

RADYOFARMASÖTİK DERS NOTU

II.DÖNEM TAMAMI

(2011-2012)

ÖZGÜN FOTOKOPİ

TEL : (0216) 450 13 58

Radyoaktif
NOT-1

Kadir YALÇIN
Marmara Üniversitesi
Eczacılık Fakültesi
...../...../201.....

Atomla ilgili Temel Kavramlar

- * Demokritus → Her cisim için farklı boyut ve biçimde olan taneçiklere atom denir.
- * Dalton → Herşey atomlardan ve farklı türdeki atomlara sahip elektronlardan oluşmuştur.
 - * Atomlar katı kürelerdir ve tıpkı bilye yığını gibidir.
- * Thomson → Atom, ~~iki~~ içinde birçok (-) yüklü elektronun sapanmış olduğu (+) yüklü bir toptur.
- * Rutherford → Orta bir çekirdek ve bunun etrafında dönen elektronlar
- * Bohr → Rutherford kuramındaki elektronların ancak belirli yörüngelerde dolaşabileceğini ileri sürmüştür.

Atom = Maddenin, parçalanmadan kimyasal reaksiyonlara giren en küçük yapı taşıdır.
- Maddenin tüm kimyasal ve fiziksel özelliklerini bünyesinde bulunduran ve çekirdek tepkimeleri dışında daha ~~çok~~ küçük parçalara bölünmeyen en küçük birimdir.

Molekül = Maddenin serbest halde bulunabilen en küçük parçasıdır.
- Moleküller tek atomlu (He, Ne) veya çok atomlu (O_2 , N_2 , H_2O) olabilir.

Element = Maddeyi oluşturan 109 farklı temel atomdan her biri.

Atomaltı parçacıklar = Atomu oluşturan yapı taşları olup atomdan daha küçük olan parçacıklardır.

Atomik kütle birimi (Akb) = Doğada en çok bulunan karbon atomu türünün ($^{12}_6C$) bir atomunun kütlesinin $1/12$ 'sidir. Birimi "akb" dir.

$$1 \text{ akb} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Kütle no = proton + nötron → Simgesi A

Atom no = proton sayısı → Simgesi Z

kütle no
nötron no
atom no
yük
elektron

* Bir element atomunda $p = e$

* Aynı elementin tüm atomları aynı atom numarasına sahiptir.

İzotop = Aynı atom numarasına sahip fakat kütle numarası farklı olan atomlardır.
Aynı elementte

- Bir elementin kimyasal özelliği elektron düzenine bağlı olduğundan, izotop atomlarının kimyasal özellikleri aynıdır. Çekirdek kütleleri farklı olduğundan fiziksel özellikleri farklıdır.

- İzotop atomlar periyodik tabloda aynı yerde bulunur.

②

- ^1_1H $p=1$ $n=0$ Hidrojen (protiyum) $\rightarrow$ Kararlı
- ^2_1H $p=1$ $n=1$ Deuteriyum (gır hidrojen) $\rightarrow$ Kararlı
- ^3_1H $p=1$ $n=2$ Trityum $\rightarrow$ Kararsız, radyoaktif bir izotopdur. $\rightarrow$ Doğada eser miktarda bulunur.

Radyoaktif atom = Çekirdeğinden ısıma ve/veya yüksek enerjili parçacık yayımlayarak bakan atomdur.

Doğal olarak bulunan ya da yapay olarak elde edilen radyoaktif izotoplara radyoizotoplar denir.

Öl Karbon atomunun radyoizotopu vardır. $^{14}_6\text{C}$ $\rightarrow$ Radyokarbon

$$\Delta akb = 1,483 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

$$\Delta ev = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Delta akb = 931,5 \text{ MeV}$$

İzobar = Kütle sayısı aynı atom numarası farklı olan atomlar

İzoton = Nötron sayısı aynı, proton sayısı farklı olan atomlar

Radyoaktivlik

* Radyoaktivlik; radyoaktif denilen bazı maddelerin kendiliklerinden bakanarak çeşitli ısılar yayabilme özelliğidir.

* Bir radyoaktif çekirdeğin kendiliğinden başka bir çekirdeğe dönüşmesine desintegrasyon yapma olarak bir çekirdeğin başka bir çekirdeğin elde edilmesine transmutasyon denir.

* Radyoaktivlik Becquerel tarafından bulunmuştur. $\rightarrow$ Floresan özellik gösteren uranyum tuzlarının fotoğraf plaklarına etki ettiği gözlemlenmiştir. Böylece Uranyumun fotoğraf plaklarına etki eden bazı ısılar yaydıkları bulunmuştur. bunlara uranik ısılar denilmiştir. Böyle ısı veren maddelere radyoaktif madde, bu özelliğe sahip elementlere radyo element, bu ısılar yardımıyla maddenin incelenen bu özelliğine radyoaktivlik, radyoaktivlik özelliğiyle ilgili olaylar, metodlar, araçları inceleyen bilim dalına da radyoaktivite denir.

* Marie ve Pierre Curie $\rightarrow$ Uranyum filizinde (U_3O_8), Polonyum ve Radyum bulmuşlardır. Radyum Uranyumdan milyonlarca kez daha radyoaktiftir. Bu kati radyo elementlerle beraber gaz halinde olanlarda bulunmuş ve buna emanasyon denilmiştir. Bunlardan Radyumun verdiği Raderon (Rn), Actinyumunkine Actiron (Ac), Polonyumunkine Polon (Po) denir.

2AT $\rightarrow$ gaz emanasyon

Radioaktif Işıklar

1- Alfa (α) Işıkları

* Kâğıt, metal yapaak, birkaç santimetre hava katmanı, insan cildi ve hafif giysilerden geçebilen ışınlardır.

* Hızları 15.000-25.000 km/s arasındadır.

* Elektrik alanda saparlar.

* Pozitif yüklüdürler.

* 2 elementer yüke sahip He çekirdekleridir.

2- Beta (β) Işıkları

* α ışınlardan daha fazla girici olup birkaç milimetre kalınlığında metal sac, yâğunluğu yüksek tahta perde ve kalın giysilerle durdurulabilirler.

* Hızları 120.000-283.000 km/s arasında olup ışık hızına yakındır.

* Elektrik alanda saparlar.

* Negatif elektronlardır.

girişlik
8787d

3- Gama Işıkları

* Yüksek enerjili elektromanyetik dalgalardır.

* Elektriksel olarak yüksüzdür.

* Hızları ışık hızına eşittir.

* Diğer ışınlara kıyasla daha fazla giricidir ve pek çok maddeden kolayca geçerler. Durdurulmaları için santimetrelerce kalınlıkta kurşun levha yada kalın beton gereklidir.

* Elektriksel alanda sapmazlar.

Çekirdek Kararlılığı

* Atom çekirdeklerinin parçalanmaya ve nükleer basınçmaya karşı dayanıklılığına çekirdek kararlılığı denir.

* Çekirdek kararlılığındaki en büyük etken atom çekirdeklerinde yer alan nötron/proton oranıdır.

* Atom kütlesi küçük olan çekirdeklerin kararlı olabilmesi için n/p oranının 1 veya 1'e yakın olması gerekir.

* Atom kütlesi büyük olan çekirdeklerin kararlı olabilmesi için nötron/proton oranının yaklaşık 1,5 civarında olması gerekir.

Nötron ve proton kararlılığı nasıl etkiler?

- * Kararlılık atom çekirdeklerindeki itme ve çekmeyle ilişkilidir.
- * Atomların atom numaraları arttıkça, proton sayıları artar ve protonlar arası itme etkileşimide artar. Böylece kararlılık azalır.
- * Atom numarası $^{40}_{20}\text{Ca}$ 'den yüksek çekirdeklerde ~~itme~~ itme kuvvetlerinin etkisini azaltmak için gittikçe artan nötrona ihtiyaç vardır. Böylece atom numarası yükseldikçe nötron/proton oranı 1,5'ga doğru yükselir.
- * Atom çekirdeklerindeki nötron sayıları ne kadar çok olursa olsun, yine de kararlı bir çekirdekte bulunabilen proton sayıları sınırlıdır. En büyük atom sayısına sahip kararlı çekirdek $^{209}_{83}\text{Bi}$ 'dir.

