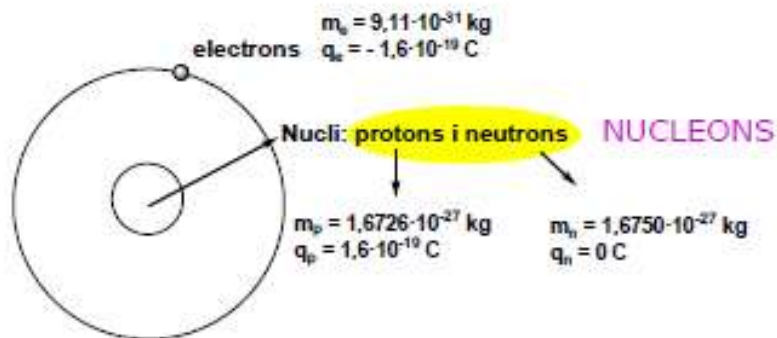


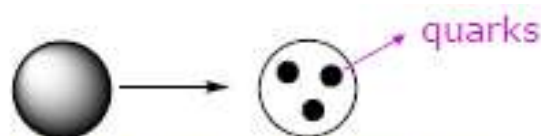
1. L'ÀTOM

L'àtom està format per un nucli (on trobem els protons i els neutrons) i una escorça on trobem els electrons girant al voltant del nucli.



Entre el nucli i l'escorça no hi ha res, el buit.

Els protons i neutrons no són partícules elementals, sinó que cadascuna d'elles està formada per tres quarks.



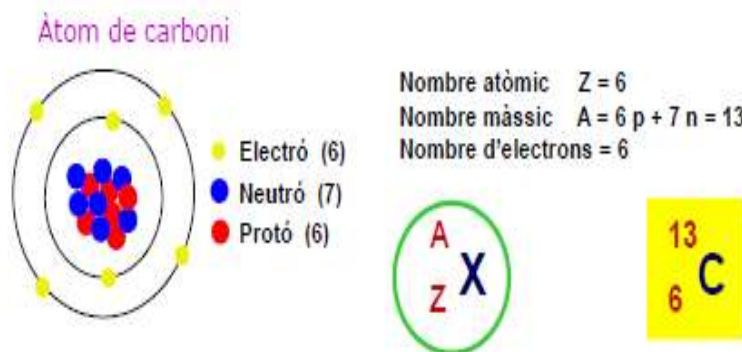
1 Protó o 1 neutró està format per tres quarks

Per tant, el quark i els electrons són partícules elementals (al seu interior no trobem cap altra partícula).

El **nombre atòmic** (Z) indica el nombre de protons que té el nucli d'aquell àtom.

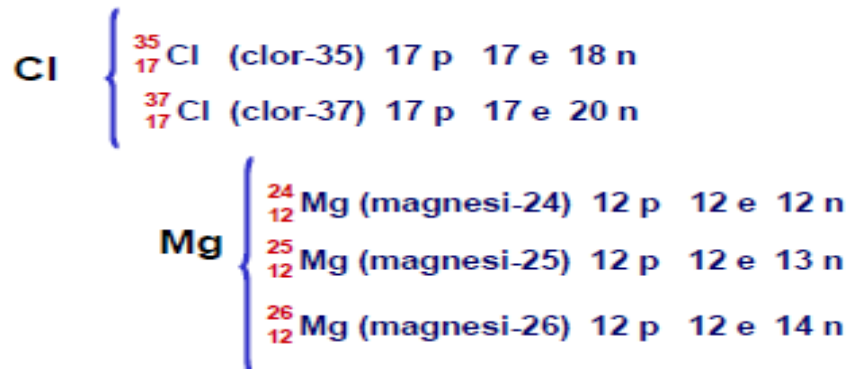
El **nombre màssic** (A) indica el nombre de protons + neutrons que té el nucli d'aquell àtom. És a dir, el nombre de partícules que hi ha al nucli.

L'àtom neutre si no ens diuen el contrari, l'àtom és neutre, per tant, té el mateix nombre d'electrons que de protons.



Δ

Isòtops són àtoms del mateix element, és a dir, contenen el mateix nombre de protons però diferent nombre de neutrons.



