

Contents

1	Introducción	2
1.1	Introducción Histórica	2
1.2	El Método Científico	2
1.3	Leyes de conservación en física	2
1.4	Cuestiones	2
1.5	Material complementario	3
2	La luz	3
2.1	Interacción electromagnética	3
2.2	Ondas	3
2.3	La luz como una onda	3
2.4	La luz como un chorro de partículas	3
2.5	Aplicaciones	4
2.6	Cuestiones	4
2.7	Problemas	4
2.8	Material complementario	6
3	Relatividad	6
3.1	Conceptos Básicos y Relatividad de Galileo	6
3.2	Relatividad Especial de Einstein	6
3.3	Cuestiones	6
3.4	Problemas	7
3.5	Material complementario	7
4	La Teoría Cuántica	8
4.1	Introducción	8
4.2	Propiedades ondulatorias de la materia	8
4.3	Relaciones de indeterminación de Heisenberg	8
4.4	Modelos atómicos iniciales	8
4.5	La Mecánica Cuántica	8
4.6	Indistinguibilidad	8
4.7	Problemas conceptuales de la Mecánica Cuántica	9
4.8	Cuestiones	9
4.9	Problemas	9
4.10	Material complementario	10
5	Estructura de la materia I	10
5.1	Estructura del átomo	10
5.2	Estructura del núcleo	10
5.3	Partículas subatómicas	11
5.4	Cuestiones	11
5.5	Problemas	12
5.6	Material complementario	12

6	Estructura de la materia II	13
6.1	Las moléculas	13
6.2	La materia condensada	13
6.3	Cuestiones	13
6.4	Problemas	13
6.5	Material complementario	14
7	Energía nuclear	14
7.1	Estabilidad nuclear	14
7.2	Desintegraciones radiactivas	14
7.3	Aplicaciones	14
7.4	Fusión y fisión nuclear	15
7.5	Cuestiones	15
7.6	Problemas	15
7.7	Material complementario	15
8	Gravitación, Astrofísica y Cosmología	16
8.1	Teoría de Newton de la Gravitación Universal	16
8.2	Teoría de Einstein de la Relatividad General	16
8.3	Astrofísica	16
8.4	Cosmología	17
8.5	Cuestiones	17
8.6	Material complementario	18

1 Introducción

1.1 Introducción Histórica

- El paradigma de la Física antigua. Los cuatro elementos de Empédocles. Interacciones: “Amor” y “Odio”. La Física de Aristóteles.
- El paradigma de la Física clásica. Las leyes de Newton. Los elementos de la tabla periódica. La teoría atómica. Interacciones: Gravitación, Electromagnetismo y Enlace químico.
- El paradigma de la Física moderna. La teoría cuántica y la relatividad. Electrones, protones, neutrones y neutrinos. Interacciones: Gravitación, Electromagnetismo, Interacción fuerte e Interacción débil.
- El paradigma de la Física actual. La teoría cuántica de campos. Quarks y leptones. Interacciones: Electro-débil, Interacción de color. Gravitación.

1.2 El Método Científico

- La observación y la experimentación en la ciencia. Objetividad. Reproducibilidad. Control de las condiciones de contorno. Incertidumbres experimentales.
- Teorías y modelos en la ciencia. Consistencia interna de teorías y modelos. Simplicidad: La navaja de Occam. Poder predictivo. Extensión del rango de validez de una teoría. Unificación.
- Relación de teoría y experimento. Predicciones. Contrastación. Conflicto entre teoría y experimento.

1.3 Leyes de conservación en física

- Conservación de la masa.
- Conservación del momento lineal. Invariancia frente a traslaciones.
- Conservación del momento angular. Invariancia frente a rotaciones.
- Conservación de la energía. Invariancia frente a desplazamientos temporales.
- Conservación de la carga eléctrica.

1.4 Cuestiones

1. Cuáles son los elementos, las interacciones y el marco teórico en el paradigma de la física antigua.
2. Cuáles son los elementos, las interacciones y el marco teórico en el paradigma de la física clásica.
3. Cuáles son los elementos, las interacciones y el marco teórico en el paradigma de la física moderna.

