

# Informe Exhaustiu sobre les Propietats Físiques i Químiques dels Elements de la Taula Periòdica

## Introducció a la Taula Periòdica i les seves Propietats Fonamentals

### La Taula Periòdica: Un Pilar de la Ciència Moderna

La Taula Periòdica dels Elements Químics constitueix una de les fites més significatives en la història de la ciència, oferint un marc organitzatiu indispensable no només per a la química, sinó també per a la física i la biologia.<sup>1</sup> La seva disposició sistemàtica dels 118 elements coneguts, ordenada per nombre atòmic creixent, no és una mera classificació, sinó un mapa conceptual que revela relacions profundes i tendències predictives en el comportament de la matèria.

El desenvolupament de la taula va ser un procés evolutiu. Els primers intents de sistematització es remunten a Antoine Lavoisier el 1789, qui va publicar una llista de 33 substàncies que considerava elements.<sup>2</sup> No obstant això, va ser el químic rus Dmitri Mendeléiev qui, el 1869, va presentar la primera versió recognoscible de la taula periòdica, organitzant els elements segons la seva massa atòmica i, de manera crucial, deixant espais buits per a elements encara no descoberts, les propietats dels quals va predir amb una precisió notable.<sup>3</sup> Avui dia, la taula és mantinguda i actualitzada per la Unió Internacional de Química Pura i Aplicada (IUPAC), l'organisme global que estableix els criteris per al descobriment de nous elements, aprova els seus noms i símbols, i revisa periòdicament les dades fonamentals com els pesos atòmics.<sup>4</sup>

L'estrucció de la taula es basa en files horizontals anomenades **períodes** i columnes verticals anomenades **grups**.<sup>3</sup> Els elements d'un mateix període tenen el mateix nombre de capes electròniques principals. Els elements d'un mateix grup comparteixen una configuració

electrònica de valència similar, la qual cosa resulta en propietats químiques anàlogues. A més, la taula es divideix en

**blocs** (s, p, d, f) segons l'orbital que ocupen els electrons més externs, determinant categories àmplies de comportament químic.<sup>6</sup> Aquesta organització permet classificar els elements en famílies amb característiques distintives, com els

**metalls alcalins** (Grup 1), altament reactius; els **metalls alcalinoterris** (Grup 2); els **metalls de transició** (Grups 3-12), coneguts per la seva capacitat de formar compostos acolorits i estats d'oxidació variables; els **no-metalls**, que inclouen elements essencials per a la vida; els **halògens** (Grup 17), formadors de sals molt reactius; i els **gasos nobles** (Grup 18), caracteritzats per la seva baixa reactivitat.<sup>7</sup>

Un aspecte fonamental que cal entendre en la interpretació de les dades presentades en aquest informe és la seva naturalesa dinàmica. Els valors de les propietats atòmiques no són constants immutables, sinó que representen el coneixement científic més precís en un moment donat. Organismes com la IUPAC i l'Institut Nacional d'Estàndards i Tecnologia dels Estats Units (NIST) duen a terme una avaluació crítica contínua de les dades experimentals.<sup>4</sup> Per exemple, el pes atòmic estàndard d'alguns elements ja no s'expressa com un valor únic, sinó com un interval, per reflectir la variació natural en la seva composició isotòpica dependent de l'origen de la mostra.<sup>9</sup> Aquesta revisió constant assegura que la taula periòdica segueixi sent una eina viva i precisa, reflex de l'avanç continu en les tècniques de mesura i la comprensió teòrica.

## Definició i Significat de les Propietats Analitzades

Per a una correcta interpretació de les dades que es presentaran, és imprescindible definir amb precisió cadascuna de les propietats estudiades, les seves unitats en el Sistema Internacional (SI) i la seva rellevància científica.

### Radi Atòmic

El radi atòmic és una mesura de la mida d'un àtom, generalment entesa com la distància des del centre del nucli fins a la capa d'electrons més externa.<sup>10</sup> No obstant això, el concepte és complex, ja que un àtom no té una frontera física ben definida. Per això, existeixen diverses definicions no equivalents, cadascuna aplicable en un context diferent.<sup>11</sup> Les més comunes són el

**radi covalent** (la meitat de la distància entre dos nuclis d'àtoms idèntics units per un enllaç covalent), el **radi metàl·lic** (la meitat de la distància entre nuclis adjacents en una xarxa cristal·lina metàl·lica) i el **radi de van der Waals** (la meitat de la distància mínima entre els nuclis de dos àtoms no enllaçats de molècules veïnes).<sup>11</sup> En aquest informe, es presentaran els

radis atòmics empírics, que representen una mitjana ponderada d'aquests valors. La unitat SI és el metre, però per conveniència s'utilitza el picòmetre (pm,

1 pm=10<sup>-12</sup> m).

#### Electronegativitat

L'electronegativitat és una mesura de la tendència relativa d'un àtom, dins d'una molècula, a atraure cap a si mateix els electrons compartits en un enllaç químic.<sup>13</sup> És una propietat fonamental per predir la naturalesa i la polaritat dels enllaços. Una gran diferència d'electronegativitat entre dos àtoms condueix a un enllaç iònic, mentre que una diferència petita resulta en un enllaç covalent polar. Si l'electronegativitat és igual o molt similar, l'enllaç és covalent no polar. La més utilitzada és l'escala de Pauling, que és una escala relativa i, per tant, adimensional.<sup>4</sup>

#### Energia d'ionització

La primera energia d'ionització (IE1) es defineix com l'energia mínima necessària per a extreure l'electró més débilment lligat d'un àtom neutre en estat gasós, per formar un catió amb càrrega +1.<sup>14</sup> Aquesta propietat és una mesura quantitativa de la dificultat per a un àtom de perdre un electró i, per tant, del seu caràcter metàl·lic. Valors baixos d'energia d'ionització són característics dels metalls, que tendeixen a formar cations. La seva unitat SI és el joule per mol (J/mol), tot i que comunament s'expressa en kilojoules per mol (kJ/mol).

#### Estats d'Oxidació

L'estat d'oxidació, o nombre d'oxidació, representa la càrrega hipotètica que un àtom tindria si tots els seus enllaços amb àtoms d'altres elements fossin 100% iònics.<sup>16</sup> És una eina conceptual clau en química per al seguiment dels electrons en les reaccions d'oxidació-reducció (redox) i per a la nomenclatura sistemàtica dels compostos inorgànics.<sup>17</sup> Un mateix element pot presentar múltiples estats d'oxidació dependent del compost en què es trobi.

#### Densitat

La densitat ( $\rho$ ) és una propietat física intrínseca de la matèria que es defineix com la massa per unitat de volum.<sup>13</sup> És una mesura de com de compacta està la matèria en una substància. La densitat depèn de la temperatura, la pressió i, en el cas dels sòlids, de l'estructura cristal·lina o al·lòtrop de l'element. La unitat SI per a la densitat és el quilogram per metre cúbic (kg/m<sup>3</sup>).

#### Punt de Fusió

El punt de fusió és la temperatura a la qual una substància canvia d'estat sòlid a líquid a una pressió atmosfèrica determinada.<sup>13</sup> Aquesta temperatura és un indicador de la força de les forces intermoleculars o dels enllaços en la xarxa cristal·lina del sòlid. Un punt de fusió elevat suggereix enllaços forts. La unitat SI per a la temperatura és el Kelvin (K).

#### Conductivitat Tèrmica

La conductivitat tèrmica ( $\lambda$  o k) és la propietat d'un material de transferir calor.<sup>18</sup> Quantifica la quantitat de calor que passa a través d'una unitat de superfície d'un material d'un gruix unitari quan hi ha una diferència de temperatura d'un grau entre les seves cares. És una propietat crucial en aplicacions que requereixen gestió de la calor. La unitat SI és el watt per

metre-kelvin ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).

#### Conductivitat Elèctrica

La conductivitat elèctrica ( $\sigma$ ) és la mesura de la capacitat d'un material per a condir un corrent elèctric. És la propietat inversa de la resistivitat elèctrica ( $\rho$ ).<sup>20</sup> Els materials amb alta conductivitat, com els metalls, tenen electrons que es poden moure lliurement. Aquesta propietat és fonamental per a totes les aplicacions elèctriques i electròniques. La unitat SI és el siemens per metre (S/m).

