



# **APROFUNDADO DE RADIOATIVIDADE**

# APROFUNDADO DE RADIOATIVIDADE



**1.** (EBMSP 2017) Movimentos como "Outubro Rosa" estimulam a associação entre empresas e profissionais de saúde com o objetivo de alertar a população sobre a prevenção e o tratamento do câncer de mama, causa mais frequente de morte por câncer em mulheres. Um dos tratamentos do câncer utiliza radioisótopos que emitem radiações de alta energia, como a gama,  ${}^0_0\gamma$ , eficientes na destruição de células cancerosas que são mais susceptíveis à radiação, por se reproduzirem rapidamente. Entretanto é impossível evitar danos às células saudáveis durante a terapia, o que ocasiona efeitos colaterais como fadiga, náusea, perda de cabelos, entre outros. A fonte de radiação é projetada para o uso das radiações gama, já que as radiações alfa,  ${}^4_2\alpha$ , e beta,  ${}^0_{-1}\beta$ , são menos penetrantes nos tecidos e nas células. Um dos radionuclídeos usados na radioterapia é o cobalto,  ${}^{60}_{27}\text{Co}$ . Com base nas informações e nos conhecimentos sobre radioatividade,

**A)** Apresente um argumento que justifique o maior poder penetrante das radiações gama em relação às radiações alfa e beta.

**B)** Represente, por meio de uma equação nuclear, o decaimento radioativo do cobalto 60 com a emissão de uma partícula beta, indicando o símbolo, o número atômico e o número de massa do elemento químico obtido após emissão da partícula.

---



---



---



---

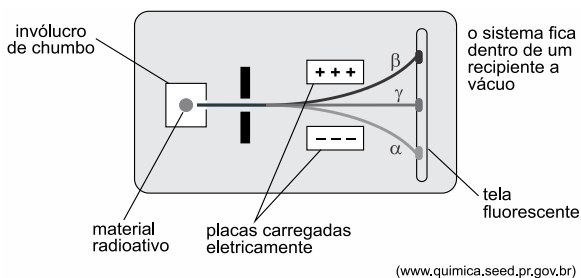


---



---

**2.** (UNICID 2017) A figura mostra os três tipos de radiação resultantes da desintegração de elementos radioativos naturais.



**A)** Quais dessas radiações, alfa, beta ou gama, podem ser chamadas de partículas? Justifique sua resposta, caracterizando tais radiações quanto à carga elétrica.

**B)** O fósforo-32 é uma espécie radioativa utilizada no tratamento radioterápico de alguns tipos de câncer. Na desintegração radioativa deste radioisótopo, forma-se enxofre-32. Escreva uma equação que represente esse processo.

---



---



---



---

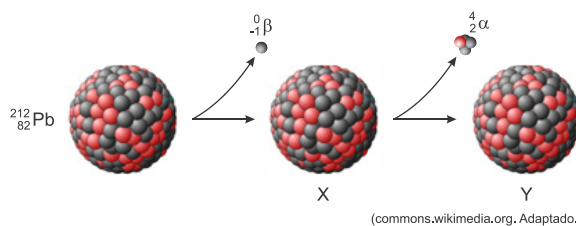


---

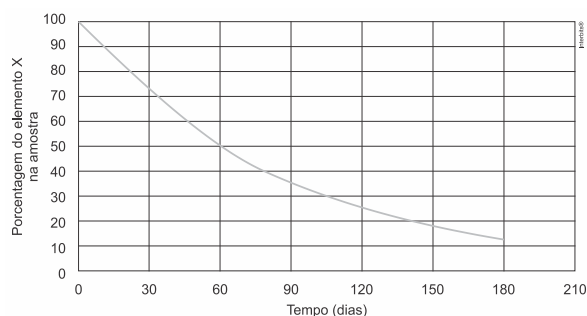


---

**3.** (FAC. SANTA MARCELINA 2017) Analise a sequência que representa as emissões radioativas naturais para o nuclídeo  ${}^{212}_{82}\text{Pb}$ .



Sabe-se que, ao emitir mais uma partícula beta, o nuclídeo Y forma um núcleo estável e que a diminuição da atividade do nuclídeo X ocorre de acordo com o gráfico.



**A)** Determine o número atômico e o número de massa do átomo formado na estabilização do nuclídeo Y. Qual a semelhança existente entre esse átomo formado e o átomo inicial?

**B)** Uma solução do nuclídeo X foi tratada com sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), resultando em uma massa de 4,0 g do sal  $\text{X}_2\text{S}_3$ . Escreva a equação iônica que representa a formação desse sal e determine o tempo necessário para que ele se desintegre até restar 0,5 g de  $\text{X}_2\text{S}_3$ .

---



---

---

---

---

---

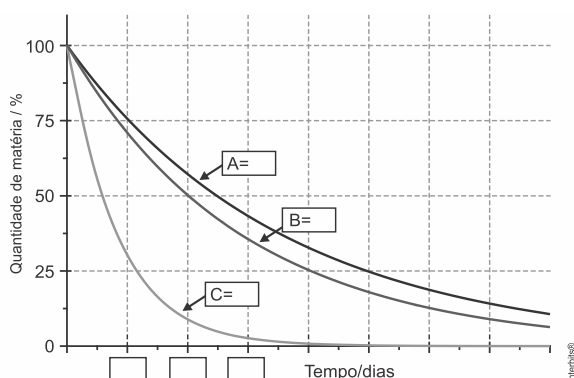
---

---

**4.** (UNICAMP 2017) A braquiterapia é uma técnica médica que consiste na introdução de pequenas sementes de material radiativo nas proximidades de um tumor. Essas sementes, mais frequentemente, são de substâncias como  $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{103}\text{Pd}$  ou  $^{125}\text{I}$ . Estes três radioisótopos sofrem processos de decaimento através da emissão de partículas  ${}_{-1}^0\beta$ . A equação de decaimento pode ser genericamente representada por  ${}^A_p\text{X} \rightarrow {}^{A'}_{p'}\text{Y} + {}_{-1}^0\beta$ , em que **X** e **Y** são os símbolos atômicos, **A** e **A'** são os números de massa e **p** e **p'** são os números atômicos dos elementos.

**A)** Tomando como modelo a equação genérica fornecida, escolha apenas um dos três radioisótopos utilizados na braquiterapia, consulte a tabela periódica e escreva sua equação completa no processo de decaimento.

**B)** Os tempos de meia vida de decaimento (em dias) desses radioisótopos são:  $^{192}\text{Ir}$  (74,2),  $^{103}\text{Pd}$  (17) e  $^{125}\text{I}$  (60,2). Com base nessas informações, complete o gráfico abaixo, identificando as curvas A, B e C com os respectivos radioisótopos, e colocando os valores nas caixas que aparecem no eixo que indica o tempo.



Dados:  $^{46}\text{Pd}$ ;  $^{47}\text{Ag}$ ;  $^{53}\text{I}$ ;  $^{54}\text{Xe}$ ;  $^{77}\text{Ir}$ ;  $^{78}\text{Pt}$ .

---

---

---

---

---

---

**5.** (USF 2016) O tecnécio ( ${}_{43}\text{Tc}^{98}$ ) é um elemento artificial de alto índice de radioatividade. Suas principais aplicações estão voltadas principalmente para a produção de ligas metálicas e, em medicina nuclear, para a fabricação de radiofármacos. Com relação à distribuição eletrônica desse elemento e suas emissões radioativas, responda ao que se pede.

**A)** Qual a sua distribuição eletrônica por subníveis de energia?

**B)** Qual a fórmula dos compostos iônicos formados entre o tecnécio catiônico (+2) com:

- oxigênio ( $Z = 8$ )?
- cloro ( $Z = 17$ )?

**C)** Qual o valor do número de massa e do número atômico do átomo formado quando o tecnécio sofre três decaimentos alfa e um decaimento beta?

---

---

---

---

---

---

**6.** (UEM 2016) Assinale o que for **correto**.

**01)** Quando um núcleo de  ${}^{238}_{92}\text{U}$  transforma-se em  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  ocorre a emissão de uma partícula alfa.

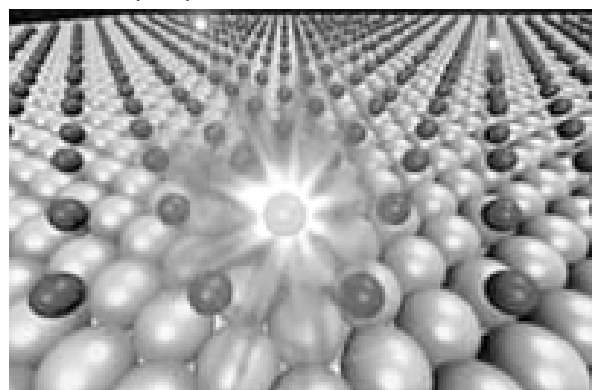
**02)** Quando o  ${}^{234}_{90}\text{Th}$  transforma-se em  ${}^{234}_{91}\text{Pa}$  ocorre a emissão de duas partículas beta.

