

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCII.

1905

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVICCI

1905

e di tutte le operazioni così ottenute con le operazioni di ordine o successivamente $1, 2, \dots, s-2$ volte.

Possiamo trarre di qui un semplice corollario:

Se una classe ammette sottoclassi di indice $s > 4$, ammette sottoclassi di indice $s-1, s-2, \dots, 2, 1$. Infatti se esistono delle forme ξ_j di grado s che soddisfanno le condizioni del precedente teorema, esisteranno analoghe forme di grado $s-1$; ad esempio le derivate delle ξ_j stesse rispetto ad una determinata variabile. Possiamo quindi anche dire che dato un numero $s > 4$, se una classe non ammette sottoclassi di indice s , il massimo degli indici delle sottoclassi della classe data è $< s$.

Fisica. — *Ulteriori ricerche sulla luminescenza catodica nei cristalli.* Nota di A. POCHETTINO, presentata dal Socio BLASERNA.

Dalle ricerche del Maskeline ⁽¹⁾, dello Schmidt ⁽²⁾ e mie ⁽³⁾ risulta che in molti casi un cristallo emette sotto l'azione dei raggi catodici una luminescenza parzialmente polarizzata in un piano che è in una certa relazione colla direzione degli assi di simmetria del cristallo. Portare un contributo alla conoscenza dell'ammontare di questa polarizzazione per diverse forme cristalline è precisamente lo scopo delle presenti ricerche, le quali per le difficoltà incontrate nel procurarmi un materiale di osservazione adatto, furono dovute limitare ad un numero piuttosto ristretto di cristalli scelti in gran parte fra quelli già ricordati nella mia Nota precedente.

In queste ricerche ho adoperato un tubo a vuoto, costruito come rilevasi dalla qui annessa figura schematica.

L'estremità del tubo, di fronte al catodo C, è chiusa da un tappo T di vetro smerigliato e, per assicurare meglio la chiusura, è immersa in una bacinella B ripiena di mercurio; il pennello di raggi catodici prima di giungere sulla faccia cristallina X da studiare deve attraversare un filtro F messo in comunicazione col suolo; il cristallo è sostenuto nella posizione voluta da una

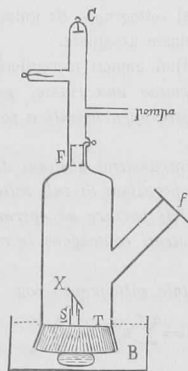


FIG. I.

di vetro smerigliato e composta di due pezzi di tubo scorrenti uno dentro

⁽¹⁾ Proc. Roy. Soc. London, 28, 1879, pag. 477.

⁽²⁾ Wied. Ann. 60, 1897, pag. 761.

⁽³⁾ Rend. R. Acc. Lincei, Roma, 2^o sem. 1904, pag. 301.

l'altro a sfregamento dolce in modo da poter essere facilmente portata e poi fissata con un po' di cera all'altezza voluta; per eliminare infine possibili perturbazioni per la rifrazione attraverso le pareti verticali del tubo, la luminescenza veniva osservata attraverso e normalmente ad una lamina piana di

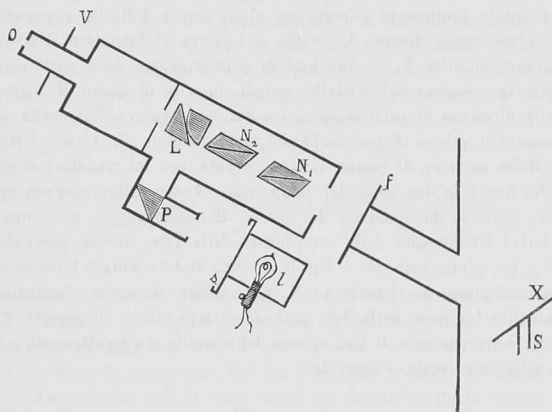


FIG. 2.

vetro fissata ad una tubatura laterale. Il tubo così costruito veniva eccitato da un rocchetto d'induzione di circa 4 cm. di scintilla.

