

Radiotividade

Quer ver esse material pelo Dex? Clique [aqui](#).

Resumo

A **radioatividade**, que hoje conhecemos e utilizamos, estuda a emissão de **radiações** do **núcleo instável** de um átomo. Ou seja, átomos de alguns elementos – especialmente os que possuem massa muito grande – se **desintegram** espontaneamente, perdem/liberam partículas presentes em seus núcleos (**partículas nucleares**) ou ondas eletromagnéticas, para obterem estabilidade. Isso significa que tais átomos têm atividade radioativa.

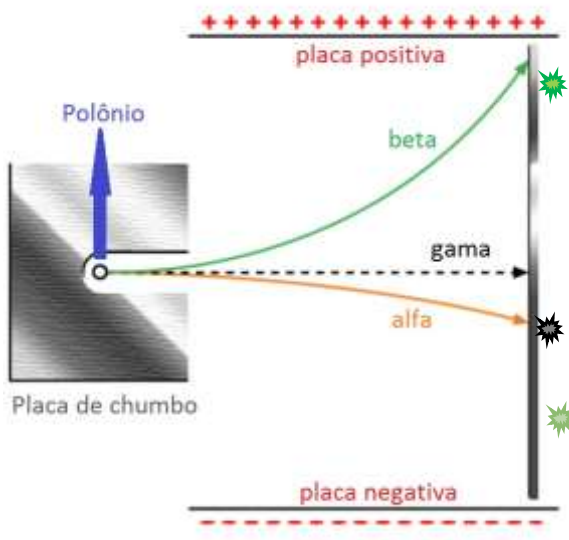
Mas como toda ciência, o estudo das radiações evoluiu ao longo do tempo, até chegar ao conhecimento atual. Vamos resumir essa história?

Histórico

- Antoine-Henri **Becquerel** → físico francês que trabalhava com **sais de urânio**, percebeu que um desses sais, o sulfato duplo de potássio e uranila – $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ – era capaz de **impressionar filmes fotográficos**. Estudou-se tal comportamento e viu-se que isso se devia a radiações emitidas pelo sal.
- Wilhelm Conrad **Roentgen** → físico alemão que trabalhava com **raios catódicos** (do tubo de Crooke), percebeu que esses raios emitiam uma **nova radiação** – os **raios X** – quando em contato com vidro ou metal. Posteriormente, viu-se que ela não possui massa nem carga.
- **Marie Sklodowska Curie** → física e química polonesa que também trabalhava com **sais de urânio**, percebeu que impressões fotográficas feitas por esses sais aumentavam de intensidade à medida que aumentava-se a quantidade desses sais. Concluiu, assim, que **a intensidade de radiação é proporcional à quantidade de urânio** e, portanto, a **radioatividade** era um **fenômeno atômico**.
- Ernest **Rutherford** → físico neozelandês que trabalhou com **polônio**, estudou a ação de campos eletromagnéticos sobre as radiações e, assim, descobriu os **raios α (alfa), β (beta) e γ (gama)**. Veremos com detalhes a seguir.

Experimento de Rutherford

- Criou uma aparelhagem contendo: **polônio** (elemento com atividade radioativa) em um **bloco de chumbo**, **campo magnético**, **placas carregadas** eletricamente (uma positiva e uma negativa) e uma **placa fluorescente com sulfeto de zinco**, que emite luminosidade ao ser atingida por radiação.



β → como é desviada em direção à placa positiva, concluiu-se que possui **carga negativa**;
→ como sofreu desvio com facilidade (desvio grande), concluiu-se que **possui massa pequena**.

γ → como não sofre desvio, concluiu-se que **não possui carga**;
→ **não possui massa**;

α → como é desviada em direção à placa negativa, concluiu-se que possui **carga positiva**;
→ como sofreu desvio com dificuldade (desvio pequeno),

concluiu-se que **possui massa maior**.

Radiações

- Partícula ${}^2_2\alpha^4$ $\left\{ \begin{array}{l} A \text{ (massa)} = 4 \\ Z \text{ (carga)} = 2 \end{array} \right.$

- É uma partícula nuclear;
- Tem 1/10 da velocidade da luz;
- É igual ao núcleo do hélio (possui 2 prótons, 2 nêutrons e número de massa 4);
- Tem baixo poder de penetração, não ultrapassa papel, roupas finas e a nossa pele.

