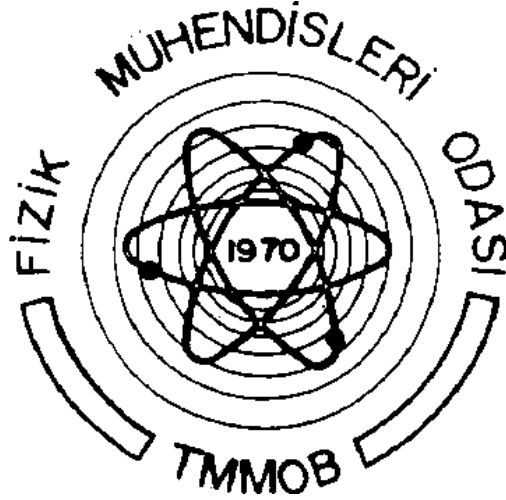


TMMOB FİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI BÜLTENİ



FMO
BÜLTEN

MAYIS' 2002



FMO WEB Adresi:

<http://www.fizikmuhoda.org.tr>

FMO E-mail Adresi:

fmo@fizikmuhoda.org.tr

ADRES: Hoşdere Cadesi, 88/9, Yukarı Ayrancı – ANKARA, Tel: 4406873, Fax: 4389827
Banka Hesap No: T.C. İş Bankası 30440-3013501 Yenişehir-Ankara
Ziraat Bankası, Mitatpaşa Şubesi- Ankara 1262-151789
Vakıflar Bankası, Başkent Şubesi-Ankara 304400
Posta Çeki No: Fizik Mühendisleri Odası 095117

MAYIS' 2002

İÇİNDEKİLER

Yönetim Kurulu	2

FMO 23. Genel Kurul	2

I. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Uygulamaları Kongresi ...	5

2001 Fizik Nobel Ödülü	8

Çok Amaçlı Kullanım için Elektron Hızlandırıcısı Ünitesi ...	10

Yapılan Çalışmalar	20

Haberler	21

Odamıza Kayıt Olan Yeni Üyeler	22

Değerli Meslekdaşlarımız,

Fizik Mühendisleri Odasının 23. Genel Kurulu, 02-03 Mart 2002 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kırmızı Salonu ve Odamızın Merkezinde yapıldı. Oda Yönetim kurullarının özverili çalışmaları ve bazı üyelerimizin gönüllülük esasına dayalı katkıları ile 30 yılı aşan çalışma süresine ulaşan odamız bir Genel Kurulu'nu daha başarıyla yapmıştır.

Genel Kurulda, 2000 - 2001 dönemi çalışma raporu tartışılmış, dilek ve temennilerde bulunulmuştur. Ayrıca, Odamız Kalite kontrol ve güvencesi ihtisas komisyonu tarafından hazırlanan "Kalite Yönetmeliği'nin" bazı maddeleri değiştirilmiştir.

Genel Kurulun son gününde yapılan seçimden sonra yeni Yönetim Kurulu, Denetleme Kurulu, FMO Onur Kurulu, TMMOB Yönetim Kurulu aday üyeleri, TMMOB Yüksek Onur Kurulu, TMMOB Yüksek Denetleme Kurulu ve FMO Delegeleri belirlendi.

Yeni yönetim olarak amacımız, FMO'nın geleneksel yapısına ve tabiatına uygun olarak, bizden önceki yönetim kurullarının sürdürdükleri özverili çalışmaları ve çabaları, herhangi bir politik ve ideolojik ayrıcalık gözetmeden sürdürmek ve hizmeti, seçilecek bir sonraki yönetime devretmek olacaktır.

Sizlerden beklentilerimiz ise; fikir, düşünce ve görüşlerinizle Fizik Mühendisleri Odamızın çatısı altında toplanmanız ve bilim için, teknik için ve mesleki menfaatlerinizin korunabilmesi için kenetlenmeniz, bizlerden desteklerinizi esirgememenizdir. Yeniden oluşturmayı düşündüğümüz "İş Yeri Temsilcileri" ile sizlere daha yakın olmak imkanına sahip olacağımızı ümit ediyoruz.

Yeni görevimize başlarken, siz Fizik Mühendisleri, Matematik Mühendisleri ve Nükleer Mühendisleri arkadaşlarımızın bizlere göstermiş olduğu güvene teşekkürlerimizi ve saygılarımızı sunar destek ve ilgilerinizi bekleriz.

Yönetim KURULU

FMO-23. DÖNEM FMO GENEL KURULU

Odamızın 02 - 03 Mart 2002 tarihinde yapılan 23. Olağan Genel Kurulunda seçilen yönetim kurulu, yaptıkları ilk toplantıda görev dağılımını aşağıdaki şekilde belirlemiştir.

Yönetim Kurulu	Denetleme Kurulu
Dr. Abdullah ZARARSIZ : Başkan	Haldun KAHRAMAN
H. Burçin OKYAR : II. Başkan	Adil BUYAN
Doç. Ömer YAVAŞ : G. Sekreter	Sabit BALIKÇI
Bülent YAPICI : G. Sayman	
Nergis ULUTUNÇER : Üye	
Güngör ARSLAN : Üye	
Ersin İLKTÜRK : Üye	

FMO Onur Kurulu	TMMOB Yönetim Kurulu Üyesi	TMMOB Yüksek Onur Kurulu
Prof. Dr. Yalçın SANALAN	Ekrem POYRAZ	Prof. Dr. Yalçın SANALAN
Prof. Dr. Demir İNAN	Casim AĞCA	
Ali ALAT	Hikmet YÜKSEL	TMMOB Yüksek Denetleme Kurulu
Gönül BUYAN		İ. Hakkı ARIKAN
Mustafa GÜLENC		

TMMOB Genel Seçiminde Oy Kullanacak FMO Delegeleri

1	Mustafa GÜLENC	15	Ayşegül BOLAT
2	Hikmet YÜKSEL	16	H.Burçin OKYAR
3	Casim AĞCA	17	Abdullah ZARARSIZ
4	İ.Hakkı ARIKAN	18	Ömer YAVAŞ
5	Yalçın SANALAN	19	Şenol CEBECİ
6	Haluk ORHUN	20	Recep ÜNVER
7	Halim VURAL	21	Hüseyin GÜZEL
8	Ali ALAT	22	İhsan TORUN
9	Sabit BALIKÇI	23	Bülent YAPICI
10	Gönül BUYAN	24	Halit YILDIRIM
11	Haldun KAHRAMAN	25	Feyyaz UYGUR
12	Atilla SEÇKİ	25	Faruk CANOĞLU
13	Orhan AYANOĞLU	27	Yücel BİÇER
14	Nadir SUCU	28	Adil BUYAN

FMO İşyeri Temsilcileri:

- Sinan ÖZGÜR (Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü)
- Sibel TÜRKEŞ (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Başkanlığı)
- Dr. Mehmet DİLAVER (H.Ü. Müh. Fak. Fizik Müh. Bl.)
- Atilla SEÇKİ (Telekomünikasyon Kurulu)
- Şüktü YALÇIN (MTA Genel Müdürlüğü)
- Nadir SUCU (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)
- Sabahat ÖZCAN (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü)

- Adalet EVRİMLER (Türk Telekom A.Ş.)
- Müge ŞAHİN (DDY Genel Müdürlüğü)
- Tuncay YILDIZ (Roketsan)

- FMO İstanbul Şubesinde yapılan seçim sonucu, 5. Dönem Şube Yönetim Kurulu belirlenmiş ve görev dağılımı aşağıdaki şekilde oluşmuştur.

FMO İstanbul Şubesi Yönetim Kurulu Görevleri

Ceylan DEMİRCAN	: Başkan
Alper MERTOĞLU	: II. Başkan
Özlem ERGÜZ	: Sekreter
Hilal KAYA	: Sayman
Süleyman GÖNÜLTAŞ	: Üye
Murat ÇELİK	: Üye
Hikmet DURUKAN	: Üye

Arkadaşları kutlar çalışmalarında başarılar dileriz.

I. ULUSAL PARÇACIK HIZLANDIRICILARI VE UYGULAMALARI KONGRESİ (UPHUK-1), 25-26 EKİM 2001 TARİHLERİNDE TAEK-ANKARA'DA YAPILDI. KONGRENİN GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇ RAPORU

DEĞERLENDİRME KOMİTESİ:

- Prof.Dr. Atilla ÖZMEN (KOMİTE BAŞKANI – GAZİ ÜNİV.)
Doç. Dr. Pervin ARIKAN (BİLİM KURULU BAŞKANI – TAEK)
Prof. Dr. Saleh SULTANSOY (DANIŞMA KURULU – GAZİ ÜNİV.)
Doç. Dr. Ömer YAVAŞ (BİLİM KURULU – ANKARA ÜNİV.)
Prof. Dr. Engin ARIK (DANIŞMA KURULU – BOĞAZİÇİ ÜNİV.)
Prof. Dr. Zehra SAYERS (DANIŞMA KURULU – SABANCI ÜNİV.)
Prof. Dr. Nizamettin ERDURAN (DANIŞMA KURULU – İSTANBUL ÜNİV.)
Doç. Dr. Cüneyt CAN (DANIŞMA KURULU – ODTÜ)
Dr. Hali DEMİREL (DÜZENLEME KURULU – TAEK)

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara ve Gazi Üniversitelerinin desteği ile "I. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Uygulamaları Kongresi"ni 25-26 Ekim 2001 tarihlerinde TAEK başkanlık binasında düzenlemiştir. Bu alanda ülkemizde ilk olma özelliğine sahip olan Kongreye 175 bilim adamı ve lisans üstü öğrenci katılmış (katılımcı sayısı konferans salonunun kapasitesi nedeniyle sınırlı tutuldu) ve toplam 42 sözlü bildiri ve poster sunulmuştur.

