Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
*Memorie di Scienze Fisiche e Naturali*
132° (2015), Vol. XXXVIII, Parte II, pp. 217-227

FRANCO CALASCIBETTA*

# Uno sviluppo della legge di azione di massa. Fritz Haber e la sintesi dell'ammoniaca dagli elementi

**Abstract** – There were many lines of research that, in the decades straddling the nineteenth and twentieth century, developed from the law of Guldberg and Waage. Among them, of particular importance were those that were able to demonstrate the feasibility of the production of ammonia from hydrogen and nitrogen elemental. The optimization of this reaction on an industrial scale since then yields among other possible the realization of intensive agricultural crops, able to feed the ever-increasing world population. The article mentioned the events and scientists that led to this result, in particular concerning the contradictory and controversial figure of the German chemist Fritz Haber.

**Riassunto** – Molte furono le linee di ricerca che, nei decenni a cavallo tra XIX e XX secolo, si svilupparono a partire dalla legge di Guldberg e Waage. Tra esse di particolare rilievo furono quelle che riuscirono a dimostrare la fattibilità della produzione di ammoniaca a partire da idrogeno ed azoto elementari. L'ottimizzazione su scala industriale di tale reazione da allora rese tra l'altro possibile la realizzazione di coltivazioni agricole intensive, in grado di nutrire la sempre crescente popolazione mondiale. Nell'articolo vengono ricordati gli avvenimenti e gli scienziati che portarono a tale risultato, soffermandosi in particolare sulla figura contraddittoria e controversa del chimico tedesco Fritz Haber.

## *Introduzione*

L'ammoniaca è una delle sostanze inorganiche più abbondantemente prodotte dall'industria chimica. La sua produzione mondiale nel 2010 è stata ad esempio di circa 160 milioni di tonnellate. Tale notevolissima produzione è dovuta all'impor-

* Dipartimento di Chimica, Università degli studi di Roma «La Sapienza».
E.mail: franco.calascibetta@uniroma1.it

tanza che essa ha nella preparazione soprattutto di fertilizzanti, ma anche di altre materiali quali fibre, plastiche, esplosivi etc.

L'ammoniaca viene sintetizzata tramite reazione diretta tra azoto ed idrogeno elementari. Il processo industriale più utilizzato è quello denominato in genere Haber-Bosch e venne inizialmente messo a punto in Germania negli anni immediatamente precedenti la prima guerra mondiale. La sua realizzazione e la sua ottimizzazione furono possibili grazie a una serie di conoscenze teoriche e di progressi tecnologici che si erano andati sviluppando negli ultimi decenni del XIX secolo a partire dall'enunciazione della legge di azione di massa da parte dei due scienziati norvegesi Cato Maximilian Guldberg (1836-1902) e Peter Waage (1833-1900) nel 1864.

Nell'articolo illustreremo i vari passaggi e personaggi fondamentali per la ideazione e la realizzazione del metodo.

*La necessità di composti azotati*

Per contestualizzare meglio l'interesse dei chimici per la preparazione di composti azotati quale si determinò alla fine del XIX secolo, prendiamo in esame un celebre discorso che William Crookes (1832-1919), all'epoca Presidente della British Association for the Advancement of Science tenne in occasione dell'assemblea dell'associazione svoltasi a Bristol il 7 settembre 1898 [3]. Egli esordì affermando di voler parlare di un tema, quello della quantità di cibo necessaria a sfamare la popolazione mondiale, quanto mai importante nel presente ma che sarebbe diventato questione di vita o di morte per le generazioni a venire. Le argomentazioni che si accingeva a presentare potevano suonare come allarmistiche, pure si basavano su fatti incontestabili. Esse mostravano che tutte le nazioni civili rischiavano in un vicino futuro di non avere cibo a sufficienza.

La popolazione dell'Inghilterra e delle altre nazioni europee era più che triplicata durante il XIX secolo. Invece le aree di terreno arabile erano aumentate ben poco. Era stato necessario aumentare la resa per ettaro attraverso l'uso di fertilizzanti importati. Come noto, i cereali, come il grano, il mais, etc. impoveriscono il terreno dei suoi elementi essenziali, fra i quali l'azoto. L'azoto nel terreno deve quindi essere ripristinato. In passato ciò era attuato per mezzo della rotazione delle colture e dello spargimento delle deiezioni animali.