- Partícula ${}^{-1}_{-1}\beta^0$ $\left\{ \begin{array}{l} A \text{ (massa)} = 0 \\ Z \text{ (carga)} = -1 \end{array} \right.$

- É uma partícula nuclear;
- Tem 9/10 da velocidade da luz;
- É igual a um elétron – ou é o elétron – deriva da quebra de um nêutron;
- Tem poder de penetração superior ao da partícula α , não ultrapassa roupas grossas e madeira.

- Radiação ${}^0_0\gamma^0$ $\left\{ \begin{array}{l} A \text{ (massa)} = 0 \\ Z \text{ (carga)} = 0 \end{array} \right.$

- Como não tem carga nem massa, não é uma partícula nuclear, é uma onda eletromagnética, assim como a luz e os raios X, de comprimento pequeno;
- Trafega na velocidade da luz;

→ Tem maior poder de penetração, mas não ultrapassa paredes de concreto ou chumbo.

- Próton ${}_1^1\text{p}^1$ $\left\{ \begin{array}{l} A (\text{massa}) = 1 \\ Z (\text{carga}) = 1 \end{array} \right.$

→ É uma partícula nuclear;

→ Tem carga positiva.

- Nêutron ${}_0^1\text{n}^1$ $\left\{ \begin{array}{l} A (\text{massa}) = 1 \\ Z (\text{carga}) = 0 \end{array} \right.$

→ É uma partícula nuclear;

→ Não tem carga, é neutra.

- Pósitron ${}_{+1}^0\beta^0$ $\left\{ \begin{array}{l} A (\text{massa}) = 0 \\ Z (\text{carga}) = +1 \end{array} \right.$

→ É a antimatéria da partícula beta;

→ Tem carga positiva.

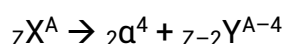
! OPA, antimatéria?

Assim como a matéria é composta de partículas, a **antimatéria é composta de antipartículas**, que se tratam da **partícula correspondente, mas com sinal contrário**. O pósitron também é chamado de antielétron, já que é a antipartícula do elétron (é o elétron com carga +1). Acredita-se que, para cada matéria, há uma antimatéria correspondente. Você pode ler essa matéria show, para entender melhor: <http://super.abril.com.br/ciencia/antimateria/>.

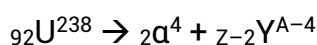
Leis da radioatividade

- **1ª Lei da Radioatividade** ou Lei de Soddy: **emissão de partículas α**

O núcleo de um elemento radioativo, ao emitir uma partícula α , origina um elemento com número atômico menor em 2 unidades e número de massa menor em 4 unidades. Veja:



Exemplo:



- Mas por quê? Porque como "na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma", a soma dos números atômicos (número de prótons) de antes da seta da reação nuclear deve ser igual à soma dos números atômicos de depois da seta. O mesmo deve ocorrer com o número de massa.

$$Z_{\text{antes}} = Z_{\text{depois}} / Z_P = Z_R \text{ e } A_{\text{antes}} = A_{\text{depois}} / A_P = A_R$$

IMPORTANTE À BEÇA: em uma reação nuclear, são representados os núclídeos dos átomos envolvidos.

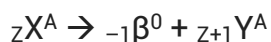
! OPA, núclídeo?

É a representação do núcleo de um átomo, e sua notação se faz com o símbolo do elemento mais seu número atômico e seu número de massa, geralmente.

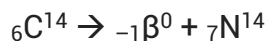
Exemplo: se for representado o núclídeo do oxigênio-16 (isótopo do oxigênio de número de massa 16), será assim: ${}_8\text{O}^{16}$.

- **2ª Lei da Radioatividade** ou Lei de Soddy-Fajans-Russel: **emissão de partículas β**

O núcleo de um elemento radioativo, ao emitir uma partícula β , origina um elemento com número atômico maior em 1 unidade e número de massa igual ao do elemento desintegrado. Veja:



Exemplo:



- O motivo é o mesmo da primeira Lei.

Cinética Radioativa

Como toda "cinética", ela estuda velocidade. Já que é "radioativa", estuda a velocidade da desintegração de núcleos, ou o tempo necessário para que o núcleo de um elemento emita certa quantidade de radiação.

- **Tempo de meia-vida ($T_{1/2}$ / P)**

É o **tempo** em que uma amostra de átomos de um elemento radioativo tem sua **quantidade reduzida à metade**, como diz o nome. Cada elemento possui seu tempo de meia-vida específico.