Kongrenin başlıca amacı 21. yüzyılın jenerik teknolojilerinden biri olan Parçacık Hızlandırıcıları alanında dünyada gelişmeleri dikkate alarak konuyu ülkemiz gündemine taşımak, Türkiye’de hızlandırıcılar konusunda yapılan çalışmaları değerlendirmek ve hızlandırıcı kullanım alanlarını belirlemek olmuştur. Kongre sonucunda bir değerlendirme toplantısı yapılarak aşağıda belirtilen hususlarda görüş birliğine varılmıştır.

Genel Değerlendirme

Yüksek Enerji Fiziği (YEF) 21. yüzyılın ~15 öncelikli AR-GE alan listesinin ön sıralarında yer almaktadır. Parçacık Hızlandırıcıları ise 21. yüzyılın ~10 jenerik teknolojisinden biridir. Maalesef, ülkemiz bu alanda gerek yetişmiş insan gücü, gerekse bu alana ayrılan kaynaklar açısından gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çok gerisinde kalmıştır. Avrupa Birliği ortalaması göz önünde tutularak, 65 milyon nüfuslu Türkiye’de, YEF’in ana alanlarında olması gereken ve mevcut doktoralı eleman sayıları Tablo 1 de verilmiştir.

YEF ve Parçacık Hızlandırıcı alanına ayrılması gereken kaynak miktarına gelince, gelişmiş ülkelerde oluşmuş standartlara göre toplam AR-GE harcamalarının:

- %7-20’si Temel Araştırmalara (bunun da %10’u YEF alanına),
- %20-40’ı Uygulamalı Araştırmalara (bunun da %10’u parçacık hızlandırıcılarına dayalı uygulama ve teknolojilere)

ayrılmalıdır. 1993 yılında OECD tarafından yayınlanan "Türkiye de Bilim ..." raporuna göre, ülkemizde yıllık AR-GE harcamaları ~ 1,5 Milyar \$ idi. Yukarıdaki oranlar dikkate alınrsa Türkiye 1993 yılında Yüksek Enerji Fiziğine ~ 15 Milyar \$, Parçacık Hızlandırıcılarına ~ 30 Milyon \$ harcamalı idi. Gerçekte ise bu alanlara harcanmış miktar ~ 150 bin \$ olmuştur. **Bu oranlar ve rakamlar göstermektedir ki ülkemiz bu stratejik alanlarda oluşan açığı kapatmak için daha fazla gecikmeden gereken adımları atmaz zorundadır.**

Parçacık Hızlandırıcıları temel parçacık fiziğinden moleküler biyolojiye, nükleer fizikten tıpa, izotop üretiminden gıda sterilizasyonuna, enerji üretiminden anjiyografiye, malzeme biliminden savunma sanayine, polimer kimyasından arkeolojiye kadar bilim ve teknolojinin yüzlerce alanında kullanılmaktadır. Profesör Ugo Amaldi’nin EPAC2000’de (iki yılda bir yapılan ve yüzlerce katılımcısı olan Avrupa Parçacık Hızlandırıcıları Konferansları serisi) sunduğu açılış konuşmasından aldığımız Tablo 2’den gördüğümüz gibi, bu gün dünyada mevcut olan ~ 15.000 hızlandırıcının büyük çoğunluğu uygulamalı araştırmalara ve teknolojiye yönelik kurulmuştur. Nükleer ve parçacık fiziğinde temel araştırmalar dışında parçacık hızlandırıcılarından alınan birincil ve ikincil demetlerin kullanımını iki ana hatta ayrılabilir:

- Fiziksel, kimyasal ve biyolojik örneklerin parçacık demetlerini kullanarak incelenmesi. Örnek olarak μ SR gösterilebilir.
- Maddenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin modifikasyonu. Örnek olarak iyon implantasyonu gösterilebilir.

Son yıllarda geliştirilmeye çalışılan hızlandırıcıya dayalı yeni tip nükleer reaktörler (Çernobil türü kazalar prensip olarak imkansızdır), hem de çok düşük radyasyon kirlilik (birim enerji üretiminde çevreye aktarılan radyasyon kömür santrallerinin altındadır) bakımından büyük öneme sahiptir. Ülkemiz açısından en önemli özellik ise nükleer yakıt olarak Toryum'un kullanılabilirliğidir.

Parçacık hızlandırıcıları alanında Türkiye'de yapılan araştırmalara gelince:

- TAEK'de kurulma aşamasında olan elektron hızlandırıcısı ve ihale aşamasında olan siklotron tipi hızlandırıcının faaliyete geçirilmesiyle Türk bilimine getireceği katkılar ortaya konulmuş, Nükleer Tıp ve çeşitli araştırma alanlarındaki uygulamalarda yarılanma sürelerinin kısalığı nedeni ile temin edilemeyen radyoizotopların ülkemizde kurulacak siklotronla teminin insan sağlığı yönünden yapacağı katkılar belirtilmiştir.
- Radyasyon onkolojisi alanında teknik donanım yönünden sayıca yeterli olmasa da dünya standartlarına uygun bir çizgi yakalandığı, faaliyet gösteren 33 lineer elektron hızlandırıcısı ile en ileri tekniklerin insan sağlığı hizmetine sunulmakta olduğu ortaya konulmuştur. Öte yandan hadronterapi alanında da aynı düzeye ulaşma gereksinimi belirtilmiştir.
- Ankara Ü.-Gazi Ü. Hızlandırıcı fiziği grubunca DPT desteği ile geliştirilmekte olan Türk Hızlandırıcı Kompleksi tasarımının önemi Japon Kalkınma Modelinin başarısı göz önünde tutularak ortaya konulmuştur.

Öneriler

Hızlandırıcı Fiziği, Nükleer Fizik ve Yüksek Enerji Fiziği bilimlerinin en ileri teknolojileri ürettiği, özellikle fizik, mühendislik, biyoloji, kimya ve bilgi teknolojilerinde yeni ileri araştırmalara olanak sağladığı gerçeğinden hareketle, aşağıdaki hususların vurgulanmasının uygun olduğu görüşüne varılmıştır:

1. Hızlandırıcı Fiziği Lisans ve Lisansüstü eğitim programlarında azami düzeyde yer almalıdır.
2. TAEK'in kuracağı elektron ve siklotron hızlandırıcıları en kısa zamanda faaliyete geçmeli ve bunlarda yapılabilecek araştırmalar tespit edilmelidir.
3. CERN'e tam üyelik için gerekli işlemler için acilen yapılmalıdır.
4. CERN, DESY, FNAL, KEK vb. kuruluşlarla azami işbirliğine gidilmelidir.
5. SESAME projesinde yurt içinde örgütlenip "beam line" ve işbirliği geliştirme konularında somut adımlar atılmalıdır.
6. Kurucu üyesi bulunduğumuz AUSTRON yüksek akıllı nötron kaynağı projesi kapsamında yapılacak deneysel çalışmalar için ön hazırlıklar yapılmalıdır.
7. Türk Cumhuriyetleri, Balkan ve Karadeniz Ülkeleri ile yakın işbirliği başlamalıdır.
8. Özellikle TÜBİTAK ve TÜBA'nın bu konulara daha ağırlık vermeleri sağlanmalıdır.
9. Ulusal Hızlandırıcı Programı geliştirilmeli ve bu çerçevede Türk Hızlandırıcı Kompleksinin kurulması konusunda gereken destek sağlanmalıdır.
10. Hızlandırıcılara dayalı nükleer enerji teknolojileri alanında yapılan araştırmalara azami önem verilmeli ve gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalara katılım sağlanmalıdır.

11. Medikal Fizik Uzmanlarının (Radyoterapi, Nükleer Tıp, Diagnostik Radyoloji Fizikçisi) yetki ve sorumlulukları belirlenerek, niteliklerine uygun kadrolarda istihdamını sağlayacak yasal düzenlemeler yapılmalıdır.
12. Konunun önemi siyasi platformlarda savunulmalıdır.

	Gereken, 1995	Mevcut, 1995	Gereken, 2010
Fenomenoloji + Teorik YEF	~ 250	~ 50	~ 300
Deneysel YEF + Dedektör Fiziği	~ 450	~ 30	~ 600
Hızlandırıcı Fizikçisi	~ 200	~ 0	~ 300

Tablo 1. Avrupa standartları göz önünde tutularak 90'lı yıllarda Türkiye'de YEF'in ana alanlarında çalışması gereken Doktoralı eleman sayısı, gerçek sayılar ve 2010 yılında gereken sayıların tahmini.

