

---

INTORNO ALLA RESISTENZA ED ALLA CARICA RESIDUA DEI DIELETTRICI LIQUIDI  
A VARIE TEMPERATURE.

*Nota di A. NACCARI <sup>1)</sup>.*

Le prime esperienze furono dirette a esaminare se nella misura della resistenza dei dielettrici si riscontrassero certe anomalie che erano state osservate da altri sperimentatori <sup>2)</sup>. Il Koller <sup>3)</sup> trovò delle variazioni grandissime della resistenza dell'etere di petrolio e d'altri liquidi al variare della forza elettromotrice della pila che forniva la corrente. La resistenza specifica dell'etere di petrolio diventò in alcune delle sue esperienze quattro volte maggiore quando il numero delle coppie passò da uno ad otto. Parve perciò opportuno verificare se avvenisse un tale fenomeno anche nelle condizioni in cui si volevano eseguire le esperienze seguenti.

Le sostanze, su cui si sperimentava, venivano collocate in bacinelle cilindriche di 17 cm. di diametro all'incirca. Un disco di rame nichelato di tal grossezza che non lo si potesse facilmente flettere o sformare, veniva posto sul fondo. Tre pezzetti di vetro di uguale altezza stavano applicati con *sindeticon* al disco da una parte e dall'altra. Esso si appoggiava sui tre pezzetti applicati alla faccia inferiore e un secondo disco uguale al primo veniva appoggiato ai tre pezzetti applicati alla faccia superiore del primo. La bacinella era isolata dal tavolo mediante tre pezzi di ceralacca.

Come resistenza comparabile con quella dei dielettrici e tale che molto probabilmente, se le anomalie, che si volevano studiare nei dielettrici, esistevano, essa non avesse a presentarle, si scelse quella di nove cannelli capillari pieni di una soluzione diluita di solfato di zinco.

1) Dagli Atti della R. Accad. delle Scienze di Torino, vol. 34, 1899.

2) Un brevissimo sunto di queste prime esperienze fu letto al Congresso della Società di Fisica del 1898 e già pubblicato (vedi N. C., ser. 4., t. 8, pag. 359, 1898).

3) Sitzungsberichte der Wien. k. Akad. der Wiss. 98, 1889.

Gli elettrodi erano di zinco ed erano immersi in bicchierini nei quali si immergevano pure gli estremi della serie dei cannelli.

Esaminando ripetutamente se nelle condizioni delle esperienze vi fosse polarizzazione, non se ne trovò alcun indizio, come del resto era probabile, vista l'estrema tenuità delle correnti che attraversavano i cannelli. Queste, anche col massimo numero di coppie, non potevano arrivare all'intensità di un milionesimo di Ampère.

Per confrontare le resistenze grandissime su cui si operava, parve opportuno procedere così. Si applicava al disco superiore della bacinella, che conteneva il dielettrico, il polo positivo di una pila, l'altro polo della quale era a terra. Il disco inferiore era congiunto ad una estremità della serie dei cannelli, mentre l'altra era a terra.

Col mezzo di un elettrometro di Edelman si determinava il rapporto fra i potenziali dei due dischi. Se rispettivamente questi potenziali sono  $V_1$  e  $V_2$ , il rapporto

$$\frac{V_1 - V_2}{V_2}$$

è eguale a quello che esiste fra la resistenza del dielettrico e quella dei cannelli.

La pila era composta di coppie Leclanché preparate da poco tempo, che erano tutte uguali press'a poco l'una all'altra rispetto alla forza elettromotrice. Ecco i risultati ottenuti quando la bacinella conteneva benzolo.

Con  $r$  viene indicata la resistenza del dielettrico, con  $R$  quella dei cannelli.

N.º delle coppie	$r : R$	N.º delle coppie	$r : R$
4	1,90	10	2,11
5	1,84	12	2,24
6	2,06	14	2,20
7	2,09	16	2,22
8	2,13	18	2,20
9	2,15		

Benchè queste esperienze indichino che la resistenza del dielettrico, supposta costante quella dei cannelli, cresce al crescere della forza elettromotrice, pure il fenomeno ha così poca intensità da non avere analogia con quello segnato da Koller, nel quale la resistenza del benzolo variava in ragione di 3 a 5 quando il numero delle coppie variava da 4 a 8.

Coll' etere di petrolio e con due qualità diverse di petrolio non si ebbero nella resistenza variazioni decise.