** Atom numarası 83'den büyük olanların hepsi radyoaktif özellik taşırlar. Kararlı değildir.

* Radyoaktif çekirdekler kararlı nötron/proton oranına ulaşınca kadar radyoaktif çekirdek bozunması geçirerek radyasyon yayarlar.

Nötron ve/veya proton sayıları çift olanlar kararlıdır. $\rightarrow$ ~~Bölmeye~~ ~~5~~ ~~çekirdekte~~ kararlı olan 5 çekirdekte proton ve nötron sayıları tekdir.

* Sihirli sayılar kuralına göre nötron ve/veya proton sayıları 2, 8, 20, 50, 82, 126 olan çekirdekler çok kararlıdır.

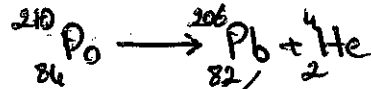
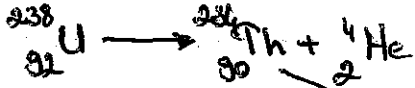
* Hem proton hem de nötron sayıları sihirli sayılardan birine eşit olan ^4_2He , $^{16}_8\text{O}$, $^{40}_{20}\text{Ca}$, $^{208}_{82}\text{Pb}$ çekirdekleri bolluk dereceleri (döşer doluluk oranları) yüksek olan kararlı izotoplardır.

Radyoaktivite

- * Ağır elementlerin çoğu radyoaktif özelliklere sahiptir.
- * İlk ~~bozunma~~ bozunmaya uğrayan çekirdeğe ana çekirdek, ana çekirdeğin radyoaktif bozunmaya uğraması sonucu oluşan çekirdeğe yavru çekirdek denir.
- * Bir radyoaktif ana çekirdekten α , β ve γ bozunmaları sonucu yavru çekirdekler oluşturan serilere radyoaktif seriler denir.
- * Radyoaktif seriler uranyum, toryum, aktinyum ve neptünyum serileri olarak 4'e ayrılır. Her seri bozunma zincirini tamamlandıktan sonra kararlı çekirdeğe dönerler.

Alfa (α) Bozunması

- * Radyoaktif çekirdekler kararlı bir çekirdek yapısına ulaşmak için α -bozunmasına uğrayarlar.
- * α -bozunmasıyla çekirdekten kütle numarası 4, atom numarası 2 olan bir tanecik ^4_2He çıkar. Atom çekirdeği α bozunmasına uğradığı vakit kütle numarası 4 artar, atom numarası 2 azalır.

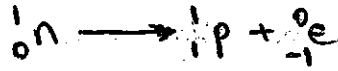


Kararlı
Kararsız

* Alfa taneciklerinin giricilikleri düşüktür. İnce bir kâğıtla durdurulabilir ve insan derisinden hücrelere ulaşmadan durdurulabilirler.

B (Beta) Bozunması

- * β tanecigi çekirdekten yayılan yüksek enerjili bir elektrondur ${}^0_{-1}e$
- * β yayınlanması sonucu çekirdeğin nötron sayısı bir azalır ve proton sayısı bir artar fakat kütle numarası değişmez.
- * β bozunmasında radyoaktif çekirdekte bulunan bir nötron; bir proton ve elektrona dönüşür.



- * β tanecikleri α taneciklerinden çok küçük tir. Buna göre α tanecigine göre daha etkili olup giricilikleri fazladır.
- * β tanecikleri kâğıttan geçer fakat birkaç metre hava tabakası ve birkaç milimetrik alüminyum levha bu ışınları durdurur.
- * β ışınları dış derideki ölü deriye nüfuz eder ve derinin iç kısmında durduğu için dış derideki dokuları yıkar.

Gamma (γ) Bozunması

- * γ ışınları tanecik değildir. Bunlar kısa dalga boyu ve yüksek enerjili (α -ışınları gibi) ışınlardır.
- * Alfa (α) ve β (Beta) bozunması sonucu atom çekirdeği uyarılarak yüksek enerjili hale gelirler. Bu yüksek enerjili çekirdekler gamma (γ) ışımasıyla rahatlamaya yoluna giderler.
- * Bu yarı kararlı atom çekirdekleri temel duruma gelmek için elektromanyetik ışıma şeklinde enerjilerini kaybederler. $\rightarrow \gamma$ ışıması yayarak
- * Bir çok α ve β ışıması γ ışımasıyla beraber olabilir.
- * Gamma ışımasında atom no ve kütle no değişmez.

Yarı Ömür

- * Yarı ömür ($t_{1/2}$) = radyoaktif ve bozunmaya uğrayan bir örnekteki atomların yarı-sının yok olması için geçen zamandır.
- * Radyoaktif maddelerin bozunma hızları sabittir. $\rightarrow t_{1/2}$ sabit

NO? = γ (gamma) ışıması yayılması sırasında belirli bir ortama iletici göstermezler. Yani, üzerinde bir cisme çarpma ve ışıma süreci enerjilerinden birşey kaybetmezler. Bir cisimle çarpışmalarında enerji transferi gerçekleşir ve çarpma sonrasında 2. bir elektromanyetik dalganın oluştuğunda 2. dalganın enerjisi 1. ye göre farklılık gösterir. Bütün elektromanyetik dalgalar aynı hızla sahip olmakla birlikte frekansıyla doğru, dalgaboylarıyla ters orantılı olan enerji seviyelerine göre bir spektruma sahiptirler. Elektromanyetik spektrum denen bu düzenimde dalganın en yüksekten en düşüğe doğru sırasıyla;

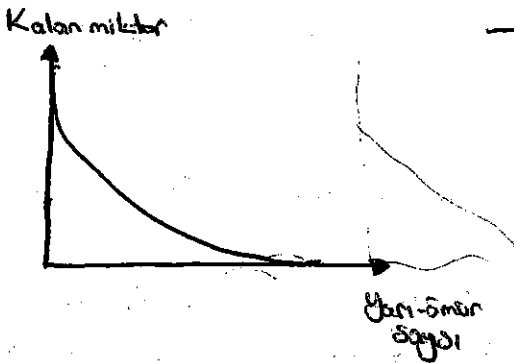
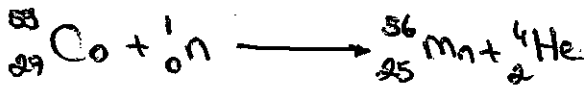
ERİMEK GÖRMEK

Elektrik > Radyo > mikro > kızılötesi > Görünür > morötesi > X ışınları > γ ışınları
Dalgaları > dalgaları > dalgaları > (IR) > Işık > (U.V)

Bu spektrumda γ ışınları atomun çekirdeğinden kaynaklanan radyasyona örnek tir. X ışını ile kızılötesi arasındaki ışınlar atomun yörüngesinden kaynaklanırlar.

Soru 59 $^{59}_{27}\text{Co}$ 'nin nötronla bombardmanı sonucunda $^{56}_{25}\text{Mn}$ oluşumunun reaksiyon denklemini yaz.

