

## Proje Yarışması

TÜBİTAK Bilim Adamı Yetiştirme Grubu'nun düzenlediği Lise Öğrencileri Arası Araştırma Projeleri Yarışması'nda bu yıl fizik dalında birincilik ödülü, Ayfer Yılmaz ve Canan Pamuk'un birlikte yürüttükleri projeye verildi. Bu sayıda, Ayfer Özgür ve Canan Pamuk'a birincilik ödülü getiren, Bazı Olası Süperiletken Maddelerin Hazırlanması ve Geliştirilen Model Bir Aygıtla Süperiletkenliğin Saptanması konulu projeyi tanıtıyoruz.

# Bazı Olası Süperiletken Maddelerin Hazırlanması ve Geliştirilen Model Bir Aygıtla Süperiletkenliğin Saptanması

Süperiletkenlik, elektrik akımını oluşturan elektronların madde içi etkileşimlerden uzak, kayıpsız ilerleyebilirliğidir, yani direncin sıfır olduğu durumdur. Son yıllarda yapılan araştırmalar sıvı azot sıcaklığının üzerinde süperiletkenlik kazanan, mekanik dayanıklılığı çok az karışımlar elde edilmiştir. Süperiletkenle-

rin endüstride geniş ölçüde kullanılabilmesi için, bunlara üretim sırasında istenilen şeklin verilmesi gerekir. Bu noktadan hareketle araştırmalar, süperiletkenlere esnek yapılar kazandırma konusunda yoğunlaşmıştır. Hazırlanan süperiletken karışımların %100'e yakın safıta olması çalışmalar sırasında araştı-



macılar için daima bir handikaptır. İşte, İzmir Fen Lisesi'nden Canan Pamuk ve Ayfer Özgür, süperiletkenlik konusundaki çalışmalarına katkıda bulunmak amacıyla bu çalışmaları hızlandıracak, kullanılabilirliği yüksek bir inceleme ve araştırma sistemi geliştirmek, saflık derecesi düşük ve sıvı azot sıcaklığı üzerinde faz geçişi yapan karışımlar hazırlayarak, geliştirecekleri sistemle hazırladıkları örneklerin özelliklerini incelemek üzere laboratuvara girmiş iki öğrenci.

Bir malzeme süperiletkense  $T_c$  kritik sıcaklığını saptamak için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu iki öğrenci gencimiz, sistem gerilim (V) ve akım ölçümlerine dayanan dört uç DC metoduyla çalışan bir sistem geliştirmişler.

Geliştirdikleri sistem ise, iç içe geçmiş üç silindirik pirinç borudan oluşuyor. Sistemde en içteki ince silindirik boru numune tutucu ve kabloların giriş çıkışını sağlamak için düşünülmüş. İkinci boru bütün sistemi vakum altına alabilmek ve dıştan ısıtma sağlamak amacıyla yöneliktir. En dıştaki kılıf ise tüm sistemi direkt sıvı azot temasından kurtarmak için tasarlanmıştır.

Boruların pirinçten olması, pirinçin ısıyı iyi iletmesi ve ısı değişimlerine dayanıklı olması nedeniyle istenmiştir.

