

# Saçlarımızı Neler Oluyor?

Saçınızla başınız dertte mi? Ne kadar uğraşsanız da, her türlü kozmetik ürünü denesenez de bir türlü istediğiniz hacmi ve görüntüyü elde edemiyor musunuz? Kusursuz ve havalı bir saç modeli istiyorsanız belki de kuaförünüz yerine bir fizikçiye veya bilgisayar mühendisine danışmanız gerekiyor. Animasyon ve kozmetik dünyasının önde gelen firmaları öyle yapıyor.

**K**estirdiğimiz, boyattığımız, farklı şekiller ve modeller uyguladığımız saçlarımızın telleri arasında çok değişik fiziksel etkileşimler ve kuvvetler var. Bu etkileşimler saçımızın şekil alma özelliğini belirliyor. Mükemmel duran bir atkuyruğu, hacimli ve havalı bir model, bukle bukle saçlar ya da karmaşık, dikilmiş veya düğümlenmiş saçlar ve hacimsiz, kötü bir görüntü. Bu karmaşık etkileşimlerin ve saç telleri arasındaki ilişkilerin matematiksel modellerini kuran bilim insanları saç tellerinin her birinin davranışına göre saç hakkında bir bütün olarak istatistiksel çıkarımlarda bulunabiliyor ve istenilen saç modelini yaratabiliyor. Hatta bu başarıları sayesinde Nobel Ödülü bile alabiliyorlar!





## Karmaşık Sistem Olan Saçlarımız

Karmaşık sistem, birbirine bağlı parçalardan oluşan ve bir bütün olarak bir veya birden fazla özellik gösteren, diğer taraftan tekil parçaların özellikleri ile anlaşılabilen bir sistem olarak biliniyor. Canlılardaki göz, anten, ayak, ağız, mide gibi karmaşık organlar, aynı zamanda birer karmaşık sistem. Canlıların ayrılmaz bir parçası olan bu sistemler, temel birtakım özellikler sergiler. Saçlarımız da bu karmaşık sistemlerden biri. Karmaşık sistem, birbiriyle ilişkili halinde olan çok sayıda küçük parçadan meydana gelir. Aynı zamanda bu sistem, çevresindeki yapılarla da sürekli bir etkileşim içinde olur. Karmaşık sistemin işlev görebilmesi için tek bir parçanın çalışması yeterli olmaz. Tüm parçalar uyumun ve karşılıklı ilişkinin gerektirdiği şekilde, aynı anda ve kusursuz olarak görevini yapmak zorunda.

Bilim insanlarının karmaşık bir sistemi anlamak için yapması gereken ilk şey, sistemin olabildiğince soyut matematiksel bir modelini kurmak. Bundan sonra ya bu basit modeli matematiksel olarak çözüp evrensel istatistiklere ve sonuçlara ya da model tüm basitleştirmelere rağmen çözülemez halde ise, simülasyonlar yaparak gerçeğe en yakın kısıtlı istatistiklere ve sonuçlara varır. Bu şekilde sisteme dair istatistiksel kestirimlerde bulunabilir. Güncel matematiksel, sayısal yöntemler ve bilgisayar işlem yetileri karmaşık sistemlerin gerçekçi modellenebilmesine olanak sağlar.



thinkstock

## Saç Kılının Fiziksel Özellikleri

**Esneklik:** Saç telinin dayanması gereken ve en sık maruz kaldığı mekanik zorlanma, tarama travmasına bağlı gerilmedir. Böyle bir zorlanmaya dayanabilmesi için saçın elastik özelliklere sahip olması gerekir. Bu özelliği sayesinde saçın şekli değişebilir ve kısa süre sonra hiç zarar görmeden eski halini alabilir. Saçın esnemesini, şeklinin değişmesini ve kıvrılmasını sağlayan şey, korteksin yapısındaki uzun, keratin iplikçiklerdir. Saç kılı ıslatıldığında uzunluğu yaklaşık %50 kadar artabilir ve kıl bu sırada hiç zarar görmez. Ancak daha fazla gerilim uygulanırsa saç kırılabilir. Renk açma ve perma gibi kalıcı kimyasal uygulamalar, kıldaki kimyasal maddelerle etkileşen doğal ve yapay ışık kaynakları kortekse zarar verir ve saç esnekliğini kaybeder. Esnekliğini yitiren saç kıvrılmaz.



thinkstock

**Statik elektrik:** Özellikle kuru ve sıcak havada fırçalanan saç kıllarının statik elektrik sonucu birbirini ittiği ve saçın kabardığı gözlemlenir. Bu durumun önüne geçmek için nemlendiriciler ve şampuanlara konan katkı maddeleri ile statik elektrik oluşumunun azalmasına ve saç yüzeyinin düzgün olmasına çalışılır.

