

# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

### ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΥ



**Το επιστημονικό έργο του Fritz Haber με έμφαση στις οικονομικές και τεχνολογικές επιπτώσεις της διεργασίας Haber-Bosch**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ-ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ**

*ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016*

## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	3
Περιεχόμενα.....	2
Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1	
Σύντομη επισκόπηση της ζωής και του επιστημονικού έργου του Haber.....	9
Κεφάλαιο 2	
Το χρονικό της διεργασίας Haber-Bosch.....	24
Κεφάλαιο 3	
Ο ρόλος του Haber στη διεξαγωγή του χημικού πολέμου.....	34
Κεφάλαιο 4	
Οικονομικές και γεωπολιτικές επιπτώσεις της διεργασίας Haber-Bosch.....	44
Συμπεράσματα.....	56
Βιβλιογραφία.....	58

## Περίληψη

Σ' αυτή την εργασία, σκοπός είναι ν' αναδειχθούν διάφορες πτυχές των τεχνολογικών και ιστορικών εξελίξεων των αρχών του 20ου αιώνα, υπό το πρίσμα της ιστορίας και του επιστημονικού έργου της αμφιλεγόμενης προσωπικότητας του Fritz Haber. Κεντρικό σημείο αυτής της αλυσίδας γεγονότων είναι η πιο σημαντική ίσως επιστημονική συνεισφορά του, η διαδικασία παραγωγής της αμμωνίας Haber-Bosch. Στη βιβλιογραφία, οι περισσότερες αναφορές στη διεργασία αυτή και στο ρόλο της είναι κατακερματισμένες, συνεπώς δεν αναδεικνύονται σωστά ούτε οι άμεσες ούτε οι έμμεσες τεχνολογικές, οικονομικές και γεωπολιτικές της επιπτώσεις. Επίσης, στις περισσότερες περιπτώσεις δε δίνεται εξήγηση για το τεχνολογικό, οικονομικό και κοινωνικό υπόστρωμα που ήταν απαραίτητο για να γίνει εφικτή η πραγματοποίηση της παραγωγής της αμμωνίας, μέσω αυτής της μεθόδου. Γι' αυτό το σκοπό, σ' αυτήν την εργασία επιστρατεύονται και κάποιες θεωρητικές ιδέες οικονομολόγων όπως των Karl Marx και Joseph Scumpeter, καθώς και ιστορικά στοιχεία της περιόδου της βιομηχανικής επανάστασης και του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου, προκειμένου να ενταχθούν όλες αυτές οι σκόρπιες πληροφορίες σε ένα ενιαίο αφήγημα.

## **Abstract**

The purpose of this thesis is the revelation of the technological and historical breakthroughs of the beginning of the twentieth century, through the story and the scientific work of the ambiguous personality of Fritz Haber. The central point of this chain of events is perhaps his most important scientific contribution, the Haber-Bosch process for the production of ammonia. In the literature, most references in this process and its role, are scattered and there is no clear indication about its technological, economic and geopolitical consequences. In addition to that, in most cases no explanation is given about the technological, economic and social factors that were relevant for the realisation of this process. Therefore, in this thesis certain ideas of economists like Karl Marx and Joseph Schumpeter will be used as well as historical information about the era of the second industrial revolution (1870-1914), in order to interpret this technological breakthrough, by using a more holistic methodology.

## Εισαγωγή

Αφετηρία αυτής της εργασίας είναι η ανάδειξη του έργου και της πορείας του σπουδαίου χημικού Fritz Haber (9 Δεκεμβρίου 1868-29 Ιανουαρίου 1934). Θα εξεταστεί η ακαδημαϊκή του πορεία εκκινώντας απ' την εκπαίδευση του και θα γίνει προσπάθεια να ερμηνευτούν οι μετέπειτα επιστημονικές του επιτυχίες σε κοινωνικό, θεσμικό κι επιστημολογικό επίπεδο.

Η ιστορία του Haber δίνει τη δυνατότητα για μια ιστορική επισκόπηση της λεγόμενης “δεύτερης βιομηχανικής επανάστασης” (1870-1914), μ' επίκεντρο τις εξελίξεις στη Γερμανική χημική βιομηχανία. Παρουσιάζει ενδιαφέρον από ιστορική, οικονομική και κοινωνική άποψη. Είναι σημαντικό να εξεταστεί πώς ο Haber κατόρθωσε να κάνει τις συνεισφορές που έκανε, μελετώντας το πλαίσιο στο οποίο μεγάλωσε, μορφώθηκε και κατόπιν δραστηριοποιήθηκε επιστημονικά.

Σκοπός μέσα απ' αυτή τη συζήτηση είναι επίσης να διερευνηθεί τι είναι αυτό που πυροδοτεί την καινοτομική επιστημονική σκέψη ενός ανθρώπου όπως ο Haber, κι από ποιους παράγοντες επηρεάζεται. Η καινοτομία απαιτεί ένα μείγμα κοινωνικών, οικονομικών και πολιτισμικών θεσμών, που να δημιουργεί το κατάλληλο πλαίσιο επώασης της. Το παραπάνω ερώτημα, έχει αρκετές πτυχές. Πώς αξιολογείται άραγε η συνεισφορά ενός επιστήμονα όπως ο Haber σε μια επιστημονική ανακάλυψη; Πώς προσδιορίζεται το οριακό προϊόν του, για να διατυπώσουμε το ερώτημα με τους όρους των οικονομικών της εργασίας, θεωρώντας τον επιστήμονα ως έναν εργάτη της επιστήμης. Κάποιος ιστορικός που ίσως δεν γνωρίζει ιδιαίτερα για τον τρόπο που διεξαγόταν η χημική έρευνα εκείνη τη περίοδο, ίσως θεωρούσε ότι η διεργασία Haber-Bosch αποτελούσε αποκλειστικά αποτέλεσμα της εργασίας του Haber, μια ανεπανάληπτη έμπνευση της στιγμής, το κενό της οποίας ίσως δε θα μπορούσε να το καλύψει ένας άλλος επιστήμονας.

Ωστόσο, η αλήθεια είναι, ότι παρόλο που οι οικονομικές συνέπειες της διεργασίας αυτής ήταν καταλυτικές και απ' αυτήν την άποψη διαθέτει χαρακτηριστικά ριζικής καινοτομίας, από επιστημονική άποψη θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς ότι το θέμα είχε ήδη προσεγγιστεί με κλιμακούμενους βαθμούς επιτυχίας. Σε κάθε περίπτωση πάντως, εξετάζοντας το χρονικό της ανακάλυψης, διαπιστώνει κανείς ότι χρειάστηκαν πολλοί επιστήμονες, πολλοί εργάτες, για να παραχθεί αυτό το επιστημονικό προϊόν. Σκοπός δεν είναι να μειώσουμε την συμβολή του Haber, αλλά να επισημάνουμε τα λάθη που μπορεί να κάνει κανείς στην τεχνολογική ανάγνωση εκείνης της περιόδου, δίνοντας έμφαση στην φιγούρα της απομονωμένης, εκκεντρικής μεγαλοφυίας.

