

0	1	2	3	4	5	Toplam

Adı Soyadı:

31.05.2017

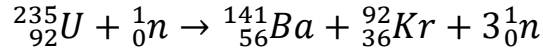
Numara:

İmza:

## FZM316 Nükleer Fizik I Final Sınavı Soruları

**S0.** İyonize radyasyon doz ve aktivite birimleri nelerdir? Kısaca açıklayınız.

**S1.** Aşağıda verilen  $^{235}\text{U}$  fisyon reaksiyonunu göz önüne alarak 1200 MW'lık güç çıkışına sahip bir nükleer fisyon reaktöründe 1 yıl sonunda tüketilecek  $^{235}\text{U}$  miktarını hesaplayınız.



**S2.**  $^{58}_{28}\text{Ni}$  çekirdeğinin nükleon başına bağlanma enerjisini ve proton ile nötron sökülme enerjilerini hesaplayınız.

**S3.** 6.2 mg  $^{90}\text{Sr}$  elementi  $^{90}\text{Y}$  elementi ile kalıcı dengededir. Buna göre;

- Başlangıçtaki  $^{90}\text{Sr}$  ve  $^{90}\text{Y}$  elementlerinin aktivitelerini hesaplayınız.
- Başlangıçtaki  $^{90}\text{Y}$  elementinin kütleini ve 100 yıl sonraki aktivitesini bulunuz.

**S4.** Yapılan hesaplamalar sonucu dünyanın yaşı yaklaşık olarak  $4.5 \times 10^9$  yıl kabul edilir. Dünyada bulunan Uranyum elementinin %99.3 oranında  $^{238}\text{U}$  ve %0.7 oranında  $^{235}\text{U}$  elementinden oluştuğu bilinmektedir. Buna göre dünyanın oluştuğu ilk andaki  $^{238}\text{U}$  ve  $^{235}\text{U}$  elementlerinin yüzdesini hesaplayınız.

**S5.** Güneşteki füzyon reaksiyonunda



maksimum nötrino enerjisini hesaplayınız. İlk protonların kinetik enerjilerini ve döteron çekirdeğinin geri tepme kinetik enerjisini ihmal ediniz.

**NOT:** S0 zorunlu kanaat sorusudur. Diğer sorular 20 puan değerindedir.

Elementlere ait gerekli bilgiler arka sayfadaki Tablo 1'de verilmiştir. Sınav Süresi 100 dakikadır. Başarılar.

Prof. Dr. Niyazi MERİÇ

Tablo1:

<i>Element</i>	<i>Atomik Kütle (u)</i>	<i>Yarı Ömür</i>	<i>Nötron Soğrulma Tesir Kesiti (Barn)</i>	<i>Doğadaki bolluk oranı</i>
$^{235}_{92}\text{U}$	235.043929	$7.04 \times 10^8$ yıl	98.3	% 0.7
$^{238}_{92}\text{U}$	238.050788	$4.5 \times 10^9$ yıl	2.68	% 99.3
$^{57}_{28}\text{Ni}$	56.939799	35.6 saat	-	-
$^{58}_{28}\text{Ni}$	57.935346	Kararlı	-	-
$^{57}_{27}\text{Co}$	56.936294	271 gün	-	-
$^1_1\text{H}$	1.007825	Kararlı	0.33	% 99.99
$^2_1\text{D}$	2.014102	-	-	%0.015
$^{90}_{38}\text{Sr}$	89.907738	28.8 yıl	-	-
$^{90}_{39}\text{Y}$	89.907152	64 saat	-	-
$^{14}_7\text{N}$	14.003074	Kararlı	1.91	% 99.63
$^{12}_6\text{C}$	12	Kararlı	0.0035	% 98.93
$^{17}_8\text{O}$	16.999131	Kararlı	0.00016	% 0.038
$^{136}_{55}\text{Cs}$	135.907311	13.16 gün ( $\beta^-$ )	-	-
$^{136m}_{56}\text{Ba}$	135.904575	0.308 s ( $\gamma$ )	0.68	% 7.85
$^{141}_{56}\text{Ba}$	140.914363	18.3 dk	-	-
$^{92}_{36}\text{Kr}$	91.926156	1.84 s	-	-
$^{14}_6\text{C}$	14.003241	5730 yıl	-	Trilyonda bir
$^{40}_{19}\text{K}$	39.963998	$1.25 \times 10^9$ yıl	-	% 0.0117
$^4_2\alpha$	4.001506	-	-	-
$^1_1p$	1.007276	-	-	-
$^2_1d$	2.013556	-	-	-
$^1_0n$	1.008664	-	-	-
$^0_{-1}e$	0.000548	-	-	-

Soru 0 : İyonize radyasyon doz ve aktivite birimleri nelerdir? Açıklayınız.