**Nem oranı ve porozite:** Saçların su içeriği nemli ortamlarda artar, korteks şişer ve kıl yüzeyi geçici olarak kayganlığını ve düzlüğünü yitirir, bu nedenle ıslak saçların taranması daha uzun sürer. Saçın nem tutma ölçüsünü tanımlayan porozite, kütikulanın özelliğine bağlı olarak "az", "normal" ve "yüksek" olarak derecelendirilir. Saç gövdesinin, yıkanma işleminin bir parçası olarak yinelenen ıslanma ve kurutma uygulamalarına da dayanması gerekir. Saç gövdesindeki su, saça optimal elastikiyet kazandırır. Ancak su dışarıdan da emilebilir. Saç %20 oranında porozdur, yani delikli yapıdadır. Bu özelliği suya sokulduğunda ağırlığının %12-18 oranında artmasına neden olur. Su emen saç gövdesi genişler, kozmetik uygulamalarda bu durum ilk adımı oluşturur. Saçın önce ıslatılıp hemen sonrasında önceden belirlenmiş pozisyonda kurutulması en temel saç şekillendirme tekniğidir.

thinkstock

## Saç Kılları Arasındaki Etkileşimler

İnsan vücudunda toplam olarak yaklaşık 5 milyon kıl var. Bu kılların ortalama 100-150 bin kadarı saç kılı. Her bir saç telinin diğer tellerle yaklaşık 10.000 etkileşimde bulunduğundan bahsediliyor. Sürekli birbirleriyle temas halinde olan saç telleri sürtünme kuvveti ve statik elektrik oluşturuyor. Saç telleri arasındaki karmaşık etkileşimlerin en büyük nedenlerinden biri saç telinin yüzey özellikleri. Her bir saç telinin yüzeyi zannedildiği gibi pürüzsüz değil, aksine girintili çıkıntılı ve üst üste dizilmiş minicik pulcuklarla kaplı. Bu pullu yüzey, saç telinde yöne bağlı olarak değişen sürtünme kuvvetinin oluşmasına neden oluyor. Oluşan bu kuvvetin şiddeti de pulcukların ve hareketin yönüne bağlı olarak de-

ğişiyor. Saçlarımız tribolektrik özellik yani dokunma ile elektriklenme özelliği gösterir. Saç telleri birbirlerine dokunup daha sonra ayrıldıklarında elektriksel olarak yüklenir. Tellerden biri pozitif yükü yüklediğinde diğeri de pozitif yüke eşit negatif yük kazanır. Oluşturulan yüklerin gücü ve sürtünme hızı, yüzeyin pürüzsüzlüğüne, sıcaklığa, gerilmeye ve saç kıllarının diğer özelliklerine bağlı olarak değişir. Kıl yüzeyindeki pulcuklar nedeniyle bazen saç telleri düğüm olur, bazılarının arasına hava sıkışır, bazen de saçın doğal yağ tabakası ile birlikte kıllar yapışkan bir yüzey gerilimine maruz kalır.

