

L'INTERFEROMETRO DI MICHELSON

L'interferometria è un metodo di misura molto preciso e molto sensibile che permette di determinare, ad esempio, variazioni di lunghezza, densità degli strati, indici di rifrazione e lunghezze d'onda. L'interferometro di Michelson appartiene alla famiglia degli interferometri a due raggi.

Principio di funzionamento

SPECCHIO Fisso F1



L A S E R

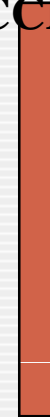


**SPECCHIO
SEMITRASPARENTE**



F₃

SPECCHIO (Mobile) F2



SPECCHIO Fisso F1



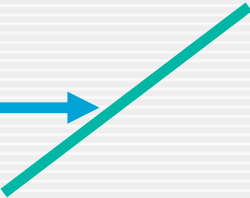
SPECCHIO F2

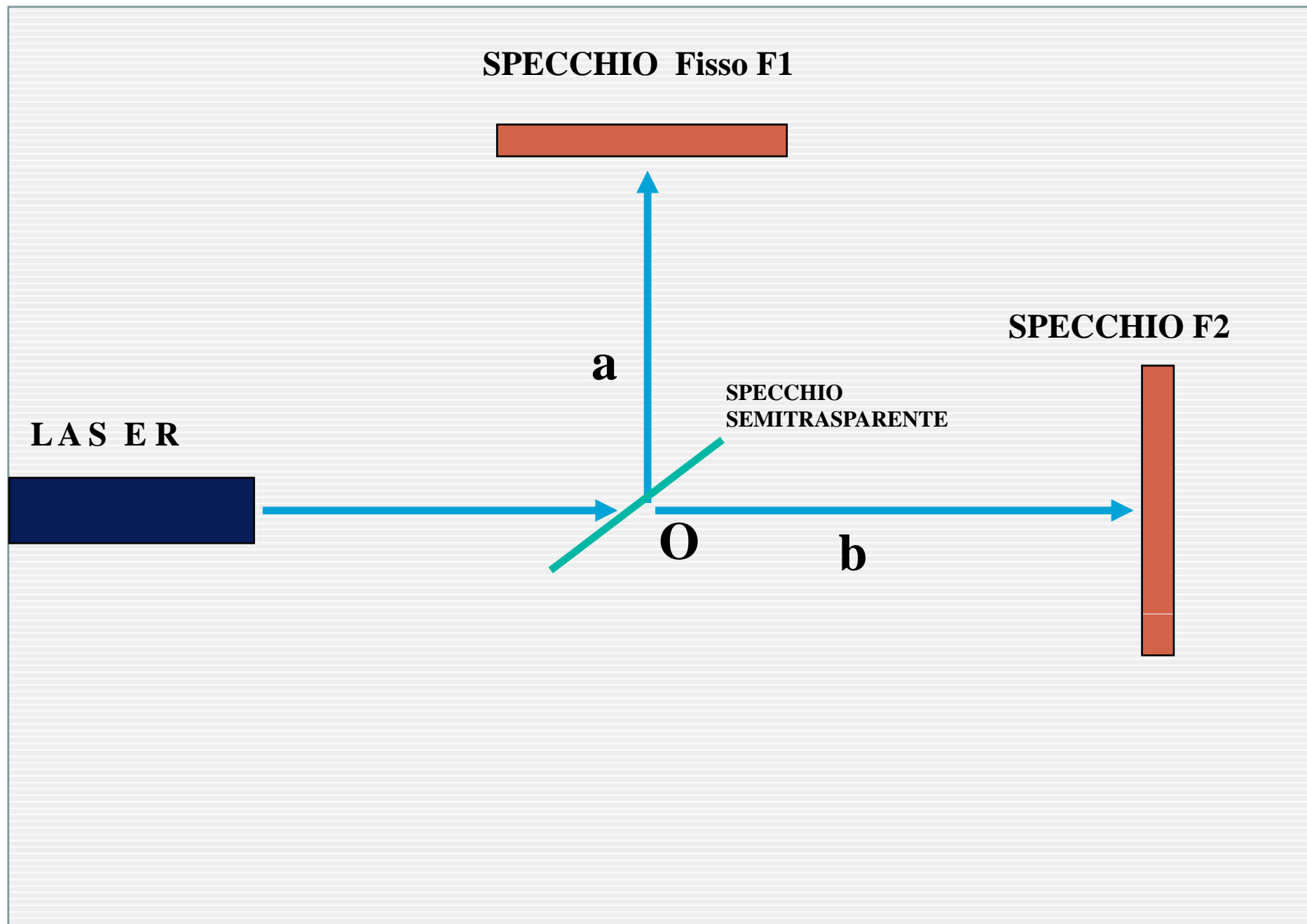


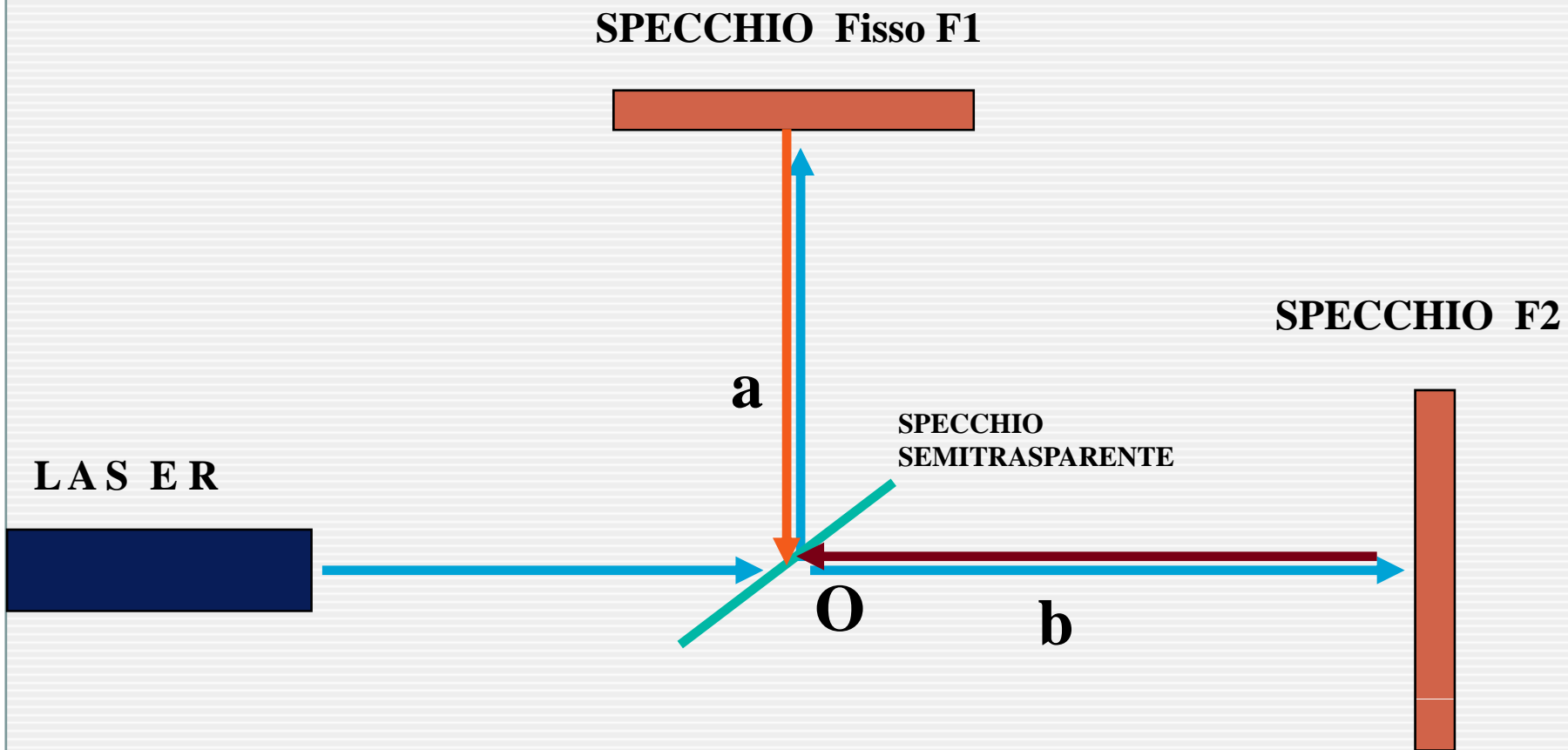
L A S E R

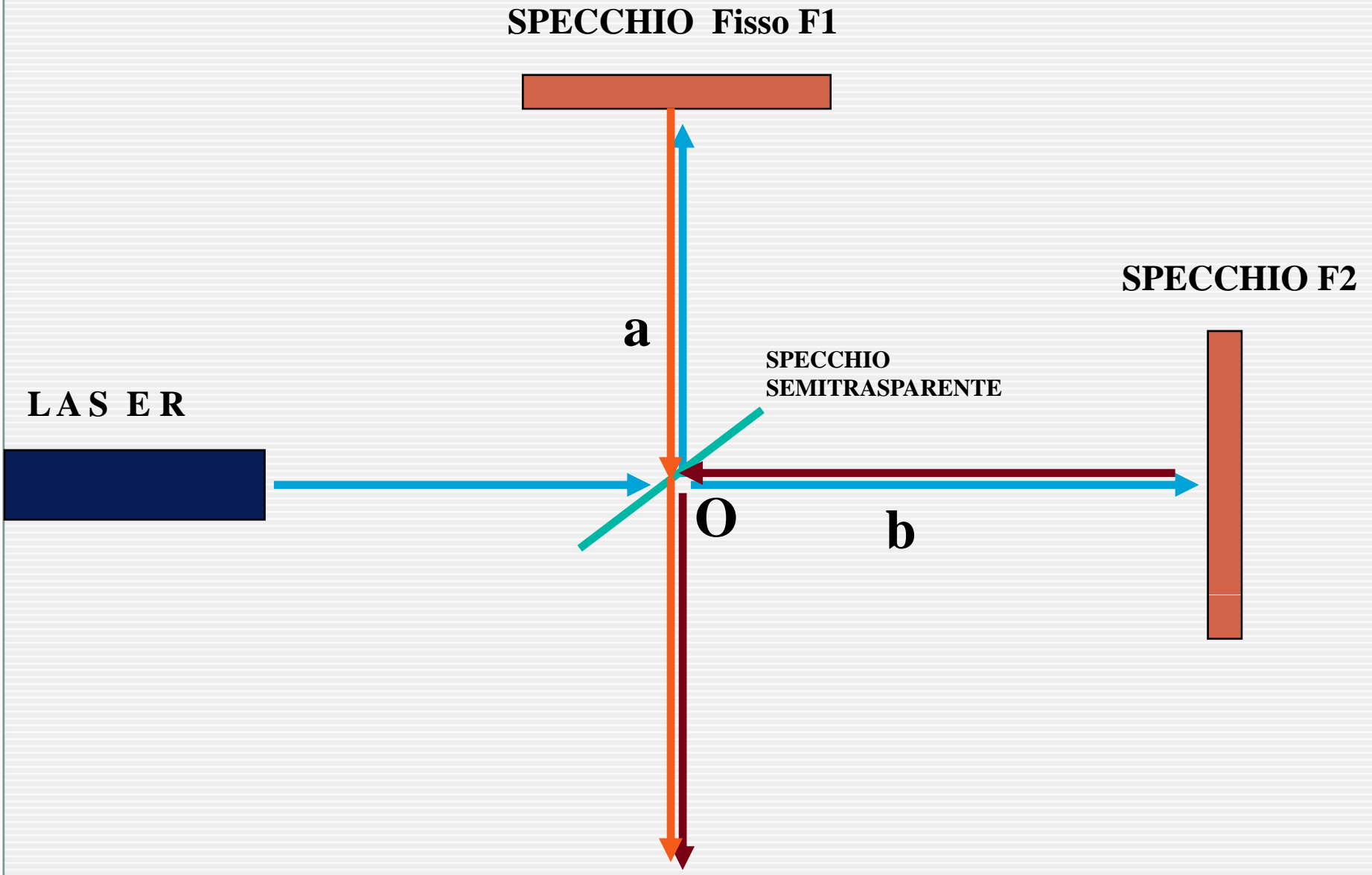


**SPECCHIO
SEMITRASPARENTE**









LASER

SPECCHIO Fisso F1