Essendomi assicurato mediante una lamina di mica quarto d'onda ed un analizzatore che la luce emessa dai cristalli studiati era polarizzata parzialmente *rettilineamente*, ho adoperato come polarimetro il fotometro a polarizzazione del Weber (1) nel seguente modo:

Il tubo principale dell'apparecchio contenente i due Nicols N_1 ed N_2 e il prisma di Lummer L veniva diretto sulla faccia del cristallo da studiare X , il tubo a gomito laterale contenente il prisma a riflessione totale P veniva puntato su una lampadina elettrica L , servente come paragone, chiusa in un astuccio di cartone annerito portante sul davanti un telaio s , dove si potevano fissare degli schermi di vetri variamente colorati.

Ogni misura si conduceva così:

Eccitata la luminescenza nel cristallo da esaminare (questo veniva, prima lavato con benzina onde togliere il meglio possibile ogni traccia di

(1) Cfr. Jensen, *Beiträge zur Photometrie des Himmels*. Kiel, 1898, pag. 39.

sostanze grasse, che per la loro vivacissima luminescenza ai raggi catodici potevano turbare le misure) ed eliminata con opportuni schermi la possibilità che altre luci, oltre quella da studiare, venissero a cadere sui Nicols del fotometro, si inserivano davanti alla lampadina elettrica e all'oculare O del fotometro dei vetri colorati a seconda del colore della luminescenza da esaminare, affinché le due parti del campo visivo del fotometro risultassero il più possibile similmente colorate per eliminare la difficoltà di paragonare luci di colore troppo diverso. Ciò fatto si toglieva al fotometro il Nicol N_1 , e si cercava coll'altro N_2 la direzione di polarizzazione della parte polarizzata della luce emessa dal cristallo, quindi, inserito di nuovo N_1 , disponendolo nella direzione di polarizzazione trovata, si regolava l'intensità della luce colpendo il prisma P per modo che fosse sempre più vivace l'illuminazione della porzione di campo visivo ricevente luce dal cristallo; si girava quindi N_2 finché le due metà del campo visivo fossero illuminate con eguale intensità; l'inverso del quadrato del coseno di questo angolo α_1 dà una misura relativa all'intensità della componente della luce emessa parallela al Nicol N_1 ; poi girati ambedue i Nicols di 90° , si determinava l'angolo α_2 di cui occorre girare N_2 rispetto ad N_1 per ottenere di nuovo l'uguaglianza delle intensità luminose delle due metà del campo visivo: il rapporto P fra l'intensità della porzione di luce emessa dal cristallo che è polarizzata e l'intensità della luce totale, è data da:

$$P = \frac{\cos^2 \alpha_2 - \cos^2 \alpha_1}{\cos^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_1};$$

ogni determinazione di α_1 ed α_2 veniva fatta due volte, girando dapprima N_2 in un senso e un'altra volta subito dopo in senso opposto.

Per evitare una parziale polarizzazione per rifrazione nell'emissione della luminescenza, questa venne sempre osservata sotto un angolo inferiore ai 45° , precauzione più che sufficiente perchè questa polarizzazione sia del tutto trascurabile come risulta dalle formole di Fresnel, dalle misure del Millikan ⁽¹⁾ e da esperienze da me eseguite spalmando una lastrina di ebanite con olio minerale ⁽²⁾, il quale sotto i raggi catodici dà una luminescenza molto viva di colore bleu. Inoltre per evitare che l'illuminazione interna del cristallo, prodotta dalla luminescenza della superficie, venga a mescolarsi a questa dopo avere attraversato un certo strato della sostanza cristallina, il cristallo veniva sempre avvolto in carta nera, meno sulla faccia da studiare. Oltre l'illuminazione interna del cristallo, possono pure produrre cause d'errore le

⁽¹⁾ Phys. Review, III, pag. 97.