Exemplo: O tempo de meia vida do fósforo-32 é de 32 dias. Isso significa que uma amostra contendo 1 mol ($6,02 \cdot 10^{23}$ átomos/32 g) desse elemento hoje terá $\frac{1}{2}$ mol ($3,01 \cdot 10^{23}$ átomos/16 g) dele daqui a 32 dias.

- Logo, daqui a 128 dias (4×32), a sua quantidade será a inicial dividida por 2, depois por 2 de novo, depois por mais 2 e por fim, por mais 2.

$$1 \text{ mol} / 32 \text{ g} \xrightarrow[\div 2]{32 \text{ dias}} \frac{1}{2} \text{ mol} / 16 \text{ g} \xrightarrow[\div 2]{+ 32 \text{ dias}} \frac{1}{4} \text{ mol} / 8 \text{ g} \xrightarrow[\div 2]{+ 32 \text{ dias}} \frac{1}{8} \text{ mol} / 4 \text{ g} \xrightarrow[\div 2]{+ 32 \text{ dias}} \frac{1}{16} \text{ mol} / 2 \text{ g}$$

- Sendo assim, quantidade final (Q_f) será igual a quantidade inicial (Q_i)/2/2/2/2 ou $Q_i/2^4$. Dessa resolução, tiramos a fórmula:

$$Q_f = Q_i / 2^P$$

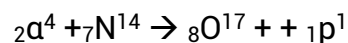
Onde:

Q_f e Q_i = pode ser m_f e m_i , se a quantidade for em massa; n_f e n_i , se for em número de mols, e por aí vai;
 P = é o período de meia-vida do elemento em questão.

Transmutação artificial

Chamamos de **transmutação nuclear** o **bombardeamento de um nuclídeo com alguma partícula**, formando um novo elemento químico e, geralmente, outras partículas são liberadas. Dizemos que é artificial porque não ocorre de forma espontânea, natural, há a intervenção humana.

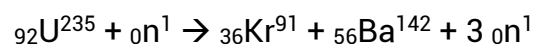
Exemplo: No bombardeamento do nitrogênio-14 com partículas alfa, há a agregação da mesma a esse elemento e a liberação de um próton, gerando oxigênio-17 ($Z=8$).



Fissão nuclear

Caso a transmutação **rompa o nuclídeo bombardeado**, gerando nuclídeos de elementos diferentes de números atômicos menores e complementares ao do primeiro (ou seja, $Z_2 + Z_3 = Z_1$, sendo Z_1 o número atômico do nuclídeo bombardeado e Z_2 e Z_3 os dos elementos resultantes), houve uma **fissão nuclear**. Fissão porque o elemento foi fissonado/dividido em outros.

Exemplo: No bombardeamento do urânio-235 com nêutrons, como ocorre na bomba nuclear, há a fissão do urânio, liberando bário e criptônio e mais três nêutrons.



- Na **bomba nuclear**, cada nêutron formado bombardeia mais um átomo de urânio-235, liberando mais bário, criptônio e mais 3 nêutrons, que bombardeiam mais 3 átomos de urânio, e assim sucessivamente. A isso, damos o nome de **reação em cadeia**.
- A fissão de um átomo de urânio-235 já libera muita energia, em forma de calor. Sendo alguns quilos desse elemento, a quantidade de energia liberada é absurdamente maior, o que faz da bomba nuclear um material bélico de altíssimo potencial de destruição, muito superior à de uma bomba de TNT, por exemplo.
- A fissão nuclear também ocorre em uma **usina nuclear**, em que se faz a **quebra do urânio**, liberando muita energia, que aquece a água, fazendo-a vaporizar e girar uma turbina, a qual resulta em produção de energia elétrica.

Fusão nuclear

Como o próprio nome explica, consiste na **fusão dos núcleos** de elementos, formando outro elemento e liberando partículas e energia. No Sol, por exemplo, ocorre a reação de fusão de quatro núcleos de hidrogênio, gerando hélio, dois pósitrons e muita energia, em forma de calor.



→ Na **bomba de hidrogênio**, ou bomba H, ocorre a mesma reação, por isso é um material bélico tão preocupante para a humanidade. A energia térmica liberada é muito superior à de uma bomba atômica.

IMPORTANTE À BEÇA: a arqueologia e outros ramos do estudo da história natural utilizam o **método de datação** de fósseis **com carbono-14**. Trata-se de um isótopo do carbono com número de massa igual a 14 (6 prótons e 8 nêutrons) que tem núcleo instável, e por isso tem atividade radioativa.