Saç kılları arasındaki etkileşimler saçın ıslak veya kuru olmasına göre de değişiklik gösteriyor. Saç kurudukça ya da ortamın nemi azaldıkça her bir saç teli, yapısındaki protein zincirlerine bağlı olarak,

kıvrılır ve belirli bir şekli alır. Saçın taranması esnasında ıslak ve düz saçta, kuru ve düz saçta oranla daha fazla sürtünme oluşur. Bu tespit, kırılıp kopmama için saçların ıslakken taranmaması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmış. Saç telleri arasında oluşan statik elektrik öncelikli olarak kuru saç etkiliyor, çünkü iyonların kuru saç boyunca ilerlemesi daha zor. Bu özellik ıslak saçta tam tersi etki gösteriyor, çünkü ıslak saçtaki su iyi bir iletken görevi görüyor. Statik elektrik, saç tellerinin hem birbirlerini itmesine hem de kafa derisinden uzaklaşmasına neden olduğundan, saçın düzgün şekil almasını da zorlaştırıyor. Saçlar arasındaki sürtünmeyi azaltarak, saçları soğuk ortamda taryarak veya saçın nemini artırarak saç liflerinin direncinin azaltılması ile saç telleri arasındaki statik elektrik oluşumu azaltılabiliyor.

## Saçlarımızın Bilinenleri ve Bilinmeyenleri



Kıllarımızın çoğu ilk bakışta göremeyeceğimiz kadar ince olsa da, insan vücudu baştan sona kıllı deriyle kaplı. Sadece avuç içlerimizi, ayak tabanlarımızı ve dudaklarımızı kaplayan derimizde kıl kökleri yok ve dolayısıyla bu bölgelerde kıl çıkmıyor.

İnsan vücudundaki yaklaşık beş milyon folikülünün 100-150 bin kadarı kafadaki saçlı deri bölgesinde yer alır. Saçlı derinin her 6,5 cm<sup>2</sup>'sinde yaklaşık 1000 tel saç bulunur.

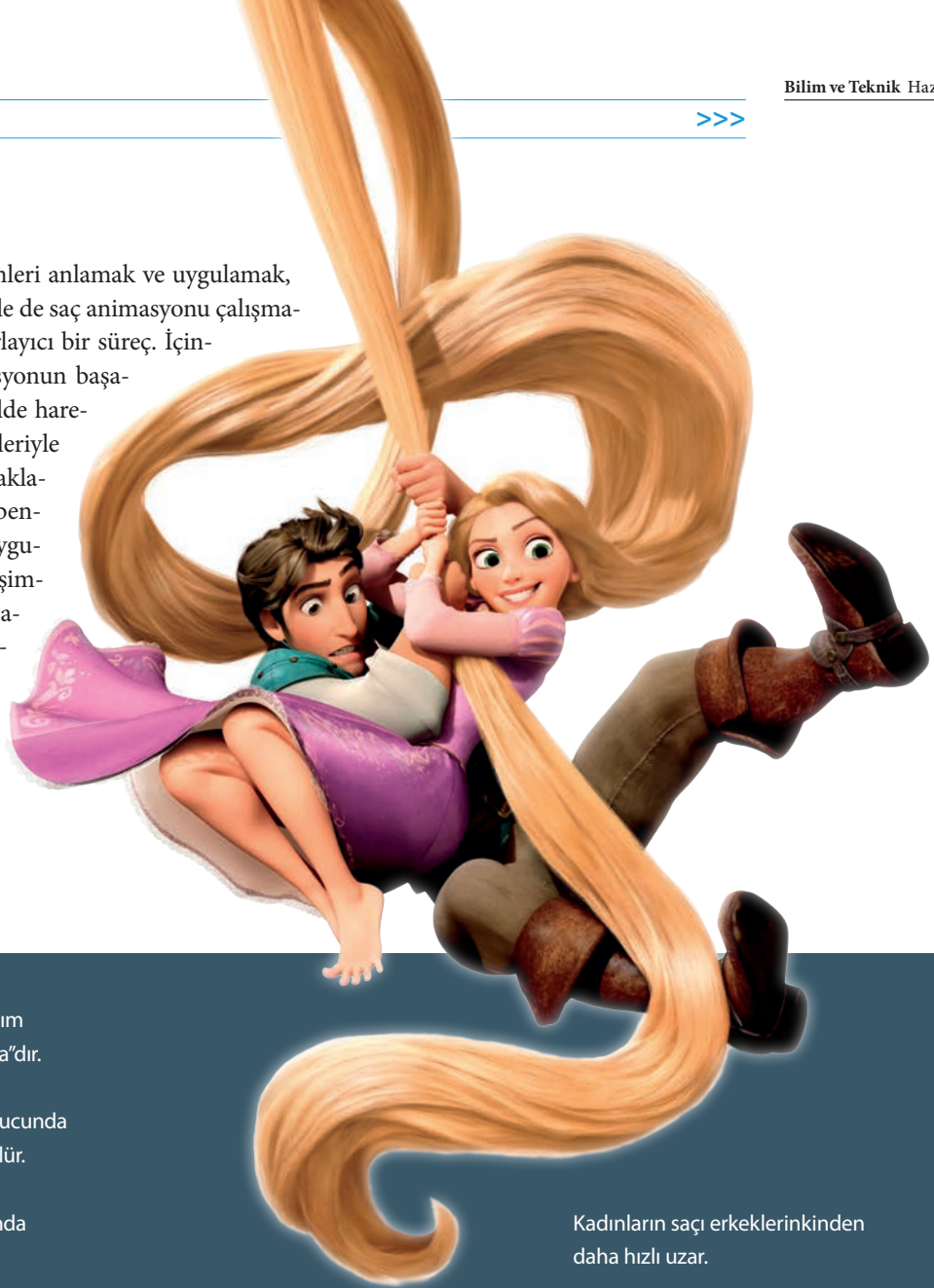
Saç teli derinin en dış tabakası olan epidermisten çıkar. Saç kökü ve saç gövdesi saçın bölümlerini oluşturur.