⁽²⁾ Questo olio solidificato a 190° dà ancora una luminescenza molto vivace simile a quella emessa allo stato liquido, che dura da 5 a 10 secondi dopo cessati i raggi catodici, mentre quella emessa allo stato liquido sparisce subito.

cavità che talvolta si presentano sulla superficie di certi cristalli; queste cavità emettono anch'esse luce, la quale provenendo da superfici orientate diversamente, potrebbe essere polarizzata diversamente da quella emessa dalla faccia che si studia; per ottenere buoni risultati bisogna limitarsi a scegliere faccie non presentanti grandi irregolarità.

Durante le esperienze preliminari mi sono accorto di un fatto di cui occorre tener conto riguardo a queste misure: Se, ottenuta una buona luminescenza, si fa una serie di misure si osserva che, continuando a funzionare il rocchetto, causa l'emissione di gas da parte del minerale introdotto, il tubo naturalmente peggiora, la luminescenza va diminuendo d'intensità e così pure diminuisce la polarizzazione P. Ecco per esempio una serie ottenuta con un cristallo di diopside, dove per J s'intende l'intensità totale in misura relativa:

P	0,42	0,38	0,36	0,27	0,20	0,09
J	100	80	72	41	30	22

Ora siccome non si può far funzionare il tubo continuando a pompare, finchè il cristallo non emetta più perchè altrimenti si forma su di esso un deposito catodico che impedisce la luminescenza, conveniva cercare un mezzo che permettesse di paragonare fra loro i risultati ottenuti con forme diverse dello stesso cristallo, cioè di esser sicuri di paragonare luminescenze e polarizzazioni ottenute in condizioni eguali. Perciò le misure vennero sempre cominciate quando si manifestava la fluorescenza azzurra dell'aria sul cammino dei raggi catodici; s'interrompeva subito il funzionamento della pompa e si continuava per ogni faccia esaminata a determinare P e J, fino a che cominciava a comparire la fluorescenza biancastra. Siccome i valori di J ottenuti con questo criterio oscillano fra limiti sensibilmente eguali per tutte forme osservate di ogni singolo cristallo, ho creduto giovarmi di questo criterio molto più comodo e quasi altrettanto buono del criterio solito di trovare un tratto di scintilla equivalente al tubo a vuoto.

I cristalli che mi sono potuto procurare, atti a queste ricerche, cioè liberi, con faccie ben formate senza grosse irregolarità, grandi a sufficienza in modo che il fascio catodico non ne colpisse più d'una, e d'altra parte la luce emessa illuminasse tutta una metà del campo visivo del fotometro, sono i seguenti:

Scheelite (Sistema dimetrico $a : c = 1 : 1,537$).

Venne studiato un cristallo di Traversella appartenente alla collezione del prof. A. Sella; presenta le 8 faccie della forma $\{111\}$, su esso venne anche praticato un taglio parallelo all'asse z . La fluorescenza presenta gli stessi caratteri di quella prodotta negli esemplari ricordati nella Nota precedente.

Vennero esaminate quattro faccie della forma $\{111\}$, (due vennero sacrificate per fare il taglio parallelo all'asse z , e due non si poterono esaminare perchè contenenti delle incrostazioni probabilmente di calcopirite che colla loro luminescenza speciale ⁽¹⁾ turbavano le misure) il cui comportamento si può rilevare dalla seguente tabella:

P	0,10	0,06	0,03
J	100	60	38

e quello della superficie parallela all'asse z della tabella:

P	0,16	0,12	0,11
J	100	50	41

La luminescenza è anche qui parzialmente polarizzata normalmente all'asse z ; in tutte le misure venne adoperato nell'oculare del fotometro il vetro verde, annesso all'istrumento, che lascia passare la regione dello spettro compresa fra $\lambda = 0,590$ e $\lambda = 0,470$ con un massimo di trasparenza verso $\lambda = 0,540$.

Fosgenite (Monteponi, sistema dimetrico $a:c = 1:1,0876$).

