Diffrattometria X

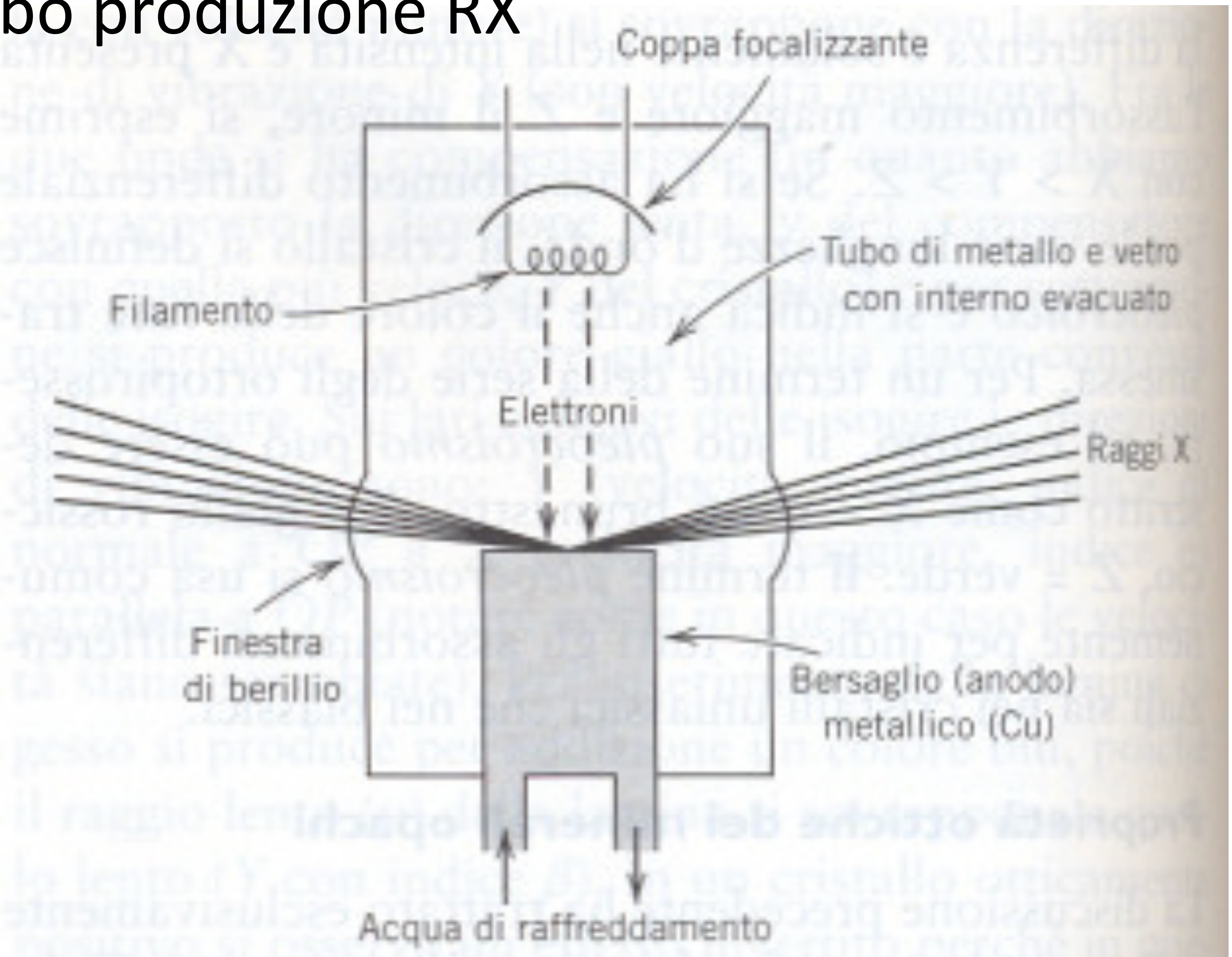
Scoperta dei Raggi X: Roentgen 1895.
Applicazione RX minerali: Max von Laue 1912.
Determinazione struttura cristallina: Bragg, 1914.

RX: radiazioni elettromagnetiche con λ corte attorno all'Å.

$E = h\nu = hc/\lambda$

ν = frequenza, λ= lunghezza d'onda
h= costante di Plank (6.62618*10-34 Js)
c= velocità della luce (c. 300.000 km/s)

Tubo produzione RX



Spettro continuo e caratteristico

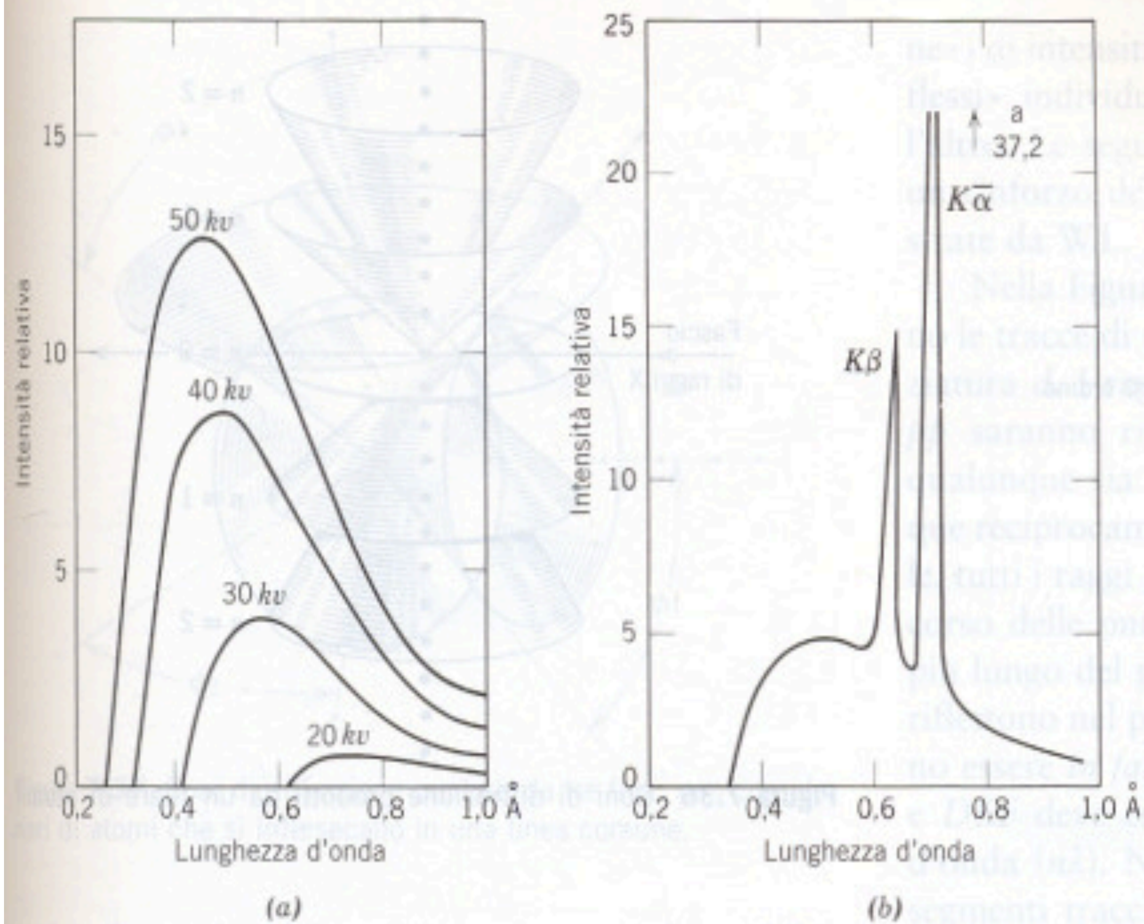


Figura 7.33 Esempi di spettri X. (*a*) Distribuzione delle intensità in funzione della lunghezza d'onda per lo spettro continuo del tungsteno a varie tensioni di accelerazione. (*b*) Spettro X del molibdeno con i picchi dello spettro caratteristico sovrapposti allo spettro continuo (da Ulrey, C.T., 1918, An experimental investigation of the energy in the continuous X-ray spectra of certain elements. *Phys. Reviews* 11: 401-410).

