

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 1 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

## **ACTIVIDAD 98 DEL PROYECTO ACHIMAGEC: FÍSICA NUCLEAR.**

### **SE PRETENDE CON ESTA DINÁMICA ADEMÁS, EL DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS:**

#### **APRENDER A APRENDER:**

«Aprender a aprender» es la habilidad para iniciar el aprendizaje y persistir en él, para organizar su propio aprendizaje y gestionar el tiempo y la información eficazmente, ya sea individualmente o en grupos.

Esta competencia conlleva ser consciente del propio proceso de aprendizaje y de las necesidades de aprendizaje de cada uno, determinar las oportunidades disponibles y ser capaz de superar los obstáculos con el fin de culminar el aprendizaje con éxito.

Dicha competencia significa adquirir, procesar y asimilar nuevos conocimientos y capacidades, así como buscar orientaciones y hacer uso de ellas.

#### **COMPETENCIA MATEMÁTICA Y COMPETENCIAS BÁSICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA:**

La competencia matemática es la habilidad para desarrollar y aplicar el razonamiento matemático con el fin de resolver diversos problemas en situaciones cotidianas. Basándose en un buen dominio del cálculo, el énfasis se sitúa en el proceso y la actividad, aunque también en los conocimientos.

La competencia en materia científica alude a la capacidad y la voluntad de utilizar el conjunto de los conocimientos y la metodología empleados para explicar la naturaleza, con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas.

#### **SENTIDO DE LA INICIATIVA Y ESPÍRITU DE EMPRESA:**

Por sentido de la iniciativa y espíritu de empresa se entiende la habilidad de la persona para transformar las ideas en actos. Está relacionado con la creatividad, la innovación y la asunción de riesgos, así como con la habilidad para planificar y gestionar proyectos con el fin de alcanzar objetivos.

#### **OBJETIVOS DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE:**

A ninguno se nos escapa la relevancia de los procesos energéticos asociados a tocar el núcleo atómico. Nos acercaremos a los procesos que justifican la enorme energía asociada a estos fenómenos.

De wikipedia:

La **física nuclear** es una rama de la física que estudia las propiedades, comportamiento e interacciones de los núcleos atómicos. En un contexto más amplio, se define la **física nuclear y de partículas** como la rama de la física que estudia la estructura fundamental de la materia y las interacciones entre las partículas subatómicas.

La física nuclear es conocida mayoritariamente por el aprovechamiento de la energía nuclear en centrales nucleares y en el desarrollo de armas nucleares, tanto de fisión nuclear como de fusión nuclear, pero este campo ha dado lugar a aplicaciones en diversos campos, incluyendo medicina nuclear e imágenes por resonancia magnética, ingeniería de implantación de iones en materiales y datación por radiocarbono en geología y arqueología.

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 2 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

## ENERGÍA DE ENLACE

### CONOCIMIENTOS PREVIOS

Número atómico, número másico, estructura del átomo

Un elemento se representa:  ${}^A_Z X$

Z es el número atómico, que es igual al número de protones y si el átomo es neutro coincide con el número de electrones (aunque en este tema poco o nada se hablará de electrones, ¿por qué?)

A es el número másico, que es la suma de los nucleones, protones y neutrones,

### CONOCIMIENTOS TEÓRICOS: ENERGÍA DE ENLACE, REACCIONES NUCLEARES Y RADIOACTIVIDAD

#### ENERGÍA DE ENLACE:

La energía de enlace de un núcleo es la energía liberada cuando sus nucleones (protones y neutrones) aislados se unen para formar el núcleo. Debemos saber que con la intensidad de la interacción electrostática de repulsión, tiene que existir algo que los mantenga unidos en el núcleo (Interacción nuclear fuerte) El núcleo es menos energético (más estable) que todos sus nucleones aislados, ya que al formarse se libera energía.

Los nucleones pierden parte de su masa al formarse el núcleo que está asociada a un cambio de energía. Se comprueba experimentalmente (por métodos espectroscópicos) que la masa de un núcleo cualquiera formado por Z protones y A-Z neutrones (masa nuclear) es siempre inferior a la suma de las masas de los protones y neutrones por separado. A esta diferencia la llamamos defecto de masa.

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - M_N$$

Donde:

$$m_p = 1,0073 \text{ uma} = 1,6721 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n = 1,0087 \text{ uma} = 1,6744 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{masa de una uma} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Z es el número atómico, que es igual al número de protones y si el átomo es neutro coincide con el número de electrones.

A es el número másico, que es la suma de los nucleones, protones y neutrones,

La energía asociada al defecto de masa es la energía de enlace:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \quad c \text{ es la velocidad de la luz} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

El equivalente energético de la uma, 1 u, vale:

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 3 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

$$E = 1u \cdot c^2 = 931 \text{ MeV}$$

Teniendo en cuenta que  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ; y que  $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

$$E = 1u \cdot c^2 = 931 \text{ MeV} = 931 \cdot 10^6 \text{ eV} \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1 \text{ eV}} = 1,49 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

La energía de enlace por nucleón corresponde a esa energía correspondiente al defecto de masa, pero por un nucleón, al efecto de poder establecer comparaciones de estabilidad entre los diferentes núcleos (a mayor energía correspondiente al defecto de masa por nucleón, mayor estabilidad del núcleo:  $\frac{\Delta E}{A}$ )

#### EJERCICIO RESUELTO A DE ENERGÍA DE ENLACE:

El uranio se usa como combustible en las centrales nucleares.

