

La chimica nucleare

A cura della prof.^{ssa}
Barone Antonina



La radioattività

Nella seconda metà dell' '800, Henry Becquerel, Pierre e Marie Curie, scoprirono che alcuni elementi(uranio, torio, radio) emettevano spontaneamente delle radiazioni invisibili che, però, si imprimevano su delle lastre fotografiche.

Ciò fu chiamata “Radioattività naturale”.

Atomi ed Isotopi

Gli atomi sono costituiti da 3 tipi di particelle:

- protoni, neutroni ed elettroni.
- Protoni ed elettroni sono, in un atomo neutro, di ugual numero, mentre i protoni possono essere in numero maggiore, dando luogo agli “Isotopi”.
- L’isotopo è un atomo che differisce dall’elemento allo stato fondamentale per la sua massa (A) che risulterà sempre maggiore rispetto all’atomo.
- Per individuare e un elemento si usa far precedere il simbolo dell’elemento da valore della massa (A) in alto e da quello del numero atomico (Z) in basso.

Le forze nucleari

- All'interno dei nuclei competono due tipi di forze:
 1. Le forze di legame tra protoni e neutroni;
 2. Le forze di repulsione elettrostatiche tra i protoni.
- Nei nuclei leggeri, le forze di legame sono maggiori delle forze di repulsione, e rendono i nuclei più stabili;
- Nei nuclei pesanti l'elevato numero di protoni provoca una forte forza di repulsione che porta alla disgregazione dei essi stessi.

Decadimento nucleare e legge della conservazione della massa

Il fenomeno della disgregazione dei nuclei è conosciuto come **“Decadimento Nucleare”**.

- Ad esso è associata un'elevata emissione di radiazione molto energetica e penetrante: **la radioattività**.

- Durante tale processo non è più valida la legge di Lavoisier: nulla si crea e nulla si distrugge tutto si trasforma, ovvero:

LA MASSA DELLE SOSTANZE REAGENTI, PRESENTI PRIMA E DOPO DI UNA TRASFORMAZIONE CHIMICA, È UGUALE ALLA MASSA DELLE SOSTANZE PRODOTTE DALLA TRASFORMAZIONE.

MASSA ED ENERGIA

- Massa ed energia sono 2 entità che si possono mettere in relazione dall'equazione di Einstein:

$$E = m c^2$$

E = energia (joule)

m = massa trasformata (Kg)

C = velocità luce ($3 \cdot 10^8$ m/s)

La massa può essere considerata come una forma di energia potenziale, dalla cui distruzione si può ricavare una grande quantità di energia.

Energia Nucleare

L'energia nucleare

L'energia nucleare si libera quando il nucleo di un elemento subisce una profonda trasformazione nella sua struttura.

Ciò può avvenire le reazioni di fissione nucleare, di fusione nucleare o di decadimento radioattivo.

- La fissione nucleare consiste nella scissione di un grosso nucleo in due o più di dimensione più piccola.
- La fusione nucleare è, invece, l'unione di più nuclei di piccole dimensioni per formarne uno più grande.
- Il decadimento radioattivo è la trasformazione di un elemento pesante in uno più leggero con conseguente conversione della massa mancante in energia.

Difetto di massa

Nel corso delle reazioni nucleari, i nuclei atomici subiscono una riduzione della loro massa totale.

Cioè la massa dei nuclei che subiscono una trasformazione nucleare presentano una massa inferiore alla somma delle masse dei nuclei di partenza.

Tale diminuzione di massa è detto: **Difetto di Massa.**

La massa mancante viene convertita in ENERGIA.

Esempio: in termini quantitativi, il difetto di massa di 1Kg porta alla formazione di un'enorme quantità di energia, pari a:

$$E = 1\text{Kg} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ m}^2/\text{s}^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ J}$$

la stabilità dei nuclei atomici

- Protoni e neutroni (nucleoni) sono legati da forze (gluoni).
- È stato evidenziato sperimentalmente che la radioattività (l'emissione di particelle) deriva dalla diversa stabilità dei nuclei.
- Fare grafico banda di stabilità
- Nella B. di St. il rapporto N/Z cresce da 1:1 per i primi 20 elementi a circa 1,5 al crescere del Z .
- I nuclei di quegli elementi in cui il rapporto N/Z supera il valore compreso nella fascia di stabilità sono instabili e perciò radioattivi.
- I nuclei che hanno Z maggiore di 38 sono quasi tutti instabili a prescindere del rapporto N/Z .
- A seguito dell'emissione di particelle radioattive, i nuclei instabili modificano N/Z facendolo rientrare nella fascia di stabilità.

Decadimento radioattivo:

emissione α , β , γ

Gli elementi radioattivi emettono tre tipi fondamentali di radiazioni:

- **Le radiazioni α (alfa)**
- **Le radiazioni β (beta)**
- **Le radiazioni γ (gamma)**

Radiazioni α

- Sono particelle di carica positiva (nuclei di He).
- Hanno carica positiva doppia rispetto a quella di un protone $2+$.
- Hanno basso potere penetrante.

In questo tipo di decadimento elemento decade trasformandosi nell'elemento che sta 2 posti indietro nella T.P. e la sua massa diventa più piccola di 4 unità.

Esempio: radio \longrightarrow radon + He^{2+}

plutonio \longrightarrow uranio + He^{2+}

Radiazioni β

- Sono particelle di carica negativa.
- Sono elettroni.
- Hanno un buon potere penetrante.

In questo tipo di decadimento un neutrone si converte in un protone + un elettrone

- Esso porta alla formazione di un elemento che stesso A e Z aumentato di 1 unità.
- Esempio: Il nettunio \longrightarrow plutonio + β^-

Radiazioni γ

- Non hanno natura corpuscolare e sono prive di carica elettrica.
- Sono onde elettromagnetiche ad altissima frequenza.
- Hanno alto contenuto energetico.
- Hanno elevatissimo potere penetrante.
- Il decadimento γ accompagna ogni tipo di decadimento.
- In questo caso i nucleoni del nuovo nucleo si risistemano in modo più stabile emettendo energia.
- Non comporta cambiamenti di Z e A .

Legge del dimezzamento

- Viene definita legge del dimezzamento o di semitrasformazione il tempo necessario perché metà degli atomi di una sostanza radioattiva si trasformi in un'altra.
- Per esempio il periodo di dimezzamento dell'Uranio 234 è 269000 anni, ciò significa che in questo periodo di tempo la metà della massa di U si disintegra etc..
- Questo periodo non dipende dalla quantità di sostanza.
- La formula che collega il periodo di dimezzamento, il tempo trascorso dall'inizio della trasformazione e la quantità iniziale e finale dell'isotopo è:
- $$\frac{0.693}{\pi} = \frac{2,303}{t} \log \frac{a}{b}$$
- Dove π indica il tempo di dimezzamento, t il tempo trascorso dall'inizio della trasformazione e a e b le quantità iniziali e finali degli isotopi. 2,303 una costante che consente di trasformare i logaritmi naturali in logaritmi decimali e 0,693 un'altra costante che permette di utilizzare il tempo di dimezzamento invece della costante di velocità.