Intorno alla pretesa fusione del carbonio ottenuta da O. Lummer

Osservazioni critiche e nuove esperienze.

DI M. LA ROSA.

Nei primi giorni dell'anno 1914 molta parte della stampa politica internazionale annunciava colla solennità dei grandi avvenimenti la conquista dello stato liquido del carbonio.

Autore della scoperta sarebbe stato un tedesco, il Professore O. Lummer dell'Università di Breslau, il quale era riuscito a portare dinanzi a un grande pubblico la interessante esperienza.

Parecchi mesi dopo la diffusione di queste prime notizie, e proprio allo scoppio della grande guerra, i risultati del Lummer vennero diffusamente esposti in una monografia ¹⁾.

1. — Punto di partenza delle ricerche del Lummer è stato uno studio sulla temperatura dei crateri dell'arco, sotto condizioni varie di intensità di corrente, di lunghezza dell'arco, e di pressione ambiente.

Fra altri fatti, fu trovato in questo studio che, alla pressione normale, la temperatura del cratere positivo resta costante (4200° A) allorchè l'intensità della corrente e la lunghezza dell'arco variano dentro limiti molto ampi (da 10 a 68 amp. e da 1 a 19 mm. rispet.); che quella del cratere negativo è invece variabile, ed è più bassa della prima.

Fu trovato che la temperatura del cratere positivo varia col variare della pressione del gas ambiente, e precisamente nello stesso senso di questa e che questa variazione diventa specialmente notevole a pressioni piuttosto basse; conformemente a quanto si conosceva.

¹⁾ *Verflüssigung der Kohle und ecc.* von Dr. O. Lummer-Fr. Vieweg. Braunsch. luglio 1914.

Fu trovato che la superficie del cratere positivo acquista una specie di stato pastoso quando si fa avvenire una diminuzione di pressione relativamente piccola a partire dalla normale; che tale superficie acquista lo stato di liquido scorrevole, con l'intensità normale delle lampade ad arco, quando la pressione ambiente viene ridotta a una atmosfera circa, e che per ulteriori abbassamenti di pressione questo stato di liquido scorrevole scompare di nuovo; poichè il cratere torna a diventare sempre più pastoso, per riprendere finalmente lo stato solido.

Speciale attenzione venne rivolta allo studio particolareggiato delle condizioni in cui lo stato liquido veniva raggiunto; e fu trovato che esso può presentarsi sotto tutte le pressioni comprese tra $\frac{1}{8}$ e 2 atmosfere, adattando convenientemente l'intensità della corrente. In generale lo stato liquido compare con intensità di correnti più piccole di quelle corrispondenti alle condizioni di regime dell'arco.

Fu trovato infine che quando lo stato liquido si presenta, mercè graduale abbassamento della pressione, la temperatura del cratere positivo, decrescente durante l'abbassamento, torna a crescere.

Questi ultimi fatti, che appaiono molto interessanti, hanno bisogno di un corredo di prove che si cerca invano nelle 140 pagine della monografia del Lummer. La necessità di addurre delle prove indiscutibili intorno all'esistenza reale della fase liquida del carbonio si è imposta alla mente dell'A., ma egli ha creduto di rispondere in modo più che esauriente invocando la semplice testimonianza dei suoi occhi.

Ecco infatti quello che egli scrive al riguardo:

(§ 19, pag. 73, — « In verità a chi ha veduto il fenomeno con un cannocchiale di debole ingrandimento questa questione (cioè quella di vedere se si possa veramente affermare l'esistenza di un liquido sulla superficie del cratere) appare quasi comica, così come, se ad un fabbricante di colori venisse domandato perchè egli vede bianco *il bianco* e rosso *il rosso*.

