

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCV.

1908

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1908

Per le stesse cause e con le stesse reazioni di prima possiamo avere da esso le sostanze

(A) CO_2 (B) $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Br}$
e le altre

(A') $\text{C}_6\text{H}_4 \begin{cases} \text{COOH} \\ \text{CH}_2 = \text{CH}_2 \end{cases}$ (B') HBr

ed i tre elementi sarebbero ancora

CO_2 ; HBr ; $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CH}$.

Chimica. — *Sui molibdati complessi delle terre rare.* Nota di G. A. BARBIERI, presentata dal Socio G. CIAMICIAN.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Chimica — *Sui ferronitrosolfuri* ⁽¹⁾. Nota VI di I. BELLUCCI e P. DE CESARIS, presentata dal Socio S. CANNIZZARO.

In prosecuzione di nostre ricerche già pubblicate intorno ai ferronitrosolfuri ⁽²⁾, riferiamo ora i risultati ottenuti in alcune demolizioni degli eptasali $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{R}'$ e dei tetrasali $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]\text{R}'_2$.

Nell'ultima nostra Nota abbiamo stabilito che entrambi i sali potassici delle serie suddette, sciogliendosi a caldo in acido cloridrico, in ambiente inerte, svolgono totalmente il loro zolfo allo stato di acido solfidrico (lasciandone solo un tenuissimo residuo nel caso dell'eptasale), mentre il ferro rimane completamente allo stato di cloruro ferroso.

Restava quindi a trovare, e di ciò ci occupiamo appunto nella Nota presente, la forma sotto la quale si svolge l'azoto nelle varie demolizioni a cui si possono sottoporre tanto gli epta- che i tetranitrosolfuri, sia in ambiente acido che alcalino, senza intervento di agenti riducenti od ossidanti.

I. Demolizioni in ambiente acido.

Quantità note di eptasale e di tetrasale ⁽³⁾ venivano poste opportunamente a reagire a caldo con una miscela di soluzioni diluite di acido solforico e

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto di Chimica generale della R. Università di Roma.

⁽²⁾ Bellucci e Venditori, *Gazz. chim. Ital.*, 35 (2), 518 (1905); Bellucci e Cecchetti, *id. id.*, 37 (1), 162 (1907); Bellucci e Carnevali, *id. id.*, 37 (2), 22 (1907); Bellucci e De-Cesaris, *questi Rendiconti*, vol. 16; (2), 740 (1907).

⁽³⁾ Il tetrasale cristallizz. veniva portato estemporaneamente in soluzione nell'acqua alcalina per potassa. Di questa soluzione si determinava la concentrazione con dosaggi di ferro.

di solfato di argento, quest'ultimo allo scopo di facilitare la decomposizione e di fissare l'acido solfidrico che altrimenti si sarebbe liberato per opera dell'acido solforico. In tali condizioni, tanto dall'epta- che dal tetrasale, si svolgono miscugli di NO e di N²O, nelle proporzioni qui sotto indicate, riferite a 100 parti di sostanza.

Eptasale [Fe⁴(NO)⁷S³]K, H²O.

	Trovato		Calcolato per [Fe ⁴ (NO) ⁷ S ³]K, H ² O
	I.	II.	
4 N sotto forma di NO	19,51	19,79	19,98
3 N " " " N ² O	11,65	11,69	11,22

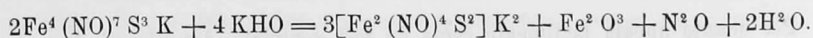
Tetrasale [Fe²(NO)⁴S²]K².

	Trovato		Calcolato per [Fe ² (NO) ⁴ S ²]K ²
	I.	II.	
2 N sotto forma di NO	15,5	15,61	16,03
2 N " " " N ² O	12,03	12,12	11,74

Come vedesi dalle percentuali ora riportate, in ambiente acido, dei sette atomi di azoto contenuti nell'eptasale [Fe⁴(NO)⁷S³]K, quattro si svolgono allo stato di NO e tre allo stato di N²O, mentre il tetrasale [Fe²(NO)⁴S²]K² svolge metà del suo azoto come NO e metà come N²O.