Cristallo già descritto nella Nota precedente:

Forma $\{001\}$		Forma $\{211\}$		Forma $\{210\}$	
P	J ⁽²⁾	P	J	P	J
0,00	100	0,11	95	0,12	91
0,00	68	0,06	68	0,08	73

La luminescenza è parzialmente polarizzata normalmente all'asse z ; nell'oculare del fotometro venne adoperato il vetro verde.

Zircone (Ilmen, sistema dimetrico $a:c = 1:0,6404$).

Cristallo già descritto nella Nota precedente:

Forma $\{100\}$		Forma $\{111\}$		Forma $\{001\}$	
P	J	P	J	P	J
0,31	97	0,19	109	0,00	100
0,29	59	0,16	62	0,00	47
0,26	35	0,14	43		

⁽¹⁾ Durante queste ricerche ho constatato che anche i seguenti minerali presentano la catodo-luminescenza, tutti però in grado molto piccolo: *Ematite*, verde; *Pirite*, blen-verdastro; *Cinabro*, rosa-violaceo; *Calcopirite*, giallo-rossastro; *Solfo*, blen.

⁽²⁾ Bisogna notare che i numeri riportati come corrispondenti a J nei vari cristalli non corrispondono ad una stessa unità di riferimento, perchè la luce di confronto si doveva volta per volta regolare in modo che la intensità d'illuminazione della parte di campo visivo ad essa corrispondente fosse la più debole.

La luminescenza è parzialmente polarizzata parallelamente all'asse z ; non venne usato alcun vetro colorato davanti all'oculare del fotometro.

Anatasio (Mattogrosso, sistema dimetrico $a:c = 1:1,777$.

Cristallo già descritto nella Nota precedente:

Forma {001}		Forma {111}	
P	J	P	J
0,00	100	0,13	96
0,00	39	0,06	52

La luminescenza è parzialmente polarizzata parallelamente all'asse z ; nell'oculare del fotometro venne inserito il vetro verde.

Apatite (Sulzbach). Sistema esagonale.

Vennero esaminati il secondo e il terzo esemplare già descritti nella Nota precedente, ambedue a forma di prisma esagono; non potendo disporre di esemplari con molte faccie naturali di sufficiente grandezza, uno dei due esemplari venne sacrificato e su di esso vennero prodotte artificialmente due superfici inclinate sulla base del prisma esagono rispettivamente di 52° e di 26° . I risultati ottenuti si possono compendiare così:

Base prisma esagono		Faccia del prisma esagono		Superficie artificiale a 53° sulla base		Superficie artificiale a 26° sulla base	
P	J	P	J	P	J	P	J
0,00	100	0,18	98	0,13	96	0,08	95
0,00	86	0,15	65	0,11	76	0,07	79
0,00	69	0,14	60	0,09	62	3,03	63
0,00	42	0,10	40	0,07	48		

La luminescenza è parzialmente polarizzata normalmente all'asse del prisma esagono; davanti all'oculare del fotometro venne usato il vetro verde.

Berillo (Elba). Sistema esagonale.

Venne esaminato un grosso cristallo della collezione dell'ing. E. Matirolo a forma di prisma esagono terminato dalle due basi.

Il cristallo è di color verde-grigiastro-chiaro, non molto trasparente; le faccie sono striate e portano tracce di altro materiale.

Malgrado ciò, tutte le faccie diedero risultati soddisfacentemente concordanti; la luminescenza emessa è di colore bleu chiaro, molto difficile ad attenersi, e scompare subito dopo sospeso il funzionamento del rocchetto. Data l'estrema debolezza della luminescenza, non si poterono fare che due sole misure consecutive per faccia, non si poté usare il vetro colorato nell'oculare del fotometro e ci si dovette limitare a porre davanti alla lampadina di confronto un vetro colorato in bleu chiaro. I risultati sono i seguenti:

Base		I punto faccia prisma esagono		II punto faccia prisma esagono	
P	J	P	J	P	J
0,00	100	0,11	92	0,13	100
0,00	38	0,07	70	0,06	54

Della faccia studiata del prisma esagono vennero esaminati due punti diversi, appunto per vedere quanta fosse la diversità di comportamento da punto a punto di una stessa faccia.