**04)** Se a massa de um determinado isótopo radioativo se reduz a 6,25% da massa inicial após 16 meses, então sua meia-vida é 4 meses.

**08)** Se a meia-vida de um isótopo radioativo é igual a 3 dias, então 1 grama desse isótopo decai para 0,125 gramas em 9 dias.

**16)** O bombardeamento de um núcleo de  ${}^{14}_7\text{N}$  com uma partícula alfa provoca a transmutação do  ${}^{14}_7\text{N}$  para  ${}^{17}_8\text{O}$  e a emissão de um pósitron.

**7.** (USCS 2016) Elemento químico é visto transformando-se em outro pela primeira vez



Químicos da Universidade de Tufts, nos Estados Unidos, flagraram todo o processo durante o qual o iodo-125, um isótopo radioativo usado em terapias contra o câncer, se transformava em telúrio-125, um isótopo não radioativo do elemento telúrio.

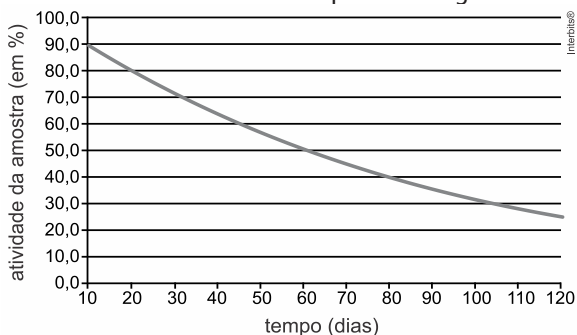


A transformação de um elemento em outro foi documentada em um experimento no qual uma gota de água contendo o iodo-125 foi depositada sobre uma camada fina de ouro. Quando a água evaporou, a amostra foi observada ao microscópio, até finalmente ser flagrado o decaimento de um dos átomos de iodo presentes na amostra.

(www.inovacaotecnologica.com.br. Adaptado.)

**A)** Sabendo que, para gerar o  $^{125}_{52}\text{Te}$ , o decaimento do  $^{125}_{53}\text{I}$  ocorre por captura de elétrons, apresente a equação que descreve essa reação nuclear.

**B)** Uma amostra de iodo foi colocada para secar em uma camada de ouro durante 10 dias. O gráfico registra a curva de decaimento dessa amostra depois da secagem.



Com base no gráfico, determine a meia-vida do iodo-125.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**8.** (FAC. SANTA MARCELINA 2016) Numa sequência de desintegração radioativa que se inicia com o  $^{218}_{84}\text{Po}$ , cuja meia vida é de 3 minutos, a emissão de uma partícula alfa gera o radioisótopo X, que, por sua vez, emite uma partícula beta, produzindo Y.

**A)** Partindo-se de 40 g de Polônio-218, qual a massa, em gramas, restante após 12 minutos de desintegração? Apresente os cálculos.

**B)** Identifique os radioisótopos X e Y, indicando suas respectivas massas atômicas.

---

---

---

---

---

---

---

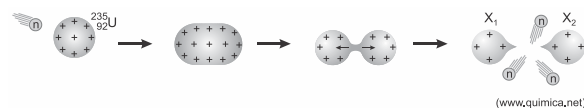
---

---

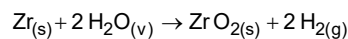
---

**9.** (USCS 2016) O ano de 1986 é lembrado como o ano do maior acidente nuclear já registrado na história:

a explosão do reator número 4 da usina nuclear de Chernobyl. Esse reator utilizava o isótopo 235 do urânio como combustível, que sofre o fenômeno representado na figura.



Outro acidente nuclear, com consequências menos desastrosas, já havia ocorrido em 1979. O reator da usina de Three Mile Island gerou  $1.000\text{ m}^3$  de gás hidrogênio, que foi removido antes que ocorresse uma explosão. Esse gás pode ter sido produzido pela reação entre zircônio (massa molar  $91\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), um dos elementos das ligas que compõem algumas partes do reator, e vapor d'água, em altas temperaturas:



**A)** Cite o nome do fenômeno representado pela figura, que se inicia com o bombardeio do U-235 por um nêutron. Considerando que o nuclídeo  $X_1$  seja o  $^{141}_{56}\text{Ba}$ , calcule o número de massa do nuclídeo  $X_2$ .

**B)** Considere que, nas condições internas de um reator nuclear, o volume molar de um gás seja  $18,2\text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Calcule a massa de zircônio consumida, em toneladas, para a produção de  $1.000\text{ m}^3$  de gás hidrogênio.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**10.** (IME 2016) O trítio é produzido na atmosfera por ação de raios cósmicos. Ao combinar-se com o oxigênio e o hidrogênio, precipita-se sob a forma de chuva. Uma vez que a incidência de raios cósmicos varia com a região da Terra, as águas pluviais de regiões diferentes terão diferentes concentrações de trítio.

Os dados abaixo correspondem às concentrações de trítio (expressas em número de desintegrações por minuto por litro) em águas pluviais de diferentes regiões do Brasil:

Estação pluviométrica	Desintegrações do trítio (desintegrações / min·L)
Manaus	11,5
Belém	9,0
Vale do São Francisco	6,0
São Joaquim	16,0
Serra Gaúcha	25,0

Um antigo lote de garrafas de vinho foi encontrado sem rótulos, mas com a data de envasamento na rolha, conferindo ao vinho uma idade de 16 anos. Uma medida atual da concentração de trítio neste vinho indicou

$$6,5 \frac{\text{de desintegrações}}{\text{min} \cdot \text{L}}$$

Considerando que a concentração de trítio no momento do envasamento do vinho é igual à das águas pluviais de sua região produtora, identifique o local de procedência deste vinho, justificando sua resposta.

---



---



---



---

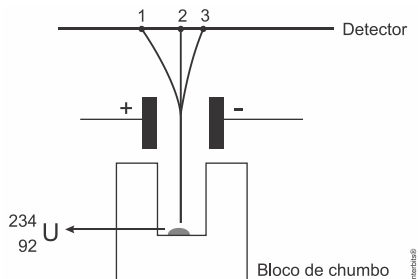


---



---

**11.** (UEPG 2015) A natureza das radiações emitidas pela desintegração espontânea do urânio-234 é representada na figura abaixo. A radiação emitida pelo urânio-234 é direcionada pela abertura do bloco de chumbo e passa entre duas placas eletricamente carregadas, o feixe se divide em três outros feixes que atingem o detector nos pontos 1, 2 e 3. O tempo de meia vida do urânio-234 é 245.000 anos. Sobre a radioatividade, assinale o que for correto.



**01)** A radiação que atinge o ponto 1 é a radiação  $\beta$  (beta), que são elétrons emitidos por um núcleo de um átomo instável.

**02)** A radiação  $\gamma$  (gama) é composta por ondas eletromagnéticas que não sofrem desvios pelo campo elétrico e, por isso, elas atingem o detector no ponto 2.

**04)** A massa de 100 g de urânio 234 leva 490.000 anos para reduzir a 25 g.

**08)** A radiação  $\alpha$  (alfa) é composta de núcleos do átomo de hélio (2 prótons e 2 nêutrons).

**16)** O decaimento radioativo do urânio-234 através da emissão de uma partícula  $\alpha$  (alfa) produz átomos de tório 230 ( $Z=90$ ).

**12.** (UEM 2015) Identifique o que for **correto** sobre a radioatividade e sobre os métodos de datação radiométrica ao longo da história da humanidade.

**01)** A radioatividade é um fenômeno em que um núcleo instável emite, de modo espontâneo, determinadas

partículas e ondas que são chamadas de radiações e que se transformam em um núcleo estável.

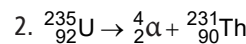
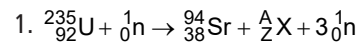
**02)** O período no qual metade dos átomos de uma amostra de rocha com elementos radioativos passa por um processo de desintegração natural é chamado tempo de meia-vida.

**04)** A idade da Terra foi estimada em aproximadamente 4,6 bilhões de anos com base na datação radiométrica de meteoritos que chegaram à superfície da Terra.

**08)** As rochas que incorporam material de origem orgânica são datadas por meio do método de desintegração do isótopo urânio-238.

**16)** Os fatores estado físico, pressão e temperatura não influenciam a radioatividade de um elemento químico.

**13.** (UEPG 2015) Sobre as equações abaixo, assinale o que for correto.



O número atômico do elemento X (equação 1) é 141.