4. Cuáles son las leyes de conservación más importantes en física clásica.Cuál es su relación con las simetrías.
5. Cómo se relaciona la teoría y el experimento en el método científico.

1.5 Material complementario

- Video “La Luz a través de la historia”: Parte 1 (De los griegos a Newton).

2 La luz

2.1 Interacción electromagnética

- Carga eléctrica.
- Fuerza eléctrica, ley de Coulomb.
- Potencial eléctrico
- Corriente eléctrica
- Campo magnético
- Fuerza magnética, ley de Lorentz.

2.2 Ondas

- ¿Qué es una onda?
- Magnitudes características: longitud de onda, periodo, frecuencia, amplitud, elongación.
- Ondas longitudinales y ondas transversales.
- Interferencia de ondas.

2.3 La luz como una onda

- Ondas electromagnéticas
- Espectro electromagnético.
- Difracción por una doble rendija.

2.4 La luz como un chorro de partículas

- Aspectos corpusculares de la radiación electromagnética
- Efecto fotoeléctrico.
- Naturaleza dual de la radiación.

2.5 Aplicaciones

- Célula fotoeléctrica.
- Espectroscopía de rayos-X.

2.6 Cuestiones

1. Si una carga positiva se mueve en la dirección del eje OX positivo en una zona en la que el campo magnético va en la dirección del eje OZ positivo, dar dirección y sentido de la fuerza que siente.
2. Explicar si una carga eléctrica sometida a un campo magnético se acelera siempre.
3. Obtener la relación de interferencia destructiva para una radiación monocromática que atraviesa una doble rendija (d distancia entre las rendijas) y que se observa sobre una pantalla situada a una distancia D de la doble rendija.
4. Explicar en qué sentido la luz es una onda.
5. Explicar en qué sentido la luz es un conjunto de partículas.
6. Dar alguna razón por la que el efecto fotoeléctrico no se puede explicar con la teoría clásica del electromagnetismo.
7. ¿Cómo funciona una célula fotoeléctrica?

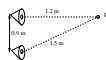
2.7 Problemas

1. Completar la tabla siguiente

ondas	Frecuencia	Longitud de onda	Energía (eV)
Radio AM	540-1500 kHz		
Radio FM	88-108 kHz		
TV VHF	54-88 MHz		
TV UHF	174-216 MHz		
Micro-ondas		30-0,03 cm	
Infrarojo		300-0,7 μm	
Visible		700-400 nm	
Ultravioleta		400-30 nm	
Rayos-X		30-0,03 nm	
Rayos γ		< 0,03 nm	

2. En Europa la electricidad se transmite por cables en ondas de frecuencia 50 Hz. Si esas ondas viajan por los cables a la velocidad de la luz, $c=3 \times 10^8$ m/s, ¿cuál es su longitud de onda? Compararla con la longitud de onda de la luz visible.

- Un estudiante lanza luz de un laser de longitud de onda desconocida sobre una red de difracción de 50 líneas por centímetro y observa la imagen sobre la pared situada a 6 m de distancia de la red de difracción. Sobre la pared observa que el desplazamiento del primer máximo con respecto al centro es 1,5 cm. ¿Cuál es la longitud de onda del láser?.
- Dos pequeños altavoces idénticos emiten en fase ondas de sonido de longitud de onda $\lambda = 30$ cm. Los altavoces están separados una distancia de 0,9 m, según se muestra en la figura. a) La interferencia en el punto P ¿será constructiva o destructiva?. b) ¿Cuál será la frecuencia de las ondas?. c) Si reducimos la frecuencia a la mitad, ¿qué tipo de interferencia ocurre en P?.



