INFLUENZA DELLA PRESSIONE SULL' INDICE DI RIFRAZIONE DEI GAS.

Ricerche di P. CARNAZZI ¹⁾.

1). Lo studio degl' indici di rifrazione presenta un grande interesse, per le considerazioni teoriche e pratiche che ad esso si collegano. Infatti, è tra le più importanti caratteristiche di un corpo il valore della differenza $n^2 - 1$ (*la sua potenza rifrattiva*), o piuttosto il valore della differenza $n - 1$ (*il suo potere rifrangente*).

Ora, si ammette in generale che per un determinato corpo il potere rifrangente sia proporzionale alla sua densità (legge di Gladstone); o, in altre parole, che il rapporto $\frac{n-1}{d}$ sia una costante per un medesimo corpo, un gas per esempio, qualunque siano le circostanze in cui esso si trovi.

Per verificare l' esattezza di tale relazione, si prestano assai bene i gas, nei quali possiamo variare l' indice di rifrazione e la densità a temperatura costante, assoggettandoli successivamente a pressioni crescenti.

2). Tralasciando di parlare dei tentativi fatti dai membri dell' Accademia di Parigi e da quelli della Società Reale di Londra, le prime misure notevoli sulla rifrazione dei gas sono quelle eseguite da Biot e Arago ²⁾, i quali misero in attuazione un metodo indicato da Borda. Conclusero dai risultati delle loro esperienze, che: la potenza rifrattiva d' un medesimo gas è proporzionale alla densità.

Dulong ³⁾ riprese queste esperienze per confrontare le rifrazioni dei diversi gas. La preparazione e la purificazione

¹⁾ Lavoro eseguito nell' Istituto di Fisica dell' Università di Pisa, diretto dal Prof. A. Battelli.

²⁾ Memoires scientifiques d' Arago, T. 2, p. 715. — Memoires de l' Institut, T. 8, p. 301.

³⁾ Ann. de Chimie et de Physique, serie 2, T. 31, p. 154.

dei gas era un'operazione assai difficile all'epoca delle ricerche di Biot e Arago; i progressi della chimica permisero a Dulong di ottenere risultati più esatti dei suoi predecessori. Egli si servì d'un prisma, come quello di Borda, e ottenne numeri un po' differenti da quelli di Biot e Arago.

Verificò inoltre che le potenze rifrattive dei gas semplici hanno qualche rapporto colle loro densità. Paragonando poi i gas composti tra loro, non gli parve più di discernere nessuna relazione tra le loro densità e le loro potenze rifrattive.

In seguito Arago e Petit ¹⁾ in un lavoro incompleto, poi Fizeau ²⁾ impiegarono il metodo delle interferenze. In tal modo Fizeau poté constatare l'ineguale rifrazione dell'aria secca e dell'aria umida. Jamin ³⁾ poi migliorò il metodo stesso delle interferenze, riuscendo ad allontanare a volontà i raggi, che devono interferire. Ma fra i risultati di questi sperimentatori non si trovano dati, che facciano fare un passo ulteriore al nostro problema.

Più ampiamente si occupò delle relazioni fra l'indice di rifrazione e la densità nei gas e nei vapori Mascart ⁴⁾. Egli si valse, per le sue determinazioni, delle strisce di Talbot.

In coteste esperienze arrivò a sottoporre i gas fino alla pressione di 7 atm. e trovò che: la costanza del rapporto $\frac{n-1}{d}$ per i gas si verifica in una maniera soddisfacente, fatta eccezione però d'alcuni gas e vapori, per i quali la rifrazione diminuisce più rapidamente del loro peso specifico, come per l'anidride carbonica e l'anidride solforosa.

Finalmente va citato il lavoro « sull'indice di rifrazione dei gas a pressioni elevate » di J. Chappuis e Ch. Rivière ⁵⁾. Essi usarono il metodo delle interferenze e sperimentarono su diversi gas fino alle pressioni di circa 20 atmosfere: credettero

1) Ann. de Chimie et de Physique, serie 2, T. 1, p. 6.

