

## FÍSICA NUCLEAR Y SUS APLICACIONES



### INDICADORES DE LOGROS

- Identifica la estructura del núcleo, las radiaciones nucleares y resuelve problemas que se relacionan con radiactividad
- Explica las reacciones nucleares, fisión y fusión y las consecuencias de sus aplicaciones
- Reconoce la importancia de darle aplicaciones a la Física Nuclear que vayan en beneficio de la humanidad
- Identifica las diversas personas que se benefician o afectan de sus acciones y procesos (**ORIENTACIÓN AL SERVICIO**)
- Percibe algunas actitudes y necesidades de los otros
- Respeta el punto de vista de las personas a las que presta su servicio
- Contribuye a que los otros tomen decisiones respetando su autonomía sin forzarlos o presionarlos
- Maneja con amabilidad y cortesía las críticas de los otros
- Proyecta a los demás sus conocimientos acerca de la empresa y los productos o servicios que ofrece
- Demuestra la vivencia de la solidaridad como valor humano

## EL CLIENTE SIEMPRE TIENE LA RAZÓN

En esta última guía trabajaremos la competencia **ORIENTACIÓN AL SERVICIO** o sea la capacidad para reconocer cómo sus acciones y procesos inciden y aportan a la satisfacción de necesidades de otros. Es la cualidad de ayudar a otros de manera pertinente. La persona orientada al servicio está capacitada para persuadir e influir positivamente, desarrollar un clima de servicio permanente, eficiente, oportuno y constante.

Con mis compañeros de mesa analizamos la siguiente información, tomada del libro “Piense como un ganador” de Walter Doyle.

### Relaciones humanas superiores

Existen muchas maneras de ayudar a los demás a que se sientan importantes. Ser comedido, cortés y **servicial** es un buen comienzo.

En esencia, las relaciones humanas superiores implican agregar valor a los demás porque ellos, como usted, lo merecen. Equivale a darle a la gente lo que quiere, **reconocimiento**, a cambio de algo que uno quiere, **su cooperación**.

Cuando usted aumenta la autoestima de los demás, les demuestra respeto y que espera lo mejor de ellos, contribuyendo así a que se desempeñen en su más alto nivel.

Resulta interesante tomar conciencia de que cada uno de nosotros es potencialmente un millonario, por lo menos en lo que tenemos para dar a los demás. Todos poseemos cualidades valiosas, intangibles que los otros necesitan desesperadamente. Todos tenemos **aceptación, aprobación, aprecio, respeto, y aliento** en cantidades ilimitadas para ofrecer. De esta manera reconocemos la importancia de los demás. No nos cuesta nada y nunca pueden agotarse. **Todos tenemos esta fortuna para compartir.**



Personalmente respondo estas preguntas:



1. ¿Tengo capacidad para asumir cargos de responsabilidad y liderar equipos de trabajo?
2. ¿Tengo iniciativa y capacidad para aportar ideas y soluciones en diferentes situaciones?
3. ¿Poseo actitud de confianza y servicio para entender y buscar la satisfacción de las necesidades del cliente interno y externo?
4. ¿Qué otras cualidades tengo para ofrecer a los demás?
5. ¿Cuál es el significado de la frase “El cliente siempre tiene la razón”?

Comparto las respuestas con mis compañeros y hacemos el análisis para saber si tenemos el perfil para la orientación al servicio o qué nos falta y cómo adquirir esas cualidades que serán muy valiosas en nuestra vida laboral.



## FÍSICA NUCLEAR

“Ayudé a que otro trepara una colina,  
no es demasiado:  
Y sin embargo trajo una rica recompensa,  
Una nueva amistad

Pienso cada mañana cuando me levanto, cómo tener éxito,  
Sé que al **servir**, avanzo,  
al dar, recibo”

Thomas Gaine

La **física nuclear** estudia todos los fenómenos a que da lugar el rompimiento del núcleo.

Con mis compañeros, resolvemos el siguiente ejercicio con el juego “PIÉNSALO” para explorar qué sabemos y recordamos para iniciar el estudio de la física nuclear.



1 TRANSFORMADOR DE IMAGEN INFRARROJO	2 CUANDO SE BOMBARDEAN NÚCLEOS DE URANIO POR NEUTRONES,	3 A MUY ALTAS TEMPERATURA, LOS NÚCLEOS LIVIANOS PUEDEN UNIRSE	4 TEORÍA DE LOS CUANTOS.	5 APLICACIONES DE LOS RAYOS X	6 LA MASA Y LA ENERGÍA SON EQUIVALENTES
7 ELEMENTO QUÍMICO DE NATURALEZA RADIATIVA	8 GAS NOBLE, DE NÚMERO ATÓMICO 2	9 PRIMER ELEMENTO DE LA TABLA PERIÓDICA, Y EL MÁS SIMPLE	10 NÚCLEOS DE HELIO ${}^4_2\text{He}$	11 ELECTRONES DE ALTAS VELOCIDADES, MUY LIVIANOS Y MÁS PENETRANTES QUE OTROS RAYOS	12 RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS DE GRAN ENERGÍA MUY PENETRANTES

A FISIÓN NUCLEAR	B U	C RAYOS ALFA ( $\alpha$ )	D RAYOS BETA ( $\beta$ )	E RADIOSCOPIA Y RADIOGRAFÍA	F $E=mc^2$
G He	H PARA VER EN LA OSCURIDAD	I MAX PLANCK	J H	K FUSIÓN NUCLEAR	L RAYOS GAMMA ( $\gamma$ )

Compartimos la solución del “PIÉNSALO” con el Profesor y continuamos dando respuesta a las preguntas.

