

1	2	3	4	5	6	Toplam

Adı Soyadı:
Numara:
İmza:

26.04.2017

FZM316 Nükleer Fizik I Vize Sınavı Soruları

- 1) İyonize radyasyon doz ve aktivite birimleri nelerdir? Açıklayınız. **(Zorunlu, 20p)**
- 2) Aktifliği $t=0$ anında $5 \mu\text{Ci}$ olan üç radyoaktif kaynağın yarı ömürleri sırasıyla 1 saniye, 1 saat ve 1 gündür. Her kaynak için **(20p)**
 - a) Kaynakta $t=0$ anında kaç radyoaktif çekirdek bulunur?
 - b) $t=0$ ile $t=1\text{s}$ arasında bozulan parçacık sayısı nedir?
- 3) Bir bölgenin depremsel geçmişinin incelendiği paleosismoloji araştırması sırasında açılan hendeğin katmanlarından birinde antik aħřap bir numune bulunuyor. Bu numuneye ait ^{14}C içeriği analiz ediliyor ve aktifliği $2.1 \text{ bozunma/dakika}$ olarak bulunuyor. Yeni kesilmiş aynı kütledeki güncel aynı aħřap malzemenin ^{14}C aktifliği ise $5.3 \text{ bozunma/dakika}$ olarak gözleniyor ise numunenin yaşı nedir? **(20p)**
- 4) Aşağıdaki reaksiyonların reaksiyon enerjilerini, Q hesaplayınız. Hangileri endotermik veya ekzotermiktir belirleyiniz. Gerekli olan reaksiyonlar için eşik enerjisini, $E_{\text{eşik}}$ bulunuz. **(20p)**
 - a) $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$
 - b) $^1_1\text{H} + ^{12}_6\text{C} \rightarrow ^{13}_7\text{N} + \gamma$
 - c) $^7_3\text{Li} + p \rightarrow 2\alpha$
- 5) 10 gr sodyum örneği, ^{24}Na üretmek için 5×10^{10} nötron/ cm^2s 'lik akıya sahip termal nötronlarla 1 gün boyunca ışınlanmaktadır. Örneğin reaktörden çıkarıldığındaki aktivitesini Curie (Ci) birimi cinsinden bulunuz. **(20p)**
- 6)



Yukarıda sezyum atomunun radyoaktif bir bozunumu görünmektedir. Buna göre, **(20p)**

- a) ^{136}Cs ve $^{136\text{m}}\text{Ba}$ elementlerinin bozunum sabitlerini belirleyiniz.
- b) $t=0$ anında 10 mCi ' lik ^{136}Cs olduğu bilindiğine göre 25 gün sonraki ^{136}Cs ve $^{136\text{m}}\text{Ba}$ elementlerinin aktivitelerini hesaplayınız.

Elementlere ait gerekli bilgiler arka sayfadaki **Tablo 1'** de verilmiřtir.

1.soru zorunlu olup toplamda 5 soru yanıtlayınız.

Bařarılar.

Sınav Süresi 90 dakikadır.

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>
$^{23}_{11}\text{Na}$	22.989769	Kararlı	0.53	% 29.52
$^{24}_{11}\text{Na}$	23.990962	14.95 saat		
^4_2He	4.002603	Kararlı	0.007	% 99.99
^7_3Li	7.016004	Kararlı	0.0454	% 92.41
^1_1H	1.007825	Kararlı	0.33	% 99.99
$^{13}_7\text{N}$	13.005738	9.96 dk (β^+)		
$^{14}_7\text{N}$	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 (β^-)		
$^{136m}_{56}\text{Ba}$	135.904575	0.308 sn (γ)	0.68	% 7.85
$^{14}_6\text{C}$	14.003241	5730 yıl		Trilyonda bir
$^{40}_{18}\text{K}$	39.963998	1.25×10^9 yıl		% 0.0117
$^4_2\alpha$	4.001506			
1_1p	1.007276			
1_0n	1.008664			
$^0_{-1}e$	0.000548			

Soru 1: 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 100 erglik enerji veren ısıma miktarına denir.

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{100 \text{ erg}}{\text{gr}}$$

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

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 etkisinde hesaba katacak bir faktörle çarpılarak elde edilir.
- SI birim sisteminde Sievert (Sv), özel birim olarak rem kullanılır.

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

$$H = D \times Q$$

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

İşinleme birimi (X):

- SI birim sisteminde işinleme 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 ışını 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-ışını radyasyonu miktarına Röntgen (R) denir.

