RICERCHE SUGLI ELETTRODI A GAS. — I. BIOSSIDO DI AZOTO.

Nota del Dott. UGO GRASSI ¹⁾.

Il caso più semplice di un elettrodo a gas è presentato da quello ad idrogeno; esso consta, come è noto di un elettrodo di platino platinato immerso per metà in una soluzione, e per l'altra metà in una atmosfera di idrogeno che si tiene di solito costantemente rinnovata mediante un lento e regolare gorgogliamento di idrogeno chimicamente puro; il processo elettrolitico che interviene a questo elettrodo è esprimibile con la equazione:

e si dimostra che la differenza di potenziale Δ tra l'elettrodo e la soluzione in cui esso è immerso è data da:

$$\Delta = \frac{RT}{F} \lg. \frac{p^{\frac{1}{2}}}{C_{\text{H}}} + \text{cost}$$

essendo come al solito R la costante della legge di Avogadro, T la temperatura assoluta, F la costante della legge di Faraday ed infine p la pressione parziale dell'idrogeno e C_{H} la concentrazione della soluzione rispetto agli ioni H^+ .

Oltre all'elettrodo ad idrogeno, studiato tra gli altri da Bese e da Czepinski sono stati studiati altri elettrodi a gas; ma non ho trovato nella letteratura alcun dato relativo ad elettrodi saturati con biossido di azoto.

Scopo del presente lavoro, che mi fu suggerito dal Prof. Ang. Angeli, è appunto quello di studiare il comportamento elettromotore del biossido di azoto.

1) Ricerche eseguite nel Laboratorio di Fisica del R. I. di Studi Superiori di Firenze.

2. — Il gas fu dapprima preparato facendo agire l'acido cloridrico sopra il sale di bario dell'acido nitroidrossilamminico, secondo la reazione

in seguito dovendo disporre di quantità piuttosto considerevoli di gas, esso fu preparato conformemente alle indicazioni di Emich¹⁾ facendo agire acido solforico sopra soluzioni non molto concentrate di nitrito sodico in presenza di mercurio metallico. Il gas così ottenuto si lavava attraverso a soluzioni di idrato sodico allo scopo di trattenere le tracce di N_2O_4 che potevano entrare come impurità nel gas greggio. Secondo le analisi di Emich il biossido di azoto preparato in questa maniera è molto puro.

Fin dalle prime esperienze ebbi occasione di notare come (probabilmente per filtrazione dell'ossigeno dell'aria o per azioni catalitiche) i pezzi di tubo di gomma che congiungevano il gassometro coll'apparecchio di misura venivano notevolmente attaccati; ciò portava con molta probabilità ad una alterazione del gas stesso che poteva avere una influenza forse considerevole sulle misure definitive.

Provvidi perciò ad una disposizione sperimentale in cui il biossido di azoto non fosse mai in contatto con tubo di gomma o con altre sostanze organiche alterabili ma arrivasse all'apparecchio di misura solo attraversando dei tubi di vetro.

La disposizione è rappresentata dalla figura 1; il gassometro (formato con una piccola damigiana della capacità di dieci litri circa) è a pressione costante inquantochè il dislivello tra *a* e *b* è mantenuto costante; il gas spinto dalla pressione del gassometro attraversa un sottilissimo capillare *k* ottenuto strozzando un capillare più ampio; con un po' di pratica si fanno dei capillari così sottili che il gorgogliamento del gas sia lentissimo e regolare; ad esempio che sia di dieci bolle al minuto primo con un dislivello di circa trenta centimetri; variando il quale, esso si poteva accelerare o rallentare. Per evitare che, come accadde nei primi tentativi, delle tracce di umi-

1) Mon. Hef. f. Chemie 13°.

dità condensandosi nel capillare ostruissero il passaggio del gas, tenni *k* leggermente riscaldato con una spirulina di costantana percorsa dalla corrente.

Fig. 1.

Per riempire il gassometro innestava in *d* l'apparecchio di sviluppo: lasciavo scorrere un po' di gas per *e*, indi girando rapidamente il rubinetto *n* a tre vie stabilivo la comunicazione con l'interno del gassometro; chiudevo quindi alla fiamma il tubo *t*. Nella boccia di lavaggio avevo posto della soluzione di idrato sodico di media concentrazione.

Le precauzioni per evitare la formazione di N_2O_4 e per fissarne le tracce portate con sè dal gas greggio sono necessarie per stabilire la natura di alcune reazioni che avvengono in soluzione alcalina.