- La energía necesaria para arrancar un electrón del Sodio (Na) es 2,3 eV. ¿Muestra el Na efecto fotoeléctrico para la luz naranja ($\lambda = 6800 \text{ \AA}$)?
- Sobre una superficie de aluminio incide luz con $\lambda = 2000 \text{ \AA}$. Se requieren 4,2 eV para arrancar un electrón del aluminio. ¿Cuál es la energía cinética: a) de los electrones más rápidos, y b) de los más lentos emitidos? c) ¿Cuánto vale el potencial de frenado? d) ¿Cuánto la λ de corte para el aluminio? e) Si incide una intensidad de luz de $2,0 \text{ W/m}^2$, ¿qué número medio de fotones/ (cm^2s) llegan a la superficie?.
- Cuando una superficie limpia de Li se ilumina con luz monocromática de distintas λ se necesita un cierto potencial de retraso para cortar la corriente de fotoelectrones. A continuación se dan los datos obtenidos experimentalmente:

λ (nm)	433,9	404,7	365,0	312,5	253,5
Potencial de retraso (V)	0,55	0,73	1,09	1,67	2,57

Dibujar esos datos experimentales y obtener aproximadamente: el valor numérico de la constante de Planck, la función trabajo del Li y la frecuencia de corte por debajo de la cual el Li no emite electrones.

2.8 Material complementario

- Video V.52 “La luz a través de la Historia”: parte II (El siglo de las ondas) y parte III (La dualidad onda corpúsculo).
- Prácticas de laboratorio:
 1. Difracción de la luz por una red de difracción.
 2. El efecto fotoeléctrico.

3 Relatividad

3.1 Conceptos Básicos y Relatividad de Galileo

- Sistema de referencia.
- Principio de relatividad.
- Transformaciones de galileo.
- Invariancia de las leyes de conservación.

3.2 Relatividad Especial de Einstein

- Experimento de Michelson-Morley.
- Transformaciones de Lorentz.
- Contracción del espacio y dilatación del tiempo.
- Expresión relativista del momento.
- Expresión relativista de la energía. Energía en reposo.

3.3 Cuestiones

1. Explica qué es un sistema de referencia y enuncia el principio de relatividad.
2. Explica las transformaciones de Galileo. Comprueba que la conservación del momento se mantiene cuando se realizan dichas transformaciones.
3. Explica las transformaciones de Lorentz. Comprueba que la velocidad de la luz no varía cuando se realizan dichas transformaciones.
4. Explica el significado de la contracción de las longitudes. Pon un ejemplo.
5. Explica el significado de la dilatación del tiempo. Pon un ejemplo.
6. Pon las expresiones relativistas del momento y de la energía cinética. Comprueba que se reducen a las expresiones clásicas para velocidades pequeñas.
7. Explica el significado de la expresión $E = mc^2$

3.4 Problemas

1. Se tienen dos reglas A y B que se fabrican con la misma longitud de 1 m. La regla A se introduce en un cohete espacial que se acelera hasta la velocidad de $0.6c$. La regla B permanece en la tierra.
 - a) ¿Qué regla es más larga, A o B?
 - b) ¿Qué regla parece más larga, A ó B?
 - c) Visto desde la tierra, ¿cuál es la longitud de A y la de B?
 - d) Visto desde el cohete, ¿cuál es la longitud de A y la de B?
2. Se tienen dos relojes A y B que se fabrican de forma que hagan “tic” una vez por segundo. El reloj A se introduce en un cohete espacial que se acelera hasta la velocidad de $0.6c$. La regla B permanece en la tierra.
 - a) ¿Qué reloj adelanta, A o B?
 - c) Visto desde la tierra, ¿cuánto tiempo transcurre entre los “tic” de A? ¿cuánto tiempo transcurre entre los “tic” de B?
 - d) Visto desde el cohete, ¿cuánto tiempo transcurre entre los “tic” de A? ¿cuánto tiempo transcurre entre los “tic” de B?
3. Una estrella está de la tierra a 100 años-luz. No obstante, un astronauta asegura que ha llegado de la tierra a la estrella en 10 años. ¿Miente el astronauta? ¿A qué velocidad viajaría su nave, si dice la verdad?
4. Una bomba está preparada con un temporizador para estallar a los 100 segundos. La bomba se lanza desde la tierra a una velocidad de $0.9c$. ¿A qué distancia de la tierra estalla?
5. Un objeto de masa en reposo de 1kg se acelera con una fuerza constante de 10^6N . ¿Cuánto tiempo tarda en alcanzar la velocidad de $0.1c$, $0.5c$, $0.9c$, $0.99c$, $0.999c$? ¿Cuál es su masa en cada caso? ¿Alcanzará alguna vez la velocidad de la luz?
6. El gasto diario de energía eléctrica en una casa es de 10 kilovatios-hora. (1 kilovatio-hora = $3.6 \cdot 10^6$ Julios). Si pudiéramos convertir integralmente en energía un gramo de masa, para cuánto tiempo tendríamos asegurado el suministro de electricidad en la casa.
7. Si tomamos 1 kg de agua a 10 grados centígrados, y la calentamos hasta 90 grados centígrados, ¿cuánto aumentará la masa del agua?
8. Si tomamos 1000 kg de hierro, y lo elevamos a una altura de 100 m, ¿cuánto aumentará su masa?

