

TÜBİTAK Bilim Adamı Yetiştirme Grubu'nun düzenlediği Lise Öğrencileri Arası Araştırma Projeleri Yarışması'nda, fizik dalında, bu yıl birincilik ödülü iki proje arasında paylaşıldı. Ekim ayında tanıtımını yaptığımız ilk projeden sonra bu sayıda Yavuz Ayvaz ve Aycan Sarı'ya birincilik ödülü getiren, projeyi tanıtıyoruz.

Ferromanyetik Maddelerin Curie Sıcaklıklarının Tespitinde Yeni Bir Metot



Bilindiği gibi bir maddenin manyetik özelliği, diamanyetik, paramanyetik ve ferromanyetik olmak üzere üç grupta toplanır. Ferromanyetik maddeler, nikel, kobalt ve demir örneğinde olduğu gibi mıknatıs tarafından çekilen maddelerdir. Kristal yapıda özellik gösteren ferromanyetik maddeler, manyetik alan içinde geçici olarak mıknatıs olmaktadır. Bu maddelerin bir özelliği de belirli bir sıcaklığın üstünde paramanyetik faza geçmeleridir. 1895 yılında Pierre Curie tarafından O₂ ve NO gazlarının paramanyetik özelliklerini inceleme sırasında bulunan bu sıcaklığa Curie sıcaklığı adı verilir.

İşte Yavuz Ayvaz ve Aycan Sarı, projelerinde mıknatısın çekime özelliğinden yararlanıp, bir düzenek geliştiren ve Curie sıcaklığının ölçümünde diğer yöntemlere göre hem daha kullanışlı hem de pratik bir yöntem bulmayı amaçlayan, İzmir Fen Lisesi'nde okuyan iki öğrenci.

Onlar, projelerini TÜBİTAK'a sunarken yapmak istediklerini şu cümlelerle açıklamışlar: "Mıknatıslama olayından faydalanarak, ferromanyetik maddelerin Curie sıcaklıklarını tespit etmek için yeni bir düzenek geliştirmek ve çeşitli maddelerin Curie sıcaklıklarını ölçmek".

Projelerinin kuramsal temellerini açıklarken kullandıkları anahtar kelimeler ise, "manyetizma, ferromanyetizma, paramanyetizma ve termoelektrik olay". Evet, onların projelerine bu dört anahtar kelime yön vermiş. Bu dört kelimenin önemini şu cümlelerle açıklıyorlar: "İnsanın aklına ilk gelebilecek sorulardan birisi neden ferromanyetik maddeler manyetik alana cevap veriyor da, paramanyetik ve diamanyetik maddeler vermiyor?

İşte bu sorunun cevabı çok basit. Ferromanyetik maddelerin atomlarının çiftlenmemiş değerlik elektronları bulunmaktadır. İşte burada bir bobinde olan olay meydana gelmektedir. Elektron, atom çekirdeği çevresinde dönerek bir manyetik alan oluşturmaktadır. Bobindeki tellerden akım geçmesiyle oluşan manyetik alan gibi. Böyle bir atomu bir manyetik alan içine soktuğumuzda ise, bu alana cevap vermesi doğaldır. Paramanyetik maddelerde çiftlenmemiş elektronlar vardır, ama bu sayı ferromanyetik maddelerdeki kadar çok değildir ve yetersiz kalmaktadır.

Diamanyetik maddelerde ise tüm elektronlar çiftleşmiştir (Soygazlar). Bu çiftleşmiş elektronlar, zıt yönde döndükleri için oluşan manyetik alanlar da zıt yönde olmaktadır. Bu manyetik alanlar da kendileri nötrler; dolayısıyla net manyetik alan sıfır olur ve manyetik alana karşı da bir cevap vermezler. Paramanyetik maddelerin çiftleşmiş elektronlarında olan da budur.