- A frequência desse isótopo na natureza é conhecida pelos cientistas, ou seja, **a proporção entre a quantidade de carbono-12** (C-12, o mais estável e mais presente na natureza) **e de carbono-14** (C-14) incorporados aos organismos vivos e aos compostos químicos espalhados pelo ambiente **já foi calculada**.
- Além disso, **conhece-se a meia-vida do C-14**, que é de aproximadamente 5600 anos. Então, é possível datar um fóssil, isto é, calcular em qual data ele viveu.
- Mas como? Vamos supor que a proporção de C-12 e C-14 no ambiente seja de 1000:1, respectivamente. Se um cadáver possuir 1000 mols de C-12, vai possuir 1 mol de C-14, caso tenha morrido há pouco tempo e ainda não tenha havido decaimento dele. Então, se nesse cadáver encontramos apenas 0,5 mol de C-14 (metade da quantidade inicial do elemento), sabemos que já se passaram 5600 anos desde que o organismo morreu e parou de incorporar matéria orgânica.
- Quanto **menos C-14** no fóssil, **mais antigo** ele é.

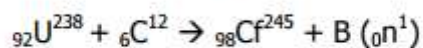
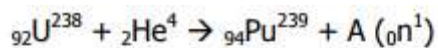
OBS: O exemplo acima (proporção 1000:1) foi apenas suposição, a concentração real de C-14 na Terra é de 10 ppb (10 átomos de C-14 por bilhão de átomos na natureza).

Quer assistir um QOD sobre o assunto e ainda baixar um mapa mental? Só clicar [aqui!](#)

Quer ainda saber o que aconteceu em **Chernobyl**? Só clicar [aqui!](#)

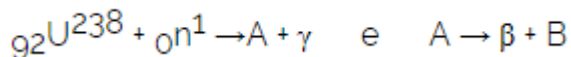
Exercícios

1. A partir da década de 40, quando McMillan e Seaborg obtiveram em laboratório os primeiros elementos transurânicos ($NA > 92$), o urânio natural foi usado algumas vezes para obter tais elementos. Para tanto, ele era bombardeado com núcleos de elementos leves. Na obtenção do Plutônio, do Califórnio e do Férmio as transmutações ocorreram da forma a seguir:



Sendo assim, os valores de A, B e C que indicam as quantidades de nêutrons obtidas são, respectivamente:

- a) 1, 4 e 5.
 - b) 1, 5 e 4.
 - c) 2, 4 e 5.
 - d) 3, 4 e 5.
 - e) 3, 5 e 4.
2. Na obtenção de um dado elemento transurânico, por meio das reações nucleares:



podemos afirmar que o isótopo B desse elemento transurânico possui número atômico e número de massa respectivamente iguais a:

- a) 93 e 239.
- b) 94 e 240.
- c) 95 e 241.
- d) 96 e 245.
- e) 97 e 248.

3. "À medida que ocorre a emissão de partículas do núcleo de um elemento radioativo, ele está se desintegrando. A velocidade de desintegrações por unidade de tempo é denominada velocidade de desintegração radioativa, que é proporcional ao número de núcleos radioativos. O tempo decorrido para que o número de núcleos radioativos se reduza à metade é denominado meia-vida."

USBERCO, João e SALVADOR, Edgard. *Química*. 12ª ed. Reform - São Paulo: Editora Saraiva, 2009. (Volume 2: Físico-Química).

Utilizado em exames de tomografia, o radioisótopo flúor-18 (^{18}F) possui meia-vida de uma hora e trinta minutos (1h 30min). Considerando-se uma massa inicial de 20 g desse radioisótopo, o tempo decorrido para que essa massa de radioisótopo flúor-18 fique reduzida a 1,25 g é de

Dados: $\log 16 = 1,20$; $\log 2 = 0,30$

- a) 21 horas.
 - b) 16 horas.
 - c) 9 horas.
 - d) 6 horas.
 - e) 1 hora.
4. O isótopo 238 do plutônio ($^{238}_{94}\text{Pu}$), cujo tempo de meia vida é de aproximadamente 88 anos, é caracterizado por sua grande capacidade de emissão de partículas do tipo alfa. Entretanto, não é capaz de emitir partículas do tipo beta e radiação gama. A respeito desse radioisótopo, são realizadas as seguintes afirmações:
- I. Ao partir-se de 1 kg de plutônio-238, após 176 anos, restarão 250 g desse isótopo.
 - II. A equação $^{238}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{234}_{92}\text{U} + ^4_2\alpha$ representa a emissão que ocorre nesse isótopo.
 - III. A quantidade de nêutrons existentes no núcleo do plutônio-238 é de 144.

