

LEGO™-Modell des Periodensystems, Radii.

Das Periodensystem wird normalerweise als Tabelle oder Poster dargestellt und ist somit nur zweidimensional. Es ist jedoch durchaus möglich, die Eigenschaften der Elemente auch in der dritten Dimension zu veranschaulichen. In diesem Text wird beschrieben, wie mit LEGO™-Steinen ein dreidimensionales Periodensystem aufgebaut werden kann, indem die Höhe jedes Elements den Atomradius des Elements veranschaulicht.

Man muss sich bewusst sein, dass der Atomradius von der verwendeten Definition abhängt und entsprechend variiert. In diesem Fall haben wir uns für die Berechnungen von E. Clementi, D.L. Raimondi und W.P. Reinhardt (1967) entschieden. „Atomic Screening Constants from SCF Functions. II. Atoms with 37 to 86 Electrons“. J. Chem. Phys. 47: 1300. doi:10.1063/1.1712084. Das bedeutet, dass die Zahlen von den Daten abweichen können, die in Chemiebüchern oder anderen Tabellen zu finden sind.

Allgemeine Bauanleitung

Heute kennen wir 120 verschiedene Elemente, aber wir haben nur Berechnungen der Radien von 86 davon.

Zu den Abmessungen von LEGO-Steinen

Die Einheit „Noppen“ wird häufig verwendet, um die Größe eines Steins zu messen. Beispielsweise heißt Teil:3001 „BRICK 2X4“, wobei „2X4“ darauf hinweist, dass er zwei Noppen breit und vier Noppen lang ist. Steine ohne Noppen, wie z. B. flache Platten, werden ebenfalls in Noppen gemessen. Wir werden diese Einheit in der gesamten Anleitung verwenden.

LEGO™-Steine gibt es in verschiedenen Formen, aber in diesem Fall verwenden wir nur Blöcke (2X4), Platten (2x4) und Fliesen „ „ (2x2). Ein Block wird verwendet, um ganze Einheiten zu bezeichnen (1 Block = 1 Einheit, 2 Blöcke = 2 Einheiten ...), eine Platte hat die gleiche Höhe wie 1/3 Block, oder ein Block entspricht drei Platten. Damit entspricht eine Platte 1/3 Einheit. Auf diese Weise können wir die Höhe in Schritten von 0,33 Einheiten variieren.

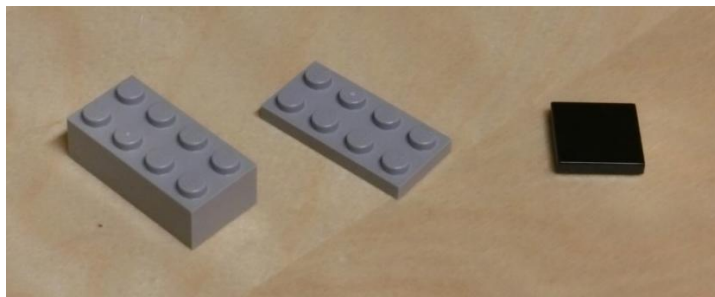


Abbildung 1 LEGO™ Block, Platte und Fliese

Beim Bauen mit LEGO-Steinen™ ist Stabilität wichtig, insbesondere wenn das Design hoch ist, also mehr als 10 Blöcke umfasst. In diesem Fall ist es nicht ratsam, 2x2- oder 4x4-Blöcke zu verwenden, sondern

man sollte 2x4-Blöcke verwenden, aus denen ein 4x4-Block gebildet wird. Durch die Drehung der Blöcke um 90° zwischen verschiedenen Schichten wird das Design stabiler. Außerdem kann so ein Element des LEGO-Modells leicht entfernt werden, um es mit anderen Elementen zu vergleichen.

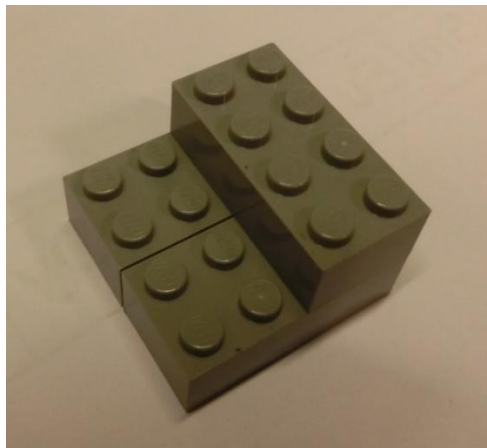


Abbildung 2 eine 90-Grad-Drehung zwischen den Schichten.

