

Appunti di Misure Elettriche

Appendice 4

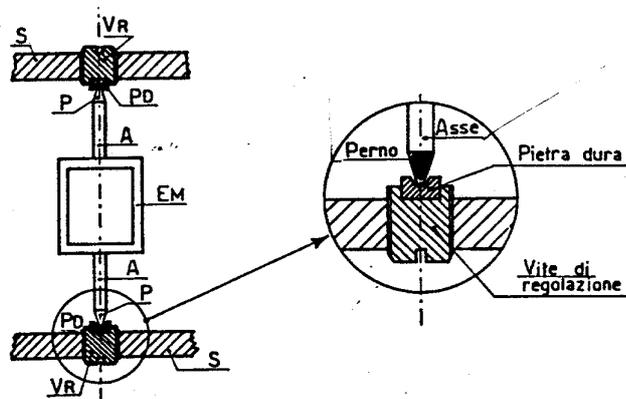
Complementi sugli strumenti analogici passivi

IL SISTEMA DI SOSPENSIONE.....	1
Sospensioni a perni	1
<i>Considerazioni a proposito della coppia di attrito.....</i>	3
Sospensioni a nastri	3
I DISPOSITIVI ANTAGONISTI.....	4
Introduzione.....	4
<i>Azione della gravità</i>	4
<i>Azione di molle antagoniste.....</i>	6
<i>Torsioni di fili o nastri</i>	6
IL SISTEMA DI SMORZAMENTO	7
Introduzione.....	7
Smorzamento viscoso o meccanico.....	7
Smorzamento elettromagnetico.....	8
INDICI E SCALE.....	8

IL SISTEMA DI SOSPENSIONE

SOSPENSIONI A PERNI

E' un sistema di sospensione impiegato nella maggior parte degli strumenti indicatori quando non è richiesta elevata sensibilità ma piuttosto **robustezza e praticità di impiego**. L'equipaggio mobile è montato su un apposito sostegno, costituito da un tubetto di alluminio all'estremità del quale sono fissati due perni conici o cilindrici di acciaio temprato. I perni poggiano su cuscinetti di pietra dura (agata, zaffiro, rubino accuratamente levigati). Una vite di registrazione serve per variare la pressione sui cuscinetti dell'equipaggio mobile.



- Sospensione a perni. Componenti: S, supporti dell'equipaggio mobile; VR, viti di regolazione; PD, pietre dure; P, perni; A, asse; EM, equipaggio mobile. A destra (ingrandito e racchiuso nel cerchio): il particolare del dispositivo di regolazione.

La posizione dell'asse può essere **verticale** (di precisione o da laboratorio) oppure **orizzontale** (da quadro).

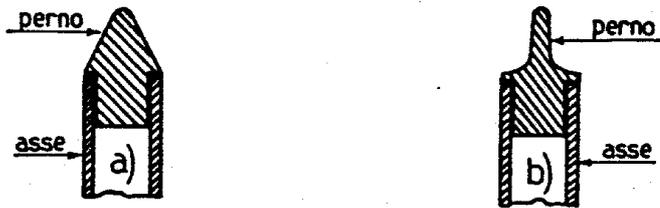


Fig. 4 - Tipi di perni: a) perno conico; b) perno cilindrico.

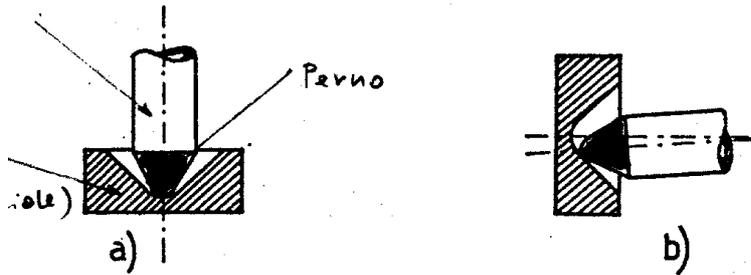


Fig. 5 - a) posizione verticale dell'asse; b) posizione che assume l'asse con strumento orizzontale.

