

Questão 1

O trinitroglicerol (conhecido comercialmente como nitroglicerina – $[C_3H_5(NO_3)_3]$) é um líquido oleoso de coloração amarela levemente esverdeada, semelhante ao mel, utilizado como explosivo devido a sua instabilidade e capacidade de liberação de moléculas de gases. Sua temperatura não deve ultrapassar $30\text{ }^\circ\text{C}$ e nem ser exposto a choques mecânicos. Seu efeito explosivo libera gases nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono e vapor de água. A partir destas informações, responda:

- Equacione, balanceie e classifique a reação.
- Para cada mol de trinitroglicerol quantos litros de gases são produzidos nas CNTP?
- Qual é a energia liberada na detonação de 22,7 g de trinitroglicerol, sabendo que os calores de formação a $25\text{ }^\circ\text{C}$ são:

| Substância | $\Delta H_f / \text{kJ mol}^{-1}$ |
|------------------------|-----------------------------------|
| $C_3H_5(NO_3)_3(\ell)$ | -353,6 |
| $CO_2(g)$ | -393,5 |
| $H_2O(g)$ | -241,8 |
| $N_2(g)$ | 0 |
| $O_2(g)$ | 0 |

- Uma forma comum do trinitroglicerol funde-se a $3\text{ }^\circ\text{C}$. A partir dessa informação e da fórmula apresentada, determine se a substância é molecular ou iônica, justificando sua resposta.

Respostas:

- $2C_3H_5(NO_3)_3(\ell) \rightarrow 3N_2(g) + 6CO_2(g) + 1/2O_2(g) + 5H_2O(g)$ ou
 $4C_3H_5(NO_3)_3(\ell) \rightarrow 6N_2(g) + 12CO_2(g) + O_2(g) + 10H_2O(g)$ – reação de decomposição

- Do item a): 1 mol de $C_3H_5(NO_3)_3(\ell)$ formam $29/4$ moles de gás (N_2 , CO_2 e O_2)

E da lei de Avogadro, tem-se que 1 mol de qualquer gás nas CNPT ocupa um volume de 22,4 L. Logo:

22,4 L 1 mol de gás

V 29/4 moles de gás

$$V = \frac{(22,4\text{ L}) \times \left(\frac{29}{4}\text{ moles de gás}\right)}{1\text{ mol de gás}} = 162,4\text{ L de gases}$$

$$c) M(C_3H_5(NO_3)_3) = (3 \times 12 + 5 \times 1 + 3 \times 14 + 9 \times 16) \text{ g mol}^{-1} = 227 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\Delta H_r = 1,5 \times \Delta H(N_2, g) + 3 \times \Delta H(CO_2, g) + 1/4 \times \Delta H(O_2, g) + 2,5 \times \Delta H(H_2O, g) - \Delta H(C_3H_5(NO_3)_3, \ell)$$

$$\Delta H_r = 1,5 \times 0 + 3 \times (-393,5 \text{ kJ mol}^{-1}) + 1/4 \times 0 + 2,5 \times (-241,8 \text{ kJ mol}^{-1}) - (-353,6 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$\Delta H_r = (-1180,5 - 604,5 + 353,6) \text{ kJ mol}^{-1} = 1431,4 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{Fazendo : } \quad 1431,4 \text{ kJ} \quad \quad 227 \text{ g}$$

$$\quad \quad \Delta H \quad \quad \quad 22,7 \text{ g}$$

$$\Delta H = 143,1 \text{ kJ}$$

d) Como o trinitroglicerol funde-se abaixo da temperatura ambiente espera-se que ele seja uma substância molecular. Pois, além disso, a fórmula molecular sugere que é mais provável ser uma substância molecular, uma vez que todos os elementos que compõem a fórmula são não-metais.

Questão 2

No descarte de embalagens de produtos químicos é importante que elas contenham o mínimo possível de resíduos, evitando ou minimizando impactos ambientais e/ou outras consequências indesejáveis. Sabendo-se que, depois de utilizada, em cada embalagem de hidróxido de sódio restam 4 g do produto, e na tentativa de mitigar este resíduo, analise os seguintes procedimentos:

Embalagem I: uma única lavagem, com 1 L de água;

Embalagem II: duas lavagens, com 0,5 L de água em cada vez.

