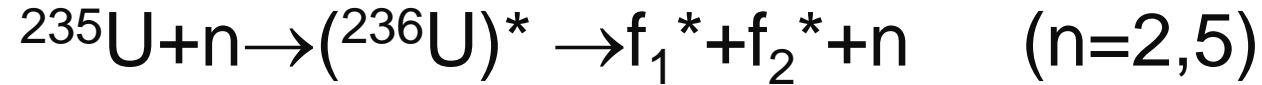


Fisyon, Füzyon, Nükleer Güç Santralleri ve Radyasyon

*Prof. Dr. Niyazi MERİÇ
A.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü*

Fisyon

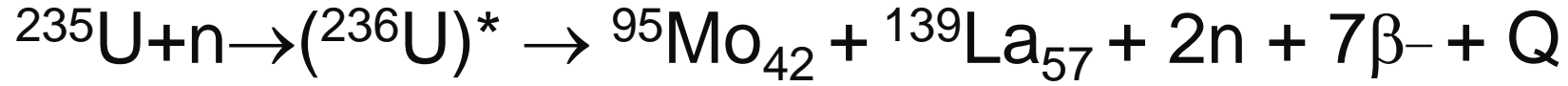
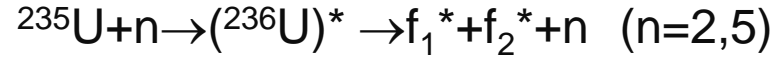
Otto Hahn ve Fritz Strassmann 1939 yılında ^{235}U i bir n ile bombardıman edilmesiyle ilk fisyon reaksiyonunu gördüler. Ağır çekirdek iki hafif çekirdeğe bölünüyor ve enerji açığa çıkıyor



Kütle Numarası (A), 72 – 160 arası **88** temel fisyon ürünü oluşabilir ve zincirleme reaksiyonlar sonucu **1200** den fazla farklı fisyon ürünü meydana gelebilir.

Fisyon - Örnek

Yavaş nötronla ^{235}U bombardmanı.



Fisyon Öncesi Kütleler		Fisyon Sonrası Kütleler	
^{235}U	235.043923u	$^{95}\text{Mo}_{42}$	94.905841u
1 n	1.008665u	$^{139}\text{La}_{57}$	138.906348u
		2n	2.017330u
		$7\beta^-$	0.003840u
Toplam	236.052588u	Toplam	235.837331u

Fisyon Başına açığa çıkan Enerji

$$(236.052588\text{u} - 235.837331\text{u}) * 931.5 \text{ MeV/u} = 0.21526\text{u} * 931.5 \text{ MeV/u} =$$

200.5 MeV

Çekirdek neden bölünür?

Nükleon bağlanma enerjisi:

(A=238) $E_b=7,6$ MeV ve

(A=119) $E_b=8.5$ MeV dir.

Daha sıkı bağlı sistemde enerji açığa çıkar.

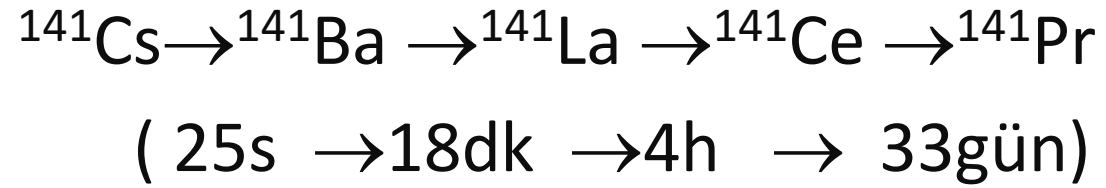
$238 \times 7.6 = 1809$ MeV (^{238}U)

$2 \times 119 \times 8.5 = 2023$ MeV (2 adet ^{119}Pd)

$$Q=214 \text{ MeV (} 2023 - 1809 = 214 \text{)}$$

Coulomb itme gücü ile parçalanır.

Başlangıçta fisyon ürünleri radyoaktif olduklarından γ veya β yayınlayarak kararlı izobarlara bozunurlar.



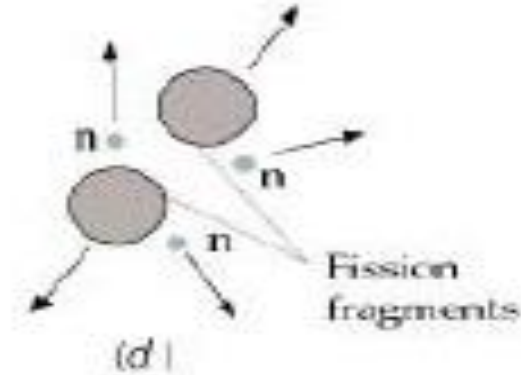
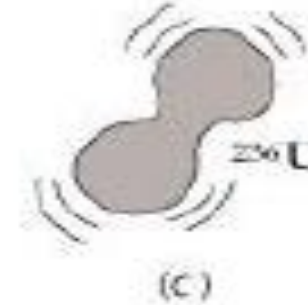
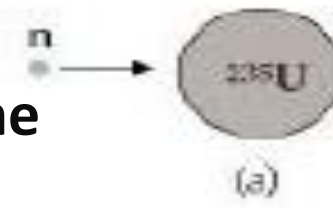
$Z \geq 92$ olan ağır çekirdeklerde anlık bölünme olur.

Ağır çekirdeklerde anlık bölünme bir nötron reaksiyonu ile de olur.



$$k = \frac{\text{sonraki üretimdeki nötronlar}}{\text{ilk üretimdeki nötronlar}}$$

$k > 1$ zincir reaksiyonu devam eder



Fisyon özellikleri:

İki fisyon ürünün kütlesi oranı simetriktir.

Yayımlanan nötronların sayısı:

Deneyssel olarak gözlenen:

^{233}U için $n=2,48$

^{235}U için $n=2,42$

^{239}Pu için $n=2,86$ dır.

Fisyon enerjisi:

Termik bir enerjiye sahip bir nötron (yavaş nötron),

$E_k=0,0253$ eV ve $T=293$ K 'ne sahip olduğunda bir fisyon a

yol açar. $^{235}\text{U}+n\rightarrow^{236}\text{U}^*$

$^{236}\text{U}^*$ Uyarılma enerjisi

$$E_{uy} = [m(^{236}\text{U}^*) - m(^{236}\text{U})]c^2$$

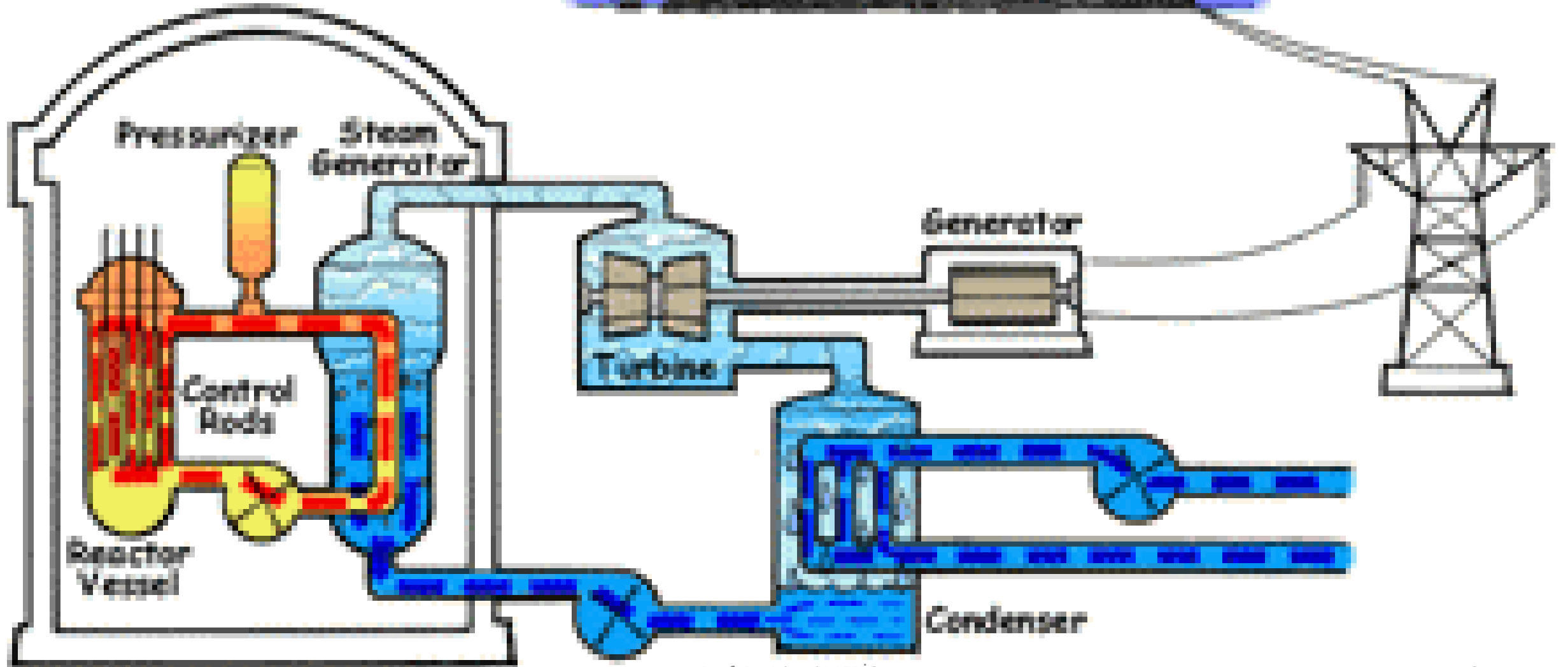
$$M(^{236}\text{U}^*) = m(^{235}\text{U}) + m_n = 236,052589 \text{ u}$$

$$E^* = (236,052589\text{u} - 236,045563\text{u})931,502 \text{ MeV/u}$$

$$E^* = 6,5 \text{ MeV}$$



Containment Structure



füzyon

Eğer yukardaki reaksiyonların tersi olursa, bunu da *çekirdek füzyonu* diyoruz. Yani hafif iki çekirdek yeni ağır bir çekirdek oluşturur.

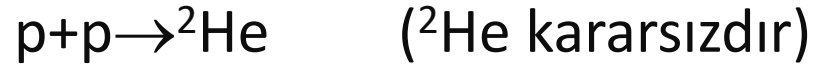
İki hafif çekirdeğin nükleer reaksiyon sonucu ağır bir çekirdek oluşturmaya füzyon denir.

Örneğin bir ^{40}Ca oluşturmak için iki ^{20}Ne gereklidir.
 $E_c=21.2 \text{ MeV}$, $Q=20.7 \text{ MeV}$ dir.

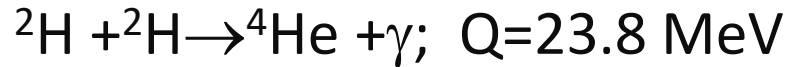
Reaksiyon gözlemlemek için E_c yi aşmak gerekir. Ya hızlandırıcıyla ya da termonükleer füzyon elde etmek için ^{20}Ne gazını ısıtmak gerekli.

Temel füzyon reaksiyonları:

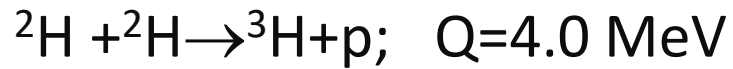
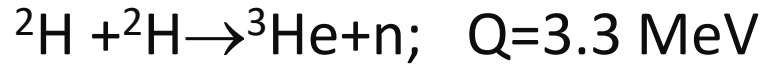
En temel reaksiyon:



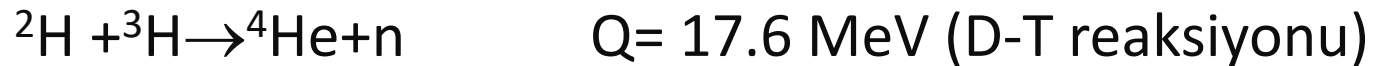
Güneşteki reaksiyon:



Gerçekleşmesi mümkün olan reaksiyonlar:



D-D (döteryum- döteryum) reaksiyonu denir.

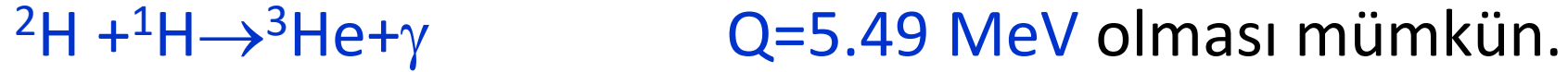


Burada $n=14.1 \text{ MeV}$ enerjiye sahip (nötron kaynağı)

Güneş Füzyonu:

Güneş termonükleer *bir* reaktördür (10^9 yıl).

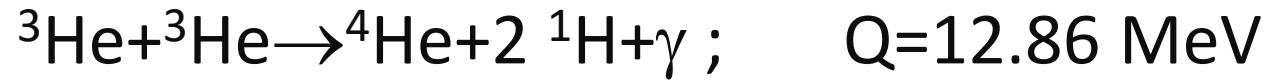
Hidrojen ^4He dönüşüyor. Evrende hidrojen bol bulunur (%90) ve %1 ^4He .



^3He , p ile reaksiyona girmez.

^3He in d ile reaksiyonu da olası değildir.

(d çabucak ^3He dönüşür.)