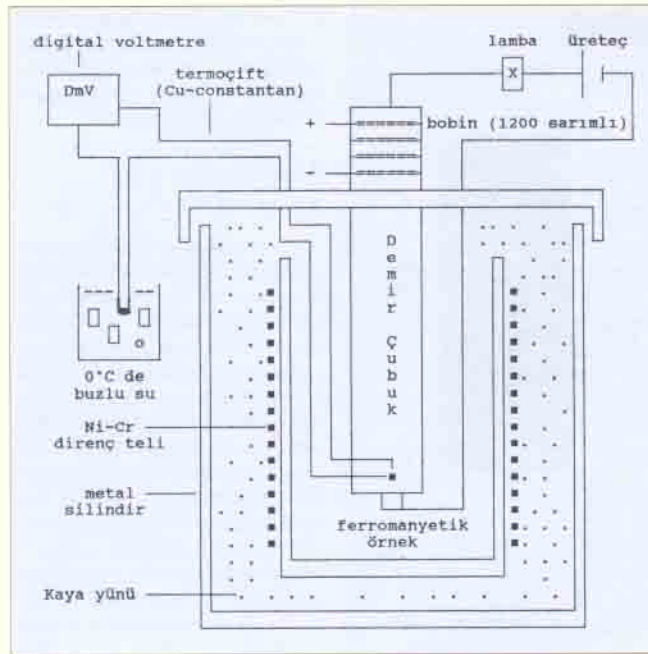
Ferromanyetik maddelerde bu atomlar bir arada görev yaparlar; sanki madde içinde küçük küçük mıknatıslar varmış gibi, sayısız atomdan oluşmuş sayısız mıknatıslar. İşte bu atom-

ların oluşturduğu bölgelere Weiss bölgeleri veya "domen" denir. Fakat bu bölgeler farklı yönlere ve manyetik momentleri toplama, madde manyetik alan dışında iken sıfırdır. Ferromanyetik maddeleri manyetik alana soktuğunuzda ise, bu bölgeler aynı yöne doğru yönelmeye başlar. Manyetik alan şiddeti arttıkça yönelmeler de artar. Çok yüksek manyetik alanda ise tek bir domen gibi yani bir mıknatıs gibi davranır.

Ferromanyetik maddelerin bir özelliği de, Curie sıcaklığında faz değiştirmesi ve paramanyetik olmasıdır. Bizim bu projedeki amacımız da bu sıcaklığı tespit etmektir.

Öncelikle, yüksek sıcaklıklara çıkabilmek için bir fırın gerekiyordu. Daha sonra ise Curie sıcaklığını tespit etmek için bir devre ya da başka bir şey. Sonunda bu devre de düşünüldü ve artık düzeneği yapmaya başlayabildik. Öncelikle bir fırın tasarlandı. Sonra bu fırının kapağından bir demir çubuk geçirilecekti. Dışta kalan kısma bobin yerleştirilecek ve elektromıknatıs oluşturulacaktı. İşte kalan uca ferromanyetik madde yerleştirilecek, ısıtmaya başlayınca belirli bir sıcaklıkta madde düşecekti. Düşecekti ama nasıl anlayacaktık? Daha sonra ferromanyetik madde, lamba, üreteç ve demir çubuktan oluşan bir devre kurarak bu sorunu ortadan kaldırdık. Madde, çubuktan ayrılıncaya devre kesilecek ve lamba sönecekti. Bunun yerine bir zil ya da alarm kullansak daha hoş olurdu, ama bu yol daha pratikti.

