

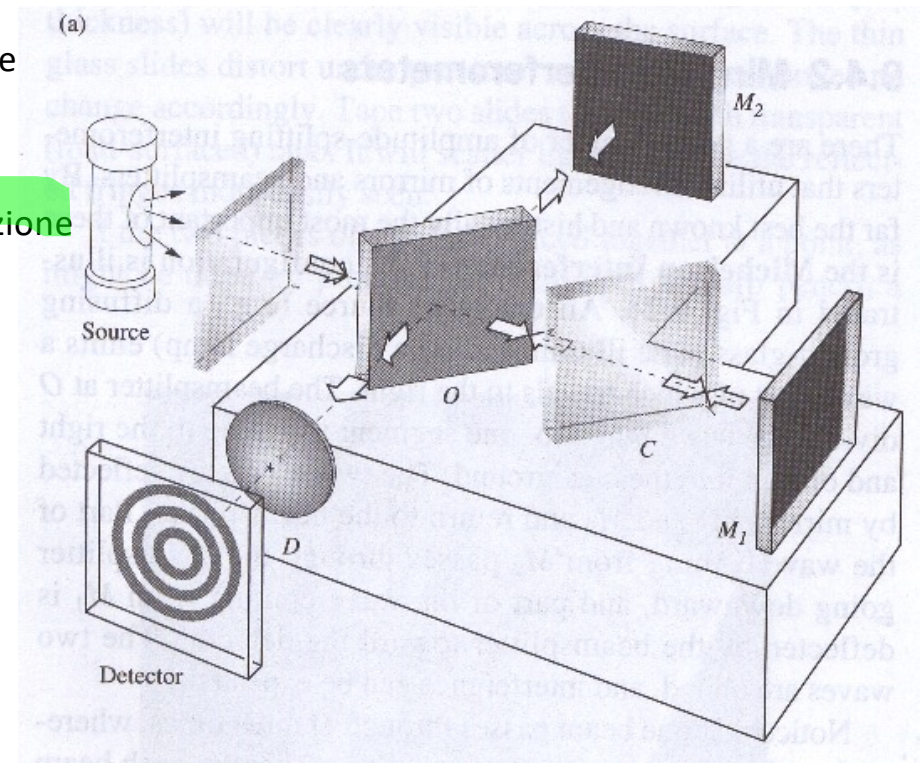
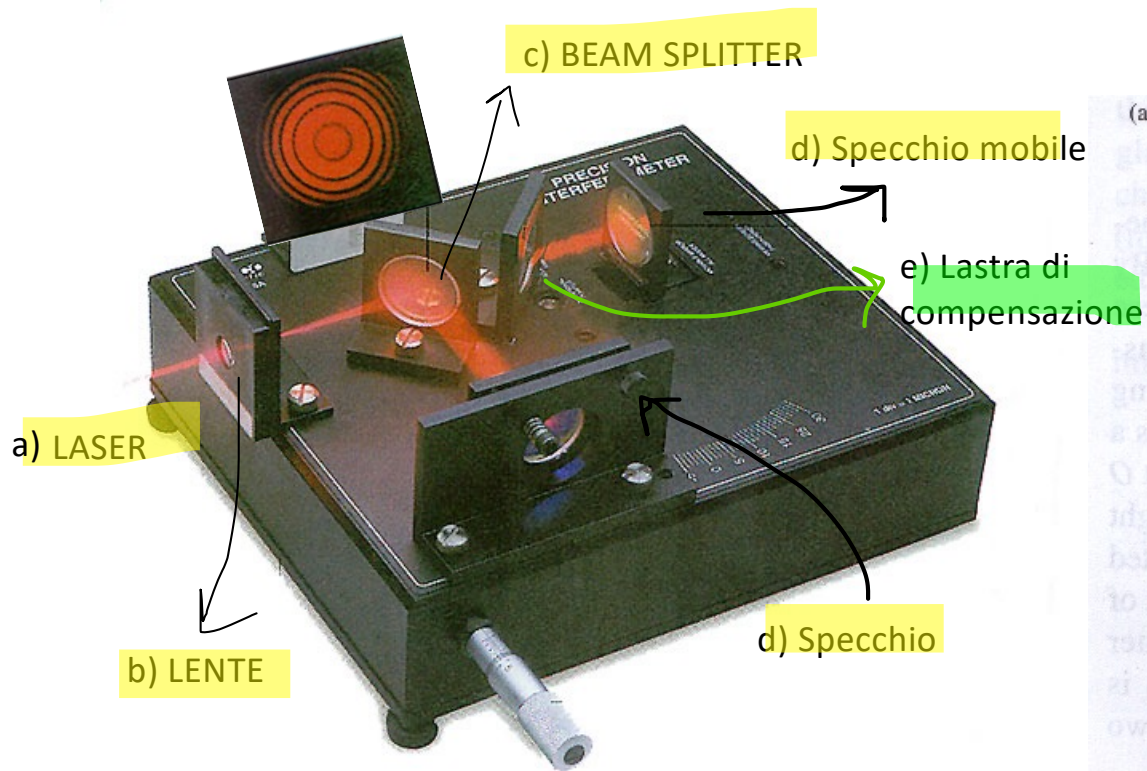
Esperimentazioni 2

