

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCX.

1913

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1913

Fisica. — *La costante dielettrica dell'aria fino a 350 atmosfere.* Nota di A. OCCHIALINI ed E. BODAREU, presentata dal Corrispondente A. BATTELLI (1).

Nell'intraprendere queste ricerche sopra la costante dielettrica dell'aria fortemente compressa abbiamo avuto principalmente in mira l'indagine dei limiti di validità delle relazioni teoriche inerenti a questo coefficiente. Data la piccolezza delle variazioni che la c. d. dei gas subisce anche per considerevoli variazioni di densità, quelle relazioni sono prossimamente verificate anche in larghi intervalli di pressione; perchè non si può decidere se gli scostamenti che pur si verificano dalla legge siano dovuti a errori sperimentali o ad inesattezze delle formole.

Così le espressioni che più spesso si invocano nella relazione fra la c. d. e la densità, $\frac{K-1}{K+2} \cdot \frac{1}{d} = \text{cost}$ e $\frac{K-1}{d} = \text{cost}$, evidentemente incompatibili fra loro, ci si sono presentate ugualmente accettabili per l'aria finchè non abbiamo oltrepassate le 200 atmosfere; giacchè tanto l'una che l'altra presentavano scostamenti dello stesso ordine.

Ora volendo decidere se delle due formole una è da ritenersi esatta, era necessario spingere la pressione a un tale grado che gli scostamenti eventuali dalla legge divenissero grandi al punto da non essere più confondibili con gli errori sperimentali. Per questo abbiamo intrapreso la ricerca per l'aria anche al di sopra di 200 atm. e qui diamo i risultati fino a 350 atm. circa. Nostro desiderio sarebbe stato di spingerci ancora più avanti, ma lo scoppio del recipiente in cui era compresso il gas ha interrotto le nostre ricerche, e, procurando ingenti danni a tutto il dispositivo circostante, ci ha obbligati a una lunga sosta. Però i risultati ottenuti bastano già per rispondere alla domanda che ci eravamo posta.

1. *Il metodo di misura della costante dielettrica.* — Il metodo da noi usato per la misura della c. d. dei gas è, all'infuori di poche modificazioni, quello usato da Lebedew (2) nelle sue ricerche sui vapori, e si fonda sul principio seguente: si abbiano due condensatori dei quali le due armature inducenti siano cariche di segno opposto nello stesso tempo che le due armature indotte sono in comunicazione col suolo. Allora su queste ultime

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisica di Pisa, diretto dal prof. A. Battelli.

(2) Lebedew, Ann. d. phys., 44, 288, 1891.

si indurranno cariche di segno contrario che saranno numericamente uguali se sarà soddisfatta una ben nota relazione fra i potenziali di carica e le capacità dei condensatori.

L'uguaglianza in valore assoluto delle due cariche indotte potrà esser verificata con molta precisione connettendo fra loro e con un elettrometro le due armature indotte isolate dal suolo, e mettendo a terra invece la coppia delle armature inducenti. L'ago dell'apparecchio di misura resterà fermo quando la neutralizzazione delle cariche indotte sarà completa.

Supponiamo che questo sia verificato quando le armature dei due condensatori sono immerse nell'aria in condizioni normali; dopo sostituiamo completamente il dielettrico di uno dei condensatori con un altro che abbia una c. d. K volte più grande di quella dell'aria. Se le due armature inducenti fossero di nuovo caricate agli stessi potenziali adoperati precedentemente, la neutralizzazione delle cariche indotte non potrebbe avere più luogo. Per ottenere ancora questa neutralizzazione, bisogna ridurre il potenziale di carica del condensatore variato K volte più piccolo; sicchè chiamando π_0 e $\pi_0 - \Delta\pi$ rispettivamente il potenziale primitivo e quello ridotto, la c. d. del mezzo in esame rispetto all'aria nelle condizioni normali risulterà

$$\frac{\pi_0}{\pi_0 - \Delta\pi}.$$

Se poi si volesse la c. d. K riferita al vuoto, allora si avrebbe

$$(1) \quad K = K_0 + \frac{\pi_0}{\pi_0 - \Delta\pi},$$

dove K_0 è il valore della c. d. dell'aria nelle condizioni normali, quando si assuma uguale all'unità quella del vuoto.

