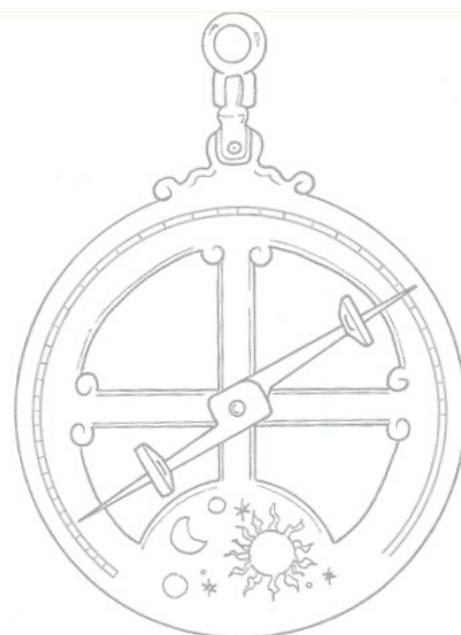




1. a) Describa la estructura de un núcleo atómico y explique en qué se diferencian los isótopos de un elemento.
b) Razone cómo se transforman los núcleos al emitir radiación alfa, beta o gamma.
2. Razone si las siguientes afirmaciones son ciertas o falsas:
a) "Los electrones emitidos en el efecto fotoeléctrico se mueven con velocidades mayores a medida que aumenta la intensidad de la luz que incide sobre la superficie del metal".
b) "Cuando se ilumina la superficie de un metal con una radiación luminosa sólo se emiten electrones si la intensidad de luz es suficientemente grande".
3. a) Explique en qué consisten las reacciones de fusión y fisión nucleares. ¿En qué se diferencian?
b) Comente el origen de la energía que producen.
4. Al incidir un haz de luz de longitud de onda $625 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ sobre una superficie metálica, se emiten electrones con velocidades de hasta $4,6 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$
a) Calcule la frecuencia umbral del metal.
b) Razone cómo cambiaría la velocidad máxima de salida de los electrones si aumentase la frecuencia de la luz ¿Y si disminuyera la intensidad del haz de luz?
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
5. Una sustancia radiactiva se desintegra según la ecuación:
$$N = N_0 e^{-0,005 t} \quad (\text{S. I.})$$

a) Explique el significado de las magnitudes que intervienen en la ecuación y determine razonadamente el periodo de semidesintegración.
b) Si una muestra contiene en un momento dado 10^{26} núcleos de dicha sustancia, ¿cuál será la actividad de la muestra al cabo de 3 horas?
6. La masa atómica del isótopo ${}^{14}_7\text{N}$ es 14,0001089 u.
a) Indique los nucleones de este isótopo y calcule su defecto de masa.
b) Calcule su energía de enlace.
 $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$; $1 \text{ u} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $m_p = 1,007276 \text{ u}$; $m_n = 1,008665 \text{ u}$
7. a) Un haz de electrones se acelera bajo la acción de un campo eléctrico hasta una velocidad de $6 \cdot 10^5 \text{ m s}^{-1}$. Haciendo uso de la hipótesis de De Broglie calcule la longitud de onda asociada a los electrones.
b) La masa del protón es aproximadamente 1800 veces la del electrón. Calcule la relación entre las longitudes de onda de De Broglie de protones y electrones suponiendo que se mueven con la misma energía cinética.
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$; $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.

8. a) Explique qué se entiende por defecto de masa y por energía de enlace de un núcleo y cómo están relacionados ambos conceptos.
b) Relacione la energía de enlace por nucleón con la estabilidad nuclear y, ayudándose de una gráfica, explique cómo varía la estabilidad nuclear con el número másico.
9. a) Escriba la ecuación de De Broglie y comente su significado físico.
b) Considere las longitudes de onda asociadas a protones y a electrones, e indique razonadamente cuál de ellas es menor si las partículas tienen la misma velocidad. ¿Y si tienen el mismo momento lineal?
10. a) Enumere los diferentes tipos de desintegración radiactiva y explique sus características.
b) Razone qué desviación sufren los distintos tipos de radiación al ser sometidos a un campo magnético.
11. a) Enuncie y comente el principio de incertidumbre de Heisenberg.
b) Explique los conceptos de estado fundamental y estados excitados de un átomo y razone la relación que tienen con los espectros atómicos.
12. El $^{126}_{55}\text{Cs}$ tiene un periodo de semidesintegración de 1,64 minutos.
a) ¿Cuántos núcleos hay en una muestra de $0,7 \cdot 10^{-6} \text{ g}$?
b) Explique qué se entiende por actividad de una muestra y calcule su valor para la muestra del apartado a) al cabo de 2 minutos.
 $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $m(\text{Cs}) = 132,905 \text{ u}$



1.-a) El núcleo atómico está constituido fundamentalmente por **protones** y **neutrones**.

