

**Tabela 15.1** Os elementos do Grupo 15

*Configuração de valência  $ns^2np^3$*

Z	Nome	Símbolo	Massa molar, g. mol <sup>-1</sup>	Ponto de fusão, °C	Ponto de ebulição, °C	Densidade, g.cm <sup>-3</sup> a 25°C	Forma normal*
7	nitrogênio	N	14,01	-210	-196	1,04†	Gás incolor
15	fósforo	P	30,97	44	280	1,82	Não-metal branco ou vermelho
33	arsênio	As	74,92	613s†	—	5,78	Metalóide cinza
51	antimônio	Sb	121,75	631	1.750	6,69	Metalóide branco azulado brilhante
83	bismuto	Bi	208,98	271	1.650	8,90	Metal rosado

\* *Forma normal* significa a aparência e o estado do elemento a 25°C e 1 atm.

† O símbolo s significa que o elemento sublima.

‡ Para o líquido atingindo seu ponto de ebulição.

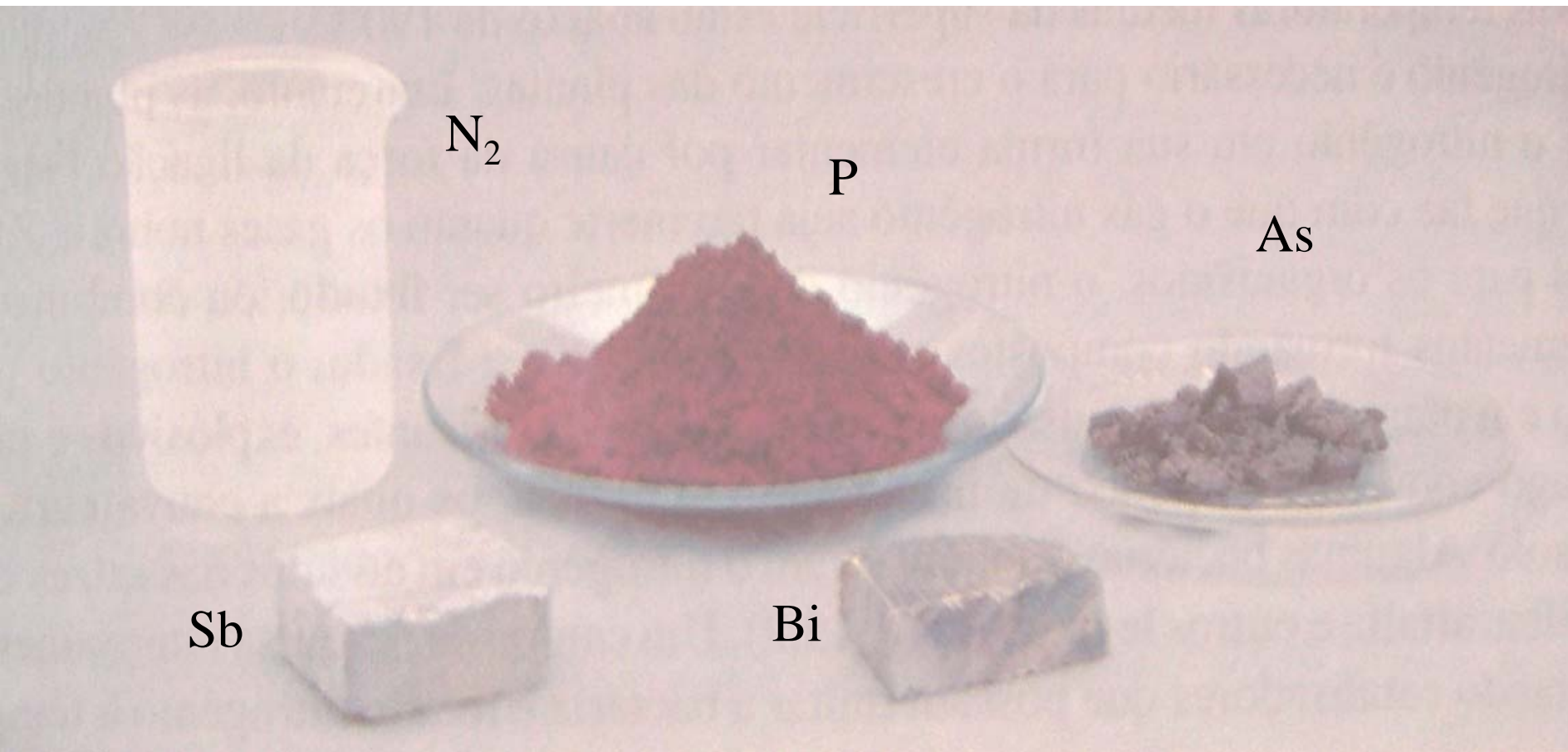
$\text{N}_2$

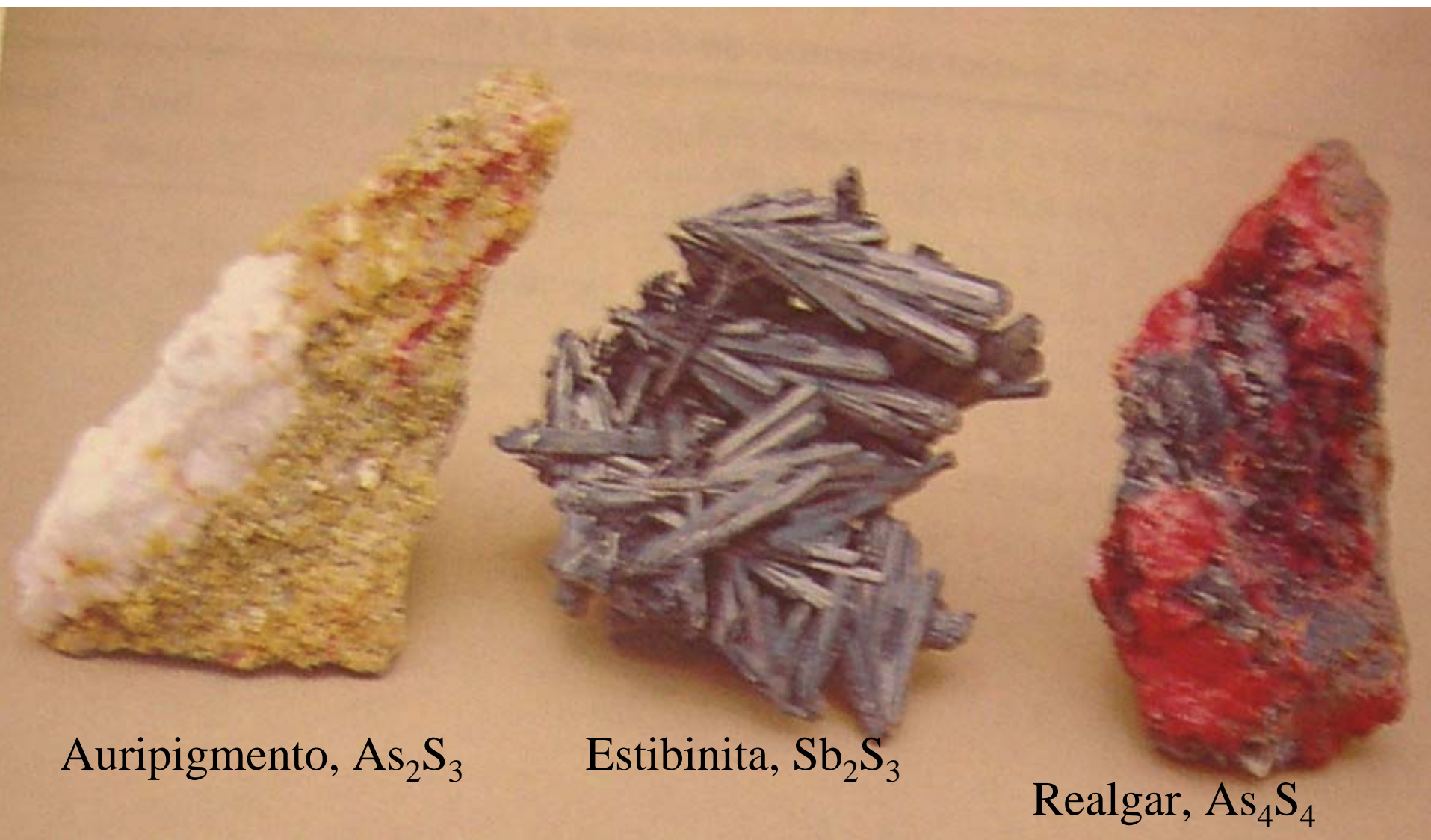
P

As

Sb

Bi





Auripigmento,  $\text{As}_2\text{S}_3$

Estibinita,  $\text{Sb}_2\text{S}_3$

Realgar,  $\text{As}_4\text{S}_4$

**TABELA 15.2.** Propriedades químicas dos elementos do Grupo 15

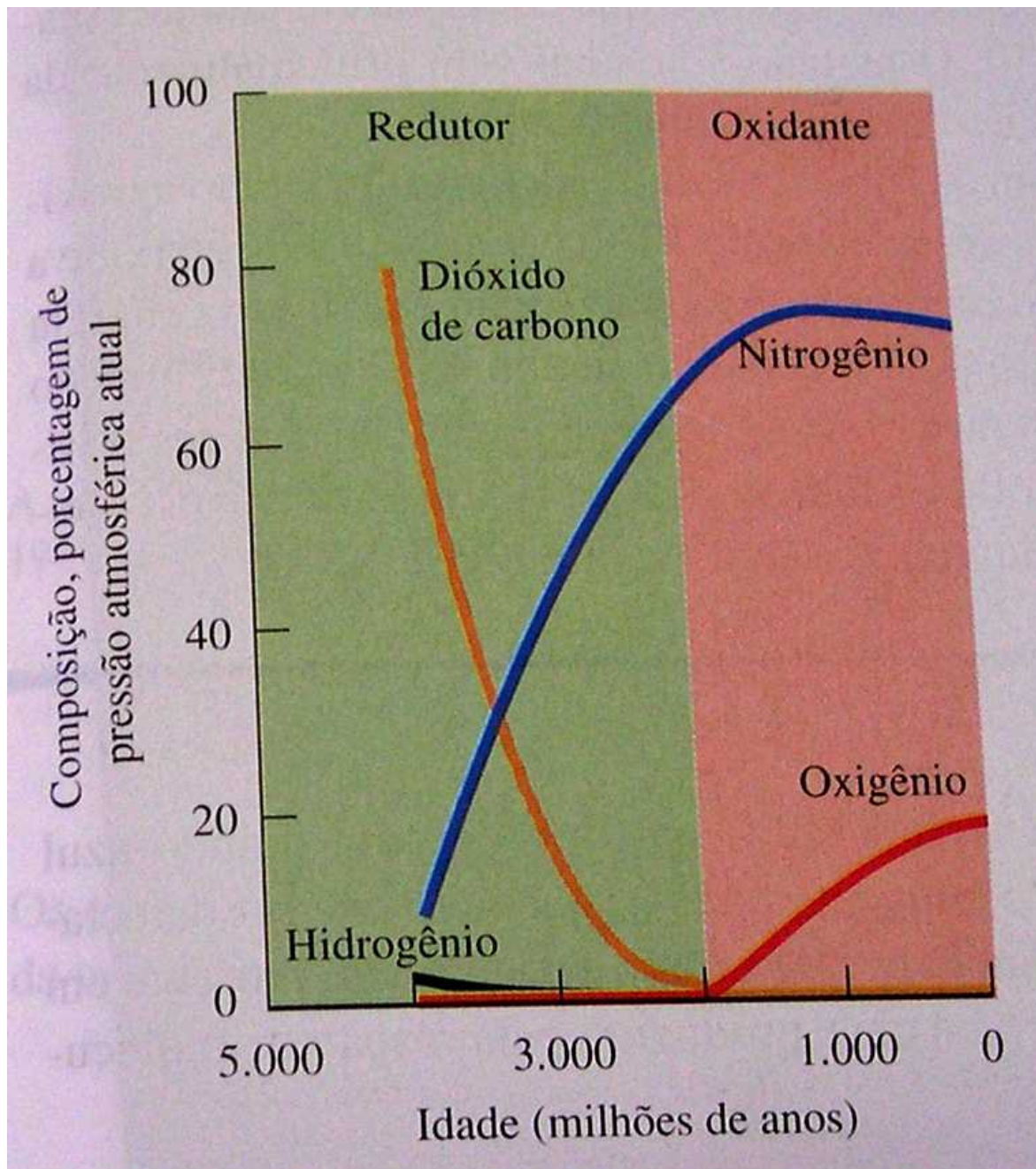
Reagente	Reação com elementos do Grupo 15 (E)
hidrogênio	$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NH}_3(\text{g})$ $\text{P}_4(\text{s}) + 6 \text{H}_2(\text{g}) \longrightarrow 4 \text{PH}_3(\text{g})$
oxigênio	$\text{N}_2(\text{g}) + x \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{NO}_x(\text{g})$ $\text{P}_4(\text{s}) + 3 \text{ ou } 5 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{P}_4\text{O}_6(\text{s}) \text{ ou } \text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})$ $4 \text{As}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{As}_4\text{O}_6(\text{s})$ $4 \text{E}(\text{s}) + 3 \text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2 \text{E}_2\text{O}_3(\text{s}), \quad \text{E} = \text{Sb, Bi}$
água	não ocorre reação
halogênio	$2 \text{E}(\text{s}) + 3 \text{X}_2(\text{s, l, g}) \longrightarrow 2 \text{EX}_3(\text{s, l}), \quad \text{E} = \text{P, As, Sb, Bi}$ $2 \text{E}(\text{s}) + 5 \text{X}_2(\text{s, l, g}) \longrightarrow 2 \text{EX}_5(\text{s, l}), \quad \text{E} = \text{P, As, Sb}$