3.5 Material complementario

- Videos
 1. “El experimento Michelson-Morley”
 2. “La transformación de Lorentz”

3. “Velocidad y tiempo”
4. “Energía, cantidad de momento y masa”

4 La Teoría Cuántica

4.1 Introducción

- Un poco de historia.
- El cuanto de acción: M. Planck.
- Análisis dimensional.
- Ejemplos.

4.2 Propiedades ondulatorias de la materia

- Longitud de onda de L. de Broglie.
- Experimento de Davisson y Germer.

4.3 Relaciones de indeterminación de Heisenberg

- Relación posición-momento.
- Relación energía-tiempo.

4.4 Modelos atómicos iniciales

- Modelo de Thomson.
- Modelo de Rutherford.
- Modelo de Bohr.

4.5 La Mecánica Cuántica

- El concepto de probabilidad en Mecánica Cuántica: un experimento conceptual.
- La ecuación de Schrödinger.
- Ondas de probabilidad: interpretación de la función de onda
- Los postulados de la Mecánica Cuántica

4.6 Indistinguibilidad

- Bosones y fermiones: principio de exclusión de Pauli.

4.7 Problemas conceptuales de la Mecánica Cuántica

- Determinismo e indeterminismo.
- Localidad y causalidad.
- El problema de la medida.

4.8 Cuestiones

1. Dar el valor y las unidades de la constante de Planck.
2. ¿Qué es la relación de L. de Broglie?
3. ¿Qué información da $|\phi(\vec{r}; t)|^2 d\vec{r}$?
4. Escribe la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo.
5. ¿Qué es el espín de una partícula?
6. ¿En qué se diferencian bosones y fermiones?
7. ¿Como se tratan en Mecánica Cuántica dos alternativas que interfieren?
8. ¿Por qué se suele decir que la Mecánica Cuántica no es determinista?
9. ¿En qué consiste el denominado problema de la medida en Mecánica Cuántica?

4.9 Problemas

1. Una bala de masa 40 g se mueve a 1000 m/s. Calcular la longitud de onda de De Broglie asociada a esa bala. ¿Por qué la naturaleza ondulatoria de la bala no se pone de manifiesto a través de efectos de difracción?
2. Los detalles más pequeños que se pueden observar con un microscopio son aproximadamente como la longitud de onda de la luz con que se ilumina. Supongamos que queremos ver detalles dentro de un átomo. Eso significa que como el átomo tiene un diámetro de aproximadamente 1 Å, queremos observar detalles de aproximadamente 0,1 Å. Si usáramos un microscopio tradicional para esa observación, ¿qué longitud de onda máxima debería tener la luz usada?, ¿a qué región del espectro electromagnético corresponde esa λ ?, ¿cuál es la energía mínima de los fotones correspondientes?. Si se usa un microscopio de electrones, ¿cuál es la energía cinética mínima de los electrones necesarios?. ¿Cuál de los dos microscopios parece más apropiado para hacer esa observación?.
3. Suponer una bala ($m=50$ g) y un electrón ($9,1 \times 10^{-31}$ kg) que se mueven con velocidad de 300 m/s. La incertidumbre en la velocidad es del 0,01%. Si se miden simultáneamente posición y velocidad de ambas, ¿con qué precisión fundamental podríamos localizar cada una de ellas?