Επιπλέον, θα παρατεθούν στοιχεία για ορισμένα κομβικά τεχνολογικά βήματα που έγιναν απ' τις απαρχές της βιομηχανικής επανάστασης μέχρι τη περίοδο που μελετάμε. Η ιστορία του Haber είναι συνυφασμένη με αυτό το μετασχηματισμό, αφού η διαδικασία Haber-Bosch υλοποιήθηκε στα πλαίσια μιας απ' τις εταιρίες που αναδύθηκαν και γιγαντώθηκαν εκείνη την εποχή.

Συγκεκριμένα, στα μέσα του 19ου αιώνα η Γερμανία ήταν κατ' εξοχήν αγροτική χώρα, και το μεγαλύτερο κομμάτι του πληθυσμού της, ζούσε στα χωριά και στις μικρές πόλεις. Η ανάπτυξη της βιομηχανίας συνοδεύτηκε από συρροή πληθυσμού της υπαίθρου στις μεγάλες πόλεις, κατασκευή σιδηροδρομικού δικτύου, ορυχείων κι εργατικών συνοικισμών.

Όσο εξελισσόταν η βιομηχανική επανάσταση το επάγγελμα του χημικού και του μηχανικού αποκτούσε μεγαλύτερο κύρος, και γινόταν προσπάθεια να εξισωθούν τα πολυτεχνεία με τα πανεπιστήμια. Τα πρώτα σημάδια ανάδυσης της χημικής μηχανικής, φάνηκαν ήδη απ' το 1830-1850, όταν στα πολυτεχνεία διαχωρίστηκε η σχολή των μηχανικών παραγωγής σε δυο ξεχωριστές

σχολές, τους μηχανολόγους μηχανικούς και στους βιομηχανικούς χημικούς. Αντίστοιχη αλλαγή είχε γίνει και στα πανεπιστήμια την ίδια περίοδο με το διαχωρισμό των χημικών απ' τους φαρμακοποιούς (David Knight και Helge Kragh 1998, σ. 65, σ. 71).

Ανάμεσα στο 1850 και το 1870 αυξήθηκε πολύ ο αριθμός των χημικών στη Γερμανία και υπήρχε υψηλή χρηματοδότηση του κλάδου. Έτσι το επάγγελμα του χημικού, ενισχύθηκε θεσμικά και θεσπίστηκαν επίσημα εκπαιδευτικά προγράμματα που οδηγούσαν κάποιον σε καριέρα χημικού. Μέχρι τότε ο χημικός ήταν στη σκιά του γιατρού και του φαρμακοποιού χωρίς επίσημη επαγγελματική αναγνώριση. Ωστόσο από το 1870, στις πολυτεχνικές σχολές της Γερμανίας, το γνωστικό αντικείμενο της χημείας, είχε αυστηρά οργανωμένο πρόγραμμα σπουδών (David Knight και Helge Kragh 1998, σ. 40-42).

Στη περίπτωση της περίφημης διαδικασίας Haber-Bosch, αναδεικνύεται η μεγάλη εξάρτηση της χημείας από θέματα μηχανολογικής φύσεως. Ο Haber, μετά από επίπονη προσπάθεια κατόρθωσε την παραγωγή αμμωνίας, αλλά σε ποσότητες ανεπαρκείς για βιομηχανική χρήση. Χρειάστηκε η συνεισφορά του Carl Bosch (1874-1940) για να το πετύχει αυτό.

Αξίζει να σημειωθεί ότι την περίοδο εκείνη η χημική μηχανική δεν ήταν ακόμα πλήρως θεσμοθετημένη ακαδημαϊκά, ωστόσο υπήρχαν πολυτεχνεία απ' τα οποία αποφοιτούσαν όπως είπαμε οι λεγόμενοι βιομηχανικοί χημικοί οι οποίοι κάλυπταν ως ένα βαθμό τις τεχνικές πτυχές του επαγγέλματος (David Knight και Helge Kragh, 1998, σ. 93). Ωστόσο, ενώ στις αρχές του 19ου αιώνα η συνεργασία ανάμεσα σ' ένα χημικό κι ένα μηχανικό αρκούσε για το βιομηχανικό σκέλος των διεργασιών, απ' το 1880 η ανάγκη για εξειδικευμένες γνώσεις πάνω στο αντικείμενο ανέδειξαν το επάγγελμα του χημικού μηχανικού (Isabelle Stengers, B. Bensande Vincent, 1999 σ. 201).

Ήταν η διαδικασία Haber-Bosch όμως, η οποία έδωσε το έναυσμα για τη σταδιακή ανάδειξη της επιστήμης της χημικής μηχανικής, ως αυτόνομου κλάδου της χημείας, με δικές του αρμοδιότητες. Βέβαια υπήρξαν και άλλοι ερευνητές που ασχολήθηκαν εκείνη τη περίοδο με το πρόβλημα και μάλιστα ανέπτυξαν διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές, ωστόσο η διεργασία Haber-Bosch αποδείχθηκε τεχνολογικά και οικονομικά προτιμότερη. Θα αναφερθούμε αναλυτικά στη συνέχεια. Για την προσφορά τους, τιμήθηκαν με το βραβείο Νόμπελ Χημείας, ο Haber το 1918, ενώ ο Bosch το 1931.

Είναι σαφές λοιπόν, η σημασία της αλληλενέργειας μεταξύ επιστημόνων διαφορετικών ειδικοτήτων, στη συγκεκριμένη πτυχή του έργου του Haber. Ένα ενδιαφέρον ερώτημα, είναι κατά πόσον θα ήταν δυνατό να γίνει η ανακάλυψη του Haber από κάποιον άλλο. Υπήρχαν δηλαδή επιστήμονες με τον απαιτούμενο συνδυασμό, τεχνικών κι επιστημονικών δεξιοτήτων εκείνη τη περίοδο, έτσι ώστε να κάνουν αυτή την ανακάλυψη? Αυτό είναι δύσκολο ν' απαντηθεί αφού η επιστημονική ανακάλυψη και η καινοτομία γενικότερα περιέχουν το στοιχείο του τυχαίου. Επίσης η χρήση του όρου ανακάλυψη έχει ιδιαίτερη βαρύτητα, αφού παραπέμπει σε μια ριζική καινοτομία. Στην ανάλυση μας θα συζητήσουμε το κατά πόσο αυτό ισχύει στη περίπτωση του Haber, κι αυτός είναι κι ο λόγος που θ' αναφερθούμε και σε άλλους επιστήμονες που ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Ύστερα απ' την ιστορική προσέγγιση, θα γίνει μια προσπάθεια να συνδεθούν αυτά τα στοιχεία με ερμηνείες που έχουν δοθεί από οικονομολόγους όπως ο Joseph Alois Schumpeter (1883-1950) και ο Karl Marx (1818-1883). Συγκεκριμένα, η αρχική άποψη που σχηματίζει κανείς για την διεργασία Haber-Bosch, όπως ειπώθηκε παραπάνω, είναι ότι οφείλεται αποκλειστικά