2. ENERGIA D'ENLLAÇ I DEFECTE DE MASSA

Si es vol trencar un nucli per aïllar els seus protons i neutrons, s'ha d'aportar una certa energia. Aquesta energia coincideix amb l'energia alliberada en formar-se el nucli a partir dels seus components i rep el nom d'energia d'enllaç.

Segons la física relativista, aquest alliberament d'energia està associat a un canvi de massa (Δm).

$$\text{Energia} = \Delta m \cdot c^2$$

Defecte de massa (Δm) quan es forma el nucli es veu que la massa del nucli sempre és més petita que la suma de les masses dels protons i dels neutrons que el formen.

$$m(\text{nucli}) < m(\text{protons}) + m(\text{neutrons})$$

Aquesta diferència de massa, es coneix amb el nom defecte de massa (Δm). Així es comprova que la pèrdua de massa està lligada a l'alliberament d'energia que té lloc quan es forma el nucli.



massa de l'àtom d'heli = 4,002603 u

(u és una unitat de massa atòmica $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

$$m_{\text{protó}} = 1,007277 \text{ u} ; m_{\text{neutró}} = 1,008665 \text{ u} \text{ i } m_{\text{electró}} = 0,000549 \text{ u}$$

Degut a què la massa de l'electró és molt petita, generalment es pren com a massa nuclear la massa atòmica. Massa del nucli = massa atòmica.

a) Calculem el defecte de massa massa del nucli d'heli = 4,002603 u

$$\Delta m = (2 \cdot 1,007277 \text{ u} + 2 \cdot 1,008665 \text{ u}) - (4,002603) = 0,029261 \text{ u}$$

A ESCALA ATÒMICA ES DEFINEIX:

- UNA NOVA UNITAT DE MASSA u (unitat de massa atòmica, $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$)

$$m_{\text{protó}} = 1,007277 u ; \quad m_{\text{neutró}} = 1,008665 u \text{ i } m_{\text{electró}} = 0,000549 u$$

$$m_{\text{protó}} = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; \quad m_{\text{neutró}} = 1,6750 \cdot 10^{-27} \text{ kg i } m_{\text{electró}} = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

- UNA NOVA UNITAT D'ENERGIA eV (electronvolt, $1 eV = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

Una partícula amb una càrrega q sotmesa a una diferència de potencial ΔV , adquireix una energia ΔE

$$\Delta E = q \cdot \Delta V$$

$1eV$ és l'energia que adquireix un electró (que té una càrrega elèctrica de $-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$) quan es desplaça entre dos punts amb una diferencia de potencial d'1 V, i va del punt de potencial menor al punt de potencial més gran. Així: $1eV = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

3. RADIOACTIVITAT

De tots els àtoms que existeixen, hi ha alguns àtoms sobretot els que tenen nuclis molt pesats (Urani, radi, poloni, ...) que són inestable o radioactius. Això és degut a que no tots els isòtops d'un element són estables. Hi ha alguns isòtops que al tenir molts neutrons al nucli en relació al nombre de protons per mantenir el nucli unit es transformen en un altre nucli per a esdevenir més estable, emetent partícules.

Les transformacions nuclears d'aquests tipus s'anomenen reaccions nuclears i generalment impliquen canvis en el nombre atòmic i en el nombre màssic de l'isòtop radioactiu.

És a dir, emeten radiacions o partícules fins a convertir-se en nuclis estables. Per tant, la radioactivitat és la propietat que tenen les substàncies radioactives a emetre radiacions o partícules capaces de penetrar cossos opacs.

La transformació d'un nucli atòmic és un procés en el qual el nucli es reestructura espontàniament per tal d'aconseguir una major estabilitat emetent partícules o energia. Aquest procés s'anomena **desintegració radioactiva**. La quantitat d'energia que s'allibera en les desintegracions radioactives és immensa si es compara amb l'energia que es desprèn en una reacció química.

L'electró emès pel nucli es coneix com a partícula beta negativa (β), i la reacció nuclear que té lloc en aquest procés es coneix com a **desintegració beta negativa**. En la desintegració beta negativa l'electró emès viatja a una velocitat propera a la de la llum i té suficient energia com per a ionitzar els àtoms que troba pel camí.

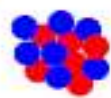
B) Emissions beta

• Emissió d'un electró.

