

*Table 1.11* Effective crystal radii (CR) and ionic radii (IR) of Shannon (1976). CN = coordination number; SP = spin; sp = square planar; py = pyramidal; HS = high spin; LS = low spin; data in Å.

Ion	CN	SP	CR	IR	Ion	CN	SP	CR	IR
Ac <sup>3+</sup>	VI		1.26	1.12	Bi <sup>5+</sup>	VI		0.90	0.76
Ag <sup>1+</sup>	II		0.81	0.67	Bk <sup>3+</sup>	VI		1.10	0.96
	IV		1.14	1.00	Bk <sup>4+</sup>	VI		0.97	0.83
	IVsp		1.16	1.02		VIII		1.07	0.93
	V		1.23	1.09	Br <sup>1-</sup>	VI		1.82	1.96
	VI		1.29	1.15	Br <sup>3+</sup>	IVsp		0.73	0.59
	VII		1.36	1.22	Br <sup>5+</sup>	IIIpy		0.45	0.31
	VIII		1.42	1.28	Br <sup>7+</sup>	IV		0.39	0.25
	IVsp		0.93	0.79		VI		0.53	0.39
Ag <sup>2+</sup>	VI		1.08	0.94	C <sup>4+</sup>	III		0.06	-0.08
	IVsp		0.81	0.67		IV		0.29	0.15
Ag <sup>3+</sup>	VI		0.89	0.75		VI		0.30	0.16
	IV		0.53	0.39	Ca <sup>2+</sup>	VI		1.14	1.00
	V		0.62	0.48		VII		1.20	1.06
Al <sup>3+</sup>	VI		0.675	0.535		VIII		1.26	1.12
	VII		1.35	1.21		IX		1.32	1.18
	VIII		1.40	1.26		X		1.37	1.23
	IX		1.45	1.31		XII		1.48	1.34
Am <sup>2+</sup>	VI		1.115	0.975	Cd <sup>2+</sup>	IV		0.92	0.78
	VIII		1.23	1.09		V		1.01	0.87
	VI		0.99	0.85		VI		1.09	0.95
Am <sup>3+</sup>	VIII		1.09	0.95		VII		1.17	1.03
	VI		0.72	0.58		VIII		1.24	1.10
	IV		0.475	0.335		XII		1.45	1.31
As <sup>3+</sup>	VI		0.60	0.46	Ce <sup>3+</sup>	VI		1.15	1.01
	VI		0.76	0.62		VII		1.21	1.07
As <sup>5+</sup>	VI		1.51	1.37		VIII		1.283	1.143
At <sup>7+</sup>	IVsp		0.82	0.68		IX		1.336	1.196
	VI		0.99	0.85		X		1.39	1.25
Au <sup>1+</sup>	VI		0.71	0.57		XII		1.48	1.34
	III		0.15	0.01	Ce <sup>4+</sup>	VI		1.01	0.87
	IV		0.25	0.11		VIII		1.11	0.97
Au <sup>3+</sup>	VI		0.41	0.27		X		1.21	1.07
	VI		1.49	1.35		XII		1.28	1.14
Ba <sup>2+</sup>	VII		1.52	1.38	Cf <sup>3+</sup>	VI		1.09	0.95
	VIII		1.56	1.42	Cf <sup>4+</sup>	VI		0.961	0.821
	IX		1.61	1.47		VIII		1.06	0.92
	X		1.66	1.52	Cl <sup>1-</sup>	VI		1.67	1.81
	XI		1.71	1.57	Cl <sup>5+</sup>	IIIpy		0.26	0.12
	XII		1.75	1.61	Cl <sup>7+</sup>	IV		0.22	0.08
	III		0.30	0.16		VI		0.41	0.27
Be <sup>2+</sup>	IV		0.41	0.27	Cm <sup>3+</sup>	VI		1.11	0.97
	VI		0.59	0.45	Cm <sup>4+</sup>	VI		0.99	0.85
	V		1.10	0.96		VIII		1.09	0.95
Bi <sup>3+</sup>	VI		1.17	1.03	Co <sup>2+</sup>	IV	HS	0.72	0.58
	VIII		1.31	1.17		V		0.81	0.67

*continued*

Table 1.11 (continued)