Saçın aktif olarak büyüyen kısmı, derinin altındaki saç köküdür. Yeni hücreler kökün alt kısmını sürekli doldurarak önceki hücreleri yukarı doğru iter. Saç böyle uzar. Saç, ortasındaki ana tüpten dıştaki koruyucu tabakaya doğru beslenir ve nemlenir.



## Animasyon ve Kozmetik Araştırmaları

Saç kılları arasındaki etkileşimleri anlamak ve uygulamak, animasyon işiyle uğraşan, özellikle de saç animasyonu çalışmaları yapan uzmanlar için çok zorlayıcı bir süreç. İçinde saç olan herhangi bir animasyonun başarımlı olması için, saçın doğru şekilde hareket etmesi ve saç tellerinin birbirleriyle olan fiziksel temaslarından kaynaklanan etkileşimlerin hesaplanarak benzer kurguların ve modellerin uygulanması gerekiyor. Eğer bu etkileşimler animasyonda uygulanmazsa hareket sırasında gerçekçi bir görüntü sergilenemiyor. Saç tellerinin vücudun ve başın hareket yönüne, hızına ve şekline uygun davranması ve hareket etmesi gerçekten çok önemli.



Saç kıllı üç tabakadan oluşur. En dış kısım saçı dış etmenlerden koruyan "kütikula"dır. Özellikle yıkama, tarama, kurutma ve fırçalama gibi mekanik hareketler sonucunda kütikula tabakası hasar görür ve dökülür. Bunun sonucunda da saçlar cansız ve donuk görünebilir. Kılın orta kısmında kıla esneklik ve renk veren "korteks", en iç kısmında da "medulla" bulunur.

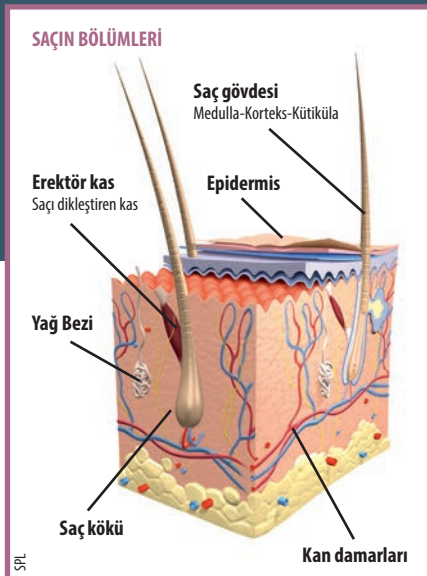
Kadınların saçı erkeklerinkinden daha hızlı uzar.

Kılın esas yapısını 18 aminoasitten oluşan keratin proteini, hidrojen ve disülfür bağları oluşturur. Tırnak ve deride de bulunan keratin, aşınmaya ve kopmaya karşı direnç sağlar. Kılın yapısındaki proteinler suda çözünmez ve proteolitik (proteinleri parçalayan) enzimlere direnç gösterir.