4. El núcleo atómico tiene de radio unos pocos fm (10^{-15} m). Según el principio de indeterminación de Heisenberg ¿podría haber electrones dentro del núcleo si dentro de éste la ligadura máxima por partícula es de unos 10 MeV?. Responder a las mismas preguntas para el caso de un protón. La masa del electrón es $9,1 \times 10^{-31}$ kg, la masa de un protón es $1,67 \times 10^{-27}$ kg y $1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13}$ J.
5. En el modelo de Bohr se obtiene que las energías de los estados posibles para el átomo de H vienen dadas por

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2}$$

(en eV), con $1 \leq n \leq \infty$. a) Dibujar a escala el diagrama de niveles del H con los primeros 5 estados. b) La serie de Balmer del H corresponde a las transiciones con $n_{final} = 2$. Muestra en tu dibujo las transiciones que dan lugar a las tres primeras líneas de la serie de Balmer y calcular sus energías y longitudes de onda. ¿De qué color es cada una de esas líneas?.

4.10 Material complementario

- Videos:

1. “Partículas y ondas”, (V.50 de la serie El Universo Mecánico)
2. “Electrones y fotones”, (V.31 de la serie The Open University)
3. “El átomo”, (Lección 49 de la serie El Universo Mecánico)

- Prácticas:

1. Difracción de electrones
2. Experimento de Franck-Hertz

5 Estructura de la materia I

5.1 Estructura del átomo

- El átomo de un electrón. Escalas de longitudes y escalas de energías.
- El átomo de varios electrones. La tabla periódica.
- Emisión de radiación. El laser. Los rayos X.

5.2 Estructura del núcleo

- Protones y Neutrones. El núcleo atómico. Escalas de longitudes y escalas de energías.
- Masas nucleares y energías de ligadura.
- La interacción fuerte y la interacción débil.

5.3 Partículas subatómicas

- Partículas y antipartículas. Partículas y campos.
- Partículas elementales. Quarks y leptones. El modelo Estándar.

5.4 Cuestiones

1. Qué tamaño tiene un átomo en el modelo de Bohr. Qué energía es necesaria para arrancar un electrón de un átomo de hidrógeno.
2. Cómo depende la energía y el radio de la carga Z del núcleo en el átomo de un electrón.
3. En qué consiste la aproximación del campo medio para un átomo de muchos electrones.
4. Cómo se obtienen las propiedades de los elementos de la tabla periódica a partir de la secuencia de niveles monoparticulares.
5. Qué son los rayos X. Qué energía tienen.
6. Cómo funciona un LASER.
7. Qué propiedades (masa, carga y momento magnético) tienen los protones, neutrones y electrones.
8. Qué representan los números Z y A referidos a un núcleo atómico.
9. Qué tamaño tienen los núcleos. Cómo es su distribución de densidad.
10. Qué fuerzas existen entre protones, neutrones y electrones. Explica sus características.
11. Qué son las antipartículas. Cómo se predijo su existencia.
12. Cómo está relacionado el alcance de la interacción con la masa de la partícula que la produce. Pon ejemplos.
13. Qué partículas se clasifican como leptones. Qué interacciones sienten. ¿Son elementales? Pon algunos ejemplos.
14. Qué partículas se clasifican como mesones. Qué interacciones sienten. ¿Son elementales? Pon algunos ejemplos.
15. Qué partículas se clasifican como bariones. Qué interacciones sienten. ¿Son elementales? Pon algunos ejemplos.
16. Qué son los quarks. Qué carga eléctrica tienen. Cómo se describen los bariones y los mesones en términos de quarks.
17. Cuáles son los elementos, las interacciones y el marco teórico en el paradigma de la física actual (modelo estándar).

