

Caro(a) aluno(a),

Na história da humanidade, a manipulação do metal simboliza, de certa forma, o desenvolvimento do homem. Portanto, é praticamente impossível pensar no nosso modo de vida sem o uso dos metais.

Neste Caderno, você irá estudar os metais. Utilizamos muitos tipos de metal em nossa vida diária. Muitos objetos do nosso cotidiano são feitos de metal: portões, latas de óleo, latas de leite em pó, fios de eletricidade, painéis e pregos são alguns exemplos. Além disso, os metais estão presentes em bijuterias, bolsas etc.

Você terá oportunidade de entrar em contato com conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados à obtenção, à produção e ao uso dos metais.

Você também conhecerá aspectos relacionados à transformação química como símbolos e constituição da matéria. Esses conhecimentos permitirão que você use a linguagem química de forma mais precisa.

Será discutida também a produção do ferro e do cobre, metais importantes na nossa sociedade, já que deles dependem muitos avanços tecnológicos, a sobrevivência e o desenvolvimento da humanidade. Serão abordadas ainda as relações proporcionais existentes entre as quantidades de reagentes e produtos nesses processos de produção.

Para finalizar, serão analisadas as aplicações tecnológicas dos metais.

Equipe Técnica de Química
Área de Ciências da Natureza
Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1 A LINGUAGEM QUÍMICA E A CONSTRUÇÃO HISTÓRICA DA TABELA PERIÓDICA

Antes de iniciarmos o estudo dos metais e de seus usos, vamos conhecer um pouco mais a linguagem química por meio de seus símbolos e fórmulas. Além disso, saberemos como alguns cientistas propuseram a organização dos elementos químicos e, principalmente, qual foi a contribuição de Mendeleev para a chamada Lei Periódica e para o que se conhece hoje como tabela periódica dos elementos químicos.

Atividade 1 – Representação das substâncias químicas: uso de símbolos e fórmulas

Para a realização desta Situação de Aprendizagem, é importante que você relembre as ideias de Dalton.

Exercícios em sala de aula

1. Faça um resumo das ideias de Dalton sobre constituição da matéria e elemento químico.

As substâncias são representadas por meio dos símbolos dos diferentes elementos químicos que as compõem; cada elemento é acompanhado de um índice, que indica quantos átomos desse elemento formam a partícula de uma determinada substância: são as chamadas fórmulas das substâncias. Assim, podemos agora interpretar algumas fórmulas apresentadas anteriormente, como, por exemplo:

Fe $\left\{ \begin{array}{l} \text{representa o elemento ferro;} \\ \text{representa a substância ferro;} \\ \text{representa uma partícula de ferro, formada por um átomo do elemento ferro.} \end{array} \right.$

O₂ $\left\{ \begin{array}{l} \text{representa a substância oxigênio;} \\ \text{representa uma partícula de gás oxigênio, formada por dois átomos do elemento oxigênio.} \end{array} \right.$

3 O₂ $\left\{ \begin{array}{l} \text{representa três partículas de gás oxigênio, cada uma formada por dois átomos} \\ \text{do elemento oxigênio.} \end{array} \right.$

2. Escreva o que representa cada uma das fórmulas a seguir, que correspondem às substâncias HCl (cloreto de hidrogênio), NaOH (hidróxido de sódio), Ca(OH)₂ (hidróxido de cálcio), Mg (magnésio) e Zn (zinco).

HCl $\left\{ \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \\ \text{_____} \end{array} \right.$

NaOH $\left\{ \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \\ \text{_____} \end{array} \right.$

Ca(OH)₂ $\left\{ \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \\ \text{_____} \end{array} \right.$

Mg $\left\{ \begin{array}{l} \text{_____} \\ \text{_____} \\ \text{_____} \end{array} \right.$

Zn { _____

3. Substância simples é aquela formada por átomos de um único elemento e substância composta é aquela formada por átomos de mais de um elemento. Das substâncias anteriores, indique quais são substâncias simples e quais são substâncias compostas.

4. Quantos átomos de cada elemento formam as partículas das seguintes substâncias: H_2O_2 (peróxido de hidrogênio, conhecido comumente como água oxigenada); C_2H_5OH (álcool etílico ou etanol); $CaCO_3$ (carbonato de cálcio); $Ca(HCO_3)_2$ (hidrogenocarbonato de cálcio ou bicarbonato de cálcio); e SO_2 (dióxido de enxofre)?



LIÇÃO DE CASA



Procure em livros de Química ou em páginas da internet as fórmulas das seguintes substâncias e interprete-as em termos de átomos constituintes:

a) sulfato de chumbo II;

b) ácido sulfúrico;

c) nitrato de sódio;

d) cloreto de cálcio;

e) ozônio.

Atividade 2 – Classificação periódica dos elementos: uma atividade didática com abordagem histórica

Nesta atividade, vamos conhecer como alguns cientistas propuseram uma organização para os elementos químicos.

Exercício em sala de aula

Na tabela a seguir são apresentadas algumas informações sobre vários elementos químicos, conforme o exemplo:

- nome do elemento: sódio;
- símbolo do elemento: Na;
- massa atômica (MA): 23 u;
- temperatura de fusão da substância simples a 1 atm (TF): 97,8 °C;
- temperatura de ebulição da substância simples a 1 atm (TE): 882,9 °C;
- fórmula da substância simples: Na;
- fórmula da substância formada com o elemento hidrogênio: NaH;
- fórmula da substância formada com o elemento oxigênio: Na₂O.

Sódio	Lítio	Potássio
Na	Li	K
MA: 23 u	MA: 7 u	MA: 39 u
TF: 97,8 °C	TF: 180,5 °C	TF: 63,6 °C
TE: 882,9 °C	TE: 1 347 °C	TE: 774 °C
Na	Li	K
NaH	LiH	KH
Na ₂ O	Li ₂ O	K ₂ O
Magnésio	Cálcio	Carbono
Mg	Ca	C
MA: 24 u	MA: 40 u	MA: 12 u
TF: 648,8 °C	TF: 839 °C	TF: 3 367 °C
TE: 2 970 °C	TE: 1 484 °C	TE: 4 827 °C
Mg	Ca	C
MgH ₂	CaH ₂	CH ₄
MgO	CaO	CO ₂
Silício	Flúor	Cloro
Si	F	Cl
MA: 28 u	MA: 19 u	MA: 35 u
TF: 1 410 °C	TF: -219,6 °C	TF: -100 °C
TE: 2 355 °C	TE: -188 °C	TE: -34,6 °C
Si	F ₂	Cl ₂
SiH ₄	HF	HCl
SiO ₂	OF ₂	Cl ₂ O

Procure organizar os elementos em diferentes conjuntos, conforme as sugestões a seguir:

- a) Agrupe-os de acordo com as semelhanças das seguintes propriedades, justificando os critérios para esses agrupamentos:

- temperatura de fusão da substância simples;

- temperatura de ebulição da substância simples.

b) Agrupe-os de acordo com as semelhanças das fórmulas das substâncias citadas, justificando os critérios para esses agrupamentos:

- substâncias simples (a 1 atm de pressão);

- substâncias formadas com o elemento hidrogênio;

- substâncias formadas com o elemento oxigênio.

c) Analisando as propriedades e os compostos formados, procure organizar os elementos em quatro grupos, explicando quais critérios foram utilizados para essa organização.