L'elettrodo in esame *e* era di platino platinato, e la differenza di potenziale tra esso e la soluzione nella quale era immerso fu misurata rispetto a quella di un elettrodo H a calo-

melano normale (Hg, Hg Cl — K Cl normale) preparato con le consuete avvertenze.

Come strumento di misura impiegai un potenziometro della Officina Galileo il quale permetteva di leggere anche i diecimillesimi di Volta. Alle estremità di esso era applicato un accumulatore di notevole capacità; per ridurre la scala del potenziometro in Volta impiegavo una pila campione del tipo Clark (f. e. = 1,0188 Volta). Il galvanometro era un Siemens molto sensibile e di resistenza interna elevata (10000 Ohm).

Per istabilire la comunicazione tra la soluzione dell'elettrodo campione e quella dell'elettrodo in esame adoperai una soluzione concentrata di nitrato ammonico per le soluzioni acide ed una di nitrato sodico per quelle alcaline; la differenza di potenziale al contatto tra le diverse soluzioni resta allora, secondo le determinazioni di Cumming), praticamente annullata; il rubinetto *g* non era ingrassato e si teneva chiuso; era così completamente evitata la diffusione delle soluzioni; e d'altra parte la notevole resistenza introdotta così nel circuito non toglieva molto alla sensibilità del galvanometro in grazia della sua elevata resistenza interna.

L'elettrodo normale e quello di ricerca erano contenuti in un vaso di vetro immerso a sua volta in un termostato regolato elettricamente (fino al mezzo decimo di grado) alla temperatura di 18°.

3. — Il potenziale dell'elettrodo in soluzioni acide si mantiene ben definito e non varia al variare della rapidità del gorgogliamento del biossido di azoto. La costanza e riproducibilità di questo elettrodo è perfettamente paragonabile con quella ad esempio dell'elettrodo ad idrogeno.

Nella tabella seguente sono raccolti i risultati relativi alle soluzioni acide. La prima colonna contiene il tenore acido delle soluzioni e si deve notare che le soluzioni acide più concentrate furono preparate con acido cloridrico; i numeri scritti nella prima colonna rappresentano la sua concentrazione e quindi soltanto in via approssimata quella degli ioni H; la soluzione avente la acidità $1,8 \cdot 10^{-6}$, fu preparata con una so-

1) Z. f. Elekt. Chemie. 1907.

luzione 0,5 normale tanto rispetto all'acido acetico quanto rispetto all'acetato sodico; allora essendo $1,8 \cdot 10^{-6}$, la costante di dissociazione dell'acido acetico si avrà:

$$\text{Concentr. ioni H} \cdot \times \frac{\text{Conc. ioni CH}_3 \cdot \text{COO}^{\dagger}}{\text{Conc. mol. CH}_3 \cdot \text{COOH}} = 1,8 \cdot 10^{-6}$$

ed essendo la concentrazione dell'acido acetico non dissociato uguale a quella degli ioni $\text{CHCOO}^{\dagger}$ ne viene che la soluzione ha precisamente la concentrazione voluta di $1,8 \cdot 10^{-6}$, rispetto agli ioni $\text{H}^{\cdot}$; ed una tale concentrazione è modificata pochissimo da impurità acide od alcaline.

La colonna 2^a della stessa tabella contiene le differenze di potenziale $P_{\text{No}} - P_{\text{Hg}}$ tra l'elettrodo in esame e quello a calomelano; la colonna 3^a i valori della differenza di potenziale tra l'elettrodo in esame e la soluzione nella quale esso è immerso; valori che furono calcolati dai precedenti ammettendo che la differenza di potenziale tra l'elettrodo a calomelano e la sua soluzione sia di 0,555 Volta ¹⁾.

Acidità	Δ ²⁾	$P_{\text{No}} - \text{soluzione}$	Differenze
1,00 norm.	$\left. \begin{array}{l} 0,6035 \\ 0,6072 \\ 0,5960^* \end{array} \right\} 0,609$	1,164	—
0,10 norm.	$\left. \begin{array}{l} 0,5456 \\ 0,5450 \\ 0,5464^* \end{array} \right\} 0,546$	1,101	0,063
0,01 norm.	$\left. \begin{array}{l} 0,4897 \\ 0,4876 \\ 0,4936 \end{array} \right\} 0,490$	1,045	0,056
0,001 norm.	$\left. \begin{array}{l} 0,4325 \\ 0,4350 \end{array} \right\} 0,433$	0,988	0,057
$1,8 \cdot 10^{-6}$	$\left. \begin{array}{l} 0,2878 \\ 0,2890 \end{array} \right\} 0,288$	0,843	0,145

1) Van Laar. Lehrbuch d. Elektrochemie pag. 146.