Tek bir saç teli -kişiden kişiye farklılık göstermekle birlikte- 0,05 ile 0,09 mm çapında olabilir ve keratin proteini sayesinde yaklaşık 100 g ağırlık taşıyabilir.

Bir saç telinin ortalama ömrü 3-7 yıldır. Günde yaklaşık 75-150 saç telinin dökülmesi normal sayılır ve dökülen bu saçların yerine yenileri çıkar.

Bir saç kökü canlı kaldığı süre boyunca ortalama 20 yeni saç teli üretir. Bu saç tellerinin her biri birkaç yıl büyümeye devam eder ve yaklaşık bir metrelik uzunluğa ulaşabilir.



Eğer gerçekçi bir benzetim yapılmaz ise saç telleri birbirleriyle uyumsuz bir şekilde çarpışabilir ya da hareket bittiğinde tellerin hepsi aynı bölgede sabitlenir. Bu da karakterlerin saçlarının hacimsiz ve kötü görünmesine neden olur. Animasyon alanındaki yoğun çalışmalar sonucunda özellikle 1990'lı yılların sonuna doğru karakterlerin saçları istenilen hacimde ve biçimde oluşturulmaya başlandı. Saçların hacimli görüntüsünü koruyan ve doğal hareketlerini taklit eden bilgisayar programları geliştirildi. Ayrıca saç tellerinin etkileşimlerini, birbirleriyle çarpışmalarını ve oluşan sürtünme kuvvetinin gücünü hesaba katan, daha hassas ve doğru matematiksel modeller geliştirilerek bu programlara uygulandı.

Columbia Üniversitesi'nden bilgisayar mühendisi Eitan Grinspun ve Cambridge Üniversitesi'nden karmaşık sistem-

ler fizikçisi Raymond Goldstein, animasyon ve kozmetik dünyasının dev firmalarıyla çalışıyorlar ve günümüzde saç tellerinin etkileşimleri konusunda adları sıkça duyuluyor. Grinspun, ünlü bir animasyon firması ile ortak çalışmalar yürütüyor ve karakterlerin saçlarının daha gerçekçi bir görünüş kazanması için bilgisayar programları geliştiriyor. Goldstein ise insanların günlük hijyen, beslenme ve kişisel bakım ihtiyaçlarına hizmet veren uluslararası bir firmanın kozmetik bölümü ile ortak çalışmalar yapıyor. Multimilyon dolarlık bütçeyle yürüttüğü çalışmanın amacı ise saçın bukle bukle kıvrılmasının ya da dümdüz atkuyruğu şeklinde sallanmasının nedenini anlamak.

Saç kılları birbirine kenetlenmiş protein zincirlerinden oluşuyor. Saç kılları arasındaki çeşitli yapışkan, sürtünmeli ve elektrostatik etkileşimleri anlamak ve sa-

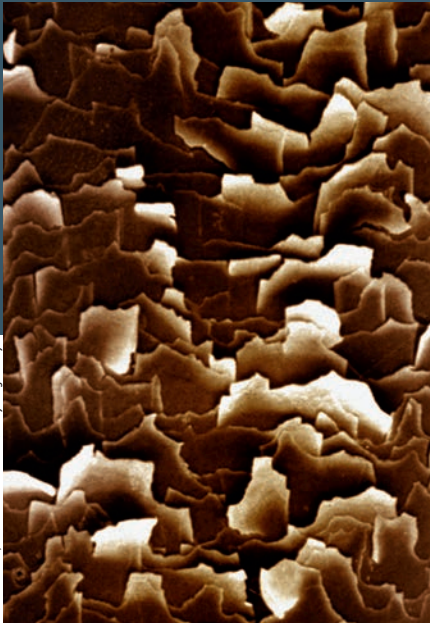
yasal olarak formüle etmek hayli problemli bir iş. Fakat yüzbinlerce saç kıllıyla ve her birinin sergilediği on binlerce etkileşimle, yani çok fazla sayı ile uğraşmak daha da zor olsa gerek. Goldstein ve ekibi bu sorunu bir matematiksel modelleme olan "Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı"ni kullanarak çözmüş.



