

## Ejercicios de física moderna con solución

### Relatividad

1) Los astronautas de una nave interestelar que se desplazan a una velocidad de  $0,8c$  llevan, según los relojes de la nave, 30 días exactos de viaje. ¿Cuánto tiempo han estado viajando según el centro de control de Tierra? Solución

Resultado: 50 días

2) Una vara de 1 m de longitud se mueve con respecto a nuestro sistema de referencia con una velocidad de  $0,7c$ . ¿Cuál sería la longitud que mediríamos? Solución

Resultado:  $\Delta L_0 = 0.71$  m

3) La vida media de un pión que se mueve a gran velocidad resulta ser de 60 ns, mientras que su vida media en reposo es de 26 ns. Calcula: Solución

a) La velocidad a la que se mueve el pión respecto de la tierra.

Resultado:  $v = 0.90c$

b) La distancia que recorre el pión en el sistema de referencia terrestre y en su propio sistema. Solución

Resultado:  $L = 7.02$  m  $L' = 16.2$  m

4) Un cohete tiene una longitud de 100 m para un observador en reposo respecto al cohete. Calcular la longitud que tendrá cuando para este observador el cohete se mueva a 200000 km/h y cuando se mueva a 200000 km/s. Solución

Resultado:  $\Delta L = 1.7 \cdot 10^{-6}$  m ;  $L = 74.53$  m

5) Una varilla, cuya longitud en reposo es de 3 m, está colocada a lo largo del eje X de un sistema de coordenadas, y se mueve en esa dirección con una cierta velocidad. ¿Cuál será el valor de dicha velocidad para que la longitud de la varilla medida por un observador situado en reposo sobre el eje X sea de 1m? Solución

PAU ULL septiembre 2008

6) Una varilla, cuya longitud en reposo es de 3 m, está colocada a lo largo del eje X de un sistema de coordenadas, y se mueve en esa dirección con una velocidad de  $0,8c$ . ¿Cuál será la longitud de la varilla medida por un observador situado en reposo sobre el eje X? Solución

PAU ULL junio 2008

7) Una varilla, cuya longitud y masa en reposo son 3 m y 10 kg respectivamente, está colocada a lo largo del eje X de un sistema de coordenadas, y se mueve en esa dirección con una velocidad de  $0.8c$ . ¿Cuál será la longitud y la masa de la varilla medida por un observador situado en reposo sobre el eje X? Solución

Resultado:  $L = 1,80$  m  $m = 16,7$  kg

PAU ULL septiembre 2011

8) Una varilla, cuya longitud en reposo es de 2 m, está colocada a lo largo del eje X de un sistema de coordenadas, y se mueve en esa dirección con una velocidad de  $0,7c$ . ¿Cuál será la longitud de la varilla medida por un observador situado en reposo sobre el eje X? Solución

Resultado:  $L = 1,43$  m

PAU ULL septiembre 2010

9) Vemos pasar una nave espacial una velocidad cercana a la velocidad de la luz y medimos que el segundero del reloj tarda 75 segundos en dar una vuelta. ¿Cuánto tiempo tardará en dar una vuelta el segundero si lo mide un tripulante de la nave? ¿Cuál es la velocidad de la nave respecto a nosotros? Solución

Resultado:  $t' = 60$  s ;  $v = 0,6 c = 1,8 \cdot 10^8$  m/s

10) Analicemos un viaje espacial a una estrella que se encuentra a  $2.10^{20}$  m de la Tierra. Un observador en reposo en la Tierra pone en marcha su cronómetro cuando ve pasar por delante de él la nave, que se aleja con una velocidad constante  $v=0.8c$ . Calcula la duración del viaje para el observador terrestre y para un ocupante de la nave. Solución

Resultado:  $t = 8,3 \cdot 10^{11}$  s ;  $t' = 4,97 \cdot 10^{11}$  s

PAU ULL septiembre 2010

11) Quizás en un futuro podamos hablar de “una nave fabricada en la Tierra, de 50 m de longitud, de la que los habitantes de una colonia del planeta Marte, dijeron que medía 49.9 m, cuando pasó por delante de ellos”. Suponiendo que el movimiento relativo de la nave respecto de los habitantes de la colonia, era de traslación uniforme en la dirección y sentido del movimiento de éstos ¿a qué velocidad viajaba la nave, respecto de los habitantes de la colonia?