Çeşit	Sayı
İyon implantasyonu ve yüzey modifikasyonu	7.000
Sanayide hızlandırıcılar	1.500
Radyoterapi	5.000
Tıbbi izotop üretimi	20
Hadronterapi	20
Sinkrotron ışınımı kaynakları	70
Nükleer ve parçacık fiziği	110
Diğer	1.000
Toplam	15.000

Tablo 2. Dünyadaki hızlandırıcılar. EPAC2000'de sunulan rakamlar.

2001 NOBEL FİZİK ÖDÜLÜNÜ BOSE-EİNSTEİN YOĞUNLAŞMASI (BEY) ALDI

"9 Ekim - Amerikalı Eric A. Cornell, Carl E. Wieman ve Alman Wolfgang Ketterle, buldukları maddenin yeni haliyle (daha hızlı ve küçük elektronik bileşenler üretilmesine yol açabilecek ultra-soğuk gaz) 2001 Nobel Fizik Ödülünün sahibi oldu. Üç bilim adamının paylaşacağı para ödülü 943 bin dolar.

İsveç Kraliyet Bilimler Akademisi'nden yapılan açıklamada, bilim adamlarının, Bose-Einstein condensate olarak adlandırılan maddenin yeni halini keşfetmeleriyle hassas ölçümler ve nanoteknoloji gibi alanlara devrimci uygulamalar kazandıracığı kaydedildi. ABD'nin Colorado eyaletinin Boulder kentindeki Teknoloji ve Standartlar Ulusal Enstitüsü'nden Eric A. Cornell (39); Colorado Üniversitesi'nden Carl E. Wieman (50) ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Wolfgang Ketterle (43), 1 milyon dolarlık ödülü paylaşacak." Basından ([NTVMSNBC](#))

BOSE-EINSTEIN YOĞUNLAŞMASI

1995 yılının temmuz ayında Boulder Colorado'daki Astrofizik laboratuvarında harikulade bir damlacık oluşturulmasında başarı sağlanmıştı. Öyleki 200 Rubidyum atomunun sıcaklığını mutlak sıcaklığın 100 milyarda birine düşürülmesiyle oluşturulan bu sistemde atomlar tek bir "süper atom" gibi davranmaktaydılar. Atomların tümünün fiziksel

özellikleri (örneğin atomik hareket gibi) birbirinin aynısıydı. Bose-Einstein yoğunlaşması, öyle ki ilk olarak gazlarda görülmüştür, lazerin maddesel eşleniği olarak düşünülebilir: Burada fotonlardan ziyade, atomların mükemmel denilecek bir uyumda dans etmeleri söz konusudur.

Aslında bu gerçekler 76 yıl önce Albert Einstein ve Satyendra Nath Bose'nin kurdukları teoremin bir sonucudur. Bir konteyner içerisindeki gaz atomları olağan bir sıcaklıkta her yöne doğru hareket ederler. Bazıları yüksek, bazıları düşük enerjiye sahiptirler. Einstein'a göre eğer atomlar yeterince düşük sıcaklığa getirilirse, bunların büyük çoğunluğu muhtemelen en düşük enerji düzeyinde bulunurlar. Matematiksel bir ifadeyle dalga fonksiyonları (atomun konum, hız gibi fiziksel özelliklerini barındıran Matematiksel bir ifadedir.) çakışır, dolayısıyla atomlar ayırılmaz duruma gelirler.

Bose-Einstein Yoğunlaşmasını (BEY) elde etmeye çalışmak fizik dünyasında büyük bir ilgi odağıdır. Bu konuda ilk adım Einstein'ın fikrini kanıtlamaya yönelik olmuştur. Fakat bu konunun asıl önemi, Kuantum Mekanikinin tuhaf dünyasından makroskopik dünyaya pencere açmasından ileri gelir. Genelde Kuantum Mekanikinin makroskopik miktarlarda maddelerin davranışına olan etkisini nadiren görebiliriz. Sayılamayacak miktarda çok parçacığın birbirinden farklı davranışı Kuantum Mekanikinin dalga doğasını görünmez hale getirmektedir. Fakat Bose yoğunlaşmasında her atomun dalga doğası aynı fazdadır. Yani aynı karakteristik özellikleri gösterir. Dolayısıyla yoğunlaşmış madde tek bir Kuantum mekaniksel dalga ile ifade edilebilir. Böylelikle makroskopik dünya ile mikroskopik dünya arasında bağlantı kurulmuş olur.

Bose-Einstein yoğunlaşması Kuantum Mekanikinde bazı paradoksların çözülmesine ışık tutmuştur. Aşırı derece düşük sıcaklıklarda, yada çok küçük skaladaki sistemlerde Klasik Mekaniğin kuralları geçersizdir. Bu durumda atomların pozisyonları net olarak belirlenmemektedir. Bundan dolayı atomların pozisyonlarını bulmak için kullanılan bir takım deneylerde (Elektron Saçılması vb.) elde edilen parlak noktalar net olarak elde edilememektedir. Her parlak nokta aslında dalga paketini ifade eder. Böylelikle parlak noktalar bizlere atomların pozisyonları ve durumları hakkında bilgi verir. Fakat sistemin düşük sıcaklığa indirilmesiyle dalga paketi genişlemeye başlar. Her parlak nokta uzaysal olarak birbirinden ayrı olduğu sürece atomların farklı konumlarda olduğunu söylemek mümkündür. Fakat sıcaklık düşürüldükçe parlak noktalar çakışmaya dolayısıyla atomların pozisyonları belirsizleşmeye başlar. Artık parlak noktaların tamamen çakışması durumunda Bose yoğunlaşması başlamıştır. Atomların büyük bir bölümü taban enerji düzeyindedirler. Yani komik bir ifadeyle atomlar Kuantum kişilik problemi ile karşı karşıyadırlar. Artık birbirlerinden ayırılmaz durumdadırlar.

1970 lerin sonuna doğru fizikçiler gazlarda BEY olayı üzerinde yoğunlaşmışlardı. MIT, Amsterdam Üniversitesi, British Üniversitesi, Columbia ve Cornell Üniversitesi fizikçileri bu konuda bir takım temel zorlukların olduğunu düşünüyorlardı. Çünkü BEY elde etmek için atomları normal donma sıcaklığından çok daha aşağıda bir sıcaklığa indirmek gerekiyordu. Akıldaki soru ise Süper Doygun Gaz (super saturated gas) elde edebilmenin mümkün olup olmayacağıydı. Bir çok tahmin ise Hidrojen'in böyle bir özellik gösterebileceği yönündeydi. Çünkü bu gaz yapısı yoğunlaşmasından önce atomların yığılmasına izin vermemekteydi. Bu konudaki denemelerden başarı elde edilemedi. Fakat sorunları çözmek için geliştirilen akılcı yaklaşımlar başka problemlerde etkin rol oynayacaktı. Örneğin 1989 da, Hidrojen çalışmalarının katkısı araştırmacıları, atomik tuzak elde etmede LASER kullanmaya ve Alkali atomlar kullanmaya itmiştir. Sezyum, Rubidyum, Sodyum gibi elementler BEY elde etmek için uygun özelliklere sahiptirler. Bu elementler kendilerini daha hızlı bir biçimde yoğunlaşma düzeyine getirebiliyorlardı. Çok büyük yapıdaki bu atomlar birbirleri üzerinden enerji alışverişine izin verebiliyorlardı. Bu

durum birbirleriyle çok yüksek oranda çarpışarak sağlanıyordu. Bundan dolayı atom yığılaşması olmadan yoğunlaşma elde edebilmek mümkündü. BU atomlara uygulanan LASER SOĞUTMASI tekniğinin kolay ve ucuz olması MIT araştırmacılarını Hidrojeni bu yönde bir teknik kullanarak yoğunlaştırmak amacına itmişti.

BEY'İN ÖNEMİ

Bose-Einstein yoğunlaşması bir çok yönden önem taşımaktadır. İlk olarak bu sistemler bilim adamları için atomların özelliklerini ve genel olarak kuvantum fiziğinin bazı temel prensiplerini test edebilecekleri yeni ortamlar oluşturmaktadır.

BEY'in diğer önemli bir katkısı da atom lazerleri konusunda olması beklenmektedir. Atom lazerlerinin çalışma prensibi optik lazerlerle benzerdir. Eş fazlı madde dalgaları diğer atomları da aynı moda geçmeleri için uyarılmaktadır, bu da kazanımı arttırmaktadır. Bu lazerlerin olası kullanım alanları arasında şunları sıralayabiliriz: Lineer ve lineer olmayan atom optiği, temel fiziksel büyüklüklerinin hassas ölçümü, atomik düzeyde madde büyütmesi, kuvantum enformasyon işlenmesi ve litografik çözünürlüğünün artırılması.

¹ W. Ketterle, "Experimental Studies of Bose-Einstein Condensation", Physics Today, Vol. 52, December (1999).