Hans Neleman / Riser / Getty Images Türkiye

Afrikalı birinin saçları yaklaşık 3 kat dokudan meydana gelirken ve kıvrılmaya eğilimliyken, bu oran Uzakdoğulularda 11 kata kadar çıkar ve saçlar düz olma eğilimi gösterir.

Saç kılı yüzeyinin mikroskopik görünümü



Voxels Unlimited, Inc./Dr. Wolf Fahrmeider / Getty Images Türkiye

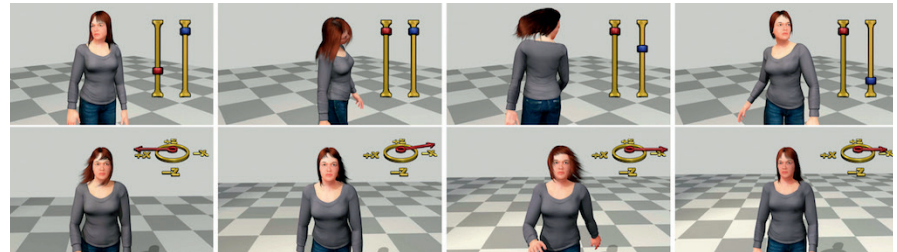
Normal bir durumda kuru saç kırılmadan kendi boyunun %20'si kadar, ıslak saç ise kendi uzunluğunun %40-50'si kadar esneyebilir.

Sağlıklı bir saç teli 3 günde yaklaşık 1 mm kadar büyür.

Saçların en hızlı uzadığı dönem 15-30 yaş arasındır.

Değişik kıllardan alınan kesitler mikroskopta incelendiğinde düz kılların kesitlerinin daha yuvarlak, kıvrıkcık olanlarınsa daha yassı olduğu görülmüş.

Kılların ve saçların siyah, kahverengi, sarı ya da kırmızı olması kılın en dış katmanının hemen altındaki pigment deneni renk verici maddelere bağlıdır. Saça rengini veren pigmentler sarı, kırmızı ve mavi renklidir. Sarı pigmentler en küçük, maviler en büyük hacme sahiptir. Mavi pigmentler en dışta, kırmızı ortada ve sarı en içte yer alır. Kılların kalınlığı, rengi, yoğunluğu, şekli ve karakter özellikleri ırklara, yaşa, cinsine, bulunulan yere ve hormonların durumuna göre değişir. En fazla saçlı deri kıl folikülüne (yuvasına) sahip grup sarışınlardır. Onları esmerler ve kumrallar izler. Kırmızı saçlılar ise en az sayıda saçlı deri folikülüne sahip gruptur.





Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı izole moleküller, kristal katılar, ara yüzeyler, yüzeyler gibi sistemlerin araştırılması ve özelliklerinin tahmin edilmesi için yaygın bir şekilde kullanılan hesapsal araçlardan bir tanesi. Schrödinger denkleminin çözümünde kullanılan 1. teknik ilke olan bu kuram, parçacık sisteminin toplam enerjisini elektriksel yük yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak inceler. Genelde kristal katılardaki çok sayıdaki elektronun birbiriyle olan etkileşimini hesaplamak için kullanılan bu model sayesinde, araştırmacılar “Atkuyruğu Saç Şekli Denklemi”ni geliştirmiş. Bu denklem sayesinde çok sayıda kıldan oluşan saç yığını, yerçekimine göre hareket eden tek bir saç teli gibi ele alınmış. Kıllar arasındaki etkileşimlerin tamamı da bu saç telini merkezden dışarıya doğru etkileyen tek bir kuvvet alanı olarak kabul edilmiş. Böylece yüz binlerce kıl ve on binlerce etkileşim yerine denklemde sadece tek bir sayı, uzmanların deyişiyle “Rapunzel Sayısı”, saçın kıvrımlı olma eğiliminin derecesi ve yerçekiminin etkisi kullanılmış. Rapunzel Sayısı bu denklemde saçın uzunluğuna bağlı olarak yerçekiminin saç üzerindeki etkisini hesaplamak için anahtar katsayı olarak kullanılıyor. Bu denklem yardımıyla atkuyruğunun şekli sayısal olarak ölçülüp değerlendirilebilmiş. Böylece animasyonlarda ve grafiklerde mükemmel görünümlü saçları ve saçlarının her türlü hareketi doğal ve gerçekçi olan, çeşit çeşit karakter oluşturulabiliyor.