PESQUISA EM GRUPO

Muitos cientistas se preocuparam em criar uma classificação para os elementos químicos a fim de melhor estudá-los.

A tabela de Mendeleev

Veja a seguir a tabela de Mendeleev conforme ele a organizou.

ОПЫТ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
		Ni =	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 18	Hg = 200
			Zn = 65,2	Cd = 112	
			? = 68	U = 116	Au = 197?
			? = 70	Sn = 118	
			As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
			Se = 79,4	Te = 128?	
			Be = 80	I = 127	
			Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
			Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
			? = 45		
			?Er = 56		
			?Yt = 60		
			?In = 75,6		
			Th = 118?		
H = 1					
	Be = 9,4	Mg = 24			
	B = 11	Al = 27,4			
	C = 12	Si = 28			
	N = 14	P = 31			
	O = 16	S = 32			
	F = 19	Cl = 35,5			
Li = 7	Na = 23	K = 39			
		Ca = 40			

Extraída de: PETRIANOV, I. V.; TRIFONOV, D. N. *A lei grandiosa*. Tradução de Maria Helena Fortunato. Moscou: Mir, 1987, p. 15.

Esclarecimentos quanto aos pontos de interrogação que aparecem na tabela de Mendeleev: (a) quando eles aparecem junto aos símbolos dos elementos ou junto aos valores de massa atômica, Mendeleev tinha dúvida quanto a serem esses os valores das massas atômicas; (b) quando eles aparecem antes do sinal de igualdade, Mendeleev acreditava que deveria haver um elemento com essa massa, que ainda não havia sido descoberto.

A tabela periódica atual

Veja a seguir a tabela periódica atual, com as seguintes informações:

- símbolo do elemento;
- nome do elemento;
- massa atômica do elemento.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																														
H hidrogênio 1,0																	He hélio 4,0																														
Li lítio 6,9	Be berílio 9,0											B boro 10,8	C carbono 12,0	N nitrogênio 14,0	O oxigênio 16,0	F flúor 19,0	Ne neônio 20,2																														
Na sódio 23,0	Mg magnésio 24,3											Al alumínio 27,0	Si silício 28,1	P fósforo 31,0	S enxofre 32,1	Cl cloro 35,5	Ar argônio 39,9																														
K potássio 39,1	Ca cálcio 40,1	Sc escândio 45,0	Ti titânio 47,9	V vanádio 50,9	Cr cromio 52,0	Mn manganês 54,9	Fe ferro 55,8	Co cobalto 58,9	Ni níquel 58,7	Cu cobre 63,5	Zn zinco 65,4	Ga gálio 69,7	Ge germânio 72,6	As arsênio 74,9	Se selênio 79,0	Br bromo 79,9	Kr criptônio 83,8																														
Rb rubídio 85,5	Sr estrôncio 87,6	Y ítrio 88,9	Zr zircônio 91,2	Nb nióbio 92,9	Mo molibdênio 95,9	Tc tecnécio [97,9]	Ru rútenio 101,0	Rh ródio 102,9	Pd paládio 106,4	Ag prata 107,9	Cd cádmio 112,4	In índio 114,8	Sn estanho 118,7	Sb antimônio 121,8	Te telúrio 127,6	I iodo 126,9	Xe xenônio 131,3																														
Cs césio 132,9	Ba bário 136,3	Lantanídeos		Hf hafânio 178,5	Ta tântalo 180,9	W tungstênio 183,8	Re rênio 186,2	Os ósmio 190,2	Ir irídio 192,2	Pt platina 195,1	Au ouro 197,0	Hg mercúrio 200,6	Tl tálio 204,4	Pb chumbo 207,2	Bi bismuto 209,0	Po polônio [209,0]	At astato [210,0]	Rn radônio [222,0]																													
Fr frâncio [223,0]	Ra rádio [226,0]	actinídeos		Rf rutherfordio [261,1]	Db dubnio [262,1]	Sg seabórgio [266,1]	Bh bohrio [264,1]	Hs hásio [277]	Mt meitnécio [268,1]	Ds damstádio [271]	Uuu unilíneo [272]																																				
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>La lantânio 138,9</td><td>Ce cério 140,1</td><td>Pr praseodímio 140,9</td><td>Nd neodímio 144,2</td><td>Pm promécio [144,9]</td><td>Sm samário 150,4</td><td>Eu europio 152,0</td><td>Gd gadolínio 157,3</td><td>Tb térbio 158,9</td><td>Dy disprósio 162,5</td><td>Ho hólmio 164,9</td><td>Er érbio 167,3</td><td>Tm túlio 168,9</td><td>Yb itérbio 173,0</td><td>Lu lutécio 175,0</td> </tr> <tr> <td>Ac actínio [227,0]</td><td>Th tório 232,03</td><td>Pa protactínio 231,0</td><td>U urânio 238,0</td><td>Np neptúmio [237,0]</td><td>Pu plutônio [244,1]</td><td>Am américio [243,1]</td><td>Cm cúrio [247,1]</td><td>Bk berquélio [247,1]</td><td>Cf califórnio [252,1]</td><td>Es einsteinio [252,1]</td><td>Fm fêrnio [257,1]</td><td>Md mendelévio [258,1]</td><td>No nobélio [259,1]</td><td>Lr lawrêncio [262,1]</td> </tr> </tbody> </table>																		La lantânio 138,9	Ce cério 140,1	Pr praseodímio 140,9	Nd neodímio 144,2	Pm promécio [144,9]	Sm samário 150,4	Eu europio 152,0	Gd gadolínio 157,3	Tb térbio 158,9	Dy disprósio 162,5	Ho hólmio 164,9	Er érbio 167,3	Tm túlio 168,9	Yb itérbio 173,0	Lu lutécio 175,0	Ac actínio [227,0]	Th tório 232,03	Pa protactínio 231,0	U urânio 238,0	Np neptúmio [237,0]	Pu plutônio [244,1]	Am américio [243,1]	Cm cúrio [247,1]	Bk berquélio [247,1]	Cf califórnio [252,1]	Es einsteinio [252,1]	Fm fêrnio [257,1]	Md mendelévio [258,1]	No nobélio [259,1]	Lr lawrêncio [262,1]
La lantânio 138,9	Ce cério 140,1	Pr praseodímio 140,9	Nd neodímio 144,2	Pm promécio [144,9]	Sm samário 150,4	Eu europio 152,0	Gd gadolínio 157,3	Tb térbio 158,9	Dy disprósio 162,5	Ho hólmio 164,9	Er érbio 167,3	Tm túlio 168,9	Yb itérbio 173,0	Lu lutécio 175,0																																	
Ac actínio [227,0]	Th tório 232,03	Pa protactínio 231,0	U urânio 238,0	Np neptúmio [237,0]	Pu plutônio [244,1]	Am américio [243,1]	Cm cúrio [247,1]	Bk berquélio [247,1]	Cf califórnio [252,1]	Es einsteinio [252,1]	Fm fêrnio [257,1]	Md mendelévio [258,1]	No nobélio [259,1]	Lr lawrêncio [262,1]																																	