## Dades Tabulades de les Propietats dels Elements

A continuació, es presenten les dades recopilades per a cada propietat en taules individuals. Totes les dades estan expressades en unitats del Sistema Internacional (SI), tal com s'ha sol·licitat. Cal tenir en compte que per als elements superpesants (amb nombre atòmic  $Z > 103$ ), molts dels valors no provenen de mesures experimentals directes, sinó de prediccions basades en càlculs teòrics, a causa de la seva extrema inestabilitat i la seva producció en quantitats ínfimes. Quan una dada no està disponible o no ha estat determinada de manera fiable, s'indica amb "No se sap".

## Propietats Atòmiques Fonamentals

**Taula 1: Radi Atòmic (pm)**

El radi atòmic és una propietat fonamental que influeix en moltes altres característiques químiques i físiques. La taula següent mostra els valors del radi atòmic empíric, expressats en picòmetres (pm).<sup>12</sup>

Z	Símbol	Nom	Radi Atòmic Empíric (pm)
1	H	Hidrogen	25
2	He	Heli	120

3	Li	Liti	145
4	Be	Beril·li	105
5	B	Bor	85
6	C	Carboni	70
7	N	Nitrogen	65
8	O	Oxigen	60
9	F	Fluor	50
10	Ne	Neó	160
11	Na	Sodi	180
12	Mg	Magnesi	150
13	Al	Alumini	125
14	Si	Silici	110
15	P	Fòsfor	100
16	S	Sofre	100
17	Cl	Clor	100
18	Ar	Argó	71
19	K	Potassi	220
20	Ca	Calci	180
21	Sc	Escandi	160

22	Ti	Titani	140
23	V	Vanadi	135
24	Cr	Crom	140
25	Mn	Manganès	140
26	Fe	Ferro	140
27	Co	Cobalt	135
28	Ni	Níquel	135
29	Cu	Coure	135
30	Zn	Zinc	135
31	Ga	Gal·li	130
32	Ge	Germani	125
33	As	Arsènic	115
34	Se	Seleni	115
35	Br	Brom	115
36	Kr	Kriptó	No se sap
37	Rb	Rubidi	235
38	Sr	Estronci	200
39	Y	Itri	180
40	Zr	Zirconi	155

41	Nb	Niobi	145
42	Mo	Molibdè	145
43	Tc	Tecneci	135
44	Ru	Ruteni	130
45	Rh	Rodi	135
46	Pd	Pal·ladi	140
47	Ag	Plata	160
48	Cd	Cadmi	155
49	In	Indí	155
50	Sn	Estany	145
51	Sb	Antimoni	145
52	Te	Tel·luri	140
53	I	Iode	140
54	Xe	Xenó	No se sap
55	Cs	Cesi	260
56	Ba	Bari	215
57	La	Lantani	195
58	Ce	Ceri	185
59	Pr	Praseodimi	185

60	Nd	Neodimi	185
61	Pm	Prometi	185
62	Sm	Samari	185
63	Eu	Europi	185
64	Gd	Gadolini	180
65	Tb	Terbi	175
66	Dy	Disprosi	175
67	Ho	Holmi	175
68	Er	Erbi	175
69	Tm	Tuli	175
70	Yb	Iterbi	175
71	Lu	Luteci	175
72	Hf	Hafni	155
73	Ta	Tàntal	145
74	W	Tungstè	135
75	Re	Reni	135
76	Os	Osmi	130
77	Ir	Iridi	135
78	Pt	Platí	135

79	Au	Or	135
80	Hg	Mercuri	150
81	Tl	Tal·li	190
82	Pb	Plom	180
83	Bi	Bismut	160
84	Po	Poloni	190
85	At	Àstat	No se sap
86	Rn	Radó	No se sap
87	Fr	Franci	No se sap
88	Ra	Radi	215
89	Ac	Actini	195
90	Th	Tori	180
91	Pa	Protoactini	180
92	U	Urani	175
93	Np	Neptuni	175
94	Pu	Plutoni	175
95	Am	Americi	175
96	Cm	Curi	176
97	Bk	Berkeli	No se sap

98	Cf	Californi	No se sap
99	Es	Einsteini	No se sap
100	Fm	Fermi	No se sap
101	Md	Mendelevi	No se sap
102	No	Nobelii	No se sap
103	Lr	Lawrenci	No se sap
104	Rf	Rutherfordi	No se sap
105	Db	Dubni	No se sap
106	Sg	Seaborgi	No se sap
107	Bh	Bohri	No se sap
108	Hs	Hassi	No se sap
109	Mt	Meitneri	No se sap
110	Ds	Darmstadtii	No se sap
111	Rg	Roentgeni	No se sap
112	Cn	Copernici	No se sap
113	Nh	Nihoni	No se sap
114	Fl	Flerovi	No se sap
115	Mc	Moscovi	No se sap
116	Lv	Livermori	No se sap

117	Ts	Tennes	No se sap
118	Og	Oganessó	No se sap

**Taula 2: Electronegativitat (Escala de Pauling)**

L'electronegativitat, segons l'escala adimensional de Pauling, és clau per entendre la formació d'enllaços químics. Els gasos nobles, tradicionalment considerats inerts, no tenen valors assignats en moltes escales clàssiques, tot i que s'han sintetitzat compostos d'alguns dels més pesants.<sup>21</sup>

Z	Símbol	Nom	Electronegativitat (Pauling)
1	H	Hidrogen	2.20
2	He	Heli	No se sap
3	Li	Liti	0.98
4	Be	Beril·li	1.57
5	B	Bor	2.04
6	C	Carboni	2.55
7	N	Nitrogen	3.04
8	O	Oxigen	3.44
9	F	Fluor	3.98
10	Ne	Neó	No se sap

11	Na	Sodi	0.93
12	Mg	Magnesi	1.31
13	Al	Alumini	1.61
14	Si	Silici	1.90
15	P	Fòsfor	2.19
16	S	Sofre	2.58
17	Cl	Clor	3.16
18	Ar	Argó	No se sap
19	K	Potassi	0.82
20	Ca	Calci	1.00
21	Sc	Escandi	1.36
22	Ti	Titani	1.54
23	V	Vanadi	1.63
24	Cr	Crom	1.66
25	Mn	Manganès	1.55
26	Fe	Ferro	1.83
27	Co	Cobalt	1.88
28	Ni	Níquel	1.91
29	Cu	Coure	1.90

30	Zn	Zinc	1.65
31	Ga	Gal·li	1.81
32	Ge	Germani	2.01
33	As	Arsènic	2.18
34	Se	Seleni	2.55
35	Br	Brom	2.96
36	Kr	Kriptó	3.00
37	Rb	Rubidi	0.82
38	Sr	Estronci	0.95
39	Y	Itri	1.22
40	Zr	Zirconi	1.33
41	Nb	Niobi	1.6
42	Mo	Molibdè	2.16
43	Tc	Tecneci	1.9
44	Ru	Ruteni	2.2
45	Rh	Rodi	2.28
46	Pd	Pal·ladi	2.20
47	Ag	Plata	1.93
48	Cd	Cadmi	1.69

49	In	Indi	1.78
50	Sn	Estany	1.96
51	Sb	Antimoni	2.05
52	Te	Tel·luri	2.1
53	I	Iode	2.66
54	Xe	Xenó	2.60
55	Cs	Cesi	0.79
56	Ba	Bari	0.89
57	La	Lantani	1.10
58	Ce	Ceri	1.12
59	Pr	Praseodimi	1.13
60	Nd	Neodimi	1.14
61	Pm	Prometi	1.13
62	Sm	Samari	1.17
63	Eu	Europi	1.2
64	Gd	Gadolini	1.2
65	Tb	Terbi	1.2
66	Dy	Disprosi	1.22
67	Ho	Holmi	1.23

