

SÜPER İLETKENLİK



Gördükleriniz dünyada şimdiye kadar imal edilmiş en büyük süper iletken mıknatıs bobinleridir. Şekillerinden dolayı "Yin ve Yang" olarak adlandırılıyorlar. Herbirinin yüksekliği sekiz metredir. Resim onların füzyon araştırmalarında kullanılmak üzere Kaliforniya'daki Livermore'a getirildiği sırada alınmıştır.

- Dünyanın en ileri teknolojilerine sahip fizik laboratuvarları, benzeri şimdiye kadar görülmemiş bir yarışa girmiş bulunuyorlar. Yeni maddeler ve daha düşük sıcaklıkların peşindeler. Bu yarışa kazanan, süper güçlü motor ve mıknatıslar, tasavvur edilemeyecek kadar hızlı bilgisayarların ve yüksek voltaj tellerini gerektirmeyen bir iletişim şebekesinin anahtarlarını elde edecek.

Brigitte RÖTHLEIN

Profesör "Bir kere daha deneyelim mi?" diye sorarken gözleri parlıyor. Dikkatle, bir kere daha, sıvılaştırılmış havayı güçlü bir daimi mıknatıs üzerine yerleştirilmiş küçük bir kara çubuk üzerine döküyor. Çubuk, birkaç saniye sonra sanki görünmez bir elle dürtülmüş gibi durduğu yerden kalkıyor ve birden mıknatısın üzerinde dolanmaya başlıyor.

Çocukca bir muziplik gibi görünen bu deneyin altında çok daha önemli şeyler yatıyor. Karlsruhe Çekirdek Araştırmaları Merkezi'ne bağlı Nükleer Katı Cisimler Fizik Enstitüsü'nün yöneticisi Profesör Hermann Rietschel, bu yılın Mart ayında bütün fizik uzmanlık çevrelerini şaşırtmış olan bir buluşu gösteriyor: Bu buluş, sıfırın altında 181°C'ta çalışan bir süper iletkendir.

Daha 1911 yılında; düşük sıcaklık araştırmalarının öncülerinden biri olan Leiden'li tabiat bilgini Heike Kamerlingh Onnes, yaklaşık -269°C'a kadar soğutulmuş olan cıvanın birdenbire elektrik akımını dirençsiz olarak iletmeye başladığını farketti. Cıva bu derecede, süper iletken bir hale geliyordu. Daha sonraki yıllarda fizikçiler, çok düşük derecelerde süper iletken duruma geçen gitgide artan sayıda metal ve metal bileşimleri buldular. Ne var ki, bunların hepsini -240°C'ın çok altına kadar soğutmak gerekiyordu; çünkü, ancak bu derecelerde süper iletkenlik özelliğini göstermeleri sağlanabiliyordu. Bu da çok eziyetli ve pahalı bir işlemle mümkün kılınabilmekteydi. En kullanışlı soğutma aracı olan sıvılaştırılmış azot ancak -196°C'a erişebiliyordu.

İşte bundan dolayı, bir maddeyi daha da soğutabilmek için sıvılaştırılmış helyum kullanmak gerekmektedir. Sıvılaştırılmış helyumun derecesi çok daha düşük olup, -269°C'tır. Yalnız, helyuma tabiatla sadece iz olarak rastlanmaktadır; mesela doğal gazdan süzülmesi gerekir. Sıvılaştırılması da masraflıdır. Onun için süper iletkenler ilk önce masrafın gerçekten göze alınabildiği yerlerde kullanıldılar. Mesela süper iletkenler, fazla elektrik tüketen çok güçlü elektromıknatıslara gerek duyulduğu yerlerde imdada yetişiyorlardı. Bugünkü çekirdek füzyonu deney tesislerini kısa bir süre işletmek için bile, büyük bir atom santralinin elektrik gücünün yarısına ih-

tiyaç vardır. Bu gücün en büyük kısmı da bobinlerde ısı olarak kaybolmaktadır. O halde süper iletken bobinlerden yararlanmak daha akla yatkın görünmektedir.

