

Kimyagerlerin Floru ve Florun Ksenonu Dize Getirişi Florun Fendi



Isaac Asimov'un "Death in the Laboratory" (Laboratuvarda Ölüm) makalesi ilk kez 1965'te *The Magazine of Fantasy and Science Fiction*'da yayınlanmıştı. Asimov'un bu makalesi de, çoğu diğer makaleleri gibi seçkilerde kendine yer buldu. İmzasını taşıyan 500 civarında kitabı olan Asimov, üç ayrı daktilo arasında, ayakları tekerlekli bir sandalyeyle gidip gelerek, aynı anda üç farklı çalışmayı birden sürdürme alışkanlığına sahipti. Bu çalışmalarını için gereksinim duyduğu kaynakları toparlamaya nasıl zaman bulabildiği ise yanıtlanması güç bir soru. Asimov, bilim ve bilim adamları hakkında yazmayı, batıl inançların karşısında bir savaşım biçimi olarak görüyor, tanıttığı bilim adamlarını birer şövalye gibi yüceltiyordu. Bu makalesinde sözünü ettiği kimyagerler de, ülkeleri yolunda ölümü göze almış birer yiğit olarak betimleniyor.

TABULARI yıkmaya bayılırım. Elime fırsat geçtiğinde saygın kurumları alaşağı etmek veya anneler günü, beyzbol gibi konularda alaycı yazılar yazmak hoşuma gider. Ancak, başkalarının benim saygı duyduğum kurumlar hakkında ileri geri konuşmasından da hoşlanmam. Söz gelimi, Bilim ve Bilim İnsanları hakkında (Büyük harfler dikkatinizi çekmiştir)...

Bilim insanlarının da hataları vardır doğal olarak. Dikkatli ve tutucu olabilirler ve geliştirdikleri kuramları yerleştirildikleri yerlerden kolay kolay oynatılamazlar. Yine de bilimde tutuculuğa, insan elinin deyiştiği diğer alanlarda olduğundan daha az rastlanır. Hal böyleyken, birilerinin, ksenon florürün keşfini, atıl kuramların gerekli sınamaların önünü kestiğine örnek olarak gösterdiğini anımsıyorum. Seslerini duyar gibiyim: "Sersem, tembel kimyacılar soy gazların bileşik yapamayacaklarını kafalarına takmışlardı bir kere ve kimse bu kuramı sınamaya kalkışmadı. Herkes birşeyin gerçekleşmeyeceğinde fikir birliği içindeyse, bunu denemenin ne anlamı olabilir ki? Ama, birileri çıkıp da, ksenon (Xe) ve floru (F) nikelden yapılmış bir kaptan karşılaştırmayı akıl edince..."

Bir kimyagerin bu denli basit bir şeyi atlamış olması aptalca görünüyor, değil mi? Nikel bir kaptan biraz ksenon ve floru birleştirip dünyayı şaşkına çevirebilecek ve belki de bir Nobel ödülünü kapabilecektik...

Peki, ortalama bir kimyacı ksenon elementini (yeri gelmişken belirtelim ki, çok nadir ve pahalı bir maddedir) ortalama bir laboratuvarda florla karıştırmaya kalkışırsa ne olur biliyor musunuz? Büyük olasılıkla ciddi bir zehirlenme ve belki de ölüm!..

Abarttığımı düşünüyorsanız, beraberce florun tarihine şöyle bir göz at-

Kuars üzerinde florapatit



lim. Tarih, günümüzden 80 yıl (1965'e göre) öncesine kadar kendisini göstermeyen florla başlamıyor. Başlarda, sadece, Alman madencilerin yaklaşık 500 yıl önce kullandıkları tuhaf bir mineralin izini sürebiliyoruz. Söz konusu maddeden ilk bahseden, çağdaş dünyanın en büyük mineralogu George Agricola. Agricola, bu maddenin Alman madenciler tarafından kullanıldığını 1529'da yazmıştı. Madde, bir mineral için çok kolay eriyor ve eritildikten sonra katıldığı potadaki maddenlerin de daha kolay erimelerine yol açarak, zaman ve enerjiden tasarruf sağlıyordu.