68	Er	Erbi	1.24
69	Tm	Tuli	1.25
70	Yb	Iterbi	1.1
71	Lu	Luteci	1.27
72	Hf	Hafni	1.3
73	Ta	Tàntal	1.5
74	W	Tungstè	2.36
75	Re	Reni	1.9
76	Os	Osmi	2.2
77	Ir	Iridi	2.20
78	Pt	Platí	2.28
79	Au	Or	2.54
80	Hg	Mercuri	2.00
81	Tl	Tal·li	1.62
82	Pb	Plom	1.87
83	Bi	Bismut	2.02
84	Po	Poloni	2.0
85	At	Àstat	2.2
86	Rn	Radó	2.2

87	Fr	Franci	0.79
88	Ra	Radi	0.9
89	Ac	Actini	1.1
90	Th	Tori	1.3
91	Pa	Protoactini	1.5
92	U	Urani	1.38
93	Np	Neptuni	1.36
94	Pu	Plutoni	1.28
95	Am	Americi	1.13
96	Cm	Curi	1.28
97	Bk	Berkeli	1.3
98	Cf	Californi	1.3
99	Es	Einsteini	1.3
100	Fm	Fermi	1.3
101	Md	Mendelevi	1.3
102	No	Nobeli	1.3
103	Lr	Lawrenci	1.3
104	Rf	Rutherfordi	No se sap
105	Db	Dubni	No se sap

106	Sg	Seaborgi	No se sap
107	Bh	Bohri	No se sap
108	Hs	Hassi	No se sap
109	Mt	Meitneri	No se sap
110	Ds	Darmstadtí	No se sap
111	Rg	Roentgeni	No se sap
112	Cn	Copernici	No se sap
113	Nh	Nihoni	No se sap
114	Fl	Flerovi	No se sap
115	Mc	Moscovi	No se sap
116	Lv	Livermori	No se sap
117	Ts	Tennes	No se sap
118	Og	Oganessó	No se sap

**Taula 3: Primera Energia d'Ionització (kJ/mol)**

Aquesta taula presenta l'energia necessària per extreure el primer electró d'un àtom neutre, una mesura directa de la seva reactivitat metàl·lica.<sup>22</sup>

Z	Símbol	Nom	Primera Energia d'Ionització (kJ/mol)

1	H	Hidrogen	1312.0
2	He	Heli	2372.3
3	Li	Liti	520.2
4	Be	Beril·li	899.5
5	B	Bor	800.6
6	C	Carboni	1086.5
7	N	Nitrogen	1402.3
8	O	Oxigen	1313.9
9	F	Fluor	1681.0
10	Ne	Neó	2080.7
11	Na	Sodi	495.8
12	Mg	Magnesi	737.7
13	Al	Alumini	577.5
14	Si	Silici	786.5
15	P	Fòsfor	1011.8
16	S	Sofre	999.6
17	Cl	Clor	1251.2
18	Ar	Argó	1520.6
19	K	Potassi	418.8

20	Ca	Calci	589.8
21	Sc	Escandi	633.1
22	Ti	Titani	658.8
23	V	Vanadi	650.9
24	Cr	Crom	652.9
25	Mn	Manganès	717.3
26	Fe	Ferro	762.5
27	Co	Cobalt	760.4
28	Ni	Níquel	737.1
29	Cu	Coure	745.5
30	Zn	Zinc	906.4
31	Ga	Gal·li	578.8
32	Ge	Germani	762
33	As	Arsènic	947.0
34	Se	Seleni	941.0
35	Br	Brom	1139.9
36	Kr	Kriptó	1350.8
37	Rb	Rubidi	403.0
38	Sr	Estronci	549.5

39	Y	Itri	600
40	Zr	Zirconi	640.1
41	Nb	Niobi	652.1
42	Mo	Molibdè	684.3
43	Tc	Tecneci	702
44	Ru	Ruteni	710.2
45	Rh	Rodi	719.7
46	Pd	Pal·ladi	804.4
47	Ag	Plata	731.0
48	Cd	Cadmi	867.8
49	In	Indi	558.3
50	Sn	Estany	708.6
51	Sb	Antimoni	834
52	Te	Tel·luri	869.3
53	I	Iode	1008.4
54	Xe	Xenó	1170.4
55	Cs	Cesi	375.7
56	Ba	Bari	502.9
57	La	Lantani	538.1

58	Ce	Ceri	534.4
59	Pr	Praseodimi	527
60	Nd	Neodimi	533.1
61	Pm	Prometi	540
62	Sm	Samari	544.5
63	Eu	Europi	547.1
64	Gd	Gadolini	593.4
65	Tb	Terbi	565.8
66	Dy	Disprosi	573.0
67	Ho	Holmi	581.0
68	Er	Erbi	589.3
69	Tm	Tuli	596.7
70	Yb	Iterbi	603.4
71	Lu	Luteci	523.5
72	Hf	Hafni	658.5
73	Ta	Tàntal	761
74	W	Tungstè	770
75	Re	Reni	760
76	Os	Osmi	840

77	Ir	Iridi	880
78	Pt	Platí	870
79	Au	Or	890.1
80	Hg	Mercuri	1007.1
81	Tl	Tal·li	589.4
82	Pb	Plom	715.6
83	Bi	Bismut	703
84	Po	Poloni	812.1
85	At	Àstat	899.003
86	Rn	Radó	1037
87	Fr	Franci	380
88	Ra	Radi	509.3
89	Ac	Actini	499
90	Th	Tori	587
91	Pa	Protoactini	568
92	U	Urani	597.6
93	Np	Neptuni	604.5
94	Pu	Plutoni	584.7
95	Am	Americi	578

96	Cm	Curi	581
97	Bk	Berkeli	601
98	Cf	Californi	608
99	Es	Einsteini	619
100	Fm	Fermi	627
101	Md	Mendelevi	635
102	No	Nobelii	642
103	Lr	Lawrenci	470
104	Rf	Rutherfordi	No se sap
105	Db	Dubni	No se sap
106	Sg	Seaborgi	No se sap
107	Bh	Bohri	No se sap
108	Hs	Hassi	No se sap
109	Mt	Meitneri	No se sap
110	Ds	Darmstadtii	No se sap
111	Rg	Roentgeni	No se sap
112	Cn	Copernici	No se sap
113	Nh	Nihoni	No se sap
114	Fl	Flerovi	No se sap

115	Mc	Moscovi	No se sap
116	Lv	Livermori	No se sap
117	Ts	Tennes	No se sap
118	Og	Oganessó	No se sap

## Propietats Químiques i Estats d'Oxidació

**Taula 4: Estats d'Oxidació Comuns i Coneguts**

La versatilitat química dels elements es reflecteix en la varietat dels seus estats d'oxidació. La taula següent enumera els estats d'oxidació coneguts per a cada element, amb els més comuns i estables destacats en negreta.<sup>23</sup>

Z	Símbol	Nom	Estats d'Oxidació
1	H	Hidrogen	<b>+1, -1</b>
2	He	Heli	0
3	Li	Liti	<b>+1, -1</b>
4	Be	Beril·li	<b>+2, +1, 0</b>
5	B	Bor	<b>+3, +2, +1, 0, -1, -5</b>
6	C	Carboni	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, -4</b>
7	N	Nitrogen	<b>+5, +4, +3, +2, +1,</b>

			0, -1, -2, <b>-3</b>
8	O	Oxigen	+2, +1, 0, -1, <b>-2</b>
9	F	Fluor	0, <b>-1</b>
10	Ne	Neó	0
11	Na	Sodi	<b>+1</b> , -1
12	Mg	Magnesi	<b>+2</b> , +1, 0
13	Al	Alumini	<b>+3</b> , +2, +1, 0, -1, -2
14	Si	Silici	<b>+4</b> , +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, <b>-4</b>
15	P	Fòsfor	<b>+5</b> , +4, <b>+3</b> , +2, +1, 0, -1, -2, -3, <b>-3</b>
16	S	Sofre	<b>+6</b> , +5, <b>+4</b> , +3, <b>+2</b> , +1, 0, -1, <b>-2</b>
17	Cl	Clor	<b>+7</b> , +6, <b>+5</b> , +4, <b>+3</b> , +2, <b>+1</b> , <b>-1</b>
18	Ar	Argó	0
19	K	Potassi	<b>+1</b> , -1
20	Ca	Calci	<b>+2</b> , +1
21	Sc	Escandi	<b>+3</b> , +2, +1, 0
22	Ti	Titani	<b>+4</b> , +3, +2, +1, 0, -1, -2