La rotazione delle colture implicava l'uso delle piante leguminose, in grado di catturare l'azoto dall'aria. Esse restituivano l'azoto al terreno, ma la loro coltivazione diminuiva le aree da dedicare alla produzione di cereali, più redditizi per l'alimentazione. Lo spargimento delle deiezioni animali riportava nel terreno solo una parte dell'azoto prima sottratto. Con la crescita della popolazione delle città quasi tutto l'azoto veniva perso in fognature o latrine e non restituito al terreno.

Già all'epoca in cui Crookes pronunciava tale discorso in Inghilterra si doveva ricorrere a fonti di azoto supplementari. In parte, come vedremo nel prossimo para-

grafo, si ricavava ammoniaca come sottoprodotto della trasformazione del carbone in coke, ma in quantità del tutto modesta. In aggiunta, migliaia di tonnellate di azoto erano importate dai depositi di guano delle isole al largo del Perù e dai giacimenti di nitrati in Cile. Questa era però una risorsa destinata a sparire in qualche decina di anni. Ciò avrebbe inevitabilmente determinato grave penuria di cibo.

Dopo questo quadro apocalittico Crookes dava però la sua personale via d'uscita: era la chimica che doveva far fronte a tale minaccia, era a questa disciplina che occorreva rivolgersi per risolvere il problema, trasformando la penuria in abbondanza.

*Metodi per fissare l'azoto*

In altri termini la chimica avrebbe dovuto trovare la maniera di portare attraverso opportune reazioni l'azoto atmosferico nel ciclo alimentare. In effetti diverse furono all'epoca le strade tentate per trasformare l'azoto atmosferico in composti azotati. Le elenchiamo qui di seguito [9].

– Recupero di sottoprodotti della produzione di coke.

Circa l'1% del carbone consiste di composti azotati, residuo delle proteine animali e vegetali da cui il carbone si è formato geologicamente. Nella produzione di coke il carbone è scaldato in assenza di aria. Se ciò veniva effettuato in adatti forni che prevedessero il recupero dei gas liberati, circa il 15% dell'azoto presente poteva essere ottenuto sotto forma di ammoniaca. Questo copriva però, come scritto sopra, solo una piccola parte delle necessità di azoto.

– Processo della calciocianammide.

Adolph Frank (1834-1916) e Nikodem Caro (1871-1935) nel 1898 brevettarono un processo in tre stadi che passava attraverso la calciocianammide ($CaCN_2$):

$$CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO$$
$$CaC_2 + N_2 \rightarrow CaCN_2 + C$$
$$CaCN_2 + 3H_2O \rightarrow CaCO_3 + 2NH_3$$

Questo metodo per la preparazione dell'ammoniaca ebbe per un certo numero di anni una diffusione industriale; esso però richiedeva molta energia soprattutto per il primo passaggio, la produzione di carburo di calcio.

– Reazione tra $N_2$ e $O_2$ con produzione di NO.

Questo approccio fu tentato tra l'altro dal chimico fisico Walther Hermann Nernst (1864-1941) che lo diede come argomento di ricerca a Irving Langmuir (1881-1947), chimico statunitense che nel 1904 era andato a specializzarsi presso di lui. I due gas reagivano se messi a contatto con un filamento incandescente di platino. La temperatura doveva essere superiore ai 2000 °C. L'ossido nitrico prodotto doveva poi essere rapidamente raffreddato. Le rese nei migliori test effettuati non arrivarono comunque all'1%. Questo fece perdere a Nernst interesse sul proseguire

in questa strada che per diventare industrialmente utilizzabile richiedeva anch'essa grosse quantità di energia[1].