**TABELA 15.3** Os óxidos e os oxiácidos de nitrogênio

Número de oxidação	Óxido		Oxiácido	
	Fórmula	Nome	Fórmula	Nome
5	$N_2O_5$	pentóxido de dinitrogênio	$HNO_3$	ácido nítrico
4	$NO_2^*$	dióxido de nitrogênio	—	
	$N_2O_4$	tetróxido de dinitrogênio	—	
3	$N_2O_3$	trióxido de dinitrogênio	$HNO_2$	ácido nitroso
2	NO	monóxido de nitrogênio	—	
		óxido nítrico		
1	$N_2O$	monóxido de dinitrogênio	$H_2N_2O_2$	ácido hiponitroso
		óxido nitroso		

\*  $2 NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$





Mudanças na  
atmosfera terrestre

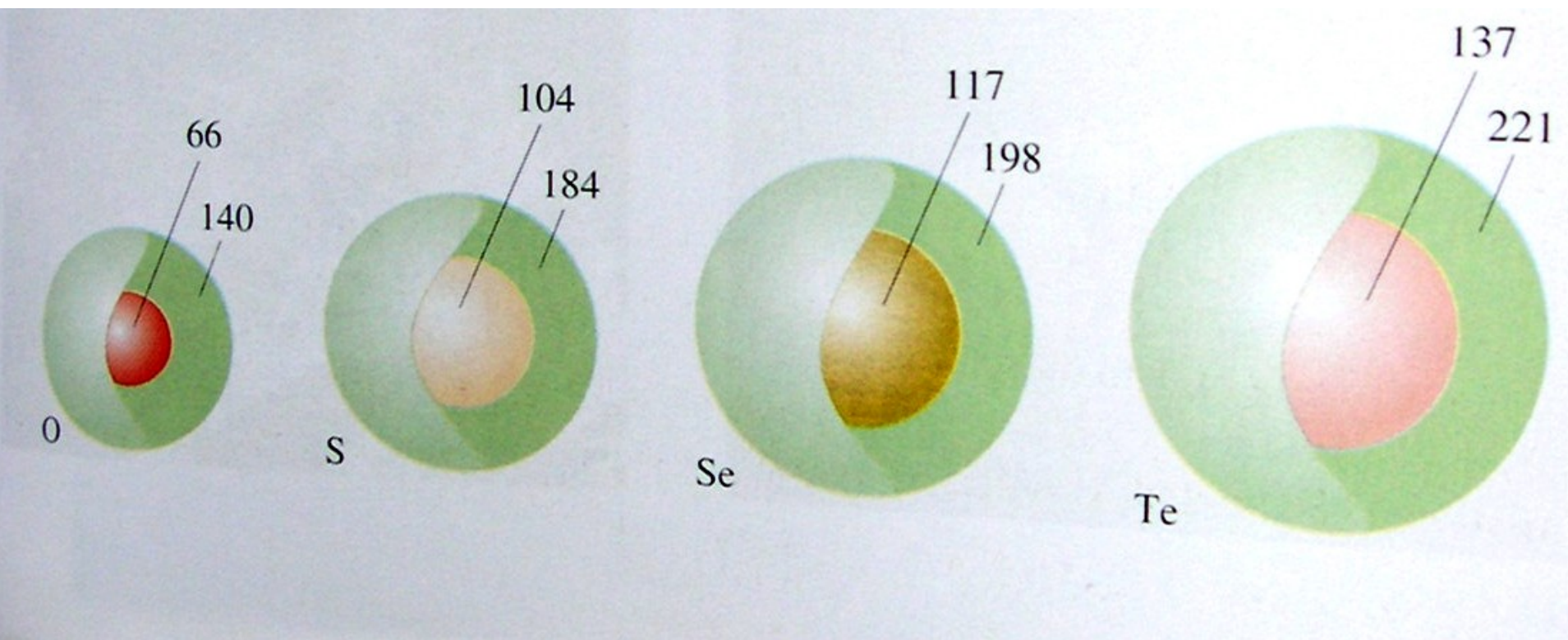
**TABELA 15.4** Os elementos do Grupo 16*Configuração de valência:  $ns^2np^4$* 

Z	Nome	Símbolo	Massa molar, $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	Ponto de fusão, °C	Ponto de ebulição, °C	Densidade, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a 25°C	Forma normal*
8	oxigênio	O	16,00	-218 -192	-183 -112	1,14 <sup>†</sup> 1,35 <sup>†</sup>	gás paramagnético incolor ( $\text{O}_2$ ) gás azul (ozônio, $\text{O}_3$ )
16	enxofre	S	32,06	115	445	2,09	sólido amarelo não-metálico ( $\text{S}_8$ )
34	selênio	Se	78,96	220	685	4,81	sólido cinza não-metálico
52	telúrio	Te	127,60	450	990	6,25	metalóide branco prateado
84	polônio <sup>‡</sup>	Po	210	254	960	9,40	metalóide cinza

\*Forma normal significa a aparência e o estado do elemento a 25°C e 1 atm.

<sup>†</sup> Para o líquido no ponto de ebulição.

<sup>‡</sup> Radioativo.

