
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

MARCO FRANZINI, MIRELLA TROYSI, ANNA CECCHINI

La microdurezza della fluorite

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 71 (1981), n.1-2, p. 7–19.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1981_8_71_1-2_7_0>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

SEZIONE II

(Fisica, chimica, geologia, paleontologia e mineralogia)

Mineralogia. — *La microdurezza della fluorite.* Nota (*) di MARCO FRANZINI (**)(***), MIRELLA TROYSI (**) e ANNA CECCHINI (**), presentata dal Socio G. CAROBBI.

SUMMARY. — The fluorite Vickers and Knoop microhardness extrapolated values, measured on 10 samples at seven different weights in the range 15–500 grams and in different orientations, are reported.

The data suggest that the two microhardnesses are substantially equal; they appear higher in the planes of the {100} form than in those of the {111} form.

1. PREMESSA

Continuando lo studio sulla microdurezza dei minerali, in questa Nota vengono riportati i dati ottenuti misurando i valori di microdurezza Vickers e Knoop su 10 campioni di fluorite.

Tutti i campioni esaminati provengono dal Museo di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa e le loro caratteristiche sono brevemente descritte in Tabella I.

2. METODI DI MISURA

Le misure sono state eseguite sia con punta Vickers (V 1680) che con punta Knoop (K 3930^{III}) utilizzando l'apparecchio « Durimet Leitz ». I carichi applicati sono compresi tra 15 e 500 g. Ogni 10 misure si controlla il tempo di discesa della punta di diamante che viene mantenuto tarato su 15''; ultimata la discesa, il penetratore è lasciato abbassato ancora per 15'' e poi ritirato.

Non è stato possibile eseguire le misure sulle facce naturali di questi cristalli, ma si è resa necessaria una lucidatura superficiale ottenuta su disco rotante (Struers-DP 9) prima con panno Mecaprex F.R.L.S. e pasta abrasiva diamantata da 4–8 μm e poi con panno Mecaprex HS-Lavanda e pasta da 2–4 μm .

Particolare cura è stata posta nel rendere parallela la faccia da esaminare rispetto al piano d'appoggio dello strumento; a tal fine il campione è stato inglobato in gesso secondo quanto descritto da L. Leoni e M. Troysi [1]. La corretta orientazione viene assicurata dal controllo di messa a fuoco della faccia su tutta la sua superficie per traslazione del tavolo porta campioni.

(*) Pervenuta all'Accademia il 1° luglio 1981.

(**) Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Pisa.

(***) Centro di Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino – C.N.R. – Pisa.

TABELLA I.

Campione	N. Collezione	Località	Caratteristiche macroscopiche
1	1998	Inghilterra	Cristallo di colore viola, abito cubico, con spigolo di $\sim 3,5$ cm. Forma presente: {100}.
2	156	Giglio	Cristallo di colore rosa pallido, abito ottaedrico, di dimensione massima ~ 5 cm. Forme presenti: {111}; {100}.
3		Congeaac (Francia)	Cristallo incolore, abito ottaedrico, di dimensione massima ~ 1 cm. Forma presente: {111}.
4		Joplin (Missouri)	Cristallo di colore viola pallido, abito cubico con spigolo di ~ 2 cm. Forma presente: {100}.
5		Francia	Cristallo di colore viola, abito cubico, con spigolo di $\sim 0,7$ cm. Forma presente: {100}.
6		Beques (Francia)	Cristallo di colore giallo pallido, abito cubico, con spigolo di $\sim 0,7$ cm. Forma presente: {100}.
7	406	Gerfalco (Grosseto)	Cristallo incolore, abito ottaedrico, di dimensione massima $\sim 4,5$ cm. Forma presente: {111}.
8	645	Alston (Cumberland)	Cristallo di colore blu-viola, abito cubico, con spigolo di ~ 1 cm. Forma presente: {100}.
9	1559	Tolfa	Cristallo di colore verde pallido, abito ottaedrico, di dimensione massima ~ 3 cm. Forma presente: {111}.
10		(?)	Cristallo di colore verde pallido, abito ottaedrico, di dimensione massima ~ 3 cm. Forma presente: {111}.

