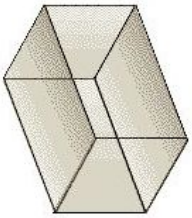
G. Sini, Settembre 2020

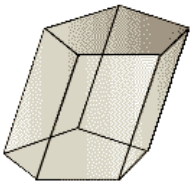
Art. n° 54 – I PRISMI OTTICI

Il termine "prisma", in geometria, indica un poliedro, una figura solida (a tre dimensioni) avente per "basi" due poligoni identici, giacenti in piani paralleli. Le due basi sono collegate fra loro da "facce laterali", che sono parallelogrammi in numero pari ai lati delle basi. Le facce laterali s'incontrano secondo linee ("spigoli laterali") parallele fra loro.

Se gli spigoli laterali sono perpendicolari ai piani delle basi, le facce laterali sono rettangoli ed il prisma è "retto" (fig. 1). Fig.1

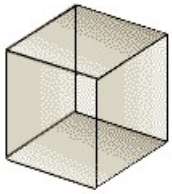


In caso contrario, il prisma è "obliquo" (fig. 2). Fig. 2

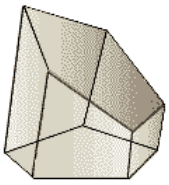


Se le basi sono costituite da parallelogrammi, il prisma è detto "parallelepipedo". Se tutte le facce sono rettangolari, il prisma è "parallelepipedo rettangolo" (fig. 1).

Se tutte le facce e le basi sono quadrate, il prisma si chiama "cubo". Fig. 3



Se una delle basi non è parallela all'altra, il prisma è detto "prisma tronco" (fig. 4). Fig. 4



Tutte le facce sono comunque piane.

Non c'interessa in questa sede il calcolo delle superfici e dei volumi.

In ottica, il termine è assai più sfumato: un "prisma ottico" può assumere forme assai varie, che non rientrano nella definizione geometrica di cui sopra, e spesso è costituito da due o più prismi incollati o comunque in posizione fissa fra loro (per es. figg. 29–31, pag. 9).

Si tratta comunque di poliedri fabbricati con vetri ottici di caratteristiche varie e ben controllate, limitati da facce generalmente piane. Il termine "piano" va inteso qui con tolleranze molto strette: deviazioni dal piano ideale entro frazioni di micron, in relazione all'uso specifico.

Le facce esposte all'aria possono essere ricoperte da un "trattamento" anti-riflettente, di solito destinato a ridurre la radiazione riflessa (e la conseguente perdita di contrasto nel sistema). Tali trattamenti sono spesso molto delicati, si possono alterare col tempo e mal sopportano la pulizia (figura seguente).

Fig. 5 – Il tempo ed una pulizia troppo energica possono neutralizzare del tutto la funzione di un normale trattamento anti-riflettente.

Quando il prisma ottico è "composto" (due o più prismi incollati fra loro), l'adesivo può essere otticamente neutro, in specie se il suo indice e la sua dispersione sono identici a quelli del vetro. Esempio tipico è il classico "balsamo del Canada" od i suoi equivalenti sintetici.

In altri casi, la superficie di contatto, in genere una sola delle due facce accostate, è coperta da uno strato sottile con funzione semi-riflettente, polarizzante, filtrante selettiva, ed altro.

Le superfici semi-riflettenti erano una volta costituite da uno strato metallico evaporato sotto vuoto, con forte assorbimento (anche più del 30%). Esse, e tutti gli altri "strati sottili" moderni di varia funzione, sono oggi costituite da sistemi interferenziali ad uno o più strati da cui è possibile ottenere le prestazioni più varie.

Gli strati semi-riflettenti interferenziali presentano in genere assorbimento trascurabile (e quindi non si scaldano) e la loro curva di trasmissione può essere piatta, almeno all'interno dello

spettro ottico ("neutra"), oppure essere selettiva (riflettere il massimo in una certa banda spettrale e trasmettere il massimo in un'altra banda, come è generalmente esigito nelle tecniche episcopiche basate sulla fluorescenza).

I trattamenti interferenziali colorati sono spesso indicati con l'aggettivo "dicroici", ma questo è un grossolano errore, in quanto il dicroismo è un fenomeno legato alla trasmissione di un fascio non monocromatico in certi corpi birifrangenti. Più corretto sarebbe l'aggettivo "dicromatici".

La versatilità degli strati sottili interferenziali, antiriflettenti o semiriflettenti, si accompagna però ad una loro sensibilità, sia alla pulizia, sia all'invecchiamento, come già denunciato. Se essi sono a contatto con uno strato di adesivo (prismi compositi), si ha un'altra sorgente d'instabilità.

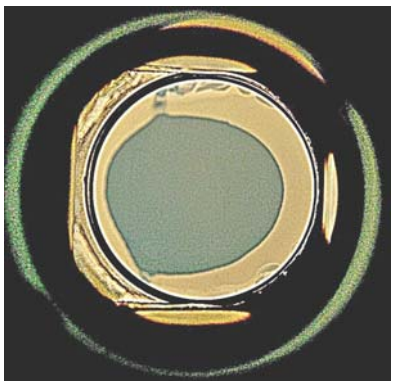


Fig. 6 – Anche in uno strumento di grande pregio (non facciamo nomi), qualche anno è sufficiente per ridurre all'impotenza uno strato interferenziale semi-riflettente. Si tratta del divisore di fascio di un tubo bioculare che sdoppia il fascio proveniente dall'obbiettivo in due fasci, per i due oculari.

Inoltre, le prestazioni degli strati sottili interferenziali sono sensibili all'angolo d'incidenza del fascio: nel caso più semplice (un trattamento antiriflettente monostrato), la banda passante si sposta fino a 100 nm per un'incidenza da 0° a 60°. Questo significa che, quando essi sono attraversati da un fascio convergente o divergente, la banda trasmessa non è la stessa per tutti i valori d'apertura compresi nel fascio, e la banda complessiva si allarga.

I prismi ottici contenenti strati sottili interferenziali con funzione di **semi-riflettenti** o "separatori" sono spesso usati in microscopia per avere due immagini intermedie identiche da destinare a due distinti oculari o ad usi diversi, per es. visione-fotografia, oppure fotografia-esposimetria, oppure visione-canale TV, ecc. Essi vanno anche sotto il nome inglese di "**splitter**" o "**beam splitter**".

Con opportuni accorgimenti, uno splitter può essere concepito con funzione polarizzante: per applicazioni particolari, i fasci trasmesso e/o riflesso possono essere linearmente polarizzati, ma in genere le riflessioni sugli specchi od i prismi alterano lo stato della radiazione polarizzata incidente. Pertanto, gli organi contenenti specchi o prismi (tubi porta-oculari, tubi intermedi, ecc.) non sono utilizzabili nei microscopi polarizzatori senza particolari accorgimenti.

Gli splitter possono anche servire, con un senso inverso di propagazione dei fasci, per sovrapporre due fasci diversi, come nei "tubi da disegno": una specie di "**mixer** ottico". Vedremo alcuni esempi di "mixer": figg. 46 a pag. 14 e 82-84 a pag. 22.

La facce di un prisma ottico possono essere usate come specchi se metallizzate (a volte per argentatura per un massimo potere riflettente)(fig. 18, pag. 7); in quel caso la superficie argentata è protetta esternamente da vernice isolante per evitare l'alterazione dell'argento al contatto con le tracce di acido solfidrico presenti nell'aria, il che provocherebbe la formazione di solfuro d'argento, come si vede nei vecchi specchi anneriti.

La metallizzazione di certe facce è necessaria quando si ha riflessione interna NON totale (vedi oltre) e non si vuole disperdere per rifrazione una parte del fascio che incide sulla superficie vetro-aria provenendo dalla parte del vetro.

Inoltre, le superfici esterne del vetro, al contatto con aria umida, possono essere esposte col tempo alla proliferazione di miceti inferiori (muffe – "fungus" in gergo), col risultato che la superficie può risultare irrimediabilmente alterata.

Fig. 7 – Un prisma tratto dal tubo bioculare di un microscopio tenuto per anni in cantina.
Lo strumento è da buttare: una nuova lavorazione dei singoli prismi con le dovute tolleranze non è possibile

fuori da un'industria specializzata e risulterebbe troppo costosa.

I fenomeni ottici che interessano nell'uso dei prismi sono due: riflessione e rifrazione. Si tratta di fenomeni noti, su cui è utile qualche precisazione.

È bene rilevare però che la riflessione al confine fra due mezzi trasparenti (aria, vetro, adesivi trasparenti, ecc.) è sempre un fenomeno acromatico, indifferente al colore (lunghezza d'onda) della radiazione in gioco. Nel caso degli strati sottili interferenziali, invece, la curva spettrale di riflessione (o trasmissione) può assumere forma molto varia.

Riflessione esterna[1]

Intendiamo qui la propagazione di un fascio ottico da un mezzo trasparente di indice minore ad uno di indice maggiore – aria e vetro nel caso più frequente.

Se il secondo mezzo è più rifrangente del primo, la riflessione su una superficie fra due mezzi trasparenti è sempre accompagnata da una parziale trasmissione (rifrazione). Del caso inverso, parleremo subito sotto ("Riflessione interna").

La riflessione obbedisce a note leggi:

– l'angolo di riflessione è uguale a quello d'incidenza;

– raggio incidente e raggio riflesso giacciono sullo stesso piano ("piano d'incidenza"), assieme alla normale nel punto d'incidenza;

– l'intensità del raggio riflesso e di quello trasmesso, sommate insieme, non sono pari all'intensità di quello incidente: la parità vale solo se si considerano le energie dei fasci;

– l'intensità del fascio riflesso aumenta (non linearmente) con l'angolo d'incidenza fino a tendere a 100% quando l'angolo d'incidenza tende a 90° (luce radente)(figura seguente).

Per incidenza "normale" (perpendicolare) alla superficie fra aria ed un mezzo trasparente d'indice **n**, vale la formula di Fresnel: $R = ([n - 1]/[n + 1])^2$ in cui R è la riflettanza[2].

Nel caso dei più comuni vetri ottici in aria, l'incidenza normale porta ad una componente riflessa del 4% circa (figura seguente).

Con l'aumentare dell'incidenza, il fascio riflesso risulta, almeno parzialmente, sdoppiato e polarizzato, come si vede nella figura qui sotto. Quando l'incidenza raggiunge un valore particolare ("angolo di Brewster"), una delle componenti del fascio riflesso si annulla (freccia rossa nella figura seguente) e la rimanente è quindi linearmente e totalmente polarizzata.

Come già affermato nel caso degli splitter, questo fatto impedisce di usare i prismi ottici (ed in genere gli specchi) negli strumenti per luce polarizzata, salvo l'introduzione di accorgimenti particolari.

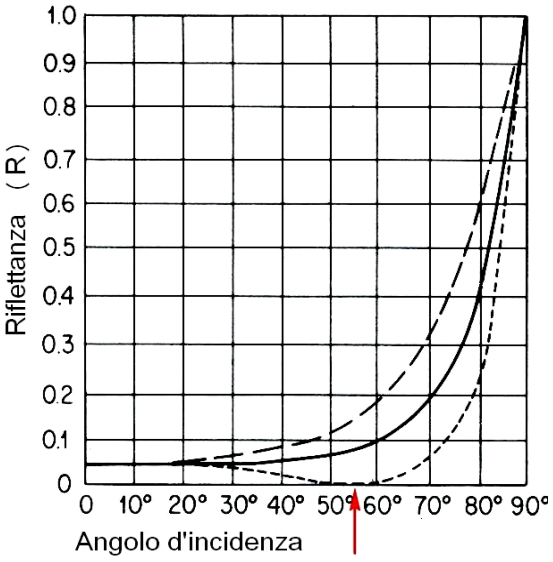


Fig. 8 – Il valore dell'angolo d'incidenza per cui una componente del fascio riflesso scompare ed avviene la polarizzazione totale dell'altro si chiama **angolo di Brewster** ($\mathbf{i_b}$)(freccia rossa). Il valore di tale angolo si ricava dalla formula: $\text{tg } \mathbf{i_b} = n_2 / n_1$ in cui $\mathbf{n_1}$ ed $\mathbf{n_2}$ sono gli indici dei due mezzi attraverso cui si propaga la radiazione. Quando la riflessione avviene secondo l'angolo di Brewster, una semplice superficie di qualunque pezzo di vetro diviene un perfetto polarizzatore.

La linea tratteggiata indica la componente polarizzata che oscilla in direzione parallela al piano riflettente (circa 15% all'angolo di Brewster). La linea punteggiata indica la componente che oscilla in direzione perpendicolare al piano stesso. La linea intera è la somma delle due componenti.

[1] In questo testo, si suppone che la superficie riflettente o rifrangente sia ideale, perfettamente piana, pulita, omogenea, priva di potere assorbente o diffondente, ecc.

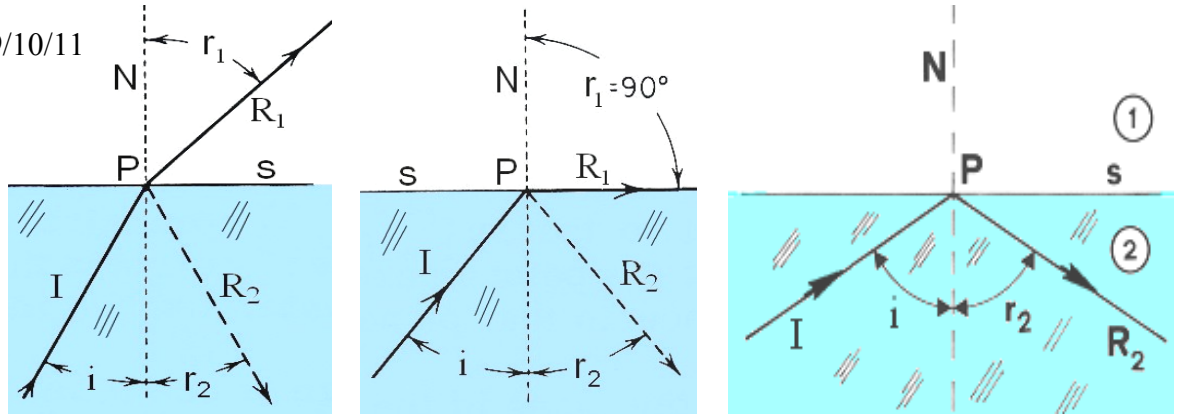
[2] È comune ed quivalente anche il termine "riflettenza" = coefficiente di riflessione.

Riflessione interna

Parliamo qui di un fascio che incide da dentro un mezzo trasparente più rifrangente verso uno meno rifrangente – caso frequente, da vetro in aria. Situazione assai frequente nei prismi ottici.

Per angoli d'incidenza modesti, si ha come al solito riflessione (R_2 nelle figure seguenti) **e** rifrazione (R_1), secondo le note leggi, tenendo presente che, secondo la legge di Snell–Cartesio, l'angolo di rifrazione (**r_1**) sarà maggiore di quello d'incidenza (**i** – fig. 9). Quando l'angolo d'incidenza (**i**) aumenta e raggiunge un certo valore (**angolo limite**), il raggio rifratto (R_1) sarà radente alla superficie **s** di separazione dei due mezzi (angolo di rifrazione $r_1 = 90°$ – fig. 10).

Fig. 9/10/11



In sostanza, se il raggio incidente proviene da un mezzo con indice n > 1 ed entra in un mezzo di indice minore, per es. in aria, esso si allontana dalla normale. Nelle fig. 9/10/11 si suppone che il raggio vada dal basso in alto; l'angolo di rifrazione è **r_1** ed è maggiore dell'angolo d'incidenza (che è indicato con **i**). Quando **r_1** aumenta fino a 90°, il valore di **i** diventa il massimo oltre il quale la rifrazione non è più possibile; ecco perché esso si chiama **angolo limite;** lo si indica colla lettera greca "theta" maiuscola: **θ**.

Se **i > θ**, il raggio incidente (I) **non** viene più rifratto (fig. 11), cioè non oltrepassa la superficie **s,** ma viene "totalmente riflesso" in P e prosegue interamente come raggio riflesso R_2. Questa riflessione si chiama "**interna totale**" poiché tutta l'energia incidente viene riflessa (se il mezzo è totalmente trasparente, la superficie di separazione assolutamente piana e pulita, ecc.), mentre nelle riflessioni interne con incidenza minore di **θ** vi è una parte riflessa ed una parte trasmessa (se il materiale è trasparente).

