

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCLXXXIX.
1892

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME I.

2° SEMESTRE



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1892

• La densità di vapore dello zolfo, quale risulta da queste esperienze e nell'ipotesi premissa al calcolo della medesima, indicherebbe che lo zolfo allo stato di soluzione ha le molecole composte di 8 o 9 atomi; a causa sia del gran numero di atomi che del modo indiretto (sul quale altre circostanze oltre quelle considerate possono influire) col quale il valore di δ_1 fu calcolato, rimane un po' d'incertezza fra i due valori. Le soluzioni più diluite farebbero credere ad una molecola di 8 atomi.

• Ho eseguito anche alcune esperienze a 0° sopra alcune soluzioni di fosforo; esse però sono un po' incerte per quanto riguarda la ricchezza in fosforo della soluzione. Feci evaporare il solfuro di carbonio talora per mezzo d'una pompa ad acqua, talora per mezzo d'una corrente d'anidride carbonica, ma credo di non aver escluso del tutto la possibilità che un po' di fosforo venisse trascinato col vapore di solfuro di carbonio, o che un po' d'ossigeno venisse assorbito.

• Ecco ora i risultati di una serie di esperienze:

p	$\log \frac{H}{H'}$	d	d_1	δ_1
3,43	0,00917	1,308	0,0449	4,35
8,91	0,01936	1,336	0,119	5,47
12,15	0,02664	1,350	0,164	5,48
46,50	0,05159	1,470	0,683	11,8

• La densità di vapore del fosforo in istato di soluzione nell'ipotesi suindicata risulta per soluzioni diluite uguale, con molta approssimazione, a quella determinata coi metodi ordinari sul fosforo realmente allo stato di vapore, ed indicherebbe che la molecola di fosforo è composta di 4 atomi così nello stato di vapore che in quello di soluzione a 0° nel solfuro di carbonio. Per soluzioni più concentrate, ammesso che si verifichi ancora la stessa ipotesi, il numero di atomi di cui si compone la molecola andrebbe aumentando •.

Fisica. — *Sopra un nuovo tipo d'igrometro.* Nota di G. AGAMNONE e F. BONETTI, presentata dal Socio BLASERNA.

• Il principio sul quale è fondato quest'igrometro è stato accennato da uno di noi ⁽¹⁾ già fin dal 1885. Si tratta cioè di raffreddare fino ad una determinata temperatura un noto volume dell'aria umida da studiare. Abbassando la temperatura fino a che una parte del vapore precipiti, e mantenendo

(1) *Contributo alla storia ed allo studio dell'igrometria.* Memoria dei dott. G. Agamnone e A. Cancani. Ann. dell'Uff. Centr. Met. Ital. Ser. 2ª vol. VII, Parte I, 1885, pag. 24 e 34.

costante il volume, diminuisce la pressione; e dalla diminuzione di questa, nonchè dalla conoscenza della tensione massima del vapore acqueo alla temperatura di raffreddamento, è possibile determinare l'umidità assoluta. Ma poichè la massima parte della variazione di pressione, in seguito al raffreddamento, è dovuta all'abbassamento di forza elastica dell'aria, più che alla diminuita tensione del vapore, si comprende come volendo costruire direttamente un igrometro sul principio ora esposto, si sarebbe costretti ad applicare ogni volta una correzione, la cui entità supera di molto la quantità stessa che si vuol misurare, e l'incertezza di cui è affetta è considerevole, se si pensi alla difficoltà di determinare colla voluta precisione la temperatura dell'aria.

« Si ovvia a tale inconveniente costruendo un apparecchio differenziale in cui l'effetto della contrazione dell'aria non si faccia sentire. Si supponga infatti di avere due recipienti, non importa se di volume diverso, di cui uno sia stato una volta per sempre disseccato e contenga aria asciutta, l'altro contenga l'aria umida da studiare. Questi due recipienti si pongano tra loro in comunicazione per mezzo di un manometro differenziale il quale segnerà inizialmente una differenza di pressione nulla, se i due recipienti si trovino da principio ambedue alla pressione atmosferica. Ma se si tolga la comunicazione dei due recipienti coll'aria esterna e dalla temperatura iniziale dell'ambiente si portino p. e. a quella del ghiaccio fondente, il mercurio del manometro si dovrà innalzare dalla parte dell'aria umida, indicando così una variazione di pressione dovuta unicamente al precipitarsi di una parte del vapore acqueo.