Llamamos Z al **número atómico** que es el número de protones existentes en el núcleo.

Llamamos A al **número másico** que es el número de nucleones (protones y neutrones) existentes en el núcleo.

La forma establecida de representar los núclidos es mediante su símbolo atómico, precedido por los números másico y atómico escritos como superíndice y subíndice, respectivamente. Es decir:

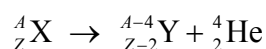


Según estas definiciones el número de neutrones, N , es:

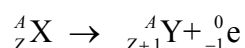
$$N = A - Z$$

Llamamos isótopos a los distintos núclidos que forman a un elemento, por tanto, son átomos con el mismo número de protones y diferente número de neutrones, es decir tienen el mismo número atómico y diferente número másico.

b) Cuando un núcleo radiactivo emite una **partícula alfa**, se transforma en otro cuyo número atómico es dos unidades menor y cuyo número másico es cuatro unidades menor



Cuando un núcleo radiactivo emite un **electrón beta**, se transforma en otro cuyo número atómico es una unidad mayor y cuyo número másico es igual



Cuando un núcleo radiactivo excitado emite **radiación gamma**, se desexcita energéticamente, pero no sufre transmutación alguna.

2.-a) Es falsa. Fue precisamente este hecho experimental el que sugirió a Einstein la solución al efecto fotoeléctrico, retomando la teoría corpuscular de la luz en la que al aumentar la intensidad, no se aumenta la energía (al contrario que en la teoría ondulatoria) sino que aumenta el número de fotones emitidos pero todos con la misma energía al no cambiar la frecuencia ($E_{\text{fotón}} = h \cdot f$).

Es por esto que a medida que aumenta la intensidad de la luz que incide sobre la superficie del metal, crece el número de electrones emitidos pero lo hacen a la misma velocidad.

b) Es falsa. Por el mismo motivo explicado en el apartado anterior, deberíamos decir: “Cuando se ilumina la superficie de un metal con una radiación luminosa sólo se emiten electrones si la frecuencia de la luz es suficientemente grande”.

A la mínima frecuencia que produce fotoemisión la denominamos frecuencia umbral. Con ella los fotones tienen suficiente energía como para vencer el trabajo de extracción del metal.

3.- Ver libro de texto.

4.-a) Calculamos primero la frecuencia de la luz incidente

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{625 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

aplicamos el principio de conservación de energía al efecto fotoeléctrico y despejamos la frecuencia umbral

$$E_{\text{fotón}} = W_{\text{ext}} + E_{Ce} \quad hf = hf_0 + \frac{1}{2} m_e v^2$$

$$f_0 = f - \frac{mv^2}{2h} = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot (4,6 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1})^2}{2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 1,45 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

b) Despejamos la velocidad de los electrones de la expresión del principio de conservación de energía

$$v_e = \sqrt{\frac{2h(f - f_0)}{m_e}}$$

como vemos en la ecuación, la velocidad de los electrones aumentaría al aumentar la frecuencia de la luz.

Al disminuir la intensidad del haz de luz incidente, la velocidad de los electrones no varía, sí lo hace, disminuyendo, el número de electrones emitidos.

5.-a) En la ecuación

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad N = N_0 e^{-0,005t}$$

N, es el número de núcleos existentes a tiempo t

N₀, es el número de núcleos a tiempo 0

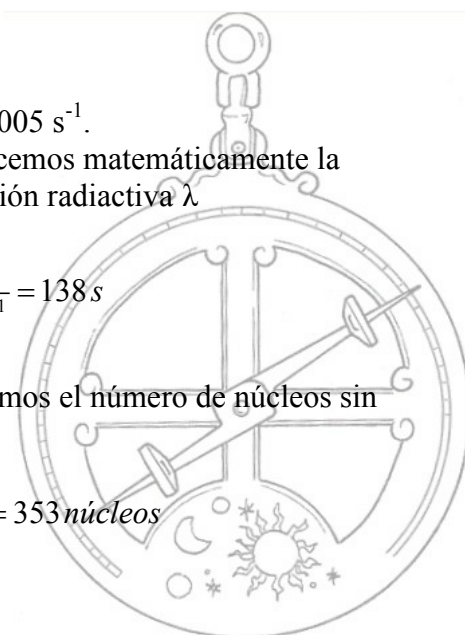
λ, es la constante radiactiva que en este caso es igual a 0,005 s⁻¹.