Com s'explica l'emissió d'un electró pels nuclis? Per què un neutró es desintegra donant lloc a un protó i un electró.



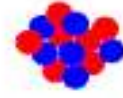
● protó ● neutró ● electró



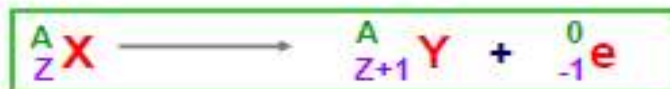
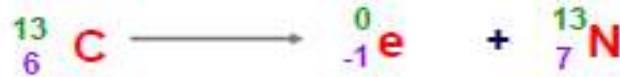
nucli pare
6 protons
7 neutrons



+



nucli fill
7 protons
6 neutrons



Hi ha un altre tipus de desintegració radioactiva anomenat desintegració beta positiva, en el qual el protó del nucli es transforma en un neutró i s'emeten un positró i un neutrí. El positró té un nombre atòmic =1 i un nombre màssic = 0.

• Emissió d'un positró (és un electró amb càrrega positiva)

Com s'explica l'emissió d'un positró pels nuclis? Per què un protó es desintegra donant lloc a un neutró i un positró.



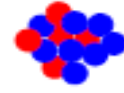
● protó ● neutró ● positró



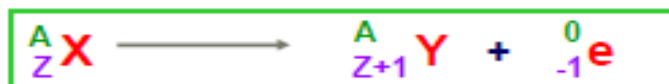
nucli pare
6 protons
7 neutrons



+



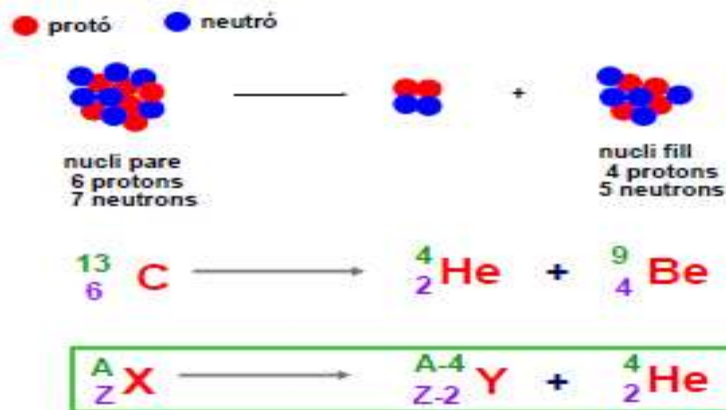
nucli fill
5 protons
8 neutrons



El mateix resultat es produeix quan el nucli captura un dels electrons que orbiten al seu voltant i el combina amb un dels seus protons per a formar un neutró. Aquest procés s'anomena **captura electrònica**.

Molts nuclis són inestables perquè tenen molts protons. Aquests nuclis esdevenen més estables amb una **desintegració alfa**. Aquests tipus de desintegració radioactiva consisteix en l'emissió per part del nucli d'una partícula alfa, que està formada per dos neutrons i dos protons, i és idèntica a un nucli d'heli.

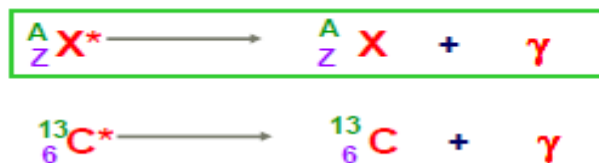
A) Emissions alfa



Exemple



Hi ha la desintegració gamma que consisteix en l'emissió d'un fotó per part del nucli amb la finalitat de guanyar estabilitat. La radiació gamma és una radiació electromagnètica d'alta energia i, com totes les radiacions electromagnètiques viatja a la velocitat de la llum. La desintegració gamma no comporta cap canvi en el nombre de protons ni de neutrons del nucli, el nucli només perd energia.



4. REACCIONS NUCLEARS

A la natura hi ha processos que de manera espontània emeten radiacions ionitzades en forma de partícules alfa, beta o raigs gamma. L'urani-238 és un element radioactiu que es desintegra en elements més estables de manera espontània seguint el que s'anomena una cadena radioactiva. Aquests element es transforma en tori-234 i després en plom-206 que ja és un element estable.

