

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCII.

1905

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVICCI

1905

Fisica. — *Acumetro telefonico a solenoide neutro* <sup>(1)</sup>. Nota di ANNIBALE STEFANINI, presentata dal Corrispondente A. BATTELLI.

Da molto tempo si è ricorso al telefono per misurare l'acuità uditiva, e si conoscono diversi modelli di acumetro, che si servono dei suoni ottenuti con tale strumento, così semplice e comodo. Essi dividonsi in due tipi, a seconda che si fanno passare nel telefono le correnti indotte di un piccolo rocchetto Ruhmkorff a slitta, o che si include il telefono stesso direttamente o in derivazione nel circuito di una pila, la cui corrente viene periodicamente interrotta.

Negli acumetri del primo tipo varie difficoltà si presentano per una precisa misura dell'intensità del suono. Quelle che dipendono dall'incostanza della pila che fornisce la corrente inducente, si potrebbero eliminare introducendo nel circuito un reostato e un milliamperometro, e riportando la intensità della corrente sempre allo stesso valore; o anche più semplicemente ricorrendo, dove si può, alla corrente stradale come ha proposto Gradenigo <sup>(2)</sup>, che ha dato agli acumetri di questo tipo la forma veramente più pratica e più semplice.

Ma per poter dedurre da tali acumetri il valore dell'intensità dei suoni corrispondenti alle diverse distanze fra i circuiti inducente ed indotto, vi è la difficoltà che le intensità delle correnti indotte non sono proporzionali a quelle distanze. Occorrerebbe quindi per ogni acumetro una graduazione preliminare, che però, per le ragioni che indicherò in seguito, non si può eseguire.

Fra gli acumetri del secondo tipo, quello di Moure e Bordier <sup>(3)</sup>, nel quale il telefono è incluso direttamente nel circuito della pila, potrebbe dare risultati esatti; ma esso presenta l'inconveniente, che coi milliamperometri ordinari, che non hanno divisioni molto ampie, posson commettersi errori assai notevoli nelle valutazioni dell'intensità del suono, che risultano proporzionali a quelli della corrente. L'acumetro del Grandis <sup>(4)</sup> invece, col quale si mandano nel telefono correnti derivate di quelle della pila, presenta l'inconveniente della poca sicurezza dei contatti scorrevoli, e dell'incertezza relativa al modo col quale si ripartiscono le correnti rapidamente alternanti,

<sup>(1)</sup> Lavoro eseguito nell'Istituto di fisica della R. Università di Pisa, diretto dal prof. A. Battelli.

<sup>(2)</sup> Arch. ital. di otologia ecc., XI, pag. 217, 1901.

<sup>(3)</sup> H. Bordier, Précis de Phys. biologique, Paris, Doin, 1899.

<sup>(4)</sup> Giorn. d. R. Acc. di Medicina, Torino, vol. 64, pag. 801, 1901.

o rapidamente interrotte, fra circuiti derivati che hanno diversa auto-induzione.

Queste difficoltà non si presenterebbero, ricorrendo alle correnti che un solenoide neutro induce in un circuito con esso concatenato, e delle quali mi son servito in un mio precedente studio sulla misura dell'intensità del suono e del potere uditivo<sup>(1)</sup>; e mi è sembrato quindi opportuno costruire un acumetro che utilizzi tali correnti, le variazioni delle cui intensità si possono rigorosamente calcolare.

La forma da me adottata è essenzialmente la stessa che mi servì in quelle mie citate ricerche; soltanto, per render comoda la misura dell'acuità, ho dato una diversa disposizione al circuito indotto.

#### Costruzione dell'acumetro.

*Circuito inducente.* — Il solenoide neutro è formato da due strati di filo di rame isolato, avvolto sopra un anello di legno a sezione circolare. In questo circuito si fa passare la corrente di una piccola batteria di pile (o meglio di piccoli accumulatori) che viene periodicamente interrotta o da un diapason elettromagnetico, o più semplicemente da una molla metallica mantenuta in vibrazione da una piccola elettrocalamita V (fig. 1) e con quest'ultima disposizione, variando la lunghezza della parte vibrante della molla, è facile cambiare l'altezza della nota che si ha al telefono.