5.5 Problemas

1. Considera la función de onda del átomo de hidrógeno con $n=2$, $l=0$. Calcula la probabilidad de que el electrón esté a una distancia del núcleo a) entre 0 y 0.1 nm; b) entre 0.1 y 0.2 nm; c) entre 0.2 y 0.3 nm; d) a más de 0.3 nm.
2. Considera los rayos X del cobre ($Z=29$), del estaño ($Z=50$) y del plomo ($Z=82$). Calcula sus energías y sus longitudes de onda, considerando las transiciones de niveles electrónicos de $n=2$ a $n=1$. Explica cómo puede utilizarse la emisión de rayos X para conocer la composición de un bronce arqueológico, que es una aleación de cobre y estaño con una pequeña fracción de plomo.
3. Las reacciones de fusión que ocurren en el sol pueden resumirse en el proceso $4p + 2e \rightarrow \alpha + 2\nu$. Teniendo en cuenta que la partícula α , formada por dos protones y dos neutrones, tiene una masa de 3727.409 MeV y que el neutrino ν no tiene masa, obtén la energía que se produce por cada reacción. Obtén la energía que produciría la fusión de un gramo de hidrógeno.
4. Teniendo en cuenta la fórmula semiempírica de masas, obtén, en función de A , cuál es el valor de Z que produce la máxima energía de ligadura en un núcleo. A partir de este valor, estima cuáles son los valores de Z y N que tendrán los valores de los isótopos estables con $A=20$, $A=50$, $A=100$ y $A=200$.
5. Calcula el número de nucleones que hay en un volumen de 1 fm^3 en el interior de un núcleo típico. Teniendo en cuenta la masa de un nucleón, calcula la densidad en el interior de un núcleo (en g/cm^3).
6. El alcance a de la interacción producida por el intercambio de una partícula de masa m viene dado por $a = \hbar/mc$. Calcula el alcance de la interacción producida por el intercambio de a) un pión ($mc^2 = 140 \text{ MeV}$); b) un mesón ρ ($mc^2 = 770 \text{ MeV}$); c) una partícula W ($mc^2 = 80.4 \text{ GeV}$).
7. Los quarks ligeros u , d y s se caracterizan por su carga eléctrica y su extrañeza. Así, en unidades de e , las cargas son, respectivamente, $2/3$, $-1/3$ y $-1/3$, y las extrañezas son 0 , 0 , y -1 . Obtén la carga y la extrañeza de las parejas posibles quark-antiquark, y de los grupos de tres quarks. Compáralos con las propiedades de las partículas elementales conocidas.

5.6 Material complementario

- Videos

1. “Electrones y átomos”
2. “El átomo”
3. “Introducción al rayo láser”
4. “Desde el átomo al quark”
5. “La búsqueda de la W y de la Z ”

6 Estructura de la materia II

6.1 Las moléculas

- Enlaces moleculares.
- Vibraciones moleculares.
- Rotaciones moleculares.
- Espectros moleculares.

6.2 La materia condensada

- Tipos de sólidos.
- Teoría de bandas en los sólidos
- Superconductividad
- Semiconductores
- Aplicaciones: unión p-n (LED, rectificador, ...)

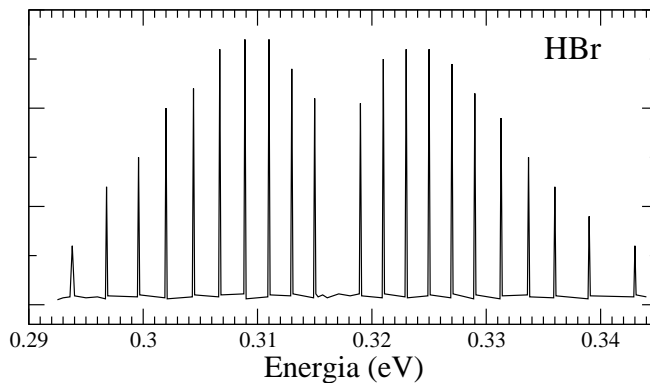
6.3 Cuestiones

1. Dar la estructura electrónica del $_{17}\text{Cl}$ y del $_{11}\text{Na}$
2. ¿Qué es un enlace iónico?
3. ¿Qué es un enlace covalente?
4. ¿Cómo se forma una banda conductora en un sólido?
5. ¿Qué es un semiconductor?
6. ¿Qué es la superconductividad?
7. ¿Para qué sirve una unión p-n?