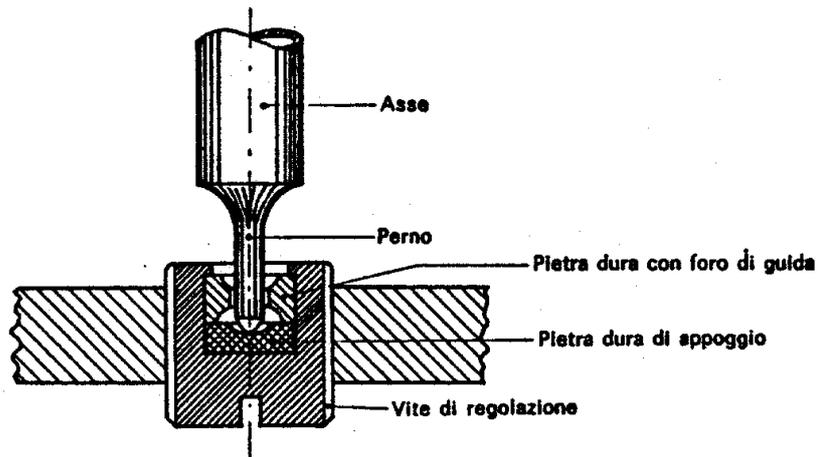


Fig. 5 - Sospensione a perni con dispositivo guida per il perno.

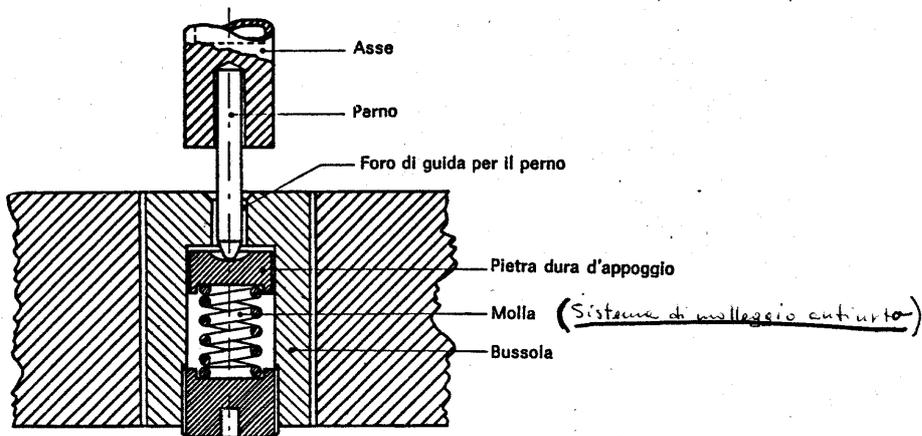


Fig. 6 - Sospensione a perni con dispositivo guida per il perno e sistema di molleggio antiurto.

Non è possibile realizzare punte troppo acute: esse, infatti, se danno inizialmente buoni risultati, rovinano in seguito le pietre o si smussano in breve tempo dando origine ad attriti.

Per verificare lo stato di conservazione delle sospensioni, è sufficiente "battere" leggermente sullo strumento: infatti, se lo strumento non presenta difetti meccanici (logoramento di perni o cuscinetti), l'indice non modifica la posizione di equilibrio. Viceversa, si ha l'inclinazione dell'asse dell'equipaggio mobile, con conseguente errore di lettura (*errore di traboccamento*)