2) Ann. de l'Ecole Normale, ser. 2, T. 6^e, Janvier. 1877.

3) Ann. de Chim. et de Phys., ser. 3, T. 49, p. 282. — Comptes Rendus, T. 42, p. 482; e T. 45, p. 892.

4) Ann. de l'Ecole Normale, ser. 2, T. 6, p. 9. — Comptes Rendus, T. 86, p. 321.

5) Ann. de Chimie et de Physique, T. 14, p. 5. — Comptes Rendus, T. 96, pag. 699.

di poter concludere che la costanza del potere rifrangente si verifica in una maniera soddisfacente.

3). Dalle ricerche di cui ho dato relazione, risulta però che nessuno ancora ha studiato il potere rifrangente dei gas in condizioni da poter decidere se esso si mantenga o no proporzionale alla densità. Poichè, mentre di tutti gli sperimentatori precedenti al Mascart, nessuno fece misure a pressioni superiori all' atmosferica, lo stesso Mascart si spinse sino a circa 8 atm. e Chappuis e Rivièrè a circa 20 atm., e si può dubitare ancora, che le variazioni della legge della costanza del potere rifrangente fossero coperte dagli errori d' osservazione.

Mi sono proposto perciò d' estendere lo studio fino a pressioni molto più elevate.

Mi limito a sperimentare per ora su tre gas, le cui proprietà fisiche siano, a temperature ordinarie, più differenti che sia possibile: ho scelto perciò l' aria, l' anidride carbonica e l' idrogeno. Il primo ed il secondo appartengono al gruppo dei gas, che deviando dalla legge di Boyle, sono alla temperatura ordinaria più compressibili di quello che richieda la legge stessa; il terzo invece è meno compressibile di quello che la legge comporti.

Per la determinazione dell' indice di rifrazione, si presentavano due metodi: quello delle interferenze e quello della deviazione dei raggi attraverso un prisma. Avevo scelto il primo, perchè offre generalmente maggiore sensibilità, ma poi dovetti abbandonarlo per mancanza di alcune parti più importanti dell' apparecchio.

Adottai quindi il secondo, cercando, con perfezionamenti da me apportati, di dargli la sensibilità, che all' incirca possiede il metodo dell' interferenze.

Nel metodo della deviazione si suole misurare, mediante un cerchio ripetitore, la deviazione che subisce un raggio attraversando un prisma dapprima vuoto, di poi riempito successivamente dei singoli gas da esaminare.

Io invece ho misurato indirettamente le deviazioni ricevendo su d' uno stesso cannocchiale fisso, i raggi provenienti da punti diversi d' una scala.

4). L'apparecchio è così costituito (Vedi Tav. III). Una lampada A a petrolio, situata nel fuoco d'una lente biconvessa di 15 cm. di distanza focale, illumina una scala B divisa in quarti di millimetri e campionata, posta sopra un sostegno del banco di Duboscq. Il regolo del banco è diviso in millimetri e si possono apprezzare, mediante un nonio, facilmente su di esso i decimi di millimetro (a me bastavano i mezzi millimetri). Sopra un altro sostegno dello stesso banco e alla distanza dalla scala di 95 cm. è posta una lente G, la cui distanza focale è appunto di 95 cm. Questa lente ha l'ufficio di rendere paralleli i raggi provenienti dalla scala. La lettura fatta sul regolo serve a darci un cateto del triangolo rettangolo, da cui si deducono gli archi corrispondenti alle deviazioni, che subiscono i raggi luminosi nell'attraversare il prisma.

In linea retta colla scala e colla lente ho posto il prisma H, il quale, mediante i tubi *a*, *b* e *c* può mettersi rispettivamente in comunicazione colla pompa di compressione V, col manometro Z, colla pompa pneumatica S e col recipiente dove si produce il gas.

Dietro il prisma è situato uno schermo foderato di carta nera, che non permette il passaggio se non ai raggi uscenti dal prisma; i quali vengono finalmente ricevuti dal cannocchiale d'osservazione Q.

