

FISICA DO SÉCULO XX

Na segunda metade do século XIX semellaba que toda a física estaba xa desvelada, e que a inmensa maioría do coñecemento que se podía extraer da natureza fora completamente entendido polo ser humano. Despois de entender toda a mecánica celeste, co electromagnetismo unificado e despois de conseguir evidenciar a teoría ondulatoria da luz, coa mecánica de fluídos desenvolta e a termodinámica pechada, pensouse que se pechaba de forma definitiva o coñecemento científico no ámbito da física.

Nada máis lonxe da realidade. Quedaban “pequenos flecos” sen explicación, que á posterior sabemos que foron fundamental para a nova revolución científica que estaba por chegar:

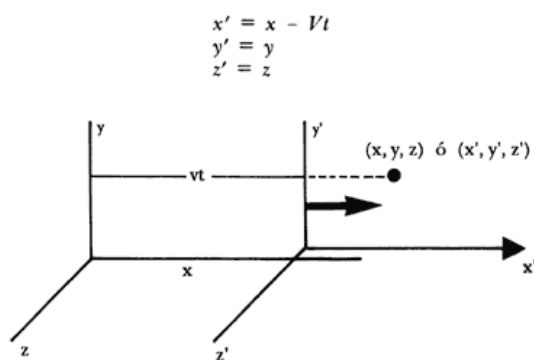
- * O radiación do corpo negro (e a catástrofe do ultravioleta).
- * A teoría do éter para entender a velocidade da luz.
- * Inconsistencias entre a gravitación e o electromagnetismo (a respecto das órbitas dos electróns arredor do núcleo).

1. Física relativista.

Sabemos que o concepto de movemento é relativo: depende do sistema de referencia elixido.

Recordemos que un sistema de referencia chámase inercial cando está en repouso ou se move con m.r.u. respecto a outro sistema de referencia inercial, e nel cúmprense as leis de Newton. Imos atopar as **ecuacións de transformación** para a posición, velocidade e aceleración con que se move un corpo respecto a dous sistemas de referencia inerciais.

1.1. Relatividade de Galileo. Sistemas inerciais.



Supoñemos un sistema de referencia S' que se move no sentido positivo do eixo x' , respecto a un sistema de referencia fixo S . Unha pelota móvese respecto aos dous sistemas de referencia: o fixo e o s.r. en m.r.u.

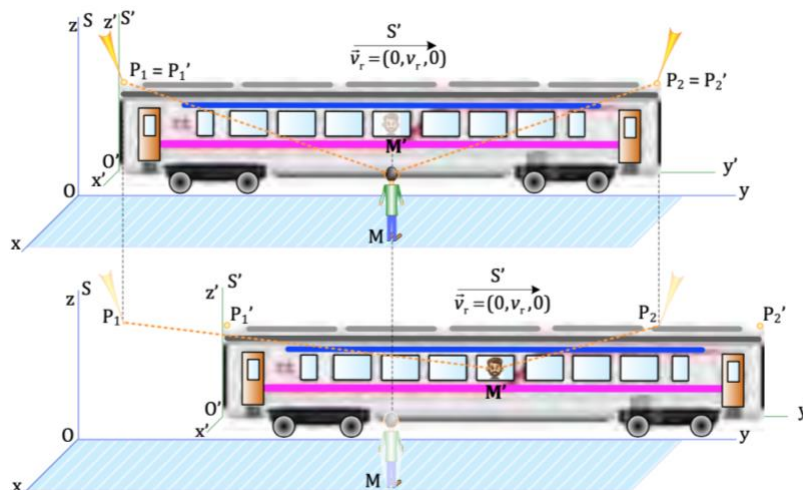
A relación entre as posicións é a que se detalla. Se derivamos, a relación entre as velocidades é similar.

¿Qué sucede coas aceleracións, se o sistema de referencia móbil se move con m.r.u.? Pois que as aceleracións son iguais en ambos sistemas de referencia,

xa que se lles chama inerciais sempre que non estean acelerados.

1.2. Postulados de Einstein.

Definamos un problema parecido: medir o tempo que tarda un raio de luz en recorrer o alto dun tren en movemento.



Imaxinemos que caen dous raios nos extremos dun vagón (en P_1 e P_2) do sistema S, polo que son vistos ao mesmo tempo por un observador situado no andén (en M), xa que as distancias percorridas polos raios son iguais e a velocidade da luz é constante.

Sen embargo o observador situado no centro do vagón en movemento, en M' , se despraza cara a P_2 e se afasta de P_1 durante o tempo que se propagan os raios procedentes de P_1 e P_2 e o viaxeiro percibirá o fenómeno producido en P_2 antes que o que tivo lugar en P_1 xa que para chegar a M' a luz que vén de P_1 ten que percorrer un camiño (contado no sistema S) máis longo que o que procede de P_2 . Polo tanto, os dous fenómenos simultáneos respecto a un sistema (S) non o son para o outro (S') que se move respecto ao primeiro. O tempo non é absoluto senón relativo.

De aquí obtéñense as ecuacións de Einstein para a **dilatación temporal** e a **contracción espacial**:

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad L = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \text{ onde } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ é a transformada de Lorentz}$$

$v < c \Rightarrow \gamma > 1$

Nestes problemas é importante ter en conta os conceptos de **tempo propio** (t_0) e **lonxitude propia** (L_0): o tempo propio é o tempo que se mide cando sucede un suceso onde o punto inicial e final coinciden (suceden no mesmo lugar); Por outra banda, lonxitude propia é a lonxitude que se mide en repouso (normalmente, se mide dende o exterior do obxecto que se move).

Por último, recordemos que para Einstein, a velocidade da luz é unha constante, que se calcula mediante $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ no baleiro.

1.3. Enerxía relativista.

A enerxía total dunha partícula se calcula segundo a ecuación $E = \gamma \cdot mc^2$. Si ademais a partícula está en repouso ($v = 0 \text{ m/s}$), $\gamma = 1$, e polo tanto $E_0 = mc^2$.

2. Física Cuántica.

A finais do século XIX apareceron algúns fenómenos que puxeron en dúbida as leis clásicas aplicadas á interacción electromagnética e a materia. A física clásica mostraba unha serie de limitacións que poñíanse de manifesto en varias experiencias.

2.1. Orixes da Teoría Cuántica: Radiación do corpo negro e Hipótese de Planck.

Radiación do corpo negro: un corpo negro é un obxecto que absorbe toda a luz e toda a enerxía que chega a él. O corpo negro é un corpo ideal, pero podemos imaxinar unha caixa escura cun pequeno orificio polo cal podería entrar a luz (aínda que dificilmente podería saír), de forma que o raio entraría e rebotaría infinitamente no interior da caixa.