Namensschilder

Um die Benutzerfreundlichkeit des Modells zu erhöhen, sollte man eine Möglichkeit haben, die einzelnen Elemente zu identifizieren. In meinem Modell habe ich mich dafür entschieden, Etiketten auf eine „Kachel“ mit glatter Oberfläche zu kleben. Die Größe einer Kachel ist etwas größer als die Kästchen im Periodensystem der IUPAC (https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/12/IUPAC_Periodic_Table-01Dec18.pdf), das heruntergeladen und ausgedruckt werden kann. Es ist zu beachten, dass die Lanthaniden und Actiniden in der Tabelle schattiert sind, daher sollte man einen möglichst hellen Druck wählen, um die Schattierung zu minimieren.

Jedes Elementetikett wird ausgeschnitten und auf die Kacheln geklebt. Es kann sinnvoll sein, zwei Sätze auszudrucken, da die Etiketten leicht verloren gehen können.

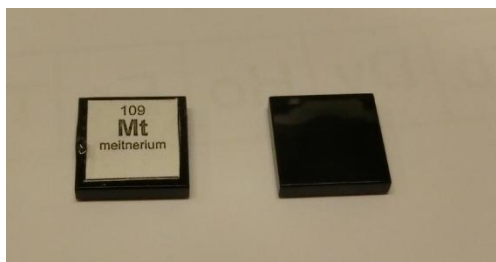



Abbildung 3 Kachel mit und ohne Namensschild.

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen (1.008, 1.008)																	13 B boron (10.81, 10.81)	14 C carbon (12.01, 12.01)	15 N nitrogen (14.01, 14.01)	16 O oxygen (16.00, 16.00)	17 F fluorine 18.99	18 Ne neon 20.18													
2 He helium (4.003, 4.003)	3 Li lithium (6.94, 6.94)	4 Be beryllium 9.01	Key: <div>atomic number Symbol name atomic weight standard atomic weight</div>										19 K potassium 39.09	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.88	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 51.99	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80					
11 Na sodium 22.99	12 Mg magnesium 24.31											37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium 98.91	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.37	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60	53 I iodine 126.91	54 Xe xenon 131.29						
19 K potassium 39.09	20 Ca calcium 40.08	21 Sc scandium 44.96	22 Ti titanium 47.88	23 V vanadium 50.94	24 Cr chromium 51.99	25 Mn manganese 54.94	26 Fe iron 55.85	27 Co cobalt 58.93	28 Ni nickel 58.69	29 Cu copper 63.55	30 Zn zinc 65.38	31 Ga gallium 69.72	32 Ge germanium 72.63	33 As arsenic 74.92	34 Se selenium 78.96	35 Br bromine 79.90	36 Kr krypton 83.80	37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium 98.91	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.37	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60	53 I iodine 126.91	54 Xe xenon 131.29
37 Rb rubidium 85.47	38 Sr strontium 87.62	39 Y yttrium 88.91	40 Zr zirconium 91.22	41 Nb niobium 92.91	42 Mo molybdenum 95.94	43 Tc technetium 98.91	44 Ru ruthenium 101.07	45 Rh rhodium 102.91	46 Pd palladium 106.37	47 Ag silver 107.87	48 Cd cadmium 112.41	49 In indium 114.82	50 Sn tin 118.71	51 Sb antimony 121.76	52 Te tellurium 127.60	53 I iodine 126.91	54 Xe xenon 131.29	55 Cs cesium 132.91	56 Ba barium 137.33	57-71 lanthanide	72 Hf hafnium 178.49	73 Ta tantalum 180.95	74 W tungsten 183.84	75 Re rhenium 186.21	76 Os osmium 190.23	77 Ir iridium 192.22	78 Pt platinum 195.08	79 Au gold 196.97	80 Hg mercury 200.59	81 Tl thallium 204.38	82 Pb lead 207.2	83 Bi bismuth 208.98	84 Po polonium 209	85 At astatine 210	86 Rn radon 222
87 Fr francium	88 Ra radium	89-103 actinide	104 Rf rutherfordium	105 Db dubnium	106 Sg seaborgium	107 Bh bohrium	108 Hs hassium	109 Mt meitnerium	110 Ds darmstadtium	111 Rg roentgenium	112 Cn copernicium	113 Nh nihonium	114 Fl flerovium	115 Mc moscovium	116 Lv livermorium	117 Ts tennessine	118 Og oganeson																		