Para calcular el periodo de semidesintegración, establecemos matemáticamente la relación existente entre este y la constante de desintegración radiactiva λ

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{0,005 \text{ s}^{-1}} = 138 \text{ s}$$

b) Aplicando la ley de desintegración radiactiva, calculamos el número de núcleos sin desintegrar

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = 10^{26} \text{ núcleos} \cdot e^{-0,005 \cdot 10800} = 353 \text{ núcleos}$$



5.-b) (continuación) La actividad de una sustancia radiactiva es el número de desintegraciones que se producen en un segundo, la podemos representar de la siguiente forma:

$$-\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N = 0,005 \cdot 353 = 1,76 \text{ des} \cdot \text{s}^{-1}$$

6.-a) Este isótopo tiene 7 protones y 7 neutrones. el defecto de masa es

$$\Delta m = 7m_p + 7m_n - m({}_{7}^{14}\text{N}) = 0,111479 u$$

b) Transformamos el defecto de masa a kg

$$\Delta m = 0,111479 u \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} / u = 1,86 \cdot 10^{-28} \text{ kg}$$

calculamos la energía de enlace

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 1,675 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

7.-a) Aplicando la hipótesis de De Broglie obtenemos

$$\lambda_e = \frac{h}{m_e v_e} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}} = 1,21 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

b) Partiendo de la ecuación de la energía cinética y de la expresión de la velocidad despejada de la ecuación de De Broglie

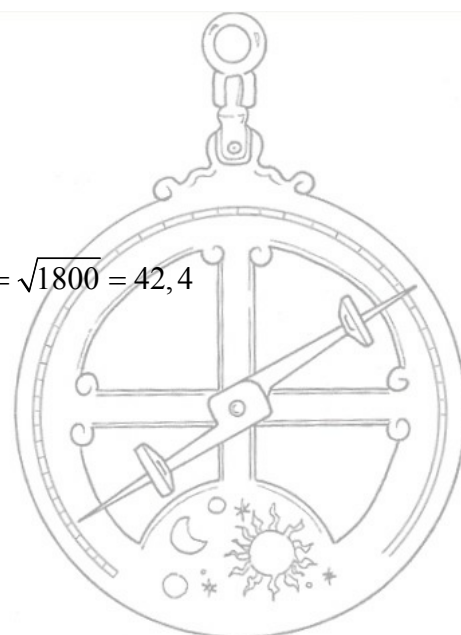
$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad v = \frac{h}{m \lambda}$$

sustituimos en la ecuación de la energía cinética

$$E_c = \frac{h^2}{2m\lambda^2}$$

como tienen la misma energía cinética

$$\frac{h^2}{2m_p \lambda_p^2} = \frac{h^2}{2m_e \lambda_e^2} \quad \frac{\lambda_e}{\lambda_p} = \sqrt{\frac{m_p}{m_e}} = \sqrt{1800} = 42,4$$



8.-a) Se ha medido la masa de muchos núcleos atómicos mediante técnicas de espectrometría de masas. Esto ha permitido comprobar que la masa de los núcleos es menor que la suma de las masas de los nucleones que los componen. Esta diferencia de masas es conocida como **defecto de masa**, Δm :

$$\Delta m = \sum m_{\text{nucleones}} - m_{\text{núcleo}}$$

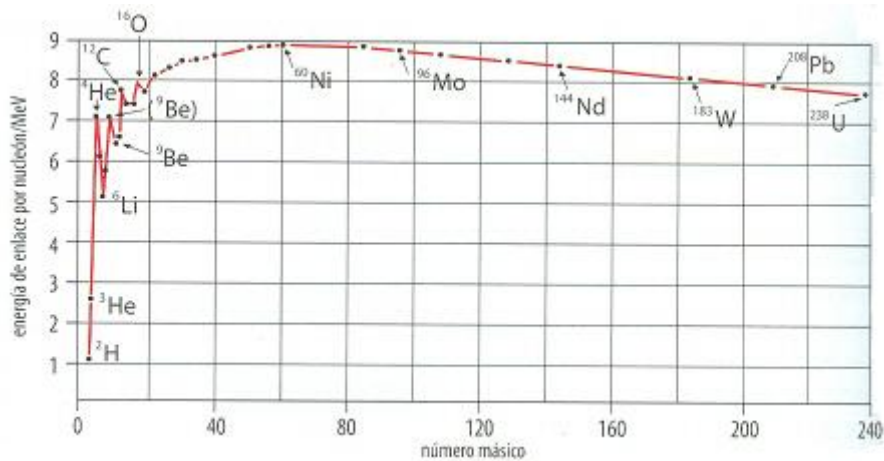
El defecto de masa explica, a la luz de la teoría de la relatividad de Einstein, la estabilidad que adquiere el núcleo que viene dada por la expresión