5). Farò una breve descrizione delle parti principali dell'apparato.

I. *Prisma*. — Il prisma è d'acciaio temperato, ed è munito di due finestre praticate nelle faccie, che formano l'angolo rifrangente; angolo che è uguale a 122° , $51'$, $40''$. Le lastre di vetro, che chiudono le finestre sono a faccie parallele e dello spessore di 1 cm.; esse sono accuratamente masticate in maniera da non permettere alcuna fuga al gas da esaminare.

Nella base del prisma è praticato un foro, nel quale è avvitato e saldato un tubo di rame *n*, che mette il prisma in comunicazione col recipiente cilindrico M, di ferro battuto, in cui si comprime il gas.

Il volume interno di questo cilindro è di circa 600 cm^3 , mentre quello del prisma è di circa 6 cm^3 , essendomi prefisso d'arrivare a circa 70 atm.

Il cilindro di ferro è posto sopra una forte tavola di noce provvista di tre viti calanti, che servono a disporre la base del prisma perfettamente orizzontale.

Lo spigolo del prisma è smussato da un piano approssimativamente perpendicolare al piano bisettore dell'angolo rifrangente, e su questo piano è masticata una lastra di vetro a faccie piane e parallele, che, coll'aiuto delle viti calanti e di una livella, si dispone orizzontalmente, e quindi parallela all'asse del cannocchiale.

Avendo misurato col goniometro a riflessione l'angolo che questa lastra fa con la parete del prisma da cui esce il raggio, posso adunque conoscere il complemento dell'angolo di emergenza.

Dalla base del cilindro M parte il tubo a di rame, piegato tre volte ad angolo retto, che mette in comunicazione il cilindro stesso colla pompa di compressione V.

II. *Pompa di compressione.* — È una pompa di Pouillet, nella cui base superiore ho praticato un apposito foro g , chiuso perfettamente da una vite, che serve per introdurre, nella pompa stessa, nuova quantità d'olio, quando si vuol salire alle pressioni più elevate.

Il tubo a è munito di due rubinetti a pressione X e Y, con guarnizioni di piombo. X, che si trova a metà del tubo a , è un rubinetto a tre vie, e serve per mettere in comunicazione, quando occorra, il cilindro di ferro M colla pompa pneumatica S, o col manometro Z. Al tubo b viene poi sostituito, nel momento opportuno, un terzo tubo (non disegnato nella figura), il quale conduce all'apparecchio di produzione e purificazione del gas da studiare.

Il secondo rubinetto Y è applicato al gomito inferiore del tubo, prima d'arrivare alla pompa V: esso ha l'ufficio d'isolare perfettamente il corpo di pompa dall'apparecchio, quando si fa il vuoto, o quando si deve sostituire dell'altro olio. Dai

disegni qui uniti si vede la costruzione interna di questi rubinetti (fig. 1 e 2).

Fig. 1.

Fig. 2.

III. *Manometri.* — Per misurare le variazioni di pressione mi son servito di tre manometri ad aria compressa, costruiti, per suoi lavori speciali, in questo Istituto dal Dott. Federico, e tarati da me.

Il primo è un manometro ordinario ad aria compressa; l'aria però è stata prima dissecata con cura. Il suo serbatoio è in comunicazione, per mezzo dei tubi *b* ed *a* di rame, coll'apparecchio di compressione.

Gli altri due manometri sono pur essi ad aria compressa; però in ciascuno il tubo si allarga all'estremità inferiore in una sfera di vetro, aperta, di volume conosciuto, affinché possano riuscire sensibili a pressioni elevate.

Ne ho fatto la graduazione, servendomi della seguente formola di Regnault, per tener conto delle deviazioni dell'aria dalla legge di Boyle:

$$\frac{P V}{P_0 V_0} = 1 - A \left(\frac{V_0}{V} - 1 \right) + B \left(\frac{V_0}{V} - 1 \right)^2 \dots\dots$$

dove *A* e *B* sono due costanti note per l'aria.