Com base nestas informações, responda:

- Qual a concentração de NaOH, em mol L^{-1} , na solução resultante da lavagem da embalagem I?
- Considerando que, após cada lavagem, resta 0,005 L de solução no frasco, determine a concentração de NaOH, em mol L^{-1} , na solução resultante da segunda lavagem da embalagem II e indique qual dos dois procedimentos de lavagem foi mais eficiente, justificando sua resposta.
- Determine o pH da solução resultante da segunda lavagem da embalagem II (item b).
- Qual o volume de ácido nítrico a $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$ necessário para neutralizar a solução resultante da segunda lavagem da embalagem II (item b).

Dados: $\log 2 = 0,3$.

Respostas:

a) Após o uso da embalagem I, restam 4 g de NaOH (resíduo) e este é lavado com 1 L de água.

$$\text{Massa fórmula do NaOH: } M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g mol}^{-1}$$

Logo:

$$[\text{NaOH}] = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V}$$

$$[\text{NaOH}] = \frac{4 \text{ g}}{(40 \text{ g mol}^{-1}) \times (1 \text{ L})} = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$$

b) Na primeira lavagem da embalagem II, a concentração de NaOH resultante é:

$$[\text{NaOH}] = \frac{4 \text{ g}}{(40 \text{ g mol}^{-1}) \times (0,5 \text{ L})} = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$$

Sabendo que para a segunda lavagem restaram 0,005 L de NaOH $0,2 \text{ mol L}^{-1}$. E que na segunda lavagem foi utilizado 0,5 L, onde resultou em uma solução de NaOH diluída de concentração de:

A fórmula de diluição é dada por:

$$[\text{NaOH}]_1 \times V_1 = [\text{NaOH}]_2 \times V_2$$

$$[\text{NaOH}]_2 = \frac{[\text{NaOH}]_1 \times V_1}{V_2} = \frac{(0,2 \text{ mol L}^{-1}) \times (0,005 \text{ L})}{0,5 \text{ L}} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

c) $pOH = -\log[\text{OH}^-]$

$$pOH = -\log[2 \times 10^{-3}] = 3 \times \log[10] - \log[2] = 3 - 0,3 = 2,7$$

$$\text{Como } pH + pOH = 14$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 2,7 = 11,3$$

d) Para a neutralização da base com ácido, tem-se: $n_{\text{ácido}} = n_{\text{base}}$

$$[\text{ácido}] \times V_{\text{ácido}} = [\text{base}] \times V_{\text{base}}$$

$$V_{\text{ácido}} = \frac{[\text{base}] \times V_{\text{base}}}{[\text{ácido}]} = \frac{(2 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}) \times (0,005 \text{ L})}{0,0025 \text{ mol L}^{-1}} = 0,004 \text{ L ou } 4 \text{ mL}$$

Questão 3

O dióxido de carbono (CO_2) é considerado um dos gases causadores do efeito estufa, processo que contribui para o aquecimento global. Isso ocorre porque o dióxido de carbono, entre outros gases, é capaz de absorver parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra, evitando que ela escape para o espaço, o que resulta num aumento significativo da temperatura. Uma forma de descrever o comportamento desse gás é através de seu respectivo diagrama de fases. Diante disso, pede-se:

a) Plote o diagrama de fases para o CO_2 a partir dos seguintes dados:

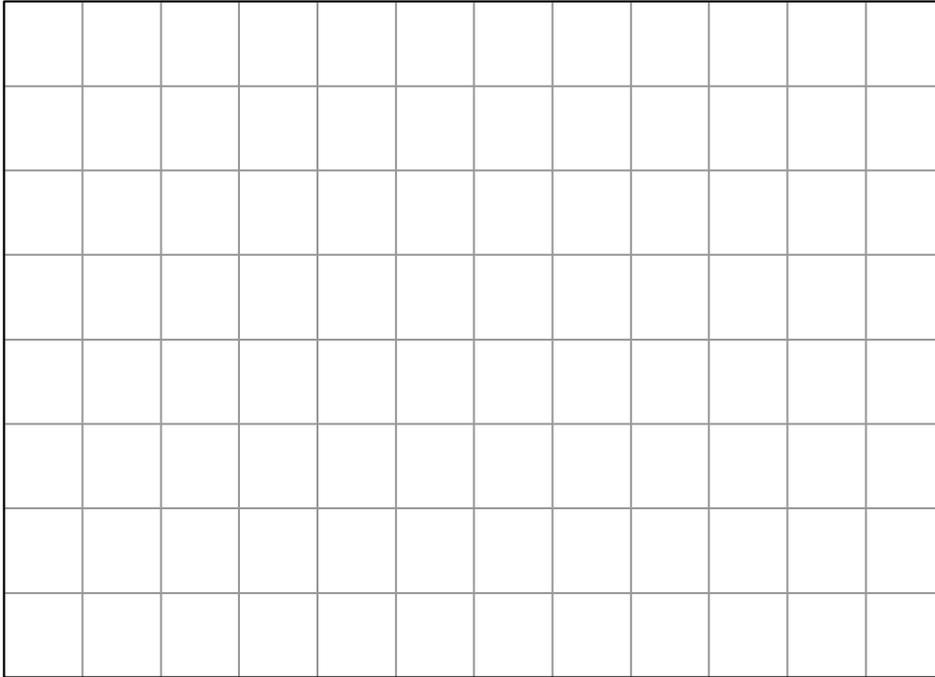
(I) O ponto triplo é de 5,2 atm e $-57 \text{ }^\circ\text{C}$

(II) O ponto crítico está em 72,8 atm e $31 \text{ }^\circ\text{C}$

(III) A uma pressão de 1 atm, a fase de transição sólido-gás tem lugar a $-78 \text{ }^\circ\text{C}$

(IV) A uma pressão de 72,8 atm, a fase de transição sólido-líquido tem lugar a $-21 \text{ }^\circ\text{C}$

(V) Identifique os eixos e indique a fase (estado físico) em cada região.

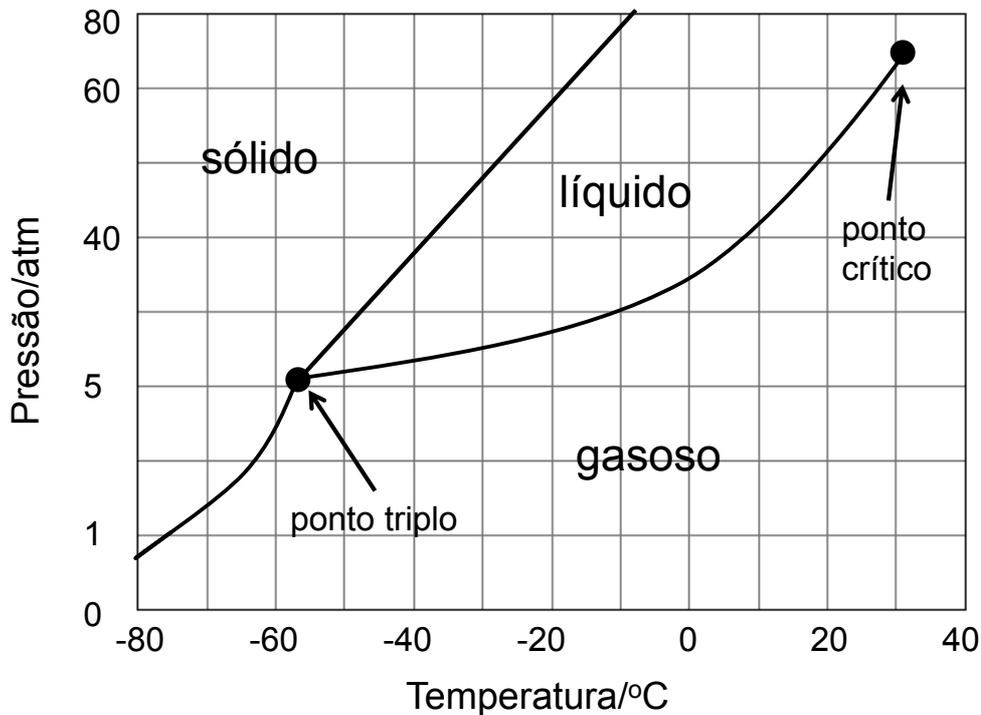


A partir do diagrama de fases, responda:

- b) Para o CO_2 a 5 atm e -50°C , qual é a fase estável presente?
- c) Quais as mudanças de fase que ocorrem quando a pressão de uma amostra de CO_2 é reduzida de 70 a 7 atm, em temperatura constante de 0°C .
- d) Quais as mudanças de fase que ocorrem quando a temperatura de uma amostra de CO_2 é levada de -65 para -40°C , em pressão constante de 10 atm.
- e) Em seu entendimento qual o significado físico de ponto triplo e de ponto crítico?