La luminescenza era parzialmente polarizzata parallelamente all'asse del prisma esagono.

Diopside (Mussa). (Sistema monocliino $a:b:c = 1,0903:1:0, 5893$; $\beta = 74^{\circ}, 11'$).

Vennero studiati due campioni: uno appartenente al prof. Struwer ed uno all'ing. Mattiolo, i quali si comportarono allo stesso modo qualitativamente; le misure vennero eseguite sul secondo campione. Le caratteristiche della luminescenza osservata si possono riassumere così:

Le faccie della forma $\{100\}$ danno una fluorescenza di colore *giallo-aranciato*, non molto vivace, difficile ad ottenersi, debolmente polarizzata *parallelamente* allo spigolo $[001]$.

Le faccie della forma $\{010\}$ danno una fluorescenza *rossa-scarlatta* vivacissima, facile ad ottenersi, marcatamente polarizzata *normalmente* allo spigolo $[001]$. Abbiamo qui dunque un caso inaspettato di dicroismo ⁽¹⁾ sotto i raggi catodici, accompagnato da un cambiamento nella direzione della polarizzazione della luce emessa; questo fatto venne riscontrato in ambedue gli esemplari esaminati.

Le faccie delle forme $\{110\}$, $\{310\}$, $\{221\}$, $\{101\}$ danno fluorescenza rossa, vivace, abbastanza facile ad ottenersi, polarizzata come quella emessa dalle faccie della forma $\{010\}$, ma meno marcatamente.

Le faccie della forma $\{001\}$ danno finalmente fluorescenza rossa, mediocrementemente vivace, relativamente facile ed ottenersi, e non presentante traccia alcuna di polarizzazione sensibile.

Su tutte le faccie la luminescenza emessa scompare subito dopo cessata l'azione dei raggi catodici.

Ecco i risultati delle misure quantitative:

Forma $\{010\}$		Forma $\{110\}$		Forma $\{221\}$		Forma $\{310\}$	
P	J	P	J	P	J	P	J
0,42	100	0,25	98	0,24	100	0,10	89
0,38	80	0,20	80	0,22	81	0,07	75
0,36	72	0,08	31	0,10	39		
0,27	41						

Per la forma $\{101\}$, molto difficile a studiare per la sua piccolezza ed irregolarità, venne fatto solo un tentativo di misura che diede per risultato:

$$P = 0,05 \qquad J = 80$$

⁽¹⁾ Il Maskelyne dice di avere osservato un caso dicroismo pel zircone malgrado che io abbia esaminato circa una dozzina di cristalli di zircone, non ho potuto constatare nulla di simile. È vero però che non tutti i zirconci esaminati davano luminescenza dello stesso colore.

In tutte queste misure venne sempre inserito nell'oculare del fotometro un vetro rosso che lascia passare la regione dello spettro compresa fra $\lambda = 0,68$ e $\lambda = 0,59$ con un massimo di trasparenza per $\lambda = 0,54$.

Per la forma $\{100\}$ ho dovuto usare come luce di paragone una lampada molto più debole di quella adoperata per le altre forme del Diopside causa la debolezza della luminescenza emessa e non potei adoperare alcun vetro colorato all'oculare fotometrico; pel massimo d'intensità che ho potuto ottenere risultò $P = 0,06$; con intensità minori non si poté compiere misure attendibili (1).

Cerussite (Monteponi). (Sistema trimetrico $a:b:c = 0,6102:1:0,7232$)

Venne esaminato il primo dei due cristalli descritti nella Nota già ricordata. Dato il colore bleu-verdastro chiaro della luminescenza emessa, venne sempre tenuto nell'oculare del fotometro il vetro verde; la luminescenza è parzialmente polarizzata secondo l'asse z . I risultati ottenuti si possono compendiar così:

Forma $\{110\}$		Forma $\{010\}$		Forma $\{100\}$		Forma $\{001\}$	
P	J	P	J	P	J	P	J
0,48	96	0,44	94	0,32	92	0,00	100
0,43	70	0,38	66	0,27	65	0,00	70
0,37	50	0,33	46	0,21	46		

Degno di nota mi pare la circostanza, che malgrado un intorbidamento di colore bianco nell'interno del cristallo estendentesi fino alla superficie delle forme $\{001\}$ e $\{100\}$, nessuna influenza si poté constatare sull'ammontare di P.

