

CAPÍTOL 8

ENLLAÇ NUCLEAR.

Dualitat ona-corpúscle, De Broglie...

Només de veure la fórmula de **De Broglie** vaig intuir que algú l'hauria de descobrir tard o d'hora; de les moltes relacions que hi ha entre variables, podem entendre-les com directament o inversament proporcionals, exponencials, parabòliques, lineals o consecutives, progressions aritmètiques o geomètriques...

I és que, tal i com es pot veure en la física clàssica, totes o gairebé totes les formules tenen el sentit que hem indicat:

$$W = F \cdot r$$

$$F = k \cdot x$$

$$F = m \cdot a$$

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \longrightarrow \text{(teoria cinètica de la matèria).}$$

$$\text{Pressió} = F / \text{Àrea}$$

$$F = G \cdot q \cdot q' / r^2$$

$$I = q / t$$

També resulta habitual que les equacions diferencials siguin el punt de partida de moltes fórmules ja assentades, per exemple:

$$E = m \cdot g \cdot h \quad \text{a partir de: } W = \int_i^f F \cdot dr, \quad F = -m \cdot g \quad \text{i} \quad h = h_f - h_i$$

$$E = (1/2) \cdot m \cdot v^2 \quad \text{a partir de: } dx = v_x \cdot dt, \quad a_x = v_x / dt \quad \text{i} \quad W = \int_i^f F \cdot dr$$

Etç...

De Broglie prengué equacions usades anteriorment per **Einstein** i Planck i les reordenà per a calcular les λ (*longituds d'ona*) de les partícules en moviment;

$$E = m \cdot v^2 = h \cdot \nu = c / \lambda.$$

$$\lambda = h / p = h / m \cdot v = [(E / \nu) / (m \cdot v)]$$

Al augmentar la massa o la velocitat, més petita se fa la λ .

Tal longitud d'ona, de la majoria d'objectes com una pilota de "béisbol" o una partícula de pols no se poden mesurar perquè el sistema físic per a calcular-les és de dimensions reduïdes.

Un altre incís: amb De Broglie deduïm que al augmentar el temps a l'hora de fer el *trajecte* (o sigui, transformant a nivell visible el desplaçament dels e^- ja que pesen més i per tant van més a poc a poc) la longitud d'ona baixa; en canvi si anem més ràpid (o sigui, disminueix el temps) la λ augmenta.

Pot ser que els e^- tinguin moments en què les seves λ tinguin la mateixa dimensió que *l'espai interatòmic* dels cristalls.



Principi d'incertesa de Heisenberg:

Mesura simultània entre *posició i velocitat*; no es pot determinar el moment de l' e^- al mateix temps que se determina la seva posició. Al determinar la seva posició se canvia el seu moment en una *magnitud* desconeguda. [Un fotó de longitud d'ona λ' té un moment $p = h/\lambda'$ i en la *col·lisió* " **e^- - fotó**" se transferirà a l' e^- una fracció desconeguda del moment del fotó].

Al localitzar l'e⁻ a una distància $\Delta x \approx \pm \lambda$ se produeix una "incertesa" en el seu moment $\Delta p = h/\lambda$. El producte de les dues "incerteses" és: $\Delta x \cdot \Delta p \approx h$ (perquè són *inversament proporcionals*).

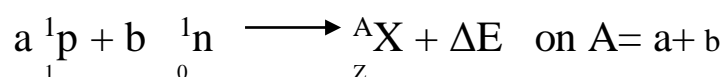
Teoria d'enllaç nuclear i energia nuclear:

El meu germà m'ha ajudat fins a extrems absoluts. Cada diumenge de cada setmana de cada mes de gairebé tot el curs em portava a caminar pel bosc (Torroella, l'Estartit, Vall de St. Daniel, Escala...) fins que arribà el moment dolorós de la despedida d'un costum que teniem ben arrelat. Recordo que durant aquelles passejades a vegades fins i tot cridàvem a pulmó obert i arrapats a la mare natura per a descongestionar tensió (era com una fusió amb ella i sabent que als nuclis s'hi engloba molta energia).