Le misure sono state eseguite su facce della forma cubo e ottaedro, secondo le due diverse orientazioni riportate in Tabella II, nella quale è data la direzione della diagonale dell'impronta.

TABELLA II.

Faccia	Orientazione	
	<i>a</i>	<i>b</i>
(100)	[001]	[011]
(111)	[10 $\bar{1}$]	45° da [10 $\bar{1}$]

3. VALORI DI MICRODUREZZA

Ogni valore di microdurezza riportata nel seguito rappresenta la media di almeno quattro determinazioni, ottenute da impronte molto nitide, eseguite ad una distanza tra loro superiore a circa 2 volte la diagonale dell'impronta.

In Tabella III sono riportati i dati misurati di microdurezza Vickers e in Tabella IV quelli di microdurezza Knoop; nelle colonne riguardanti i singoli pesi applicati sono inseriti per ogni campione, oltre i valori della media di almeno quattro misure indipendenti Vickers e Knoop espresse in μm , anche il relativo valore di microdurezza HV o HK nonché il valore della diagonale (D_i) calcolata secondo il modello proposto da M. Franzini, M. Troysi e A. Cecchini [2].

In Tabella V vengono riportati i valori di HV_1 , HV_2 , σ , p_1 e R_1 nonché i valori di HVE , σ e R_2 ottenuti rispettivamente secondo i modelli di M. Franzini, M. Troysi e A. Cecchini [2] e di M. Franzini e M. Troysi [3].

4. DISCUSSIONE E INTERPRETAZIONE DEI DATI

Nel lavoro di M. Franzini, M. Troysi e A. Cecchini [2] non è data una valutazione dell'errore sui valori di HV_1 , HV_2 , σ e p_1 in funzione degli errori di misura delle diagonali.

Per gli errori sistematici è facile prevedere, come segnalato da M. Franzini e M. Troysi [4], che il loro effetto si risente sostanzialmente sul valore di σ e che quindi essi possono essere trascurati nei riguardi di HV_1 e di HV_2 .

Per quanto concerne gli errori statistici la loro influenza sulle quantità derivate non è facilmente valutabile dato che esse risultano calcolate con metodi iterativi.

TABELLA III.
Microdurezza Vickers per carichi compresi tra 15 e 500 g.

Campione	Forma	Orientazione	15	25	50	100	200	300	500
1 Inghilterra	{100}	a	d	13.8	20.4	28.9	41.3	49.8	67.1
			HV	244.72	222.53	222.93	217.93	224.17	206.08
		D _i	14.1	20.1	28.7	40.9	50.2	67.2	
	b	d	13.5	19.3	27.8	38.4	47.7	47.7	53.3
		HV	254.95	249.07	240.92	251.07	244.64	231.42	
		D _i	13.6	19.3	27.3	38.7	47.7	63.3	
2 Giglio	{111}	a	d	15.6	22.2	32.1	45.8	56.4	74.7
			HV	192.80	188.66	180.91	177.26	174.87	166.10
		D _i	15.7	22.5	32.1	45.7	56.4	74.7	
	b	d	15.5	22.6	32.1	46.4	56.5	74.0	
		HV	193.55	182.69	180.68	172.70	174.19	169.30	
		D _i	15.7	22.6	32.3	46.1	56.6	74.0	
3 Congeac	{100}	a	d	14.9	21.6	30.8	44.1	54.0	70.5
			HV	210.81	200.02	196.26	190.68	190.82	186.52
		D _i	15.1	21.6	30.8	44.0	54.2	70.4	
	b	d	15.0	21.5	30.4	43.4	52.9	69.9	
		HV	207.18	200.58	201.06	196.88	198.84	189.68	
		D _i	15.1	21.4	30.5	43.2	53.0	69.9	
{111}	a	d	15.9	22.7	31.9	45.9	56.8	74.7	
		HV	185.35	180.13	182.50	175.95	172.72	166.06	
	D _i	15.8	22.6	32.2	45.8	56.8	74.7		
b	d	15.8	22.4	31.9	45.4	56.5	73.1		
	HV	187.70	184.65	182.50	179.77	174.44	173.64		
	D _i	15.8	22.4	31.9	45.6	56.3	73.2		

Segue: TABELLA III.