Fintantochè il cratere è solido, esso sembra come una superficie rischiarata a luce diffusa, su cui crepacci e fessure si rivelano come plaghe oscure fisse, simile al disco lunare con i suoi crateri ed i suoi crepacci. Nello stato fluido, al con-

trario, il cratere appare come coperto da uno stagno gorgogliante e ribollente, nel quale nuotino di qua e di là dei *pesci*, simiglianti a perle brillanti. Tosto che il cratere da liquido ritorna allo stato solido, la superficie riprende l'aspetto rigido e morto.

« Quando si produce il fenomeno di fusione, si vede lì dove l'arco provoca la fusione, il liquido colare, ed egualmente spandersi, finchè ricopre tutto il cratere. Sotto certe pressioni si può osservare anche un fluido pastoso con un aspetto ondulato. Si può pure in modo unico concludere per la presenza di un vero liquido allorchè si forma una sottile crosta solida (*Eiskruste*) su singoli posti della superficie..... ».....

L'argomento capitale di tutta la discussione in fondo è questo:

Secondo l'impressione che abbiamo ricevuto, in certe condizioni il cratere ha l'apparenza di una cosa morta, in altre la scena morta si anima, qualche cosa di mobile si presenta; si vedono delle macchiette luminose che corrono di qua e di là, che hanno l'apparenza di pagliuzze, di *pesci*, — come le chiama l'A. nuotanti in uno stagno liquido.

Di argomenti invocati per respingere il dubbio che possa trattarsi di fatti illusori ve ne è qualcuno come questo. La presenza di un liquido si deve necessariamente ammettere, per potere spiegare il movimento dei *pesci*; oppure come quest'altro: Poichè la crosta non è solidamente saldata al bordo del cratere, allora per potere negare l'esistenza del liquido, si dovrebbe ammettere che essa penda dall'aria. Ma simili argomenti non meritano peso alcuno. I *pesci* nuotanti e la crosta possono essere infatti illusori; la loro esistenza non è in alcun modo controllata, epperò l'affermazione dell'esistenza del liquido ha lo stesso valore di quella dell'esistenza dello stagno, dei *pesci*, e delle altre cose che allietano la scena descritta dal Lummer.

Non mi dilungherò a discutere tutto quanto l'A. scrive a riguardo dei « *pesci* » e dei « *favi* », della loro origine e parentela; della forma ecc., come della natura, dello stato di aggregazione e del movimento dei primi.

Si tratta sempre di fatti per noi privi d'importanza, poichè se anche venissero riguardati come esatti non portano la prova più piccola intorno alla fusione del carbonio.

Sarebbe piuttosto interessante, nella mancanza di una prova diretta qualsiasi intorno alla reale presenza della fase liquida, sottoporre ad una discussione minuziosa le condizioni in cui la fusione, secondo il Lummer, sarebbe stata osservata, per convincersi bene almeno della verosimiglianza del risultato.

Però l'A. — che pure è così largo nel riportare dati numerici estesi sulla parte del lavoro che si riferisce allo studio dell'irraggiamento e alla misura delle temperature di varie sorgenti, e su altre parti assai meno importanti — non ci dà che pochissime notizie e troppo sommarie intorno a queste condizioni. Solo poche indicazioni di carattere qualitativo e pochissimi numeri, insufficienti — secondo me — a dare un'idea precisa dei fenomeni che accompagnano la fusione. Essi sono riportati quasi incidentalmente nel § 30 dedicato alla curva della temperatura del cratere positivo sotto pressioni minori dell'atmosferica.

Benchè l'A. dica a pag. 125 che « nell'intervallo di pressione da circa $\frac{1}{5}$ fino ad 1 atm. lo splendore superficiale (e per ciò la temperatura) del cratere che evapora allo stato solido è *sempre* più piccolo di quello (e per ciò della temperatura) del cratere fluido o pastoso », si ricava dai numeri della tab. IX di pag. 124 (e dal diagramma della fig. 44 di pag. 125, le sole indicazioni quantitative che la monografia contiene intorno ai fenomeni termici che accompagnano la fusione) che in questo stato si possono avere temperature uguali o più piccole di quelle presentate dal cratere solido.