Interferometro di Michelson

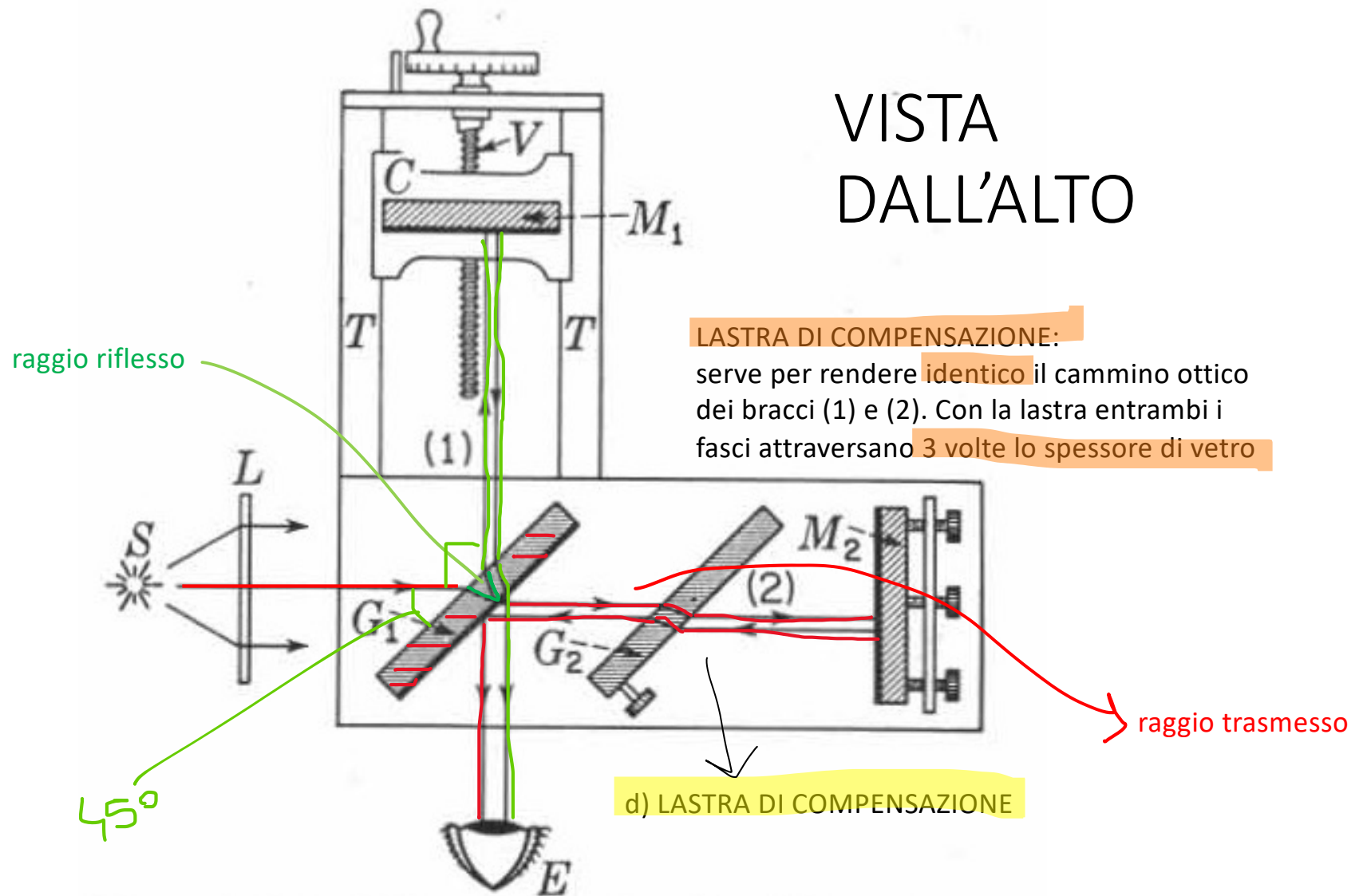
Modulo di Ottica e Fisica Moderna

Interferometro di Michelson

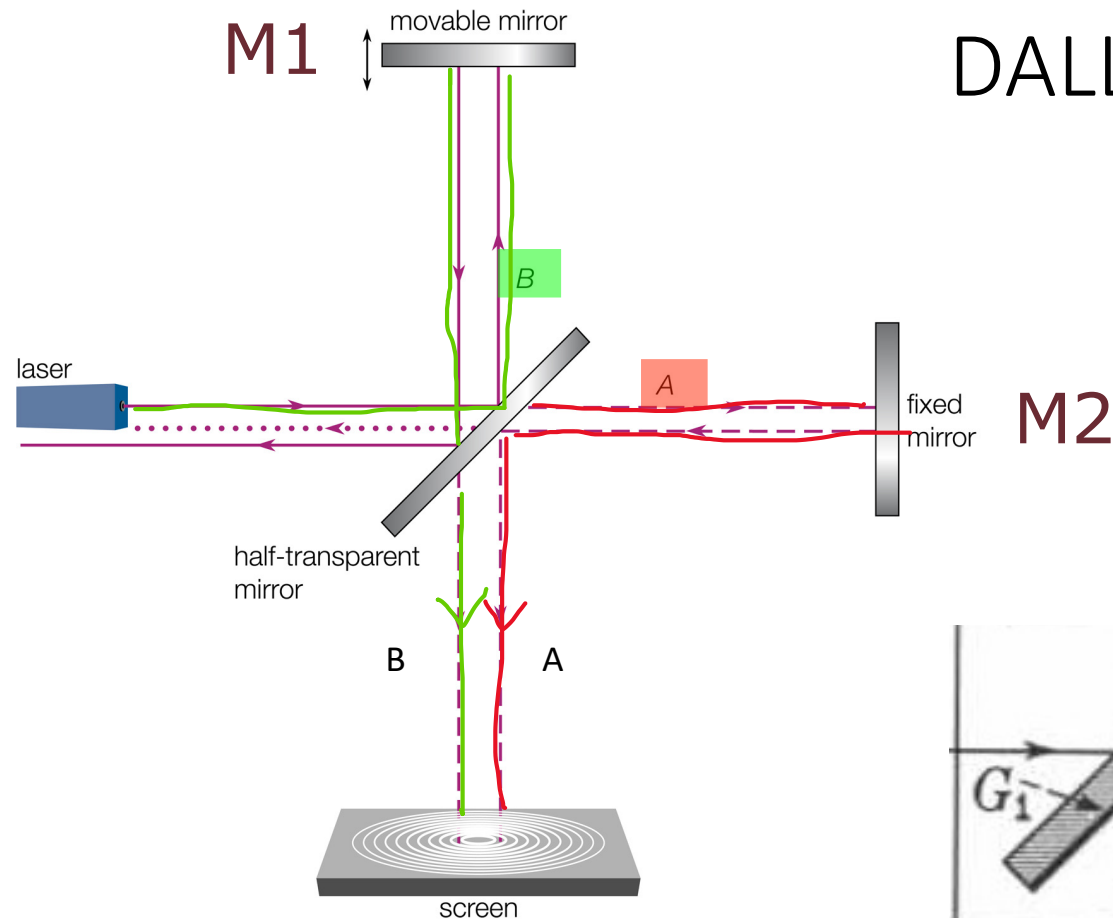
Layout ottico



VISTA DALL'ALTO

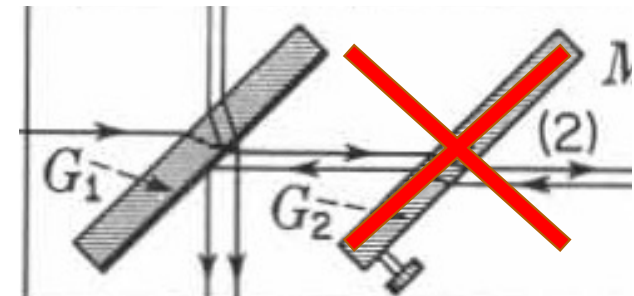


SCHEMA VISTA DALL'ALTO



COMMENTI:

- a) in laboratorio non utilizziamo la lastra di compensazione
- b) nel disegno trascuriamo il dettaglio del beam splitter



LINEARIZZAZIONE DELL'INTERFEROMETRO

I raggi A e B arrivano paralleli tra di loro allo schermo dopo diverse riflessioni su specchi disposti a angoli opportuni ($45^\circ - 90^\circ$)

Supponiamo di volerne considerare la provenienza da sorgenti virtuali poste dietro agli specchi

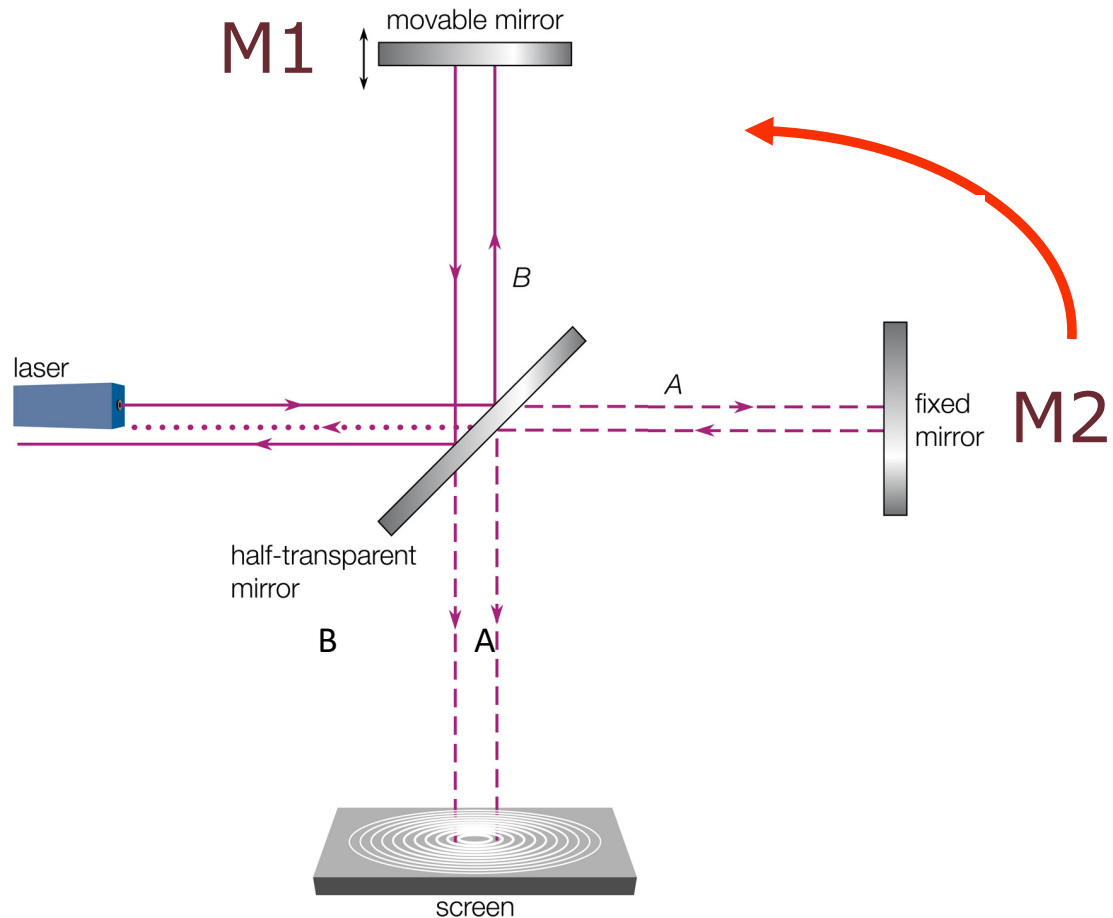


IMMAGINE GENERATA DA SPECCHIO PIANO



osservatore:

- vede i raggi rossi provenire dallo stesso punto Q' , sorgente virtuale.
- Q' è l'immagine di P' dietro allo specchio

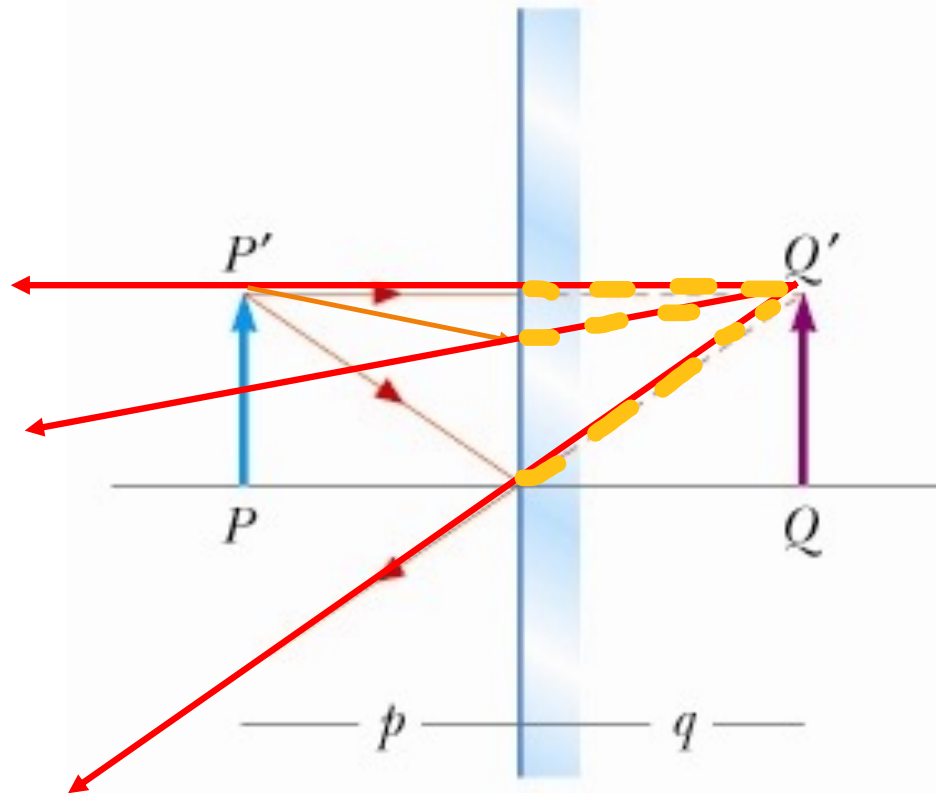
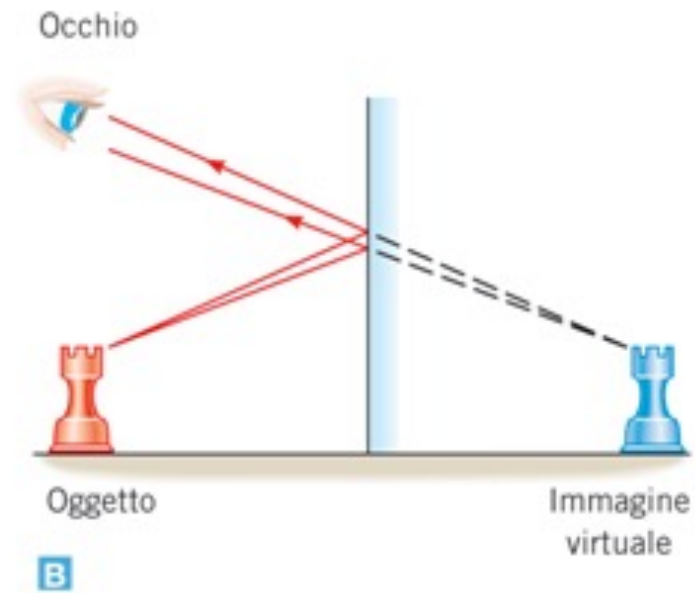
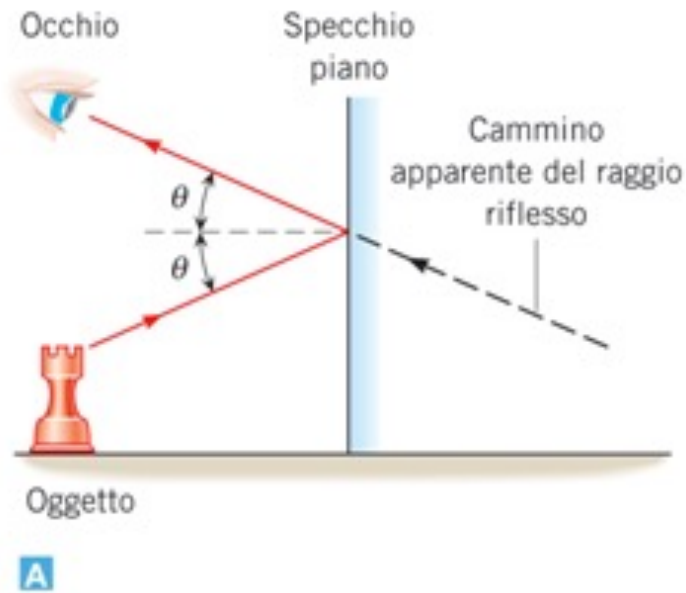
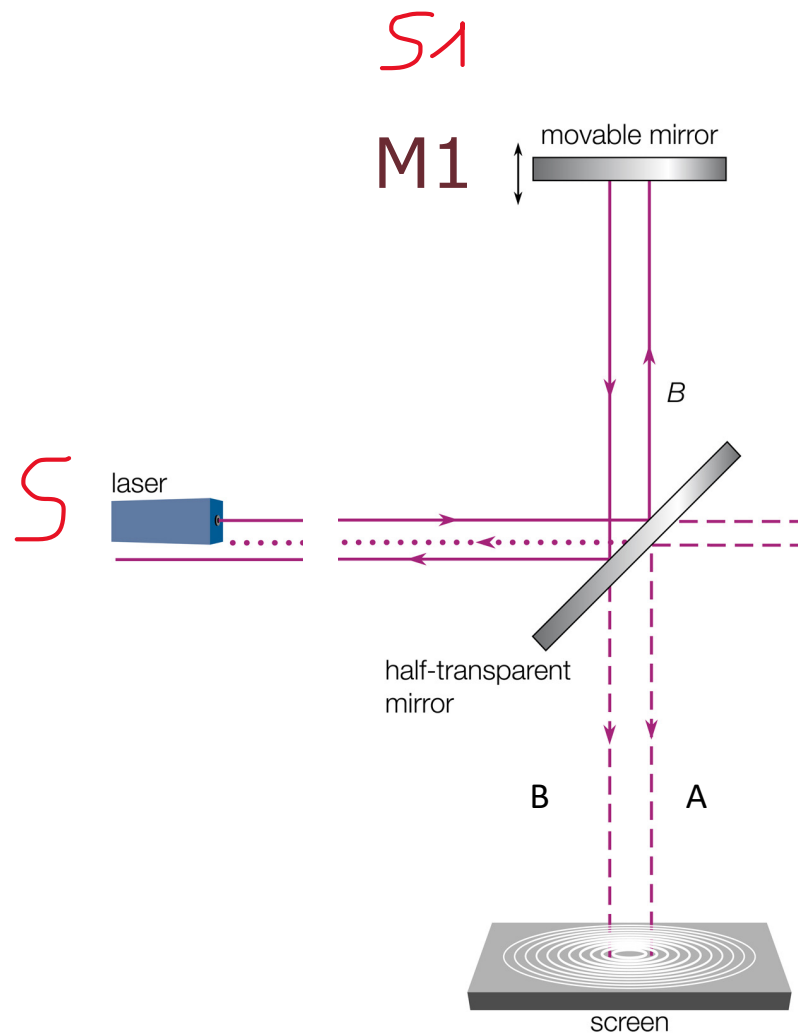