Proton-proton reaksiyonu



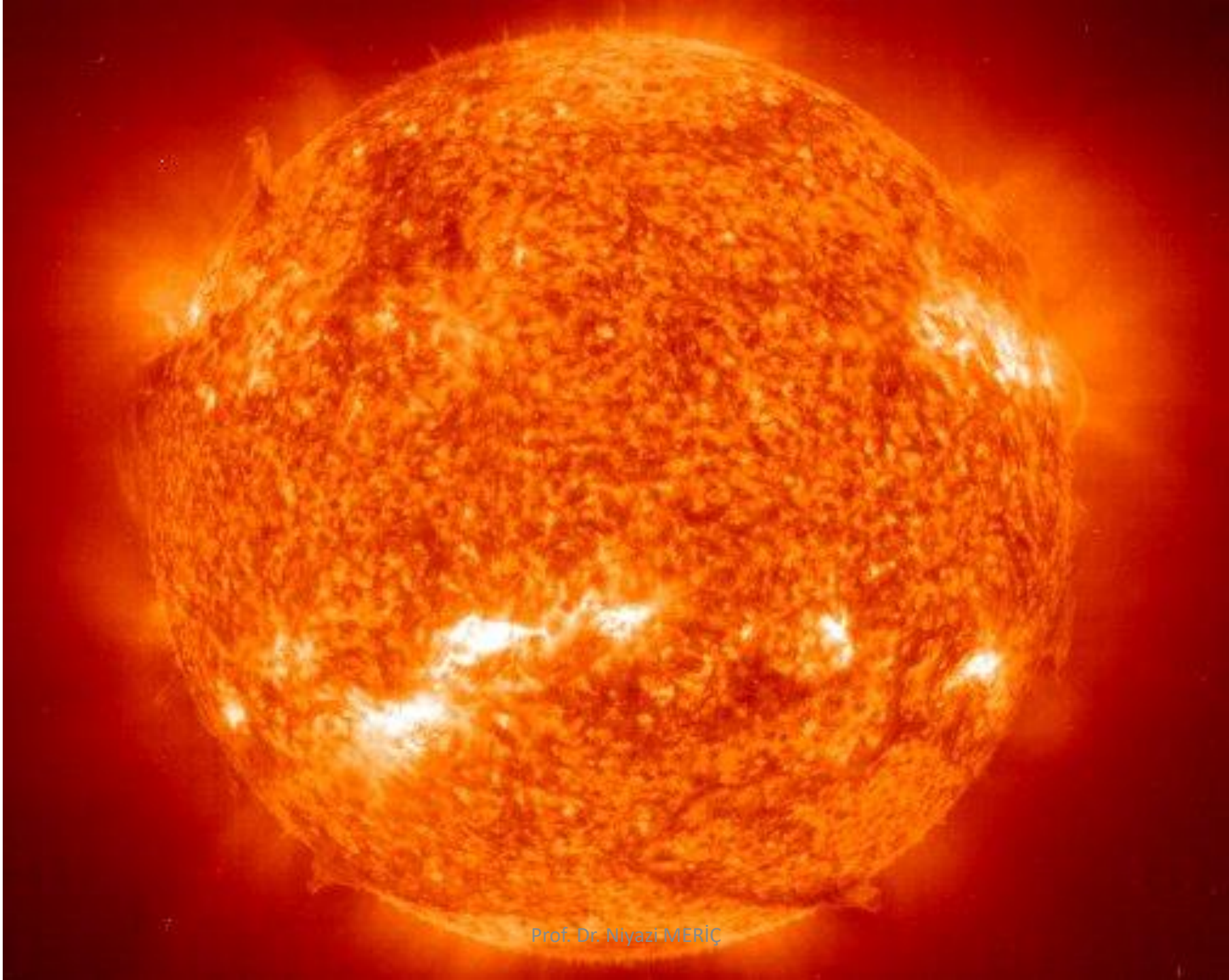
Nötrino (ν) direkt bize ulaşır.

Her füzyon reaksiyonunda 25 MeV enerji üretilir.

Saniyede 4×10^{38} p tüketilir.

10^{38} reaksiyon gerçekleşir.

Güneş in yakıtı 10^{10} yıl devam edecek yeterliliktedir.



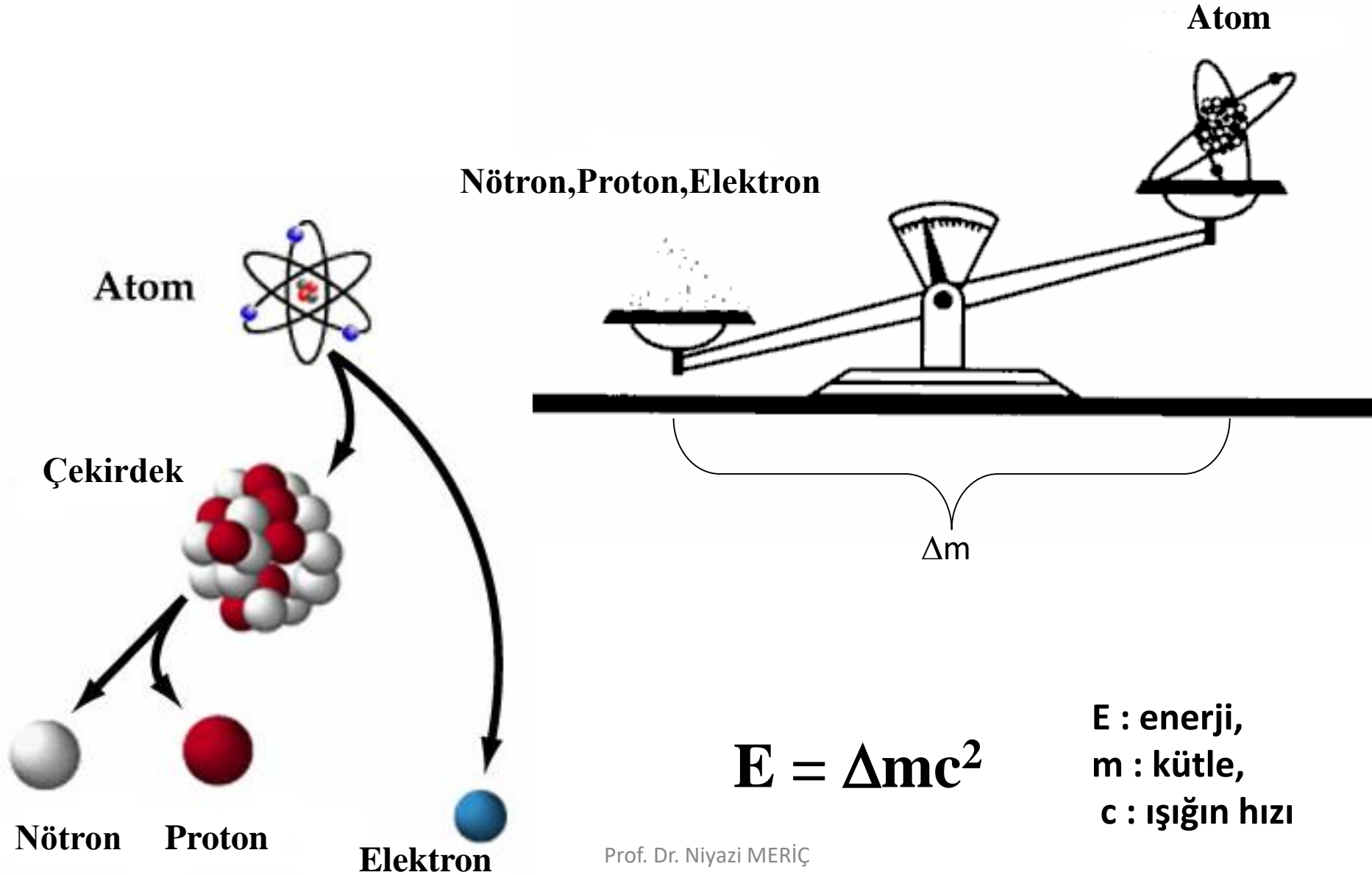
NÜKLEER SİLAH

- Nükleer enerjinin, büyük miktarlarda ve ani denilebilecek kısa sürelerde, kontrolsüz şekilde üretimine dayalıdır.