II. Demolizioni in ambiente alcalino.

È già noto, soprattutto per merito di Pawel (1), che gli eptasali [Fe⁴(NO)⁷S³]R', trattati a caldo con soluzione di un idrato alcalino, svolgono dalla loro molecola un azoto come N²O e separano un atomo di ferro allo stato di ossido ferrico, dando luogo alla formazione dei tetrasali, secondo l'equazione stabilita dallo stesso Pawel:



Questa reazione, come vedesi, non rappresenta però che una demolizione parziale della molecola degli eptasali, mentre a noi interessava di effettuarne possibilmente una completa per verificare la forma sotto la quale si liberano, in ambiente alcalino, tutti sette gli atomi di azoto.

Siamo riusciti in questo intento ponendo opportunamente a reagire a caldo l'epta- ed il tetrasale potassici con una sospensione di idrato di cadmio, alcalina per idrato potassico. In tali condizioni tanto l'uno che l'altro dei nitrosolfuri si demolisce completamente; lo zolfo rimane fissato allo stato di solfuro; l'azoto si svolge tutto come N²O, mentre il ferro precipita totalmente allo stato ferrico.

(1) Berichte 15, 2600 (1882).

Riportiamo qui sotto i risultati quantitativi ottenuti.

Eptasale $[\text{Fe}^4 (\text{NO})^7 \text{S}^3] \text{K}, \text{H}^2 \text{O}$

	Trovato		Calcolato per $[\text{Fe}^4 (\text{NO})^7 \text{S}^3] \text{K}, \text{H}^2 \text{O}$
	I.	II.	
7 N sotto forma di $\text{N}^2 \text{O}$	25,89	26,04	26,21

Tetrasale $[\text{Fe}^2 (\text{NO})^4 \text{S}^2] \text{K}^2$

	Trovato		Calcolato per $[\text{Fe}^2 (\text{NO})^4 \text{S}^2] \text{K}^2$
	I.	II.	
4 N sotto forma di $\text{N}^2 \text{O}$	23,11	23,17	23,49

Le demolizioni che abbiamo riferito nell'ultima nostra Nota (loc. cit.) e quelle ora riportate, ci permettono di riassumere i risultati ottenuti nel quadro seguente, ove esponiamo lo stato nel quale rimangono disciolti o precipitati, ovvero si svolgono gasosi, i vari componenti della molecola dei ferronitrosolfuri.

Demolizioni del sale $[\text{Fe}^4 (\text{NO})^7 \text{S}^3] \text{K}$.

in ambiente acido ($\text{SO}^4 \text{H}^2 + \text{SO}^4 \text{Ag}^2$) Fe^4 allo stato ferroso N^7 $\left\{ \begin{array}{l} 4 \text{ atomi come NO} \\ 3 \text{ atomi come } \text{N}^2 \text{O} \end{array} \right.$ S^3 allo stato di SH^2 (1)	in ambiente alcalino ($\text{CdO}, \text{aq} + \text{KHO}$) Fe^4 allo stato ferrico N^7 sotto forma di $\text{N}^2 \text{O}$ S^3 allo stato di solfuro
--	--

Demolizioni del sale $[\text{Fe}^2 (\text{NO})^4 \text{S}^2] \text{K}^2$

in ambiente acido (id., id.) Fe^2 allo stato ferroso N^4 $\left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ atomi come NO} \\ 2 \text{ atomi come } \text{N}^2 \text{O} \end{array} \right.$ S^2 allo stato di SH^2	in ambiente alcalino (id., id.) Fe^2 allo stato ferrico N^4 sotto forma di $\text{N}^2 \text{O}$ S^2 allo stato di solfuro.
--	---

Per quanto appaia facilmente come da tali complete demolizioni ben pochi criteri possano derivarsi per chiarire la costituzione dei ferronitrosolfuri, ognuno vede tuttavia l'opportunità di possedere i risultati qui indicati, che pur dovranno conciliarsi con quelli futuri, risultati dai quali fin d'ora è lecito del resto poter trarre qualche considerazione, sia pure molto generica.