*Moltiplicatore.* — Nel solenoide neutro si può mandare direttamente la corrente della pila P, la cui intensità si regola con un reostato RR' e si misura col milliamperometro BB', ovvero si posson far passare correnti derivate (che sieno frazioni note di quella principale) mediante una serie di resistenze  $r_1, r_2, r_3$ , su ciascuna delle quali si può porre in derivazione il solenoide, manovrando opportunamente le leve del *moltiplicatore* CD.... MN. Come si vede dal disegno, la leva  $\alpha$ , che può stabilire o interrompere il contatto CD, serve a chiudere e ad aprire il circuito della pila. Se, stabilito il contatto fra C e D, si apre quello fra M e N, tutta la corrente fornita dalla pila passa pel solenoide neutro. Se invece si chiude il contatto MN e si apre una delle leve  $\beta, \gamma$  o  $\delta$ , il solenoide inducente si troverà posto in derivazione sul circuito della pila e la resistenza del shunt sarà quella offerta da una delle spirali  $r_1, r_2, r_3$ . Queste resistenze sono calcolate in modo, che le intensità delle correnti, che passeranno successivamente nel solenoide, sieno rispettivamente  $\frac{1}{4} I, \frac{2}{4} I, \frac{3}{4} I$ , se I è la corrente che fornisce la pila allorchè è interrotto il contatto fra M ed N. Per ciò che segue è utile prendere come unità di misura la corrente  $\frac{1}{4} I$  che si ha colla derivazione  $r_1$ , e indicarla con  $i$ . Si vede allora che spostando dal relativo contatto una sola delle leve

(<sup>1</sup>) Arch. ital. di otolog. ecc., vol. 16, fasc. 4 e 5, 1905.

$\beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ , si potranno far passare nel solenoide le correnti

$$i, 2i, 3i, 4i$$

come è indicato al di sotto dei contatti F, H, L, N. È per questo che ho dato il nome di moltiplicatore alla serie delle leve  $\beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ .

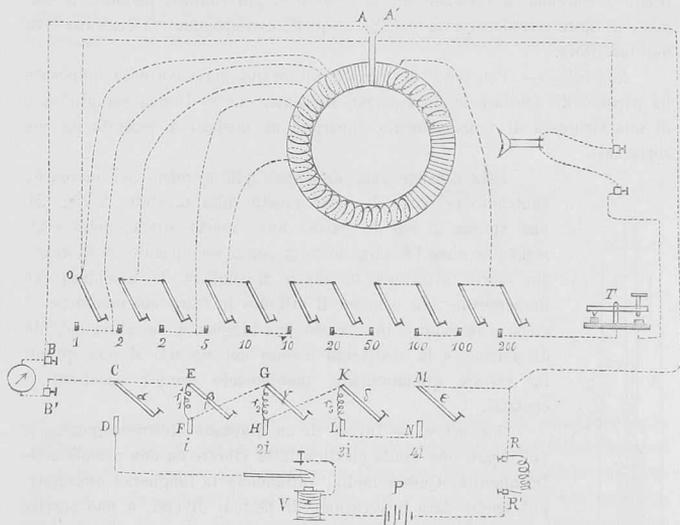


Fig. 1.

*Circuito indotto.* — Sopra il solenoide neutro si avvolge il circuito indotto, formandovi successivamente, con filo isolato, una spirale di 1 spira, due di 2 spire ciascuna, una di 5 spire, due di 10, una di 20, una di 50, due di 100 e una di 200 spire, tutte avvolte nello stesso senso. La fine di una spirale si unisce al principio della successiva, e nei punti di unione si attaccano dei reofori, al modo che si fa negli avvolgimenti degli anelli Pacinotti. Tali reofori vanno poi, come mostra il disegno, ai contatti 0, 1, 2, . . . 200 del collettore o *inseritore*, e mediante il manipolatore T il circuito si può chiudere attraverso il telefono.

