

BİLİM DAMLALARI

Doç.Dr. Selçuk ALSAN

KATI HİDROJEN YAPILDI

Hidrojen, iki atomlu (diatomik) moleküllerden (H_2) oluşan bir gazdır. H_2 , helyumdan sonra, normal atmosferik basınç altında sıvılaştırılması en zor gazdır: Sıvılaştırma derecesi $-252,7^\circ C$, katılaşma derecesi ise $-259,2^\circ C$ 'dir. Sıvı hidrojen sanayide üretilmekte ve füze yakıtı olarak kullanılmaktadır. Katı hidrojenin endüstriyel bir uygulaması yoktur. Katı hidrojenin çok yüksek basınçlar altında nasıl davranacağı da merak konusudur. 1935'te fizikçi Wigner ve Huntington'un söylediği gibi, hidrojen basınç altında katılaştıkça metal halini mi almaktadır? (J.Chem. Phys. 3:764,1935). Bugüne kadar bu soruya yanıt verilemiyordu, iki Amerikalı araştırmacı, H.K.Mao ve R.J.Hemley, Washington Carnegie Enstitüsü'nde katı hidrojen metalini elde ettiler (Nature, 340:345, 1989). Wigner ve Huntington, çok yüksek basınçlarda, H_2 'nin moleküler bağlarının kırılacağı ve elektronların katı hidrojen içinde serbestçe dolaşacağını ifade etmişti. Bu durumda monoatomik (hidrojen atomlarından oluşmuş) bir metalden söz edilebilirdi. Yaptıkları hesaplara göre, bu yoğunluğu elde etmek için 2 milyon atmosfer gereklidir.

Mao ve Hemley, önce 2000 atmosfer basınç altında hidrojeni sıvılaştırdılar; daha sonra sıvı hidrojen, iki elmas parçası arasında milyonlarca atmosfer basınçta maruz bırakıldı. Elmas saydam olduğundan meydana gelen değişimler gözlemleniliyordu. Mao ve Hemley, elmas pencereden iki olayı gözlemlediler: Katı hidrojenin ışığı absorbe ettiği ve Raman emisyon spektrumu. Biliyoruz ki, metaller ışığı absorbe eder (saydam değildirler), kristallerse ışığı geçirir (saydamdır). Raman spektroskopisi ise H_2 molekülündeki H-H bağının titreşimini inceler. Hatırlatılm ki, Raman etkisi bir flüoresansa karşılıktır. Uyarıcı bir ışık verince, H_2 moleküllerine E enerjili fotonlar çarpar. Çarpışma elastik değilse, bir foton ΔE kadar bir enerji kazanır veya kaybeder. Bu enerji kazancı veya kaybı molekülün titreşim frekansını değiştirir. Çıkan fotonların enerjisi ölçülerek molekül titreşiminin yeni durumu hakkında bilgi edinilir.

2 milyon atmosfer altında, katı hidrojen saydam ve Raman spektrumuna göre H-H bağları da sağlamdı. Demek ki, henüz H_2 molekülü iki atoma ayrılmamıştı. 2 milyon atmosfer üzerinde katı hidrojen saydamlığını kaybetmeye başlamakta ve Raman emisyonunun şiddeti azalmaktadır. Ne olmuştur? Bellidir ki, H_2 'nin elektronik yapısı değişmeye başlamıştır. Basınç altında olmayan katı H_2 'de, bağlı bir elektronun alabileceği en yüksek enerji 11 elektron voltur. Buna elektronik uyarı sınırı denir. Elektronu molekülden ayırmak içinse 15 eV gereklidir, bu iyonizasyon eşliğidir. Enerjisi bu eşik değerinde olan bir elektron "iletkenlik bandındadır"; böyle bir elektron molekülden ayrılarak yer değiştirebilir; o halde elektrik akımını de iletir. Elektronik eksitasyon sınırı ile iyonizasyon sınırı arasında, hiçbir elektronun erişmeyeceği yasak bir enerji bandı vardır; buna aralık (gap) denir, katı H_2 'de aralık 4 eV'dir, $(15-11=4)$. Kristal H_2 'de, bütün yalıtkanlarda olduğu gibi, aralık nispeten büyüktür ve az sayıda elektron bu aralığı geçebilir. Bir metaldeyse aralık sıfırdır ve değerlik elektronları (kimyasal bağlara ve kristal yapısına giren elektronlar) serbesttir. Bu olay metallerin elektrik iletmesini açıklar; 2 milyon atmosferden sonra katı H_2 'nin görünür ışığı absorbe ettiği, aralığın daraldığını ve elektronik eksitasyon sınırının azaldığını gösterir; 1.5 eV ile 3 eV arası. Katı H_2 saydamlığını yitirir; çünkü elektronlar artık ancak birkaç eV'lik fotonları absorbe etmekte ve bu enerji yardımıyla iletkenlik bandına geçmektedir.