*Sintesi diretta dell'ammoniaca*

A fianco dei metodi sopra indicati quello di fissare l'azoto atmosferico facendolo reagire con l'idrogeno con produzione di ammoniaca certamente aveva il vantaggio di essere dal punto di vista termodinamico più favorevole a temperature basse; ciò avrebbe di per sé consentito di evitare insostenibili costi energetici. In base però al principio dell'equilibrio mobile enunciato nel 1884 [6] dal chimico francese Henry Louis Le Châtelier (1850-1936) la reazione, per essere spostata verso la produzione di ammoniaca, doveva essere condotta ad elevate pressioni e questo dal punto di vista della costruzione di impianti industriali poteva all'epoca costituire un grosso ostacolo. Tra i primi a tentare questa strada fu lo stesso Le Châtelier. Quando nel 1901 questi cercò di realizzarla praticamente, a causa della presenza di una piccola quantità di aria nella miscela dei reagenti, vi fu però un'esplosione, e questo spinse lo scienziato francese ad abbandonare la linea di ricerca [7].

Un altro celebre chimico Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) si cimentò nella sintesi dell'ammoniaca dagli elementi. Egli annunciò nel 1900 di essere riuscito a preparare ammoniaca da idrogeno e azoto ad alta temperatura e pressione, utilizzando un catalizzatore di ferro. La scelta della temperatura elevata, malgrado le considerazioni termodinamiche ricordate sopra, era fatta allo scopo di rendere adeguatamente veloce il processo, troppo lento malgrado la presenza di un catalizzatore. Ostwald presentò richiesta di brevetto e lo notificò ad una delle più importanti industrie chimiche tedesche, la BASF. La BASF immediatamente si accordò con Ostwald per esaminare il suo processo. Le indagini furono effettuate da un giovane ricercatore, Carl Bosch (1874-1940), che, come vedremo, sarà poi coinvolto nella realizzazione del processo denominato appunto Haber-Bosch. Questi nella sua relazione affermò però che l'ammoniaca che Ostwald aveva trovato non proveniva da azoto atmosferico, ma da contaminanti nel catalizzatore che era stato usato. Ostwald si adirò e rispose alla BASF che «*quando si affida il compito ad un chimico inesperto che non sa nulla, poi naturalmente nulla verrà fuori*». Egli alla fine si rese conto però conto che Bosch aveva ragione e ritirò la domanda di brevetto[2].

*Entra in campo Haber*

È a questo punto che si inserisce la ricerca di Fritz Haber (1868-1934). Questi era un chimico tedesco nato a Breslau (oggi Wrocław) da famiglia ebrea (non praticante). Si era convertito al cristianesimo nel 1892. Egli aveva studiato presso la

[1] [2], pag. 62.
[2] [2], pag. 87.

Technische Hochschule di Charlottenburg, presso Berlino, dove si era laureato nel 1891 in chimica organica. Attratto dalla chimica fisica aveva cercato successivamente in un paio di occasioni di essere accettato da Ostwald nel suo istituto, senza successo. Aveva comunque intrapreso la carriera universitaria divenendo assistente a Karlsruhe nel 1894. Si era sposato nel 1901 con Clara Immerwahr (1870-1915), anche lei laureata in chimica. La Immerwahr dopo aver ottenuto il dottorato a Breslau era divenuta assistente di un altro celebre chimico, Richard Wilhelm Heinrich Abegg (1869-1910)[3].

Nel 1904, Haber fu contattato dai fratelli Margulies, due chimici industriali di Vienna, che lo assunsero come consulente per studiare la sintesi dell'ammoniaca. Inizialmente egli esaminò l'equilibrio tra l'idrogeno e azoto a pressione atmosferica e a 1000 °C in presenza di ferro, come Ostwald aveva fatto, curando però di rimuovere l'ammoniaca appena formata. Ottenne una quantità piccola di ammoniaca, circa lo 0,0125%. Si rese conto che la sintesi avrebbe funzionato commercialmente solo ad altissima pressione e ad una temperatura più bassa; questo significava trovare un catalizzatore migliore del ferro. In conclusione fece ai fratelli Margulies un rapporto scoraggiante. Pubblicò comunque i suoi risultati nel 1905[4].