Ion	CN	SP	CR	IR	Ion	CN	SP	CR	IR
Co <sup>3+</sup>	VI	LS	0.79	0.65	Eu <sup>3+</sup>	VI		1.087	0.947
	VI	HS	0.885	0.745		VII		1.15	1.01
	VIII		1.04	0.90		VIII		1.206	1.066
	VI	LS	0.685	0.545	IX		1.260	1.120	
Co <sup>4+</sup>		HS	0.75	0.61	F <sup>1-</sup>	II		1.145	1.285
	IV		0.54	0.40		III		1.16	1.30
Cr <sup>2+</sup>	VI	LS	0.87	0.73	IV		1.17	1.31	
	VI	HS	0.94	0.80	VI		1.19	1.33	
Cr <sup>3+</sup>	VI		0.755	0.615	F <sup>7+</sup>	VI		0.22	0.08
Cr <sup>4+</sup>	IV		0.55	0.41	Fe <sup>2+</sup>	IV	HS	0.77	0.63
	V		0.72	0.58		IVsp	HS	0.78	0.64
Cr <sup>5+</sup>	VI	LS	0.69	0.55	VI		0.75	0.61	
		HS	0.785	0.645		HS	0.920	0.780	
	VIII	0.92	0.78		VIII	HS	1.06	0.92	
	VI	LS	0.69	0.55	Fe <sup>3+</sup>	IV	HS	0.63	0.49
	IV		0.485	0.345		V		0.72	0.58
	VI		0.63	0.49	VI	LS	0.69	0.55	
	VIII		0.71	0.57		HS	0.785	0.645	
	IV		0.40	0.26	VIII	HS	0.92	0.78	
	VI		0.58	0.44	Fe <sup>4+</sup>	VI		0.725	0.585
	Cs <sup>1+</sup>	VI		1.81	1.67	Fe <sup>6+</sup>	IV		0.39
VIII			1.88	1.74	Fr <sup>1+</sup>	VI		1.94	1.80
Cu <sup>1+</sup>	IX		1.92	1.78	Ga <sup>3+</sup>	IV		0.61	0.47
	X		1.95	1.81		V		0.69	0.55
	XI		1.99	1.85	VI		0.760	0.620	
	XII		2.02	1.88	VII		1.14	1.00	
	II		0.60	0.46	Gd <sup>3+</sup>	VI		1.078	0.938
	IV		0.74	0.60		VIII		1.193	1.053
Cu <sup>2+</sup>	VI		0.91	0.77	IX		1.247	1.107	
	IVsp		0.71	0.57	Ge <sup>2+</sup>	VI		0.87	0.73
	V		0.79	0.65	Ge <sup>4+</sup>	IV		0.530	0.390
Cu <sup>3+</sup>	VI		0.87	0.73	VI		0.670	0.530	
	VI	LS	0.68	0.54	H <sup>1+</sup>	I		-0.24	-0.38
D <sup>1+</sup>	II		0.04	0.10	II		-0.04	-0.08	
Dy <sup>2+</sup>	VI		1.21	1.07	Hf <sup>4+</sup>	IV		0.72	0.58
	VII		1.27	1.13		VI		0.85	0.71
	VIII		1.33	1.19	VII		0.90	0.76	
	VI		1.052	0.912	VIII		0.97	0.83	
Dy <sup>3+</sup>	VII		1.11	0.97	Hg <sup>1+</sup>	III		1.11	0.97
	VIII		1.167	1.027		VI		1.33	1.19
	IX		1.223	1.083	Hg <sup>2+</sup>	II		0.83	0.69
	VI		1.030	0.890	IV		1.10	0.96	
	VII		1.085	0.945	VI		1.16	1.02	
Er <sup>3+</sup>	VIII		1.144	1.004	VIII		1.28	1.14	
	VI		1.31	1.17	Ho <sup>3+</sup>	VI		1.041	0.901
	VII		1.34	1.20		VIII		1.155	1.015
Eu <sup>2+</sup>	VIII		1.39	1.25	IX		1.212	1.072	
	IX		1.44	1.30	X		1.26	1.12	
	X		1.49	1.35	I <sup>1-</sup>	VI		2.06	2.20

Table 1.11 (continued)