1. ¿Qué sabemos de la fisión y la fusión nuclear?
2. ¿Qué aplicaciones en la vida cotidiana tiene la física nuclear?
3. ¿Cómo se originó la bomba atómica?

Compartimos las respuestas con el Profesor y le pedimos ampliación de los interrogantes anteriores.





## ESTRUCTURA DEL NÚCLEO

Tener habilidad para trabajar en equipo y cooperar con comprensión interpersonal y flexibilidad, son valores que debe incorporar en su proyecto de vida toda persona cuyos planes laborales estén orientados hacia el servicio a los demás.

Con mis compañeros de **equipo**, analizamos los siguientes temas, teniendo en cuenta que lo que aportemos o hagamos personalmente, beneficia o afecta a otros. Por lo tanto, vamos a trabajar teniendo en cuenta los cuatro puntos anteriores. Consignamos en el cuaderno la información en **negrilla**

### Estructura del núcleo

Debido a numerosos experimentos, se admite que **el núcleo del átomo está constituido por un conjunto de protones de carga positiva** igual a la del electrón y de masa 1840 veces la del electrón **y de neutrones** de masa casi igual a la del protón pero neutro. Cualquiera de estas partículas se denomina nucleón.

**Un núcleo se define por un número atómico Z** igual al número de protones que contiene y **por su número de masa A**, igual al número total de protones y neutrones.

**Si el cuerpo es X, su núcleo se escribirá como:**

${}^A_Z X$ . Ejemplos:  ${}^1_1 H$ ,  ${}^4_2 He$ ,  ${}^{16}_8 O$ ,  ${}^{60}_{27} Co$ .

**Los núcleos del mismo número atómico se llaman ISÓTOPOS.** Como son de la misma naturaleza química (definida por el número de electrones del átomo) su estudio se efectúa por medios físicos, por ejemplo, con el espectrómetro de masa.

Ejemplos:  ${}^1_1 H$ ,  ${}^2_1 H$ ,  ${}^{12}_6 C$ ,  ${}^{13}_6 C$ ,  ${}^{14}_6 C$ ,  ${}^{235}_{92} U$ ,  ${}^{238}_{92} U$ .

### Radiaciones nucleares

Algunos **núcleos** son estables, otros **inestables**. Esa inestabilidad **constituye el fenómeno de la radiactividad**.

Experimentalmente se pueden estudiar las radiaciones que emiten los núcleos, que permite mostrar su estructura. Estas radiaciones son:

- **Rayos alfa ( $\alpha$ ).** Son núcleos de helio  ${}^4_2\text{He}$  (Fig. 1). El núcleo que emitió un alfa, perdió dos protones y dos neutrones. Las partículas alfa por ser muy pesadas las podría frenar una simple hoja de papel.

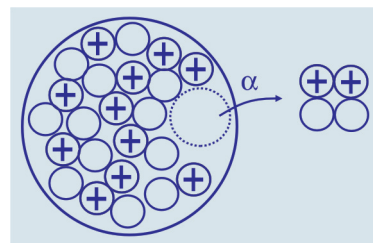


Fig. 1

- **Rayos beta ( $\beta$ ).** Son electrones de altas velocidades, muy livianos y más penetrantes que los rayos alfa. Proviene del cambio de un neutrón a un protón según la ecuación  $n \rightarrow p^+ + e^-$  (Fig. 2).

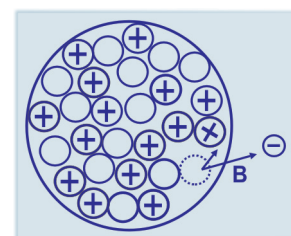


Fig. 2

- **Rayos Gamma ( $\gamma$ ).** Son radiaciones electromagnéticas, de gran energía y por lo tanto muy penetrantes. Proviene de un cambio de energía de un protón o un neutrón (Fig. 3) semejante a la luz o a los rayos X que provienen de un cambio de energía del electrón del átomo.

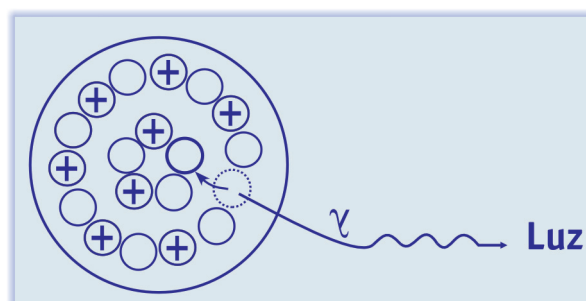
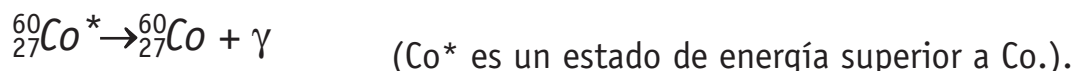
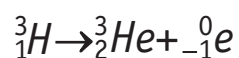


Fig. 3

## Radiactividad

Un elemento radiactivo (natural o artificial) emite partículas alfa, beta o gamma. La ecuación de desintegración puede ser:



Ningún proceso sencillo macroscópico, físico o químico, tales como elevación de la temperatura, combinación química con otras sustancias químicas, etc. puede modificar o alterar en algo la actividad de una muestra. Como resultado de eso, la radiactividad es un proceso nuclear que trae consigo transmutaciones de los elementos.



