

BİLİM DAMLALARI

Doç.Dr. Selçuk ALSAN

ELEKTRİĞE DİRENÇ GÖSTERMEYEN METALLER (SÜPER-İLETKENLER)

13 atom berilyumun (Be) 1 atom uranyum (U) ile birleşmesinden elde edilen UBe_{13} alaşımını oluşturmak kolay olmadı. Fakat 1984'te fizikçi H.R.Ott ve arkadaşları bunu başardılar. UBe_{13} 1 yıl geçmeden fizikte en önemli maddelerden biri haline geldi. UBe_{13} 'ün garip özellikleri vardır. Elektronlar UBe_{13} içinde boşlukta (vakum) bulunuşlarına göre, 200 kat daha ağırmış gibi davranırlar. Düşük sıcaklıklarda UBe_{13} , hem birbirine karşıt, hem birbirlerini tamamlayan iki yapı arasında gelip gider: Aşırı iletkenlik (süper iletkenlik) ve mıknatıslanamayıp (anti-ferromanyetizm). İşin daha da ilginç yanı şudur: UBe_{13} 'ün süper-iletkenliği bugüne kadar bilinmeyen cinstendir. UBe_{13} bugün bilinen bütün süper iletkenlerden fazla Helyum 3 süper-sıvısına (süper-fluide veya aşırı sıvı) yakındır. Bu inanılmaz alaşım içinde neler olmaktadır?

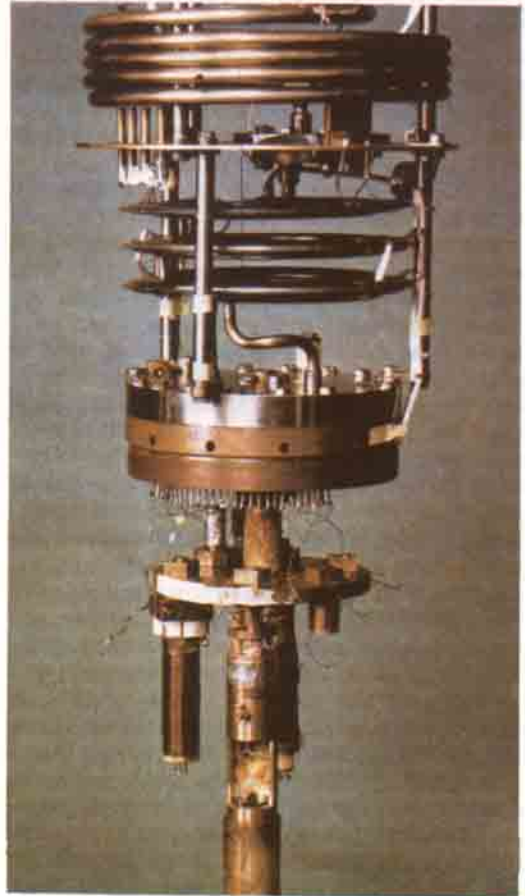
Bir metalden elektrik akımının geçmesini sağlayan serbest elektronlar hem birbirleriyle, hem de altlarındaki kristal yapı ile etkileşirler. Bu etkileşimler sonucu, elektronlar gerçek kütlelerinden farklı bir kütleyle sahipmiş gibi hareket ederler. Bu etkileşimler bir bakıma elbiseler gibidir. Elektronlar ne kadar etkileşime girerse, o kadar ağır gözükür. Boşlukta (vakum) ise bunun aksi olur: Elektronlar, olduklarından daha hafıfmiş gibi davranır. Genellikle iletkenlerde elektronlar gerçek ağırlıklarından 10 kat daha hafif veya 10 kat daha ağır olabilir.

Zürih'den H.R.Ott ve H.Rudigier, ABD'de Los Alamos'dan J.L.Smith ve Z.Fisk, geçen yıl UBe_{13} alaşımındaki elektronların normalden 192 kat daha ağır olduğunu buldular. Uranyum-platin alaşımı olan UPt_3 'te ise Leyde'den (Belux ülkelerinden) J.J.M. Franse, elektronların normalden 180 kat daha ağır olduğunu buldu. Elektronların ağırlaşması normal fizikle açıklanamaz, bu bulgulara bir açıklık getirmek gereklidir.