Considerazioni a proposito della coppia di attrito

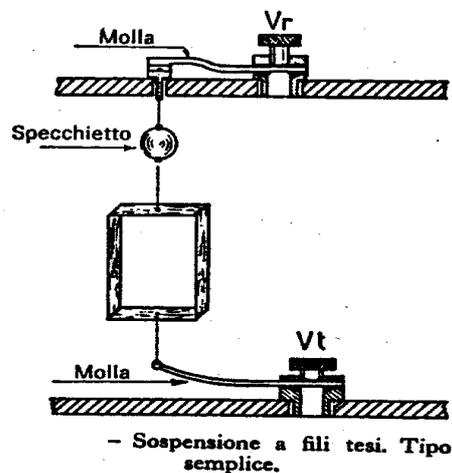
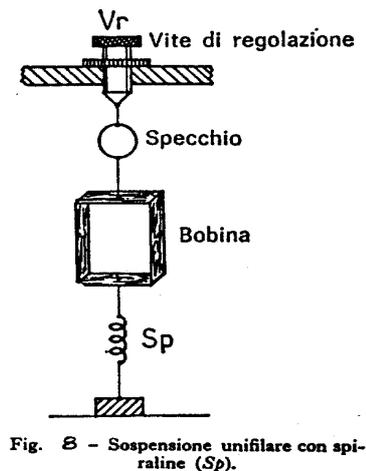
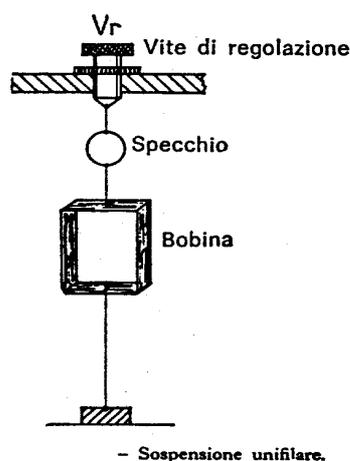
La coppia di attrito diminuisce al decrescere della superficie di contatto perno-cuscinetto (raggio di curvatura del perno molto maggiore del raggio di curvatura del cuscinetto), mentre invece cresce all'aumentare della pressione sui cuscinetti offerta dall'equipaggio mobile.

Inoltre, essa dipende ovviamente dalla natura e dalle condizioni delle superfici di contatto

SOSPENSIONI A NASTRI

È un sistema di sospensione impiegato prevalentemente per strumenti ad elevata precisione e sensibilità (*galvanometri*). Si ottiene sospendendo l'equipaggio mobile, di peso molto ridotto, ad un *filo o nastro metallico* (Ag, Pt, Bronzo) o di *quarzo metallico*.

La coppia di attrito dovuta ad attriti molecolari interni ed è trascurabile



La vite di regolazione V_r consente l'azzeramento dello strumento agendo sulla torsione del filo o nastro.

Queste sospensioni consentono di realizzare una sensibilità molto spinta ma presentano criticità nel trasporto, durante il quale è necessario provvedere al bloccaggio dell'equipaggio mobile.

I DISPOSITIVI ANTAGONISTI

INTRODUZIONE

Questi dispositivi rappresentano la parte dello strumento destinata a creare la **coppia antagonista C_r** con il compito di:

- **ricondere** a zero (*posizione iniziale*) l'equipaggio mobile e quindi l'indice ad esso solidale, nel momento in cui viene a mancare l'azione della coppia motrice per effetto della grandezza da misurare;
- **equilibrare** l'equipaggio mobile quando questo è sollecitato dalla coppia motrice;
- **addurre** corrente all'equipaggio mobile (ad esempio alla bobina mobile nel caso di strumenti magnetoelettrici).

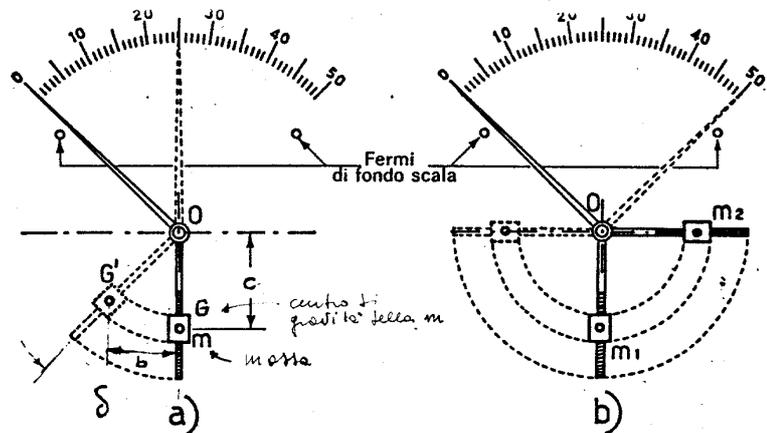
Da notare che, mentre la coppia motrice aumenta all'aumentare del valore della grandezza da misurare, la coppia antagonista non deve essere la stessa per qualsiasi posizione dell'equipaggio mobile, ma deve aumentare proporzionalmente al crescere della deviazione.