Per comodità di calcolo giova trasformare la (1) nel seguente modo

$$\frac{K - K_0}{K_0} = \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi}$$

$$K = K_0 + K_0 \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi}$$

$$K = K_0 + \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi} + (K_0 - 1) \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi}.$$

Ora $K_0 = 1,00055$ circa; $\pi_0 = 40$ volta circa nelle nostre determinazioni fino a 200 atm. ed è uguale a 20 v. circa per le pressioni maggiori; $\Delta\pi < 4$ volta; quindi

$$(K_0 - 1) \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi} < 0,0001.$$

E siccome il metodo che noi abbiamo adottato, come sarà spiegato in seguito, non comporta un'approssimazione superiore a 0,0001, così possiamo ritenere come valore della c. d. quello data dalla formola

$$(2) \quad K = K_0 + \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi}.$$

Le considerazioni precedenti si applicano soltanto quando l'induzione di un'armatura sull'altra avviene attraverso a un dielettrico omogeneo e completamente sostituibile. In pratica a sostegno delle armature sono necessari dielettrici solidi che renderebbero inapplicabile la relazione (1), quando non si prendessero precauzioni opportune. Il modo più semplice per superare questa difficoltà ci è parso di far sì che l'induzione avvenisse dentro una cavità metallica praticamente chiusa, nell'interno della quale non vi fosse traccia dei dielettrici solidi.

Come si sia raggiunto questo scopo e come si sia realizzato tutto il dispositivo sperimentale è stato detto diffusamente in una Nota preliminare (1).

2. *Misura della densità dei gas.* — Contemporaneamente alla misura della c. d. si è fatta la misura della densità. A tal fine il recipiente che contiene il condensatore di misura è stato messo in comunicazione con un densimetro che uno di noi ha descritto diffusamente in una Nota a parte (2). Ricordiamo che, secondo il metodo adottato, un volume v di gas compresso alla densità da determinare e separato in una camera (camera di compressione), è dilatato in un volume $V + v$; e dalla pressione H del gas così dilatato, oltre che dalla pressione h preesistente all'espansione nel volume V , si deduce come valore della densità cercata

$$(3) \quad d = \frac{V + v}{v} \frac{H}{76} \frac{1}{1 + \alpha t} - \frac{V}{v} \frac{h}{76} \frac{1}{1 + \alpha t},$$

dove t è la temperatura centigrada del gas, α il coefficiente di dilatazione dei gas. H e h sono misurati in cm.

Nelle precedenti ricerche si hanno i seguenti valori delle costanti:

$V = 921,75 \text{ cm}^3$ a $10^\circ,5$; coeff. di dil. cubica del recipiente

(vetro) = 0,00002549

$v = 3,4770 \text{ cm}^3$ a 0° ; coeff. di dilat. cubica del rec.

(acciaio) = 0,0000333.

(1) Nuovo Cimento, 5, pag. 16, 1913.

(2) A. Occhialini, *Un densimetro per alte pressioni*, Nuovo Cimento, vol. IV, dicembre 1912.

3. *Compressione del gas.* — Fino a 200 atm. l'aria è stata compressa mediante una pompa della casa Whitehead e incanalata nella conduttura di rame ad alta pressione che si distende in tutto l'Istituto.

Così le misure potevano essere fatte senza difficoltà in una comune stanza di laboratorio molto lontana dalla sala delle macchine in cui trovasi il compressore. L'aria è stata fatta passare attraverso a colonne di idrato calcico e sodico per privarla dell'umidità e dell'anidride carbonica. La perfetta secchezza dell'aria era controllata durante le misure in modo molto semplice; giacchè la minima traccia di umidità portava una notevole diminuzione nell'isolamento, così da rendere incerte le misure.