Dado un gran número de átomos de un elemento radiactivo, el número medio de átomos  $dN$ , que se desintegrarán en un intervalo elemental de tiempo  $dt$ , es proporcional al número de átomos  $N$ , presente en el instante  $t$ ; esto es:

$$dN = -\lambda N dt$$

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t \quad (1)$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

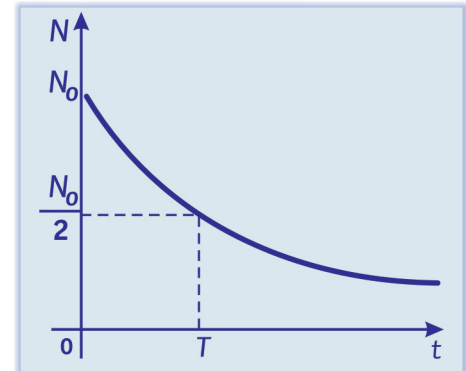


Fig. 4

donde  $\lambda$  es la constante del elemento radiactivo y  $N_0$  representa el número de átomos presentes en el intervalo  $t = 0$ .

Esta ecuación considera que el número de átomos de una sustancia radiactiva decrece exponencialmente con el tiempo. La mitad del material se desintegrará al cabo de un intervalo de tiempo  $T$ , que se puede determinar haciendo  $N = N_0/2$  y  $t = T$  en la ecuación (1):

$$\ln \frac{N_0}{2N_0} = -\lambda T$$

$$T = \frac{0.693}{\lambda} \quad (3)$$

A  $T$  se le llama período de vida probable, período de semidesintegración o simplemente **período**.

“NO TEMA AL HECHO DE QUE SU VIDA LLEGUE A SU FIN,  
SINO MÁS BIEN QUE NUNCA TENGA UN COMIENZO”.

Jhon Henry Newman

## Reacciones nucleares

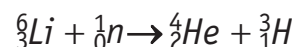
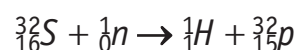
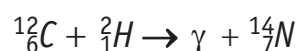
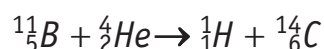
Cuando un núcleo estable es bombardeado por un haz de partículas elementales, ocurren una serie de fenómenos en un tiempo muy corto ( $10^{-20}$ s).

En la primera etapa, la partícula incidente penetra dentro del núcleo y forma un núcleo compuesto que dispone un exceso de energía.

En la segunda etapa, el exceso de energía se reparte entre todos los nucleones; con las fluctuaciones estadísticas, un nucleón puede, en un momento dado, recibir una energía importante.

En la última etapa, uno o varios nucleones que han acumulado la energía necesaria escapan de la atracción del núcleo. Hay destrucción del núcleo compuesto y formación del núcleo final, en general radiactivo.

Estas reacciones nucleares pueden representarse por ecuaciones, como en los ejemplos:



## Fisión Nuclear

Hasta ahora, todas las reacciones nucleares consideradas han originado la expulsión de partículas relativamente livianas tales como partículas alfa, beta, protones o neutrones.

En 1939, Hahn y Strassman bombardearon uranio con neutrones y descubrieron que el núcleo de uranio se había roto en dos partes de peso comparable y en dos o tres neutrones rápidos. Se dice que el uranio experimenta una fisión (Fig. 5). Las medidas efectuadas demostraron que queda libre una enorme cantidad de energía (200 Mev).

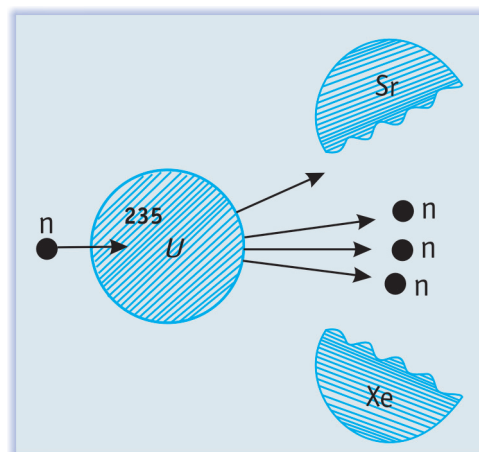


Fig. 5





De la relación  $E = mc^2$ , de Einstein se deduce que la masa en reposo de un núcleo de uranio excede a la suma de las masas en reposo de los productos de la fisión, transformándose la energía desprendida durante la fisión en energía cinética de los fragmentos producidos.

**Esta energía es:**

$$E = (Mc^2 + m_n c^2) - (m_1 c^2 + m_2 c^2 + 3 m_n c^2)$$

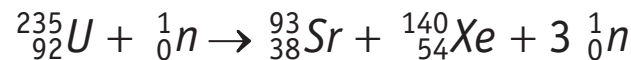
**En donde:**

$M$  = masa del núcleo de uranio.

$m_n$  = masa del neutrón.

$m_1$  = masa del primer fragmento.

$m_2$  = masa del segundo fragmento.



**La fisión del uranio se realiza en mayor probabilidad con neutrones lentos.**

**Una reacción de fisión controlada conduce a la pila atómica o reacción nuclear, mientras que una reacción de fisión no controlada conduce a la bomba atómica A.**

### Fusión nuclear

**Es la combinación de dos núcleos livianos para formar un núcleo más complejo, pero cuya masa en reposo es inferior a la suma de las masas en reposo de los núcleos iniciales (Fig. 6).**

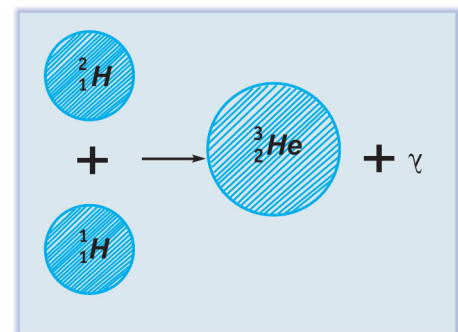
**La energía es:**

$$E = (m_1 c^2 + m_2 c^2) - Mc^2$$

$m_1$  = masa de un núcleo liviano.