Il calcolo di **θ** è facile: $\text{sen}\ \theta = 1 / n$

in cui **n** è ovviamente l'indice del vetro, che si suppone a contatto con l'aria.

Se il mezzo più rifrangente (2 in fig. 11) è un normale vetro leggero boro-silicato (crown) con $n_D = 1{,}515$, si ha: $\text{sen}\ \theta = 1/n = 0{,}660$; $\theta = 41{,}30°$; dunque, **se un raggio incide su una superficie vetro-aria (provenendo dal vetro) con un angolo di circa 45°, superiore all'angolo limite θ per quel vetro, esso viene totalmente riflesso come se la superficie del vetro fosse opaca, cioè priva di trasmissione. Si ha così uno specchio ideale, a rendimento massimo** (fig. 18 a pag. 7).

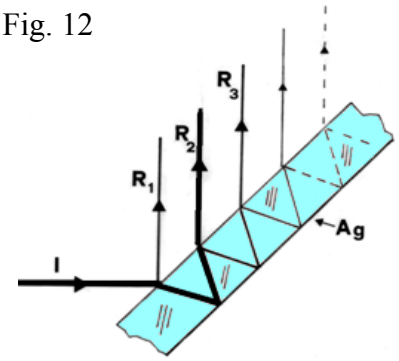
Questo fenomeno si sfrutta nei "**prismi a riflessione totale**" o "a riflessione interna (totale)", ampiamente utilizzati nei microscopi, binocoli, ed altri strumenti.

Come abbiamo detto, la riflessione interna totale soggiace alle stesse leggi geometriche della riflessione interna NON totale.

I vantaggi del prisma a riflessione totale rispetto allo specchio normale ("esterno") sono:

1) la riflessione è "totale" (100 %), senza perdite, a meno che la superficie riflettente venga metallizzata, come si fa talvolta per evitare la necessità di pulizia periodica; in questo caso, la metallizzazione viene protetta con una qualunque vernice opaca. Ovviamente, la metallizzazione fa perdere qualche percentuale sul potere riflettente;

Fig. 12



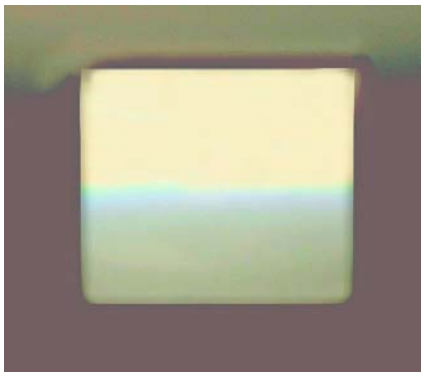
2) non vi sono riflessioni spurie, come avviene negli **specchi "posteriori"**, in cui viene metallizzata la superficie posteriore di una lamina di vetro (specchi normali); guardando la figura 12, si comprende come le riflessioni multiple possano sovrapporsi e non essere notate quando l'incidenza è normale, ma si separano quando l'incidenza aumenta. In altre parole, uno specchio "posteriore" con incidenza diversa da 0° crea, accanto al riflesso principale, una serie di riflessi più deboli dovuti alla prima superficie, non metallizzata, della lamina in vetro;

3) si può eliminare il problema dei riflessi spuri metallizzando la superficie anteriore della lamina di vetro di uno specchio ("**specchi di superficie**"), ma lo strato metallizzato è delicatissimo e non sopporta una pulizia per sfregamento; anche una protezione con uno strato di monossido di silicio evaporato sotto vuoto ("quarzatura") non aiuta molto; le superfici di un prisma invece, essendo di vetro, possono essere pulite con mezzi normali. Anche qui, la riflettanza non può arrivare a 100% (fig. 13, pagina seguente).

Però… è chiaro che il comportamento dei prismi a riflessione totale è dipendente dall'angolo limite (e dall'indice del vetro): in altre parole, essi sono sensibili all'inclinazione del fascio, e quindi non sempre possono essere usati su un fascio convergente o divergente.

Quando invece si debbono deviare/riflettere dei fasci di raggi non troppo aperti, senza mutarne la convergenza, si usano quindi superfici piane, raramente specchi (più frequenti nel sistema illuminante di un microscopio), più spesso prismi a riflessione totale.

Nel caso dei comuni vetri ottici, essendo θ pari a circa 41,3°, ogni raggio con un'apertura inferiore a quel valore sarà riflesso, ma non totalmente. Vedi il caso del prisma di Littrow, fig. 57 a pag 16, che richiede una metallizzazione e la figura a lato.



Osservando attraverso un prisma una superficie bianca, se gli angoli sono corretti, si può osservare il riflesso diviso in due: sopra, il fascio viene totalmente riflesso e la superficie appare chiara; in basso, l'incidenza è troppo bassa, e la riflessione non è totale. Il confine fra le due zone è segnato da un pallido arcobaleno: poiché l'angolo limite è funzione dell'indice e l'indice dipende dalla lunghezza d'onda, anche il confine fra riflessione totale e non totale è allora "disperso" (se si opera in radiazione non monocromatica).

Abbiamo esposto sopra i vantaggi della riflessione totale. Quando però una superficie di un prisma in vetro ottico è esposto all'aria, prima o poi sarà esposto al deposito di polvere ed aerosol ("si appanna") e magari a qualche ditata. Il contatto con qualunque corpo estraneo, fosse anche un granello di polvere, altera il rapporto degli indici che si verifica alla superficie vetro-aria. Pertanto, in quel punto, non si verifica la riflessione totale e, nel fascio riflesso, vi sarà un puntino nero (magari qualcosa di sagomato come un'impronta digitale).

Per questo motivo, come accennato prima, molti costruttori rinunciano ai vantaggi della riflessione totale e coprono la superficie riflettente del prisma con una metallizzazione; si perde qualche percento del coefficiente di riflessione, ma le prestazioni rimangono buone. Poiché l'argento tende ad annerire, si protegge poi l'argento dal contatto con l'aria (e con le dita) con una qualunque vernice. Spesso, in luogo dell'argento si usa l'alluminio, chimicamente più stabile.

Riflessione metallica

La riflessione alla superficie (lucida) di un mezzo non trasparente, come un metallo, obbedisce alle leggi note, ma con qualche aspetto particolare.

Gli specchi a supporto metallico sono casi rari: si usa in genere un supporto in vetro metallizzato, con la superficie utile resa planare con le consuete tolleranze ottiche. Come abbiamo det-

to, si evitano in genere gli specchi "posteriori" (superficie metallizzata riflettente sul dorso del supporto) per evitare le immagini multiple (fig. 12, qui sopra); qualche uso se ne fa nello specchietto piano-concavo posto sotto il tavolino dei microscopi più semplici, poiché esso va pulito molto spesso.

Sono invece comuni gli specchi "di superficie", in cui la superficie riflettente è quella su cui incide direttamente il fascio utile. Con questa soluzione si evitano i riflessi multipli, ma si esclude l'uso dell'argentatura per la sua facile alterazione chimica. Normalmente si usa l'alluminio, chimicamente stabile a tempo indeterminato, ma lo si protegge con uno strato sottile di monossido di silicio ("quarzatura", come già accennato). Ciò rappresenta una protezione molto parziale e lo specchio alluminato è sempre molto delicato ed insofferente ad una pulizia energica.

Nonostante questo, gli specchi di superficie alluminati sono ampiamente utilizzati in astronomia (telescopi riflettori), in fotografia (obbiettivi catadiottrici, specchietti ribaltabili delle macchine reflex[3]) ed in microscopia. Vedremo alcuni esempi (fig.89 a pag. 23).

La riflessione metallica (che non è acromatica) mostra una riflettanza molto dipendente dalla natura del metallo e da λ (figura seguente).

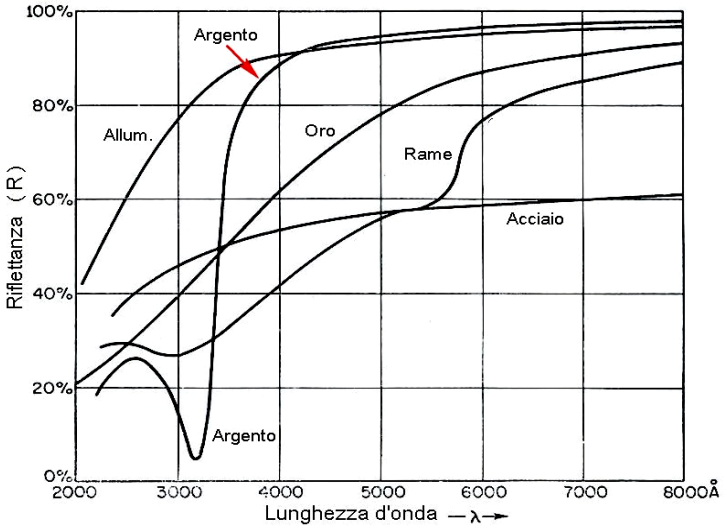


Fig. 13 – Nello spettro visibile, il valore di R è massimo per l'argento, ma esso non è adatto nella banda UV per via di un forte minimo a circa 320 nm.

La curva che risale verso il rosso dell'oro e del rame giustifica il colore di questi metalli.

La curva dell'alluminio è invece ragionevolmente neutra nello spettro ottico e nell'UV prossimo, e questa è la ragione del larghissimo uso che si fa di questo metallo negli specchi.

Notare che tutti i metalli mostrano una maggiore riflettanza nell'infrarosso vicino.

Per quanto riguarda il comportamento della riflessione metallica in radiazione polarizzata, c'è qualche differenza rispetto alla riflessione su vetro (figura a lato).

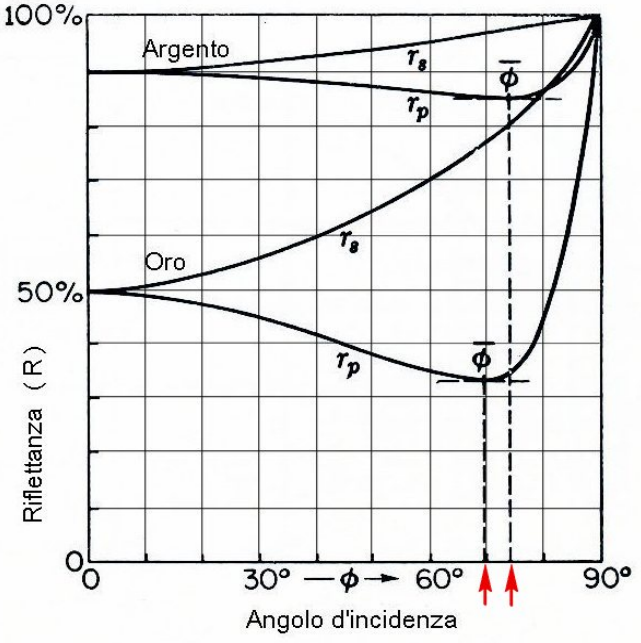


Fig. 14 – Confrontando queste curve con quelle della fig. 8 a pag. 3, si vede che c'è ancora uno sdoppiamento del fascio riflesso in due componenti polarizzate: in un piano perpendicolare al piano d'incidenza ($\mathbf{r_S}$) ed in un piano parallelo ($\mathbf{r_p}$), ma la polarizzazione non è mai totale.

Anche in questo caso, quindi, impossibile l'uso di specchi metallici in strumenti a radiazione polarizzata.

In luce radente (incidenza che tende a 90°), la riflettanza tende anche qui a 100%.

Il simbolo Ø indica l'angolo d'incidenza in cui la riflettanza della componente r_p assume il minimo valore.

[3] Per inciso, quegli specchietti a volte possono essere utilizzati come "star test".

Rifrazione

L'altro fenomeno che sta alla base dell'uso dei prismi ottici è la rifrazione: ciò che succede all'interfaccia aria-vetro. Le leggi da ricordare sono note, ma si possono sfruttare in vario modo, in vista di funzioni assai varie. Importante è ricordare che la rifrazione NON è un fenomeno acromatico: secondo la legge di Snell-Cartesio (sen i/sen r = n_2 / n_1), il rapporto fra gli angoli d'incidenza e di rifrazione dipende dall'indice dei due mezzi, il quale a sua volta dipende dalla lunghezza d'onda, con una legge particolare per ogni materiale tra-sparente. Si parla in questo caso di "disper-sione dell'indice" e quindi di "**disper-sione**" del fascio rifratto (FD, figura a lato).

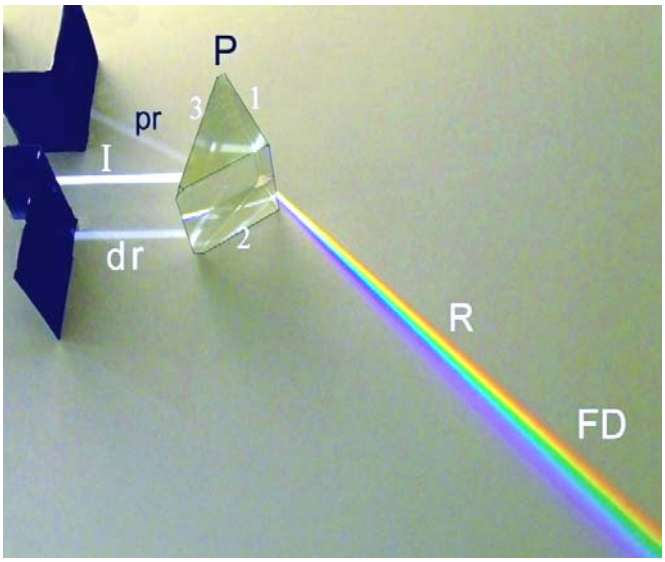
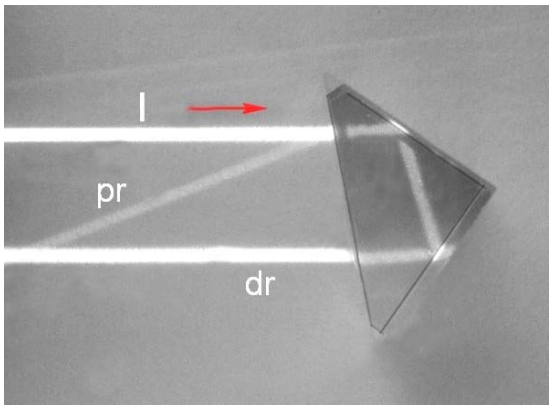


Fig. 15 – Con un prisma ricavato da un vecchio binocolo "prismatico", una forte lampada ed una fessura, non è difficile mettere in evidenza la "dispersione dell'indice". Preferibile una lampada a tungsteno, visto che lo spettro dei LED "bianchi" è in realtà uno spettro a bande.

Si notino un fascio (bianco) riflesso (pr) dalla prima faccia (3) del prisma P, ed un fascio riflesso internamente due volte (dr) dalle due facce cateto (1 e 2) del prisma (vedi le figure seguenti). Questi due fasci sono acromatici poiché non sono stati soggetti a rifrazione (in realtà, le due rifrazioni del fascio **dr** si compensano a vicenda).