Uzmanlar fiziği ve matematiği saça o kadar güzel uygulamış ki, animasyonu yapılmış olan saç tıpkı gerçek saç gibi, istenildiğinde kıpırdamadan sabit kalıyor, yay gibi zıplıyor, yükseliyor, alçalıyor, diğer saçlarla çarpışıyor ya da uçuşuyor.

Saç bakım ürünleri geliştiren firmalar için bir animasyon karakterinin gerçek gibi görünen saçlarından ziyade, insan saçının hacminin her durumda kontrol edilebilir şekilde dolgun ve canlı olması önemli. Saçın esnekliği, kavislenme ya da kıvrılma derecesi kişiden kişiye değişiyor. Saç tipine ve yapısına uygun saç bakım ürünlerinin geliştirilmesi işte böyle evrensel bir denklem yardımıyla gerçekleştiriliyor.

## Ig Nobel Ödüllü Saç Denklemi

“At Kuyruğu Saç Şekli Denklemi” ya da “Rapunzel Sayısı” kulağa biraz tuhaf geliyor ve insanın ister istemez gülümsemesine neden oluyor değil mi? Fizikçi Goldstein ve ekibi geliştirdikleri bu saç denklemi sayesinde 2012 yılında Ig Nobel Ödülü’ne layık görülmüş. Harvard Üniversitesi tarafından Nobel’in bir parodisi olarak, anlamsız ve yeniden üretilmeyecek,



üretilmemesi gereken bilimsel çalışmalara verilen Ig (ignoble) Nobel ödülleri her yıl Aralık ayında bilimsel mizah dergisi “Annals of Improbable Research” tarafından, Harvard Üniversitesi’nde düzenlenen törenle “ilk anda insanları gülümsetecek ama sonra onları düşündürecek” başarılı on çalışmaya veriliyor. Ig Nobel’lerinin para ödülü yok, sadece hayal gücünü onurlandırmak ve insanların dikkatini bilim, tıp ve teknolojiye çekmek amacıyla veriliyor. Ödül kazanan bütün araştırmalar gerçek veriler içeriyor ve prestijli bilimsel dergilerde yayımlanıyor.

Atkuyruğu bulmacasını çözen ekip şu günlerde saç kıllarının düğüm olması ve saçların her koşulda havalı görünmesi konusu üzerinde çalışıyor. Düşünsenize uzmanlar öyle bir saç bakım ürünü geliştirecek ki en fırtınalı havada bile saçlarımız düzgün görünecek ve her zaman o “mükemmel hacmi”ni koruyabilecek.

### Kaynaklar

- <http://www.newscientist.com/article/mg21528832.000-big-bangs-theory-unlocking-the-secrets-of-great-hair.html>
- <http://www.reuters.com/article/2012/02/10/us-science-hair-rapunzel-idUSTRE81918V20120210>
- <http://www.evasion.imag.fr/Publications/2006/CB06/collisionsCheveux.pdf>
- <http://www.cs.illinois.edu/~yz/publication/ha.pdf>
- <http://www.math.ucla.edu/~jteran/papers/MWST09.pdf>
- <http://www.youtube.com/watch?v=6D0KUL6xRC0>
- [http://delivery.acm.org/10.1145/2430000/2422398/p295-guan.pdf?ip=95.183.231.3&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=C2716FEBFA981EF1C1AAA63632B0FDDDD726DA1301459D496&CFID=331474446&CFTOKEN=81680294&\\_acm\\_=1369124457\\_4ce73fad0594ce3706ec7f9b0423ef6f](http://delivery.acm.org/10.1145/2430000/2422398/p295-guan.pdf?ip=95.183.231.3&acc=ACTIVE%20SERVICE&key=C2716FEBFA981EF1C1AAA63632B0FDDDD726DA1301459D496&CFID=331474446&CFTOKEN=81680294&_acm_=1369124457_4ce73fad0594ce3706ec7f9b0423ef6f)