Avendo scelto i numeri delle spire delle singole spirali come quelli dei pesi di una pesiera, con piccol numero di spirali si possono includere nel circuito del telefono da 1 a 500 spire indotte; e facendo variare l'intensità della

corrente inducente, che passa nel solenoide neutro, da  $i$  a  $4i$ , si ottiene di poter far variare l'intensità della corrente indotta da 1 a 2000, con 11 spirali solamente.

Per inserire nel circuito telefonico un numero qualunque di spire indotte, basta spostare dai loro contatti le leve corrispondenti ai numeri segnati di fronte a ciascuno; avvertendo che se sono tolti più contatti insieme, il numero di spire introdotte è la somma di quelle corrispondenti a ciascuna leva dell'inseritore.

*Reostato.* — Per poter far variare l'intensità della corrente inducente ho pensato di adottare la disposizione seguente, che è di una semplicità e di una sicurezza di funzionamento superiore ai modelli di reostato da me conosciuti.

Essa consiste nell'immergere più o meno nel mercurio, contenuto nel tubo di vetro fissato sulla tavoletta A (fig. 2), una spirale di filo di platino nudo molto sottile, della resistenza di circa 15 ohm, avvolta sopra un cilindro E di vetro, che scorre attraverso un tappo di sughero S. È chiaro che immergendo più o meno il cilindro di vetro nel mercurio, si viene a introdurre in circuito una lunghezza variabile del filo di platino, e la resistenza inclusa nel circuito si può quindi far variare gradatamente, mantenendo sempre eccellenti i contatti.



FIG. 2.

*Vibratore.* — Invece di un diapason elettromagnetico, si può usare una molla elastica fatta vibrare da una piccola elettrocalamita. Questa molla, variandone la lunghezza oscillante, può anche dare interruzioni di periodi diversi, e può servire a ricercare come l'udito funziona per le diverse note.

Per poterne far variare comodamente il periodo di oscillazione, la molla AB (fig. 3) è fissata ad un estremo sulla colonnetta C, e per mezzo di due dadi metallici SS scorrevoli sulla guida HH, può essere stretta con la vite R sopra un punto qualunque della guida stessa, sulla quale si può segnare una graduazione corrispondente alle relative note.

Ogni volta che occorre cambiare il periodo di oscillazione, bisogna recarsi nella stanza dove trovasi il vibratore, che deve esser diversa da quella dov'è il telefono, e questo può riuscire scomodo; ma si può ovviare a ciò, provvedendo l'acumetro di tre o più vibratorii, ciascuno accordato per una delle note che si ritengono più opportune. Un commutatore posto sul tavolo dell'acumetro, può inserire a volontà uno qualunque dei vibratorii nel circuito inducente.

Modo di servirsi dell'acumetro.

*Aggiustamento.* — Le leve del moltiplicatore si dispongono in modo da far passare la corrente  $i$ , e la spirale del reostato s'immerge nel tubo fino a che il mercurio arrivi circa alla metà della sua lunghezza. Ciò fatto si mettono in circuito tanti elementi di pila, o piccoli accumulatori, perchè la corrente che percorre il solenoide neutro raggiunga l'intensità di circa

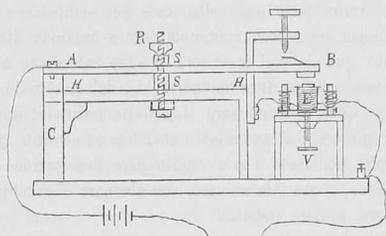


FIG. 3.

20 milliampères, e si procede a riconoscere se allora con una sola spira indotta nel circuito del telefono si ha il minimo suono percettibile, cioè se si è raggiunta *la soglia dell'eccitazione*. Convieni, per ciò, includere coll'inseritore un certo numero di spire indotte, ad es. 5, togliendo dai loro contatti le leve 1, 2, 2. Se la corrente è troppo debole da non percepire alcun suono allorchè si abbassa il tasto T, si immerge di più la spirale di platino del reostato nel mercurio; se è troppo forte si aumenta invece col reostato la resistenza. Ottenuto di sentire ben distinto il suono — ma non troppo forte — si prova se togliendo successivamente prima 2 spire, poi altre 2 spire indotte, il suono, che va sempre indebolendo, riesce *appena percettibile* quando resta in circuito una sola spira. Se con una sola spira non si sente nulla, si aumenta l'intensità della corrente immergendo un po' più la spirale del reostato nel mercurio; se si sente troppo forte, si diminuisce invece l'intensità della corrente manovrando in senso opposto il reostato; ma bisogna però, per abituare l'orecchio a questi suoni deboli, ricominciare sempre da 5 spire e andar poi diminuendo fino ad 1 sola spira.