Campione	Forma	Orientazione	15	25	50	100	200	300	500	
4 Joplin	{100}	a	d HV D _i	12.5 180.11 12.3	15.6 193.05 15.8	22.1 189.69 22.2	31.3 190.40 31.3	44.2 189.57 44.2	54.6 186.65 54.6	71.6 181.14 71.6
		b	d HV D _i	12.2 190.62 12.2	15.5 194.30 15.6	22.0 192.81 21.9	31.00 193.24 30.9	43.5 195.89 43.6	53.5 194.70 53.5	70.5 186.52 70.5
5 Francia	{100}	a	d HV D _i	12.0 195.74 12.0	15.6 192.06 15.6	22.2 188.83 22.2	31.5 187.51 31.5	44.6 186.60 44.6	55.0 184.09 55.0	71.6 180.99 71.6
		b	d HV D _i	12.0 195.74 12.0	15.6 192.06 15.6	22.2 188.83 22.2	31.5 187.51 31.5	44.7 185.77 44.7	55.0 184.09 55.0	71.6 180.99 71.6
6 Becques	{100}	a	d HV D _i	11.4 216.89 11.1	14.3 228.57 14.6	21.1 209.04 21.0	30.1 205.36 30.1	43.0 200.75 43.0	52.9 198.99 52.9	69.7 190.99 69.7
		b	d HV D _i	11.1 228.77 11.0	13.9 241.91 14.4	20.8 215.11 20.6	29.9 208.12 29.4	41.7 213.46 41.8	51.2 212.42 51.4	69.7 190.99 69.9
7 Gerfalco	{111}	a	d HV D _i	12.0 195.94 12.0	15.8 187.23 15.9	23.0 175.93 22.8	32.5 176.15 32.6	46.6 170.93 46.5	57.0 171.39 57.1	74.9 165.39 74.8
		b	d HV D _i	12.2 189.38 12.2	16.0 182.58 16.0	23.0 175.93 22.9	32.5 176.15 32.7	46.6 170.93 46.4	57.0 171.39 57.1	74.0 169.44 74.0

TABELLA IV.
Microdurezza Knoop per carichi compresi tra 15 e 500 g.

Campione	Forma	Orientazione	15	25	50	100	200	300	500
1 Inghilterra	{100}	d	27.7	36.0	54.9	77.8	108.0	133.1	176.0
		HK	279.64	274.53	235.04	233.99	242.24	239.27	228.01
		D _i	28.4	37.2	53.4	76.3	108.6	133.5	176.0
	b	d	28.0	36.6	54.9	78.1	110.6	135.8	178.0
		HK	273.68	265.60	235.04	232.20	230.98	229.85	222.92
		D _i	27.5	37.1	54.8	77.8	110.8	136.4	177.1
2 Giglio	{111}	d	31.8	41.1	61.5	91.9	131.4	163.6	212.9
		HK	211.51	210.32	187.30	167.59	163.64	158.28	155.82
		D _i	31.6	41.2	61.6	91.4	132.3	163.4	212.5
	b	d	32.0	41.1	61.2	90.6	130.6	159.3	208.8
		HK	209.80	210.32	188.83	172.43	165.71	167.08	162.00
		D _i	32.0	41.1	61.5	90.3	130.1	160.3	208.0
3 Congeac	{100}	d	30.2	39.7	57.8	85.3	120.6	148.5	193.5
		HK	235.57	225.40	211.83	194.52	194.33	192.09	188.58
		D _i	30.4	39.6	58.1	84.4	120.9	148.9	193.1
	b	d	30.4	41.7	61.5	89.8	130.4	159.8	207.5
		HK	232.48	204.81	187.42	175.71	166.22	165.89	164.07
		D _i	30.5	41.4	61.5	90.1	130.1	160.0	207.7
{111}	d	31.3	41.5	61.7	90.4	132.5	163.2	213.6	
	HK	219.01	206.09	186.09	173.31	160.82	159.15	154.80	
	D _i	30.6	41.7	62.1	91.1	131.9	163.3	213.6	
b	d	34.3	44.8	65.3	93.1	132.1	170.4	226.2	
	HK	181.95	177.03	166.29	163.23	161.82	145.97	138.04	
	D _i	34.6	45.2	64.8	92.6	132.7	169.8	226.7	

Segue: TABELLA IV.