ίσως στην μεγαλοφυΐα αυτών των δυο αντρών. Ωστόσο, η προσεκτική ανάλυση του χρονικού αυτής της διεργασίας, αποκαλύπτει το ρόλο της εταιρείας BASF, η οποία διέθετε τους κατάλληλους πόρους ώστε να ενισχύσει το εγχείρημα των δύο αντρών, παρέχοντας τις κατάλληλες υποδομές και πολυάριθμο ερευνητικό προσωπικό. Ήταν δηλαδή ένας βιομηχανικός γίγαντας στα πρότυπα της μεγάλης επιχείρησης που ο Schumpeter, θεωρεί απαραίτητη για σημαντική καινοτομία. Θα κάνουμε επίσης λόγο για τη λεγόμενη Σουμπετεριανή εικασία, όσον αφορά την κατάσταση της χημικής βιομηχανίας στη Γερμανία εκείνη τη περίοδο. Δε θα διεξαχθεί οικονομική διερεύνηση, αλλά θα επιχειρηθεί η τεκμηρίωση της, παραθέτοντας ιστορικά στοιχεία της χημικής βιομηχανίας.

Να σημειωθεί ότι η διεργασία Haber-Bosch, μαζί με τις υπόλοιπες τομές στη χημική βιομηχανία εκείνη τη περίοδο, ανήκουν στο τρίτο κύκλο Kondratiev (Βερναρδάκης 2006, σ. 279-280). Ο κύκλος Kondratiev είναι ένα εννοιολογικό σχήμα που το χρησιμοποιεί ο Schumpeter και οι υπόλοιποι οικονομολόγοι της τεχνολογίας, για την ομαδοποίηση των σημαντικότερων τεχνολογικών εξελίξεων από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με τον Schumpeter, ο πρώτος κύκλος (1780-1840) σηματοδοτήθηκε από καινοτομίες στο κλάδο της υφαντουργίας καθώς και από την χρήση των ατμομηχανών. Στη συνέχεια, ο σιδηρόδρομος και η χρήση του χάλυβα αποτέλεσαν το δεύτερο (1840-1890), ενώ ο τρίτος (1890-1940) εκτός από καινοτομίες στη χημική βιομηχανία που είπαμε, χαρακτηρίστηκε κι απ' την εξάπλωση του ηλεκτρισμού και την χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης (Murmann 2002, σ. 11). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι τεχνολογίες στους προηγούμενους κύκλους, συντέλεσαν καταλυτικά στο να δημιουργηθεί το κατάλληλο υπόστρωμα για την υλοποίηση της διεργασίας Haber-Bosch.

Εστιάζοντας στη περίπτωση του Haber, κι εξετάζοντας κοινωνιολογικά την επιστημονική του πορεία, αναδεικνύονται τα ερεθίσματα εκείνα που συνέβαλαν στο έργο του, το οποίο είχε καταλυτικό ρόλο για την ανθρωπότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι επιστήμονες όπως ο Albert Einstein (1879-1955), και ο Isaac Newton (1643-1727), ενδεχομένως να είχαν πολύ οξύτερη ευφυΐα απ' τον Haber, και να συνέβαλαν στις επιστήμες τους με τρόπο που δε θα μπορούσε να γίνει εύκολα από άλλους, καθώς επρόκειτο αναμφίβολα για μαθηματικές μεγαλοφυΐες (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 52). Ήταν δηλαδή επαναστατικές οι ιδέες τους, και δημιούργησαν καινούρια διανοητικά οικοδομήματα.

Στη περίπτωση του Haber, η συμβολή του ήταν περισσότερο εμπειρική κατά κάποιο τρόπο, περισσότερο τεχνικής φύσεως, κάτι που δεν απαιτούσε τόσο μεγάλη και σπάνια μαθηματική μαεστρία. Ίσως δηλαδή, να υπήρχαν πολλοί τότε και μετά απ' αυτόν που θα κατέληγαν αργά ή γρήγορα στα ίδια συμπεράσματα και να ήταν απλά θέμα χρόνου, και χρήματος. Ο ίδιος ο Haber μάλιστα, όταν του απονεμήθηκε το Βραβείο Nobel το 1919, επισήμανε ότι αργά ή γρήγορα το πρόβλημα θα λυνόταν απ' την κοινότητα της φυσικοχημείας (Haber 1920, σ. 339). Σε κάθε περίπτωση πάντως, οι τεχνολογικές συνέπειες της διεργασίας Haber-Bosch ήταν πολύ πιο απτές απ' τα αφηρημένα διανοητικά κατασκευάσματα του Newton και κυρίως του Einstein.

Θα επιχειρήσουμε επίσης να ερευνήσουμε όσο γίνεται αμερόληπτα το ρόλο που έπαιξε ο Haber κατά τη διάρκεια του Α Παγκοσμίου Πολέμου ο οποίος ξεκίνησε τον Αύγουστο του 1914, κι έληξε στις 11 Νοεμβρίου του 1918. Σε συζητήσεις σχετικά με τον Haber, πολλές φορές συγκρίνονται τα θετικά και τα αρνητικά σημάδια που άφησε στην ανθρωπότητα. Είναι αλήθεια ότι τα χημικά όπλα, στην τεχνολογία των οποίων συνέβαλε σημαντικά ο Haber, είναι μια μαύρη σελίδα στην ιστορία της επιστήμης, αφού προξένησαν το θάνατο σε χιλιάδες ανθρώπους, κι

ακόμα και σήμερα υπάρχουν ανθρώπινες απώλειες. Όμως η διεργασία Haber-Bosch για λόγους που θα εξηγηθούν στη συνέχεια, έσωσε τη ζωή κυριολεκτικά δισεκατομμυρίων ανθρώπων.

Συνεπώς, είναι εύλογο να αναρωτηθεί κανείς, μήπως θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αυτός ο όλεθρος αν απλά είχε ανακαλυφθεί η διεργασία αυτή μερικά χρόνια αργότερα, από κάποιον άλλο επιστήμονα. Έτσι, ούτε εκρηκτικά θα είχε σε αφθονία η Γερμανία για να συνεχίσει το πόλεμο όπως θα δούμε στη συνέχεια, ούτε θα είχε γίνει χρήση αερίων για τόσο εκτεταμένο χρονικό διάστημα.