γ - IR $\rightarrow$ göze
 γ - $\rightarrow$ çekirdek } radyasyon



- * Radyoaktif farklı izotopların yarı ömrü ve yayınladıkları radyasyon türleri farklıdır.
- * Radyoaktif maddeler birinci derece kinetiğe uyarlar ve ısıdan etkilenmezler.

$$\text{Parçalanma hızı} = k \cdot N$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

$$\log \frac{N_0}{N} = \frac{k \cdot t}{2,303}$$

$N = t$ anında kalan radyoaktif çekirdek sayısı ve miktarı

$N_0 =$ Başlangıçtaki radyoaktif çekirdek sayısı ve miktarı

$k =$ Parçalanma hız sabiti

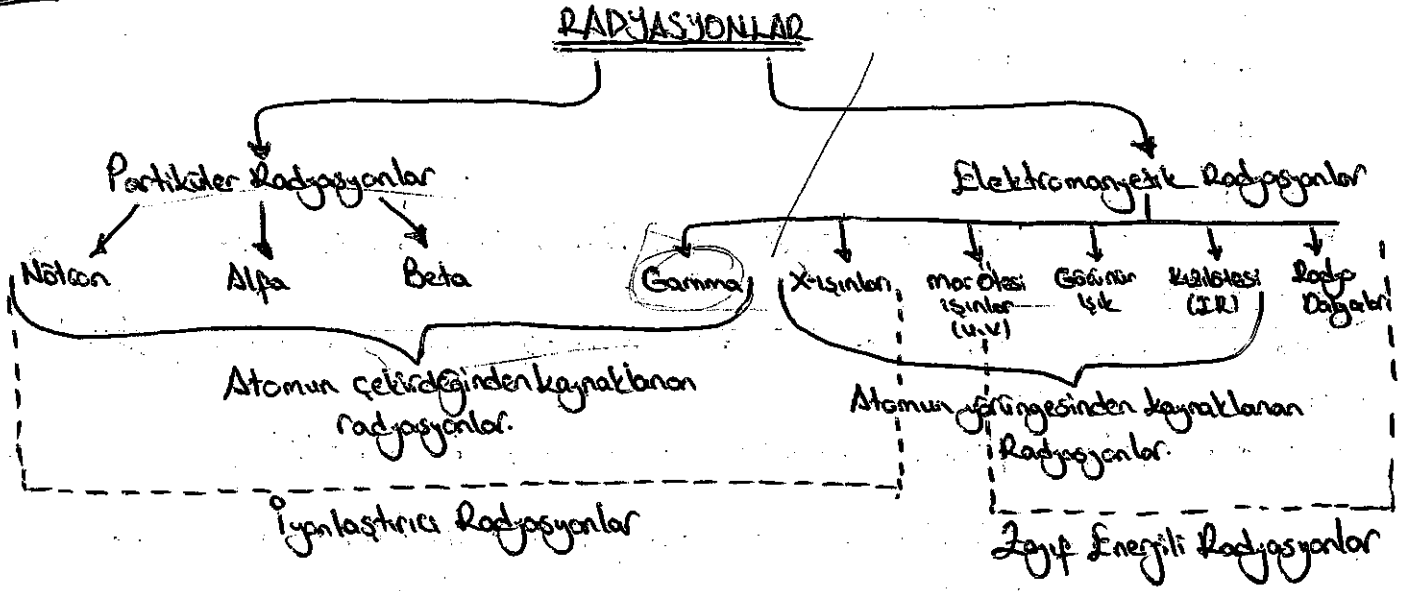
$t =$ süre

Ortalama Ömrü = Radyoaktif bir atomun aktifliğini tamamen kaybetmesinin geçen süresidir ($\bar{T}$)

$$\bar{T} = 1,44 \times t_{1/2}$$

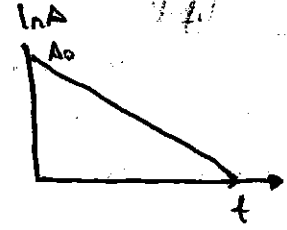
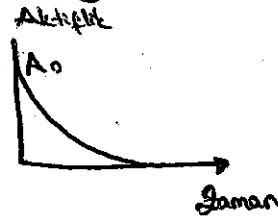
Ortalama ömrü

NOT

Aktivite

* Radyaktif bir maddenin aktivitesi, maddeyi oluşturan atomların bozunma hızı olarak tanımlanır ve A harfi ile gösterilir.

$$\ln A = \ln A_0 - \lambda \cdot t$$

Radyaktivite Ölçümleri ve Birimleri

* Radyaktif ışınlara analiz;

- Sinterasyon saygısı
- Wilson sis adası
- Geiger-müller saygısı

Sinterasyon saygısı
Wilson sis adası
Geiger-müller

ile ölçülür.

→ Tıpe ince bir pencereden giren α veya β parçacıkları veya γ ışıması tüpteki Argon gazını ~~iyonlaştırır~~ iyonlaştırır ve Ar^+ oluşur. Tüpün elektronları arasında bir gerilim uygulanırsa, bu iyonlar bir elektriksel boşalmaya neden olur ve puls verirler. Bu pulsların siddeti artırılarak ve uygun zaman bir sese dönüştürülerek otomatik olarak sayılırlar.

Radyaktivite Birimi

* Radyaktif maddenin sarıyedeki bozunma sayısına aktivite denir.

* Aktivitenin SI birimi "Becquerel" (Bq) $\rightarrow$ Bq'dan önce Curie (Ci)

* 1 Curie bir gram radyumun sarıyede yaradığı bozunma saygısı olarak tanımlanmış ve bu saygıda aktivite gösteren tüm diğer radyaktif maddelerin aktivitesi 1 Curie olarak belirtilmiştir.

$$1 \text{ Ci} = 37 \cdot 10^{10} \text{ bozunma/saniye}$$

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

$$1 \text{ Bq} = 2,703 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$$

Paleosis Dozu

* Bir insanın tek bir göğüs filmi çekilmesi, yaklaşık 7 milliremlik ($7 \cdot 10^{-8} \text{ rem}$) bir doz alınmasına neden olur.

* Uluslararası koruma komisyonu (ICRP) max izin verilen dozu 0,3 rem/hafıza olarak sınırlandırmıştır.

* İnsanda yaklaşık 300 rem veya üstünde bir doz "öldürücü etki" gösterir.

NOT = * Radyasyon, radyoaktif bir atom çekirdeğinin bozunması sonucu ortaya çıkar.

* Radyoaktivitenin yararlı etkileri tıpta ve endüstride kullanılmaktadır.

Radyoaktif Bozunma Hızı

* Deneyel gözlemlere dayanarak bir radyoaktif bozunma yasası ortaya konmuştur.

* Radyoaktif bir maddenin parçalanma hızı (bozunma hızı) (aktivite) A maddedeki radyoaktif atomların sayısıyla doğru orantılıdır.

Bozunma hızı $\propto N$

$$\text{Bozunma hızı} = A = \lambda \cdot N$$

↓
saniye⁻¹ (s^{-1})

λ = Bozunma hız sabiti

N = Bozunan maddedeki atom sayısı

Ör 1.000.000 atom içeren bir örneği ele alalım. Saniyede 100 atom bozunuyor. Bozunma hız sabitini bulalım.

$$N = 1 \cdot 10^6$$

$$A = \lambda \cdot N \Rightarrow \lambda = \frac{A}{N} = \frac{100 \text{ atom} \cdot s^{-1}}{1 \cdot 10^6 \text{ atom}}$$

$$\lambda = 1,0 \cdot 10^{-4} s^{-1}$$

$$\text{Yarımlama hızı} = k \cdot [A]$$

$$\text{Bozunma hızı} = \lambda \cdot N$$

$$\log \frac{N_0}{N} = \frac{k \cdot t}{2,303}$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

ve

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda \cdot t$$

N_0 = Başlangıçtaki atom sayısı

N_t = Herhangi bir t zamanında bozunan atom sayısı

ör ^{32}P izotopu biyokimya araştırmalarında canlılarda P 'nin izlendiği yolun belirlenmesi için kullanılır. Bu izotopun verdiği β yayınlanmasından anlaşıldı, ^{32}P 'in $t_{1/2}$ 'si 14,3 gün

a- ^{32}P 'nin bozunma sabiti kaç s^{-1} 'dir. $\rightarrow k$

b- 1 mg ^{32}P örneğinin bozunma hızı nedir? (1 sn'de bozunan ^{32}P 'nin atom sayısı kaç)

c- 1 mg ^{32}P 'den 57 gün sonra yaklaşık ne kadarı geriye kalır?