Legge di Bragg

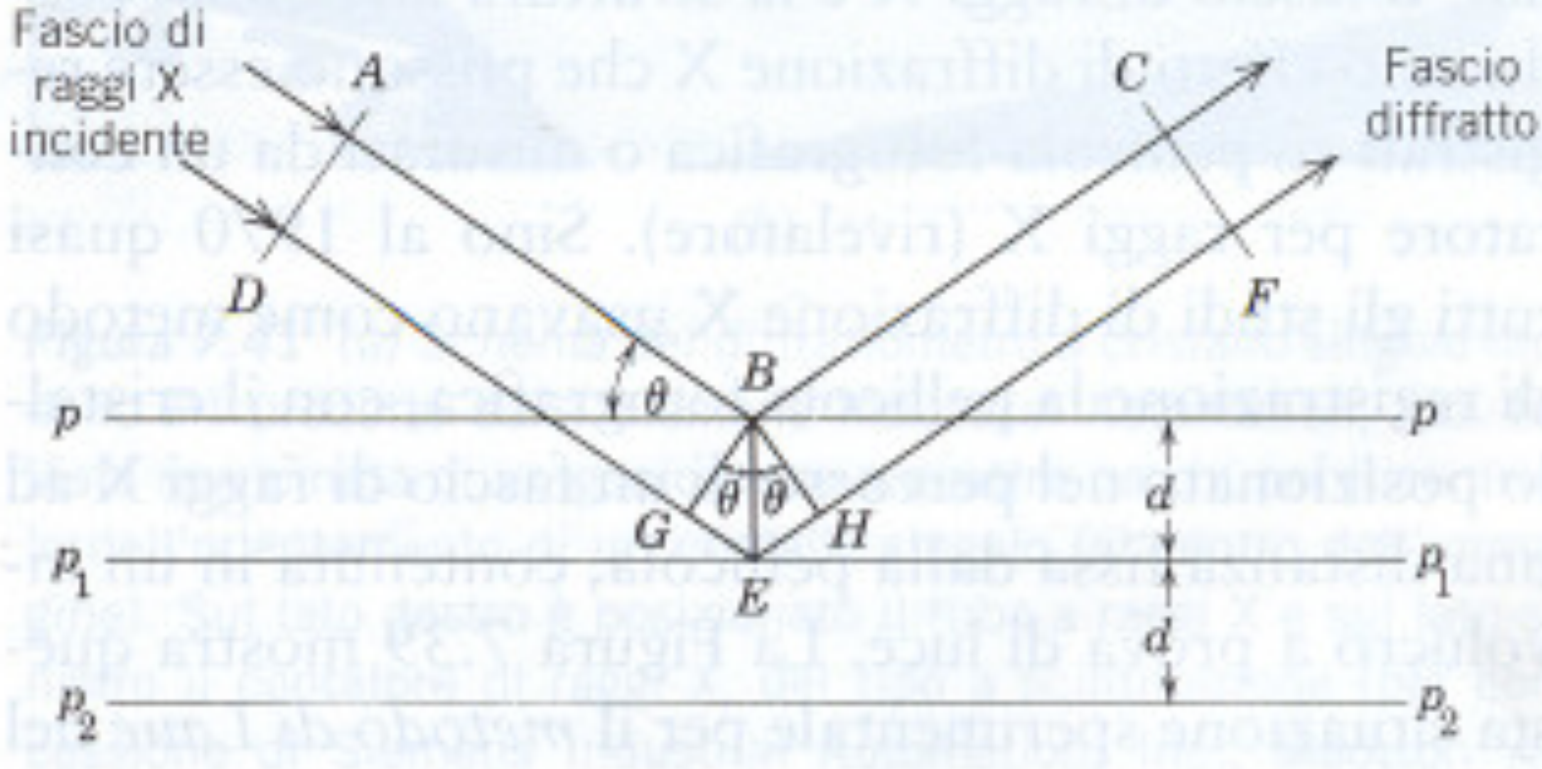
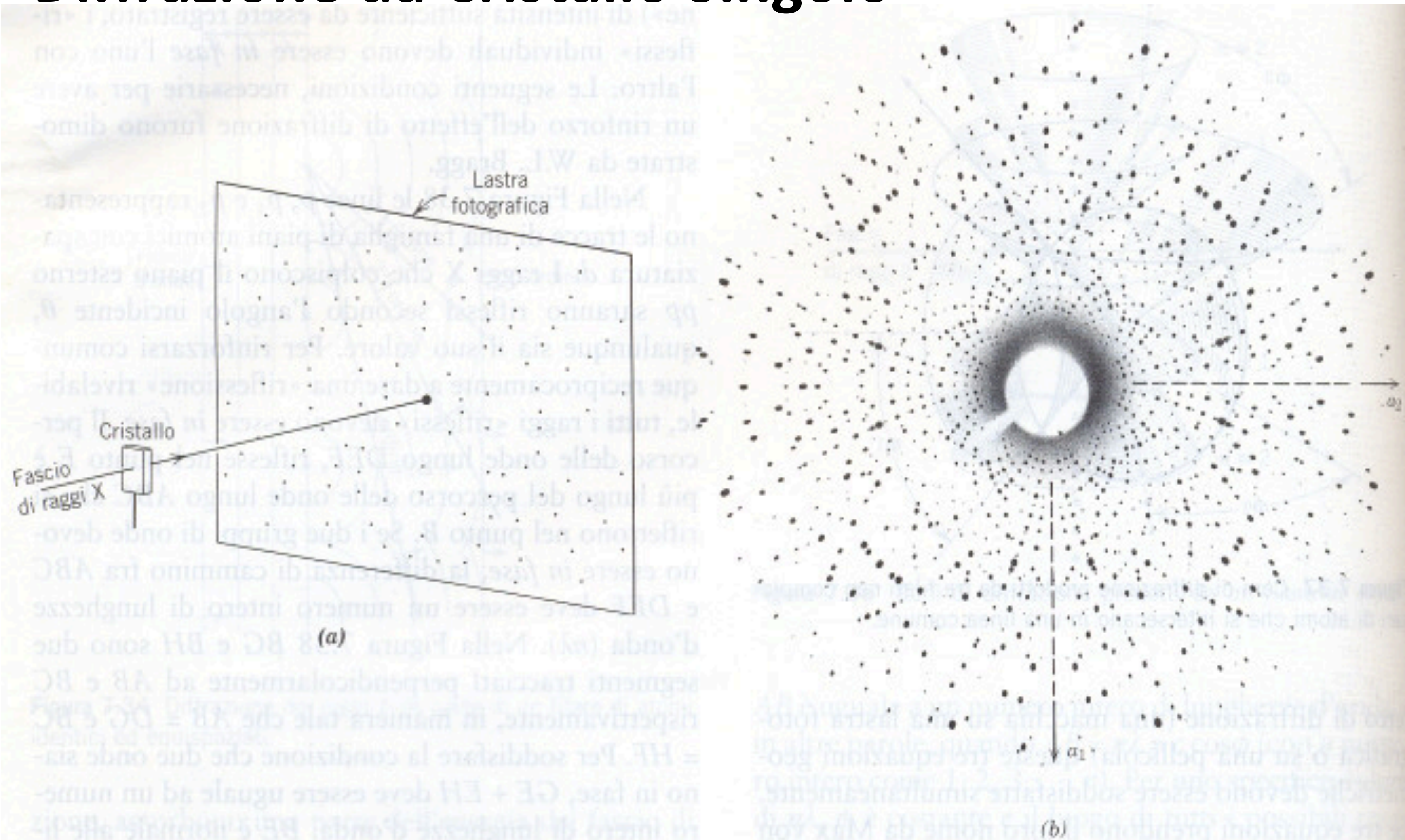


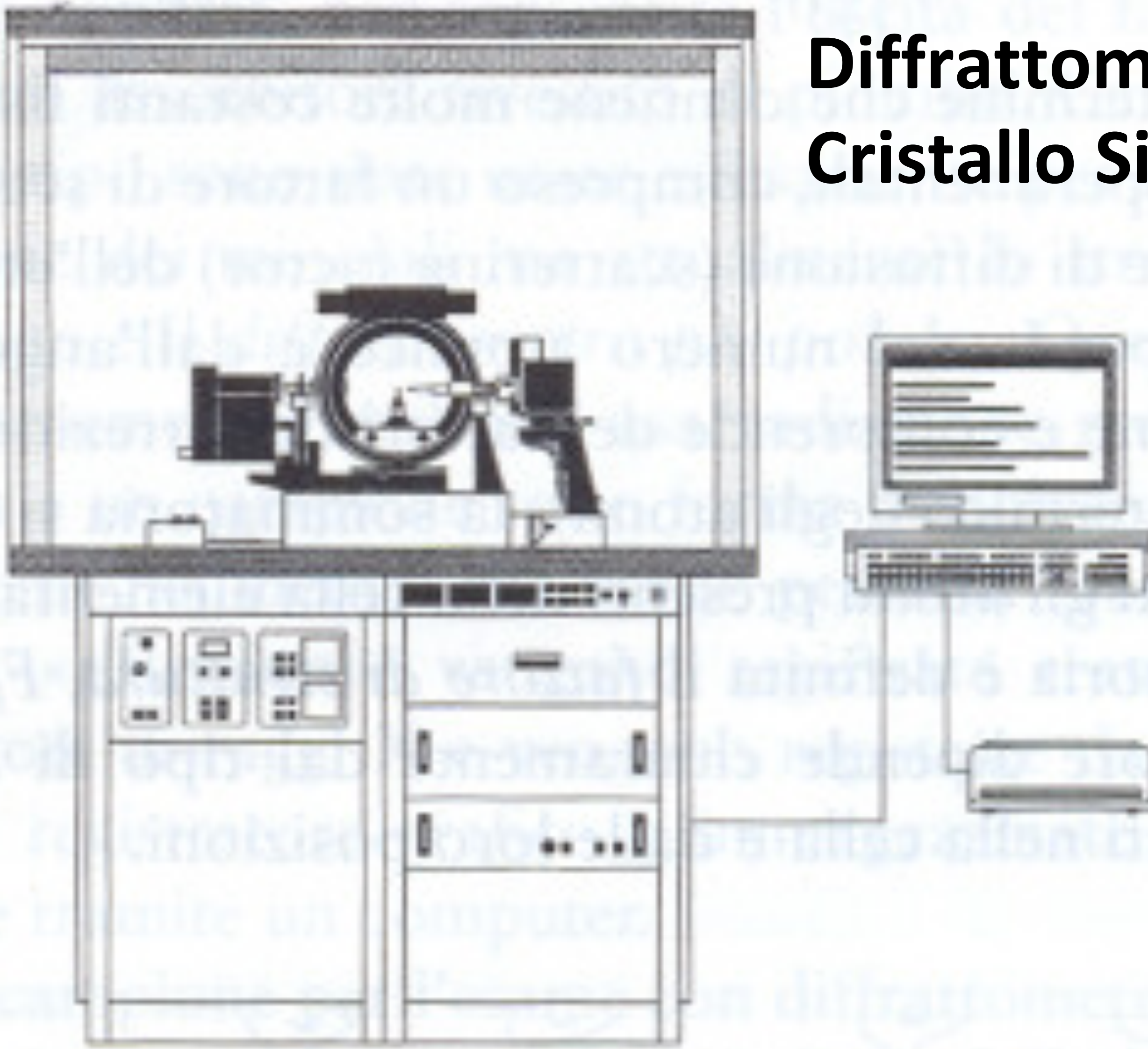
Figura 7.38 Geometria della «riflessione» dei raggi X.

