

NÜKLEER ENERJİ

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Bu tepkimeye "filyon" adı verilmektedir. Bunun haricinde hafif atom çekirdeklerinin birleşme tepkimeleri de büyük bir enerjinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu birleşme tepkimesine "füzyon" adı verilmektedir. Çok yüksek sıcaklıkta yüksek enerjiye ulaşan atom çekirdeklerinin çarpışması ile füzyon tepkimesi sağlanabilmektedir. **Filyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen enerjiye "çekirdek enerjisi" veya "nükleer enerji" adı verilmektedir.**



Nükleer Enerji Oluşumu : Nükleer tepkimeler, parçalanma ürünlerinin toplam kütlesi ilk çekirdeğin kütlesinden küçük olduğunda açığa enerji çıkarırlar.

$$E=m.c^2$$

formülü uyarınca "kayıp kütle" ürünlerin kinetik enerjisi biçiminde ortaya çıkar. 1 kg U-235 izotopunun filyon tepkimesi sonucu açığa çıkan enerjinin yaklaşık 1..3 milyon kg kömürünkine eşdeğer olduğunu belirtmek yeterli olacaktır.

Nükleer Enerjinin Tarihçesi

Einstein, 1905 yılında $E=mc^2$ formülü ile fisyon sonucu açığa çıkabilecek enerji konusunda öngöründe bulunmuştur. Daha sonra 1930 yılında bu öngörü deneysel olarak Otto Hahn, Lise Meitner ve diğerleri tarafından doğrulanmıştır. Dünyada ilk nükleer reaktör 1942 yılında Enrico Fermi'nin yürüttüğü bir proje sonucunda (ABD) kurulmuştur. Elektrik üreten ilk ticari nükleer güç santrali 1957'de işletmeye girmiştir (Shippingport, ABD).

Avantajlar

Ucuz ve Temiz Enerji

	Kömür	Nükleer
Yatırım masrafı	5,00	6,31
İşletme ve Bakım	0,30	0,38
Yakıt maliyeti	4,05	1,87
TOPLAM	9,35	8,56