Aktivite birimleri (A):

- SI birimler sisteminde aktivite birimi Becquerel (Bq) 'dir. Bq, saniyede bir bozunma gösteren radyoaktif maddenin aktivitesidir.
- Ayrıca özel birim olarak Curie (Ci) 'de kullanılır. Ci, saniyede  $3,7 \times 10^{10}$  bozunma gösteren radyoaktif maddenin aktivitesidir.

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Söğürülen doz birimleri (D):

- SI birimler sisteminde Gray (Gy) kullanılır. Radyasyon alan bir maddenin bir kilogramına, bir Joule (J) enerji veren ısıma miktarına Gray denir. J/kg 'dir.
- Özel birim olarak Rad kullanılır. Radyasyon alan maddenin 1 gramına 100erglik enerji veren ısıma miktarına denir.

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad 1 \text{ rad} = \frac{100 \text{ erg}}{\text{gr}}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

Eşdeğer doz birimleri (H):

- Farklı türdeki radyoaktif ısımanın eşit dozlardaki biyolojik etkisi farklı olabilir. Bu durum yeni bir birimin tanımlanmasını gerektirmiştir. Bu birim söğürülen dozu, biyolojik etkiyi de hesaba katacak bir faktörle çarpılarak elde edilir. SI birim sisteminde Sievert (Sv), özel birim olarak rem kullanılır.

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

$$H = D \times Q$$

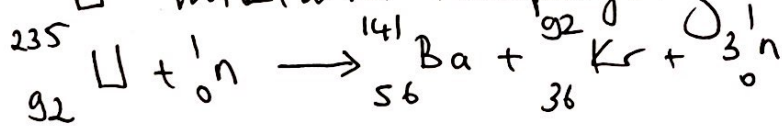
$$\text{Eşdeğer doz birimi (Sv)} = \text{Söğürülen doz birimi (Gy)} \times \text{Kalite faktörü (rem)}$$

İsınama birimi (X):

- SI birim sisteminde ısınama birimi Coulomb/kilogram (C/kg) 'dir. 0°C sıcaklıkta ve 760 mm-Hg basınçta havanın 1 kg 'ında 1 C 'luk elektrik yükü değerinde, pozitif ve negatif iyonlar oluşturan X ısıma miktarıdır.
- Özel birim olarak Röntgen (R) kullanılır. 0°C 'de 760 mm-Hg basınçta havanın 1 kg 'ında  $2,58 \times 10^{-4}$  C 'luk elektrik yükü değerinde pozitif ve negatif iyonlar meydana getiren X-ısıma radyasyonu miktarına Röntgen (R) denir.

$$1 \frac{\text{C}}{\text{kg}} = 3,876 \times 10^5 \text{ R}$$

S1. Aşağıda verilen  $^{235}\text{U}$  fisyon reaksiyonunu göz önüne alınarak 1200 MW'lık güç çıkışına sahip bir nükleer fisyon reaktöründe 1 yıl sonunda tüketilecek  $^{235}\text{U}$  miktarını hesaplayınız.



C1.

$$Q = m(^{235}_{92}\text{U}) + m(^1_0\text{n}) - m(^{141}_{56}\text{Ba}) - m(^{92}_{36}\text{Kr}) - 3m(^1_0\text{n})$$

$$Q = m(^{235}_{92}\text{U}) - m(^{141}_{56}\text{Ba}) - m(^{92}_{36}\text{Kr}) - 2m(^1_0\text{n})$$

$$Q = (235.043929 \text{ u} - 140.914363 \text{ u} - 91.926156 \text{ u} - 2 \times 1.008664 \text{ u}) \times c^2$$

