

PUBBLICAZIONI
DELL'ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA

N. 152

RENATO CIALDEA

Le dimensioni delle sonde radioattive
e l'effetto di carica spaziale

ROMA 1948

Estratto da *Annali di Geofisica*

Vol. I, n. 3, 1948, pag. 364

STAMPATO DALL'ISTITUTO GRAFICO TIBERINO (ROMA - VIA GARBA 14)

In un recente lavoro ⁽¹⁾ è stata determinata teoricamente l'influenza della carica spaziale sul potenziale misurato da una sonda radioattiva, posta in un campo elettrico generato da due armature piane e parallele; nel caso lateralmente indefinito, furono trovati valori diversi da quelli ottenuti sperimentalmente ⁽²⁾ con una comune sonda a polonio; tale differenza può attribuirsi al fatto che l'azione ionizzante, era limitata ad un ristretto volume e quindi l'influenza della carica spaziale era notevolmente minore.

La presenza di una sonda radioattiva dà luogo a due distinte perturbazioni del campo elettrico in cui è immersa. Prima di tutto, il volume soggetto all'azione ionizzante si può considerare come un conduttore, dato l'elevato valore della concentrazione degli ioni d'ambo i segni ivi presenti, alterando quindi il campo elettrico: qualora il conduttore stesso potesse considerarsi lateralmente indefinito, di spessore p misurato lungo le linee di forza del campo e con carica spaziale esterna nulla, il potenziale presenterebbe l'andamento della spezzata b) della fig. 1. La retta a) della stessa figura rappresenta ovviamente il potenziale misurato da una sonda di spessore trascurabile rispetto alla distanza delle armature, sempre con carica spaziale nulla al di fuori della sonda. La seconda perturbazione comincia a far sentire la sua influenza allorché gli ioni che si trovano all'esterno del volume soggetto all'azione ionizzante hanno una densità tale che la carica spaziale non possa essere trascurata; in questo caso il potenziale assume l'andamento rappresentato dalla curva teorica c). Da quanto ora detto, è prevedibile che la dimensione della sonda lungo le linee di forza del campo influirà principalmente sulla lunghezza dei tratti orizzontali della b) e della c) (fig. 1) e sul valore del campo elettrico nell'interno del condensatore; invece le altre due dimensioni

(1) R. CIALDEA - A. LO SURDO - G. ZANOTELLI, *Ann. di Geofisica*, I, 2, 155 (1948).

(2) R. CIALDEA - A. LO SURDO, *Ann. di Geofisica*, I, 1, 49 (1948).

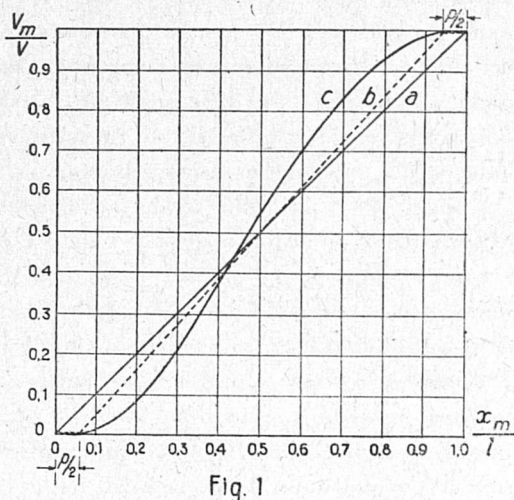
misurate normalmente alle linee di forza influiranno piuttosto sull'effetto della carica spaziale. Infatti, poiché i valori sperimentali ottenuti con una sonda comune sono risultati più vicini alla spezzata *b*) che non alla curva *c*), è da attendersi che, aumentando le dimensioni trasversali della sonda, ci si debba avvicinare al caso lateralmente indefinito. Consideriamo infatti la sezione del volume soggetto all'azione ionizzante, misurata parallelamente alle armature del condensatore: gli ioni provenienti dalla sua periferia seguono le linee di forza soggette alle perturbazioni ai bordi e quindi vanno diradandosi con una densità che diminuisce rapidamente man mano che si allontanano; gli

altri invece, provenienti dalla sua zona centrale, seguono le linee di forza non perturbate e quindi si mantengono paralleli con una densità pressochè costante. Di conseguenza è prevedibile che i primi diano all'effetto della carica spaziale un contributo molto più piccolo dei secondi; una sonda reale e quindi finita potrà essere perciò as-

similata alla sonda teorica indefinita, allorchè i primi siano in numero trascurabile rispetto ai secondi, cioè allorchè le perturbazioni ai bordi del suo volume soggetto all'azione ionizzante possano essere trascurate.