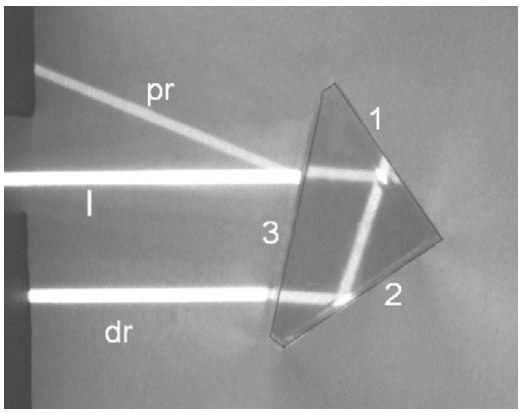
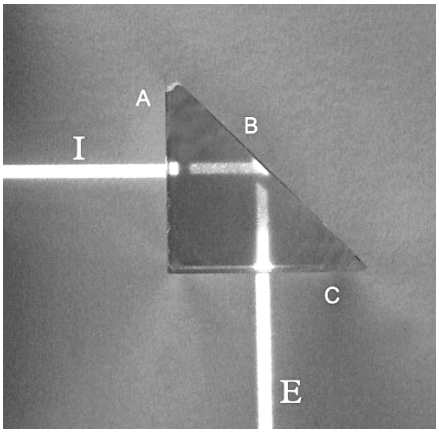


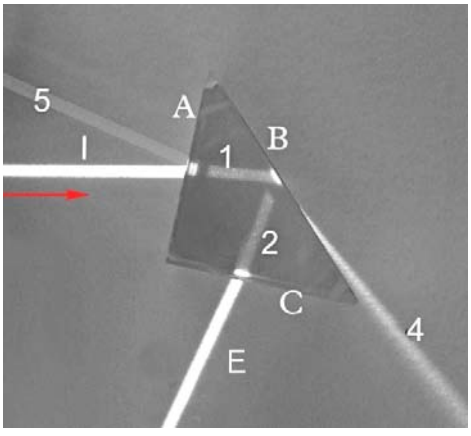
Fig. 16/17 – La doppia riflessione interna della figura precedente, vista in pianta. Poiché la riflessione è totale e duplice, l'inclinazione del prisma modifica simultaneamente l'inclinazione delle due facce riflettenti (1 e 2) e le due riflessioni si compensano. Risultato: il fascio riflesso è sempre parallelo a quello incidente, almeno su un piano.

Il prisma che stiamo esaminando è evidentemente retto, con basi a triangolo rettangolo isoscele. Tale prisma è spesso usato come specchio sfruttando la riflessione interna totale, senza metallizzazione sulla faccia ipotenusa. La riflessione è in genere utilizzata a 90°.

Fig. 18/19 – Lo stesso prisma può produrre una riflessione a 90° (caso molto utilizzato), ma l'inclinazione del fascio riflesso dipende dall'orientamento del prisma: la riflessione è unica e non c'è la compensazione del caso precedente.

Notare che il fascio 1, nella figura 19, incide sulla faccia B al di sotto dell'angolo limite, e quindi il fascio è parzialmente rifratto (e di-





sperso)(4).

Va poi notato che, se l'ipotenusa ha un orientamento che si discosta di un angolo ϵ dalla posizione corretta (45° dai cateti), il raggio riflesso è deviato di 2ϵ e, in seguito a rifrazione sulla faccia di uscita, di circa 3ϵ.

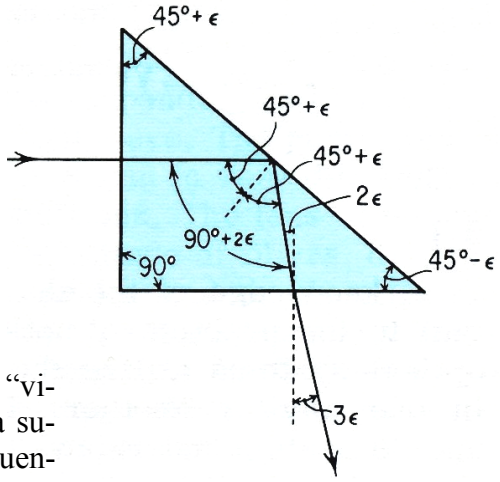


Fig. 20 – In uno specchio semplice, la rotazione del piano riflettente di un angolo ϵ fa sempre ruotare il raggio riflesso di 2ϵ. Usando un prisma come specchio, si aggiungono gli effetti della rifrazione (e della dispersione).

Il prisma rettangolo isoscele è utilizzabile anche per "visione diretta", ma con rovesciamento dell'immagine (la superficie riflettente è unica), come appare dalle figure seguenti.

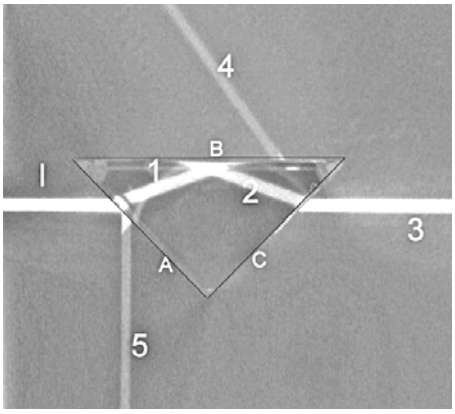


Fig. 21 (a destra) – Dopo una rifrazione (fascio 1) ed una riflessione totale sull'ipotenusa (2), si ha un fascio diretto (3). Questo però è rovesciato specularmente, come in qualunque riflessione (figura seguente).

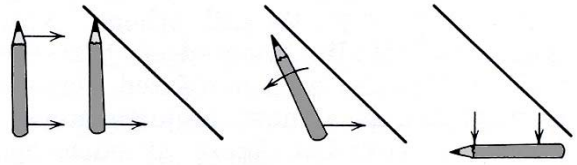
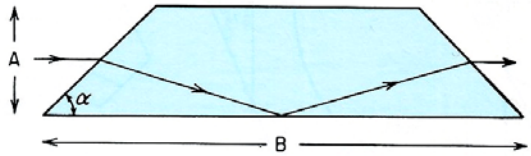


Fig. 22 (sopra) – Questo schema chiarisce intuitivamente cosa combina un qualunque specchio.

Se si tronca il prisma isoscele visto qui sopra con un piano parallelo all'ipotenusa, si ha il "**prisma di Dove**".



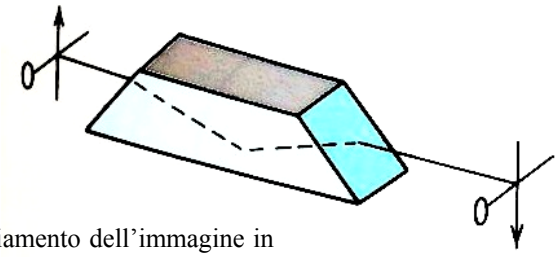


Fig. 23/24 – Un'unica riflessione, quindi un rovesciamento dell'immagine in direzione alto-basso, ma non destra-sinistra, come ben chiarisce lo schema a destra.

Per ottenere un rovesciamento dell'immagine anche in senso destra-sinistra (rovesciamento totale, come potrebbe essere necessario in un cannocchiale od un binocolo), si ricorre al "**tetto".**

Una superficie "a tetto" è una coppia di superfici piane a 90° l'una dall'altra ed inclinate di 45° rispetto al piano mediano del sistema.

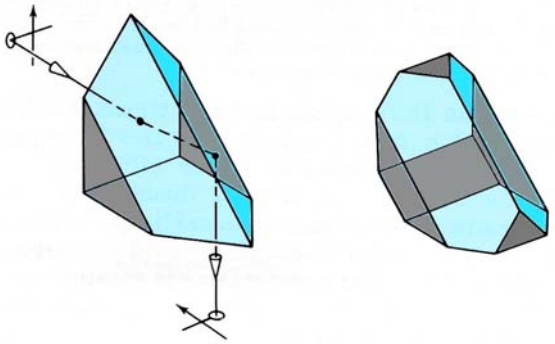


Fig. 25 – Nel caso di un prisma isoscele con riflessione a 90°, la faccia ipotenusa può essere un "tetto". Il rovesciamento dell'immagine è completo, come si vede dalle croci disegnate all'ingresso ed all'uscita del prisma.

A destra, l'aspetto di un normale componente industriale, in cui si eliminano certi spigoli e si riduce il peso.

Questa ricetta si chiama "**prisma di Amici**" o semplicemente, "tetto".

Notare che, in questa ed in molte altre figure, sono indicate in grigio le superfici non utili, di solito lasciate smerigliate, non lucidate.

Vedremo molte altre applicazioni del "tetto".

Prima di procedere, però, torniamo un istante al prisma di Dove della fig. 23/24. Esso gode di una singolare proprietà, comune del resto a tutti gli specchi, ma resa evidente dalla "visione diretta" data da quel prisma: una sua rotazione di 90° attorno all'asse ottico provoca una rotazione di 180° dell'immagine.

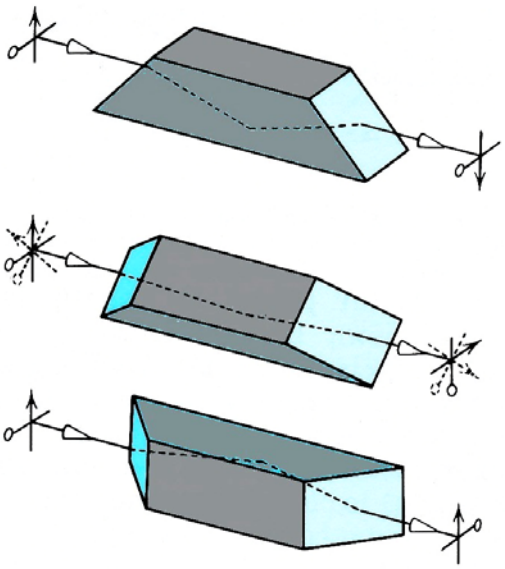


Fig. 26 – Lo schema a fianco dovrebbe chiarire l'andamento del fenomeno.

Questo utilizzo del prisma di Dove si trova in strumenti del tipo del periscopio, in cui la rotazione di uno specchio attorno ad un asse verticale (la parte sporgente del periscopio) non deve portare ad una rotazione dell'immagine: un ingranaggio provoca una rotazione di un prisma di Dove di un angolo metà della rotazione dello specchio e le due rotazioni si compensano.

Applicazioni particolari della rifrazione

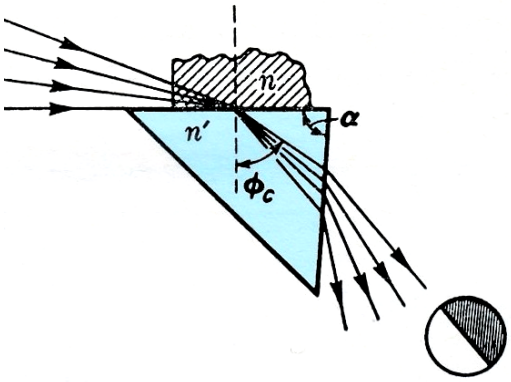


Fig. 27 – Nel rifrattometro di Pulfrich, un fascio illuminante convergente incide ad inclinazione radente su di un prisma isoscele cui è sovrapposto un campione di cui si vuole misurare l'indice (*n*). Nel fascio rifratto si vedrà un limite netto fra due metà, una chiara (porzione rifratta) ed una scura (porzione oltre l'angolo limite – dischetto in basso a destra).

Si misura allora l'angolo limite (ϕc). Conoscendo l'indice del prisma (***n'***), si ricava dalle legge di Snell l'indice ***n*** del campione.

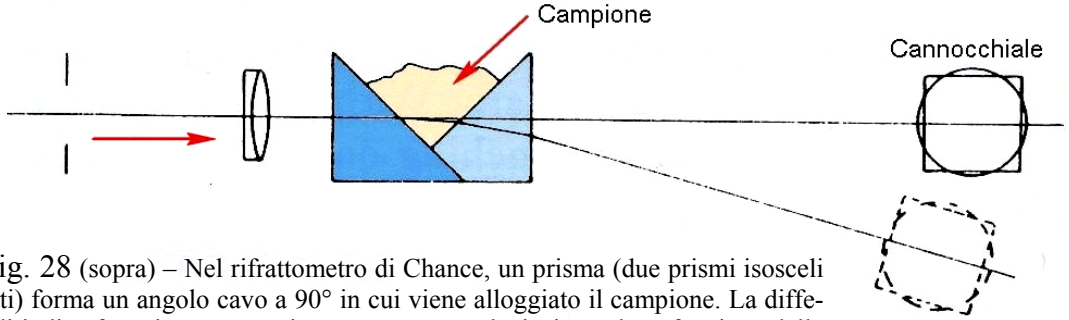


Fig. 28 (sopra) – Nel rifrattometro di Chance, un prisma (due prismi isosceli incollati) forma un angolo cavo a 90° in cui viene alloggiato il campione. La differenza di indice fra prisma e campione provoca una deviazione che è funzione della differenza degli indici. Noto l'indice del prisma, si ricava dall'angolo di deviazione l'indice del campione.

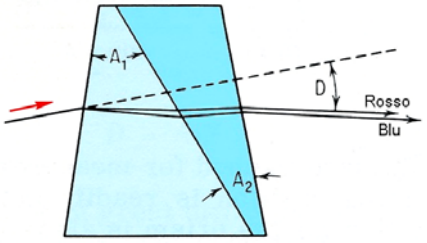


Fig. 29 – Combinando due prismi a cuneo con diverso indice, diverso angolo fra le due facce e diversa dispersione, è possibile ottenere una deviazione del fascio senza dispersione (angolare) poiché la deviazione (D) è la stessa per tutte le lunghezze d'onda.

Rimane però una piccola "dispersione parallela" in quanto i raggi di diverso colore sono paralleli, ma leggermente spostati l'uno rispetto l'altro.

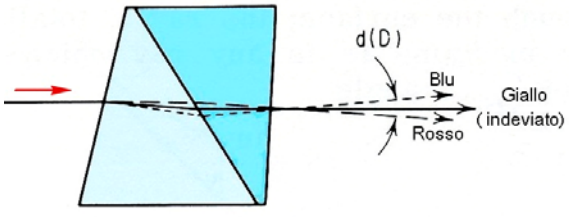


Fig. 30 – Con lo stesso artifizio è possibile ottenere (variando i parametri) un prisma disperdente a visione diretta. Non vi è deviazione per la lunghezza d'onda centrale dello spettro ottico ("Giallo"), ma vi è dispersione [d(D)].

Fig. 31 – Per una maggiore dispersione, sufficiente per uno spettroscopio di modeste dimensioni, si usano più prismi in successione, ovviamente dotati di diversa dispersione intrinseca e di diverso indice.

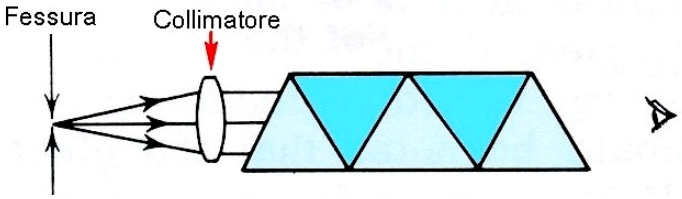


Fig. 32 – Un blocco di vetro con due facce piane e parallele può servire per uno spostamento parallelo di un fascio.

In questo caso si avrebbe comunque una piccola "dispersione parallela" (vedi la fig. 29).

Questo caso esula però dal concetto stretto di prisma.

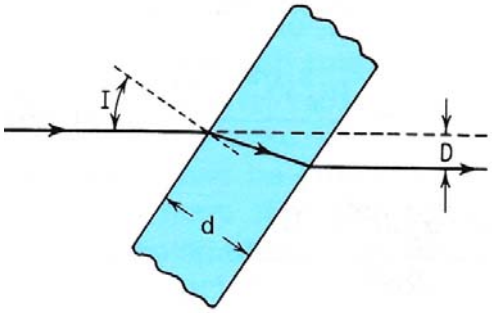
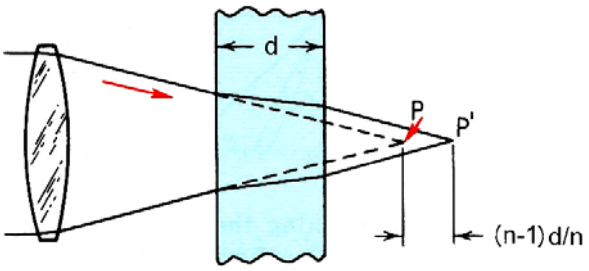


Fig. 33 (a destra) – Se un fascio è convergente, si verifica uno spostamento parallelo di un'immagine, di una lunghezza che è funzione dell'indice e dello spessore della lamina (d), pari a: (n–1) d / n.

In ogni applicazione dei prismi, occorre sempre tener presente questo "avanzamento" dell'immagine.



Si potrebbe ora tentare una classificazione generale dei prismi ottici, ma ci dovremo limitare a qualche schema esemplificativo per poi descrivere i tipi più utilizzati.