I dati pubblicati da Haber furono contestati da Nernst in quanto non si accordavano con quanto da lui previsto in base al suo «*teorema del calore*», come invece sembravano fare tutti i dati di altri equilibri esistenti in letteratura, che Nernst aveva esaminato a conferma del suo teorema. Nernst ed i suoi collaboratori avevano perciò replicato l'esperimento di Haber, trovando, nelle stesse condizioni, una resa di ammoniaca quasi concorde con le previsioni teoriche e decisamente più bassa (0.0032%) di quanto pubblicato da Haber.

Haber ricevette la lettera di Nernst e ripeté a sua volta l'esperimento stavolta in collaborazione con Robert Le Rossignol (1884-1976), un inglese proveniente dal laboratorio di William Ramsay. Il nuovo esperimento trovò un valore (0.0048%) sostanzialmente vicino a quello trovato sperimentalmente da Nernst[5]. Quest'ultimo tuttavia, quando i due si incontrarono ad Amburgo in un convegno nel maggio del 1907, attaccò Haber giudicando ancora errati i suoi dati, ipotizzando che le determinazioni di questi fossero errate perché si trattava di rilevare quantità troppo piccole e suggerendo di lavorare a pressioni più elevate per avere quantità maggiori, Concluse dicendo pubblicamente: «*È davvero un peccato che l'equilibrio sia più spostato verso una minore formazione di ammoniaca rispetto agli altamente inaccurati dati di Haber, da cui si potrebbe dedurre la possibilità di sintetizzare ammoniaca da azoto e idrogeno. Però le condizioni sono molto meno favorevoli, essendo le rese circa un terzo rispetto a ciò che è stato scritto in precedenza*»[6].

[3] [2], pp. 71-76.
[4] [1], pp. 104-105.
[5] [1], pag. 106.
[6] [10], pp. 84-85.

Haber e Le Rossignol, ripeterono ancora l'esperimento, questa volta alla pressione di 30 atmosfere; in queste condizioni la resa aumentò di 28 volte. Haber cominciò a questo punto a credere che la sintesi dell'ammoniaca potesse in realtà essere commercialmente fattibile, ma solo trovando un catalizzatore così efficiente da permettere la riduzione della temperatura. Si convinse che, se si fosse potuto operare a 200 atmosfere e 600 °C, si sarebbe potuto avere un resa di ammoniaca dell'8% all'equilibrio. Rimuovendo poi l'ammoniaca appena prodotta e riportando in ciclo l'azoto e l'idrogeno non reagiti, sarebbe stato possibile produrre ammoniaca in continuo.

Nel 1909 Haber trovò un migliore catalizzatore, l'osmio, un elemento raro usato come filamento elettrico per illuminazione da una società, la Auergesellschaft, di cui Haber era consulente

La progettazione di un reattore che operasse a 200 atmosfere, in cui rimuovere l'ammoniaca appena formata, riciclando i reagenti, fu in gran parte lavoro di Le Rossignol. Alla fine di marzo 1909, Haber e Le Rossignol condussero ancora una volta l'esperimento con la nuova apparecchiatura ed ottennero effettivamente la produzione di ammoniaca che, uscendo ad una temperatura inferiore a quella di ebollizione, scese goccia a goccia nel pallone di raccolta[7].

Haber scrisse alla BASF, con cui l'Istituto di Karlsruhe collaborava, dando la notizia e sollecitandoli a comprare osmio sul mercato. I dirigenti della BASF si accordarono per andare all'Istituto per vagliare con attenzione la cosa. Parteciparono Heinrich von Brunck (1847-1911), presidente del consiglio di amministrazione, August Bernthsen (1855-1931), direttore di ricerca, e lo stesso Carl Bosch che aveva affossato il brevetto di Ostwald nove anni prima. Bernthsen chiese a quale pressione lavorava l'apparato. Haber nascose in parte la verità, rispondendo: «*a circa 100 atmosfere*». Anche questo valore, metà della pressione effettiva usata, sgomentò Bernthsen che esclamò: «*100 atmosfere! Appena ieri sette atmosfere hanno fatto saltare in aria una delle nostre autoclavi!*». Ma Bosch, che era al corrente dei progressi dell'industria dell'acciaio che consentivano in linea di principio di far funzionare impianti a pressioni prima inimmaginabili, disse: «*Potrebbe funzionare*»[8].