$$Q \approx 173.3 \text{ MeV}$$

Bir  $^{235}\text{U}$  çekirdeğinin bozunumunda elde edilen enerji

$$= \frac{6.02 \times 10^{23}}{235} \times 173.3 \text{ MeV} \leftarrow \text{gr}^{-1} \text{ başına } ^{235}\text{U}'\text{in}$$

vermiş olduğu enerji

$$= 7.10 \times 10^{10} \text{ Joule/gr}$$

Fisyon reaktörünün 1s'de vermiş olduğu enerji = 1200 MJ

1 yılda elde edilen toplam enerji =  $1200 \times 10^6 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ J}$

$$= \underline{3,78 \times 10^{16} \text{ joule}}$$

0 halde,

1 yıl sonunda tüketilen  $^{235}_{92}\text{U}$  miktarı;

$$m = \frac{3,78 \times 10^{16}}{7,10 \times 10^{10}} \approx \underline{533 \text{ kg}}$$

şeklindedir.

S2.  $^{58}_{28}\text{Ni}$  çekirdeğinin nükleon başına bağlanma enerjisi ve proton ile nötron sükülme enerjilerini hesaplayınız.

C2. 
$$B.E = \left[ z \times m\left(^1_1\text{H}\right) + (N-z) \times m\left(^1_0\text{n}\right) - m\left(^N_z\text{X}\right) \right] c^2$$

Çekirdeğin bağlanma enerjisi

$$\Rightarrow B.E = \left[ 28 \times 1.007825u + 30 \times 1.008664u - 57.935346u \right] c^2$$

$$B.E \approx 506.4 \text{ MeV}$$

$$1u = \frac{931.5 \text{ MeV}}{c^2}$$

$$\frac{B.E}{N} = \frac{506.4}{58} \approx \underline{8,73 \text{ MeV}} \quad (\text{Nükleon Başına Bağlanma Enerjisi})$$

Proton sökülme enerjisi,  $S_p$

$$S_p = \left[ m\left({}_{27}^{57}\text{Co}\right) + m\left({}_1^1\text{H}\right) - m\left({}_{28}^{58}\text{Ni}\right) \right] \times c^2$$

$$S_p = \left[ 56.936294 \text{ u} + 1.007825 \text{ u} - 57.935346 \text{ u} \right] \times c^2$$

$$\underline{S_p \approx 8.17 \text{ MeV}}$$

Nötron sökülme enerjisi,  $S_n$

$$S_n = \left[ m\left({}_{28}^{57}\text{Ni}\right) + m\left({}_0^1\text{n}\right) - m\left({}_{28}^{58}\text{Ni}\right) \right] \times c^2$$

$$S_n = \left[ 56.939795 \text{ u} + 1.008664 \text{ u} - 57.935346 \text{ u} \right] \times c^2$$

$$\underline{S_n \approx 12.22 \text{ MeV}}$$

53. 6.2 mg  ${}^{90}\text{Sr}$  elementi  ${}^{90}\text{Y}$  elementi ile kalıcı dengededir
- a) Başlangıçtaki  ${}^{90}\text{Sr}$  ve  ${}^{90}\text{Y}$  elementleri aktiviteleri belirler
- b) Başlangıçtaki  ${}^{90}\text{Y}$  elementinin kütlesi ve 100 yıl sonraki aktivitesi bulunuz.

53. a)  $A = \lambda N = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times N = \frac{\ln 2}{(28.8 \text{ yıl})} \times \frac{6.2 \times 10^{-3} \times 6.02 \times 10^{23}}{90}$

$$\underline{A_{90\text{Sr}} \approx 3.16 \times 10^{10} \text{ Bq}}$$

Kalıcı dengede oldukları için;

$$\underline{A_{90\text{Y}} = A_{90\text{Sr}} \approx 3.16 \times 10^{10} \text{ Bq}}$$

$$b) \quad A = \lambda N = \lambda \cdot \frac{m \cdot N_{AV}}{M}$$

$$\Rightarrow m = \frac{A \cdot M}{\lambda \cdot N_{AV}} = \frac{3.16 \times 10^{10} \text{ Bq} \times 90}{\frac{\ln 2}{64 \times 60 \times 60} \times 6.02 \times 10^{23}}$$

$$\Rightarrow m \approx 1.57 \times 10^{-6} \text{ g} \approx \underline{\underline{1.57 \mu\text{g}}}$$

100 yıl sonraki  $^{90}\text{Y}$  aktivitesi :

Kalıcı deye olduğundan dolayı

$$A_{90}^{90\text{Y}} = A_{90\text{Y}} = 3.16 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

↑  
Başlangıçtaki aktivite

100 yıl sonra ;  
yine kalıcı deye.