ÇOK AMAÇLI KULLANIM İÇİN ELEKTRON HIZLANDIRICI (500 KEV, 20 MA) ÜNİTESİ TASARIMI

Şeref TURHAN*, **Serdar KARADENİZ**, **Sema OCAK**, **Tülin ZENGİN** ve **Suat ÜNAL**
Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ANAEM)
Malzeme Araştırma Bölümü, *Nükleer Fizik Bölümü, 06100 Beşevler- Ankara

ÖZET

Elektron hızlandırıcıları, 1930'lu yılların başlarında icat edilmelerine rağmen ticari ölçekteki ilk elektron hızlandırıcı tesisi, 1957 yılında Ethicon firması (ABD) tarafından, ameliyat ipliklerinin sterilizasyonu için kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda farklı tip ve hızlandırma voltajlarında imal edilen elektron hızlandırıcıları; araştırma-geliştirme (ar-ge) çalışmalarında, tıpta (kanser tedavisi), imalât endüstrisinde (kimya, petrokimya, yüzey kaplama, elektrik, sağlık, tekstil ve lastik sektöründe), çevre kirliliğinin kontrolünde (baca gazları ve atık sular), gıda ışınlanmasında ve tarımda (tahıl ürünlerinin bit, kurt vb. haşerelerden arındırılması) kullanılmaktadır. Bugün sadece endüstriyel uygulamalarda kullanılan 900'e yakın elektron hızlandırıcı tesisi mevcuttur.

Bu çalışmada, radyasyon işlemeciliği ile ilgili parametrelere kısaca değinilmiş ve elektron demet enerjisi 0,5 MeV, demet akımı 20 mA olan ICT (Insulating Core Transformers) tipi, elektron hızlandırıcısının çok amaçlı kullanım için ünite tasarımı tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Radyasyon işlemeciliği, Elektron hızlandırıcısı, Radyonüklit kaynaklar, Işınlama teknikleri

1. GİRİŞ

İyonlaştırıcı radyasyon (gama, X- ışınları, beta, vb.) ar-ge çalışmalarının yanı sıra kabloların ışınlanmasından tıpta kanser tedavisine kadar bir çok radyasyon işlemeciliğinde kullanılmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyon kaynaklarını iki gruba ayırmak mümkündür: **1)** Gama ışınları yayımlayan radioizotop veya radyonüklid kaynaklar, **2)** Hızlandırılmış elektronlar (beta radyasyonu) ve elektronların anî ivmelenmesinden dolayı ortaya çıkan frenleme X-ışınları kaynağı olan elektron hızlandırıcıları.

Radyasyon işlemeciliğinde kullanılan radyonüklit kaynaklar; Co-60 (gama enerjileri; 1.17 MeV ve 1.33 MeV, yarılanma süresi 5.27 yıl ve her yıl aktivitesinin %12.5'i azalmaktadır) ve Cs-137 (gama enerjisi; 0.66 MeV, yarılanma süresi 30 yıl ve her yıl aktivitesinin %2.3'ü azalmaktadır) dir. Bu radyoizotopların aktiviteleri radyasyon işlemeciliği için birkaç MCI kadar olabildiği gibi ar-ge çalışmaları için ise 1 kCi-50 kCi arasında değişmektedir [1].

Genel anlamda hızlandırıcılar, pozitif veya negatif yüklü iyonlara kinetik enerji kazandırmak için yapılan cihazlardır. Herhangi bir elektron hızlandırıcısının çalışma ilkesi; yüklü tanecik olan elektronlara elektrik alanının etki etmesi ile hızlandırma aralığındaki voltaj farkına eşit enerji aktarılması olarak tanımlanabilir. Elektron hızlandırıcıları, ar-ge çalışmalarında, tıpta, imalât endüstrisinde, gıdada, tarımda ve çevre kirliliğinin kontrolünde, kullanılmaktadır [2]. Bu uygulama kullanılmak üzere doğrusal hızlandırıcılar (rf, mikrotronlar, vs.) ve doğrusal elektrostatik hızlandırıcılar (Cockroft-Walton, Van de Graaf, Transformatör, Dynamitron, vs.) olmak üzere farklı tipte ve büyüklükte elektron hızlandırıcıları imal edilmiştir [3].

Dünyada yaklaşık olarak 900 adet elektron hızlandırıcısı tesisinin yanında 180 adet de radyoizotop kaynaklarının kullanıldığı tesis mevcuttur (Çizelge 1). Elektron hızlandırıcıları ile radyoizotop kaynakların karşılaştırılması Çizelge 2'de verilmiştir.

Bu geniş uygulama alanlarında en uygun elektron hızlandırıcısı seçimi, radyonüklit kaynakların seçimine göre daha karmaşıktır. Seçimde göz önünde bulundurulacak parametreler; ışınlama dozu ve malzeme içindeki doz dağılımı, elektron demet enerjisi (hızlandırma voltajı), elektron demet akımı, elektron demet gücü, elektriksel verimi, fiziksel büyüklüğü, güvenilirliği, işletme kolaylığı, maliyeti, zırhlama şekli (çelik, kurşun ve beton) ve taşıyıcı sistemlerdir (conveyor or underbeam handling system).

Bu çalışmada yukarıda sözü geçen radyasyon işlemeciliği ile ilgili parametreler kısaca özetlenmiş ve elektron demet enerjisi 0,5 MeV, demet akımı 20 mA olan ICT (Insulating Core Transformers) tipi, elektron hızlandırıcı ünitesi tasarımı çok amaçlı kullanım için tartışılmıştır.

2. RADYASYON İŞLEMECİLİĞİ İLE İLGİLİ PARAMETRELER

2. 1. IŞINLAMA DOZU

Ortalama doz; malzemenin soğurduğu enerji miktarının kütlesine bölümüdür. Doz birimi olarak Gy (J/kg) veya rad (100 erg/gr) kullanılmaktadır. Her bir radyasyon işlemeciliği için uygun doz seçimi oldukça önemlidir. Farklı radyasyon işlemeciliği ve gerekli ışınlama dozları Çizelge 3'de verilmiştir.

2.2. ELEKTRON DEMET ENERJİSİ (HIZLANDIRMA VOLTAJI)

Elektronların malzeme içindeki nüfuz etme derinliği, elektron enerjisi ile doğru, ışınlanacak malzemenin yoğunluğu ile ters orantılıdır. Verilen bir elektron enerjisi için nüfuz etme derinliği; birim alan başına ışınlanacak malzemenin ağırlığı cinsinden tanımlanabilir ve gr/cm^2 cinsinden verilir. Radyasyon işlemeciliğinde, elektronların malzeme içinde tuzaklanmasını önlemek ve düzgün dağılımlı bir ışınlama yapabilmek için faydalı nüfuz etme derinliği (useful penetration depth) kullanılır (Şekil 1). Tek taraflı ve çift taraflı ışınlamalar için toplam ve faydalı nüfuz etme derinliği Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’den görüleceği gibi, ışınlanacak malzemenin kalınlığı elektronların hızlandırma voltajına bağlıdır. Dolayısı ile hızlandırıcının, hızlandırma voltajı veya elektronların enerjisi ışınlanacak malzemenin kalınlığına göre belirlenir. Örneğin 10 MeV’lik elektron hızlandırıcıları ile tek taraflı ışınlamada en fazla 3.3 cm, çift taraflı ışınlamada ise en fazla 8,3 cm kalınlığındaki malzemeler (yoğunluğu 1 gr/cm^3) ışınlanabilir. Hızlandırma voltajı 0,5 MV olan elektron hızlandırıcısı ile tek taraflı ışınlamada en fazla 0,08 cm (0,8 mm), çift taraflı ışınlamada ise en fazla 0,2 cm (2 mm) kalınlığındaki malzemeler (yoğunluğu 1 gr/cm^3) ışınlanabilir.

2.3. ELEKTRON DEMET AKIMI

Işınlanacak malzemedeki giriş dozu, birim alan başına gelen elektron sayısı ile orantılıdır. Elektron sayısı ise elektron akımının bağlıdır ve 1 mA’lik akım, yaklaşık 10^{15} tane elektrona karşılık gelir. Bu yaklaşımdan,

$$\frac{A}{T} = K \times \frac{I}{D} \times f_i \quad 2.3.1$$

alan işlem hızı bağıntısı elde edilir. Burada, K; hızlandırma voltajına bağlı alan hız sabiti (0,5 MeV için $13,9 \text{ kGy.m}^2/\text{dakika.mA}$), A; ışınlanacak alan (m^2), T; ışınlama zamanı (dakika), I; demet akımı (mA), D; ışınlama dozu (kGy) ve f_i ; yüzde olarak ışınlama verimi (demet akımı açısından) dir. 2.3.1 bağıntısından da anlaşılacağı gibi, doz hızı; doğrudan elektron demet akımına bağlıdır. 1 mA/cm², yaklaşık olarak 10^6 Gy/sn ’lik doz hızına karşılık gelir [8]. Elektron hızlandırıcılarının radyoizotop kaynaklara göre en büyük üstünlüğü doz hızlarının çok yüksek olmasıdır. Elektron hızlandırıcıları ile işlemler çok kısa sürede (saniyeler mertebesinde) olmaktadır (Şekil 3). Doz hızları, elektrostatik d.c hızlandırıcıları için 10^3 - 10^6 Gy/sn (10^5 - 10^8 rad/sn) arasında değişmektedir. Dolayısı ile hızlandırıcının, demet akımı ışınlanacak alan ve ışınlama dozuna (ışınlama zamanına) göre belirlenir.