Campione	Forma	Orientazione	15	25	50	100	200	300	500
4 Joplin	{100}	a	d HK D _i	41.5 206.78 42.2	61.3 188.34 61.3	88.5 180.83 88.4	126.9 175.32 127.3	159.5 166.52 158.8	207.4 164.15 208.1
		b	d HK D _i	45.6 171.11 44.6	64.7 169.23 64.3	92.3 166.25 92.2	131.6 163.15 132.2	165.3 155.13 164.6	215.7 151.80 215.4
5 Francia	{100}	a	d HK D _i	40.3 219.07 39.5	57.8 212.05 58.4	84.9 196.49 85.3	123.6 184.95 123.2	152.6 182.03 152.6	201.7 173.61 201.7
		b	d HK D _i	41.4 207.58 42.1	61.7 186.09 62.0	90.6 172.55 90.3	131.3 163.89 130.9	161.7 162.12 162.3	212.5 156.41 211.9
6 Becques	{100}	a	d HK D _i	43.1 191.53 42.9	61.0 190.38 61.1	88.0 182.89 87.6	126.0 177.97 127.1	158.0 169.80 157.1	204.1 169.55 204.3
		b	d HK D _i	40.0 222.37 40.0	57.9 211.32 59.1	87.0 187.12 86.1	124.1 183.46 124.2	154.0 178.73 154.1	203.1 171.22 203.1
7 Gerfalco	{111}	a	d HK D _i	44.5 179.67 44.5	63.5 175.69 63.7	91.2 170.28 91.1	129.5 168.48 130.0	162.0 161.52 161.3	210.0 160.16 210.6
		b	d HK D _i	44.3 181.30 44.5	64.0 172.95 63.9	91.5 169.17 91.6	130.8 165.15 131.1	162.0 161.52 161.8	210.0 160.16 210.3

Segue: TABELLA IV.

Campione	Forma	Orientazione	15	25	50	100	200	300	500
8 Alston	{100}	a	d	39.0	56.0	80.2	113.8	142.0	184.1
			HK	233.92	225.90	220.20	218.18	210.22	208.39
			D _i	39.1	56.0	80.1	114.3	141.6	184.5
		b	d	39.1	56.9	82.2	117.5	144.5	187.8
			HK	232.72	218.81	209.61	204.65	203.01	200.26
			D _i	39.2	56.9	82.2	117.5	144.7	187.5
9 Tolfa	{111}	a	d	46.6	66.4	94.4	138.3	169.4	219.4
			HK	163.84	160.68	158.94	147.72	147.72	146.73
			D _i	46.6	66.3	94.9	137.2	169.4	220.2
		b	d	47.0	67.5	98.6	139.8	174.7	228.6
			HK	161.07	155.48	145.68	144.57	138.89	135.16
			D _i	47.3	68.2	97.9	140.0	174.6	228.7
10 ?	{111}	a	d	46.6	66.7	98.1	139.6	173.1	225.0
			HK	163.84	159.24	147.17	144.99	141.47	139.51
			D _i	46.1	67.4	97.6	140.1	172.8	225.0
		b	d	48.7	67.2	96.9	140.9	172.1	218.8
			HK	150.02	156.88	150.84	142.32	143.12	147.53
			D _i	45.7	65.8	94.4	136.0	170.0	223.0

TABELLA V.