SPECCHIO F2

SPECCHIO SEMITRASPARENTE

a

O

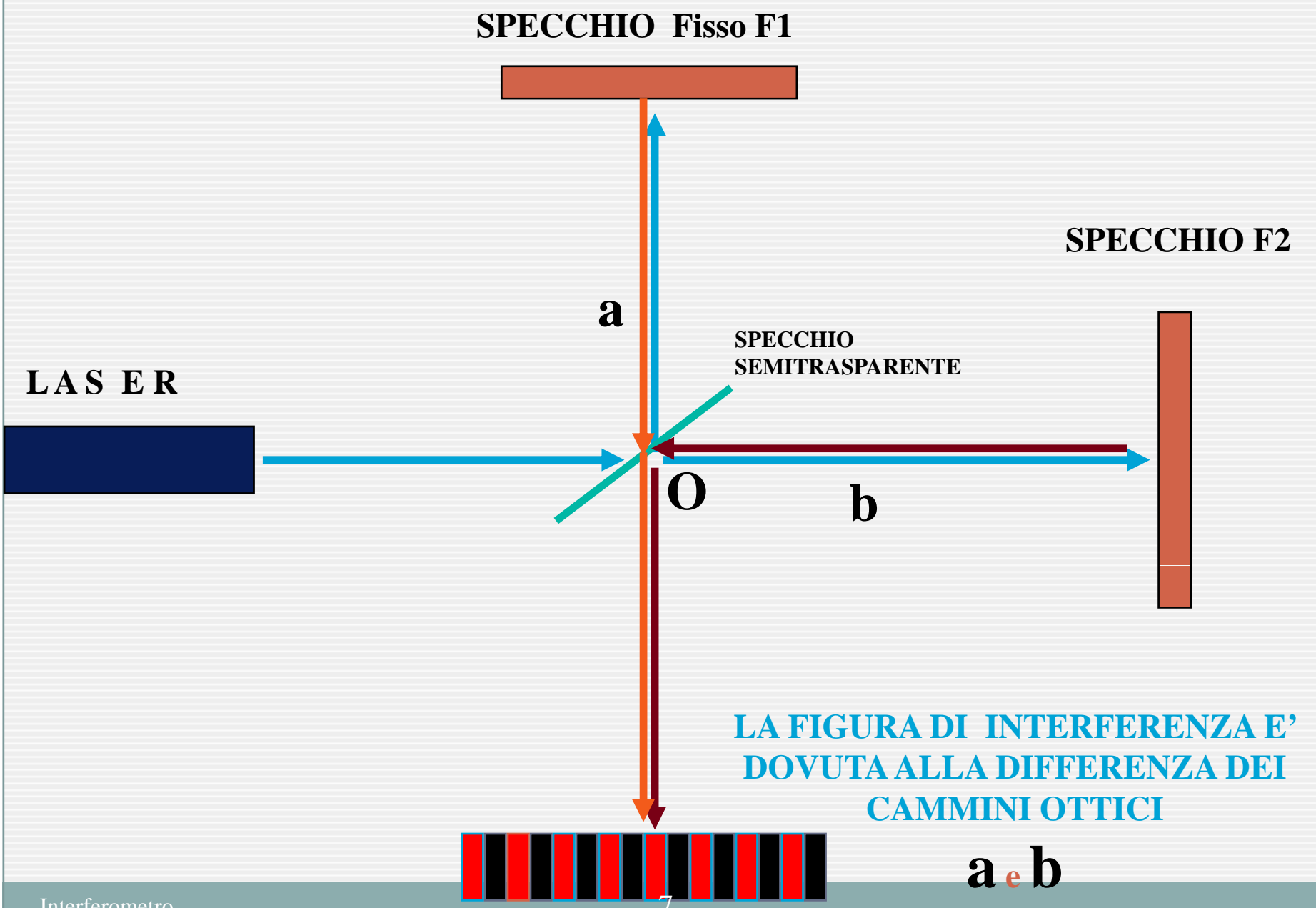
b

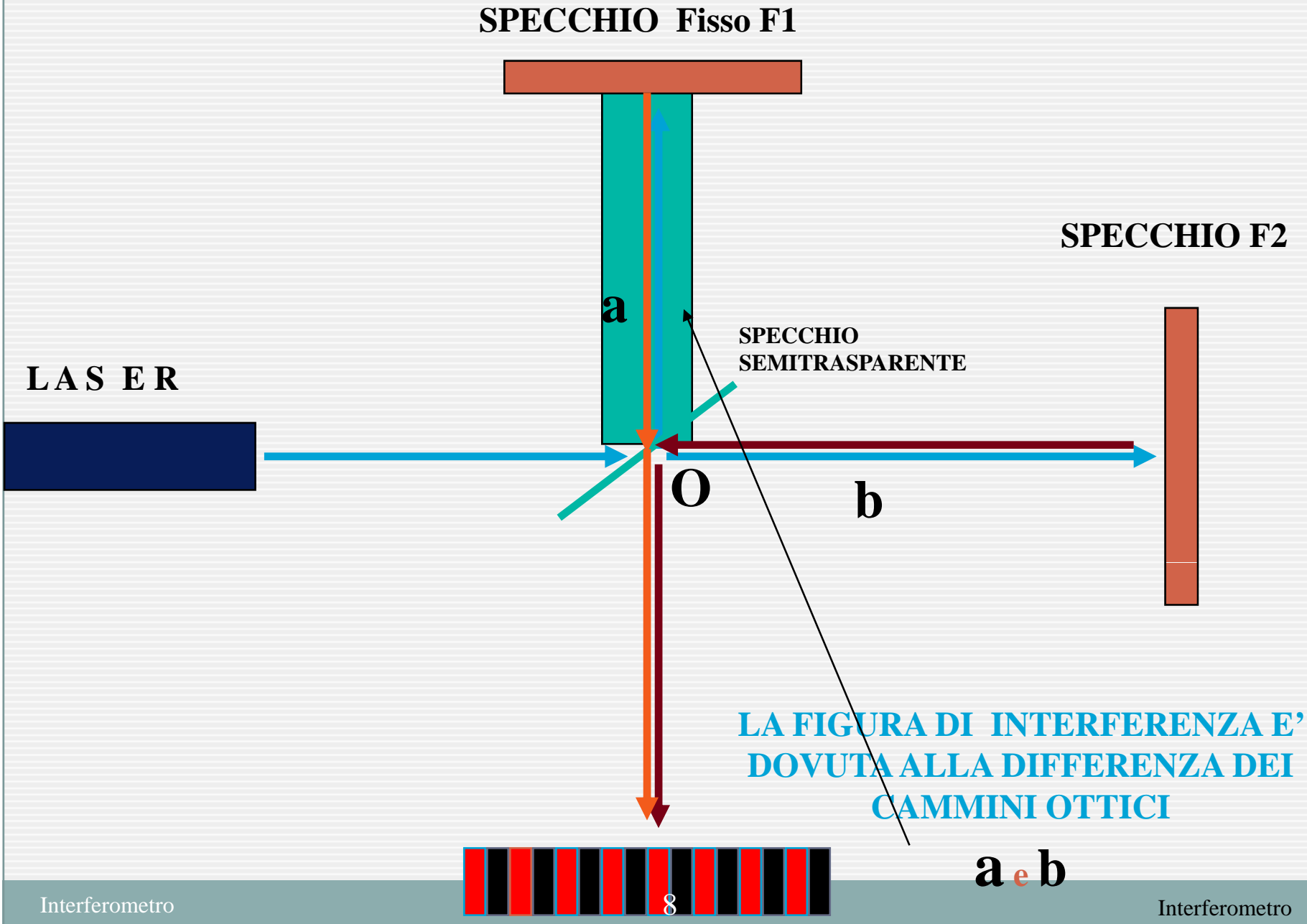
Interferometro

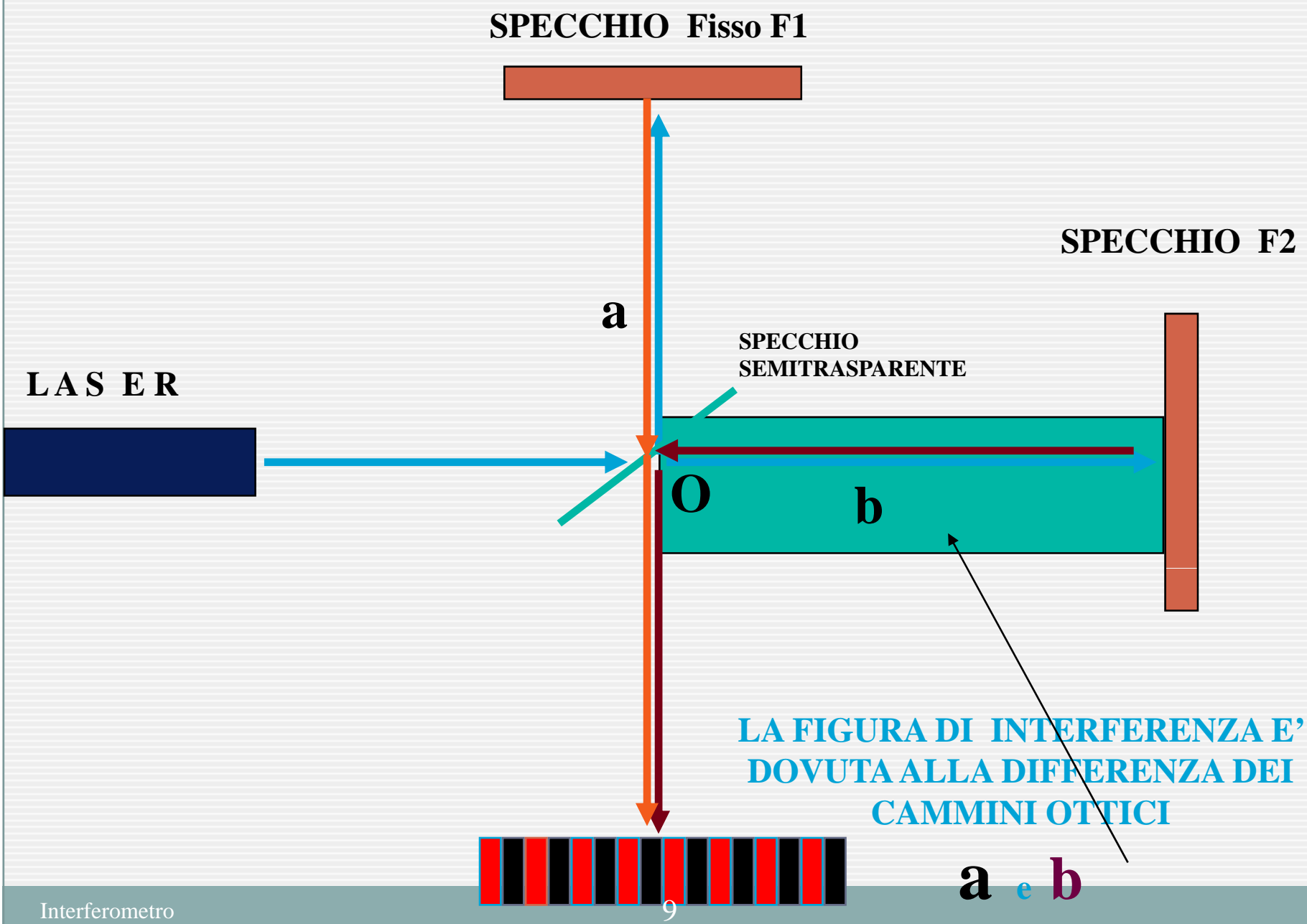


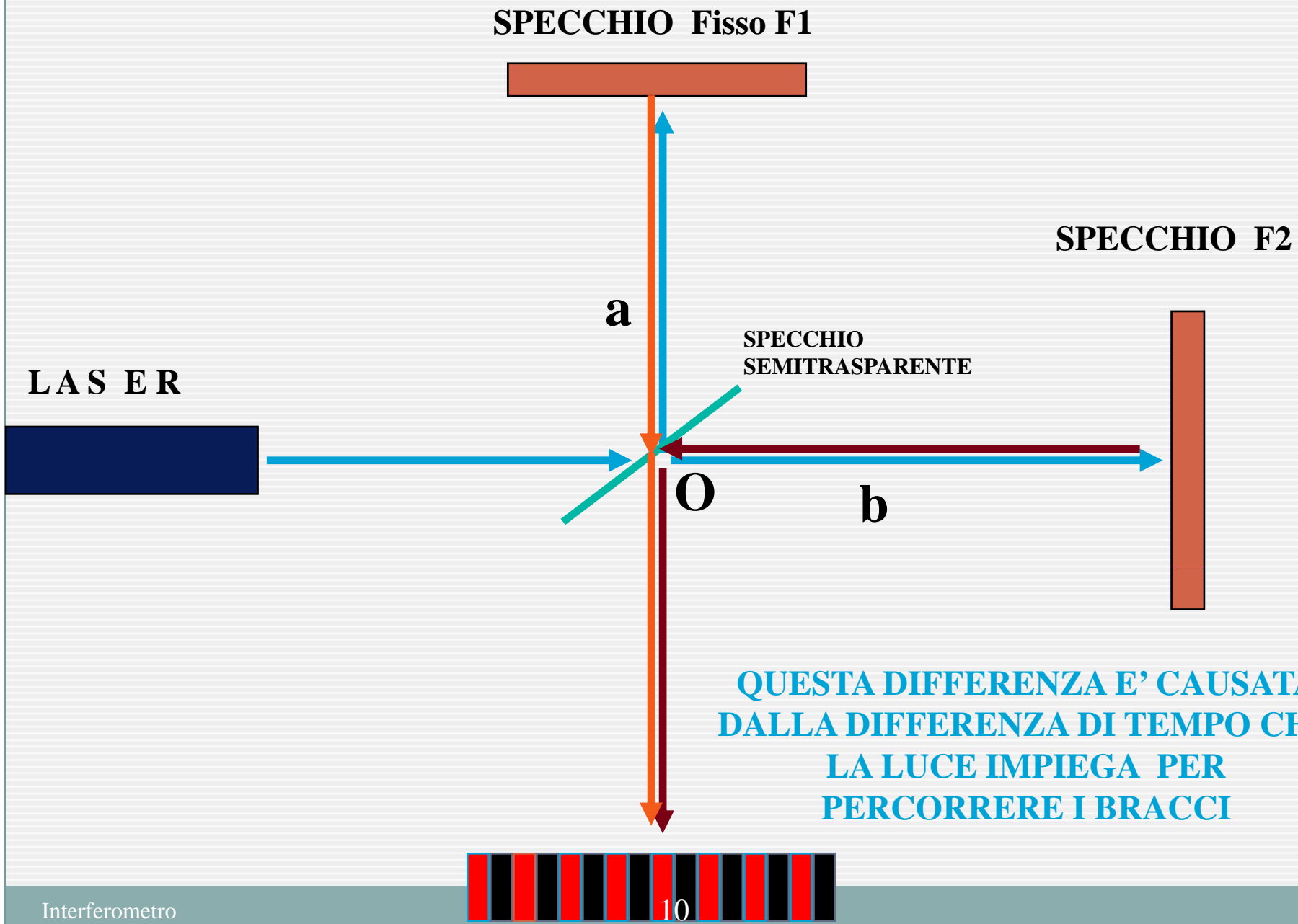
figura d'interferenza