Così per es. quando l'arco si trova alla pressione di 35 cm. (della serie ascendente) il cratere positivo *liquido* ha uno splendore che è 94/100 di quello del cratere *solido* a la pressione di 75 cm. Così pure il cratere liquido a la pressione di 45 cm. ha lo stesso splendore del cratere *solido* a la pressione di 68 cm.

Nel primo caso il cratere liquido possiede la temperatura di 4170° A, mentre quella del cratere solido è di 4200°; nel secondo il cratere liquido possiede quasi la stessa temperatura del solido.

Il primo fatto si può spiegare in due modi:

a) ammettendo che l'aumento di pressione di 35 a 75 cm. di Hg. faccia elevare il punto di fusione di 30° o più;

b) ammettendo che la tensione di vapore cresca rapidamente con la temperatura, tanto che elevando questa di 30° circa, la tensione che era 35 cm. diventa più grande della pressione atmosferica, sicchè il corpo sublima senza fondere.

Il secondo fatto può spiegarsi soltanto con la prima ipotesi, essendo il solo cambiamento di pressione che provoca il ritorno dallo stato liquido al solido.

Ora non voglio dire che sia proprio impossibile ammettere che nel caso del carbonio i mutamenti di pressione possano talmente influenzare il punto di fusione, da provocare uno innalzamento di circa 1° per ogni aumento di pressione di 1 cm. di Hg, ma si deve convenire che sarebbe questo un comportamento eccezionale rispetto a quanto conosciamo sulla misura dell'effetto presentato dagli altri corpi.

E più anormale appare il comportamento del carbonio se teniamo conto delle esperienze del Lummer a temperature e pressioni più elevate.

L'A. infatti sostiene di avere condotto questo corpo a temperature maggiori di 6000°, producendo l'arco in ambienti a pressioni via via più grandi, e riferisce che lungo tutta questa scala di temperatura il carbonio non fonde più ma sublima.

Questo vorrebbe dire che ad ogni innalzamento di pressione dovrebbe corrispondere un innalzamento del punto di fusione, più grande dell'aumento di temperatura che occorre affinché la tensione di vapore possa eguagliare la nuova pressione; cioè dovrebbe essere il $\frac{dt}{dp}$ per il liquido più grande della quantità analoga per il vapore.

Di fronte alla insufficienza delle prove in favore della fusione, ed alle difficoltà che questo fatto farebbe sorgere intorno al modo di comportarsi del carbonio, ho creduto utile di ripetere le esperienze del Lummer, tanto più che ero fortemente indotto a dubitare dell'esattezza della loro interpretazione, dai precedenti studi di altri autori e miei sulla fusione di questo corpo, studi che danno ragione di escludere che il carbonio possa avere il punto di fusione a le temperature che si raggiungono nell'arco voltaico.

Ho adoperato, a tal fine, la stessa disposizione sperimentale di cui mi sono servito nelle mie ricerche sulle trasformazioni dell'arco a pressioni decrescenti e più piccole dell'atmosferica ¹⁾. Ho disposto la lampada ad arco sul piatto di una campana pneumatica fornito di due condutture elettriche indipendenti; una delle quali fa agire il regolatore, l'altra serve all'alimentazione dell'arco.

La campana di rame, fornita di anello a vite che si adatta sul piatto, porta due finestre a 90° l'una dall'altra. I carboni sono disposti in modo che il cratere positivo, completamente libero, resti affacciato ad una delle due finestre, ed è visto perciò di profilo dall'altra.

Avanti a ciascuna finestra ho disposto un obbiettivo da proiezione, ed ho osservato le due immagini del cratere, sia raccogliendole su schermi di gesso, sia facendole cadere direttamente sopra un oculare provveduto di opportuni vetri colorati. Mettendo bene al punto l'immagine del cratere, e badando che l'arco stia fermo, si vedono facilmente « i pesci » e tutta la scena descritta dal Lummer. Si scorgono tante macchioline a forma di poligoni pressochè regolari, spesso esagonali, che spiccano in chiaro sul fondo luminoso del cratere. Esse sono in continua agitazione e molto spesso appaiono animate da un moto progressivo, che le fa assomigliare ad uno sciame d'insetti, o ad una frotta di pesci.