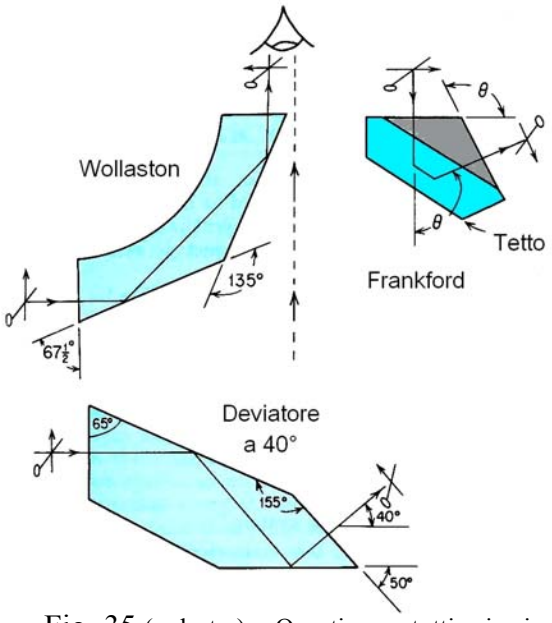


Fig. 35 (a destra) – Questi sono tutti prismi a "visione diretta", in cui l'asse ottico non viene mai deviato.

Nella colonna di sinistra, in tutti i prismi il numero delle riflessioni interne (non totali sulle facce accompagnate da una linea grigia, che vengono metallizzate) è dispari, per cui essi provocano una riflessione speculare dell'immagine.

Ruotandoli attorno all'asse ottico, anche l'immagine ruota, come si è visto per il prisma di Dove (fig. 26, pagina precedente).

Nella colonna di destra, il numero delle riflessioni è pari e l'immagine non ruota ruotando il prisma attorno all'asse. Essendo stato introdotto un tetto, si ha la formazione di un'immagine diritta.

Fig. 34 (a sinistra) – Prismi deviatori a 90° e 40° (senza inversione a causa della doppia riflessione) ed a 60° (con inversione laterale per mezzo di un tetto).

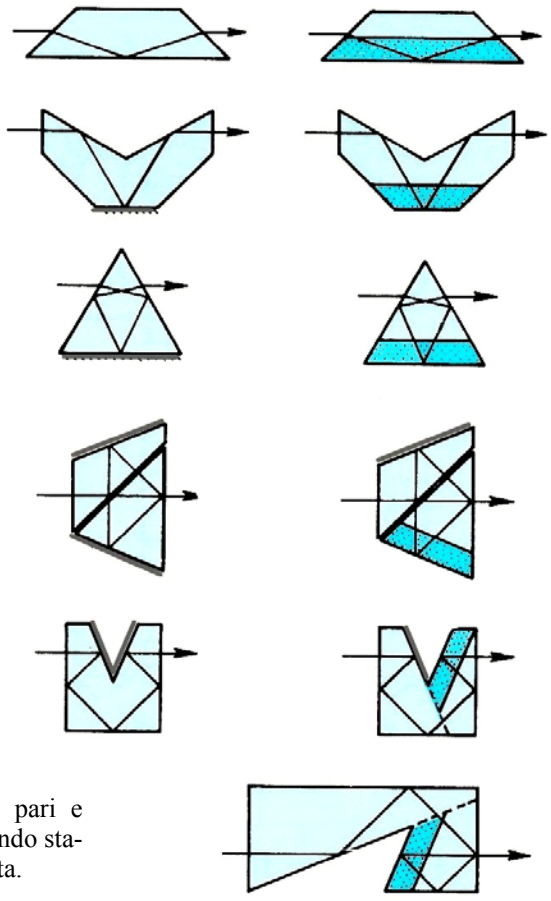


Fig. 36a/b (a destra e sotto) – Questo è un gruppo di prismi che spostano un fascio parallelamente a sé stesso, senza deviarlo.

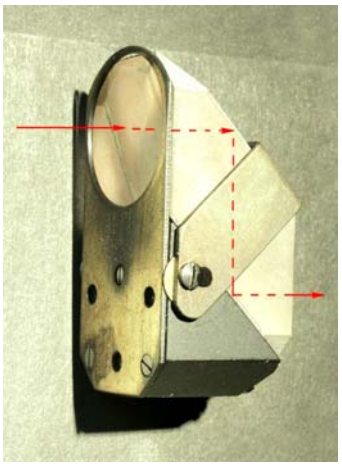
I due prismi indicati dalle frecce rosse presentano un numero dispari di riflessioni e quindi invertono lateralmente l'immagine.

Gli altri, con un numero pari di riflessioni, forniscono immagini diritte.

In punteggiato, più scuri, sono indicati i "tetti".

Con una larga linea grigia sono indicate le facce con riflessione NON totale, e quindi metallizzate.

Sotto, una realizzazione pratica del prisma schematizzato in alto a sinistra, capace di spostare un fascio parallelamente a sé stesso senza inversioni.



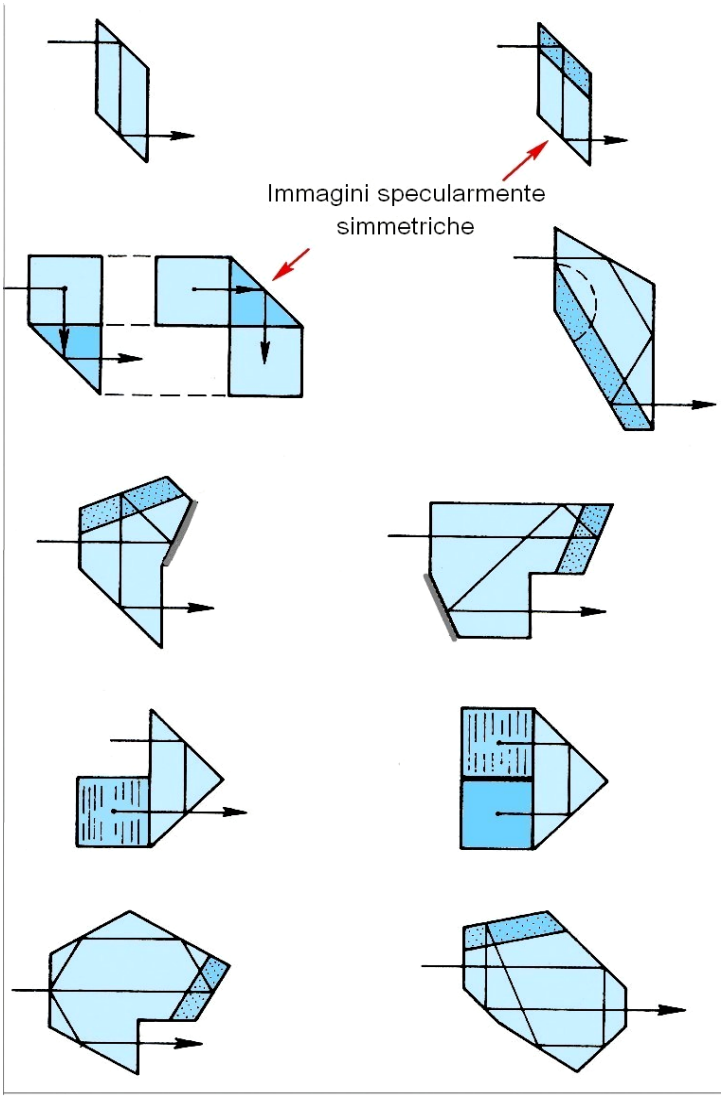
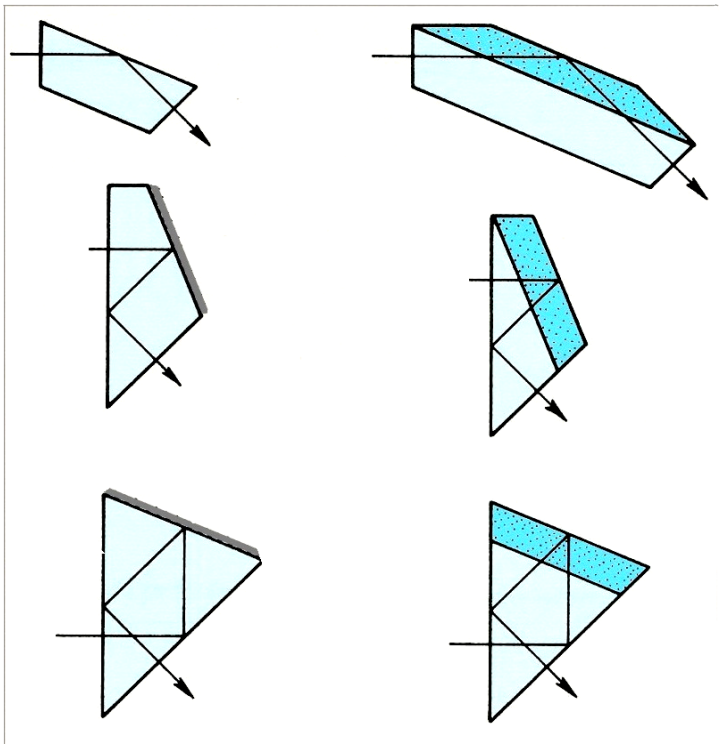


Fig. 37 (a destra) – Prismi deviatori di 45°, con le stesse convenzioni grafiche di cui sopra.

Ancora una volta, i prismi con un numero dispari di riflessioni invertono verticalmente l'immagine.

Gli altri, con un numero pari di riflessioni, forniscono immagini diritte.



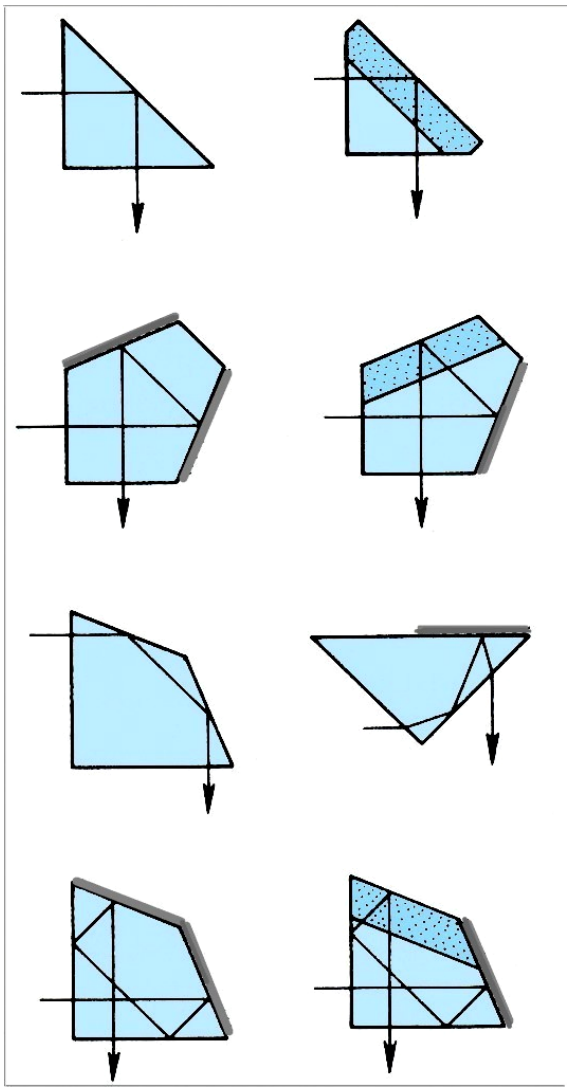


Fig. 38 (a destra) – Tutti questi sono prismi utili per ottenere una deviazione di 90°.

Le convenzioni grafiche e l'eventuale effetto speculare sono gli stessi delle figure precedenti.

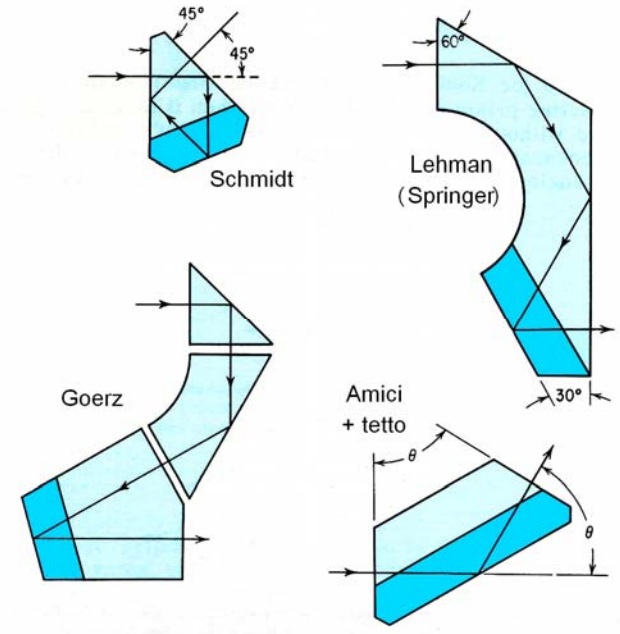


Fig. 39 (a sinistra) – Prismi che non rovesciano l'immagine, ma spostano l'asse di 0° o 45°.

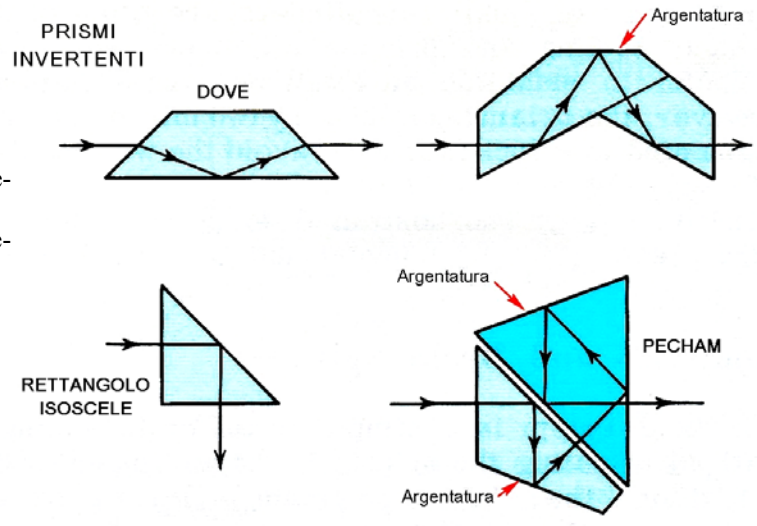


Fig. 40 (a destra) – Prismi che rovesciano l'immagine verticalmente.

Del prisma di Pecham riparleremo presto.

Ora è meglio esaminare qualche caso particolare, fra i più utilizzati. Poiché i prismi ottici sono largamente usati in tanti strumenti, compresi i microscopi, vale la pena entrare in qualche dettaglio.

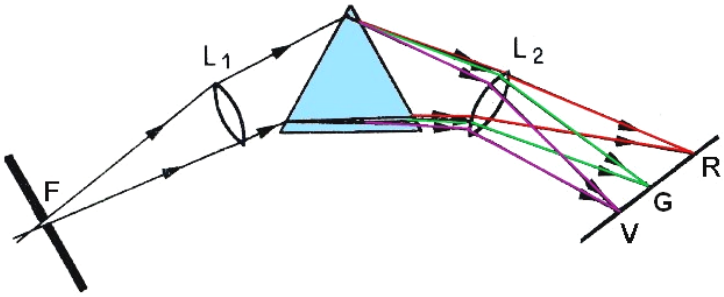


Fig. 41 – Un prisma retto con base a triangolo equilatero è stato spesso usato come oggetto disperdente per la spettrosco-pia.

Naturalmente, si scelgono per questa applicazione i vetri più disperdenti, che sono anche i più rifrangenti: vetri al piombo o "flint".

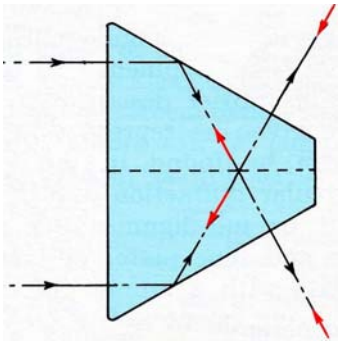


Fig. 42 – Un prisma a base equilatera è pure utilizzabile, sfruttando due riflessioni totali, per fare incrociare due fasci paralleli (frecce nere) o per rendere paralleli due fasci convergenti fra loro (frecce rosse).