Calquera corpo que se quenta emite unha radiación: a enerxía electromagnética que emite un corpo debido á súa temperatura chámase radiación térmica, que varía coa temperatura e coa composición do corpo concreto. En cambio para os corpos negros, a radiación térmica só depende da temperatura, e cumpre as seguintes ecuacións: A Potencia emitida a unha temperatura T por unha superficie S vale:

$$P = \sigma \cdot T^4 \cdot S \quad (\text{Ecuación de Stefan-Boltzmann})$$

onde $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$. Ademais, a lonxitude de onda máxima é inversamente proporcional á T:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2,89810^{-3} \quad (\text{Lei de Wien})$$

A física clásica tentou explicar esta experiencia, de forma que dous científicos, Rayleigh e Jeans chegaron a unha ecuación que describía a radiación do corpo negro. Pero os resultados experimentais non concordaban totalmente coa ecuación de Rayleigh-Jeans, e polo tanto chegouse a conclusión de que as teorías da física clásica non servían para describir este fenómeno.

Max Planck formulou as hipóteses como punto de partida para intentar explicar a radiación do corpo negro: a) os átomos que emiten a radiación compórtanse como osciladores harmónicos; b) cada oscilador absorbe ou emite enerxía da radiación nunha cantidade *proporcional* á súa frecuencia de oscilación f :

$$E = hf, \text{ onde } h \text{ é a constante de Planck } (h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})$$

Así, a enerxía total emitida ou absorbida por cada oscilador (cada átomo) será:

$$E = n \cdot hf, \text{ onde } n \text{ é un número enteiro.}$$

A enerxía total emitida ou absorbida é un número enteiro de porcións de enerxía E_0 , e a estas porcións de enerxía ou paquetes de enerxía se lles chamou **cuantos**, de xeito que a enerxía de cada oscilador está *cuantificada* e n é un *número cuántico*.

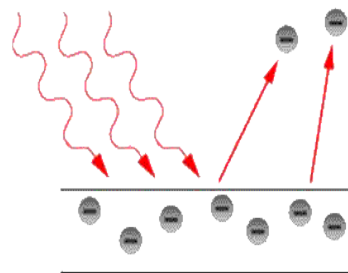
2.2. Efecto Fotoeléctrico.

A finais do século XIX Hertz descubriu que ao someter á acción da luz (visible ou ultravioleta) a determinadas superficies metálicas, estas desprendían electróns. Este era o chamado **efecto fotoeléctrico**.

A física clásica tiña dificultades para explicar este efecto fotoeléctrico, sobre todo polo feito de que a emisión só tiña lugar cando a frecuencia incidente era superior a un valor mínimo, chamada *frecuencia limiar (umbral)*. Ademais, se a frecuencia da luz que incide é maior que a limiar, entón emitíranse un número de electróns proporcional á intensidade da luz, pero ningún deles superará o valor da enerxía cinética máxima.

Einstein explicou o efecto fotoeléctrico do seguinte xeito, reforzando a teoría cuántica:

Un feixe de luz (fotón) chega a unha placa metálica cunha enerxía $E = hf$ (segundo a ecuación de Planck). Ao chegar ao metal, exerce un traballo para arrancarlle un electrón a este metal, $W_0 = hf_0$; A enerxía que sobra será utilizada en acelerar aos electróns que saen da placa metálica, dándolle unha $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. Resumindo, a enerxía do fotón de luz que chega á placa consérvase, e utilízase en arrancar o electrón do metal e en darlle velocidade.



Como vemos, segundo esta proposta de Einstein, se a frecuencia que incide na placa é moi baixa, non conseguirá arrancar o electrón. Ademais, si explica que cunha maior intensidade de luz, se emitan máis electróns, pero a enerxía de cada un deles seguirá sendo a mesma.

$$\text{Efecto Fotoeléctrico: } E_{\text{incidente}} = W_0 + E_c \Rightarrow hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

Onde f é frecuencia incidente, e f_0 é a frecuencia limiar.

Nota1: Moi utilizada a unidade de electrónvoltios (eV) para enerxía: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Nota2: Como vimos no tema de ondas, a velocidade de propagación dunha onda é $v_{\text{prop}} = \lambda f$. Isto tamén sucede para as ondas electromagnéticas, e sabemos que a velocidade da luz é de $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. É dicir, que $c = \lambda f$. (Notar que a maior frecuencia menor lonxitude de onda)

2.3. Dualidade Onda-Corpúsculo (onda-partícula)

Durante o século XVII, Newton como Huygens propuñan teorías opostas para a natureza da luz. Newton defendía que a luz tiña un comportamentos corpuscular (de materia) mentres que Huygens defendía a natureza ondulatoria (onda) da luz. Este debate sobre a natureza da luz continúa vivo ate o século XX.

Luis De Broglie suxire a dobre natureza para a luz e, o que aínda é máis importante, tamén para a materia (para os electróns). De forma que él defende que tanto a luz como a materia poden ter comportamentos como onda e como partícula. Segundo a súa hipótese, a enerxía (tanto da luz como da materia) relaciónase coa frecuencia da onda asociada ao seu movemento por $E = hf$.

E tamén explica que a lonxitude de onda λ asociada a unha partícula material ou un fotón de momento lineal p ($p = m \cdot v$) será:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Aínda que a proposta de De Broglie foi tomada como ridícula no seu inicio, acabou levando o premio Nobel.

Cabe facer notar que segundo a anterior ecuación, poderíamos calcular a lonxitude de onda asociada de calquera obxecto físico. Aínda así, tamén é importante resaltar que para a maioría de obxectos físicos que podemos ver a simple vista (con masas relativamente grandes), a lonxitude é demasiado pequena debido ao pequenísimo valor da constante de Planck, h .

2.4. Principio de Heisenberg.

Segundo a física clásica, o erro nunha medida débese á imprecisión do aparello co que se mide. A física cuántica, en cambio, considera que existe unha indeterminación á hora de coñecer segundo qué magnitudes tanto para a materia como para a radiación, debido precisamente ao dobre comportamento de unhas e de outras. Heisenberg enunciou o ***principio de indeterminación***, que proporciona uns límites para a información que podemos coñecer dun obxecto

Non é posible determinar simultaneamente o valor exacto da posición x e do momento lineal p dun obxecto cuántico (sexa radiación ou materia). Os valores da indeterminación cumpren que:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

onde Δx é a *indeterminación na posición* e Δp é a *indeterminación no momento lineal*. Este principio fai evidente a necesidade de que os sistemas cuánticos se expresen en termos de probabilidade (por exemplo, os orbitais atómicos da química).

3. Física Nuclear y de partículas.

A física nuclear estuda, como o seu nome propón, do estudo da estrutura e das reaccións físicas do núcleo dos elementos químicos da natureza.

3.1. O Núcleo Atómico. Constitución.

Dende o modelo atómico de Rutherford e o descubrimento do neutrón, determinouse de forma definitiva a estrutura do átomo. Os átomos están constituídos por electróns que xiran ao redor do núcleo, onde se concentra máis do 99% da masa do átomo (o núcleo está constituído por protón e neutróns). Ao mesmo tempo, caber resaltar que o volume nuclear é moi pequeno respecto ao volume atómico. O átomo caracterízase polo seu número atómico (Z = número de protóns), e polo seu número másico (A = número de protóns + neutróns). O átomo represéntase como A_ZX , e teñen Z protón e Z electróns, ademais de ter $(A - Z)$ neutróns.