La coppia antagonista può essere ottenuta in vari modi, descritti nei prossimi paragrafi

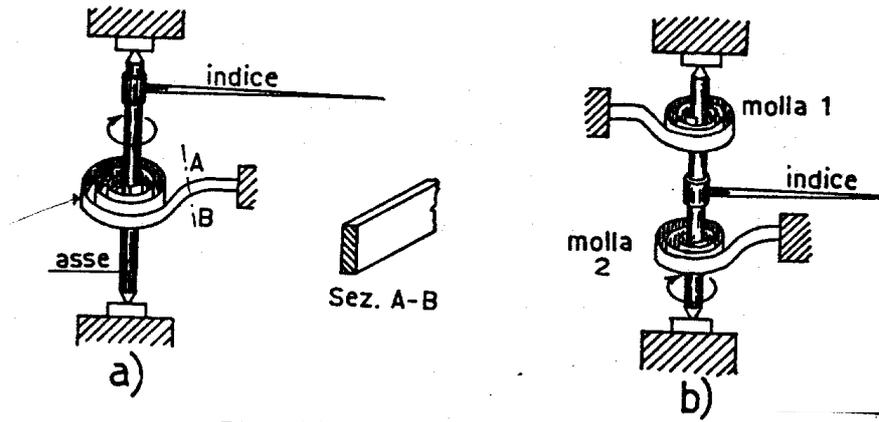
Azione della gravità

Si ottiene quando l'equipaggio mobile è solidale con una o due masse disposte a 90° ed avvitate su uno o due assi filettati

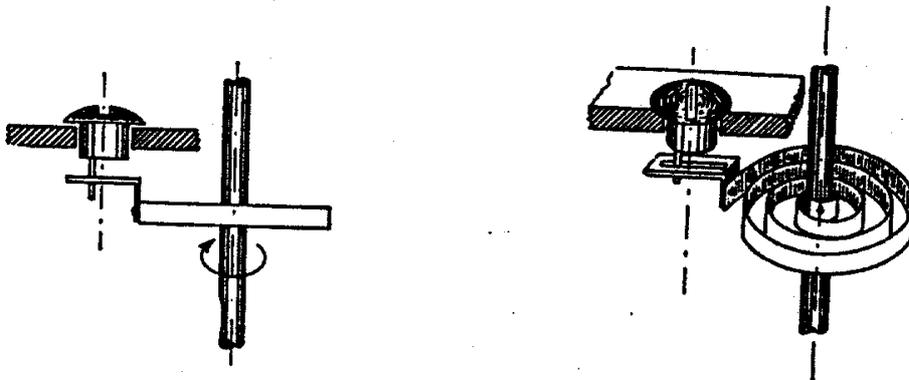
Quando per effetto della coppia motrice, il centro di gravità della massa si sposta, viene a crearsi una coppia antagonista tanto maggiore quanto maggiore è l'angolo di deflessione dell'equipaggio mobile.



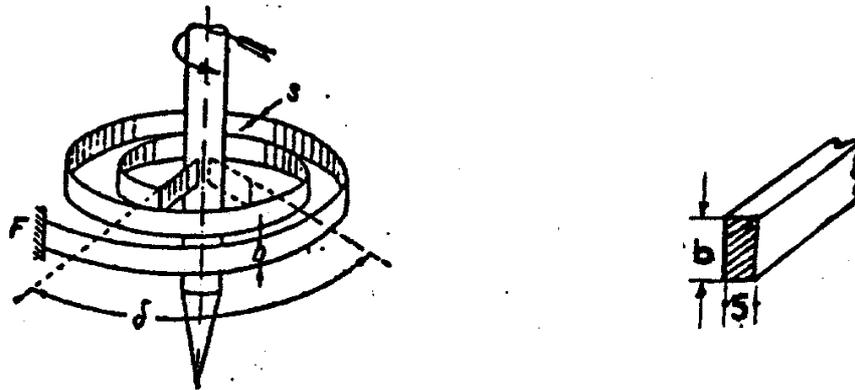
- Dispositivi antagonisti a gravità: a) ad una massa; b) a due masse.



- Dispositivi antagonisti a molle: a) ad una molla; b) a due molle.



- Dispositivo di regolazione di zero.



Azione di molle antagoniste

Le molle sono usate in strumenti con sistema di sospensione a perni. Ci sono una o due molle a spirali piane. Esse vengono realizzate in materiale tale (*diamagnetico*) da non creare campi magnetici di disturbo.