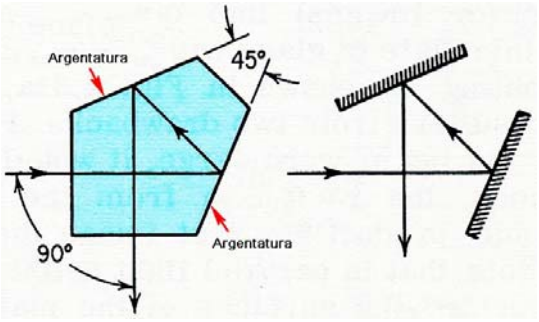
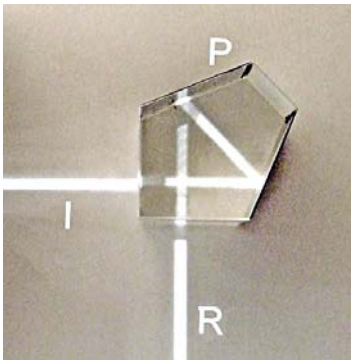


Fig. 43 – Questo è il "**pentaprisma**" (cosiddetto per avere cinque facce laterali). Esso rientra nella categoria dei prismi deviatori a 90°, e non rovescia l'immagine poiché al suo interno si verificano due riflessioni, che si compensano a vicenda. Ruotando il prisma attorno ad un asse verticale (perpendicolare alle basi), **il fascio emergente è sempre deviato di 90° rispetto a quello incidente**. Per questo motivo, esso è largamente usato come "squadro ottico" in agrimensura: chi si pone su un angolo di un terreno di cui si deve verificare la forma rettangolare e guarda nel pentaprisma verso un angolo contiguo, guarderà secondo una direzione perpendicolare a quella dell'altro angolo contiguo che sta alle sue spalle.



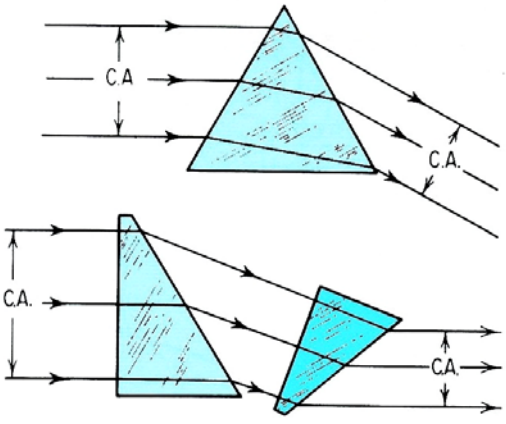


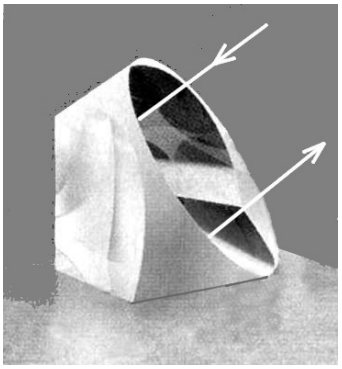
Fig. 44 – Un singolo prisma può restringere la dimensione laterale di un fascio (CA). Con due prismi è possibile ottenere un fascio non deviato, ma lateralmente compresso od allargato.

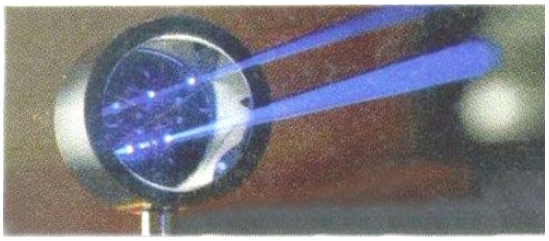
Questa è la base di molti obbiettivi "**anamorfici**" usati nel "cinemascope" ed analoghi sistemi di proiezione cinematografica per restringere od allargare la dimensione orizzontale dell'immagine proiettata.

Naturalmente, un sistema "comprimente" era piazzato sulla cinepresa ed un corrispondente sistema "allargante" sarà posto sul proiettore di sala.

L'effetto anamorfico si può ottenere anche con lenti cilindriche.

Fig.45 – Il "retroreflector" o "**corner cube**" è un prisma che si può immaginare tagliato da un vertice di un cubo: possiede tre facce a 90° l'una dall'altra. Con tre riflessioni totali riflette un raggio incidente sempre parallelamente a se stesso, comunque lo si inclini.





È largamente usato in comunicazioni non intercettabili in quanto il raggio riflesso può essere visto solo dalla postazione di partenza.

Molti di questi prismi sono stati posti sulla luna per misurarne la distanza con tecnica interferenziale sul fascio di ritorno.

Fig. 46 – Un prisma cubico diviso in due da una superficie diagonale può funzionare da divisore di fascio se la superficie diagonale di una delle due metà è rivestita da uno strato semiriflettente, metallizzato o interferenziale, neutro o dicromatico.

Lo schema qui a lato è un'applicazione corrente in molti microscopi in cui il fascio formatore d'immagine è diviso in due metà geometricamente identiche: una per la visione ed una per il sensore fotografico (pellicola, CCD o altro).

Viceversa, se i due fasci V ed F incidono sul prisma, il fascio O sarà costituito dalla sovrapposizione dei due fasci V ed F (sia pure con intensità dimezzata). Una specie di "mixer ottico" (vedi pag. 2).

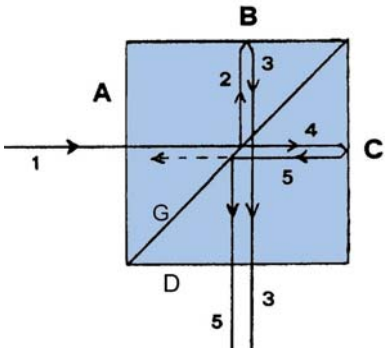
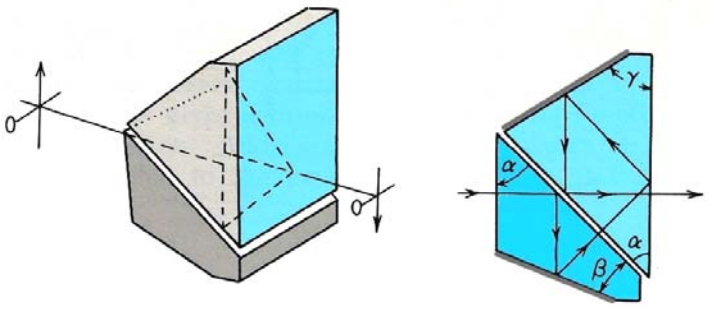


Fig. 47 – Lo stesso prisma cubico con superficie diagonale semi-riflettente può costituire da solo un perfetto interferometro (sec. Michelson). Supponiamo che le due superfici B e C siano riflettenti. Il fascio incidente 1 viene sdoppiato (2 e 4); i fasci riflessi (3 e 5) si sovrappongono nel fascio che emerge verso il basso e possono interferire.

Se una o entrambe le superfici riflettenti B e C non sono ricavate dalle facce metallizzate del prisma, ma da uno specchio esterno ad inclinazione variabile, si potranno modificare a piacimento l'inclinazione e la distanza reciproca fra i fasci 3 e 5 e quindi le condizioni dell'interferenza.



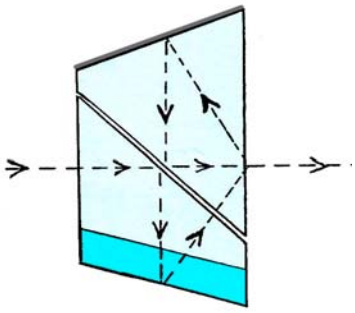
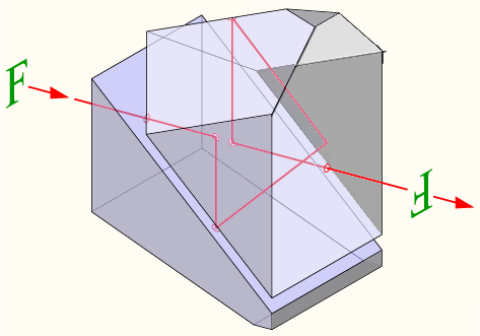


Fig. 48 (sopra ed a destra) – Del prisma di Pecham abbiamo già visto uno schema sommario nelle figg. 35 (pag. 10) e 40 (pag. 12). Esso viene oggi largamente usato per il raddrizzamento dell'immagine nei binocoli compatti poiché ha un minimo ingombro e consente la visione diretta. Esso inoltre ripiega il cammino più volte su sé stesso, riducendo la lunghezza totale del sistema.

Sopra ed al centro, lo schema di base, con raddrizzamento verticale (cinque riflessioni, due delle quali non totali).

A destra in alto, una versione con un "tetto" (nome commerciale "roof"), per un raddrizzamento totale.

A destra, un esempio concreto. In questo caso, il tetto è ricavato dal semi-prisma superiore invece che dall'inferiore.



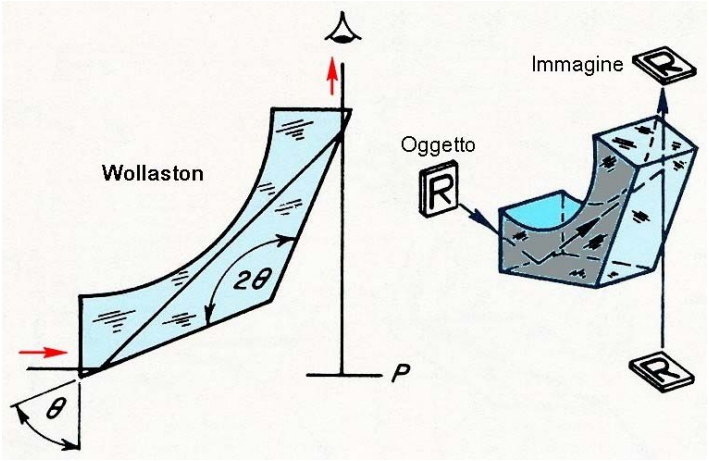


Fig. 49 (a sinistra) – Un'altra versione di un prisma a due riflessioni, che devia l'immagine di 90° senza alterarne l'orientamento.

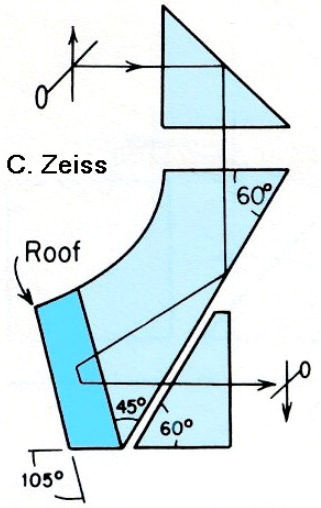


Fig. 50 (a destra) – Un vecchio progetto di prisma composito con raddrizzamento completo dell'immagine e spostamento parallelo dell'asse.

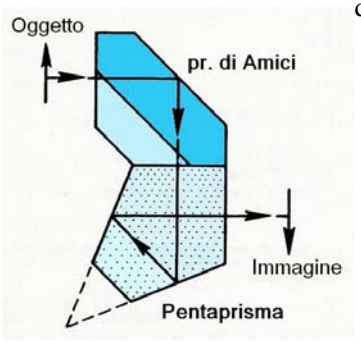
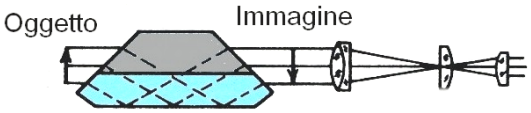


Fig. 51 (a sinistra) – Un analogo prisma complesso per il raddrizzamento con spostamento parallelo, d'introduzione più moderna; si usa spesso nei telescopi.



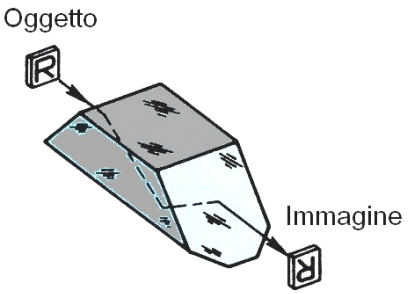
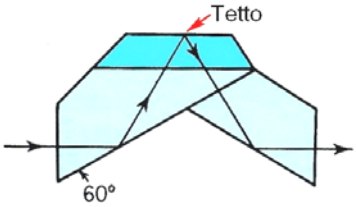


Fig. 52 (a destra) – Per un raddrizzamento con visione diretta si può semplicemente usare un prisma di Dove con un tetto sull'ipotenusa, ma tale prisma introduce molte aberrazioni se usato in un fascio convergente (fascio obliquo sulle facce). In un cannocchiale, esso perciò va usato davanti all'obbiettivo (dove il fascio è parallelo).



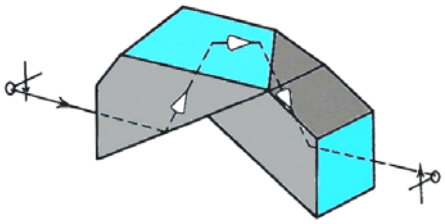


Fig. 53 (a sinistra) – Una soluzione meno critica di un prisma a raddrizzamento totale con visione diretta è classica, dovuta ad Abbe (fascio incidente ed emergente normale alle facce).

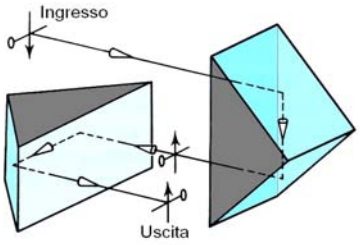


Fig. 54 (a destra) – Il raddrizzamento totale con spostamento parallelo si ottiene con due prismi isosceli disposti faccia a faccia, come si vede in figura.

Questa è la soluzione di I. Porro ("1° sistema"), largamente usata nei binocoli "prismatici" per la facilità di lavorazione e l'assenza di tolleranze critiche. L'ingombro laterale del sistema è però forte.

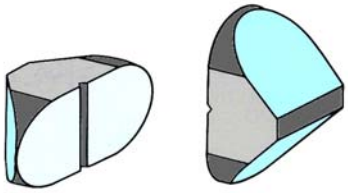
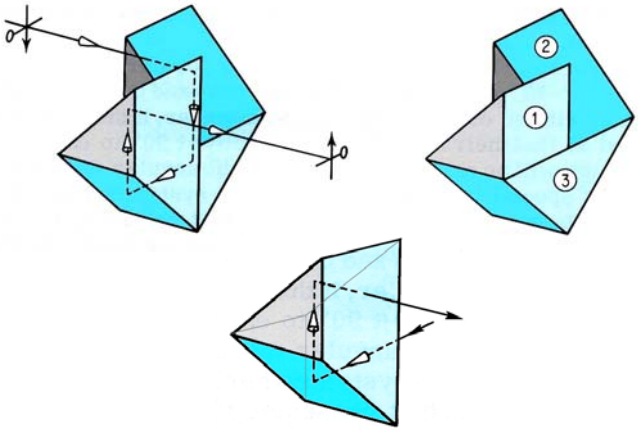


Fig. 55 (a destra) – Lo stesso Porro migliorò il sistema (detto appunto "2° sistema") incollando fra loro due prismi triangolari con una faccia "voltata" (a sinistra in alto) oppure tre prismi isosceli, due dei quali (1 e 2) con dimensioni metà del terzo (3), sulla cui faccia ipotenusa essi sono incollati.

Sotto: un singolo prisma con la faccia "voltata", tutto con angoli a 45° o 90°.



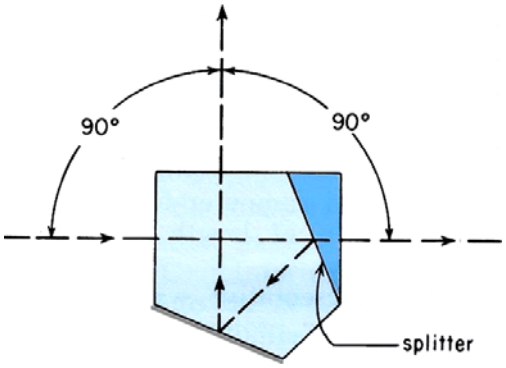
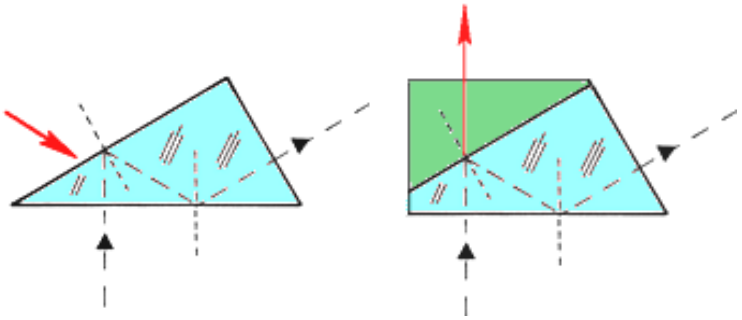


Fig. 56 (a sinistra) – Un'applicazione del pentaprisma: incollando su una delle facce laterali un sottile prisma retto rettangolo non isoscele, e trattando la superficie d'incollaggio con uno strato semi-riflettente, si ottiene lo sdoppiamento di un fascio come nel prisma di fig. 46 (pag. 14), ma col vantaggio che il fascio a 90° non cambia direzione ruotando il prisma.