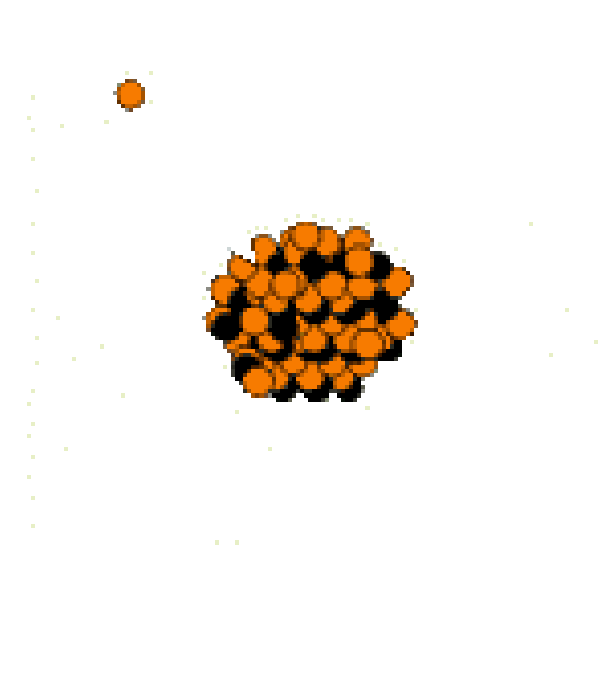
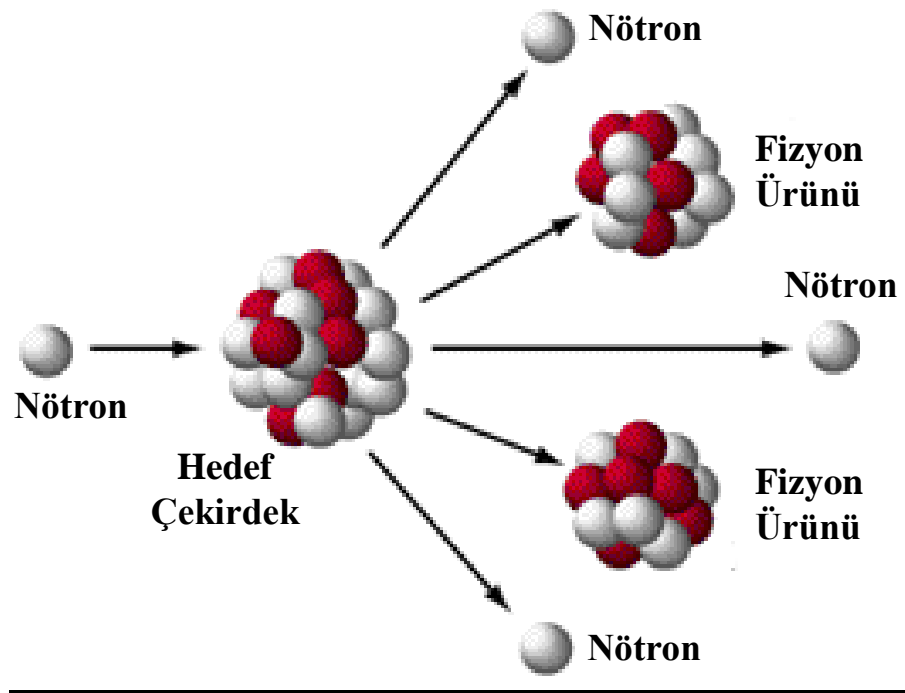
Nükleer enerji:

- Çekirdek parçalanması (fizyon)
- Çekirdek birleşmesi (füzyon)