IMMAGINE GENERATA DA SPECCHIO PIANO

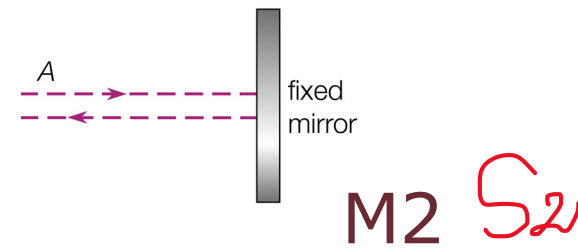


l'immagine virtuale è sorgente virtuale per l'osservatore

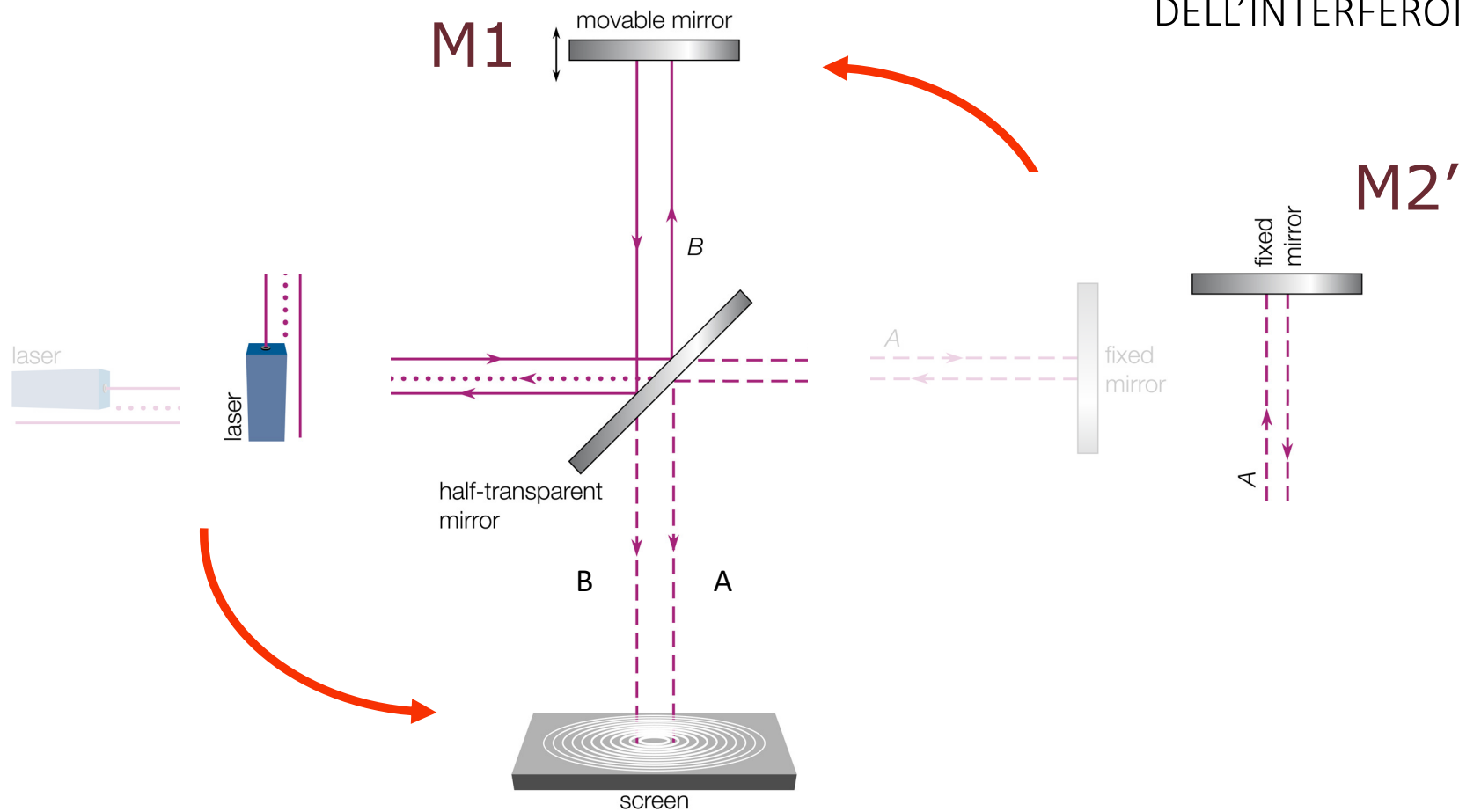


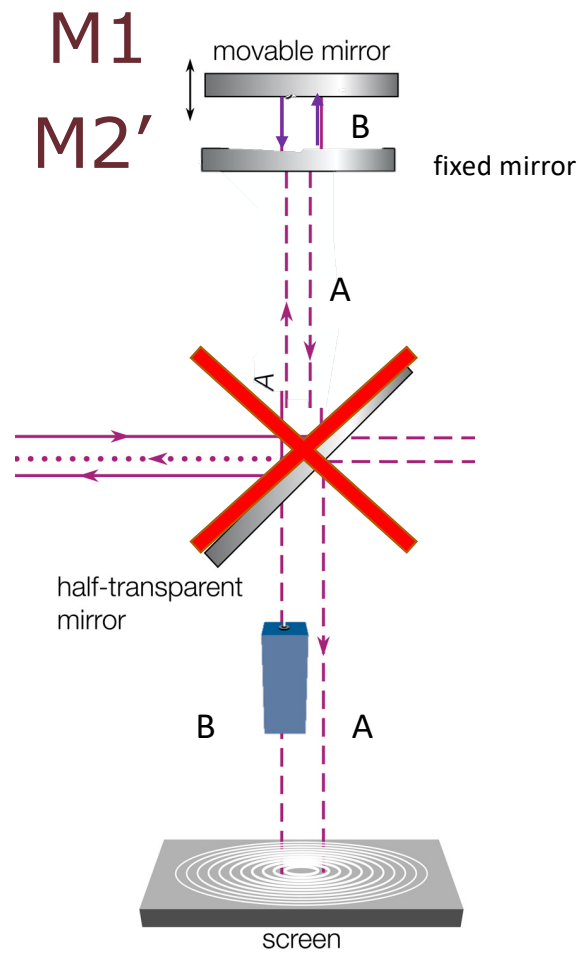
Britannica, Inc.