Considerando-se os conhecimentos adquiridos a respeito do tema e das afirmações supracitadas, é correto que

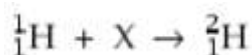
- a) não há nenhuma afirmação verdadeira.
- b) são verdadeiras apenas as afirmações I e II.
- c) são verdadeiras apenas as afirmações I e III.
- d) são verdadeiras apenas as afirmações II e III.
- e) todas as afirmações são verdadeiras.

5. Um átomo X, de número atômico 92 e número de massa 238, emite uma partícula alfa, transformando-se num átomo Y, o qual emite uma partícula beta, produzindo um átomo Z. Então:
- os átomos Y e X são isótopos.
 - os átomos X e Z são isótonos.
 - os átomos X e Y são isóbaros.
 - o átomo Z possui 143 nêutrons.
 - o átomo Y possui 92 prótons.
6. No processo de desintegração natural de ${}_{92}\text{U}^{238}$, pela emissão sucessiva de partículas alfa e beta, forma-se o ${}_{88}\text{Ra}^{226}$. Os números de partículas alfa e beta emitidas neste processo são, respectivamente,
- 1 e 1.
 - 2 e 2.
 - 2 e 3.
 - 3 e 2.
 - 3 e 3.
7. Após algumas desintegrações sucessivas, o ${}_{90}\text{Th}^{232}$, muito encontrado na orla marítima de Guarapari (ES), se transforma no ${}_{82}\text{Pb}^{208}$. O número de partículas alfa e beta emitidas nessa transformação foi, respectivamente, de:
- 6 e 4
 - 6 e 5
 - 5 e 6
 - 4 e 6
 - 3 e 3

8. Na usina coreana de Wolsung, cerca de 50 litros de água pesada vazaram (...), e puderam ser recuperados sem maiores danos logo após o incidente."

(JB, 06/10/99)

A água pesada (D_2O) é constituída por deutério e oxigênio, e é um subproduto das usinas nucleares, sendo obtida através do bombardeamento do núcleo de hidrogênio.

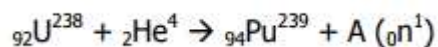


De acordo com a reação acima, X é um(a):

- a) elétron.
 - b) nêutron.
 - c) partícula α .
 - d) partícula β .
 - e) partícula γ .
9. Um radioisótopo, para ser adequado para fins terapêuticos, deve possuir algumas qualidades, tais como: emitir radiação gama (alto poder de penetração) e meia-vida apropriada. Um dos isótopos usados é o tecnécio-99, que emite este tipo de radiação e apresenta meia-vida de 6 horas. Qual o tempo necessário para diminuir a emissão dessa radiação para 3,125 % da intensidade inicial?
- a) 12 horas.
 - b) 18 horas.
 - c) 24 horas.
 - d) 30 horas.
 - e) 36 horas.
10. Em abril de 1986, um nome ficou na memória da humanidade: Chernobyl. Supondo-se ser o Sr - 90, (cuja meia-vida é de 28 anos) a única contaminação radioativa, em 2098 a quantidade desse isótopo terá se reduzido a
- a) 1/2 da quantidade inicialmente presente.
 - b) 1/4 da quantidade inicialmente presente.
 - c) 1/8 da quantidade inicialmente presente.
 - d) 1/16 da quantidade inicialmente presente.
 - e) 1/32 da quantidade inicialmente presente.

Gabarito

1. E



$$238 + 4 = 239 + A$$

$$A = 3$$



$$238 + 12 = 245 + B$$

$$B = 5$$

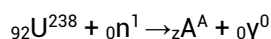


$$238 + 16 = 250 + C$$

$$C = 4$$

2. A

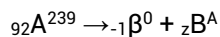
Primeiro vamos descobrir o número atômico (Z) e o número de massa (A) de A:



Índices inferiores (número atômico): $92 + 0 = Z + 0 \rightarrow Z = 92$;

Índices superiores (número de massa): $238 + 1 = A + 0 \rightarrow A = 239$.

Agora, temos:

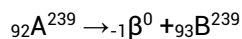


Quando um elemento emite uma partícula beta, um nêutron do núcleo decompõe-se e origina um próton, um elétron e um antineutrino. O próton permanece no núcleo, o que significa que o número atômico aumenta em uma unidade ($92 + 1 = 93$), e o número de massa não se altera porque, ao mesmo tempo que perdeu o nêutron, ele ganhou o próton (permanece igual a 239).