Seguindo as orientações de seu professor, pesquise mais detalhes da história da tabela periódica ou da classificação dos elementos químicos. Essas informações podem ser encontradas em livros didáticos do Ensino Médio e em diversas páginas da internet. Destaque as principais informações pesquisadas e apresente-as para a turma.

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

PROCESSOS DE OBTENÇÃO DO FERRO E DO COBRE: INTERPRETAÇÃO DAS REAÇÕES QUÍMICAS

Atividade 1 – Produção do ferro e do cobre

Você saberia dizer o nome de alguns materiais fabricados com o ferro? E com o cobre? Como esses metais são obtidos?

Lendo o texto a seguir, você conhecerá um pouco sobre a produção de ferro e de cobre.



Leitura e Análise de Texto

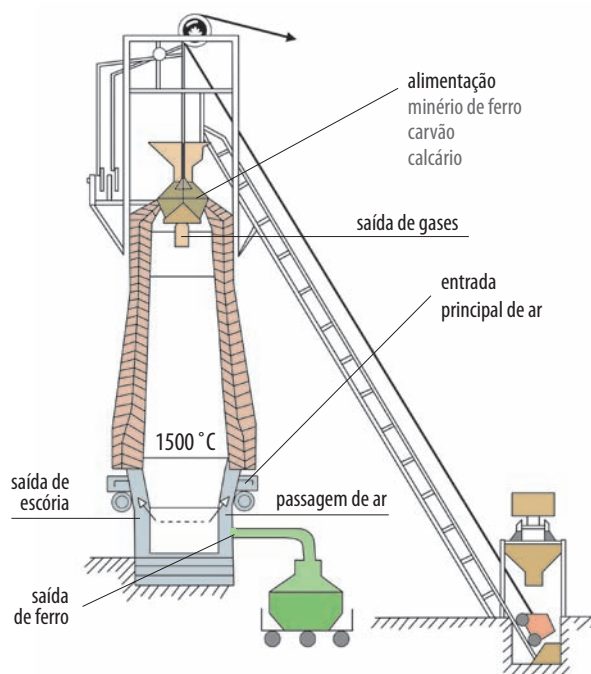
Produção do aço e do cobre

Denilse Morais Zambom, Fabio Luiz de Souza e Luciane Hiromi Akahoshi

Muitos metais são obtidos por meio de transformações químicas dos minerais que os contêm, como é o caso do ferro (Fe), que pode ser extraído do Fe_2O_3 (óxido de ferro III), principal componente do minério hematita. Para que essa transformação química ocorra, é necessário o fornecimento de energia. Nas siderúrgicas, essa energia é proveniente da queima do carvão (C). Essa transformação é realizada em grandes fornos – os altos-fornos. A queima do carvão, além de liberar energia térmica que provoca aumento de temperatura até cerca de $1500\text{ }^\circ\text{C}$, fundindo o minério, também produz o reagente monóxido de carbono (CO), que irá interagir com o minério e formar o ferro. Este sai líquido do alto-forno e é chamado de ferro-gusa ou ferro de primeira fusão.

As matérias-primas utilizadas para a produção do aço são o minério de ferro, o carvão e o calcário (CaCO_3). Este reage com impurezas do minério, como a sílica (SiO_2), formando a escória (CaSiO_3), que é usada como matéria-prima para a fabricação de cimento.

Esquema de operação de um alto-forno



GEPEQ (Grupo de Ensino e Pesquisa em Educação Química). *Interações e transformações I: elaborando conceitos sobre transformações químicas*. GEPEQ/IQUSP. 9. ed. revista e ampliada. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005, p. 151.

O ferro-gusa é levado para a aciaria ainda em estado líquido para ser transformado em aço, mediante a retirada de impurezas e a adição de outras substâncias.

O aço é utilizado na produção de materiais siderúrgicos empregados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, barras etc.

Além do ferro, um metal muito utilizado na indústria é o cobre, para a produção de fios, cabos elétricos e ligas metálicas, como o latão e o bronze.

A calcosita (composta principalmente de Cu_2S) e a calcopirita (composta principalmente de CuFeS_2) são minérios utilizados na produção do cobre metálico. Ao utilizar-se a calcopirita (CuFeS_2), as transformações químicas envolvem a produção de sulfeto de cobre I (Cu_2S), que é aquecido na presença de oxigênio, produzindo o cobre metálico.

O processo é trabalhoso, pois envolve a separação do CuFeS_2 do minério, a reação com o gás oxigênio (O_2) para obter o Cu_2S , a retirada das impurezas – como ferro, resíduos de enxofre e metais preciosos – e o aquecimento em presença de oxigênio para obter o cobre metálico (Cu), ainda impuro. Para obter o cobre puríssimo, exigido pela indústria elétrica, torna-se necessária uma refinação, feita pela eletrólise do produto obtido. Após esse longo ciclo produtivo, o cobre puro pode ser utilizado pelas indústrias.

Vocabulário

- Aciaria: usina ou parte de uma siderúrgica destinada à produção do aço.

Elaborado especialmente para o São Paulo faz escola.