In comunicazione col recipiente che conteneva il condensatore di misura era posto un altro recipiente identico nel quale poteva essere iniettato un liquido (olio di vaselina) per mezzo di un compressore di Cailletet a 1000 atmosfere. Così, dopo aver portata l'aria a 200 atm. nei due recipienti, si poteva elevare la sua pressione al di sopra di questo limite riducendone il volume.

La tenuta di tutte le parti fu oggetto di scrupolose cure e le determinazioni furono eseguite allorchè essa appariva perfetta.

4. *Approssimazione nel calcolo della costante dielettrica.* — L'approssimazione data dalla formola (2)

$$K = K_0 + \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi}$$

dipende soltanto dal termine $\frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi}$.

Ora si ha

$$\delta \frac{\Delta\pi}{\pi_0 - \Delta\pi} = \frac{(\pi_0 - \Delta\pi) \delta\Delta\pi + \Delta\pi \delta(\pi_0 - \Delta\pi)}{(\pi_0 - \Delta\pi_0)^2}$$

Per pressioni inferiori a 200 questo errore risulta ⁽¹⁾ minore di $\frac{1}{5000}$; per pressioni maggiori non supera $\frac{1}{3000}$.

Quindi il valore della costante dielettrica ha un'incertezza che, anche nel caso più sfavorevole, non raggiunge 3 unità del 4° ordine decimale; fino a 200 atm. l'incertezza è inferiore a 2 unità; noi conserveremo perciò quattro cifre decimali.

5. *Risultati numerici.* — Ci riserbiamo di discutere in seguito la relazione fra costante dielettrica e densità: ma fin d'ora possiamo ammettere

(1) Cfr. Memoria citata.

che dentro piccoli intervalli sia verificata la formola

$$\frac{K - 1}{d} = \text{costante.}$$

Di questa formola ci siamo serviti per riportare i valori della c. d. dati dalle misure ad alcuni punti fissi e precisamente alle densità di 60, 95, 115, 140, 150, 175, 180, 195, 225, 250 e 275.

In tal modo abbiamo ottenute le medie riportate nella seguente tabella. I dati che hanno servito a computare le medie si riferiscono a temperature comprese fra 14° e 20° C.

TABELLA DELLE MEDIE.

Pressioni approssimate in atm.	Densità d	Costante dielettrica K
64	60	1,0357
101	95	1,0567
124	115	1,0684
149	140	1,0839
162	150	1,0903
192	175	1,1053
196	180	1,1092
217	195	1,1182
255	225	1,1373
293	250	1,1526
334	275	1,1691

6. *Indice di rifrazione e costante dielettrica.* — Mettiamo qui sotto a confronto i quadrati dell'indice di rifrazione trovati da Magri ⁽¹⁾ con i valori della costante dielettrica trovati dal Tangl ⁽²⁾ e da noi alle diverse densità.

d	K (Occhialini e Bodareu)	n^2 (Magri)	K (Tangl)
60	1,0357	1,0357	1,0346
95	1,0567	1,0571	1,0553
115	1,0684	1,0692	—
140	1,0839	1,0847	—
150	1,0903	1,0907	—
175	1,1053	1,1061	—

I valori della costante dielettrica riescono costantemente inferiori ai corrispondenti valori dell'indice di rifrazione ma le differenze sono piccolissime e non superano mai 8 unità della quarta decimale. Quindi possiamo

(1) L. Magri, Nuovo Cimento, 7, pag. 81, 1904.

(2) Tangl, Ann. d. Phys, 23, 559, 1907.

ritenere verificata la relazione di Maxwell con una approssimazione finora non raggiunta.