Fig. 57 (a destra) – Il prisma attribuito all'astronomo boemo Littrow, è largamente usato poiché inclina l'asse di 45° senza invertire l'immagine (duplice riflessione interna). La superficie "cateto maggiore" deve essere metallizzata poiché non opera in riflessione totale (freccia rossa nella figura di sinistra).



Se, su quella superficie, s'incolla un altro prisma rettangolo non isoscele e si tratta quella superficie come semi-riflettente, si ottiene **uno splitter con un fascio diretto ed uno inclinato a 45°**. Soluzione largamente usata nei microscopi (canale "visione" e "fotografia", ad es.).

Figg. 58/59 (a destra) – Abbiamo già visto il prisma di Schmidt nella fig. 37, in basso alla pag. 11, ed in alto nella fig. 39 a pag. 12. Ecco qui uno schema ed un esempio concreto.

Anche questo prisma è largamente usato poiché raddrizza completamente l'immagine ed inclina l'asse di 45° – vedi anche le figg. (85 –87 a pag. 23).

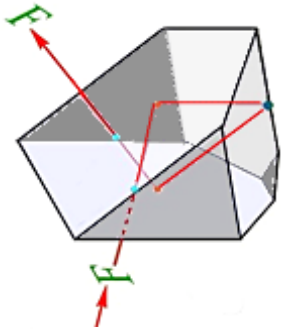
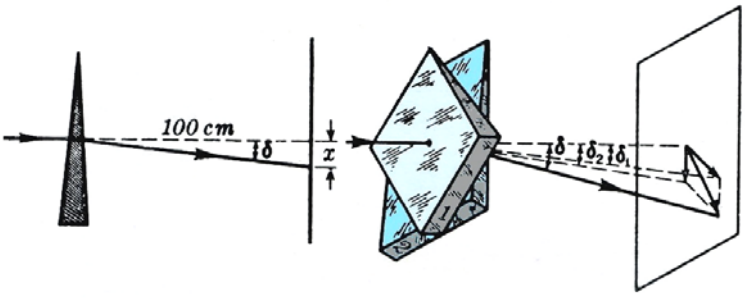


Fig. 60 (a destra) – Un prisma a forma di cuneo sottile può servire a deflettere leggermente un fascio. Con due prismi del genere ruotanti attorno all'asse, si può ottenere uno spostamento di un'immagine in tutte le direzioni. Dispositivo utile nei telemetri e mirini fotografici (X in fig. 70, pag. 19).



Doppia rifrazione

Per la produzione e l'analisi della radiazione polarizzata si usano da tempo dei fogli in plastica contenenti nanocristalli di ioduro di chinino o altre sostanze dicroiche che vanno, per assonanza col principale produttore, sotto il nome di **Polaroid**.

Per molto tempo, ed ancora oggi per applicazioni critiche, i "filtri polarizzanti" sono stati costituiti da cristalli naturali birifrangenti, generalmente di calcite per via del suo elevato potere

bi rifrattivo.

È ben noto il “prisma di Nicol”, dal nome di chi l’introdusse.

Date però le molteplici esigenze delle varie applicazioni e la scarsità di cristalli sufficientemente limpidi, si sono studiate molte diverse geometrie per il taglio dei cristalli.

Fig. 62 (a sinistra) – Non è difficile trovare nei negozi di pietre dure dei cristalli di sfaldatura di calcite, abbastanza limpida da mostrare il fenomeno della “doppia rifrazione” o “birifrazione”. Un fascio di luce “naturale”, non polarizzata, attraversando il cristallo, si sdoppia in due fasci che si propagano con diversa velocità, quindi con diverso indice.

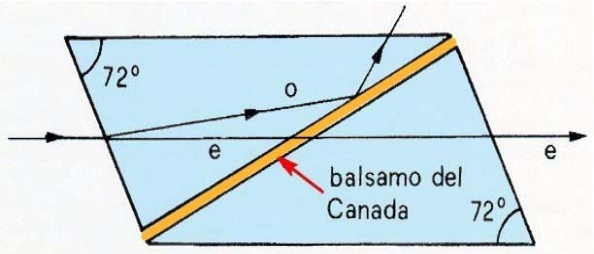
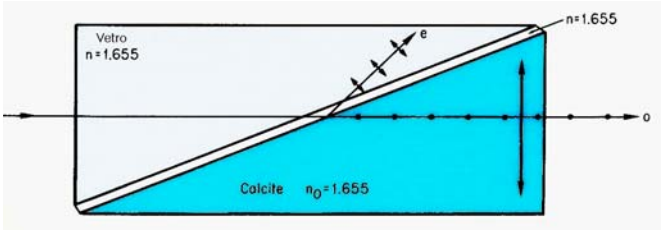


Fig. 63 (sopra) – Questo è uno dei possibili tagli del classico “prisma di Nicol”: due mezzi prismi sono separati da uno straterello di Balsamo del Canada” il quale, con un’adeguata inclinazione, riflette totalmente uno dei due raggi birifratti (quello detto “ordinario” – “**o**” in figura), mentre l’altro (**e** – “straordinario”) prosegue diritto.

Fig. 64 (a destra) – Un’economia di calcite si ottiene sostituendo uno dei prismi parziali con vetro.

La formula è attribuita ad Ammann, Massey e Lippich. Le due facce d’incidenza e d’emergenza sono normali al fascio e questo riduce molte aberrazioni, presenti in altri tagli qui illustrati, a facce oblique.

La doppia freccia verticale indica la direzione dell’“asse ottico” della calcite.



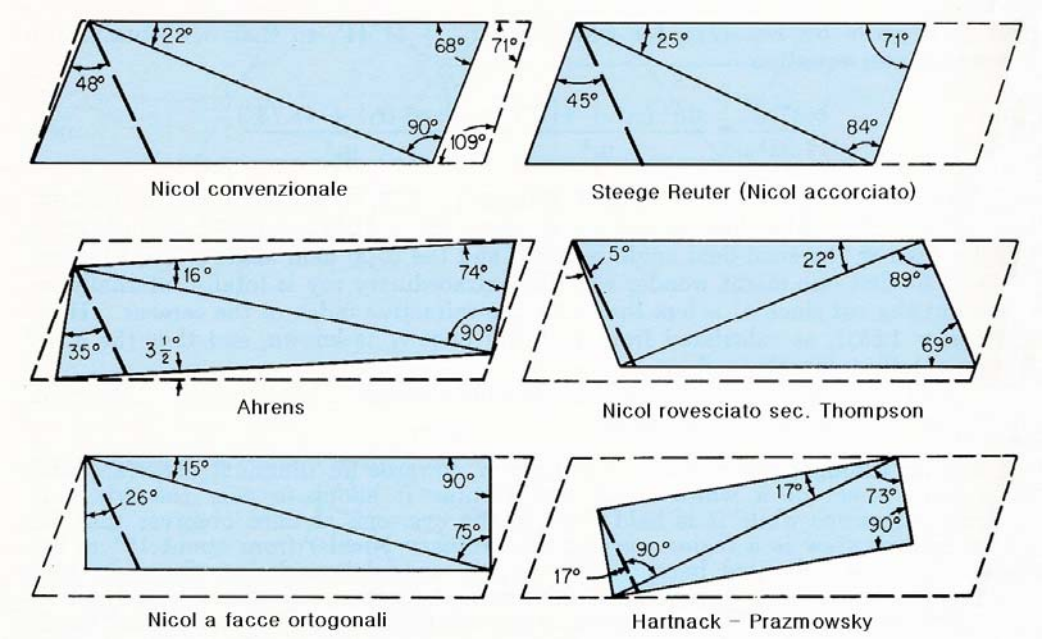


Fig. 65 – Qui sopra sono indicati a tratteggio i confini di un romboedro di calcite ottenuto per clivaggio spontaneo ed in colore celeste alcuni (dei tanti) prismi polarizzanti che se ne possono ottenere.

La linea tratteggiata in grassetto all’interno dei prismi indica la direzione dell’“asse ottico” della calcite.

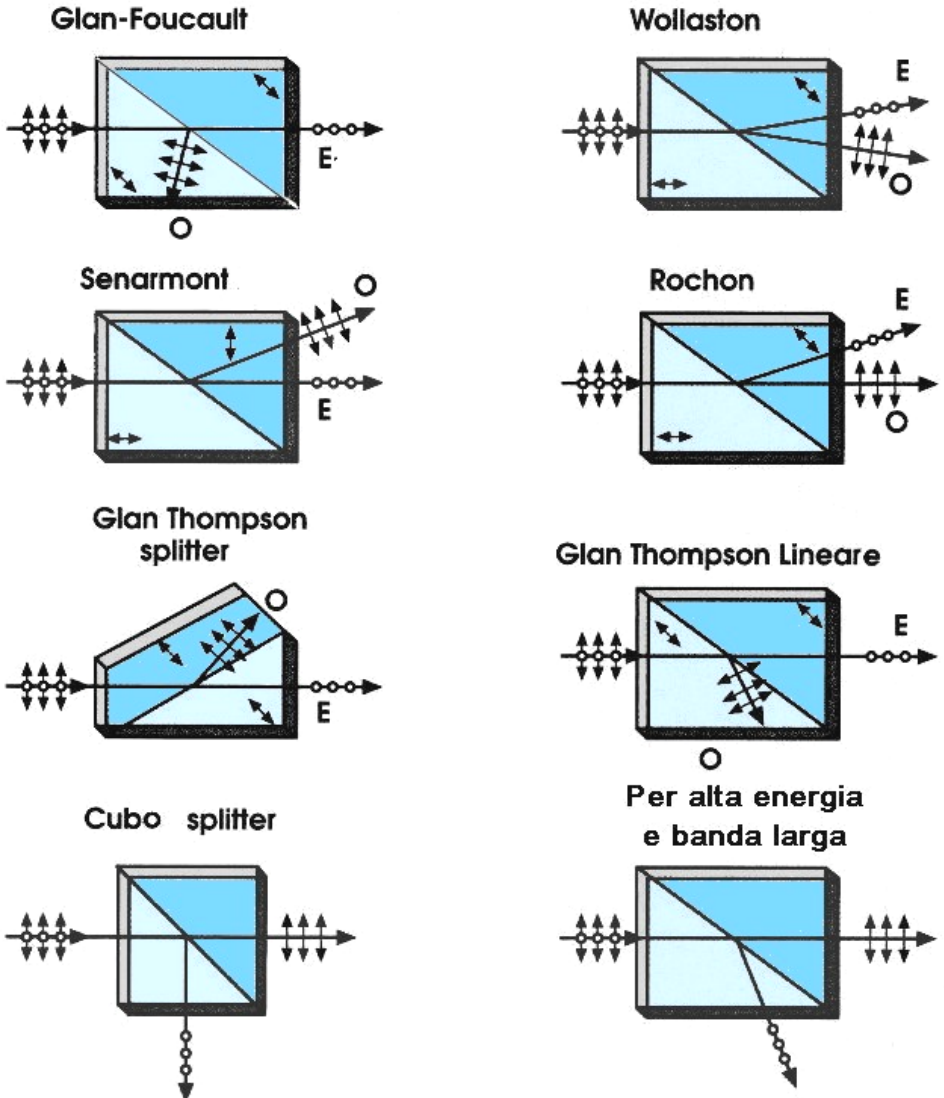


Fig. 66 – Questa è un'altra carrellata di possibili prismi polarizzanti. E ed O indicano i due raggi birifratti (O = raggio ordinario, quello che viene rifratto secondo le leggi della rifrazione – E = raggio straordinario, che non obbedisce a quelle leggi). Le doppie frecce isolate indicano la direzione dell'"asse ottico" del cristallo; le doppie frecce ortogonali ai raggi ed i pallini vuoti lungo i raggi indicano le direzioni di vibrazione dei due raggi birifratti.

Per particolari misure in radiazione polarizzata si utilizzano poi dei prismi molto speciali, spesso compositi, spesso costituiti da lamine e prismi sottili in quarzo, che ha un potere birifrattivo molto inferiore a quello della calcite. Vanno sotto il nome generico di "**compensatori**" in quanto generalmente servono a compensare la birifrazione del campione permettendo misure precise di birifrazioni molto deboli.

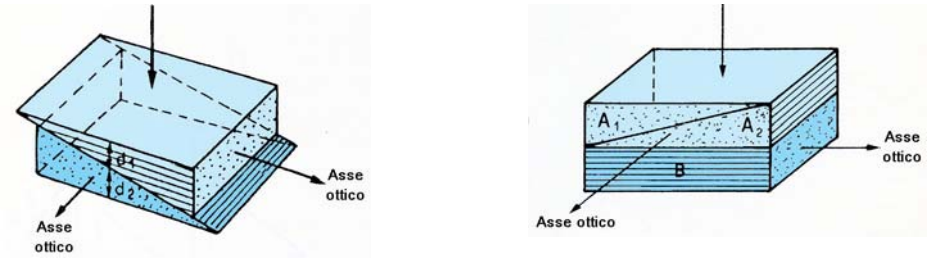


Fig. 67 – A sinistra, il compensatore di Babinet, formato da due cunei di quarzo con gi assi incrociati, uno scorrevole sull'altro, entrambi con un angolo nello spigolo vivo di circa 2,5°. Il valore della compensazione varia lungo una direzione perpendicolare agli spigoli acuti.

A destra, il compensatore di Soleil, con due cunei ad assi paralleli (A_1 ed A_2) ed una lamina plan-parallela ad asse ortogonale ai primi due (B). Il valore della compensazione è uniforme su tutto il campo.

Gli esempi che abbiamo riportato sono solo alcuni dei prismi birifrangenti usati in radiazione polarizzata, anche nei microscopi.

Questo campo di applicazioni è assai complesso ed in questa sede non è il caso di entrare in ulteriori dettagli, anche perché modernamente l'identificazione delle specie mineralogiche viene ottenuta non con radiazione polarizzata, ma con altre tecniche, come la diffrazione dei raggi X, degli elettroni, dei protoni o dei neutroni, assai più rapide, ed utilizzabili anche su campioni polverizzati.

Realizzazioni pratiche

A questo punto non resta che esaminare alcuni sistemi ottici industriali che utilizzano qualcuno dei modelli di prismi che abbiamo descritto sopra.

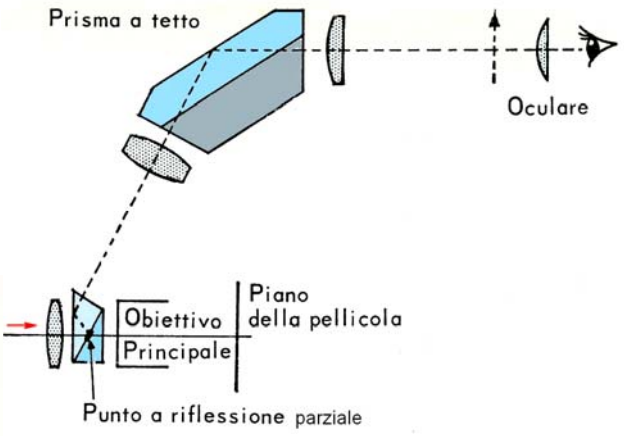


Fig. 68 (a destra) – Esempio di mirino fotografico. In alto, un prisma con tetto, già descritto nella fig. 37 a pag. 11, nonché in fig. 39 a pag. 12, col nome di Amici.

In basso a sinistra, il prisma descritto in fig. 57 a pag. 16, con funzione di splitter.