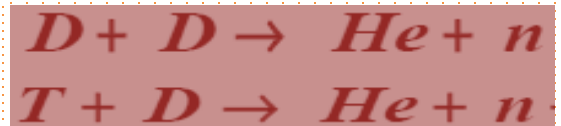
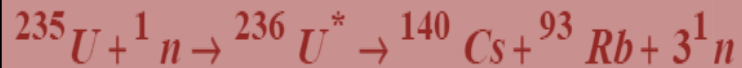
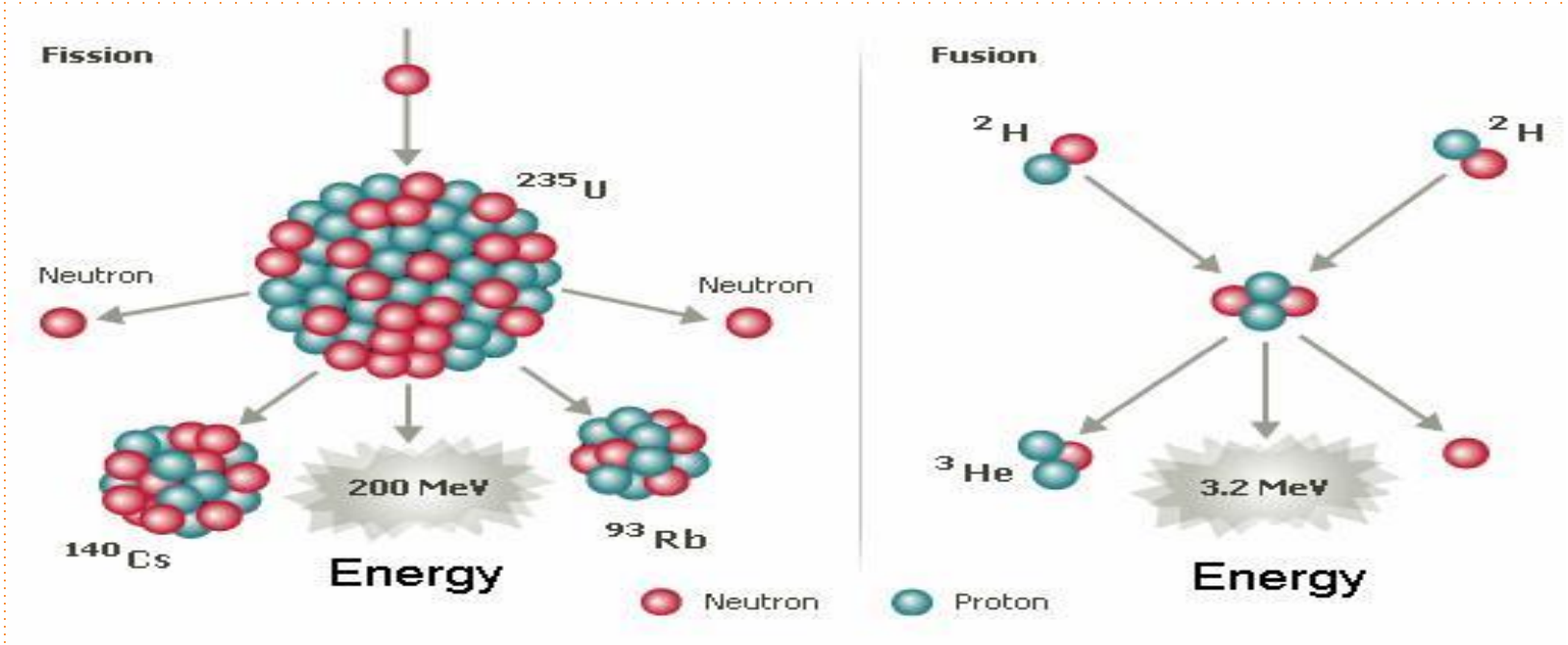
(Kömürden kükürt uzaklaştırılması işlemi yok)

Dezavantajları

Termal Kirlilik,
Radyasyon ve Biyolojik Etki
Düşük termal verimlilik

Nükleer Enerji Çeşitleri

- Fizyon (Fission)
- Füzyon (Fusion)



Fizyon (Fission) Tepkimesi



Fizyondan önce

^{235}U kütlesi	235,0439
${}^1_0\text{n}$ kütlesi	1,0087
<hr/>	
Toplam Kütle	236,0526

Fizyondan sonra

${}^{141}\text{Ba}$ kütlesi	140,9139
${}^{92}\text{Kr}$ kütlesi	91,8973
$3 \cdot {}^1_0\text{n}$ kütlesi	3,0261
<hr/>	
Toplam Kütle	235,8373

$$\Delta m = 236,0526 - 235,8373 = 0,2153 \text{ amu}$$

$$1 \text{ amu} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Füzyon (Fusion) Tepkimesi

Önce	Sonra	Giren Kütle	Çıkan Kütle	Kütle Kaybı	Enerji (Mev)
${}^2\text{H}_1 + {}^2\text{H}_1$	$\rightarrow {}^3\text{He}_2 + {}^1\text{n}$	4,02820	4,024695	0,003505	3,3
${}^2\text{H}_1 + {}^2\text{H}_1$	$\rightarrow {}^3\text{H}_1 + {}^1\text{H}_1$	4,02820	4,023875	0,004325	4,0
${}^2\text{H}_1 + {}^3\text{H}_1$	$\rightarrow {}^4\text{He}_2 + {}^1\text{n}$	5,03050	5,011265	0,018885	17,6
${}^2\text{H}_1 + {}^3\text{He}_2$	$\rightarrow {}^4\text{He}_2 + {}^1\text{H}_1$	5,03013	5,010425	0,019705	18,4

$$1 \text{ Mev} = 1.6 \cdot 10^{-13} \text{ j}$$

Değerler Amu

$$1 \text{ Amu} = 1.66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$$

Nükleer Enerjinin Alternatif Kullanım Alanları

- Hidrojen üretimi
- Deniz suyundan tatlı su üretimi
- Proses ısısı ve ısıtma
- İzotop üretimi
- Tıp uygulamaları (*Pozitron Emisyon Tomografisi*)