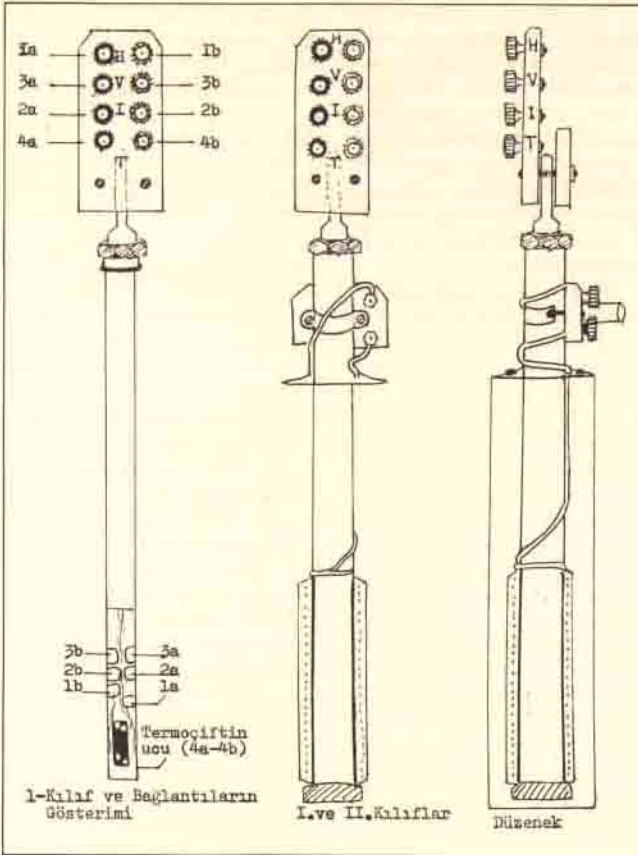
Canan Pamuk ve Ayfer Özgür kurdukları düzeniğin yapısını şöyle açıklıyorlar: Süperiletken numune en içteki kılıfın ucuna yerleştirilir. Numune üzerinden akım geçirilmesi ve voltaj ölçülmesi için yapılan elektriksiz bağlantılar kılıf içindeki tabloya ulaşır. Bu da akım ve voltaj

ölçümlerinde pratiklik sağlar (Şekil 1).

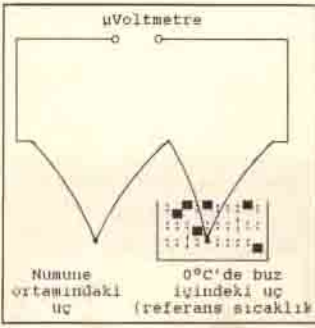
Kritik sıcaklığı saptamak için ise termometre yerine çok daha hassas ve kullanışlı olan termocift yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde bakır-konstantan tellerden oluşan termociftin bir ucu referans olarak kabul edilen  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de buza batırılır. Diğer ucu ise kılıf içinden numuneye ulaşır (Şekil 2). Yukarıda açıkladığımız birimler düzeniğin esasını oluşturur. Numunenin sıvı azotla direkt temasını, böylece de olayın ölçülebileceği kadar hızlı gerçekleşmesini önlemek amacıyla üzerine ikinci ve üçüncü kılıflar yerleştirilmiştir. Böylece daha hassas ölçümler yapmak mümkün olmuştur.

İkinci kılıf, üzerinde ısıtıcıya da bulundurulur. Tamamlanmış olduğumuz düzenekte dıştan ısıtma yöntemi kullanılmıştır. (Isıtıcı teller ikinci kılıfın üzerine sarılmıştır.) Isıtıcı, soğutulmuş sistemde ölçümlerin bir de ters yönde yapılarak olayın doğruluğunun kanıtlanmasını sağlar. Isıtmadan elde edilen ölçümler (sistemdeki diğer ünitelerden kaynaklanan ısı kaybı nedeniyle) soğutmadan elde edilenlerle tamamen aynı değildir, fakat paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Öğrencilerin hazırladığı olası süperiletken sistem Y, Ba, C, O, Başlangıç malzemeleri olarak  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , BaCO<sub>3</sub> ve CuO kullanmışlar. Elementlerin karışma oranlarını hesapladıktan sonra bu malzemeler karışım haline getirilmiş, öğütülmüş daha sonra ısıtılıp kalsine edilmiş. İkinci bir öğütmeden sonra bu süperiletken karışımlar kalıplanarak tablet haline getirilmiş (Şekil3).



Şekil1: Sistem, iç içe geçmiş üç silindirik pirinç borudan oluşmuş. Sistemde en içteki ince silindirik boru numune tutucu ve kabloların giriş çıkışını sağlamak için düşünülmüş. İkinci boru bütün sistemi vakum altına alabilmek ve dıştan ısıtma sağlamak amacıyla yöneliktir. En dıştaki kılıf ise tüm sistemi direkt sıvı azot temasından kurtarmak için tasarlanmıştır.