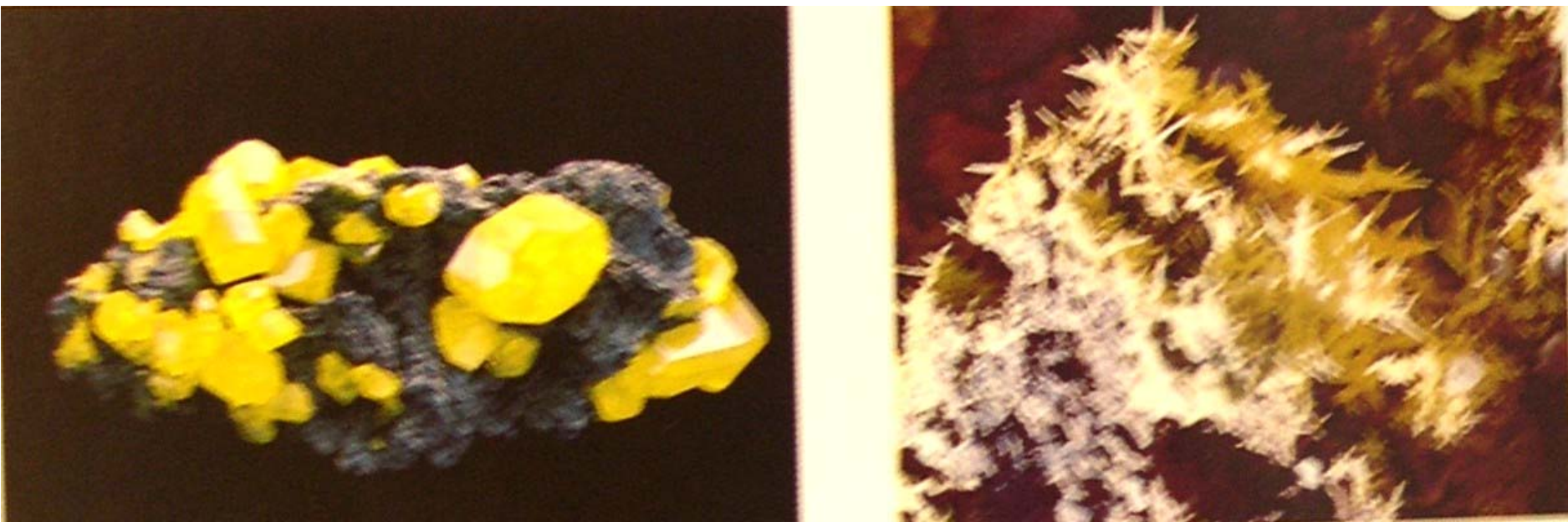


Raios dos átomos e ânions do Grupo 16 (em pm)

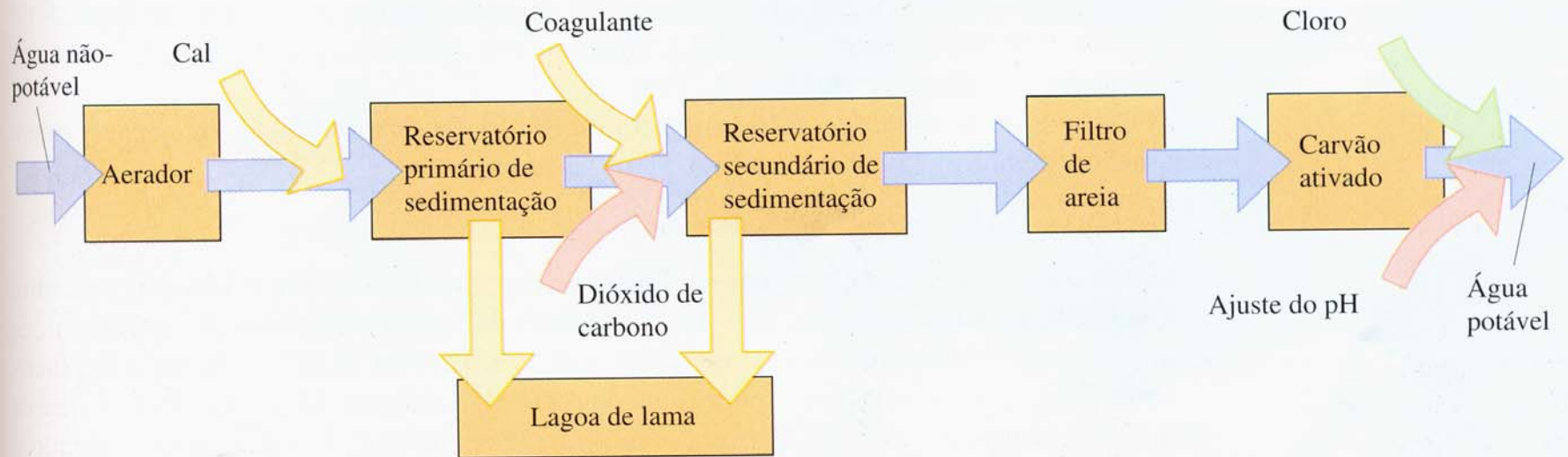




Alguns sulfetos:  
galena,  $\text{PbS}$ ; cinábrio,  $\text{HgS}$ ; pirita,  $\text{FeS}$ ; esfalerita,  $\text{ZnS}$



Duas formas de enxofre: rômboico e monoclínico (agulhas)  
Nos dois casos, são anéis de  $S_8$  empilhados