3.2. Forzas nucleares. Enerxía de Enlace.

Estudamos neste curso de Física de 2º Bacharelato as grandes forzas que se perciben no mundo: gravitatorias e electromagnéticas (eléctricas e magnéticas). Pero a distancias moi pequenas (de 10^{-15} metros) aparecen un novo tipo de forzas: as forzas nucleares, que son de moi curto alcance pero moi intensas. Existen dous tipos:

a) *nucleares fortes*: responsables da cohesión do núcleo, son forzas atractivas moi fortes (maiores que calquera outra) independentemente da carga eléctrica das partículas.

b) *responsable da desintegración β dos núcleos*, aparecen en partículas non sometidas a acción da forza nuclear forte. É máis potente que a gravitatoria, pero menor que outras interaccións.

Se queremos romper un núcleo atómico, hai que achegar unha cantidade de enerxía chamada **enerxía de enlace nuclear**. A enerxía de enlace dun núcleo é a enerxía liberada cando os seus nucleóns (protóns e neutróns) illados se unen para forma o núcleo.

Segundo a mecánica relativista, un cambio de enerxía está asociada a un cambio de masa:

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

Deste xeito, os nucleóns perden parte da súa masa ao formarse o núcleo. Este defecto de masa calcúlase como:

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

onde m_p é a masa do protón, m_n é a masa do neutrón, e M_N é a masa do núcleo.

Ademais, para unha reacción nuclear, o defecto de masa Δm calcúlase como a diferenza entre as masas dos reactivos menos as dos produtos:

$$\Delta m = \Sigma M (\text{reactivos}) - \Sigma M (\text{produtos})$$

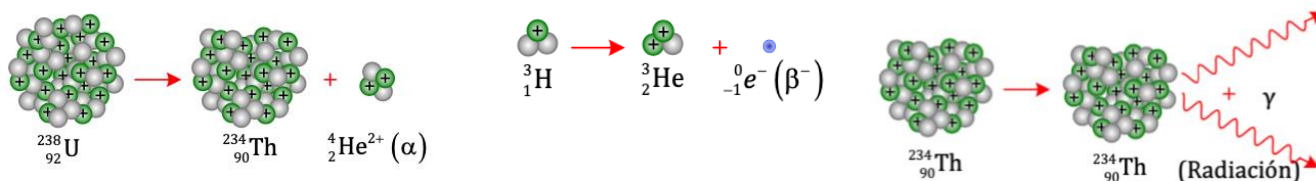
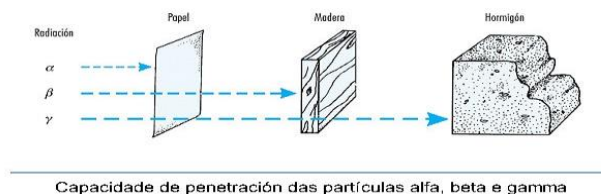
Tamén se define a enerxía de enlace por nucleón como o cociente entre a enerxía de enlace e o número másico (canto maior é este cociente, máis estable é o número másico: o valor medio é de 8,3 MeV).

3.3. Radioactividade: desintegracións e transformacións nucleares.

A **radioactividade** é a propiedade que presentan determinadas substancias (radioactivas), de emitir radiacións capaces de penetrar en corpos opacos, ionizar o aire, impresionar placas fotográficas e excitar a fluorescencia de certas substancias.

Inicialmente se descubriu o uranio como substancia radioactiva, pero na actualidade coñécense máis de 40 elementos que o son. As radiacións emitidas clasifícanse cos nomes de α , β , e γ (de menos a máis penetrante):

As partículas **α son núcleos de helio**, formados por dous protóns e dous neutróns. As partículas **β son electróns** rápidos con carga eléctrica negativa (coma todo electrón). As partículas **γ son fotóns enerxéticos** de máis frecuencia que os raios X.



Por outra banda, a desintegración radioactiva é un proceso aleatorio gobernado polas leis da estatística. A ecuación que nos proporciona información sobre a cantidade de núcleos desintegrados en cada unidade de tempo ten a seguinte expresión matemática:

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

Onde N é o número de núcleos que aínda non se desintegraron nun tempo t ; N_0 é o número de núcleos sen desintegrar no instante inicial; λ é a constante radioactiva, característica de cada elemento radioactivo; t é o tempo.

Ademais, o número de emisións dunha substancia por unidade de tempo recibe o nome de **actividade**, A , ou a **velocidade de desintegración**. A súa unidade no Sistema Internacional é o Bequerel (Bq), que é unha desintegración por segundo (1 desint/s). Como podemos comprender, a actividade calcúlase como a derivada do número de núcleos que se desintegran con respecto ao tempo:

$$A = \frac{dN}{dt} = A_0 e^{(-\lambda t)}$$

Por último, podemos definir o **tempo de semidesintegración** como o tempo necesario para que se desintegre a metade dos núcleos iniciais: $T = \ln \frac{2}{\lambda}$. O tempo de **vida media**, que non debe ser confundido co período de semidesintegración, é unha magnitude que define o valor medio do tempo que tarda un núcleo en desintegrarse, e se calcula como $\tau = \frac{1}{\lambda}$ e mídese en segundos no S.I.

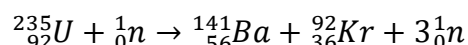
3.4. Fisión e fusión nuclear.

As reaccións nucleares son procesos nos que interveñen directamente os núcleos atómicos transformándose noutros distintos.

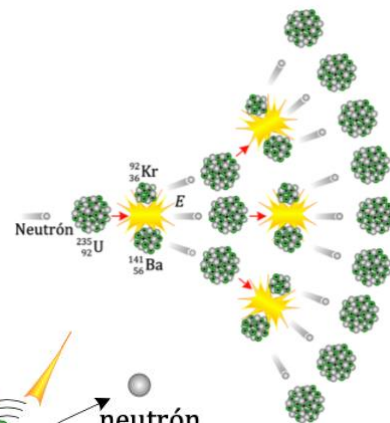
En toda reacción nuclear, a suma dos números atómicos e a suma dos números máxicos permanece constante entre reactivos e produtos.

Moitas reaccións nucleares producen emisións radioactivas: Emisión de partículas α (núcleo de helio), emisión de partículas β (electrón), etc.

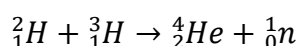
Fisión nuclear: reacción nuclear na que un núcleo pesado se divide noutros dous máis lixeiros ó ser bombardeado con neutróns. No proceso libéranse máis neutróns e gran cantidade de enerxía. Exemplo:



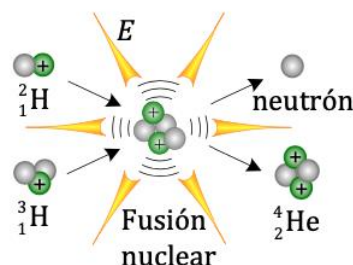
(comprobar que tanto en reactivos como en produtos, o número atómico $Z = 92$ e o número máxico $A = 236$)



Fusión nuclear: reacción nuclear na que dous núcleos lixeiros se unen para formar outro máis pesado. No proceso libérase grande cantidade de enerxía. Exemplo:



(neste caso, en reactivos e produtos $A = 5$ e $Z = 2$)



3.5.- Modelo estándar

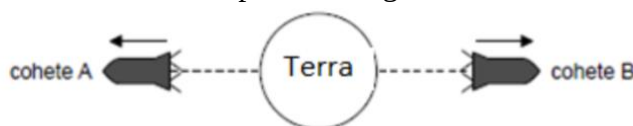
A clasificación das partículas subatómicas (máis alá dos protóns, neutróns e electróns) actualmente aceptado coñécese co nome de MODELO ESTANDAR (SM- Standar Model) e segue un esquema como o que segue:

Con partículas (e as súas respectivas antipartículas) clasificadas en *quarks*, *electróns* (electrón, muón e tau) e *neutrinos*. A materia que nos rodea está formada fundamentalmente polos quarks UP e DOWN, así como polo electrón e o neutrino electrónico. O resto son partículas máis pesadas e inestables, e cunha desintegración rápida a partículas da primeira xeración.