$$2d \sin\theta = n\lambda$$

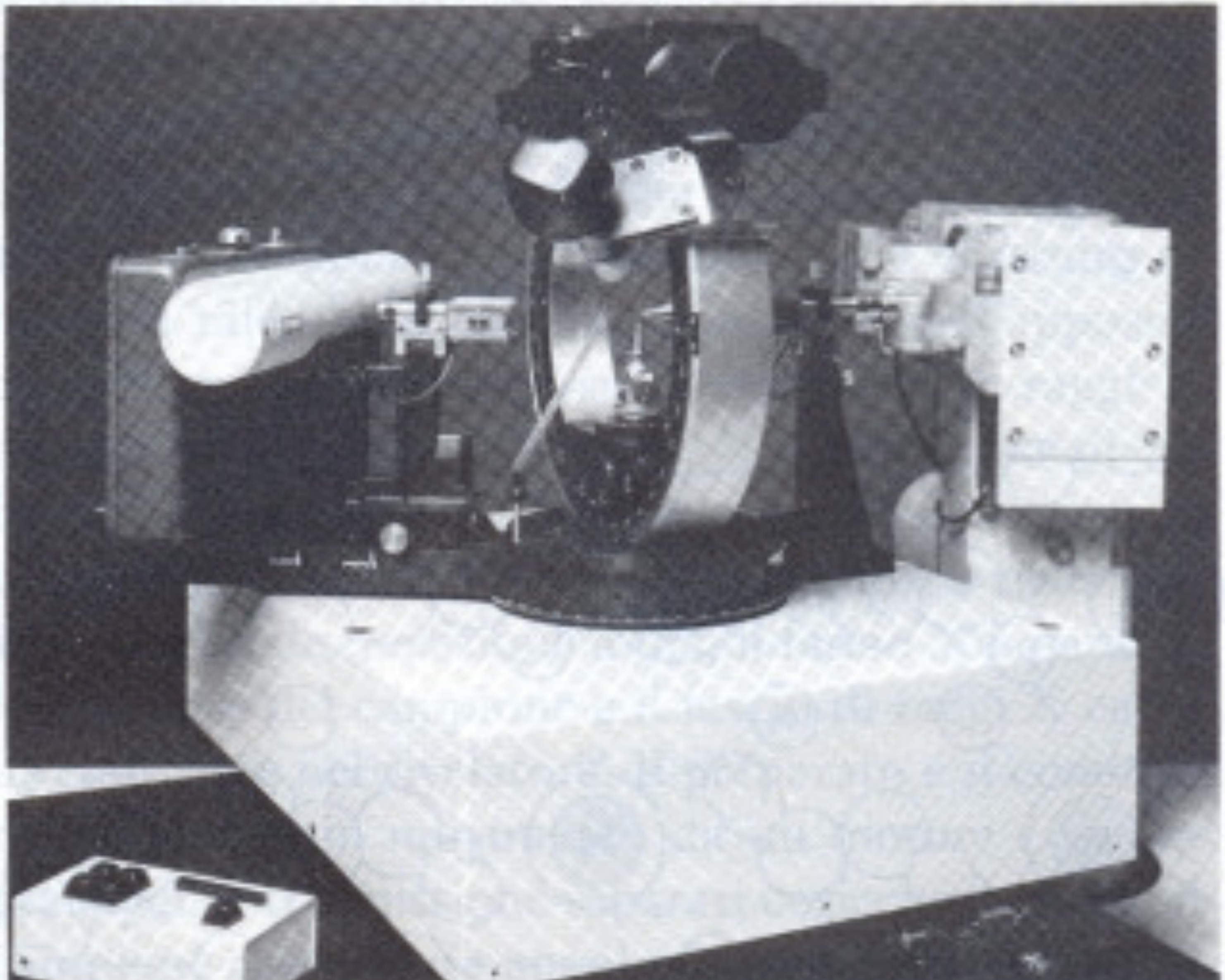
Diffrazione da Cristallo Singolo



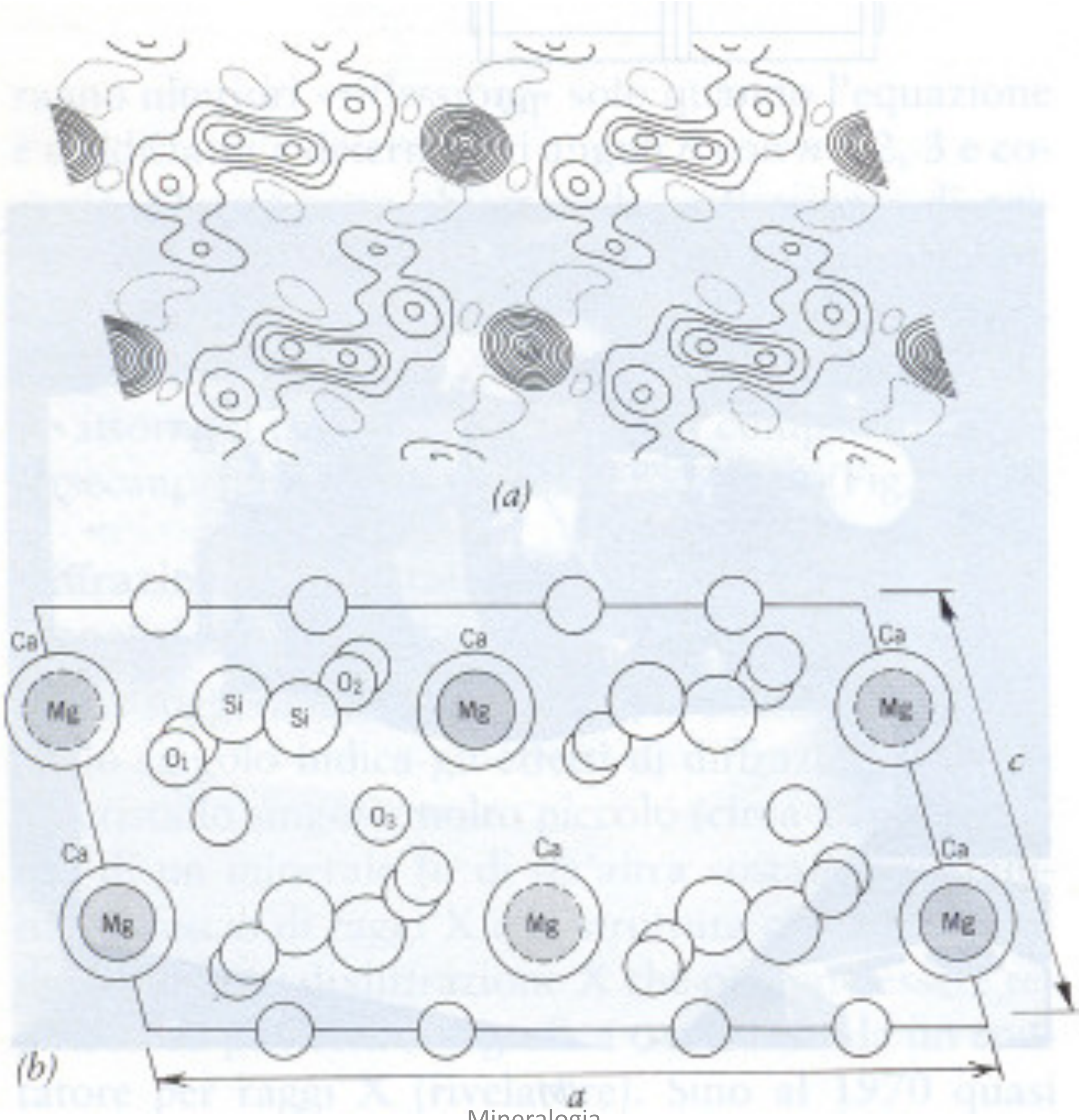
Diffrattometro a Cristallo Singolo



(a)



(b)


(a)
Ca
Mg
Si
Si
O_1
O_2
O_3
c
a
(b)

Diffrazione da Polveri

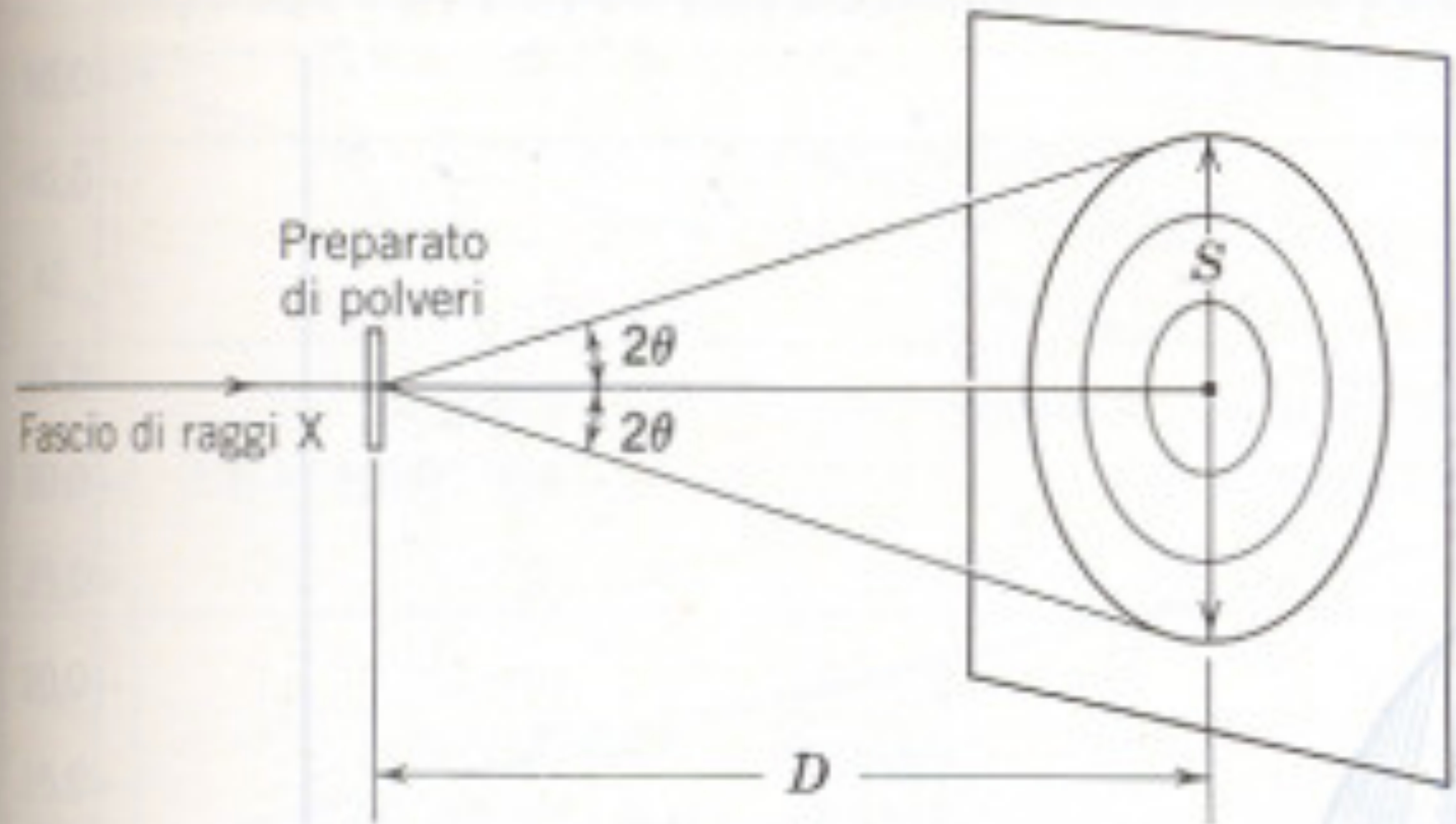


Figura 7.43 Diffrattogramma ottenuto da un preparato di polveri e registrato su di una lastra fotografica piana.