Per a visualitzar una mica més la **reacció nuclear** i la Equació d'Einstein diré i repetiré respectivament tres òptiques, al menys:

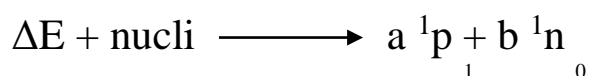
- : En l'Energia alliberada al fusionar-se els nucleons, el nucli guanya estabilitat tal i com s'ha pogut veure en la equació $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ (on *la massa i la energia estan lligades*).

Ex:



$\Delta E/A$ representa la E d'atracció d'un nucleó respecte als altres nucleons, sabent que $A = n^\circ \text{màssic} = n^\circ \text{neutrons} + n^\circ \text{protons}$, i $Z = n^\circ \text{electrons} = n^\circ \text{atòmic}$.

ΔE és la **Energia que manté unit el nucli** ja que a la inversa tenim que:



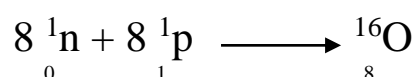
Tals partícules (protons i neutrons) despenen energia, i com més partícules més E despresa.

En un principi, $\Delta E/ A \approx 14'1$ MeV cosa que significa la E d'un nucleó que pot combinar-se amb l'entorn.

- Ens diu el següent:

Suma dels pesos atòmics del total de nucleons. Pes atòmic del nucleó en concret $\neq 0$.

Per exemple per a calcular la *pèrdua de massa originada en la formació d'un nucli* d'oxigen cal fer el següent:



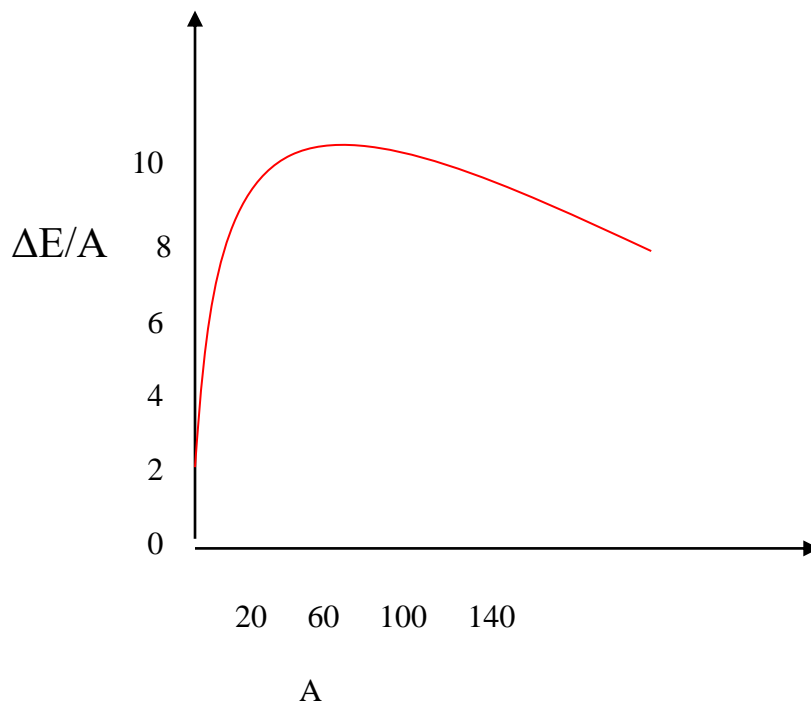
on la massa del neutró és 1'0087 uma i la del protó 1'0078 uma.

La massa d'un àtom d'oxigen és 15'995. Llavors el procediment és $\Delta m = 15'995 - [8(1'0087) + 8(1'0078)] = -0'137$ uma's.

Per tant: $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = (-0'137) \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = -1'223 \cdot 10^{16}$ J sabent que el Joule és $\text{Kgr} \cdot \text{m}^2 / \text{sg}^2$.

- Partint de la relació entre massa i E, la diferència de massa existent existent al restar el que pesa un àtom i la seva suma de nucleons es tradueix en la E que es desprèn.

Diré com a mínim que he descobert que per un valor de A menor o igual que 20, la relació és més *inexacte*, en canvi amb $A \approx 60$ (de 30 a 80 o 90...) tal relació millora quan a estabilitat.



La gràfica $\Delta E/ A$ vs. A , té una forma vertiginosament ascendent fins a $A \leq 30$, mentre que per A superiors (fins a 120 o similars) la gràfica es manté força ctnt; al avançar més, la corba sofreix un descens lleuger.