A equação 2 representa o decaimento radioativo do urânio-235 com a emissão de partículas alfa.

O número de nêutrons do elemento X (equação 1) é 85.

A equação 1 representa uma reação de fissão nuclear.

**14.** (UEM 2015) Com relação aos conceitos associados à radioatividade, assinale o que for **correto**.

**01)** Quando um átomo emite radiação  $\gamma$  e/ou partículas  $\alpha$  e/ou partículas  $\beta$ , diz-se que ele sofre decaimento radioativo.

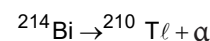
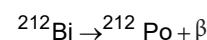
**02)** Quando um núcleo atômico emite uma partícula  $\alpha$ , ele perde um próton e um nêutron.

**04)** A radiação gama é uma onda eletromagnética transversal.

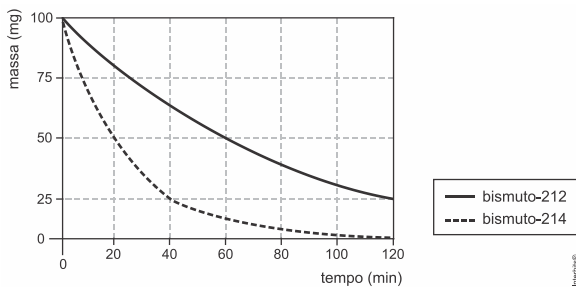
**08)** O período de semidesintegração é o tempo necessário para que todos os átomos radioativos existentes em uma certa amostra transmutem-se em átomos estáveis.

**16)** A radioatividade consiste na emissão de partículas e radiações eletromagnéticas por núcleos atômicos instáveis.

**15.** (UERJ 2015) Em um experimento, foi utilizada uma amostra de 200mg contendo partes iguais dos radioisótopos bismuto-212 e bismuto-214. Suas respectivas reações nucleares de decaimento estão indicadas abaixo:



Observe o gráfico, cujas curvas representam as variações das massas desses radioisótopos ao longo das duas horas de duração do experimento.



Determine o tempo de meia-vida do radioisótopo  $^{214}\text{Bi}$ . Calcule, também, a velocidade média de formação de partículas  $\beta$ , em partícula  $\times \text{h}^{-1}$ , no tempo total do experimento.

---

---

---

---

---

---

---

---

**16.** (UEM 2014) Analisando a tabela que apresenta os tempos de meia-vida e os tipos de emissão que ocorrem nos radionuclídeos, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.  
 Dados:  $0,5^9 = 0,001953125$   
 $0,5^{10} = 0,0009765625$

Nuclídeo	Emissão	Meia-vida
$^{131}_{53}\text{I}$	$\beta, \gamma$	8 dias
$^{60}_{27}\text{Co}$	$\beta, \gamma$	5,27 anos
$^{90}_{38}\text{Sr}$	$\beta$	28 anos
$^{235}_{92}\text{U}$	$\alpha, \gamma$	710 milhões de anos

**01)** Para que uma dada quantidade inicial de iodo 131 se reduza à sua oitava parte, são necessários 32 dias.

**02)** Uma dada massa inicial de estrôncio radioativo se reduz a menos que 0,1% do seu valor inicial após terem decorridas, aproximadamente, 10 meias-vidas desse elemento.

**04)** Ao emitir uma partícula alfa, o radionuclídeo de urânio 235 converte-se em um elemento com número atômico 90 e número de massa 231.

**08)** O poder de penetração das partículas alfa é maior do que o das partículas beta, que, por sua vez, é maior do que o das partículas gama.

**16)** A emissão de partículas alfa e beta altera a identidade inicial do átomo radioativo, enquanto a emissão de partículas gama não.

**17.** (UFSC 2014) **Após novo vazamento, radiação em Fukushima atinge nível crítico**

Os níveis de radiação nas proximidades da usina nuclear de Fukushima, no Japão, estão 18 vezes mais altos do que se supunha inicialmente, alertaram autoridades locais. Em setembro de 2013, o operador responsável pela planta informou que uma quantidade ainda não identificada de água radioativa vazou de um tanque de armazenamento. Leituras mais recentes realizadas perto do local indicam que o nível de radiação chegou a um patamar crítico, a ponto de se tornar letal com menos de quatro horas de exposição.

Disponível em: <[www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/09/130831\\_fukushima\\_niveis\\_radiacao\\_18\\_vezes\\_lgb.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2013/09/130831_fukushima_niveis_radiacao_18_vezes_lgb.shtml)>  
 [Adaptado] Acesso em: 2 set. 2013.

A usina nuclear de Fukushima, no Japão, sofreu diversas avarias estruturais após ser atingida por um terremoto seguido de "tsunami" em março de 2011. Recentemente, técnicos detectaram o vazamento de diversas toneladas de água radioativa para o Oceano Pacífico, em local próximo à usina. A água radioativa está contaminada, principalmente, com isótopos de estrôncio, iodo e céσιο,

como o céσιο-137. O  $^{137}_{55}\text{Cs}$  é um isótopo radioativo com tempo de meia-vida de cerca de 30,2 anos, cujo principal produto de decaimento radioativo é o  $^{137}_{56}\text{Ba}$ , em uma reação que envolve a emissão de uma partícula  $^0_1\beta$ .

Considerando o texto e as informações fornecidas acima, é **CORRETO** afirmar que:

**01)** o decaimento radioativo do céσιο-137 ocorre com a perda de um elétron da camada de valência.

**02)** as partículas  $^0_1\beta$ , emitidas no decaimento radioativo do  $^{137}_{55}\text{Cs}$ , não possuem carga elétrica e não possuem massa, e podem atravessar completamente o corpo humano.

**04)** o átomo de  $^{137}_{55}\text{Cs}$  é isóbaro do  $^{137}_{56}\text{Ba}$ .

**08)** os efeitos nocivos decorrentes da exposição ao céσιο-137 são consequência da emissão de partículas  $\alpha$ , que surgem pelo decaimento radioativo do  $^{137}_{55}\text{Cs}$  formando  $^{137}_{56}\text{Ba}$ .

**16)** após 15,1 anos, apenas um quarto dos átomos de  $^{137}_{55}\text{Cs}$  ainda permanecerá detectável na água proveniente da usina.

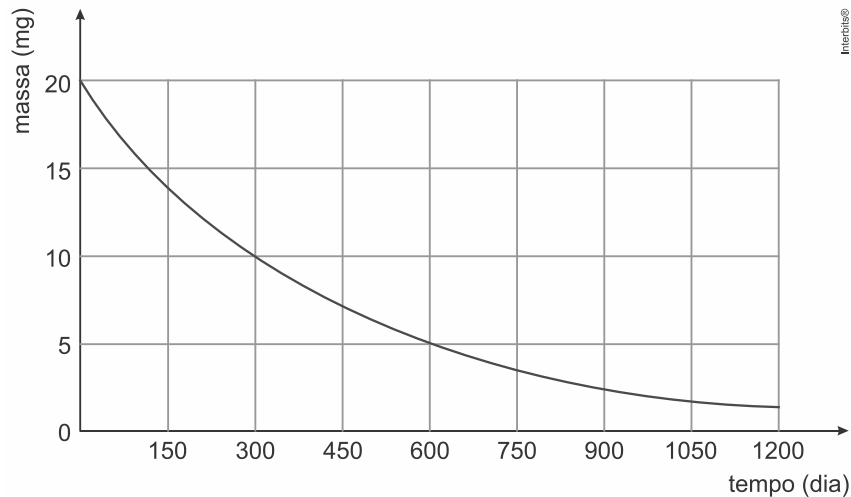
**32)** cada átomo de  $^{137}_{55}\text{Cs}$  possui 55 prótons e 82 nêutrons.

**18.** (UERJ 2013) A reação nuclear entre o  $^{242}\text{Pu}$  e um isótopo do elemento químico com maior energia de ionização localizado no segundo período da tabela de classificação periódica produz o isótopo  $^{260}\text{Rf}$  e quatro partículas subatômicas idênticas.

Apresente a equação dessa reação nuclear e indique o número de elétrons do ruterfórdio (Rf) no estado fundamental.



19. (UERJ 2017) O berquélio (Bk) é um elemento químico artificial que sofre decaimento radioativo. No gráfico, indica-se o comportamento de uma amostra do radioisótopo  $^{249}\text{Bk}$  ao longo do tempo.



Sabe-se que a reação de transmutação nuclear entre o  $^{249}\text{Bk}$  e o  $^{48}\text{Ca}$  produz um novo radioisótopo e três nêutrons. Apresente a equação nuclear dessa reação. Determine, ainda, o tempo de meia-vida, em dias, do  $^{249}\text{Bk}$  e escreva a fórmula química do hidróxido de berquélio II.