Ion	CN	SP	CR	IR	Ion	CN	SP	CR	IR	
I <sup>5+</sup>	IIIpy		0.58	0.44	Mo <sup>5+</sup>	IV		0.60	0.46	
	VI		1.09	0.95		VI		0.75	0.61	
I <sup>7+</sup>	IV		0.56	0.42	Mo <sup>6+</sup>	IV		0.55	0.41	
	VI		0.67	0.53		V		0.64	0.50	
In <sup>3+</sup>	IV		0.76	0.62		VI		0.73	0.59	
	VI		0.940	0.800		VII		0.87	0.73	
	VIII		1.06	0.92	N <sup>3-</sup>	IV		1.32	1.46	
Ir <sup>3+</sup>	VI		0.82	0.68	N <sup>3+</sup>	VI		0.30	0.16	
Ir <sup>4+</sup>	VI		0.765	0.625	N <sup>5+</sup>	III		0.044	0.104	
Ir <sup>5+</sup>	VI		0.71	0.57		IV		0.27	0.13	
K <sup>1+</sup>	IV		1.51	1.37	Na <sup>1+</sup>	IV		1.13	0.99	
	VII		1.60	1.46		V		1.14	1.00	
	VIII		1.65	1.51		VI	1.16	1.02		
	IX		1.69	1.55		VII	1.26	1.12		
	X		1.73	1.59		VIII	1.32	1.18		
	XII		1.78	1.64		IX	1.38	1.24		
	VI		1.172	1.032		XII	1.53	1.39		
	VII		1.24	1.10		Nb <sup>2+</sup>	VI		0.86	0.72
	VIII		1.300	1.160		Nb <sup>4+</sup>	VI		0.82	0.68
	IX		1.356	1.216			VIII		0.93	0.79
La <sup>3+</sup>	X		1.41	1.27	Nb <sup>5+</sup>	IV		0.62	0.48	
	XII		1.50	1.36		VI		0.78	0.64	
	IV		0.730	0.590		VII		0.83	0.69	
	VI		0.90	0.76		VIII		0.88	0.74	
	VIII		1.06	0.91		Nd <sup>2+</sup>	VIII		1.43	1.29
	IX		1.172	1.032		IX		1.49	1.35	
Lu <sup>3+</sup>	VI		1.001	0.861	Nd <sup>3+</sup>	VI		1.123	0.983	
	VIII		1.117	0.977		VIII		1.249	1.109	
	IX		1.172	1.032		IX		1.303	1.163	
Mg <sup>2+</sup>	IV		0.71	0.57		XII		1.41	1.27	
	V		0.80	0.66	Ni <sup>2+</sup>	IV		0.69	0.55	
	VI		0.860	0.720		IVsp		0.63	0.49	
	VIII		1.03	0.89		V		0.77	0.63	
IV	HS	0.80	0.66	VI			0.830	0.690		
Mn <sup>2+</sup>	V	HS	0.89	0.75	Ni <sup>3+</sup>	VI	LS	0.70	0.56	
	VI	LS	0.81	0.67			HS	0.74	0.60	
		HS	0.970	0.830		Np <sup>2+</sup>	VI		1.24	1.10
	VII	HS	1.04	0.90		Np <sup>3+</sup>	VI		1.15	1.01
	VIII		1.10	0.96		Np <sup>4+</sup>	VI		1.01	0.87
	V		0.72	0.58			VIII		1.12	0.98
Mn <sup>3+</sup>	VI	LS	0.72	0.58	Np <sup>5+</sup>	VI		0.89	0.75	
		HS	0.785	0.645		Np <sup>6+</sup>	VI		0.86	0.72
	IV		0.53	0.39		Np <sup>7+</sup>	VI		0.85	0.71
Mn <sup>4+</sup>	VI		0.670	0.530	O <sup>2-</sup>	II		1.21	1.35	
Mn <sup>5+</sup>	IV		0.47	0.33		III		1.22	1.36	
Mn <sup>6+</sup>	IV		0.395	0.255		IV		1.24	1.38	
Mn <sup>7+</sup>	IV		0.39	0.25		VI		1.26	1.40	
	VI		0.60	0.46		VIII		1.28	1.42	
Mo <sup>3+</sup>	VI		0.83	0.69	OH <sup>1-</sup>	II		1.18	1.32	
Mo <sup>4+</sup>	VI		0.790	0.650						

continued

Table 1.11 (continued)