INTERNATIONAL UNION OF
PURE AND APPLIED CHEMISTRY

57 La lanthanum 138.91	58 Ce cerium 140.12	59 Pr praseodymium 140.91	60 Nd neodymium 144.24	61 Pm promethium	62 Sm samarium 150.36	63 Eu europium 151.96	64 Gd gadolinium 157.25	65 Tb terbium 158.93	66 Dy dysprosium 162.50	67 Ho holmium 164.93	68 Er erbium 167.26	69 Tm thulium 168.93	70 Yb ytterbium 173.05	71 Lu lutetium 174.97
89 Ac actinium	90 Th thorium 232.04	91 Pa protactinium 231.04	92 U uranium 238.03	93 Np neptunium	94 Pu plutonium	95 Am americium	96 Cm curium	97 Bk berkelium	98 Cf californium	99 Es einsteinium	100 Fm fermium	101 Md mendelevium	102 No nobelium	103 Lr lawrencium

For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



For notes and updates to this table, see www.iupac.org. This version is dated 1 December 2018.
Copyright © 2018 IUPAC, the International Union of Pure and Applied Chemistry.



Abbildung4 Periodensystem der IUPAC

Grundplatte

Das gebaute System wird ziemlich groß sein, gemessen in LEGO-™ -Einheiten mindestens 72 Noppen, was bedeutet, dass Sie 2 graue Grundplatten (48 x 48, siehe Liste in Tabelle 1. LEGO™ verkauft 32 x 32 Grundplatten) verwenden müssen. Die Größe bietet viel Platz um das Modell herum auf den Platten. Man sollte planen, wo das Modell platziert werden soll, damit es so symmetrisch wie möglich ist. **In diesem Modell befindet sich der Startpunkt 12 Noppen innen und 4 Noppen unterhalb der oberen linken Ecke. Um den weiteren Aufbau zu erleichtern, kann man mit einem Bleistift skizzieren, wo die verschiedenen Elemente platziert werden sollen.**

Elemente

In Modellen werden verschiedene Farben verwendet, um die Unterscheidung zwischen verschiedenen Elementen zu erleichtern und Elemente mit ähnlichen Eigenschaften darzustellen. Wir haben uns dafür entschieden, die Elemente auf diese Weise zu unterteilen und verschiedene Farben auszuwählen (siehe Tabelle 2). Dies ist nicht notwendig, aber ästhetisch ansprechender.

Da wir uns für einen Block von 30 Pikometern entschieden haben, beträgt die maximale Höhe etwa 10 Schichten LEGO-™ -Steine. Das bedeutet, dass das Modell insgesamt etwa 950 Steine enthalten wird. Da wir uns für verschiedene Farben entschieden haben, bedeutet dies in der Regel, dass Sie nicht über die

erforderlichen LEGO™ -Steine verfügen. Sie müssen diese Teile kaufen, was über LEGOs Pick-A-Brick auf deren Website möglich ist. Die empfohlenen Teile mit ID-Nummer und Farben sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1 Übersicht über die LEGO-Teile, die für den Bau des Modells benötigt werden.

LEGO™ Element-ID				Farbe
Stein	#	Platte	#	
4165967	28	4537936	18	Leuchtendes Gelbgrün
4625629	28	4655256	8	Mittleres Azurblau
300121	74	302021	10	Rot
4153827	56	4158355	14	Orange
4211201	42	4211186	12	Rotbraun
300124	26	302024	12	Gelb
4211385	70	4211395	20	Hellgrau
4211085	318	4211065	62	Dunkelgrau
4260493	206	4586057	40	Erdgrün
4106356	0	302028	0	Dunkelgrün
Grundplatte				
10701	2			Grau
Kachel zum Markieren				
306826	86			Schwarz

Bitte beachten Sie, dass jeder Block etwa 0,22 € und Fliesen etwa 0,15 € kosten. Die Gesamtkosten belaufen sich also auf etwa € 110.