PAU ULL junio 2013

12) Una regla de dos metros de longitud se mueve con respecto de un observador en reposo con una velocidad de  $0.8c$ , en dirección paralela a la propia regla ¿Qué longitud tiene la regla para el observador en reposo? ¿Cuánto tiempo tarda la regla en pasar por delante del observador en reposo?

PAU ULL julio 2014

Solución

## Mecánica cuántica

### Efecto fotoeléctrico

21) Sobre un metal inciden fotones cuya longitud de onda es de 200 nm. Si la longitud de onda umbral correspondiente a dicho metal es de 262 nm:

a) Calcula el trabajo de extracción de ese metal en eV.

Resultado:  $W=7.59 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 4.74 \text{ eV}$

b) Determina la energía cinética de los electrones arrancados. Resultado:  $E_c=2.35 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

c) Calcula la longitud de onda asociada a los electrones. Resultado:  $\lambda = 1.01 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1.01 \text{ nm}$

Solución

22) Calcula la energía cinética del electrón emitido por una superficie de wolframio si su frecuencia umbral es  $1.3 \cdot 10^{15}$  Hertz y se ilumina con luz de 1500 Å de longitud de onda.

Resultado:  $E_c = 4.64 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2.9 \text{ eV}$

Solución

23) Se hace incidir sobre una placa metálica rayos UV de 300 nm. Si la longitud de onda umbral es de 360 nm, calcula:

a) La energía máxima de los fotoelectrones emitidos. Resultado:  $E_c=1.10 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

b) El trabajo de extracción del metal. Resultado:  $W= 5.525 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

c) El potencial eléctrico que hay que aplicar para frenarlos. Resultado:  $\Delta V= 0.687 \text{ V}$

Solución

24) Tenemos una muestra de sodio cuyo trabajo de extracción para los electrones es de 2,6 eV.

a) Calcula la frecuencia de la luz incidente necesaria para arrancar un electrón de este material.

b) ¿Cuál debe ser la longitud de onda de la luz incidente para que los electrones emitidos tengan una velocidad de  $5 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ?

c) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones que saltan con la velocidad de  $5 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

PAU ULL septiembre 2007

Solución

25) Tenemos un metal cuyo trabajo de extracción para electrones es de 2,5eV. Se ilumina con una luz monocromática y se observa que la velocidad máxima de los electrones emitidos es de  $1,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ . Calcula:

a) La frecuencia de la luz

b) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos a  $1,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

c) La longitud de onda de la luz con que hay que iluminar el metal para que la energía cinética máxima de los electrones emitidos sea  $7,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

Datos:  $h= 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ;  $c=3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$  ;  $m_e =9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ ;  $1\text{eV}=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

PAU ULL junio 2008

Solución

26) Iluminamos una superficie de wolframio con luz de 1500 A de longitud de onda. Si su frecuencia umbral es  $1.3 \cdot 10^{15}$  Hertz:

- a) Calcula el trabajo de extracción de ese metal en eV.
- b) Determina la energía cinética de los electrones arrancados.
- c) Calcula la longitud de onda asociada a los electrones arrancados.

Datos:  $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$      $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$      $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$      $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

27) Una superficie de wolframio tiene una frecuencia umbral  $1.3 \cdot 10^{15}$  Hz. Se ilumina dicha superficie con luz y se emiten electrones con una velocidad de  $5 \cdot 10^5$  m/s. Calcula:

a) La longitud de onda de la luz que ilumina el wolframio.

Resultado:  $\lambda = 2,04 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 204 \text{ nm}$

b) La longitud de onda asociada a los electrones emitidos por dicha superficie.