Allo scopo dunque di studiare l'influenza effettiva delle dimensioni e della forma di detto volume nei riguardi dell'effetto della carica spaziale, ho condotto altre esperienze con un numero maggiore di sonde, sia ponendole tutte su una sola fila, sia distribuendole su un telaio quadrato a maglie larghe.

Per questa ricerca ho realizzato un metodo di misura che mi ha permesso di eliminare quasi del tutto gli errori causati da eventuali



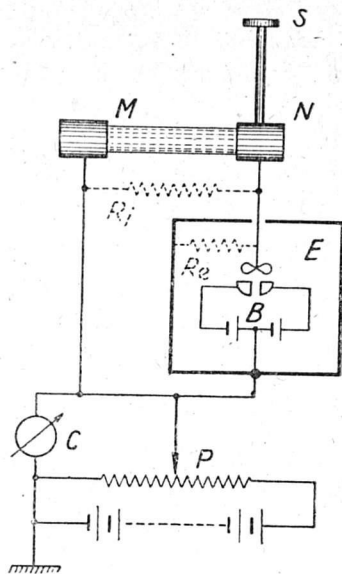


Fig. 3

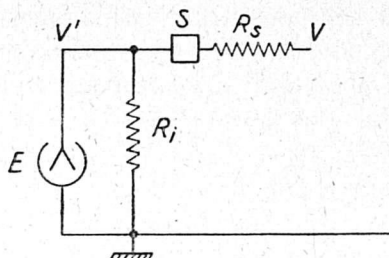


Fig. 2

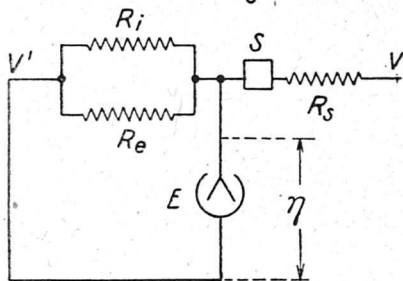


Fig. 4

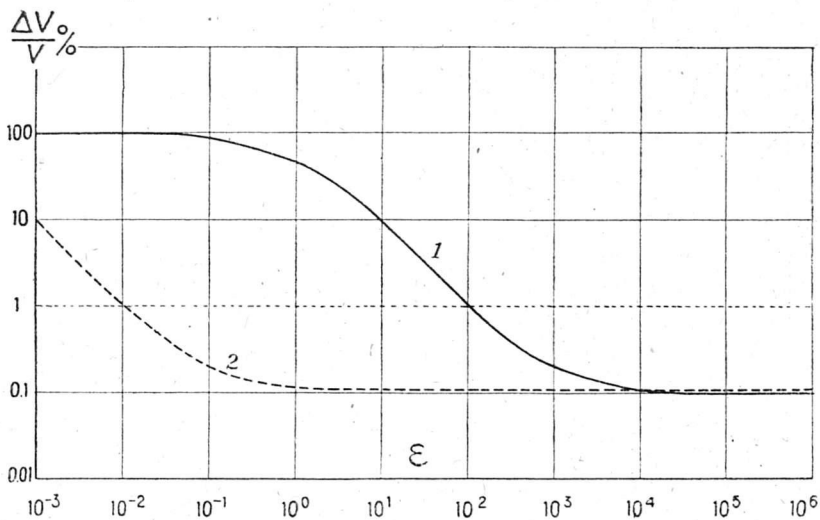


Fig. 5

perdite dovute ad isolamento non perfetto. E' noto infatti ⁽³⁾ che, se il sostegno isolante della sonda ha una resistenza R_i di valore finito, il potenziale V' misurato dall'elettrometro è legato, indicando con R_s la resistenza apparente della sonda, al potenziale V del punto in cui essa si trova (fig. 2) dalla relazione

$$V' = V \frac{R_i}{R_i + R_s} = V \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon}$$

dove si è posto $\varepsilon = R_i/R_s$. Se ne deduce che l'errore relativo della misura è

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{1 + \varepsilon}$$

E' necessario però tener conto anche dell'errore σ di lettura dello strumento nella misura di potenziale considerata: quindi per l'errore massimo complessivo si ha

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{1 + \varepsilon} + \frac{\sigma}{V}$$

Nella fig. 5 è riportato (curva 1) l'andamento di questo errore in funzione del rapporto ε nel caso: $V = 100$ volt, $\sigma = 10^{-1}$ volt.

