

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIII.

1906

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1906

Chimica. — *Sull'acido ipofosforico*. Nota di N. PARRAVANO e C. MARINI, presentata dal Socio S. CANNIZZARO.

L'acido ipofosforico fu scoperto da Salzer ⁽¹⁾ nel 1877 fra i prodotti della combustione lenta del fosforo all'aria umida.

Quando si lasciano per qualche tempo delle bacchette di fosforo esposte all'azione dell'aria, in un ambiente umido e ad una temperatura non tanto elevata, si origina un liquido denso, sciropposo. Questo sciroppo aveva attirato l'attenzione dei chimici molto prima che Salzer scoprisse in esso l'acido ipofosforico. Infatti fin dal 1795 Pelletier ⁽²⁾ aveva descritto un apparecchio per preparare questi prodotti di ossidazione del fosforo, e Berzelius ⁽³⁾ Dulong ⁽⁴⁾, Thénard ⁽⁵⁾, e Pagels ⁽⁶⁾ si erano successivamente dedicati allo studio di essi, definendoli un miscuglio di acidi fosforoso e fosforico. Salzer, come ho detto, riuscì ad isolare da questo liquido, sotto forma di sale acido di sodio, l'acido ipofosforico, acido che egli poi nettamente caratterizzò con una serie di lavori successivi ⁽⁷⁾.

In seguito altri chimici sottoposero quest'acido di Salzer a ulteriori ricerche: così Corne ⁽⁸⁾ e Philipp ⁽⁹⁾ ne studiarono due nuovi modi di preparazione per ossidazione del fosforo rispettivamente con nitrato di rame, e con acido nitrico e nitrato d'argento; Sängner ⁽¹⁰⁾ ne preparò degli eteri alchilici, di cui però non poté determinare la densità di vapore, perchè non distillano indecomposti; Joly in una serie di lavori ⁽¹¹⁾ studiò le condizioni di formazione dei sali mono e dibaritico, preparò cristallizzati l'acido ed un suo idrato, e ne fece lo studio termochimico: Drawe ⁽¹²⁾ e Palm ⁽¹³⁾ prepararono numerosi sali neutri e sali doppi; Amat ⁽¹⁴⁾ ne indicò nuovi metodi

⁽¹⁾ Liebig's Annalen, 187, 322.

⁽²⁾ Crell. Ann. Chim. Phys. 2 447.

⁽³⁾ 3 Orig. Aufl. von Wöhler, 2, 69.

⁽⁴⁾ Ann. Chim. Phys. 2, 140.

⁽⁵⁾ Ann. Chim. Phys. 85, 326.

⁽⁶⁾ Journal für Prakt. Ch. 61, 24.

⁽⁷⁾ Lieb. Ann. 194, 28; 211, 1; 232, 114 e 271.

⁽⁸⁾ Journ. Phar. Che. (5) 6, 123.

⁽⁹⁾ Berichte d. d. Ch. Ges. 16, 749.

⁽¹⁰⁾ Liebig's Annalen, 232, 1.

⁽¹¹⁾ Comptes Rendus 101. 1058 e 1148; 102, 110, 259, 760 e 1065.

⁽¹²⁾ Berich. d. d. ch. Ges. 21, 3401.

⁽¹³⁾ Inaug. Diss. — Rostock (1890).

⁽¹⁴⁾ Comptes Rendus 111, 676.

di dosaggio; Rammelsberg ⁽¹⁾ ne descrisse i sali neutri ed acidi di litio e di tallio: ed infine Bansa ⁽²⁾ ne preparò numerosi sali doppi di potassio acidi e neutri.