Para el isótopo de uranio  ${}_{92}^{235}\text{U}$ , responder a las siguientes preguntas de física nuclear:

- Hallar el defecto de masa del núcleo de uranio mencionado. Expresar el resultado en Kg y en u.m.a.
- Hallar la energía de enlace. Expresar el resultado en eV y en Julios.
- Hallar la energía de enlace por nucleón. Expresar el resultado en eV y en Julios.

**DATOS:**  $m_p = 1,007276 \text{ uma}$ ;  $m_n = 1,008665$ ; masa de una uma =  $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $m_{\text{núcleo U}} = 235,043929 \text{ uma}$ ; Equivalente energético de la uma,  $E = 1u \cdot c^2 = 931 \text{ MeV} = 931 \cdot 10^6 \text{ eV}$

#### RESOLUCIÓN:

a.- DEFECTO DE MASA:

En uma:

Según la ecuación que nos indica que la masa del núcleo es inferior a la suma de las partículas que lo componen,

$$\begin{aligned} \Delta m &= [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - M_N = \\ &= [92 \cdot 1,007276 + (235 - 92) \cdot 1,008665] - 235,043929 = \\ &= 1,864558 \text{ uma} \end{aligned}$$

En kg:

Utilizando el dato correspondiente y factores de conversión,

$$1,864558 \text{ uma} \frac{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1 \text{ uma}} = 3,09516628 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

b.- ENERGÍA DE ENLACE:

En eV, teniendo en cuenta el equivalente energético de 1 uma, la energía de enlace asociada, en eV,

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 4 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

$$1,864558 \text{ uma} \frac{931 \cdot 10^6 \text{ eV}}{1 \text{ uma}} = 1736 \cdot 10^6 \text{ eV} = 1736 \text{ MeV}$$

En Julios, teniendo en cuenta que la energía de enlace es la energía asociada al defecto de masa,

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = 3,09516628 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cong 2,78 \cdot 10^{-10} \text{ J}$$

Donde todos los que intervienen en la ecuación, se han puesto en unidades del Sistema Internacional.

Comprobemos que lo hemos hecho bien, utilizando el dato:  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ,

$$2,78 \cdot 10^{-10} \text{ J} \frac{1 \text{ eV}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}} = 1737,5 \cdot 10^6 \text{ eV}$$

Que prácticamente coincide con el valor obtenido anteriormente.

#### c.- ENERGÍA DE ENLACE POR NUCLEÓN:

En eV:

$$\frac{E}{A} = \frac{1736}{235} = 7,387 \text{ MeV}$$

En Julios:

$$\frac{E}{A} = \frac{2,78 \cdot 10^{-10} \text{ J}}{235} = 1,183 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

#### EJERCICIOS PROPUESTOS, de EBAU CANARIAS 2007 al 2019 en orden inverso:

##### EJERCICIO 1:

4.- Calcule el defecto de masa y la energía de enlace por nucleón del isótopo  ${}_{37}^{85}\text{Rb}$ , cuya masa atómica es 84,9117 u.  
 Datos:  $m_p=1,0073 \text{ u}$ ;  $m_n=1,0087 \text{ u}$ ;  $1\text{u}=931 \text{ MeV}/c^2$

##### EJERCICIO2:

4.- Defina brevemente número atómico, número másico, defecto de masa y energía de enlace.

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 5 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

### EJERCICIO 3:

4) ¿En qué consiste el fenómeno de fisión nuclear? Indique de dónde se obtiene la energía liberada. Calcule la energía de enlace por nucleón del núcleo  ${}_{47}^{107}\text{Ag}$ .

Datos:  $m_p=1.0073$  u;  $m_n=1.0087$  u;  $m({}_{47}^{107}\text{Ag})=106.9050$  u;  $u=931.49 \frac{\text{MeV}}{c^2}$

### EJERCICIO 4:

4.- Defina la energía de enlace por nucleón. Para el núcleo de Manganeso de número másico 55 y número atómico 25, cuya masa atómica es 54,938 u, determina su energía de enlace por nucleón.

Datos:  $1u = 1,66 \times 10^{-27}$  Kg;  $1u = 931$  MeV;  $m_p = 1,0073$  u;  $m_n = 1,0087u$ ;  $c = 3 \times 10^8$  m/s;  $1eV = 1,6 \times 10^{-19}J$

### EJERCICIO 5:

4) Defina número atómico, número másico y energía de enlace. ¿Qué diferencia hay entre la masa de un núcleo atómico y la masa total de los nucleones que lo componen por separado?