Convieni tuttavia che resti sempre fuori del mercurio un po' della spirale del reostato, per aver modo di supplire alla eventuale incostanza della pila. Si può, a tale scopo, regolare anche il telefono, con la vite che avvicina o allontana il nucleo dalla lamina vibrante.

Ottenuto lo scopo, si legge l'indicazione del milliamperometro e si nota, perchè ogni volta che si usa l'acumetro bisogna accertarsi che l'intensità della corrente inducente ha sempre lo stesso valore. In questo modo si è sicuri che l'intensità del suono reso dal telefono è sempre la stessa, e che quindi quella corrispondente a una sola spira dà sempre la soglia dell'eccitazione per l'orecchio che ha servito durante l'aggiustamento. E se tale orecchio è normale, ogni altro orecchio normale, che abbia la stessa acuità uditiva, comincia a percepire il suono per 1 sola spira indotta.

Questo aggiustamento è un po' laborioso; ma si richiede per tutti gli acumetri, e, del resto, fatto una volta, vale per sempre.

*Uso.* — Se per un orecchio ammalato la sensazione distinta del suono comincia soltanto quando coll'inseritore si sono introdotte ad es. 15 spire, vorrà dire che tale orecchio avrà un'acuità  $\frac{1}{15}$  della normale. Se comincerà soltanto per 500 spire, l'acuità sarà  $\frac{1}{500}$  della normale, ecc.

Anche per gli orecchi ammalati, anzichè aumentare gradatamente il numero delle spire utilizzate, fino a raggiungere l'eccitazione dei centri nervosi, conviene oltrepassare tale numero, per abituare l'orecchio al suono reso dal telefono, e poi tornare indietro.

Se la sordità è un po' grave, e non bastano 500 spire ad ottenere l'eccitazione, si ricorre al moltiplicatore. Facendo cioè passare nell'inducente la corrente  $2i$ , i numeri dell'inseritore son tutti moltiplicati per 2; ed includendo allora ad es. 350 spire, si ha col telefono un suono che ha l'intensità di quello, che con la corrente  $i$  si avrebbe da 700 spire indotte. Usando successivamente i moltiplicatori  $3i$  e  $4i$  si potrà variare l'intensità del suono da 1 a 2000, e giudicare di acuità dalla normale a  $\frac{1}{2000}$  normale.

Per sordità più gravi bisognerebbe avvolgere ancora nuove spirali sull'anello; ma ritengo che il limite di  $\frac{1}{2000}$  dell'acuità normale (che nella scala di Ostmann corrisponde a  $\frac{1}{4000000}$ ) possa servire nella pratica comune.

#### Vantaggi di questo acumetro.

Come osserva giustamente il Kümmel<sup>(1)</sup>, per ottenere indicazioni esatte sull'intensità del suono che si ha dagli acumetri telefonici a induttore cilindrico, si deve misurare non già la corrente inducente, ma quella indotta che passa pel telefono. Ora la misura delle correnti indotte corrispondenti alla soglia della percezione, per la loro intensità estremamente piccola, è praticamente impossibile; e anche quella delle correnti che corrispondono a suoni discretamente intensi richiede l'uso di elettrodinamometri costosi e di manipolazione difficile.

(1) *Ueber Versuche zur Messung der Hörschärfe mittelst des Telefons*; Verh. d. Deuts. otolog. Gesellsch. 1902.

Questo inconveniente è del tutto evitato nel modello di acumetro da me costruito, nel quale basta misurare con un comune milliamperometro la corrente inducente.