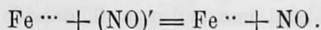
Il cardine principale della costituzione dei ferronitrosolfuri poggia evidentemente sul grado di ossidazione che spetta agli atomi di ferro in quelli contenuti. Noi abbiamo già reso noto che tanto gli eptasali $[\text{Fe}^4 (\text{NO})^7 \text{S}^3] \text{K}$ che i tetrasali $[\text{Fe}^2 (\text{NO})^4 \text{S}^2] \text{K}^2$, si sciolgono in acido cloridrico, in ambiente inerte, dando tutto il ferro allo stato ferroso e lasciando sfuggire inossidato

(1) Ne rimane soltanto una parte minima ossidata, allo stato di zolfo elementare.

tutto lo zolfo allo stato di acido solfidrico (salvo quantità minime che ne rimangono, allo stato elementare, nel caso dell'eptasale). Questo fatto, di un significato ben notevole, porta ad escludere, se non totalmente, in massima parte, la presenza di atomi ferrici nelle molecole dei nitrosolfuri, giacchè essi in tal caso, passando in soluzione, avrebbero dovuto necessariamente ossidare almeno una parte dell'acido solfidrico.

L'esistenza del ferro allo stato ferroso nei nitrosolfuri trova inoltre il più valido appoggio nella completa e davvero sorprendente resistenza che questi sali oppongono ai più energici agenti riduttori, sulla quale circostanza ampiamente ci siamo intrattenuti nelle nostre Note precedenti. Ed essa trae ancora maggior validità dal fatto che tale grandissima resistenza si trova in forte contrasto con quella labilissima che i nitrosolfuri stessi offrono, anche nelle condizioni più blande, di fronte agli agenti ossidanti. Mentre, ad esempio, come abbiamo già notato, una soluzione acquosa del sale $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{K}$ può venir lungamente bollita, in corrente di anidride solforosa o di acido solfidrico, senza che il sale stesso si alteri affatto, basta invece aggiungere alla soluzione acquosa dello stesso sale, a temperatura ordinaria, soltanto una quantità minima di permanganato o di persolfato potassici perchè molto rapidamente possa notarsi una completa demolizione di esso. Non si tratta quindi nel caso dei nitrosolfuri che di un grado di complessità unilaterale che parla tutto in favore di composti ferrosi e non di composti ferrici.

Recentemente L. Cambi (1), occupandosi parimenti dei ferronitrosolfuri, ha manifestato alcune idee sullo stato di ossidazione del ferro e dell'azoto in essi contenuti, ammettendo che gli atomi di ferro degli eptasali $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{R}'$ e dei tetrasali $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]\text{R}^2$, sieno tutti allo stato ferrico, ed attribuendo per conseguenza un valore alogenico a tutti i gruppi (NO), presupposti nei nitrosolfuri. Il fatto per cui i due sali $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{K}$ ed $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]\text{K}^2$, pur essendo, secondo l'opinione di questo A., di tipo ferrico, si sciolgono in acido cloridrico dando tutto il ferro allo stato ferroso, verrebbe da esso interpretato nel senso che sono stati i gruppi alogenici (NO)' a ridurre nell'ambiente acido gli atomi del ferro allo stato ferroso, secondo l'equazione:



Anzitutto ci domandiamo: che cosa sono questi gruppi (NO)'?