7. *Costante dielettrica e densità.* — Fra le relazioni proposte per stabilire un legame tra la c. d. e la densità ricordiamo quella di Clausius-Mossotti

$$\frac{K-1}{K+2} \cdot \frac{1}{d} = \text{costante.}$$

la quale è stata dedotta in base alla teoria di Mossotti sulla costituzione dei dielettrici, ed è stata ritrovata da Lorentz mediante le teorie elettro-
niche. Una formola approssimata della precedente è

$$\frac{K-1}{d} = \text{costante.}$$

Qui sotto riportiamo i valori di questi due rapporti alle diverse densità

d	$\frac{K-1}{K+2} \cdot \frac{1}{d} \cdot 10^6$	$\frac{K-1}{d} \cdot 10^6$
60	196	596
95	195	597
115	194	595
140	194	599
150	195	602
175	194	602
180	195	607
195	195	606
225	195	610
250	195	614
275	195	618

L'esame di questa tabella toglie qualunque dubbio sulla validità delle due formole. Mentre il termine $\frac{K-1}{d}$ cresce col crescere della pressione

e presenta scostamenti del 4%, il termine $\frac{K-1}{K+2} \cdot \frac{1}{d}$ non presenta che variazioni spiegabilissime con le disuguali condizioni di temperatura in cui si sono eseguite le varie determinazioni, e non mostra nessuna tendenza sistematica col variare della pressione.

Le nostre ricerche bastano a fare ritenere valida la relazione

$$(4) \quad \frac{K-1}{K+2} \cdot \frac{1}{d} = 195 \cdot 10^{-6}$$

ed a far rigettare la formola $\frac{K-1}{d} = \text{cost.}$ Sul valore della costante della

(4) non ci troviamo d'accordo con quello fornito da Tangl (1), che è 192.10^{-6} . Ma dal minuto esame dei metodi, dalla valutazione dei possibili errori non troviamo ragione di aver dubbi sulle nostre conclusioni.

Tanto più che se per estrapolazione si calcola dalla (4) il valore di K relativo alla pressione atmosferica si trova 1.000585 cioè un valore quasi identico a quello 1.000586 trovato direttamente dal Klemenčič e vicinissimo a quello 1.000590 del Boltzmann; mentre con la costante di Tangl si troverebbe 1.000573 ossia un valore notevolmente diverso dalle due più accreditate determinazioni dirette della $c. d.$ dell'aria nelle condizioni normali.

Concludendo, compiamo il gradito dovere di ringraziare l'on. prof. Battelli per i larghi mezzi di ricerca che ha messo a nostra disposizione.

Fisica. — *Sulla birifrangenza della sostanza corticale dei peli animali.* Nota II di A. POCHETTINO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Chimica. — *Composti del nichel monovalente* (2). Nota I di I. BELLUCCI ed R. CORELLI, presentata dal Socio E. PATERNÒ.

Intorno ai composti del nichel monovalente si trovano nella letteratura chimica ben poche notizie, riferibili soprattutto al sottossido Ni_2O ed al sottosolfuro Ni_2S , la cui esistenza, specialmente del primo, non è dimostrata con sufficiente sicurezza (3).

(1) Tangl, Ann. d. Phys., 26, pag. 59, 1908.

(2) Lavoro eseguito nell'Istituto Chimico della R. Università di Roma.

(3) Le notizie che si hanno su tale punto possono così riassumersi:

a) *Sottossido* Ni_2O . — Prenderebbe origine:

1°) arroventando il nichel all'aria, come massa spugnosa, la quale, essendo attirata da un magnete, è con tutta probabilità una miscela di Ni con NiO ;

2°) riducendo l'ossido di nichel con ossido di carbonio a 420° , ciò che è in contrasto col fatto che già a 400° l'ossido di carbonio riduce l' NiO a nichel metallico;

3°) mantenendo l'ossido NiO a $210^\circ-214^\circ$ in corrente d'idrogeno. A proposito di quest'ultimo metodo va notato che molto recentemente Senderens e Aboulenc (Bullet. (4), 11, 645 [1912]) hanno affermato che la formazione dell' Ni_2O in tal modo è più che altro da attribuirsi a casi fortuiti di arresto nella marcia della riduzione.

b) *Sottosolfuro* Ni_2S . — Prenderebbe origine:

1°) riducendo il solfato di nichel con idrogeno o con zolfo al calor rosso;

2°) fondendo insieme solfato di nichel, carbonato di potassio e zolfo;

3°) trattando il nichel con vapori di solfuro di carbonio al rosso bianco;

4°) dissociando il solfuro NiS alla temperatura dell'arco elettrico.