Per effetto della coppia motrice, l'equipaggio mobile ruota di un certo angolo δ e si viene così a creare una coppia antagonista di natura elastica, per l'effetto dell'avvolgimento della molla antagonista. Si può dimostrare che il valore della coppia antagonista è

$$C_r = \frac{b s^3}{12 \ell} E \delta \quad (\text{J/rad})$$

dove:

b: altezza della molla

s: spessore della molla

ℓ : lunghezza sviluppata in piano

E: modulo di elasticità normale o di Young

δ : angolo di deflessione rispetto all'equilibrio

Si nota, dunque, in generale, una proporzionalità diretta, secondo una certa costante M, della coppia antagonista con la deflessione δ :

$$C_r = M \cdot \delta$$

Le molle antagoniste, oltre a creare la coppia antagonista, possono servire anche ad addurre corrente; in tal caso non si deve produrre riscaldamento apprezzabile della molla.

Inoltre, bisogna tener conto che la variazione della T_{amb} può provocare variazione della posizione iniziale dell'indice. Per questo motivo, si preferisce utilizzare due molle antagoniste, identiche ma avvolte in senso contrario. La regolazione delle variazioni dell'indice attorno alla posizione iniziale può avvenire anche a mezzo di un dispositivo meccanico di regolazione di zero

Torsioni di fili o nastri

In questo caso, la coppia antagonista dipende dalle torsioni delle rispettive sospensioni che dipenderanno dal diametro e dalla lunghezza del filo o del nastro, dai loro moduli di elasticità, dall'angolo di deflessione.

IL SISTEMA DI SMORZAMENTO

INTRODUZIONE

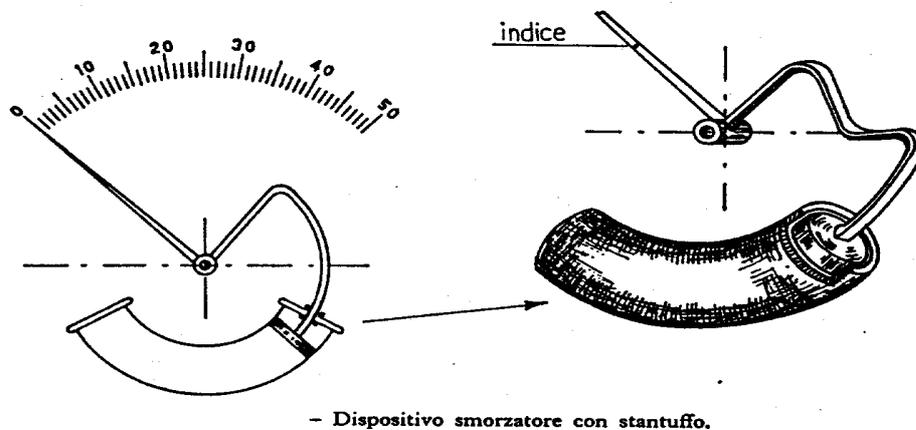
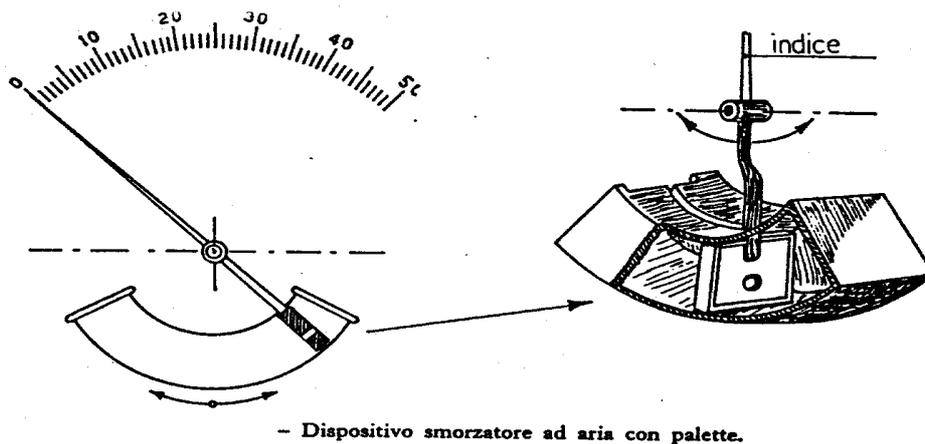
Permette una lettura rapida e precisa del misurando. Si era visto come fosse necessario provvedere ad uno smorzamento delle oscillazioni con sistemi che forniscono una coppia smorzante crescente all'aumentare della velocità dell'equipaggio mobile.