Malgrado, come si vede, sia discretamente abbondante la letteratura sull'argomento, regna tuttavia ancora incertezza sulla grandezza molecolare dell'acido ipofosforico. Salzer, in base all'analisi del sale acido Na HPO_3 e del sale neutro $\text{Na}_2 \text{PO}_3$, attribuì dapprima all'acido la formola semplice $\text{H}_2 \text{PO}_3$; ma poi, essendogli riuscita anche, sebbene con grandissima difficoltà, la preparazione di due sali acidi $\text{Na HPO}_3 \cdot \text{H}_2 \text{PO}_3 = \text{Na H}_3 \text{P}_2 \text{O}_6$, ed $\text{Na}_2 \text{PO}_3 \cdot \text{Na HPO}_3 = \text{Na}_3 \text{HP}_2 \text{O}_6$, assegnò ad esso la formola $\text{H}_4 \text{P}_2 \text{O}_6$. Questa però, sebbene confortata dall'esistenza di vari sali doppi, non è stata sempre concordemente accettata dai chimici che si sono occupati dell'argomento: Joly (loc. cit.) scrive sempre per l'acido la formola semplice e per i sali, ora la semplice ed ora la doppia; Philipp (loc. cit.) e Rammelsberg (loc. cit.) scrivono la formola di vari sali neutri riferendosi alla molecola semplice, $\text{H}_2 \text{PO}_3$. Anche nel trattato del Dammer ⁽³⁾ si trova espresso il dubbio se le prove che sinora si hanno siano sufficienti a definire la tetrabasicità di questo acido; e in uno dei volumi comparsi del trattato dell'Abegg ⁽⁴⁾ si trova assegnato all'ipofosfato acido di bario la formola $\text{Ba} (\text{HPO}_3)_2$, ed a quello neutro l'altra Ba PO_3 , riconoscendosi con ciò per l'acido ipofosforico la formola $\text{H}_2 \text{PO}_3$.

Ed invero l'esistenza dei sali acidi ricordati non basta da sola a dimostrare la tetrabasicità dell'acido ipofosforico. Oltre i ricordati sali acidi alcalini, Salzer ha descritto pure due composti, $\text{Na}_5 \text{H}_3 (\text{P}_2 \text{O}_6)_2 + 20 \text{H}_2 \text{O}$ e $\text{K}_3 \text{H}_5 (\text{P}_2 \text{O}_6)_2 + 2 \text{H}_2 \text{O}$, i quali si ottengono molto più facilmente, e questi potrebbero far supporre quadrupla la molecola dell'acido ipofosforico. D'altra parte sono tutt'altro che rari in chimica inorganica gli esempi di sali acidi che si combinano con altre molecole di acido, e di sali neutri che si uniscono a molecole di sali acidi: così, per citare qualche esempio, per l'acido solforico, oltre un sale $\text{Na}_2 \text{H}_8 (\text{SO}_4)_5$, si trovano descritti sali di sodio e di potassio corrispondenti ai due tipi $\text{Me}' \text{H}_3 (\text{SO}_4)_2$ ed $\text{Me}'_3 \text{H} (\text{SO}_4)_2$, e questi ultimi, insieme con i comuni solfati acidi e neutri, potrebbero considerarsi come formanti una serie riferibile all'acido solforico supposto $\text{H}_4 \text{S}_2 \text{O}_8$; per l'acido selenioso, oltre i biseleniti, sono stati preparati sali $\text{Me}' \text{H}_3 (\text{SeO}_3)_2$; e per gli acidi fosforoso e fosforico sono in discreto numero i composti di questo genere di cui si trova fatta menzione nella letteratura: ricorderò di quest'ultimo i sali corrispondenti ai tipi $\text{Me}' \text{H}_5 (\text{PO}_4)_2$, $\text{Me}'_5 \text{H}_4 (\text{PO}_4)_3$, $\text{Me}'_7 \text{H}_5 (\text{PO}_4)_4$. Di sali acidi perciò possono esistere di composizione svariata, ma unicamente

⁽¹⁾ Journ. für Prakt. Ch. 45, 153

⁽²⁾ Zeit. für Anorg. Ch. 6, 128.

⁽³⁾ Band II, 113.

⁽⁴⁾ Band II. — II Abteilung, pag. 201.

dalla composizione di essi, senza averne studiato affatto le proprietà, non si può pretendere di dedurre per l'acido una grandezza molecolare corrispondente.

E neppure l'esistenza di sali doppi e la composizione di essi ha maggiore valore dimostrativo, quando si pensi che recentemente il Warschauer ⁽¹⁾, in disaccordo con la formola sino allora ammessa per i dimetafosfati di Fleitmann in base alla composizione di numerosi sali doppi, ha potuto invece dimostrare con metodi fisico-chimici che ad essi spetta in modo indubbio la formola doppia, che essi cioè sono tetra-metafosfati.