Tabelle 2 zeigt, wie viele Schichten (bestehend aus zwei Teilen) für jedes Element benötigt werden. Die H- und Alkalimetalle sollten den Ausgangspunkt bilden und dann mit den anderen Elementen erweitert werden. **Wenn Sie alle Teile haben, dauert es etwa 4 Stunden, bis eine Person das Modell gebaut hat.**

Die Anordnung der Elemente kann grundsätzlich nach dem Periodensystem erfolgen, aber ich empfehle, mit Wasserstoff 8 bis 12 Noppen vom linken Rand und 4 Noppen vom oberen Rand entfernt zu beginnen.

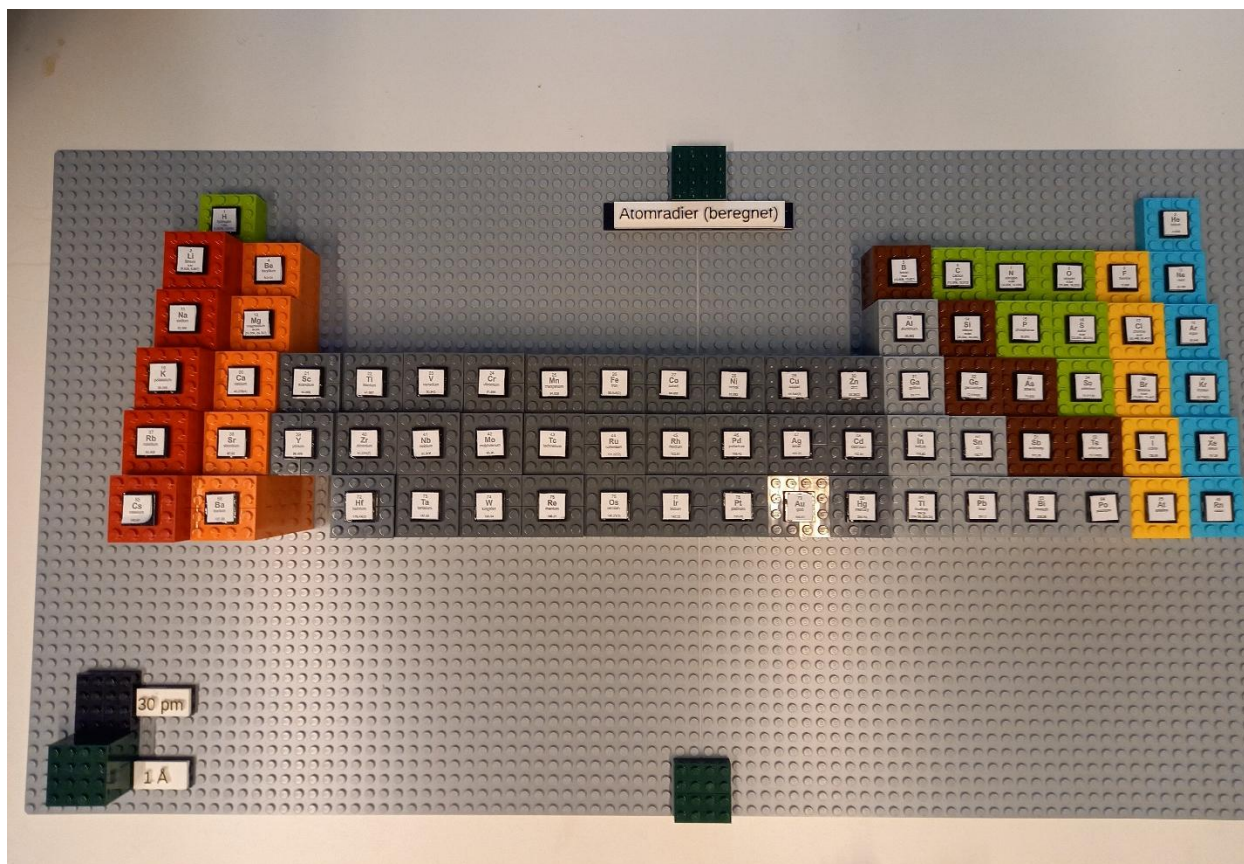


Abbildung 5 Komplettes System.