23	V	Vanadi	<b>+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3</b>
24	Cr	Crom	<b>+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -4</b>
25	Mn	Manganès	<b>+7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3</b>
26	Fe	Ferro	<b>+7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
27	Co	Cobalt	<b>+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3</b>
28	Ni	Níquel	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
29	Cu	Coure	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
30	Zn	Zinc	<b>+2, +1, 0, -2</b>
31	Ga	Gal·li	<b>+3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, -4, -5</b>
32	Ge	Germani	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, -4</b>
33	As	Arsènic	<b>+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3</b>
34	Se	Seleni	<b>+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
35	Br	Brom	<b>+7, +5, +4, +3, +2, +1, -1</b>

36	Kr	Kriptó	<b>+2, +1</b>
37	Rb	Rubidi	<b>+1, -1</b>
38	Sr	Estronci	<b>+2, +1</b>
39	Y	Itri	<b>+3, +2, +1, 0</b>
40	Zr	Zirconi	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -2</b>
41	Nb	Niobi	<b>+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3</b>
42	Mo	Molibdè	<b>+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -4</b>
43	Tc	Tecneci	<b>+7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, -1</b>
44	Ru	Ruteni	<b>+8, +7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
45	Rh	Rodi	<b>+7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3</b>
46	Pd	Pal·ladi	<b>+5, +4, +3, +2, +1, 0</b>
47	Ag	Plata	<b>+3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
48	Cd	Cadmi	<b>+2, +1, 0, -2</b>
49	In	Indi	<b>+3, +2, +1, 0, -1, -2, -5</b>
50	Sn	Estany	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, -4</b>
51	Sb	Antimoni	<b>+5, +4, +3, +2, +1,</b>

			<b>0, -1, -2, -3</b>
52	Te	Tel·luri	<b>+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2</b>
53	I	Iode	<b>+7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, -1</b>
54	Xe	Xenó	<b>+8, +6, +4, +2, 0</b>
55	Cs	Cesi	<b>+1, -1</b>
56	Ba	Bari	<b>+2, +1</b>
57	La	Lantani	<b>+3, +2, +1, 0</b>
58	Ce	Ceri	<b>+4, +3, +2</b>
59	Pr	Praseodimi	<b>+5, +4, +3, +2, 0, +1</b>
60	Nd	Neodimi	<b>+4, +3, +2, 0</b>
61	Pm	Prometi	<b>+3, +2</b>
62	Sm	Samari	<b>+3, +2, 0, +1</b>
63	Eu	Europi	<b>+3, +2, 0</b>
64	Gd	Gadolini	<b>+3, +2, +1, 0</b>
65	Tb	Terbi	<b>+4, +3, +2, +1, 0</b>
66	Dy	Disprosi	<b>+4, +3, +2, 0</b>
67	Ho	Holmi	<b>+3, +2, 0</b>
68	Er	Erbi	<b>+3, +2, 0</b>

69	Tm	Tuli	<b>+3, +2, +1, 0</b>
70	Yb	Iterbi	<b>+3, +2, +1, 0</b>
71	Lu	Luteci	<b>+3, +2, 0</b>
72	Hf	Hafni	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -2</b>
73	Ta	Tàntal	<b>+5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3</b>
74	W	Tungstè	<b>+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -4</b>
75	Re	Reni	<b>+7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -3</b>
76	Os	Osmi	<b>+8, +7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -4</b>
77	Ir	Iridi	<b>+9, +8, +7, +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3</b>
78	Pt	Platí	<b>+6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3</b>
79	Au	Or	<b>+5, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3</b>
80	Hg	Mercuri	<b>+2, +1, 0, -2</b>
81	Tl	Tal·li	<b>+3, +2, +1, -1, -2, -5</b>
82	Pb	Plom	<b>+4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -4</b>

83	Bi	Bismut	+5, +4, <b>+3</b> , +2, +1, 0, -1, -2, -3
84	Po	Poloni	+6, +5, <b>+4</b> , <b>+2</b> , -2
85	At	Àstat	+7, +5, +3, <b>+1</b> , <b>-1</b>
86	Rn	Radó	+6, +2
87	Fr	Franci	<b>+1</b>
88	Ra	Radi	<b>+2</b>
89	Ac	Actini	<b>+3</b> , +2
90	Th	Tori	<b>+4</b> , +3, +2, +1, -1
91	Pa	Protoactini	<b>+5</b> , +4, +3, +2
92	U	Urani	<b>+6</b> , +5, +4, +3, +2, +1, -1
93	Np	Neptuni	+7, +6, <b>+5</b> , +4, +3, +2
94	Pu	Plutoni	+8, +7, +6, +5, <b>+4</b> , +3, +2
95	Am	Americi	+7, +6, +5, +4, <b>+3</b> , +2
96	Cm	Curi	+6, +5, +4, <b>+3</b>
97	Bk	Berkeli	+5, +4, <b>+3</b> , +2
98	Cf	Californi	+5, +4, <b>+3</b> , +2

99	Es	Einsteini	+4, +3, +2
100	Fm	Fermi	+3, +2
101	Md	Mendelevi	+3, +2
102	No	Nobeli	+3, +2
103	Lr	Lawrenci	+3
104	Rf	Rutherfordi	+4, +3
105	Db	Dubni	+5, +4, +3
106	Sg	Seaborgi	+6, +5, +4, +3
107	Bh	Bohri	+7, +5, +4, +3
108	Hs	Hassi	+8, +6, +4, +3
109	Mt	Meitneri	+6, +3, +1
110	Ds	Darmstadtii	+6, +4, +2
111	Rg	Roentgeni	+5, +3, -1
112	Cn	Copernici	+4, +2
113	Nh	Nihoni	No se sap
114	Fl	Flerovi	No se sap
115	Mc	Moscovi	No se sap
116	Lv	Livermori	+4, -2
117	Ts	Tennes	+5, -1

118	Og	Oganessó	+6, +4, +2, +1, -1
-----	----	----------	--------------------

## Propietats Físiques i Termodinàmiques

**Taula 5: Densitat (kg/m<sup>3</sup>)**

La densitat dels elements a temperatura i pressió estàndard (298.15 K, 100 kPa) varia enormement, des dels gasos lleugers fins als metalls més densos. Els valors s'expressen en kg/m<sup>3</sup>.<sup>21</sup>

Z	Símbol	Nom	Densitat (kg/m <sup>3</sup> )
1	H	Hidrogen	0.08988
2	He	Heli	0.1785
3	Li	Liti	534
4	Be	Beril·li	1850
5	B	Bor	2340
6	C	Carboni	2267
7	N	Nitrogen	1.2506
8	O	Oxigen	1.429
9	F	Fluor	1.696
10	Ne	Neó	0.9002

11	Na	Sodi	968
12	Mg	Magnesi	1738
13	Al	Alumini	2700
14	Si	Silici	2329
15	P	Fòsfor	1823
16	S	Sofre	2070
17	Cl	Clor	3.2
18	Ar	Argó	1.784
19	K	Potassi	890
20	Ca	Calci	1550
21	Sc	Escandi	2985
22	Ti	Titani	4506
23	V	Vanadi	6110
24	Cr	Crom	7150
25	Mn	Manganès	7210
26	Fe	Ferro	7874
27	Co	Cobalt	8900
28	Ni	Níquel	8908
29	Cu	Coure	8960

30	Zn	Zinc	7140
31	Ga	Gal·li	5910
32	Ge	Germani	5323
33	As	Arsènic	5727
34	Se	Seleni	4810
35	Br	Brom	3102.8
36	Kr	Kriptó	3.749
37	Rb	Rubidi	1532
38	Sr	Estronci	2640
39	Y	Itri	4472
40	Zr	Zirconi	6520
41	Nb	Niobi	8570
42	Mo	Molibdè	10280
43	Tc	Tecneci	11000
44	Ru	Ruteni	12450
45	Rh	Rodi	12410
46	Pd	Pal·ladi	12023
47	Ag	Plata	10490
48	Cd	Cadmi	8650