« Se non che risultando in pratica abbastanza piccola questa diminuzione di pressione, si capisce come sia difficile determinare colla voluta esattezza l'umidità assoluta, qualora si voglia basarsi sopra quei pochi millimetri di dislivello, che segnerà il manometro interposto tra i due recipienti.

« Si raggiunge una maggiore esattezza, se invece di misurare la diminuita pressione si misuri la variazione di volume, da apportarsi ad uno dei due recipienti per eguagliare di nuovo la pressione in entrambi, e ricondurre così a zero il manometro. Questo artificio consente una maggiore esattezza, perchè dipendendo la variazione di volume dalla capacità che si dà ai recipienti, è sempre possibile in pratica prendere questa sufficientemente grande in modo da aver a fare colla misura di parecchi centimetri cubi.

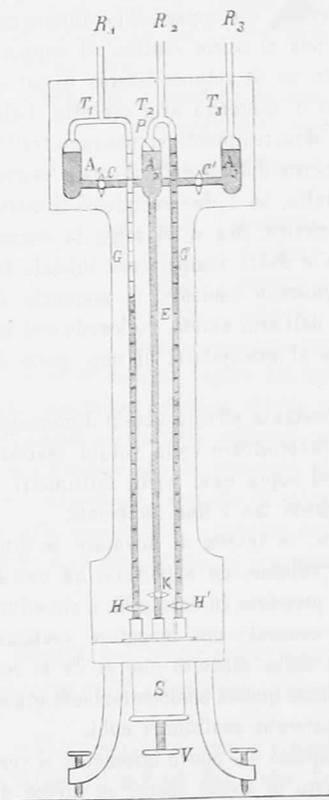
« Sempre restando nel concetto ora esposto del nuovo igrometro, si comprende facilmente come sia possibile ottenere lo stesso scopo, se invece del recipiente di confronto riempito d'aria secca, si faccia uso di un altro contenente aria satura di vapore acqueo. In questo caso, quando si produca il raffreddamento, il mercurio nel manometro di comunicazione fra i due recipienti s'innalzerà dalla parte di quello saturo di umidità; e dalla variazione di pressione sarà sempre possibile dedurre l'umidità cercata.

• Come si vede, il concetto del nuovo igrometro si può realizzare per due vie opposte e indipendenti: cioè o utilizzando un recipiente con aria perfettamente secca, ed in questo caso l'igrometro funzionerà bene specialmente se l'aria da studiare sia abbastanza umida, ovvero adoperando per confronto un recipiente pieno di aria satura di vapore, nel qual caso l'igrometro funzionerà bene se l'aria da analizzare sia piuttosto povera di umidità; poichè in entrambi i casi sarà considerevole la variazione di volume da misurare, e per conseguenza piccolo l'errore relativo che si commette nella misura dell'umidità assoluta.

• Ciò premesso, veniamo a descrivere brevemente il nuovo igrometro il quale è adattato in modo da poter funzionare a piacere nell'una o nell'altra

maniera ora indicata. Esso si compone di due parti distinte, una che possiamo chiamare il *condensatore*, l'altra che forma una specie di *volumenometro*. Il condensatore consiste in tre recipienti di vetro di forma cilindrica R_1 , R_2 , R_3 , ciascuno della capacità di circa mezzo litro, i quali per mezzo di un bagno possono essere portati ad una data temperatura. Il recipiente mediano R_2 è quello destinato ad accogliere l'aria umida da analizzare la quale vi s'introduce mediante opportuni robinetti: il recipiente R_1 contiene aria dissecata e non comunica coll'esterno che attraverso tubi essiccanti, mentre il recipiente R_3 contiene aria satura di umidità, e comunica coll'aria libera per l'intermediario di recipienti con acqua.