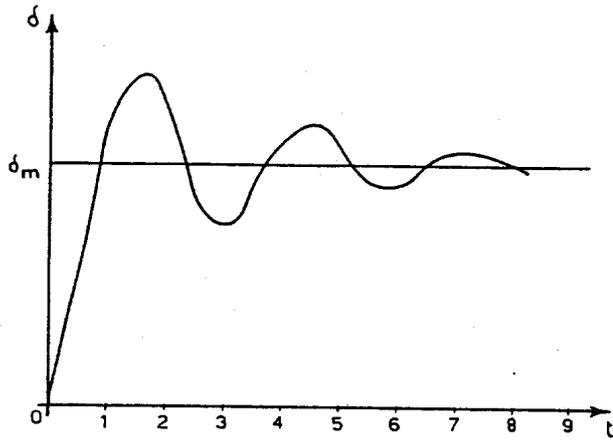
Ci sono vari tipi di smorzamento, descritti nei paragrafi seguenti.

SMORZAMENTO VISCOSO O MECCANICO

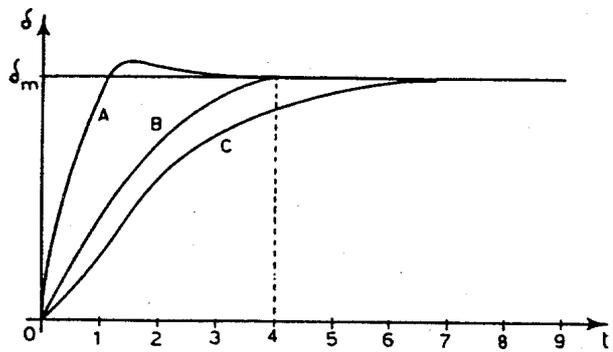
E' ottenuto con **smorzatori ad aria** (o **liquido**) con paletta o stantuffo che, solidali con l'equipaggio mobile., si muovono in una camera chiusa.

Nel caso in cui il gioco tra paletta e parete della camera sia piccolo, la resistenza offerta dal mezzo viscoso aumenta proporzionalmente alla velocità dell'equipaggio mobile

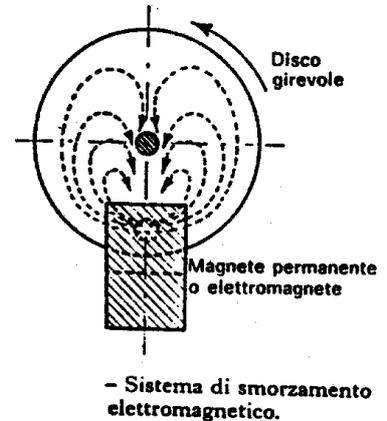




- Oscillazioni smorzate dell'indice di uno strumento.



- Diagrammi di smorzamento: A) consigliabile; B) critico; C) eccessivo.



- Sistema di smorzamento elettromagnetico.

SMORZAMENTO ELETTROMAGNETICO

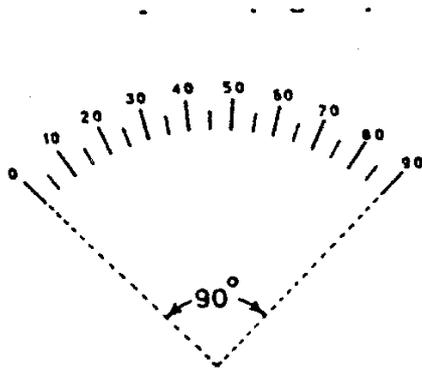
Sfrutta l'azione frenante delle correnti parassite di Foucault che vengono a crearsi in un conduttore (un disco di Al o Cu) che, ruotando tra le espansioni polari di un magnete o elettromagnete, taglia le linee di flusso.

L'azione frenante è proporzionale alla velocità con la quale il disco, calettato sull'asse dell'equipaggio mobile, ruota.