Barite (Sistema trimetrico $a:b:c = 0,6207:1:0,7618$).

Vennero esaminati due cristalli gentilmente inviati dal prof. Lewis di Cambridge. Il primo (Mambray, Frizinton) di colore leggermente giallastro presentante le forme $\{110\}$ $\{001\}$ e $\{012\}$ diede luminescenza non molto vivace di colore bleu tendente al violetto parzialmente polarizzata normalmente all'asse z , precisamente come avevo trovato per il cristallo della collezione Sella già ricordato nella Nota precedente (2). I risultati ottenuti si possono riassumere così:

(1) È notevole il fatto che il Maskelyne non ha potuto trovare traccia di polarizzazione nell'augite da lui esaminata e così pure nell'apatite, nel crisoberillo che pure la mostrano in tutti i campioni da me esaminati. Concordemente col Maskelyne non ho potuto trovar traccia di polarizzazione nella tormalina (di cui esaminai 3 esemplari) nel topazio, nell'andalusite e nell'olivina; anzi in alcuni campioni di andalusite e di olivina non potei ottenere luminescenza alcuna.

(2) Questo cristallo non venne potuto utilizzare in queste ricerche per la limitata grandezza delle sue faccie.

Forma {110}		Forma {001}		Forma {012}	
P	J	P	J	P	J
0,25	90	0,00	100	0,15	95
0,13	40	0,00	30	0,08	50

Stante la debolezza della luminescenza non si poterono fare molte misure consecutive, nè porre all'oculare del fotometro il vetro colorato; mi dovetti contentare di applicare alla lampada di paragone un comune vetro bleu.

Un campione di Barite di Dufton, pure gentilmente concessomi dal prof. Lewis, perfettamente incolore, diede una fluorescenza violetta su tutte le faccie senza alcuna traccia di polarizzazione sensibile.

Crisoberillo (Sistema trimetrico $a:b:c = 0,47:1:0,58$).

Di questo minerale, grazie alla cortesia del prof. Lewis, ho potuto esaminare cinque esemplari dei quali: uno appartenente alla varietà Alessandrite (Ekaterinenburg) presentante alla luce del giorno una colorazione verde-scuro e alla luce del gas un colore violetto-ametista con riflessi giallastri, uno (Ekaterinenburg) colore verde-chiaro alla luce solare e rossastro alla luce a gas tagliato artificialmente, tre infine provenienti da Ceylon colore verde-chiaro senza traccia di dicroismo, senza forme cristalline determinate, leggermente opalescenti.

L'alessandrite diede sotto i raggi catodici una fluorescenza abbastanza vivace di colore rosso, marcatamente polarizzata secondo l'asse z . I risultati delle misure sono:

Forma {111}		Forma {121}		Forma {011}		Forma {010}	
P	J	P	J	P	J	P	J
0,25	100	0,40	100	0,39	100	0,50	100
0,12	55	0,24	50	0,26	60	0,22	50

Del cristallo tagliato artificialmente ho esaminato una superficie che corrisponderebbe quasi alla faccia naturale {163}, l'orientazione della polarizzazione è la stessa, il colore della luminescenza è pure la stessa, i risultati sono:

$$P = 0,28 \qquad J = 100$$

$$P = 0,28 \qquad J = 60$$

Finalmente gli altri campioni di crisoberillo diedero tutti una fluorescenza celeste pochissimo intensa e del tutto priva di polarizzazione, su tutta la loro superficie conformemente a quanto fu trovato dal Maskeline per gli esemplari da lui esaminati.