IV. *Cannocchiale e scala.* — La scala B è situata, come dissi, sul banco di Duboscq, precisamente nel piano focale della lente C. È divisa in quarti di millimetro; e il cannocchiale Q d'osservazione lascia apprezzarne con tutta esattezza le mezze divisioni; posso leggere, cioè, l'ottavo di millimetro, il che porta un alto grado di precisione ne' miei calcoli.

Il cannocchiale inoltre è provvisto d'una livella a bolla d'aria accuratamente rettificata.

6). *Procedimento delle determinazioni.* — Si dispone anzitutto perfettamente orizzontale l'asse del cannocchiale; così si ottiene facilmente, per la disposizione speciale del mio apparecchio, l'angolo che fa il raggio emergente, raccolto dall'obiettivo, colla normale alla faccia del prisma.

Ora, i raggi che partono da un punto della scala, attraversando la lente C e il prisma H, arrivano all'obiettivo del cannocchiale Q. Si osserva la divisione della scala che coincide col filo verticale del reticolo.

Siccome le lastre di vetro, che costituiscono le pareti del prisma sono a faccie piane e parallele, alla pressione ordinaria i raggi non subiranno alcuna deviazione attraversando il prisma; ma la subiranno invece cangiando la pressione. Ossia, alle varie pressioni, coincideranno col filo del reticolo del cannocchiale, divisioni diverse della scala. Misurando dunque lo spostamento del reticolo sulla scala medesima, e la distanza B C, posso calcolare subito l'angolo di deviazione.

Da questa deviazione, mediante i calcoli, che passo ad esporre ottengo l'indice di rifrazione n .

7). *Calcolo dell'indice di rifrazione.* — La formula generale, che dà la deviazione di un raggio attraverso il prisma, è:

$$(1) \quad \delta = i + i' - \alpha$$

essendo i ed i' i due angoli d'incidenza e d'emergenza, ed α l'angolo rifrangente del prisma. Inoltre, chiamando r , r' gli angoli che fa il raggio interno colle normali alla prima e alla seconda faccia si ha:

$$r = \alpha - r'; \quad \text{sen } i' = n \text{ sen } (\alpha - r);$$

da cui

$$(2) \quad \text{sen } i' = \text{sen } \alpha \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 i} - \cos \alpha \text{sen } i$$

Ora, nella (1) α è dato dalle misure eseguite preventivamente; i' è pur noto; essendo noto l'angolo formato dalla lastra con quella faccia del prisma che guarda il cannocchiale, ed essendo livellati la lastra e l'asse del cannocchiale; δ si ottiene dalle misure, quindi la (1) si può risolvere rispetto ad i .

Sostituendo questi valori di i e i' nell'equazione (2) si può calcolare n .

Ma questa (2) è di uso incomodo, non essendo la sua forma conveniente al calcolo coi logaritmi. Quindi io pensai di trasformarla in modo, che si prestasse con facilità al calcolo.

La (2) si può scrivere :

$$\frac{\text{sen } i' + \cos \alpha \text{sen } i}{\text{sen } \alpha} = \sqrt{n^2 - \text{sen}^2 i},$$

oppure,

$$\frac{(\text{sen } i' + \cos \alpha \text{sen } i)^2 + \text{sen}^2 \alpha \text{sen}^2 i}{\text{sen}^2 \alpha} = n^2.$$