2) I numeri segnati con un asterisco sono quelli osservati con biossido di azoto ottenuti con BaN_2O_8 .

I valori riportati sono naturalmente quelli osservati quando la costanza delle indicazioni del potenziometro mostrava che si era stabilito l'equilibrio tra l'atmosfera del gas involgente l'elettrodo e l'elettrodo stesso.

Questo equilibrio era in generale raggiunto dopo 24 ore; qualche volta in un tempo minore qualche volta in un tempo maggiore. Ecco ad esempio le osservazioni fatte ad intervalli diversi con la soluzione $1,8 \cdot 10^{-6}$, normale rispetto agli ioni H^+

dopo	1 ^h	2 ^h	12 ^h	22 ^h	30 ^h
	0,2910	0,2870	0,2877	0,2878	0,2875

In ogni caso la differenza di potenziale con le soluzioni acide una volta stabilita non dipendeva affatto dalla rapidità del gorgogliamento del gas.

4. — Il potenziale dell'elettrodo in soluzioni alcaline raggiunge l'equilibrio più lentamente che con le soluzioni acide. In generale l'andamento è il seguente: pochi istanti dopo che è incominciato il gorgogliamento del gas l'elettrodo di platino è negativo rispetto al mercurio dell'elettrodo a calomelano; proseguendo il gorgogliamento la differenza di potenziale tra i due elettrodi diminuisce, la variazione assume ad un dato istante un andamento rapidissimo e nelle soluzioni più diluite si arriva ad una inversione nel segno della differenza di potenziale tra i due elettrodi; si va alla fine avvicinandosi ad un valore finale che si mantiene sensibilmente costante anche variando la rapidità del gorgogliamento del biossido di azoto.

Furono osservati i seguenti valori finali:

Concentrazione di $\frac{1}{2} Ba(OH)_2$	Δ	$P_{NO} - soluz.$
0,33 norm.	$\left. \begin{array}{l} +0,1160 \\ +0,1156 \end{array} \right\} +0,116$	$+0,671$
0,033 norm.	$\left. \begin{array}{l} +0,4065 \\ +0,4073 \end{array} \right\} +0,407$	$+0,962$

Concentrazione di NaOH	Δ	$P_{No} - soluz.$
1,00 norm.	$\left. \begin{array}{l} -0,1803 \\ -0,1791 \\ -0,1943^* \end{array} \right\} -0,180$	$+ 0,375$
0,06 norm.	$\left. \begin{array}{l} +0,3298 \\ +0,3290 \end{array} \right\} +0,329$	$+ 0,884$
0,01 norm.	$+0,361 \quad \} +0,361$	$+ 0,916$

L'andamento del potenziale in soluzioni alcaline si presenta dunque del tutto diverso da quello osservato nelle soluzioni acide; il valore che si calcolerebbe per la soluzione NaOH normale in base alla variazione di 0,057 Volta osservata nelle soluzioni acide per ogni riduzione della concentrazione degli ioni H^+ nel rapporto da dieci ad uno sarebbe $-0,168$ (una soluzione normale rispetto agli ioni OH^+ è 10^{-14} volte normale rispetto agli ioni H^+); e questo valore si accorderebbe abbastanza bene con quello osservato; ma non appena passiamo a soluzioni più diluite compare una notevole deviazione dei valori osservati da quelli calcolati; i valori osservati si avvicinano assai più che non dovrebbero a quelli relativi alle soluzioni acide.

In principio provavo difficoltà ad ammettere che il biossido di azoto che veniva lavato attraverso alle soluzioni di soda potesse nel breve tempo durante il quale procedeva una esperienza, neutralizzare anzi rendere acide le soluzioni originariamente alcaline contenute nel recipiente di ricerca; senonchè tutte le soluzioni che avevano presentata la suddetta anomalia avevano effettivamente perduta la loro alcalinità; infatti non arrossavano più la fenolftaleina ed inoltre alcune arrossavano in maniera decisa la tintura di laccamuffa. Anche la circostanza che la variazione del potenziale assumeva ad un certo istante un andamento rapidissimo bastava forse da sola a dare l'indizio di un processo di neutralizzazione; basta infatti ricordare¹⁾ che le osservazioni elettrometriche con elet-

1) Böttger. Z. f. phys. Chem. 24^o, 252 (1-97).

trodi ad idrogeno si prestano bene a determinare il punto di neutralizzazione, giacchè conformemente a quanto predice la teoria, la variazione del potenziale nel passaggio attraverso al punto neutro assume un andamento assai rapido.