Per acabar-ho d'adobar la **ràtio $\Delta E/ A$** baixa de 14'1 MeV a la de 8 MeV degut a la repulsió entre protons (per tant l'única explicació és que les interaccions p-p influeixen en la estabilitat, tal i com expresso en la fig.25).

Tal símptoma es pot assimilar a la presa de mostra d'un parcel·la:

Si agafes 3 mostres en 1 dia i t'estàs un mes sense fer res, la fiabilitat és mínima, en canvi si cada dia del mes en prens 3 el

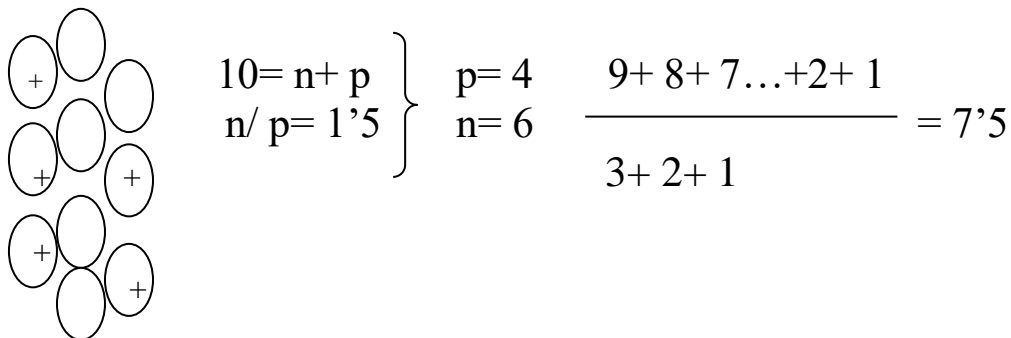
resultat és més creïble. Tal i com ho exposo la variable t pot substituir-se per la d'espai.

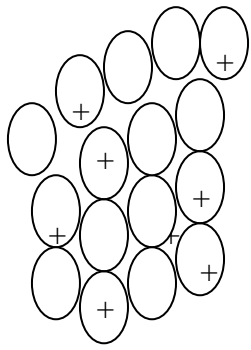
M'agrada agradar i estar al meu lloc: tinc la sensació de que m'imagino el que em pot contestar un individu "x" davant una pregunta o comentari "y" i que es pot respondre usant una actitud "z". Per tant sempre hi haurà algú per sobre nostre que ens vigila.

Al ↑ la quantitat de partícules nuclears (*nucleons*) dóna com a mínim més esdeveniments perquè ∃ connexions de tots els nucleons entre tots, per tant és més fiable (*si hi ha poques partícules interconnectant és més inexacte*).

I és que hem d'encaixar on podem, i hi ha feines més agradables que d'altres, que "em van grans". Sembla qüestió d'enllaç nuclear o "d'enllaç de vibracions positives" o "d'enllaç d'intercanvi de sensacions"... que semblen afins a la meva realitat actual i concorden (al menys mínimament) en el meu radi d'acció sense necessitat d'haver de fer esforços per a mantenir el pabelló alt (en aquests moments sembla una relació en parella).

Fig. 25:





$$\left. \begin{array}{l} 16 = n + p \\ n / p = 1'5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} p = 6 \\ n = 10 \end{array} \frac{15 + 14 + \dots + 2 + 1}{5 + 4 + \dots + 2 + 1} = 8'0$$

$$\left. \begin{array}{l} 30 = n + p \\ n / p = 1'5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} p = 12 \\ n = 18 \end{array} \frac{29 + 28 + \dots + 2 + 1}{11 + 10 + \dots + 2 + 1} = 6'59$$

$$\left. \begin{array}{l} 70 = n + p \\ n / p = 1'5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} p = 28 \\ n = 42 \end{array} \frac{69 + 68 + \dots + 2 + 1}{27 + 26 + \dots + 2 + 1} = 6'39$$

$$\left. \begin{array}{l} 80 = n + p \\ n / p = 1'5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} p = 32 \\ n = 48 \end{array} \frac{79 + 78 + \dots + 2 + 1}{31 + 30 + \dots + 2 + 1} = 6'37$$