Eriyen şeyler aktığı ve Latince'de akmaya *fluere* dendiği için, Agricola, kolay akan ve diğerlerini de kolay akıtan bu minerale *fluores* adını yakıştırmıştı. Daha sonraları, mineral adlarının sonuna "-it" hecesini eklemek gelenek haline geldiğinde, florit terimi oluştu. Florit hâlâ çelik endüstrisinde sivilaştırıcı olarak kullanılmaya devam ediyor. Zaman geçse de, yararlı bir özellik, yararlı bir özellik olarak kalıyor.

Günlerden bir gün, 1670'de, cam zanaatçısı Heinrich Schwanhard nedense floritle uğraşiyor ve bilinmeyen bir sebeple, güçlü asitlerle tepkimesini izliyordu. Bir ara, kaptan çıkan bu-

araştırma nesnesi olarak kullanarak gerontoloji (uzun ömrün organizmalara etkisi) araştırmalarına girişmişti.

Chevreul'un parafin, sabun, yağ gibi zararsız maddelerle uğraştığını söylemeye gerek bile yok. Alman kimyacı Robert Wilhelm Bunsen örneğinde ise şartlar biraz farklı. Arseniğin organik bileşikleriyle ilgilenen Bunsen, genç yaşta geçirdiği ağır bir zehirlenme sonucunda ölümden zor dönmüştü. 25 yaşında, uğraştığı bileşiklerden biri patlamış ve bir gözünü kör etmişti. Yine de yaşamını sürdürmüş ve 80 yaşında ölmüştü.

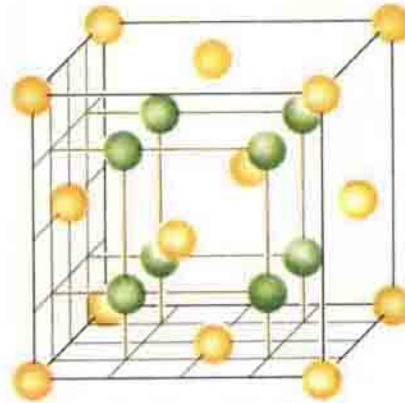
Başka alanlardaki olumlu örneklerle karşılaştıkça, Scheele'yi izleyen bir asır boyunca, florik asitle uğraşanların tümünün genç yaşta öldüklerini görüyoruz. Scheele'nin, floritin asitle tepkimesinden oluşan gazın asit olduğunu açıklamasından sonra, bu gerçeğin ayrıntıları konusunda uzun bir tartışma başladı. Tam da o dönemde, Fransız kimyager Antoine Laurent Lavoisier, tüm asitlerin oksijen içerdiklerinde karar kılmıştı. Hatta, oksijen sözcüğü, Yunanca "asit üretici" ifadesinden türetilmişti. Bazı asitlerin oksijen içerdiği (örneğin sülfürik asit ve nitrik asit) doğrusu da, bu tüm asitler için geçerli bir durum değil. Muriatik asiti ele alalım. Bu ad, Latince'de deniz suyundan türetilmiş; çünkü muriatik asit elde etmek için sülfürik asitle tuzlu suyu tepkimeye sokmak gerekiyor. Lavoisier'in izinden ilerleyenler, muriatik asitin, oksijen ve ne olduğu bilinmeyen "murium" elementinin birleşmesinden oluştuğunu öne sürmüşlerdi. Scheele, muriatik asiti oksijen içeren belli başlı bileşiklerle tepkimeye sokarak yeşilimsi bir gaz elde etmişti. Bu



tepkimeyle muriatik asitin oksijen içeriğinin zenginleştiğini varsayarak, elde ettiği maddeye "oksimuriatik asit" adını takmıştı.

İngiliz kimyager Humphry Davy, muriatik asiti uzun süre inceledikten sonra, oksijen içermediğini gösterebilmişti. Büyük olasılıkla, bu madde, hidrojenin bilinmeyen bir elementle yaptığı bir bileşikti. Ayrıca, Davy, aynı madde oksijenle karşılaştığında, oksijenin hidrojenle birleştiğini ve o "ne olduğu bilinmeyen maddenin" saf olarak ortamda kaldığını düşünüyordu. Scheele'nin oksimuriatik asit adını taktığı maddenin meçhul element olduğuna karar vermiş ve ona 1810'da Yunanca'daki "yeşilimsi" sözcüğünden yola çıkarak klor adını takmıştı. Muriatik asit hidrojen ve klorun bileşimi olduğundan hidrojen klorür adını hak etmiş, sudaki çözeltisine de hidroklorik asit adı yakıştırılmıştı.