Questões para análise do texto

1. Descreva cada situação apresentada a seguir, referente à transformação do minério de ferro em aço, indicando o que ocorre e qual a sua finalidade:

- a) queima do carvão;

- b) utilização do calcário;

c) minério de ferro + energia + produto obtido da queima do carvão;

d) produção de chapas de aço.

2. Identifique semelhanças e diferenças entre a produção do ferro e a do cobre.

Atividade 2 – Combustão completa e incompleta e balanceamento de equações químicas

A combustão do carvão fornece energia para as transformações que ocorrem no processo de obtenção do metal. Além da energia, é importante conhecer as substâncias produzidas nessas combustões. Nesta atividade, vamos estudar esses processos e representá-los por meio de equações químicas balanceadas.

Exercícios em sala de aula

1. Na queima do carvão, representado por C, ocorre a interação com o gás oxigênio (O_2). Represente essa transformação quando há:
 - a) excesso de gás oxigênio (combustão completa);

b) falta de gás oxigênio (combustão incompleta).

2. Qual era a concepção de Dalton sobre as transformações químicas? Os átomos são os mesmos após a transformação ou se transformam? Explique utilizando a representação da combustão completa do carvão.

3. A concepção de Dalton sobre as transformações químicas pode ser aplicada na combustão incompleta. Será que todos os átomos se reorganizam para formar novas substâncias? Como representar a equação de acordo com as ideias de Dalton?

4. Muitos combustíveis são formados pelo elemento carbono (C) e pelo elemento hidrogênio (H), como a gasolina (mistura de substâncias na qual o C_8H_{18} é o principal componente). Outros combustíveis também possuem oxigênio (O) em sua composição, como é o caso do etanol (C_2H_5OH), também chamado de álcool combustível. A combustão do etanol pode ser representada da seguinte maneira:

Combustão completa:



Combustão incompleta:



- a) Reescreva essas equações de acordo com as ideias de Dalton, ou seja, balanceadas.

b) Indique as semelhanças e as diferenças entre as duas equações.

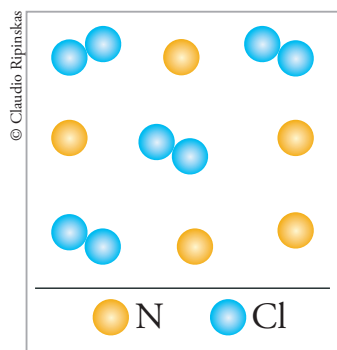


LIÇÃO DE CASA



- Se os motores de automóveis não estiverem bem regulados, poderá ocorrer a combustão incompleta da gasolina (formada principalmente por C_8H_{18}). Essa combustão poluirá o ar atmosférico com:
 - gás carbônico (CO_2);
 - gás hidrogênio (H_2);
 - gás monóxido de carbono (CO);
 - gás oxigênio (O_2);
 - vapor de água (H_2O).
- Das representações de transformações abaixo, escolha aquela que **não** representa uma reação química. Justifique.
 - $Ca(s) + 2 H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(aq) + H_2(g)$
 - $SO_3(g) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq)$
 - $Fe(s) + 2 HCl(aq) \rightarrow FeCl_2(aq) + H_2(g)$
 - $2 HgO(s) \rightarrow 2 Hg(l) + O_2(g)$
 - $CaO(s) + CO_2(g) \rightarrow CO(g)$

- Um estudante fez o esquema a seguir para representar a mistura dos gases nitrogênio (N_2) e cloro (Cl_2) nas condições ambientais. Indique qual foi o erro do estudante.



Atividade 3 – Transformações químicas no processo de obtenção do ferro e do cobre

Discutiremos agora as transformações que ocorrem na produção do ferro e do cobre.

Exercícios em sala de aula

1. Represente as transformações a seguir, devidamente balanceadas:
 - a) nas indústrias siderúrgicas, o gás monóxido de carbono (CO), formado na combustão incompleta do carvão, reagirá com o óxido de ferro III (Fe₂O₃) extraído do minério de ferro e terá como produtos o ferro líquido (Fe) e o gás dióxido de carbono (CO₂);

- b) a remoção das impurezas (SiO₂) do minério de ferro é realizada pela adição de calcário (CaCO₃), cuja interação leva à formação da escória (CaSiO₃) e de dióxido de carbono (CO₂).

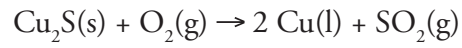
2. Observe as equações químicas da produção do cobre a partir do minério e indique se há conservação de átomos nessas transformações:

- a) interação do minério de cobre (CuFeS₂) com gás oxigênio (O₂), ocorrendo a formação de sulfeto de cobre I (Cu₂S), óxido de ferro III (Fe₂O₃) e gás dióxido de enxofre (SO₂):





b) aquecimento do sulfeto de cobre I (Cu_2S), em presença de oxigênio (O_2), com formação de gás dióxido de enxofre (SO_2) e de cobre metálico (Cu):





PESQUISA INDIVIDUAL

Faça uma pesquisa sobre dois dos principais metais produzidos no Brasil, os nomes dos minérios dos quais são obtidos e a aplicação desses metais na sociedade.



O que eu aprendi...

Handwriting practice area with 25 horizontal dotted lines.





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3 COMO PREVER AS QUANTIDADES IDEAIS DE REAGENTES E PRODUTOS ENVOLVIDOS NUMA TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA?

Seria possível fazer previsões teóricas das quantidades de materiais que podem ser obtidos em uma transformação química? E prever a quantidade de energia envolvida nesse processo? Essas questões serão respondidas ao longo desta Situação de Aprendizagem ao estudarmos as proporções existentes entre reagentes, produtos e energia nas transformações químicas.

Atividade 1 – Quantidade de partículas envolvidas em uma transformação química

Como foi visto, o cobre pode ser produzido pela ustulação da calcosita, minério de cobre constituído basicamente por sulfeto de cobre I (Cu_2S). A ustulação consiste no processo de aquecimento de um minério na presença do oxigênio ou de corrente de ar. A equação química que representa a ustulação da calcosita pode ser escrita e interpretada da seguinte forma:



A partir dessas ideias, responda às questões a seguir.

Exercícios em sala de aula

1. Quantas partículas de gás oxigênio (O_2) são necessárias para interagir com duas partículas de sulfeto de cobre I (Cu_2S)?

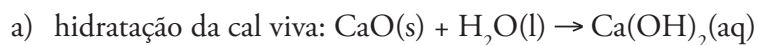
2. Quantas partículas de cobre (Cu) podem ser formadas a partir de duas partículas de sulfeto de cobre I?