Ci è sembrato opportuno perciò intraprendere lo studio dell'acido ipofosforico per definirne la grandezza molecolare, servendoci dei metodi che oggi la teoria della dissociazione elettrolitica mette a nostra disposizione. Le ricerche esposte in questa Nota, mentre ci hanno dato occasione di caratterizzare meglio questo grado di ossidazione del fosforo, perchè stabiliscono per esso l'esistenza in soluzione di alcuni complessi con gli acidi molibdenico e tungstico, ci portano ad assegnargli in modo indubbio la formola $H_4P_2O_6$.

PARTE SPERIMENTALE.

Il materiale di studio è stato preparato partendo dal sale acido di sodio ottenuto col metodo indicato da Joly ⁽²⁾, metodo, che, a parer nostro, è quello che dà materiale più facilmente purificabile.

Delle bacchette di fosforo venivano introdotte in becker o in bocce a collo largo; queste erano ripiene di acqua fino a lasciare sporgere per qualche centimetro l'estremità dei bastoncini di fosforo. Un certo numero di becker o bocce così preparate veniva sospeso dentro vasi di terracotta, i quali erano collocati in un ambiente appartato in cantina. A questo modo l'ossidazione del fosforo procede abbastanza rapidamente: l'estremità delle bacchette che sporge verso l'esterno va a poco a poco scomparendo, mentre i prodotti di ossidazione si raccolgono nell'acqua.

Si decantava il liquido acido formatosi, lo si portava quindi all'ebollizione, si saturava a poco a poco con carbonato sodico finchè una goccia non arrossava più il metil-orange, si concentrava, e, facendo raffreddare, si otteneva in bei cristalli l'ipofosfato acido di sodio. Questo veniva ricristallizzato, finchè con nitrato di argento dava un precipitato bianco che restava tale anche dopo ebollizione prolungata.

Dal sale sodico avuto direttamente si preparavano poi il sale neutro seguendo le prescrizioni indicate da Salzer (loc. cit.) e le soluzioni dell'acido libero, precipitandone il sale di piombo, scomponendo questo con idrogeno solforato, e scacciando con l'ebollizione l'idrogeno solforato dal liquido filtrato.

⁽¹⁾ Zeit. für Anorg. Ch. 36, 137.

⁽²⁾ Compt. Rend. 101, 1058.

L'acido ipofosforico è stato dosato o volumetricamente con permanganato e acido solforico alla quasi ebollizione, oppure per pesata, ossidandolo prima a fosforico con permanganato, precipitando l'acido fosforico allo stato di fosfomolibdato e pesandolo sotto forma di pirofosfato di magnesio.

Noi abbiamo voluto definire la grandezza molecolare dell'acido ipofosforico, servendoci della cosiddetta regola di valenza di Ostwald e Walden. Come è noto, Ostwald ⁽¹⁾ e Walden ⁽²⁾, basandosi su un ricco materiale sperimentale, hanno stabilito che l'aumento del potere conduttivo equivalente di un elettrolita con il crescere della diluizione è dato da questa relazione:

$$(1) \quad \frac{d\mu}{dv} = n_1 n_2 C$$

in cui n_1 è la valenza dell'anione, n_2 quella del catione, e C è una costante che si può determinare sperimentalmente.

Per tutti i sali fortemente dissociati, ad una data diluizione in vicinanza del valore limite, l'espressione (1) si può scrivere:

$$\mu_{\infty} - \mu_v = n_1 n_2 C$$

oppure

$$(2) \quad A = \lambda_{1024} - \lambda_{32} = n_1 n_2 C.$$

Ora $n_2 = 1$ per i sali sodici e C in media è uguale a 10; perciò dalla (2) si può ricavare il valore di n_1 , cioè il valore della valenza dell'anione:

$$n_1 = \frac{A}{C}.$$

Per i sali che a diluizioni molto spinte si scompongono in acqua, non è più possibile ricavare la valenza dell'anione dal valore di A ; però le determinazioni di conducibilità equivalente ci offrono un mezzo per risolvere la questione anche in simili casi. Quando si sia determinata la conducibilità di un sale a partire dalla soluzione $\frac{1}{32}$ diluendo sempre al doppio fino ad arrivare alla $\frac{1}{1024}$, se si divide la differenza fra i valori di μ di due diluizioni successive per il valore di μ della soluzione più concentrata, si ottengono i cosiddetti quozienti di aumento della conducibilità $\frac{\Delta l}{l}$; moltiplicando

(¹) Zeit. für Physik. Ch. 1, 75; 2, 843.