Flor silisik edenit



Florit, veya diğer adıyla kalsiyum florürün moleküler yapısı. Yeşil küreler F⁻, turuncu küreler Ca²⁺ iyonlarını simgeliyor.

Diğer pek çok asitin de oksijen içermediği kısa zamanda kanıtlandı. Hidrojen sülfür ve hidrojen siyanür bunlara iki örnek. (Bunlar tabii ki zayıf asitler, ancak, yalnız güçlü asitlerin oksijen içerdikleri zannına da kapılmamak gerekiyor; çünkü oksijen içermeyen hidroklorik asit de bir güçlü asittir).

Davy, bu yolda ilerleyerek florik asitin de oksijen içermeyen asitlere bir örnek olduğunu göstermişti. Ayrıca, florik asit, hidrojen klorüdü andıran pek çok özelliğe sahipti. Fransız fizikçi André Marie Ampère, bundan yola çıkarak, florik asitin klor benzeri bir elementin hidrojenle yaptığı bileşik olabileceği fikrini ortaya atmıştı. Bu fikrini Davy'ye aktarmış ve onay almıştı.

1813'te Ampère ve Davy yeni elemente (henüz ayrıştırılmamıştı) klorun gramer yapısını uygulayarak, benzerliği vurgulamaya karar verdiler. Terim kökü floritten alınmış ve yeni elemente flor adı verilmişti. Böylece, florik asit hidrojen florüre, florit de kalsiyum florüre dönüşmüştü.

Şimdi ortaya çıkan asıl sorun, floru ayrıştırarak özelliklerini inceleme isteği olmuştu. Bu "sevdanın", en üst derecede çetrefillik içerdiğini zamanla kanıtlamıştı. Söz gelimi, hidrojen klorürden klor elde etmek için ortama oksijen katmak yeterliydi. Oksijen, hidrojeni klorun elinden kapıp alıyor, kloru serbest bırakıyordu. (Yıllar sonra flurun ne denli iştahı kabartık bir element olduğu iyice bellenecekti. Oksijen ve hidrojenin bileşiklerine flor katıldığında işler yukarıda planlananın tersine gidiyor, flor hidrojeni oksijenin elinden koparıp alıyordu. Flor hidrojeni o kadar "şehvetli" koparıyordu ki, serbest kalan oksijen, kolay kolay elde edilemeyecek ozon moleküllerini oluşturuyordu.)

Yapılan sonuçsuz deneylerden sonra, flurun klor ve oksijenden çok daha aktif olduğu anlaşıldı. Hatta, çok sonraları yapılan araştırmalarla da kanıtlandığı gibi, flurun bilinenler arasında en aktif element olduğu ve başka hiç bir maddenin basit bir tepkimeyle, kendisine tutunarak bileşik yaptığı elementi flurun elinden kurtaramayacağı anlaşıldı.

Fakat, araştırmacı bir kişinin basit tepkimelere mahkum olduğunu da kim söylemiş. 1800'de pilin keşfini iz-

leyen birkaç hafta içinde bir bileşikten geçen elektrik akımının, bileşiği normal koşullarda güçlükle gerçekleşecek biçimde bileşenlerine ayırabildiği anlaşılmıştı (elektroliz). Söz gelimi su, hidrojen ve oksijene ayrıştırılabiliyordu. Hidrojen (ve pek çok metal) negatif elektrotta, oksijen (ve pek çok ametal) pozitif elektrotta toplanabiliyordu.