Per verificare il metodo si disposero l' una di seguito all' altra nel circuito, dal quale erano stati tolti i cannelli, due bacinelle con petrolio. In queste le coppie di dischi avevano distanza diversa e propriamente in quella, la cui resistenza indicheremo con  $r_2$ , la distanza dei dischi dedotta dall' altezza dei pezzetti di vetro interposti era quasi esattamente un terzo della distanza dei dischi dell' altra bacinella, la cui resistenza indicheremo con  $r_1$ .

Nei confronti successivi tra le resistenze delle due bacinelle, si fece in modo d' avere alternatamente il rapporto  $\frac{r_1}{r_2}$

e l' inverso  $\frac{r_2}{r_1}$ . Operando con tre diverse qualità di petrolio si ebbe sempre per questi due rapporti rispettivamente circa 3 e circa  $\frac{1}{3}$ .

Da queste esperienze si può arguire che il metodo e l' apparecchio servissero bene a dare il valore del rapporto tra due grandi resistenze. Anche ponendo i cannelli in luogo della seconda bacinella si ottennero risultati consimili. L' esperienze ora descritte fanno credere che nelle condizioni scelte non si verificasse un' altra anomalia riscontrata da alcuni sperimentatori, la quale consiste in ciò che, a parità delle altre condizioni, il rapporto fra la resistenza e la grossezza dello strato dielettrico non si manterrebbe costante al variare della grossezza.

Il fatto che il rapporto delle resistenze delle due bacinelle concorda col valore che almeno per approssimazione verrebbe dato dalle distanze dei dischi, e risulta lo stesso anche con petroli di diversa qualità, induce veramente a ritenere che quell' anomalia non esista, almeno nelle condizioni di queste esperienze.

2. L'esperienze che seguono riguardano l'influenza della temperatura sulla conducibilità di alcuni liquidi dielettrici.

Si ha seguito lo stesso metodo testè descritto. Il liquido da studiarsi stava in una bacinella di vetro, la quale era contenuta in un recipiente metallico che conteneva petrolio. Questo petrolio era stato separato mediante distillazione dalla parte che bolliva a temperatura inferiore a  $300^{\circ}$ . La bacinella s'appoggiava su tubi di vetro disposti sul fondo del recipiente metallico e il petrolio arrivava fino a pochi millimetri dal suo orlo. Il recipiente metallico era sostenuto da un treppiedi di ferro, ma i piedi di questo stavano entro bicchierini di vetro pieni di paraffina e questi si appoggiavano sopra una lastra di vetro verniciata con ceralacca e più strati di carta paraffinata. Così si poteva ritenere che il recipiente fosse bene isolato, e difatti l'isolamento si verificò poi perfetto.

Nella bacinella stavano i dischi di rame nichelato, che facevano l'ufficio di elettrodi. I dischi erano separati come prima da tre pezzetti di vetro della grossezza di mm. 2,7. Perchè la loro posizione si mantenesse immutata durante un'esperienza, si sovrapponeva al disco superiore un bicchierino di vetro pieno di pallini di piombo, caricato inoltre con un grosso pezzo di piombo.

Il disco superiore si poneva in comunicazione col polo positivo della pila, l'inferiore con un pozzetto di mercurio, bene isolato. Questo pozzetto era a sua volta congiunto col disco superiore di un'altra coppia di dischi posta in un'altra bacinella destinata a rimanere a temperatura costante. Il disco inferiore di questa coppia era a terra. In questa bacinella si metteva un dielettrico liquido opportuno, cercando che la resistenza delle due bacinelle, l'una delle quali veniva riscaldata e l'altra rimaneva a temperatura costante, non fossero troppo differenti. L'elettrometro era sempre quello dell'Edelmann, cui era applicata una pila secca. Una Leclanché vi produceva una deviazione di 14 divisioni circa.

Per produrre la corrente che doveva attraversare i dielettrici, fu adoperata quasi sempre una pila di cinque coppie Leclanché. Il polo positivo della pila era congiunto col disco superiore della bacinella che si doveva riscaldare, l'inferiore

era congiunto col pozzetto di mercurio sopra menzionato e questo col disco superiore della bacinella, che si manteneva a temperatura costante, mentre il disco inferiore di questa era a terra.