Aggiungo e tolgo al numeratore del primo membro dell'ultima equazione $2 \text{sen } i \text{sen } i'$ ed ho :

$$\frac{\text{sen}^2 i' - 2 \text{sen } i \text{sen } i' + \text{sen}^2 i + 2 \text{sen } i \text{sen } i' (1 + \cos \alpha)}{\text{sen}^2 \alpha} = n^2;$$

oppure :

$$\frac{(\text{sen } i - \text{sen } i')^2 + 4 \cos^2 \frac{\alpha}{2} \text{sen } i \text{sen } i'}{\text{sen}^2 \alpha} = n^2$$

$$\frac{4 \text{sen}^2 \frac{i-i'}{2} \cos^2 \frac{i+i'}{2} \left(\cos^2 \frac{\alpha}{2} + \text{sen}^2 \frac{\alpha}{2} \right) + 4 \cos^2 \frac{\alpha}{2} \left(\text{sen}^2 \frac{i+i'}{2} \cos^2 \frac{i-i'}{2} - \text{sen}^2 \frac{i-i'}{2} \cos^2 \frac{i+i'}{2} \right)}{\text{sen}^2 \alpha}$$

ed essendo $\text{sen}^2 \alpha = 4 \text{sen}^2 \frac{\alpha}{2} \cos^2 \frac{\alpha}{2}$, divido, dopo la sostituzione di tale valore a $\text{sen}^2 \alpha$, numeratore e denominatore per $4 \cos^2 \frac{\alpha}{2}$ ed ottengo :

$$\frac{\operatorname{sen}^2 \frac{i+i'}{2} \cos^2 \frac{i-i'}{2} + \operatorname{sen}^2 \frac{i-i'}{2} \cos^2 \frac{i+i'}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2}} = n^2,$$

e infine

$$(3) \quad \frac{\operatorname{sen}^2 \frac{i+i'}{2} \cos^2 \frac{i-i'}{2}}{\operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2}} \left(1 + \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{i-i'}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{tg}^2 \frac{i+i'}{2}} \right) = n^2,$$

forma adatta al calcolo coi logaritmi.

Riassumendo: dall'equazione (1) ho i , essendo noti i' , α e δ ; i' ed α li ho misurati prima di fare l'esperienze e ho trovato $i' = 61^\circ 50'$; $\alpha = 122^\circ, 51', 40''$. Ricavato quindi i dalla (1) lo sostituisco nella (3) ed ottengo n .

8). *Influenza della temperatura.* — Era difficile mantenere internamente al prisma un termometro, sia perchè avrebbe impedito di vedere la scala, sia anche per la difficoltà di masticarlo senza pericolo di rotture.

Quindi praticai all'uopo nella parte laterale del prisma un apposito canale, entro cui il termometro veniva tenuto sospeso da un tappo, che chiudeva la bocca del canale stesso.

Trovandosi così il termometro in una stretta camera ad aria, le cui pareti d'acciaio comunicano col gas compresso, acquista, dopo poco tempo, la stessa temperatura del gas.

Il termometro a piccolo bulbo, era assai pronto e diviso in $\frac{1}{10}$ di grado.

Io avevo cura d'esercitare lentamente la pressione sul gas, e di fare le mie osservazioni almeno dieci minuti dopo aver raggiunta la pressione voluta. Questo tempo era sufficiente, perchè il termometro acquistasse la temperatura del gas da esaminare.

Risulta dalle mie esperienze che le variazioni di temperatura dovute alla compressione, se non sono nulle, certamente sono così piccole, che non hanno nessuna influenza sull'indice di rifrazione e se io volessi introdurle nei miei calcoli, servirebbero solo a complicarli maggiormente.

Però se non ho preso in considerazione le piccolissime variazioni di temperatura subite dal gas per la compressione, ho tenuto conto della temperatura iniziale e della finale a cui facevo le mie esperienze, cioè, assumevo la media di queste due, come temperatura delle determinazioni.

Risultati delle esperienze.

9). Come ho detto sopra, ho limitato per ora il mio studio ai tre gas: aria, idrogeno e anidride carbonica. Per ciascun gas ho eseguito più serie di esperienze.

I risultati sono riferiti nelle tabelle che seguono.