$m_2$  = masa de otro núcleo liviano.

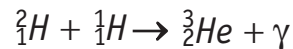
$M$  = masa del núcleo resultante.



**Fig. 6**



Ejemplos de reacciones liberadoras de energía



Estas reacciones suceden en el interior del Sol y en muchas otras estrellas. **Se necesitan temperaturas de millones de grados para iniciar la fusión.**

**En la Tierra pueden lograrse estas temperaturas en el momento de la explosión de una bomba de fisión (bomba atómica A). Si se rodea esta bomba con proporciones adecuadas de isótopos de hidrógeno, puede haber fusión: es la bomba de hidrógeno (bomba H).**

Actualmente no se han podido controlar estas reacciones.

Con mis compañeros de equipo, analizamos los siguientes ejemplos y nos colaboramos para resolver los ejercicios. Personalmente me concentro en cómo puedo ayudar a mis compañeros.

**EJEMPLO 1.** Un reactor nuclear tiene una potencia de  $500 \times 10^6 \text{ W}$ . ¿Cuánto disminuirá la masa del combustible en 100 horas?

### Solución

En 100 horas la energía desarrollada es:

$$E = W = P \cdot t$$

$$E = 500 \times 10^6 \text{ W} \times 100 \text{ h} \times 3600 \text{ s/1h} = 1.8 \times 10^{14} \text{ Julios.}$$

De la ecuación que establece la equivalencia entre masa y energía,  $E = mc^2$  se deduce:

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{1.8 \times 10^{14} \text{ J}}{(3 \times 10^8 \text{ m/s})^2} = 2 \times 10^{-3} \text{ Kg.}$$

La masa del combustible disminuirá 2 gramos en 100 horas.

**EJEMPLO 2.** Se considera un gramo de  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ .



- ¿Cuántos átomos existen en esta muestra?
- Este Ra emite una partícula alfa y produce Rn. Escriba la ecuación de desintegración.
- El período radiactivo del Ra es 1620 años. ¿Cuál es la constante de desintegración?
- ¿Cuántas desintegraciones por segundo  $dN/dt$  emite un gramo de Ra?

### Solución

- 226 gramos de Ra contienen un número de Avogadro de átomos. En un gramo tenemos:

$$N_0 = \frac{6.02 \times 10^{23}}{226} = 2.66 \times 10^{21} \text{ átomos.}$$

- La ecuación de desintegración es:  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$ .

- De la ecuación  $T = \frac{0.693}{\lambda}$ , obtenemos la constante de desintegración  $\lambda$  :

$$\lambda = \frac{0.693}{T} = \frac{0.693}{1620 \times 365 \times 24 \times 3600} = 1.36 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1}$$

- Se sabe que el número  $dN$  de átomos que se desintegran en un tiempo  $dt$  es proporcional al número de átomos  $N$ , al tiempo  $dt$  y a la constante  $\lambda$  de desintegración, o sea:

Si  $dN = \lambda N dt$ , entonces:

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N = 1.36 \times 10^{-11} \text{ s}^{-1} \times 2.66 \times 10^{21} = \mathbf{3.6 \times 10^{10} \text{ desintegraciones}}$$

**Este número de desintegraciones por segundo se denomina un curie.**



## EJERCICIOS

1. Una muestra de  $^{25}\text{Na}$  de masa  $24\ \mu\text{g}$  tiene un período de un minuto. Al cabo de cinco minutos, ¿Cuál será la masa de  $^{25}\text{Na}$  que queda en la muestra?

0.75 g

2. Un reactor produce  $40\ \mu\text{g}$  de una sustancia radiactiva. Después de un día, quedan  $5\ \mu\text{g}$ . ¿Cuál es el período de esta sustancia?

8h

3. Se llama actividad de una muestra a la cantidad de núcleos que se desintegran dividida por el tiempo y se define el becquerel (Bq) a una desintegración por segundo. Antiguamente se había definido el curie(Ci) como  $3.7 \times 10^{10}$  desintegraciones por segundo. ¿Cuánto vale 1 Ci en función de **Bq**?

4. Un reactor nuclear tiene una potencia de  $10^6$  vatios (W). ¿Cuánto disminuirá la masa del combustible en 100 horas?

4 mg.

5. Una bomba atómica contiene 23.5 Kg de  $^{235}\text{U}$ .

a. ¿Cuántos átomos contiene?

$6.02 \times 10^{25}$  átomos.

b. Se admite que la fisión de un átomo libera una energía de 200 Mev ( $1\ \text{Mev} = 1.6 \times 10^{-13}\ \text{J}$ ).

¿Cuál es la energía total recibida? (Todos los átomos se fisionan)

$1.93 \times 10^{15}\ \text{J}$ .

c. ¿Qué cantidad de masa desaparece en la explosión de la bomba atómica?

21 g.

Compartimos las soluciones con el Profesor y con los compañeros que no han podido resolver 1 o varios problemas.



## APLICACIONES DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Ya para terminar el grado once, todos los futuros bachilleres han prestado el **servicio social** de 80 horas en diferentes actividades. Para la mayoría la experiencia es gratificante y digna de repetirse en otros ámbitos de la comunidad.