49	In	Indi	7310
50	Sn	Estany	7265
51	Sb	Antimoni	6697
52	Te	Tel·luri	6240
53	I	Iode	4933
54	Xe	Xenó	5.894
55	Cs	Cesi	1930
56	Ba	Bari	3510
57	La	Lantani	6162
58	Ce	Ceri	6770
59	Pr	Praseodimi	6770
60	Nd	Neodimi	7010
61	Pm	Prometi	7260
62	Sm	Samari	7520
63	Eu	Europi	5244
64	Gd	Gadolini	7900
65	Tb	Terbi	8230
66	Dy	Disprosi	8540
67	Ho	Holmi	8790

68	Er	Erbi	9066
69	Tm	Tuli	9320
70	Yb	Iterbi	6900
71	Lu	Luteci	9841
72	Hf	Hafni	13310
73	Ta	Tàntal	16690
74	W	Tungstè	19250
75	Re	Reni	21020
76	Os	Osmi	22590
77	Ir	Iridi	22560
78	Pt	Platí	21450
79	Au	Or	19300
80	Hg	Mercuri	13534
81	Tl	Tal·li	11850
82	Pb	Plom	11340
83	Bi	Bismut	9780
84	Po	Poloni	9196
85	At	Àstat	8910-8950 (estimat)

86	Rn	Radó	9.73
87	Fr	Franci	2480 (estimat)
88	Ra	Radi	5500
89	Ac	Actini	10000
90	Th	Tori	11700
91	Pa	Protoactini	15370
92	U	Urani	19100
93	Np	Neptuni	20450
94	Pu	Plutoni	19850
95	Am	Americi	12000
96	Cm	Curi	13510
97	Bk	Berkeli	14780
98	Cf	Californi	15100
99	Es	Einsteini	8840
100	Fm	Fermi	9700 (estimat)
101	Md	Mendelevi	10300 (estimat)
102	No	Nobelii	9900 (estimat)
103	Lr	Lawrenci	14400 (estimat)
104	Rf	Rutherfordi	17000 (estimat)

105	Db	Dubni	21600 (estimat)
106	Sg	Seaborgi	23500 (estimat)
107	Bh	Bohri	26500 (estimat)
108	Hs	Hassi	28000 (estimat)
109	Mt	Meitneri	27500 (estimat)
110	Ds	Darmstadtí	26500 (estimat)
111	Rg	Roentgeni	23000 (estimat)
112	Cn	Copernici	14000 (estimat)
113	Nh	Nihoni	16000 (estimat)
114	Fl	Flerovi	11400 (estimat)
115	Mc	Moscovi	13500 (estimat)
116	Lv	Livermori	12900 (estimat)
117	Ts	Tennes	7200 (estimat)
118	Og	Oganessó	7000 (estimat)

**Taula 6: Punt de Fusió (K)**

El punt de fusió, expressat en Kelvin (K), indica la temperatura de transició de sòlid a líquid i reflecteix la força dels enllaços atòmics en l'estat sòlid.<sup>21</sup>

Z	Símbol	Nom	Punt de Fusió (K)

1	H	Hidrogen	14.01
2	He	Heli	No se sap (no solidifica a 1 atm)
3	Li	Liti	453.69
4	Be	Beril·li	1560
5	B	Bor	2349
6	C	Carboni	>4000 (sublima)
7	N	Nitrogen	63.15
8	O	Oxigen	54.36
9	F	Fluor	53.53
10	Ne	Neó	24.56
11	Na	Sodi	370.87
12	Mg	Magnesi	923
13	Al	Alumini	933.47
14	Si	Silici	1687
15	P	Fòsfor	317.30
16	S	Sofre	388.36
17	Cl	Clor	171.6
18	Ar	Argó	83.80

19	K	Potassi	336.53
20	Ca	Calci	1115
21	Sc	Escandi	1814
22	Ti	Titani	1941
23	V	Vanadi	2183
24	Cr	Crom	2180
25	Mn	Manganès	1519
26	Fe	Ferro	1811
27	Co	Cobalt	1768
28	Ni	Níquel	1728
29	Cu	Coure	1357.77
30	Zn	Zinc	692.88
31	Ga	Gal·li	302.9146
32	Ge	Germani	1211.40
33	As	Arsènic	1090 (sublima)
34	Se	Seleni	453
35	Br	Brom	265.8
36	Kr	Kriptó	115.79
37	Rb	Rubidi	312.46

38	Sr	Estronci	1050
39	Y	Itri	1799
40	Zr	Zirconi	2128
41	Nb	Niobi	2750
42	Mo	Molibdè	2896
43	Tc	Tecneci	2430
44	Ru	Ruteni	2607
45	Rh	Rodi	2237
46	Pd	Pal·ladi	1828.05
47	Ag	Plata	1234.93
48	Cd	Cadmi	594.22
49	In	Indi	429.75
50	Sn	Estany	505.08
51	Sb	Antimoni	903.78
52	Te	Tel·luri	722.66
53	I	Iode	386.85
54	Xe	Xenó	161.4
55	Cs	Cesi	301.59
56	Ba	Bari	1000

57	La	Lantani	1193
58	Ce	Ceri	1068
59	Pr	Praseodimi	1208
60	Nd	Neodimi	1297
61	Pm	Prometi	1315
62	Sm	Samari	1345
63	Eu	Europi	1099
64	Gd	Gadolini	1585
65	Tb	Terbi	1629
66	Dy	Disprosi	1680
67	Ho	Holmi	1734
68	Er	Erbi	1802
69	Tm	Tuli	1818
70	Yb	Iterbi	1097
71	Lu	Luteci	1925
72	Hf	Hafni	2506
73	Ta	Tàntal	3290
74	W	Tungstè	3695
75	Re	Reni	3459

76	Os	Osmi	3306
77	Ir	Iridi	2719
78	Pt	Platí	2041.4
79	Au	Or	1337.33
80	Hg	Mercuri	234.43
81	Tl	Tal·li	577
82	Pb	Plom	600.61
83	Bi	Bismut	544.7
84	Po	Poloni	527
85	At	Àstat	575
86	Rn	Radó	202
87	Fr	Franci	281
88	Ra	Radi	973
89	Ac	Actini	1323
90	Th	Tori	2115
91	Pa	Protoactini	1841
92	U	Urani	1405.3
93	Np	Neptuni	917
94	Pu	Plutoni	912.5

95	Am	Americi	1449
96	Cm	Curi	1613
97	Bk	Berkeli	1259
98	Cf	Californi	1173
99	Es	Einsteini	1133
100	Fm	Fermi	1125 (estimat)
101	Md	Mendelevi	1100 (estimat)
102	No	Nobelii	1100 (estimat)
103	Lr	Lawrenci	1900 (estimat)
104	Rf	Rutherfordi	2400 (estimat)
105	Db	Dubni	No se sap
106	Sg	Seaborgi	No se sap
107	Bh	Bohri	No se sap
108	Hs	Hassi	No se sap
109	Mt	Meitneri	No se sap
110	Ds	Darmstadtii	No se sap
111	Rg	Roentgeni	No se sap
112	Cn	Copernici	283 (estimat)
113	Nh	Nihoni	700 (estimat)

114	Fl	Flerovi	284 (estimat)
115	Mc	Moscovi	700 (estimat)
116	Lv	Livermori	700 (estimat)
117	Ts	Tennes	700 (estimat)
118	Og	Oganessó	325 (estimat)

## Propietats de Transport

**Taula 7: Conductivitat Tèrmica ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )**

La capacitat de conduir calor és una propietat clau en enginyeria i ciència de materials. Els valors es presenten en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a 300 K.<sup>24</sup>

Z	Símbol	Nom	Conductivitat Tèrmica ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
1	H	Hidrogen	0.1805
2	He	Heli	0.1513
3	Li	Liti	85
4	Be	Beril·li	190
5	B	Bor	27
6	C	Carboni	140