$\lambda = 1,45 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 1,45 \text{ nm}$

c) Cuál debe ser la velocidad de los electrones emitidos para que la frecuencia de la luz sea dos veces la frecuencia umbral del wolframio.

Resultado:  $v = 1,37 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

PAU ULL junio 2011

28) Tenemos una muestra de cesio cuyo trabajo de extracción para los electrones es de 2 eV.

a) Calcula la frecuencia de la luz incidente necesaria para arrancar un electrón de este material.

Resultado:  $f = 4,83 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

b) ¿Cuál debe ser la longitud de onda de la luz incidente para que los electrones emitidos tengan una velocidad de  $6 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ?

Resultado:  $\lambda = 1,19 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

c) Calcula la longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones que saltan con la velocidad de  $6 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Resultado:  $\lambda = 1,21 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

PAU ULL septiembre 2010

29) Tenemos un metal cuyo trabajo de extracción para electrones es de 2.5 eV. Se ilumina con una luz monocromática y se observa que la velocidad máxima de los electrones emitidos es de  $1.0 \cdot 10^6$  m/s. Calcule:

a) La frecuencia de la luz.

Resultado:  $f = 1,28 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$

b) La longitud de onda de De Broglie asociada a los electrones emitidos a  $1.0 \cdot 10^6$  m/s.

Resultado:  $\lambda = 7,28 \cdot 10^{-10} \text{ m}$

c) La longitud de onda de la luz con la que hay que iluminar el metal, para extraer electrones con energía cinética máxima de  $7.0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

Resultado:  $\lambda = 18 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

PAU ULL junio 2015

## Dualidad onda-corpúsculo

31) Hallar la longitud de onda asociada a las siguientes partículas:

a) Un electrón cuya velocidad es de  $0.5c$ .

Resultado:  $4.85 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

b) Una pelota de tenis de 50 g que se mueve a una velocidad de 400 m/s.

Resultado:  $3.31 \cdot 10^{-35} \text{ m}$

Compara y analiza los resultados obtenidos.

32) Un protón que parte del reposo se acelera gracias a un campo electromagnético local que le comunica una energía de 2000 eV.

a) ¿Cuál es la velocidad que adquiere?

Resultado:  $v = 6.21 \cdot 10^5 \text{ m/s}$

b) ¿Cuál es la longitud de onda asociada a la partícula?

Resultado:  $\lambda = 6.4 \cdot 10^{-13} \text{ m}$

33) Dado un fotón con una energía de 3 eV, calcula su longitud de onda.

Resultado:  $\lambda = 4.14 \cdot 10^{-13} \text{ m} = 414 \text{ nm}$

34) 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?

Resultado:  $\lambda = 2,03 \cdot 10^{-13}$  m

PAU ULL junio 2014

Solución

35) Según L. de Broglie ¿Cómo se relaciona la energía de una partícula con la frecuencia de su onda asociada? ¿Y el momento lineal con la longitud de onda? Como aplicación, calcule la longitud de onda de una pelota de 60 g que se mueve con una velocidad de 210 km/h.

PAU ULL junio 2014

36) ¿Qué se entiende por dualidad onda-corpúsculo? Un protón y un electrón que tienen la misma velocidad ¿serán iguales sus longitudes de onda de De Broglie asociadas? Razone la respuesta.

PAU ULL junio 2015

## Física nuclear

### Defecto másico

41) La masa experimental de un núcleo de  $^{39}\text{K}$  ( $Z=19$ ) es 38,96400 u. Sabiendo que tiene 19 protones, calcular:

a) La energía de enlace en eV

Resultado:  $E = 324.8$  MeV

b) La energía de enlace por nucleón

Resultado:  $E/A = 8.33$  MeV

Datos:  $m_p=1,00728$  u;  $m_n= 1,00867$ u

Solución

42) Uno de los núcleos más estables corresponde al Manganeso 55 ( $Z=25$ ), cuya masa atómica es 54,938.

