1,2,4,8,16... veya 1,3,9,27,81...). Nautilus'un kabuğundaki odaların hepsi biçimce birbirine benzer; fakat geometrik dizi yapacak şekilde giderek genişler. Bu kabuk, deniz suyunda erimiş kalsiyum karbonatın birikmesiyle oluşmuştur (kalsiyum karbonat nasıl oluyor da bu kadar düzenli bir geometrik şekle uyacak şekilde birikebiliyor?).

Şimdi, eşit açılı (logaritmik) spiral çizen bir başka hayvandan söz edeceğiz: tabaksalyangozu (yassı tatlısu salyangozu, planorb). Bu yassı salyangoz (*Planorbis planorbis*) kıvrıla kıvrıla tam bir eşit açılı spiral çizmiştir. Avrupa'daki epeire örümceklerinin ağı da logaritmik spiral biçimindedir. Matematikçi Jacques Bernoulli, logaritmik spirale spira mirabilis adını vermiş, mezar taşına bu spiralin çizilmesini ve şu lâtince sözlerin yazılmasını istemiştir: "*Eadem mutato resurgo*" (Kendimin aynısı olarak canlanacağım).

1666'da Fransız Bilimler Akademisi'ne seçilen doktor, bilgin ve mimar Claude Perrault, hızla bir grup doktor ve anatomistin lideri durumuna geldi. Bu grup, hayvanların içini açıp organlarını incelemek (disseksiyon) sevdasına kapılmıştı. XVII. yüzyıl, insan ve hayvan anatomisine tutkundu. Descartes, dana ve koyunlar üzerinde deneyler yaptı. Bossuet ve Huet en ufak bir hijyen önlemi almadan kadavralar açardı. 1668'de bu disseksiyon çılgınlığı kraliyet kütüphanesine kadar uzandı; büyük bir bilgiçlikle ayı, kirpi, sansar, kunduz... ve köpekbalığının içini açarak inceledilerdi. Bu, köpekbalıkları üzerindeki ilk incelemedir.Bu balığın deniz tilkisi (aliopas) denilen türünün bağırsakları içinde helikoit (az rastlanan helis benzeri bir geometrik şekil) biçiminde kapaklar buldular. Bu kapaklar sindirilmekte olan besinin bağırsaklardan geçişini yavaşlatıyor, böylece hayvan yuttuğu büyük canlıları da rahatlıkla sindirebiliyordu.

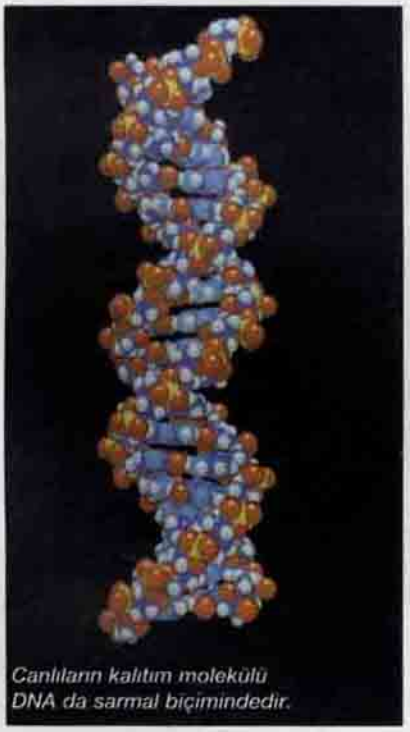
Bu helikoit biçimi kapakların dış çevresi bağırsak çeperine dayanır.

Köpekbalığı ve kedibalığının (vatoz) bağırsakları, mimarinin en karmaşık uygulamalarından birine model oluşturmuştur: Döner merdivenler. Köpekbalığı bağırsağındaki bu helikoit kapaklar, döner merdiven biçimindedir. Paris Gözlemevi'nin döner merdiveni bir mimarlık harikası olup taş yontmanın (stereotomi) ve köpekbalığı bağırsağından esinlenen bir geometrinin başyapıtıdır. Bu döner merdivenin diğerlerinden farkı, basamaklara dayanak olan bir eksen (çekirdek) içermemesidir; buna "çekirdeksiz döner merdiven" adı verilmiştir. Mimarlıkta burma sütunlarda da helis geometrisi vardır.