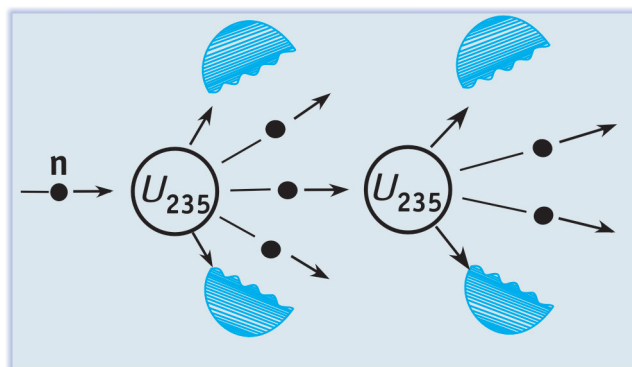


Fig. 7

### ORIENTACIÓN AL SERVICIO

- Comparta su experiencia de servicio social con sus compañeros y motívelos para que ellos hagan lo mismo en su vecindario.
- Realice alguna de las actividades realizadas por sus compañeros para el beneficio de la comunidad.
- Infórmese muy responsablemente de las aplicaciones que en el mundo de hoy, se está dando a la energía nuclear, y comparta con su familia, sus amigos o vecinos tal información y contribuya así a mejorar la cultura de otros.

Con mis compañeros de subgrupo, leemos y analizamos la fantástica información que a continuación encontramos

### REACTORES NUCLEARES

La fisión del Uranio 235 por neutrones lentos produce un promedio de 2.5 neutrones rápidos que, una vez frenados, pueden provocar de nuevo otras fisiones si no se escapan del uranio, es decir, si la masa de éste es superior a un valor llamado **masa crítica**; se establece una reacción en cadena (Fig. 7).

**Reactor nuclear es el dispositivo que contiene materia fisionable como uranio o plutonio, y que mantiene y controla una reacción en cadena.**

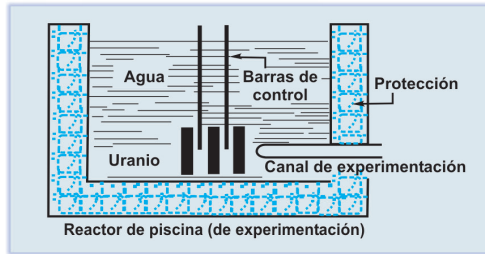


Fig. 8

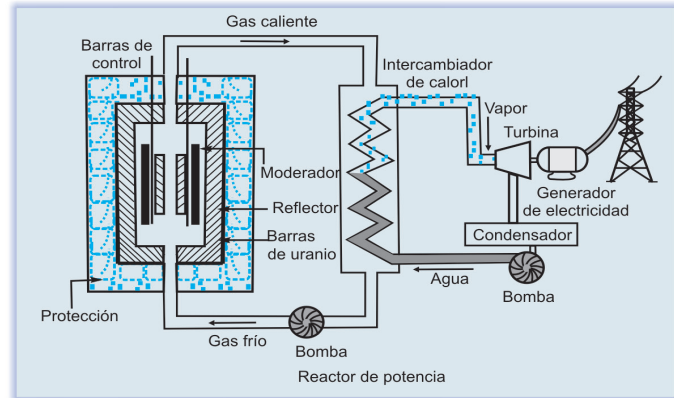


Fig. 9

La Fig. 8 muestra un reactor de experimentación denominado de piscina y la Fig. 9 muestra un reactor de potencia.

¿Qué aplicación puede tener un reactor de potencia en la vida cotidiana? (1).

## APLICACIONES INDUSTRIALES DE LAS RADIACIONES

Las radiaciones de los cuerpos radiactivos (radioisótopos) se utilizan por sus diferentes propiedades:

### • Electricidad Estática

En las fábricas de textiles, papel, pólvora, etc., el rozamiento produce grandes cantidades de cargas eléctricas y la descarga brusca de esta electricidad puede conducir a graves accidentes. **Se puede eliminar esta electricidad poniendo sustancias radiactivas cerca del lugar donde se producen (Fig. 10).**



Fig. 10



- **Luz atómica**

Los radioisótopos mezclados con sustancias fluorescentes, como el sulfuro de zinc, excitan los electrones exteriores de la sustancia que al dejar de excitarse produce luz (pinturas fluorescentes).

Se puede utilizar gas radiactivo mezclado con gas fluorescente. **Las bombillas de luz atómica son utilizadas para señalar las pistas de campos de aterrizaje**, siendo muy interesantes por su independencia de cualquier fuente de corriente y su larga duración (Fig. 11).



Fig. 10

- **Pilas eléctricas**

Se toma un condensador; una de las armaduras se cubre con sustancia radiactiva que emiten partículas beta y por lo tanto se vuelve positiva. La otra armadura recibe estos electrones y se carga negativamente.

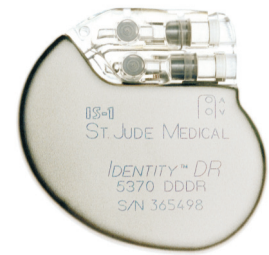


Fig. 12

Estas pilas se utilizan como fuentes de energía en los satélites artificiales **y para algunos tratamientos de enfermedades cardíacas, como los marcapasos** (Fig. 12).

- **Medición de espesores**

Las radiaciones son parcialmente absorbidas por la materia, según el espesor de ésta. El detector de radiación puede dar la medida directa del espesor.