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

Soru 2: Aktivligi: $t=0$ anında $5 \mu\text{Ci}$ olan üç radyoaktif kaynağın yarı ömürleri sırasıyla 1 saniye, 1 saat ve 1 gündür. Her kaynağın;

- Kaynağın $t=0$ anında kaç radyoaktif çekirdek bulunur.
- $t=0$ ile $t=15$ arasında bozulan parçacık sayısını bulunuz.

$$a) \lambda_1 = \frac{0,693}{15} = 0,693 \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_2 = \frac{0,693}{(60)(60)5} = 1,93 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_3 = \frac{0,693}{(24)(60)(60)5} = 8,02 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$$

$$A_{10} = \lambda_1 N_{10} \Rightarrow \underline{N_{10}} = \frac{A_{10}}{\lambda_1} = \frac{(5 \times 10^{-6}) \cdot (3,7 \times 10^{10})}{0,693} \approx 2,67 \times 10^5$$

$$A_{20} = \lambda_2 N_{20} \Rightarrow \underline{N_{20}} = \frac{A_{20}}{\lambda_2} = \frac{(5 \times 10^{-6}) \cdot (3,7 \times 10^{10})}{1,93 \times 10^{-4}} \approx 9,6 \times 10^8$$

$$A_{30} = \lambda_3 N_{30} \Rightarrow \underline{N_{30}} = \frac{A_{30}}{\lambda_3} = \frac{(5 \times 10^{-6}) \cdot (3,7 \times 10^{10})}{8,02 \times 10^{-6}} \approx 2,31 \times 10^{10}$$

$$b) \underline{\Delta N_i} = \int_0^t A_i dt = A_{i0} \int_0^t e^{-\lambda_i t} dt$$

$$\Delta N_i = \frac{A_{i0}}{\lambda_i} (1 - e^{-\lambda_i t}) = \underline{N_{i0} (1 - e^{-\lambda_i t})}$$

$t=1$ saniye olduğunda

$$\underline{\Delta N_1} = N_{10} (1 - e^{-\lambda_1 \cdot t}) = 2,67 \times 10^5 [1 - e^{-(0,693) \cdot 1}] \approx 1,33 \times 10^5$$

$$\underline{\Delta N_2} = N_{20} (1 - e^{-\lambda_2 \cdot t}) = 9,6 \times 10^8 [1 - e^{-(1,93 \times 10^{-4}) \cdot 1}] \approx 1,87 \times 10^5$$

$$\underline{\Delta N_3} = N_{30} (1 - e^{-\lambda_3 \cdot t}) = 2,31 \times 10^{10} [1 - e^{-(8,02 \times 10^{-6}) \cdot 1}] \approx 1,85 \times 10^5$$

Soru 3: Bir bölgenin deprensel geçmişinin incelendiği paleosismoloji araştırması sırasında açılan hendesin katmanlarından birinde antik ahşap bir numune bulunuyor. Bu numuneye ait ^{14}C içeriği analiz ediliyor ve aktivitesi 2,1 bozunma/dakika olarak bulunuyor. Yeni kesilmiş aynı kitledeki gıncel aynı ahşap malzemenin ^{14}C aktivitesi ise 5,3 bozunma/dakika olarak gözleniyor ise numunenin yaşı nedir?

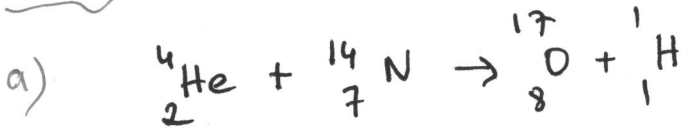
$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t}$$

$A_0 = 5,3 \text{ dak}^{-1}$; $A(t) = 2,1 \text{ dak}^{-1}$ denklemden t çekilirse;

$$t = \left(\frac{1}{\lambda} \right) \ln \left[\frac{A_0}{A(t)} \right] = \left(\frac{t_{1/2}}{0,693} \right) \ln \left[\frac{A_0}{A(t)} \right] = \frac{5730 \text{ yıl}}{0,693} \cdot \ln \left(\frac{5,3 \text{ dak}^{-1}}{2,1 \text{ dak}^{-1}} \right) \approx 7,65 \times 10^3 \text{ yıl}$$

Soru 4 : Aşağıdaki reaksiyonların reaksiyon enerjileri, Q hesaplayınız.

Cevap 4 :



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

$$Q = [(m({}^4_2\text{He}) + m({}^{14}_7\text{N})) - (m({}^{17}_8\text{O}) + m({}^1_1\text{H}))].c^2 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{ kullanıldı}$$

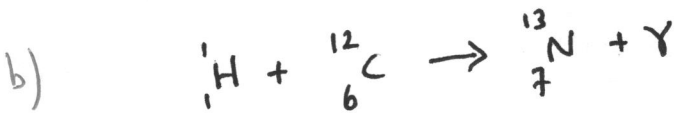
$$Q = [4.002603u + 14.003074u - (16.999131u + 1.007825u)].c^2$$

$$Q \approx -1.19 \text{ MeV} \quad ; \quad Q < 0, \text{ Endotermik (endergic)}$$

Reaksiyonun gerçekleşmesi için gerekli enerji, eşik enerjisi :

$$E_{\text{esik}} \approx |Q| \cdot \left(1 + \frac{m({}^4_2\text{He})}{m({}^{14}_7\text{N})}\right) \approx |Q| \cdot \left(1 + \frac{4}{14}\right)$$