Ion	CN	SP	CR	IR	Ion	CN	SP	CR	IR
	III		1.20	1.34	Pu <sup>3+</sup>	VI		1.14	1.00
	IV		1.21	1.35	Pu <sup>4+</sup>	VI		0.94	0.80
	VI		1.23	1.37		VIII		1.10	0.96
Os <sup>4+</sup>	VI		0.770	0.630	Ra <sup>2+</sup>	VIII		1.62	1.48
Os <sup>5+</sup>	VI		0.715	0.575		XII		1.84	1.70
Os <sup>6+</sup>	V		0.63	0.49	Rb <sup>1+</sup>	VI		1.66	1.52
	VI		0.685	0.545		VII		1.70	1.56
Os <sup>7+</sup>	VI		0.665	0.525		VIII		1.75	1.61
Os <sup>8+</sup>	IV		0.53	0.39		IX		1.77	1.63
P <sup>3+</sup>	VI		0.58	0.44		X		1.80	1.66
P <sup>5+</sup>	IV		0.31	0.17		XI		1.83	1.69
	V		0.43	0.29		XII		1.86	1.72
	VI		0.52	0.38		XIV		1.97	1.93
Pa <sup>3+</sup>	VI		1.18	1.04	Re <sup>4+</sup>	VI		0.77	0.63
Pa <sup>4+</sup>	VI		1.04	0.90	Re <sup>5+</sup>	VI		0.72	0.58
	VIII		1.15	1.01	Re <sup>7+</sup>	IV		0.52	0.38
Pa <sup>5+</sup>	VI		0.92	0.78		VI		0.67	0.53
	IX		1.09	0.95	Rh <sup>3+</sup>	VI		0.805	0.665
Pb <sup>2+</sup>	IVpy		1.12	0.98	Rh <sup>4+</sup>	VI		0.74	0.60
	VI		1.33	1.19	Rh <sup>5+</sup>	VI		0.69	0.55
	VII		1.37	1.23	Ru <sup>3+</sup>	VI		0.82	0.68
	VIII		1.43	1.29	Ru <sup>4+</sup>	VI		0.760	0.620
	IX		1.49	1.35	Ru <sup>5+</sup>	VI		0.705	0.565
	X		1.54	1.40	Ru <sup>7+</sup>	IV		0.52	0.38
	XI		1.59	1.45	Ru <sup>8+</sup>	IV		0.50	0.36
	XII		1.63	1.49	S <sup>2-</sup>	VI		1.70	1.84
Pb <sup>4+</sup>	IV		0.79	0.65	S <sup>4+</sup>	VI		0.51	0.37
	V		0.87	0.73	S <sup>6+</sup>	IV		0.26	0.12
	VI		0.915	0.775		VI		0.43	0.29
	VIII		1.08	0.94	Sb <sup>3+</sup>	IVpy		0.90	0.76
Pd <sup>1+</sup>	II		0.73	0.59		V		0.94	0.80
Pd <sup>2+</sup>	IVsp		0.78	0.64		VI		0.90	0.76
	VI		1.00	0.86	Sb <sup>5+</sup>	VI		0.74	0.60
Pd <sup>3+</sup>	VI		0.90	0.76	Sc <sup>3+</sup>	VI		0.885	0.745
Pd <sup>4+</sup>	VI		0.755	0.615		VIII		1.010	0.870
Pm <sup>3+</sup>	VI		1.11	0.97	Se <sup>2-</sup>	VI		1.84	1.98
	VIII		1.233	1.093	Se <sup>4+</sup>	VI		0.64	0.50
	IX		1.284	1.144	Se <sup>6+</sup>	IV		0.42	0.28
Po <sup>4+</sup>	VI		1.08	0.94		VI		0.56	0.42
	VIII		1.22	1.08	Si <sup>4+</sup>	IV		0.40	0.26
Po <sup>6+</sup>	VI		0.81	0.67		VI		0.540	0.400
Pr <sup>3+</sup>	VI		1.13	0.99	Sm <sup>2+</sup>	VII		1.36	1.22
	VIII		1.266	1.126		VIII		1.41	1.27
	IX		1.319	1.179		IX		1.46	1.32
Pr <sup>4+</sup>	VI		0.99	0.85	Sm <sup>3+</sup>	VI		1.098	0.958
	VIII		1.10	0.96		VII		1.16	1.02
Pt <sup>2+</sup>	IVsp		0.74	0.60		VIII		1.219	1.079
	VI		0.94	0.80		IX		1.272	1.132
Pt <sup>4+</sup>	VI		0.765	0.625		XII		1.38	1.24
Pt <sup>5+</sup>	VI		0.71	0.57	Sn <sup>4+</sup>	IV		0.69	0.55