7	N	Nitrogen	0.02583
8	O	Oxigen	0.02658
9	F	Fluor	0.0277
10	Ne	Neó	0.0491
11	Na	Sodi	140
12	Mg	Magnesi	160
13	Al	Alumini	235
14	Si	Silici	150
15	P	Fòsfor	0.236
16	S	Sofre	0.205
17	Cl	Clor	0.0089
18	Ar	Argó	0.01772
19	K	Potassi	100
20	Ca	Calci	200
21	Sc	Escandi	16
22	Ti	Titani	22
23	V	Vanadi	31
24	Cr	Crom	94
25	Mn	Manganès	7.7

26	Fe	Ferro	79
27	Co	Cobalt	100
28	Ni	Níquel	91
29	Cu	Coure	400
30	Zn	Zinc	120
31	Ga	Gal·li	29
32	Ge	Germani	60
33	As	Arsènic	50
34	Se	Seleni	0.52
35	Br	Brom	0.12
36	Kr	Kriptó	0.00943
37	Rb	Rubidi	58
38	Sr	Estronci	35
39	Y	Itri	17
40	Zr	Zirconi	23
41	Nb	Niobi	54
42	Mo	Molibdè	139
43	Tc	Tecneci	51
44	Ru	Ruteni	120

45	Rh	Rodi	150
46	Pd	Pal·ladi	71
47	Ag	Plata	430
48	Cd	Cadmi	96
49	In	Indi	82
50	Sn	Estany	67
51	Sb	Antimoni	24
52	Te	Tel·luri	3
53	I	Iode	0.449
54	Xe	Xenó	0.00565
55	Cs	Cesi	36
56	Ba	Bari	18
57	La	Lantani	13
58	Ce	Ceri	11
59	Pr	Praseodimi	13
60	Nd	Neodimi	17
61	Pm	Prometi	15
62	Sm	Samari	13
63	Eu	Europi	14

64	Gd	Gadolini	11
65	Tb	Terbi	11
66	Dy	Disprosi	11
67	Ho	Holmi	16
68	Er	Erbi	15
69	Tm	Tuli	17
70	Yb	Iterbi	39
71	Lu	Luteci	16
72	Hf	Hafni	23
73	Ta	Tàntal	57
74	W	Tungstè	170
75	Re	Reni	48
76	Os	Osmi	87
77	Ir	Iridi	150
78	Pt	Platí	71
79	Au	Or	320
80	Hg	Mercuri	8.3
81	Tl	Tal·li	46
82	Pb	Plom	35

83	Bi	Bismut	8
84	Po	Poloni	No se sap
85	At	Àstat	2
86	Rn	Radó	0.00361
87	Fr	Franci	No se sap
88	Ra	Radi	19
89	Ac	Actini	12
90	Th	Tori	54
91	Pa	Protoactini	47
92	U	Urani	27
93	Np	Neptuni	6
94	Pu	Plutoni	6
95	Am	Americi	10
96	Cm	Curi	No se sap
97	Bk	Berkeli	10
98	Cf	Californi	No se sap
99	Es	Einsteini	No se sap
100	Fm	Fermi	No se sap
101	Md	Mendelevi	No se sap

102	No	Nobelí	No se sap
103	Lr	Lawrenci	No se sap
104	Rf	Rutherfordi	No se sap
105	Db	Dubni	No se sap
106	Sg	Seaborgi	No se sap
107	Bh	Bohri	No se sap
108	Hs	Hassi	No se sap
109	Mt	Meitneri	No se sap
110	Ds	Darmstadtí	No se sap
111	Rg	Roentgeni	No se sap
112	Cn	Copernici	No se sap
113	Nh	Nihoni	No se sap
114	Fl	Flerovi	No se sap
115	Mc	Moscovi	No se sap
116	Lv	Livermori	No se sap
117	Ts	Tennes	No se sap
118	Og	Oganessó	No se sap

**Taula 8: Conductivitat Elèctrica (S/m)**

La conductivitat elèctrica, expressada en Siemens per metre (S/m) a 293 K, diferencia clarament els metalls (valors alts), els metal·loides (valors intermedis) i els no-metalls (valors molt baixos).<sup>25</sup>

Z	Símbol	Nom	Conductivitat Elèctrica (S/m)
1	H	Hidrogen	No se sap
2	He	Heli	No se sap
3	Li	Liti	$1.1 \times 10^7$
4	Be	Beril·li	$2.5 \times 10^7$
5	B	Bor	$1 \times 10^{-4}$
6	C	Carboni	$1 \times 10^5$ (grafit)
7	N	Nitrogen	No se sap
8	O	Oxigen	No se sap
9	F	Fluor	No se sap
10	Ne	Neó	No se sap
11	Na	Sodi	$2.1 \times 10^7$
12	Mg	Magnesi	$2.3 \times 10^7$
13	Al	Alumini	$3.8 \times 10^7$
14	Si	Silici	$1 \times 10^3$
15	P	Fòsfor	$1 \times 10^7$ (negre)

16	S	Sofre	$1 \times 10^{-15}$
17	Cl	Clor	$1 \times 10^{-2}$
18	Ar	Argó	No se sap
19	K	Potassi	$1.4 \times 10^7$
20	Ca	Calci	$2.9 \times 10^7$
21	Sc	Escandi	$1.8 \times 10^6$
22	Ti	Titani	$2.5 \times 10^6$
23	V	Vanadi	$5 \times 10^6$
24	Cr	Crom	$7.9 \times 10^6$
25	Mn	Manganès	$6.2 \times 10^5$
26	Fe	Ferro	$1 \times 10^7$
27	Co	Cobalt	$1.7 \times 10^7$
28	Ni	Níquel	$1.4 \times 10^7$
29	Cu	Coure	$5.9 \times 10^7$
30	Zn	Zinc	$1.7 \times 10^7$
31	Ga	Gal·li	$7.1 \times 10^6$
32	Ge	Germani	$2 \times 10^3$
33	As	Arsènic	$3.3 \times 10^6$
34	Se	Seleni	No se sap

35	Br	Brom	$1 \times 10^{-10}$
36	Kr	Kriptó	No se sap
37	Rb	Rubidi	$8.3 \times 10^6$
38	Sr	Estronci	$7.7 \times 10^6$
39	Y	Itri	$1.8 \times 10^6$
40	Zr	Zirconi	$2.4 \times 10^6$
41	Nb	Niobi	$6.7 \times 10^6$
42	Mo	Molibdè	$2 \times 10^7$
43	Tc	Tecneci	$5 \times 10^6$
44	Ru	Ruteni	$1.4 \times 10^7$
45	Rh	Rodi	$2.3 \times 10^7$
46	Pd	Pal·ladi	$1 \times 10^7$
47	Ag	Plata	$6.2 \times 10^7$
48	Cd	Cadmi	$1.4 \times 10^7$
49	In	Indi	$1.2 \times 10^7$
50	Sn	Estany	$9.1 \times 10^6$
51	Sb	Antimoni	$2.5 \times 10^6$
52	Te	Tel·luri	$1 \times 10^4$
53	I	Iode	$1 \times 10^{-7}$

54	Xe	Xenó	No se sap
55	Cs	Cesi	$5 \times 10^6$
56	Ba	Bari	$2.9 \times 10^6$
57	La	Lantani	$1.6 \times 10^6$
58	Ce	Ceri	$1.4 \times 10^6$
59	Pr	Praseodimi	$1.4 \times 10^6$
60	Nd	Neodimi	$1.6 \times 10^6$
61	Pm	Prometi	$1.3 \times 10^6$
62	Sm	Samari	$1.1 \times 10^6$
63	Eu	Europi	$1.1 \times 10^6$
64	Gd	Gadolini	$7.7 \times 10^5$
65	Tb	Terbi	$8.3 \times 10^5$
66	Dy	Disprosi	$1.1 \times 10^6$
67	Ho	Holmi	$1.1 \times 10^6$
68	Er	Erbi	$1.2 \times 10^6$
69	Tm	Tuli	$1.4 \times 10^6$
70	Yb	Iterbi	$3.6 \times 10^6$
71	Lu	Luteci	$1.8 \times 10^6$
72	Hf	Hafni	$3.3 \times 10^6$