6

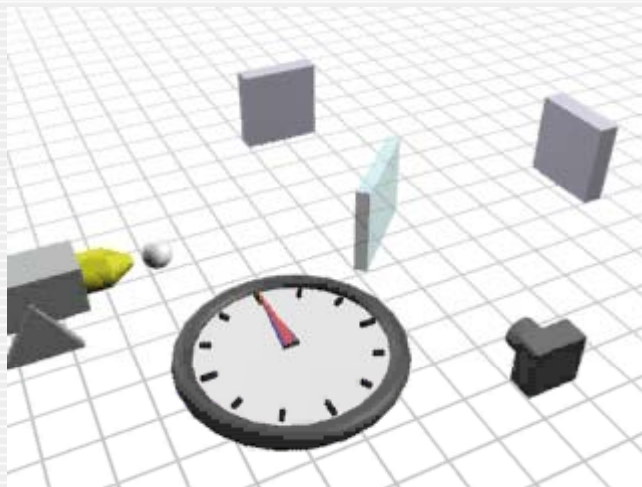




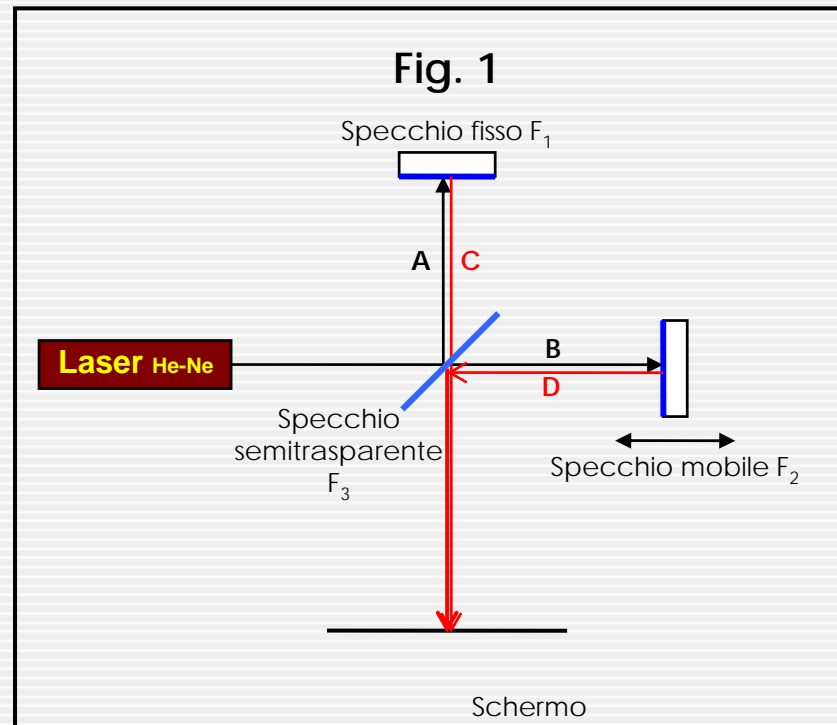




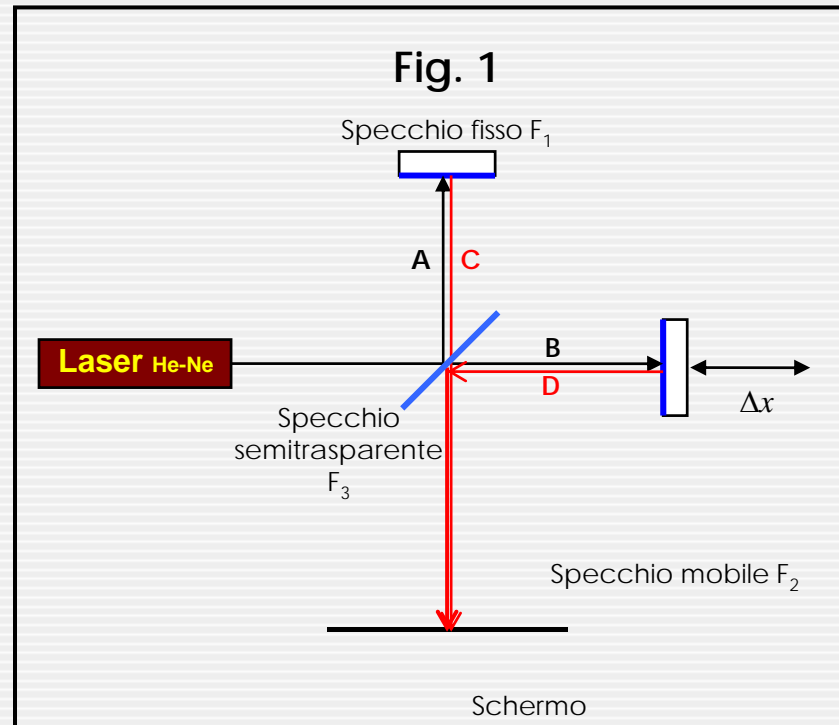
**QUESTA DIFFERENZA E' CAUSATA
DALLA DIFFERENZA DI TEMPO CHE
LA LUCE IMPIEGA PER
PERCORRERE I BRACCI**



Il tipo di sorgente laser che verrà utilizzato permetterà di approssimare la luce come un'onda sinusoidale infinitamente estesa, quindi non come una successione di pacchetti d'onda; in gergo tecnico si dice che la sorgente ha una grande "lunghezza di coerenza".