L'ultima colonna contiene i valori, $n_0 - 1$, dei poteri rifrangenti ridotti alla temperatura media e alla pressione della prima esperienza. Per fare questa riduzione mi sono servito della formula

$$\frac{n_0 - 1}{\delta_0} = \frac{n - 1}{\delta_H}$$

essendo δ_0 la densità del gas in esame nelle condizioni della prima esperienza e δ_H la densità dello stesso gas nelle condizioni spettanti alle successive esperienze. Nel calcolo del valore di δ_H ho tenuto conto della deviazione di ciascun singolo gas dalla legge di Boyle, facendo uso delle tavole del Landolt costruite sui dati di Amagat.

Se la legge di Gladstone: $\frac{n - 1}{d} = \text{cost.}$, è esatta, i valori di $n_0 - 1$ dovranno essere uguali per un medesimo gas, dentro i limiti degli errori d'osservazione.

Aria. — Per essiccare l'aria la facevo passare attraverso due serie di tubi che contenevano rispettivamente cloruro di calcio e acido solforico puro.

Nell'apparecchio, prima di lasciarvi entrare l'aria asciutta, veniva fatto il vuoto; si ripeteva dipoi per parecchie volte la rarefazione, riempiendo nuovamente con aria asciutta.

SERIE I. — ESPERIENZA I.

Pressione atmosferica 770 mm. Temperatura media 13°, 2.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	(n-1) 1000	(n ₀ -1) 1000
770	0,12510	—	—	—	—
1409,56	0,22805	1,875	6'.47"	0,58734	0,30867
2384,23	0,38736	3,25	11.46	0,93606	0,30309
5496,65	0,89302	7,875	28.30	2,2392	0,31368
8741,81	1,30388	11,75	42.31	3,3596	0,32239
12455,52	2,0236	18,675	1°. 7.34	5,309	0,3282
14341,25	2,3299	21,75	1. 18.42	6,1635	0,33094
23065,35	3,7472	36,675	2. 12.39	10,371	0,34624

ESPERIENZA II.

Pressione atmosferica 769,8 mm. Temperatura media 12°, 1.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	(n-1) 1000	(n ₀ -1) 1000
769,8	0,128981	7	—	—	—
5264,74	0,858058	7,25	26'.14"	2,0835	0,31318
7631,57	1,28661	11,125	40.51	3,1763	0,31842
10527,79	1,71573	15,25	55.11	4,348	0,32687
14536,90	2,3692	21,75	1°. 18.42	6,1635	0,33554
37627,82	6,067	58,125	3. 30. 4	16,977	0,36092

ESPERIENZA III.

Pressione atmosferica 770 mm. Temperatura media 12°, 8.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	(n-1) 1000	(n ₀ -1) 1000
770	0,12875	—	—	—	—
1685,07	0,27434	2,185	7'.54"	0,63844	0,29962
5019,55	0,81723	6,875	24.53	2,0117	0,31693
6850,15	1,27274	10,875	39.21	3,119	0,3156
8069,60	1,29377	11,25	40.48	3,2299	0,32144
9631,16	1,31685	11,75	42.31	3,3596	0,3244
10209,43	1,66219	14,75	53.22	4,215	0,32693
11599,28	1,88848	16,75	1°. 36	4,7859	0,3261
16526,51	3,1791	29	1. 44.54	8,2274	0,3332
24683,89	3,8560	36,75	2. 12.55	10,4095	0,34759
33963,16	5,4677	53,825	3. 14.34	15,2784	0,359707

ESPERIENZA IV.

Pressione atmosferica 770,8 mm. Temperat. media 12°,6.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
770,8	0,128774	—	—	—	—
1361,23	0,221467	1,575	5.42"	0,51797	0,30093
2102,59	0,342083	2,75	9.57	0,79798	0,30016
3230,89	0,52553	4,325	15.40	1,2524	0,30664
5368,01	0,873354	7,625	27.35	2,1189	0,31217
8205,17	1,29582	11,50	41.36	3,238	0,32152

Da tutte le serie di esperienze risulta adunque chiaramente che l'aria non segue esattamente la legge di Gladstone; e che le deviazioni dalla legge medesima vanno via via aumentando con la pressione; cosicchè, mentre alle pressioni più piccole si potrebbero confondere con gli errori d'osservazione, ciò non è più ammissibile alle pressioni più elevate.