Purificação de água para uso municipal



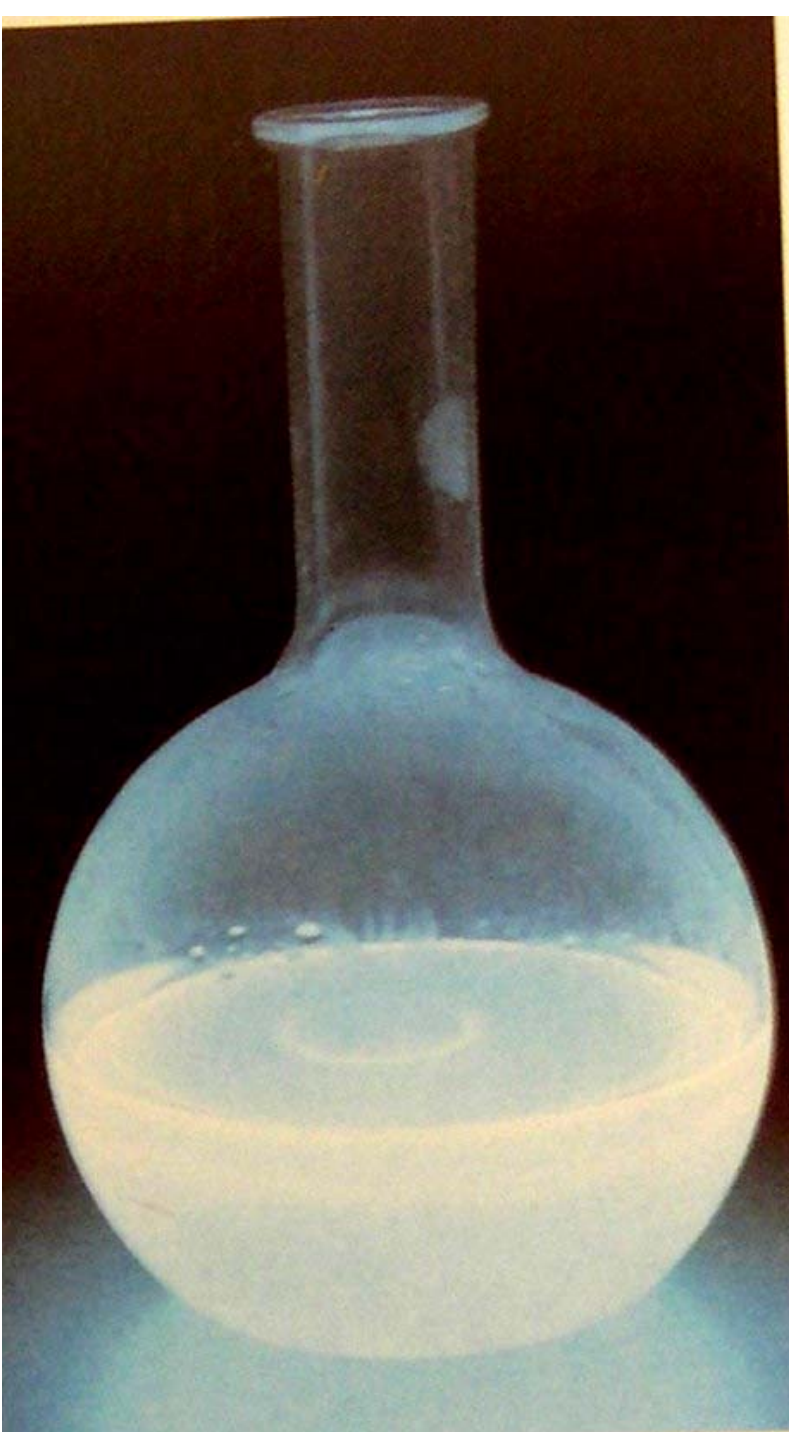


Lápis-lázuli: uma  
pedra semi-  
preciosa cuja cor  
vem de impurezas  
de  $S_3^-$  (azul) e de  
 $S_2^-$  (verde)



Desidratação e formação de espuma carbonosa:  
ácido sulfúrico + açúcar (sacarose)





Quimiluminescência:  
peróxido de hidrogênio +  
solução de perileno

Muitas reações com  
peróxidos formam produtos  
no estado excitado, que  
emitem luz.

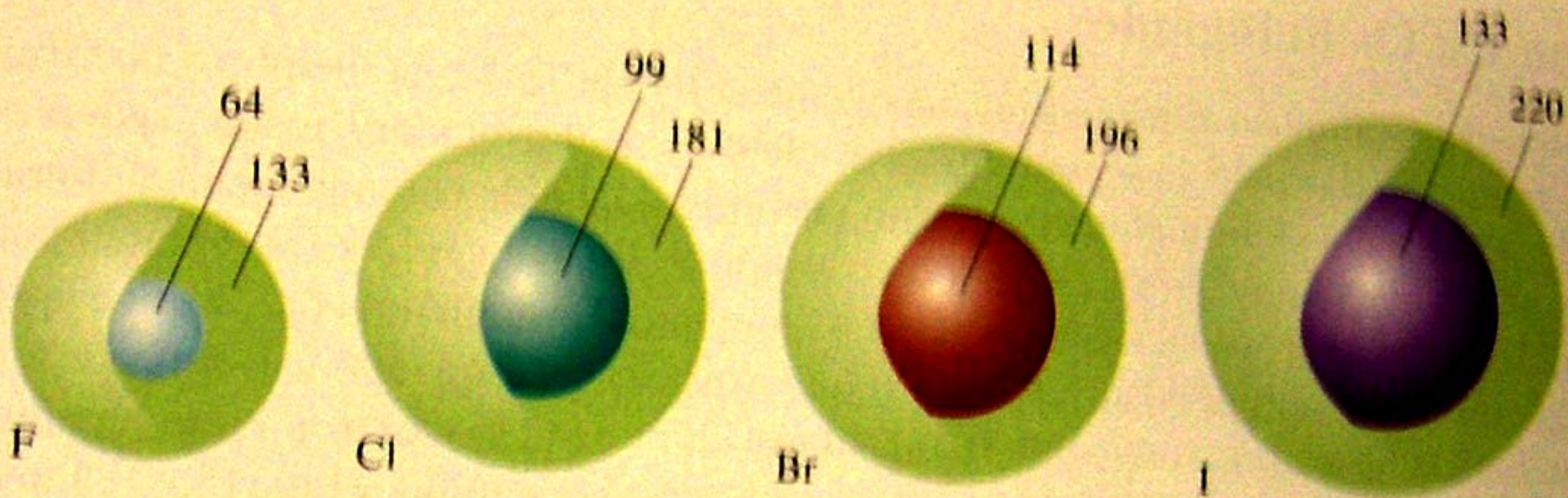
**TABELA 15.5** Os elementos do Grupo 17*Configuração de valência:  $ns^2np^5$* 

Z	Nome	Símbolo	Massa molar, $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	Ponto de fusão, °C	Ponto de ebulição, °C	Densidade, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a 25°C	Forma normal*
9	flúor	F	19,00	-220	-188	1,51 <sup>†</sup>	gás quase incolor
17	cloro	Cl	35,45	-101	-34	1,66 <sup>†</sup>	gás verde-amarelo
35	bromo	Br	79,91	-7	59	3,12	líquido marrom avermelhado
53	iodo	I	126,90	114	184	4,95	sólido não-metálico preto arroxeado
85	astato‡	At	210	300	350	—	sólido não-metálico

\**Forma normal* significa a aparência e o estado do elemento a 25°C e 1 atm.