Nel caso in cui le **distanze $F_1 - F_3$ e $F_2 - F_3$ siano uguali**, i raggi C e D compiono percorsi (cammini ottici) di uguale lunghezza e arrivano sullo schermo con ritardo relativo nullo, ovvero “in fase”; l’ampiezza dell’onda risultante è data dalla somma di C e D (e di conseguenza la sua intensità, proporzionale al quadrato dell’ampiezza) è in questo caso massima. In questo caso, si parla di **interferenza costruttiva** tra le due onde.



Spostando lo specchio mobile F_2 di una distanza ΔX l'onda D dovrà percorrere una distanza pari a $2\Delta X$ in più rispetto all'onda C. Il suo ritardo sarà:

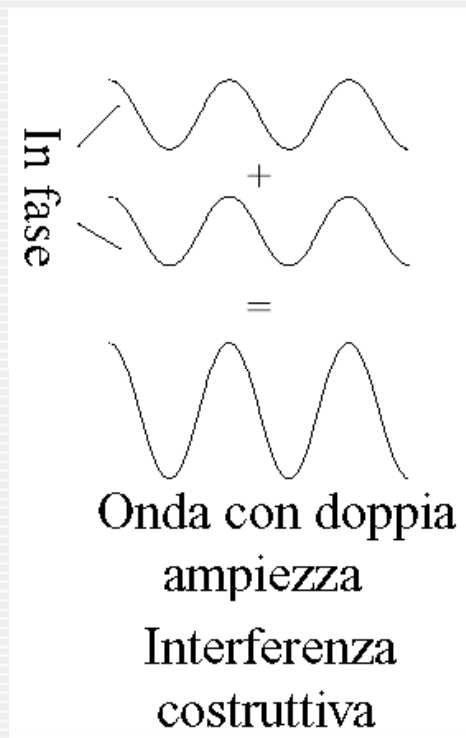
$$\Delta t = \frac{2\Delta X}{c}$$

Dove c è la velocità della luce nel mezzo.

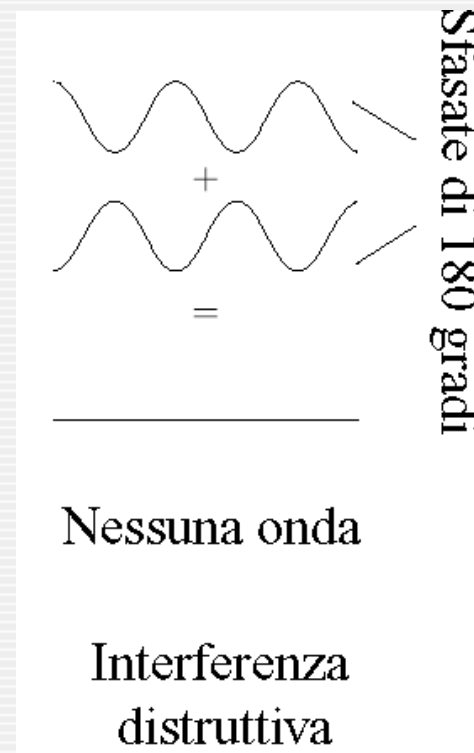
Se il ritardo tra le due onde è uguale a

$$\frac{T}{2} \text{ oppure in generale a, } (2n-1)\frac{T}{2}$$

dove **T è il periodo** dell'onda e $n = 1, 2, 3, \dots$, allora la somma delle due onde **sarà pari a zero** (le creste dell'una sono allineate alle valli dell'altra e viceversa), ovvero le due onde **interferiscono distruttivamente**.



[Java2](#)



Per passare da un annullamento al successivo bisogna perciò spostare lo specchio F_2 di una lunghezza pari a:

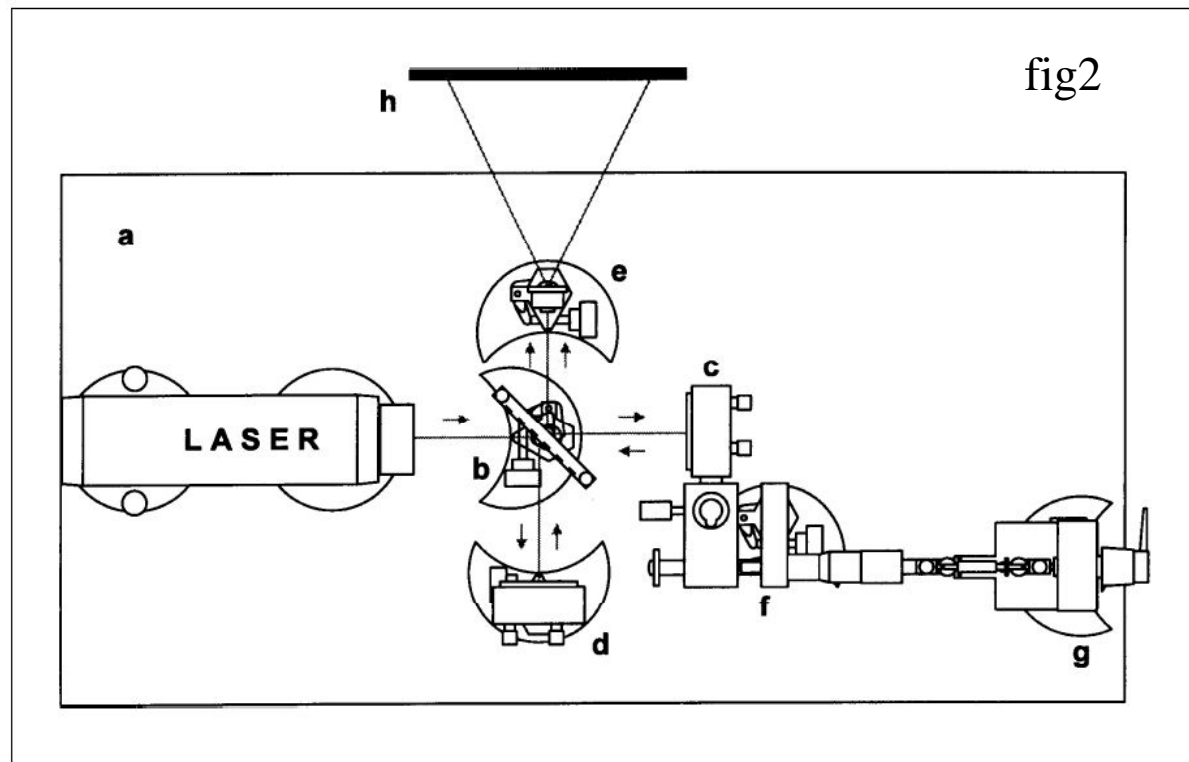
$$\Delta X = \frac{c}{2} \cdot T = \frac{\lambda}{2}$$