BAĞLANMA ENERJİSİ



NÜKLEER FİSYON

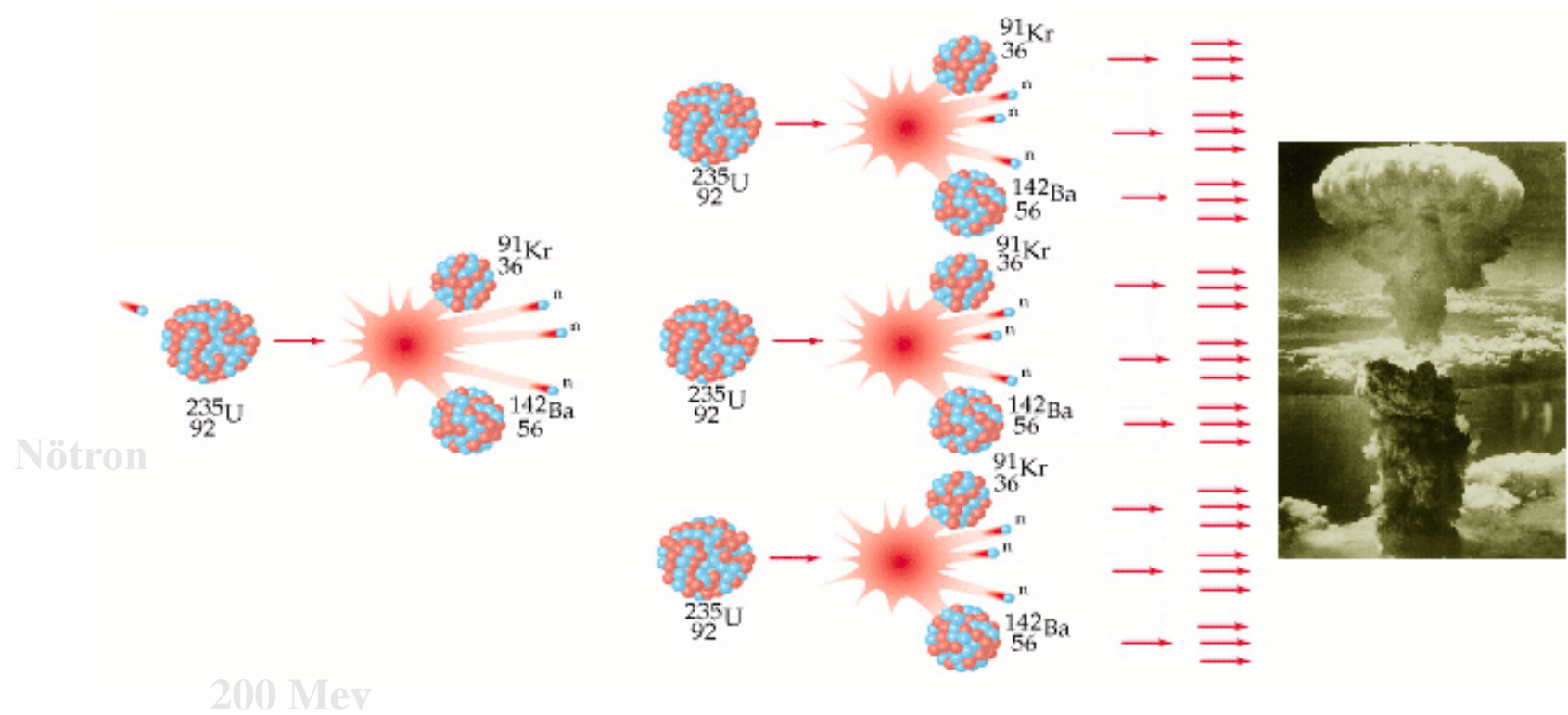


Her Fisyonunda ortaya çıkan enerji

- 165 MeV ~ Fizyon ürünlerinin kinetik enerjisi
- 7 MeV ~ gamma ışınları
- 6 MeV ~ nötronların kinetik enerjisi
- 7 MeV ~ Fizyon ürünlerinden gelen enerji
- 6 MeV ~ Fizyon ürünlerinin gama enerjisi
- 9 MeV ~ Fizyon ürünlerinden çıkan antinötrinoların enerjisi

200 MeV

ZİNCİR REAKSİYON



$$k = \frac{\text{sonraki üretimdeki nötronlar}}{\text{ilk üretimdeki nötronlar}}$$

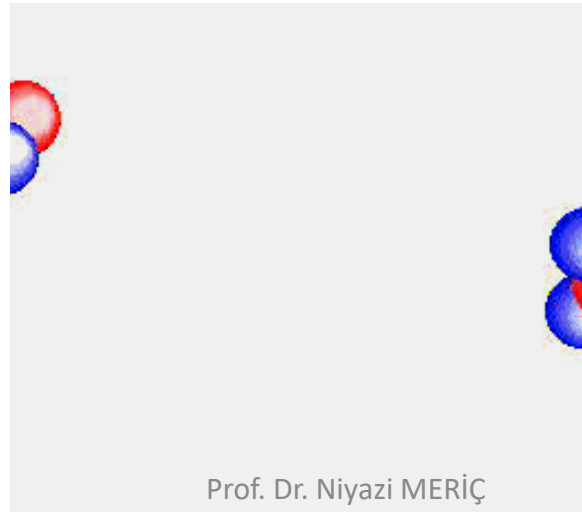
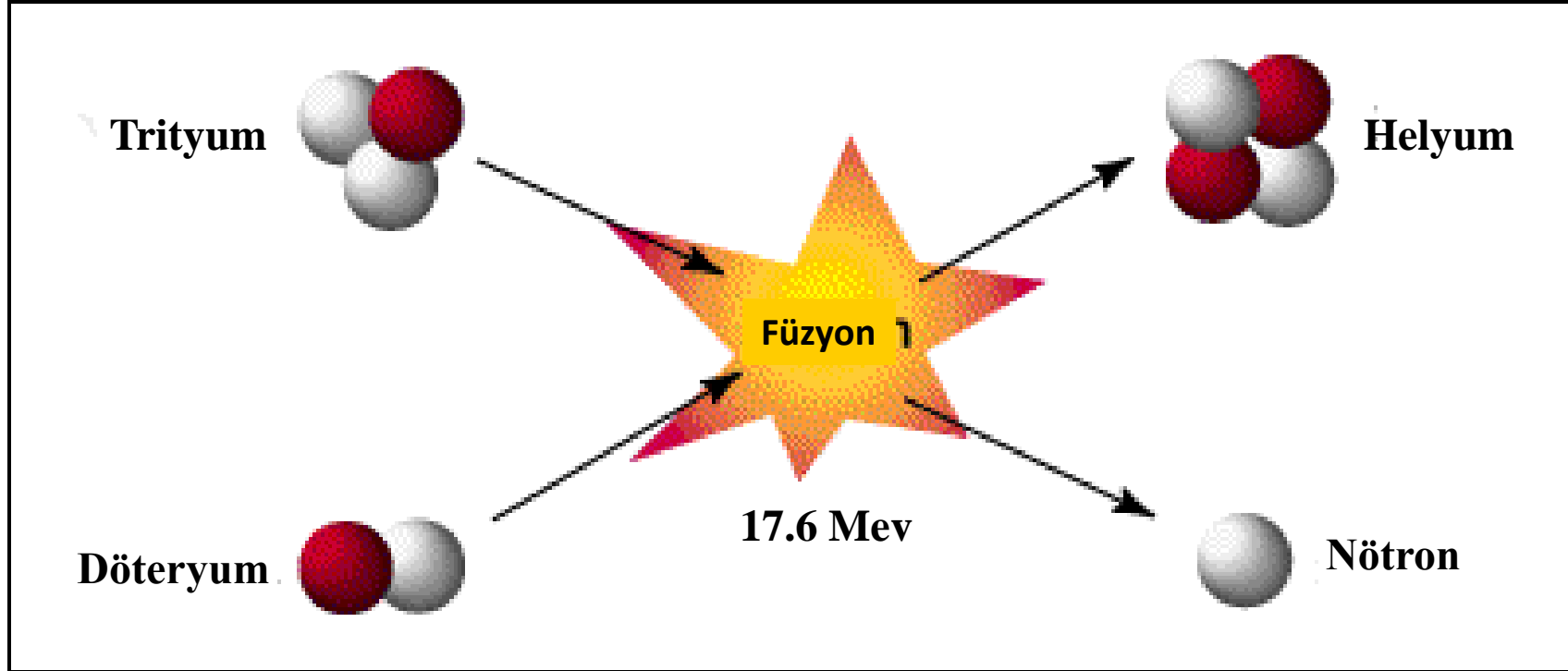
$k > 1$ zincir reaksiyonu devam eder