Il Cambi non ammette che sieno gruppi nitrosilici analoghi a quelli dei nitroso-derivati $\text{R}-\text{NO}$ della chimica organica, perchè alcuni reattivi che dovrebbero agire su di questi, lasciano invece inalterato l'anione $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]$. Ma se è vero quest'ultimo fatto in linea generale, giacchè si conoscono dei nitrosolfuri $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{R}'$, dove $\text{R}' =$ idrazina, fenilidrazina, idros-

(1) Questi Rendiconti, vol. 16, (2) 542; vol. 16, (2) 658; vol. 17, (1) 202.

silamina, conviene ricordare che Hofmann e Wiede ⁽¹⁾ hanno dimostrato che facendo agire la fenilidrazina sulla soluzione alcoolica dell'eptasale $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{K}$, la fenilidrazina stessa può venire diazotata dal nitrosolfuro. Tali AA. hanno infatti nettamente provato che la fenilidrazina in tali condizioni si trasforma in diazobenzolo, il che dimostra che nella suddetta demolizione si manifestano dei gruppi ossigenati dell'azoto che hanno la caratteristica degli NO nitroso-organici.

Gli stessi gruppi (NO)', non sarebbero nemmeno residuo dell'acido iponitroso, perchè ciò sta contro, anzitutto alla formola semplice da noi dimostrata per gli eptasali, e poi perchè lo stesso Cambi ha osservato che gli iponitriti non sono capaci, in ambiente acido, di compiere la riduzione da lui sostenuta del ferro da ferrico a ferroso. Ma pure escludendo, per le ragioni ora dette, che si tratti di residui dell'acido iponitroso, lo stesso A., facendo agire il nitrato d'argento sul nitrosolfuro $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{K}$, ha potuto isolare, fra i prodotti insolubili che si separano in tale reazione, una certa quantità di iponitrito d'argento.

Per conciliare fra loro questi fatti, il Cambi ha ammesso nei nitrosolfuri l'esistenza di un nuovo tipo di aggruppamento (NO)', monovalente, finora sconosciuto, capace di partecipare, anche contemporaneamente, a due reazioni, generare cioè acido iponitroso da un lato, e dall'altro ridurre il ferro da ferrico a ferroso, trasformandosi in biossido d'azoto NO.

La potenza riduttrice di questo nuovo tipo di (NO)' alogenico ammesso dal Cambi, dovrebbe essere invero straordinariamente elevata: basta infatti ricordare che di fronte agli atomi di ferro ferrici, secondo tale A. contenuti nei nitrosolfuri, verrebbero a trovarsi in ambiente acido questi gruppi (NO)' e l'acido solfidrico; orbene, quest'ultimo può sfuggire del tutto inossidato, malgrado la sua ben nota azione riduttrice, lasciando soltanto ai primi il compito della totale riduzione del ferro.

Ma, non basta: perchè si espliciti questa grande potenza riduttrice dei supposti gruppi (NO)' non sarebbe nemmeno necessario l'intervento del calore; è sufficiente infatti aggiungere a temperatura ordinaria una soluzione di nitrato d'argento ad una del sale $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{K}$ perchè, nella demolizione che avviene, possa subito notarsi uno sviluppo di biossido d'azoto NO. Tale processo di ossidazione e di riduzione che si compirebbe così rapidamente ed in condizioni tanto facili, non può non apparire molto eccezionale.

Ma, per meglio comprendere la questione, non sarà male che per un momento torniamo a considerare lo stato in cui si svolge l'azoto dai nitrosolfuri, nelle nostre demolizioni su ricordate. Abbiamo già visto che in ambiente acido l'eptasale $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{K}$ svolge quattro azoti come NO e tre come N_2O , mentre il tetrasale $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]\text{K}^2$ ne svolge due come NO e due

⁽¹⁾ Zeit. f. Anorg. Chem. 11, 288, (1896).

come N_2O . Ciò in verità ben si accorda con l'ipotesi emessa dal Cambi, giacchè risultano rispettivamente tante molecole sature di biossido di azoto NO, quanti sarebbero gli atomi di ferro contenuti nelle molecole dell'eptasale e del tetrasale, atomi di ferro che da ferrici verrebbero perciò ridotti a ferrosi, mentre il resto degli altri gruppi (NO)', che non avrebbe più a disposizione del ferro ferrico, sfuggirebbe inossidato allo stato di N_2O .