Dado:

19	0,8	20	1,0	21	1,3	22	1,4	23	1,6	24	1,6	25	1,5	26	1,8	27	1,8	28	1,8	29	1,9	30	1,6	31	1,6	32	1,8	33	2,0	34	2,4	35	2,8	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																		
39	40	45	48	51	52	55	56	59	58,5	63,5	65,5	70	72,5	75	79	80	84																		
37	0,8	38	1,0	39	1,2	40	1,4	41	1,6	42	1,6	43	1,9	44	2,2	45	2,2	46	2,2	47	1,9	48	1,7	49	1,7	50	1,8	51	1,9	52	2,1	53	2,5	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																		
85,5	87,5	89	91	93	96	(98)	101	103	106,5	108	112,5	115	119	122	127,5	127	131																		
55	0,7	56	0,9	57-71	1,3	72	1,3	73	1,5	74	1,7	75	1,9	76	2,2	77	2,2	78	2,2	79	2,4	80	1,9	81	1,8	82	1,8	83	1,9	84	2,0	85	2,2	86	
Cs	Ba	lantânídeos	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																		
133	137		178,5	181	184	186	190	192	195	197	200,5	204	207	209	(209)	(210)	(222)																		
87	0,7	88	0,9	89-103	1,3	104	1,3	105	1,5	106	1,7	107	1,9	108	2,2	109	2,2	110	2,2	111	2,4	112	1,9	113	1,8	114	1,8	115	1,9	116	2,0	117	2,2	118	
Fr	Ra	actínídeos	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo																		
(223)	(226)		(261)	(262)	(263)	(262)	(265)	(268)	(281)	(280)	(285)	(286)	(289)	(289)	(293)	(294)	(294)																		

NÚMERO ATÔMICO	ELETRONEGATIVIDADE
SÍMBOLO	
MASSA ATÔMICA APROXIMADA	

57	1,1	58	1,1	59	1,1	60	1,1	61	1,1	62	1,2	63	1,2	64	1,2	65	1,2	66	1,2	67	1,2	68	1,2	69	1,2	70	1,2	71	1,3				
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																			
139	140	141	144	(145)	150	152	157	159	162,5	165	167	169	173	175																			
89	1,1	90	1,3	91	1,5	92	1,7	93	1,3	94	1,3	95	1,3	96	1,3	97	1,3	98	1,3	99	1,3	100	1,3	101	1,3	102	1,3	103	1,3				
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																			
227	232	231	238	237	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(262)																			



**20.** (UFG 2013) Em 1987, na cidade de Goiânia, aproximadamente 20 g de  $^{137}\text{Cs}$  foram manipulados por várias pessoas, causando um grande acidente radiológico. Sabendo-se que a massa final do  $^{137}\text{Cs}$ , após 240 anos, será de 0,08 g, esboce um gráfico que represente o decaimento da massa em função do tempo e calcule o tempo de meia-vida do  $^{137}\text{Cs}$ .

---

---

---

---

---

---

**21.** (FAMERP 2017) O elemento artificial cúrio (Cm) foi sintetizado pela primeira vez em 1944 por Glenn T. Seaborg e colaboradores, na Universidade de Berkeley, Califórnia, EUA. Tal síntese ocorreu em um acelerador de partículas (ciclotron) pelo bombardeamento do nuclídeo  $^{239}\text{Pu}$  com partículas alfa, produzindo o nuclídeo  $^{242}\text{Cm}$  e um nêutron. O cúrio – 242 é um emissor de partículas alfa.

**A)** Dê o número de prótons e o número de nêutrons dos nuclídeos do plutônio e do cúrio citados no texto.

**B)** Escreva as equações nucleares que representam a obtenção do cúrio – 242 e a emissão de partículas alfa por esse isótopo.

Dados:

94 Pu (244)	96 Cm (247)	Z Símbolo A	(classificação periódica).
-------------------	-------------------	-------------------	----------------------------

---

---

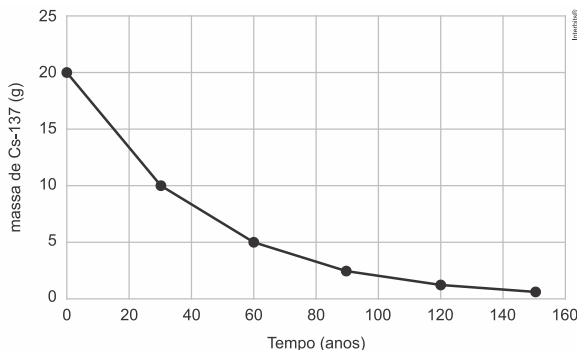
---

---

---

---

**22.** (UEL 2019) Em setembro de 2017, completaram-se 30 anos do acidente com o Césio-137 em Goiânia. Uma cápsula metálica que fazia parte de um equipamento de radioterapia abandonado foi encontrada por dois trabalhadores. Após violarem a cápsula, eles distribuíram o sólido do seu interior entre amigos e parentes, encantados pela luminosidade que emitia no escuro. Isso resultou no maior acidente radioativo mundial fora de uma usina nuclear. À época do acidente, o lixo radioativo removido do local, onde o Cs-137 se espalhou, foi estocado em contentores revestidos por paredes de concreto e chumbo com espessuras de 1m. Essa medida foi necessária para prevenir os danos causados pela exposição às partículas  $\beta$  resultantes do decaimento radioativo do Cs-137. O gráfico a seguir ilustra tal decaimento ao longo do tempo.



Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

**A)** A partir da análise do gráfico, identifique a quantidade em massa do isótopo radioativo existente em setembro de 2017, considerando que a quantidade de Cs-137 envolvida no acidente foi de 40 g. Determine quanto tempo, a partir da data do acidente, levará para que a massa de Cs-137 seja inferior a 0,7 g.

**B)** A emissão de partículas beta ( ${}_{-1}^0\beta$ ) ocorre quando um nêutron instável se desintegra convertendo-se em um próton, formando outro elemento. Escreva a equação da reação de decaimento radioativo do Cs-137 ( ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ ), representando o elemento formado pela notação que inclui o seu número de massa e o seu número atômico. Dado: Ba ( $Z = 56$ ).

---

---

---

---

---

---

**23.** (ITA 2018) O tetraetilchumbo era adicionado à gasolina na maioria dos países até cerca de 1980.

**A)** Escreva a equação química balanceada que representa a reação de combustão do composto tetraetilchumbo, considerando que o chumbo elementar é o único produto formado que contém chumbo.

**B)** O  $^{238}\text{U}$  decai a  $^{206}\text{Pb}$  com tempo de meia-vida de  $4,5 \times 10^9$  anos. Uma amostra de sedimento colhida em 1970 continha 0,119 mg de  $^{238}\text{U}$  e 2,163 mg de  $^{206}\text{Pb}$ . Assumindo que todo o  $^{206}\text{Pb}$  é formado somente pelo decaimento do  $^{238}\text{U}$  e que o  $^{206}\text{Pb}$  não sofre decaimento, estime a idade do sedimento.

**C)** Justifique o resultado obtido no item b) sabendo que a idade do Universo é de 13,7 bilhões de anos.

Dados:  $\ell n = 0,693$ ;  $\ell n 22 = 3,091$ .

---

---

---

---






---



---



---

Note e adote:  
Solubilidade de sais de bário e de céσιο (g do sal por 100 mL de água, a 20°C).

**24.** (FUVEST 2018) No acidente com o céσιο-137 ocorrido em 1987 em Goiânia, a cápsula, que foi aberta inadvertidamente, continha 92 g de cloreto de céσιο-137. Esse isótopo do céσιο sofre decaimento do tipo beta para bário-137, com meia-vida de aproximadamente 30 anos.

	Cloreto	Sulfato
Bário	35,8	$2,5 \times 10^{-4}$
Césio	187	179

Considere que a cápsula tivesse permanecido intacta e que hoje seu conteúdo fosse dissolvido em solução aquosa diluída de ácido clorídrico suficiente para a dissolução total.

Massas molares:  
cloro ..... 35,5 g/mol  
enxofre ..... 32 g/mol  
oxigênio ..... 16 g/mol

- A)** Com base nos dados de solubilidade dos sais, proponha um procedimento químico para separar o bário do céσιο presentes nessa solução.
- B)** Determine a massa do sal de bário seco obtido ao final da separação, considerando que houve recuperação de 100% do bário presente na solução.

---



---



---



---



---



---



## ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

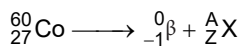


# GABARITO

**1. A)** A radiação gama não é formada por partículas, ou seja, é formada por ondas eletromagnéticas.

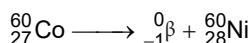
Já a radiação alfa é formada por núcleos de átomos de hélio e a beta por elétrons de elevada energia, fatos que conferem a estes tipos de radiação menor poder de penetração.