d- 57 gün sonra β yayınlanma hızı nedir?

$$a- \lambda = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{14,3 \text{ gün}} \times \frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ saat}} \times \frac{1 \text{ saat}}{60 \text{ dk}} \times \frac{1 \text{ dk}}{60 \text{ sn}}$$

$$\lambda = 5,61 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1}$$

b- 1 mg'daki ^{32}P 'nin atom sayısını bulalım; mg $\rightarrow$ mol $\rightarrow$ atom sayısına

$$N_p = 0,001 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol } ^{32}\text{P}}{32,0 \text{ g } ^{32}\text{P}} \cdot \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ } ^{32}\text{P atomu}}{1 \text{ mol } ^{32}\text{P}}$$

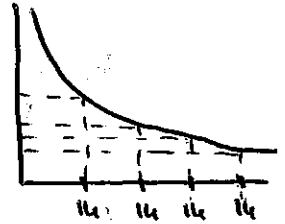
$$N_{^{32}\text{P}} = 1,88 \cdot 10^{19} \text{ } ^{32}\text{P atomu}$$

$$A = \lambda \cdot N = 5,61 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1} \times 1,88 \cdot 10^{19} \text{ atom} = 1,05 \cdot 10^{13} \text{ atom/s}$$

$$c- \frac{57}{14,3} \approx 4 \text{ yarı ömür}$$

$$\left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{16} \text{ kalır.}$$

$$1 \text{ mg } ^{32}\text{P} \cdot \frac{1}{16} = 0,063 \text{ mg } ^{32}\text{P} \text{ kalır.}$$



d- Bozunma hızı geriye kalan radyoaktif atomların miktarıyla doğru orantılıdır. ve atom sayısı ile ^{32}P kütlesinde yine doğru orantılıdır.

$$\text{Bozunma hızı} = \frac{1}{16} \cdot 1,05 \cdot 10^{13} \text{ atom/s}$$

$$= 6,56 \cdot 10^{11} \text{ atom/s}$$

^{32}P 'nin kütlesi ilk kütlesinin $1/16$ 'sına düştüğü zaman atomların sayısında ilk atom sayısının $1/16$ 'sına ve dolayısıyla bozunma hızında ilk hızın $1/16$ 'sına düşer.

Radyoaktif Karbonla Yaş Tayini

$^{14}_6\text{C}$ izotopları, atmosferin üst katmanlarında $^{14}_7\text{N}$ 'in nötronlarla bombardimanından sabit hızla meydana gelirler.



- Yaşayan organizmalardaki C içeren bileşiklerin ^{14}C oranları atmosferdeki ^{14}C oranı ile dengededir. Yani canlı organizmada bulunan her ^{14}C atomu yerine çevreden bir ^{14}C atomu alınır.
- Çevreyle dengede olan ^{14}C 'ün aktivitesi dakikada 15 parçalanmadır.

$$A = 15 \text{ bozunma} \cdot \text{dk}^{-1}$$

- Yaşayan bir organizma öldüğü zaman bu denge bozulur ve bozunma hızı düşer. Çünkü ölü bir organizma artık yeni bir ^{14}C absorbe etmez. İşte bundan yararlanılarak ölü bir organizmanın bir süre sonra ölçülen bozunma hızından yaşını tahmin edebiliriz.

Ör ^{14}C 'ün aktivitesi gram başına dakikada 10 olarak ölçülmüştür. Ağaç parçasının yaşı nedir? (Ağaç kesildiğinden beri ne kadar süre geçti?) (^{14}C izotopunun $t_{1/2} = 5730 \text{ yıl}$)

$$\text{Bozunma hızı} = A = \lambda \cdot N$$

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda \cdot t$$

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}$$

$$5730 = \frac{0,693}{\lambda} \Rightarrow \lambda = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ yıl}^{-1}$$

$$A = \lambda \cdot N$$

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} \rightarrow 15$$

$$N_t = \frac{A_t}{\lambda} \rightarrow 10$$

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda \cdot t \Rightarrow \ln \frac{A_t/\lambda}{A_0/\lambda} = -\lambda \cdot t$$

$$\ln \left(\frac{10/\lambda}{15/\lambda} \right) = -\lambda \cdot t$$

$$\ln \left(\frac{10}{15} \right) = -\lambda \cdot t$$

$$\ln \frac{10}{15} = - (1,21 \cdot 10^{-4} \text{ yıl}^{-1}) \cdot t$$

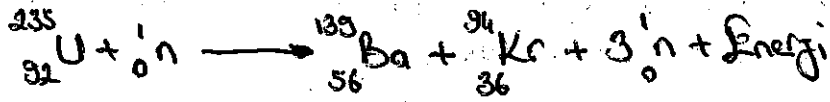
$$t = 3,4 \cdot 10^3 \text{ yıl}$$

Çekirdek Fıyşonu (Parçalanması) ve Fıyşonu (Birleşmesi)

Çekirdek Fıyşonu = Çekirdek fıyşonu veya nükleer fıyşon ağır bir çekirdeğin, hafif çekirdeklerle ve nötronlara bölünmesi olayıdır.

Fıyşon olayı ilk kez U-235'in nötronlarla bombardımanı sonucu parçalanmasıyla açıklanmış ve tepkime sonucunda çok fazla enerji açığa çıktığı gözlemlenmiştir.

Her $^{235}_{92}\text{U}$ fıyşonunda nötronların salındığı ve her bir nötronun yeni bir fıyşon reaksiyonu başlattığından böylece "çekirdek zincir reaksiyonları" oluşur ve önemli miktarda enerji açığa çıkar.



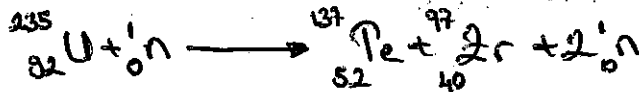
Zincirleme Tepkime

* U-235'in bölünmesinin doğada %99'dan fazla bulunan U-238'in bölünmesinden ~~çok~~ daha çok etkilidir.

* U-235 çekirdeğinin bölünmesi (yanılması) pek çok ayrı yoldan olabilir ve çok sayıda ürün grubundan birisi elde edilebilir.

Ö2

U-235'ten Tellür ve Zirkonyum elementleriyle 2 nötron ve enerji oluşabilir.



* U-235 atomlarının bölünmesinden 35 farklı elementin 200 farklı izotopu oluşabilir.

* U-235'in bölünmesinde hep birkaç nötron salınır. → Bölünme başına ort 2,5 nötron

* Çekirdeklerin bölünmesi ve nötronların salınması zincirleme reaksiyona neden olur. Buna zincirleme çekirdek tepkimesi (reaksiyonu) denir.

* Bir zincirleme reax.'da her saniyede milyarlarca fıyşon reax.'ları oluşabilir.

* Fıyşon reax.'larıyla Atom bombası ve nükleer reaktörlerden enerji elde edilir.

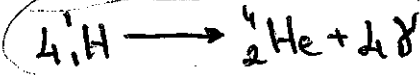
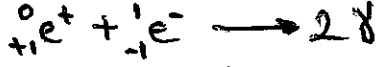
Çekirdek Fıyşonu = Çekirdek fıyşonu veya nükleer fıyşon hafif çekirdeklerin daha ~~çok~~ ağır çekirdekler oluşturmak üzere birleşmesidir.

* Çekirdek fıyşonunda da oldukça yüksek miktarda enerji açığa çıkar.