Partículas			Anti partículas		
Quarks	 Up	 Charm	 Top		
	 Down	 Strange	 Bottom		
Leptones	 Electrón	 Muón	 Tau		
	 Neutrino electrónico	 Neutrino muónico	 Neutrino tauónico		
Anti quarks	 Up	 Charm	 Top		
	 Down	 Strange	 Bottom		
Anti leptones	 Positrón	 Anti muón	 Anti tau		
	 Anti neutrino electrónico	 Anti neutrino muónico	 Anti neutrino tauónico		

PROBLEMAS PROPOSTOS CIUG**RELATIVIDADE**

- Cando unha nave espacial está en repouso na Terra a súa lonxitude propia é de 100 m.
 - Cal será a lonxitude da nave segundo un observador na Terra cando a nave se mova cunha velocidade de $2,5 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$? (55,3 m)
 - Segundo un dos viaxeiros da nave tardan en alcanzar a outra nave espacial, que está en repouso respecto ao sistema de referencia da Terra, unha hora. Cal é a distancia que terá percorrido a primeira nave nese tempo para os seus viaxeiros? ($9,0 \cdot 10^{11} \text{ m}$)
 - Un observador na Terra diría que a nave tardou unha hora en alcanzar á segunda nave? Razoa a resposta. (1,81 h)
- Os foguetes A e B desprázanse en sentidos opostos desde a Terra ao longo dunha mesma liña recta. No sistema de referencia da Terra, a rapidez do foguete A é 0,75 c e a rapidez do foguete B é 0,50 c.



Calcula, para o sistema de referencia do foguete A, a rapidez do foguete B segundo:

- A transformación galileana. (1,25 c)
 - A transformación de Lorentz. (0,91 c)
 - Resume, en relación coa relatividade especial, cal dos cálculos anteriores é máis probable que sexa válido.
- A lonxitude dunha regra en movemento rectilíneo e uniforme, segundo o eixo X, medida por un observador ligado a ela, é de 1,00 m e medida por un observador exterior en repouso, é de 0,99 m. Cal é a velocidade relativa da regra? ($4,23 \cdot 10^7 \text{ m/s}$)
 - O observador ligado á regra dispón dun péndulo simple cun período de 3,00 s. Cal é o período do péndulo para o observador exterior en repouso? (3,03 s)
 - Compara lonxitudes e intervalos de tempo nas físicas pre-relativista e relativista. ($9,0 \cdot 10^{11} \text{ m}$)

Dato: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- Ao pasar preto da Terra unha nave espacial, tanto un observador na Terra como un observador na nave espacial poñen en marcha os seus reloxo. A hora inicial nos dous reloxo é as 12 da medianoite. A nave espacial desprázase a unha velocidade constante cun valor 0,6 c. Unha estación espacial permanece estacionaria con respecto á Terra e transporta reloxo que tamén mostran a hora da Terra.
 - Calcula o factor de Lorentz, γ . (1,25)
 - A nave espacial pasa xunto á estación espacial 90 min despois, segundo a medición do reloxo da nave espacial. Determina, para o sistema de referencia da Terra, a distancia entre a Terra e a estación espacial. ($1,22 \cdot 10^{12} \text{ m}$)
 - Cando a nave espacial pasa xunto a estación espacial, esta envía un sinal de radio á Terra. A recepción deste sinal na Terra é o suceso A. Determine a hora do reloxo da Terra á que ocorre o suceso A. (3:00 h)
- A enerxía total dun electrón é catro veces a súa enerxía en repouso.
 - Cal é a enerxía en repouso do electrón? ($8,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$)
 - Cal é a velocidade do electrón? ($2,91 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)
 - Cal é a enerxía cinética do electrón? ($2,46 \cdot 10^{-13} \text{ J}$)

Dato: $m_{\text{electrón}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

- A masa do protón en repouso é $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Se o protón ten unha velocidade de $2,70 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, calcula:
 - A cantidade de movemento a esa velocidade. ($1,03 \cdot 10^{-18} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$)
 - A enerxía total do protón. ($3,44 \cdot 10^{-10} \text{ J}$)
 - A enerxía en repouso e a enerxía cinética do protón. ($1,50 \cdot 10^{-10} \text{ J}$; $1,94 \cdot 10^{-10} \text{ J}$)

7. Un astronauta, que viaxa nunha nave espacial de 300,0 kg á velocidade $\vec{v} = 0,7c\vec{j}$, sendo c a velocidade da luz no baleiro, mide o ancho da nave obtendo un valor de $\vec{x} = 20,0\vec{i}(m)$ e o seu longo, sendo $\vec{y} = 50,0\vec{j}(m)$. Calcula os valores que un observador situado na Terra obterá para:

- A superficie rectangular da nave. **(714 m²)**
- A cantidade de movemento relativista da nave. **(8,82·10⁻¹⁰ kg·m/s)**
- A velocidade que debería posuír a nave en relación a c para que lle pareza cadrada. **(0,9 c)**

8. Calcula:

- En relación á velocidade da luz no baleiro, c , a velocidade á que a enerxía dun protón sería dobre da que posúe en repouso. **(0,87 c)**
- O traballo necesario, en J e en eV, para incrementar a velocidade do protón desde o repouso ata o valor de 0,87 c . **(9,69·10⁸ eV)**
- Cando un protón acada una velocidade moi próxima á velocidade da luz, qué lle pasa a súa enerxía cinética? Podería o protón acadar a velocidade da luz?