Las aplicaciones importantes son la medida del espesor del papel, de los plásticos, del vidrio, del caucho y del hierro laminado caliente (Fig. 13).

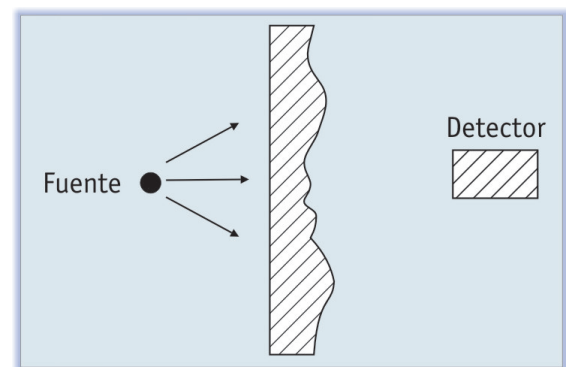


Fig. 13



- **Medidas de volúmenes líquidos**

El volumen del contenido líquido de un recipiente se puede determinar mezclándole una cantidad conocida de un radioisótopo y midiendo después la actividad de una muestra.

- **Gammagrafía**

Es posible preparar fuentes intensas de rayos gamma en pequeño volumen. En consecuencia, se pueden hacer radiografías semejantes a las de los rayos X. No se utiliza corriente eléctrica y se hacen radiografías de piezas de acero de varios centímetros de espesor. La gammagrafía se utiliza en soldadura, fundición y control de piezas metálicas (Fig. 14).

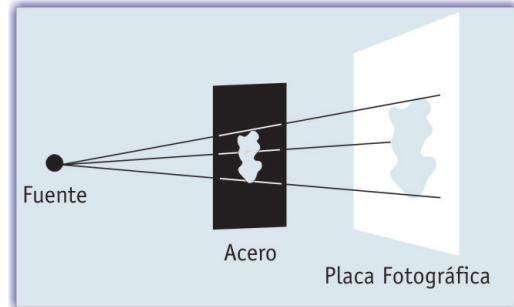


Fig. 14

- **Investigaciones biológicas**

Se ha estado investigando acerca del **intercambio iónico entre los tejidos; medida de la actividad de las glándulas** (en particular del Tiroides); investigación sobre el **metabolismo**, etc.; **conservación de los alimentos; la esterilización de los alimentos** por las radiaciones es una técnica muy interesante, particularmente para las papas.

- **Aplicaciones médicas**

En medicina, las radiaciones se pueden utilizar para el **diagnóstico** y para la **radioterapia**. Las radiaciones **destruyen determinadas células con un fin terapéutico**.

Se puede medir, después de una inyección de yodo radiactivo, el porcentaje de fijación del yodo por el tiroides en función del tiempo y

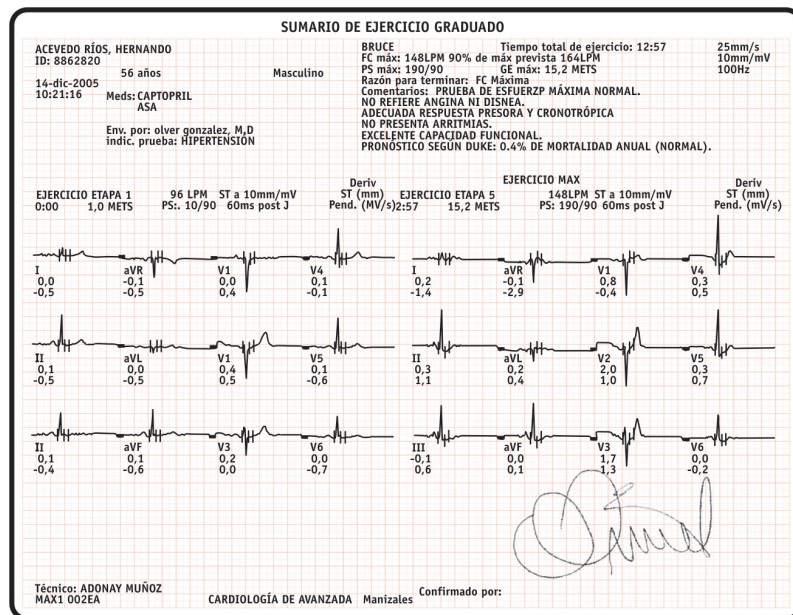


Fig. 15





análogamente para el hígado. Para ello se debe colocar un detector cerca al tiroides o al hígado.

Un detector puesto cerca del corazón registrará la variación de actividad en función del tiempo: esto es, un radiocardiograma (Fig. 15).

En conclusión, vemos que en su gran mayoría las aplicaciones de la Física están orientadas hacia el beneficio de la humanidad para brindarle calidad de vida y buena salud.

¿Qué aplicaciones de la energía nuclear van en perjuicio de la humanidad? (2)

Compartimos nuestras inquietudes y las respuestas a las preguntas (1) y (2) con el profesor

## EXPERIMENTO

### Período radiactivo

Los materiales radiactivos se caracterizan por el valor de su período de semidesintegración o sea el tiempo  $T$  para que la mitad del material se desintegre. **Haga un modelo de este hecho.**

- Tome un decímetro cuadrado de cartulina blanca por un lado y negra por el otro. Recorte  $N_0 = 100$  cuadritos de  $1 \text{ cm}^2$ , coloquemos dentro de una cajita de cartulina que se pueda sacudir para mezclarlos.

Abra la caja y coloque los cuadritos sobre la mesa. Cunte los cuadritos negros visibles ( $N'$ ) y retírelos. Quedan sobre la mesa  $N_1 = N_0 - N'$  cuadritos negros.