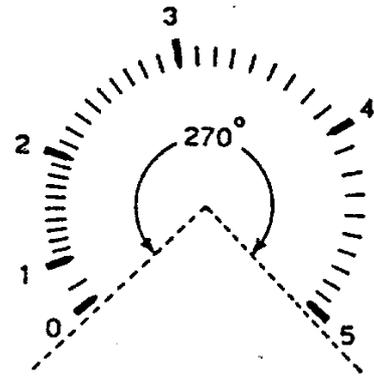
Gli strumenti a bobina mobile sono già dotati di un magnete permanente (il telaio metallico su cui è avvolta la bobina) e divengono quindi sede di correnti indotte necessarie per creare questa coppia smorzante

INDICI E SCALE

L'**indice** di uno strumento indicatore, solidale con l'equipaggio mobile, è sottoposto generalmente a moto angolare sotto l'azione della grandezza elettrica da misurare. La **lettura**, o **indicazione**, è quindi ricondotta alla determinazione di un certo numero di divisioni contenute in un arco di circonferenza. Normalmente questo arco è sotteso ad un angolo di circa 90° per gli strumenti portatili fino e ai 270° per strumenti da quadro.



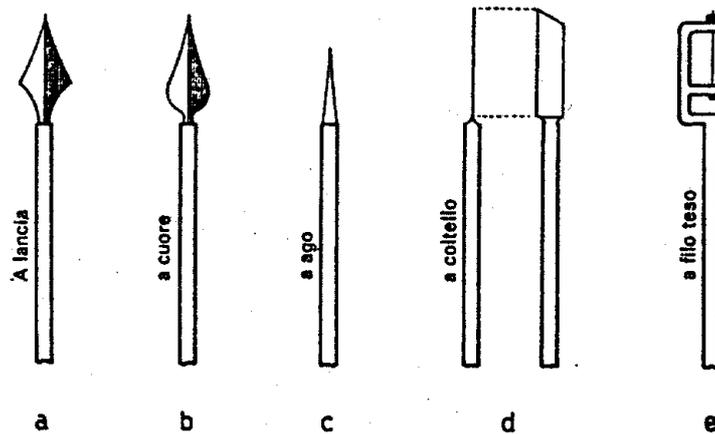
- Scala con sviluppo su un arco di 90°.



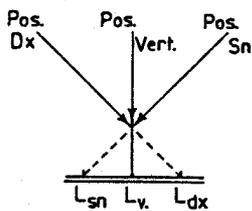
- Scala con sviluppo su un arco di 270°.

A seconda del sistema di lettura si hanno i seguenti tipi di indice:

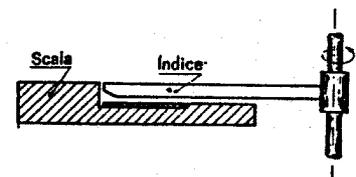
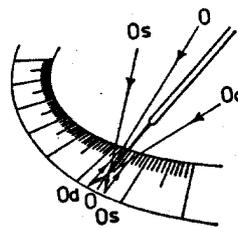
- *indice materiale a lettura diretta* (a lancia, cuore, ago, coltello, filo teso)
- *indice ottico o luminoso a lettura indiretta o per riflessione*



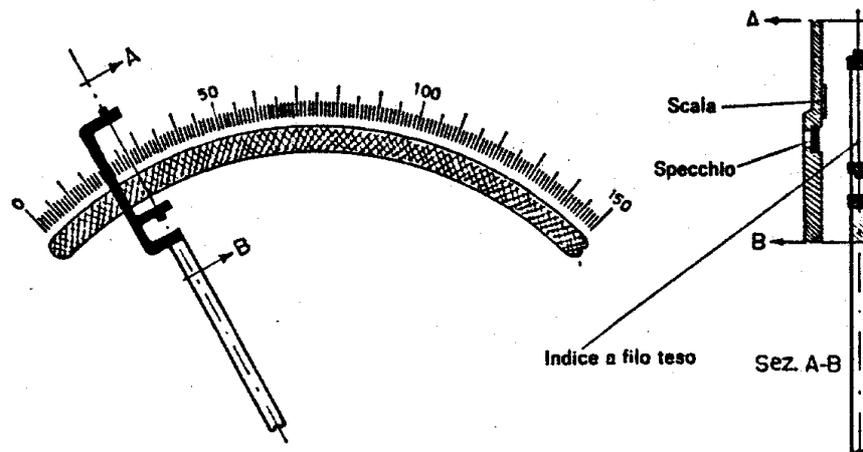
- Vari tipi di indici.