• Il volumenometro è rappresentato schematicamente nell'annessa figura, e consiste in tre vasetti cilindrici A_1 , A_2 , A_3 del diametro interno di circa mm. 15 comunicanti fra loro per mezzo dei rubinetti C , C' in modo da formare due manometri differenziali col ramo comune A_2 . Alla parte superiore di



Rapp: $\frac{1}{3}$

questo è saldata una sottile punta P di smalto, che serve a condurre il mercurio ad un livello eguale e costante in A_1 , A_2 , A_3 . Per mezzo del tubo centrale E si fa giungere in questi del mercurio contenuto nel serbatoio S , il quale è analogo a quello del barometro Fortin, in modo che manovrando la

la vite V si può innalzare od abbassare il mercurio nelle diverse parti dell'apparecchio, ed ottenere l'affioramento esatto alla punta P. Al di qua e al di là del tubo E si hanno altri due tubi G e G' di diametro interno di circa mm. 5, graduati nella loro faccia anteriore di millimetro in millimetro e collo zero della scala in alto. Dalla parte superiore di A₁, A₂, A₃ partono in fine corti tubicini T₁, T₂, T₃ del diametro interno di circa mm. 1,5, i quali rispettivamente vanno a congiungersi coi recipienti R₁, R₂, R₃ del condensatore.

« Ecco il modo di funzionare dell'apparecchio. Si comincia a far passare attraverso il recipiente R₂ l'aria umida da analizzare, e si pongono in comunicazione coll'aria atmosferica gli altri due recipienti. Quando il mercurio sia stato innalzato nei due tubi graduati G e G' fino allo zero della loro graduazione, e nel tubo centrale E fino a riempire A₁, A₂, A₃ in guisa da ottenere l'affioramento alla punta P, si chiudono i rubinetti C e C' e gli altri tre in basso H, H' e K. Ciò fatto, si toglie la comunicazione dei tre recipienti del condensatore coll'aria atmosferica, e si abbassa la temperatura del bagno in cui sono immersi, fino ad ottenere la precipitazione del vapore in R₂. Se ora si apre ad es. per primo il robinetto C, si vedrà il mercurio montare nel ramo A₂ del manometro A₁ A₂; ma aprendo allora il robinetto H manovrando la vite V, sarà possibile abbassare il mercurio nel tubo G e ricondurre così l'esatto affioramento alla punta P. Conoscendo il numero delle divisioni di cui si è abbassato il mercurio G, e con ciò l'aumento di volume dell'aria secca, sarà facile procedere al calcolo dell'umidità cercata.

« Si avrà poi un controllo dell'esperienza precedente, se dopo avere chiuso i rubinetti C ed H, si apra invece il C'. Il mercurio monterà adesso nel ramo A₃ del manometro A₂ A₃ e si riconduce di nuovo l'affioramento alla punta P, aprendo il robinetto H', e per mezzo della vite V facendo discendere il mercurio nell'altro tubo graduato G'. Anche in questo caso dalla variazione di volume dell'aria umida, misurata in G', sarà possibile dedurne l'umidità.

« Indicando con:

V₁, V₂, V₃ le rispettive capacità a zero dei recipienti R₁, R₂, R₃;

v₁, v₂, v₃ le rispettive capacità, pure a zero, dei piccoli spazi, in cui l'aria rimane a temperatura ambiente tanto nei tubetti di comunicazione T₁, T₂, T₃, quanto nella parte superiore dei tre rami A₁, A₂, A₃ del manometro al di sopra del mercurio;

n, n' il numero delle divisioni di cui si abbassa il mercurio rispettivamente nei tubi graduati G, G';

ω, ω' la rispettiva sezione dei tubi graduati G e G' supposti calibrati;

l la temperatura iniziale dei recipienti al momento in cui si toglie la comunicazione coll'aria esterna;

θ la temperatura fino a cui si raffredda l'aria nel condensatore;

l', l'' la temperatura dell'ambiente nel momento in cui si fa la lettura nei due tubi graduati G e G';