Σκοπός δεν είναι να γίνει απλά μια ηθική επισκόπηση των ενεργειών του, αλλά να διερευνηθούν τα περιθώρια επιλογής που είχε ως επιστήμονας στην συγκεκριμένη συγκυρία, και να εξαχθεί ένα γενικότερο συμπέρασμα για τη στάση που πρέπει να κρατά η επιστημονική κοινότητα σε θέματα πολεμικών συρράξεων και γενικότερα χρήσεως των επιστημών για πολεμικό ή εγκληματικό σκοπό. Πολλά έχουν ειπωθεί σχετικά μ' αυτό το θέμα, χωρίς να δίνεται πάντα σαφής απάντηση για το αν κάποιες επιλογές είναι δικαιολογημένες ή όχι. Εξετάζοντας τη στάση των συναδέλφων του τόσο στη Γερμανία όσο και στο εξωτερικό κατά τη διάρκεια του πολέμου, θα επιχειρήσουμε να τοποθετήσουμε τις ενέργειες του Haber στη σωστή τους διάσταση, συγκρίνοντας τις με τις δικές τους. Πρέπει ωστόσο να γίνει σαφές, ότι είναι δύσκολο να κατανοήσει κανείς από ηθικής πλευράς τις επιλογές ενός ανθρώπου μιας άλλης εποχής και μάλιστα εν καιρώ πολέμου, βασισμένος στη σημερινή, συμβατική άποψη περί ηθικής, χωρίς να υποπέσει σε επιπολαιότητες.

Όσον αφορά το Haber, σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η προσήλωσή του στη Γερμανία την οποία ήθελε να υπηρετήσει. Κατά τη γνώμη του, ο επιστήμονας ανήκε στην ανθρωπότητα εν καιρώ ειρήνης, και στην πατρίδα του εν καιρώ πολέμου. Αυτή του η πεποίθηση τον οδήγησε στο να παίξει ενεργό ρόλο και μάλιστα θεσμικό στη σύσταση προγράμματος χημικών όπλων, με σκοπό την εξόντωση των εχθρικών στρατευμάτων. Πρόκειται για τεχνολογία που προξενεί θάνατο με μαζικό τρόπο, ένα είδος βιομηχανικού τρόπου εξόντωσης του εχθρού. Ωστόσο, ο θάνατος των στρατιωτών επέρχεται και με πιο συμβατικά μέσα όπως τα όπλα, τα εκρηκτικά κι άλλες μορφές πολεμικής τεχνολογίας. Οι στρατιώτες έχουν εντολή να σκοτώσουν κατά τη διάρκεια της μάχης, και ηθικά, συνήθως η πράξη τους αυτή είναι δικαιολογημένη, αφού οφείλουν να εκτελέσουν τις διαταγές των ανωτέρων τους.

Τι το διαφορετικό συνιστά η περίπτωση του Haber που ως επιστήμονας συνέβαλε με το δικό του τρόπο στην διεξαγωγή του πολέμου; Πρόκειται για πατριωτισμό, μια πράξη αξιόπαινη στα πλαίσια του εθνικού καθήκοντος ή μήπως για εγκλήματα κατά της ανθρωπότητας; Κι αν ισχύει το δεύτερο ακόμα, πώς μπαίνει αυτό στη ζυγαριά με τα οφέλη που αποκόμισε η ανθρωπότητα απ' τις άλλες πτυχές του επιστημονικού έργου του; Θα συζητηθούν τα ερωτήματα αυτά στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας.



## Κεφάλαιο 1

### Σύντομη επισκόπηση της ζωής και του επιστημονικού έργου του Haber

Ο Haber γεννήθηκε στις 9 Δεκεμβρίου του 1868, σε μια από τις παλιότερες οικογένειες Εβραϊκής καταγωγής, στο Breslau στη Γερμανία (σήμερα είναι μέρος της Πολωνίας). Ο πατέρας του, Siegfried Haber, ήταν ένας επιτυχημένος έμπορος φυσικών χρωμάτων (ένα επάγγελμα που είχε δεχτεί καίριο πλήγμα από τα συνθετικά επιτεύγματα της οργανικής χημικής βιομηχανίας η οποία άνθησε ιδιαίτερα στα τέλη του 19ου αιώνα στη Γερμανία) και φαρμακευτικών προϊόντων. Η μητέρα του Paula Haber, πέθανε δυο βδομάδες αφότου τον έφερε στο κόσμο.

Έξι χρόνια αργότερα, ο πατέρας του ξαναπαντρεύτηκε, και με τη νέα του σύζυγο, ονόματι Hedwig Hamburger, απέκτησε τρεις κόρες, την Else, την Frieda και την Helene. Ποτέ όμως δεν απέβαλε το αίσθημα της πικρίας για τον νεαρό Haber, καταλογίζοντας του ενδόμυχα τον θάνατο της συζύγου του και συχνά τον παραμελούσε αφιερώνοντας σχεδόν όλο του το χρόνο στην επιχείρησή του. Ωστόσο, η μηριά του ήταν καλή μαζί του και ο Haber ανταπέδιδε αυτά τα συναισθήματα. Καλές ήταν και οι σχέσεις του με τις ετεροθαλείς αδελφές του, κυρίως με την Else η οποία του στάθηκε ιδιαίτερα όταν αργότερα πέθανε η γυναίκα του, Clara Immerwhar (Stoltzenberg 2004, σ. 11).

Η ανατροφή του νεαρού Haber περιελάμβανε κλασικές πρωσικές αξίες όπως πειθαρχία, εργατικότητα και υψηλό εθνικό φρόνημα. Να σημειωθεί ότι από νεαρή ηλικία, ο Haber έδωσε ξεκάθαρα σημεία γραφής με τις σχολικές του επιδόσεις. Τα πρώτα τρία χρόνια φοίτησε στο δημοτικό σχολείο Johanneum. Εκεί, διαπίστωσε ότι η Εβραϊκή του καταγωγή, του δημιουργούσε ορισμένες φορές προβλήματα με τους συμμαθητές του, παρόλο που στο συγκεκριμένο σχολείο η επίσημη πολιτική ήταν ανεκτική σε θέματα θρησκείας. Στο οικογενειακό περιβάλλον του Haber πάντως, δε δινόταν ιδιαίτερη σημασία στο θρησκευτικό στοιχείο (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 8).