Elektronları ağırlaştırmış diğer alaşımlar da bilinmektedir: Cerium-alüminyum ($CeAl_3$), cerium-bakır-silisyum ($CeCuSi_2$) ve U_2Zn_{17} . Bütün bunlarda ortak olan şey, nadir toprak metallerinden birinin (cerium) veya bir actinide'in (uranyum) bir veya birkaç metalle alaşım yapmasıdır. Ağır metaller (U ve

ya Ce) alaşıma 5f diye bilinen yörüngedeki elektronlarını verir, bu elektronlar atomdan kolay kopmaz. Daha hafif-elementler (aliminyum, bakır, berilyum, platin, çinko) "p" ve ya "d" denen elektronları verir, bu elektronların atomdan kopması kolaydır. Bu iki tip elementin alaşımında, elektronlar uranyum atomları etrafında toplanır (f yörüngesini hatırlayarak). Fakat komşu "p" yörüngeleri sayesinde elektronlar bir yörüngeden diğerine atlayabilir. Elektronların etkili (efektif) ağırlığı neden artmaktadır? Çünkü elektronlar hem uranyum atomları ile, hem de kendi aralarında etkileşmişlerdir.

Elektronlarının etkili kütlesi artmış olan bu atomların önemi, süper-iletken olmalarından gelmektedir. Bunun için önce süper-iletkenliğin ne anlama geldiğini görelim. Süper-iletkenlik (1911'de civada keşfedilmişti) bazı metallerin 0-20 K° (K=Kelvin derecesi. Kelvin derece sisteminde sıfır noktası -273°C'dir) sıcaklık arasında, elektrik akımına olan dirençlerinin kaybolmasıdır. Elektriğe direncin kaybolmasının nedeni elektronların çiftler oluşmasıdır. Elektron çiftleri sür-



H.R.Ott, 1K altı ısılarda UB_{13} alaşımının özgül ısıyı ölçerek yeni tip bir süper-iletken keşfetti. Resmin üst bölümünde soğutucu, alt bölümünde ise Ott'un ölçmelerini yaptığı kalorimetre görülüyor.

ÖDÜLLÜ SORULAR

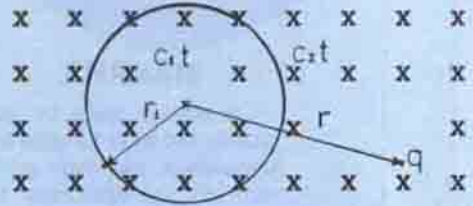
MATEMATİK:

1. $2^n + 2^{n+1} + 2^n$ sayısının birtam kare olmasını sağlayan tüm n doğal sayılarını bulunuz.

2. ABC üçgeninde $\angle A = 90^\circ$, bu üçgenin O merkezli çevrel çemberinin BC yayı üzerindeki bir nokta P, P'nin AB ve BC üzerindeki izdüşümleri L, M ve $[AP] \perp [LM] = O$ olduğuna göre, $OQ \perp AP$ olduğunu gösteriniz.

FİZİK

1. Sayfaya dik yönde bir manyetik alan bulunmakta ve bu alan yarıçapı r_1 olan bir dairenin içinde zaman t 'ye bağlı olarak $C_1 t$ şeklinde, bu yarıçapın dışında ise $C_2 t$ şeklinde artmaktadır. Herhangi bir yüklü parçacığın $t=0$ anında r_1 'den büyük bir r yarıçapta ve sıfır hızla başlayarak, yörüngesinin yarıçapı değişmeden ivmelenebilmesi için C_1/C_2 oranı ne olmalıdır?



2. Bir doğru akım güç kaynağı, direnci bililmeyen bir voltmetre ve değeri belli bir direnç veriliyor. Güç kaynağının iç direncinin hassas bir şekilde bulunması için nasıl bir yöntem izleyeceğinizi belirtiniz.

MART SORULARINI DOĞRU YANITLAYAN OKUYUCULARIMIZ

MATEMATİK: Özgür AKKUYU (İstanbul), Ali Aydın KOÇAN (Kayseri)

Fizik sorularını doğru yanıtlayan okuyucumuz yoktur.

(Mart sorularının yanıtları 35. Sayfadadır.)

türme olmadan hareket eder, böylece enerji kaybı önlenir ve direnç sıfıra düşer. Bu durum süper-sıvılarda da görülür. Süper-sıvılarda (= aşırı sıvılar) akışkanlık sıfırdır, çünkü sıvı elektronları çiftler oluşturmuştur.