Esse si presentano meglio distinte quando la pressione sotto cui l'arco accende è più piccola dell'atmosferica, e l'arco non è troppo corto. Però abbassando la pressione al di sotto di una mezza atmosfera (il valore limite della pressione dipende dall'intensità di alimentazione e dalla lunghezza dell'arco) scompaiono, mentre si nota che il cratere dell'arco diventa più esteso, meno nettamente delimitato, ed assai meno luminoso. In queste condizioni si comincia a preparare un mutamento di forma della scarica, la quale tende a perdere sull'anodo i caratteri dell'arco comune, per prendere quelli del bagliore.

A pressioni più elevate « i pesci » di Lummer si presentano sempre assai facilmente, anche quando l'arco è alimentato

¹⁾ *Rend. Lincei*, s. 5.^a vol. XXI, 1912.

da intensità uguali o più grandi (contrariamente a quanto afferma il Lummer) di quelle di regime per le lampade comuni.

Ho notato però, che la qualità dei carboni ha una certa influenza sul fenomeno; si prestano meglio i carboni più compatti, e di aspetto più grafítico. Un altro particolare interessante è questo: i carboni nuovi non danno subito al momento dell'accensione il fenomeno in parola; a differenza di quanto avviene per i carboni già adoperati, specialmente se da poco tempo.

È fuori di dubbio che questi « pesci » sono delle pagliuzze di grafite allo stato *solido*, come lo stesso Lummer riconosce. È cosa troppo nota, e da non breve tempo, che l'estremità dei carboni su cui si formano i crateri, e specialmente quella del carbone positivo, si trasformano lentamente in grafite.

Ora nel cratere positivo, quando la pressione non è bassa, avviene continuamente una vera desquamazione; i cristallini di grafite, che come si sa sono tavolette esagonali, si staccano in parte dal carbone, vengono sollevati e fortemente riscaldati dalla base della colonna positiva, raggiungono una temperatura più elevata del cratere stesso, poichè non perdono più calore per conduzione. Esse *spiccano per ciò in chiaro* sul fondo già tanto luminoso del cratere.

La presenza di queste pagliuzze solide a temperatura più alta della superficie del cratere ed alla stessa pressione basta da sola a smentire l'opinione del Lummer sullo stato liquido del carbone nel cratere.

Osservando attentamente il fenomeno, ci si persuade facilmente che il movimento di agitazione da cui queste pagliuzze sono animate ha delle cause ben diverse dal fluttuare nello stagno liquido immaginato dal Lummer.

Queste pagliuzze restano attaccate per qualche lembo al cratere, e trovandosi in una atmosfera tanto agitata, come deve essere la colonna positiva dell'arco, e dando esse stesse abbondante vapore, tanto vero che rapidamente si consumano, sono costrette a sventolare incessantemente, finchè si consumano, si perforano e finiscono per trasformarsi in vapore, lasciando il posto alle nuove sottostanti, che nel mentre sono venute formandosi.

Seguendo per un po' di tempo l'immagine del cratere sullo schermo di gesso, non si può conservare dubbio sulla vera natura dell'interessante fenomeno. Ma a togliere ogni *scrupolo* provvede benissimo l'osservazione del *profilo* del cratere.

Basta aspettare che il cratere capiti in posizione opportuna per vedere l'agitarsi vivace di tutte queste squammette, sospese nella colonna luminosa, ma ancora trattenute per qualche punto sul carbone. Spesso si riesce a vederne qualcuna staccarsi completamente, e venire travolta rapidamente dalla colonna di vapore che si solleva dal cratere.