† Para o líquido em seu ponto de ebulição.

‡ Radioativo.



Raios atômicos e iônicos dos halogênios



## Fabricação do flúor: eletrólise





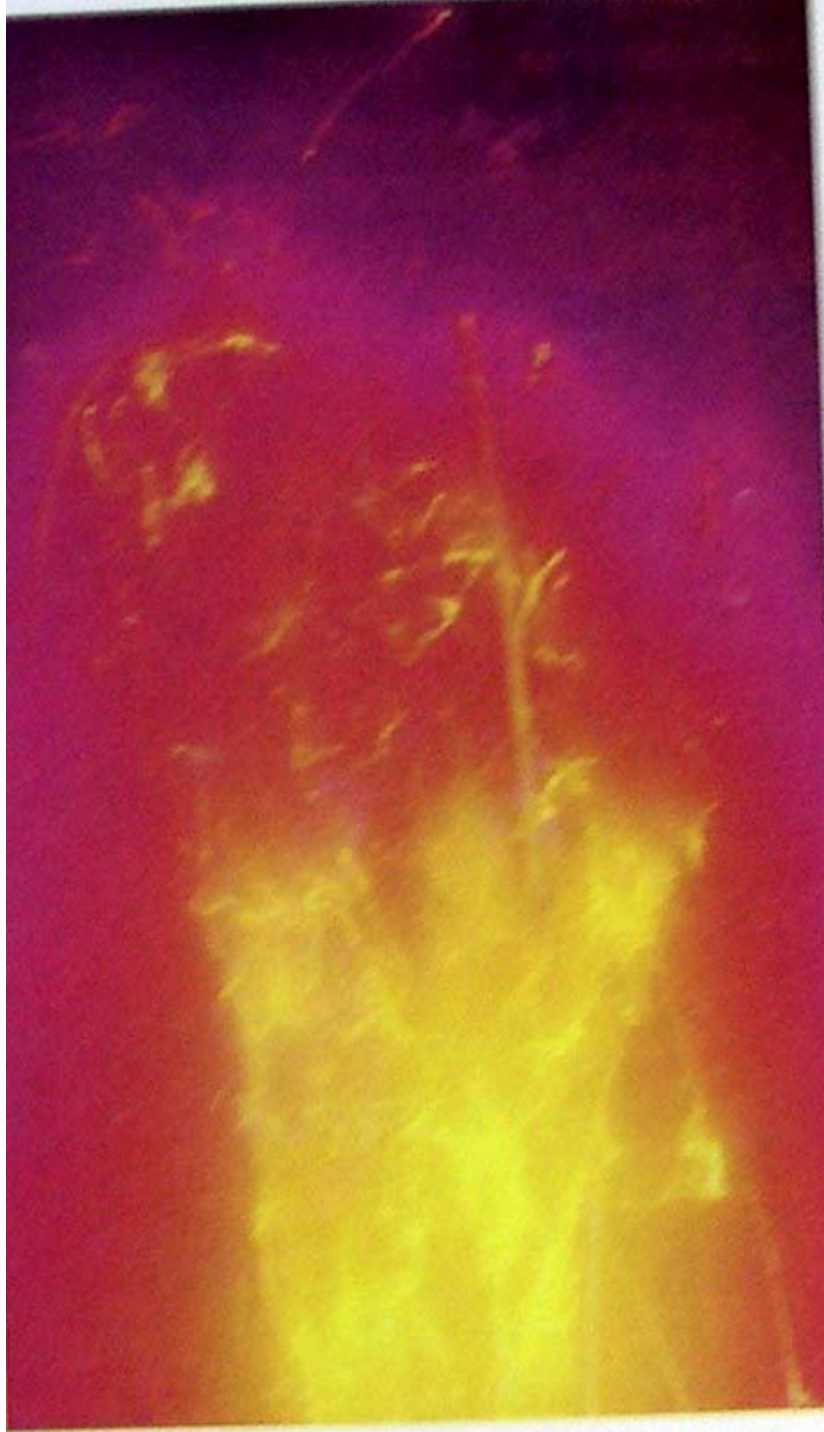
**Tabela 15.7** Os haletos de hidrogênio

Composto	Massa molar, g. mol <sup>-1</sup>	Ponto de fusão, °C	Ponto de ebulição, °C	p <i>K</i> <sub>a</sub> Em água	Entalpia de ligação, kJ. Mol <sup>-1</sup>	Comprimento de ligação, pm
HF	20,01	-83	20	3,45	565	92
HCl	36,46	-115	-85	forte	421	127
HBr	80,92	-89	-67	forte	366	141
HI	127,91	-51	-35	forte	299	161



**TABELA 15.8**    Oxiácidos de halogênio

Número de oxidação	Fórmula geral	Nome geral do ácido	Exemplos conhecidos	$pK_a$ em água
7	$HXO_4$	ácido perhalogênico	$HClO_4$	forte
			$HBrO_4$	forte
			$HIO_4$	1,64
5	$HXO_3$	ácido halogênico	$HClO_3$	forte
			$HBrO_3$	forte
			$HIO_3$	0,77
3	$HXO_2$	ácido halogenoso	$HClO_2$	2,00
			$HBrO_2$	instável
1	$HXO$	ácido hipohalogenoso	$HFO$	instável
			$HClO$	7,53
			$HBrO$	8,69
			$HIO$	10,64



Queima de ferro metálico  
em atmosfera de cloro,  
formando o cloreto de ferro III