Katı H_2 , metal (iletken) ile yalıtkan arası bir safhadan geçer, bu sırada aralık küçülmüştür, elektronlar iletkenlik bandına daha kolay geçer. Bu safhada katı H_2 , iki atomlu yapısını korumaktadır; çünkü H-H bağı titreşimleri azalsa bile devam etmektedir. O halde Wigner ve Huntington'un düşündüğünün aksine, H_2 monoatomik metal haline geçmeden önce diatomik metal oluşturmaktadır. Basınç arttıkça aralık daralmakta ve foton absorpsiyonu artmaktadır.

1927'de ifade edilen Herzfeld kuralı hâlâ geçerlidir: Basınç, kırılma indisini sonsuz yapacak kadar artarsa, bir metal oluşmuş demektir (kırılma indisi, bir ortamdaki ışık hızının boşluktaki ışık hızına oranıdır).

Hidrojenin 2,7 milyon atmosfer basınç altında metal halini alacağı tahmin edilmektedir. Mao ve Hemley gelecek deneyde 3 milyon atmosfere çıkacaklardır.

Katı H_2 'nin 200 Kelvin derece civarında süperiletken hal alacağı (direncinin sıfıra yakın olacağı) umulmaktadır. Böylece H_2 , bu kadar yüksek bir ısıda süperiletken olan ilk metal olacaktır. Konu astrofizikte de ilgilendirmektedir. Güneş sistemimizde dev gezegenler vardır; bunlar H_2 ve He'dan yapılmıştır. Bu gazlar çekim kuvveti altında sıkıştırılmış durumdadır. Jüpiter'de bulutların 8.500 km altında, basınç 2 milyon atmosfer üzerindedir ve H_2 katı haldedir. Bir nötron yıldızında da yoğunluklar o kadar büyüktür ki, H_2 katı halde olmalıdır. Katı H_2 'nin geleceğin en mükemmel süperiletkeni olmayacağını kim söyleyebilir?

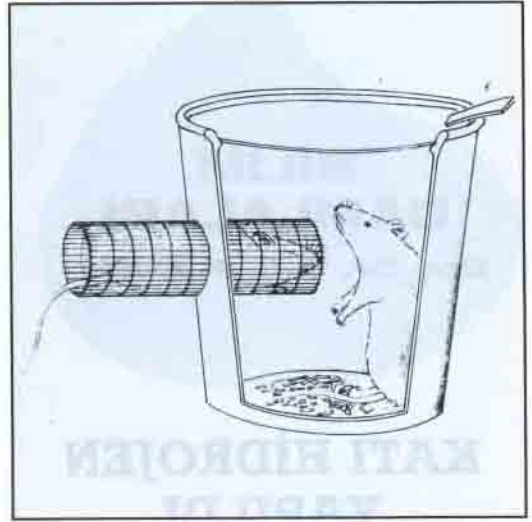
SIÇANLAR ARALARINDA NASIL HABERLEŞİRLER?

Etolojist (ırabilimci, karakterolojist) Karl von Frish'in arılar üzerindeki klâsik çalışmalarından sonra, hayvanlarda besin konusunda bilgi alışverişi üzerinde yeni çalışmalar yapıldı. Topluluk halinde yaşayan diğer böceklerde de haberleşme ve bilgi iletişimi olduğu ortaya kondu. Fakat diğer hayvanlarda bunlar nadirdi. "Zehirlenmiş bir hemcins" deneyleri şunu gösterdi: "Bir siçan, hasta bir siçanın içmiş olduğu bir suyu içmekten kaçınmaktadır. Böylece bugün, siçanlarda da bir çeşit haberleşme sistemi olduğu bilinmektedir. Siçanların gruplar (agregat) halinde yaşamaları, beslenmede güvenlik sağlamaya ilgilidir.