### EJERCICIO 6:

4) Sabiendo que el  ${}_{25}^{55}\text{Mn}$  tiene una masa atómica de 54.938 u, halle su defecto de masa y su energía de enlace en MeV.

Datos:  $m_p=1.0073$  u;  $m_n=1.0087$  u;  $u=931 \text{ MeV}/c^2$

### EJERCICIO 7:

2) Responda a los siguientes apartados relacionados con la Física Moderna:

- ¿Cuál es la energía cinética máxima de los electrones emitidos por una superficie de níquel, cuando sobre ella incide un haz de radiación ultravioleta, cuya longitud de onda vale  $2 \times 10^{-7}$  m? El trabajo de extracción del níquel vale 5.1 eV.
- Se acelera un protón desde el reposo, mediante una diferencia de potencial de  $2 \times 10^4$  V ¿Qué velocidad adquiere el protón? ¿Cuánto vale la longitud de onda de de Broglie asociada al protón?
- La masa atómica del  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  es  $9.288 \cdot 10^{-26}$  kg. Calcule su defecto de masa.

Datos:  $eV=1.602 \times 10^{-19}$  J;  $h=6.63 \times 10^{-34}$  J·s;  $c=3 \times 10^8$  m/s;  $q_p=1.602 \times 10^{-19}$  C;  $m_p=1.673 \times 10^{-27}$  kg;  $m_n=1.675 \times 10^{-27}$  kg

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 6 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

### EJERCICIO 8:

2. Los núcleos de neón  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  y  ${}^{22}_{10}\text{Ne}$  tienen masas atómicas de 19,9924 u y 21,9914 u, respectivamente. Calcule para ambos núcleos:

- El defecto de masa en unidades de masa atómica (u).
- La energía de enlace en MeV
- La energía de enlace por nucleón, indicando cuál de los dos es más estable.

Datos:  $m_p=1.0078$  u;  $m_n=1.0087$  u;  $c^2=931.5$  MeV/u

### EJERCICIO 9:

4. Defina la energía de enlace por nucleón. Calcule la energía de enlace por nucleón del Mn-55, esto es, de los núcleos de manganeso de número másico 55, sabiendo que el número atómico del manganeso es 25 y su masa atómica 54,938 u.

Datos:  $m_p = 1.0073$  u;  $m_n = 1.0087$  u;  $u = 931$  MeV;  $u = 1.66 \times 10^{-27}$  kg;  $c = 3 \times 10^8$  m/s;  $eV = 1.6 \times 10^{-19}$  J

### EJERCICIO 10:

2. La masa del núcleo  ${}^{16}_8\text{O}$  en reposo es de 15,995 u. Calcula en unidades del SI:

- El defecto de masa del núcleo
- La energía de enlace y la energía de enlace por nucleón
- La masa de dicho núcleo si se mueve con una velocidad de 0,8c

Datos:  $m_p = 1,0073$  u;  $m_n = 1,0087$  u;  $1u = 931$  MeV;  $1u = 1,661 \cdot 10^{-27}$  Kg;  $c = 2,998 \cdot 10^8$  m/s;  $q(e^-) = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C

### EJERCICIO 11:

2. a) Una superficie metálica, que tiene un trabajo de extracción de 3 eV, se ilumina con una radiación incidente de 2947,3 Å de longitud de onda ¿se emiten electrones? Si es así, calcula la energía cinética máxima de los electrones emitidos

Datos:  $1 \text{ Å} = 10^{-10}$  m;  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J;  $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  J·s;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s;  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg

b) Determina la longitud de onda de De Broglie para un neutrón que se mueve a 35 km/s y para un electrón acelerado mediante una diferencia de potencial de  $10^4$  V.

Datos:  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg;  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  C;  $m_{\text{neutrón}} = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg;  $h = 6.63 \cdot 10^{-34}$  J·s

c) Determina el defecto de masa y la energía de enlace por nucleón para un núcleo de fósforo sabiendo que su número atómico es 15, su número másico es 31 y su masa atómica es 30,97 u.

Datos:  $1u = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg;  $1u = 931$  MeV;  $m_{\text{protón}} = 1,0073u$ ;  $m_{\text{neutrón}} = 1,0087u$ ;  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s;  $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19}$  J

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 7 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

### EJERCICIO 12:

1.- Define la energía de enlace por nucleón. Para el núcleo de Manganeso de número másico 55 y número atómico 25, cuya masa atómica es 54,938 u, determina su energía de enlace por nucleón.

Datos:  $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $1u = 931 \text{ MeV}$ ;  $m_{\text{protón}} = 1,0073u$ ;  $m_{\text{neutrón}} = 1,0087u$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  
 $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

### EJERCICIO 13:

2.- Considera los núcleos de litio  ${}^6\text{Li}$  y  ${}^7\text{Li}$  de masas 6,0152 uma y 7,0160 uma, respectivamente, siendo 3 el número atómico de estos dos isótopos. Calcula para ambos núcleos:

- El defecto de masa
- La energía de enlace.
- La energía de enlace por nucleón.