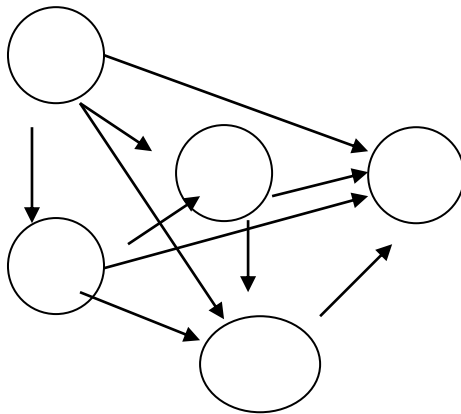
$$\left. \begin{array}{l} 150 = n + p \\ n / p = 1'5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} p = 60 \\ n = 90 \end{array} \frac{149 + 148 + \dots + 2 + 1}{59 + 58 + \dots + 2 + 1} = 6'40$$

$$\left. \begin{array}{l} 130 = n + p \\ n/p = 1'5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} p = 52 \\ n = 78 \end{array} \frac{129 + 128 + \dots + 2 + 1}{51 + 50 + \dots + 2 + 1} = 6'32$$

Usem $n/p = 1'5$ ja que estadísticament és la relació entre protons i neutrons de tots els elements, encara que caldria calcularho cas per cas(a vegades n i p tenen el mateix valor, mentre que d'altres no).

Ensenyem aquest petit exemple de quan tenim 5 partícules , on la combinació de tots amb tots dóna $4 + 3 + 2 + 1$ (tenint en compte que la expressió de la figura 2 és:

$$[(n-n) + (n-p) + (p-p)]/(p-p).$$



Com veiem en la figura 2, la relació neutró- protó ha d'ésser constant (ja que en cas contrari no tindria sentit el càlcul de n° d'interaccions entre nucleons/ n° d'interaccions entre protons).

Gràcies ala resolució dels sistemes d'equacions veiem que al augmentar el n° partícules (n i p) la relació o ràtio entre de les interaccions entre elles pren una uniformitat (com hem vist a la figura: 7'5, 8, 6'5, 6'3, 6'37, 6'39, 6'32...).

Si el lector em permet, he aprofundit en aquest “muntatge” de la figura 2:

Enlloc d'usar la divisió d'el n° d'interaccions de tots els nucleons amb tots /protons amb protons per tal de visualitzar i entendre, amb els resultants obtinguts, la gràfica abans esmentada ($\Delta E/A$ vs. A), us presento la inversa: suma d' interaccions entre els protons / suma d'interaccions entre tots els nucleons (tant protons com neutrons);

A més, m'he permès de calcular la mateixa equació però quan n° p+ n° n sumen 190; els resultats varien de la següent manera:

n+p= 10	→	0'13
n+p= 16	→	0'17
n+p= 30	→	0'15
n+p= 70	→	0'16
n+p= 80	→	0'16
n+p= 150	→	0'16
n+p= 190	→	0'158

1- En clau de probabilitat tenim que:

El n° d'interaccions entre nucleons $(n-n) + (p-n) + (p-p) / n°$ interaccions entre protons $(p-p) = "x"$ i x **fluctua** força quan la $A \leq 30$.

2- Com ja hem dit, en quantitats d'A entre 30 i 90 la relació anterior és "y" i no fluctua tant.

Atenció que de la gran quantitat d'elements que es troben a la terra, els més *pesants* estan a l'interior i els més *lleugers* a la superfície.

On hi ha més quantitat d'elements és amb $A \approx 60$, cosa que significa que aquests se senten **estables** (hi ha més quantitat de nuclis amb tal valor d'A). Aleshores sorgeix la *fissió* i la *fusió*; la primera consisteix en unir 2 nuclis per a obtenir-ne un tercer amb $A \approx 60$, en canvi la segona es tracta de dividir un nucli més pesat en dos de més lleugers que tinguin un n° màssic de 60 aproximadament, també.

Habitualment al augmentar l'edat augmenta el sentit comú i la capacitat de seguir les normes que imperen en cada escenari (aula universitària, despatx, partida d'escacs, partit de tennis...) i callar quan s'escau; encara que pel sol fet d'haver nascut a l'Empordà estic una mica tocat per la tramuntana.