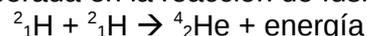
a) Qué energía será preciso comunicarle para descomponerlo en sus correspondientes protones y neutrones? Resultado:  $E = 7.53 \cdot 10^{-11}$  J = 470.8 MeV

b) ¿Cuál es su energía de enlace por nucleón? Resultado:  $E/A = 8.56$  MeV

Datos:  $m_p=1,00728$  u;  $m_n= 1,00867$ u

Solución

43) Determinar la energía liberada en la reacción de fusión:



Datos:  $m(\text{H})= 2.01410$  u ;  $m(\text{He})= 4,00260$  u

Resultado:  $E = 3.82 \cdot 10^{-12}$  J = 23.9 MeV

Solución

44) Calcular el defecto de masa para el deuterio ( $\text{H-2}$ ). El núcleo del deuterio está constituido por un protón y un neutrón y tiene una masa de 2,0147 u.m.a.. Obtener el resultado en u.m.a. y Kg.

Datos: masa del protón = 1,0078 u.m.a.; masa del neutrón = 1,0092 u.m.a.

Solución

45) Para un núcleo de carbono-12, calcular:

a) El defecto de masa.

b) La energía de enlace.

c) La energía de enlace por nucleón .

Datos: masa del protón = 1,0076 u.m.a.; masa del neutrón = 1,0089 u.m.a.

Solución

46) 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:

a) El defecto de masa

b) La energía de enlace.

c) La energía de enlace por nucleón.

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

Solución

**47)** 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:  $1\text{uma}=1,66\cdot 10^{-27}\text{ Kg}$ ;  $1\text{uma}=931\text{MeV}$ ;  $1\text{eV}=1,6\cdot 10^{-19}\text{J}$ ;  $m(\text{p})=1,0073\text{ uma}$ ;  $m(\text{n})=1,0087\text{uma}$ ;  $c=3\cdot 10^8\text{ m/s}$

PAU ULL septiembre 2008

**48)** 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  
Resultado:  $\Delta m = 2,21 \cdot 10^{-28}\text{ kg}$
- La energía de enlace y la energía de enlace por nucleón.  
Resultado:  $E = 1,99 \cdot 10^{-11}\text{ J}$  ,  $E/A = 1,24 \cdot 10^{-12}\text{ J}$
- La masa de dicho núcleo si se mueve con una velocidad de  $0,8c$   
Resultado:  $m = 26,66\text{ u}$

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

PAU ULL junio 2010

**49)** 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.

PAU ULL junio 2015

## Desintegración radiactiva

61) El período de semidesintegración del C-14 es de 5.570 años. El análisis de una muestra de una momia egipcia revela que presenta las tres cuartas partes de la radiactividad de un ser vivo. ¿Cuál es la edad de la momia?

62) El periodo de semidesintegración del yodo-131 es de 8,04 días. Calcula:

- La constante de desintegración radiactiva  $\lambda$ .  
Resultado:  $\lambda = 0.086\text{ días}^{-1}$
- Su vida media T.  
Resultado:  $\tau = 11.6\text{ días}$
- El porcentaje de muestra inicial que queda al cabo de un mes.  
Resultado: 7.6%

63) El periodo de desintegración del radio-226 es de 1620 años.

- Explica qué es la actividad y determina su valor para 1 g de radio-226.  
Resultado:  $A = 3,6 \cdot 10^{10}\text{ Bq}$
- Calcula el tiempo necesario para que la actividad de una muestra de radio-226 quede reducida a un dieciseisavo de su valor original.  
Resultado:  $t = 2 \cdot 10^{11}\text{ s}$   
*Física 2 (2009) McGraw-Hill pg 303 ej. 7.*

64) Una muestra radiactiva contenía hace 40 días  $10^{20}$  núcleos radiactivos y en la actualidad posee  $10^7$ . Calcula:

- La constante de desintegración.  
Resultado:  $\lambda = 8,66 \cdot 10^{-6}\text{ s}^{-1}$
- La vida media.  
Resultado:  $\tau = 1,33\text{ días}$
- La actividad de la muestra dentro de una semana.  
Resultado:  $A = 4,60 \cdot 10^{12}\text{ Bq}$