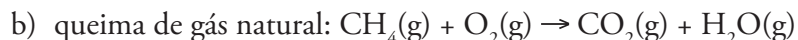
3. Que quantidade de partículas de reagentes deve ser usada na produção de 684 partículas de cobre?

4. Que quantidade de partículas de cobre e de dióxido de enxofre pode ser produzida a partir de cinco partículas de Cu_2S e dez partículas de O_2 ? Explique sua resposta.

Além da produção do cobre, as relações em termos de quantidades de partículas podem ser exploradas em outras transformações químicas. Algumas transformações químicas discutidas anteriormente no nível macroscópico podem ser reinterpretadas, agora, em nível microscópico, como feito no exemplo anterior, da ustulação da calcosita.

5. Faça o balanceamento das equações químicas a seguir e interprete-as em termos das quantidades de partículas envolvidas:







LIÇÃO DE CASA



Considere a equação química que representa a combustão do gás metano (CH_4), principal componente do gás natural: $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$.

- a) Na combustão de 15 partículas de metano são consumidas quantas partículas de gás oxigênio (O_2)?

- b) Os produtos da combustão de certa quantidade de metano foram coletados, resfriados e, assim, separados, obtendo-se uma pequena quantidade de água no estado líquido. Sabe-se que essa pequena quantidade de água continha 6×10^{22} partículas de água. Quantas partículas de metano devem ter sido queimadas nesse caso?

Atividade 2 – Massas atômicas e massas moleculares

É possível também interpretar as equações químicas em termos de massa, considerando que cada elemento químico tem uma massa atômica determinada e que as massas das partículas que formam as substâncias são dadas pelo somatório das massas dos átomos que as compõem.

Exercícios em sala de aula

- Qual é a massa de uma partícula de água, sabendo-se que cada átomo de hidrogênio tem massa atômica 1 u e que os átomos de oxigênio têm massa 16 u?

2. Qual a massa de uma partícula de gás oxigênio (O_2)? E de uma partícula de gás hidrogênio (H_2)?

3. Escolha três substâncias entre as que são apresentadas a seguir e calcule a massa de uma partícula de cada uma delas. Consulte a tabela periódica da Situação de Aprendizagem 1 para isso.

Óxido de cálcio: CaO	Hidróxido de cálcio: $Ca(OH)_2$	Dióxido de carbono: CO_2	Sulfeto de cobre I: Cu_2S	Óxido de ferro III: Fe_2O_3	Metano: CH_4
-------------------------------	--	-----------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------

4. Represente a equação química balanceada para a decomposição da água em gás hidrogênio e gás oxigênio e complete o quadro a seguir:

Equação química	
Número de partículas	
Massa de uma partícula	
Massas das partículas envolvidas nessa reação	

Atividade 3 – Previsões das massas de reagentes e produtos

As massas das partículas envolvidas numa transformação química, expressas em unidades de massa atômica, podem ser relacionadas às massas mensuráveis dessas substâncias em qualquer unidade de massa, mantendo-se a proporcionalidade entre elas. A tabela a seguir ilustra essa ideia.

Equação	2 H ₂ O(l)	→	2 H ₂ (g)	+	O ₂ (g)
Número de partículas	2 partículas de água	produzem	2 partículas de gás hidrogênio	e	1 partícula de gás oxigênio
Massa das partículas	36 u	produzem	4 u	e	32 u
Exemplos de massas mensuráveis que guardam a mesma proporção	36 g	produzem	4 g	e	32 g
	9,0 kg	produzem	1,0 kg	e	8,0 kg
	2,7 g	produzem	0,3 g	e	2,4 g

Na decomposição da água, percebe-se que a proporção entre a massa de água decomposta e a massa de hidrogênio formada é a mesma, seja em unidades de massa atômica, gramas ou quilogramas.

$$\frac{\text{massa de água}}{\text{massa de hidrogênio}} = \frac{36 \text{ u}}{4 \text{ u}} = \frac{36 \text{ g}}{4 \text{ g}} = \frac{9,0 \text{ kg}}{1,0 \text{ kg}} = \frac{2,7 \text{ g}}{0,3 \text{ g}} = \frac{9}{1}$$

Dessa forma, é possível obter uma proporção em massa em unidade de massa atômica para qualquer transformação química, desde que se conheçam sua equação química balanceada e as massas moleculares dos reagentes e produtos envolvidos. Essa proporção em unidade de massa atômica de uma transformação química pode ser usada para prever massas mensuráveis dos reagentes e produtos.

Exercícios em sala de aula

1. A partir das informações da tabela anterior, sobre a decomposição da água, que massas de gás oxigênio e de gás hidrogênio podem ser produzidas, aproximadamente, na decomposição de 100 g de água?

2. Que massa de ferro pode ser obtida a partir de 1 280 kg de óxido de ferro III (Fe_2O_3), tendo carvão (C) e oxigênio (O_2) suficientes para consumir todo esse minério de ferro? Considere que essa transformação pode ser representada pela seguinte equação química:



Dados – massas atômicas: Fe = 56 u; O = 16 u; C = 12 u.



LIÇÃO DE CASA



A combustão de magnésio (Mg) é uma reação química muito utilizada em demonstrações durante aulas de Química por ser acompanhada de intensa emissão de luz branca. O único produto formado nessa reação química é o óxido de magnésio (MgO). A respeito dessa reação, pede-se:

- a) represente a equação química balanceada para essa transformação química;
- b) calcule as massas moleculares dos reagentes e produtos (considere as seguintes massas atômicas: Mg = 24 u; O = 16 u);
- c) calcule a massa de óxido de magnésio que pode ser obtida a partir da combustão de 96 g de magnésio.

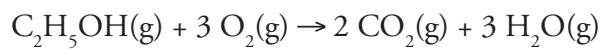
Atividade 4 – Previsões das quantidades de energia envolvida nas transformações químicas

Além das relações de proporcionalidade existentes entre as massas de reagentes e produtos, outro aspecto importante que deve ser discutido são as relações entre as massas de reagentes e produtos e a energia envolvida na transformação química.

Exercícios em sala de aula

1. Dê um exemplo de como a energia e as massas de reagentes e produtos estão relacionadas em uma transformação química. Podem-se usar esquemas, equações e textos para demonstrar essa relação.

2. Considere a equação química que representa a combustão do etanol:



Dado: a combustão de 1 g de etanol libera cerca de 27 kJ.

- Consulte a tabela periódica e calcule as massas moleculares dos reagentes e produtos envolvidos nessa transformação química.
- Calcule a massa de etanol que é consumida quando, em sua combustão, formam-se 88 g de CO_2 .
- Que quantidade de energia pode ser liberada quando há formação de 88 g de CO_2 na queima de etanol?