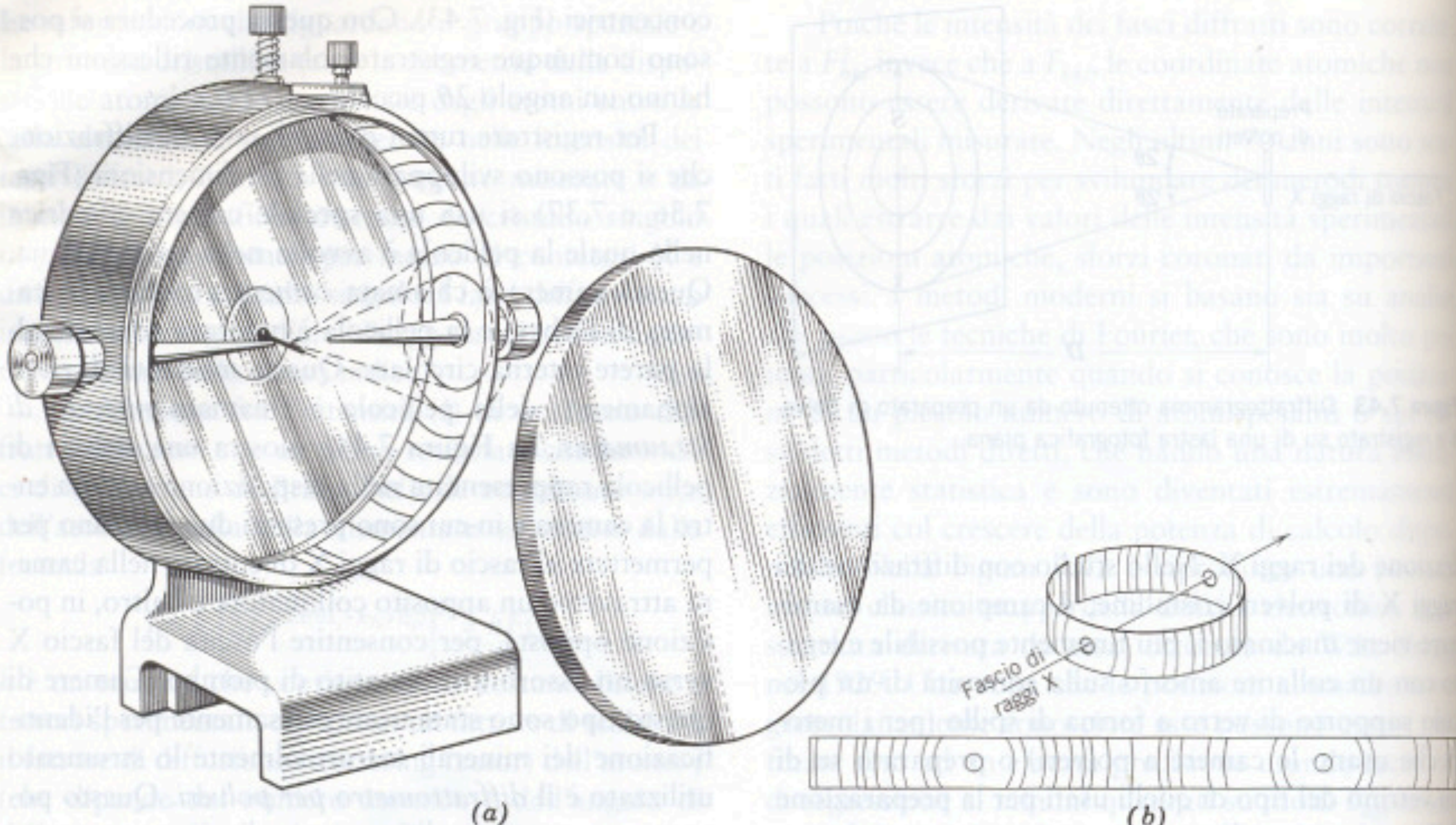
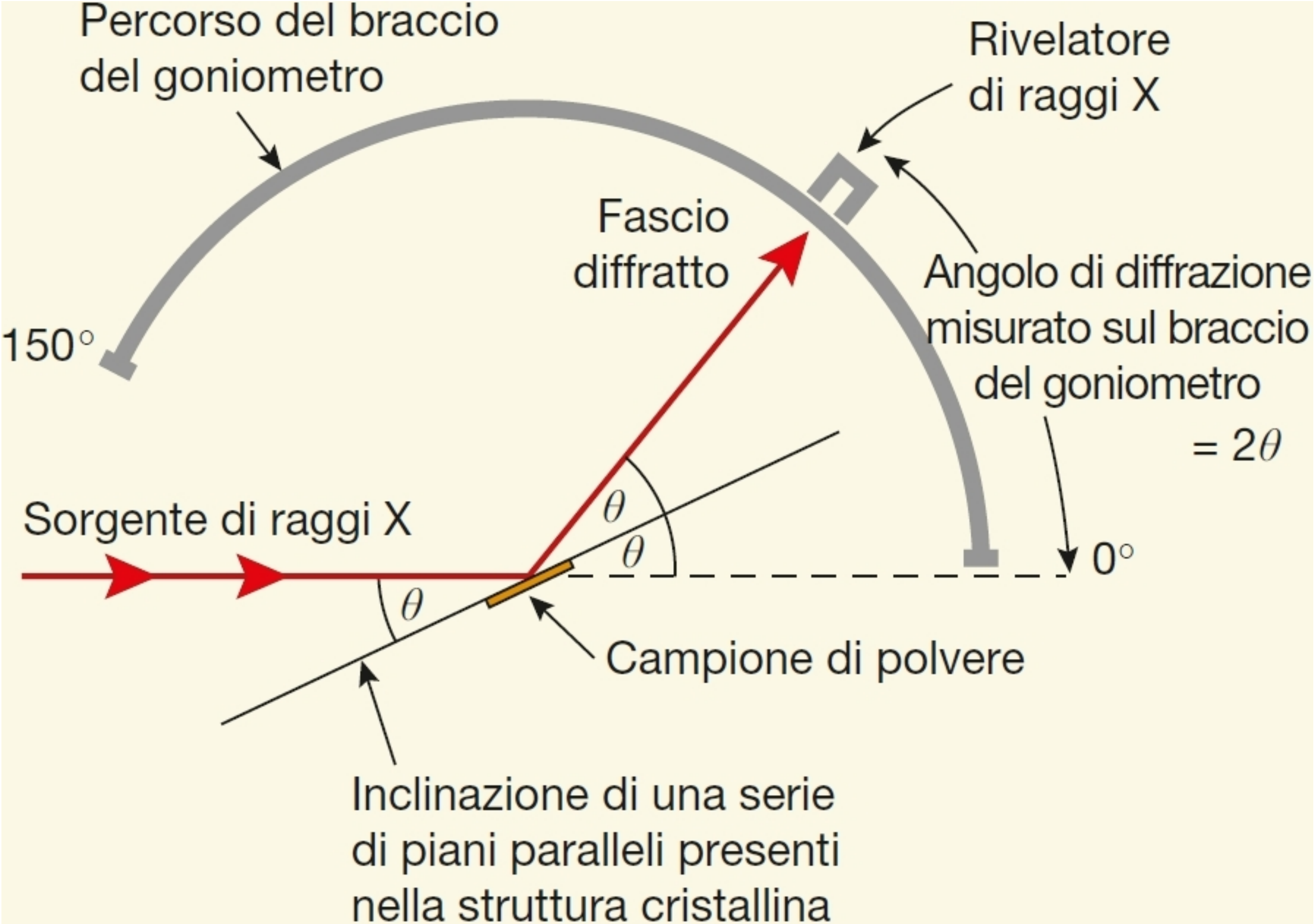
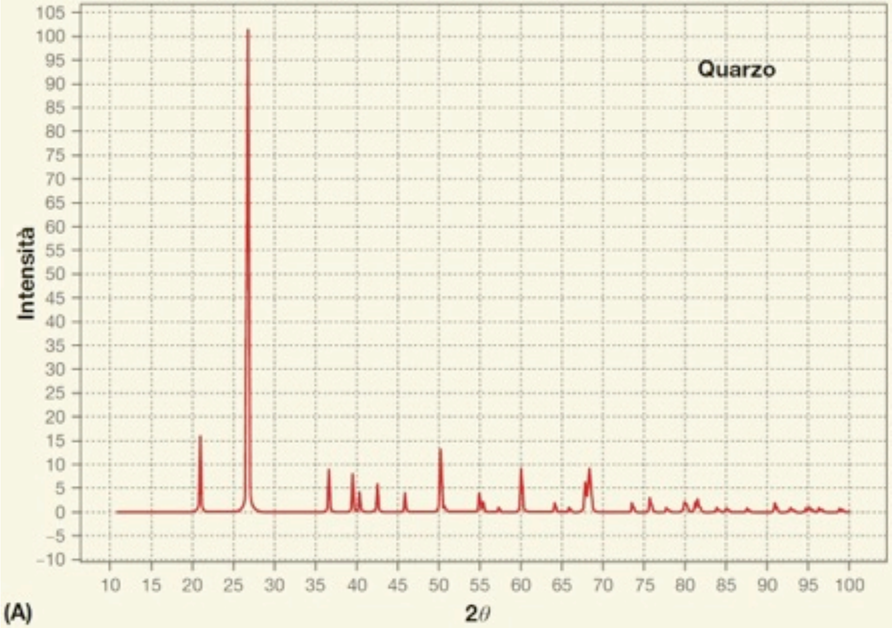


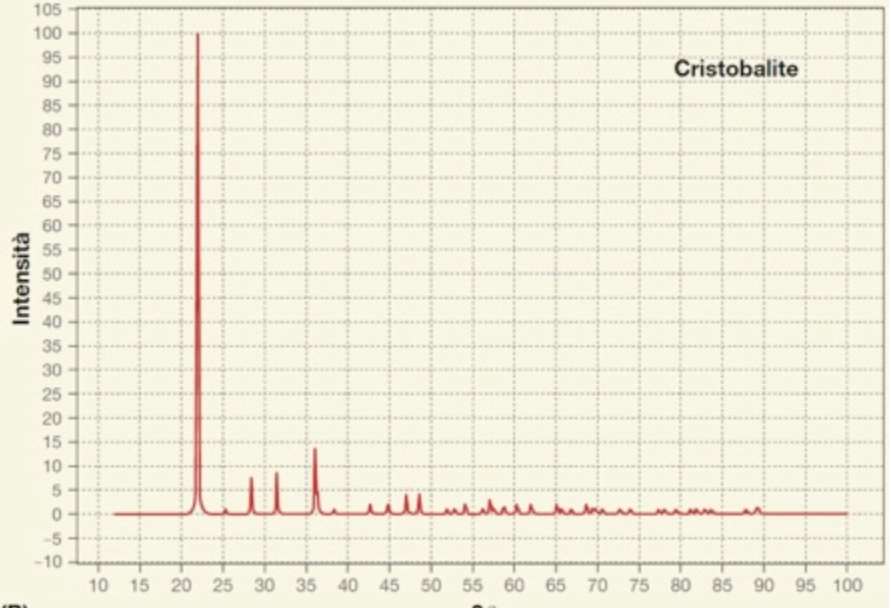
Figura 7.44 (*a*) Camera di diffrazione per polveri con un porta-campione a forma di spillo posto al centro e una pellicola fotografica avvolta nella parte cilindrica interna della camera. (*b*) La striscia di pellicola fotografica con linee curve che rappresentano le «riflessioni» coniche prodotte all'interno della camera.