(²) Ibid. 1, 529; 2, 49.

questi per 10^2 per avere numeri più comodi, vale per essi una relazione simile alla (1), e cioè si ha:

$$10^2 \frac{\Delta l}{l} = n_1 n_2 C_1$$

in cui n_1 ed n_2 hanno lo stesso valore di prima, e $C_1 = 3$. Perciò per i sali sodici in cui $n_2 = 1$ si ha pure in questo caso:

$$n_1 = \frac{10^2 \frac{\Delta l}{l}}{C_1}.$$

È possibile adunque stabilire la valenza di un anione col determinarne i valori di conducibilità equivalente del sale sodico tra le diluizioni 32 e 1024, sia che il sale resti inalterato in soluzione, sia che esso sia stabile solo alle concentrazioni più forti, e si scomponga col crescere della diluizione.

Abbiamo misurato perciò dapprima il potere conduttivo di due dei sali di sodio dell'acido iposforico, e cioè del sale acido NaH PO_3 , e del sale neutro $\text{Na}_2 \text{PO}_3$.

Le misure sono state eseguite con il metodo solito di Kohlrausch in termostato mantenuto costantemente a 25° ; nelle tabelle che seguono v dà la diluizione in litri riferita al grammo equivalente del sale, μ_1 e μ_2 sono i poteri conduttivi equivalenti di due soluzioni preparate con campioni differenti di sale, μ è la media dei due valori, e $10^2 \frac{\Delta l}{l}$ sono i quozienti di aumento di conducibilità di diluizione in diluizione.

Na H PO_3				
$v = 10^{-2} \varphi$	μ_1	μ_2	μ	$10^2 \frac{\Delta l}{l}$
32	80.1	80.2	80.2	
64	86.1	85.9	86.5	7.85
128	91.1	91.2	91.2	5.43
256	94.1	94.7	94.4	3.50
512	97.0	96.8	96.9	1.57
1024	98.4	98.6	98.5	1.65
$\frac{1}{2} \text{Na}_2 \text{PO}_3$				
$v = 10^{-2} \varphi$	μ_1	μ_2	μ	$10^2 \frac{\Delta l}{l}$
32	86.4	86.2	86.3	
64	97.9	97.7	97.8	13.3
128	109.8	109.3	109.5	11.9
256	117.2	116.8	117.0	6.84
512	123.4	123.2	123.3	4.49
1024	124.0	124.1	124.1	0.64

Come si vede, in nessuno dei due casi si può fare la differenza generale tra i valori di μ_{1024} e μ_{32} , perchè, a giudicare dal modo in cui diminuisce $10^2 \frac{Al}{l}$, i due sali, stabili alle prime diluizioni, si scompongono in seguito a diluizioni maggiori. Però i valori iniziali di $10^2 \frac{Al}{l}$ permettono di assegnare al sale acido la formola $Na_2 H_2 P_2 O_6$ e di ritenerlo in soluzione scisso in $\overset{+}{Na} \overset{+}{Na}$ e $\overline{H}_2 P_2 O_6$, e al sale neutro la formola $Na_4 P_2 O_6$.

I valori di conducibilità del sale neutro, sebbene portino ad assegnare a questo indubbiamente la formola $Na_4 P_2 O_6$, dimostrano che esso si scompone in soluzione. Abbiamo pensato perciò di evitare questa scomposizione legando l'anione $P_2 O_6$ in un complesso, perchè i sali complessi sono in genere più stabili: a questo modo se ci fosse riuscito di affermare l'esistenza di complessi avremmo forse potuto portare un altro contributo in favore della formola doppia, e, nello stesso tempo, avere occasione di meglio caratterizzare questo grado di ossidazione del fosforo.

Si sa infatti che diverse anidridi inorganiche, e specialmente la molibdica e la tungstica, possono unirsi a molti acidi per costituire dei complessi, nei quali la basicità degli acidi semplici si manifesta spesso più nettamente. Così, mentre non si è riuscito finora a preparare i sali alcalini pentabasici dell'acido periodico, Blomstrand⁽¹⁾ e Rosenheim e Liebknecht⁽²⁾ hanno ottenuto i sali alcalini pentabasici degli acidi molibdo- e tungsto-periodici. Ci sembrò utile perciò avviare le nostre ricerche in questo senso: se fossimo riusciti a caratterizzare dei molibdo- o tungsto-ipofosfati, probabilmente da essi avremmo potuto trarre qualche nuovo argomento in favore della tetrabasicità dell'acido ipofosforico.