73	Ta	Tàntal	$7.7 \times 10^6$
74	W	Tungstè	$2 \times 10^7$
75	Re	Reni	$5.6 \times 10^6$
76	Os	Osmi	$1.2 \times 10^7$
77	Ir	Iridi	$2.1 \times 10^7$
78	Pt	Platí	$9.4 \times 10^6$
79	Au	Or	$4.5 \times 10^7$
80	Hg	Mercuri	$1 \times 10^6$
81	Tl	Tal·li	$6.7 \times 10^6$
82	Pb	Plom	$4.8 \times 10^6$
83	Bi	Bismut	$7.7 \times 10^5$
84	Po	Poloni	$2.3 \times 10^6$
85	At	Àstat	No se sap
86	Rn	Radó	No se sap
87	Fr	Franci	No se sap
88	Ra	Radi	$1 \times 10^6$
89	Ac	Actini	No se sap
90	Th	Tori	$6.7 \times 10^6$
91	Pa	Protoactini	$5.6 \times 10^6$

92	U	Urani	$3.6 \times 10^6$
93	Np	Neptuni	$8.3 \times 10^5$
94	Pu	Plutoni	$6.7 \times 10^5$
95	Am	Americi	No se sap
96	Cm	Curi	No se sap
97	Bk	Berkeli	No se sap
98	Cf	Californi	No se sap
99	Es	Einsteini	No se sap
100	Fm	Fermi	No se sap
101	Md	Mendelevi	No se sap
102	No	Nobelii	No se sap
103	Lr	Lawrenci	No se sap
104	Rf	Rutherfordi	No se sap
105	Db	Dubni	No se sap
106	Sg	Seaborgi	No se sap
107	Bh	Bohri	No se sap
108	Hs	Hassi	No se sap
109	Mt	Meitneri	No se sap
110	Ds	Darmstadtii	No se sap

111	Rg	Roentgeni	No se sap
112	Cn	Copernici	No se sap
113	Nh	Nihoni	No se sap
114	Fl	Flerovi	No se sap
115	Mc	Moscovi	No se sap
116	Lv	Livermori	No se sap
117	Ts	Tennes	No se sap
118	Og	Oganessó	No se sap

## Anàlisi de Tendències Periòdiques i Observacions Clau

L'organització de les dades en taules permet no només la consulta de valors individuals, sinó també l'anàlisi de patrons i tendències que revelen els principis fonamentals que governen el comportament atòmic.

### Correlacions entre Estructura Atòmica i Propietats

Les tendències observades en les propietats periòdiques són una conseqüència directa de l'estructura electrònica dels àtoms. Dos conceptes clau, la càrrega nuclear efectiva i l'apantallament electrònic, expliquen la majoria d'aquests patrons.

El **radi atòmic** mostra una tendència clara: disminueix d'esquerra a dreta al llarg d'un període i augmenta de dalt a baix en un grup.<sup>10</sup> Al llarg d'un període, s'afegeixen protons al nucli i electrons a la mateixa capa de valència. L'augment de la càrrega nuclear positiva atreu els electrons amb més força, contraient el núvol electrònic i reduint el radi. En baixar per un grup, s'afegeix una nova capa electrònica principal, la qual cosa situa els electrons de valència més

lluny del nucli i augmenta significativament el radi atòmic, malgrat l'augment de la càrrega nuclear.

L'**energia d'ionització** i l'**electronegativitat** estan íntimament lligades al radi atòmic. L'energia d'ionització generalment augmenta al llarg d'un període i disminueix en baixar per un grup.<sup>14</sup> En un àtom més petit, els electrons de valència estan més a prop del nucli i experimenten una atracció electroestàtica més forta, la qual cosa fa que es necessiti més energia per a extreure'ls. De manera similar, l'electronegativitat segueix la mateixa tendència: els àtoms més petits amb una alta càrrega nuclear efectiva (a dalt a la dreta de la taula, com el fluor) tenen una major capacitat per atraure electrons en un enllaç.

## **Excepcions i Anomalies Significatives: Una Mirada Més Profunda**

Les tendències periòdiques descrites no són perfectament monòtones; presenten irregularitats que, lluny de ser defectes del model, són manifestacions de principis quàntics més subtils. Aquestes anomalies reforcen el poder predictiu de la teoria de l'estruatura atòmica.

Un exemple notable es troba en la primera energia d'ionització. La tendència general prediu un augment constant al llarg d'un període. No obstant això, les dades mostren que l'energia d'ionització del Beril·li ( $Z=4$ , 899.5 kJ/mol) és superior a la del Bor ( $Z=5$ , 800.6 kJ/mol), i la del Nitrogen ( $Z=7$ , 1402.3 kJ/mol) és superior a la de l'Oxigen ( $Z=8$ , 1313.9 kJ/mol).<sup>22</sup> Aquesta aparent contradicció s'explica per l'estabilitat particular de certes configuracions electròniques. El Beril·li té una configuració

$[He]2s2$ , amb la subcapa 2s completament plena, la qual cosa li confereix una estabilitat addicional. L'electró que s'extreu del Bor, amb configuració  $[He]2s22p1$ , prové d'un orbital 2p, que té una energia lleugerament superior i està menys apantallat, fent-lo més fàcil d'extreure.<sup>14</sup>

El cas del Nitrogen i l'Oxigen és similar. El Nitrogen, amb configuració  $[He]2s22p3$ , té la subcapa 2p exactament semicomplerta, una altra configuració d'especial estabilitat energètica. L'Oxigen, amb  $[He]2s22p4$ , té un parell d'electrons en un dels orbitals 2p. La repulsió electroestàtica entre aquests dos electrons en el mateix orbital fa que sigui energèticament més favorable extreure'n un per assolir la configuració semicomplerta més estable del Nitrogen.<sup>14</sup> Aquestes excepcions demostren que l'energia d'un sistema atòmic no depèn només de la càrrega nuclear i la distància, sinó també de l'organització dels electrons en orbitals i de les interaccions entre ells, confirmant la validesa dels principis de la mecànica quàntica.

## El Món dels Metalls, No-Metalls i Metal·loides a través de la Conductivitat

Les dades de conductivitat elèctrica i tèrmica ofereixen una distinció quantitativa i dramàtica entre les grans classes d'elements. Els metalls, com la plata ( $6.2 \times 10^7$  S/m) i el coure ( $5.9 \times 10^7$  S/m), presenten valors de conductivitat elèctrica extremadament alts.<sup>20</sup> A l'altre extrem, els no-metalls, com el sofre (

$1 \times 10 - 15$  S/m), són excel·lents aïllants elèctrics.<sup>28</sup> Entre aquests dos extrems es troben els metal·loides o semiconductors, com el silici (

$1 \times 10^3$  S/m) i el germani ( $2 \times 10^3$  S/m), les propietats dels quals són la base de la indústria electrònica moderna.<sup>25</sup> Aquest rang de valors abasta més de 22 ordres de magnitud, il·lustrant una de les diferències més marcades en les propietats físiques dels elements.

L'anàlisi de la conductivitat també revela la importància de l'**al·lotropia**: l'existència d'un element en diferents formes estructurals en el mateix estat físic. El carboni és l'exemple paradigmàtic. Mentre que el diamant, amb una estructura tetraèdrica on tots els electrons de valència estan fixats en enllaços covalents forts, és un excel·lent aïllant elèctric (conductivitat propera a  $1 \times 10 - 13$  S/m), el grafit té una estructura laminar amb electrons  $\pi$  deslocalitzats que es poden moure lliurement entre les capes, conferint-li una conductivitat elèctrica relativament alta ( $1 \times 10^5$  S/m), comparable a la d'alguns metalls.<sup>20</sup> Això demostra que, si bé la taula periòdica descriu les propietats inherents dels àtoms individuals, les propietats macroscòpiques d'una substància elemental poden dependre de manera crítica de l'arranjament tridimensional dels seus àtoms.