1970'li yılların başında, süper iletkenler konusu artık kapanmış gibi görünüyordu. O sıralarda bir süper iletkenin erişebileceği en yüksek sıcaklık derecesinin gene de şaşırtıcı sayılabileceğimiz -250°C olduğu kabul ediliyordu. Hatta üç Amerikalı fizikçi John Bardeen, Leon Cooper ve Robert Schrieffer bu konuda teorik-fiziksel açıklamalarda bulunmuşlar ve bunlardan dolayı 1972 yılı Nobel Ödülü'nü kazanmışlardı. Daha yeni ve heyecan verici bir şeyler bulmak isteyen fizikçiler ise, daha başka ve daha fazla umut verici alanlara yöneliyorlardı. Geri kalan az sayıda araştırmacı ise, çoğunlukla maddi zorluklarla karşılaşyordu. Bütün bunlara rağmen, süper iletkenler konusunda yapılan deneyler hiçbir zaman bütünüyle kesintiye uğramadı. Arada -250°C 'tan daha yüksek sıcaklıklarda süper iletken olabilen maddeler bulduklarını ileri sürerler oldu ama, sonunda hep yanıltmış oldukları görüldü. İşte bu sebepten; Nisan 1986'da Zürih'de bulunan IBM Araştırma Laboratuvarı'nda çalışan Alex Müller ve George Bednorz tarafından yayınlanmış olan makale, genel olarak kayıtsızlıkla karşılandı. İki araştırmacı, -238°C 'ta elektriksel direncini kaybeden bir madde bulduklarını söylüyorlardı. Üstelik dediklerine göre, bu madde şimdiye kadar kullanılmış olan metal bileşimlerinden biri değil, özel bir kristal biçiminde düzenlenmiş maden oksitlerinin karışımından oluşan, seramiğe benzer bir malzeme idi.

Bilim çevreleri önce bu haber karşısında çekingen kaldılar. Ancak, her iki araştırmacı 1986 sonbaharında bu madenin süper iletkenliğini bir kere daha ispatlayınca bütün şüpheler dağıldı: Gerçekten de daha yüksek derecelere erişilme imkânı sağlanabilmişti.

YTTRİUM BİRDEBİRE KIYMETE BİNİYOR

Profesör Rietschel, "Bu buluştan hemen sonra, fiziğin tarihinde şimdiye kadar eş görülmemiş çok hızlı bir gelişme oldu. Bu gelişme, özellikle Japonya, Çin, ABD ve Almanya'dan başlayarak şimdi bütün dünyayı sardı" diyor. Dünyada bu konu ile ilgili hemen her laboratuvarında bilim adamları eski simyacılar gibi, bin türlü maddeyi birbirine karıştırıp ezip öğütterek deneyler yapmaya koyulmuşlardır. Sonuçta rekor haberleri de birbirini izlemeye başlamıştır:

— Tokyo Üniversitesi'nden Profesör Tanaka; Kasım 1986'da ilk defa, daha önce İsviçre'de yapılmış olan deneyleri doğruladı.

— Bir ay sonra ABD'de, hem American Telephone and Telegraph Company Laboratuvarı, hem de Teksas'taki Houston Üniversitesi araştırma ekibinden Profesör Chu -277°C 'ta süper iletim yapabildiklerini açıkladılar.

— Houston grubu, ekibin bulduğu maddeyi yüksek bir basınca tabi tuttu ve -221°C gibi daha iyi derecelerde süper iletkenlik sağladı. Hatta, -196°C 'a bile erişilebileceği ortaya çıktı.

— Şubat 1987 sonunda Houston Üniversitesi daha şimdiden -175°C 'ta süper iletkenliğin sağlandığını açıkladı.