Datos:  $1\text{uma} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ;  $1\text{uma} = 931 \text{ MeV}$ ;  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ;  $m(p) = 1,0073\text{uma}$ ;  
 $m(n) = 1,0087\text{uma}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

### EJERCICIO PROPUESTO 14:

La masa de núcleo del isótopo del sodio  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  es de 22,9898 u. Calcular:

- El defecto de masa correspondiente
- Energía media de enlace por nucleón.

DATOS:  $m_{p^+} = 1,0073 \text{ uma}$  ;  $m_n = 1,0087 \text{ uma}$  ; masa de una u =  $1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 8 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

## REACCIONES NUCLEARES:

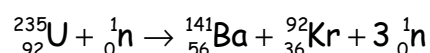
Son procesos en los que intervienen los núcleos atómicos directamente y como consecuencia se transforman en otros distintos.

En toda reacción nuclear, la suma de los números atómicos y la suma de los números másicos se mantienen constantes, si no debe ajustarse la reacción para que así sea.

### FISIÓN NUCLEAR:

Reacción nuclear en la que un núcleo pesado se divide en otro dos más ligeros al ser bombardeado con neutrones. En el proceso se liberan más neutrones y gran cantidad de energía, que corresponde al defecto de masa de los productos. Se necesita una energía de activación que se obtiene de la captura de un neutrón por el núcleo.

División del núcleo de uranio 235, por Hahn y Strassmann (1938):



La masa de las sustancias que resultan de la fisión es ligeramente inferior a las masas de las sustancias que reaccionan. Este defecto de masa se libera en forma de energía.

Se observa que es una reacción en cadena, ya que los neutrones que se forman pueden activar de nuevo la reacción.

Esta reacción es más exotérmica que cualquier reacción química, con lo que se usa como fuente de energía en las centrales nucleares, en los submarinos nucleares, rompehielos o sondas espaciales. Desgraciadamente también tiene aplicaciones militares.

La primera aplicación de la fisión nuclear fue la bomba atómica que provocó miles de muertos en la Segunda Guerra Mundial.

### FUSIÓN NUCLEAR:

Reacción nuclear en la que dos núcleos ligeros se unen para formar otro más pesado. En el proceso se libera gran cantidad de energía, que corresponde al defecto de masa de la reacción, que es la diferencia entre la masa total de los reactivos y la de los productos (Masa de reactivos - masa de productos).

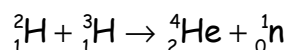
Para que se lleve a cabo la fusión se necesitan energías muy altas, para que los núcleos superen la repulsión eléctrica y lleguen a fusionarse. Por ello, la fusión nuclear se produce en situaciones muy concretas en la naturaleza, en situaciones de temperatura muy elevada, del orden de  $10^8$  K, en donde la materia se encuentra en estado de plasma.



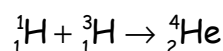
 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 9 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

Si se consiguiese realizar la fusión en situaciones controladas, tendríamos un método para obtener grandes cantidades de energía de una manera muy poco contaminante. Los reactivos se encuentran en la naturaleza en cantidad y el producto de la fusión, es un gas noble sin ningún efecto radiactivo.

Unión del deuterio y el tritio:



Del protio y el tritio:



### EJERCICIO RESUELTO F2BE2739 DE REACCIONES NUCLEARES:

Dada la reacción nuclear:  ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$ , Determinar:

A.- De qué tipo de reacción se trata.

B.- La energía liberada por átomo de  ${}^1_1\text{H}$

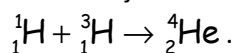
Datos:

Equivalente energético de 1 uma: 931 MeV; 1 eV= 1,602·10<sup>-19</sup> J

$$[M({}^1_1\text{H}) = 1,0078\text{u}, M({}^3_1\text{H}) = 3,0160\text{u}, M({}^4_2\text{He}) = 4,0026\text{u}]$$

#### RESOLUCIÓN:

La reacción está ajustada en números atómicos y másico, se trata de una REACCIÓN DE FUSIÓN



El defecto de masa, QUE CORRESPONDE A LA MASA DE LOS REACTIVOS MENOS LA MASA DE LOS PRODUCTOS:

$$\begin{aligned} &M({}^1_1\text{H}) + M({}^3_1\text{H}) - [M({}^4_2\text{He})] = \\ &= 1,0078 + 3,0160 - (4,0026) = 0,0212\text{u} \end{aligned}$$

Notar que es positiva, con lo que la masa de los productos es menor que la masa de los reactivos, es **este defecto de masa el que provoca la energía que se libera en la reacción.**

Con el equivalente energético de 1 uma:

$$E = m \cdot c^2 = 1\text{u} \cdot c^2 = 931 \text{ MeV}$$

$$0,0212 \text{ u} \frac{931 \text{ MeV}}{1 \text{ u}} = 19,73 \text{ MeV}$$

En Julios, teniendo en cuenta que:

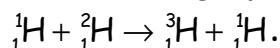
 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 10 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

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

$$19,73 \text{ MeV} \frac{10^6 \text{ eV}}{1 \text{ MeV}} \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{1 \text{ eV}} = 3,16 \cdot 10^{-12} \text{ J}$$

### EJERCICIO RESUELTO F2BE2740 DE REACCIONES NUCLEARES:

Calcular la energía que se libera en el siguiente proceso:



Expresar el resultado en J y en MeV. ¿De qué tipo de reacción se trata?.