Datos: $m_{\text{protón}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $q_{\text{protón}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

9. Dous protóns chocan de fronte entre si cada un deles a unha velocidade 0,99 c en relación a un observador. Calcula:

- A suma de masa e enerxía dispoñible no choque. **(3,52·10⁻¹⁸ kg·m/s; 2,13·10⁻⁹ J)**
- A velocidade relativa dun protón respecto ó outro no choque. **(0,99995 c)**
- A relación entre o tempo propio dun dos protóns que chocan e o do observador. **(0,14)**

Datos: $m_{\text{protón}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

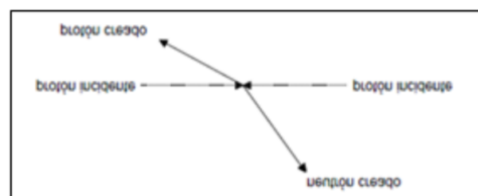
10. Unha nave espacial que dende o chan vese a 0,5 c dispara un proxectil a unha velocidade de 0,5 c relativa a nave. Calcula a velocidade do proxectil visto dende o chan:

- Se e disparado cara adiante. **(0,8 c)**
- Se e disparado cara atrás. **(0)**
- Calcula o erro cometido no calculo da enerxía cinética da nave se, en troques de usar a relación relativista, o facemos pola relación da enerxía cinética na física clásica. **(19%)**

11. Dous protóns, desprazándose en sentidos opostos, colisionan. Cada un ten unha enerxía total de 3,35 GeV.

- Calcule o factor gamma (γ) para un dos protóns. **(3,57)**
- Como resultado da colisión, os protóns son aniquilados, creándose tres partículas, un protón, un neutrón e un pión. O pión ten una masa en repouso de 140 MeV/c². A enerxía total do protón e do neutrón emitidos pola interacción é de 6,20 GeV. Determine, expresado en MeV/c, o momento do pión. **(480 MeV/c)**
- O diagrama mostra as traxectorias dos protóns incidentes xunto co protón e neutrón creados na interacción. Sobre o diagrama, debuxe a traxectoria do pión.

Dato: masa protón: 938,272 MeV/c²



MECÁNICA CUÁNTICA

1. a) Enuncia as leis de Stefan-Boltzmann e de Wien.

- Calcula a temperatura superficial do Sol sabendo que a lonxitude de onda da radiación emitida polo Sol con máxima enerxía é de 500 nm. **(5800 K)**
- Calcula a potencia irradiada polo Sol por cm² da súa superficie. **(6,4·10³ W/cm²)**

Datos: constante de Wien: 2,90·10⁻³ m·K; σ (constante de Boltzmann): 5,67·10⁻⁸ W·m⁻²·K⁻⁴

2. Un metal desprende electróns a unha velocidade de 1000 m·s⁻¹ ao recibir luz dunha lonxitude de onda de 400 nm.

- Calcula a enerxía cinética máxima dos electróns emitidos. **(4,55·10⁻²⁵ J)**
- Calcula o traballo de extracción. **(4,97·10⁻¹⁹ J)**
- Se se duplica a intensidade da luz incidente, varía a enerxía cinética dos electróns emitidos?

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J·s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m·s}^{-1}$

3. Nunha experiencia para calcular h , ao iluminar unha superficie metálica cunha radiación de $\lambda = 200 \cdot 10^{-9} \text{ m}$, o potencial de freado para os electróns é de 1,00 V. Se $\lambda = 175 \cdot 10^{-9} \text{ m}$, o potencial de freado é 1,86 V.

a) Calcula o traballo de extracción dun electrón do metal. $(6,42 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s})$

b) Calcula h . $(8,03 \cdot 10^{-19} \text{ J})$

c) Representa o valor absoluto do potencial de freado fronte á frecuencia e deduce de dita representación o valor da constante de Planck. $(6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J})$

Datos: $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

4. Nunha célula fotoelétrica, o cátodo ilumínase con dúas radiacións de lonxitudes de onda $\lambda_1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ e $\lambda_2 = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$.

a) Estuda se as radiacións anteriores producirían efecto fotoeléctrico, considerando que o traballo de extracción corresponde a unha frecuencia de $7,0 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. (sí)

b) Calcula a velocidade máxima dos electróns arrancados por medio das radiacións anteriores. $(6,61 \cdot 10^5 \text{ m/s}; 2,7 \cdot 10^5 \text{ m/s})$

c) Calcula a diferenza de potencial que hai que aplicar entre ánodo e cátodo para que se anule a corrente fotoelétrica. $(1,24 \text{ V}; 2,07 \cdot 10^{-1} \text{ V})$

Datos: $m_{\text{electrón}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

5. A frecuencia limiar para arrancar un electrón dunha célula fotoelétrica é de $6 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$.

a) Calcula o traballo de extracción. De que depende este traballo? $(3,98 \cdot 10^{-19} \text{ J})$

b) Calcula a velocidade dos electróns arrancados cunha radiación de lonxitude de onda $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$. $(7,63 \cdot 10^5 \text{ m/s})$

c) Poderían arrincarse electróns con radiación visible (λ entre 400 e 700 nm)? (non)

Datos: $m_{\text{electrón}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

6. Calcula a lonxitude das ondas materiais asociadas a:

a) Un electrón acelerado por unha diferenza de potencial de 110 V. $(1,2 \cdot 10^{-10} \text{ m})$

b) Un balón de 350 g que se move a unha velocidade de $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. $(6,3 \cdot 10^{-35} \text{ m})$

c) Poden detectarse os efectos ondulatorios en ambos casos? $(\text{no balón non, no electrón sí})$

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

7. Calcula a indeterminación na medida da velocidade das seguintes partículas:

a) Un electrón en movemento se a indeterminación na medida da súa posición é 10^{-10} m . $(\geq 1,2 \cdot 10^6 \text{ m/s})$

b) Unha partícula de masa 200 g que se move cunha velocidade de $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se a indeterminación na medida da súa posición é 0,5 mm. $(\geq 1,1 \cdot 10^{-30} \text{ m/s})$

c) Extrae conclusións dos resultados obtidos.

Datos: $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

FÍSICA NUCLEAR

1. Un detector de radioactividade mide unha velocidade de desintegración de $125 \text{ núcleos}\cdot\text{min}^{-1}$. Sabemos que o tempo de semidesintegración é de 20 min. Calcula:

a) A constante de desintegración. $(3,47 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1})$

b) A velocidade de desintegración unha hora despois. $(15,6 \text{ núcleos/min})$

c) Representa graficamente cómo varía o número de núcleos co tempo (en intervalos de 20 min) durante os primeiros 80 min.

2. Unha mostra dun material radioactivo ten $3 \cdot 10^{24}$ átomos.

a) Se en tres anos reduce o seu número á metade, canto vale a constante de desintegración de dito conxunto de átomos? $(0,231 \text{ años}^{-1})$

b) Calcula o número de átomos que quedará en trinta anos. $(3,02 \cdot 10^{21} \text{ átomos})$

c) Canto tempo tardará en desintegrarse o 90 % dos átomos iniciais? (10 años)

3. Nun determinado momento calculamos a existencia de $1,15 \cdot 10^{14}$ núcleos radioactivos nunha mostra e, dez días despois, contabilizamos $2 \cdot 10^{13}$ núcleos. Calcula:

a) O tempo de semidesintegración do elemento. $(3,960 \text{ días})$

- b) Canto tempo tardará a mostra en reducirse á quinta parte? (9,2 días)
 c) Cal é a actividade da mostra ó cabo de 5 días? ($8,4 \cdot 10^{12}$ desintegracións/día)

4. O tempo de semidesintegración do elemento radioactivo ^{238}X é 28 anos. Dito elemento desintégrese emitindo partículas α .

- a) Calcula o tempo que tarda a mostra en reducirse ó 90 % da orixinal. (4,3 anos)
 b) Cal será a actividade da mostra no momento no que se forman 10 núcleos de He-4 por segundo. ($3,15 \cdot 10^8$ desintegracións/ano = 10 Bq)
 c) Calcula a masa necesaria para formar 10 núcleos de He por segundo. ($5,02 \cdot 10^{-12}$ g de ^{238}X)

Dato: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ partículas $\cdot$ mol $^{-1}$.