A questo incontro ne seguì un altro ai primi di luglio del 1909 per una dimostrazione pratica a cui intervenne ancora Bosch, accompagnato stavolta da Alwin Mittasch (1869-1953) esperto in catalizzatori. Un problema tecnico non fece lì per lì funzionare l'apparato che venne riparato qualche ora dopo. Bosch nel frattempo si era allontanato per altri impegni e fu Mittasch quindi a vedere con i propri occhi il fluire costante dell'ammoniaca, restando profondamente impressionato. Fu la sua relazione a convincere definitivamente Bosch e tutta la dirigenza della BASF a dar credito alla procedura ideata da Haber e ad adoperarsi per farla divenire una metodologia su scala industriale[9].

[7] [2], pag. 88.
[8] [10], pag. 87.
[9] [10], pag. 89

Malgrado le obiezioni dei dirigenti della BASF, che intendevano acquisire i brevetti e tenere la cosa più segreta possibile, Haber annunciò i suoi risultati in una riunione scientifica a Karlsruhe il 10 marzo 1910, senza però fornire dettagli. Parlò dello «*straordinario bisogno che si aveva di composti contenenti azoto, per l'agricoltura e, in misura molto minore, per l'industria degli esplosivi*». Data la corsa agli armamenti di quegli anni precedenti la prima guerra mondiale, questo era un eufemismo. L'azoto era essenziale per la fabbricazione di esplosivi come lo era per i fertilizzanti. Haber era ben consapevole che il governo tedesco era preoccupato di essere tagliato fuori dalle forniture di nitrati sudamericani da un blocco britannico nel corso di una guerra e vide il suo lavoro come di vitale importanza per la difesa nazionale[10].

*Dal laboratorio all'industria*

Passare dalla sintesi in laboratorio ad un impianto di ammoniaca commerciale non era un compito facile. Lo studio di Haber era iniziato su basi teoriche, trasferendosi passo dopo passo verso la pratica: egli aveva ripreso a lavorare sul problema solo dopo una disputa teorica con Nernst, a partire dalle previsioni di questi basate sul suo teorema del calore; sempre basandosi sulla teoria Haber aveva poi deciso la temperatura e la pressione ottimale; procedendo per tentativi, aveva trovato i catalizzatori che rendevano la reazione possibile a temperature non troppo alte. Insieme a Le Rossignol aveva infine messo su un apparato di laboratorio in grado di produrre qualche goccia di ammoniaca, per mostrare le potenzialità del processo.

Ma un processo commerciale aveva bisogno di produrre tonnellate di ammoniaca ogni giorno. Di questo si occupò soprattutto Bosch. A parere di questi c'erano tre principali difficoltà:

– trovare una fornitura a basso costo di idrogeno e di azoto come materie prime pure;
– individuare un catalizzatore migliore e più economico;
– progettare reattori in grado di lavorare alla pressione di 200 atmosfere.

L'idrogeno e azoto da utilizzare dovevano essere molto puri, o le impurezze introdotte avrebbero avvelenato qualsiasi catalizzatore. L'azoto puro poteva essere ottenuto dalla distillazione frazionata dell'aria, ma l'idrogeno puro era un problema più grande. BASF aveva forniture pronte di carbone, e Bosch decise di produrre idrogeno per reazione di coke con vapore acqueo secondo l'equazione

$$C + H_2O \rightarrow H_2 + CO.$$

Trovare un catalizzatore era un problema ancora più grande. Haber aveva utilizzato l'osmio come catalizzatore, ma non era adatto per un processo commerciale, in quanto costoso e troppo raro. Il compito di trovare un catalizzatore più adatto fu affidato da Bosch ad Alwin Mittasch e ad un suo assistente Georg Stern (1867-

[10] [2], pag. 90.