Tek sorunumuz kalmıştı, o da sıcaklığı nasıl ölçebileceğimiz. İşte burada termoelektrik olaydan yararlandık. Termoelektrik olayı kısaca açıklayalım: İki farklı metal telin birer uç-



Bu düzenek kullanılarak ferromanyetik bir madde olan nikelin Curie sıcaklığı 358 °C olarak ölçülmüştür.

ları birbirine dokundurulursa, serbest uçlar arasında bir potansiyel farkı ortaya çıktığı görülmektedir. Metallerin cinslerine bağlı olarak en çok milivolt (mV) mertebesinde olan bu potansiyelle temas veya değme potansiyeli denir. Oluşan bu çiftte de termoeffekt adı verilir. Bu olay, her iki metalin birim hacimdeki serbest elektron sayısının farklı olmasıyla açıklanabilir. Bir metaldeki elektron yoğunluğu sıcaklıkla değişeceği için temas potansiyeli de sıcaklığa bağlı olacaktır. Bu nedenle bir metal telin bir ucu ısıtılırsa iki uç arasında bir potansiyel farkı oluşması beklenir. Eğer bu teldeki potansiyel farkına termoeffektin elektromotor kuvveti (E) dersek; sıcaklıkla, bu potansiyelin değişimi

$$E = \alpha(\Delta T) \text{ ile açıklanabilir.}$$

ΔT sıcaklık değişimi, α ise her termoeffekt için farklı bir katsayıdır. Birim ise mV/C dir. Yani 1 °C ile değişim potansiyel değeri, Termoeffektin iki ucundan biri ısıtılırsa ΔT değiştiğinde potansiyel farkı da değişmektedir."

Projenin düzenlenmesine gelince; Yavuz Ayvaz ve Aycan San, düzenlecinin son halinin ilk halinden oldukça farklı olduğunu söylüyorlar ve bu konuda şu açıklamalarda bulunuyorlar: "İki içe iki silindir geçirilmiş, arasına ise ısı yalıtımı amacıyla kaya yünü konulmuştur. Dıştaki silindirin çapı 20 cm dir. İçteki silindir ise önceki denemelerde alüminyumken, daha sonra yerine pişmiş topraktan bir silindir konmuştur. Bu silindirin etrafına da Ni-Cr direnç teli yerleştirilmiştir. Bu telden akım geçmeye başladığında tel ısınmaya başlamaktadır; aynen evde kullanılan elektrikli ısıtıcılardaki gibi.

Bu telin oluşturacağı manyetik alan ortadan kaldırmak için de, çift sarımlı tel kullanılmıştır. Düzeneci üst kısımdan geçirilmiş demir çubuğun dışta kalan kısmına bir bobin yerleştirilmiş ve bu bobin, önce 1200 sarımlı seçilmiştir. Daha sonra, daha kuvvetli bir manyetik alan yaratması için 500 sarımlı bir bobin kullanılmıştır. Demir çubuk bir üretece, üreteç de 6V luk bir lambaya bağlanmıştır. Curie sıcaklığı ölçülmek istenen madde de lambaya bağlanmıştır. Bobine akım verildiği takdirde, elektromıknatıs olan demir çubuk ferromanyetik maddeyi çekmekte, madde demir çubuğa yapışınca az önce anlatılan devre tamamlanmaktadır. Üreteç açıldığı takdirde devre tamamlanmış olduğu için lamba yanmaktadır".

Gençler deney aşamasını ise şöyle anlatıyorlar: "Düzeneci de hazırlamıştık ve artık deneye başlamaya kendimizi hazır hissediyorduk. Ni-Cr direnç teline akım verdik, Tel ısınmaya başladı. Dolayısıyla, ferromanyetik madde de ısınmaya başladı ve belirli bir sıcaklığa gelindiğinde, ferromanyetik madde paramanyetik oldu; artık elektromıknatıs tarafından çekilemeyeceği için madde düştü ve devre kesildi. Devre kesilince de lamba söndü. İşte lambanın söndüğü sıcaklık o maddenin Curie sıcaklığıydı. Bu sıcaklık ise; daha önce de söylediğimiz gibi termoeffektlerle ölçülür. Kullandığımız termoeffekt Cu-Constantan'dı ve bunun bir ucu maddenin bulunduğu yere, diğer ucu ise bir bardak buzlu suya yerleştirildi. Serbest uçlar ise dijital bir voltmetreye bağlandı (hassas ölçüm olduğu için dijital kullanılır). Sıcaklık art-

tıkça dijital voltmetredeki değerler de artmaktaydı. Bu mV mertebesindeki değerlere karşılık gelen K (Kelvin) derecelerini gösteren tablolar sayesinde de sıcaklık tespit edildi.