5. Dispoñemos dunha mostra de $^{222}_{86}\text{Ra}$:

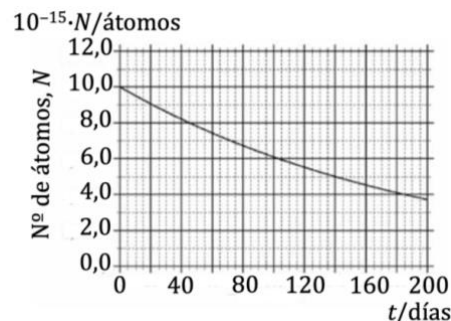
- a) Canto tempo tarda unha mostra de 10 g de Rn en reducirse a 1 g? ($5,32 \cdot 10^3$ anos)
 b) Se a masa actual dunha mostra de Radon é 1g, cal será a súa masa dentro de 100 anos? (0,96 g)
 c) Define enerxía de enlace nuclear e calcula a enerxía de enlace por nucleón para o radon-222. ($\Delta E/Z = 1,2069 \cdot 10^{-12}$ J $\cdot$ nucleón $^{-1}$)

Datos: Tempo de semidesintegración do Rn = 1600 anos; $m_{\text{protón}} = 1,0073$ u; $m_{\text{neutrón}} = 1,0087$ u; $A_r(\text{Rn}) = 222,0176$; $c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg

6. No seguinte gráfico obsérvase o comportamento dunha mostra dun isótopo radioactivo durante 200 días.

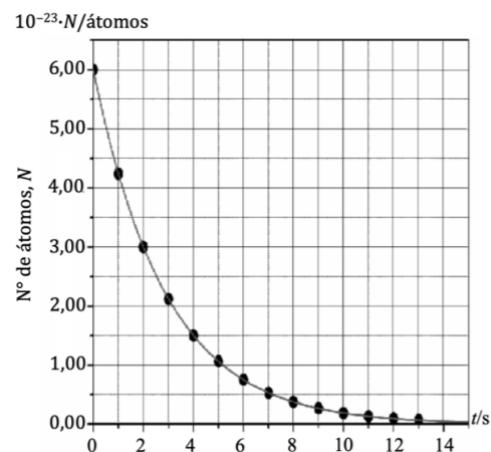
- a) Determina o tempo de semidesintegración do isótopo. (140 días)
 b) Cantos átomos quedarán despois de tres tempos de semidesintegración? ($1,25 \cdot 10^{15}$ átomos)
 c) Sospéitase que se trata do polonio-210 ($Z = 84$), un elemento emisor de radiación alfa. Escribe a reacción nuclear de emisión deste isótopo. $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^4_2\alpha + ^{206}_{82}\text{X}$

Datos: ^{80}Hg ; ^{82}Tl ; ^{83}Bi ; ^{84}Po ; ^{85}At ; ^{86}Rn



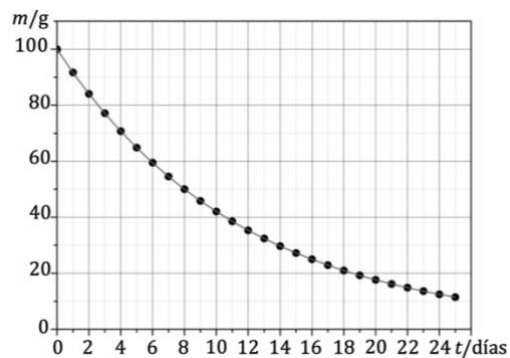
7. Para analizar o proceso de desintegración radioactiva dunha mostra que inicialmente tiña $6,00 \cdot 10^{23}$ núcleos, mídese en intervalos de 1 s o número de átomos que aínda non se desintegraron, obténdose a gráfica que se axunta.

- a) Cal é o tempo de semidesintegración da mostra? (2 s)
 b) Que porcentaxe de átomos da mostra inicial se desintegrarán en 15 s? (99,5 %)
 c) Canto tempo terá que pasar para que se desintegre o 90 % da mostra inicial? (6,6 s)



8. O tritio é un isótopo radioactivo do hidróxeno con dous neutróns e un protón. Pode obterse de xeito natural na atmosfera pola desintegración dun átomo de $^{14}_7\text{N}$, segundo a reacción: $^{14}_7\text{N} + ^y_x? \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^3_1\text{H}$. Tamén pode obterse en reactores nucleares segundo a reacción: $^i_j\text{Li} + ^y_x? \rightarrow ^4_2\text{He} + ^3_1\text{H}$.

- a) Determina os valores de x, y, i, j e completa as reaccións nucleares. (0, 1, 6, 3)
 b) O tempo de semidesintegración do tritio é de aproximadamente 12,5 anos. Elabora unha gráfica que mostre como evolucionaría unha masa inicial de 120 g de tritio durante 60 anos.
 c) Canto tempo tardaría en desintegrarse o 98 % da masa inicial de tritio? (70,6 anos)



9. A gráfica representa cómo varía a masa $^{131}_{53}\text{I}$ co tempo:

- Determina, a partir dos datos da gráfica, a constante de desintegración dese isótopo. ($8,66 \cdot 10^{-2} \text{ días}^{-1}$)
- Qué cantidade quedará sen desintegrar despois de 50 días? ($1,32 \text{ gramos}$)
- O I-131 emite unha partícula beta(−) ó desintegrarse, transformándose nun ión positivo de xenon-131. Escribe a reacción correspondente e calcula a enerxía liberada ó desintegrarse un átomo de iodo-131. ($1,5588 \cdot 10^{-13} \text{ J} \cdot \text{átomo}^{-1}$)

Datos: $Ar(\text{I-131}) = 130,906125$; $Ar(\text{Xe}^{+}\text{-131}) = 130,904533$; $m_{\text{electrón}} = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

10. A técnica de diagnóstico a partir da imaxe que se obtén mediante tomografía por emisión de positróns (PET, positron emission tomography) está baseada nun fenómeno de aniquilación entre materia e antimateria. Os positróns que se emiten proveñen de núcleos de flúor $^{18}_9\text{F}$, que se lle inxectan ó paciente e aniquílanse ó entrar en contacto cos electróns dos tecidos. Como resultado de cada unha destas aniquilacións obtense fotóns, a partir dos cales se forma a imaxe.