- Errore di parallasse.



- Accorgimento per ridurre l'errore di parallasse negli strumenti da quadro.



- Strumento con dispositivo a filo teso e specchio antiparallasse.

In generale si cerca di evitare, anche con l'ausilio di un arco di specchio concentrico con la scala, l'errore di *parallasse*, commesso quando l'operatore non è perfettamente ortogonale con la scala dello strumento.

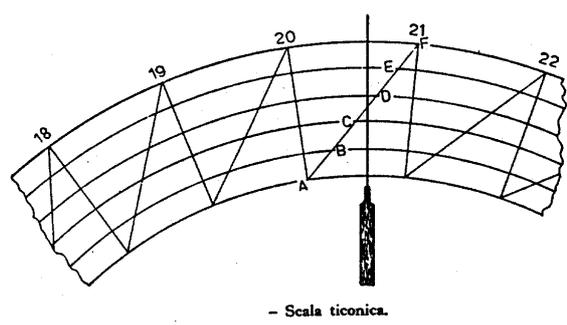
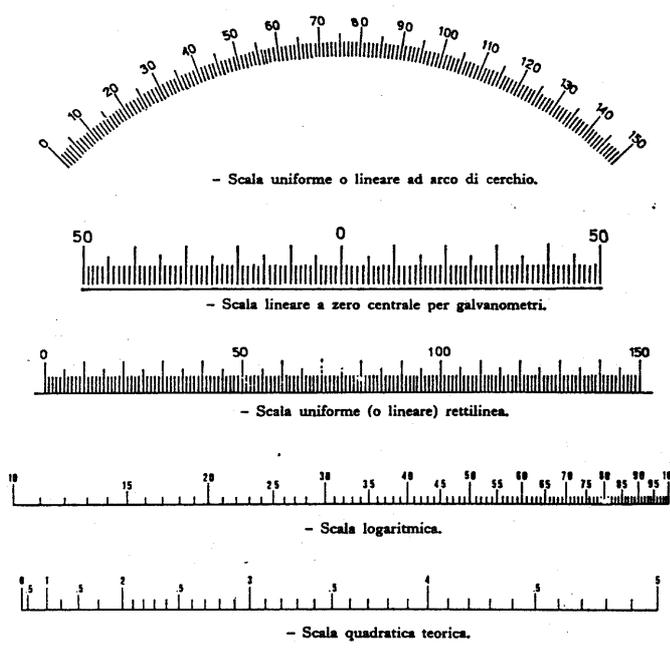
Qualora la coppia motrice risulti essere talmente piccola da creare difficoltà nella deflessione di un indice materiale (come ad esempio nel galvanometro), si ricorre alla lettura indiretta o per deflessione di indici luminosi.

Le scale possono essere del tipo circolare, circolare dilatato o rettilinea.

A seconda della graduazione impiegata può inoltre essere:

- *uniforme o lineare* (la deviazione è proporzionale alla grandezza elettrica misurata),
- *quadratica* (l'ampiezza delle divisioni della scala cresce con legge quadratica in funzione della grandezza da misurare),
- *logaritmica o ticonica (Tycho Brahe, XVI secolo)* che permette di apprezzare il quinto di divisione.

La scala è divisa in un certo numero di **parti** o **divisioni**, che possono essere uniformi o meno a seconda della necessità che ad ogni divisione coincida sempre la stessa frazione della grandezza da misurare.



E' possibile un *errore di lettura* dovuto a:

- *errore di parallasse* causato dal fatto che l'indice è distante dalla scala numerata, errore che è completamente eliminato dagli *strumenti a indice luminoso*.
- *errore di apprezzamento* commesso quando l'indice non si trova esattamente sopra una divisione della scala e si deve *apprezzare la frazione di divisione*.

L'errore di lettura è evidentemente tanto più piccolo quante più sono fitte le divisioni; tuttavia, rendere troppo fitte le divisioni potrebbe causare errori grossolani. Bisogna, come al solito, trovare il giusto compromesso

Autore: **SANDRO PETRIZZELLI**
e-mail: sandry@iol.it
sito personale: <http://users.iol.it/sandry>
succursale: <http://digilander.iol.it/sandry1>