Parecchie delle sostanze adoperate in queste esperienze sono tali che la loro essenza chimica non è bene determinata e per lo più sono da considerarsi come miscugli di sostanze diverse in proporzioni ignote. Perciò non ne fu determinata la conducibilità assoluta specifica. Nè sempre poté esser determinato con sufficiente precisione il rapporto fra le resistenze specifiche delle varie sostanze studiate in causa delle grandi differenze esistenti fra l'una e l'altra e della mutabilità delle resistenze stesse. Perciò piuttosto che dare dei numeri molto incerti indichiamo soltanto l'ordine in cui vanno disposte le sostanze in ragione della loro conducibilità crescente; l'ordine è questo:

- Olio di vaselina;
- Paraffina liquida (a 60°);
- Etere di petrolio;
- Petrolio comune fatto evaporare e poi raffreddato a 100°;
- Petrolio comune;
- Benzol;
- Toluol;
- Xilol;
- Petrolio distillato sopra 350°;
- Essenza di trementina.

#### I. *Paraffina liquida.*

La conducibilità della paraffina liquida cresce rapidamente al crescere della temperatura dal punto di fusione fino a 100° circa. Se poi si lascia raffreddare, la diminuzione della conducibilità avviene in modo continuo anche al di sotto del punto di solidificazione che per la paraffina adoperata in queste esperienze era 54°. La conducibilità va decrescendo fino a 36° e poi fino a 23° si mantiene presso a poco costante.

Le esperienze furono eseguite riscaldando la paraffina fino a 75°, poi lasciandola lentamente raffreddare e osservando

l'elettrometro di tratto in tratto. Il bulbo del termometro stava accanto ai dischi e in modo da essere interamente coperto dalla paraffina, ma evidentemente non si può ammettere che mentre la paraffina si raffreddava, il termometro indicasse esattamente la temperatura dello strato posto fra i due dischi. L'errore però non doveva essere molto grande, vista la lentezza del raffreddamento.

Alcune esperienze furono anche fatte a temperatura costante avendo cura di togliere la fiamma che serviva a scaldare la paraffina, nel momento della lettura dell'elettrometro, perchè la fiamma, benchè la lampada fosse isolata, non scemasse l'isolamento della bacinella riscaldata.

Ecco i risultati di alcune esperienze fatte a temperatura costante. Con  $t$  sono indicate le temperature, con  $c$  le conducibilità del dielettrico, posta eguale ad uno la sua conducibilità alla temperatura più bassa.

$t$	$c$
34,4	1,0
58,3	23,3
75,8	107,1

Seguono i risultati di alcune esperienze con temperatura decrescente. I valori delle conducibilità sono riferiti a quello osservato alla temperatura di 35°. Ciascun numero è la media di due o tre osservazioni fatte a piccoli intervalli di tempo.

$t$	$c$
73,4	64,0
68,5	41,3
63,4	32,8
59,5	25,2
57,0	22,9
56,0	21,4

Dopo un'ora durante la quale la temperatura rimase quasi costante, si ebbero questi altri valori:

$t$	$c$	$t$	$c$
58,8	22,4	48,4	9,5
55,1	19,5	46,2	6,2
53,5	17,1	44,6	4,7
52,5	15,8	43,5	3,6
51,1	13,1	41,6	2,1
50,1	11,2	35,0	1,0

Convienne avvertire che riscaldando successivamente la stessa paraffina, il fenomeno non presenta sempre lo stesso andamento.

Ciò che si può affermare come costante, per quanto risulta da queste esperienze, è la continuità della variazione della conducibilità da una temperatura notevolmente superiore a quella di solidificazione sino a 34 gradi. Non vi è dunque alcuna variazione repentina della conducibilità in corrispondenza del punto di fusione, nè vi è una sensibile variazione della relazione fra la conducibilità e la temperatura.

Nella paraffina liquida il fenomeno del residuo si presenta presso a poco con la stessa intensità nell'intervallo di temperatura compreso tra 34° e 60°, ma poi va diminuendo fino a ridursi quasi nullo a 110°.

## II. *Olio di vaselina.*

Ecco una serie di esperienze che mostra la variazione della conducibilità dell'olio di vaselina al variare della temperatura.

L'esperienze furono fatte con temperatura discendente arrestando di tratto in tratto la diminuzione della temperatura con l'applicare una fiamma e osservando sempre quando la fiamma era spenta per evitare ogni azione perturbatrice. I valori della conducibilità sono riferiti a quello spettante alla temperatura di 20°,3.