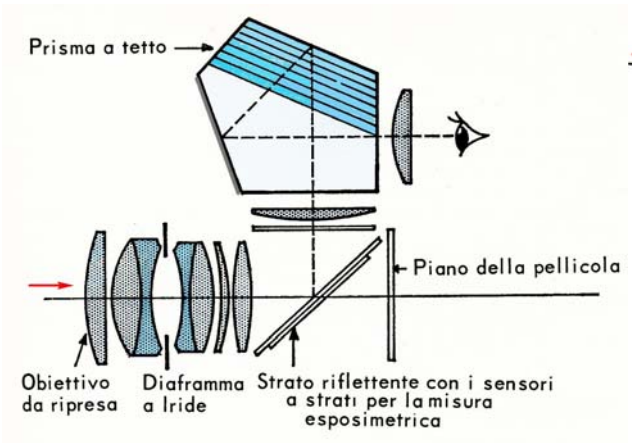


Fig. 69 (a sinistra) – Un altro mirino fotografico a schema TTL (Through The Lens), basato su un pentaprisma con tetto. Vedere la fig. 38 a pag. 12.

L'immagine fornita è diritta (quattro riflessioni in totale).

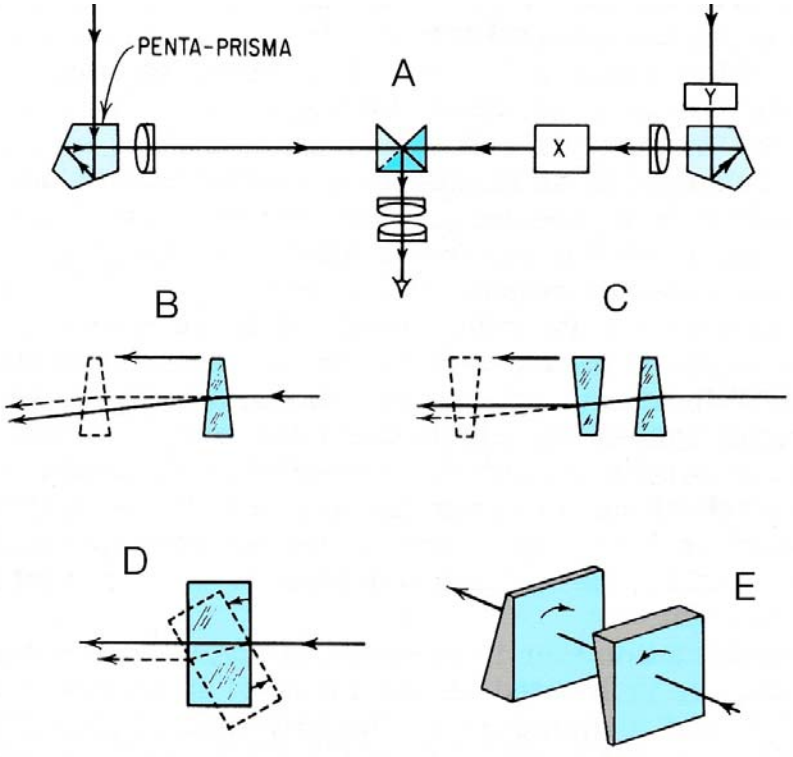


Fig. 70 (a destra) – Esempio di telemetro per uso fotografico.

Due canali di visione vengono a sovrapporsi (tramite pentaprisma) in un doppio prisma isoscele (al centro) per il controllo della coincidenza. Un organo intermedio (X) serve a spostare leggermente una delle due immagini rispetto l'altra in modo da impostare la corretta messa a fuoco. Il movimento di questo organo è collegato naturalmente con la ghiera del fuoco dell'obbiettivo.

L'organo X può essere costituito da un solo prisma cuneiforme mobile (B) che però fa deviare l'asse ottico, o da due prismi identici con lo spigolo acuto contrapposto di cui si varia la distanza) (C) in modo da dare la "visione diretta", oppure da una lamina planparallela rotante (D) o infine dai due prismi cuneiformi (E) che ruotano attorno ad un asse comune (che possono essere disposti nella posizione indicata con Y).

Fig. 71 – Prisma complesso per il raddrizzamento dell'immagine in un binocolo "Dialyt" prodotto dalla casa tedesca Hensoldt nel 1905.

Un pentaprisma con tetto + un rettangolo isoscele (quattro riflessioni successive).

Con questa disposizione, il cammino ottico si ripiega su sé stesso accorciando la lunghezza dello strumento.

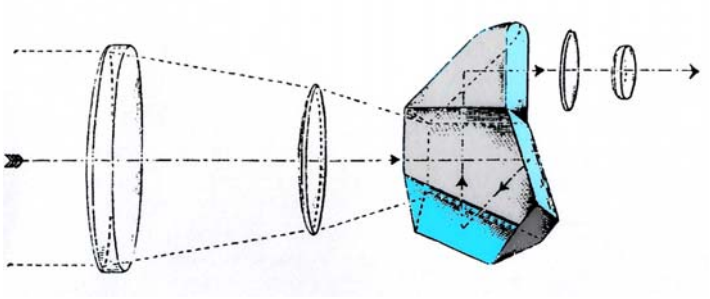


Fig. 72 – Esempio reale di prisma raddrizzante di Porro (2° sistema), quello già visto in fig. 55 a pag. 16.

Fig. 73 – Sistema ottico di un lettore di CD: specchi semplici (P), lenti (L), semi-riflettenti a lamina (S) o a cubo splitter (quest'ultimo a sinistra, a metà altezza).

Più i sensori (R), laser, ecc.

Sotto lo specchio S di destra si trova l'ultima lente per la concentrazione del fascio laser.

Tutto questo sistema occupa uno spazio di appena 2 × 2 × 0.6 cm circa.

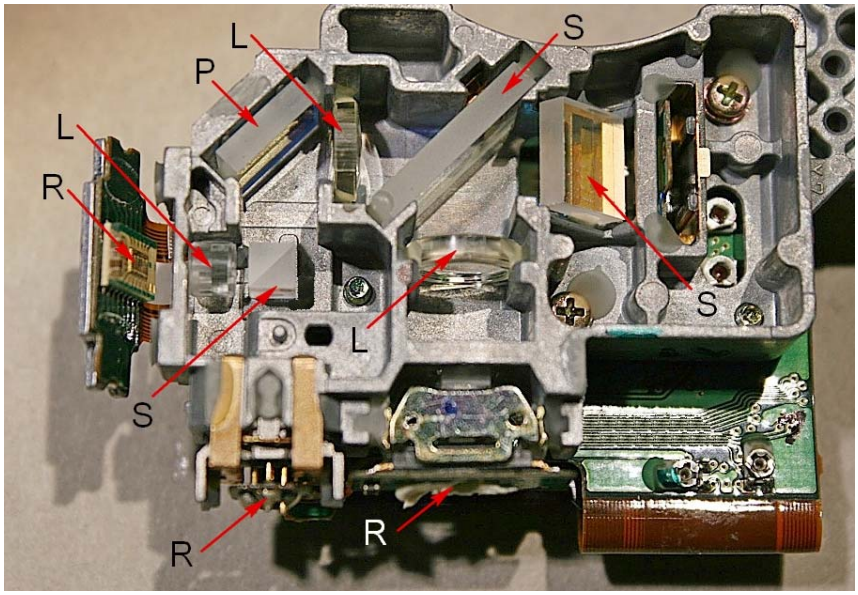
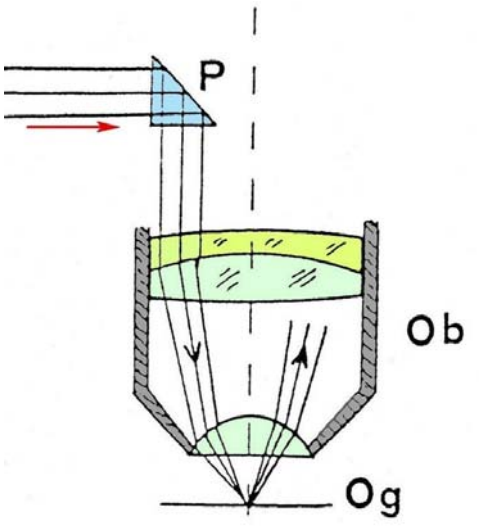
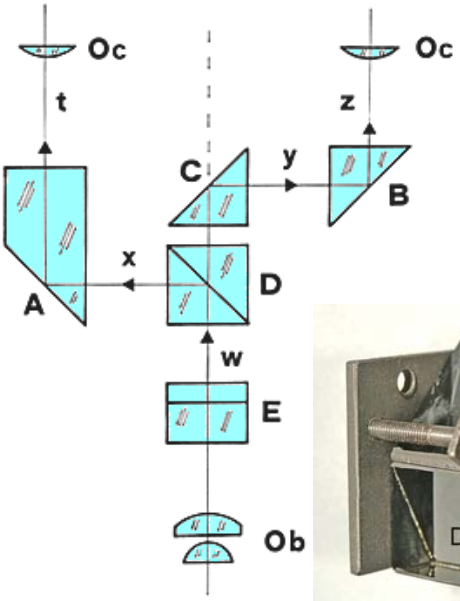


Fig. 74 – Volendo entrare nel campo della microscopia, ecco una semplice applicazione di un prisma rettangolo isoscele (P), usato come specchio per dirigere verso l'obbiettivo (e quindi verso l'oggetto) il fascio illuminante prodotto da una lampada posta a sinistra del prisma P.

È questo uno degli schemi utilizzati un tempo (oggi sempre meno) per l'illuminazione episcopica di oggetti opachi.





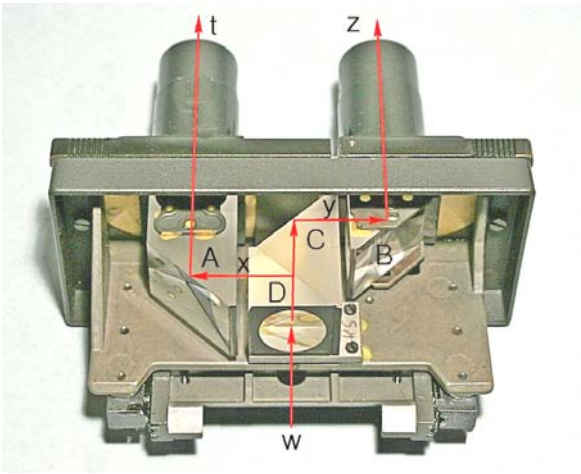
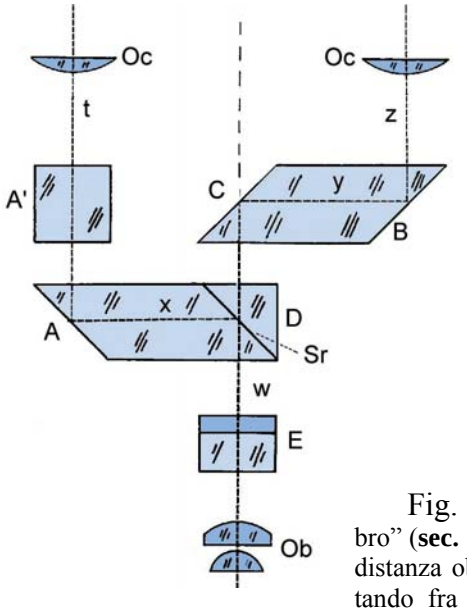


Fig. 75/76/77 – Ecco uno degli schemi più usati per sdoppiare il fascio formatore d'immagine fornito dall'obbiettivo del microscopio e "rifornire" un tubo bioculare. A sinistra lo schema ottico (i prismi C e D sono spesso incollati insieme).

Nella figura a destra si vede la struttura meccanica che, per mezzo di due **guide trasversali** allineate fra loro, consente la variazione della distanza inter-pupillare: vengono allontanati/avvicinati fra loro i due prismi A e B (e relativi oculari) col risultato di modificare la distanza obbiettivo-oculare.

In centro, un esempio del prisma centrale con splitter (D + C).

Con E è indicato un prisma di Littrow (fig.57 a pag. 16) che inclina l'asse dell'obbiettivo di 45° per consentire un'osservazione più comoda.



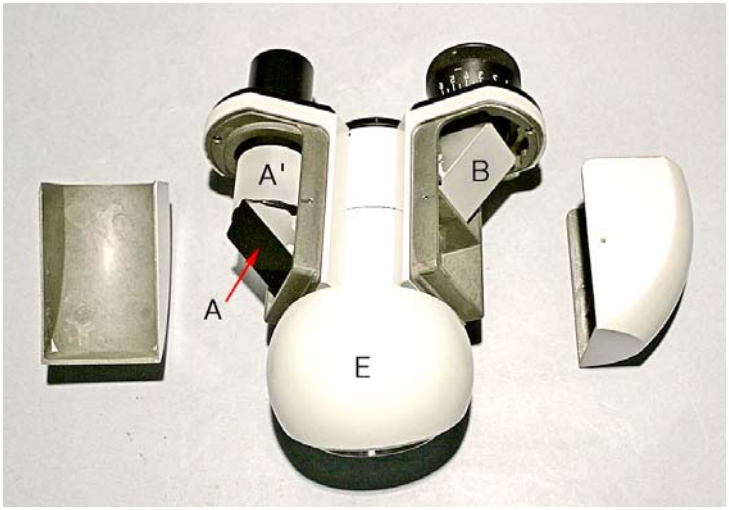
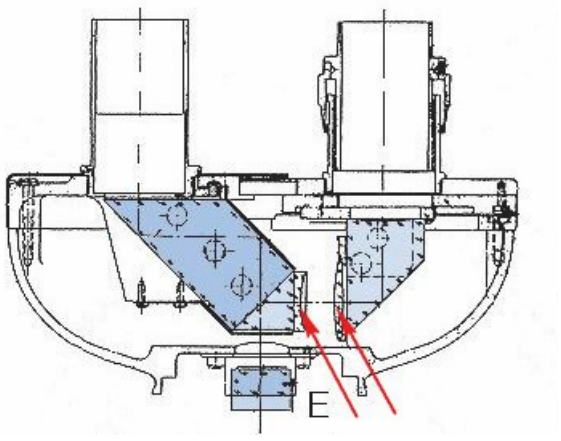


Fig. 78/79 (sopra) – Questo è l'altro schema di base dei tubi bioculari "a libro" (**sec. Siedentopf**) nei quali i prismi A–D e C–B ruotano attorno all'asse **w**. La distanza obbiettivo-oculare non cambia quando si varia la distanza pupillare ruotando fra loro le due metà del tubo. Il prisma A' è solidale col A–D ed in quest'ultimo è contenuto lo splitter (Sr).

Fig. 80 – Una soluzione leggermente diversa dello schema di fig. 75 (con guide trasversali) è stata usata dalla casa Wild: aggiungendo un sistema Telan (le due lenti indicate dalle frecce rosse), si ottiene una variazione della distanza inter-pupillare senza alterare la distanza obbiettivo-oculare – e quindi senza variare l'ingrandimento, le correzioni dell'obbiettivo, ecc. L'oculare ed il prisma sinistro sono fissi; è mobile il prisma e l'oculare destro, ma la presenza del Telan tiene costante la lunghezza equivalente per quel canale.

Lo splitter è contenuto all'interno del prisma sinistro.



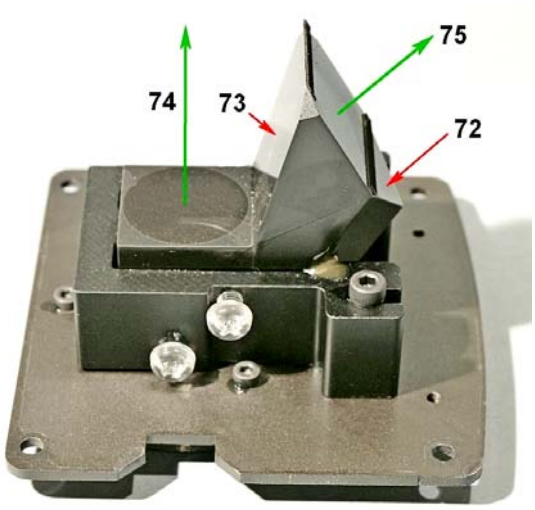


Fig. 81 – Un prisma complesso con splitter consente di ottenere un canale verticale per la fotografia (74) ed uno inclinato a 45° per la visione (75).