Ö2 4 H çekirdeğinin kaynaşarak bir He çekirdeği ve 2 pozitron oluşturması tepkimesidir.



* 2 tane proton ile kaybedilen elektronlar birleşerek her bir çift için bir çift γ ışıını oluşturur

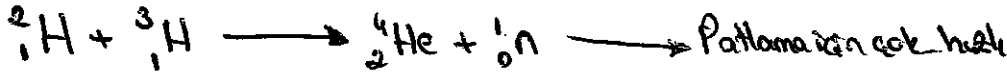


Güneşin enerjisi

* Çekirdek füzyonu reaksiyonlarına termonükleer reaksiyonlar denir.

Hidrojen bombası füzyon reax. dayanır.

Füzyon reaksiyonlarının, çekirdek füzyonu reaktörlerinde "elektrik enerjisi elde etmek amacıyla kullanılması üzerine çalışmalar var.



* Çekirdek bölünmesi çevresi onbinlerce yıl sürdürebilecek olan ve insan sağlığı için çok tehlikeli radyaktif artıklar üretir.

* Çekirdek kaynaşması hiçbir tehlikeli madde üretmediği gibi çekirdek bölünmesine göre daha yüksek enerji sağlar. Fakat çekirdek kaynaşması tepkimesinin gerçekleşmesi için 10 milyon $^{\circ}\text{C}$ - 100 milyon $^{\circ}\text{C}$ 'ye dek asırı yüksek sıcaklık gerekir. Bu yüksek sıcaklıkta ise maddeler ancak plazma halinde bulunur.

Plazma = Maddenin çok yüksek sıcaklık nedeniyle elektronlarını bile koryuyamadığı yalnız başına atom çekirdeklerinden oluşan hali.

Sıcak Füzyon Girişimleri = Bazı bilimciler yüksek sıcaklıklara gerek olmadan, oda sıcaklığında da kaynaşma tepkimesinin gerçekleştirilebileceğini idda etmişler ve buna sıcak füzyon adını vermişler.

"Palladyum metlinden imal edilmiş elektrotların pasıya (oksijen) daldırılarak çözeltinin elektroliz edilmesi" esasına dayandırılmıştır.

Vize Sonrası
Radyofarmasötikler ve Kontrast Maddelerin
Farmakolojisi

Canlı Hücrelere Radyasyonun Etkileri

- * Radyasyon yanıkları
- * Kanser
- * Gelecek nesillerde genetik bozukluklar.
- * Yüksek dozda ölümleri (ani ölüm)

1- Erken Etkileri

- * Çok büyük dozda radyasyon, birkaç saat veya birkaç hafta içerisinde zararlı etkilerini yapabilir.
- * Erken etkiler; öldürücü olabilen radyasyon yanıkları ve radyasyon hastalıklarıdır.
- * Bir yada iki günde toplam 6 Sv ^{katarakt} dozla maruz kalan gözlerde hasarla; göz lensleri berraklığını kaybeder ve bulanıklaşmaya başlar. → Katarakt = özellikle çocuk ve gençlerde
- * Alınan doz 10 Sv'yi aşığında ikinci derece yanıklara benzeyen ciddi doku hasarları oluşur.
↳ ilkiner derece yanıkları

2- Ertelemiş Etkiler

- * Düşük dozda alınan radyasyonun etkileri yıllar sonra ortaya çıkabilir. Bu etkiler;
- Kanser ve çocuklarında genetik bozukluklar

Radyasyon Özellikleri

A- İyonlaştırıcı radyasyon

1- Elektromanyetik radyasyon

- * Gamma (γ) ışınları

- * X ışınları

2- Parçacıklı Radyasyon

- * Alfa (α) ışınları

- * Beta (β) ışınları

- * Serbest nötronlar

B- İyonlaştırıcı olmayan radyasyonlar

1- Optik radyasyonlar

- * UV ışınları

2- EMR nitelikli radyasyonlar

- * Radyo dalgaları

- * Mikrodalgalar

- * mobil ve cep telefonları

- * Radyo FM ve TV vericileri
vs. vs.

A- İyonlaştırıcı Radyasyon

1- Elektromanyetik Radyasyonlar

- * Gamma ve X ışınları elektromanyetik radyasyonlardır. → Yüksek frekanslı radyo dalgaları ve görünür ışık gibidir.
- * Dalgalar boyu küçük, enerjileri yüksektir.

- Gamma Işınları (γ)

- * Manyetik alanda sapmadıklarından elektrikle yüklü değildir.
- * Elektromagnetik dalgalardan meydana gelmişlerdir.
- * Radyoaktif bozunmalar yada nükleer reaksiyonlar sonucu oluşan kararsız atom çekirdeklerinden yayılırlar.

- X Işınları

- * Hızlandırılmış yüksek atom numaralı elektronlar, hedef serilen atomların çekirdeklerine yaklaştıklarında yavaşlamalar olur. Bu yavaşlamalar sonucu X ışınları oluşur.

2- Parçacıklı Radyasyon

- Alfa (α) Işınları = (+) yüklü parçacıklardan oluşur. $\rightarrow$ + yüklü He çekirdeği

- * Kâğıt parçası yada cilt tarafından durdurulabilir.

- Beta (β) Işınları = (+) ve (-) elektrik yüklerinden meydana gelmişlerdir.

- * İnce bir du, metal levha veya cam tabakasıyla bu elektronlar durdurulabilirler.

* α ve β ışınları atomun çekirdeğinden kaynaklanan radyoaktif ışınlardır.

- * Belirli bir kütleye sahiptirler.

* α ve β ışınları, kütleleri ve elektriksel yüklerinden dolayı, X ve gamma ışınlarına göre, maddelere daha az nüfuz ederler. Fakat bu ışınların iyonlaştırıcı etkileri diğerlerine göre daha fazladır.

- * Nötron ve protonun kütleleri α ışınlarının $1/4$ 'ü kadar olan nükleer taneciklerdir.

- * Çekirdekten kopan nötron ve protonlar insan sağlığı için en tehlikeli radyasyonlardır.

* Nötronun elektrik yükü olmadığından nüfuz etme özelliği çok büyüktür. Radyoaktif ışınların insana zararlı etkileri bu ışınların hareketleriyle ilgilidir.

- Serbest Nötronlar

- * Radyasyonla oluşan yüksek parçacıklardır.

Her maddeye kolayca girerler.

Dejeneratif iyonlaştırıcı özellikleri yoktur.

Serbest nötronlar girdikleri maddelerin nötronlarıyla etkileşmeleri sonucu α , β , γ ve X ışınlarını oluşturmaktadır. $\rightarrow$ Bu ışınlar maddeyle etkileşerek maddenin atomundan koparak iyonlaştırıcı olabilir.

8- İyonlaştırıcı Olmayan Radyasyonlar

- UV Işınları = Kaynağı güneş olup, güneşten doğarken bölünür.

- * UV ışınları beyaz elbiseyle engellenir.

- * Bu ışınlar kar ve kumdan yansıyarak kar ve ~~güneş~~ ^{güneş} ışığı yaparlar.

* UV'nin gıcıkta olduğu olduğundan yüksek oranda deri ve gözleri etkilerler. → U.V (%80) Deri kanseri

2- EMK Niteliikli Radyasyonlar

- * Radyoalgılar
- * Mikrodalgalar
- * Mobil ve cep telefonları
- * Radyo FM ve TV vericileri
- * Radarlar
- * Tıraşlar
- * Bilgisayarlar
- * Akım taşıyan kablolar

Radyasyonun Zararları

* İyonlaştırıcı radyasyon DNA'yı parçalayabilecek enerji taşır ve DNA'nın parçalanmasıyla hücreler ölür. → Doku zarar görür → Kanser

* Çevreye atılan radyoaktif maddeler insan, hayvan ve bitki sağlığını olumsuz etkisi yaparak çevreyi ve ekolojik dengeyi bozarlar.