LINEARIZZAZIONE
DELL'INTERFEROMETRO



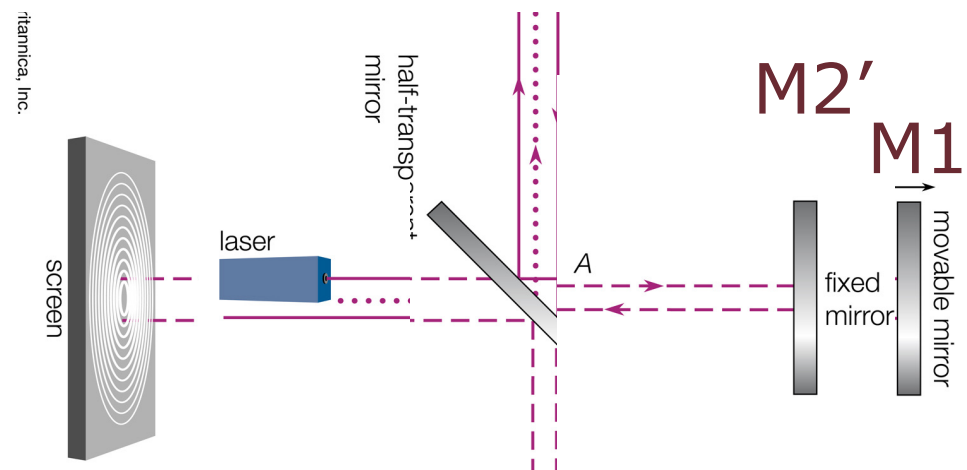
LINEARIZZAZIONE DELL'INTERFEROMETRO





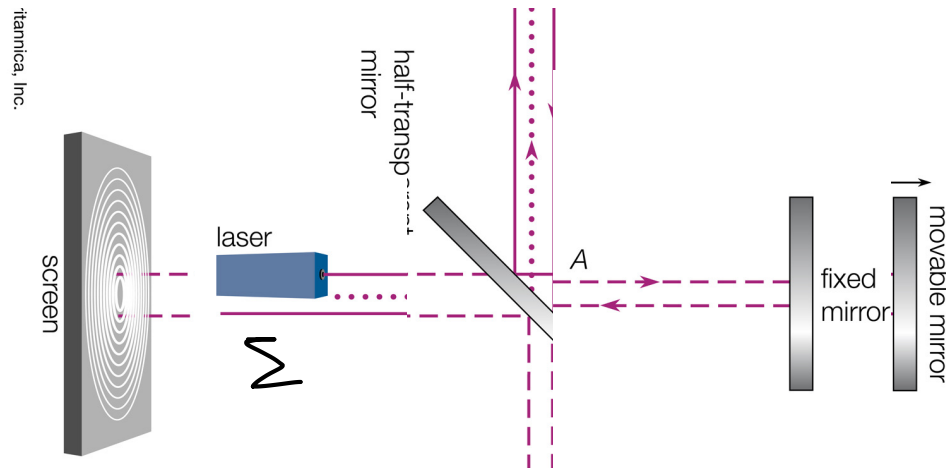
ritannica, Inc.

LINEARIZZAZIONE DELL'INTERFEROMETRO



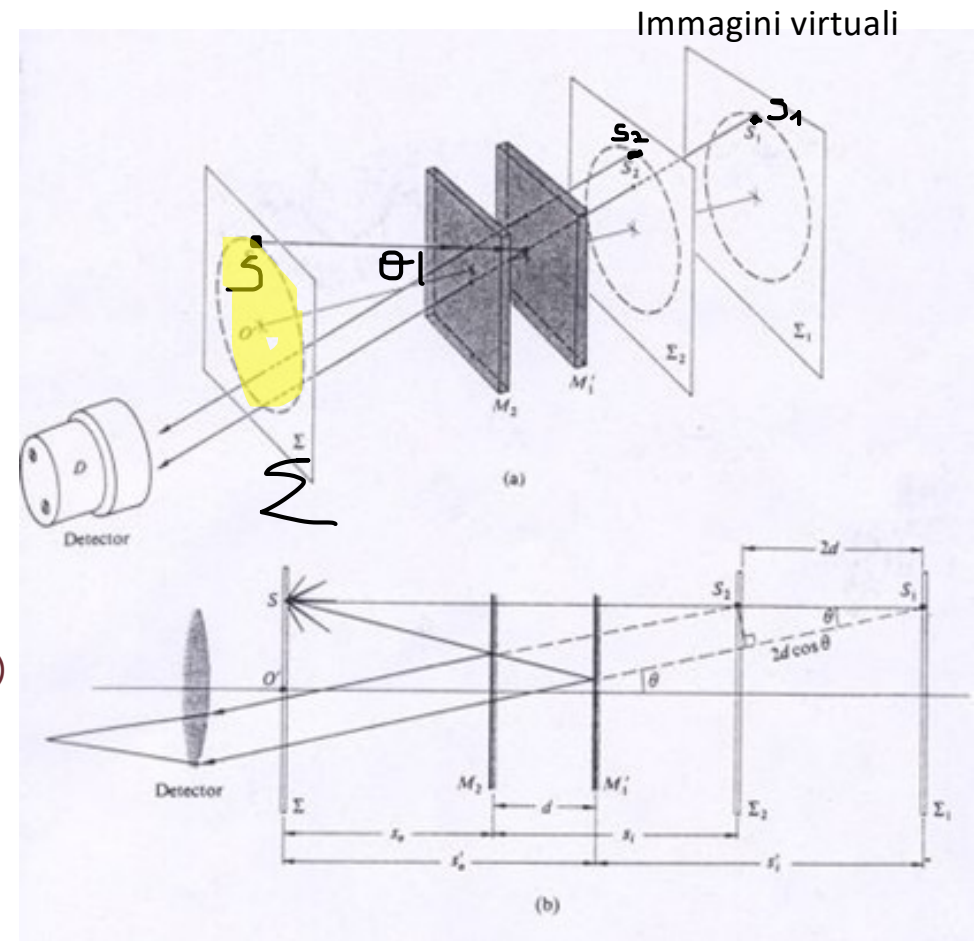
LINEARIZZAZIONE
DELL'INTERFEROMETRO

LINEARIZZAZIONE DEI PERCORSI DEI RAGGI



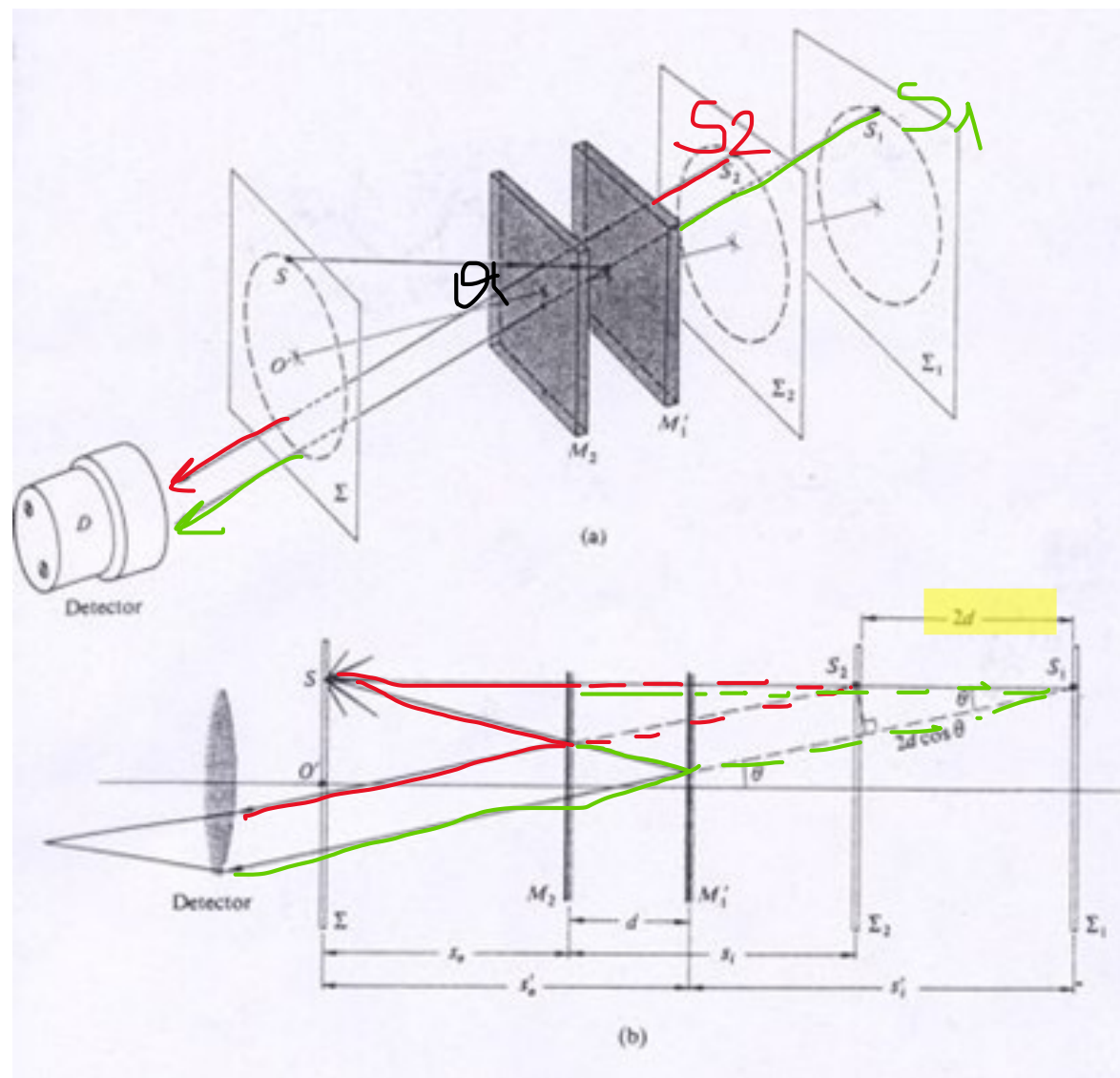
linearizzo l'interferometro:

- la sorgente Σ si trova davanti all'osservatore (detector)
- M_2 e M_1' risultano essere paralleli tra di loro
- Considero un raggio inclinato e disegno le sorgenti virtuali dei raggi riflessi da M_2 e M_1'



LINEARIZZAZIONE DEI PERCORSI DEI RAGGI

- Considero un raggio che parte da un punto S sulla sorgente estesa, ad un angolo θ rispetto all'orizzontale
- il detector/schermo vede i raggi riflessi da M_1 e M_2' come provenienti dalle sorgenti virtuali Σ_1 e Σ_2
- la distanza tra Σ_1 e Σ_2 sarà pari a $2d$



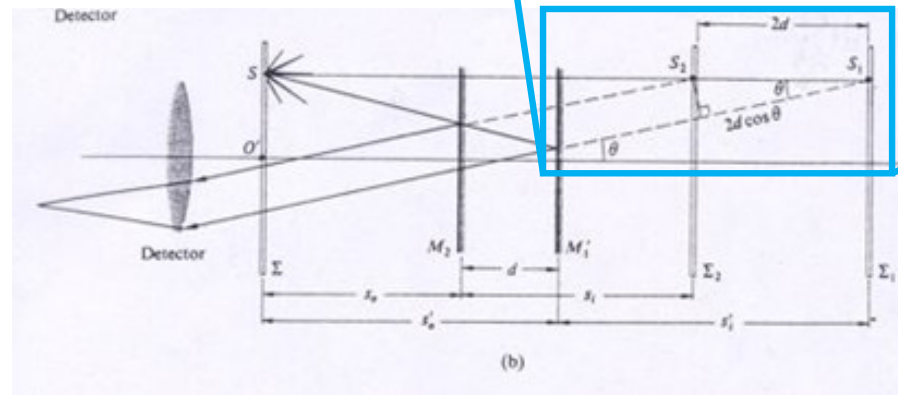
Formazione delle frange di interferenza (I)

- La differenza di cammino tra i 2 raggi provenienti dai punti S_1 e S_2 sulle sorgenti virtuali Σ_1 e Σ_2 sarà

$$2d \cos \theta$$

- la differenza di fase sarà

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} 2d \cos \theta$$

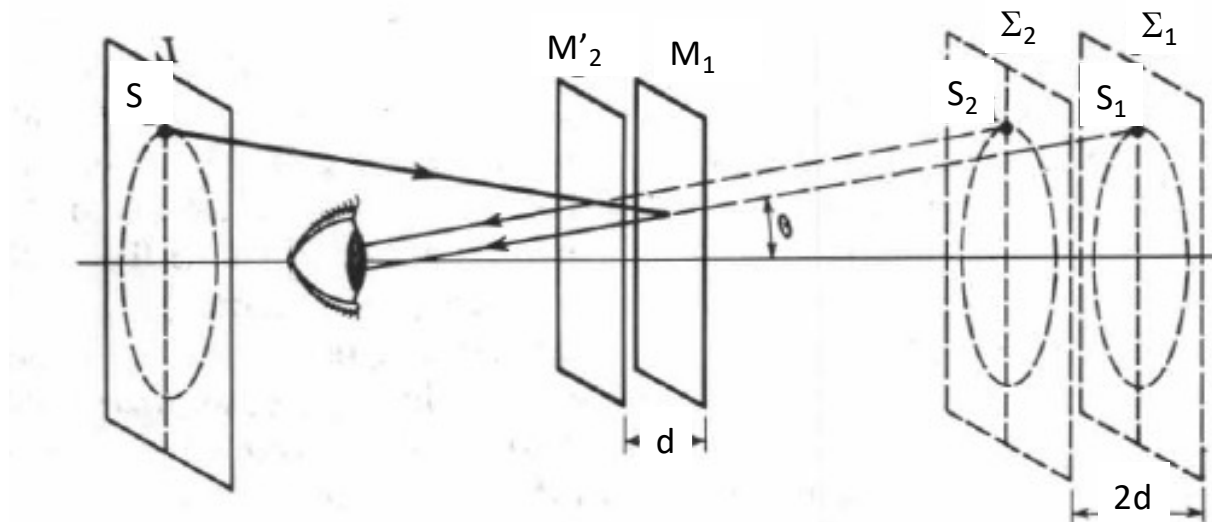
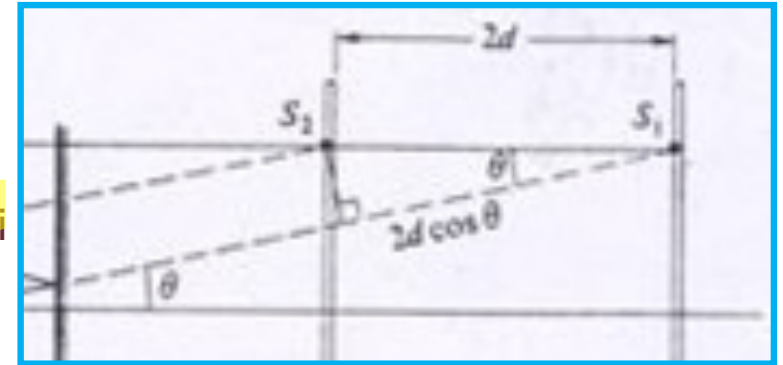


Formazione delle frange di interferenza (II)