Süper-iletkenlik sayesinde çok kuvvetli manyetik alanlar (40 Tesla'ya kadar) oluşturulabilir. Klasik yöntemlerle bu imkansızdır. XX. yüzyılda keşfedilen bütün süper-iletkenlerde (alüminyum, kurşun, Nb₃Sn vb.) elektronlar küresel simetri yapacak şekilde çiftler oluşturmuştur. Bu demektir ki, elektron çiftlerinde elektronların karşılıklı hareketi için belli bir simetri eksenini yoktur (fizik diliyle madde izotropdur). İzotrop tip süper-iletkenlikte, maddenin özgül ısı (1 gr. maddenin sıcaklığını 1°C arttırmak için gerekli ısı) ısının logaritması ile orantılıdır. UBe₁₃'ün özgül ısı ise, ısının küpü ile orantılı olarak değişir. Demek ki UBe₁₃, bir süpersıvı olan Helyum 3'e benzemektedir. Böylece metallerde yeni tip bir süper-iletkenlik bulunduğu anlaşılmıştır. Neden?

Uzun süredir süper-iletkenlik ile süper-sıvılığın doğanın ikiz kardeşleri olduğu bilinmektedir. Bunlardan ilki metalleri, ikincisi ise nötr gaz ve sıvıları içerir. Helyum 3'ün atomları, süper-sıvı yapmak için, süper-iletkenlerin elektronları gibi çiftler oluşturur. 1973'den beri bilindiğine göre Helyum 3 elektron çiftleri aşırı sıvı hallerinden birinde kendine özgü bir simetri eksenini gösterir (anizotropdur). Gerek Helyum 3'de, gerek UBe₁₃'de özgül ısı ısının küpü ile değişir. Demek ki UBe₁₃'ün iç yapısı bugüne kadar bilinen bütün süper-iletkenlerden farklıdır.

Bir çift oluşturan elektronlar birbirlerini çeker. Eski tip süper-iletkenlerde bu çekim, bir kristal ağına "fonon" denen titreşimlerine bağlıdır. Helyum 3'de ise bu çekim manyetikdir.

Şimdi süper-iletkenlik ile mıknatıslanma (ferromanyetizm) arasındaki ilişkiyi görelim. Mıknatıslanma bir metaldeki manyetik momentlerin birine paralel hal alışıdır. Helyum 3'de de manyetik momentler birbirine paralel olarak sıralanır. Bu hal süper-sıvılık halinin öncüsüdür. Süper-sıvılığın asıl yaratan şey süper-sıvıların atom hızlarının değişik olmasıdır. Helyum 3'ün manyetik özelliklerinin farklı oluşu, kendine özgü bir simetri eksenini oluşu (anizotropluk) ile ilgilidir.

UBe₁₃'ün manyetik durumu ne yazık ki Helyum 3'ünün tam tersidir: Manyetik momentler birbirine paralel olmayarak dizilir, buna anti-mıknatıslanma (anti-ferromanyetizm) denmektedir. U₂Zn₁₇ de böyledir. UBe₁₃ ve U₂Zn₁₇'nin süper-iletkenliği henüz anizotropluğa bağlanamamıştır, fakat Helyum 3'ün süper-sıvı oluşunun nedeni ise anizotropluk.

Moskova'lı iki araştırmacı, G.E. Volovik ve L.P. Gorkov, UBe₁₃'de geometrik küp biçimli bir kristal yapısı buldular. Bu küpün simetrisi küresel değildi. Helyum 3 ise bir sıvıdır. UBe₁₃'ün süper-iletkenliğini yok etmek için gereken manyetik alan (kritik manyetik alan) bütün diğer süper-iletkenlerden daha kuvvetlidir.

Böylece UBe₁₃'ün önemi anlaşılmaktadır: Gelecek yüz-

yıllarda insanlar çıkıp yaşamaya başladıklarında, manyetik alanı çok kuvvetli yıldızlarda bile UBe₁₃ ve benzeri metal alaşımları, -273°C'a yakın sıcaklıklarda elektriğe karşı hiçbir direnç göstermeyecektir. Kuvvetli manyetik alanı olan aşırı soğutulmuş cihazlarda elektrik hiçbir dirençle karşılaşmayacaktır.

Hiç bir hayvan, diğer bir hayvana hayranlık duymaz.

Blaise PASCAL