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$A = 3.16 \times 10^{10} \text{ Bq} \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \times t}$$

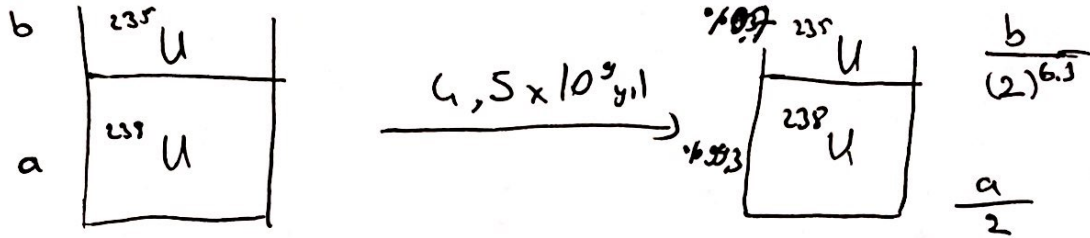
↑  $T_{1/2}$  yarı ömrü

$$A = 3.16 \times 10^{10} \text{ Bq} \times e^{-\frac{\ln 2}{28.8 \text{ yıl}} \times 100 \text{ yıl}}$$

$$A_{90} \approx 2.84 \times 10^9 \text{ Bq} = A_{90\text{Y}}$$

↓  
Hen  $^{90}\text{S}$  aktivitesi hen de  $^{90}\text{Y}$  aktivitesi

Soru 4: Yapılan hesaplamalar sonucu dünyanın yaşı yaklaşık olarak  $4,5 \times 10^9$  yıl kabul edilir. Dünyada bulunan Uranyum elementinin %99,3 oranında  $^{238}\text{U}$  ve %0,7 oranında  $^{235}\text{U}$  elementlerinden oluştuğu bilinmektedir. Buna göre dünyanın ilk oluştuğu andaki  $^{238}\text{U}$  ve  $^{235}\text{U}$  elementlerinin yuzdesini hesaplayınız.



$^{235}\text{U}$  yarı ömrü  $7,04 \times 10^8$  yıl ise  $\frac{4,5 \times 10^9}{7,04 \times 10^8} = 6,3$  kez yarılanmıştır.

$^{238}\text{U}$  yarı ömrü  $4,5 \times 10^9$  yıl ise 1 kez yarılanmıştır.

$$\frac{a/2}{b/2^{6,3}} = \frac{99,3}{0,07} \Rightarrow \frac{a}{b} \cdot \frac{(2)^{6,3}}{2} = \frac{99,3}{0,07}$$

$$\frac{a}{b} = \frac{99,3}{0,07 \cdot (2)^{5,3}} \approx 3,6 \quad \boxed{a = 3,6 b}$$

$$a + b = 100$$

$$b + (3,6)b = 100$$

$$4,6 b = 100$$

$$b \approx 21,73$$

$$a \approx 78,27$$



Soru 5 : Güneşteki füzyon reaksiyonunda



Maksimum nötrino enerjisi hesaplayınız. İlk protonların kinetik enerjilerini ve döteron çekirdeğinin geri tepme kinetik enerjisi ihmal ediniz.

!! Soruda verilen kabuller, ~~enerjinin~~ ve momentumun korunumundan

$$Q = T_d + T_{e^+} + E_\nu$$

$$Q = (m_i - m_s) c^2$$

$$Q = (2m_p - m_d - m_{e^+}) c^2$$

$$Q = (2 \cdot [1,007276] - [2,013556] - [0,000548]) \cdot c^2$$

$$Q \approx 0,417 \text{ MeV}$$

!!! Bu durumda nötrinonun enerjisi  $e^+$ 'nin enerjisine bağlı olarak 0'dan 0,417 MeV'e kadar olacaktır ve maksimum nötrino enerjisi  $(E_\nu)_{\text{maks}} = \underline{Q = 0,417 \text{ MeV}}$  olacaktır.