Bu tablolar $E = \alpha \cdot \Delta T$ formülü sayesinde çıkarılmıştı.

Ölçülen mV değeri, bize iki uç arasındaki sıcaklık farkını vermekteydi. Bize gerekli olan bir uç olduğu için diğer uç 0 °C (buzlu su) deki suya batırılmıştı. Böylelikle $\Delta T = T_2$ oldu.

Yapılan deneylerde nikel kullanıldı. Nikel'in Curie sıcaklığı 358 °C dir. Deneyler sonucunda tespit ettiğimiz sıcaklık da 358 °C dir.

Başka maddeler de kullanmak istedik, ama olmadı. Kobaltı düşündük, fakat Curie sıcaklığı çok yüksekti ayrıca bulmak da çok zordu. BaTiO₃'ü kristal halde elde edemediğimiz için, onu da kullanamadık. Godolonyum'u araştırdık onu da TÜBİTAK'ın sergisi sırasında Hacettepe Üniversitesi'nden buluyorduk ki, son anda temin edemedik. Zaten çok da geç kalmıştık".

Proje sonucu oluşturulan düzenekle 840 °C'a kadar çıkılmış ve iç kısımdaki sıcaklık değeri 840 °C iken, dış yüzeyin sıcaklığı 150 °C olarak ölçülmüş. Fakat bu düzenekle bu kadar yüksek sıcaklığa çıkmanın bazı sakıncaları varmış. Bu konuda proje yürütücülerini Yavuz ve Aycan şu açıklamalarda bulunuyorlar: "Düzenekimizin kullanışlı olmasına ve yüksek sıcaklıklara çıkabilmesine karşın deneyler sırasında bazı eksik yanları olduğu gözlemlenmiştir.

Öncelikle elektromıknatısta demir kullanıldığı için, Curie sıcaklıklarının demirin Curie sıcaklığının (770 °C)

üstünde olan maddeler, örnek olarak kullanılamamaktadır. Eğer böyle bir madde kullanılırsa, demirin Curie sıcaklığı daha düşük olduğu için istenilen sıcaklığa gelinmeden demir paramanyetik faza geçecek ve ferromanyetik maddeyi çekemeyecektir. Bu nedenle yüksek Curie sıcaklıklarına sahip maddelerde sadece, Curie sıcaklığının belirli bir sıcaklığın üstünde olduğu söylenebilmektedir. Bu düzenek, demir çubuk yerine Curie sıcaklığı daha yüksek olan bir ferromanyetik madde kullanılarak geliştirilebilir.

Diğer taraftan, düzenegin silindirik şeklinde olması ısı dağılımının homojen olmasını sağlamaktadır. İstenilen sıcaklıklara kısa sürede çıkılmakta ve kullanış açısından pratiklik sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda 600 °C'ye kadar çıkması uygun görülen düzenek, Curie sıcaklığının ölçülmesinde hem kullanışlı hem de pratiktir.

Sonuç olarak Nikel'in Curie sıcaklığı doğru şekilde ölçülmüştür. Bu da diğer maddelerin Curie sıcaklıklarının bu düzenekle ölçülebileceğini göstermektedir. Ne varki, anlatılan eksikliklerden dolayı, ancak belirli maddelerin Curie sıcaklıkları ölçülebilmektedir. Bizim çalışmamızın, ileride yapılacak çalışmalar ve yöntemler için bir örnek teşkil edeceğini, araştırmacı ve genç bilim adamlarına yardımcı olacağına inanmaktayız."