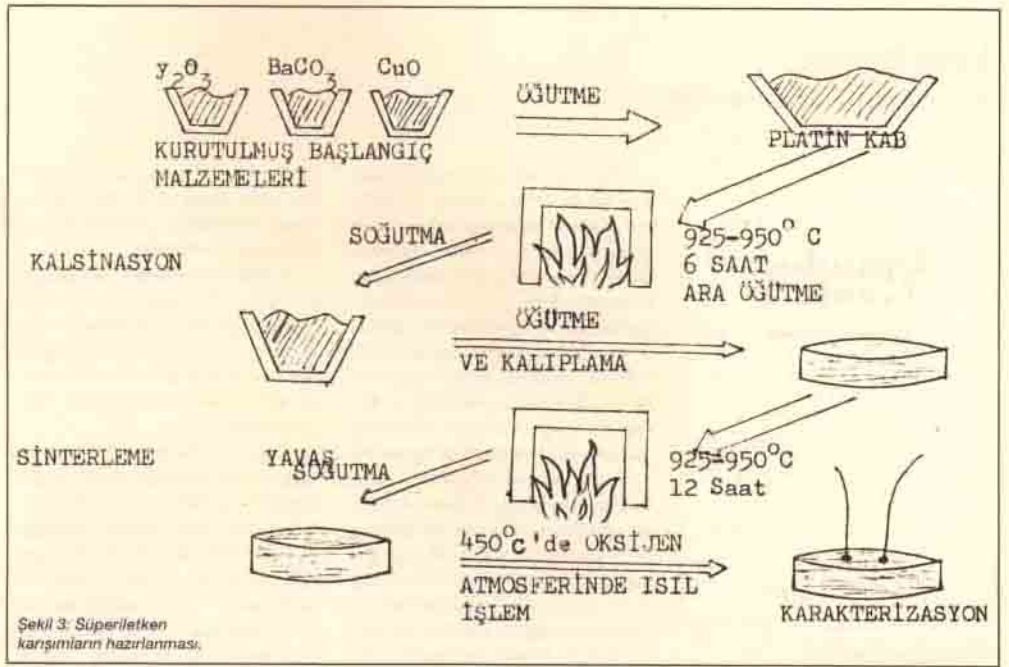
Şekil 2: Bakır-konstantan tellerden oluşan termociftin bir ucu referans olarak kabul edilen 0 °C'de buza batırılır. Diğer ucu ise kılıf içinde numuneye ulaşır.

Numuneler Türkiye'nin çeşitli yörelerindeki maden yataklarından elde edilmiş. Tartma işlemi 1/2, 2/3 mol oranlarında yapılmış; öğütme işlemi ise değirmen yardımı ile 10 µm mertebesinde gerçekleştirilmiş, daha sonra bu öğütülmüş madenlerden karıştırılıp ahat havanda elle ezilmiş. Kalsine etme işlemi ise 925-950 °C sıcaklıkta 10-20 saat sürmüştür. Bu işlemden sonra ahat havanda elle öğütme işlemi tekrarlanmış ve bu malzeme 3-4 ton/cm<sup>2</sup> lik bir basınçla 1 cm çaplı tabletler halinde presleyerek 1000-2000 °C sıcaklıkta 10-12 saat süreyle fırında tutulmuş. Bu numuneler en son ince tabakalara ayrılmış ve deney düzeneğine yerleştirilmiştir.

Eldeki hazır Bi<sub>1.7</sub>Pb<sub>0.3</sub>Sr<sub>0.3</sub>Ca<sub>0.7</sub>Cu<sub>2</sub>O<sub>x</sub> ve hazırlanan YBaCuO<sub>x</sub> sistemleriyle yapılan deneyler ve ölçümler sonucunda geliştirilen sistem, süperiletkenliğe geçişi izlemekte. Te değerini saptamada öğrencilere oldukça kolaylık sağlamış ve güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

Canan Pamuk ve Ayfer Özgür bulguları konusunda şu açıklamada bulunuyorlar:

Kritik sıcaklık, süperiletken malzemelerle ölçülmesi gereken önemli bir kriterdir. Kurmuş olduğumuz düzenekte hazır Bi<sub>1.7</sub>Pb<sub>0.3</sub>,



Şekil 3: Süperiletken karışımların hazırlanması.