Misurando tale spostamento si può di conseguenza **calcolare** la lunghezza d'onda **λ** della luce impiegata.

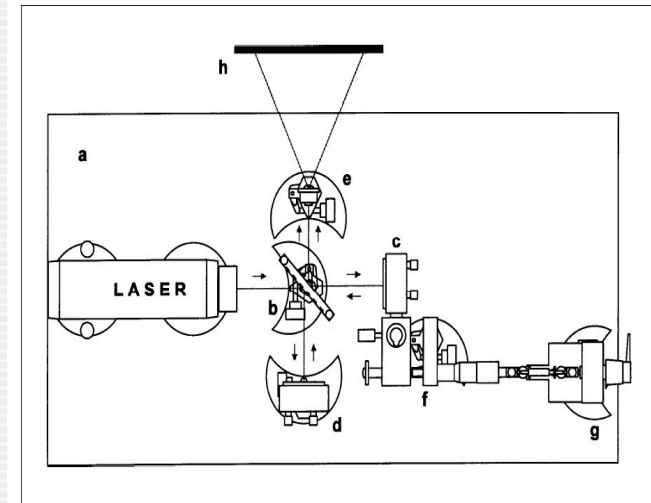
Misura della lunghezza d'onda della sorgente laser

In primo luogo è necessario montare l'interferometro in configurazione di fig. 2, avendo cura sia di posizionare correttamente gli specchi ed il laser, sia d'inserire un sistema di lenti per ingrandire l'immagine sullo schermo finale.

Montaggio dell'interferometro di Michelson sulla piastra base per ottica laser con meccanismo di regolazione fine dello specchio piano; vista dall'alto
a)piastra base per ottica laser
b)divisore per raggi luminosi
c) d) specchi piani con regolazione fine
e)lente sferica
f)meccanismo di regolazione fine
g) dispositivo di demoltiplica per meccanismo di regolazione
h) schermo semitrasparente



Spostando la posizione di F_2 di $\lambda/2$ si osserva che frange riassumono la medesima configurazione; dato che **questa distanza è molto piccola** e al fine di ridurre l'errore sperimentale, è necessario spostare lo specchio di una distanza ΔX **molto maggiore** e contare il numero di spostamenti n delle frange. Per questo si usa uno spostamento fine realizzato con un nonio ed una demoltiplica. La lunghezza d'onda del laser è quindi ottenibile dalla relazione:



(lo spettro del visibile va da 300 nm a 700 nm e la nostra misura dovrebbe essere $\lambda=632,8$ nm)

$$\Delta X = n \frac{\lambda}{2}$$

Esplicitata per λ :

$$\lambda = 2 \frac{\Delta X}{n}$$

L'errore

L'errore relativo ε_λ sulla misura di λ dipende dall'errore sperimentale assoluto E_x di ΔX e E_n di n tramite la formula:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{E_x}{\Delta X} + \frac{E_n}{n}$$

L'espressione di λ completa di errore è quindi:

$$\lambda \pm \left(\frac{E_x}{\Delta_x} + \frac{E_n}{n} \right) \lambda$$

L'errore sulla misura di n è determinato dalla precisione degli sperimentatori nell'individuare le frange e dalla capacità di muovere con continuità la vite micrometrica.

L'errore sulla misura di Δx è dato dalla sensibilità strumentale della vite micrometrica; la lettura viene effettuata tramite un "nonio" decimale, che garantisce una precisione di $1 \mu\text{m}$. L'utilizzo del nonio è mostrato schematicamente in fig. 3; la scala principale (in alto) permette di ottenere la misura più grezza ed il confronto con la scala del nonio (in basso) migliora la misura di una cifra decimale.

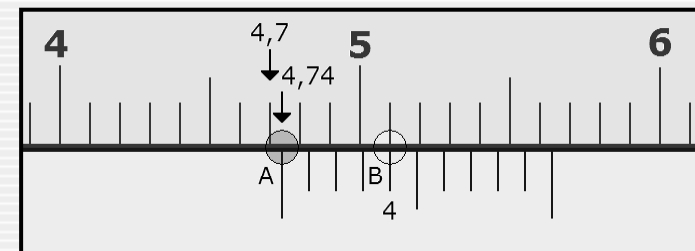


Fig.3

NR	n	ΔX (μm)	λ (nm)	E_x	E_n	ε_λ	$\varepsilon_\lambda \cdot \lambda$
1							
2							
3							
4							

Dove: Nr sono il numero dei giri della demoltiplica ed n le frange corrispondenti