Un inconveniente, invece, comune a tutti gli acumetri che funzionano con le correnti interrotte da vibratorii, o da molle striscianti su ruote dentate — e quindi anche al mio — è quello che al telefono non si hanno suoni puri, ma suoni mescolati di molti armonici. Si potrebbe però ovviarvi, usando come corrente inducente quella ottenuta con un piccolo alternatore — come suggerisce il Kümmel — o con una sirena elettrica del Wien (1). Con tali mezzi, e compensando con opportune capacità l'autoinduzione del circuito secondario, si possono avere al telefono suoni purissimi; ma il costo dell'apparecchio viene ad aumentare.

Il vantaggio principale che questo mio modello di acumetro presenta sugli altri, consiste nella sicurezza con la quale si può indicare il rapporto fra le intensità dei suoni resi dalla lamina vibrante del telefono.

Come hanno dimostrato il Wien (2) e il Shaw (3), e come già ho accennato nel mio studio sopra citato (4), l'ampiezza di oscillazione della lamina telefonica, entro i limiti in cui si adopra questo acumetro, è proporzionale all'intensità della corrente che passa nell'elettrocalamita del telefono.

Ora, avendo usato come circuito inducente un solenoide neutro senza ferro, viene eliminata la difficoltà che risulta dall'azione smagnetizzante delle estremità nei rocchetti cilindrici usati negli altri acumetri; e si ottiene così che l'intensità della corrente indotta nel circuito concatenato col solenoide neutro sia rigorosamente proporzionale al numero delle spire utilizzate. Ma l'intensità del suono reso dal telefono, come ho dimostrato nel mio precedente studio (loc. cit.) è proporzionale all'ampiezza dell'oscillazione che compie la lastra telefonica; dunque tale intensità sarà sempre proporzionale al numero delle spire che l'inseritore introduce nel circuito del telefono.

Cogl'induttori cilindrici, invece, non è possibile avere indicazioni sicure sull'intensità del suono. Infatti, misurando le correnti indotte con un elettrodinamometro Bellati, ho potuto costatare che la loro intensità non varia proporzionalmente alla distanza fra induttore e indotto.

E nemmeno è possibile graduare tali acumetri, perchè ho riconosciuto che non si può assegnare a qual numero di spire indotte del mio acumetro corrispondano le diverse distanze fra inducente e indotto di un rocchetto a slitta. Disponendo i due circuiti inducenti in uno stesso circuito col vibratore e i due indotti in opposizione col telefono, ho difatti osservato che per un certo

(1) Drude's Ann. 4, pag. 425, 1901.

(2) Pfüger's Arch. f. die ges. Physiol., vol. 97, pag. 1, 1903.

(3) Phil. Mag. (5), vol. 50, pag. 537, 1900.

(4) Arch. ital. d'otolog., vol. 16, fasc. 4 e 5, 1905.

numero di spire si può anche ottenere il silenzio; ma questo non si ha più se cambia l'intensità della corrente, o cambia il numero delle spire. Tutto ciò dipende dall'azione smagnetizzante delle estremità, allorchè nell'indotto cilindrico non vi è ferro; e, se vi è il ferro, anche dall'isteresi e dalla mancanza di proporzionalità fra la magnetizzazione del ferro e la forza magnetizzante.

Col modello da me costruito invece, per ottenere risultati identici da due esemplari dell'acumetro, basta che il solenoide primario sia in ambedue lo stesso, tanto per dimensioni che per numero di spire per unità di lunghezza, e che i telefoni adoperati sieno parimente identici. Allora, per una stessa intensità della corrente inducente si può esser sicuri di avere la stessa intensità del suono da uno stesso numero di spire indotte.

La difficoltà di avere risultati confrontabili risiede quindi unicamente nel telefono. Ma non è difficile ovviarvi se si adoprano telefoni di una medesima fabbrica e se il costruttore dell'acumetro li regola tutti in modo che pel suo orecchio dieno tutti il suono corrispondente alla soglia dell'eccitazione per 1 sola spira indotta e per la medesima intensità della corrente inducente.

Questo si rende necessario quando si vogliono fare misure assolute o si vogliono confrontare i risultati ottenuti da sperimentatori diversi. Se invece l'acumetro si adopera per riferire l'acuità dell'ammalato a quella del medico — ritenuta normale — come si fa adesso in tutte le cliniche — l'aggiustamento del telefono eseguito come ho indicato sopra è sufficiente.