Das von uns entworfene System ist für den Einsatz in der Schule vorgesehen, daher haben wir in der unteren linken Ecke eine Skala angebracht (1 Stein = 30 pm, 3 Steine + 1 Platte = 1 Å). Alle Elemente sind abnehmbar und können neben anderen Elementen oder der „Skala“ platziert werden.

Tabelle 2 Farbcodierung der Elemente

		Farbe
1	Nichtmetalle	Hellgelbgrün
2	Edelgase	Mittleres Azurblau
3	Alkalimetalle	Rot
4	Erdalkalimetalle	Orange
5	Metalloide	Rotbraun
6	Halogene	Gelb
7	Post-Übergangsmetalle	Hellgrau
8	Übergangsmetalle	Dunkelgrau
9	Lanthaniden	Erdgrün
10	Actiniden	Dunkelgrün

Hinweise zum Bauen

Die obige Beschreibung gilt für eine einzelne Person, die das Modell mit der Absicht baut, ein fertiges Modell im Unterricht zu zeigen und zu verwenden, wie es im ursprünglichen Entwurf vorgesehen ist.

Es ist jedoch auch möglich, den Bau des Modells als didaktischen Ansatz zu nutzen. In diesem Fall muss die Aufgabe entsprechend vorbereitet werden. Es ist möglich, den Lernenden jeweils eine Reihe zufälliger „Elemente“ zum Bauen zu geben und diese dann an ihren Platz zu setzen. Damit dies richtig funktioniert, sollte der Umriss des Periodensystems mit einem geeigneten Stift auf der Grundplatte markiert werden, sodass sowohl die Eigenschaften als auch die Position zu sehen sind. Alternativ kann den Lernenden eine bestimmte Gruppe zugewiesen werden, beispielsweise Alkalimetalle oder Halogene, die auf einer vorab markierten Grundplatte platziert werden können.

Haftungsausschluss

Ich bin kein Mitarbeiter von LEGO™ und habe auch keine andere Verbindung zu diesem Unternehmen. Das Projekt wurde auch nicht von LEGO™ finanziert. LEGO™ ist eine eingetragene Marke und wird hier zur Veranschaulichung des Konzepts verwendet.

Dank

An Linnea, die das Modell gebaut hat.

Tabelle 3 Anzahl der Schichten der Elemente nach Ordnungszahl.

Z	Symbol	Radius (pm)	Farbe	Stein	Platte
1	H	53	1	1	2
2	Er	31	2	1	0
3	Li	167	3	5	2
4	Sei	112	4	3	2
5	B	87	5	3	
6	C	67	1	2	1
7	N	56	1	1	2
8	O	48	1	1	2
9	F	42	6	1	1
10	Ne	38	2	1	1
11	Na	190	3	6	1
12	Mg	145	4	4	2
13	Al	118	7	4	
14	Si	111	5	3	2
15	P	98	1	3	1
16	S	88	1	3	
17	Cl	79	6	2	2
18	Ar	71	2	2	1
19	K	243	3	8	
20	Ca	194	4	6	1
21	Sc	184	8	6	
22	Ti	176	8	5	2
23	V	171	8	5	2
24	Cr	166	8	5	2
25	Mn	161	8	5	1
26	Fe	156	8	5	1
27	Co	152	8	5	
28	Ni	149	8	5	
29	Cu	145	8	4	2
30	Zn	142	8	4	2
31	Ga	136	7	4	2
32	Ge	125	5	4	1
33	Als	114	5	3	2
34	Se	103	1	3	1
35	Br	94	6	3	
36	Kr	88	2	3	
37	Rb	265	3	8	2
38	Sr	219	4	7	1