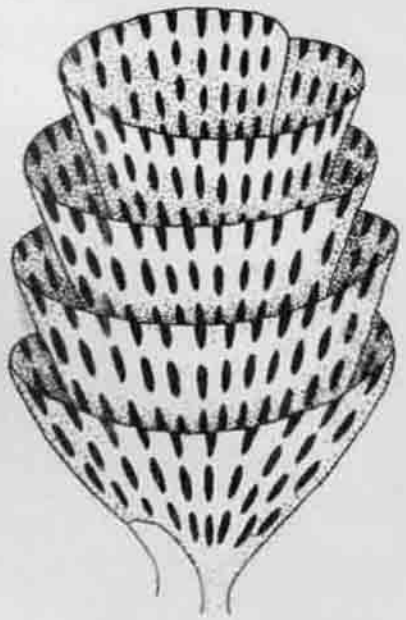
Araştırmalar, diğer türlerde de helikoit barsak olabileceğini gösterdi. Kedibalığı bağırsağındaki helikoit kapakların bir özelliği, bunların, ortalarındaki "kolümel" denen bir eksenden destek almalarıdır. Bu kapakların da görevi besinlerin barsaktan geçişini yavaşlatmaktır. Helikoit kapakların bağırsağın besin emme yüzeyini 3-6 kat genişlettiği, J.T. Parker tarafından hesaplanmıştır.

D'Arcy Thompson kitabının, "Boynuzların, Dişlerin ve Savunma

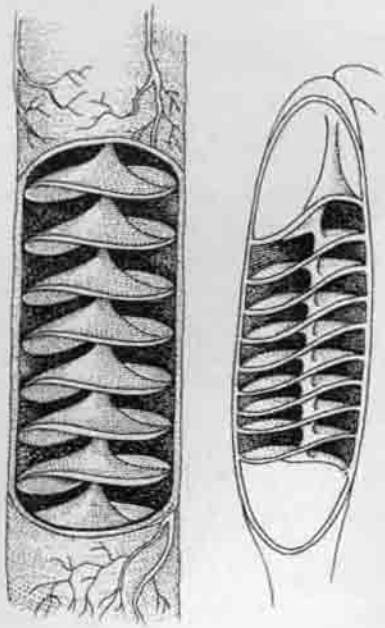
Üstte erkek domuzun penisi. Altta bu penisin ucunun burgu şeklinde oluşu görülüyor.



Canlıların kalıtım molekülü DNA da sarmal biçimindedir.



Sonsuz bir vidaya benzemesinden ötürü Archimedes adı verilen spiral biçiminde yosun hayvancığı (Bryozoa).



Solda köpekbalığının, sağda kedibalığının helikoit biçiminde bağırsak kapakları: Valvules spirales.

Dişlerinin Biçimleri" adlı bölümünde, helikoit ile eşit açılı spiralin bir arada oluşunu uzun uzadıya anlatır ve dağkeçisinin boynuzlarının incelenmesi ile bu iki şeklin bir arada olabileceğinin kanıtlanabileceğini yazar. Logaritmik spiral, düzlem üzerinde çizilir; Nautilus'un biçimi böyledir. Buna karşı koyun ve keçi boynuzları logaritmik spirale tam uymakla birlikte, uzayda bir koni üzerine sarılmış bir helikoit şeklinde yükselir. Logaritmik spiral biçimi boynuzlar ölü dokulardır; üzerlerindeki "büyüme çizgileri" zaman içinde birbirini izleyen biçim ve boyutlara karşılıktır.

Halkalı solucanların yarısından fazlasını oluşturan Poliketler (Çok kıllılar)'dan *Spirographia spallanzani* solucanı, zarif bir şekilde ışıklandırılmış harika bir logaritmik spiral çizer. Bu solucanlar, elektrikle donatılmış bir eğrelti otuna benzer. Bu solucanın her halkasında bir çift ayak benzeri organ (parapod) bulunur; bu organlar kürek veya çıkıntı biçimindedir.

Spirographis'in parapodları içinde kan damarları vardır; hayvan parapodlarla hem gaz değişimi yapar, hem de yürür. Bu solucanlar erdişidir (hermafrodit); fakat salyangozlar gibi, iki birey cinsel birleşme yaparak birbirini döller. Cinsel birleşme sırasında iki spiral iç içe geçerek girişik bir desen oluşturur.