Φ e ψ le tensioni massime del vapore acqueo alle temperature t e θ ;
 B la pressione barometrica a zero corrispondente al momento in cui si toglie
 la comunicazione dei recipienti coll'atmosfera;
 α il coefficiente di dilatazione dell'aria;
 k il coefficiente di dilatazione cubica del vetro;
 la tensione del vapore acqueo contenuto nell'aria umida da analizzare è data
 dall'una o dall'altra delle seguenti due formole, secondo che si fa uso del primo
 o del secondo dei metodi di sperimentare sopra indicati:

$$f = B \left\{ 1 - \frac{V_1 + v_1}{V_2 + v_2} \frac{V_2 + v_2}{V_1 + (v_1 + n\omega)} \frac{1 + \alpha\theta}{1 + \alpha t'} \right\} +$$

$$+ \Psi \frac{V_2 + v_2}{V_2 + v_2} \frac{1 + \alpha\theta}{1 + \alpha t'} \frac{1 + k\theta}{1 + kt} \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha\theta},$$

$$f' = B \left\{ 1 - \frac{V_3 + v_3}{V_2 + v_2} \frac{V_2 + (v_2 + n'\omega')}{V_3 + v_3} \frac{1 + \alpha\theta}{1 + \alpha t''} \right\} +$$

$$+ \Phi \frac{V_3 + v_3}{V_2 + v_2} \frac{V_2 + (v_2 + n'\omega')}{V_3 + v_3} \frac{1 + \alpha\theta}{1 + \alpha t''}.$$

- Queste formole sono riuscite un poco complicate per aver voluto tener conto di tutte le condizioni dell'esperienza: ma facendo eguali all'unità alcuni fattori di correzione i quali non influiscono sul risultato finale che appena per qualche centesimo di millimetro, si giunge alle seguenti formole ridotte, di cui abbiamo fatto uso nei nostri calcoli:

$$f = B \frac{n\omega}{(V_1 + v_1)[1 + \alpha(t' - \theta)] + n\omega} + \Psi[1 + \alpha(t - \theta)],$$

$$f' = \Phi - (B - \Phi) \frac{n'\omega'}{(V_2 + v_2)[1 + \alpha(t'' - \theta)]}.$$

- Facciamo subito notare che le indicazioni del nostro igrometro cadono in difetto nel caso che la temperatura θ non sia sufficientemente bassa da produrre precipitazione di vapore in R_2 . Questo fatto del resto sarebbe indicato dal valore nullo di n nel primo metodo e dalla discordanza dei valori f ed f' , sempre più crescente coll'allontanarsi di θ dalla temperatura di precipitazione. Perchè ciò non avvenga bisognerà badare a produrre un sufficiente raffreddamento, che nell'estate potrà facilmente raggiungersi anche colla semplice acqua corrente; nell'inverno basterà ordinariamente il ghiaccio fondente, salvo a ricorrere in casi speciali ad opportune mescolanze frigorifere.

« Osserviamo inoltre che l'aria del recipiente R_1 non è necessario che sia perfettamente secca, a rigore basta soltanto che la tensione del vapore residuo sia inferiore alla tensione massima a θ . Quanto al recipiente R_3 , si può stare tranquilli che l'aria ivi racchiusa si trovi realmente sempre satura purchè si abbia cura di lasciarvi dentro un poco di acqua.

« Dalla descrizione dell'apparecchio si vede che esso presenta il vantaggio di controllarsi da sè stesso, in quanto che sulla medesima massa d'aria si esperimenta con due metodi essenzialmente diversi: quindi la concordanza dei valori ricavati coi due metodi costituisce una garanzia per il risultato ottenuto. La determinazione dell'umidità col nuovo igrometro è senza dubbio lunga al pari di quella coll'igrometro chimico; ma si deve riflettere che analogamente a questo il nostro apparecchio non è destinato alle misure correnti, ma per servire a campionare altri igrometri. Però a differenza dell'igrometro chimico, il quale adoperato nel modo ordinario non dà che l'umidità media per il tempo in cui dura il passaggio dell'aria attraverso gli essiccanti, il nostro invece permette di misurare l'umidità dell'aria al momento voluto.