Provenienza	Microdurezza	Forma	Orientazione	HV ₁	HV ₂	σ	ρ_1	HVE	σ	R ₁	R ₂
1) Inghilterra	V	{100}	a	215	149	0.698	425.67	203	1.313	0.28	0.58
	V		b	247	214	0.123	271.24	231	0.782	0.21	0.50
	K	{111}	a	230	189	2.09	421.75	224	3.001	1.05	1.26
	K		b	193	214	5.787	51.26	216	3.353	0.46	0.65
2) Giglio	V	{100}	a	171	153	0.867	281.23	163	1.482	0.14	0.45
	V		b	168	156	0.982	394.63	165	1.183	0.20	0.25
	K	{111}	a	192	152	1.828	33.21	145	7.583	0.43	0.66
	K		b	214	161	— 0.303	31.40	153	6.219	0.52	0.75
	V	{100}	a	188	182	0.698	146.94	182	1.002	0.14	0.17
	V		b	195	178	0.420	301.40	188	0.831	0.10	0.34
K	{111}	a	209	185	1.695	28.46	180	4.377	0.45	0.49	
K		b	149	155	7.426	187.94	153	6.474	0.22	0.53	
3) Congeac	V	{100}	a	172	156	0.659	237.66	163	1.327	0.14	0.41
	V		b	179	168	0.352	146.19	170	0.891	0.11	0.23
	K	{111}	a	145	141	7.892	404.20	144	8.033	0.48	0.48
	K		b	157	124	2.372	190.04	133	8.198	0.49	2.83
4) Joplin	V	{100}	a	192	174	— 0.163	243.35	182	0.460	0.11	0.39
	V		b	198	177	— 0.243	280.04	188	0.336	0.07	0.40
	K	{111}	a	165	153	4.148	169.78	156	6.002	0.52	0.93
	K		b	156	144	3.153	175.85	146	5.266	0.72	1.16

Segue: TABELLA V.

Provenienza	Microdu- rezza	Forma	Orienta- zione	HV ₁	HV ₂	σ	p_1	HVE	σ	R ₁	R ₂
5) Francia	V	{100}	a	183	176	0.363	239.66	179	0.644	0.02	0.17
	V		b	182	175	0.415	260.29	179	0.641	0.02	0.14
6) Becques	K	{100}	a	168	157	6.561	290.41	163	7.503	0.46	0.84
	K		b	152	147	6.275	128.18	147	7.254	0.56	0.65
	V		a	192	177	0.962	293.54	186	1.336	0.16	0.33
	V		b	206	156	0.666	334.88	190	1.641	0.30	0.85
7) Gersfalso	K	{111}	a	182	164	1.294	85.62	161	7.270	0.59	2.62
	K		b	165	156	6.376	272.23	163	4.168	0.56	2.58
	V		a	165	156	0.970	312.10	162	1.241	0.13	0.25
	V		b	156	164	1.257	32.61	166	0.799	0.10	0.10
8) Alston	K	{100}	a	163	152	2.258	181.85	155	3.745	0.35	0.74
	K		b	159	154	2.812	135.72	155	3.610	0.11	0.30
	V		a	206	192	0.508	228.14	198	0.990	0.05	0.27
	V		b	201	170	0.671	435.57	197	0.917	0.05	0.21
9) Tolfa	K	{111}	a	210	199	2.067	182.94	203	3.074	0.24	0.52
	K		b	212	196	1.781	31.48	193	3.552	0.10	0.18
	V		a	156	141	0.686	238.96	148	1.366	0.03	0.40
	V		b	153	138	0.901	277.50	146	1.498	0.14	0.44
10) ?	K	{111}	a	154	142	1.496	87.04	141	3.958	0.53	0.81
	K		b	138	127	3.508	192.79	130	5.463	0.47	1.08
	V		a	156	143	0.724	130.58	144	1.690	0.06	0.32
	V		b	155	142	0.778	142.28	144	1.609	0.13	0.33
	K	{111}	a	133	132	5.551	411.62	133	5.635	0.44	0.43
	K		b	149	133	3.184	165.51	137	6.039	0.16	1.17

Una valutazione grossolana dell'errore probabile su HV_1 , HV_2 e p_1 è stata ottenuta calcolando queste grandezze per sette volte con sette serie di valori di diagonali in ciascuna delle quali una sola diagonale era stata aumentata di $0.3 \mu\text{m}$ (Vickers) o di $0.6 \mu\text{m}$ (Knoop) rispetto alle misure sperimentali. Il confronto fra queste sette serie di valori HV_1 , HV_2 , p_1 e quelli originali porta a concludere che gli errori probabili su HV_1 e HV_2 sono rispettivamente ± 4 e ± 2 sia per misure Vickers sia per misure Knoop. Come ci si poteva aspettare l'errore su p_1 , invece, è tale da rendere poco o nulla significativa questa grandezza, soprattutto quando la differenza fra HV_1 e HV_2 è piccola.