Davy'e göre, aynı yöntemin kalsiyum florür üzerinde de çalışmaması için bir sebep yoktu. Kalsiyumun negatif, florun pozitif elektrotta toplanması kaçınılmaz olmalıydı. Davy bunu defalarca denemişse de bir yere varamamıştı. Pozitif elektrotta biraz flor oluşturmuş olması muhtemel tabii, ama flor oluşur oluşmaz, en yakındaki maddeye, suya, cama hatta gümüş ve Davy'nin kullandığı platine bile saldıyordu. Böylece Davy, her denemeden elinde başka bir flor bileşiğiyle çıkıyor, ama hiç flor bulamıyordu. Davy'nin tek kaybı yaşadığı düş kırıklıkları değildi. Giriştiği her denemede, kaçınılmaz olarak soluduğu az miktarda hidrojen florür yüzünden her seferinde sağlığından biraz daha kaybediyordu. Bu, onu hemen öldürmemiş ama kuşkusuz genç yaşta, 50'sinde ölmesine yol açan etmenlerden biri olmuştu.

Takipçileri Davy'den bile şanssızdı. 1930'larda iki İngiliz kardeş Thomas ve George Knox, florun kimyasal yolla ayrıştırılamayacağı fikrine karşı çıkmışlardı. Civa florür ve kloru karşılaştırarak civayı klorla bileşik yapmaya zorlamış ve floru serbest bırakmayı ummuşlardı. Başarısız olmuşlar ve hidrojen florür zehirlenmesinin uzun ve acı dolu sonuçlarına katlanmak zorunda kalmışlardı.

Belçika'lı bir kimyager P. Louyet de Knox kardeşlerin izinden gitmiş ve aynı şekilde başarısız olmuştu. Onun sonu daha da acıydı, hidrojen florür zehirlenmesinden hemen ölmüştü.

Louyet'in asistanlarından biri Fransız kimyager Edmond Frémy idi. Frémy, Louyet'in deneylerinden edindiği sonuç, floru kimyasal yoldan ayrıştırmaya uğraşmanın insanı mezarından başka bir yere götürmeyeceği olmuştu. Davy'nin elektroliz yöntemine geri dönmüş ve mülak titizlikle çalışmıştı. Bundan aldığı tek ödül, 80'ine kadar süren bir yaşam oldu. 1885'de yaptığı kalsiyum florür elektrolizi de-

Rodokrosit (pembe) ve florit



nemeleri sonucunda flora ulaşamamış ve bir yığın işe yaramaz bileşik elde etmişti. Bunun yanı sıra, doğrudan hidrojen florürle uğraşmaya karar verdi. Oda sıcaklığının biraz altında sıvılaştıran hidrojen florürle oynamak kolaydı. Kalsiyum florür örneğinde olduğu gibi elektroliz sırasında kızma derecesine kadar ısıtılması gerekmiyordu. Ne yazık ki, Frémy'nin döneminde hidrojen florürün sadece su çözeltilerini bulmak olasıydı. Hidrojen florürün su çözeltilisine elektroliz yapmak demek, pozitif elektrottaki oksijenden başka

bir şey elde edememek demektir. Bu yüzden Frémy, tümüyle sudan arındırılmış hidrojen florür elde etmeye uğraştı. Sonuç, insana saçlarını yolduracak cinsten bir sürprizdi. Susuz hidrojen florür, elektrik akımını geçirmiyordu. Ortama biraz su eklendiğinde akım geçiyor; ama bu sefer de sadece oksijen elde ediliyordu.

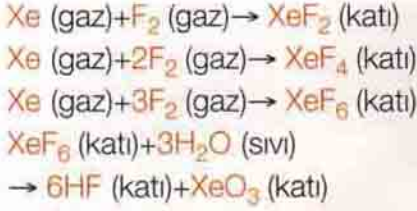
Sonunda bu sevdadan vazgeçti ve 1880'lerin sonunda flor hâlâ bu savaşın muzafferî durumundaydı. Üç çeyrek asır boyunca dünyanın en iyi kimyagerleri bu savaşa katılmış ve hemen hepsi savaştan malul gazi veya şehit olarak çıkmıştı. Frémy'nin öğrencisi Fransız kimyager Ferdinand Frédéric Henri Moissan sancağı devralmış ve flor sorununa, şövalye kararlılığıyla girişmişti. Önce kimyasal yöntemlere yeniden el attı. Florun olabilecek en kararsız bileşiğiyle işe başlamak gerektiğini düşünüyordu. Bileşik ne kadar kararlıysa, floru tutunduğu diğer atomlardan koparıp almak o kadar zor olurdu.