6.4 Problemas

1. Dar las estructuras atómicas de los átomos constituyentes y explicar cómo se produce el enlace iónico en: KNa y LiNa .
2. Para el HCl la frecuencia de vibración es $\nu = 5.2 \times 10^{13}$ Hz y la separación de equilibrio $r_0 = 0.127$ nm. Calcular el número de niveles rotacionales que hay entre los dos primeros vibracionales.
3. Si un conjunto de moléculas estuvieran todas en el estado base $n=0$ y $l=0$, ¿cuántas líneas habría en el espectro de absorción?, explicar.

4. Calcular las energías que pueden tener los fotones absorbidos en el rango infrarrojo por una molécula diatómica que se comportara armónicamente. Dibujar esquemáticamente las secuencias esperadas de transiciones por absorción entre los estados rotacionales y vibracionales combinados.
5. La figura muestra el espectro de absorción de HBr. Obtener a partir de ella: a) la energía de la transición vibracional pura, b) la constante de fuerza k para esta molécula y c) la distancia de equilibrio.



6.5 Material complementario

- Video: “La luz de los semiconductores” (S272/09 de la serie The Open University)

7 Energía nuclear

7.1 Estabilidad nuclear

- Masas nucleares.
- Energía de ligadura por nucleón.
- Estabilidad nuclear.

7.2 Desintegraciones radiactivas

- Actividad
- desintegraciones radioactivas: α , β y γ
- Efectos biológicos de la radiación.

7.3 Aplicaciones

- Radioterapia.
- Radiofármacos.
- γ -grafía.
- Datación con ^{14}C .

7.4 Fusión y fisión nuclear

- Reactores nucleares de fisión.
- Reactores de fusión.
- El ciclo del C.

7.5 Cuestiones

1. ¿Qué núcleos tienen mayor energía de ligadura?
2. ¿Qué núcleos tienen mayor energía de ligadura por nucleón?
3. ¿Cuál es la ley que gobierna los procesos radioactivos?
4. ¿Qué información da la semivida de una sustancia?
5. ¿En qué consiste la radiación α ?
6. ¿Qué es la fisión nuclear?
7. ¿Cómo funciona el método de fechado por ^{14}C ?
8. ¿Qué contaminación es más peligrosa la α o la *gamma*?

7.6 Problemas

1. ¿Qué fracción del número original de los núcleos presentes en una muestra se han desintegrado después de: a) 2 semividas, b) 4 semividas y c) 10 semividas.
2. Una muestra de material radiactivo presentaba inicialmente una actividad de 548 Bq. Al cabo de 48 minutos la actividad de la muestra se ha reducido a 213 Bq. a) ¿Cuál es la semivida de la sustancia?, b) ¿cuál es su constante de desintegración? y c) ¿cuál será la actividad de la muestra al cabo de 125 minutos?
3. El potasio (K) natural contiene 0.012 % del isótopo radiactivo ^{40}K . Éste tiene una semivida de 1.277×10^9 años. ¿Cuál es la actividad de 1 kg de potasio natural?, ¿cuánto ^{40}K había en el potasio natural hace 4.5×10^9 años?
4. Un pedazo de madera de un árbol cortado recientemente muestra una actividad de ^{14}C de 12.4 desintegraciones por minuto. Una muestra de igual masa de madera procedente de un árbol cortado hace miles de años presenta una actividad de 3.5 desintegraciones por minuto. ¿Cuántos años hace que fue cortado ese árbol?