Il metodo adoperato nella presente ricerca, oltre ad annullare quasi del tutto le perdite per isolamento non perfetto, dà la possibilità di misurare il potenziale assunto da una sonda radioattiva mediante uno strumento elettromagnetico a bassa resistenza. Tale metodo consiste nel porre sull'isolante che sostiene la sonda S un conduttore metallico di guardia M , che può essere portato a potenziali diversi mediante un sistema potenziometrico P (fig. 3): quando tale conduttore ha lo stesso potenziale della sonda, non vi può essere più corrente di dispersione verso terra attraverso il sostegno isolante posto tra M ed N e quindi il sistema funziona come un isolatore perfetto. Per accorgersi che M ed S abbiano lo stesso potenziale, l'elettrometro, montato in modo simmetrico, ha collegato l'ago ad N e la custodia isolata al centro della batteria ausiliaria B ed al conduttore di guardia N . Anche la resistenza di isolamento dell'elettrometro, tra l'ago e la custodia, si può considerare come una resistenza R_e posta in parallelo a quella R_i dell'isolante MN che sostiene la sonda. Un voltmetro C che può essere sia elettro-

(3) H. BENNDORF, *Wien. Ber.* 118, 1174 (1909).

statico che elettromagnetico, misura il potenziale rispetto a terra di M e quindi di S , allorchè l'elettrometro è stato riportato a zero.

Dallo schema elettrico della figura 4 si può determinare quale sia l'approssimazione delle misure, quando si commetta un errore η di lettura intorno allo zero dell'elettrometro. Per determinare la differenza di potenziale esistente tra M ed N , dovuta ad una eventuale corrente di dispersione attraverso l'isolante MN , occorre trovare quale sia il valore massimo che può assumere tale corrente senza che l'elettrometro accusi una differenza di potenziale apprezzabile ai capi dell'isolante. Sia η la differenza di potenziale minima apprezzabile ed i la corrente di dispersione, si ha

$$\eta = i \frac{R_i R_c}{R_i + R_c} \quad ; \quad V - V' - \eta = i R_s$$

da queste si ottiene l'errore relativo

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\eta}{V} \frac{1 + \varepsilon}{\varepsilon}$$

dove si è posto

$$\varepsilon = \frac{R_i R_c}{R_s(R_i + R_c)}$$

tenendo inoltre conto dell'errore σ di lettura dello strumento C si ottiene, per l'errore totale

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\eta}{V} \frac{1 + \varepsilon}{\varepsilon} + \frac{\sigma}{V}$$

Nella fig. 5 è riportato (curva 2) l'andamento di tale errore in funzione del rapporto ε e nel caso $V=100$ volt, $\eta=10^{-2}$ volt e $\sigma=10^{-1}$ volt.

Si vede subito che, mentre col primo metodo si possono ottenere delle misure con una approssimazione dell'1% per valori della resistenza di isolamento compresi tra infinito e 100 volte quella della sonda, nell'altro le misure possono essere estese a valori molto più bassi della resistenza di isolamento e cioè fino ad un centesimo di quella della sonda.

Le misure sono state eseguite ponendo le sonde in un campo elettrico uniforme, generato artificialmente mediante due grandi piani metallici, disposti parallelamente tra loro ad una distanza di 88 cm, tra i quali si applicava una differenza di potenziale. L'elettro-

metro adoperato era a quadranti con una sensibilità di 10^{-1} volt/divisione, mentre lo zero si poteva apprezzare con una precisione del centesimo di volt; il potenziale del conduttore di guardia veniva misu-