Table 1.11 (continued)

Ion	CN	SP	CR	IR	Ion	CN	SP	CR	IR	
Sr <sup>2+</sup>	V		0.76	0.62	Tm <sup>3+</sup>	VI		1.020	0.880	
	VI		0.830	0.690		VIII		1.134	0.994	
	VII		0.89	0.75		IX		1.192	1.052	
	VIII		0.95	0.81	U <sup>3+</sup>	VI		1.165	1.025	
	VI		1.32	1.18	U <sup>4+</sup>	VI		1.03	0.89	
	VII		1.35	1.21		VII		1.09	0.95	
	VIII		1.40	1.26		IX		1.19	1.05	
	IX		1.45	1.31		XII		1.31	1.17	
	X		1.50	1.36	U <sup>5+</sup>	VI		0.90	0.76	
	XII		1.58	1.44		VII		0.98	0.84	
	Ta <sup>3+</sup>	VI		0.86	0.72	U <sup>6+</sup>	II		0.59	0.45
	Ta <sup>4+</sup>	VI		0.82	0.68		IV		0.66	0.52
Ta <sup>5+</sup>	VI		0.78	0.64		VI		0.87	0.73	
Tb <sup>3+</sup>	VIII		0.88	0.74		VII		0.95	0.81	
	VI		1.063	0.923		VIII		1.00	0.86	
	VII		1.12	0.98	V <sup>2+</sup>	VI		0.93	0.79	
Tb <sup>4+</sup>	VIII		1.180	1.040	V <sup>3+</sup>	VI		0.780	0.640	
	VI		0.90	0.76	V <sup>4+</sup>	V		0.67	0.53	
	VIII		1.02	0.88		VI		0.72	0.58	
Tc <sup>4+</sup>	VI		0.785	0.645		VIII		0.86	0.72	
Tc <sup>5+</sup>	VI		0.74	0.60	V <sup>5+</sup>	IV		0.495	0.355	
Tc <sup>7+</sup>	IV		0.51	0.37		V		0.60	0.46	
Te <sup>2-</sup>	VI		0.70	0.56		VI		0.68	0.54	
	VI		2.07	2.21	W <sup>4+</sup>	VI		0.80	0.66	
	III		0.66	0.52	W <sup>5+</sup>	VI		0.76	0.62	
Te <sup>4+</sup>	IV		0.80	0.66	W <sup>6+</sup>	IV		0.56	0.42	
	VI		1.11	0.97		V		0.65	0.51	
	IV		0.57	0.43		VI		0.74	0.60	
Te <sup>6+</sup>	VI		0.70	0.56	Xe <sup>8+</sup>	IV		0.54	0.40	
	VI		1.08	0.94		VI		0.62	0.48	
	VIII		1.19	1.05	Y <sup>3+</sup>	VI		1.040	0.900	
Th <sup>4+</sup>	IX		1.23	1.09		VII		1.10	0.96	
	X		1.27	1.13		VIII		1.159	1.019	
	XI		1.32	1.18		IX		1.215	1.075	
	XII		1.35	1.21	Yb <sup>3+</sup>	VI		1.008	0.868	
	VI		1.00	0.86		VII		1.065	0.925	
	VI		0.810	0.670		VIII		1.125	0.985	
Ti <sup>2+</sup>	IV		0.56	0.42		IX		1.182	1.042	
	V		0.65	0.51	Zn <sup>2+</sup>	IV		0.74	0.60	
	VI		0.745	0.605		V		0.82	0.68	
Ti <sup>3+</sup>	VIII		0.88	0.74		VI		0.880	0.740	
	VI		1.64	1.50		VIII		1.04	0.90	
	VIII		1.73	1.59	Zr <sup>4+</sup>	IV		0.73	0.59	
Ti <sup>4+</sup>	XII		1.84	1.70		V		0.80	0.66	
	IV		0.89	0.75		VI		0.86	0.72	
	VI		1.025	0.885		VII		0.92	0.78	
Tl <sup>1+</sup>	VIII		1.12	0.98		VIII		0.98	0.84	
	VI		1.17	1.03		IX		1.03	0.89	
	VII		1.23	1.09						