LIÇÃO DE CASA



1. Que massa de cobre pode ser obtida a partir de 15,9 kg de sulfeto de cobre I (Cu_2S), tendo oxigênio suficiente para essa reação?

Dados – massas atômicas: Cu = 63,5 u; S = 32 u; O = 16 u.

Equação química não balanceada: $\text{Cu}_2\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g})$

2. Complete as lacunas na tabela a seguir, sabendo que são necessárias 2,90 kcal para decompor 1,00 g de calcário.

Dados – massas atômicas: Ca = 40 u; C = 12 u; O = 16 u.

$\text{CaCO}_3(\text{s})$	+	energia	→	$\text{CaO}(\text{s})$	+	$\text{CO}_2(\text{g})$
100 u		_____ kcal		_____ u		_____ u
_____ g		_____ kcal		56,0 g		_____ g
1,00 g		2,90 kcal		_____ g		_____ g

O que eu aprendi...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 METAIS E O SISTEMA PRODUTIVO

Nesta Situação de Aprendizagem, a compreensão do tema “metais” será ampliada, com a discussão de aspectos relacionados à sua produção e seus usos.

Atividade 1 – Metais no cotidiano

Há alguns milhares de anos, os metais passaram a ser usados pela humanidade até se tornarem materiais indispensáveis para as mais diversas atividades do nosso cotidiano. Você já percebeu quantos metais diferentes estão presentes em nosso dia a dia? Mas por que usamos um metal para certo fim, e não outro? O que determina o uso de um metal em lugar de outro?

O texto a seguir mostra a constituição de uma lâmpada incandescente. Perceba que nesse objeto tão comum são utilizados diversos metais e que a função de cada um deles está diretamente ligada às suas propriedades.



Leitura e Análise de Texto

De que é feita uma lâmpada?

Fabio Luiz de Souza

A lâmpada elétrica incandescente é um dos objetos mais comuns na maioria das residências brasileiras. Inventada por Thomas Alva Edison, em 1879, esse pequeno aparato tecnológico sofreu algumas mudanças até chegar à forma e composição como a conhecemos hoje.

Inicialmente, a luz era produzida quando a corrente elétrica passava por um bastão de carvão, em vez do filamento de tungstênio que se usa atualmente, tornando-o incandescente. Mas esse sistema tinha pouca durabilidade (cerca de algumas horas apenas). Esse problema levou Edison a pesquisar outros materiais que pudessem substituir o carvão. Nessa busca por uma nova constituição para a lâmpada elétrica incandescente, foram testados diversos metais e ligas metálicas até se chegar ao **filamento de tungstênio (W)**.

Esse metal possui condutibilidade elétrica moderada (cerca de 340 vezes menor do que a da prata, que é considerada um excelente condutor elétrico); por isso, oferece resistência à passagem da corrente elétrica, gerando calor a ponto de se tornar incandescente e emitir luz. Apresenta também elevada temperatura de fusão (3 410 °C), resistindo a altas temperaturas sem sofrer fusão. Essa última propriedade é especialmente importante, visto que o filamento da lâmpada pode alcançar impressionantes 3 000 °C durante seu funcionamento.



© Claudio Ripinskas

Poucos metais resistiriam sem fundir a tão elevada temperatura.

Além do tungstênio, muitos outros metais são empregados na confecção de uma lâmpada elétrica incandescente:

- **Haste de ferro (Fe) e níquel (Ni):** essa liga metálica apresenta elevada resistência mecânica (não entorta facilmente) e suporta altas temperaturas sem fundir (cerca de 1 500 °C), sendo um material ideal para sustentar o filamento da lâmpada.
- **Fios de cobre (Cu):** metal com boa condutibilidade elétrica e alta temperatura de fusão.
- **Rosca de zinco (Zn):** metal maleável (fácil de moldar), que suporta temperaturas moderadas sem fundir (420 °C) e possui boa condutibilidade elétrica.
- **Ponto de contato de chumbo (Pb), estanho (Sn) e antimônio (Sb):** essa liga metálica é útil para fazer soldagem porque seus componentes apresentam temperaturas de fusão relativamente baixas (327 °C, 232 °C e 631 °C, respectivamente) e, conseqüentemente, a própria liga também. O antimônio é misturado ao chumbo e ao estanho para que a liga suporte temperaturas um pouco maiores sem fundir e tenha maior dureza.

Os metais, quando submetidos a temperaturas elevadas, podem facilmente sofrer oxidação se estiverem em contato com o oxigênio do ar. Por esse motivo, o interior das lâmpadas é preenchido com gases inertes (que dificilmente reagem com outros materiais), como nitrogênio (N₂), criptônio (Kr) e, principalmente, argônio (Ar).

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Exercícios em sala de aula

1. Comente a importância do conhecimento das propriedades dos metais para a construção de uma lâmpada elétrica incandescente. Dê exemplos que ilustrem seus argumentos.

2. Zinco, ferro e níquel são metais de mais fácil obtenção do que o tungstênio. Seria possível substituir o filamento de tungstênio da lâmpada elétrica por um desses metais? Explique sua resposta.

3. Complete o quadro a seguir com três exemplos de objetos metálicos (ou que contenham metais) presentes em sua casa ou na escola. Cite os metais que constituem esses objetos e estabeleça uma relação entre suas propriedades e aplicações.

Objeto	Metal ou liga que compõe o objeto	Relação entre propriedades e aplicação

Atividade 2 – Produção de ferro no mundo: do minério ao aço

O ferro é o metal produzido em maior quantidade no mundo. Devido à sua dureza, maleabilidade e elevada temperatura de fusão, além de outras propriedades, ele é também o metal mais utilizado pela humanidade há mais de 6 mil anos. De armas a utensílios domésticos e vergalhões para a construção civil, o ferro é amplamente utilizado em todos os lugares do mundo. Entretanto, as reservas de minério de ferro e a produção de ferro e de aço estão concentradas em alguns países. O quadro a seguir apresenta dados obtidos do *Sumário Mineral 2007**.