si avranno massimi di interferenza quando

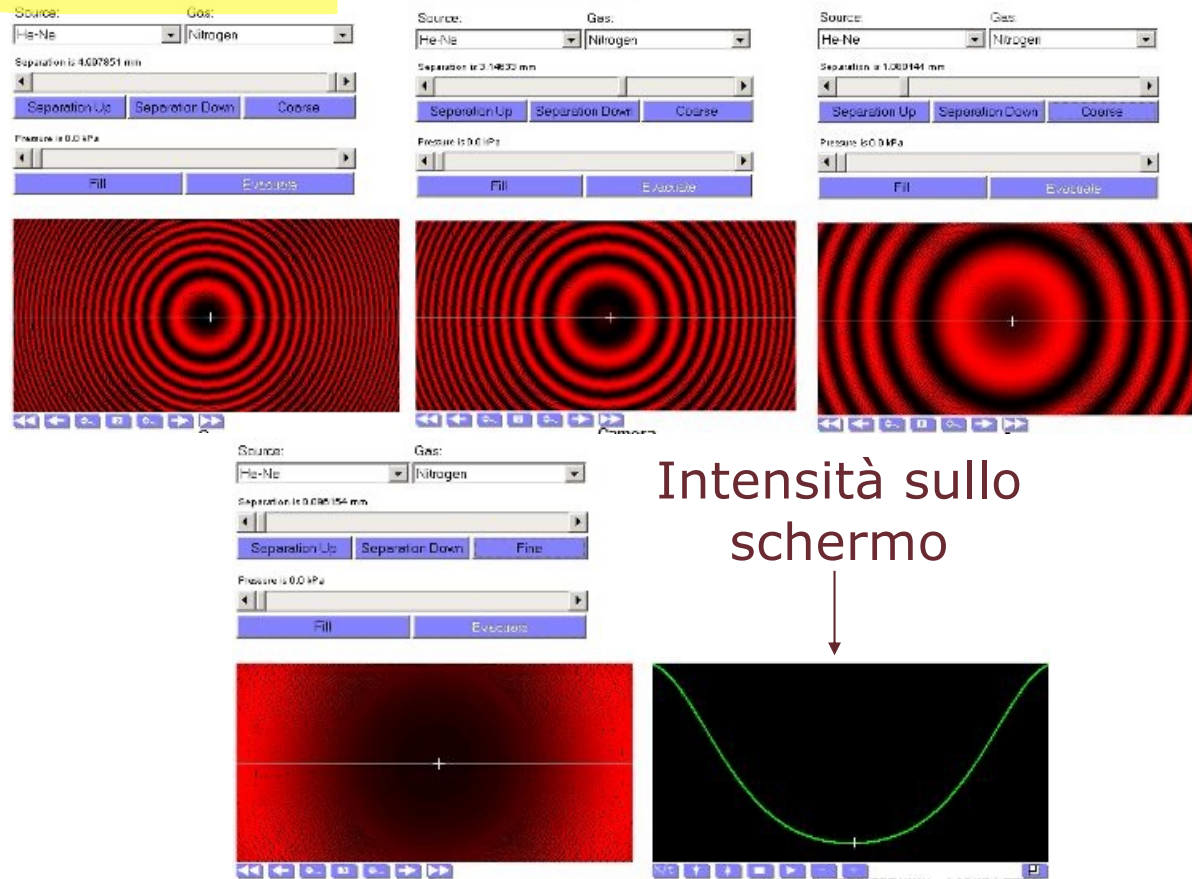
$$2d \cos \theta = m\lambda$$

fissiamo λ , m e d : anche θ e' costante -> frange circolari
per ciascun massimo di ordine m

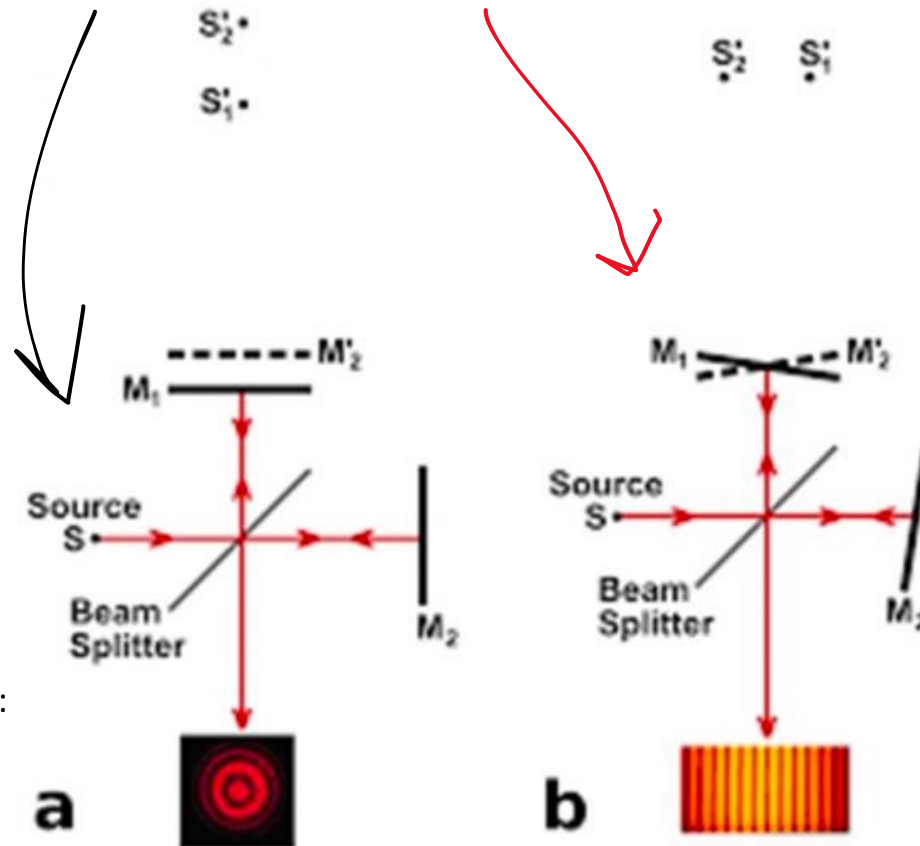


Formazione delle frange (M1 parallelo M2)

In tal caso, nel punto centrale
corrispondente a $\theta=0$ ho buio; la
prima interferenza
costruttiva ce l'avrò
per un θ
corrispondente alla
prima banda rossa, e
così via le altre per
diversi valori di θ



M1 e M2 allineati o disallineati



frange di equal inclinazione:
circolari

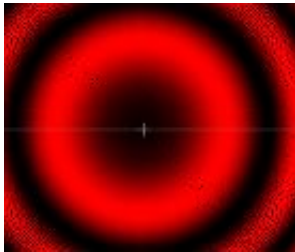
frange di equal spessore:
parallele

Misura in laboratorio

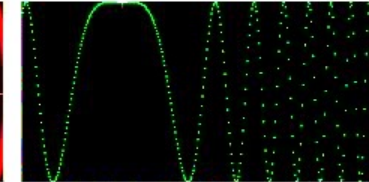
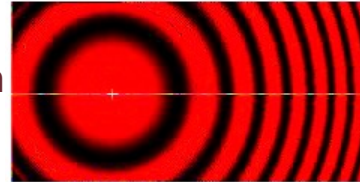
- L'interferometro viene usato per diverse misure. In particolare osservando la variazione della figura di interferenza sullo schermo si possono misurare
 - lo spostamento dello specchio mobile (nota λ)
 - la lunghezza d'onda della luce (noto lo spostamento dello specchio)
 - l'indice di rifrazione di materiali diversi posti sul cammino ottico del fascio laser (noto lo spessore del materiale)
- la distanza tra i 2 specchi è pari a d . Se spostato uno dei 2 vario d .
- i massimi e minimi di interferenza si sposteranno (vedi prossima slide), e contando il numero di massimi che si alternano al centro della figura possiamo valutare di quanto si è spostato lo specchio oppure, misurando lo spostamento, ricavare la lunghezza d'onda

Cosa succede in $\theta=0$ se vario d ?

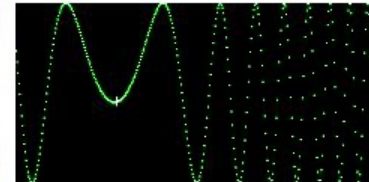
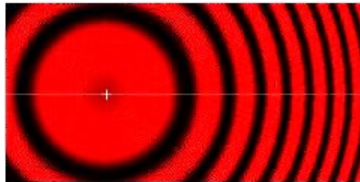
$$2d \cos \theta_m = m\lambda_0$$



$$d_m = 4,803432 \text{ mm}$$

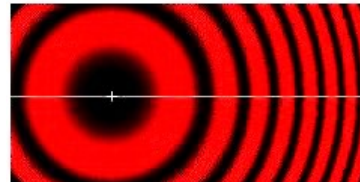


$$d = 4,803511 \text{ mm}$$



$$\theta=0 \quad 2d = m\lambda_0$$

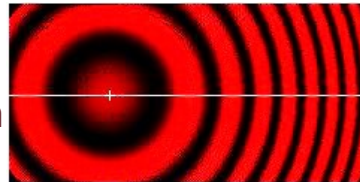
$$d = 4,803592 \text{ mm}$$



λ è costante, variando d varia m , ovvero in $\theta=0$
si alternano via via massimi di ordine m successivo