2.4. ELEKTRON DEMET GÜCÜ

Elektron demet gücü, kütle işlem hızı ile doğru orantılıdır. Kütle işlem hızı aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$\frac{M}{T} = 3600 \times \frac{P}{D} \times f_p \quad 2.4.1$$

Burada, M; ışınlanacak malzemenin kütlesi (kg), P; elektron demet gücü (kW), D; ışınlama dozu (kGy), T; ışınlama zamanı (saat) ve f_p ; malzemenin, gücü soğurma verimidir. Hızlandırıcının gücü ne kadar yüksek olursa birim zaman başına ışınlanacak malzemenin

miktarı da o kadar artacaktır. Elektron hızlandırıcısının gücü, ışınlanacak malzeme miktarına göre seçilir. Örneğin, elektron demet gücü 10 kW olan elektron hızlandırıcısı ile bir saatte; 0,8 mm kalınlığındaki 90 kg polietilen levha çapraz bağlamak için ve 25.200 kg atık su ise dezenfeksiyon için ışınlanabilir.

2. 5. HIZLANDIRICININ TİPİ, BÜYÜKLÜĞÜ, ELEKTRİKSEL VERİMİ VE MALİYETİ

Hızlandırıcı tipi radyasyon işlemeciliğinin özelliğine göre seçilir. Örneğin, doğrusal elektron hızlandırıcıları (rf veya mikrotronlar) yüksek enerjili elektronlar (10 MeV-25 MeV) sağlamaları ve kompakt olmaları nedeni ile fazla yer işgal etmedikleri içine tıpta kanser tedavisinde tercih edilir. Bu tip hızlandırıcıların elektron demet akımlarının (μA) ve elektriksel verimlerinin düşük olması, tıptaki kullanımı için önemli olmayabilir. Diğer taraftan doğrusal elektrostatik hızlandırıcıları, yüksek demet akımı (400 mA' kadar) ve yüksek elektriksel verim (%90) sağladıkları için imalât endüstrisinde, çevre kirliliğinin kontrolünde, gıda ışınlanmasında ve tarımda kullanılmaktadır. Elektron demet enerjilerinin (birkaç MeV) yüksek olmaması ve ayrı ayrı bölümlerden oluşması nedeni ile çok yer kaplaması, bu alandaki uygulamalar için önemli olmayabilir. Araştırma merkezlerinde genellikle, yüksek enerjili (> 10 MeV) ve düşük akımlı (μA) hızlandırıcılar tercih edilir.

Elektron hızlandırıcılarının yatırım maliyeti, hızlandırıcının enerjisine, tipine ve gücüne göre değişmektedir. Bazı hızlandırıcıların fiyatları Çizelge 4'de verilmiştir.

2.6. ZIRHLAMA

Hızlandırılmış elektronlar, kütleleri ve yüklerinden dolayı madde içine fazla nüfuz edemezler ve maddenin yüzeyindeki tepkimeler ile enerjilerini kayıp ederler. Beta radyasyonu (hızlandırılmış elektronlar), ışınlanan maddenin elektronları ile etkileşerek onları uyarırlar veya koparırlar ve maddenin çekirdeği tarafından saçılmaya uğrayarak frenleme X-ışınlarının çıkmasına neden olurlar. Zırhlama; çalışan personeli ortaya çıkan frenleme X-ışınlarından korumak için yapılır. Zırhlama malzemesi; çelik, demir, kurşun ve beton olabilir. Fakat yaygın olarak, maliyetinin düşük olması nedeni ile beton veya fazla yer işgal etmemesi ve pratik kullanımı nedeni ile de kurşun kullanılmaktadır. Enerjisi düşük hızlandırıcılar (0,1 MeV-0,3 MeV) genelde, kurşun bloklar ile kendinden zırlı yapılar (self shielded) ve yüzey kaplamalarının iyileştirilmesi için kullanılırlar. Eğer hızlandırıcı için ayrı bir bina yapılması düşünülmüyorsa başka bir ifade ile yer problemi var ise o zaman kurşun bloklar ile kendinden zırlı hızlandırıcılar tercih edilebilir. Endüstriyel amaçlı olarak kullanılan hızlandırıcılar, üretim hattı üzerinde olabilmeleri için kendin zırlı yapırlar.

2.7. TAŞIYICI SİSTEMLER VE IŞINLAMA TEKNİKLERİ

Doz hızı, taşıyıcının hızı veya katot akımının değiştirilmesi ile ayarlanabilir. Radyasyon işlemeciliğinde kullanılan hızlandırıcı tesislerinin hemen hemen hepsinde uygun bir taşıyıcı sistem mevcuttur. Taşıyıcı sistemler ve ışınlama teknikleri, radyasyon işlemeciliğinin çeşidine göre değişmektedir (Şekil 4).

3. ELEKTRON HIZLANDIRICI UNİTESİ TASARIMI

3.1. ELEKTRON HIZLANDIRICISININ ÖZELLİKLERİ

Elektron hızlandırıcısının özellikleri:

- **Tipi:** ICT doğru akımlı (d.c) elektrostatik hızlandırıcı.
- **Alt bölümleri:** **ICT Güç kaynağı** (1930x1370 mm, 2040 kg), **Hızlandırma tüpü** (1370x410 mm, 230 kg), **Tarayıcı** (470x1031, 307 kg), **Kontrol kabini** (830x760 mm, 680 kg), **Kapasitör bankı** (1220x1270 mm, 545 kg), **Voltaj regülatörü** (1475x 1145 mm, 635 kg) ve **Step-up Transformatör** (840 x740 mm, 140 kg).
- **Hızlandırma voltajı:** 300 kV-500 kV arasında değişebilmektedir.
- **Elektron demet akımı:** Akım değerleri; 1 mA- 20 mA arasında 1 mA'lık adımlar ile bilgisayar kontrollü olarak ve 0 µA- 20 mA arasında ise el ile arttırılabilmektedir.
- **Işınlanacak malzeme kalınlığı:** Elektron enerjisi 500 keV'de yoğunluğu 1 gr/cm³ olan malzemeler için tek taraflı ışınlamada 0,8 mm ve uygun taşıyıcı ile çift taraflı ışınlamada 1,9 mm dir.
- **Doz hızı:** Doz hızı, demet akımının değiştirilmesi ile ayarlanabilir. 20 mA'lık demet akımında doz hızı, yaklaşık 128 kGy/sn ve 250 µA'de ise 1,58 kGy/sn dir (25 cm²'lik alanın ışınlandığı ve ışınlama veriminin de 0,5 olduğu kabul edilmiştir).
- **Zırhlama şekli:** Işınlama sonucunda çıkan frenleme X-ışınlarından çalışanları korunmak için hızlandırma tüpü ve ışınlama bölgesi yaklaşık 8 mm-10 mm kalınlığındaki kurşun bloklar ile kendinden zırhlanabilir veya 80 cm kalınlığındaki beton duvar içine alınabilir.
- **Taşıyıcı sistem:** Radyasyon işlemeciliğine göre uygun bir taşıyıcı sisteme sahip olabilir.
- **Demet kesici:** Taşıyıcı mevcut değilse, doz hızının elektron demet akımı ile ayarlanması gerekmektedir. İstenilen akımda (doz hızında) elektronları, ışınlanacak malzeme üzerine düşürecek bir demet kesici sisteminin olması gerekir. Demet kesici yoksa, örnek, istenilen akıma gelene kadar ışınlanacak dolayısı ile aşırı doz almış olacaktır.
- **Maliyeti yaklaşık:** Yaklaşık 500.000 Amerikan dolarıdır.

3.2. HIZLANDIRICININ KENDİNDEN ZIRHLI OLDUĞUNDA KULLANIMI

1) Cihaz kendinden zırhlı ve taşıyıcı sistemi olmadan, sadece çevre kirliliğinin kontrolüne yönelik ar-ge çalışmalarda kullanılabilir diğer uygulamalar için kullanılamaz. Çevre ile ilgili; **a)** sadece baca gazından SO₂ ve NO_x'in uzaklaştırılması işlemi, zırh içinde, tarayıcın altına ışınlama tankı monte edilerek yapılabilir veya **b)** sadece atık suların dezenfeksiyon ve degradasyon işlemi, yine zırh içinde, tarayıcın altına monte edilecek belli bir hacimdeki (5 cm x 61 cm x 80 cm) ışınlama tankı içinden atık suların hızlı ve ince bir tabaka halinde geçirilmesi veya tank içindeki suyun sirkülasyonunun sağlanması ile yapılabilir. **2)** Cihaz kendinden zırhlı ve uygun bir taşıyıcı ile, polimerik malzemelerin modifikasyonu ve diğer ar-ge çalışmalarının yanında atık suların dezenfeksiyon ve degradasyon işlemi için (Petri veya pyrex kaplar içinde) için beta radyasyon kaynağı olarak kullanılabilir.

3.3. HIZLANDIRICININ ÇOK AMAÇLI TASARIMI İLE İLGİLİ ÖNERİLER VE SONUÇLAR

Anlaşılabacağı gibi, cihazı, zırhlı durumda ve uygun taşıyıcı olmadan, 500 keV ve 20 mA' de hem rutin ışınlamalar için hem de çevre ile ilgili ar-ge çalışmalarında, radyasyon kaynağı olarak etkin bir şekilde kullanmak mümkün değildir.