Respostas:

a)



b) Fase gasosa

c) Fase líquida para fase gasosa

d) Fase gasosa passando pela fase líquida e alcançando a fase sólida (se considerar a temperatura mudando de $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, a sequência inversa, se considerar variação de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$).

e) Ponto triplo é a ocorrência das três fases (sólida, líquida e gasosa) em equilíbrio a uma determinada pressão ($5,2^{\circ}\text{atm}$) e temperatura ($-57\text{ }^{\circ}\text{C}$). E o ponto crítico é o momento que as fases gasosa e líquida se tornam indistinguíveis, ou melhor, tem comportamento de fluido.

Questão 4

“O Brasil possui um dos mais eficientes ciclos de reciclagem de alumínio do mundo. De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio - ABAL, o índice supera os 35 % ante cerca de 29 % da média mundial. Segundo o consultor de Marketing da ALCOA, Eduardo Lima, anualmente vem crescendo no mundo o uso de alumínio primário reciclado em relação ao metal primário, passando de 17 % em 1960 para 33 % em 2004. A estimativa para 2020 é atingir os 40 %.” (fonte: <http://sustentar.net/2013/sem-categoria/reciclagem-de-aluminio-deve-saltar-para-40>).

A reciclagem do alumínio é de grande importância ambiental e energética, uma vez que esse processo economiza cerca de 95 % de energia elétrica. O alumínio é obtido a partir da eletrólise ígnea do óxido de alumínio, presente na bauxita. Diante dessas informações, resolva as seguintes questões:

a) Equacione a reação da eletrólise e indique os produtos obtidos, respectivamente, no cátodo e no ânodo.

- b) Determine a massa de alumínio produzida em uma cuba eletrolítica com corrente constante de 8.000 A durante 150 h.
- c) Considerando uma massa de 306 t de bauxita, onde foram obtidas 81 t de alumínio, determine o grau de pureza desse minério.
- d) Para cada tonelada de Al_2O_3 , quantos litros de O_2 nas CNTP serão produzidos?

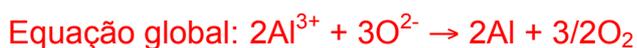
Resposta:



$$V = \frac{(1 \text{ t}) \times \left(\frac{10^3 \text{ kg}}{1 \text{ t}}\right) \times \left(\frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}}\right) \times \left(\frac{3}{2} \times 22,4 \text{ L}\right)}{102 \text{ g}} = 32,94 \times 10^4 \text{ L de } \text{O}_2$$

Dados: Constante de Faraday = $9,6 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$.

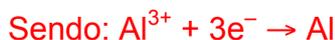
Respostas:



b) $i = 8000 \text{ A} = 8 \times 10^3 \text{ A}$

$$\Delta t = 150 \text{ h} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 540000 \text{ s} = 5,4 \times 10^5 \text{ s}$$

$$Q = i \times \Delta t = (8 \times 10^3 \text{ A}) \times (5,4 \times 10^5 \text{ s}) = 432 \times 10^7 \text{ C}$$



$$3 \times 96500 \text{ C} \quad \text{-----} \quad 27 \text{ g de Al}$$

$$432 \times 10^7 \text{ C} \quad \text{-----} \quad m$$

$$m = \frac{(27 \text{ g de Al}) \times (432 \times 10^7 \text{ C})}{3 \times 96500 \text{ C}} = 402,9 \times 10^3 \text{ g de Al} \approx 403 \text{ kg de Al}$$

c) A reação da conversão de bauxita em alumínio metálico:



$$m = \frac{(306 \text{ t}) \times (54 \text{ g})}{102 \text{ t}} = 162 \text{ t de Al}$$

Cálculo da pureza da bauxita:

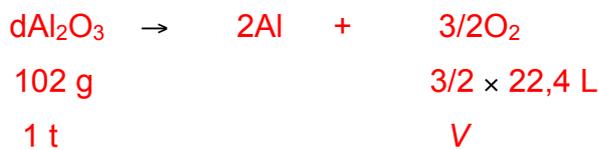
162 t de Al 100 % de bauxita

81 t de Al p

$$m = \frac{(100 \% \text{ de bauxita}) \times (81 \text{ t de Al})}{162 \text{ t de Al}} = 50 \% \text{ de bauxita}$$

- d) A relação de energia é dada no texto: 95% menos no caso da reciclagem. Assim, a produção de alumínio reciclado, usando a mesma energia é 19 vezes maior ($95/5 = 19$). Logo, a produção será $403 \times 19 = 7657 \text{ kg de Al}$.

Resposta:



$$V = \frac{(1 \text{ t}) \times \left(\frac{10^3 \text{ kg}}{1 \text{ t}}\right) \times \left(\frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}}\right) \times \left(\frac{3}{2} \times 22,4 \text{ L}\right)}{102 \text{ g}} = 32,94 \times 10^4 \text{ L de O}_2$$

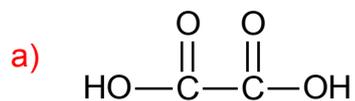
Questão 5

A carambola é uma planta subtropical pertence à família das *Oxalidaceae*, espécie *Averrhoa carambola*. Algumas subespécies têm sido utilizadas para polir metais, especialmente bronze, uma vez que ela dissolve manchas e ferrugem devido, provavelmente, ao seu alto teor de ácido oxálico. É também utilizada, na Índia, para estancar hemorragias e aliviar sangramento de hemorroidas. No Brasil, a carambola é recomendada a diabéticos como hipoglicemiante (abaixa o teor de açúcar do sangue), como diurética e para dores renais e de vesícula. No entanto, o ácido oxálico pode ser altamente tóxico para doentes renais. Em pessoas com a saúde renal normal, a toxina é filtrada pelo rim e eliminada do organismo, sem qualquer problema. Mas se o rim não funciona, a toxina concentra-se no sangue, atinge os neurônios e provoca soluços e convulsões. Pacientes renais são proibidos de comer o fruto ou qualquer derivado, sendo o ácido considerado uma neurotoxina (age no sistema nervoso). Casos de morte já foram registrados, pois a forte convulsão é praticamente irreversível. A cura pode se dar através de hemodiálise. A respeito do ácido oxálico, pede-se:

- a) A fórmula estrutural, sendo que seu nome sistemático é ácido etanodioico.

- b) Quantas moléculas de ácido oxálico estão contidas num extrato de carambola contendo $1,8 \times 10^{-2}$ g da substância?
- c) Equacione a reação de neutralização total do ácido oxálico com hidróxido de potássio.
- d) Determine o volume nas CNTP, de ar atmosférico necessário para a combustão completa de 2 moles de ácido oxálico, considerando 0,2 a fração molar do oxigênio na atmosfera.

Respostas:



b) Massa molar, $M(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 90 \text{ g mol}^{-1}$

$$\begin{array}{cc} 90 \text{ g} & 6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas} \\ 1,8 \times 10^{-2} \text{ g} & x \end{array}$$

$$x = \frac{(1,8 \times 10^{-2} \text{ g})(6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas})}{90 \text{ g}} = 12 \times 10^{19} \text{ moléculas de ácido tartárico}$$



(etanodioato de potássio ou tartarato de potássio)

d) A equação balanceada: $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Para 2 moles temos: $2\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