KRİTİK KÜTLE

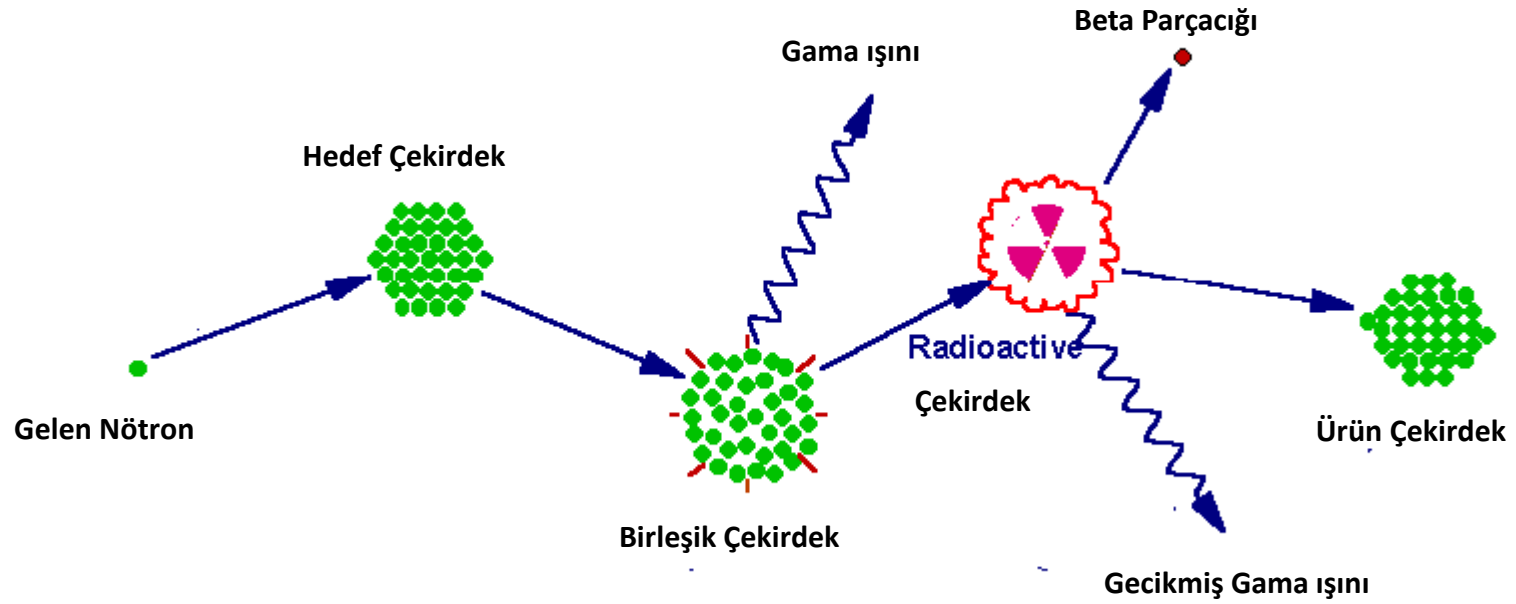
- Nötronların nükleer patlayıcı içinden kaçmadan fizyon yapıncaya kadar dolaşmaya elverişli ve içerisinde başlatılan fizyon reaksiyonun kendi kendine sürdürebileceği minimum nükleer patlayıcı kütesine kritik kütle denir.

Madde	Kritik Kütle (kg)	Ortalama Serbest Yol (cm)
U^{233}	16	10.9
U^{235}	52	16.5
Pu^{239}	10	12.7

NÜKLEER FÜZYON



NÖTRONLAR



KİRLİ BOMBA



+



=

**Kirli
Bomba**

Alfa, Beta

Gama

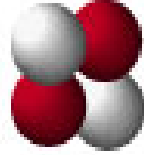


Fire, law enforcement, medical staff and local industries played roles in FEMA Region III's first CHER-CAP exercise in Bethlehem, Pennsylvania.

FEMA News Photo / Photo by Melissa Post

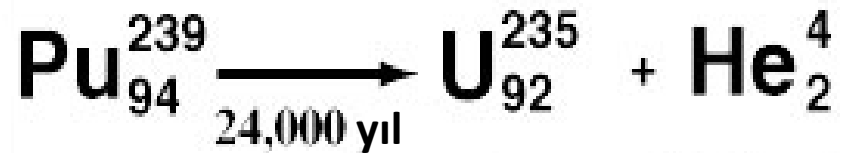
KİRLİ BOMBA MALZEMELERİ

- 1. Derecede Tercih Edilen: Kobalt-60, Stronsiyum-90, Sezyum-137, Iridyum-192 and Amerikyum-241
- 2. Derecede Tercih Edilen: Fosfor-32 and Radyum-226
- Elde edildiği yerler: Askeri, Tıp, Endüstri, Üniversite veya araştırma Merkezleri



α (Alfa Parçacığı) = He_2^4

Plütonyum-239 alfa parçacığı
vererek aşağıdaki gibi bozunuyor



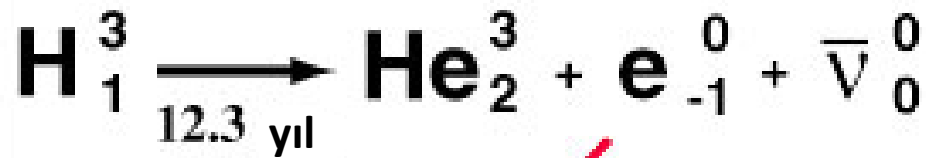
Spontaneous Alpha Decay of a ^{239}Pu Nucleus