Gençler çalışmalarını sürdürüyorlar ve şimdilerde Polonya'da düzenlenen "First Step to Nobel Prize 1996"ya hazırlanıyorlar. Tek istekleri ise projelerinin sergilenmeye değer görülmesi.

Deneyler Sırasında...

Proje arkadaşımızı Aycan'la, proje çalışmamız için gerekli olan ırını hazırladıktan sonra Arş. Gör. Remzi Kız'ın önerisiyle çıkabileceğimiz en yüksek sıcaklığı tespit etmeye karar verdik. Remzi Bey, bir sorun çıkmaması için aşırıya kaçmamamızı da önermişti. Ölçüme başladık, Ben 20 sn'de bir Aycan'ın aldığı değerleri not ediyordum. Zaman geçiyordu. Bunu 30 sn, ardından 1 dk'da bir çıkardık. Artık ırın yaklaşıp bir saatir ısıyor, ısınıyordu. Elimizdeki tablolar ise ancak 400 °C'ye kadar ölçme ırkanı veriyordu. Ama o sıcaklığı geçeli hayli bir zaman geçmişti. "Biraz daha, birazcık daha" derken okula gitme zamanı geldi, ırının işini çektik ve kapağını kaldırıp içine bakmadan onu öylece bırakıp oradan ayrıldık. Bir sonraki gelişimizde, ırının iç kısmına koyduğumuz alüminyum silindirden eriyen parçaları, tabanına akarak binkirdiğini görüp şok olduk. Biz "Biraz daha" derken ırının sıcaklığı o kadar artmıştı ki, alüminyumun erime sıcaklığına bulmuştuk. Silindirden geriye ise folyo halinde incecik bir silindir çeperi ve tabandaki topraklak alüminyum parçaları kalmıştı. Daha sonra silindiri metal yerine topraktan yapmayı düşündük ve gerçekleştirdik. Remzi Bey, bize sık sık "E, artık bunu ertemezsiniz" diyerek o günü hatırlatır. Bu anı, düzenekimizin o gün için 800 °C'ye kadar çıkabileceği verisini elde etmemizi sağladı, bize.

Aycan San
15 Ağustos 1979 tarihinde, Konya'nın Ereğli ilçesinde doğdu. İlkokulu Ereğli'de bitirdikten sonra, Ortaokulu 1990 yılında girdiği Konya-Ereğli Anadolu Lisesi'nde bitirdi. 1994 yılında Fen Lisesi sınavlarına girdi. Şu anda İzmir Fen Lisesi'nde okumakta. İleride elektrik-elektronik mühendisi olmak istiyor.



Yavuz Ayvaz
1979 yılında Uşak'ta doğdu. İlkokulu Uşak'ta Mehmetçik İlkokulu'nda okudu. Ortaokulu ise Uşak Anadolu Lisesi'nde okumaktayken Orta-3'üncü sınıfta Fen Lisesi sınavına katıldı. Sınav sonucunda kazandığı İzmir Fen Lisesi'nde öğrenimine 2. sınıf öğrencisi olarak halen devam ediyor.



Düzenekimizin iç kısmını erittikten sonra yeni bir şeyler aramaya başladık, evet bulmuştuk. Alüminyum yerine pişmiş toprak bir silindir kullanmaya karar verdik, bir başka deyişle çömlek. Çünkü çömlek size çağa çok dayanıklıdır, tabii doğrudan ateşe tutmazsanız. Bu tür şeylerin nerede satıldığını üniversitedeki öğretimimize sorduk. Bize şu şekilde tarif etti: "Karşıyaka'ya dönüyorsunuz ya oradan sonra düz gidin, ilerideki duraklarda ırın, oralarda vardır." Sonra konuşma arasında bir Menemen lafı duyduk. İzmirli ter bilirdik. Ve yola koyulduk. Dedikleri yerde ırın ve sağa, sola sormaya başladık. Soruyoruz ama kimse bilmiyor. En sonunda, dükkanlarının önüne oturmuş orta yaşlı iki beye sorduk. "Buralarda çömlek nerede satılır?" Cevap verdiler. "Buralarda yok ama, Menemen de yol üzerinde her yerde vardır" dedi. Ben ilerlemekte olduğumuzu yönü gösterip, "bu taraftan değirmi?" dedim. Adam: "Evet, ama yürüyerek gidemezsiniz" dedi. Hemen cevap verdik: "Tabii canım biliyoruz yürüyerek gidemeye-