Kanada'nın Hamilton kentindeki Mac Master Üniversitesi'nden B.G. Galef ekibi, 1983'ten itibaren yaptığı 22 deneyde, deney siçanlarında besin konusunda haberleşme olduğunu kanıtladı. B.G. Galef ve S.W. Wigmore "doğal" bir deney plânı hazırladılar; bir siçan yuvasından uzakta bir besin yer ve geri dönüşüne bir diğer siçana rastlar. Birinci siçana demonstratör (D) (= öğretici), ikinci siçana observatör (O) (= gözlemci) diyeceğiz. Deneyler göstermiştir ki, O siçanları, D siçanlarının yemiş olduğu (ve zarar görmediği) besinleri tercih etmektedirler. Demek ki, O ve D siçanları arasında bir çeşit haberleşme vardır.

O siçanları ne kadar aç olurlarsa olsunlar, herhangi bir besini değil, D siçanlarının yemiş olduğu bir besini tercih etmektedirler. D'den O'ya bu bilginin nakli için D ve O'nun önceden birbirlerini tanımış olmaları şart değildir. Ayrıca bu bilgi nakli, besinin fiziksel özellikleri ile de ilgili değildir; hem sıvı, hem de katı besinlerle aynı sonuçlar alınmıştır.

Bugün bu bilgi aktarımında kokunun rolü olduğu kanıtlanmıştır. D ve O siçanları bir parmaklıkla ayrılırlarsa bilgi nakli devam eder. Buna karşı D ve O siçanları saydam bir plexiglas levha ile ayrılırlarsa bilgi nakli gerçekleşemez. Demek ki, görsel te-

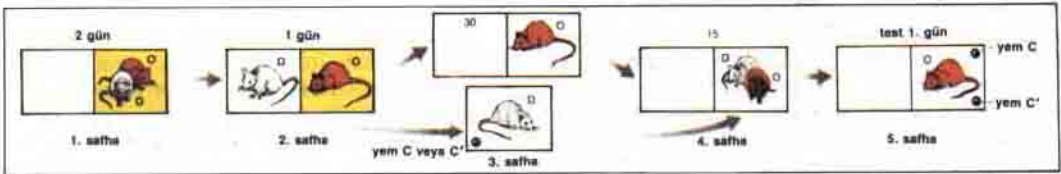


Anesteziyle uyutulmuş bir D siçanı, bir O siçanın besin seçmesini etkiliyor. D siçanı besin almamış olsa bile, bir besinin D siçanın başına sürülmesi, O siçanın besin seçmesini etkilemektedir. Oyuncak veya ölü bir siçanın başına bir besin sürülmesi, O siçanın besin tercihini etkilemez.

maslar bilgi nakli için yeterli değildir. Diğer 2 deney de bilgi aktarımında kokunun önemini göstermektedir. Bir D siçanı önce beslenip sonra anestezi ile uyutulur; D siçanından bir parmaklıkla ayrılan O siçanı buna rağmen D siçanının yemiş olduğu besini tercih eder. Ayrıca koku algaçları (reseptör) ZnSO₄ ile tahrip edilmiş O siçanları, D siçanlarından besin tercihi konusunda bilgi alamazlar.

O siçanlarının bir besini defalarca yemiş olmaları, sonucu etkilememektedir, yani O siçanları çok iyi tanıdıkları bir besini bile, D siçanları tarafından tavsiye edilmedikçe, yememektedir.

Galef'in bir diğer deneyi de çok ilginçti: Anesteziyle uyutulmuş bir D siçanı, bir tel silindiri içinde O siçanına yaklaştırılır. Bu durumda O siçanı yine D siçanının tadmış olduğu bir besini tercih eder. Söz konusu besini anestezi edilmiş D siçanına yedirmek yerine, onu D siçanının başına sürmek de O siçanı-



Demonstratör (D) ve observatör (O) siçanla Galef deneyleri. **Faz 1 - 2 gün**, D ve O bir parmaklıkla ikiye bölünmüş bir kafesin aynı bölümünde yaşar ve serbestçe standart bir yemi yerler (sarı). **Faz 2 - D ve O ayrılır ve 1 gün aç bırakılır.** **Faz 3 - O aç bırakılır, D başka bir odada başka bir kafese konur ve 30 dakika süreyle kakaolu (C) veya tarçınlı (C') yem yer (ikisinden biri verilir).** **Faz 4 - D 15 dakika O ile birlikte kalır.** **5 - D kafesten çıkartılır, O'nun kafesine biri kakaolu, biri tarçınlı iki cins yem konur; D kakaolu yem yemişse, O da kakaolu yem yer; D tarçınlı yem yemişse, O da tarçınlı yem yer.** Deneyler 1200 D-O çifti üzerinde tekrarlanmıştır. Hayvanın yediği yem miktarı yemlik tartılarak bulunur.