Percorso del braccio del goniometro
Rivelatore di raggi X
Fascio diffratto
Angolo di diffrazione misurato sul braccio del goniometro
= 2θ
150°
0°
θ
θ
θ
Sorgente di raggi X
Campione di polvere
Inclinazione di una serie di piani paralleli presenti nella struttura cristallina


I trattini neri rappresentano particelle che hanno orientamento corretto per dare diffrazione
Fascio di raggi X diffratto
Fascio di raggi X incidente
θ
θ
θ
θ
Successione di piani paralleli
Campione di polvere ingrandito
I trattini blu rappresentano granuli orientati casualmente e che non sono nell'orientazione corretta per dare diffrazione

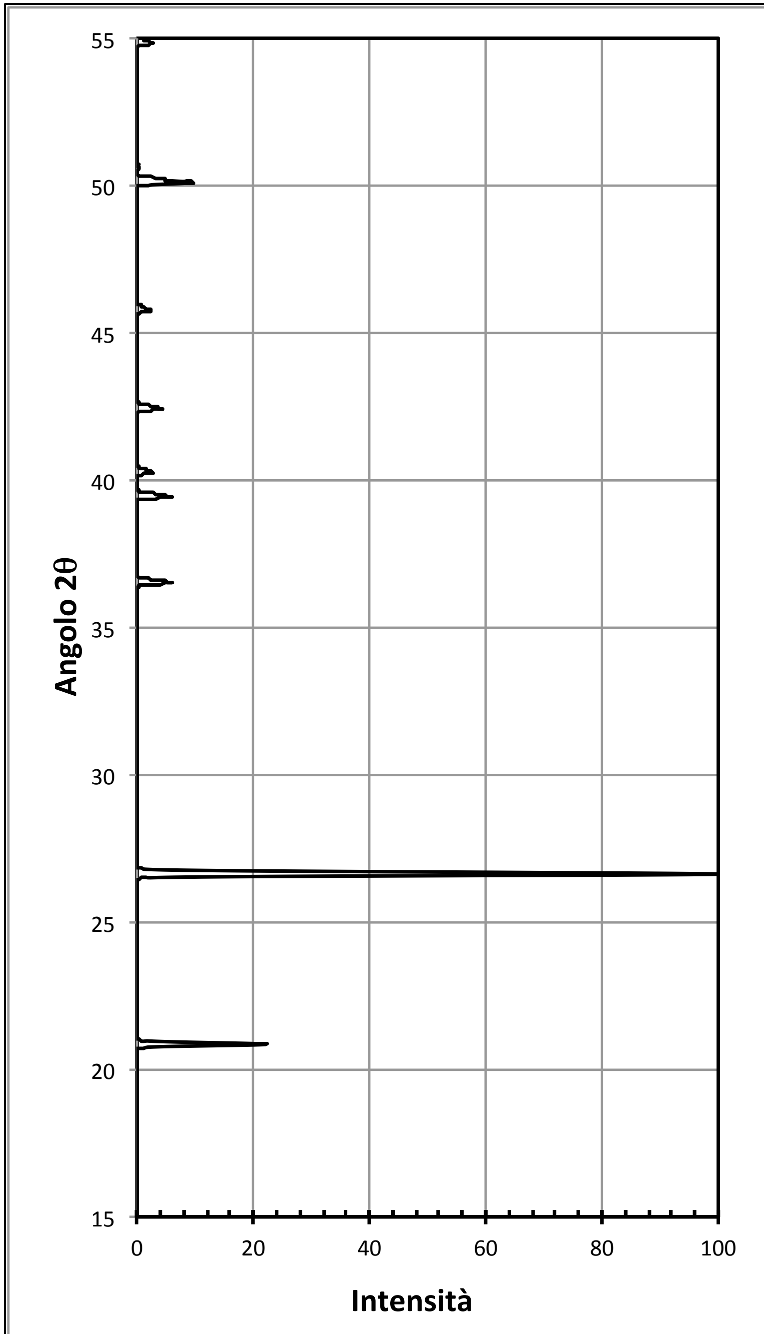


(A)

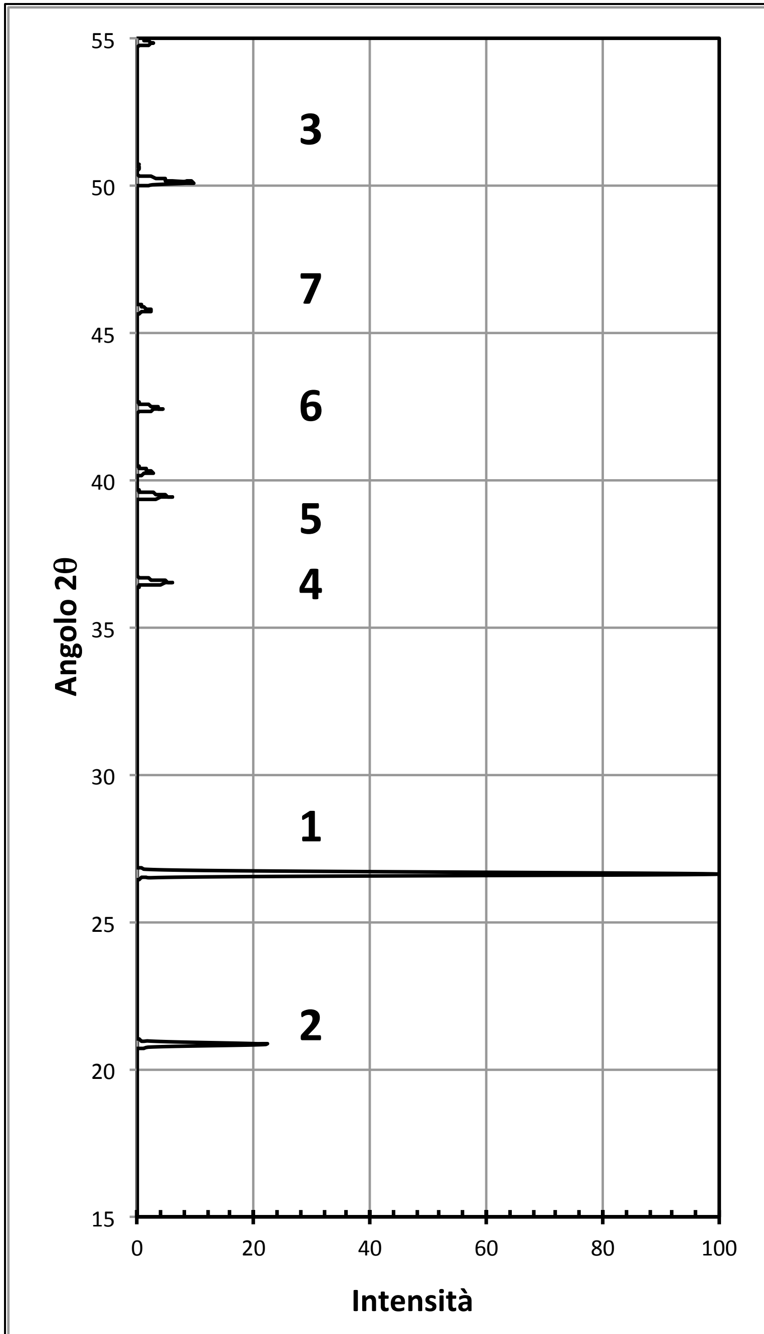


(B)

ZANICHELLI



2θ	d Å	I
50.15	1.817	15
45.60	1.980	5
42.50	2.128	8
39.50	2.280	10
36.60	2.460	10
26.70	3.340	100
20.90	4.260	22



	2θ	d Å	I
1)	26.70	3.340	100
2)	20.90	4.260	22
3)	50.15	1.817	15
4)	39.50	2.280	10
5)	36.60	2.460	10
6)	42.50	2.128	8
7)	45.60	1.980	5