## Soluções de iodo



$\text{CCl}_4$

$\text{H}_2\text{O}$

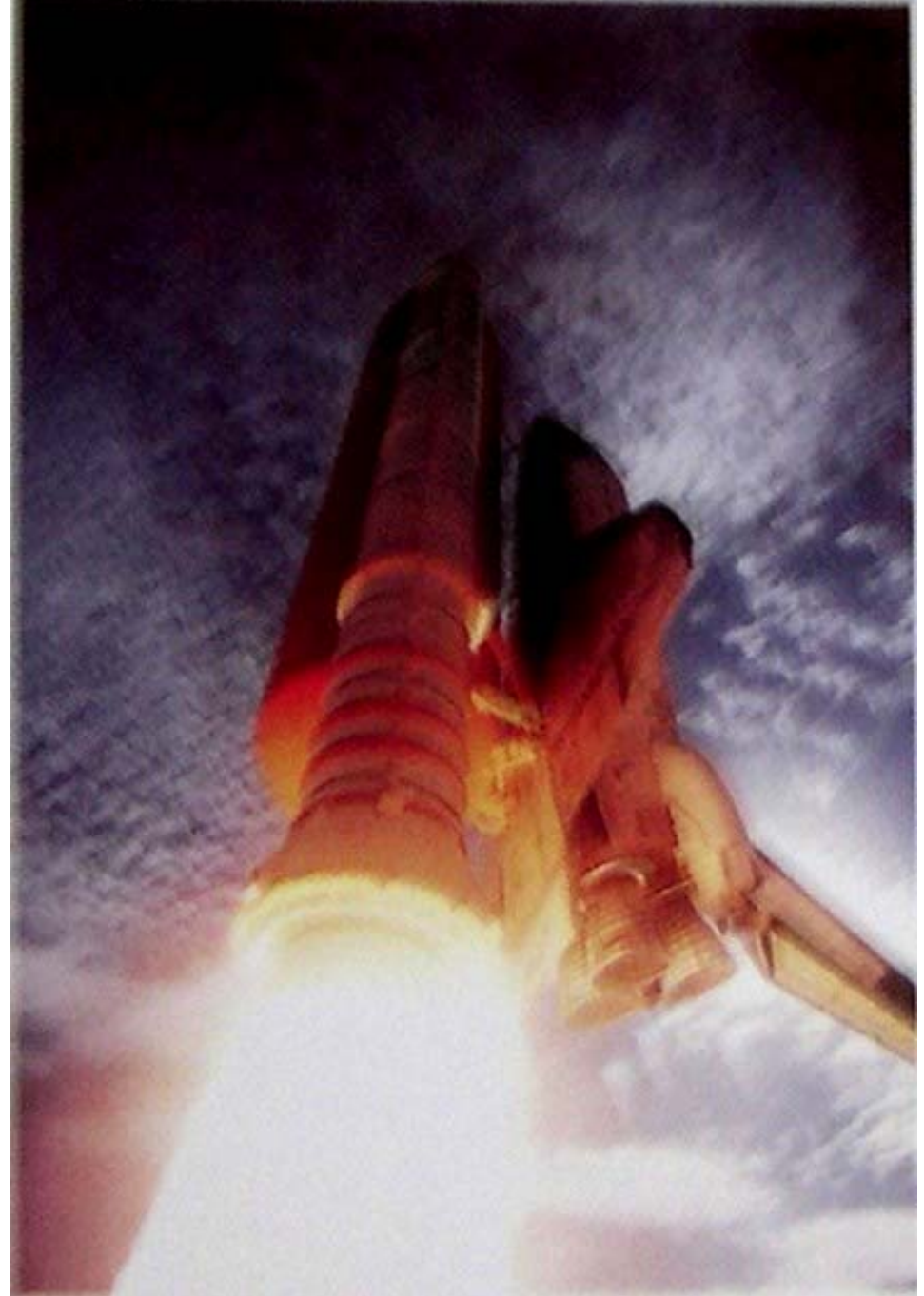
KI aq

KI aq + amido



Mistura propelente  
dos foguetes do  
ônibus espacial: pó de  
alumínio+perclorato  
de amônio+óxido de  
ferro III (catalisador).

A fumaça é formada  
por óxido e cloreto de  
alumínio.



**TABELA 15.6** Interhalogênios conhecidos

Inter-halogênio	Forma normal*
$\text{XF}_n$	
$\text{ClF}$	gás incolor
$\text{ClF}_3$	gás incolor
$\text{ClF}_5$	gás incolor
$\text{BrF}$	gás marrom pálido
$\text{BrF}_3$	líquido amarelo pálido
$\text{BrF}_5$	líquido incolor
$\text{IF}$	instável
$\text{IF}_3$	sólido amarelo
$\text{IF}_5$	líquido incolor
$\text{IF}_7$	gás incolor
$\text{XCl}_n$	
$\text{BrCl}$	gás marrom avermelhado
$\text{ICl}$	sólido vermelho
$\text{I}_2\text{Cl}_6$	sólido amarelo
$\text{XBr}_n$	
$\text{IBr}$	sólido preto

\**Forma normal* significa a aparência e o estado dos elementos a 25°C e 1 atm.



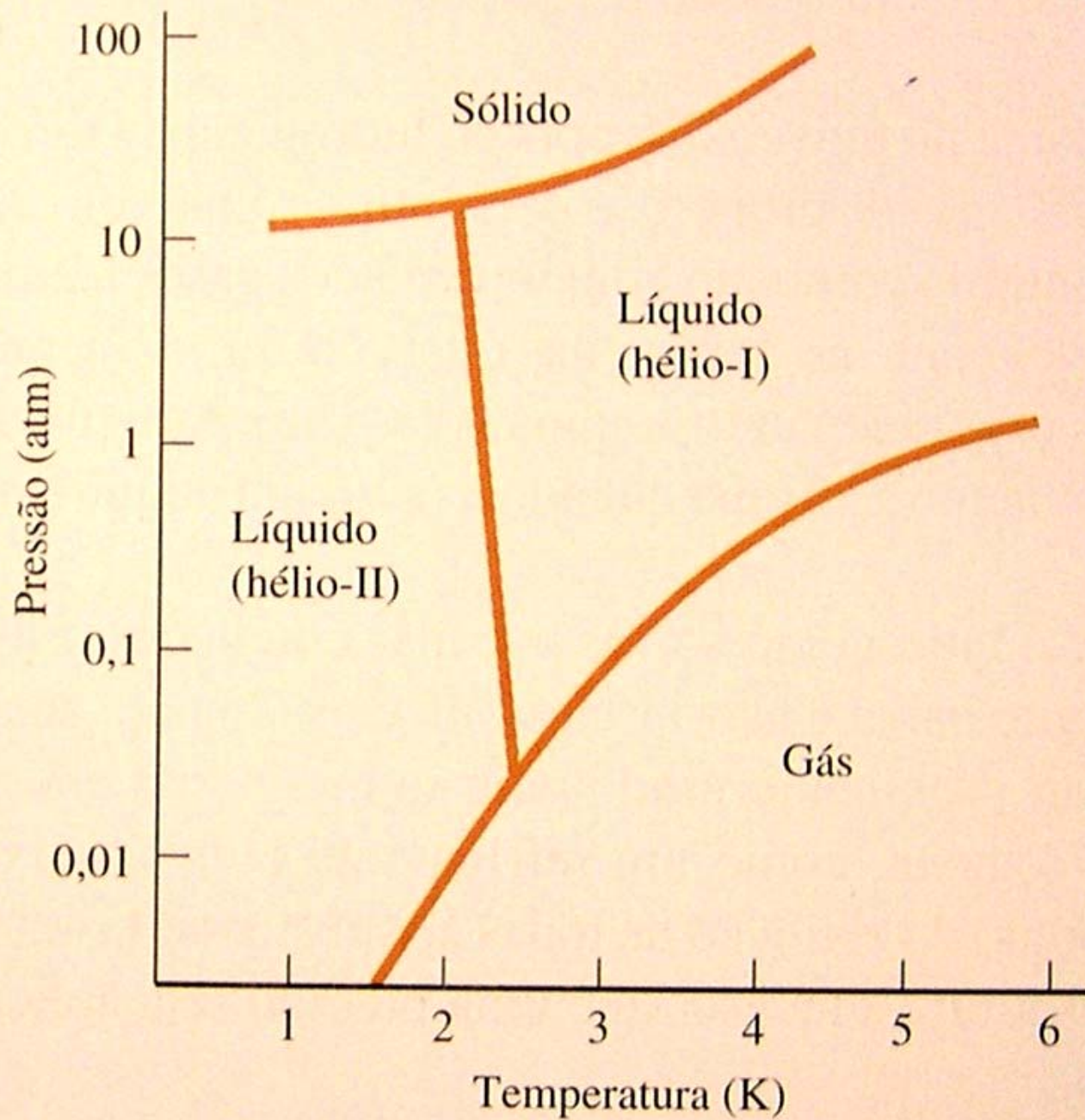
**TABELA 15.9** Os elementos do Grupo 18 (os gases nobres)