1 mol de O_2 nas CNPT 22,4 L 20 % do Volume de Ar Atmosférico

x 100 %

x = 112 L de Ar Atmosférico

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | | | |
| 1 Hidrogênio H 1,008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 Hélio He 4,003 | | | | |
| 3 Lítio Li 6,941 | 4 Berílio Be 9,012 | | | | | | | | | | | | | | | | 5 Boro B 10,811 | 6 Carbono C 12,011 | 7 Nitrogênio N 14,007 | 8 Oxigênio O 15,999 | 9 Flúor F 18,998 | 10 Neônio Ne 20,180 |
| 11 Sódio Na 22,990 | 12 Magnésio Mg 24,305 | | | | | | | | | | | 13 Alumínio Al 26,982 | 14 Silício Si 28,086 | 15 Fósforo P 30,974 | 16 Enxofre S 32,066 | 17 Cloro Cl 35,453 | 18 Argônio Ar 39,948 | | | | | |
| 19 Potássio K 39,098 | 20 Cálcio Ca 40,078 | 21 Escândio Sc 44,956 | 22 Titânio Ti 47,867 | 23 Vanádio V 50,943 | 24 Cromo Cr 51,996 | 25 Manganês Mn 54,938 | 26 Ferro Fe 55,845 | 27 Cobalto Co 58,933 | 28 Níquel Ni 58,696 | 29 Cobre Cu 63,546 | 30 Zinco Zn 65,390 | 31 Gálio Ga 69,723 | 32 Germânio Ge 72,640 | 33 Arsênio As 74,922 | 34 Selênio Se 78,960 | 35 Bromo Br 79,904 | 36 Criptônio Kr 83,800 | | | | | |
| 37 Rubídio Rb 85,468 | 38 Estrôncio Sr 87,620 | 39 Ítrio Y 88,906 | 40 Zircônio Zr 91,224 | 41 Nióbio Nb 92,906 | 42 Molibdênio Mo 95,940 | 43 Técnetio Tc (98) | 44 Rutênio Ru 101,07 | 45 Paládio Rh 102,91 | 46 Paládio Pd 106,42 | 47 Prata Ag 107,87 | 48 Cádmio Cd 112,41 | 49 Índio In 114,82 | 50 Estanho Sn 118,71 | 51 Antimônio Sb 121,75 | 52 Telúrio Te 127,60 | 53 Iodo I 126,90 | 54 Xenônio Xe 131,29 | | | | | |
| 55 Césio Cs 132,91 | 56 Bário Ba 137,33 | 57-71 Lantanídeos | 72 Háfnio Hf 178,49 | 73 Tântalo Ta 180,95 | 74 Tungstênio W 183,84 | 75 Rênio Re 186,21 | 76 Ósmio Os 190,23 | 77 Íridio Ir 192,22 | 78 Platina Pt 195,08 | 79 Ouro Au 196,97 | 80 Mercúrio Hg 200,59 | 81 Tálio Tl 204,38 | 82 Chumbo Pb 207,20 | 83 Bismuto Bi 209,98 | 84 Polônio Po (209) | 85 Astato At (210) | 86 Radônio Rn (222) | | | | | |
| 87 Frâncio Fr 223,02 | 88 Rádio Ra 226,02 | 89-103 Actinídeos | 104 Ruterfórdio Rf (261) | 105 Dúbnio Db (262) | 106 Seabórgio Sg (263) | 107 Bóhnio Bh (262) | 108 Hássio Hs (265) | 109 Meitnério Mt (266) | 110 Darmstádio Ds (269) | 111 Roentgênio Rg (272) | 112 Copernício Cn (285) | 113 Unútrio Uut (284) | 114 Unilquádio Uuq (289) | 115 Ununpêntio Uup (288) | 116 Ununhêxio Uuh (291) | 117 Ununseptio Uus (294) | 118 Ununoctio Uuo (294) | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| LANTANÍDEOS ▶ | 57 Lantânio La 139,91 | 58 Cério Ce 140,12 | 59 Praseodímio Pr 140,91 | 60 Neodímio Nd 144,24 | 61 Promécio Pm (145) | 62 Samário Sm 150,36 | 63 Európio Eu 151,96 | 64 Gadolínio Gd 157,25 | 65 Térbio Tb 158,93 | 66 Disprósio Dy 162,50 | 67 Hólmio Ho 164,93 | 68 Érbio Er 167,26 | 69 Túlio Tm 168,93 | 70 Íterbio Yb 173,04 | 71 Lutécio Lu 174,97 |
| ACTINÍDEOS ▶ | 89 Actínio Ac (227) | 90 Tório Th 232,04 | 91 Protactínio Pa 231,04 | 92 Urânio U 238,03 | 93 Netúnio Np (237) | 94 Plutônio Pu (244) | 95 Americício Am (243) | 96 Cúrio Cm (247) | 97 Berquélio Bk (247) | 98 Califórnio Cf (251) | 99 Eimstênio Es (252) | 100 Férmio Fm (257) | 101 Mendelévio Md (258) | 102 Nobélio No (259) | 103 Laurêncio Lr (262) |