Quando si voglia far servire l'acumetro a misure assolute è da avvertire però che la soglia della percezione ha valori diversi alle diverse età; e che quindi converrebbe determinarla per individui di udito normale e di età diverse, e riferirsi per ciascuna età a quella così determinata.

Il dott. I. Tommasi di Lucca, che adopera da qualche tempo questo mio acumetro, ha in corso delle ricerche in proposito.

Questo mio acumetro si presta ancora ottimamente alle ricerche sulla validità del principio di Weber per le sensazioni sonore, perchè con esso è possibile misurare esattamente di quanto occorre far crescere l'intensità dell'eccitazione, perchè si abbia un aumento percettibile nella sensazione. Ho già iniziato delle esperienze in proposito, sopra individui con udito normale e anormale.

È utile frattanto tener presente quel principio di Weber, quando si adopra l'acumetro; perchè altrimenti si potrebbe dubitare che i risultati che esso fornisce non fossero esatti. Ad es., se si comincia ad ascoltare il suono che si ha con la corrente  $i$  e con 200 spire indotte, e tenendo sempre chiuso il tasto T stringendone la vite che serve da impugnatura, si fa passare successivamente la corrente ai valori  $2i$ ,  $3i$  e  $4i$ , si avverte che l'intensità del suono dapprima raddoppia, ma poi gli aumenti successivi sono appena percettibili. Invece, se si ritorna sempre al valore iniziale della corrente, si rico-

nosce che l'intensità del suono passando dalla corrente  $i$  alla  $2i$  è raddoppiata, diventa tripla passando da  $i$  a  $3i$ , e quadrupla da  $i$  a  $4i$ . Tutto ciò è ben chiaro se si rammenta il principio di Weber, pel quale, onde ottenere un aumento percettibile della sensazione, occorre che l'aumento dell'eccitazione sia sempre la stessa frazione dell'eccitazione iniziale.

**Fisica.** — *Su di un apparecchio per la misura assoluta del coefficiente di attrito interno dei gas* <sup>(1)</sup>. Nota di SILVIO CHELLA presentata dal Corrispondente A. BATTELLI.

Il metodo di Coulomb per la misura assoluta del coefficiente di attrito interno dei fluidi, benchè si raccomandi per la semplicità e per l'accordo delle osservazioni, urta però, come l'ebbe a riconoscere lo stesso Meyer, contro gravi difficoltà di calcolo quando si voglia tener conto con sufficiente precisione dell'influenza degli orli del disco oscillante.

Accingendomi alla determinazione del coefficiente di attrito interno dei gas a bassissime temperature, ho ritenuto opportuno studiare una disposizione sperimentale colla quale si ovviasse all'inconveniente accennato. Potei riuscire nell'intento usando per apparato oscillante non più il disco ma una campana cilindrica, giacchè con questa forma, variando convenientemente la densità, si possono conservare i diametri, il peso e il momento di inerzia pur avendo un'altezza diversa.

È agevole concepire come confrontando gli smorzamenti ottenuti con due tali apparati fatti oscillare nel vano compreso fra due campane fisse, vicinissime e coassiali alle superfici di quelle mobili, si possano eliminare gli errori prevenienti dal bordo.

Non potendo però applicare a tale sistema le formole del Meyer valide solo nel caso dello spazio indefinito, ho trattato la teoria di un cilindro oscillante nelle condizioni su esposte. Le formole da me trovate, a differenza di quelle del Meyer, valgono per qualsiasi dimensione dei raggi.

Quando la campana cilindrica oscilla, mette in movimento il fluido compreso fra le campane immobili, e, data la ristrettezza dello spazio preso in considerazione, potremo ammettere che, lungi dai bordi, le superfici di ugual velocità angolare siano piane orizzontali tra i fondi piani delle campane, e cilindriche coassiali nello spazio limitato della parte cilindrica delle campane stesse.

In vicinanza degli orli sia superiori che inferiori, vi è una zona in cui la distribuzione della velocità angolare non è certamente, nè a strati cili-

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di fisica nella R. Università di Pisa.