$$\beta \text{ (Beta Parçacığı) } = e^{-1}_0$$

Tritiyumun Beta Bozunması



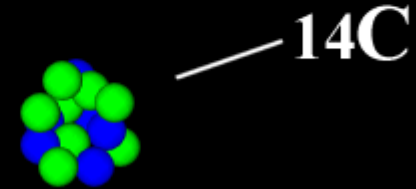
Tritiyum

Beta Parçacığı

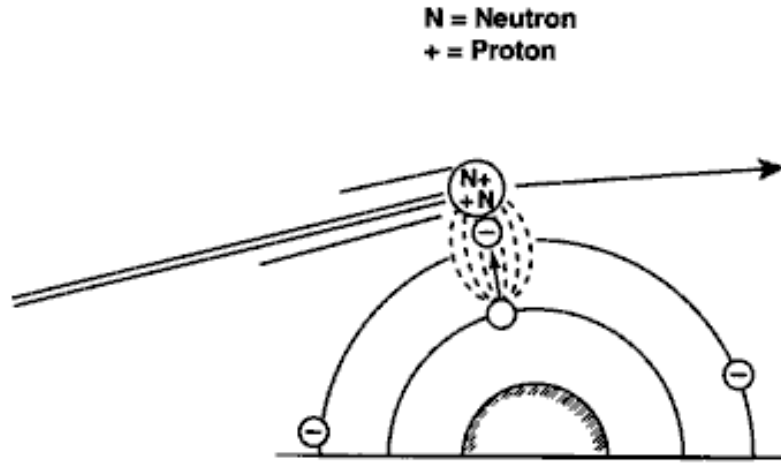
Antinötrino

β -Decay

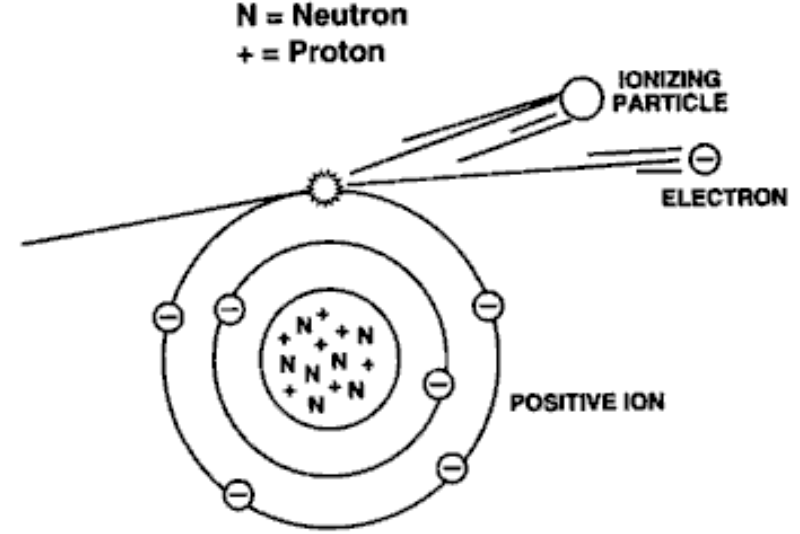
● = Neutron
● = Proton



Alfa veya Beta parçacıklarının madde ile etkileşmesi

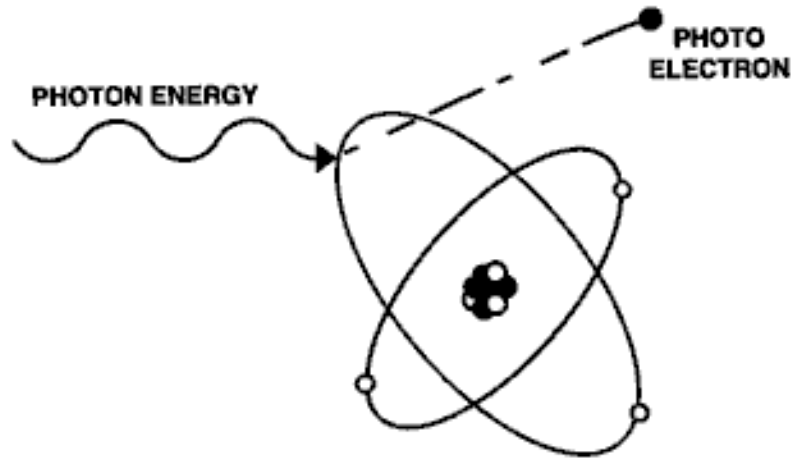


a) Uyarma

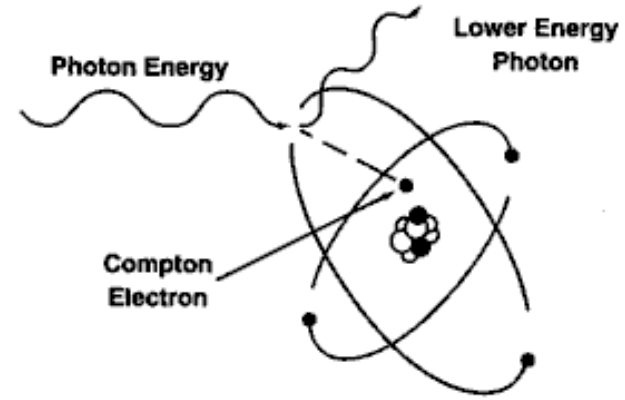


b) İyonlama

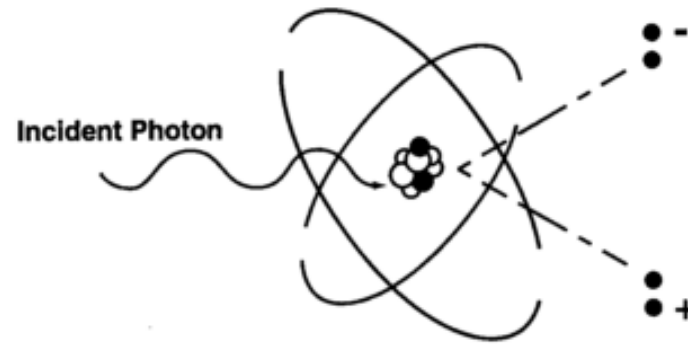
Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi



a) Fotoelektrik olay

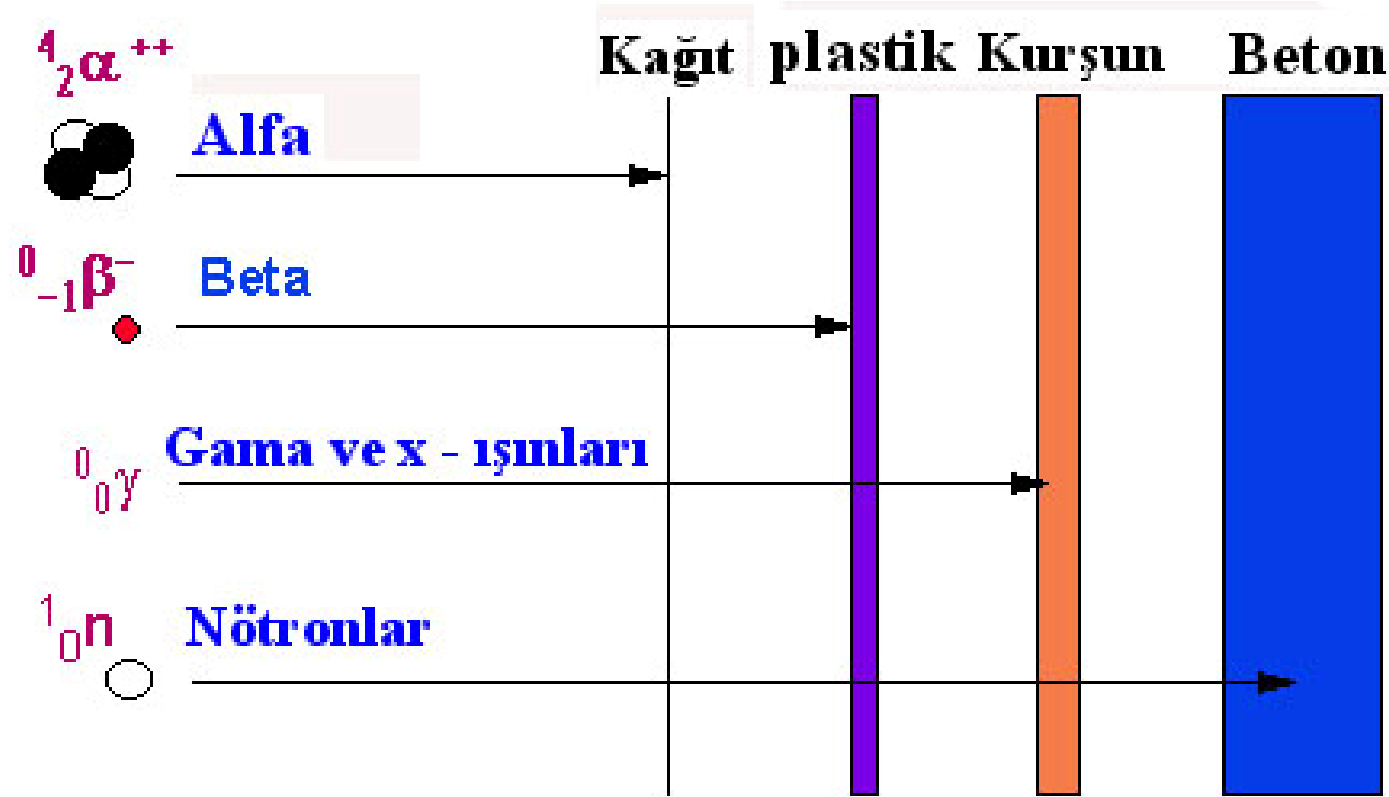


b) Compton olayı



c) Çift Oluşum

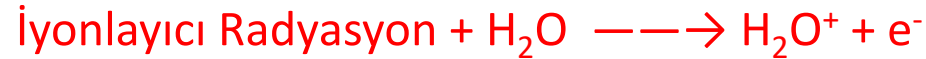
GİRİCİLİK MESAFESİ



Radyasyonun Dolaylı Etkisi

- **Fiziksel Olay:**

Radyasyonun enerjisini hücrenin atom ve moleküllerine aktararak iyonlaşma veya uyarmanın meydana gelmesi olayıdır.



Meydana gelen elektronlar su molekülleri ile birleşir ve H_2O^- iyonunu oluşturur.



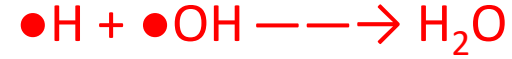
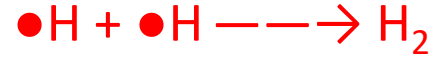
- **Fiziko-Kimyasal Olay:**

Fiziksel olayda ortaya çıkan birincil ürünlerin, hücre içerisinde ikincil ürün olan **serbest radikallerin** ortaya çıkmasına sebep olması olayıdır. Kimyasal olarak çok reaktif olan bu **serbest radikaller** hücrenin moleküllerinde parçalanmalara yol açar.



- Kimyasal Olay:

Fiziko-kimyasal olayda ortaya çıkan **serbest radikallerin** hem kendi aralarında hemde hücrenin daha evvel etkileşmeye girmemiş molekülleri arasında kimyasal reaksiyonlara yol açarak biyomoleküler bozukluklara yol açması olayıdır.

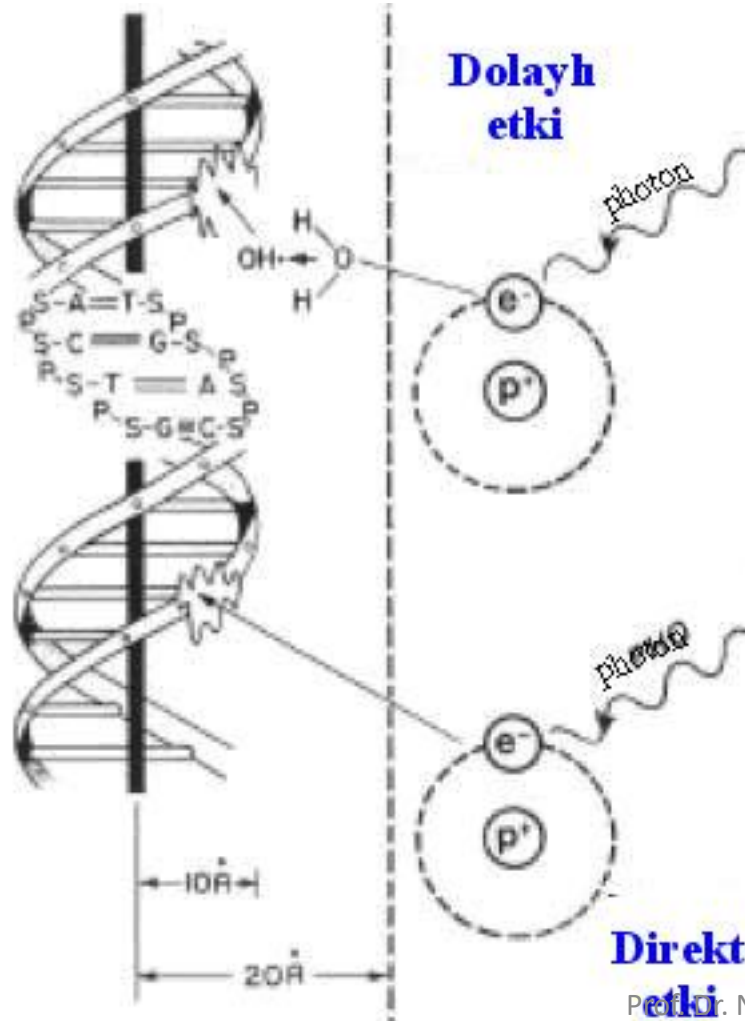


- Biyolojik Olay:

Organizmada radyasyon etkisiyle oluşan olaylar sonuçta biyolojik hasarın ortaya çıkmasına yol açar. Bu biyolojik hasar, hücrenin organizmadaki önemine ve hasarın niteliğine göre çok az veya öldürücü olabilir. (BH: Biyolojik molekül)



Radyasyonun Direkt Etkisi



Radyasyon, enerjisini doğrudan Biyolojik hedefe verebilir yani **hedef moleküle** doğrudan etkileşmeye girebilir ve enerjisini doğrudan DNA veya enzim gibi biyolojik moleküllere aktararak, bunlarda hasar meydana getirebilir. Bu etkiye **radyasyonun Direkt Etkisi** denilir.

HİROŞİMA VE NAGAZAKİ'DE YARALANMA VE ÖLÜMLER

TANIM	İNSAN SAYISI	TOPLAM YARALANMA YÜZDESİ	TOPLAM ÖLÜM YÜZDESİ
HİROŞİMA			
Toplam yaralı sayısı	136.000	100.0	-
İlk gün ölenler	45.000	33.1	70.3
İlk günden sonra ölenler	19.000	14.0	29.7
İlk dört ay içinde ölenler	64.000	47.1	100.0
İlk gün yaşayan yaralılar	91.000	66.9	-
Kurtulan yaralılar	72.000	52.9	
NAGAZAKİ			
Toplam yaralı sayısı	64.000	100.0	-
İlk gün ölenler	22.000	34.4	56.4
İlk günden sonra ölenler	17.000	26.5	43.6
İlk dört ay içinde ölenler	39.000	60.9	100.0
İlk gün yaşayan yaralılar	42.000	65.6	-
Kurtulan yaralılar	25.000	39.1	-