1987 NOBEL FİZİK ÖDÜLÜ'NÜ ALAN ARAŞTIRMACILAR:



Yüzyılın buluşunu yapan iki araştırmacı: İsviçre'den K. Alex Müller (solda) ve Almanya'dan J. Georg Bednorz (sağda).

— Mart 1987'de New York'ta tarihe geçecek bir fizikçiler toplantısı yapıldı. Bütün dünyadan düzinelerce araştırmacı en yeni buluşlarını anlattılar. Heyecanlı bilimsel tartışmalar, gün doğuncaya kadar sürdü.

— Mayıs 1987 sonlarında Wayne Eyalet Üniversitesi'nde çalışan Amerikalı bilim adamları bütün rekorları kırarak -33°C 'a eriştiklerini açıkladılar. Yalnız, bu haber kesinlikle doğrulanamamıştır.

Bu fevkalade şaşılacak davranışı gösteren maddeler nelerdir? Rüşchikon'daki araştırmacıların kullandığı madde, Baryum (Ba), Lantan(La) ve Bakır (Cu) maddelerinin bir oksitidir. Bundan dolayı Profesör Rietschel onu kısaca BALACUO olarak adlandırmaktadır. Ayrıca şunları belirtiyor: "BALACUO'nun olağanüstü yönü, her şeyden önce bir çeşit seramik olması ve diğer metallerle fazla bir ortak yönünün bulunmamasıdır". Gene Rietschel'in yaptığı ek açıklamaya göre, yapısı bakımından BALACUO, Perowskiterle akrabadır. Bakır atomları bir oktaederin (sekiz yüzlünün) merkezinde yer almıştır. Oktaeder, altışar oksijen atomundan oluşmuştur. Bu atomlar bir düzlem üzerinde birbirine bağlanmışlardır. Düzlemler arasında lantan atomları yerleştirilmiştir. Bunların yerine az oranda baryum atomları geçebilmektedir.

Daha sonraki deneylerde baryum yerine stronsiyum, sonra kısmen yttrium kullanılmış bulunmaktadır.

Karlsruhe'deki Çekirdek Araştırmaları Merkezi'ne bağlı Nükleer Katı Cisimler Fiziği Enstitüsü'nün laboratuvarında bu gibi maddelerden raflar dolusu üretilmiş olup; bunlar her türlü şartlarda öğütülmekte, sıkıştırılmakta ya da yakılmaktadır. Her birinin de az ya da çok değişik özellikleri vardır.

Şimdi kuramcılar bulunan bu maddelerle daha önce geliştirmiş oldukları üstün iletkenlik teorisini bağdaştırmak istiyorlar. Görünüşe göre işleri pek kolay değil!



Bu küçük süper iletken plakadan, soğutulmuş olduğu zaman onu elektromıknatis haline getiren bir akım akar. O zaman plaka, altındaki daimi mıknatısın üstünde askıda kalır.

Olağan iletkenlerin, mesela bir bakır kablunun akımı nasıl geçirdiği konusundaki varsayımlarımız geçerliliğini korumaktadır. Bakırın, bütün diğer metaller gibi kafes biçimli bir yapısı vardır. Atomları kafesin bağlantı noktalarına yerleşmişlerdir ve titreşirler. Bakır ne kadar fazla ısınır, atomları da o kadar şiddetle titreşmektedir. Bu durumda zaten elektronlardan oluşan elektrik akımı bakırdan geçirilirse, elektronlar kafesin aralıklarını aşarlar. Ancak arasıra bu elektronlardan biri, titreşen kafes atomlarından birine çarpar. Sonuçta elektron saptırılmış ya da yavaşlatılmış olur ama, kafes atomu, çarpmanın etkisiyle daha şiddetle titreşmeye başlar. Sonrasını herkes bilir: Elektrik akımı bir telden geçtiği zaman tel bir yandan ısınır, diğer yandan da geçen akımı frenler ya da zamanların ifadesiyle akıma karşı "direnc" gösterir.