Στη συνέχεια άλλαξε σχολείο, και πέρασε τα επόμενα εννιά χρόνια στο λύκειο St. Elisabeth Gymnasium. Αξίζει να αναφερθεί ότι το λύκειο αυτό, έδινε ιδιαίτερη έμφαση στις τέχνες κι όχι στις θετικές επιστήμες, με αποτέλεσμα ο Haber ν' αποκτήσει ενδιαφέρον για τη λογοτεχνία και τη φιλοσοφία το οποίο και διατήρησε καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του, επηρεασμένος απ' την κλασική παιδεία που έλαβε (Wisniak 2001, σ. 154). Ο Johann Wolfgang Von Goethe (1749-1832) ήταν ο αγαπημένος του ποιητής ενώ απ' το χώρο της φιλοσοφίας ξεχώριζε τον Immanuel Kant (1724-1804). Μάλιστα, είχε αποκτήσει τη συνήθεια να γράφει ποιήματα από μικρή ηλικία, ωστόσο αυτό δεν εντυπωσίαζε ιδιαίτερα τον πατέρα του. Όμως, ο θείος του, ο Herman Haber, με τον οποίο ο νεαρός Fritz είχε πολύ καλές σχέσεις, τον ενθάρρυνε στην ενασχόληση του με την ποίηση. Ο ίδιος αργότερα του παρείχε χώρο για να διεξάγει τα πρώτα του χημικά πειράματα και ήταν αυτός που έπεισε τον πατέρα του να του επιτρέψει να σπουδάσει χημεία, κι όχι ν' ασχοληθεί με την πατρική επιχείρηση (Stoltzenberg 2004, σ. 11-16).

Ο πατέρας του δεν ενθουσιαζόταν στη σκέψη να γίνει ο γιος του χημικός, παρόλο που το επάγγελμα αυτό, ήταν άμεσα συνυφασμένο με την επιχειρηματική δραστηριότητα της οικογένειας. Ωστόσο, δε χρειαζόνταν προχωρημένες γνώσεις χημείας για να ασκεί κανείς το επάγγελμα του εμπόρου χημικών προϊόντων (Stoltzenberg 2004, σ. 15).

Ο Haber αποφοίτησε απ' το λύκειο στις 29 Σεπτεμβρίου του 1886, σε ηλικία 17 χρονών. Να σημειωθεί ότι στο απολυτήριο του, τεκμηριώνεται η άριστη επίδοση του στα μαθηματικά. Το λύκειο στο οποίο φοίτησε είχε πολύ υψηλές απαιτήσεις σ' αυτό τομέα. Η μαθηματική του παιδεία πιθανότατα έπαιξε ρόλο αργότερα, όταν αποφάσισε ν' ασχοληθεί με την φυσικοχημεία. Το μάθημα της χημείας, ωστόσο, δε γινόταν με την ίδια επιμέλεια, ενώ απουσίαζαν τελείως οι πειραματικές επιδείξεις. Η περαιτέρω εμβάθυνση ήταν θέμα προσωπικής πρωτοβουλίας των μαθητών. Πολύ καλός ήταν ο Haber και στην Ελληνική μετάφραση, ενώ λιγότερο καλός ήταν στα λατινικά (Stoltzenberg 2004, σ. 15-16).

Το 1886, γράφτηκε στο πανεπιστήμιο του Βερολίνου, το οποίο αποτελούσε κέντρο προσέλευσης σημαντικών επιστημόνων ένας εκ των οποίων ήταν ο σημαντικός χημικός August Wilhelm Hofmann (1818-1892), η πειραματική προσέγγιση του οποίου, προσέλκυσε το ενδιαφέρον του Haber. Σημαντική ήταν επίσης και η παρουσία του φυσικού Hermann Von Helmholtz (1821-1894), μ' αποτέλεσμα ο Haber αρχικά ν' αμφιταλαντεύεται ανάμεσα στη φυσική και στη χημεία (Travis 2015, σ. 47).

Ωστόσο, το διδακτικό έργο του Helmholtz δεν ήταν τόσο αξιόλογο, αντίθετα ο Hofmann ήταν καλύτερος δάσκαλος κι εμπλούτιζε τις διαλέξεις του με πειράματα, κι όλα αυτά συνέβαλαν στο να κατασταλάξει τελικά ο Haber στην επιλογή της χημείας. Να σημειωθεί ότι το εκπαιδευτικό σύστημα του επέτρεπε να παρακολουθήσει μαθήματα κι από άλλα τμήματα, καθώς κι από άλλα πανεπιστήμια κάτι που συνήθιζαν πολλοί σπουδαστές, μια δυνατότητα την οποία ο Haber αξιοποίησε στο έπακρο, όπως θα φανεί στη συνέχεια (David Knight και Helge Kragh 1998, σ. 89).

Μετά από ένα εξάμηνο λουπόν, μεταφέρθηκε στο πανεπιστήμιο της Χαϊδεμβέργης, όπου και παρέμεινε για ενάμισι χρόνο, παρακολουθώντας διαλέξεις του χημικού Robert Bunsen (1811-1899). Η επιρροή του Bunsen γίνεται πιο εμφανής στη συνέχεια της καριέρας του Haber, και συγκεκριμένα στη Καρλσρούη όπου θα ασχοληθεί διεξοδικά με τα φαινόμενα που συμβαίνουν στη λεγόμενη φλόγα του Bunsen και με τη θερμοδυναμική ανάλυση των αερίων, όπως θα περιγραφεί αναλυτικότερα στη συνέχεια. Επίσης, παρακολούθησε τα μαθήματα του διαφορικού και του ολοκληρωτικού λογισμού που παρέδιδε ο μαθηματικός Leo Königsberger (1837-1921), βάζοντας τα θεμέλια για τις ποσοτικές μεθόδους που θα χρησιμοποιούσε στη συνέχεια. Τέλος, ο Haber συμμετείχε στα πλαίσια της φοιτητικής του ζωής εκεί, σε πολλές κι ενδιαφέρουσες φιλοσοφικές και λογοτεχνικές συζητήσεις (Stoltzenberg 2004, σ. 19).

Μετά τη διαμονή του στη Χαϊδεμβέργη, επέστρεψε στη γενέτειρα του, για να υπηρετήσει υποχρεωτικά για ένα χρόνο στο στρατό. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της στρατιωτικής του θητείας, είχε τη δυνατότητα να παρακολουθεί και μαθήματα φιλοσοφίας στο πανεπιστήμιο του Breslau.

Το 1889, εισήχθη στο Charlottenburg Technische Hochschule. Το συγκεκριμένο ίδρυμα παρείχε αξιόλογη εκπαίδευση σε θέματα μηχανικής και χημικής τεχνολογίας. Ο Haber παρακολούθησε διαλέξεις του Carl Liebermann (1842-1914), ενός από τους χημικούς που συνέβαλαν στη σύνθεση της αλιζαρίνης. Μάλιστα υπό τη καθοδήγηση του εκπόνησε τη διδακτορική του διατριβή στην οργανική χημεία, με θέμα την ηλιοτροπίνη, μια οργανική ένωση που χρησιμοποιείται στη παραγωγή αρωμάτων, σαπουνιών και καλλυντικών (Stoltzenberg 2004, σ. 22).