**B)** Decaimento radioativo do cobalto 60 com a emissão de uma partícula beta:

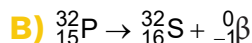


$$60 = 0 + A \Rightarrow A = 60$$

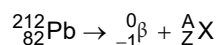
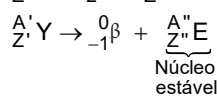
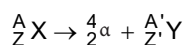
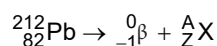
$$27 = -1 + Z \Rightarrow Z = 28$$



**2. A)** As radiações alfa e beta são chamadas de partículas, pois apresentam massa e carga elétrica:  ${}^4_2\alpha$  e  ${}_{-1}^0\beta$ .

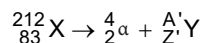


**3. A)** Estabilização do nuclídeo Y:



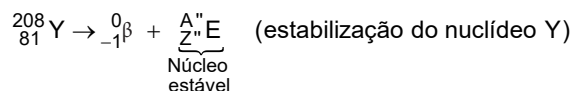
$$212 = 0 + A \Rightarrow A = 212$$

$$82 = -1 + Z \Rightarrow Z = 83 \text{ (bismuto)}$$



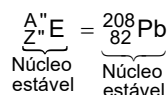
$$212 = 4 + A' \Rightarrow A' = 208$$

$$83 = 2 + Z' \Rightarrow Z' = 81 \text{ (tálio)}$$



$$208 = 0 + A'' \Rightarrow A'' = 208$$

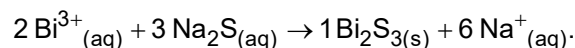
$$81 = -1 + Z'' \Rightarrow Z'' = 82 \text{ (chumbo)}$$



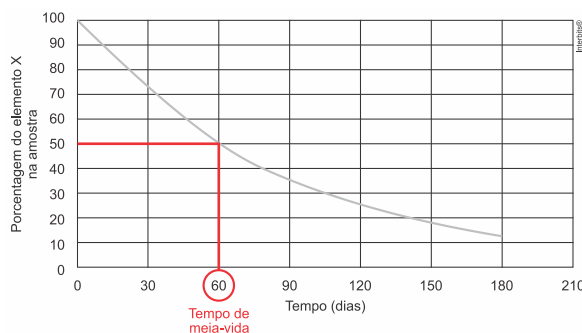
Semelhança entre o átomo formado e o átomo inicial: são isótopos, ou seja, possuem o mesmo número de prótons ( $Z = 82$ ).

**B)** De acordo com a tabela periódica, o nuclídeo X é o bismuto. Conclui-se que uma solução do nuclídeo Bi foi tratada com sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), resultando em  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ .

Equação iônica que representa a formação desse sal:



A partir do gráfico:



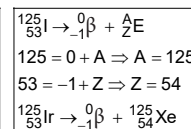
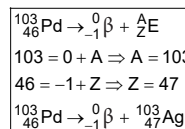
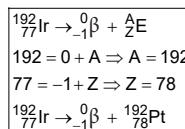
Cálculo do tempo necessário para que ele se desintegre até restar 0,5 g de  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ :

$$4,0 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 2,0 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 1,0 \text{ g} \xrightarrow{t_{1/2}} 0,5 \text{ g}$$

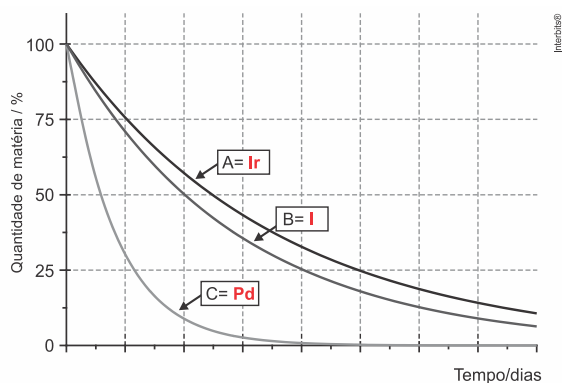
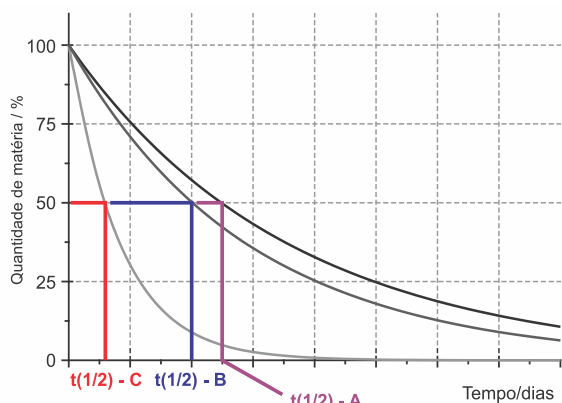
$$\text{Tempo total} = 3 \times t_{1/2}$$

$$\text{Tempo total} = 3 \times 60 \text{ dias} = 180 \text{ dias}$$

**4. A)** Equações completas no processo de decaimento para os três elementos (de acordo com o enunciado pode-se escolher apenas um deles):



**B)** O tempo de meia-vida equivale à diminuição de 50% da quantidade de matéria. Localizando no gráfico, vem:

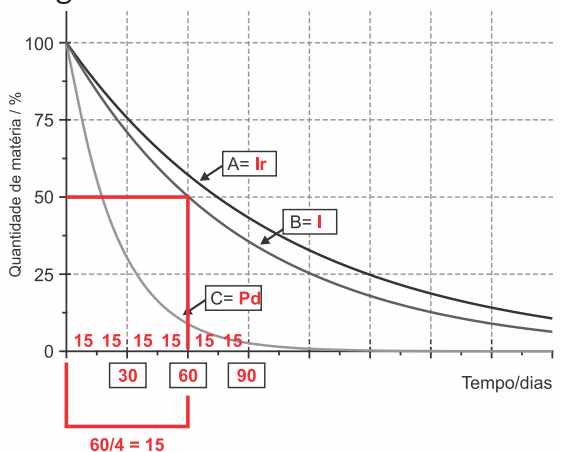


Na curva:  $t(1/2) - C < t(1/2) - B < t(1/2) - A$ .

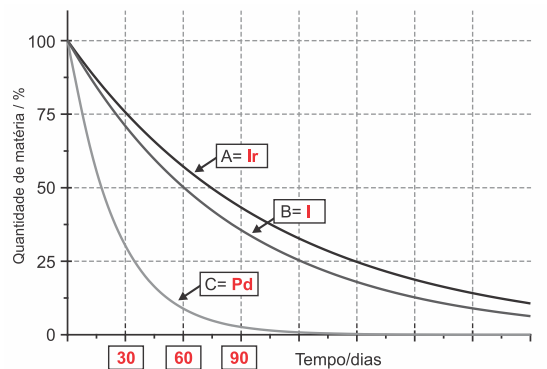
Conclusão:

$$\underbrace{^{103}\text{Pd} (17 \text{ dias})}_{\text{Curva C}} < \underbrace{^{125}\text{I} (60,2 \text{ dias})}_{\text{Curva B}} < \underbrace{^{192}\text{Ir} (74,2)}_{\text{Curva A}}$$

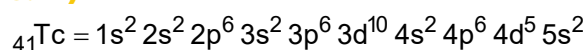
Como o tempo de meia vida o iodo é de, aproximadamente, 60 dias, pode-se fazer a seguinte estimativa:



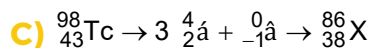
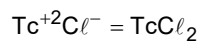
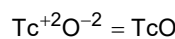
Conclusão:



**5. A)**



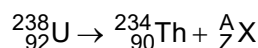
**B)** Teremos:



**6.**  $01 + 04 + 08 = 13$ .

Análise das afirmações:

[01] Correta. Quando um núcleo de  ${}_{92}^{238}\text{U}$  transforma-se em  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  ocorre a emissão de uma partícula alfa.

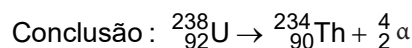


$$238 = 234 + A$$

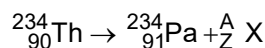
$$A = 4$$

$$92 = 90 + Z$$

$$Z = 2$$



[02] Incorreta. Quando o  ${}_{90}^{234}\text{Th}$  transforma-se em  ${}_{91}^{234}\text{Pa}$  ocorre a emissão de uma partícula beta.