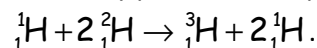
Datos:

$$\left[ M({}^1_1\text{H}) = 1,007825 \text{ u}, M({}^2_1\text{H}) = 2,014102 \text{ u}, M({}^3_1\text{H}) = 3,016049 \text{ u} \right]$$

$$\text{Masa de una uma} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; Q_e^- = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

### RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO:

Lo primero ajustar la reacción, teniendo en cuenta los balances del número másico y atómico en reactivos y productos. Se propone:



El defecto de masa de la reacción (reactivos – productos)

$$\begin{aligned} M({}^1_1\text{H}) + 2 \cdot M({}^2_1\text{H}) - [M({}^3_1\text{H}) + 2 \cdot M({}^1_1\text{H})] = \\ = 1,007825 + 2 \cdot 2,014102 - (3,016049 + 2 \cdot 1,007825) = 4,33 \cdot 10^{-3} \text{ u} \end{aligned}$$

Equivalente energético de 1 uma:

$$E = m \cdot c^2 = 1 \text{ u} \cdot c^2 = 931 \text{ MeV}$$

$$4,33 \cdot 10^{-3} \text{ u} \frac{931 \text{ MeV}}{1 \text{ u}} = 4,03123 \text{ MeV}$$

En Julios, teniendo en cuenta que:

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

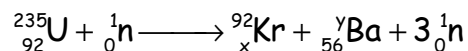
$$4,03123 \text{ MeV} \frac{10^6 \text{ eV}}{1 \text{ MeV}} \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{1 \text{ eV}} = 6,45 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

### EJERCICIO RESUELTO F2BE2741 DE REACCIONES NUCLEARES:

En la reacción nuclear de fisión del  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , éste captura un neutrón y se produce un isótopo del Kr, de número másico 92, un isótopo del Ba, cuyo número atómico es 56 y 3 neutrones. Escriba la reacción nuclear y determine razonadamente el número atómico del Kr y el número másico del Ba.

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 11 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

**RESOLUCIÓN:**



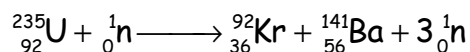
Como se mantienen constantes la suma de los números atómicos:

$$235+1=92+y+3 \rightarrow y=141$$

Y la suma de los números másicos también:

$$92+0=x+56+0 \rightarrow x=36$$

Con lo que:

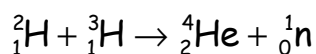


Número atómico del Kr=36

Número másico del Ba=141

**EJERCICIO PROPUESTO F2BE2742 DE REACCIONES NUCLEARES:**

Cuando una bomba de hidrógeno explota, lo hace según la siguiente reacción nuclear:



- Ajustar la reacción, para trabajar con ella de forma adecuada
- ¿Qué tipo de reacción nuclear es?, ¿de dónde proviene la liberación de energía que se produce como consecuencia de esta reacción nuclear?
- Hallar la energía liberada al formarse un átomo de helio.
- Hallar la energía de enlace por nucleón para el  ${}_2^4\text{He}$ . Contrastar este resultado con el obtenido en el apartado anterior, aportando comentarios con rigor.

DATOS:  $m({}_1^2\text{H})=2,01474 \text{ u}$ ;  $m({}_1^3\text{H})=3,01700 \text{ u}$ ;  $m({}_2^4\text{He})=4,002603 \text{ u}$ ;  $m({}_0^1\text{n})=1,008665 \text{ u}$ ;

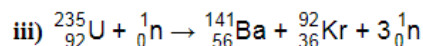
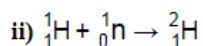
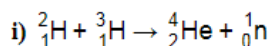
$m({}_1^1\text{p})=1,0073 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u}=1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

SOLUCIÓN: c:  $3.077 \cdot 10^{-12} \text{ J}$ ; d:  $1.102 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

**EJERCICIOS DE REACCIONES NUCLEARES, DE EBAU CANARIAS DEL 2019 AL 2007 EN ORDEN INVERSO:**

**EJERCICIO 1:**

4. Explique en qué consisten la fisión y la fusión nuclear. Indique algunas ventajas e inconvenientes de estos procesos. Diga si las reacciones nucleares que se indican a continuación son de fisión o de fusión:



**EJERCICIO 2:**

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 12 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

4.- Explica en qué consiste la fisión y la fusión nuclear. ¿Qué isótopos se utilizan para realizar cada una de ellas?

## VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA NUCLEAR:

### VENTAJAS:

1. Se consigue mucha energía con poco combustible
2. La producción de energía eléctrica es continua, no depende de aspectos naturales.
3. Las plantas de energía nuclear tienen un coste de funcionamiento bajo. Se estima según distintas fuentes que son entre un 33 y 50 % más baratas de operar que una planta de carbón y entre el 20 y 25% de una planta combinada de ciclo de gas.
4. La cantidad de energía obtenida es superior a la mayoría de las otras formas de obtención.
5. No genera emisión de gases de efecto invernadero, no contribuyendo al calentamiento global. El gas que sale por las chimeneas es vapor de agua, consecuencia de la refrigeración de los sistemas.
6. Se utiliza en medicina nuclear para diagnosticar y tratar enfermedades: Tomografía, Escáneres, Radiología, Radiotrazadores.

### DESVENTAJAS:

1. Tener en cuenta que de momento las centrales nucleares trabajan con fisión. Actualmente se investiga en el desarrollo de reactores de fusión. Este reactor mejorará parte de los inconvenientes.
2. Los residuos nucleares tardan muchos años en perder su radioactividad y peligrosidad.
3. Los reactores tienen fecha de caducidad
4. Inversión inicial muy elevada.
5. No es renovable, depende de las reservas de Uranio.
6. Los accidentes tienen muy graves consecuencias.
7. Se utiliza en las bombas nucleares.

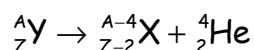
 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIOACTIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 13 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

## RADIOACTIVIDAD:

Radiactividad es la propiedad que presentan determinadas sustancias, las radiactivas, de emitir radiaciones capaces de penetrar en cuerpos opacos, impresionar placas fotográficas, ionizar el aire y producir fluorescencia en ciertas sustancias.

**RADIACIÓN ALFA:** Son núcleos de helio (partículas  $\alpha$ ) formadas como el helio por dos protones y dos neutrones. Son emitidos con una energía cinética del orden del MeV, con una carga y masa:

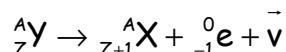
$$Q = +2e = +3,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}; m = 2m_p + 2m_n = 6,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$



**RADIACIÓN BETA:** Son electrones rápidos (partículas  $\beta$ ) procedentes de neutrones que se desintegran en el núcleo dando lugar a un protón y a un electrón (en consecuencia, el elemento que la sufre gana 1 de número atómico (se añade un  $p^+$ ))

*Yeahhh... ahora entiendo por qué la masa del neutrón es ligeramente mayor que la del protón.*

y se queda igual de número másico (se cambia el neutrón por el  $p^+$ ) y un electrón que sale despedido con una  $Q = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  y masa  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ . Son emitidos con una energía cinética del orden de MeV, con velocidades enormes próximas a la de la luz.



**RADIACIÓN GAMMA:** Son radiaciones electromagnéticas (fotones) de mayor frecuencia que los rayos X, sin carga y sin masa, con lo que el átomo no lleva variaciones ni en su número másico, ni en su número atómico. Tienen energías cinéticas comprendidas entre el keV y el MeV.

### EJERCICIO RESUELTO F2BE2743 DE RADIOACTIVIDAD:

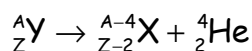
Un elemento químico  ${}^{214}_{83} X$  que experimente sucesivamente una emisión  $\alpha$ , tres emisiones  $\beta$  y una  $\gamma$ , se transformará en el elemento:

- a)  ${}^{214}_{82} Y$
- b)  ${}^{210}_{84} Y$
- c)  ${}^{210}_{82} Y$

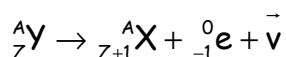
### RESOLUCIÓN:

RADIACIÓN ALFA:

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 14 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

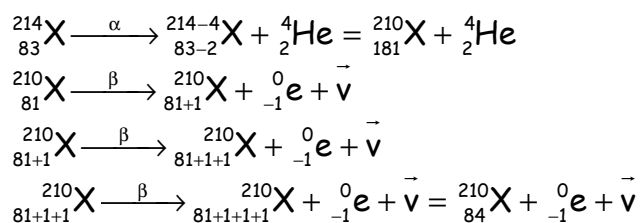


RADIACIÓN BETA:



RADIACIÓN GAMMA NO PRODUCE MODIFICACIÓN NI DE A NI DE Z

Entonces:



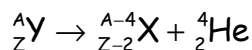
La respuesta correcta es la b)

### EJERCICIO RESUELTO F2BE2744 DE RADIATIVIDAD:

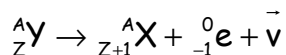
Algunos átomos de nitrógeno atmosférico chocan con un neutrón y se transforman en carbono que por emisión  $\beta$ , se convierte de nuevo en nitrógeno. Escribe las correspondientes reacciones nucleares.