Να σημειωθεί ότι ο Liebermann ήταν καθηγητής και στο πανεπιστήμιο του Βερολίνου, και προσπαθούσε με την επιρροή του να εξασφαλίσει για το Charlottenburg Technische Hochschule αντίστοιχο κύρος με αυτό που απολάμβανε ένα πανεπιστήμιο. Προκειμένου λοιπόν ο Haber να μπορέσει να πάρει το διδακτορικό του, έπρεπε να παρουσιάσει τη διατριβή στο πανεπιστήμιο του

Βερολίνου, δεδομένου ότι το Charlottenburg Technische Hochschule, δε χορηγούσε διδακτορικά διπλώματα. Ο λόγος ήταν ο τεχνολογικός χαρακτήρας των ακαδημαϊκών και ερευνητικών δραστηριοτήτων, κι αυτό σχετίζεται με την γενικότερη υποτιμητική στάση της ακαδημαϊκής κοινότητας απέναντι στα τεχνολογικά ιδρύματα και στα πολυτεχνεία, κάτι που αναφέρθηκε και στην εισαγωγή. Την αντίληψη αυτή συμμαριζόταν κι ο χημικός Walther Nerst (1864-1941), ο οποίος θεωρούσε ότι η συμβολή των πολυτεχνείων στην καινοτομική έρευνα ήταν πολύ μικρότερη απ' την αντίστοιχη των πανεπιστημίων (Jeffrey Allan Johnson, 1990, σ. 38).

Ωστόσο, αν και αρκετοί απόφοιτοι των πανεπιστημίων, εργάζονταν σε βιομηχανικές επιχειρήσεις, ήταν οι πολυτεχνικές σχολές που αποτελούσαν τον ανερχόμενο θεσμό για την εκπαίδευση μηχανικών κι εξειδικευμένων τεχνιτών. Εκτός από επιστήμονες με ειδίκευση στην οργανική χημεία, εκείνη την περίοδο η χημική βιομηχανία χρειαζόταν όλο και περισσότερο άρτια καταρτισμένους μηχανικούς. Πράγματι, από το 1870 και έπειτα, η κατάσταση βελτιώθηκε σημαντικά με την θεσμική αναβάθμιση των πολυτεχνικών σχολών σε τεχνικά πανεπιστήμια και με την αύξηση του αριθμού των εγγραφόμενων εκκολαπτόμενων μηχανικών. Οι καθηγητές που στελέχωναν τις πολυτεχνικές σχολές, όπως ο Liebermann άσκησαν έντονες πιέσεις, κι έτσι το 1902, τα ιδρύματα αυτά απέκτησαν το δικαίωμα να χορηγούν διδακτορικά διπλώματα στις επιστήμες της μηχανικής (Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 41-42, David Knight και Helge Kragh 1998, σ. 64).

Ο Haber λοιπόν, παρουσίασε την διατριβή του προφορικά το 1891, και οι εξεταστές του ήταν οι Hofmann (με αντικείμενο την οργανική χημεία), Karl Rammelsberg (ανόργανη χημεία, 1813-1899) και August Kundt (φυσική, 1839-1894). Ο Haber απέτυχε να δώσει ικανοποιητική απάντηση σε ερώτημα του τελευταίου σχετικά με το φαινόμενο της αντίστασης των ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων, κι αυτό συνέβαλε στο μέτριο βαθμό της διατριβής του. Οι εξεταστές στην αναφορά τους, κατέγραψαν την οξυδέρκεια που χαρακτήριζε τις περισσότερες ιδέες του Haber, ωστόσο επισήμαναν τη μη ικανοποιητική απάντηση του στο ερώτημα που του τέθηκε απ' τον Kundt (Wisniak 2001, σ. 155).

Ωστόσο, η κακή του επίδοση στη παρουσίαση της διατριβής του συμψηφίστηκε με το καλό βαθμό που πέτυχε στο μάθημα της φιλοσοφίας του Wilhelm Dilthey ( 1822-1911) με αποτέλεσμα ο τελικός βαθμός αποφοίτησης του, να είναι cum laude, κάτι αντίστοιχο του λίαν καλώς δηλαδή (Stoltzenberg 2004, σ. 22-23). Είναι γεγονός πάντως ότι κι ο ίδιος θεωρούσε την διατριβή του στην οργανική χημεία μια ιδιαίτερα επίπονη περίοδο, και περιέγραφε την σύνθεση οργανικών ουσιών ως μια ανιαρή, αυτοματοποιημένη διαδικασία (Travis 2015, σ. 47).

Μάλιστα σε γράμμα του στον τραπεζίτη φίλο του Max Warburg (1867-1946), ο Haber χαρακτηριστικά γράφει ότι πολλά από τα αποτελέσματα του δε θα μπορούσαν να σταθούν επιστημονικά, και ότι η όλη εμπειρία τον δίδαξε την αξία της ταπεινότητας. Εντούτοις, ο καρπός της συνεργασίας του με τον Lieberman, οδήγησε σε σχετική δημοσίευση στο επιστημονικό περιοδικό Berichte (Wisniak 2001, σ. 155). Η οργανική χημεία πάντως, παρόλες τις αλματώδεις εξελίξεις που την κατέκλυζαν, χαρακτηριζόταν από περιορισμένο εύρος κι ελάχιστη εμβάθυνση, κι έτσι δεν ικανοποιούσε πλήρως τα ερευνητικά ενδιαφέροντα του Haber και δεν ήταν παρά ένας από τους πολλούς σταθμούς στην ακαδημαϊκή του πορεία. Αξίζει ν' αναφερθεί ότι και άλλοι σημαντικοί χημικοί όπως ο Jacobus Henricus van' t Hoff (1852-1911) και ο Marncelin Berthelot (1827-1907) εγκατέλειψαν κι αυτοί την οργανική χημεία κι ασχολήθηκαν με φυσικοχημικά θέματα, για παρόμοιους λόγους (Βάρβογλης 1997 σ. 13, σ. 106).