## La Frontera de la Taula Periòdica: Elements Transurànics

En examinar les taules, és evident la manca de dades experimentals per als elements més pesants, especialment els transurànics i superpesants. Aquests elements no existeixen de manera natural a la Terra i es produeixen artificialment en acceleradors de partícules, àtom a àtom. Les seves vides mitjanes són extremadament curtes, sovint de l'ordre de segons o mil·lisegons, la qual cosa fa impossible acumular una quantitat suficient de material per mesurar propietats macroscòpiques com la densitat, el punt de fusió o la conductivitat.<sup>21</sup>

Per tant, moltes de les propietats llistades per a elements com el Rutherfordi (Z=104) en

endavant són valors teòrics. Aquests es calculen mitjançant complexos models computacionals que tenen en compte els efectes relativistes, els quals esdevenen dominants en àtoms amb nuclis tan massius i càrregues tan elevades. Aquests càlculs prediuen com es comportarien aquests elements si poguessin existir de forma estable, oferint una visió fascinant de la química en els límits de l'existència. Aquesta frontera de la taula periòdica representa un camp de recerca actiu on la química teòrica i l'experimentació nuclear convergeixen per expandir el nostre coneixement sobre els blocs fonamentals de l'univers.

## Conclusions

Aquest informe ha presentat una recopilació exhaustiva i detallada de les propietats fisicoquímiques fonamentals dels 118 elements coneguts de la taula periòdica, complint amb la sol·licitud de dades precises i organitzades en format tabular i en unitats del Sistema Internacional. La presentació de dades per al radi atòmic, l'electronegativitat, la primera energia d'ionització, els estats d'oxidació, la densitat, el punt de fusió i les conductivitats tèrmica i elèctrica proporciona una base de referència sòlida per a l'estudi i l'aplicació en diversos camps científics i tècnics.

L'anàlisi de les dades revela que la taula periòdica és molt més que un simple catàleg; és una eina predictiva de gran abast, on les propietats dels elements segueixen tendències clares i comprensibles basades en la seva estructura electrònica. La correlació entre el radi atòmic i propietats com l'energia d'ionització i l'electronegativitat demostra la lògica subjacent de la llei periòdica. A més, l'estudi de les anomalies i excepcions a aquestes tendències no debilita el model, sinó que el reforça, oferint una evidència tangible de conceptes quàntics més profunds, com l'estabilitat de les subcapes electròniques plenes i semiplenes.

Finalment, l'informe destaca la naturalesa dinàmica del coneixement científic en aquest camp. Les dades presentades són el resultat d'una evaluació crítica contínua per part de la comunitat científica internacional, i la investigació a la frontera de la taula periòdica, amb els elements superpesants, continua desafiant els límits del coneixement experimental i impulsant l'avanc de la teoria atòmica. La taula periòdica, per tant, roman com un testimoni perdurable de l'ordre i la bellesa de l'univers a escala atòmica i un camp de descobriment en constant evolució.

## Obras citadas

1. Interactive Periodic Table of Elements - Idaho National Laboratory, fecha de acceso: septiembre 14, 2025, <https://inl.gov/periodic-table/>
2. Finding the periodic table - The Royal Society of Chemistry, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,

<https://www.rsc.org/news/2019/january/finding-the-periodic-table>

3. Periodic Table of Elements - American Chemical Society, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://www.acs.org/education/whatischemistry/periodictable.html>
4. Periodic Table of Elements - PubChem, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/periodic-table/>
5. Periodic Table of Elements - IUPAC | International Union of Pure and Applied Chemistry, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>
6. Periodic Table – Royal Society of Chemistry, fecha de acceso: septiembre 14, 2025, <https://periodic-table.rsc.org/>
7. Interactive Periodic Table of Elements - Fisher Scientific, fecha de acceso: septiembre 14, 2025, <https://www.fishersci.com/us/en/periodic-table.html>
8. Periodic Table of the Elements | NIST, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://www.nist.gov/pml/periodic-table-elements>
9. IUPAC Periodic Table of the Elements and Isotopes, fecha de acceso: septiembre 14, 2025, [https://ciaaw.org/pubs/Periodic\\_Table\\_Isotopes\\_2019\\_Jun.pdf](https://ciaaw.org/pubs/Periodic_Table_Isotopes_2019_Jun.pdf)
10. Atomic radius - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_radius](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_radius)
11. Elements, Atomic Radii and the Periodic Table - CrystalMaker Software, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://crystalmaker.com/support/tutorials/atomic-radii/>
12. Atomic radii of the elements (data page) - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_radii\\_of\\_the\\_elements\\_\(data\\_page\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_radii_of_the_elements_(data_page))
13. The periodic table of the elements by WebElements, fecha de acceso: septiembre 14, 2025, <https://www.webelements.com/>
14. 3.3: Trends in Ionization Energy - Chemistry LibreTexts, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://chem.libretexts.org/Courses/Oregon\\_Institute\\_of\\_Technology/OIT%3A\\_CHE\\_202\\_-\\_General\\_Chemistry\\_II/Unit\\_3%3A\\_Periodic\\_Patterns/3.3%3A\\_Trends\\_in\\_Ionization\\_Energy](https://chem.libretexts.org/Courses/Oregon_Institute_of_Technology/OIT%3A_CHE_202_-_General_Chemistry_II/Unit_3%3A_Periodic_Patterns/3.3%3A_Trends_in_Ionization_Energy)
15. Ionization Energy and Electron Affinity, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://chemed.chem.psu.edu/genchem/topicreview/bp/ch7/ie\\_ea.php](https://chemed.chem.psu.edu/genchem/topicreview/bp/ch7/ie_ea.php)
16. Oxidation state - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Oxidation\\_state](https://en.wikipedia.org/wiki/Oxidation_state)
17. Oxidation States (Oxidation Numbers) - Chemistry LibreTexts, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical\\_Chemistry/Supplemental\\_Modules\\_\(Analytical\\_Chemistry\)/Electrochemistry/Redox\\_Chemistry/Oxidation\\_States\\_\(Oxidation\\_Numbers\)](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Analytical_Chemistry/Supplemental_Modules_(Analytical_Chemistry)/Electrochemistry/Redox_Chemistry/Oxidation_States_(Oxidation_Numbers))
18. List of thermal conductivities - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_thermal\\_conductivities](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_thermal_conductivities)
19. Thermal conductivity » Periodic table gallery - WebElements, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,

[https://www.webelements.com/periodicity/thermal\\_conduct/](https://www.webelements.com/periodicity/thermal_conduct/)

20. Table of Electrical Resistivity and Conductivity - ThoughtCo, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://www.thoughtco.com/table-of-electrical-resistivity-conductivity-608499>
21. List of chemical elements - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_chemical\\_elements](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_chemical_elements)
22. Ionization energies of the elements (data page) - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ionization\\_energies\\_of\\_the\\_elements\\_\(data\\_page\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Ionization_energies_of_the_elements_(data_page))
23. Oxidation state - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_oxidation\\_states\\_of\\_the\\_elements](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_oxidation_states_of_the_elements)
24. Thermal Conductivity for all the elements in the Periodic Table, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://periodictable.com/Properties/A/ThermalConductivity.an.html>
25. Electrical Conductivity for all the elements in the Periodic Table, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://periodictable.com/Properties/A/ElectricalConductivity.an.html>
26. en.wikipedia.org, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_radii\\_of\\_the\\_elements\\_\(data\\_page\)#:%text=Atomic%20radii%20vary%20in%20a,down%20each%20group%20\(column\).](https://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_radii_of_the_elements_(data_page)#:%text=Atomic%20radii%20vary%20in%20a,down%20each%20group%20(column).)
27. Periodic Trends: Ionization Energy - Patterns and Factors | CK-12 Foundation, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
<https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-chemistry-flexbook-2.0/section/6.17/primary/lesson/periodic-trends-ionization-energy-chem/>
28. Periodic Table of Elements - Sorted by Electrical Conductivity, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://psec.uchicago.edu/Documents/electrical\\_conductivity.pdf](https://psec.uchicago.edu/Documents/electrical_conductivity.pdf)
29. Molar ionization energies of the elements - Wikipedia, fecha de acceso: septiembre 14, 2025,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Molar\\_ionization\\_energies\\_of\\_the\\_elements](https://en.wikipedia.org/wiki/Molar_ionization_energies_of_the_elements)