39	Y	212	8	7	
40	Zr	206	8	6	2
41	Nb	198	8	6	2
42	Mo	190	8	6	1
43	Tc	183	8	6	
44	Ru	178	8	6	
45	Rh	173	8	5	2
46	Pd	169	8	5	2
47	Ag	165	8	5	1
48	Cd	161	8	5	1
49	In	156	7	5	1
50	Sn	145	7	4	2
51	Sb	133	5	4	1
52	Te	123	5	4	
53	I	115	6	3	2
54	Xe	108	2	3	2
55	Cs	298	3	10	
56	Ba	253	4	8	1
57	La	195	9	6	2
58	Ce	158	9	5	1
59	Pr	247	9	8	1
60	Nd	206	9	7	
61	Pm	205	9	6	2
62	Sm	238	9	8	
63	Eu	231	9	7	2
64	Gd	233	9	7	2
65	Tb	225	9	7	1
66	Dy	228	9	7	2
67	Ho	226	9	7	2
68	Er	226	9	7	2
69	Tm	222	9	7	1
70	Yb	222	9	7	1
71	Lu	217	9	7	1
72	Hf	208	8	7	
73	Ta	200	8	6	2
74	W	193	8	6	1
75	Re	188	8	6	1
76	Os	185	8	6	
77	Ir	180	8	6	
78	Pt	177	8	6	
79	Au	174	8	5	2
80	Hg	171	8	5	2
81	Tl	156	7	5	1

82	Pb	154	7	5	
83	Bi	143	7	4	2
84	Po	135	7	4	2
85	Bei	127	6	4	1
86	Rn	120	2	4	

Tabelle 4 Anzahl der Schichten der Elemente nach Gruppe.

Gruppe	Z	Symbol	Radius (pm)	Farbe	Stein	Platte
1	1	H	53	1	1	2
	3	Li	167	3	5	2
	11	Na	190	3	6	1
	19	K	243	3	8	
	37	Rb	265	3	8	2
	55	Cs	298	3	10	
2	4	Sei	112	4	3	2
	12	Mg	145	4	4	2
	20	Ca	194	4	6	1
	38	Sr	219	4	7	1
	56	Ba	253	4	8	1
3	21	Sc	184	8	6	
	39	Y	212	8	7	
4	22	Ti	176	8	5	2
	40	Zr	206	8	6	2
	72	Hf	208	8	7	
5	23	V	171	8	5	2
	41	Nb	198	8	6	2
	73	Ta	200	8	6	2
6	24	Cr	166	8	5	2
	42	Mo	190	8	6	1
	74	W	193	8	6	1
7	25	Mn	161	8	5	1
	43	Tc	183	8	6	
	75	Re	188	8	6	1
8	26	Fe	156	8	5	1
	44	Ru	178	8	6	
	76	Os	185	8	6	
9	27	Co	152	8	5	
	45	Rh	173	8	5	2
	77	Ir	180	8	6	
10	28	Ni	149	8	5	
	46	Pd	169	8	5	2

	78	Pt	177	8	6	
11	29	Cu	145	8	4	2
	47	Ag	165	8	5	1
	79	Au	174	8	5	2
12	30	Zn	142	8	4	2
	48	Cd	161	8	5	1
	80	Hg	171	8	5	2
13	5	B	87	5	3	
	13	Al	118	7	4	
	31	Ga	136	7	4	2
	49	In	156	7	5	1
	81	Tl	156	7	5	1
14	6	C	67	1	2	1
	14	Si	111	5	3	2
	32	Ge	125	5	4	1
	50	Sn	145	7	4	2
	82	Pb	154	7	5	
15	7	N	56	1	1	2
	15	P	98	1	3	1
	33	Als	114	5	3	2
	51	Sb	133	5	4	1
	83	Bi	143	7	4	2
16	8	O	48	1	1	2
	16	S	88	1	3	
	34	Se	103	1	3	1
	52	Te	123	5	4	
	84	Po	135	7	4	2
17	9	F	42	6	1	1
	17	Cl	79	6	2	2
	35	Br	94	6	3	
	53	I	115	6	3	2
	85	Bei	127	6	4	1
18	10	Ne	38	2	1	1
	18	Ar	71	2	2	1
	36	Kr	88	2	3	
	54	Xe	108	2	3	2
	86	Rn	120	2	4	
Lanthaniden	57	La	195	9	6	2
	58	Ce	158	9	5	1
	59	Pr	247	9	8	1
	60	Nd	206	9	7	
	61	Pm	205	9	6	2

	62	Sm	238	9	8	
	63	Eu	231	9	7	2
	64	Gd	233	9	7	2
	65	Tb	225	9	7	1
	66	Dy	228	9	7	2
	67	Ho	226	9	7	2
	68	Er	226	9	7	2
	69	Tm	222	9	7	1
	70	Yb	222	9	7	1
	71	Lu	217	9	7	1