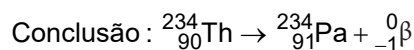


$$234 = 234 + A$$

$$A = 0$$

$$90 = 91 + Z$$

$$Z = -1$$





[04] Correta. Se a massa de um determinado isótopo radioativo se reduz a 6,25% da massa inicial após 16 meses, então sua meia-vida é 4 meses.

$$100\% \xrightarrow{t_{1/2}} 50\% \xrightarrow{t_{1/2}} 25\% \xrightarrow{t_{1/2}} 12,5\% \xrightarrow{t_{1/2}} 6,25\%$$

$$\text{Tempo} = 4 \times t_{1/2}$$

$$16 \text{ meses} = 4 \times t_{1/2}$$

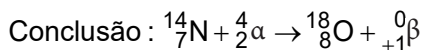
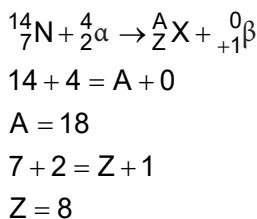
$$t_{1/2} = 4 \text{ meses}$$

[08] Correta. Se a meia-vida de um isótopo radioativo é igual a 3 dias, então 1 grama desse isótopo decai para 0,125 gramas em 9 dias.

$$1 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ dias}} 0,5 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ dias}} 0,25 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ dias}} 0,125 \text{ g}$$

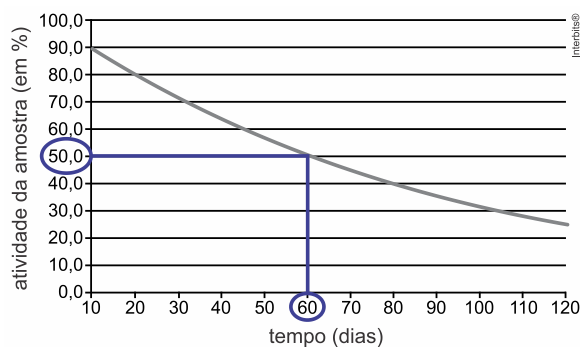
$$\text{Tempo} = 3 \times 3 \text{ dias} = 9 \text{ dias}$$

[16] Incorreta. O bombardeamento de um núcleo de  $^{14}_7\text{N}$  com uma partícula alfa provoca a transmutação do  $^{14}_7\text{N}$  para  $^{18}_8\text{O}$  e a emissão de um pósitron.



7. A) Equação que descreve a reação nuclear:  $^{125}_{53}\text{I} + ^0_{-1}\text{e} \rightarrow ^{125}_{52}\text{Te}$ .

B) A partir de 50%, tem-se:

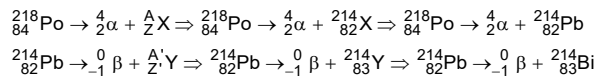


Conclusão: a meia-vida é de 60 dias.

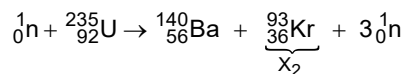
8. A) Após 12 minutos de desintegração a massa restante será de 2,5 g de Polônio-218:

$$40 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ minutos}} 20 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ minutos}} 10 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ minutos}} 5 \text{ g} \xrightarrow{3 \text{ minutos}} 2,5 \text{ g}$$

B) A emissão de uma partícula alfa gera o radioisótopo Pb, que, por sua vez, emite uma partícula beta, produzindo Bi:



9. A) Fissão nuclear. Trata-se de um processo nuclear onde o núcleo pesado é atingido por um nêutron que, após a colisão, libera uma imensa quantidade de energia, nesse processo a cada colisão são liberados novos nêutrons.



B) Teremos:

$$\text{Zr}_{(s)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(v)} \rightarrow \text{ZrO}_{2(s)} + 2 \text{H}_2(g)$$

$$91 \text{ g} \xrightarrow{\quad\quad\quad} 2 \cdot 18,2 \text{ L}$$

$$x \text{ g} \xrightarrow{\quad\quad\quad} 1.000.000 \text{ L}$$

$$x = 2.500.000 \text{ g ou } 2,5 \text{ ton}$$

10. A) partir do estudo da cinética da desintegração sabemos que  $t_{(1/2)} = \frac{0,693}{K}$ .

$$t_{(1/2)} = 12,32 \text{ anos}$$

$$t_{(1/2)} = \frac{0,693}{k}$$

$$12,32 = \frac{0,693}{k} \Rightarrow k = 0,05625$$

Idade do vinho :  $t = 16,0$  anos

De acordo com o enunciado  $[^3_1\text{H}] = 6,5 \frac{\text{deintegrações}}{\text{min.L}}$ ,

então:

$$[^3_1\text{H}] = [^3_1\text{H}]_0 \times e^{-kt}$$

$$6,5 = [^3_1\text{H}]_0 \times e^{-0,05625 \times 16}$$

$$6,5 = [^3_1\text{H}]_0 \times e^{-0,9}$$

Do cabeçalho da prova :  $\ln 1,105 = 0,1$ ,

ou seja

$$e^{0,1} = 1,105; e^1 = 2,72.$$

$$6,5 = [^3_1\text{H}]_0 \times e^{-0,9}$$

$$[^3_1\text{H}]_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} = 6,5 \times e^{0,9} \quad (I)$$

$$e^{-0,9} = e^1 \times e^{-0,1} \Rightarrow e^{-0,9} = \frac{e^1}{e^{0,1}},$$

substituindo na equação (I), vem:

$$[{}^3\text{H}]_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} = 6,5 \times \frac{e^1}{e^{0,1}}$$

$$[{}^3\text{H}]_0 = \frac{6,5}{e^{-0,9}} = 6,5 \times \frac{2,71}{1,105} = 15,941175$$

$$[{}^3\text{H}]_0 = 15,941175 \frac{\text{de integrações}}{\text{min.L}} \approx 16 \frac{\text{de integrações}}{\text{min.L}}$$

Conclusão: o vinho é de São Joaquim.

**11.** 01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31.

Os raios alfa (3) são carregados positivamente, pois são formados pelo núcleo dos átomos de hélio (dois prótons e dois nêutrons) que se movem com grande velocidade.

A experiência feita por Rutherford consistia em fazer penetrar dentro de uma câmara, através de uma lâmina metálica, as partículas alfa, e depois de certo tempo se observava a presença de gás hélio no interior da câmara. A quantidade de hélio que existia na câmara podia ser relacionada com a de partículas alfa ali colocadas.

Os raios beta (1) são elétrons que se movem com grande velocidade.

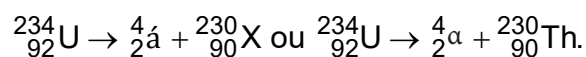
Na mesma época verificou-se também a existência da radiação gama (2) também chamada de raios gama que são ondas eletromagnéticas que acompanha a emissão das partículas alfa e beta.

A massa de 100 g de urânio 234 leva 490.000 anos para reduzir a 25 g:

$$100 \text{ g} \xrightarrow{245.000 \text{ anos}} 50 \text{ g} \xrightarrow{245.000 \text{ anos}} 25 \text{ g}$$

Tempo = 245.000 + 245.000 = 490.000 anos

O decaimento radioativo do urânio 234 através da emissão de uma partícula  $\alpha$  (alfa) produz átomos de tório 230 (Z - 90):



**12.** 01 + 02 + 04 + 16 = 23.

[01] Correta. A radioatividade é um fenômeno em que um núcleo instável emite, de modo espontâneo, determinadas partículas (alfa e beta) e ondas que são chamadas de radiações e que se transformam em um núcleo estável.

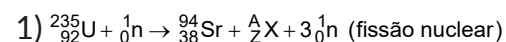
[02] Correta. O período no qual metade dos átomos de uma amostra de rocha com elementos radioativos passa por um processo de desintegração natural é chamado tempo de meia-vida ou período de semidesintegração.

[04] Correta. A idade da Terra foi estimada em aproximadamente 4,6 bilhões de anos com base na datação radiométrica de meteoritos que chegaram à superfície da Terra.

[08] Incorreta. As rochas que incorporam material de origem orgânica são datadas por meio do método de desintegração do isótopo do carbono-14.

[16] Correta. Os fatores estado físico, pressão e temperatura não influenciam a radioatividade de um elemento químico.

**13.** 02 + 04 + 08 = 14.



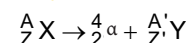
$$235 + 1 = 94 + A + 3 \times 1 \Rightarrow A = 139 \text{ (número de massa de X)}$$

$$92 + 0 = 38 + Z + 3 \times 0 \Rightarrow Z = 54 \text{ (número atômico de X)}$$

$$\text{Número de nêutrons de X} = 139 - 54 = 85.$$



**14.** 01 + 04 + 16 = 21.

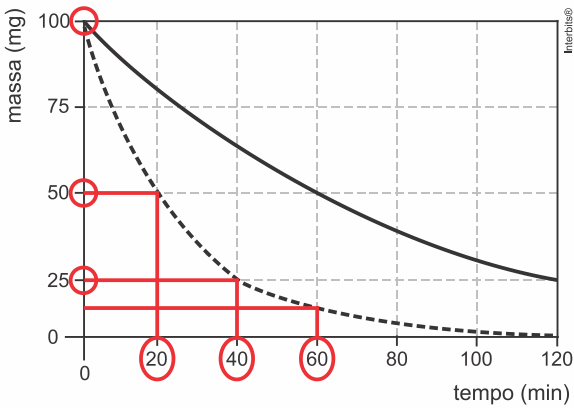


$$Z' = Z - 2 \text{ (perde 2 prótons)}$$

O período de semidesintegração é o tempo necessário para que metade dos átomos radioativos existentes em uma certa amostra transmutem-se em átomos estáveis.