Cihazın çok amaçlı kullanılması için ile ilgili öneriler aşağıda verilmiştir:

- 1) Cihazın kurşun zırhı kaldırılıp, 70 cm – 80 cm kalınlığında beton ile çevrilmiş 4m x 4m x 4m'lik bir oda içine kurulması gerekmektedir.
- 2) Cihaza uygun taşıyıcının (tepsi, küçük dört tekerlekli araba, kemer, vb.) monte edilmesi gerekmektedir. Böylece, demet kesicisine de gerek kalmadan doz hızı, taşıyıcının hızı ile ayarlandığından cihazı geniş uygulama alanlarında kullanmak mümkün olacaktır. Taşıyıcı olarak, iki paslanmaz çelikten yapılmış halat üzerinde hareket edebilen tepsi sistemi uygun olabilir. Çünkü çevre ile ilgili araştırmalar için hızlandırıcı tüpü ile beraber tarayıcının belli bir yüksekliğe (örneğin 1.3 m) kaldırılması ve altının boş olması gerekmektedir.

Öneriler doğrultusunda elektron hızlandırıcısı ünitesi kurulduğunda, rutin ışınlamaların yanında geleceğe yönelik olarak çevre kirliliğinin kontrolü ile ilgili çalışmalar aşağıdaki gibi gerçekleştirilebilir:

A) Atık suların ışınlanması ile ilgili araştırmalar:

1) **Laboratuvar deneyleri:** İçme sularının, atık suların dezenfeksiyonu ve endüstriyel atık suların çevreye zararsız hale getirilmesi ile ilgili ar-ge çalışmaları, taşıyıcı kullanılarak yapılabilir [10].

2) **Pilot tesis:** İlk çalışmalardan sonra basit bir pilot tesis yapılabilir [11].

B) Baca gazının ışınlanması ile ilgili araştırmalar:

1) **Laboratuvar deneyleri:** Atık sularda olduğu gibi ilk aşamada, baca gazından SO₂ ve NO_x'in uzaklaştırılma mekanizmasının kinetiğini anlamak için basit bir düzenek kurulabilir [12].

2) **Pilot tesis:** İlk çalışmalardan sonra, hacimsel akış hızı 1000 m³/saat olan bir pilot tesis yapılabilir [13,16].

ELEKTRON HIZLANDIRICI ÜNİTESİ, YUKARIDA SÖZÜ EDİLEN ÇOK AMAÇLI UYGULAMALAR İÇİN TASARIMLANDIĞINDA, HEM AR-GE ÇALIŞMALARINDA (ANAEM, ÜNİVERSİTELER VE ARAŞTIRMA MERKEZLERİ İÇİN) HEM DE HIZLANDIRICILARIN ENDÜSTRİDEKİ KULLANIMINI TANITMAK AMACI İLE YAPILACAK ÇALIŞMALARDA RADYASYON KAYNAĞI OLARAK UZUN SÜRE (YARILANMA PROBLEMİ OLMADIĞINDAN) HİZMET EDEBİLİR.

KAYNAKLAR

- [1] N. Tamura, Radiation Sources and Irradiation Facilities, Textbook on Nuclear Technology, TITC JR, 89-97(3).
- [2] R. Mehnert, NIM B, 113, (1996), 81-87.
- [3] W. J. Ramler, Radiat. Phys. Chem. (1977), 9, 69-89.
- [4] M. R. Cleland, Food Irradiation Workshop, Guelph, Ontario, Canada, 1996.
- [5] Cern Accelerator School Cyclotrons, Linacs and their Applications, IBM International Education Center, La Hulpe, Belgium, 28 April-5 May, 1994.

- [6] R. C. Becker, J. H. Bly and et al. Radiat. Phys. Chem. (1979), 14, 353.
 [7] W.Scharf, "Particle Accelerators and Their Uses", Harwood Academic Publishers, 1986.
 [8] T.S. Dunn and J. L. Williams IEEE Trans. Nucl. Sci. (1979), NS-26,1,1776-1783.
 [9] M. R. Cleland and et al. EPRI Symposium on Environmental Applications of Advanced Oxidation Technologies, San Francisco, 1993.
 [10] N. Gettoff, Radiat. Phys. Chem. (1996), 47,4, 581.
 [11] M.H.D. Sampa and et al., Radiat. Phys. Chem. (1995), 46,4-6, 1143.
 [12] D.C.R. Poli, and et al. Radiat. Phys. Chem. (1995), 46,4-6,1133.
 [13] N. W. Frank, Radiat. Phys. Chem. (1995), 45, 989-1002.
 [14] H. Namba, Radiat. Phys. Chem. (1993), 42, 669.
 [15] N. W. Frank, and V. Markovic, IAEA Bulletin, (1994), 36, 1,7.
 [16] A. G. Chmielewski, Radiat. Phys. Chem. (1995), 46, 4-6, 1057-1062.

Çizelge 1. İmalât endüstrisinde kullanılan hızlandırıcılar [4].

Enerji aralığı (MeV)	Sayısı	Ortalama gücü (kW)	Toplam gücü (MW)
Düşük enerjili (0.1-0.4)	250	100	25
Orta enerjili (0.4-5)	600	40	24
Yüksek enerjili (5-15)	30	15	0.5

Çizelge 2. Elektron Hızlandırıcılar ile Radyoizotop kaynakların karşılaştırılması.

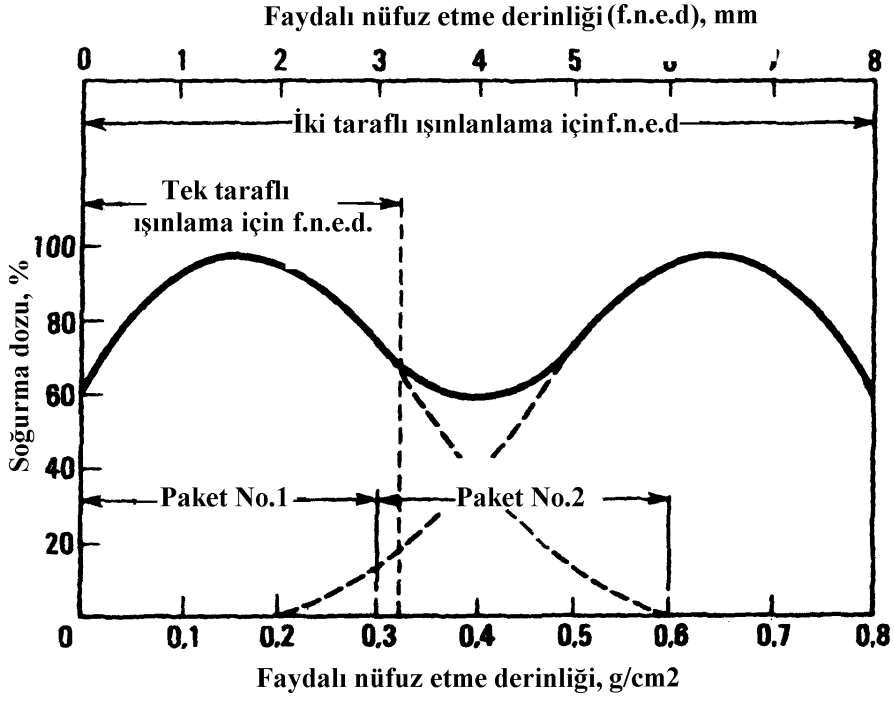
Radyasyon kaynağı	Avantajı	Dezavantajı
Elektron Hızlandırıcıları	<ul style="list-style-type: none"> Doz hızları yüksektir elektrostatik hızlandırıcılarda 10^3-10^6 Gy/sn, doğrusal hızlandırıcılarda 10^{10}-10^{12} Gy/sn arasında değişmektedir. İlk yatırım maliyeti ve işletme gideri açısından büyük üstünlüğe sahiptir. Elektron demet gücü fazla olduğundan (400 kW'a kadar ulaşabilen) daha çok ürün ışınlanmaktadır. Bu ise işletme giderini düşürmektedir. 200 kW yaklaşık 13 MCi Co-60'a karşılık gelir. İşletilmesi kolaydır. Çalışmadığı zaman radyasyon tehlikesi yoktur. 	<ul style="list-style-type: none"> Malzeme içindeki nüfuz etme derinliği çok küçük olduğundan yüksek yoğunluklu ve kalın malzemeler için uygun değildir. Genelde kabloların, foillerin, levhaların, filmlerin ve düşük yoğunluklu malzemelerin ışınlanması için uygundur. Malzeme içindeki doz dağılımı düzgün değildir. Faal halde tutmak için bakımı gerekmektedir. Yedek parça problemi vardır. 2000 saat sonra tarayıcının altındaki Ti pencerenin, 10 yıl sonra ise katottun değişmesi gerekir.
Co-60 veya Cs-137 Radyoizotop gama kaynakları	<ul style="list-style-type: none"> Malzeme içindeki nüfuz etme derinliği çok yüksek olduğundan yüksek yoğunluklu ve kalın malzemelerin ışınlanması için uygundur. Genelde tıbbî malzemelerin sterilizasyonu ve gıda ışınlanmasında yaygın bir şekilde kullanılır. Malzeme içinde düzgün doz dağılımına sahiptir. Kaynak dizayn değişik geometrilere adapte edilebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> Doz hızları düşüktür en fazla 10 Gy/sn'dir. Sürekli gama radyasyonu yayarlar ve yarılanma problemleri vardır. İşlem kapasiteleri sınırlıdır. Çünkü kaynakların gücü düşüktür. 1MCi aktiviteli kaynağın gücü, 14,8 kW'tır.