### RESOLUCIÓN:

RADIACIÓN ALFA:

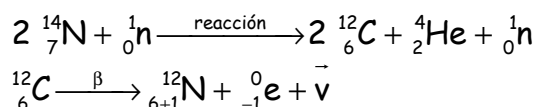


RADIACIÓN BETA:



RADIACIÓN GAMMA NO PRODUCE MODIFICACIÓN NI DE A NI DE Z

Entonces:



### EJERCICIO RESUELTO F2BE2745 DE RADIATIVIDAD:

En la desintegración  $\beta$ :

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 15 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

- Se emite un electrón de la parte externa del núcleo.
- Se emite un electrón desde el núcleo.
- Se emite un neutrón.

**RESOLUCIÓN:**

En la emisión de partículas beta, un neutrón del núcleo padre se transforma en un electrón (partícula beta), un protón y un antineutrino (partícula sin masa ni carga eléctrica).

Según lo anterior, ninguna de las afirmaciones debe ser correcta.

**EJERCICIO RESUELTO F2BE2746 DE RADIATIVIDAD:**

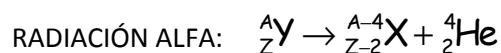
El  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  se desintegra radiactivamente para dar  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ .

- Indicar el tipo de emisión radiactiva y escriba la correspondiente ecuación.
- Calcular la energía liberada en el proceso.

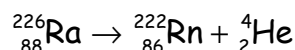
DATOS:  $c=3 \cdot 10^8$  m/s;  $m(\text{Ra})=225,9771$  u;  $m(\text{Rn})=221,9703$  u;  $m(\text{He})=4,0026$  u;  $1 \text{ uma} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg

**RESOLUCIÓN:**

a.- A la vista de cómo disminuyen los números atómico y másico, se trata de radiación  $\alpha$ :



b.- Entonces:



La energía coincide con el defecto de masa de la reacción (masa de reactivos-masa de productos):

$$m(\text{Ra}) - [m(\text{Rn}) + m(\text{He})] = 225,9771 - (221,9703 + 4,0026) = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ u}$$

Defecto de masa al que corresponde una energía de:

$$4,2 \cdot 10^{-3} \text{ u} \frac{931 \text{ MeV}}{1 \text{ u}} = 3,9102 \text{ MeV}$$

Que en Julios:

$$3,9102 \text{ MeV} \frac{10^6 \text{ eV}}{1 \text{ MeV}} \frac{1,602 \cdot 10^{-19}}{1 \text{ eV}} = 6,24 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

**PROPUESTA DE EJERCICIOS EBAU CANARIAS, DE RADIATIVIDAD:**

**EJERCICIO 1:**

- Un núcleo radiactivo puede emitir radiación  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ . a) Comente brevemente la naturaleza de las mismas. b) ¿Qué puede decir de su poder de penetración? c) Valiéndose de un esquema sencillo, indique la desviación de cada tipo de radiación al atravesar un campo magnético uniforme.

 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 16 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

## INTERACCIONES FUNDAMENTALES DE LA NATURALEZA:

Llegados a este punto de nuestra formación en Física y Química, para los que a veces nos planteamos preguntas, si solamente existieran en la naturaleza las fuerzas **gravitatorias** y eléctricas y magnéticas (**electromagnéticas**), no podríamos entender, o no se podría explicar fenómenos como la existencia de los átomos. El motivo es que salvo el átomo de hidrógeno, el resto de los elementos de la tabla periódica nos habla de núcleos atómicos en los que están apilados un número en ocasiones importante de cargas positivas, que si sólo existieran estas fuerzas mencionadas, el núcleo no podría mantenerse por las repulsiones electrostáticas.

Ni que decir tiene que en el núcleo, el valor de la atracción gravitatoria entre masas, es muy inferior al valor de la repulsión electrostática entre cargas, no hay nada más que pensar en los valores de las constantes que intervienen en la LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL, y en LA LEY DE COULOMB, tremendamente mayor en el comportamiento electrostático.  $G=6,67 \cdot 10^{-11}$ ;  $K_{\text{vacío}}=9 \cdot 10^9$

Está claro por lo tanto, que si existe el núcleo atómico, debe existir una interacción más potente que la electromagnética, que mantiene unidos a los protones y neutrones del núcleo. Este fenómeno se denomina **INTERACCIÓN NUCLEAR FUERTE**.

Como consecuencia del estudio de la radiación  $\beta$  (electrones rápidos -partículas  $\beta$  - procedentes de neutrones que se desintegran en el núcleo dando lugar a un protón y a un electrón) se puso de manifiesto una nueva interacción, de menor intensidad que la interacción nuclear fuerte, la **interacción nuclear débil**.

Estas 4 interacciones:

**Gravitatoria, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil**, dan lugar a las cuatro fuerzas fundamentales del universo. Cualquier fenómeno que suceda en el universo a escala tanto microscópica como macroscópica se puede explicar como resultado de estas interacciones.

### INTERACCIÓN GRAVITATORIA:

Afecta a todos los cuerpos.

Es consecuencia de la masa de los cuerpos.

Es una fuerza de atracción determinada por la LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL de Newton, cuya línea de acción es la línea que une las masas de los cuerpos.

$$F_{\text{GRAVITATORIA}} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

Su alcance es infinito, y su valor disminuye con el cuadrado de la distancia.