Brasil			
Reserva de minério	Extração de minério	Produção de ferro-gusa	Produção de aço
7,1% (5º no mundo)	18,8% (2º no mundo)	3,8% (6º no mundo)	2,6% (9º no mundo)
Estados Unidos			
Reserva de minério	Extração de minério	Produção de ferro-gusa	Produção de aço
4,1% (7º no mundo)	3,2% (7º no mundo)	4,5% (5º no mundo)	8,0% (4º no mundo)
Rússia			
Reserva de minério	Extração de minério	Produção de ferro-gusa	Produção de aço
15,1% (2º no mundo)	6,2% (5º no mundo)	6,1% (4º no mundo)	5,8% (5º no mundo)

China			
Reserva de minério	Extração de minério	Produção de ferro-gusa	Produção de aço
12,4% (3º no mundo)	30,8% (1º no mundo)	44,3% (1º no mundo)	35,0% (1º no mundo)
Japão			
Reserva de minério	Extração de minério	Produção de ferro-gusa	Produção de aço
0%	0%	9,7% (3º no mundo)	9,5% (3º no mundo)
Ucrânia			
Reserva de minério	Extração de minério	Produção de ferro-gusa	Produção de aço
18,4% (1º no mundo)	4,3% (6º no mundo)	3,7% (7º no mundo)	3,3% (8º no mundo)

* DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. *Sumário Mineral 2007*. Disponível em: <<http://www.dnrm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>>. Acesso em: 3 fev. 2010.

Exercícios em sala de aula

Escolha um desses países para analisar os dados apresentados no quadro e responda às questões propostas a seguir.

- Comente os seguintes aspectos referentes ao país escolhido:
 - geografia física;
 - desenvolvimento socioeconômico;
 - desenvolvimento tecnológico.

2. Compare os valores entre a reserva e a extração de minério de ferro nesse país. Esses valores são compatíveis entre si? Se não forem compatíveis, como explicar esse fato?

3. Compare os valores de extração de minério de ferro e a produção de ferro-gusa e de aço nesse país. Esses valores são compatíveis entre si? Se não forem compatíveis, como explicar esse fato?

4. Elabore uma síntese que relacione os aspectos gerais desse país, abordados na questão 1, e a produção de ferro, analisada nas questões 2 e 3.

Atividade 3 – Visita ao ferro-velho

Os ferros-velhos e as cooperativas de reciclagem são instituições que participam diretamente do ciclo de vida de muitos materiais importantes para nossa sociedade, incluindo metais, plásticos e vidro.



PESQUISA DE CAMPO

Nesta atividade, conheceremos um pouco das características dessas empresas. Siga as instruções de seu professor para a realização dessa pesquisa de campo. Sugere-se a ficha a seguir para a organização das informações obtidas na pesquisa.

Dados gerais sobre o ferro-velho

1. Nome e localização:

2. Número de pessoas que trabalham no local (funcionários, cooperados, catadores etc.) e condições de trabalho desses profissionais:

3. Descrição física do local (área ocupada, organização etc.):

4. Materiais comercializados

Material	Objetos mais comuns	Preço médio de compra e venda	Destino do material

5. Problemas identificados:

6. Outras informações:

Siga as orientações do seu professor para a apresentação dos resultados dessa pesquisa.



VOCÊ APRENDEU?



1. Faça o balanceamento da equação química que representa a produção de cobre a partir de calcosita e complete o quadro a seguir, interpretando as equações químicas em termos de quantidades de partículas e de massa.

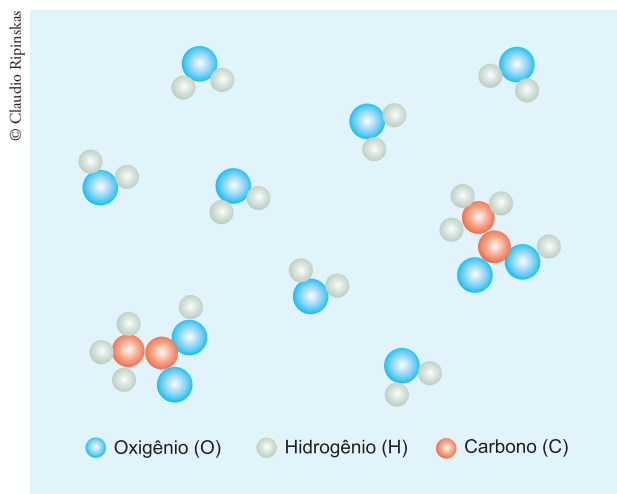
Dados – massas atômicas: Cu = 63,5 u; S = 32 u; O = 16 u.

	Calcosita	Oxigênio	Cobre	Dióxido de enxofre
	___ Cu ₂ S	+ ___ O ₂	→ ___ Cu	+ ___ SO ₂
Em partículas				
Em massa (u)				

2. Relacione as duas colunas a seguir:

Aplicações	Metais/ligas
A – trilhos de trem, lataria de automóveis, ferramentas	() alumínio
B – soldas, latas de alimentos	() ferro/aço
C – fios elétricos, panelas, tubulações de água quente	() estanho
D – fios elétricos, latas de bebidas, esquadrias	() cobre

3. Reveja suas anotações sobre os problemas ambientais relacionados à queima de combustíveis (volume 2) e assinale a alternativa que apresenta os problemas ambientais que podem ser agravados com a emissão na atmosfera dos gases provenientes da produção de cobre e de ferro.
- Efeito estufa e chuva ácida, respectivamente.
 - Efeito estufa e intoxicação por monóxido de carbono, respectivamente.
 - Buraco na camada de ozônio e chuva ácida, respectivamente.
 - Chuva ácida e efeito estufa, respectivamente.
 - Intoxicação por monóxido de carbono e buraco na camada de ozônio, respectivamente.
4. Uma embalagem de alimento orgânico apresenta a frase “Produto sem elementos químicos”. Sobre essa afirmação, é correto afirmar que:
- a frase está errada porque toda matéria é formada por substâncias compostas de elementos químicos, inclusive os alimentos orgânicos;
 - a frase está correta porque produtos orgânicos são naturais e, portanto, não contêm elementos químicos;
 - a frase está errada. O correto seria dizer que “os produtos orgânicos não contêm substâncias químicas”;
 - a frase está correta porque os alimentos orgânicos são produzidos sem a adição de substâncias químicas, tais como fertilizantes industrializados e agrotóxicos.
5. A figura a seguir representa:



- uma mistura de duas substâncias formadas por três elementos químicos;
 - uma substância formada por dois elementos químicos;
 - uma mistura de três substâncias formadas por dois elementos químicos;
 - uma substância formada por três elementos químicos.
6. O titânio é produzido a partir de um minério chamado ilmenita, formado de um óxido de ferro magnético (FeO) e de dióxido de titânio (TiO₂). A produção do metal pode ser dividida em quatro etapas:

1ª etapa – separação magnética do FeO usando um ímã;

2ª etapa – reação entre óxido de titânio sólido, carvão (C) e gás cloro (Cl₂), que produz dióxido de carbono gasoso (CO₂) e cloreto de titânio líquido (TiCl₄);

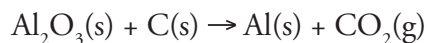
3ª etapa – destilação do cloreto de titânio (temperatura de ebulição = 136 °C);

4ª etapa – reação entre cloreto de titânio líquido e magnésio líquido (Mg), produzindo titânio sólido e cloreto de magnésio líquido.

a) Quais dessas etapas envolvem transformações químicas? Explique sua resposta.

b) Represente as equações químicas balanceadas envolvidas na produção do titânio.