La curva I della Tav. IV, rappresenta le variazioni del valore di $n_0 - 1$ col cambiare della pressione.

Idrogeno. — L'idrogeno fu preparato colla solita reazione dell'acido solforico sullo zinco; e venne essiccato facendolo passare per due serie di tubi contenenti rispettivamente acido solforico puro e cloruro di calcio.

SERIE II. — ESPERIENZA I.

Pressione atmosferica 769,95 mm. Temperat. media 15°,1.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
769,95	0,00859557	—	—	—	—
1438,65	0,0160608	0,825	2.59"	0,2639	0,14124
2042,02	0,0227967	1,25	4.32	0,39202	0,14731
3171,12	0,0354018	2	7.14	0,60559	0,14703
4159,27	0,0463265	2,75	9.57	0,80596	0,14956
9168,56	0,126186	7,875	28.30	2,2392	0,15254
13761,3	0,153628	11,	39.48	3,1357	0,173411
16880,4	0,188449	13,875	50.12	3,923	0,17893

ESPERIENZA II.

Pressione atmosferica 770 mm. Temperat. media 14°,6.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	($n-1$) 1000	(n_0-1) 1000
770	0,0086112	—	—	—	—
1365,47	0,15114	0,75	2'.43"	0,2468	0,14061
1994,15	0,022301	1,2	4.21	0,37212	0,14369
3063,14	0,034256	1,875	6.47	0,57834	0,14538
7285,28	0,081483	5,125	18.32	1,49609	0,15811
10411,8	0,11653	7,875	28. 4	2,2392	0,16547
13906,9	0,15553	11,125	40.15	3,1527	0,17436
25730,33	0,28775	21,875	1°.19. 8	6,1903	0,18525

ESPERIENZA III.

Pressione atmosferica 770 mm. Temperat. media 13°.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	($n-1$) 1000	(n_0-1) 1000
770	0,0086594	—	—	—	—
1204,05	0,0135407	0,7	2'.32"	0,22044	0,14111
1916,53	0,021553	1,150	4.10	0,35464	0,14248
3267,51	0,036746	2,125	7.41	0,62374	0,14899
3990,37	0,044884	2,75	9.57	0,77015	0,14859
5090,62	0,057249	3,325	12. 2	1,0214	0,1545
6454,35	0,072585	4,50	16.17	1,3195	0,15742
8874,25	0,090798	6,625	23.58	1,9024	0,16507
11359,04	0,12774	8,75	31.39	2,4998	0,16946
12741,19	0,14329	10	36.11	2,853	0,17241
14726,25	0,16561	11,875	42.58	3,4091	0,1742
16521,89	0,1858	13,375	48.23	3,825	0,17827
17929,45	0,20164	14,75	53.22	4,203	0,18051
19436,25	0,21858	16,375	59.17	4,601	0,18227
21479,15	0,24156	18,25	1°. 6. 2	5,138	0,18418
22441,65	0,25238	19	1. 8.45	5,3848	0,18476
24560,7	0,27627	20,875	1. 15.32	5,934	0,1860
27529,0	0,30959	23,875	1. 26.23	6,768	0,1893
30462,7	0,34258	26,75	1. 36.47	7,57783	0,19154
34085,6	0,3748	29,50	1. 46.43	8,31216	0,19209

ESPERIENZA IV.

Pressione atmosferica 770,4 mm. Temperatura media 13°.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
770,4	0,0086639	—	—	—	—
6794,24	0,076408	4,75	17.11"	1,3893	0,15753
11714,7	0,13174	9,125	33. 2	2,6191	0,17224
13869,5	0,15597	10,875	39.21	3,107	0,17225
20296,2	0,22825	17,125	1°. 1.58	4,8788	0,18519
37657,9	0,41509	32,125	1. 57.16	9,1685	0,19127

Anche l'idrogeno, come l'aria, si allontana dalla legge di Gladstone; e le deviazioni dalla legge van crescendo col crescere delle pressioni.