E dovuta a Gay-Lussac la osservazione che il biossido di azoto rimasto in contatto per molti mesi con una soluzione concentrata di idrato potassico dà del nitrito potassico e dell'ossidulo di azoto; e questo può benissimo spiegare la neutralizzazione da me osservata nelle soluzioni alcaline; ed infatti conformemente al comportamento dei nitriti, le soluzioni neutralizzate dal gorgogliamento del biossido di azoto scoloravano istantaneamente le soluzioni acide diluite di permanganato potassico; per ispiegare poi la maggiore rapidità con la quale, a differenza di quanto ha osservato il Gay-Lussac avviene la reazione nel caso mio è sufficiente invocare una azione catalitica della spugna di platino. Questo fenomeno di autoossidazione del biossido di azoto fu pure osservato da Berthelot alla temperatura di 520°

e nel caso nostro sarebbe accelerato cataliticamente dalla spugna di platino. Anzi fu Berthelot che mise bene in chiaro come il biossido di azoto, che era giudicato per uno dei gas più stabili, lo è ad es. meno del protossido. Questo difetto di stabilità del biossido si manifesta pure, secondo Berthelot, nelle numerose reazioni lente manifestate dal biossido stesso; sia che si risolva in azotite ed in protossido sotto la influenza della potassa, sia che a freddo ossidi dei corpi minerali od organici tanto da ridursi a protossido, o ad azoto, o anche ad ammoniaca.

5. — Ma volendo mettere assolutamente fuori di dubbio il processo chimico che nelle soluzioni alcaline porta dal biossido di azoto ai nitriti, ho eseguita una esperienza alla seguente maniera:

Un recipiente R della forma indicata nella figura 2^a era connesso per *g* con un gassometro contenente dell'azoto. L'azoto arrivava ad R attraverso a sei boccie di lavaggio contenenti della soda concentrata e pirogallolo, usciva da R per *f*

gorgogliando attraverso a dell'acqua; sul fondo di R stava del nero di platino ottenuto dal cloruro mediante la ebollizione con carbonato sodico ed alcool. Per mezzo di un bagno di

Fig. 2.

sabbia portavo la temperatura di R a 220° circa, indi senza interrompere il gorgogliamento dell'azoto lasciavo raffreddare, ripetevo poi la operazione per altre tre volte. Con tale trattamento l'ossigeno poteva considerarsi come completamente eliminato dal recipiente R. Posto ciò, connettevo R col gassometro a biossido di azoto saldandolo alla fiamma in *l* (fig. 1) dopo aver girato il rubinetto *p* a tre vie per far comunicare *g* con S. Lasciavo scorrere per un'ora circa il biossido per *g* e S per eliminare l'ossigeno entrato nel tubo durante questa operazione. Ponevo poi in comunicazione il gassometro con R senza interrompere l'efflusso di biossido.

Dopo ciò ponevo in S una soluzione decimo normale di soda fatta precedentemente bollire alquanto (con refrigerante a ricadere) per toglierle la maggior parte dell'ossigeno che poteva tenere in soluzione; giravo allora il rubinetto in maniera da far entrare la soluzione di idrato sodico nel palloncino fino a riempirlo per due terzi circa: giravo poi rapidamente il rubinetto per connettere nuovamente R con il gassometro e lasciavo che il biossido gorgogliasse attraverso alla soluzione. Dopo 48 ore estraessi la soluzione che non arrossava

più la fenolftaleina e presentava una lieve tendenza ad arrossare la laccamuffa.

Con una soluzione di permanganato (titolata precedentemente con una soluzione contenente una quantità pesata di nitrito sodico puro di Merck), previa aggiunta di acido cloridrico stabilivo il titolo in nitrito della soluzione in esame; esso mi risultò uguale a 0,095, nor.; ossia pressochè tutto l'idrato sodico era stato trasformato in nitrito; presumibilmente il resto era passato a nitrato per l'azione ossidante dell'ossigeno rimasto nella soluzione non ostante la ebollizione.