7. Calcule a quantidade de partículas de óxido de alumínio (Al₂O₃) que se combinam com seis partículas de carbono (C) durante a produção de alumínio (Al), de acordo com a equação química não balanceada a seguir:



- a) 2
 b) 4
 c) 6
 d) 8
 e) 10



PARA SABER MAIS

Livros

- BELTRAN, N. O.; CISCATO, C. A. M. *Química*. São Paulo: Cortez, 1991. p. 133-160. (Magistério). Este livro apresenta alguns textos que discutem a construção histórica da tabela periódica, com enfoque no trabalho desenvolvido por Mendeleev em sua busca por uma lei periódica.
- CANTO, E. L. *Minerais, minérios, metais: de onde vêm? Para onde vão?* São Paulo: Moderna, 1996. Neste livro podem-se encontrar informações sobre a obtenção de diferentes metais a partir de seus minérios, sua importância econômica e alguns impactos ambientais causados por sua exploração.
- ESPERIDIÃO, Y. M.; NÓBREGA, O. *Os metais e o homem*. 5. ed. São Paulo: Ática, 2002. Neste livro podem-se encontrar informações sobre a importância de metais e de ligas metálicas para o ser humano, alguns exemplos de sua utilização e atividades para ser trabalhadas com os alunos.
- STRATHERN, P. *O sonho de Mendeleiev*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002. O autor narra diversos aspectos históricos ligados à construção do conceito de elemento químico, às descobertas de diversos elementos e às tentativas de organizá-los de acordo com suas características e propriedades até chegar à proposta de Mendeleev.
- VAITSMAN, D. S.; AFONSO, J. C.; DUTRA, P. B. *Para que servem os elementos químicos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. O livro traz informações básicas dos elementos químicos, tais como propriedades físicas e químicas, data em que cada um foi descoberto, abundância na natureza e usos mais comuns.

Sites

- PROCOBRE. Disponível em: <<http://www.procobre.org/pr/index.html>>. Acesso em: 8 mar. 2010. Esta página da internet apresenta informações gerais relacionadas ao cobre, como dados de produção, história do cobre, aplicações, reciclagem, atualidades sobre a indústria etc.
- SUMÁRIO MINERAL 2007. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 8 mar. 2010. Esta página da internet apresenta informações gerais sobre a produção mineral brasileira e a compara com a produção mundial em diversos anos.

O que eu aprendi...

Handwriting practice area with horizontal dashed lines and a spiral binding on the right side.

Tabela periódica

© Claudio Rypinskas

1 1A																	18 8A	
1 1H Hidrogênio	2 2A	Elementos de transição										13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A	
3 3Li Lítio	4 4Be Berílio	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8B				11 1B	12 2B	5 5Boro Boro	6 6Carbono Carbono	7 7Nitrogênio Nitrogênio	8 8Oxigênio Oxigênio	9 9Flúor Flúor	10 10Neônio Neônio
11 11Na Sódio	12 12Mg Magnésio	21 21Sc Escândio	22 22Ti Titânio	23 23V Vanádio	24 24Cr Cromo	25 25Mn Manganês	26 26Fe Ferro	27 27Co Cobalto	28 28Ni Níquel	29 29Cu Cobre	30 30Zn Zinco	31 31Ga Gálio	32 32Ge Germânio	33 33As Arsênio	34 34Se Selênio	35 35Br Bromo	36 36Kr Criptônio	
39 39K Potássio	40 40Ca Cálcio	39 39Y Ítrio	40 40Zr Zircônio	41 41Nb Nióbio	42 42Mo Molibdênio	43 43Tc Tecnécio	44 44Ru Rutênio	45 45Rh Ródio	46 46Pd Paládio	47 47Ag Prata	48 48Cd Cádmio	49 49In Índio	50 50Sn Estanho	51 51Sb Antimônio	52 52Te Telúrio	53 53I Iodo	54 54Xe Xenônio	
55 55Cs Césio	56 56Ba Bário	Série dos Lantanídeos 57-71		72 72Hf Háfnio	73 73Ta Tântalo	74 74W Tungstênio	75 75Re Rênio	76 76Os Osmio	77 77Ir Iridio	78 78Pt Platina	79 79Au Ouro	80 80Hg Mercúrio	81 81Tl Tálio	82 82Pb Chumbo	83 83Bi Bismuto	84 84Po Polônio	85 85At Astato	86 86Rn Radônio
87 87Fr Frâncio	88 88Ra Rádio	Série dos Actinídeos 89-103		104 104Rf Rutherfordório	105 105Db Dúbnio	106 106Sg Seabórgio	107 107Bh Bório	108 108Hs Hássio	109 109Mt Meitnério	110 110Ds Darmstádio	111 111Rg Roentgênio	112 112Cn Copernício						

Massa atômica
Símbolo
Nº atômico
Nome do elemento

Elétrons nas camadas

Série dos Lantanídeos

57 57La Lantânio	58 58Ce Cério	59 59Pr Praseodímio	60 60Nd Neodímio	61 61Pm Promécio	62 62Sm Samário	63 63Eu Európio	64 64Gd Gadolínio	65 65Tb Térbio	66 66Dy Disprósio	67 67Ho Hólmio	68 68Er Érbio	69 69Tm Túlio	70 70Yb Íterbio	71 71Lu Lutécio
------------------------	---------------------	---------------------------	------------------------	------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------	----------------------	-------------------------	----------------------	---------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------

Série dos Actinídeos

89 89Ac Actínio	90 90Th Tório	91 91Pa Protactínio	92 92U Urânio	93 93Np Netúnio	94 94Pu Plutônio	95 95Am Americóio	96 96Cm Cúrio	97 97Bk Berquélio	98 98Cf Califórnio	99 99Es Einsteinóio	100 100Fm Férmio	101 101Md Mendelévio	102 102No Nobélio	103 103Lr Laurêncio
-----------------------	---------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------	--------------------------	---------------------------	------------------------	----------------------------	-------------------------	---------------------------