Le cose vanno però altrimenti nelle demolizioni in ambiente alcalino, nelle quali entrambi i nitrosolfuri $[Fe^4(NO)^7S^3]K$ ed $[Fe^2(NO)^4S^2]K^2$ svolgono tutto il loro azoto come N_2O e separano tutto il loro ferro allo stato ferrico. Come mai i presupposti gruppi (NO)', ai quali, in ambiente acido, sarebbe giocoforza attribuire una potenza riduttrice tanto elevata, superiore anche a quella dell'acido solfidrico, non riducono invece in ambiente alcalino il ferro che si separa totalmente allo stato ferrico?

Di fronte a tali risultati, per mantenere l'ipotesi messa innanzi dal Cambi, bisognerebbe, senza che su ciò si abbia alcuna conoscenza, cominciare a sottilizzare sulle proprietà di questo nuovo tipo di (NO)', ammettendo che esso abbia grandissima potenza riduttrice solo in ambiente acido e nessuna in ambiente alcalino.

Ma, senza dilungarci troppo, sembra a noi che tutti questi ragionamenti poggino su di una base molto incerta. Si discute infatti di gruppi (NO)', attribuendo loro nettamente un valore alogenico, come se essi esistessero da soli a costituire col ferro l'anione dei nitrosolfuri. Se oggidi si può essere ormai certi che negli anioni dei nitrosolfuri l'azoto è collegato con l'ossigeno, soprattutto per alcuni modi di sintesi, bisogna ben riflettere che ciò non toglie che possano entrare in giuoco anche dei legami con lo zolfo, in modo da formare con i quattro atomi di ferro un collegamento atomico molto complicato. Il forte grado di complessità dei ferronitrosolfuri, la resistenza di fronte a reattivi che avrebbero indubbiamente reagito sopra i gruppi (NO), qualora questi esistessero realmente come individui isolati (fra l'altre, il sale $[Fe^4(NO)^7S^3]K$ resiste, allo stato solido, inalterato in corrente di acido solfidrico a 180°), fanno appunto ritenere più che probabile che negli anioni dei sali suddetti esistano dei solidi aggruppamenti, delle specie di anello fra i vari atomi che lo compongono, e quindi, pur essendo l'azoto direttamente legato all'ossigeno, non possa parlarsi di gruppi (NO)' e tanto meno attribuire a questi delle proprietà che non trovano alcun riscontro nel comportamento noto dei comuni ossidi dell'azoto.

Perciò, secondo il nostro modo di vedere, le demolizioni da noi eseguite non portano che una luce limitata, essendo il risultato finale di un disgregamento profondo dei costituenti la molecola dei nitrosolfuri. Esse vanno quindi interpretate nel modo più semplice, fondandosi soltanto sulle cognizioni comuni e senza trarre deduzioni azzardate.

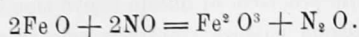
Dalla demolizione dell'anione $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]$ risultano:

in ambiente acido			
4Fe ..	4NO	1 + 1/2 N ₂ O	3SH ₂
in ambiente alcalino			
4Fe ...	—	3 + 1/2 N ₂ O	3SR' ₂

Dalla demolizione dell'anione $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]''$ risultano:

in ambiente acido			
2Fe ..	2NO	1N ₂ O	2SH ₂
in ambiente alcalino			
2Fe ...	—	2N ₂ O	2SR' ₂

Senza ricorrere ad ipotesi, la scomparsa dell'NO nelle demolizioni in ambiente alcalino, accompagnata dalla scomparsa del ferro ferroso e dalla apparizione del ferro ferrico, va interpretata, seguendo niente altro che la linea delle esperienze, nel senso che il ferro ferroso ha ridotto in ambiente alcalino l'NO ad N₂O, secondo l'equazione:



Tale reazione prova che anche nel passaggio, che si effettua in ambiente alcalino, dagli eptasali $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]\text{R}'$ ai tetrasali $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]\text{R}'_2$, nel quale si ha separazione di un atomo di ferro come Fe²O³ e di un atomo di azoto come N₂O, si è verificato, limitatamente ad una parte della molecola, lo stesso processo di riduzione e d'ossidazione.