Finchè l'arco è perfettamente immobile, o per dir meglio, finchè la posizione del cratere positivo si mantiene veramente invariabile sul carbone, « i pesci » del Lummer sono animati *da questo solo movimento*.

Appena il cratere comincia a viaggiare (ciò che è più frequente nell'arco) lo sciame di farfalle (chiamiamole così per imitare il linguaggio immaginoso) si mette in viaggio. Però questo moto d'insieme delle pagliuzze di grafite — come si prevede facilmente — è semplicemente illusorio.

L'arco in viaggio, forma sulla sua via nuove pagliuzze, le solleva, le illumina e le agita, mentre ne abbandona altre che tornano nell'oscurità e nella quiete. Ogni pagliuzza nasce, si agita e finisce pressochè allo stesso posto; di moto progressivo lungo la superficie del cratere non vi è traccia.

Quando il cratere dell'arco viaggia troppo rapidamente, p. es. quando l'arco imprende a girare, il fenomeno dei « pesci » non si osserva più.

Si osserva difficilmente anche quando il movimento non è rapido, se i carboni sono nuovi e l'arco è acceso da recente. La ragione del primo fatto è troppo ovvia, e collima con le osservazioni precedenti; la ragione del secondo è pure evidente: sui posti che non sono stati toccati dall'arco le laminette di grafite mancano, e se l'arco vi passa sopra rapidamente non hanno tempo di prodursi e di staccarsi.

Oltre a questi fenomeni nulla di nuovo mi è riuscito di constatare alla superficie del cratere. Nella regione più esterna (come molte altre volte è stato osservato da tutti coloro che hanno avuto un po' di familiarità con l'arco) si vedono sorgere

delle sferule, che sembrano gocce di liquido, che sono talvolta veramente goccioline di carburi, ma che più spesso — secondo me — sono bolle di vapori, di sostanze più volatili del carbonio, che vengono spinte fuori dalle regioni marginali del cratere e che si ricondensano appena venute fuori dal carbone a causa della temperatura più bassa che essi trovano.

Quando l'arco è molto tranquillo accade spesso di osservare sulla immagine della superficie del cratere, un cambiamento ben distinto dal moto di agitazione delle pagliuzze. Questa superficie non è uniformemente illuminata; su essa si vedono le pagliuzze che si agitano, i favi, e molte rugosità, vere figure di erosione, che risultano dalla desquamazione e dall'evaporazione del fondo del cratere.

Ora, nelle condizioni a cui alludo, queste figure di erosione, si vedono deformarsi e dissolversi e come muoversi sulla superficie del cratere, proprio come le nuvole sopra un cielo parzialmente coperto, ciò che dà fedelmente l'impressione di un liquido viscoso che si spande sulla superficie, colando qui in lenti rivoletti, corrugandosi altrove come uno strato di pasta.

Studiando attentamente il fenomeno, ho osservato che questa apparenza si produce quando l'arco oltrepassa una certa lunghezza, e tutte le volte che il cratere invece di essere ben normale all'asse dell'arco, e ben riparato nella massa del carbone, comincia a vagare e si forma di preferenza sulla superficie laterale dell'elettrodo; insomma allorchè l'arco invece di essere direi quasi annidato e riparato fra i due carboni, è molto esposto alle correnti convettive esterne.

In tali condizioni le nubi di vapore che s'innalzano dal cratere vengono rapidamente portate via, e l'evaporazione diviene forse più rapida.

Sono appunto i movimenti di queste dense colonne di vapore che producono l'apparenza descritta.

Che ci sia veremente uno stratarello di liquido sulla superficie del cratere si può escludere, proprio in base alla presenza dei « pesci » del Lummer. Il moto rapido di agitazione delle pagliuzze sarebbe infatti manifestamente impossibile, se esse fossero immerse in uno stratarello di liquido viscoso.

Anche l'esame microscopico del cratere fatto appena spento l'arco lascia escludere nettamente l'ipotesi della fusione.