La presenza di un tetto (72) fornisce un'immagine diritta.

La superficie 73 è alluminata.

Questo sistema è ovviamente disposto fra obbiettivo ed oculare di un microscopio.

Prodotto Mitutoyo.

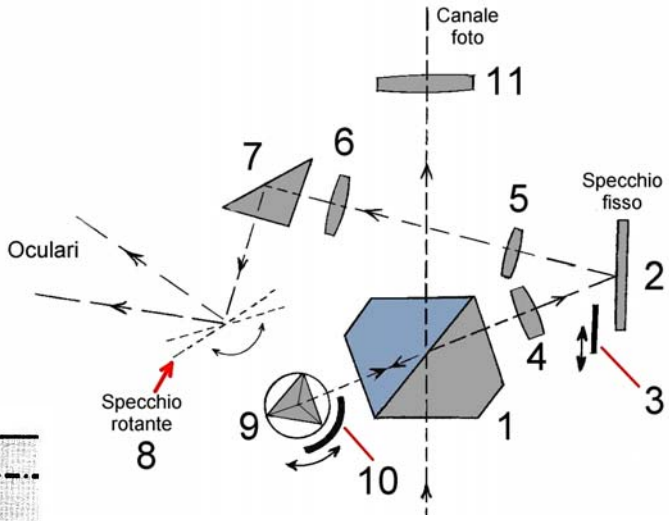
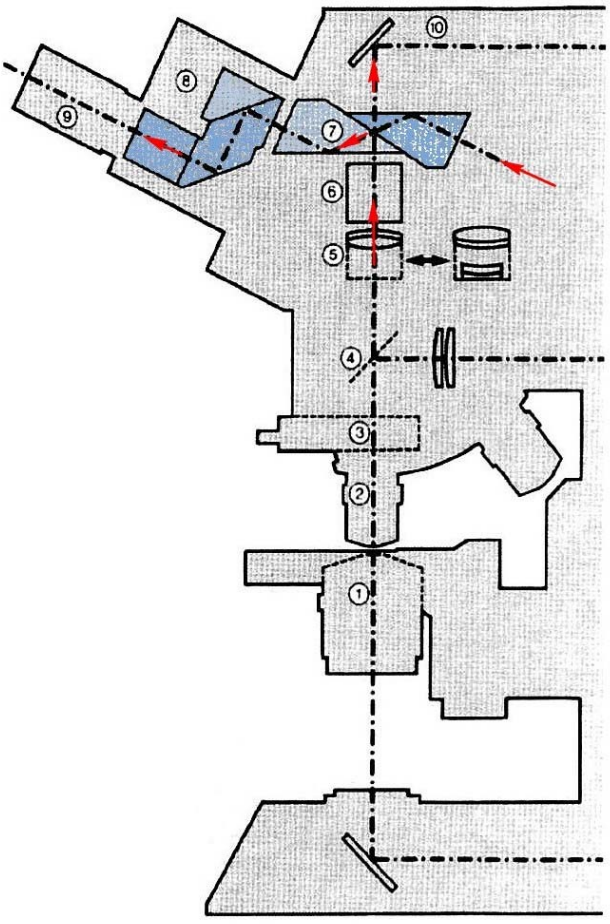


Fig. 82 – Schema del tubo trioculare del modello Ergolux della casa Leitz.

Il prima rombico con funzione di splitter (1) dà luogo al canale foto (11) ed al canale visione (4, 2, 5, 6, 7 ed 8). Ovvia la funzione del prisma 7.

Un'immagine dell'eventuale reticolo presente nell'oculare viene poi proiettata a ritroso dal "corner cube" (9) verso il canale fotografico 11. Tale immagine può venire intercettata dallo schermo mobile 10.



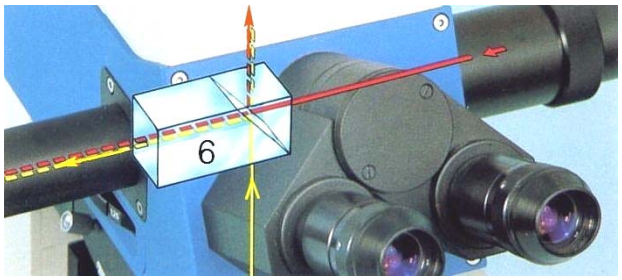


Fig. 83/84 (a sinistra e sopra) – Sezione anteriore dello stativo universale diascopico/episcopico Polyvar Met della casa Reichert.

Il doppio prisma di Littrow (7) funziona da splitter: può inviare il fascio illuminante verso gli oculari (8/9) e/o verso il canale foto (10) ed inoltre inviare verso gli oculari l'immagine di un reticolo retro-illuminato.

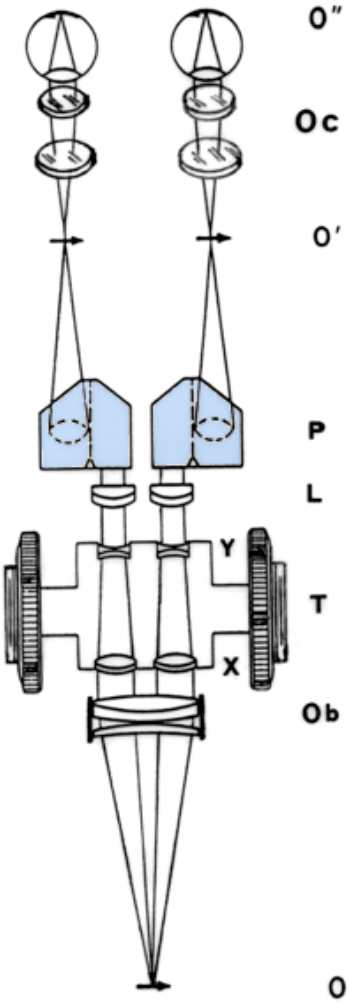
Il prisma 6 (vedi qui sopra) è un parallelepipedo rettangolo con superficie diagonale semi-riflettente: serve a sovrapporre all'immagine microscopica l'immagine di un tubo da disegno (a destra, fuori figura) o ad inviare entrambe le immagini verso una telecamera (a sinistra, fuori figura).

Fig. 85/86/87 – Un microscopio stereoscopico a sistema CMO che ottiene il raddrizzamento dell'immagine, ed allo stesso tempo l'inclinazione dell'asse, per mezzo di una coppia di prismi di Schmidt (vedi le figg. 58/59 a pag. 16).

La direzione del fascio è tale da produrre la riflessione totale sulle quattro facce del prisma, che perciò non vengono generalmente metallizzate.

Questo prisma è largamente utilizzato poiché consente di sem-plificare tutto il sistema ottico.

A destra: due esempi concreti.



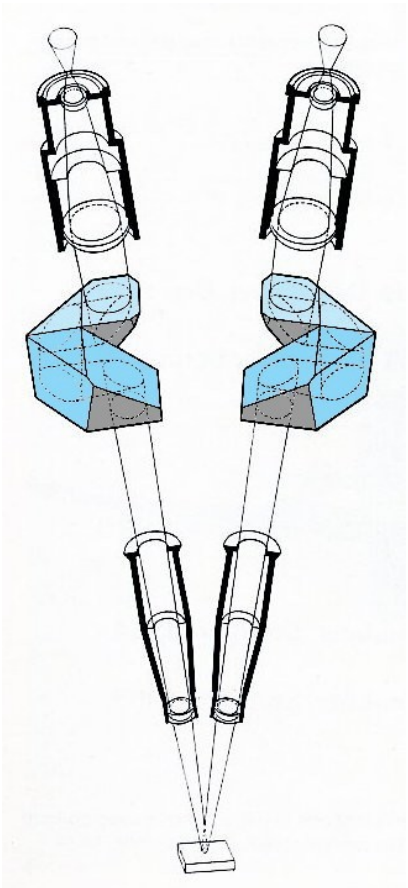
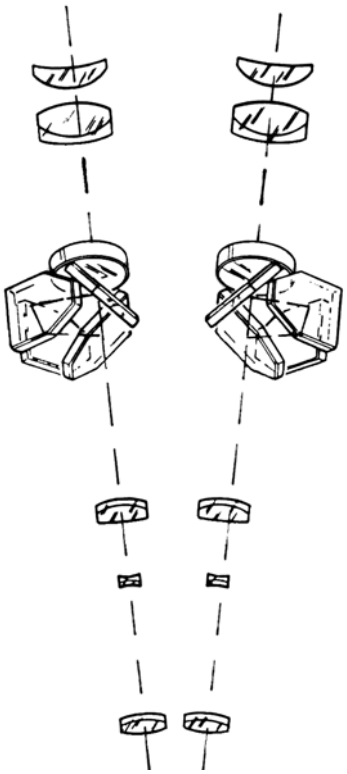


Fig. 88/89 – A sinistra, uno stereoscopico a sistema Greenough utilizza una coppia di prismi di Porro del 2° sistema (vedi la fig. 55 a pag. 16).

Prodotto Leitz, mod. TS.

Ciò non toglie che alcuni produttori (come la Bausch & Lomb) preferiscano usare specchi in luogo dei prismi (a destra).



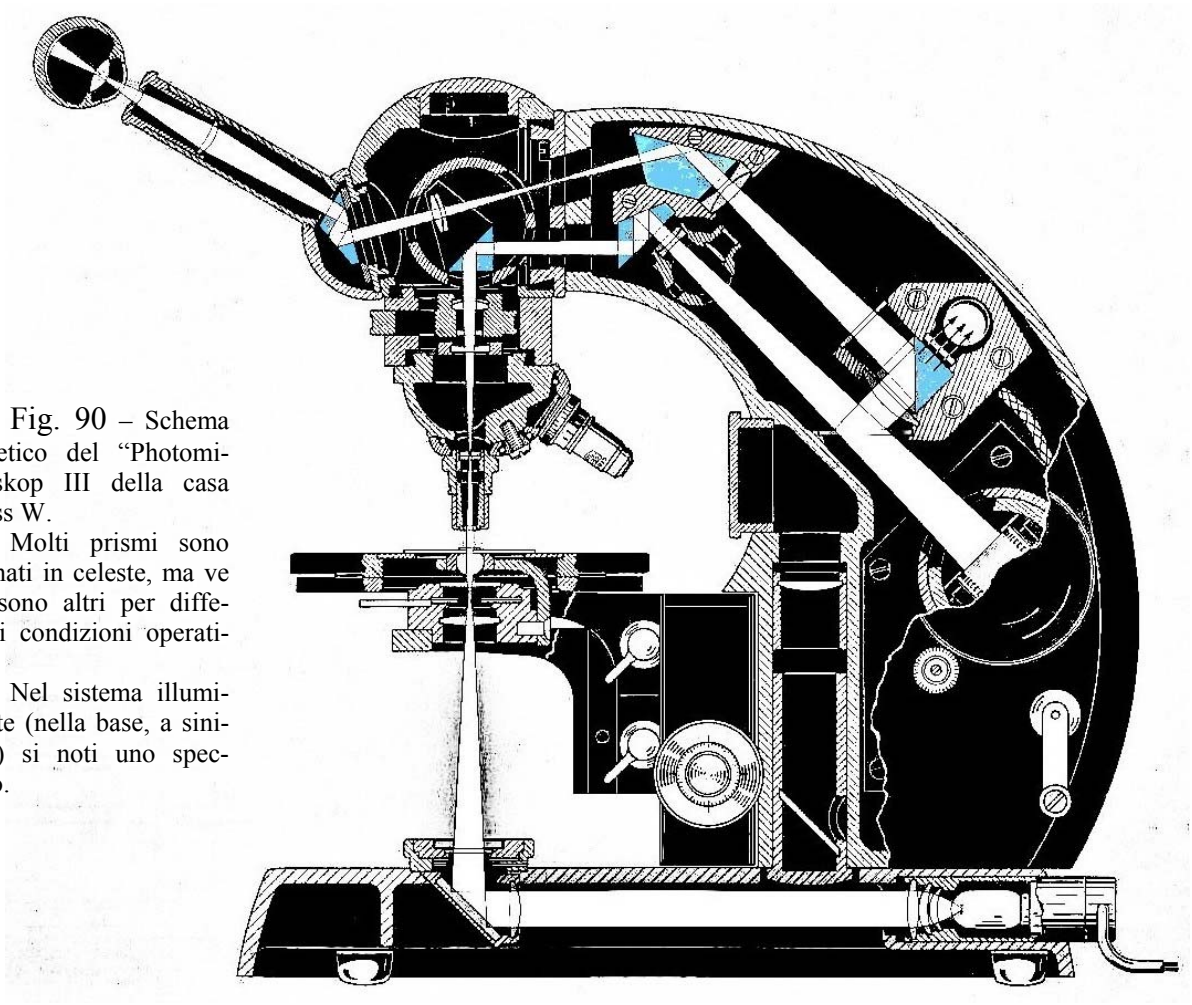


Fig. 90 – Schema sintetico del "Photomikroskop III della casa Zeiss W.

Molti prismi sono segnati in celeste, ma ve ne sono altri per differenti condizioni operative.

Nel sistema illuminante (nella base, a sinistra) si noti uno specchio.

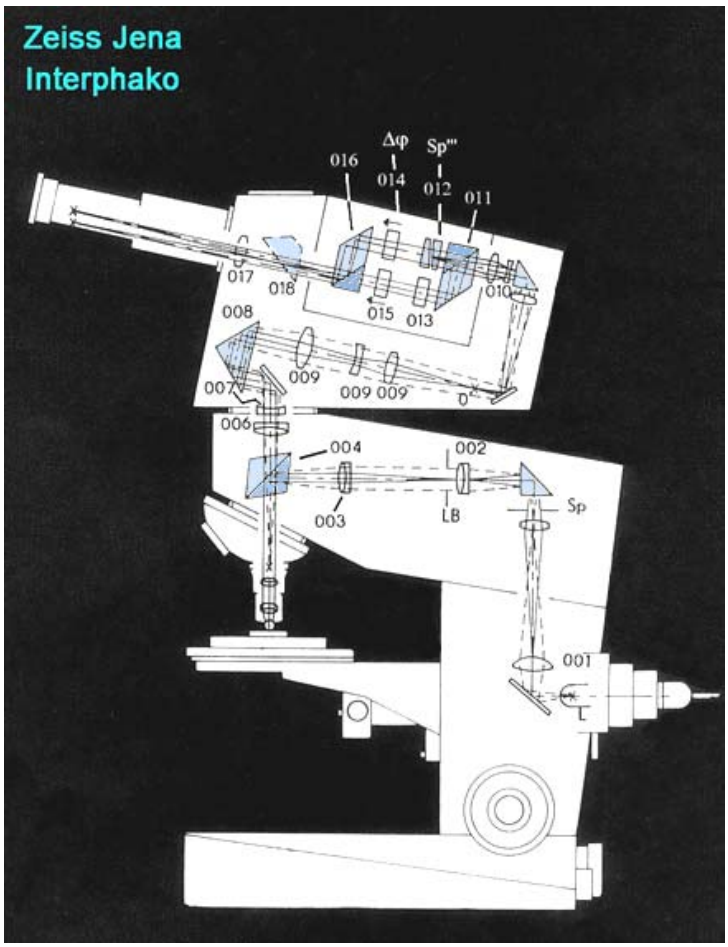


Fig. 91 – L'interferometro "Interphako" della casa Zeiss Jena andava posto sul braccio degli stativi Amplival, sia per la diascopia che per l'episcopia.

Consentiva osservazioni e misure con contrasto interferenziale (campo a tinta unita), con sdoppiamento differenziale (come il DIC, ma senza l'uso di radiazione polarizzata), con interferogramma (campo solcato da frange pa-rallele), con contrasto di fase senza alone, ecc.

Sono evidenti tre prismi isosceli, gli splitter (011 e 016, che fanno parte dell'interferometro sec. Mach Zehnder), un prisma di Amici (018) ed uno splitter non esattamente cubico (004).

La direzione leggermente inclinata delle facce d'ingresso e d'uscita di questo prisma ha lo scopo di allontanare dal cammino principale i riflessi dati da tali facce.

Il sistema Interphako fu modificato in seguito, ma uscì dalla produzione all'inizio degli anni '90.

E questi erano solo alcuni esempi … "paese che vai, prisma che trovi" …