3Sr<sub>0.3</sub>Ca<sub>0.7</sub>Cu<sub>2</sub>O<sub>x</sub> örneğinin süperiletken faza geçişini inceledik. Sistemin soğuması sırasında örneğe sabit I=3 mA'lık akım göndererek termociftin ve örneğin uçları arasındaki potansiyel farkını (mV cinsinden) sürekli ölçüp kaydettik. Daha sonra termociftin uçları arasındaki potansiyel farkına karşılık gelen sıcaklıkları, f (V) = T tablosundan bulduk. Örneğin kritik sıcaklığı 80 K olarak saptadık. Ölçümleri soğutma ve ısıtma olmak üzere çift yönlü yaptık.

Aynı şekilde kendi hazırladığımız YBaCuO<sub>x</sub> sistemiyle de deneyler yaptık. Kritik sıcaklığı 81 K olarak saptadık.

Süperiletken malzemeler için belirlenen bir başka deneysel değer de kritik akım yoğunluğu (J<sub>c</sub>) oldu. Kritik akım yoğunluğu, süperiletkenlik kazanan malzemenin özelliğini yitirmeden ne kadar akım taşı-

yabileceğini belirler. Akım yoğunluğu belirlemek için süperiletken faza geçmiş olan YBaCuO<sub>x</sub> sistemi üzerinde, akımı yavaş yavaş yükselterek numune uçları arasındaki potansiyel farkının akımla değişimini kaydettik.

Elde ettiğimiz gerilim-akım grafiğinde eğimin keskinleştiği noktadaki akım değerini, örneğimizin kesitine oranlayarak kritik akım yoğunluğunu 85 A/cm<sup>2</sup> olarak saptadık. Sonuçta, geliştirdiğimiz sistem, aranan özelliklere sahip süperiletkenlerin araştırılmasında kolaylık sağlamaktadır ve çalışmalarda hız kazandırmak açısından oldukça kullanışlıdır.

Saflik derecesi düşük malzemelerden süperiletken karışımların hazırlanması ve araştırmaların sonucunda başarılı sonuç alınması, safsızlığa ulaşmak için harcanan çabaları ortadan kaldıracak, süperiletkenlik

üzerindeki çalışmalarda kolaylık sağlayacaktır.

Elektronikçilerin amacı süperiletkenleri de kullanarak hızlı işlemcilerle sahip, küçük boyutlu, yüksek verimli, güvenilir aletler geliştirmektir. Yapılan çalışmalarla süperiletkenlerin detektörler, amplifikatörler, picosecond mertebesinde çalışan devreler, çok duyarlı magnetometreler, alçak gerilim doğrusal A/D transformatörleri gibi çeşitli elektronik cihazlar ve mikrodalga aletlerin yapımında kullanılabileceği anlaşılmıştır. Bunun yanında süperiletkenler, içindeki manyetik alan şiddeti en iyi normal elektromagnetik alanından yaklaşık 10 kat daha büyük olan süperiletken miknatısların yapımında kullanılabilir. Böyle süperiletken miknatıslar, enerji depolama aracı (MED) olarak düşünülmektedir. Gücü etkin bir biçimde nakletmek için, süperiletken güç iletim hatları kullanılması fikri de ilgi görmektedir. Güç iletim hatlarının yeraltına alınması ile kayıpların % 75'i kazanılarak maliyette % 40'lık bir düşüş sağlanacaktır. Süperiletkenlerin önemli uygulama alanlarından birisi de manyetik kaldırılmış trenlerdir. Manyetik kuvvetler ile havaya kaldırılarak çok yüksek hızlarla, sürtünmesiz olarak hareket edecek bu trenler havayoluna bir alternatif olacaktır. Muhakkak ki bu projelerin gerçekleşmesi süperiletken malzemelerin yüksek akım kapasitesi, dayanıklılık, eğililebilirlik ve diğer mekanik özelliklerinin geliştirilmesi ile mümkündür.