1934). In particolare Stern progettò un apparecchio ad alta pressione in cui le cartucce contenenti 2 grammi di potenziale catalizzatore potevano essere inserite rapidamente. Stern fece costruire una trentina di queste stazioni di prova che funzionavano simultaneamente, e provò ogni singolo campione di metallo che gli capitava tra le mani. Scoprì che un campione minerale di ferro da una miniera in Svezia funzionava al pari dell'osmio. Tracce di altri materiali erano alla base del suo successo come catalizzatore, e Stern iniziò l'esame di questi. Alla fine individuò non solo i promotori, ma anche i veleni che devono essere rigorosamente esclusi.

Per risolvere il problema delle alte pressioni Bosch costruì due reattori di prova, all'interno di recinti di cemento come precauzione di sicurezza. Dopo 80 ore di funzionamento, entrambi scoppiarono. Quando gli ingegneri esaminarono i reattori, scoprirono che il metallo era diventato fragile e si era fratturato. Dato che il reattore doveva sopportare pressioni elevate, era stato progettato con acciaio inox ad alto tenore di carbonio. Bosch capì però che l'idrogeno era diffuso nelle pareti di acciaio ed aveva reagito con il carbonio dell'acciaio per formare metano, un gas. Il metano formato all'interno dell'acciaio, a 200 atmosfere di pressione, aveva rapidamente causato il disgregarsi delle pareti. La soluzione di Bosch al problema fu un reattore con un tubo interno sottile in acciaio senza carbone, racchiuso da un rivestimento di acciaio ad alto tenore di carbonio che poteva resistere alla pressione[11].

Tutto questo lavoro si concretizzò rapidamente nella costruzione di un impianto pilota che iniziò a funzionare sin dal dicembre 1910, in grado di produrre 18 kg di ammoniaca al giorno. Il primo vero impianto industriale ad Oppau iniziò a produrre ammoniaca nel settembre 1913. In riconoscimento della sua scoperta Haber fu nominato consigliere del Kaiser e direttore del neonato Istituto di fisica ed elettrochimica Kaiser Wilhelm di Berlino, con il supporto finanziario della Auergesellschaft.

Con lo scoppio della guerra l'impianto di Oppau fu convertito alla produzione, a partire dall'ammoniaca, di nitrato di sodio per munizioni ed esplosivi, secondo un metodo brevettato da Ostwald nel 1902[12]. Il Kaiser scavalcando i normali canali nominò Haber capitano dell'esercito.

### *Haber e la guerra chimica*

Non possiamo, giunti a questo punto, esimerci dal ricordare una parte quanto mai controversa della biografia di Haber, anche se essa esulerebbe dalla stretta ricostruzione della sua ricerca per la realizzazione della sintesi diretta dell'ammoniaca. Allo scoppio della guerra infatti Haber fu in prima fila tra gli scienziati che diedero il proprio contributo al conflitto. Egli fu per tutta la guerra un fautore dell'uso dei gas tossici e diresse tra l'altro personalmente il primo attacco sul fronte occidentale

[11] [2], pp. 91-93.
[12] [2], pag. 94.

che venne condotto dall'esercito tedesco con l'uso di cloro ad Ypres il 22 aprile 1915. Il suo impegno nello studio degli effetti letali dei gas è testimoniato dall'esistenza, nella letteratura ad essi dedicata, di una «*costante di Haber*», che è data dal prodotto tra la concentrazione del gas ed il tempo necessario per causare la morte di un individuo [8].

In realtà il periodo della prima guerra mondiale vide Haber trasformarsi in un ufficiale prussiano autocratico e spietato. Al culmine, Haber aveva 2.000 persone a lavorare per lui, di cui circa 150 erano laureati in chimica. Gli edifici del suo istituto erano circondati da filo spinato e tutta l'attività che vi si svolgeva era dedicata alla guerra. Questo suo impegno fu forse tra le cause che spinsero la moglie Clara al suicidio la notte stessa in cui Haber era tornato a casa, una settimana dopo l'attacco di Ypres, per una breve licenza. Essa, che ormai trasformatasi in casalinga e madre frequentava tuttavia saltuariamente l'istituto, disapprovava fortemente la sua trasformazione quasi in una caserma. Il mattino stesso dopo la sua morte, Haber tornò ai suoi doveri di ufficiale, diretto stavolta al fronte orientale per predisporre anche lì un attacco chimico, lasciando nella mani di una zia il figlio dodicenne appena rimasto orfano[13].