Çizelge 3. Radyasyon işlemeciliğinin çeşitleri ve ışınlama dozları[5].

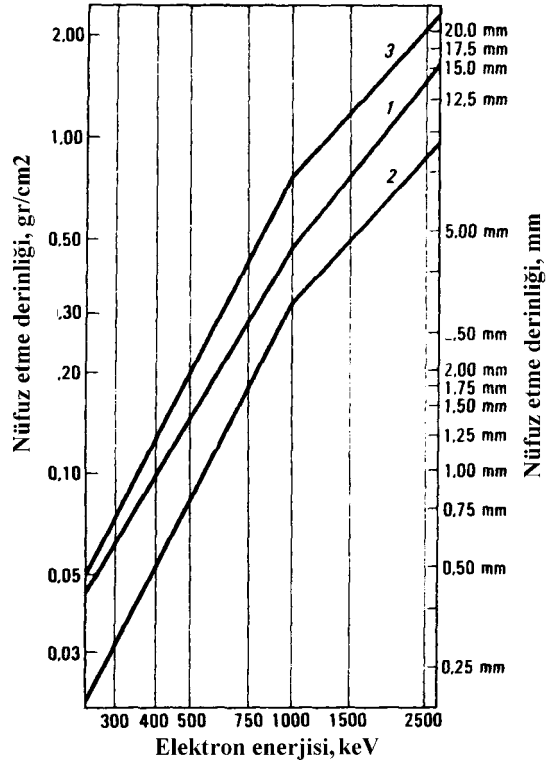
Radyasyon İşlemeciliği	Gerekli doz (kGy)
Patates, soğan ve sarımsağın filizlenmesinin önlenmesi	0.02 – 0.15
Tahıllarda bit, kurt, böcek kontrolü	0.2 – 1.0
İçme suyu, atık su dezenfeksiyonu	1.0 - 10
Gıdaların korunması	1.0 - 25
Sterilizasyon	20 – 50
Baca gazlarının temizlenmesi	10 - 20
Yüzey kaplamalarının iyileştirilmesi	20 – 50
Polimerlerin çapraz bağlanması	100 - 300
Kauçuk vulkanizasyonu	100 – 300

Çizelge 4. Bazı hızlandırıcıların ilk yatırım maliyetleri [9].

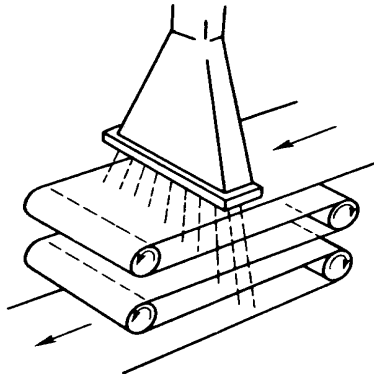
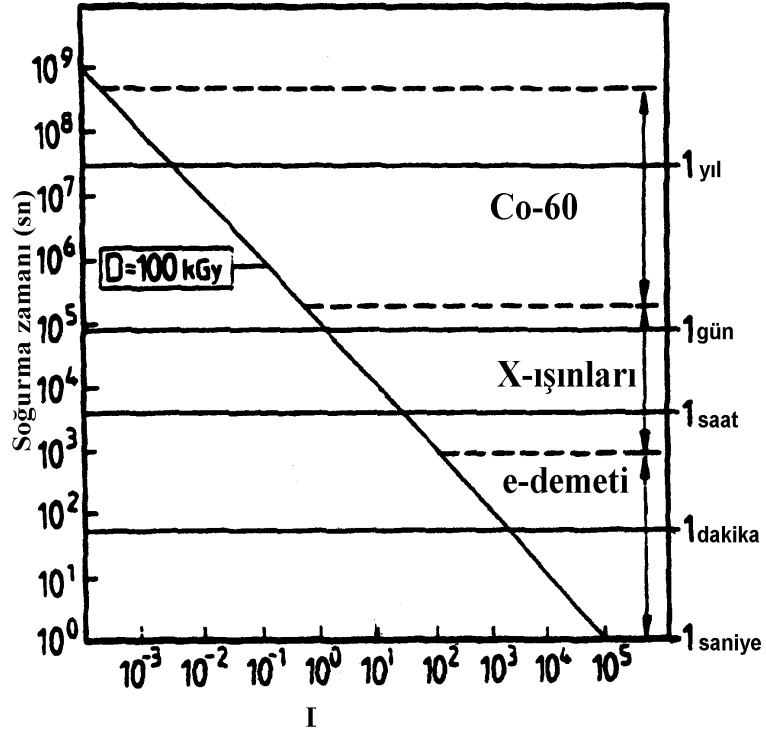
Üretici Firma / Dc hızlandırıcısı	Enerji (MeV)	Akım (mA)	Güç (kW)	Fiyatı (\$USA)
Energy Sciences / Iron Core	0.125	150	18.75	340000
	0.200	500	100	550000
	0.300	500	150	950000
Radiation Dynamics / Dynamitron	0.5	160	80	900000
	1.0	100	100	1300000
	1.5	67	100	1600000
	3.0	33	100	2100000
	5.0	30	150	3600000
VIVIRAD / ICT	0.8	100	80	1300000
	1.0	100	100	1400000
	1.5	67	100	1600000
	2.0	50	100	1800000
	2.5	40	100	2000000



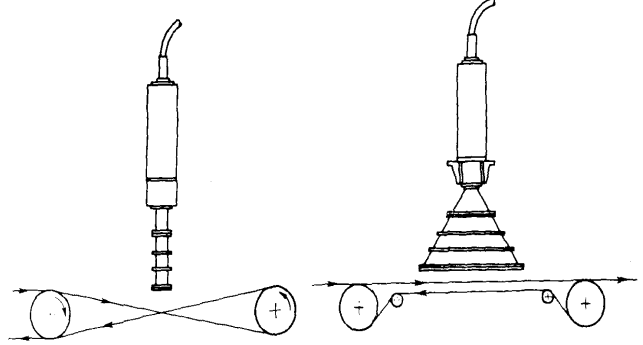
Şekil 1. Tek ve çift taraflı ışınlamada beta radyasyonunun malzeme içindeki dağılımı [6].

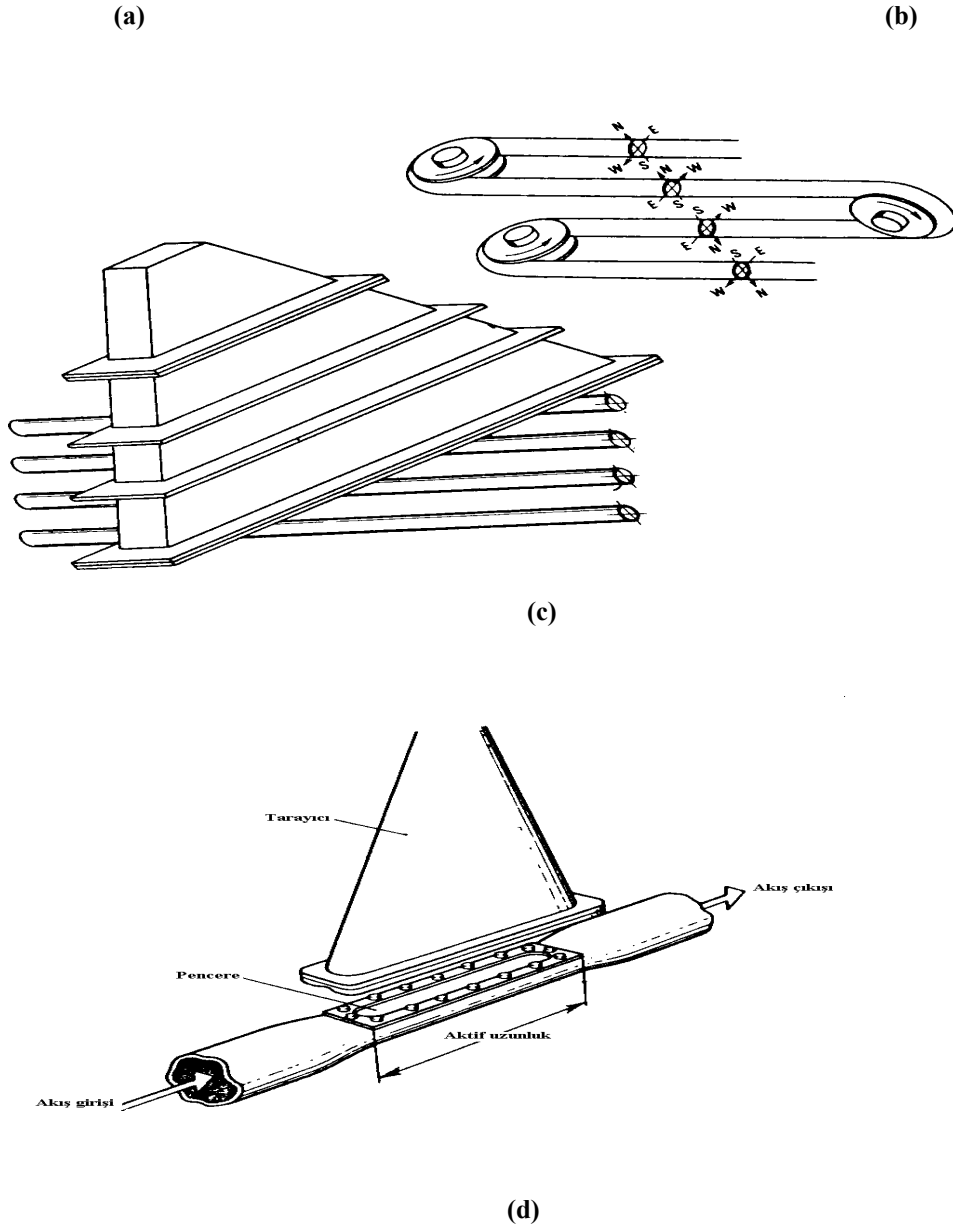


Şekil 2. Nüfuz etme derinliğinin enerjiye göre değişimi: (1) toplam nüfuz etme derinliği; (2) tek taraflı ışınlamada nüfuz etme derinliği; (3) çift taraflı ışınlamada nüfuz etme derinliği [7].