La curva II della tavola mostra a colpo d'occhio l'andamento di queste deviazioni.

Anidride carbonica. — L'anidride carbonica (preparata con marmo ed acido solforico) venne essiccata facendola passare attraverso a due tubi contenenti rispettivamente cloruro di calcio e acido solforico puro.

SERIE III. — ESPERIENZA I.

Pressione atmosferica 770 mm. Temperatura media 13°,2.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
770	0,19102	—	—	—	—
1664,28	0,41287	3,35	12'. 7"	0,9675	0,44763
2715,21	0,67359	5,5	19.54	1,575	0,44651
7369,05	1,8281	14,5	52.28	4,142	0,4329
14569,1	4,27846	33	1. 59.22	9,4892	0,42366
18911,2	6,11641	46,75	2. 49.2	13,194	0,41205

ESPERIENZA II.

Pressione atmosferica 770,95 mm. Temperat. media 13°,3.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
770,95	0,19098	—	—	—	—
1696,14	0,42062	3,5	12'.40"	0,98436	0,44594
4240,39	1,0516	8,5	30.45	2,4367	0,44155
7309,59	1,8127	14,375	52	4,134	0,43457
10435,2	2,98645	23,875	1°.26.23	6,768	0,43184
19779,2	6,42232	48,75	2. 56.15	13,869	0,4049

ESPERIENZA III.

Pressione atmosferica 769,6 mm. Temperat. media 12°,8.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
769,6	0,19117	—	—	—	—
3603,5	0,9518784	7,875	28'. 4"	2,2001	0,44186
4377,95	1,08749	8,825	31.56	2,514	0,44193
5016,95	1,24622	10	36.11	2,8699	0,44025
6846,59	1,70070	13,675	49.29	3,884	0,43659
11311,6	3,28048	26,125	1°.34.31	7,364	0,42915
11593,3	3,33634	26,50	1. 35.52	7,481	0,42864
15899,7	4,77808	36,875	2. 13.23	10,4948	0,41990
18266,5	5,78633	43,875	2. 38.39	12,564	0,41509
24026,9	10,160	64	3. 51.15	17,786	0,33466

ESPERIENZA IV.

Pressione atmosferica 770 mm. Temperat. media 12°,8.

Pressione in mm.	Densità d. 100	Deviazione in mm.	Deviazione angolare	$(n-1)$ 1000	(n_0-1) 1000
770	0,191269	—	—	—	—
2617,85	0,650279	5,25	19'. 4"	1,50891	0,44382
3469,85	0,861915	7	25.20	1,9939	0,44247
6751,82	1,67716	13,375	48.23	3,8163	0,43521
7159,99	1,77855	13,875	50.12	4,0499	0,43555
9095,24	2,6162	20,875	1°.15.32	5,934	0,43384
13022,4	3,7293	29,25	1. 45.49	8,2674	0,42402
19092,1	6,2123	47,125	2. 50.23	13,3047	0,40952

L'anidride carbonica si allontana essa pure dalla legge di Gladstone, ma in senso inverso a quello che seguono l'aria e l'idrogeno; cioè, mentre per questi due gas il valore di $n_0 - 1$ va aumentando con la pressione, per l'anidride carbonica invece $n_0 - 1$ diminuisce man mano che la pressione aumenta.

La curva III della tavola ci rappresenta le deviazioni dell'anidride carbonica dalla legge di Gladstone.

Conclusioni.

I risultati sopra riferiti autorizzano a concludere che la legge che ammette la proporzionalità fra i poteri rifrangenti e le densità di un determinato corpo, deve ritenersi come una legge ideale. Le deviazioni che provano i gas da questa legge aumentano col crescere della densità; e dalle mie esperienze risulta che per l'aria e per l'idrogeno il valore di $n_0 - 1$ si fa sempre più grande via via che aumenta la pressione, e il contrario succede per l'anidride carbonica.