Süper iletkenlerde ise durum bambaşkadır: Orada elektronlar hiçbir şekilde engellenmeksizin kristal kafesten geçer, hiçbir şeye çarpmaz ve dolayısıyla frenlenmezler. Bu nasıl oluyor?

Bardeen, Cooper ve Schrieffer adlı fizikçilerin 1958'de ortaya çıkardıkları gibi, kafes atomlarının titreşimi o kadar zayıftır ki, başka bir olay ön plana geçmektedir. Bu olay, kristal kafesten geçen elektronlar arasındaki çekim etkisidir. Bu etkiyi ileten, kafesin titreşimleridir.

Bir elektron, kafesi aştığı sırada bu titreşimlerden etkilenmektedir. Bu en küçük parçacıkların dünyasında bulunan bir elektron, artık bildiğimiz büyük cisimler dünyasındaki gibi değil, kuantum mekaniğinin kanunlarına göre davranmaktadır. Bunun bir süper iletkendeki sonucu; elektronun kendisine bir ortak, yani ikinci bir elektron aramasıdır. Böyle bir ortağın arandığı, kafesin titreşimleri aracılığıyla iletilir. Bu sayede, aynı yerde olmasalar bile, her zaman birbirine uyan iki elektron bulunabilir; çünkü, fizikçilerin "foton" diye adlandırdıkları kafes titreşimleri bilgiyi bir elektrondan diğerine iletmektedir. Böyle elektron çiftlerine bulucularının adı verilmiş olup, "Cooper çiftleri" olarak tanınmaktadır.

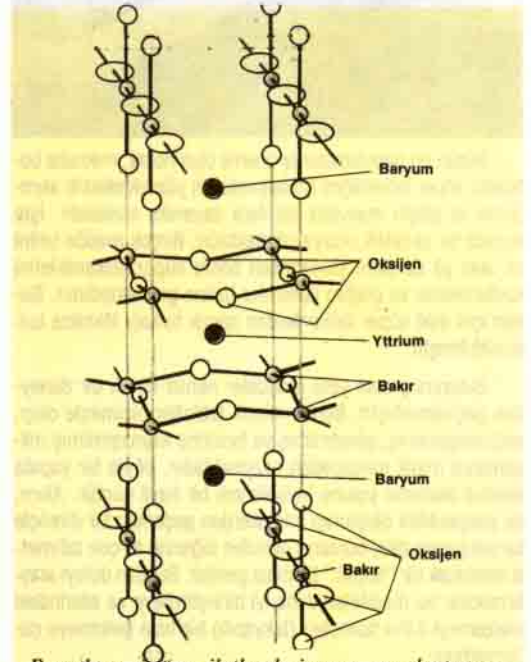
Bir Cooper çiftinin elektronları arasındaki bağlantı, birbirlerinden uzakta bile olsalar o derece sağlamdır ki; başlarına kafes atomlarına çarpmaya yeterli bir enerjileri kalmaz. Böyle elektron çiftleri çarpmadan kafesten sızarlar. İşte, bir

süper iletkenin akıma karşı direnc göstermemesinin sebebi budur.

Belirttiğimiz bu BCS (Bardeen-Cooper-Schrieffer) teoris, şimdiye kadar çok düşük sıcaklıklarda yeterli olmuş, hatta teorisin yardımıyla birçok maddenin hangi derecede süper iletken durumuna geleceği bile hesaplanabilmektedir.

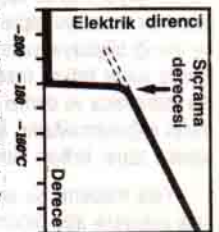
Şimdi ise kuramcılar bulunan bu yeni maddeler dolayısıyla başka bir problemle karşılaşmışlardır: Nisbeten yüksek derecelerde elektron çiftleri nasıl oluşabilmektedir? Bunun cevabı henüz verilememiştir.