Ο Haber λοιπόν ήταν από το 1891 κάτοχος διδακτορικού διπλώματος στην οργανική χημεία, ωστόσο ήταν δύσκολο να αποκατασταθεί επαγγελματικά σε κάποια ακαδημαϊκή θέση γιατί ο ανταγωνισμός ήταν πολύ μεγάλος κι αυτός όπως είπαμε δεν είχε ακόμα πολλά διαπιστευτήρια, λόγω των μέτριων μέχρι τότε ακαδημαϊκών του επιδόσεων. Ήταν όμως τυχερός γιατί ο πατέρας του διέθετε μεγάλο δίκτυο συνεργατών στο εξωτερικό κι έτσι ξεκίνησε μια περίοδος εργασίας για τον Haber σε διάφορες βιομηχανικές μονάδες. Αφετηρία του ήταν ένα εργοστάσιο απόσταξης, ονόματι Leirziger στη Βουδαπέστη. Στη συνέχεια εργάσθηκε σ' ένα εργοστάσιο λιπασμάτων κοντά στο Auschwitz. Τέλος, δούλεψε και σε μια επιχείρηση παραγωγής υφασμάτων με την ονομασία Feldmuhle. Να σημειωθεί ότι εργάσθηκε σ' αυτές τις εταιρείες με πενιχρό μισθό, ωστόσο αποκόμισε αρκετές πληροφορίες για θέματα χημικής τεχνολογίας, έναν τομέα στον οποίο ένιωθε ότι υστερούσε παρ' όλη την θεωρητική του κατάρτιση (Wisniak 2001, σ. 155).

Το 1892 λοιπόν, μετέβη στο Eidgenossische Technische Hochschule στη Ζυρίχη για μεταδιδακτορικές σπουδές, οι οποίες διήρκησαν ένα ακαδημαϊκό εξάμηνο, με σκοπό να συμπληρώσει τις γνώσεις του πάνω σε τεχνικά θέματα (Stoltzenberg 2004, σ. 29). Ένας άλλος λόγος που διάλεξε το συγκεκριμένο πανεπιστήμιο ήταν η παρουσία του καθηγητή George Lunge (1839-1923), ο οποίος θεωρούνταν αυθεντία στην αναλυτική χημεία αλλά και στη βιομηχανική χημεία (Travis 2015, σ. 47). Η εργαστηριακή ενασχόληση του Haber εκεί, περιελάμβανε θέματα μεταλλουργίας, τεχνολογίας υφασμάτων, ανόργανων χημικών, συνθετικών χρωμάτων, κ.τ.λ.

Έπειτα, επέστρεψε στο Breslau, για ν' αναλάβει την πατρική επιχείρηση. Ωστόσο αυτό το εγχείρημα δεν έμελλε να κρατήσει πολύ και γρήγορα επέστρεψε στο ακαδημαϊκό περιβάλλον. Στην απόφαση του αυτή, έπαιξε πιθανώς ρόλο και η άσχημη σχέση με τον πατέρα του. Μάλιστα, το 1892 συνέβη άλλο ένα περιστατικό που δυσκόλεψε ακόμα περισσότερο τις σχέσεις τους. Συγκεκριμένα, το λιμάνι του Αμβούργου μαστιζόταν από χολέρα κι ο νεαρός Haber συμβούλεψε τον πατέρα του να αγοράσει μεγάλες ποσότητες υποχλωριώδους ασβεστίου, ουσία που βοηθούσε στην καταπολέμηση της ασθένειας. Ο Haber θεωρούσε ότι αυτή η επιχειρηματική κίνηση θα οδηγούσε σε κέρδος, ωστόσο η αρρώστια υποχώρησε προτού μπορέσουν, πατέρας και γιος να εκμεταλλευτούν τη συγκυρία. Το αποτέλεσμα ήταν να ζημιωθεί η πατρική επιχείρηση. Το γεγονός αυτό, έπεισε τον πατέρα του, ότι θα ήταν καλύτερα ο γιος του ν' ακολουθήσει ακαδημαϊκή πορεία (Travis 2015, σ. 48).

Πράγματι, ο Haber επέστρεψε στο ακαδημαϊκό περιβάλλον, αυτή τη φορά με την ιδιότητα του επαγγελματία. Αφετηρία του ήταν το πανεπιστήμιο της Ιένας, όπου ξεκίνησε ως βοηθός στο εργαστήριο του οργανικού χημικού Ludwig Knorr (1859-1921), ο οποίος ήταν γνωστός για τη σύνθεση της αντιπυρίνης και για την ενασχόληση του με το φαινόμενο του ταυτομερισμού. Ο Knorr δεν εντυπωσιάστηκε ιδιαίτερα απ' την απόδοση του Haber, κι έτσι αναγκάστηκε για άλλη μια φορά ν' αναζητήσει καινούργια ακαδημαϊκή στέγη. Ο επόμενος σταθμός στη καριέρα του λοιπόν, ήταν στο εργαστήριο του καθηγητή Hans Bunte, ο οποίος μάλιστα ήταν και διευθυντής του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Χημείας του Πολυτεχνείου της Καρλσρούης, το 1894 (Wisniak 2001, σ. 156).

Στην Καρλσρούη, ασχολήθηκε με προβλήματα που απασχολούσαν την βιομηχανία, γεγονός ενδεικτικό για το ενδιαφέρον που διατηρούσε για την πρακτική πλευρά της χημείας (Βάρβογλης, 1997, σ. 106). Να σημειωθεί πάντως, ότι στην αρχή δεν ήταν ιδιαίτερα καλοδεχούμενος αφού μέχρι τότε δεν είχε ιδιαίτερες επιστημονικές επιτυχίες στο ενεργητικό του, και μάλιστα ο καθηγητής Karl Engler, είχε υποτιμητική στάση απέναντι του. Μέσα σε δυο χρόνια ωστόσο,

εκπόνησε αξιόλογο ερευνητικό έργο, εστιάζοντας στη θερμική αποσύνθεση των υδρογονανθράκων του πετρελαίου, κατόπιν υπόδειξης του Bunte (Stoltzenberg 2004, σ. 40).

Συγκεκριμένα, ερεύνησε τη θερμική σταθερότητα των δεσμών άνθρακα με άνθρακα και άνθρακα με υδρογόνο, καταλήγοντας ότι ο πρώτος είναι σταθερότερος του δεύτερου στις αρωματικές ενώσεις, ενώ το αντίστοιχο συμβαίνει στις αλειφατικές (Αρωματικές ονομάζονται οι οργανικές ενώσεις που περιέχουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο. Αλειφατικές ονομάζονται οι υπόλοιπες οργανικές ενώσεις). Ως μοντέλο για τη μελέτη των αλειφατικών ενώσεων χρησιμοποίησε το εξένιο, το οποίο είχε άμεση σχέση με το βενζόλιο που αποτελεί τη χαρακτηριστικότερη αρωματική ένωση (Wisniak 2001, σ. 156). Επιπλέον, βελτίωσε σημαντικά τις αναλυτικές μεθόδους που υπήρχαν μέχρι τότε για σχετικά πειράματα, ενώ έκανε και ποσοτικές μελέτες των προϊόντων της διάσπασης των υδρογονανθράκων, κάτι που δεν είχαν πραγματοποιήσει σε τέτοιο βαθμό, άλλοι ερευνητές στο παρελθόν (Stoltzenberg 2004, σ. 40).