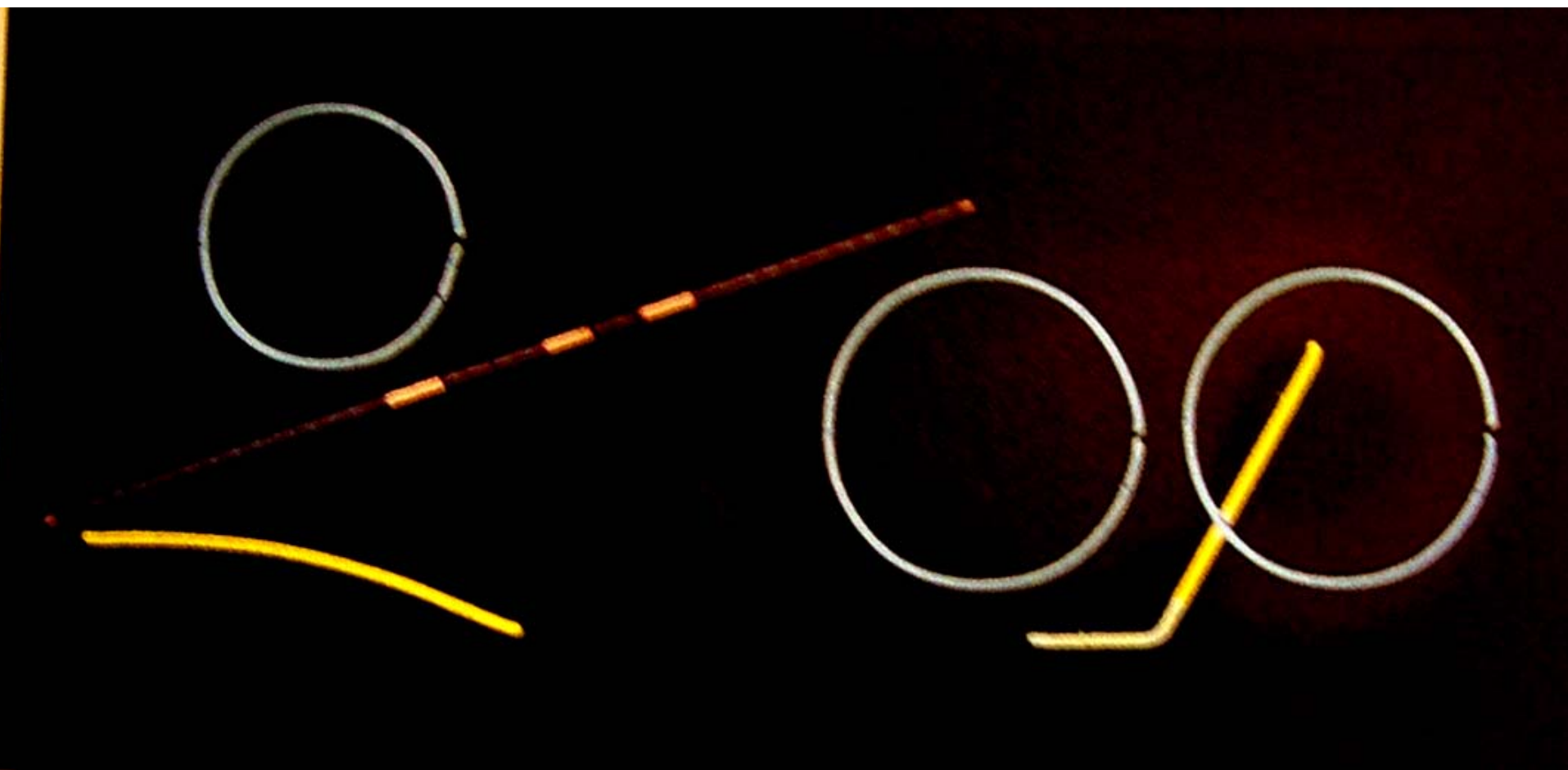
*Configuração de valência:  $ns^2np^6$*

*Forma normal: gás monoatômico incolor?*

<b>Z</b>	<b>Nome</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Massa molar, <math>\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}</math></b>	<b>Ponto de fusão, °C</b>	<b>Ponto de ebulição, °C</b>
2	hélio	He	4,00	–	–269(4,2 K)
10	neônio	Ne	20,18	–249	–246
18	argônio	Ar	39,95	–189	–186
36	criptônio	Kr	83,80	–157	–153
54	xenônio	Xe	131,30	–112	–108
86	radônio*	Rn	222	–71	–62

\*Radioativo.





Ne: vermelho

Ne + Ar: azul esverdeado