D'altra parte questo studio sembrava offrire un certo interesse anche per il fatto che, mentre sono conosciuti sali complessi con $Mo O_3$ e WO_3 ⁽³⁾ per tutti gli altri gradi di ossidazione del fosforo, non se ne conoscono invece per l'acido ipofosforico. Abbiamo fatto perciò qualche tentativo per preparare dei molibdo- e tungsto-ipofosfati; ma, quando si cerca di concentrare i liquidi con cui gli acidi molibdico e tungstico sono contenuti insieme con l'acido ipofosforico o con gli ipofosfati, le soluzioni si colorano intensamente in bleu, ed il cercare di isolare dei composti dai liquidi azzurri che si formano ci avrebbe portato oltre i limiti del presente lavoro. Rinunciammo quindi a proseguire le ricerche in questo senso, e ci contentammo di stabilire con ricerche fisico-chimiche l'esistenza in soluzione di simili complessi.

(1) Zeit. für anorg. Ch. 1, 92.

(2) Liebig's Ann. 308, 40.

(3) Gibbs, Am. Journ. 5, 361; 7, 392.

Sebbene sia molto complicato lo studio fisico-chimico di questa categoria di composti, i risultati da noi ottenuti ci sembrano abbastanza chiari e noi perciò li esponiamo.

Noi abbiamo eseguito delle misure di conducibilità sopra soluzioni in cui erano contenute, per una molecola di sale neutro, successivamente una, due, tre ed anche quattro molecole di anidride molibdica.

Queste soluzioni venivano preparate sciogliendo nella soluzione di ipofosfato quantità esattamente pesate di $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

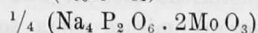
L'acido molibdico diidrato, preparato secondo il metodo del Prof. Rosenheim ⁽¹⁾, si scioglie facilmente nella soluzione di ipofosfato tetrasodico; anche l'anidride molibdica ottenuta per arroventamento dell'acido idrato vi si scioglie bene. Le misure che riferiamo perciò sono state eseguite sopra soluzioni preparate con l'acido e con l'anidride. Nelle tabelle μ_1 e μ_2 si riferiscono a due soluzioni differenti, preparate con $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, μ_3 a soluzioni ottenute con MoO_3 , μ è la media.



100 cc. di liquido di partenza contenevano gr. 0,3361 di $\text{Na}_4 \text{P}_2 \text{O}_6 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, e gr. 0,1406 di $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o gr. 0,1223 di MoO_3 .

$v = 10^{-3} \varphi$	μ_1	μ_2	μ_3	μ
32	92.4	92.4	92.6	92.5
64	100.1	100.6	99.6	100.1
128	107.8	107.4	108.1	107.8
256	114.3	114.9	115.0	114.7
512	121.8	122.2	122.4	122.1
1024	131.4	130.6	131.8	131.3

$$A(\mu_{1024} - \mu_{32}) = 38.8$$



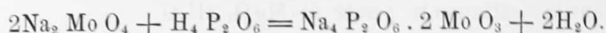
100 cc. di liquido di partenza contenevano gr. 0,3361 di $\text{Na}_4 \text{P}_2 \text{O}_6 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, e gr. 0,2812 di $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ o gr. 0,2444 di MoO_3 .

$v = 10^{-3} \varphi$	μ_1	μ_2	μ_3	μ
32	87.9	88.0	88.2	88.0
64	95.2	95.6	94.8	95.2
128	101.5	102.7	102.4	102.1
256	109.7	109.6	109.7	109.7
512	116.8	117.5	117.3	117.2
1024	129.2	127.2	128.6	128.2

$$A(\mu_{1024} - \mu_{32}) = 40.2$$

(1) Zeit. für anorg. Ch. 37, 314.