* Canlıda genetik veya vücutta kalıcı değişikliklere neden olabilirler.

* Radyasyonun etkileri cins, yaş ve organa göre değişir.

* Radyasyonun etkileri zamanla ortaya çıkar.

Radyoaktif Maddelerin Zararlı Etkilerini Nasıl Açıklayabiliriz?

* α , β , γ ve kozmik ışınlar, canlı dokuyla temas ettikleri zaman iyon çifti olan kararsız ve reaktif güçlü tanecikler oluştururlar. → İyonlaştırıcı radyasyon

→ Butür radyasyonlar canlı dokuda moleküllere çok yüksek enerji transfer ederler ve böylece hücredeki moleküllerin ayrışmasıyla "serbest radikal" ler oluşur.

↓
yüksek enerjili
güçlü tanecikler.

- İyonlar ve serbest radikaller birbirleriyle veya diğer moleküllerle etkileşerek, hücreye yabancı yeni maddeler oluşturma yoluyla tehlike yaratabilirler.

- Üretilen yeni maddeler radyoaktif olmamalarına karşın, çok yüksek enerjili olmaları nedeniyle, canlı yapısına zarar verici yeni reaksiyonların oluşmasına neden olur.

- İyonlaştırıcı radyasyonun büyük zarar veren iki ana etkisi görülür.

1- Direkt Etki → İyonlaştırıcı radyasyon biyolojik moleküle direkt isabet ettiğinde molekülün biyolojik olarak yararlı olmaktan parçalanmasıyla ayrılmasına sebep olabilirler. Örneğin DNA bütünlüğü bozularsa bölünme yapamaz, hücre ölür. Birden fazla hücrede bu durum gerçekleştiğinde ise, doku ölür. → Genetik bozukluklar → Kanser

2- İndirekt Etki → Hayvan hücrelerinin %80'i sudur. İyonlaştırıcı radyasyon su moleküllerine etki ederek, canlı hücrede negatif, pozitif iyonlar veya yüksek enerjili radikaller oluşturur. Butür serbest radikaller aynı parçalanabilir ve toksik bir madde olan H_2O_2 'yi oluşturabilirler. Aynı zamanda bu serbest radikaller O_2 ile reaksiyona girerek yeni peroksi radikalleri oluşturabilirler.

Radyasyon Ölçü Birimleri

NOT - İyonlaştırıcı radyasyonlar insana zarar verir.

İyonlaştırıcı radyasyonların zararları

* İyonlaştırıcı radyasyon dozıyla verdiği zarar doğru orantılıdır.

- Radyasyon birimi = Röntgen coulomb/kg
- Sogurulma doz birimi = rad gray SI'dan önce
- Doz eşdeğer birimi = rem sievert kullanılan birimler
- Radyaktivite birimi = Curie (Ci) becquerel

I - SI Birimleri

1- Radyasyon Birimi (Röntgen)

* Yeni radyasyon birimi olarak coulomb/kg belirtilmiştir.

* Normal hava koşullarında (0°C ve 1 atm basınç) havanın 1 kg'da 1 coulomb pozitif ve negatif elektrik yükü taşıyan iyonlar meydana getiren X veya γ radyasyon miktarına "Coulomb/kg" denir.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Coulomb/kg} &= 3876 \text{ R} \\ 1 \text{ R} &= 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg} \end{aligned}$$

2- Sogurulmuş Doz (D) ve Birimi

* Herhangi bir maddenin kg başına 1 joule'lik enerji ~~sogurulması~~ meydana getiren radyasyon dozuna "gray" denir ve "Gy" ile sembol edilir.

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

$$1 \text{ gray} = 1 \text{ J/kg}$$

3- Doz Eşdeğeri (H) ve Birimi

* Radyasyon dozunun birimleri olan rad veya radyasyonun insana verdiği zararların etkisini belirlemede yetersizdir.

* Sogurulan dozun meydana getirdiği zararlı biyolojik etkiler, hem ~~iyonlaştırıcı~~ ^{dozuna} hem de radyasyon türüne (α, β, γ v.s.) göre farklılık gösterir.

* Doz eşdeğerinin birimi "Sievert" tir ve kısaca "Sv" ile sembolize edilir. "H" ile gösterilir.

$$H \text{ sievert} = D_{\text{gray}} \times Q \times N \rightarrow \text{tüm diğer etkililik faktörleri}$$

$\downarrow$ $\downarrow$
 Sogurulmuş doz kalite faktörü

II-Radyoaktivite Birimi

* Radyoaktif maddenin saniye başına gerçekleştirdiği bozunma sayısına "aktivite" denir. SI birimi olarak aktivite "becquerel" (Bq) olarak adlandırılır.

$$1 \text{ Bq} = 2.703 \times 10^{-11} \text{ ci}$$

Bir gram radyumun saniyede uğradığı bozunma sayısı (3.7×10^{10}) bozunma/saniye) "Curie" olarak tanımlanır. Bu şekilde aktivite gösteren tüm diğer radyoaktif maddelerin aktivitesi 1 curie olarak belirtilmiştir.

III-Tolerans Dozu

* max izin verilen radyasyon dozu 0,3 rem/hafıza

* İnsanlarda 300 rem veya üstü bir doza öldürücüdür.

NOF = * Radyoaktif ana çekirdekler kararlı yavru çekirdekler o hızla dönüşene kadar bozunur.

α ve β ışınları birer taneciktir fakat γ ışınları bir enerjidir.

NOF-2

Radyo Kontrast Maddeler

Levent Hacı

Radyo kontrast madde = Röntgen filmi çekimi sırasında vücuda gönderilen X ışınlarını tutan, o bölgeden X ışınlarının geçmesine izin vermeyen maddelerdir.

İçerdiği organları ve damarları daha belirgin ve görünür hale getirmek için kullanılır.

Beyaz renkte görüntü verirler.

Kontrast Maddelerin Nasıl Kullanılır?

1-Angiyoğrafi = Kan damarlarının durumunun incelenmesinde

2-Arteriyoğrafi = Kontrast madde bir atardamar içine uygulanarak onu X ışınına karşı opak hale getirir. Kanın doğal akışı kontrast maddeyi taşıyarak arterlerin lokal daralması veya tıkanması görüntülenebilir.

3-Venografi (fleboğrafi) = Venler kanı kalbe doğru taşımak tadır, bu nedenle kontrast maddeyi periferik bir vene enjekte ederek bir ekstremitedeki kan akımının düzgün bir haritası elde edilir. Özellikle bacaktaki derin ven trombozunun tanısında kullanılır.

4-DSA (Digital subtraksiyon angiyoğrafi) = DSA'da; görüntü, kontrast maddeden önceki radyoğraflardan kontrast ajan uygulandıktan sonra alınan radyoğrafların çıkarılmasıyla elde edilir.

5- Intravenöz ürografi (Intravenöz piyelografi, ivü, ivp) = idrar yollarının radyolojik incelenmesi olup esas amacı böbreklerin fonksiyonunu, yapısını, şeklini değerlendirmektir.

- * i.v enjekte edildiğinde, çoğu kontrast madde böbreklerden hızla atılır.
- * Bu yöntem arteriyografi ve venografiyle karşılaştırıldığında az zaman alıp bir seansta işbiter.
- * Çocuklarda i.v ürografi kullanılarak, idrar yollarının konjenital anomalileri incelenebilir.

6- Myelografi = Kontrast madde kullanılmadan radyolojik olarak görüntülenemeyen yapıları omurilik ve ondan çıkan sinir kökleri için.

Omurilgi ve sinir köklerini çevreleyen BOS sıvısına bir kontrast madde enjekte edilir. → Sıvı dağılır → Bu incelemede yüksek özellikli kontrast maddeler kullanılmaktadır.