$$d = m \frac{\lambda_0}{2}$$

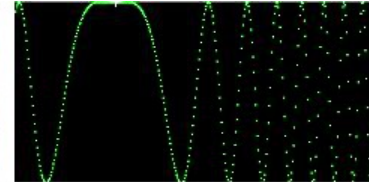
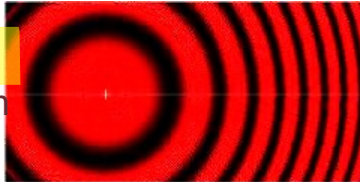
$$d = 4,803669 \text{ mm}$$



a uno spostamento Δd corrisponderanno N
alternanze di massimi in $\theta=0$

$$\Delta d = N \left(\frac{\lambda_0}{2} \right)$$

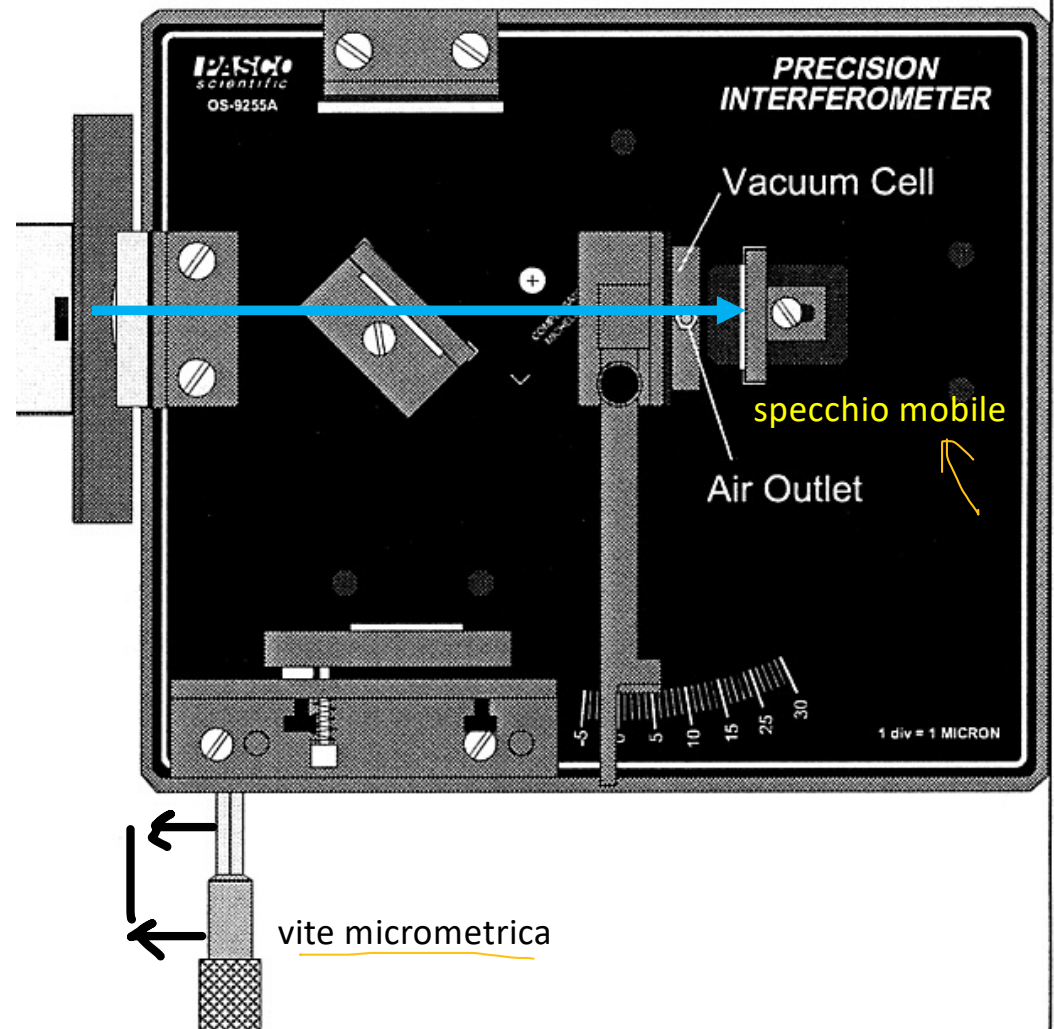
$$d_{m+1} = 4,803749 \text{ mm}$$



Misura in laboratorio (1)

- Lunghezza d'onda della luce:
 - Partendo da metà corsa della vite micrometrica spostato lo specchio, contando sullo schermo almeno 70 massimi di intensità successivi
attenzione a non variare il verso di rotazione!
 - leggere sulla vite lo spostamento (ogni giro della vite corrisponde a uno spostamento di $25\mu\text{m}$)
 - sostituire N e d nella formula e ricavare λ

$$\lambda = \frac{2d}{N}$$



Misura in laboratorio (2)

- Indice di rifrazione dell'aria
 - Agendo con delicatezza sulla pompa, togliere lentamente l'aria dalla camera e contare le frange che sono state inghiottite.
 - Occorre partire da pressione atmosferica (ci si riporta a pressione atmosferica tirando la levetta) e per semplicità supponiamo di riuscire a togliere tutta l'aria.



$$n_{aria} = 1 + \frac{N\lambda_{vuoto}}{2d}$$

dove N e' il numero di frange contate,
 d (=3cm) la profondita'della camerina
e $\lambda_{vuoto} = 632,8 \text{ nm}$

Misura in laboratorio (3)

- Indice di rifrazione del vetro

L'idea e' sempre quella di contare le frange che si alternano in $\theta=0$ in corrispondenza di una variazione di cammino ottico:

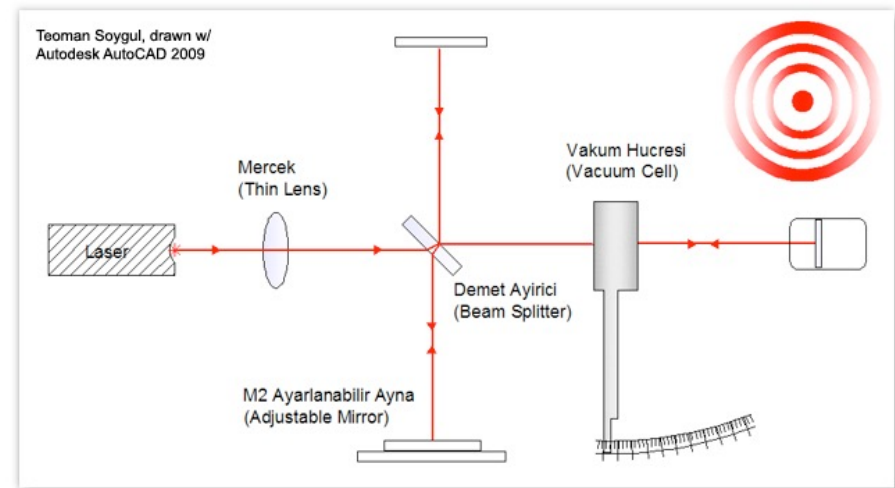
qui si varia lo spessore del vetro variando l'angolo di incidenza della luce sul vetro.

- Montare la lastrina di vetro sul lato magnetizzato del braccio girevole.
- Posizionare il braccio in modo che lo zero del suo nonio sia allineato con lo zero del goniometro.
 - Se il braccio mobile e' fissato in modo corretto, lo zero della scala graduata del braccio mobile deve coincidere con lo zero del goniometro sul piano dell'interferometro. Altrimenti cercare la posizione di perpendicolarità osservando le figure riflesse
 - Ruotare LENTAMENTE il vetro agendo sul braccio girevole. Contare le frange (N) che passano andando da 0 gradi a un angolo ϑ (almeno 10 gradi)

L'indice di rifrazione del vetro si calcola tenendo conto dei cammini ottici in aria e in vetro, nel modo seguente:

$$n_{\text{vetro}} = \frac{(2t - N\lambda)(1 - \cos \vartheta)}{2t(1 - \cos \vartheta) - N\lambda}$$

λ = lunghezza d'onda nel vuoto = 632,8 nm e t = spessore del vetro



Apparato

vista dall'alto

vite micrometrica