*Il premio Nobel per la Chimica del 1918*

Questo ruolo di punta a sostegno della guerra determinò alla fine del conflitto l'inserimento di Haber, insieme a molti altri scienziati tedeschi, in una lista di criminali di guerra. Non venne però chiesta alcuna estradizione da parte degli alleati e di fatto egli non venne ulteriormente perseguito.

Tuttavia l'assegnazione ad Haber nel 1919 del premio Nobel per il 1918 suscitò indignazione presso gran parte della stampa e degli scienziati delle nazioni vincitrici, visto il ruolo che egli aveva ricoperto durante la guerra e le sue responsabilità nello sviluppo della guerra chimica. C'è da dire per altro che molti altri scienziati di ciascun paese erano stati in qualche maniera analogamente coinvolti nel conflitto. La motivazione del premio fu «*per la sintesi dell'ammoniaca dai suoi elementi*» e fu assegnato a lui solo. Carl Bosch riceverà a sua volta il premio Nobel molto più tardi nel 1931 insieme a Friedrich Bergius (1884-1949) per lo sviluppo delle metodologie chimiche a pressioni elevate. In realtà Haber era stato proposto per il Nobel già prima e durante la guerra nel 1912, 1913, 1915 e 1916 ed anche Bosch era stato proposto nel 1915 e nel 1916. Le obiezioni che in tutte queste occasioni erano state avanzate erano sulla scarsa conoscenza dei dettagli del loro lavoro, a causa della segretezza che ancora era mantenuta. Ciò impediva tra l'altro di decidere sull'attribuzione del premio a uno solo o ad entrambi. Inoltre il ruolo che il processo ideato e realizzato dai due scienziati tedeschi aveva avuto per la massiccia produzione di

[13] [1], pp. 182-183.

munizioni ed esplosivi da parte della Germania sembrava contrastare con quello che doveva essere lo spirito del premio. Queste riserve si mantennero anche nel 1918 e in quella occasione si decise di rinviare la discussione all'anno successivo, allorché finalmente il premio fu attribuito ad Haber senza ulteriori obiezioni. C'è da dire che al banchetto Nobel del 1920, che doveva celebrare cumulativamente tutti i vincitori dei premi assegnati ma non consegnati negli anni di guerra, non parteciparono scienziati come gli inglesi William Henry Bragg (1862-1942) e suo figlio William Lawrence Bragg (1890-1971), o statunitensi, come Theodore William Richards (1868-1928) per protesta contro la presenza di Haber e di altri scienziati tedeschi[14].

Nella Presentation Speech di Åke Gerhard Ekstrand (1846-1933), Presidente della Reale Accademia svedese delle scienze, Haber è ricordato esclusivamente come il primo ad aver dato una soluzione al problema di combinare direttamente l'azoto atmosferico con idrogeno, fornendo un contributo fondamentale al miglioramento degli standard dell'agricoltura ed al benessere del genere umano. Lo stesso taglio, teso a tacere completamente il diverso uso che della sua ricerca era stato fatto nel periodo bellico, lo si può ritrovare nella Nobel Lecture che Haber pronunciò nell'occasione [5].