7.7 Material complementario

- Prácticas:
 1. Dispersión Rutherford de partículas α
 2. Determinación de la semivida de una sustancia radioactiva

8 Gravitación, Astrofísica y Cosmología

8.1 Teoría de Newton de la Gravitación Universal

- Fuerza Gravitatoria. Campo gravitatorio. Potencial Gravitatorio.
- Masa inercial y masa gravitatoria. Aceleración en un campo gravitatorio.
- Éxitos de la teoría de Newton. Descubrimiento de Neptuno.
- Problemas conceptuales: Igualdad de las masas inercial y gravitatoria. Interacción a distancia.

8.2 Teoría de Einstein de la Relatividad General

- Principio de equivalencia.
- Movimiento en un sistema inercial. Intervalo. Tensor métrico.
- Movimiento en un sistema no inercial. Tensor métrico. Líneas geodésicas.
- Ecuaciones de la relatividad general. Solución de Schwarzschild. Relación con la gravitación de Newton.
- Interpretación del movimiento en la teoría de Newton y la de Einstein.
- Pruebas experimentales de la relatividad general. Curvatura de la luz. Precesión del perihelio de mercurio.
- Agujeros negros.

8.3 Astrofísica

- El sistema solar.
- Las estrellas. Tamaños y Magnitudes. Clases espectrales. Diagrama de Hertzsprung-Russell.
- Evolución estelar. Equilibrio. Nacimiento de las estrellas. Quemado de Hidrógeno en la serie principal. Quemado de helio en las gigantes rojas. Muerte de las estrellas. Supernovas.
- Objetos estelares compactos. Enanas blancas. Estrellas de neutrones. Agujeros negros.
- Galaxias.

8.4 Cosmología

- Cómo es el universo. Expansión del universo. Corrimiento al rojo. Constante de Hubble. Geometría del universo.
- Origen del universo. El Big Bang. Características de la singularidad. El universo en sus primeros instantes. Radiación de fondo del universo.
- Futuro del universo. Universo abierto, cerrado y “plano”. Densidad crítica. Materia oscura.

8.5 Cuestiones

1. Explica la teoría de Newton de la gravitación.
2. Explica la diferencia entre masa inercial y masa gravitatoria.
3. Explica el principio de equivalencia de Einstein.
4. Qué es el intervalo entre dos sucesos. Qué es el tensor métrico. Qué diferencia hay entre el tensor métrico en un sistema inercial y en uno no inercial.
5. Qué son las geodésicas. Cómo puede describirse el movimiento de una partícula libre en un sistema no inercial.
6. Cómo son las ecuaciones de Einstein de la relatividad general. Qué magnitudes relacionan.
7. Qué evidencias experimentales existen sobre la relatividad general.
8. Qué diferencias existen entre la descripción de Newton y de Einstein del movimiento en un campo gravitatorio.
9. Qué es un agujero negro. Cómo es el tensor métrico en las proximidades de un agujero negro.
10. Cómo es la estructura de una estrella como el sol.
11. Qué es el diagrama de Hertzsprung-Russell. Qué tipos de estrellas se identifican en dicho diagrama.
12. Qué interacciones deben compensarse para producir el equilibrio en una estrella.
13. Qué es una gigante roja. Cómo se produce.
14. Qué es una enana blanca. Cómo se produce.
15. Qué es una estrella de neutrones. Cómo se produce.
16. Qué es el corrimiento al rojo de las galaxias. Cómo se interpreta.
17. Qué es la constante de Hubble. Qué valor (aproximado) tiene. Cómo puede calcularse la edad del universo a partir de esa constante.

18. En qué consiste la teoría del “Big Bang”. Qué pruebas avalan dicha teoría.
19. Qué geometrías son posibles para nuestro universo. Cómo dependen dichas geometrías de la densidad de materia.
20. Cómo evolucionará nuestro universo en el futuro.

8.6 Material complementario

- Videos
 1. “Un telescopio en el espacio”
 2. “Desde Kepler a Einstein”
 3. “La armonía del universo”
 4. “Más allá del universo mecánico”
 5. “El universo mecánico cuántico”