La superficie del cratere è tutta tappezzata da una moltitudine di squammette di grafite, a contorni *irregolari*, e lucenti. Esse non appaiono saldate l'una con l'altra, o col carbone sottostante, e formano come una polvere incoerente deposta sull'elettrodo. In nessun punto si trova traccia di superfici lisce e compatte, di sferulette, o un altro segno qualsiasi che faccia pensare alla fusione. L'aspetto di questo strato di grafite, per questo riguardo, è profondamente diverso da quello presentato dalla grafite che si formava p. es. nelle mie esperienze coll'arco musicale ¹⁾.

Possiamo dunque bene concludere da tutti questi fatti che il carbone, nel cratere positivo dall'arco è certamente allo stato *solido*; a quella temperatura esso subisce veramente una trasformazione: il passaggio dallo stato amorfo al cristallino; e se vogliamo adottare le vedute di Tamann potremo dire bene che esso subisce un cambiamento di stato, ma passa dallo stato di *liquido* sopra raffreddato allo stato *solido*.

La prova diretta della fusione che il Lummer credette di avere conquistato, e che con tanta solennità annunziò, si riduce dunque ad una semplice illusione.

Caduta così questa prova del vedere immediato, nulla resta nelle ricerche del Lummer che possa dare un lontano contributo intorno alla fusione del carbonio.

E del resto sono profondamente convinto che non è presunzione da parte mia l'affermare che questo problema ha già ricevuto la sua soluzione.

Le mie ricerche su questo argomento hanno raggiunto la meta. E non credo affatto che si possa affermare che si tratta di semplici prove indiziarie, come il Lummer si è compiaciuto di chiamare i miei risultati, nell'esame critico dei lavori anteriori sull'argomento; esame che appare troppo superficiale, e per la parte che mi riguarda, incompleto.

Dei fatti sperimentali che furono da me addotti in sostegno delle mie conclusioni è stato interamente taciuto quello che a

¹⁾ *Nuovo Cimento*, S. V., vol. 18.º, agosto 1909.

me sembra di un valore dimostrativo indiscutibile: la presenza di spruzzi di grafite sopra la capsula di porcellana, nelle esperienze di fusione per mezzo dell'effetto Joule.

Vale la pena di ricordare quest'esperienza ¹⁾. Riscaldando per alcuni minuti un bastoncino di carbone (mm. 2 di diametro) al calore bianco, e poi lanciando attraverso di esso una corrente molto intensa in modo da provocarne l'esplosione, si ottenevano sulle pareti della capsula di porcellana che copriva il filamento, delle macchie grige lucenti, circondate da un'aureola nera e priva di splendore, da cui s'irradiavano delle linee grigio-brune sbiadite. La parte centrale di ogni macchia risultava costituita da laminette di grafite minutissime e lucenti che per l'aspetto nulla avevano di comune con i soliti depositi di carbone ottenuti per sublimazione. L'aureola nera che circondava ogni macchia appariva invece identica a questi depositi; risultava cioè di uno strato di polvere tenuissima di carbone, punto aderente alle pareti, dotata dei caratteri del nero-fumo.

La presenza di queste macchie di forma irregolare, di diametro variabile e spesso grandi circa un centimetro sparse qua e là a caso nella regione affacciata al bastoncino non può altrimenti spiegarsi che pensando a qualche cosa che sia spruzzata, e rimasta attaccata alle pareti. Questo qualche cosa che aderiva così fortemente da richiedere uno strofinio energico e prolungato per venir via, e che lasciava quasi sempre tracce apprezzabili alle pareti, non poteva essere che allo stato liquido. Un corpo anche molto pastoso non avrebbe potuto per il semplice urto contro la parete, distendervisi al punto da formare strati sottilissimi, spesso dotati dei colori d'interferenza e di 10 mm. di diametro, anche se vi fosse stato spinto con velocità molto grande. Era dunque del carbone liquido, che schizzando dal bastoncino rovente si attaccava alle pareti e vi solidificava sotto forma di grafite, mentre il vapore che da esso si svolgeva, nell'atto in cui si avvicinava alle pareti si depositava sotto forma di nero-fumo.