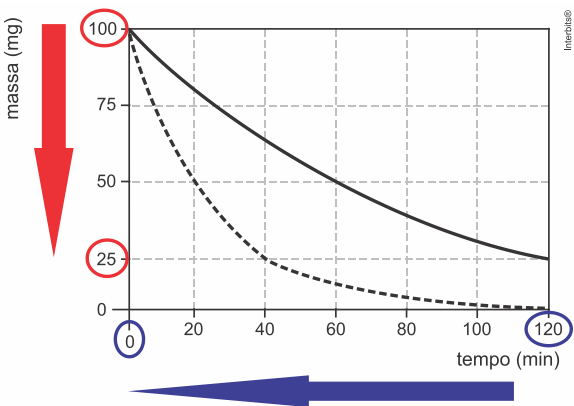
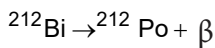
15. A) partir da análise do gráfico, vem:



100 mg  $\xrightarrow{20 \text{ min}}$  50 mg  $\xrightarrow{20 \text{ min}}$  25 mg  $\xrightarrow{20 \text{ min}}$  12,5 mg

Conclusão: o tempo de meia-vida do radioisótopo  $^{214}\text{Bi}$  é de 20 minutos.

Cálculo da velocidade média de formação de partículas  $\beta$ , em partícula  $\times \text{h}^{-1}$ , no tempo total do experimento.



$$\Delta t = 120 \text{ min} = 2 \text{ h}$$

$$|\Delta m| = |25 - 100| = 75 \text{ mg}$$

$$v_{\text{média}} = \frac{75 \text{ mg}}{2 \text{ h}} = 37,5 \text{ mg/h} = 37,5 \times 10^3 \text{ g/h}$$

$$6 \times 10^{23} \text{ átomos de Bi-212} \text{ ——— } 212 \text{ g}$$

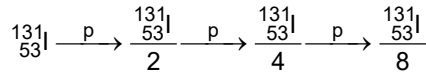
$$n_{\text{Bi}} \text{ ——— } 37,5 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$n_{\text{Bi}} = 1,06 \times 10^{20} \text{ átomos de Bi-212}$$

$$v_{\text{média}} = 1,06 \times 10^{20} \text{ partícula} \times \text{h}^{-1}$$

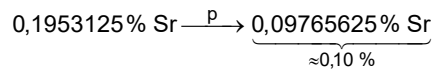
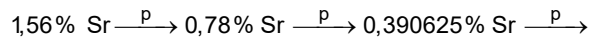
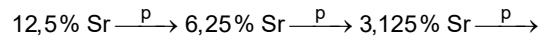
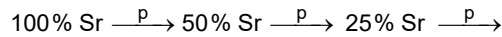
16. 02 + 04 + 16 = 22.

[01] Para que uma dada quantidade inicial de iodo 131 se reduza à sua oitava parte, são necessários 32 dias.



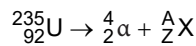
$$\text{Tempo} = 3 \times p = 3 \times 8 \text{ dias} = 24 \text{ dias}$$

[02] Uma dada massa inicial de estrôncio radioativo se reduz a menos que 0,1% do seu valor inicial após terem decorridas, aproximadamente, 10 meias-vidas desse elemento.



$$\text{Tempo} = 10 \times p \text{ (dez meias-vidas).}$$

[04] Ao emitir uma partícula alfa, o radionuclídeo de urânio 235 converte-se em um elemento com número atômico 90 e número de massa 231.



$$235 = 4 + A$$

$$A = 231$$

$$92 = 2 + Z$$

$$Z = 90$$

[08] O poder de penetração das partículas alfa é menor do que o das partículas beta, que, por sua vez, é menor do que a radiação gama.

[16] A emissão de partículas alfa e beta altera a identidade inicial do átomo radioativo, enquanto a emissão de radiação gama não.

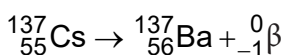
Observação: o correto é utilizar o termo radiação gama, pois não se trata de uma partícula.

O gabarito oficial considera este item correto, mesmo com a utilização da palavra "partículas".

17. 04 + 32 = 36.

Comentários:

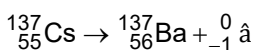
- O decaimento radioativo do cério-137 ocorre com a perda de um elétron do núcleo.



- As partículas  ${}^0_{-1}\beta$ , emitidas no decaimento radioativo do  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ , possuem carga elétrica negativa e massa desprezível.

- O átomo de  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  é isóbaro do  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$ , ou seja, apresenta o mesmo número de massa (137).

- Os efeitos nocivos decorrentes da exposição ao césio-137 são consequência da emissão de partículas  ${}^0_{-1}\beta$  que surgem pelo decaimento radioativo do  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  formando  ${}^{137}_{56}\text{Ba}$ .



- Após 60,4 anos, apenas um quarto dos átomos de  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  ainda permanecerá detectável na água proveniente da usina.

$$1 \xrightarrow{30,2 \text{ anos}} \frac{1}{2} \xrightarrow{30,2 \text{ anos}} \frac{1}{4}$$

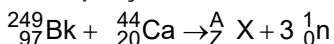
$$\text{Tempo} = 2 \times 30,2 \text{ anos} = 60,4 \text{ anos}$$

- Cada átomo de  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  possui 55 prótons e 82 nêutrons.



$$137 - 55 \text{ prótons} = 82 \text{ nêutrons}$$

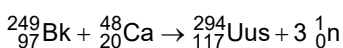
### 18. Equação nuclear da reação:



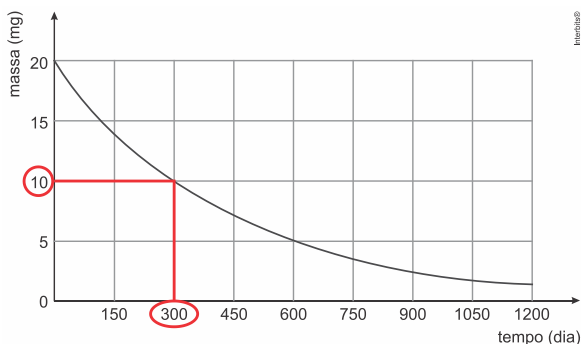
$$249 + 48 = A + 3 \times 1 \Rightarrow A = 294$$

$$97 + 20 = Z + 3 \times 0 \Rightarrow Z = 117$$

Então,



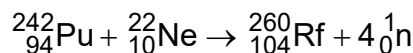
Cálculo do tempo de meia-vida:



A partir do gráfico, para metade de 20 g, ou seja, 10 g, têm-se um tempo de meia-vida de 300 dias.

Fórmula química do hidróxido de berquélio II:  $\text{Bk}(\text{OH})_2$ .

**19.** Dentro de um período, o potencial ou energia de ionização cresce da esquerda para a direita em função da diminuição do raio atômico. Sendo assim, no segundo período, o elemento que apresenta maior energia de ionização é o neônio. Há 3 isótopos do neônio com números de massa 20, 21 e 22. Para que haja a produção de 4 partículas subatômicas idênticas, o isótopo usado deverá ser o neônio - 22. Assim, podemos então montar a equação solicitada:



No estado fundamental, o Rutherfordio deverá apresentar a mesma quantidade de prótons e elétrons, ou seja, 104.

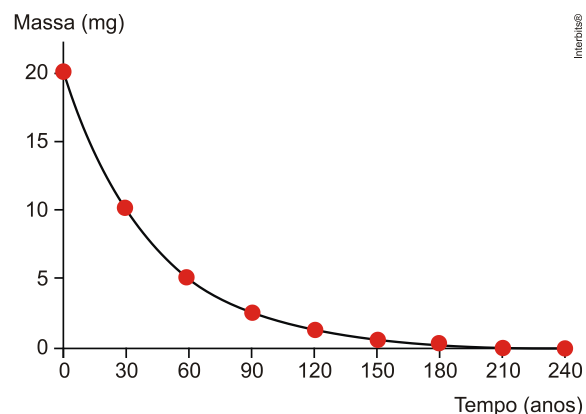
### 20. Teremos:

$$20 \text{ g} \xrightarrow{P} 10 \text{ g} \xrightarrow{P} 5 \text{ g} \xrightarrow{P} 2,5 \text{ g} \xrightarrow{P} 1,25 \text{ g} \xrightarrow{P} 0,625 \text{ g} \xrightarrow{P} 0,3125 \text{ g} \xrightarrow{P} 0,15625 \text{ g} \xrightarrow{P} 0,078128 \text{ g} (\approx 0,08)$$

$$\text{Tempo total} = 8p$$

$$240 \text{ anos} = 8p$$

$$p = 30 \text{ anos (meia-vida)}$$



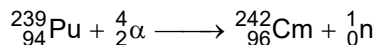


**21. A)** Número de prótons do plutônio ( ${}_{94}\text{Pu}$ ) = 94.

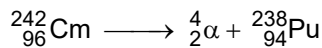
Número de nêutrons do plutônio ( ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ ) =  $239 - 94 = 145$ .