« Il chiarissimo prof. P. Blaserna direttore del R. Istituto fisico di Roma, che si è interessato alle nostre ricerche, ha voluto gentilmente far costruire il nuovo igrometro dalla casa Müller di Bonn. Con questo abbiamo intraprese nel suddetto Istituto e nel corrente anno 1892 alcune esperienze a fine di studiare il maneggio dell'apparecchio, e vedere di quale precisione fossero suscettibili le misure eseguite con esso. Per avere condizioni molto diverse, abbiamo sperimentato anche su aria inumidita od essiccata artificialmente, e riportiamo qui appresso una tabella dei risultati:

		t	θ	$t - \theta$	f	f'	$f - f'$		
1892	marzo	22	11.°	0.°	11.°	^{mm} 5.52	^{mm} 5.78	^{mm} -0.26	} ghiaccio fondente
"	"	29	11.	0.°	11.	9.06	9.31	-0.25	
"	maggio	13	15.4	0.°	15.4	12.59	12.92	-0.33	
"	giugno	3	23.6	14.9	8.7	20.53	20.55	-0.02	} acqua corrente
"	"	11	21.7	13.6	8.1	18.60	18.59	+0.01	
"	"	17	21.4	17.4	4.	18.13	18.08	+0.05	
"	"	18	20.7	13.2	7.5	12.99	13.02	-0.03	
"	"	21	21.1	13.5	7.6	13.83	13.94	-0.11	
"	"	25	21.7	13.7	8.	14.26	14.04	+0.22	
"	luglio	4	22.6	13.7	8.9	14.98	15.09	-0.11	} acqua raffreddata con ghiaccio.
"	giugno	21	21.1	3.2	17.9	12.97	13.42	-0.45	
"	"	25	21.7	3.1	18.6	13.49	13.55	-0.06	
"	luglio	4	22.6	1.1	21.5	14.55	14.76	-0.21	

- Da questa tabella si vede subito che la concordanza tra i due metodi è soddisfacente, qualora si rifletta alla difficoltà di ottenere in igrometria una precisione maggiore. Risulta poi manifesta la tendenza dei valori f' ottenuti col secondo metodo a rimanere superiori a quelli f del primo. Questo fatto non è di certo casuale, e probabilmente si connette con quanto fu già osservato da Regnault ⁽¹⁾ che le tensioni massime del vapore acqueo nel vuoto sono alquanto superiori a quelle nell'aria, e di più che la differenza va sensibilmente crescendo colla temperatura. Infatti nel calcolo delle nostre esperienze noi abbiamo fatto uso delle tensioni massime del vapor acqueo nel vuoto, e nella formola relativa al secondo metodo figura la tensione Φ del vapor acqueo ad una temperatura sempre superiore a quella della tensione ψ della formola relativa al primo metodo.

- Dobbiamo pure accennare che da qualche esperienza fatta tanto col primo quanto col secondo metodo sopra una stessa massa d'aria, raffreddata però a temperature sempre più basse, il valore che risulta per l'umidità assoluta, invece di mantenersi costante, accenna sensibilmente a diminuire col decrescere di θ . Ma per confermare il fatto ci riserviamo di fare ulteriori esperienze. Intanto ci sembra di poter concludere che non si può raggiungere una grande precisione anche col metodo da noi adottato, finchè non si avrà una chiara conoscenza dei fenomeni che intervengono nella precipitazione del vapor acqueo in seno all'aria e in ambienti chiusi, nei quali può temersi anche un'azione perturbatrice delle pareti.

- Sebbene dunque il nostro igrometro non abbia dato risultati di quella precisione che ci potevamo aspettare, ha però posto in chiaro le anomalie sopra indicate di cui generalmente non si ha sospetto. Infatti nella misura dell'umidità coi diversi igrometri si fa uso senz'altro delle tensioni massime del vapor acqueo nel vuoto, mentre in igrometria sarebbe indispensabile, come già fin dal 1845 fece giustamente osservare Regnault, servirsi delle forze elastiche non nel vuoto ma nell'aria a pressione atmosferica. Si dice, è vero, che la differenza si può trascurare perchè di piccola entità, ma quando si voglia introdurre della vera precisione anche nelle ricerche igrometriche, non può più bastare una prima approssimazione e conviene tener conto anche dei decimi di millimetro. Regnault fece egli stesso i primi studi in proposito, ma le sue misure poco concordanti non sono sufficienti allo scopo; e noi non sappiamo se altri dopo di lui abbiano fatto delle ricerche in proposito. Sarebbe perciò desiderabile che le esperienze dell'illustre fisico venissero riprese con quella precisione che consente lo stato attuale della scienza ».

(1) Ann. de Chimie et de Physique, 3^e série, t. XV, p. 129.