Il processo di salificazione dell'idrato sodico per mezzo del biossido può essere interpretato alla seguente maniera:

In un primo stadio si forma il sale sodico dell'acido nitro-idrossilamminico

che in seguito si decompone secondo lo schema (Vedi Angeli, « Sopra alcuni composti ossigenati dell'azoto ». Firenze 1907)

Ora questa decomposizione non avviene che lentissimamente alla temperatura ordinaria, ma può essere notevolmente accelerata dal nero di platino; che effettivamente avvenga ciò provai alla seguente maniera: Il sale di bario dell'acido nitro-idrossilamminico è poco solubile in acqua; sbattendo un po' di acqua con esso filtrando e titolando con permanganato ottenni che:

10 c.m. di soluzione equivalgono a 8 c.m. di sol. di permanganato.

Se nell'acqua si trova sospeso del nero di platino si vede già ad occhio che il $\text{Ba N}_2\text{O}_3$ entra più copiosamente in soluzione; d'altra parte filtrando e titolando il filtrato con la stessa soluzione di permanganato si ha che:

10 c.m. di soluzione equivalgono a 60 c.m. di sol. di permanganato. La spugna di platino decompone adunque il $\text{Ba N}_2\text{O}_3$ in nitrito ed iponitrito che sono assai più solubili.

Del resto le soluzioni concentrate di $\text{Na}_2\text{N}_2\text{O}_3$ che sono stabilissime anche al riscaldamento si decompongono nel senso indicato con copioso sviluppo gassoso senza dubbio di protossido di azoto quando si aggiunga ad esse del nero di platino.

Stabilito ciò torna naturale l'ammettere che il biossido di azoto entri in reazione quasi sempre passando attraverso al radicale nitroidrossilamminico e con ciò si spiegherebbe la singolarità (vedi Angeli l. c. pag. 13) per cui nel mentre il biossido di azoto nelle determinazioni di densità allo stato gassoso presenta sempre un peso molecolare semplice, nelle reazioni compare sempre come

Sotto questo aspetto anche le autoossidazioni osservate da Berthelot a 500° sarebbero da considerarsi come decomposizioni del prodotto intermedio nitroidrossilamminico e sarebbe di grande interesse il vedere se non cessassero di manifestarsi quando il biossido di azoto fosse assolutamente secco.

5. — Ho fatto ancora due saggi relativi alla influenza che ha la pressione parziale di NO sopra il potenziale elettrolitico dell'elettrodo; per diminuire la pressione parziale adottai l'artificio della diluizione con un gas indifferente già impiegato con profitto dallo Czepinski nello studio dell'elettrodo ad idrogeno. Come gas di diluizione impiegai dell'etano ottenuto per mezzo della elettrolisi dell'acetato sodico e lavato accuratamente attraverso a soluzioni di idrato sodico e pirogallolo.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

	$\text{NO} + 4 \text{CH}_3 - \text{CH}_3$	$\text{NO}^{1)}$	$\Delta_1 - \Delta_2$
HCl. norm.	$\Delta_1 = 0,6368$	$\Delta_2 = 0,609$	0,027
$[\text{H}^+] = 1,8 \cdot 10^{-6}$ norm.	$\Delta_1 = 0,2920$	$\Delta_2 = 0,2880$	0,004

6. — Il fatto che la variazione dovuta al passaggio da una soluzione acida ad una dieci volte più diluita è sensibilmente

1) Vedi Tabella I.

prossimo a 0,0577 Volta, mostra che l'ione H^+ entra, o direttamente o indirettamente a determinare il comportamento elettrolitico del biossido di azoto. La reazione che avviene all'elettrodo potrebbe pertanto essere rappresentata così:

In una pila

il processo che avverrebbe sarebbe adunque la formazione di ipoazotide dall'ossigeno e dal biossido. Il calore di formazione per un tale processo chimico ($\frac{1}{2} N_2 O_4 + O_2 + Acq.$) è data secondo Thomson da 19570 kal. più 7750 kal. di soluzione. Questi valori darebbero secondo la regola di Thomson una forza elettromotrice

$$\frac{27.320}{2 \times 22782} = 0,61 \text{ Volta .}$$

D'altra parte dai dati di pag. 471, ammesso per l'ossigeno il potenziale di — 1,493 Volta si calcolerebbe per la stessa pila una forza elettromotrice di 0,329; valore notevolmente più piccolo di quello calcolato sopra: ma la deviazione potrebbe spiegarsi ammettendo una forte variabilità della forza elettromotrice con la temperatura. Analoga deviazione si riscontra come è noto nella pila Grove.