Su questo modo d'interpretare non mi sembra che si possa elevare dubbio alcuno. Nè gioverebbe invocare la presenza di

¹⁾ *Nuovo Cimento*, S. V, vol. 20.^o, pag. 302, 1910.

impurezze, per ammettere la formazione di composti più fusibili del carbonio, che avrebbero potuto dare le macchie osservate.

Nel mio lavoro ho detto delle cure prese per la purificazione dei bastoncini di carbone sottoposti alle esperienze, mercè le quali fu possibile ridurre questi bastoncini allo stesso grado di purezza del carbone di zucchero. È qui posso aggiungere che dalle nuove prove che ho appositamente fatte hanno nettamente dimostrato che la presenza delle impurezze *nuoce* alla buona riuscita delle esperienze, perchè adoperando bacchette non purificate *gli spruzzi sulle pareti non si possono ottenere*.

Non è difficile intendere la ragione di questo curioso risultato.

Le impurezze sparse qua e là nella massa del carbone formano dei composti fusibili, sicchè il bastoncino acquista in certi punti una pastosità notevole a temperatura non molto elevata. Esso perciò si rompe prima che la temperatura abbia potuto raggiungere il valore occorrente per fluidificare bene la massa.

Se il Lummer avesse riferito e discusso nella sua introduzione questa esperienza non avrebbe potuto scrivervi sotto, come suo giudizio sintetico, che le prove da me addotte erano soltanto indiziarie. Il grande rilievo che egli ha dato al suo lavoro ne avrebbe però sofferto! — Nè questo è tutto. Altri fatti di quelli da me riferiti meritavano bene l'onore di alcune righe di discussione, prima di venire relegati nel fascio delle prove indiziarie.

Così il fatto della formazione di massecole di grafite molto compatte, da granellini piccolissimi di polvere di carbone, di zucchero, sotto l'azione dell'*arco cantante*, avrebbe dovuto dargli motivo a riflettere ¹⁾.

Milioni e milioni di granuli originari di carbone venivano — senza l'intervento di pressione alcuna — agglutinati fortemente insieme dalla scarica, e trasformati in grafite, senza che nella massa rappresa ottenuta dopo l'esperienza, apparisse

¹⁾ *Nuovo Cimento*, vol. 18.^o, l. c.

all'esame microscopico, traccia alcuna dei contorni dei granuli primitivi. E ciò quando il contenuto d'impurezze impigliato ancora nella massa era inferiore a 0.05 % (più piccolo di quello del carbone originario 0.08 %) per il processo di auto depurazione che ha luogo a queste alte temperature) cioè quando il contenuto delle impurezze era così esiguo da non lasciar credito al sospetto che esse potessero servire alla formazione di un composto più fusibile, capace di cementare i singoli granuli. Lo sviluppo enorme della superficie dei granuli avrebbe richiesto quantità grandi di questo cemento, ed a ciò certamente non poteva bastare la traccia d'impurezze contenute nel carbone. E poi, in ogni modo, l'esame microscopico, sotto forti ingrandimenti, fatto illuminando il preparato dal di sopra, non lasciò mai scorgere il più piccolo *segno di eterogeneità nelle massecole di grafite ottenute*, la più piccola traccia di una *struttura a granuli tenuti insieme da un cemento*.

Sulla fede di questi fatti, e degli altri che nei miei lavori sono esposti, analizzati, discussi, vagliati, e in tutti i modi da me stesso assoggettati ad una critica implacabile venni nel convincimento che nelle condizioni in cui io lavoravo *il carbonio raggiunge effettivamente lo stato liquido*.

E questa conclusione credo ancora di potere sostenere con la più salda convinzione, rileggendo i miei lavori ed i miei appunti, con quella maggiore serenità di mente, e con la più larga esperienza che gli anni trascorsi hanno potuto portarmi.