Kuramcılar bir çözüm arayadursunlar, uygulamacılar bu yeni süper iletkenler için çeşitli kullanma alanları bulmuşlardır. Başlangıçta söylediğimiz gibi, günümüzde süper iletkenlerden özellikle güçlü mıknatıs bobinlerinin yapımında yararlanılmaktadır. Bunlar yalnız nükleer füzyon araştırmalarında değil, o muazzam parçacık hızlandırıcılarında ve insanın içini güçlü mıknatıs alanlarının yardımıyla aydınlatan nükleer spin-tomografılarında da kullanılıyorlar.



Burada yeni süper iletkenlerin yapısını oluşturan kristal kafesin bir bölümü görülüyor. En önemli nokta, bakır-oksijen katları arasında Yttrium ya da Baryum atomlarının yer almasıdır.

Yukarıdaki diyagram, sıcaklık düşerken elektriksel direncin nasıl birdenbire yok olduğunu gösteriyor. Bir "sıçrama derecesi"nden itibaren üstün iletkenlik oluşmaktadır. Şimdi her defasında daha yüksek sıçrama derecelere ulaşmak için bir yarış başlatılmıştır.





Bütün bu uygulamalarda önemli olan nokta, mıknatıs bobininin süper iletkenliğini kaybetmeksizin yüksek elektrik akımlarına ve güçlü manyetik alanlara dayanıklı olmasıdır. İşte burada bir aksaklık ortaya çıkmaktadır: Birçok madde belirli bir alan ya da akım şiddetinden sonra süper iletkenliklerini kaybetmekte ve olağan iletkenler haline gelmektedirler. Bunun için eski süper iletkenlerden ancak birkaçı teknikte kullanılabilmiştir.

Bulunmuş olan yeni maddeler henüz etraflı bir deneyden geçirilmemiştir. Bunlar küçük tabletler biçiminde olup, yoğunlaştırılmış, sıkıştırılmış ve birbirine kaynaştırılmış milyonlarca minik parçacıktan oluşmaktadır. Böyle bir yapıda elektrik akımının yolunu bulabilmesi bir hayli güçtür. Akım, bu parçacıklardan oluşan kristallerden geçerken bir dirençle karşılaşmasa bile, bunların birinden diğerine az-çok zahmetle atlayacak bir "köprü" bulması gerekir. Bundan dolayı araştırmacılar bu maddeleri daha iyi birleştirmeye ve ellerindeki malzemeyi daha homojen (tekyapılı) bir hale getirmeye çalışmaktadır.

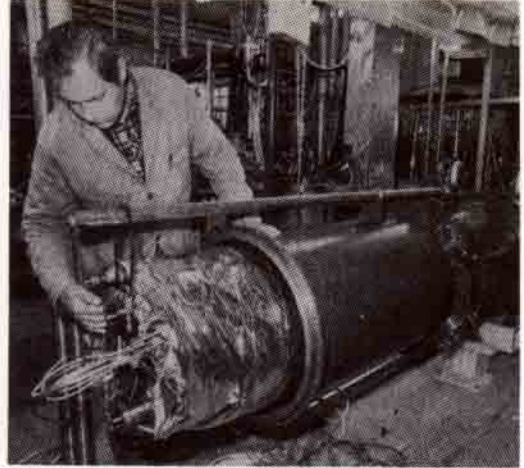
PÜSKÜRTME USULÜ İLE BİLGİSAYAR "CHİP"LERİNİN YAPIMI SAĞLANACAK

Başka bir imkân, malzemeyi tablet biçiminde sıkıştırmak yerine, gayet ince bir süper iletken tabakasını püskürtme ile başka bir maddeye kaplamaktır. Nitekim IBM, Nisan 1987'de bu tekniği bilgisayar yapımında kullanmaya başlamıştır. Yöntemde süper iletken madde çabucak binlerce dereceye kadar ısıtılmakta ve derhal istenen malzemenin üstüne kaplanarak soğutulmaktadır. Bir daha ısıtıldığı zaman, kaplanmış tabaka süper iletken hale gelmektedir.