											File No.
	3.33_1	12.2x	2.53_8	2.62_3	2.44_1	3.19_3	2.39_3	2.26_3	Falcondoite	$(Ni,Mg)_4Si_6O_{15}(OH)_2\cdot 6H_2O$	29-1433
	3.30_1	11.1x	5.56_8	5.64_8	4.59_7	3.71_5	4.31_5	5.02_5	Coconinoite	$Al_2Fe_2U_2P_4SO_{24}(OH)_2\cdot 20H_2O$	25- 16
i	3.39_8	10.2x	5.09_8	2.71_8	2.65_8	2.44_6	2.17_6	1.57_6	Serpierite	$Ca(Cu,Zn)_4(SO_4)_2(OH)_6\cdot 3H_2O$	22- 148
i	3.39_7	10.2x	5.08_8	2.65_8	2.51_8	4.67_6	3.73_6	3.18_6	Devilline	$CaCu_4(SO_4)_2(OH)_6\cdot 3H_2O$	22- 231
i	3.38_8	10.2x	3.01_8	2.68_6	6.78_4	3.58_4	5.86_3	1.75_3	Sideronatrite	$Na_2Fe(SO_4)_2(OH)\cdot 3H_2O$	17- 156
	3.32x	10.1_7	3.35_7	3.09_6	3.64_5	2.59_5	1.99_5	2.90_4	Masutomilite, 1M	$K(Li,Mn)_3(Si,Al)_4O_{10}F_2$	29- 822
	3.41_6	10.0_8	3.62x	5.21_8	4.97_8	2.93_6	2.55_5	2.28_4	Uranospinite syn	$Ca(UO_2AsO_4)_2\cdot 10H_2O$	29- 390
	3.35_8	10.0x	4.54_8	2.60_8	1.52_5	3.66_5	3.11_5	2.42_5	Roscoelite, 1M	$KAlV_2Si_3O_{10}(OH)_2$	10- 496
	3.35_6	10.0x	4.36_7	2.54_6	1.48_5	1.67_1	1.28_1	0.00_1	Halloysite, 10A	$Al_2Si_2O_5(OH)_4\cdot 2H_2O$	29-1489
	3.35_8	10.0x	3.53x	5.09_7	1.60_7	2.25_6	1.78_5	2.50_4	Heinrichite syn	$Ba(UO_2AsO_4)_2\cdot 10H_2O$	29- 210
i	3.34x	10.0_9	5.02_3	2.01_3	2.99_3	4.48_2	3.20_2	4.44_1	Illite, 2M$_1$	$(K,H_3O)Al_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$	26- 911
i	3.34x	10.0_8	4.99_8	3.62_8	3.08_8	2.58_8	1.99_6	2.68_5	Lepidolite, 1M	$K(Li,Al)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$	10- 485
i	3.33_8	10.0x	4.48_8	2.61_6	1.53_6	2.42_5	1.67_5	4.95_3	Illite (Trioctahedral)	$K(Al,Mg)_3Si_3AlO_{10}(OH)_2$	9- 343
	3.36_8	9.99x	2.62x	3.27_6	1.54_6	2.43_6	1.67_6	2.16_5	Siderophyllite	$KFe_2Al_3Si_2O_{10}(F,OH)_2$	25-1355
*	3.32x	9.96_7	2.00_3	2.62_3	1.67_3	2.43_2	2.17_2	1.53_1	Phlogopite, fluor, 3T syn	$KMg_3(Si_3AlO_{10})F_2$	16- 352
i	3.33x	9.95_9	4.98_8	2.40_6	3.11_3	2.00_3	4.51_3	4.48_3	Taeniolite, 1M syn	$K_{0.9}(Mg,Li)_3Si_4O_{10}F_2$	15- 237
*	3.32x	9.95x	2.57_9	1.99_5	2.99_4	4.97_3	3.19_3	1.50_3	Muscovite, 2M$_1$	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$	6- 263
*	3.41_7	9.56x	5.51_6	3.78_5	3.18_3	2.71_2	2.16_2	2.57_2	Thaumasite	$(Ca_3Si(OH)_6\cdot 12H_2O)(SO_4)(CO_3)$	25- 128
*	3.34_9	9.10x	3.83_6	3.59_6	5.64_5	2.79_5	5.08_4	4.53_4	Abernathyite	$KUO_2AsO_4\cdot 3H_2O$	16- 386
c	3.37_3	8.88x	7.62_4	5.47_3	4.61_3	8.55_2	4.71_2	2.76_2	Paracoquimbite	$Fe_2(SO_4)_3\cdot 9H_2O$	27- 254
	3.34_8	8.85x	3.59_8	5.10_7	5.57_6	3.74_6	2.55_5	1.80_5	Meta-uranospinite, 9A syn	$Ca(UO_2)_2(AsO_4)_2\cdot 8H_2O$	8- 319
*	3.31_7	8.85_5	2.66x	2.58_4	1.84_3	3.69_3	1.66_3	4.47_2	Bradleyite	$Na_3Mg(PO_4)(CO_3)$	22- 478
i	3.33_7	8.81x	2.94_8	3.16_7	2.86_7	10.9_6	4.74_6	4.47_6	Ludlockite	$(Fe,Pb)As_2O_6$	29- 774
o	3.33x	8.65_8	17.6x	7.85_7	12.2_6	7.44_6	2.37_6	4.25_5	Liskeardite	$(Al,Fe)_3AsO_4(OH)_6\cdot 5H_2O$	11- 146
i	3.31_9	8.65x	3.57x	5.53_8	3.00_7	5.08_6	4.36_6	3.67_6	Meta-uranospinite, 17A	$Ca(UO_2)_2(AsO_4)_2\cdot 6H_2O$	18- 309
*	3.39x	8.63_7	8.55_7	4.09_7	3.38_6	3.07_6	3.06_6	3.14_5	Sekaninaite syn	$Fe_2Al_4Si_5O_{18}$	17- 525
i	3.30_8	8.59x	3.79_6	5.50_5	4.35_5	2.70_5	2.19_5	2.01_5	Trogerite syn	$(H_3O)_2(UO_2)_2(AsO_4)_2\cdot 6H_2O$	8- 326
o	3.35_8	8.42x	5.60x	16.8_7	2.79_7	2.09_6	3.17_5	1.86_5	Umohoite, 17A	$UO_2MoO_4\cdot 4H_2O$	12- 778
*	3.31x	8.27_6	2.96_8	4.01_5	4.58_5	2.58_5	1.76_5	9.15_4	Bazzite syn	$Be_3(Sc,Fe)_2Si_6O_{18}$	20- 165
i	3.41_8	7.73x	6.16_6	3.87_7	3.13_5	3.04_5	4.38_4	5.59_4	Johannite	$Cu(UO_2)_2(SO_4)_2(OH)_2\cdot 6H_2O$	17- 530
	3.33_7	7.40x	2.29_8	2.71_4	8.30_3	6.77_3	6.00_3	3.07_3	Ferrimolybdite	$Fe_2(MoO_4)_3\cdot xH_2O$	15- 290
i	3.35x	7.27x	3.76x	3.03x	3.36_8	2.80_8	6.47_7	2.01_7	Laplandite	$Na_4CeTiPSi_7O_{22}\cdot 5H_2O$	27- 673
o	3.31_9	6.94x	4.85x	2.60_8	3.47_7	3.06_6	2.30_6	2.09_6	Unnamed mineral	$Ca-Y-CO_3$	28- 256
i	3.38_8	6.90x	11.6_8	3.07_8	2.98_8	2.59_8	1.74_6	1.70_6	Zorite	$Na_2Ti_2(Si_2O_5)_3\cdot 3H_2O$	25-1298
c	3.35x	6.52_8	3.47_8	2.58_6	3.02_4	3.55_4	4.61_4	2.77_4	Celsian	$(Ba,K)AlSi_3O_8$	21- 812
	3.34_7	6.19_1	12.4x	4.12_1	3.07_1	2.79_1	2.46_1	2.93_1	Ajoite	$Cu_6Al_2Si_{10}O_{29}\cdot 5H_2O$	11- 312
i	3.30_8	5.97x	2.89_4	3.23_3	3.18_3	3.13_3	2.49_3	2.48_3	Mourite	$UMo_5O_{16}\cdot 5H_2O$	24-1359
*	3.40_7	5.88x	3.39_7	3.49_3	4.23_1	2.01_1	3.55_1	1.97_1	Studtite syn	$UO_4\cdot 4H_2O$	16- 206
	3.34_7	5.77_8	3.17x	1.97_1	1.86_1	2.69_1	1.76_1	1.64_1	Clarkeite	$(Na,K)_2U_2O_7\cdot xH_2O$	8- 315
*	3.32_5	5.77x	6.68_4	1.91_3	4.45_3	11.4_1	4.95_1	2.44_1	Hydroboracite	$CaMgB_6O_8(OH)_6\cdot 2H_2O$	11- 77
	3.34x	5.74_6	1.87_4	3.23_3	2.12_7	3.57_4	1.75_4	7.13_3	Unnamed mineral	Fe-TeO	16- 145
i	3.41x	5.57_7	2.90_8	2.49_3	6.81_6	4.83_4	2.68_4	1.73_4	Wairakite syn	$Ca(Al_2Si_4)O_{12}\cdot 2H_2O$	11- 156
i	3.39x	5.57_8	3.42_4	2.91_4	6.85_4	4.84_4	2.68_4	2.49_4	Wairakite	$CaAl_2(SiO_3)_4\cdot 2H_2O$	7- 326
i	3.40_1	5.53x	3.35_8	3.07_4	6.75_3	2.68_3	2.61_3	2.13_3	Minyulite	$KAl_2(PO_4)_2(OH,F)\cdot 4H_2O$	27- 371
i	3.35_8	5.39x	4.94_6	3.77_7	3.04_7	2.53_7	2.88_6	2.16_6	Chalcomenite	$CuSeO_3\cdot 2H_2O$	17- 523
i	3.32_4	5.30_7	3.38x	2.64_4	2.00_7	1.82_5	2.16_5	5.37_5	Ekanite	$K(Na,Ca)_2ThSi_8O_{20}$	25- 677
i	3.37_8	5.23_8	3.23x	7.25_4	2.00_8	3.30_4	2.55_8	1.95_5	Sazhinite	$Na_2CeSi_6O_{15}\cdot 6H_2O$	26-1375
i	3.39_7	5.18_3	6.79x	2.57_1	3.12_1	2.31_1	4.68_1	3.94_1	Nobleite	$CaB_6O_{10}\cdot 4H_2O$	13- 243
i	3.40_4	5.09_8	10.2x	2.55_4	1.70_7	2.65_5	2.46_5	2.03_5	Hendricksite, 1M	$K(Zn,Mn,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$	19- 544
i	3.38x	5.08_8	2.54_4	2.68_3	1.42_3	3.61_3	2.94_3	2.82_3	Orthoericssonite	$BaMn_2FeSi_2O_8(OH)$	29- 185
i	3.32x	5.00_9	2.49_8	9.92_6	2.72_5	2.68_5	3.43_4	1.99_4	Anandite, 2M$_1$	$BaFe_3Si_4O_{10}(OH)_2$	19- 78
*	3.33x	4.99_8	9.97x	2.00_5	2.56_5	4.49_5	4.46_5	2.88_5	Muscovite, 3T	$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$	7- 42
	3.30_7	4.96_8	9.83x	5.83_3	3.00_3	2.89_3	3.56_3	4.08_3	Koktaite	$(NH_4)_2Ca(SO_4)_2\cdot H_2O$	11- 475
i	3.30x	4.87_8	4.36_8	3.16_8	3.10_8	2.92_8	2.85_8	2.18_8	Hemihedrite	$Pb_{10}Zn(CrO_4)_6(SiO_4)_2F_2$	24-1457
i	3.41x	4.84_8	3.33_8	2.53_4	2.06_4	3.05_4	2.57_3	1.62_3	Kieserite	$MgSO_4\cdot H_2O$	13- 102
i	3.32_8	4.84_6	3.72x	2.14_3	2.69_3	2.47_3	1.80_3	2.79_3	Liottite	$(Ca,Na)_4(Si,Al)_6O_{12}(SO_4)H_2O$	29-1187
	3.31_4	4.84_4	3.36x	3.24_4	3.16_4	2.33_4	1.31_4	2.61_3	Barbosalite	$FeFe_2(PO_4)_2(OH)_2$	11- 423
i	3.30x	4.82_4	3.69x	4.00_4	2.69_4	2.13_4	6.00_3	2.46_3	Afghanite	$Na_4Ca_4Si_6Al_6O_{24}(SO_4,Cl)_2$	20-1086
*	3.35g	4.74x	3.44g	6.04_4	3.02_4	2.90_4	2.04_4	2.77_3	Brannerite syn	UTi_2O_6	12- 477
i	3.31x	4.73_7	2.89_8	2.31_3	1.90_3	4.00_3	2.96_3	2.77_3	Vauquelinite	$Pb_2Cu(CrO_4)(PO_4)(OH)$	13- 302
c	3.38_7	4.70_8	3.15x	12.4_3	4.52_3	2.48_3	4.14_3	3.59_3	Leifite	$Na_6Si_8Al_2Be_2H_2O_{41}\cdot 1.5H_2O$	27- 1
	3.36x	4.66_8	4.43x	2.61_3	2.42_3	2.39_8	4.13_3	2.30_3	Sinoite	Si_2ON_2	17- 545
*	3.36x	4.49_8	10.1x	2.57_8	3.66_5	3.07_5	2.58_5	5.04_4	Muscovite, 1M syn	$KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$	7- 25
o	3.32x	4.48_8	6.14_8	2.69_7	2.47_6	1.86_5	2.09_5	1.98_5	Soddyite	$(UO_2)_5(SiO_4)_2(OH)_2\cdot 5H_2O$	12- 180
i	3.38_8	4.44x	8.86_8	2.83_3	2.82_3	2.22_3	1.48_3	4.55_7	Phosphophyllite	$Zn_2Fe(PO_4)_2\cdot 4H_2O$	29-1427
*	3.30x	4.43_5	2.52_5	1.71_4	2.07_3	1.91_1	1.65_1	1.75_1	Zircon	$ZrSiO_4$	6- 266
	3.34_6	4.42x	10.1_6	1.48_4	2.56_4	1.68_4	1.28_1	1.23_1	Halloysite, 10A	$Al_2Si_2O_5(OH)_4\cdot 2H_2O$	9- 451
i	3.39x	4.41_7	3.22_7	3.09_5	2.65_5	2.39_5	8.02_4	2.75_4	Gillespite	$BaFeSi_4O_{10}$	3- 402
i	3.32_4	4.38_8	6.93x	4.22_6	3.48_4	4.87_4	2.32_4	3.20_3	Caysichite	$(Y,Ca)_4(CO_3)_4Si_4O_{10}\cdot 4H_2O$	26-1394
i	3.38_8	4.31x	2.64x	2.50_8	2.22_8	1.51_8	2.42_8	1.97_8	Montroseite	$VO(OH)$	11- 152
*	3.37x	4.28_3	1.84_3	1.55_1	2.47_1	2.31_1	1.39_1	1.39_1	Berlinite syn	$AlPO_4$	10- 423
*	3.34x	4.27_4	3.19_5	2.70_7	7.28_7	4.91_5	1.82_7	3.13_5	Gismondine	$CaAl_2Si_2O_8\cdot 4H_2O$	20- 452
i	3.34x	4.26_8	2.13_8	7.40_6	2.57_6	2.03_6	3.49_6	2.24_6	Despujolsite	$Ca_3Mn(SO_4)_2(OH)_6\cdot 3H_2O$	20- 226
i	3.34x	4.26_7	2.13_8	7.40_5	3.49_5	2.58_5	2.24_5	2.21_5	Schaurteite	$Ca_3Ge(SO_4)_2(OH)_6\cdot 3H_2O$	19- 225
*	3.34x	4.26_4	1.82_2	1.54_1	2.46_1	2.28_1	1.38_1	2.13_1	Quartz, low	$\alpha-SiO_2$	5- 490
i	3.39_6	4.25_7	2.81x	3.97_7	3.12_7	2.59_7	1.72_7	6.51_7	D'Ansite syn	$Na_{21}MgCl_3(SO_4)_{10}$	12- 196
i	3.31_4	4.24x	2.62_8	2.17_4	2.85_3	2.97_4	1.87_3	1.75_3	Rodalquilarite	$Fe_2H_3(TeO_3)_4Cl$	20- 536
o	3.36x	4.23_5	1.64_5	2.72_4	2.44_3	2.22_3	1.93_3	3.14_3	Ilsemannite	$Mo_3O_8\cdot xH_2O$	21- 574
i	3.31_4	4.23_5	6.95x	3.02_3	2.88_3	2.15_3	1.96_3	1.89_3	Bearsite	$Be_2AsO_4(OH)\cdot 4H_2O$	15- 378
i	3.37_7	4.22x	8.45_5	2.89_4	3.31_3	2.81_4	2.73_4	2.28_4	Leucosphenite	$Na_4BaB_2Ti_2Si_{10}O_{30}$	25- 784