Coloque todos los cuadritos de la mesa dentro de la caja, sacúdalos y colóquelos sobre la mesa. Cunte los cuadritos negros visibles ( $N''$ ) y retírelos. Quedan sobre la mesa  $N_2 = N_1 - N''$  cuadritos negros, y así sucesivamente.

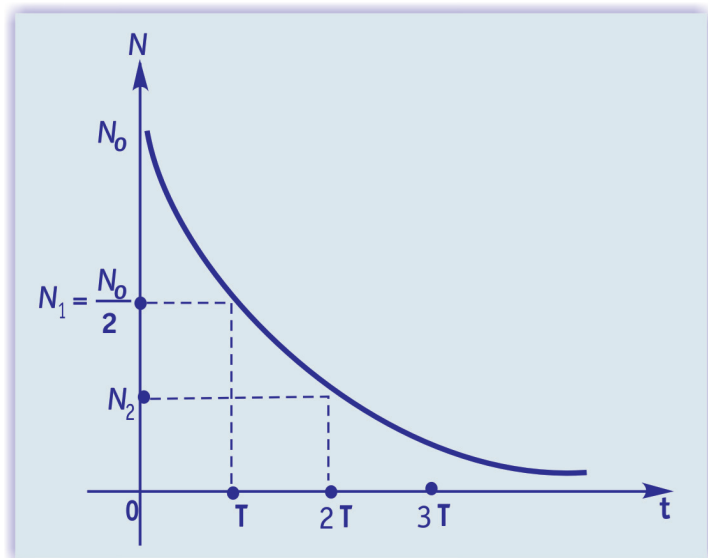



Fig. 16



Haga la cuenta de  $N_0, N_1, N_2, \dots$  en función del tiempo  $t$  que demora cada ensayo. Este tiempo  $T$ , que admitimos constante, es el período de semidesintegración, porque  $N_1$  es aproximadamente igual a  $N_0/2$ , y así sucesivamente. Esta curva es una exponencial y queda aproximadamente como la figura 16.

- b. Repita el experimento cambiando los cuadritos por 100 monedas, utilizando los lanzamientos y contando las caras” después de 100, 50, 25, ... etc. Ensayos.

Compartimos el procedimiento y la gráfica con el Profesor quien nos dará el visto bueno.



### ¿DESEA APRENDER MÁS?

Proyecte siempre a los demás sus conocimientos acerca de los productos o servicios que ofrece. Persuada a la gente a hacer lo que quiere que hagan, simplemente porque realmente quieren hacerlo. La gente hará lo que usted quiere que hagan, de buen agrado, en la medida en que vean que usted tiene en cuenta sus propios intereses.

Con mis compañeros de subgrupo, consultamos en Internet los últimos descubrimientos de los siguientes temas. Convenza a sus compañeros de hacer la consulta.

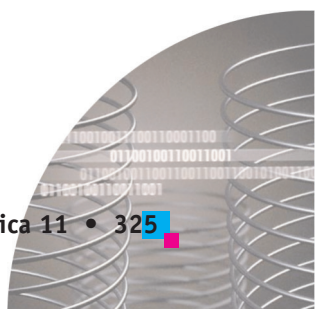
1. Últimos adelantos de la medicina
2. Tecnología del futuro
3. Avances en Astronomía y viajes espaciales
4. Lo más sofisticado en armas convencionales y nucleares

“TRATE A LA GENTE COMO SI FUERA LO QUE DEBERÍA SER  
Y LOS AYUDARÁ A CONVERTIRSE EN LO QUE SON CAPACES  
DE SER”

Johann Von Goethe



# ESTUDIO Y ADAPTACIÓN DE LA GUÍA







## **BIBLIOGRAFÍA**

ACEVEDO RIOS, Hernando. PIÉNSALO. Editorial Manigraf, 2004.

ALVARENGA Beatriz y MÁXIMO Antonio. FÍSICA GENERAL II Con experimentos Sencillos. Editorial Harla, S.A. México, 1983.

BECHARA Beatriz y BAUTISTA Mauricio. FÍSICA 11, OSCILACIONES, ONDAS, ELECTROMAGNETISMO Y FÍSICA MODERNA, Editorial Santillana S.A., 1995.

CARNEGIE, Dale. CÓMO HABLAR BIEN EN PÚBLICO E INFLUIR EN LOS HOMBRES DE NEGOCIO. Editorial EDHASA, 1976.

CARNEGIE, Dale. CÓMO SUPRIMIR LAS PREOCUPACIONES Y DISFRUTAR DE LA VIDA, Editorial EDHASA, 1976.

CASAS; José Vicente, MUÑOZ Josué y QUIROGA Jorge. FÍSICA II, ONDAS Y LUZ, ELECTROMAGNETISMO Y ESTRUCTURA DE LA MATERIA, Editorial Norma, 1974.

GARCÍA, Carmelo. FÍSICA II, Editorial PIME, 1985.

QUINTERO, Zandra y LAVACUDE, Kenny. GENTE BUENA PARA UN MUNDO MEJOR, Periódicos Asociados Ltda., Bogotá, 2004. (Esta obra circuló con LA PATRIA, EL COLOMBIANO, EL PAIS, VANGUARDIA LIBERAL, EL UNIVERSAL, EL HERALDO, LA OPINIÓN, DIARIO HOY DEL MAGDALENA Y LA TARDE, a través de 24 fascículos).

QUIROGA, Jorge. FÍSICA SEGUNDA PARTE. Editorial Bedout S.A., 1976.