Yeni malzeme şu anda özellikle SQUID denen çok duyarlı manyetik alan ölçüm aletlerinin yapımında kullanılıyor.

Parçacık hızlandırıcılarındaki süper iletkenler: Hamburg'taki yeni HERA halkasına yerleştirilmiş olan bobinler süper iletkenlerdir.

Nükleer spin tomografisinde süper iletkenler: İnsanların "içinin aydınlatılması" için çok kuvvetli manyetik alanlara ihtiyaç vardır.



Bunların kaplama kalınlığı bir insan saçının kalınlığının yüzde biri kadar olup, insan beyninde oluşan en zayıf manyetik alanları bile ölçebilmektedirler. Dolayısıyla yeni malzemenin tıpta insan vücudundaki hastalıkların teşhisinde de yararlı olacağı umuluyor. Çekirdek fizyonu araştırmalarında sıcak plazmanın manyetik bir kafes içinde hapsedilmesini sağlamakta bu süper iletkenlere ihtiyaç olacaktır.

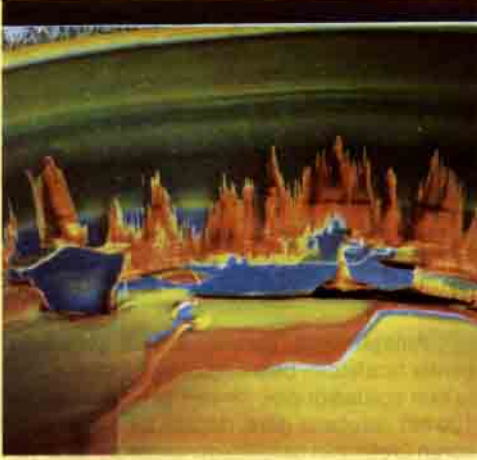
SÜPER İLETKEN BİR BOBINİN BAŞINA GELEBİLECEK EN KÖTÜ ŞEY: ISINMA

Günümüzde mıknatıslarda kullanılan Niob-Titan alaşımı, tıpkı yeni bulunan diğer maddeler gibi oldukça kırılıgandır ve tel halinde çekilip bükülemez. Bundan dolayı Karlsruhe'deki araştırmacılar umut verici yeni bir teknik geliştirmişlerdir: Süper iletken bakır ile çevrelenmekte, sonra birlikte sıkıştırılıp çekilmektedir. Bakır kılıf içteki sert maddeyi o kadar sıkı kavramaktadır ki, madde kırılıp dökülmemektedir. Böyle bakır kılıflı süper iletken malzemeler, teller halinde çekilip bobin sargısı olarak kullanılabilir.

Bu gibi maddelerden yapılan bobinlerde her zaman bir arıza ortaya çıkabilir. Korkulan arıza, maddeyi devamlı olarak -268°C'ta tutan helyum soğutmasının herhangi bir yerde bozulması ya da akım girdaplarının teli süper iletkenliğini kaybettirecek kritik derecenin üzerinde ısıtmasıdır. Büyük füzyon bobinlerinde böyle bir kaza, 16 kiloluk bakır bobinin buharlaşmasına yol açabilir.

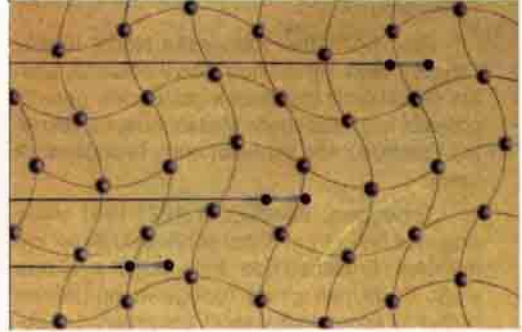
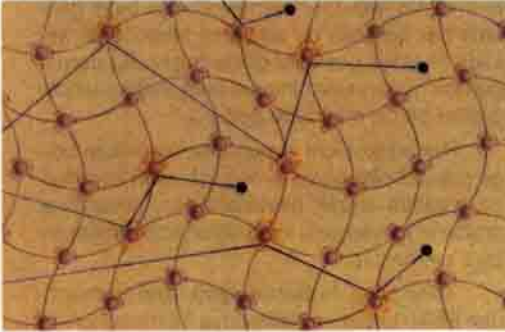
Böyle korkunç kazaların olmasını önlemek için, bobinleri, süper iletkenin yanında bir de kalın bir normal iletken bulunacak şekilde yapmak gerekir. Normal iletken, böyle bir durumda ortaya çıkacak güçlü akımı yüklenip aktarabilecektir. Bir de, bu muazzam bobinlerin, manyetik alanda ortaya çıkan ve kendilerini devirmeye ya da eğmeye çalışan büyük