Logaritmik spiralin helikoit yaparak çok güzel ve zarif bir biçimde yükselişine en iyi örnek, *Capra falconeri* türü keçilerin boynuzlarıdır. Orta Asya ve Pakistan'ın yüksek dağlarında yaşayan bu keçilerin erkekleri gri-turuncu renkte olup 1.80 m boyunda, 1 m yüksekliğinde ve 110 kg ağırlığındadır. Ne yazık ki nesli tükenmek üzeredir. Sicilya'nın Girgentana keçilerinin birbirine paralel bir çift helikoit boynuzu vardır; ancak yeterli süt yapamadığından soyu tükenmiştir.

Keçilerin boynuzları helis ve spirali öğretmek için mükemmel birer örnektir. Boynuzlar, gergedan ve deniz gergedanı dışında çifttir; sol ve sağ boynuzlar aynı yönde dönmez; birbirlerinin ayna hayali ya da sol veya sağ el eldivenleri gibidirler; üstüste çakıştırılamazlar. Keçi nasıl oluyor da geometri biliyormuşçasına boynuz çıkarıyor; bu, insanda merak uyandırmaktadır.

Spirograf (Spirographis spallanzani). Akdeniz'de yaşayan bu deniz hayvanı eşit açılı bir spiral biçimindedir.

Şimdi bir de tek bir organın değil, çok sayıda bireyin bir araya gelerek spiral biçimini aldığını düşünün; merakınız daha çok artacaktır. İşte bir örnek:

ABD'de New Mexico eyaletindeki Carlbad kalker mağaralarında uyuyan "Meksika sütunu" türünden binlerce yarasa, her sabah mağaralardan çıkar ve birbirlerine tutunarak oluşturdukları, daima sağa dönen, dev bir spiral biçiminde uçarlar. Bu spiralin neden sağa dönük olduğu hakkında hiçbir açıklama oluşturulamamıştır. Eşekarıları, salyangoz kabuğunu andırır bir spiral biçiminde bir araya gelerek uçarlar. *Polybioides raphisgastra* arısı yuvasındaki yumurtaları spiral biçiminde dizer (kim hayvanlar matematik bilmiyor diyebilir!?).

Fosiller üzerine bir kitaba bakarsanız bir çok helis ve spiral biçimleri görürsünüz. Bunlardan *Archimedes* adlı fosil eskiçağlarda ırmaklardan alınan suyu yükseltmek için kullanılmış olan sonsuz vidaya çok benzer. Bir silindirin etrafına düzenli aralarla bir tel sarın; bir helis elde edersiniz; işte *Archimedes* tam bu şekildedir. *Archimedes*, Karbonifer döneminde (300 milyon yıl önce) dünyamız okyanuslarında yaşamış, 5-7 mm boyunda çok garip bir melez canlıdır.

Archimedes her şeyden önce bir yosunsu hayvancıktır (Bryozoa); bugünkü *Fenestellae* türlerine benzer. Bu hayvanlar tomurcuklanma yoluyla hızla çoğalır ve dev boyutlarda koloniler oluşturur. Bu koloniler yapraksı ve dallı budaklıdır; kara yosunlarına benzerler; bu nedenle bunlara yosunsu hayvancık denmiştir (bryon, eski Yunanca'da yosun demekti). Kolonideki her bireyin tepesinde dokunaçlı bir sorguç (lofofor) vardır; bununla küçük hayvanları avlarlar.

Archimedes'in bir başka ilginç yanı, bir yosunla ortak yaşam sürdürmesidir; fakat *Archimedes* bir sembiot (ortak yaşamcı) değildir; çünkü bu birliktelik, likenlerde olduğu gibi yaşamsal rol oynamaz. *Archimedes* ve yosun ayrılsalar da yaşamayı sürdürürler. Bu tip ortak yaşama sembiyoz değil, konsorsiyum (ortaklık) denir.

Doğa, canlıların biçimlerini oluştururken çok katı geometri kurallarına uymaktadır.

Karbonifer Çağı denizlerinde yaşamış olan Archimedes negligens fosili. Bu canlı, bir yosun hayvancığı ile bir yosundan oluşmuştu.

Deligeorges, S.,
La Recherche, Ocak 1998
Çeviri: Selçuk Alsan