•	$3.30x$	4.43_5	2.52_5	1.71_4	2.07_2	1.91_1	1.65_1	1.75_1	Zircon	$ZrSiO_4$	6- 266
	3.34_9	$4.42x$	10.1_9	1.48_9	2.56_8	1.68_8	1.28_7	1.23_7	Halloysite, 10A	$Al_2Si_2O_5(OH)_4.2H_2O$	9- 451
i	$3.39x$	4.41_7	3.22_7	3.09_5	2.65_5	2.39_5	8.02_4	2.75_4	Gillespite	$BaFeSi_4O_{10}$	3- 402
i	3.32_9	4.38_6	$6.93x$	4.22_6	3.48_6	4.87_4	2.32_4	3.20_3	Caysichite	$(Y,Ca)_4(CO_3)_3Si_4O_{10}.4H_2O$	26-1394
i	3.38_8	$4.31x$	$2.64x$	2.50_8	2.22_8	1.51_8	2.42_6	1.97_6	Montroseite	$VO(OH)$	11- 152
•	$3.37x$	4.28_3	1.84_3	1.55_1	2.47_1	2.31_1	1.39_1	1.39_1	Berlinite syn	$AlPO_4$	10- 423
•	$3.34x$	4.27_4	3.19_3	2.70_2	7.28_3	4.91_2	1.82_2	3.13_1	Gismondine	$CaAl_2Si_2O_8.4H_2O$	20- 452
i	$3.34x$	4.26_8	2.13_8	7.40_6	2.57_6	2.03_6	3.49_4	2.24_4	Despujolsite	$Ca_3Mn(SO_4)_2(OH)_6.3H_2O$	20- 226
i	$3.34x$	4.26_7	2.13_6	7.40_5	3.49_5	2.58_5	2.24_5	2.21_3	Schaurteite	$Ca_3Ge(SO_4)_2(OH)_6.4H_2O$	19- 225
•	$3.34x$	4.26_4	1.82_2	1.54_2	2.46_1	2.28_1	1.38_1	2.13_1	Quartz, low	$\alpha-SiO_2$	5- 490
i	3.39_9	4.25_7	$2.81x$	3.97_7	3.12_7	2.59_7	1.72_7	6.51_5	D'Ansite syn	$Na_{21}MgCl_3(SO_4)_{10}$	12- 196
i	3.31_6	$4.24x$	2.62_8	2.17_6	2.85_5	2.97_4	1.87_3	1.75_3	Rodalquilarite	$Fe_2H_3(TeO_3)_4Cl$	20- 536
o	$3.36x$	4.23_5	1.64_5	2.72_4	2.44_3	2.22_3	1.93_3	3.14_3	Ilsemannite	$Mo_3O_8.xH_2O$	21- 574
i	3.31_8	4.23_6	$6.95x$	3.02_6	2.88_5	2.15_5	1.96_5	1.89_5	Bearsite	$Be_2AsO_4(OH).4H_2O$	15- 378
i	3.37_7	$4.22x$	8.45_9	2.89_6	3.31_5	2.81_4	2.73_4	2.28_4	Leucosphenite	$Na_4BaB_2Ti_2Si_{10}O_{30}$	25- 784

5-0490

d	3.34	4.26	1.82	4.26	α-SiO_2 ★
I/I_1	100	35	17	35	Silicon Oxide — Quartz, low

Rad. $CuK\alpha_1$ λ 1.5405 Filter Ni Dia.
Cut off I/I_1 Diffractometer I/I cor. =3.6
Ref. Swanson and Fuyat, NBS Circular 539, Vol. 3, 24 (1954)

Sys. Hexagonal S.G. $P3_1,21$ (152,154)
a_0 4.913 b_0 c_0 5.405 A C 1.10
α β γ Z 3 Dx 2.647
Ref. Ibid.

εα nωβ 1.544 εγ 1.553 Sign +
2V D 2.6556 mp Color Colorless
Ref. Ibid.