FOTOĞRAFIN DÜŞÜNDÜRDÜKLERİ



Geçen sayıda yayınladığımız ve yanda gördüğünüz resim, normal kuvars taşlarının, binlerce yıllık oluşum sürecinde yer tabakalarındaki başka minerallerle etkileşerek akik taşlarını nasıl oluşturduğunu göstermektedir.

Altındaki resimle sizleri yine düşüncenin ufkuna çekmek istiyoruz.



Akım bir ileticiden nasıl akar? Solda normal bir tel görüyoruz. Akımı meydana getiren elektronlar, metal kafesin arasından geçiyor ve zaman zaman da kafesin atomlarına çarpıyorlar. Bundan dolayı enerji kaybederken tel ısınıyor. Sağda ise bir süper iletken yer alıyor: Burada iki elektron bir "Cooper çifti" şeklinde bağlanmışlardır. Bağlanış dolayısıyla artık kafese çarpacak bir enerjileri kalmamıştır. Kafesten dirençsiz süzülürler ve hiç enerji kaybetmezler.

mekanik güçlerin etkisinde kaldığı unutulmamalıdır. Onun için bu bobinler anılan güçlere karşı koyabilen ek bir çelik kılıf ile kaplanmaktadır.

Karlsruhe'den getirilen bobin, önce bir kriyostat ile denemiştir. Kriyostat, ev kadar büyük bir soğutma cihazıdır. -268 ve daha düşük derecelerde yapılan testlerin başarılı olması üzerine, bobin 1984 sonunda Tennessee'deki Oak Ridge'e gönderilmiş olup, şimdi başka ülkelerden gelen benzerleri ile birlikte deneylere tabi tutulmaktadır.

Araştırmacıların umudu, yeni malzemenin artık pahalı helyumla değil, azotla soğutulabileceğidir. Azotla soğutma helyumla soğutmaktan kırk misli daha ucuz olmaktadır. Hatta günün birinde oda sıcaklığında bile süper iletken olabilen maddelerin bulunabileceği umuluyor.

Yeni süper iletkenler bize ne sağlayacak? Cevap olarak Profesör Rietschel'in 1981'de daha bu maddeler bulunmadan önce söylemiş olduklarını aktaralım: "Eğer elimizde ideal yani akımı kayıpsız geçirecek bir iletken olsaydı, o zaman transistörler ve onları izleyen yarı iletken teknolojisi kadar önemli teknik bir devrim yaratabilirdik. İş görebilen küçücük jeneratör ve motorlar, muazzam yüksek gerilim hatları yerine göze görünmez yer kabloları, şimdiye kadar erişilmemiş mükemmellikte elektronik parçalar ve yeni bir bilgisayar kuşağı bu devrimin uygulamada getireceği yığınla yeniliğe sadece birkaç örnektir."

Bakalım önümüzdeki yıllarda bu alanda daha ne gibi şaşırtıcı gelişmelerle karşılaşacağız?

P.M.'den çev.: Dr.Ergin KORUR

1987 Nobel Kimya Ödülü'nü alan bilim adamları ve çalışmaları ile ilgili açıklamayı gelecek sayımızda bulabilirsiniz.