Bazı Nükleer Reaktörler

1. Magnox gaz soğutmalı reaktör
2. İleri gaz soğutmalı reaktör (AGR)
3. Yüksek sıcaklık grafit moderatörlü reaktör (HTGR)
4. Kaynayan su reaktör (BWR)
5. Basınçlı su reaktör (PWR)
6. Buhar üretimli ağır su reaktör (SGHWR)
7. Basınçlı ağır su reaktör (PHWR)
8. Hızlı Üretken Reaktör (FBR)

Bir nükleer santraldaki sistemler konvansiyonel güç santralları ile aynı mantıkla çalışırlar. Isı enerjisinin üretildiği kısımda elde edilen buharın türbin-jeneratörü döndürerek elektrik üretilmesi felsefesi, temel olarak nükleer santrallarda da aynıdır. Nükleer santrallar ısı üretmek için nükleer reaksiyonu kullandıkları ve bunun sonucunda çevreye salınmaması gereken radyoaktif maddeler ürettikleri için, bazı ek sistemler kullanırlar.

Nükleer Reaktörlerin Temel Bileşenleri

Nükleer fisyon enerjisinden faydalanan ana teknoloji nükleer reaktör teknolojisidir. Bir çok reaktör tipi olmasına rağmen bütün reaktörlerde genellikle yakıt, yavaşlatıcı (moderatör), soğutucu, kontrol çubukları ve diğer bileşenlerden oluşmaktadır. Aşağıda bunlar kısaca açıklanmıştır.

- 1. Yakıt :** ^{235}U termal veya hızlı nötronların çarpması ile kolayca fisyon yapabilir. Ticari nükleer reaktörler için üretilen Uranyum yakıtlarında, tabiatta bulunan orandan (%0,711) daha yüksek konsantrasyonlarda ^{235}U kullanılmaktadır (%2-5). Bu yüksek konsantrasyon zenginleştirme ile elde edilir. Doğal uranyumu yakıt olarak kullanan ticari reaktörler de mevcuttur. Bazı reaktörler başlangıçta plütonyumla karıştırılmış yakıt kullanırlar, buna karışık oksit yakıt (mixed-oxide veya MOX) denir. Bu tip yakıt kullanmak, kullanılmış yakıtın yeniden işlenmesiyle elde edilen plütonyum stoklarının tüketilme yollarından biridir. Kullanılmış yakıt yeniden işlenmediği taktirde plütonyum atık olarak muamele görür.

Nükleer Santralin Kısımları

- 1. Reaktör:** Yakıt nükleer tepkimeye girerek ısı enerjisi açığa çıkartır. Reaktör bileşeni soğutucu sonucunda sıcak su elde edilir.
- 2. Buhar üreteci:** Reaktörde oluşan sıcak su yüksek basınçlı buhar üretmek için burada buharlaştırılır.
- 3. Buhar Türbini ve jeneratör:** Buhar türbini döndürür, türbinde jeneratörü döndürerek elektrik üretilir.
- 4. Yoğunlaştırıcı:** Yoğunlaştırıcı, atık buharı suya dönüştürmek için kullanılır.
- 5. Soğutma kulesi:** Yoğuşturucudan çıkan soğutma suyundaki ısıyı alır. yakın çevre ısısına dönüştürür.