A desintegración dun núcleo de flúor pode expresarse como: $^{18}_9\text{F} \rightarrow ^x_8\text{O} + ^y_z\text{e}^+ + ^0_0\nu$

- Completa a reacción nuclear anterior e xustifica os valores de x, y e z.
- A constante de desintegración deste isótopo de F é $6,31 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$. Calcula o tempo de semidesintegración e o tempo que debe pasar para que quede unha décima parte da cantidade inicial de ^{18}F . (110 s , 365 s)
- Qué porcentaxe de isótopos quedarán ó cabo de 30 s? Razoa se sería posible almacenar durante moito tempo este radiofármaco e xustifica por qué. (83%)

11. O iodo-131 é un isótopo radioactivo, cun tempo de semidesintegración de 8 días, que emite partículas beta e gamma, empregándose para tratar o cancro e outro tipo de enfermidades relacionadas coa glándula tiroides. A reacción de descomposición é a seguinte: $^{131}_{53}\text{I} \rightarrow ^x_y\text{Xe} + ^0_{-1}\beta + ^0_0\nu$

- Determina o valor dos números atómico e másico do xenon. (131 , 54)
- Cantos días teñen que pasar para que a cantidade de I-131 pase a ser o 25 % do valor inicial. (16 días)
- Se as partículas son emitidas a unha velocidade de $2 \cdot 10^5 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, calcula a lonxitude de onda asociada. ($3,63 \cdot 10^{-12} \text{ m}$)

Datos: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

12. Marie Curie recibiu o Premio Nobel de Química en 1911 polo descubrimento do radio. O tempo de semidesintegración do radio é de $1,59 \cdot 10^3$ anos. Se Marie Curie tivese gardada no seu laboratorio 2,00 g de radio-226:

- Qué cantidade de radio quedaría no ano 2011? ($1,92 \text{ gramos}$)
- Cal sería a actividade radioactiva da mostra inicial de 2,00 g de radio e cal sería a actividade da mostra no ano 2011? ($2,32 \cdot 10^{18} \text{ desint/ano}$; $2,23 \cdot 10^{18} \text{ desint/ano}$)
- Cantos anos pasarían ata que a mostra de radio se reducise ó 1 % do seu valor inicial? (10562 anos)

Datos: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ partículas} \cdot \text{mol}^{-1}$

13. O polonio-210 ten unha vida media de 200 días e desintégrese emitindo partículas alfa, transformándose nun isótopo estable de chumbo. O proceso é o seguinte: $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^x_y\text{Pb} + \alpha$

- Determina os valores dos índices x e y. ? (206 ; 82)
- Calcula o tempo necesario para que a masa do polonio pase a ser o 20 % de masa inicial? (322 días)
- Calcula a enerxía desprendida na desintegración dun núcleo de polonio expresada en J e en MeV. ? ($7,325 \cdot 10^{-13} \text{ J} \cdot \text{átomo}^{-1}$; $4,588 \text{ MeV} \cdot \text{átomo}^{-1}$)

Datos: $Ar(\text{Po}) = 209,983$; $Ar(\text{Pb}) = 205,974$; $m_\alpha = 4,003 \text{ u}$; $m_e = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

14. Na desintegración do $^{226}_{88}\text{Ra}$ para formar radon, cada átomo emite unha partícula alfa e un raio gamma de lonxitude de onda $6,52 \cdot 10^{-12}$ m.

- Escrebe a reacción de desintegración.
- Calcula a enerxía máxima de cada fotón de raios gamma en MeV. **(0,19 V)**
- Calcula a perda de masa da reacción anterior debida á emisión gamma.

Datos: $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

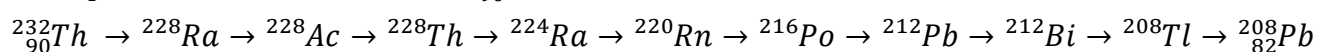
15. Cando se mide a actividade radioactiva dunha mostra de madeira recollida nunha cova con restos prehistóricos obsérvanse 560 desintegracións de C-14 por gramo e hora. Nunha mostra de madeira actual, que ten a mesma masa e a mesma natureza, a actividade é de 920 desintegracións de C-14 por gramo e hora. Admitindo que o número de desintegracións por unidade de tempo é proporcional ó número de átomos de C-14 presentes na mostra, determina:

- Cantos anos hai que se cortou a madeira que se está analizando? **(4103 anos)**
- Cal será a actividade da mostra dentro de 1000 anos, expresada en desintegracións/g·s? **(0,23 desintegración/g·s)**
- Define tempo de semidesintegración e demostra a súa relación coa constante de desintegración.

Datos: *vida media do C-14 = 8270 anos*

16. Unha peza de torio que contén 1 kg de Th contén tamén 200 g de Pb. O Pb-208 é o descendente estable final da serie radioactiva que ten como precursor ó Th-232. O tempo de semidesintegración deste é de $1,405 \cdot 10^{10}$ anos.

- Supoñendo que todo o Pb da rocha provén do decaemento do Th e que non houbo perdas, cal é a idade da rocha? **(4,10·10⁹ anos)**
- Completa con partículas α ou β e cos valores dos seus números atómicos, segundo corresponda, a serie radioactiva do $^{232}_{90}\text{Th}$:



- Cantos núcleos de helio-4 se producen na desintegración da rocha. **(3,47·10²⁴ núcleos)**

Datos: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ partículas}\cdot\text{mol}^{-1}$

17. Certo mineral de uranio contén 0,124 g de Pb-206 por cada gramo de U-238. Se o tempo de semidesintegración do uranio é de $4,59 \cdot 10^9$ anos, calcula:

- A vida media do U-238. **(6,62·10⁹ anos)**
- O tempo transcorrido dende a formación xeolóxica do mineral. **(8,85·10⁸ anos)**
- A velocidade de desintegración en Bq dunha mostra de 10 g de U-238. **(1,21·10⁵ Bq)**

Datos: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ partículas}\cdot\text{mol}^{-1}$

CUESTIÓN PROPOSTAS CIUG

RELATIVIDADE

1. Que nos di a ecuación $E = m \cdot c^2$?

- A masa e a enerxía son dúas formas da mesma magnitude.**
- A masa convértese en enerxía cando viaxa á velocidade da luz.
- A masa convértese en enerxía cando o corpo se despraza á velocidade da luz ó cadrado.

2. Un vehículo espacial afástase da Terra cunha velocidade de $0,5 c$ (c = velocidade da luz). Dende a Terra mándase un sinal luminoso e a tripulación mide a velocidade do sinal, obtendo o valor:

- $0,5 c$.
- c .**
- $1,5 c$.

3. Un raio de luz:

- Ten menor enerxía se vai a menor velocidade.
- Non varía a súa enerxía coa velocidade.
- Non pode variar a súa velocidade.**

4. A ecuación de Einstein $E = m \cdot c^2$ implica que:

- a) Unha determinada masa m necesita unha enerxía E para poñerse en movemento.
- b) A enerxía E é a que ten unha masa m cando vai á velocidade da luz.
- c) **E é a enerxía equivalente a unha determinada masa.**

5. Un observador A equidistante entre a Terra e a Lúa observa dous pares de sucesos, un na Terra, T_1 e T_2 , e outro na Lúa, L_1 e L_2 , medindo igual duración entre T_1 e T_2 que entre L_1 e L_2 . Outro observador B está achegándose á Lúa e separándose da Terra, e observa os mesmos sucesos.

- a) **O tempo medido por B entre T_1 e T_2 é maior que o medido entre L_1 e L_2 .**
- b) O tempo medido por B entre T_1 e T_2 é menor que o medido entre L_1 e L_2 .
- c) O tempo medido por B entre T_1 e T_2 é igual que o medido entre L_1 e L_2 .