STAPLES, Walter. PIENSE COMO UN GANADOR, Editorial Atlántida S.A., 1992.

VALERO Michel. FÍSICA FUNDAMENTAL 2, Editorial Norma S.A., 1996.

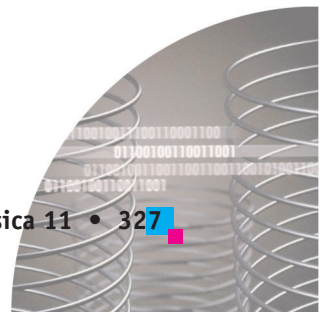
### **Direcciones electrónicas:**

#### **Guía 1**

<http://www.railfan.ne.jp/rj/train/>

<http://www.coasterforce.com/>

<http://proton.tau.ac.il/>





<http://www.latinbayarea.com>  
<http://perso.chello.fr/users/b/baertd/fond/satelite.jpg>  
<http://www.lodyc.jussieu.fr/~dinnat/smos.jpg>  
<http://www.sweet.by.ru:81/wallpaper/big/space/satelite30.JPG>

## Guía 4

[monitor.admin.musc.edu/~cfs/iit\\_2004/waking.html](http://monitor.admin.musc.edu/~cfs/iit_2004/waking.html)  
<http://www.vanderbilt.edu/News/news/pics/wtc2/tears.jpg>

## Unidad 2

### Guía 1

<http://www.aerocompinc.com/airplanes/CA-Jet/photos/jet-desktop.jpg>  
<http://www-personal.engin.umich.edu/~ksacks/speech%201.JPG>  
<http://www.rutherford-nj.com/Emergency%20Services/FD/Engine%204.JPG>  
<http://www.mishicotpd.org/1.jpg>  
[http://www.ballroomdancesport.com/Party\\_photo\\_gallery\\_3.htm](http://www.ballroomdancesport.com/Party_photo_gallery_3.htm)  
<http://www.irtc.org/ftp/pub/stills/2000-04-30/explosio.jpg>  
[http://www.andreasscholl.de/diverses/PicoJet/100-0042\\_IMG.JPG](http://www.andreasscholl.de/diverses/PicoJet/100-0042_IMG.JPG)  
<http://academic.scranton.edu/student/MARXG2/jet.jpg>  
<http://svelgen.gs.sf.no/images/Domino.jpg>  
<http://www.americancouncils.spb.ru/images/aaconf/FLEX%20Alumni%20Assistant%20Conference%20039.jpg>  
<http://www.nuigalway.ie/research/idari/images/Set%20Dancing%20at%20Vaughans.jpg>

### Guía 2

[http://www.nasa.gov/centers/kennedy/images/content/91182main\\_96pc744.jpg](http://www.nasa.gov/centers/kennedy/images/content/91182main_96pc744.jpg)  
[http://www.doh.state.fl.us/Disease\\_ctrl/epi/rabies/images/petb100.jpg](http://www.doh.state.fl.us/Disease_ctrl/epi/rabies/images/petb100.jpg)  
<http://www.moonraker.com.au/techni/lightning.jpg>  
[http://gallery-wallpaper.mine.nu/motos/images/0618\\_jpg.jpg](http://gallery-wallpaper.mine.nu/motos/images/0618_jpg.jpg)  
[http://www.wga.hu/art/l/leyster/y\\_flute.jpg](http://www.wga.hu/art/l/leyster/y_flute.jpg)  
[http://gallery.hd.org/\\_exhibits/natural-science/\\_more2004/\\_more04/bonfire-huge-wood-fire-crowd-people-at-Easter-Celebrations-in-Sissi-Crete-Greece-DHD.jpg](http://gallery.hd.org/_exhibits/natural-science/_more2004/_more04/bonfire-huge-wood-fire-crowd-people-at-Easter-Celebrations-in-Sissi-Crete-Greece-DHD.jpg)  
<http://www.interspacenews.com/sections/photo%20galleries/STS-107/sts-107launch1.jpg>



### Guía 3

<https://engineering.purdue.edu/WIEP/LEAP/teams2.jpg>

<http://www.field-target-cloppenburg.de/Andreas.jpg>

[http://www.inrp.fr/she/images/bdb/Resize%20of%20DSCN1803\\_p1.jpg](http://www.inrp.fr/she/images/bdb/Resize%20of%20DSCN1803_p1.jpg)

### Guía 4

<http://perso.wanadoo.fr/musique.mecanique/images/phono.jpg>

<http://www.flamenco-world.com/magazine/about/documentacion/fonografo.jpg>

<http://www.tinytownrailroad.com/steam2.jpg>

<http://www.eduard-stirnemann.ch/Dampfzug640.jpg>

[http://www.euphonix.com/press/clients/euph\\_sydney\\_opera\\_interior.jpg](http://www.euphonix.com/press/clients/euph_sydney_opera_interior.jpg)

[http://www.phschool.com/atschool/science\\_activity\\_library/images/properties\\_sound\\_doppler.jpg](http://www.phschool.com/atschool/science_activity_library/images/properties_sound_doppler.jpg)

### Unidad 3

#### Guía 3

[http://www.wyckoffschoools.org/sicomac/principal\\_corner/images/Detective%20Bottom.jpg](http://www.wyckoffschoools.org/sicomac/principal_corner/images/Detective%20Bottom.jpg)

### Unidad 5

#### Guía 3

<http://www.cabot.ac.uk/Intercambio%20web/Photo%20Gallery/school%202/images/students%20working%201.jpg>