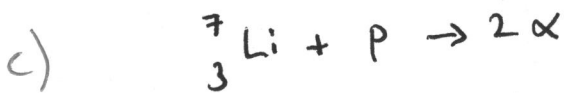
$$E_{\text{esik}} \approx 1.53 \text{ MeV}$$



$$Q = [(m({}^1_1\text{H}) + m({}^{12}_6\text{C})) - (m({}^{13}_7\text{N}) + m(\gamma))].c^2$$

$$Q = [1.007825u + 12u - 13.005738u].c^2$$

$$Q \approx 1.94 \text{ MeV} \quad ; \quad Q > 0, \text{ Ekzotermik (exoergic)}$$



$$Q = [(m({}^7_3\text{Li}) + m({}^1_1\text{H})) - (2 \cdot m({}^4_2\text{He}))].c^2$$

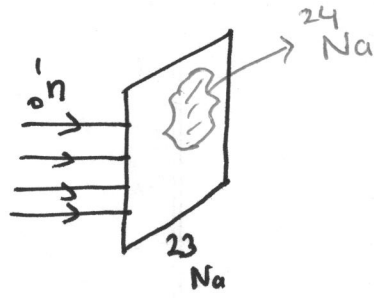
$$Q = [7.016004u + 1.007825u - 2 \cdot 4.002603u].c^2$$

$$Q \approx 17.35 \text{ MeV} \quad ; \quad Q > 0, \text{ Ekzotermik (exoergic)}$$

Soru 5 : 10 gr sodyum örneği, ^{24}Na üretmek için $5 \times 10^{10} \frac{\text{nötron}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}}$ akısı ile ışınlanıyor. 1 gün sonunda örneğin aktivitesi Curie cinsinden bulunuz.

Cevap 5 :

$$\begin{aligned}
 m &= 10 \text{ gr} \\
 \sigma &= 0,53 \text{ Barn} \\
 \phi &= 5 \times 10^{10} \frac{\text{nötron}}{\text{cm}^2 \cdot \text{s}} \\
 t_{1/2} &= 14,95 \text{ saat}
 \end{aligned}$$



(Oluşan ^{24}Na 'in aktivitesi = A_{24})

Oluşan ^{24}Na elementinin aktivitesi,

$$N_{24} = \frac{\phi \cdot \sigma \cdot N_{23}}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$\Rightarrow A_{24} = \phi \cdot \sigma \cdot N_{23} \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \text{ dir.}$$

$$A_{24} = 5 \times 10^{10} \times 0,53 \times 10^{-24} \times \frac{10 \times 6,02 \times 10^{23}}{23} \left(1 - e^{-\frac{\ln 2}{14,95 \text{ saat}} \times 24 \text{ saat}}\right)$$

$$A_{24} \approx 4,66 \times 10^9 \text{ Bq}$$

$$A_{24} \approx 0,13 \text{ Ci}$$

↑ Oluşan ^{24}Na 'in aktivitesi

Soru 6 : $^{136}\text{Cs} \xrightarrow{\beta^-} ^{136m}\text{Ba} \xrightarrow{\gamma} ^{136}\text{Ba}$ bozunumu ile ilgili bozunum sabitleri ve 25 gün sonundaki ^{136}Cs ve ^{136m}Ba aktiviteleri soruluyor.

Cevap 6 :

$$a) \lambda_{^{136}\text{Cs}} = \frac{\ln 2}{T_1} = \frac{\ln 2}{13.16 \text{ gün}} = \frac{\ln 2}{13.16 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}} \approx 6.1 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_{^{136m}\text{Ba}} = \frac{\ln 2}{T_2} = \frac{\ln 2}{0.3085} = 2.25 \text{ s}^{-1}$$

b) ^{136}Cs çekirdeğinin yarı ömrü ^{136m}Ba çekirdeğine kıyasla çok büyük olduğu için "kararlı denge durumu" gerçekleşir. ($T_1 \gg T_2$)

Ana çekirdek ile ürün çekirdek $7 \times (T_2)$ süre sonra kalıcı dengeye gelecektir. Bu süre; $7 \times (0.3085) = 2.156 \text{ s}$ 'dir. O halde 25 gün sonunda kalıcı denge şartı çoktan sağlanmış olacaktır. Bu durumda, 25 günün sonunda ^{136}Cs ve ^{136m}Ba aktiviteleri eşittir. ($A_1 = A_2$)

25 günün sonunda ^{136}Cs 'nin aktivitesi : $\frac{-\ln 2}{13.16 \text{ gün}} \times 25 \text{ gün}$

$$A_1 = A_{10} \cdot e^{-\lambda t} = 10 \text{ mCi} \cdot e$$

$$A_1 \approx 2.68 \text{ mCi} = A_2$$

İstenen ^{136}Cs ve ^{136m}Ba elementlerinin aktiviteleri 25 günün sonunda, 2.68 mCi'dir.