Número de prótons do cúrio ( ${}_{96}\text{Cm}$ ) = 96.  
Número de nêutrons do cúrio ( ${}_{96}^{242}\text{Cm}$ ) =  $242 - 96 = 146$ .

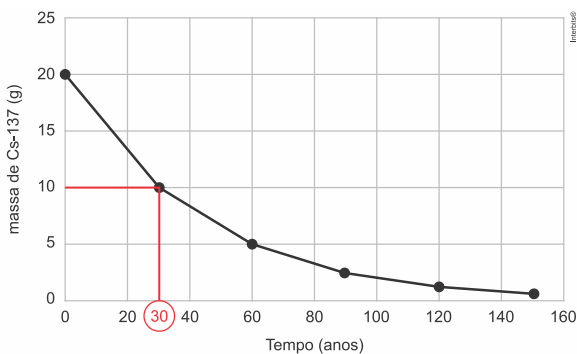
**B)** Equação nuclear de obtenção do cúrio-242:



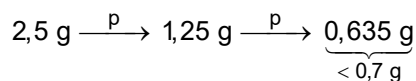
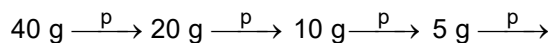
Equação da emissão de partículas alfa pelo cúrio-242:



**22. A)** Utilizando-se o gráfico, determina-se o tempo de meia-vida ou período de semidesintegração (p) do Cs-137:



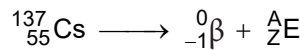
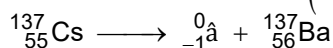
$p = 30$  anos



Tempo total =  $6 \times p = 6 \times 30$  anos

Tempo total = 180 anos

**B)** Equação da reação de decaimento radioativo do Cs-137 ( ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ ):

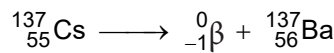
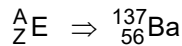


$$137 = 0 + A$$

$$A = 137$$

$$55 = -1 + Z$$

$$Z = 56$$



**23. A) e B)** Teremos:

$$t = 4,5 \times 10^9 \text{ anos}$$

$$N = \frac{m}{M}; M_{238\text{U}} = 238,03 \text{ g/mol e } M_{206\text{Pb}} = 207,2 \text{ g/mol}$$

$$N_{\text{inicial de } 238\text{U}} = \frac{0,119 \times 10^{-3}}{238,03} \approx 0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N_{\text{inicial } 206\text{Pb}} = \frac{2,163 \times 10^{-3}}{207,2} \approx 0,01044 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Como o chumbo é formado pelo decaimento do urânio:

$$N_{\text{total de } 238\text{U}} = N_{\text{inicial de } 238\text{U}} + N_{\text{inicial } 206\text{Pb}}$$

$$N_{\text{total de } 238\text{U}} = 0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol} + 0,01044 \times 10^{-3} \text{ mol} = 0,01094 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N_{\text{total de } 238\text{U}} \approx 0,011 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N = 0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$N_0 = 0,011 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$K = \frac{0,693}{t} \Rightarrow K = \frac{0,693}{4,5 \times 10^9} = 0,154 \times 10^{-9}$$

$$N = N_0 \times e^{-Kt} \Rightarrow e^{Kt} = \frac{N_0}{N}$$

$$e^{(0,154 \times 10^{-9})t} = \frac{0,011 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,0005 \times 10^{-3} \text{ mol}} \Rightarrow e^{(0,154 \times 10^{-9})t} = 22$$

$$\ln\left(e^{(0,154 \times 10^{-9})t}\right) = \ln 22$$

$$0,154 \times 10^{-9}t = 3,091$$

$$t = 20,07 \times 10^9 \text{ anos} = 2 \times 10^{10} \text{ anos}$$

$t \approx 20$  bilhões de anos (idade do sedimento) >

13,7 bilhões de anos (idade do Universo)

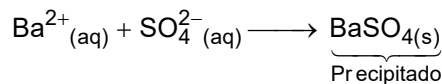
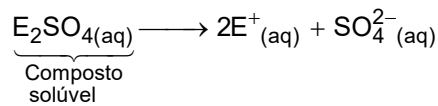
**C)** Como a idade do sedimento (20 bilhões de anos) é incompatível com a idade do Universo (13,7 bilhões de anos), conclui-se que a quantidade de chumbo encontrada na amostra é muito superior àquela decorrente do decaimento do  ${}^{238}\text{U}$ , ou seja, com o passar do tempo a amostra foi contaminada com chumbo derivado de outras fontes.



O texto cita o tetraetilchumbo que era adicionado à gasolina na maioria dos países até cerca de 1980. Isto nos leva à conclusão de que os aditivos acrescentados à gasolina poderiam ser uma fonte desta contaminação.

**24. A)** Um procedimento químico para separar o bário do célio presentes na solução seria a adição de um sulfato solúvel em água que provocasse a precipitação do bário na forma de sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ), que apresenta baixa solubilidade em água. Solubilidade do  $\text{BaSO}_4$ ;

$$20\text{ }^\circ\text{C} = 2,5 \times 10^{-4} \text{ g} / 100 \text{ mL de H}_2\text{O}.$$



**B)** O isótopo do célio sofre decaimento do tipo beta para bário-137 ( ${}^{137}_{55}\text{Cs} \longrightarrow {}^0_{-1}\beta + {}^{137}_{56}\text{Ba}$ ), com meia-vida de aproximadamente 30 anos, ou seja, célio se transforma em bário, na mesma proporção estequiométrica.

Então,

$$\left. \begin{array}{l} \text{CsCl} = 172,5 \\ m_{\text{CsCl}} = 92 \text{ g} \end{array} \right\} n_{\text{CsCl}} = \frac{92}{172,5} \text{ mol} = 0,5333 \text{ mol}$$

$$0,5333 \text{ mol de CsCl} \longrightarrow 0,5333 \text{ mol de Cs}$$

$$1 \text{ mol de Cs} \xrightarrow{30 \text{ anos}} \frac{1 \text{ mol de Cs}}{2}$$

$$0 \text{ mol de Ba} \xrightarrow{30 \text{ anos}} \frac{1 \text{ mol de Ba}}{2}$$

$$0,5333 \text{ mol de Cs} \xrightarrow{30 \text{ anos}} \frac{0,5333}{2} \text{ mol de Cs} = 0,267 \text{ mol de Cs}$$

$$0 \text{ mol de Ba} \xrightarrow{30 \text{ anos}} \frac{0,5333}{2} \text{ mol de Ba} = 0,267 \text{ mol de Ba}$$

$$0,267 \text{ mol de Ba} \longrightarrow 0,267 \text{ mol de BaSO}_4$$

$$M_{\text{BaSO}_4} = 233 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{BaSO}_4} = \frac{m_{\text{BaSO}_4}}{M_{\text{BaSO}_4}} \Rightarrow m_{\text{BaSO}_4} = n_{\text{BaSO}_4} \times M_{\text{BaSO}_4}$$

$$m_{\text{BaSO}_4} = 0,267 \text{ mol} \times 233 \text{ g/mol}$$

$$m_{\text{BaSO}_4} = 62,21 \text{ g}$$



## ANOTAÇÕES

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



- ✉ [contato@biologiatotal.com.br](mailto:contato@biologiatotal.com.br)
- f [/biologiajubilit](https://www.facebook.com/biologiajubilit)
- ▶ [Biologia Total com Prof. Jubilit](https://www.youtube.com/channel/UC...)
- 📷 [@biologiatotaloficial](https://www.instagram.com/biologiatotaloficial)
- 📷 [@paulojubilit](https://www.instagram.com/paulojubilit)
- 🐦 [@Prof\\_jubilit](https://twitter.com/Prof_jubilit)
- 📌 [biologiajubilit](https://www.pinterest.com/biologiajubilit)
- 📍 [+biologiatotalbrjubilit](https://www.google.com/maps/place/biologiatotalbrjubilit)

**Biologia**  
PROF. PAULO JUBILUT *total*