### INTERACCIÓN ELECTROMAGNÉTICA:



 INSTITUTOS DIOCESANOS		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,          REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,          INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 17 de 18
 C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría	 C.P.E.S. Santa Catalina	 C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar	
Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO			

Es consecuencia de la carga de los cuerpos y se manifiesta como interacción eléctrica, cuando las cargas están en reposo, y como magnética, cuando las cargas están en movimiento.

Las cargas pueden ser positivas o negativas, lo que afecta a la interacción, ya que si tienen el mismo signo dos cargas se repelen y se atraen si son de distinto signo.

El valor de la fuerza electrostática entre dos cuerpos lo determina la LEY DE COULOMB.

$$F_{\text{ELECTROSTÁTICA}} = K \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Si las cargas se encuentran en movimiento, en presencia de un campo magnético se verá sometida a la Fuerza de Lorentz.  $\vec{F}_{\text{Magnética}} = q\vec{v} \times \vec{B}$

### INTERACCIÓN NUCLEAR FUERTE:

Mantiene unidos a los protones y neutrones venciendo las repulsiones electrostáticas entre los protones. Por lo tanto es mucho más intensa que la fuerza de repulsión electromagnética (del orden de 1000 veces mayor) y es de muy corto alcance, sólo se aprecia su efecto a distancias del orden del radio atómico.

### INTERACCIÓN NUCLEAR DÉBIL:

Mucho más débil que la electromagnética y con un alcance menor que la interacción fuerte. Se pone de manifiesto en los fenómenos radiactivos de tipo beta. Es débil comparada con la nuclear fuerte, pero es más fuerte que la interacción gravitatoria a cortas distancias.

### EJERCICIOS EXTRAIDOS DE EBAU CANARIAS:

3.- Enumere cuáles son las interacciones básicas o fundamentales de la naturaleza. Además, formule vectorialmente las leyes de fuerza de Gravitación Universal y de la Electrostática.

### VALORACIÓN SUBJETIVA:

Si has sido capaz de realizar el 100% de las actividades correctamente y además has colaborado en la realización por parte de un compañero de alguno de los ejercicios, puedes sentirte muy orgulloso de tu capacidad de trabajo y esfuerzo, y te damos permiso para que les digas a tus padres que deben sentirse realmente orgullosos de ti. Esperamos que con ello consigas privilegios familiares. Sigue en esa línea y estarás en el camino del éxito. Esto es sólo física y algo de realidad inventada, pero

 <b>INSTITUTOS DIOCESANOS</b>		<b>FÍSICA NUCLEAR: ENERGÍA DE ENLACE,  REACCIONES NUCLEARES, RADIATIVIDAD,  INTERACCIONES FUNDAMENTALES</b>	ACHIMAGEC
			ACT 98
			RECURSO CLASE FIS 2BAC
			Página 18 de 18
 <b>C.P.E.S. Sta. Isabel de Hungría</b>	 <b>C.P.E.S. Santa Catalina</b>	 <b>C.P.E.S. Ntra. Sra. del Pilar</b>	
<b>Diócesis de Canarias. Delegación de Enseñanza. Institutos Diocesanos. Centros Concertados de ESO y BACHILLERATO</b>			

estamos seguros que con la actitud y aptitud que acabas de demostrar superarás obstáculos en cualquier otro ámbito: personal y profesional.

Si has sido capaz de realizar el 75 % de las actividades correctamente, estás en un nivel muy alto de aplicación de contenidos de alto nivel y debes sentirte orgulloso. Puedes indicarlo así a tu familia y deseamos que te den una palmadita en la espalda. Esto es sólo física, pero estamos seguros que con la actitud y aptitud que acabas de demostrar superarás obstáculos en cualquier otro ámbito: personal y profesional. Te damos permiso para que así lo comentes en tu entorno familiar.

Si has sido capaz de realizar la mitad de las actividades correctamente, en solitario o en grupo, seguramente no has puesto todo el interés en realizar un buen trabajo, pero estamos convencido que ello depende sólo de ti. Esto es sólo física, pero estamos seguros que si lo deseas y te pones a ello, con la actitud y aptitud que acabas de demostrar superarás obstáculos en cualquier otro ámbito: personal y profesional. Puedes comentarlo en tu entorno familiar.

Si has sido capaz de realizar el 25 % de las actividades correctamente, en solitario o en grupo, contando con que has realizado aportaciones, debes saber que si hubieras puesto más interés y un poquito de BLV, te encontrarías en un nivel superior. Esto es sólo física, pero estamos seguros que mejorando la actitud a la hora de enfrentarte a cualquier otro problema superarás los obstáculos que se te presenten en cualquier otro ámbito.

Si no has sido capaz de realizar correctamente ningún ejercicio, deberías leer en profundidad los párrafos anteriores de valoración y esperamos que la próxima vez hagas todo lo posible por encontrarte en alguna de esas situaciones, que aunque esto es sólo física, supone un aprendizaje también para los obstáculos que se te van a presentar en tu vida profesional y personal.