arı için





Şekil 4. a) Polimerik ince film veya levhaların çapraz bağlanması için iki taraflı ışınlama; b) ve c) içi boş veya dolu kabloların yalıtımı için iki ve dört taraflı ışınlanma, d) sıvıları ışınlanma [6].

*****YAPILAN ÇALIŞMALAR*****YAPILAN ÇALIŞMALAR*****

Geçen dönemlerde olduğu gibi FMO bünyesinde ihtisas komisyonları ve çalışma grupları oluşturulmuştur.

Bu şekilde yönetim kurulu tarafından oluşturulan ihtisas komisyonları ;

1. Medikal Fizik
2. Nükleer Enerji
3. Fizik Mühendisliği Eğitimi

Çalışma grupları olarak da, daha önceki dönemlerde de faaliyetlerini yürüten;

1. Üye ilişkileri
2. Yayın
3. Sosyal ve sanatsal etkinlikler

-Medikal Fizik İhtisas komisyonunun çalışmaları:

Medikal Fizik İhtisas Komisyonunun çalışmalarını Yönetim Kurulu üyemiz Sn. GÜNGÖR ARSLANIN koordinatörlüğünde ve Dr. Salih GÜRDALLI'nın başkanlığında Dr. Nazmi OĞUZ ve Bülent YAPICI'dan oluşan üyelerle çalışmalarına başlamıştır.

-Fizik Mühendisliği Eğitiminin Çağdaştırılması ihtisas komisyonunun çalışmaları

Teknoloji ve bilimin hızla geliştiği günümüzde, bu gelişmeye paralel olarak maalesef Fizik Mühendisliği eğitimi programındaki değişim istenilen düzeyde olmamaktadır. Bu nedenle Odamız bünyesinde kurulan Fizik Mühendisliği Eğitimi İhtisas Komisyonu Yönetim Kurulu üyelerimizden Ömer YAVAŞ'ın koordinasyonunda bu dönem de çalışmalarına devam edecektir.

-Nükleer Enerji ihtisas komisyonunun çalışmaları

Ülkemizde Nükleer Enerji santral ihalesinin iptal edilmiş olmasına rağmen, Oda olarak geçmişte olduğu gibi bu dönem de ihtisas komisyon ile çalışmalarına devam edecektir. Bu çerçevede, Dr. Ali TANRIKUT'un başkanlığında çalışmalarını yürütecektir.

Bilindiği üzere tüm bu çalışmalar gönüllülük esasına dayanmaktadır. Bize her konuda yardımcı olacak siz sevgili üyelerimizin katkılarını bekliyoruz.

Yapılması Düşünülen Faaliyetler:

- Odamızın İşyeri Temsilcileriyle periyodik toplantılar yapmak
- Üye kayıt bilgilerinin ve Oda WEB sayfasının güncelleştirilmesi
- Fizik Mühendisliğinin sektörel bazda durumunu konu alan seminer ve konferansların düzenlenmesi.
- Odamızın geleneksel Bahar yemeğinin yapılması
- Belirli aralıklarla Tiyatro ve benzeri oyunlara bileti alınması

HABERLER**HABERLER****HABERLER****HABERLER**

TMMOB GENEL KURULU 31 MAYIS - 1-2 HAZİRAN 2002'de toplanıyor. Odamız Delegelerimizin Genel Kurul çalışmalarına katılmalarını bekliyoruz.

TMMOB II. Mühendislik Mimarlık Kurultayı ertelendi, Düzenleme Kurulunun yaptığı toplantıda Kurultayın TMMOB Genel Kurulundan sonra yapılmasına karar verildi.

TÜBİTAK Temel Bilimler alanında 2001 yılı Bilim Ödülünü; Prof. Dr. Akif Baha BALANTEKİN, Nükleer ve parçacık astrofizikine yeni ufuklar açan, Prof. Dr. Ataç İMAMOĞLU ise kuantum optiğinden, yarı-iletken fiziğine kadar uzanan alanlarda önemli etkiler yaratan uluslararası düzeyde üstün nitelikli çalışmaları nedeniyle aldılar.

Ulusal Kongre ve Konferanslar:

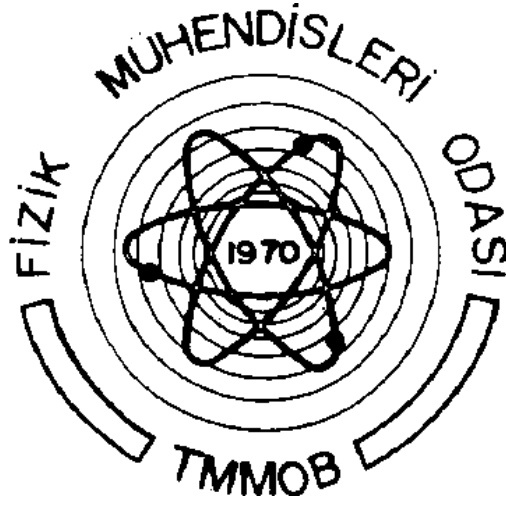
- Türk Fizik Derneği 21. Ulusal Fizik Kongresi (TFD-21) 11-14 Eylül 2002 tarihleri arasında Isparta Süleyman Demirel Üniversitesinde yapılacaktır. Detaylı bilgi ve başvuru için internet sayfası: <http://fef.sdu.edu.tr/~tfd21>, Son başvuru tarihi: 10 Haziran 2002

Uluslararası Kongre ve Konferanslar:

- 8th European Particle Accelerator Conference, Paris, 3-7 June, 2002. <http://epac2002.lal.in2p3.fr>
- 24th International Free Electron Laser Conference and 9th FEL User Workshop, 9-13 Sept. 2002, Argonne Nat. lab. USA, <http://www.aps.anl.gov/fel2002>
- "NUCLEAR ANALYTICAL METHODS IN THE LIFE SCIENCES (7. NAMLS)" Uluslararası Kongre, 16 – 21 Haziran 2002, Antalya, www.namls.at.tf
- Femtosecond Processes in Photosynthetic Light-Harvesting Complexes and Molecular Aggregates. International Workshop within the European Science Programme "Femtochemistry and Femtobiology", Antalya, Mayıs 2002 veya Ekim 2002, Doç.Dr.Demet Gülen, Orta Doğu Teknik Üniversitesi -Fizik Bölümü, e.mail: dgul@metu.edu.tr

Odamıza kayıt olan yeni üyelerimiz:

Oda Sicil Numarası	Adı Soyadı	Oda Sicil Numarası	Adı Soyadı
1544	Edip TÜREL	1556	Bülent YAPICI
1545	Şule KILIÇASLAN	1557	Sibel TÜRKEŞ
1546	Cengiz KARATAŞ	1558	Burcu YILDIRIM
1547	Nilgün KANTAR	1559	Mehmet ŞAN
1548	Nurcem GÜMRÜKÇÜ	1660	Saadet BAL
1549	R. Fevzi ESİRGEN	1561	İskender KAYA
1550	Ercan GÜÇLÜ	1562	Serdar DİNÇER
1551	Ceylan DEMİRCAN	1563	Özlem TARI
1552	Alper MERTOĞLU	1564	Mehmet KULOĞLU
1553	Hilal KAYA	1565	Mehmet HAKAN
1554	Mine ÖZGÜR	1566	Özge AMUTKAN
1555	Sinan ÖZGÜR	1567	Emel KİLİT



DUYURU

Odamızın 2-3 Mart 2002 yapılan Genel Kurulu'nda, 2004 Mart ayına kadar üye aidatları değişmeden 1.000.000 TL. olması kararlaştırıldı.

Üye arkadaşların birikmiş aidat borçlarını en fazla son beş yıl üzerinden bugünkü aidat göz önüne alarak Oda hesabına yatırmaları, Odamızın çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

Yönetim Kurulu

DUYURU

Odamızın alt katında bulunan lokalimiz üyelerimize ve misafirlerine hizmet vermektedir.

TEL: 0 312 4389230