Per provare se anche per altra via si stabiliscono in soluzione equilibri simili, abbiamo preparato soluzioni di quest'ultima composizione unendo in proporzioni esattamente calcolate acido ipofosforico e molibdato sodico. Prima il complesso prendeva origine per addizione di acido molibdico, e si poteva quindi immaginare che l'acido molibdico sottraesse base all'ipofosfato neutro, e che da ipofosfato e molibdato acidi formatisi per condensazione si originasse il sale complesso; ora invece la reazione procede in questo senso:



Che nelle soluzioni ottenute a questo modo lo stato di equilibrio sia lo stesso di prima lo dimostrano i numeri seguenti:



100 cc. di liquido di partenza contenevano gr. 0,1265 di $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ e gr. 0,3818 di $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

$v = 10^{-3}\varphi$	μ_1	μ_2	μ
32	87.4	87.8	87.6
64	94.6	94.9	94.7
128	100.8	101.0	100.9
256	108.7	109.1	108.9
512	117.1	117.7	117.3
1024	128.5	128.6	128.5

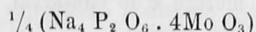
$$A(\mu_{1024} - \mu_{32}) = 40.9$$

Procedendo oltre nell'aggiunta dell'acido molibdico alla soluzione del sale neutro, il liquido si colora lievissimamente in azzurrognolo in misura appena percettibile. Quando lo si aggiunge nel rapporto di 4 molecole di acido per una di sale, la colorazione azzurrognola è già ben distinguibile, e perciò si rinunciò ad eseguire misure sopra soluzioni che contenessero quantità maggiori di MoO_3 . Ecco i valori ottenuti per i miscugli con 3 e con 4 molecole di MoO_3 .



100 cc. di liquido di partenza contenevano gr. 0,3361 di $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6$, $10\text{H}_2\text{O}$ e gr. 0,4218 di $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

$v = 10^{-3}\varphi$	μ_1	μ_2	μ
32	84.5	84.5	84.5
64	90.7	90.6	90.7
128	99.9	99.5	99.7
256	107.3	108.0	107.4
512	116.3	116.4	116.4
1024	133.6	132.5	133.1



100 cc. di liquido di partenza contenevano gr. 0,3361 di sale neutro e gr. 0,5624 di $\text{MoO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

$v = 10^{-3}q$	μ_1	μ_2	μ
32	79.1	78.9	79.0
64	86.2	86.1	86.2
128	95.0	95.1	95.1
256	102.3	102.5	102.4
512	113.5	114.5	114.0
1024	137.7	138.3	138.0

Questi valori dimostrano che l'acido molibdico continua a condensarsi alle concentrazioni più forti; ma i complessi che si formano sono menostabili e si scompongono col crescere della diluizione.

Patologia vegetale. — *Esperienze intorno alla malattia del frumento dovuta all'Ustilago carbo.* Nota del prof. NAZARENO STRAMPELLI, presentata dal Socio G. CUBONI.

L'aver ripetutamente constatato come, benchè il seme di frumento sia stato accuratamente medicato tanto con il classico metodo della immersione di esso in soluzione di solfato di rame e successivamente spolverato con calce sfiorita, quanto con altri metodi ancor più energici (non escluso quello del sublimato), si abbiano con frequenza spighe carbonchiose anche in terreni da più anni non concimati con stallatico, fece in me nascere il dubbio sull'efficacia della medicatura delle sementi per prevenire gli attacchi dell'Ustilago carbo. Ed avendo conoscenza della nuova teoria dell'Erikson, per la quale il germe della ruggine si anniderebbe direttamente entro il seme dei cereali, pensai se non fosse il caso di estendere tale teoria anche al carbone. Da tali considerazioni fui indotto ad intraprendere delle esperienze in proposito, e nell'anno decorso (1905) agli ultimi del maggio, con astucci di carta pergamena e chiusi in alto ed in basso con cotone cardato, ricoprii quattro spighe di frumento appartenenti alla medesima pianta e non ancora usciti dal loro invoglio, e le mantenni così protette da qualsiasi infezione di spore, portate dal vento, sino alla completa maturazione delle cariossidi.

Ma mentre la spiga n. 1 volli lasciarla immune da qualunque infezione, sulla n. 2, al momento in cui era prossima la fecondazione, portai spore di carbone lasciandole cadere sullo stinno di ciascun fiore, e delle altre due spighe (nn. 3 e 4) mi servii per altro studio intorno al quale riferirò ad esperienza compiuta.