Myelogramların çoğu sadece lomber bölgeyi incelemek için kullanılır. Aynı zamanda omurilik boyunca tümörlerdeki dejeneratif lezyonları ve servikal bölgeyi görüntülemek için de kullanılır.

BT ve MRG'nin kullanılmaya başlanmasıyla myelografi kullanımı azalmıştır.

7- Girişimsel Teknikler = * Perkapötik embolizasyon → bilerek tıkanma

* Angioplasti, PTA → genişletme işlemi

* Bu yöntemde kontrast maddenin yüksek dozları kullanılır.

8- Antrografi = Eklem anatomisini incelemek için

9- Sinülografi = Tekrar bezi ve diğer bezlerin duktal sistemleri için

10- Retrograd koledokopankreatografi = Pankreatik/biliyer duktal sistem kanallarının tıkanıklığının incelenmesinde

11- İşeme sistografi = Üreterde reftü olup olmadığını anlamak için duktal sistemden mesangiyeye uygulanan yöntem

12- Segretilen kontrast madde ince bağırsak veya rektum gibi organları incelemek için kullanılabilir.

Kontrast Maddelerin Güvenirligi

- * X ışını kontrast maddelere advers reaksiyonlar oldukça nadirdir. → Ciddi olanları da var.
- * Advers olaylar genelde hafif ve orta şiddettedir ve tedavi edilmeden geçer.
- * Kontrast maddelere karşı en sık bulantı, kusma ve alerjik reaksiyonlar görülür.
- * Advers reaksiyon riskini en aza indirmek için sağlık bakım personelleri hastanın tıbbi geçmişini almalıdırlar.

- * Tanı amacıyla çeşitli yollarla vücuda verilen iki grup radyopak madde vardır. Bunlar;
iyot = Çeşitli organik moleküllere bağlanarak damar yoluyla vücuda verilir.
Baryum = Baryum sülfat şeklinde damar dışı yollarla verilir.

iyotlu Kontrast Maddeler

- * İyonik } Özelliklerine göre;
 * Non-iyonik } * tek halkalı molekül (monomerik)
 * çift halkalı molekül (dimerik)

* Radyokontrast maddeler;

- ** Görüntüleme de kullanılırlar ve tedavi edici değildirler.
- * Hidrofilik olup, düşük yada çözünürlükleri vardır, bağlanma kapasiteleri düşük tür.
- * Damar içi enjeksiyonu taliben ekstravasküler ve ekstrasetüler boşluğa girerler. Her paket mss'ye girmez.
- * Hücre içine girmez, ilacın %90'ını böbreklerden 12 saat içinde atılır.

* Klasik iyotlu kontrast maddeler;

- Tri-iyod-benzolik asitin monomerik tuzlarıdır.
- 3,5 nolu C'na radikaller bağlanır.
- 2,4 ve 6 nolu karbonlara iyot bağlanır.
- Katyon ise 1 nolu bağlanma yerindedir.
- İyonik radyokontrast maddelerde, moleküldeki radyopak bölümlerin bölümüdür.
 Hem anyon, hemde katyon bölümleri osmotik olarak aktifler. Böylece plazmaya göre hipertontiktirler.

	<u>Etkin madde</u>	<u>İsmi</u>
İyonik monomer	Ioxithalamate	Telebrix
Non-iyonik dimer	Iodixanol	Visipaque

NOT = Geri kalanların hepsi non-iyonik monomer

- * Damar içi inceleme için kullanılan iyonik kontrast maddelere ayrıca "Yüksek Osmolaliteli Kontrast Maddeler (HOCM)" denir. → Plazma osmolalitesinin 7-8 katı daha yüksektir.

* Osmolalitenin neden olduğu yan etkiler;

- 1- Ağrı
- 2- Endotel hasarı
- 3- Tromboz ve tromboflebit

EPATA Kan-beyin bariyeri

- 4- Kan-beyin bariyerinin bütünlüğünün bozulması
- 5- Anjiyografide bradikardi
- 6- Pulmoner dolaşımda basınç artışı

* X-ışını emilme ve kontrast özelliği azalmadan düşük osmolaliteli kontrast madde yapmanın 3 yöntemi mevcuttur.

- 1- Non-iyonik monomer
- 2- İyonik dimer
- 3- Non-iyonik dimer

Osmolalite = Her bir birim osmotik basınca düşen molekül sayısı

* Non-iyonik kontrast madde molekülleri ayrılma yapmazlar ve suda çözünabilirlik özellikleri hidrofilik hidroksil gruplarıyla sağlanır.

* Triyodo non-iyonik monomer moleküllerin osmolalitesi, iyonik monomer moleküllere göre yarı yarıya düşüktür. (3:1)

* Radyo kontrast maddeler bazen damarda verildiklerinde yüksek osmolaliteye bağlı ölümler görülebilmektedir.

* İlk düşük osmolaliteli non-iyonik kontrast madde metrizamid (Amipaque) (1969)

** İyotlu Kontrast Maddelerinin Etkisi

→ 2' numara karbonu yerine D-glukoz.

- Hipertoniktirler.

- Plazmaya göre 5-8 kat hipertoniktir.

* Enjekte edilen maddenin yapısından bağımsız olarak direkt vucuda fiziki zarar verirken

* Kan damarlarında endotel hasarlığı yaparlar.

* Damar duvarında hücre baskısını azaltırlar.

* Kılcal damarların geçirgenliğini artırır.

* Trombus oluşturma riskleri var.

* KBB'ye zarar vererek geçirgenliğini artırır.

* Eritrositlerin suyunu çekerek onların daha katı olmasına ve esnekliklerinin kaybına

neden olurlar. → Böylece eritrositlerin damar yatağından geçmesini engelleyerek tıkanıklık oluşmasına, beyinde iskemiyeye ve miyokardiyal infarktüsüye sebep olurlar.

* Genel olarak hipotansiyona yol açarlar.

Non-iyonik Kontrast Maddeler

1- Non-iyonik monomer (tek halkalı)

2- Non-iyonik dimer (çift halkalı)

Dikkat Edilmesi Gereken Durumlar

* Böbrek fonksiyonu bozuklarda ve diyabetlilerde dikkat edilmeli → Hasta uygulama öncesi ve sonrası hidrasyonla desteklenmelidir, böbrek fonksiyonunun bozulması minimize edilmiştir.

- * Yeni bir inceleme için 5-7 gün geçmesi gerekir.
- * İyi tlu kontrast maddeler diyalizle temizlendiyinden diyaliz hastalarında kullanılabilir.
- * İyi tlu kontrast madde myastenia gravis semptomlarını şiddetlendirebilir.
- * Akut veya kronik alkolizmde kon-beyin bariyeri permeabilitesi artar ve kontrast maddelerin serebral dokuya geçişi kolaydır böylece MSS reax. oluşabilir → Alkoliklerde ve ilaç bağımlılarında dikkat!
- * Vücut 1,5 g/kg iyi tlu iyi tolere eder.
- * Kontrast maddenin dozu ve verilış hızı hastanın; yaşına, ağırlığına, genel durumuna, klinik probleme, inceleme tekniğine ve incelenecek bölgeye göre değişir.
- * Bazı özel durumlarda erişkinlerde 300-350 ml'lik dozu geçmek gerekiyorsa, ila- ve su ve mümkünse elektrolitler verilmelidir.

** Hamilelik ve Laktasyonda Kullanımı

- * Hamileler radyasyondan, kontrast maddeden ve X ışınları tetkiklerinden uzak durmalıdır. → Mutlaka gerekiyorsa kullanılmalıdır.
- * Anne sütüne geçip geçmediği bilinmemektedir. → Eğer kullanılacaksa madde kullanılmadan önce süt kesilmeli ve en az 24 saat geçmedikçe verilmemelidir.