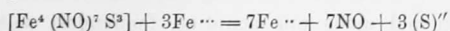
Eseguito delle demolizioni, tanto degli epta che dei tetranitrosolfuri in ambiente acido, noi possiamo ottenere non più miscugli di NO e di N₂O, come normalmente si ottengono, ma tutto NO o tutto N₂O purchè con opportuni agenti si influenzi la decomposizione della complessa molecola e si venga quindi ad alterare l'assestamento finale dei vari gruppi che si distaccano.

Lo stesso Roussin (1) si accorse che trattando gli eptasali con ossidanti (Iodio e Cu SO₄), tutto l'azoto contenuto in essi si svolgeva allo stato di NO. Più tardi Rosenberg (2) ha per l'appunto dosato l'azoto degli eptasali allo stato di NO, trattando quelli con solfato di rame. Recentemente Cambi (loc. cit.) ha confermato questa azione ossidante esercitata dal solfato di rame e per di più ha provato che anche il solfato ferrico si comporta ugualmente (3). Noi possiamo aggiungere che anche il tetrasale $[\text{Fe}^2(\text{NO})^4\text{S}^2]\text{K}^2$,

(1) Annal. de chim et de phys. [3] 52, 285 (1858).

(2) Berichte 3, 312 (1870).

(3) L. Cambi, a pag. 206 della sua ultima Nota (loc. cit.), rappresenta questa ossidazione nel modo seguente:



la quale equazione esprime per l'appunto che l'anione $[\text{Fe}^4(\text{NO})^7\text{S}^3]$ è capace di ridurre

come logicamente doveva aspettarsi, sotto l'influenza degli ossidanti suddetti, cede tutto l'azoto sotto forma di NO, ed in generale può dirsi che per azione anche di altri ossidanti, come ad esempio il persolfato potassico, l'azoto dei nitrosolfuri si svolge tutto come NO.

Se al contrario si sottopongono tanto gli epta che i tetrasali ad opportune azioni riducenti, come ad esempio con acido ipofosforoso a caldo, nel gas svoltosi non si nota più NO, ma solo N₂O.

Dai quali fatti ben vedesi la facilità con la quale l'azoto può presentarsi sotto una forma o l'altra di ossidazione, a seconda delle varie condizioni in cui si compiono le demolizioni.

Per concludere, a noi sembra che l'insieme di tutti i fatti osservati ben si accordi con la forma ferrosa degli atomi di ferro contenuti nei nitrosolfuri. A sostegno di ciò vogliamo anche da ultimo ricordare uno dei numerosi metodi di genesi degli eptasali. Lo stesso Roussin, ed altri autori successivamente, hanno preparato il sale $[\text{Fe}^4(\text{NO})_7\text{S}^3]\text{K}$, saturando dapprima una soluzione di solfato ferroso con biossido di azoto NO. (ottenendo in tal modo quella nota soluzione bruno intensa, dalla quale scacciando opportunamente l'NO può di nuovo isolarsi il sale ferroso). Orbene, per aggiunta di solfidrato potassico a questa soluzione di NO nel solfato ferroso, riscaldando, si giunge all'eptasale potassico. Riesce ben difficile l'ammettere in tali condizioni il passaggio del ferro allo stato ferrico, passaggio che non potrebbe essere effettuato che dall'NO, se questo però non si trovasse di fronte al solfidrato potassico, di cui è ben nota la forte azione riduttrice tanto sul ferro ferrico che sugli ossidi dell'azoto; a proposito dei quali ultimi va rammentato che basta infatti scaldare una soluzione di solfidrato con una di nitrato-alcalini per avvertire subito sviluppo d'ammoniaca.

tre atomi di ferro, da ferrici allo stato ferroso. Ma il Cambi soggiunge che la produzione di sette molecole di NO è necessariamente collegata con la formazione di sette ioni ferrosi. Ciò però va interpretato nel senso che i tre atomi ferrosi, che sono stati ridotti dall'anione suddetto, si sono sommati ai quattro atomi ferrosi preesistenti nella molecola degli eptasali, formando in complesso sette ioni ferrosi.