Öğrenciler bu projelerini hazırlarken, özellikle 14. Ulusal Fizik Kongresi Bildirileri, 1994 Balkan Fizik Kongresi Bildirileri, 1995 15. Ulusal Fizik Kongresi Bildirileri, Journal of Superconductivity yillığı, Phys Rev 1990 ve 1994 yillığı ve E. Lynton'a ait Superconductivity kitabını kaynak olarak kullanmışlar.

## Deneyler Sırasında

Canan Pamuk ve Ayfer Özgür'un hazırladıkları bu proje TÜBİTAK'ın Proje yarışmasında Fizik dalında aldığı ödülün dışında özel bir dershanelerin açtığı proje yarışmasında da birincilik ödülüne almış. Gençlerin proje çalışmalarında ilginç bir anılan olmaması. Onlar bizlere sadece yaşadıkları bazı olumsuzlukları anlatmak istiyorlar.

Bu projeye hem MEF'e hem de TÜBİTAK'a geldik ve her iki yarışmada da sanki ayrılmış gibi hep aynı aksilikler çıktı.

İstanbul'dayız... Deneyi ertesi gün yapacağız. Tabii yapabilmek için sıvı azota ihtiyacımız var. Sıvı azotu önceden bulamıyoruz, bulunca da hemen kullanıyoruz. Çünkü bekletirsek, sıvı azot uçup gidiyor. Neyse, son kontrolleri yapıyoruz ve görüyoruz ki numune tutucunun üzerindeki numunede bulunan ince teller kopmuş. Bu bakır telleri bağlamak bizi en çok uğraştıran işlerden biri. Böylelikle ellerimiz titreye titreye telleri numune üzerine gümüş pasta denilen bir maddeyle birleştiri-

## Canan Pamuk

3.7.1978

Bursa'da doğdu. İlkokul dördüncü sınıfa kadar İsviçre'de okudu.

Gerçek eğitimi Bursa'da Mithatpaşa İlkokulu'nda tamamlandı. Bursa Anadolu Lisesi'nden sonra İzmir Fen Lisesi'ne Türkiye dördüncüsü olarak girdi. MEF'te de birincilik aldı. Amacı iyi bir elektrik-elektronik mühendisi olmak.

yoruz. İş zaten zor, bir de aksilikler peşi sıra geliyor sanki. Gümüş pasta mızı yanımıza almamışız. O gün İstanbul'da oradan oraya koşturup gümüş pasta aradık. Sonunda Boğaziçi Üniversitesi'nden aldık. Ama kurumuştur. Bu defa çözümü anadık. Bütün gün, telaş koşturmaca içinde geçti. Ama deneyde bir sorun çıkmadı.

Ankara'da da aynı şey olunca, biz

## Ayfer Özgür

7.12.1978 tarihinde

Bulgaristan'ın Omurtag kentinde doğdu. İlkokul 5. sınıfa kadar bu ülkede eğitim gördü. 1989'da zorunlu göçe tabi tutularak ailesiyle birlikte Türkiye'ye geldi. 5.Sınıflı Manisa-Ali Rıza Çevik İlkokulunda tamladı.

Ortaokula aynı şehirdeki Fatih Anadolu Lisesi'nde devam etti. Halen İzmir Fen Lisesi 5. dönem öğrencisi. Amacı iyi bir elektrik-elektronik mühendisi olmak ve fizik alanında çalışma yapmak.

de çileden çıktık. Bu defa dört bağlantının dördü de kopmuştu. Onları bağlamaya çalışırken, bir de gümüş pasta yere düştü ve şişe kırıldı. Gümüş pasta çabuk kurduğundan ve kurmadan önce herşeyi bitirmek zorunda olduğumuzdan; ellerimiz gümüş içinde, bağlantıları yaptık. Yarın saat sonra da deneyi... O telaş ve heyecan neydi öyle? Herşeye rağmen eğlenceli ama.