Exercici 1. Donada la reacció nuclear



a) l'isòtop X a partir dels seus nombres atòmic i màssic (Z i A)



b) La massa atòmica de l'isòtop X si sabem que en aquesta reacció s'allibera una energia de 4,84 MeV per àtom de liti.

(masses atòmiques = liti-6 : 6,0151 u; triti: 3,0160 u; massa del neutró: 1,0087 u)

$$E = \Delta m \cdot c^2 \quad 4,84 \text{ MeV} \cdot \frac{10^6 \text{ eV}}{1 \text{ MeV}} \cdot \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 7,75368 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$\Delta m = \frac{7,75368 \cdot 10^{-13} \text{ J}}{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2} = 8,6152 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \quad 8,6152 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \frac{1 \text{ u}}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 0,0052 \text{ u}$$

$$\Delta m = (m_{\text{liti}} + m_{\text{neutró}}) - (m_{\text{heli}} + m_{\text{triti}})$$

$$0,0052 \text{ u} = (6,0151 + 1,0087) - (m_{\text{heli}} + 3,0160)$$

$$m_{\text{heli}} = 6,0151 + 1,0087 - 3,0160 - 0,0052 = 4,0026 \text{ u}$$

O bé

$$4,84 \text{ MeV} \cdot \frac{1 \text{ u}}{931,5 \text{ MeV}} = 0,0052 \text{ u}$$

$$\Delta m = (m_{\text{liti}} + m_{\text{neutró}}) - (m_{\text{heli}} + m_{\text{triti}})$$

$$0,0052 \text{ u} = (6,0151 + 1,0087) - (m_{\text{heli}} + 3,0160)$$

$$m_{\text{heli}} = 0,0052 - 6,0151 - 1,0087 + 3,0160 = 4,0026 \text{ u}$$

5. FISSIÓ I FUSIÓ NUCLEAR

Fissió

El 47% de l'energia bruta que es produeix a Catalunya és d'origen nuclear provinent de les centrals de fissió.

La part principal d'una central nuclear és el reactor nuclear. En el nucli del reactor té lloc la reacció de fissió de l'urani-235 per l'impacte d'un neutró. Aquesta reacció

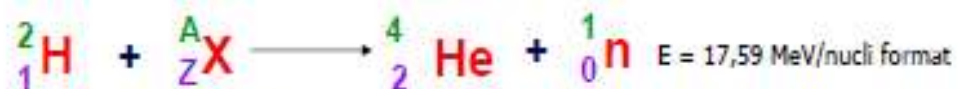
produeix una gran quantitat d'energia i neutrons molt ràpids que fissionen altres nuclis, produint així una reacció en cadena.

Els productes tenen menys massa que els reactius, per tant hi ha un defecte de massa, que correspon a l'energia alliberada en la reacció

Fusió

És el procés invers a la fissió nuclear. Consisteix a fer col·lidir (unir) dos nuclis lleugers per tal de formar-ne un altre de més pesant. Com que la massa del nucli final és més petita que la massa total dels nuclis inicials, el defecte de masses es transforma en una gran quantitat d'energia.

Per iniciar el procés de fusió cal una energia d'activació. L'energia és proporcionada per la pròpia energia tèrmica. Per això la fusió només té lloc de forma natural a les estrelles i al Sol, on l'elevada temperatura fa que es produeixin les reaccions de fusió entre els àtoms d'hidrogen (hidrogen, deuteri i triti).



- Determina l'isòtop que falta i digues de quin tipus de reacció nuclear es tracta.
- Calcula l'energia alliberada en la formació de 3 kg del producte final.



L'isòtop és triti. Es tracta d'una reacció nuclear de fusió.

$$\text{b) } 3000 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ mol}}{4 \text{ g}} \cdot \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ àtoms}}{1 \text{ mol}} \cdot \frac{1 \text{ nuc} \text{li}}{1 \text{ àtom}} \cdot \frac{17,59 \text{ MeV}}{1 \text{ nuc} \text{li}} = 7,94 \cdot 10^{27} \text{ MeV}$$



La massa molar (en grams) coincideix en número amb la massa atòmica $A_r({}^4\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$, i si no ens la donen agafem el nombre màssic.