ceğini" dedi ama bilmiyorduk. Nasıl gidi- leceğini sorduktan sonra da oradan uzaklaştık. Bir Menemen dolmuşuna bindik. Yolcu giderken gözümü çarpan tabelada şöyle yazıyordu: "Menemen 11". Evet, sayın hocam Karşıyakayı geçip birkaç durak sonra ırın dedi, ama Menemen'i anlamıştık. Neyse sonunda Menemen'e vardık ve araştırmaya başladık. En sonunda istediğimiz tipte bir şeyler bulduk. Daha sonra satıcıya sığacağına dayanıklı mıdır, diye sorduk. Nerede kullanacağını bilmediği için şöyle cevap verdi: "Evet evet 100, 150 ye kadar dayanır". Ümidümüz sıcaklık değildi, elimiz boş okulumuza döndük. Ümmadığımız bir yolculuk yapmıştık.

Nikel ile yaptığımız deneyler bittikten sonra, yeni maddeler araştırmaya başladık. İlk denemeyi LITI (Lityum-Titanat) ile yaptık ama ne yazık ki ferromanyetik değildi. Daha sonra BaTiO₃ (Baryum Titanat)ı araştırdık; ama bulamadık. Üniversitemin Maden Bölümü'ndeki profesörlerden biri kendisinde baryum oksit (BaO) ol-

duğunu, eğer kendisine titanyum oksit getirirsek bize baryum titanat elde edebileceğini söyledi. Sonra da titanyum oksitini boyaya yapımında kullanıldığını ve DYO fabrikasından alabileceğimizi belirtti. Hemen kabul ettik. Proje yarışmasına çok az bir zaman kaldığı için DYO fabrikasının yerini bilmediğimiz halde yola koyulduk, hem de yürüyerek. "Sora, sora Bağdat bulnu" diye bir söz vardır. Biz de sora sora DYO'yu bulduk. Kapıdaki bekçi anlayışlı bir insandı, telefonda bizi birisiyle görüş-türdü. O kişi Ege Üniversitesi Maden Mühendisliği'nden mezun olmuş ve arkadaşlarıyla bizim okulda top oynamış. Bize, prensip gereği müdürle görüşmesi gerektiğini, aslında dışarıya bir damla bile vermediklerini ve beklememizi söyledi. 15 dakika sonra elinde bir torba dolusu titanyum oksitle gelmişti. Çok sevinдик, teşekkür edip geri döndük. Okula döndüğümüzde çok yorulmuştuk. Ertesi gün hemen Maden Bölümü'ne gittik ve titanyum oksitimizi verdik. İki gün sonra baryum titanatımızı alabileceğimizi söylemişlerdi. İki gün sonra baryum titanatımızı aldık almāsına, ama ne yazık ki baryum titanatın kristal halinde olması gerektiği söylemeyi unuttuğumuz. Bu sebepten bize toz halinde verdiler. Moralimiz çok bozulmuştu. O kadar da yorulmuştuk. Tek umudumuz preslenmesi sonucu bir şeyler olmasıydı. Ama preslenince de bir sonuç elde edemedik. Artık zamanımız da dolmuştu. Bir denemeden de elimiz boş dönmüştük. Artık sadece nikel ile yetinmeliydik.