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

b) El parámetro que nos permite comparar la estabilidad de los distintos núcleos de los átomos es la **energía de enlace por nucleón** que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\frac{E_{\text{enl}}}{\text{nucleón}} = \frac{\Delta E}{n^{\circ} \text{ nucleones}} = \frac{\Delta m \cdot c^2}{n^{\circ} \text{ nucleones}}$$

los núcleos más estables son aquellos que tienen una energía de enlace por nucleón mayor, es decir aquellos que están en torno al níquel 60, como podemos observar en la siguiente gráfica



9.-a) De Broglie, después de que se estableciera la doble naturaleza de la luz (ondulatoria y corpuscular), sugirió que la naturaleza debía regirse por leyes simétricas, de modo que si una onda tenía propiedades corpusculares, un corpúsculo tendría propiedades ondulatorias y afirmó:

Toda partícula material que se mueve con velocidad v tiene una longitud de onda asociada, dada por la expresión

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$$

De alguna manera esta expresión relaciona una propiedad corpuscular (momento lineal) con una propiedad ondulatoria (longitud de onda).

Las implicaciones de la hipótesis de De Broglie junto con otros dos puntos de partida, el principio de indeterminación de Heisenberg y la función de probabilidad de Schrodinger, se pueden resumir en que a partir de entonces se estructura una nueva mecánica llamada “mecánica cuántica”.

b) Si los electrones y los protones tuvieran la misma velocidad, solo hemos de fijarnos en la expresión de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v}$$

y en la relación de masas de ambas partículas ($m_p > m_e$), para llegar a la siguiente conclusión

$$\lambda_p < \lambda_e$$

Es obvio que si tienen el mismo momento lineal su longitudes de onda asociadas serán iguales.

10.-a) Ver ejercicio 1 apartado b de esta relación

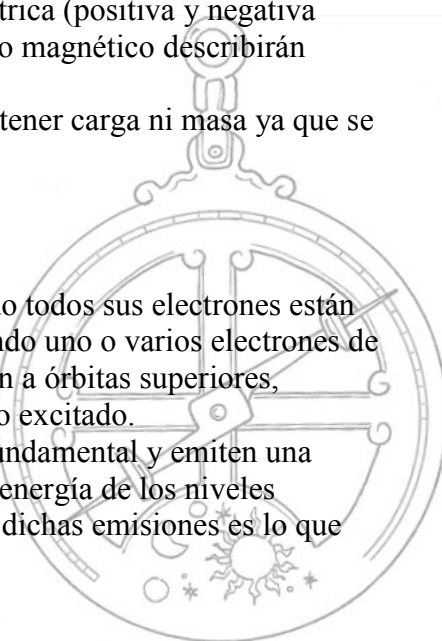
b) Tanto la radiación alfa como la beta, al tener carga eléctrica (positiva y negativa respectivamente), si su velocidad es perpendicular al campo magnético describirán trayectorias circulares.

La radiación gamma no sufrirá ninguna desviación al no tener carga ni masa ya que se trata de ondas electromagnéticas.

11.-a) Ver libro de texto.

b) Un átomo se encuentra en su estado fundamental cuando todos sus electrones están situados en los niveles más bajos de energía posibles. Cuando uno o varios electrones de un átomo en su estado fundamental absorben energía, saltan a órbitas superiores, diciéndose entonces que el átomo se encuentra en un estado excitado.

Cuando cesa la causa de la excitación, regresan al nivel fundamental y emiten una energía en forma de fotones que es igual a la diferencia de energía de los niveles involucrados en dicha transición. El estudio fotográfico de dichas emisiones es lo que llamamos espectro del átomo.



12.-a) Calculamos el número de moles (n) de cesio existentes en la muestra:

$$n = \frac{m}{Mm} = \frac{0,7 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{132,905 \text{ g mol}^{-1}} = 5,267 \cdot 10^{-9} \text{ mol}$$

utilizando el número de Avogadro, calculamos los núcleos de cesio existentes en la muestra

$$\frac{1 \text{ mol}}{6.023 \cdot 10^{23} \text{ núcleos}} = \frac{5,267 \cdot 10^{-9} \text{ mol}}{x \text{ núcleos}} \quad x = 3,172 \cdot 10^{15} \text{ núcleos}$$

b) La actividad de una sustancia radiactiva es el número de desintegraciones que se producen en un segundo, depende de dos factores, del tipo de sustancia, que introducimos a través de la constante de desintegración radiactiva de la muestra (λ) y del número de átomos que contenga la muestra (N). La podemos representar de la siguiente forma:

$$Act = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N$$

el signo negativo se debe a que el número de átomos de la muestra va disminuyendo.

Calculamos primero la constante radiactiva

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{0,693}{98,4 \text{ s}} = 7,043 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Teniendo en cuenta la ley de desintegración radiactiva y que $N_0 = 3,172 \cdot 10^{15}$ núcleos la actividad para $t = 120$ s quedaría

$$Act = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = 9,595 \cdot 10^{12} \text{ des. s}^{-1}$$