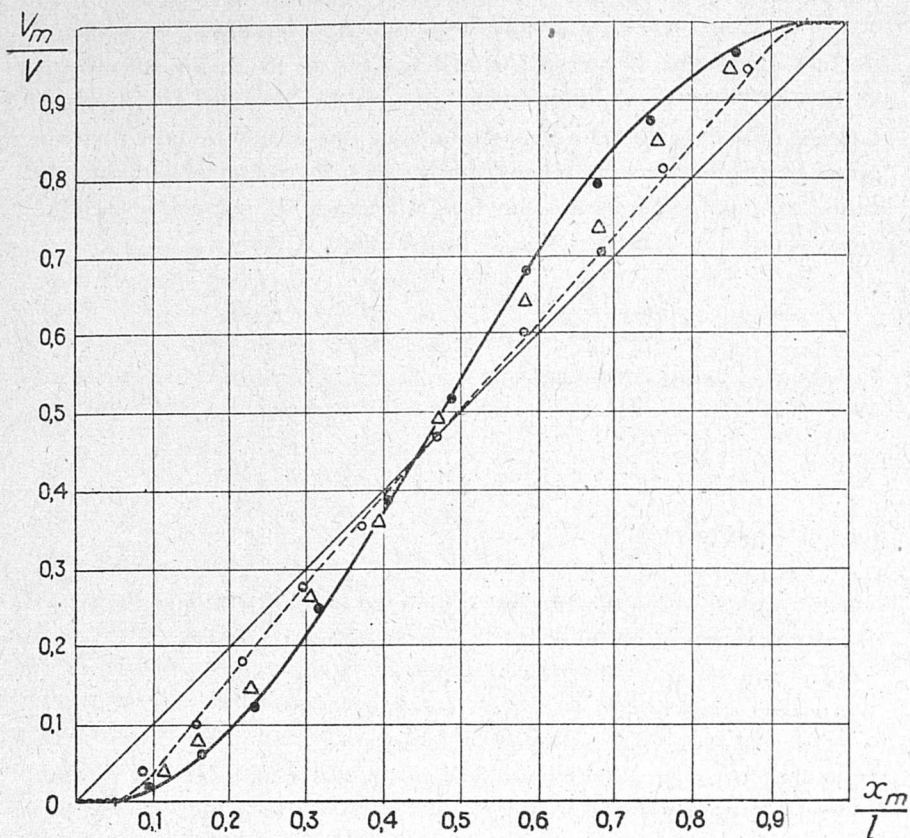


Fig. 6

rato da un voltmetro elettromagnetico di 250.000 ohm di resistenza interna.

Come è stato già detto, era da attendersi che le dimensioni della sonda misurate normalmente alle linee di forza del campo, fossero quelle che influissero sull'effetto della carica spaziale; per questa ragione ho aumentato la sezione del volume soggetto all'agente ionizzante, parallela alle armature del condensatore: i risultati sono stati riportati nella fig. 6. In questa figura sono tracciate, tra l'altro, la retta dell'andamento del potenziale nell'interno del condensatore, in

assenza della sonda e la curva teorica di una sonda lateralmente indefinita (curva a tratto pieno).

Sonda singola. — La sonda consiste in un disco metallico di 12 mm di diametro, con una delle due facce piane ricoperta di polonio. Lo spazio soggetto all'azione ionizzante delle particelle α si può ritenere che abbia una sezione di circa 25 cm², quando la superficie attiva è normale alle armature del condensatore. L'andamento del potenziale da essa assunto è riportato nella curva a trattini della fig. 6.

Sonda rettilinea. — Per aumentare le dimensioni, ho adoperato anzitutto un'asta metallica sottile, lunga 28 cm, dove potevano essere sistemate 23 sonde uguali alla precedente, una a fianco dell'altra. Tale asta veniva naturalmente collocata nel campo elettrico con il lato più lungo parallelo alle armature del condensatore. La sua sezione era di circa 125 cm², cioè cinque volte quella singola. Alcuni dei valori ottenuti sono stati riportati con dei cerchietti nella fig. 6: si vede subito che essi si discostano di pochissimo da quelli trovati con la sonda singola.

Sonda quadrata. — Essa è costituita da un telaio quadrato a due maglie entro il quale potevano essere sistemate otto sonde. Anche esso veniva collocato nel campo parallelamente alle armature del condensatore. La sua sezione aveva una area di 125 cm² e le superficie attive erano disposte in modo che nell'interno del telaio si estendesse dappertutto l'azione ionizzante delle particelle α . Alcuni dei valori ottenuti sono riportati con dei triangoli nello stessa fig. 6. E' interessante confrontare le misure eseguite con la sonda rettilinea e con quella quadrata, poiché a parità di sezione esse mostrano un comportamento nettamente diverso: l'effetto della carica spaziale infatti è pressoché nullo per la prima, mentre per la seconda è già nettamente sensibile, pur non raggiungendo ancora i valori teorici della sonda lateralmente indefinita.

Grande sonda piana. — In fine ho aumentato ancora la sezione realizzando una sonda di circa 720 cm². A tale scopo ho adoperato un telaio a tre maglie dove potevano essere sistemate 27 sonde. Anche per questo tipo, le superfici attive erano disposte in modo che tutto lo spazio interno del telaio fosse sede dell'azione ionizzante delle

particelle α . I risultati ottenuti sono stati riportati nella fig. 6 con dei cerchietti pieni. Con queste dimensioni si ha già un effetto di carica spaziale molto notevole e quasi prossimo a quello teorico della sonda lateralmente indefinita.

Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — Maggio 1948.

RIASSUNTO

Nella presente Nota sono riportate alcune esperienze per determinare l'influenza delle dimensioni di una sonda radioattiva sull'effetto di carica spaziale nella determinazione del potenziale elettrico; si è così verificata una formula teorica che presentava degli scarti rispetto alle misure sperimentali eseguite con sonde comuni a polonio.