$t$	$c$	$t$	$c$
72,2	13,50	45,4	3,15
69,4	11,60	40,1	2,15
59,5	6,53	33,4	1,44
54,9	5,01	31,3	1,27
51,9	4,05	28,8	1,15
49,6	3,72	20,3	1,00
47,4	3,26		

Costruendo questi valori si ottiene una curva, da cui si deduce lo specchietto seguente :

$t$	$c$
20	1,00
30	1,18
40	2,15
50	3,75
60	6,80
70	12,08

La variazione della conducibilità appare molto più lenta che non per la paraffina liquida. Il fenomeno del residuo apparve con notevole intensità nell'olio di vaselina. Ecco alcune esperienze relative a questo fenomeno fatte con 20 coppie. Con  $t$  è indicata la temperatura, con  $r$  il numero delle divisioni della scala dell'elettrometro che corrispondevano alla carica residua.

$t$	$r$	$t$	$r$
23,8	37	68	16
60	24,4	60	21
93	7	44	24
98	4,5	35	29
73	14,0	24	31

### III. *Petrolio comune.*

L'esperienze fatte con petrolio del commercio e con temperatura lentamente discendente diedero dei risultati dai quali colla costruzione grafica si ottiene :



$t$	$c$	$t$	$c$
22,5	1,00	60	4,00
30	1,40	70	5,04
40	2,08	75	5,78
50	3,05		

Il residuo era appena di 4 parti a 20° con 20 coppie.

#### IV. *Petrolio distillato sopra 350°.*

La conducibilità di questo petrolio, ch'era stato distillato molto tempo prima e non era stato ottenuto dallo stesso petrolio del commercio, cui si riferiscono l'esperienze prima descritte, era molto maggiore di quella di quest'ultimo petrolio. Invece la variazione prodotta dal riscaldamento fu presso a poco la stessa.

Dai risultati, colla costruzione grafica si ottiene :

$t$	$c$	$t$	$c$
22,1	1,00	60	3,67
30	1,22	70	4,95
40	1,80	80	6,17
50	2,62	90	8,02

Il fenomeno della carica residua non fu grande per questa sostanza: a 20° s'ebbe 8 divisioni della scala con 17 coppie, a 60° appena 2.

#### V. *Altro petrolio distillato sopra 350°.*

Questo saggio di petrolio era diverso dal precedente e la sua conducibilità specifica alla temperatura ordinaria era un po' maggiore di quella dell'altro.

Dai risultati, colla costruzione grafica si ottiene :

$t$	$c$	$t$	$c$
22	1,00	70	6,20
30	1,28	80	7,90
40	2,24	90	9,00
50	3,60	95	11,6
60	4,40		

Il residuo a 22° arrivava appena a 5 divisioni con 20 coppie.

VI. *Petrolio comune già riscaldato per qualche tempo a 100° per farlo evaporare.*

L'esperienze sulle variazioni della conducibilità per la temperatura diedero risultati consimili a quelli ottenuti con gli altri petroli. Anche raddoppiata la grossezza dello strato, il fenomeno aveva lo stesso andamento. La conducibilità diminuì facendo evaporare il petrolio a 100°.

Ecco qualche esperienza fatta sulle cariche residue.

Residuo con 5 coppie a 21°	8 parti
» » 20 » 21°	35 »
» » » 40°	26 »
» » » 53°	22 »
» » » 82°	6,3 »
» » » 88°	3 »

Durante il raffreddamento le determinazioni di residuo dettero sempre valori alquanto minori di quelli prima ottenuti alla stessa temperatura.

Tolto il disco superiore e poi rimessolo, si trovò la stessa conducibilità, ma valori notevolmente diversi del residuo.

Con distanza dei dischi pressochè doppia non si ottennero effetti maggiori.

Con altro petrolio comune riscaldato lungamente a 100° per farlo evaporare si trovarono le seguenti cariche residue:

a 23°	22
» 47°	11
» 70°	4,5
» 100°	2,0

poi, durante il raffreddamento

a 62°	8,8
» 53°	11,0
» 40°	15
» 35°	18
» 23°	25

VII. *Etere di petrolio.*

L'etere di petrolio fu riscaldato fino a 54°.

<i>t</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	<i>c</i>
54	2,93	40,4	1,56
51,9	2,85	33,1	1,28
47	2,26	22,0	1,00

La carica residua con 20 coppie diede a 20° 11 parti all'incirca.

VIII. *Xilol.*

<i>t</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	<i>c</i>
70,6	4,17	56,7	2,73
68,6	3,83	50,4	2,53
66,1	3,67	44,6	2,23
63,6	3,43	38,6	1,83
61,6	3,13	34,3	1,60
59,6	3,03	22,0	1,00

Il residuo con questa sostanza era appena di 10 parti con 20 coppie.