Moissan, 1884'te fosforlu florun (bir flor bileşiği için) görece kararsız olduğuna karar kıldı. Bu, bir ölçüde umut vaat ediyordu; çünkü fosforun oksijenle birleşmeye özel bir eğilimi var gibiydi.

Moissan deneylere girişmiş ama yine de, ancak kısmi düzeyde başarı elde edebilmişti. Oksijen, fosforla beklendiği gibi bileşik yapmış; ancak floru defedememişti. Moissan'ın elinde fosforun hem oksijen hem de florla yaptığı bir bileşik vardı şimdi.



İllüstrasyonda, soy gazların keşfinde emeği olan Sir William Ramsay, karatahta önünde, bu elementleri tanıtırken gösterilmiş.



Belli başlı ksenon-flor tepkimelerinin basit denklemleri. Denklemlerde görüldüğü gibi, bir kez XeF₆ elde edildiğinde, bunu suyla tepkimeye sokarak, uzun süre hiçbir bileşik yapmaz sanılan ksenonun oksitini bile elde etmek mümkündür.

Moissan başka bir yol denedi. Platin son derece soy bir metaldir ve flor bile platine ancak zorlukla saldırabilir. Buna karşın, kızgın platin fosforla birleşebiliyordu. Eğer fosforlu floru kızgın platinin üzerinden geçirirse, platin fosforla birleşmeyi yeğleyecek ve flor serbest kalacaktı belki de.

İyimserliğin sonu yok. Hem fosfor hem de flor kısa sürede beraberce platinle birleşiyor ve çok pahalı olan platin hiç uğruna çöpe gidiyordu. Neyse ki Moissan'ın zengin bir üvey babası vardı ve onun masraflarına cömertçe arka çıkıyordu.

Moissan da öncülü Frémy gibi başa dönüp, katıksız kimyayı yeniden denemiş, sonra da elektrolize yönelmişti. İşe arsenik florürle başlamış ve ilk başarısızlıklara arsenik zehirlenmesi de eklenince bu yaklaşımdan vazgeçmişti. Böylece yeniden hidrojen florürle uğraşmaya girişti (sonuçta dört defa hidrojen florür zehirlenmesi geçirecek ve nihayet 54'ünde ölecekti)

Moissan, Frémy'nin susuz hidrojen florürünün elektrik akımını iletmediğini çok iyi hatırlıyordu. Karışımı iletken kılacak ama bununla birlikte elektrotta oksijen dışında bir madde oluşturacak bir bileşik aradı. Ve parlak bir fikre ulaştı; bir başka flor bileşiği... Moissan, potasyum hidrojen florürü susuz hidrojen florürle karıştırarak geçirgen bir karışım yaptı. Üstelik pozitif elektrotta sadece flor oluşacaktı. Ayrıca, düzeneğini yerleştirmek için, florla birleşmeye platinden daha isteksiz olan flor iridyum alaşımıyla bir kap hazırladı. Son olarak da tüm bunları -50 °C'ye soğuttu. Kimyasal tepkimeler genelde soğukta yavaşladığı için, florun bitmek bilmez iştahı da geriletilebilecekti belki de.

Moissan akımı geçirdiğinde negatif elektrotta hemen hidrojen kabarcıkları fokurdamaya başlamıştı bile;

ama pozitif elektrotta hiç bir belirti yoktu. Durup biraz düşündü. Pozitif elektrot, platin-iridyum kaba bir tıpadan geçirilerek sokulmuştu. Tıpanın elektrik akımı geçirmemesi için platinden farklı bir maddeden yapılması gerekmişti. Bu durumda ortada hiçbir gaz olmaması sürpriz değildi. Flor gazı tıpayı mideye indirmeye başlamıştı bile. Moissan'ın elektrik akımı geçirmeyecek ve florun el sürmeyeceği bir tıpayı gereksinimi vardı. Florit mineralinin, taşıyabileceği flora zaten doyduğunu, dolayısıyla florla tepkimeye girmeyeceğini akıl etti. Hemen floritten bir tıpa yaptı ve deneyi tekrarladi.