Ma, indipendentemente anche da questo, il fatto che le soluzioni alcaline in presenza di spugna di platino passano quasi totalmente a nitriti rende più probabile il processo elettrolitico espresso dalla formula:

Ammesso ciò il potenziale dell'elettrodo sarebbe dato, come è noto, da:

$$(1) \quad \Delta = - \frac{RT}{F} \lg. \frac{P_{NO} [O'']}{[NO']_2} + \text{cost}$$

o anche tenendo conto che

$$[H\cdot] \cdot [OH] = \text{cost.}$$

$$\Delta = - \frac{RT}{F} \lg. \frac{P_{No}}{[H\cdot] \{ [H\cdot] \cdot [NO_2] \}} + \text{cost.}$$

Ora il prodotto $[H\cdot] [N O'_2]$ è il prodotto di solubilità dell'acido nitroso ed è proporzionale come è noto alla radice quadrata della pressione parziale di $N_2 O_3$ $\left(\frac{1}{2} N_2 O_3 + \frac{1}{2} H_2 O = H N O_2 \right)$ per cui si può anche scrivere

$$\Delta = - \frac{RT}{F} \lg. \frac{P_{No}}{[H\cdot] P_{N_2 O_3}^{\frac{1}{2}}} + \text{cost.}$$

Ora se avviene la reazione già supposta

si deve avere per la legge sulla azione di massa

$$P_{No} = P_{N_2 O_3}^{\frac{1}{2}}$$

ossia :

$$\Delta = \frac{RT}{F} \lg. H' + \text{cost.}$$

Dunque il potenziale dell'elettrodo deve dipendere pochissimo dalla pressione parziale del biossido di azoto.

Le ultime misure fatte conforterebbero una tale interpretazione; difatto la variazione del potenziale per una riduzione ad un quinto della pressione parziale del biossido è di 0,027 volta in soluzioni fortemente acide e di 0,004 in soluzioni quasi neutre ($[H\cdot] = 1,8 \cdot 10^{-6}$) nelle quali la reazione (2) deve avvenire in maniera notevolmente rapida.

Data la molteplicità delle ossidazioni e riduzioni possibili degli ossidi di azoto la precedente spiegazione sul processo elettrolitico in vicinanza dell'elettrodo non può essere assoluta, giacchè è ben naturale che essa può essere sostituita da molte altre ad es. da quella già accennata senza che per questo (sa-

rebbe facilissimo il provarlo in base alla legge sulla azione di massa) ne risultassero modificate le conclusioni relative alla influenza della diluizione del biossido di azoto e degli ioni H sopra il valore della differenza di potenziale; tutto dipende come è noto dalla rapidità maggiore o minore con cui un processo predomina sugli altri.

I risultati ottenuti da queste ricerche sono i seguenti:

1. — Il biossido di azoto in presenza di platino suddiviso salifica gli idrati con rapidità maggiore che non si ammettesse finora. Tale salificazione deve avvenire con un passaggio attraverso a sali dell'acido nitroidrossilamminico che si decompongono per dare origine a nitriti e a protossido.

La azione catalitica del platino è dovuta appunto al fatto che esso favorisce la decomposizione di questi sali.

Torna naturale l'ammettere che il biossido di azoto nelle reazioni cui esso dà luogo passi attraverso il radicale nitroidrossilamminico e con ciò si spiega la singolarità sua propria, di presentarsi nelle reazioni chimiche con la molecola raddoppiata pur avendo una densità gassosa completamente normale.

2. Il potenziale del biossido in soluzioni acide è stato studiato ed il suo comportamento fu trovato regolare ed esprimibile con la formula

$$\Delta = 0,0577 \lg. H^+ + \text{cost.}$$

In soluzioni debolmente acide esso dipende pochissimo dalla pressione parziale. Si può aggiungere che una pila

ha una forza elettromotrice di 0,80 Volta, essendo NO positivo rispetto a H⁺.

È mia intenzione di proseguire queste ricerche estendendole ad altri gas ed anche a gas elettricamente inerti saturati con vapori di liquidi aventi un punto di ebollizione basso, e poco solubili in acqua.

Ringrazio il Prof. Angeli dei preziosi consigli datimi.