2. Yavaşlatıcı (moderatör): Filyon sonucu ortaya çıkan hızlı nötronların ileri evredeki filyon oluşumunda verimliliğini attırmak için bu nötronları termal enerji düzeyine kadar yavaşlatacak bir yavaşlatıcı (moderatör) gereklidir. Yavaşlatıcı, nötronların yutulmadan/tutulmadan yavaşlatılmasını sağlayacak hafif bir malzeme olmalıdır. Genel olarak bu yavaşlatma işlemi için normal su kullanılır, alternatifleri ise bir karbon formu olan grafit ve ağır sudur.

3. Soğutucu: Nükleer filyon sonucu oluşan ısıyı yakıttan çekmek ve yakıtın sıcaklığını kabul edilebilir sınırlar içinde tutmak için bir soğutucu gereklidir. Daha sonra bu soğutucu elektrik üreten türbinleri çalıştırmak için ısınıı iletir. Eğer soğutucu olarak su kullanıldıysa elektrik üretimi için, elde edilen buhar doğrudan türbinleri beslemek üzere gönderilebilir veya alternatif olarak soğutucu, gerekli buharı üreten ısı değiştiricisinden geçer. Diğer muhtemel soğutucular karbondioksit, helyum gibi gazlar, ağır su ile sodyum, kurşun veya bizmut gibi sıvı metallerdir. Günümüzde yaygın bir çok reaktörde olduğu gibi, bir soğutucu aynı zamanda yavaşlatıcı görevini görebilir.

4. Kontrol çubukları: Bor, gümüş, indiyum, kadmiyum ve hafniyum gibi nötron yutucu malzemelerden yapılan kontrol çubukları gerektiğinde nötron sayısını azaltarak fisyonun durdurulması veya çalışma esnasında güç seviyesinin ve reaktördeki lokal güç dağılımının kontrol ve düzenlenmesi için kullanılır.

5. Diğer bileşenler: Yakıt demetleri diğer mekanik yapılarıyla beraber reaktörün korunda bulunur. Tipik olarak reaktörlerde kordan dışarı kaçan nötronların mümkün olduğu kadar çoğunun geri kazanılabilmesi için koru bir nötron yansıtıcısı çevrelemektedir. Çoğu zaman da soğutucu ve/veya yavaşlatıcı (moderatör) bir yansıtıcı olarak görev yapar. Kor ve yansıtıcı genellikle reaktör basınç kabı denen kalın bir çelik kap içine yerleştirilir. Radyasyon zırhlaması fisyon sırasında ortaya çıkan yüksek seviyedeki radyasyonun azaltılmasını sağlar. Kora yerleştirilen bir çok alet ve destek sistemleri ısı, basınç, radyasyon ve güç seviyesi gibi hususlarda reaktörün kontrol edilmesini ve izlenmesini sağlar.

Not: *Bu ders notlarının hazırlanmasında aşağıdaki kaynaklardan yararlanılmış olup ticari bir amaç gütmemektedir. Ticari olarak kullanılamaz.*

1. Aral Olcay, Kimyasal Teknolojiler, Gazi Kitapevi, Ankara, 1998.
2. Tchobanoglous, George, Kreith, Frank, Handbook of Solid Waste Management, 2002, McGraw-Hill Profession Publishing.
3. Moulijn, J.A., Makkee, M., Van Diepen, A., Chemical Process Technology, John Wiley & Sons, 2005.
4. Hengstebeck, R.J., Petroleum Processing, McGraw-Hill Book Company, Inc.
5. Chernyky, S.P., New Organic Synthesis Processes, Mir Publishers, Moskow, 1991.
6. Archis W. Culp, Jr., , 1991, Principles of Energy Conversion, Mc Graw-Hill
7. Gerard M. Crawley, Energy, Macmillan Publishing, 1975
8. Johannes Jensen, Bent Sorensen, Fundamentals of Energy Storage, John Wiley & Sons, 1983
9. N. Berkowitz, Academic Press, An Introduction to Coal Technology, 1979