MECÁNICA CUÁNTICA

1. O efecto fotoeléctrico prodúcese se:

- a) A intensidade da radiación é moi grande.
- b) A lonxitude de onda da radiación incidente é grande.
- c) **A frecuencia da radiación é superior á frecuencia limiar.**

2. Se un protón, H^+ , e unha partícula “p” teñen a mesma enerxía cinética, e sabendo que $m_p = 4 m_{H^+}$, podemos afirmar que a razón entre as lonxitudes de onda asociadas á partícula, λ_p , e ó protón, λ_{H^+} , é:

- a) 4.
- b) **0,5.**
- c) 0,25.

3. O Principio de indeterminación de Heisenberg establece que:

- a) Non hai nada máis pequeno que a constante de Planck.
- b) **Non se poden medir simultaneamente e con precisión ilimitada o momento lineal e a posición dunha partícula.**
- c) De tódalas magnitudes físicas, sómente o momento lineal e a velocidade non poden coñecerse con precisión ilimitada.

4. A enerxía dun cuanto de luz dunha frecuencia dada é directamente proporcional:

- a) á velocidade da luz.
- b) á lonxitude de onda.
- c) **á frecuencia da onda.**

5. Cando se dispersan raios X en grafito, obsérvase que emerxen fotóns de menor enerxía que a incidente e electróns de alta velocidade. Este fenómeno pode explicarse por unha colisión:

- a) Totalmente inelástica entre un fotón e un átomo.
- b) **Elástica entre un fotón e un electrón.**
- c) Elástica entre dous fotóns.

6. A constante de Planck vale $6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s. Se de pronto aumentara o seu valor a $6,63 \cdot 10^{34}$ J·s, pasaría que:

- a) **A mecánica cuántica sería aplicable ó mundo macroscópico.**
- b) A mecánica clásica sería aplicable ó mundo microscópico.
- c) A mecánica cuántica e a mecánica clásica intercambiarían os seus campos de aplicación, o mundo microscópico e macroscópico.

7. As estrelas moi afastadas vense:

- a) da mesma cor que se estiveran vendo dende unha nave que as orbitara.
- b) **máis vermellas.**
- c) máis azuis.

8. A Terra está a quentarse polo efecto invernadoiro. O efecto da lei de Stefan-Boltzman da emisión dun corpo negro fai que:

- a) se amorteza o quentamento;
- b) se incrementa o quentamento;
- c) a lei non inflúe no balance de enerxía e polo tanto no quentamento terrestre.

9. Segundo a hipótese de De Broglie, $\lambda = h/p$, os raios de luz de maior lonxitude de onda teñen:

- a) máis enerxía que os de menor lonxitude de onda.
- b) menos.
- c) igual.

10. O momento lineal dun fotón de lonxitude de onda 500 nm é:

- a) cero.
- b) $3,32 \cdot 10^{-42} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- c) $1,33 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dato: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

11. As estrelas máis quentes son:

- a) máis vermellas.
- b) máis azuis.
- c) de calquera cor.

FÍSICA NUCLEAR

1. Dada a reacción nuclear: ${}^{235}_{92}\text{U} + X \rightarrow {}^{236}_{93}\text{Np}$, a partícula X é:

- a) un protón.
- b) un neutrón.
- c) un electrón.

2. A obtención da enerxía a partir do núcleo dos átomos realízase mediante reaccións nucleares, as cales clasificamos en dous tipos: reaccións de fisión e reaccións de fusión. Na actualidade o home soamente usa as de fisión, e débese a que:

- a) Producen máis enerxía que as de fusión.
- b) Son menos contaminantes que as de fusión.
- c) Non sabe aproveitar as de fusión.

3. Cando un núcleo emite unha partícula $\beta(-)$, en realidade emite:

- a) un fotón.
- b) un electrón.
- c) un protón.

4. Se un núcleo atómico emite unha partícula α e dúas partículas $\beta(-)$, o seu nº atómico:

- a) diminúe en dúas unidades.
- b) aumenta en dúas unidades.
- c) non varía.

5. Un átomo de ${}^{235}_{92}\text{U}$ segue unha serie radioactiva que pasa polo ${}^{214}_{82}\text{Pb}$, tras emitir unha serie de partículas alfa e beta. O número de partículas alfa emitidas é:

- a) 3.
- b) 6.
- c) 9.

6. Unha masa de átomos radioactivos tarda 3 anos en reducir nun 10 % a súa masa. Canto tardará en reducirse ó 81 % da masa orixinal?:

- a) máis de tres anos.
- b) menos de tres anos.
- c) tres anos.

7. As expresións: $\frac{dN}{dt} = A_0 e^{(-\lambda t)}$ e $N = N_0 e^{(-\lambda t)}$ permiten calcular o número de átomos que quedan nunha mostra radioactiva que tiña, inicialmente, N átomos. Cal das seguintes respostas describe o significado da constante λ ?

- a) $\lambda \cdot dt$ proporcióna a fracción de átomos que poden desintegrarse nun intervalo de tempo dt .
- b) λ é a vida media da mostra.
- c) λ é a probabilidade de que un átomo poda desintegrarse transcorrido 1 s.

8. Cal dos seguintes tipos de radiación non é capaz de ionizar o aire?

- a) Partículas beta.
- b) Radiación infravermella.
- c) Radiación X.

9. Unha radiación emitida por unha fonte radioactiva redúcese a terceira parte cando se lle coloca unha folla de papel fronte á fonte, e redúcese practicamente a cero cando se lle coloca unha lámina de aluminio de 1 cm de espesor entre fonte e detector. De qué tipo de radiación se trata?

- a) Partículas beta.
- b) Partículas alfa.
- c) Radiacións gamma.

10. Se un núcleo de Li, de número atómico 3 e número másico 6, reacciona con un núcleo dun determinado elemento X prodúcese dúas partículas α . Como será o elemento X?:

- a) 1_1X .
- b) 2_2X .
- c) 4_2X .

11. Ó bombardear ${}^{198}_{80}Hg$ con neutróns, obtense 1_1H e outro elemento. De qué elemento se trata?:

- a) ${}^{198}_{79}Au$.
- b) ${}^{197}_{81}Tl$.
- c) ${}^{199}_{80}Hg$.

12. Un protón é unha partícula fundamental, que:

- a) pertencente ao grupo dos leptóns.
- b) pertencente ao grupo dos hadróns.
- c) ningunha das respostas anteriores é correcta.

13. Elixo e xustifica a proposición correcta:

- a) Os bosóns teñen o espín semienteiro.
- b) Os mesóns están formados por un quark e un antiquark.
- c) Os quarks mantéñense unidos mediante intercambio de fotóns.

14. Elixo e xustifica a proposición correcta:

- a) Os fotóns son bosóns con espín semienteiro.
- b) O protón está formado por un quark e un antiquark.
- c) Os bosóns transmiten forzas.

15. Elixo e xustifica a proposición correcta:

- a) Os barións están formados por un quark e un antiquark.
- b) Os electróns están formados por quarks.
- c) O neutrón está formado por tres quarks.

16. Elixo e xustifica a proposición correcta:

- a) Un electrón é un leptón bosónico.
- b) Un fotón é un bosón.
- c) O neutrino é un hadrón fermiónico.