Sulla base di quanto esposto si valuta che, quando la differenza fra HV_1 e HV_2 è superiore a 10, il risultato non è accidentale ed il campione presenta veramente un comportamento di microdurezza variabile al carico; quando la differenza è inferiore a 10 i valori di HV_1 e HV_2 possono essere sostituiti dal valore di HVE.

Dall'esame della Tabella V appare che, nella maggior parte dei casi, i campioni esaminati possono essere descritti mediante HV_1 , HV_2 , σ e p_1 ad eccezione dei campioni 5, 2 {100} relativamente a Vickers *a* e Knoop *b*, 3 Knoop *a*, 7 Vickers *b* e Knoop *b* e 10 Knoop *a*, per i quali HV_1 risulta pressoché uguale a HV_2 ; ne consegue che, per tali campioni, il valore di HVE risulta significativo ai fini della descrizione della proprietà microdurezza.

Si può inoltre osservare, sia per le misure Vickers sia per le misure Knoop, che i valori di microdurezza ottenuti nell'orientazione *a* e nell'orientazione *b*, relativamente alla forma considerata, sono in buon accordo tra loro. A tali valori è possibile quindi sostituire la loro media aritmetica che viene riportata per ogni campione in Tabella VI.

TABELLA VI.

Campione	Forma	HV_1	HV_2	HK_1	HK_2
Inghilterra	{100}	231	182	212	202
Giglio		192	180	179	170
Joplin		195	176	161	149
Francia		183	176	160	152
Becques		199	167	174	160
Alston		204	181	211	198
				177 ± 5.5	
Giglio	{111}	170	155	203	157
Congea		176	162	151	133
Gerfalco		161	160	161	153
Tolfa		155	140	146	135
?		156	143	141	133
			152 ± 10.0		142.2 ± 11.8

La tabella mette in evidenza che i valori di HV_2 , misurati sui diversi campioni per una stessa forma, sono abbastanza simili tra loro. Si calcolano, infatti, rispettivamente per la forma $\{100\}$ e $\{111\}$ valori medi di 177 ± 5.5 e 152 ± 10 con deviazioni standard comparabili all'effetto valutato dell'errore statistico di misura sul calcolo di HV_2 . Accettando che i valori medi calcolati siano significativi ne risulta che la durezza della forma $\{111\}$ è inferiore a quella della forma $\{100\}$, come d'altronde confermato dai dati relativi al campione n. 2. Per quanto riguarda i valori di HK_2 la loro media è poco indicativa, come appare dal calcolo della deviazione standard. Soltanto in via molto ipotetica si può quindi dire che le durezze Vickers e Knoop sono sostanzialmente uguali e che queste ultime sono più alte per la $\{100\}$ che non per la $\{111\}$.

BIBLIOGRAFIA

- [1] L. LEONI e M. TROYSI (1974) - *Ricerche sulla microdurezza dei silicati. I. - Gli epidoti*, « Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. », Serie A, 81, 397-403.
- [2] M. FRANZINI, M. TROYSI e A. CECCHINI (1981) - *La variazione della microdurezza alla penetrazione in funzione del carico di misura*, « Rend. Acc. Naz. Lincei », in corso di stampa.
- [3] M. FRANZINI e M. TROYSI (1978) - *Macrohardness derivation from microhardness measurements*, « Rend. Acc. Naz. Lincei », Serie VIII, 65, 185-189.
- [4] M. FRANZINI e M. TROYSI (1979) - *L'effetto del ritiro elastico dell'impronta sulle misure di microdurezza Vickers e Knoop. II. Discussione e interpretazione dei dati*, « Rend. Acc. Naz. Lincei », Serie VIII, 66, 417-422.