* Genel Bilgiler

- * X-ışını tetkikinden 2 saat önce yeme-içme kesilir.
- * Kontrast madde kullanılmadan önce vücut sıcaklığına getirilirse daha iyi tolere edilir ve viskozitesinin azalmasıyla daha kolay enjekte edilir.
- * Enjeksiyondan sonra en az 15 dk göğüs altında tutulmalı hasta → Ağır reax 15. dakka yakını olusur.

Birlikte Kullanılan İlaçlar

- * Nöroleptik, analjezik, antiemetik ve fenotipinin türevleri gibi nöbet geçirini düşüren ilaçlarla tedavi tetkikten 48 saat önce kesilmeli → İşlemden 24 saat sonra kullanılabilir.
- * Antikonvülsif tedavi kesilmemeli ve optimal dozda uygulanmalı.

Barium Sülfat

- 1- Kalın Barsak → Kolon filmi - Standart Baryumlu Kolon grafisi;
- 2- İnce Barsak → İnce barsak filmi
- 3- Üst Sindirim Sistemi → yemek borusu, mide-oniki parmak bağırsığı

Kolon Filmi - Kalın Barsak Filmi

- * Lavman opak → çift kontrast kolon grafisi yada baryumlu kolon grafisi olarak adlandırılır.
- * Makattan baryumlu kontrast madde ve hava verilerek kolon bağırsakların incelenmesidir.
- * Tetkik öncesi hasta 3 günlük hazırlık yapar. Bunlar;
 - 1- Üç gün öncesinden başlayarak katı ve gaz üppici gıdalar yememeli
 - 2- Tetkik öncesi akşam yemek yememeli
 - 3- Tetkik öncesi bağırsakların temizlenmesi için müshif yada lavman uygulanır.
 - Tam temiz olmasa film çekilmez, tetkik yetersiz ve yanıltıcı olabilir.

Radyofarmasötikler

* Pes his ve tedarik amacıyla kullanılan radyoaktif modellerle radyofarmasötik denir
 ↓ %95' ↓ %5'

* Radyofarmasötiklerin diğer ilaçlardan farkı;

- 1- Herhangi bir farmakolojik etkileri yoktur
- 2- Çok miktarda kullanılırlar
- 3- Doz cevap ilişkileri yoktur

* Radyoaktifiteye bağlı testler;

- Radyoaktifite miktarının tayini (radyoassey)
- Radyoizotopik ve radyoaktifite saflığının tespiti
- İşaretlemenin kararlılığı, birdebalım

NOI = Uygulanan kalite kontrol testlerinin cins ve miktarı radyoaktif-
 liden fiziksel yarılanma ömrüne bağlı

* Radyofarmasötik, bir element, bir iyon, veya isaretili bileşik olabilir.

↓
 ^{131}Xe , ^{85}Kr $^{131}\text{I}^-$, ^{67}Ga ^{131}I -protein, ^{67}Ga -bileşikler
 ↓
 Çoğu izotoplardan

* Radyofarmasötik = radyonüklid + farmasötik

* Radyofarmasötiklerin ne dereceli fayda sağladığı her iki komponente bağlıdır

İdeal Bir Radyofarmasötik

1- Teminde kolaylık / Üretilmesi kolay olmalı

2- Kısa yarılanma ömrü olmalı.

3- İdeal bir radyoizotop ile isaretili olmalı → tek enerjili 7 radyasyon yayımlayan ve enerjisi

30-300 keV olan → ^{67}Ga m ^{67}Ga ($T_{1/2} = 68 \text{ saat}$, $E_{\gamma} = 140 \text{ keV}$)

4- Hedef organdaki radyoaktifite konsantrasyonunu diğerlerine oranla yüksek olmalıdır

5- Metabolik uygunluk → Hedef organdaki tutulumundan önce metabolize olmamalı

6- Zararsız, apirojen ve steril, olmalı

7- Toksik olmamalı, hastaya olan radyasyon dozu minimal düzeyde olmalıdır

8- İlgili organ veya dokunun morfolojik yapısı ve/veya fizyolojik fonksiyonunu tayin edebilir

* Kullanılan ağırlar;

- Radyoaktifite sayıcıları

- Gamma kamera → Görüntü almak için en basit ağırlar → Daha gelişmişleri SPECT

- Pozitron Emisyon Tomografi

* Görüntülemelerde radyonüklidler ya da bunlara birleştirilen farmasötikler kullanılır

Bu maddeler vücutta fizyolojik işlevsellikleriyle görüntü sağlarlar

* Nükleer tıp görüntü olarak en son PET/CT veya PET/MR cihazları kullanılmaktadır
Avantajı → İşlevsel görüntüleme ile anatomik görüntülemenin tek bir görüntüde birleştirilmesi
 Nükleer tıpta tedavide radyonükleer ilaçlar kullanılır → Radyasyonun tedavi edici veya görüntü
 PET/CT'nin Kullanım Alanları

1- Kanser

- Tümörün büyüme hızı ölçülmesi
- Metastazın olup olmadığının saptanması
- Verilen tedaviye yanıtın saptanması

2- Beyin

- Alzheimer'ın erken tanısı
- Epilepside nöbetin neden olan odakların saptanması

3- Kalp

- Tıkalı olan kalp damarının, kalp kasına verdiği zararın saptanması
- Kalp hastalığının yaygınlığının saptanması
- Kalp krizi sonrası PTCS/Stent cerrahisinden hastanın ne denli yararlandığının saptanması

4- Akciğer

7- Sindirim sistemi

10- Daktyosintigrafi

5- Böbrek

8- Lenfosintigrafi

11- Böbreküstü bezi kabuk bulaşımı

6- Kemik

9- Sentinel doku (lenf) dolaşımını incelemesi

12- Testis sintigrafi

En Sık Kullanılan Radyofarmasitler

Tc-99m Penteknetat

- * Tanı amaçla sık kullanılır.
- * Tiroid sintigrafi
- * Tc-99m DTPA → böbrek sintigrafi
- * Tc-99m MDP → kemik sintigrafi
- * Tc-99m sülfür kolloid → Karaciğer - dalak sintigrafi

Iyot-131

- * Tedavi amaçlı → Tiroid sintigrafi, hipertiroide, tiroid kanseri

Galyum 67 → Tümör ve enfeksiyon görüntülenmesi

Polyum-201 → Miyokard perfüzyon görüntülenmesi

- * Panısal incelemelerde fetusun aldığı doz genelde 1 rad'dan azdır.
- * Palgum-201 ve I-131 plasentayı geçebilir. → iMALY
- * Fetusun tiroidi, etkinliği annenininkinden 6-7 kat daha çok tutar.
- * Sülfür kolloid, DTPA ve makroagregatlar plasentayı geçemezler
- * Gebelikte alınan radyasyon 0,5 rem'i geçmemelidir.

Radyonüklid Tedavinin Uygulandığı Kötücu Hastalıklar

- * İyi farklılaşmış tiroid kanseri
- * Hobis feokromasitoma
- * Nöroendokrin tümörler
- * Kemik metastaza bağlı gelişen ağrının hafifletilmesi
- * Kötü tümörlerde radyoimmunoterapi

I-131 Tedavisinden Sonra Gelişen Sorunlar

Erken Dönem

- * Bulantı, kusma
- * Sialadenit (tükürük bezlerinde yağı)
- * Gastrit
- * Kemik iltihabı baskılanması
- * Metastazlarda ağrı artış ve kanama
- * Tiroid iltihabı
- * Ses tellerinin felç olması
- * Beyinde ödem
- * Hipoparatiroidizm

Uzun Dönem

- * Radyasyon fibrozu
- * Kalıcı kemik iltihabı baskılanması
- * Lösemi
- * Doğuştan anormallikler
- * Kısırlık
- * İkinci fıka bilen uclar

The End 😊