Sample from Lake Toxaway, N.C. Spect. anal.: <0.01% Al; <0.001% Ca, Cu, Fe, Mg.
Low quartz is form stable at room temperature.
There are many other polymorphs.
Merck Index, 8th Ed. p. 946.
X-ray pattern at 25°C.

d A	I/I_1	hkl	d A	I/I_1	hkl
4.26	35	100	1.228	2	220
3.343	100	101	1.1997	5	213
2.458	12	110	1.1973	2	221
2.282	12	102	1.1838	4	114
2.237	6	111	1.1802	4	310
2.128	9	200	1.1530	2	311
1.980	6	201	1.1408	<1	204
1.817	17	112	1.1144	<1	303
1.801	<1	003	1.0816	4	312
1.672	7	202	1.0636	1	400
1.659	3	103	1.0477	2	105
1.608	<1	210	1.0437	2	401
1.541	15	211	1.0346	2	214
1.453	3	113	1.0149	2	223
1.418	<1	300	0.9896	2	402,115
1.382	7	212	.9872	2	313
1.375	11	203	.9781	<1	304
1.372	9	301	.9762	1	320
1.288	3	104	.9607	2	321
1.256	4	302	Plus 2[illegible] reflections		

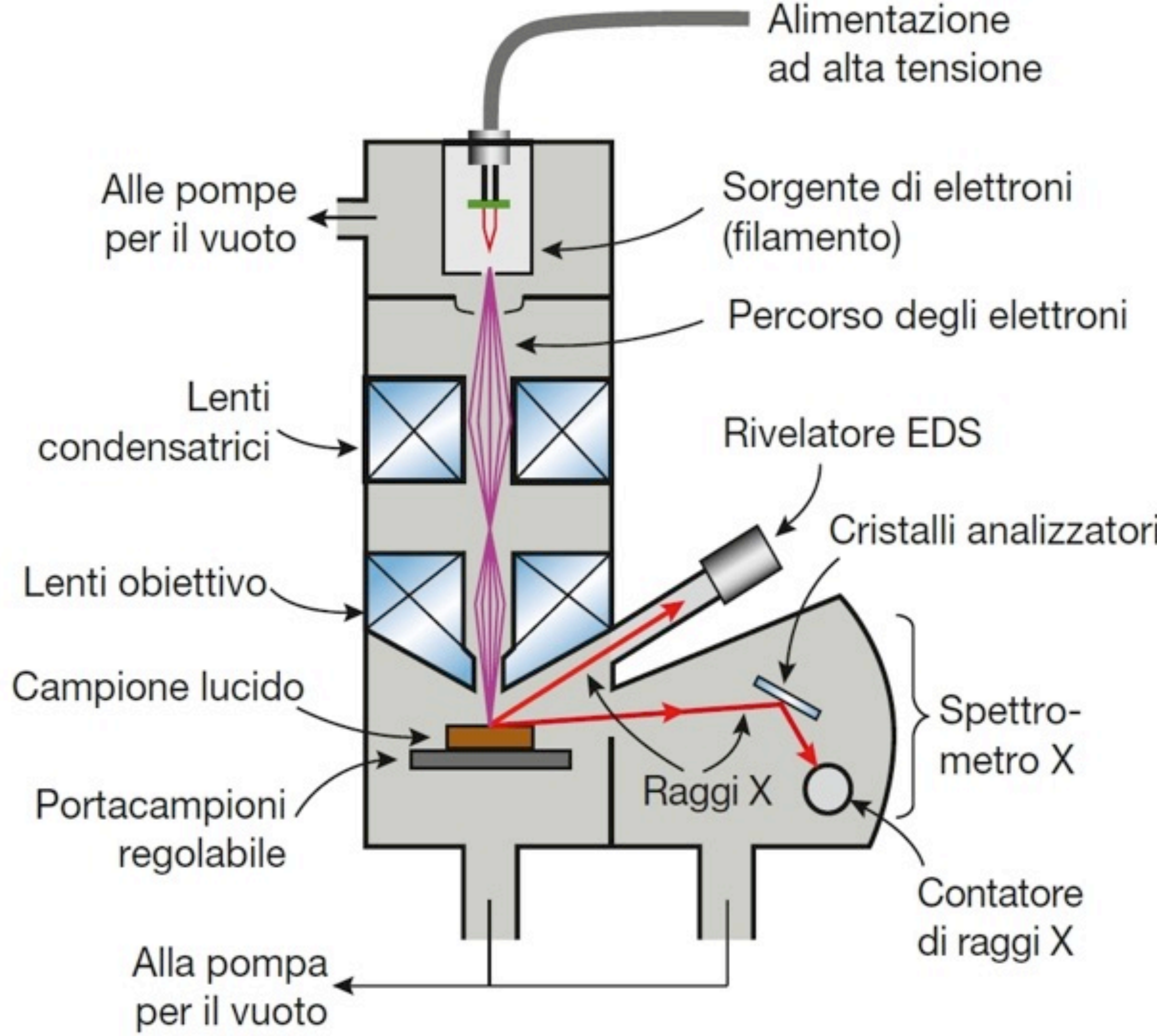


Figura 3.21 Schema di microsonda elettronica (EMPA). Si osserva la colonna elettron-ottica e due possibili rivelatori per l'analisi dei raggi X (spettrometro per raggi X e rivelatore EDS).

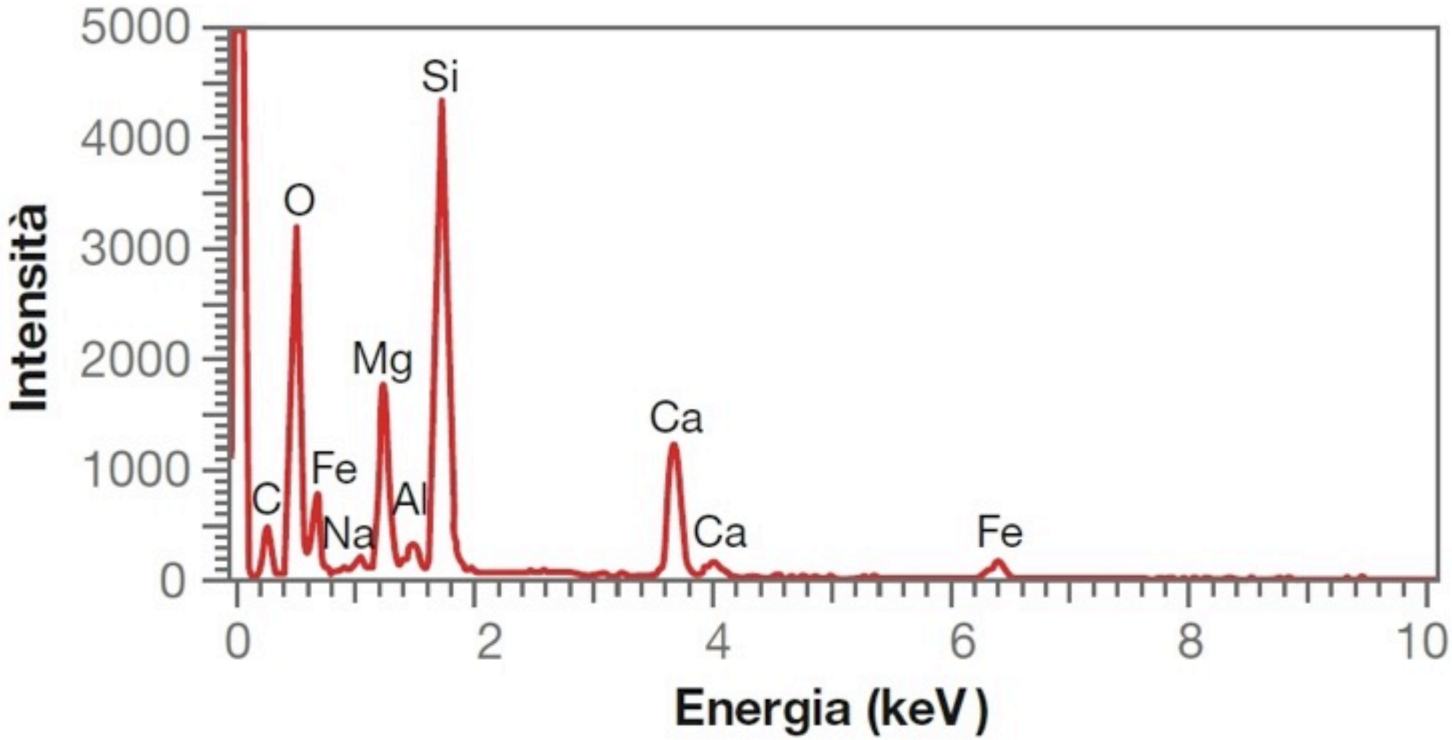


Figura 3.22 Spettro con gli elementi presenti nell'augite, ottenuto con un rivelatore a dispersione di energia (EDS) installato su di una microsonda (EMPA). Questo spettro qualitativo consente di individuare la presenza di O, Si, Ca, Al, Fe, Mg e Na. Il picco del carbonio, C, è dovuto a un sottilissimo rivestimento (di carbonio) applicato alla superficie del campione per renderla conduttiva. (Mike Spilde, Istituto di meteoritica, Università del New Mexico.)

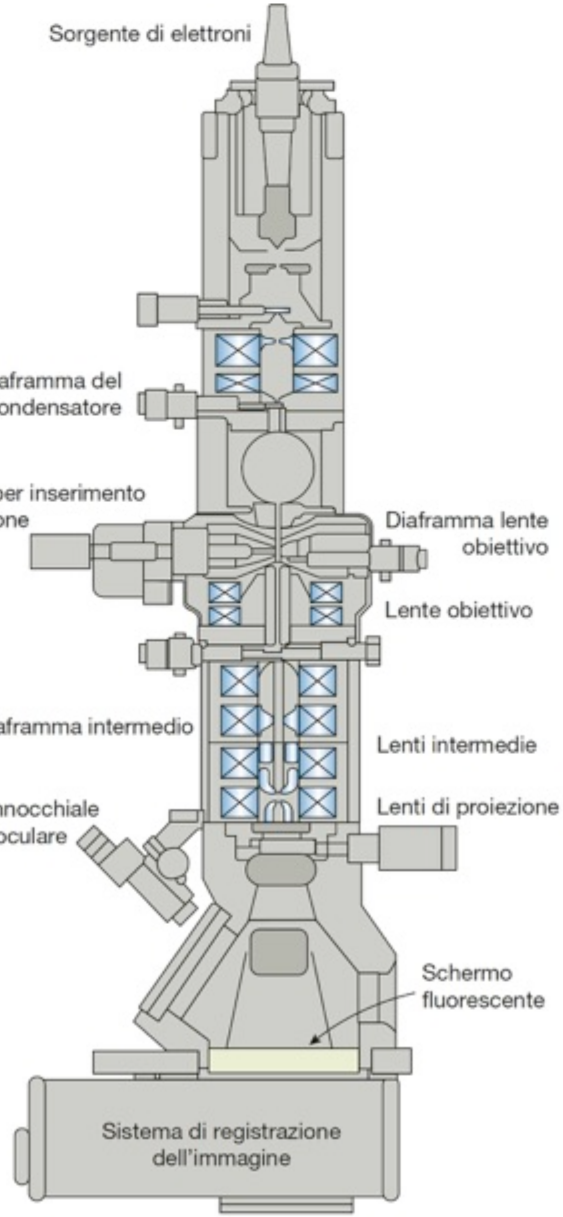


Figura 3.23 Schema di microscopio elettronico a trasmissione (TEM). Le lenti sono elettromagnetiche.