IX. *Toluol.*

<i>t</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	<i>c</i>
57,2	3,2	43,5	2,2
54,0	3,0	37,3	1,7
50,1	2,7	21,8	1,0

Piccolo residuo.

X. *Benzol.*

<i>t</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	<i>c</i>
61,0	3,1	39,5	1,6
56,9	2,7	34,7	1,4
53,0	2,4	30,1	1,3
48,5	2,3	25,2	1,0
43,7	2,1		

Piccolo residuo.

XI. *Essenza di trementina.*

La conducibilità specifica di questa sostanza è molto diversa da saggio a saggio. Essa si altera col riscaldamento e coll' evaporazione. Per lo più la conducibilità di questa sostanza è maggiore di quella di tutti gli altri dielettrici sopra indicati.

Ecco alcune esperienze fatte dopo aver riscaldato fino a 65° e lasciando lentamente raffreddare.

<i>t</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	<i>c</i>
62,1	1,84	36,6	1,11
55,8	1,67	30,8	1,04
47,0	1,57	27,0	1,00
41,4	1,31		

Piccolo residuo.

Da queste esperienze si può concludere che in tutti i dielettrici liquidi esaminati, l' aumento di temperatura porta un notevole aumento di conducibilità. Questo aumento però è dello stesso ordine di grandezza del fenomeno consimile, che si osserva nei liquidi conduttori. Le variazioni più considerevoli si osservano nei liquidi più resistenti.

Quanto al residuo esso si presenta specialmente nei dielettrici più resistenti, mentre è piccolo nei meno resistenti. Mescolando tra loro i varii dielettrici, in nessun caso si osservò che il residuo si facesse maggiore. Al crescere della temperatura il fenomeno del residuo diminuisce rapidamente, ma dall' insieme delle esperienze precedenti sembra di poter asserire che la causa di tale diminuzione non sta tutta nell' aumento di conducibilità.

È noto che il Maxwell dimostrò che un corpo perfettamente omogeneo non può presentare il fenomeno del residuo. Egli non esclude però che una sostanza perfettamente pura possa avere una certa eterogeneità che dia origine al fenomeno. Le sostanze adoperate in queste esperienze non erano certamente pure o omogenee, tuttavia la condizione dell' impurità ed eterogeneità non parve quella che più d' ogni altro

determinasse il residuo e a questo proposito van ricordate l'esperienze del Muraoka, secondo le quali una soluzione di una sostanza in un'altra non dà, almeno in certi casi, alcun residuo, vale a dire non sembra avere quel grado o quelle specie di eterogeneità che secondo il Maxwell determinano il fenomeno. Le cause di questo fenomeno non sono ancora ben chiare, quantunque v'abbia portato molta luce la teoria, che ne diede il Maxwell e che fu verificata in più casi.

#### SULL' INTERRUETTORE DI WEHNELT,

del Dott. O. M. CORBINO <sup>1)</sup>.

1. Sembra oramai fuori dubbio che nell'interruttore Wehnelt più che l'azione elettrolitica intervenga l'azione termica della corrente. L'idea, messa già innanzi dallo stesso Wehnelt è stata sviluppata analiticamente in un pregevole studio del Simon <sup>2)</sup>. Sul numero delle interruzioni ha influenza notevole l'autoinduzione *apparente* del circuito primario.

Tale influenza non può essere determinata (essendo impossibile misurare a priori il valore dell'autoinduzione del primario) che sostituendo all'autoinduzione ignota un'autoinduzione che possa variare in modo misurabile. Si può così anche determinare l'influenza che sull'autoinduzione ha la presenza del ferro.

2. L'uso dell'interruttore si presta alle seguenti esperienze:

*Esperienza 1<sup>a</sup>.* — In un circuito del quale facevano parte una batteria di accumulatori e l'interruttore di Wehnelt, era inserito un rocchetto di tre strati (filo di 2 mm.) nella cui cavità veniva secondo i casi introdotto un fascio di fili di ferro dolce avente il diametro di 5 cm. circa. Introducendo il ferro nella cavità, e facendo crescere la resistenza del circuito, il

1) Dai Rend. della R. Acc. dei Lincei, Vol. 8, 2<sup>o</sup> sem., ser. 5., fasc. 12.

2) Wied. Ann. 68, pag. 273, 1899.