*Haber e il nazismo*

Durante la prima guerra mondiale nell'istituto diretto da Haber venne tra l'altro preparato un insetticida a base di cianuro a cui fu dato il nome di Zyklon. Esso, modificato con l'aggiunta di un gas maleodorante, diverrà poi col nome di Zyklon B tragicamente noto per l'uso che i nazisti ne fecero nei campi di sterminio. Nel giudizio di alcuni[15] anche tale ricerca è divenuta motivo di ulteriore discredito per la figura di Haber, in maniera in questo caso del tutto impropria. In realtà Haber ebbe rispetto al nazismo un comportamento estraneo ed ostile. Nel febbraio 1933 pochi giorni dopo la nomina di Hitler a cancelliere, egli in una lettera parlò della depressione che gli causava la lettura dei giornali, in quanto vedeva trionfare una visione della vita e del mondo completamente in contrasto con le sue idee. Poche settimane dopo il governo presentò una legge che prevedeva l'allontanamento entro sei mesi di tutti gli ebrei da tutti i pubblici uffici con l'eccezione di quelli che avevano combattuto nella prima guerra mondiale. Personalmente almeno per il momento Haber avrebbe potuto usufruire di tale deroga ma, allorché i nazisti accelerarono i tempi imponendo l'allontanamento dall'istituto di tutti gli scienziati e dipendenti ebrei, rassegnò le proprie dimissioni con una lettera al ministro prussiano della cultura del 30 aprile del 1933. In essa egli affermava che la sua formazione lo obbligava, al momento di scegliere collaboratori per un posizione scientifica, a valutare solo le caratteristiche

[14] [2], pp. 118-120.

[15] Ad esempio Bowlby C. *Fritz Haber: Jewish chemist whose work led to Zyklon B* in http://www.bbc.com/news/world-13015210.

professionali e personali del richiedente, senza riguardo per la sua razza. Sia Max Planck (1858-1947) che Bosch cercarono di convincere Haber a rimanere, ma egli non si fece influenzare. Planck cercò di appellarsi in favore di Haber presso lo stesso Hitler, che ebbe uno scatto d'ira spingendo Planck a uscire dalla stanza. Bosch affermò in seguito in una intervista di aver detto ad Hitler che l'espulsione degli scienziati ebrei avrebbe avuto gravi ripercussioni per la scienza tedesca. Hitler aveva risposto: «*Allora faremo senza la fisica e la chimica per i prossimi cento anni*»[16].

Dopo le dimissioni Haber iniziò a cercare per sé un posto all'estero e pensò anche di andare alla Hebrew University a Gerusalemme. Due scienziati inglesi che erano stati attivi nello sforzo della guerra chimica della Gran Bretagna durante il conflitto, Sir Harold Brewer Hartley (1878-1972) e Frederick George Donnan (1870-1956), lo invitarono a Cambridge. Egli accettò e lasciò Berlino il 3 agosto 1933. Era però ormai troppo malato e restò a Cambridge solo per un breve periodo. Trascorse gli ultimi mesi della sua vita tra ospedali e camere d'albergo, morendo alla fine a Basilea nel gennaio 1934. Fu sepolto lì con Clara Immerwahr, secondo le sue ultime volontà [10][17].

## BIBLIOGRAFIA


[1] Charles D., 2005, *Between Genius And Genocide: The Tragedy of Fritz Haber, Father of Chemical Warfare*. London.

[2] Coffey P., 2008. *Cathedrals of Science - The Personalities and Rivalries That Made Modern Chemistry*., Oxford.

[3] Crookes W., 1898. *Address of the President Before the British Association for the Advancement of Science, Bristol, October 28, 1898*. Science, New Series, Vol. 8, No. 200, 561-575.

[4] Goran M., 1972. Fritz Haber in *Dictionary of Scientific Biography* (Gillispie C.C. Editor), New York, Vol. 5, pp. 620-623.

[5] Haber F., *The synthesis of ammonia from its elements* in *Nobel lectures: Chemistry, 1901-1921*. Amsterdam 1966, pp. 321-344.

[6] Le Châtelier H., 1884. Sur un énoncé général des lois des équilibres chimiques. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Vol. 99, pp. 786-789.

[7] Leicester H.M., 1973. Henry Le Châtelier in *Dictionary of Scientific Biography* (Gillispie C.C. Editor), New York, Vol. 8, pp. 116-120.

[8] Lohs K., 1990, The history of toxicology of the «Haber's Constant». Zeit. Gesamte Hygiene, Vol. 36, 130-131.

[9] Smil V., 2001. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production*, Cambridge MA, pp. 48-54.

[10] Stoltzenberg D., 2004. *Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew: A Biography*, Philadelphia.


[16] [1], pag. 320.

[17] [10], pp. 299-300.