6 Haziran 1886'da açık sarı renkte bir gaz pozitif elektrotun çevresini sardı. Flor nihayet ayrıştırılabilmışti. Moissan deneyini kamu önünde tekrarlar-ken eski hocası Fremy de onu seyrediyordu.

Moissan deneylerini sürdürdü ve 1899'da flor elde etmek için daha ucuz bir yol buldu: bakır tüpler. Flor bakıra çilginca saldırıyordu ancak bakırın üzeri yeterince bakır florürle kaplandığında tepkime duruyordu. Ölümünden bir yıl önce 1906'da Moissan büyük başarısı için Nobel Kimya Ödülü aldı.

Flor, bir diğer kuşak boyunca periyodik tablonun yaramaz çocuğu olmayı sürdürdü. Artık üretilebiliyordu; ama kolayca değil. Üstelik, hidrojen florürden bile daha zehirli olduğu için saklanması çok güçtü.

Bu sıralarda, 1890'larda soygazlar bulunmuştu. Söz konusu elementler son derece "soy" olarak kabul gördükleri halde, pek çok kimyacı bunları başka maddelerle birleşmeye zorladı.



Neil Bartlett, 1962 yılında, ilk ksenon bileşiğini ksenon tetraflörürü (XeF₄) oluşturmayı başarmıştı. Fotoğrafta, bu yeni maddenin kristalleri görülüyor.

(Kimyagerlerin soygazların bileşik yapmadığına hemen inanıverdiklerini zannetmeyin. Düzenlerce bileşik rapor edilmiş ve yayınlanmıştı. Ancak, yakın geçmişe kadar tüm bileşiklerin düzmece olduğu her defasında sonradan anlaşılmıştı.)

1930'ların başlarına kadar kimyagerlerin elinde soygazları birleştirmek için rastgele denemeler dışında izlenebilecek kuramsal bir yöntem yoktu. 1933'te Amerika'lı Kimyager Linus Pauling, ksenon'un florla birleşmesi gerektiğini mantıksal yöntemlerle kanıtladı. Pauling's Okulu'ndan Donald M. Yost ve Kalifornia Teknoloji Enstitüsü'nden Albert L. Kaya, hemen bu eğri gerçekleştirme çabasına giriştiler.

Ellerinde 100 santilitre kadar ksenon gazı vardı ve hiç florları yoktu. Mecburen, flor elde etmek için kendi düzeneklerini hazırladılar. Elde ettikleri flor yeterli kalitede değildi ve tüm çalışmanın sonucu tatmin edicilikten uzaktı. Ortada belirgin herhangi bir ksenon-flor bileşiği yoktuysa da, iki araştırmacı da bir bileşiğin oluşmadığından emin olamıyorlardı. İzleyen zaman diliminde onları takip eden pek olmadı. Kimyagerler florun şehitlerle dolu tarihini biliyorlardı ve aynı savaşa girecek kadar maceraperest çıkmıyor- du pek.

II. Dünya Savaşı sırasında, flor elementi atom bombası araştırmaları için gereksinim duyulan bir madde oldu. Bu motivasyon sayesinde yeterli miktarda floru yeterince güvenli biçimde elde etmek için yöntemler geliştirildi. Ölüm korkusu olmadan florla ilgili askeri olmayan deneyler yapmak ancak 1950'lerde mümkün olmuştu. Bu şartlar altında bile flor bulundurma şansına sahip çok az laboratuvar vardı ve bunların floru ksenonla birleştirmeye çabalamaktan daha ciddi işleri vardı. Şimdi, doğaldır ki "biraz ksenonla biraz floru nikel bir kapta birleştirin" demek kolay. Yeterli başarı umuduyla, yeterli güvenlik koşullarında bunu gerçekleştirmek için 1962'ye kadar beklemek gerekti. Her halukarda, bu on yıllık gecikme mantık içiydi; kimse buna dayanarak bilimi yıpratmaya kalkışamaz.

Isaac Asimov "Death in The Laboratory", The Magazine of Fantasy and Science Fiction, 1963. (Gulliver's Commandment: An Anthology of Great Science Writing, New York, 1997) Çeviri: Özgür Kuruldu