Assim, temos:

Índices inferiores (número atômico): $92 = -1 + Z \rightarrow Z = 93$;

Índices superiores (número de massa): $239 = 0 + A \rightarrow A = 239$.



3. D

$$20 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 10 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 5 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 2,5 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 1,25 \text{ g}$$

$$t = 4 \times t_{1/2}$$

$$t = 4 \times 1,5 \text{ h} = 6 \text{ h}$$

ou

$$m = \frac{m_{\text{inicial}}}{2^n}$$

$$1,25 \text{ g} = \frac{20 \text{ g}}{2^n}$$

$$2^n = 16$$

$$2^n = 2^4$$

$$n = 4$$

$$t = 4 \times n$$

$$t = 4 \times 1,5 \text{ h}$$

$$t = 6 \text{ h}$$

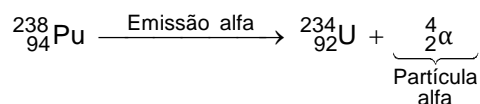
4. E

[I] Verdadeira. Ao partir-se de 1 kg (1.000 g) de plutônio-238, após 176 anos, restarão 250 g desse isótopo.

$$1.000 \text{ g} \xrightarrow{88 \text{ anos}} 500 \text{ g} \xrightarrow{88 \text{ anos}} 250 \text{ g}$$

$$\text{Tempo} = 88 \text{ anos} + 88 \text{ anos} = 176 \text{ anos}$$

[II] Verdadeira. A equação ${}_{94}^{238}\text{Pu} \rightarrow {}_{92}^{234}\text{U} + {}_2^4\alpha$ representa a emissão alfa que ocorre nesse isótopo.



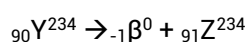
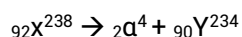
[III] Verdadeira. A quantidade de nêutrons existentes no núcleo do plutônio-238 é de 144.

$$\left. {}_{94}^{238}\text{Pu} \right\} A - Z = n$$

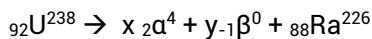
$$238 - 94 = 144 \text{ nêutrons}$$

5. D

Reações montadas:



6. D



$$238 = 4x + 0y + 226$$

$$X = 3$$

$$92 = 2x - y + 88$$

$$Y = 2$$

7. A

Vamos então montar a nossa expressão com base dos dados fornecidos no problema:



Agora queremos encontrar quantas radiações alfa e beta foram emitidas nessa desintegração sucessiva.

Vamos chamar a quantidade de emissões alfa de "x" e emissões beta de "y".

Para encontrar esse valores, vamos utilizar as massas dos elementos e das radiações como referência para encontrarmos a quantidade de emissões alfa, esqueceremos inicialmente seus números atômicos.

Então apenas tomando como referência as unidades massa, teremos a seguinte equação:

$$232 = 4x + y0 + 208$$

Resolvendo a equação:

$$232 - 208 = 4x$$

$$24 = 4x$$

$$24/4 = x$$

$$x = 6$$

Então a quantidade de radiações alfa emitidas neste processo foram 6.

Para encontrar a quantidade de emissões beta, basta utilizar a quantidade de prótons como referência:

$$90 = 2x + (-y) + 82$$

Como descobrimos 'x' basta substituir:

$$90 = 2 \cdot 6 - y + 82$$

Resolvendo:

$$90 = 12 + 82 - y$$

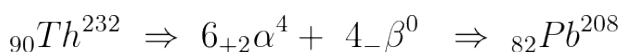
$$90 = 94 - y$$

$$90 - 94 = -y$$

$$-4 = -y$$

$$y = 4$$

Então a quantidade de emissões beta neste processo é 4, logo:



8. B



$$A = 2 - 1 = 1$$

$$Z = 1 - 1 = 0$$

$${}_0X^1 = {}_0n^1$$

9. D

Considere cada \rightarrow como um período de 6h

100% \rightarrow 50% \rightarrow 25% \rightarrow 12,5% \rightarrow 6,25% \rightarrow 3,125%

5 \rightarrow = 5 x 6h = 30h

10. D

2098 - 1986 = 112 anos

Como o tempo de meia vida é 28 anos : 112 / 28 = 4 tempos de meia vida

1 \rightarrow $\frac{1}{2}$ \rightarrow $\frac{1}{4}$ \rightarrow $\frac{1}{8}$ \rightarrow $\frac{1}{16}$