Μάλιστα το 1896, εκδόθηκε το πρώτο βιβλίο του, το οποίο περιείχε το απόσταγμα αυτών των μελετών. Ο τίτλος του ήταν “Πειραματική μελέτη της διάσπασης και της καύσης των υδρογονανθράκων”. Για τη δουλειά του αυτή, κέρδισε το ακαδημαϊκό Status του Privatdozent, κάτι αντίστοιχο του λέκτορα. Το πρόβλημα ωστόσο, ήταν ότι πληρωνόταν ανάλογα με τον αριθμό των φοιτητών του, κάτι που δεν του εξασφάλιζε οικονομική σταθερότητα (Wisniak 2001, σ. 156, Stoltzenberg 2004, σ. 41).

Γενκότερα, στις αρχές του 20ου αιώνα, οι ερευνητές στα πανεπιστήμια της Γερμανίας δεν αμοίβονταν ιδιαίτερα ικανοποιητικά. Ο Haber λοιπόν, μη κατέχοντας μόνιμη έδρα στο πανεπιστήμιο, αναζητούσε τρόπους να συμπληρώσει το εισόδημα του. Συχνά εργαζόταν ως σύμβουλος σε βιομηχανίες για θέματα ευρεσιτεχνιών, εισπράττοντας αρνητική κριτική από μια μερίδα των συναδέλφων του, γι' αυτή του τη δραστηριότητα. Ο Wilhelm Ostwald, είχε σχολιάσει σχετικά ότι οι άνθρωποι με εργατικότητα κι αποδοτικότητα άνω του μετρίου, δημιουργούν συχνά αρνητικά συναισθήματα στους συναδέλφους τους (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 9).

Ο Haber ασχολήθηκε και με μια άλλη πτυχή της επιστήμης των υδρογονανθράκων, το φαινόμενο της καύσης του φωταερίου στο λύχνο του Bunsen. Συγκεκριμένα, ασχολήθηκε με την ανάλυση των αερίων της φλόγας στις διάφορες περιοχές της και την ερμηνεία της χημικής της δραστηριότητας. Καρπός αυτών των μελετών, ήταν και η επινόηση μιας διαδικασίας έμμεσης μέτρησης της θερμοκρασίας, που επαλήθευε τα πειραματικά δεδομένα. Η φλόγα του λύχνου του Bunsen έχει πολύπλοκη δομή, συγκεκριμένα χωρίζεται σε τρεις διακριτές περιοχές, που παρουσιάζουν διαφορετική χημική συμπεριφορά. Στο εσωτερικό τμήμα, εντοπίζονται κυρίως οι εξαερωμένοι υδρογονάνθρακες που δεν οξειδώνονται, επειδή δεν υπάρχει αρκετό οξυγόνο, συνεπώς η θερμοκρασία σ' αυτή την περιοχή, είναι σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Στη δεύτερη περιοχή, που παρατηρείται και η μεγαλύτερη λαμπρότητα, η καύση δεν είναι πλήρης και δημιουργούνται συσσωματώματα ατόμων άνθρακα, τα οποία λόγω της υψηλής θερμοκρασίας υφίστανται ένα φαινόμενο που ονομάζεται πυράκτωση, κι ως αποτέλεσμα προκύπτει η εκπομπή κίτρινου φωτός. Αυτή τη συγκεκριμένη πτυχή του φαινομένου τη μελέτησε διεξοδικά μαζί με τον Karl Friedrich Bonhoeffer (1899-1957). Η τρίτη περιοχή είναι μετά βίας ορατή, κι εδώ η θερμοκρασία παίρνει την μέγιστη τιμή, αφού η οξείδωση είναι ολοκληρωτική. Το φαινόμενο αυτό αξιοποιήθηκε από πολλούς χημικούς όχι μόνο για θέρμανση, αλλά και για πυροχημικά πειράματα, καθώς πολλά ιόντα κυρίως μεταλλικής φύσεως, εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος (Η ακτινοβολία αυτή είναι χαρακτηριστική για κάθε

ιόν και παίζει το ρόλο των “δακτυλικών αποτυπωμάτων” του ιόντος) όταν πυρακτώνονται ( Βάρβογλης 1997, σ. 107).

Το ενδιαφέρον του στράφηκε στη συνέχεια προς τη φυσικοχημεία, που αναδυόταν ως αυτόνομος κλάδος της χημείας. Χαρακτηριστικό αυτής της αναδυόμενης επιστήμης ήταν η ταξινόμηση των κατακερματισμένων γνώσεων που είχαν προκύψει απ' τις έρευνες των οργανικών χημικών με εργαλεία τα μαθηματικά και τη φυσική, κάτι το οποίο υπερθεμάτιζε κι ο Ostwald. Αιτία της μεταστροφής του προς αυτή την ερευνητική κατεύθυνση ήταν η επιρροή του επίσης Privatdozent, Hans Luggin (1863-1899) ο οποίος υπήρξε μαθητής του Σουηδού Svante Arrhenius (1859-1927) ενός απ' τους θεμελιωτές της φυσικοχημείας, και ήταν πλέον συνάδελφος του στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης. Μέσα σε λίγα χρόνια, με τη βοήθεια του Luggin, ο Haber κατάφερε να αφομοιώσει πλήρως τις μεθόδους του νέου πεδίου που είχε επιλέξει (Travis 2015, σ. 48).

Το 1898, ο Haber εκδίδει το δεύτερο του βιβλίο, με τίτλο: “Grundriss der Technischen Elektrochemie auf theoretischer Grundlage” (Γενικές αρχές τεχνικής ηλεκτροχημείας σε θεωρητική βάση) (Wisniak 2001, σ. 157). Το βιβλίο αυτό, εδραίωσε τη μετάβαση του απ' την οργανική χημεία στο αντικείμενο της φυσικοχημείας, και προώθησε την ακαδημαϊκή του ανέλιξη. Ειδικότερα, την ίδια χρονιά που εκδόθηκε το βιβλίο, ο Haber έγινε αναπληρωτής καθηγητής (Extraordinarius). Ο τίτλος αυτός υποδήλωνε ότι ο Haber δεν είχε ακόμη έδρα στο πανεπιστήμιο κι ο μισθός του ήταν ο μισός ενός καθηγητή που κατείχε έδρα (Ordinarius).

Στο βιβλίο του περιέχονταν οι πανεπιστημιακές του σημειώσεις, καθώς και τα πειραματικά αποτελέσματα από έρευνες του πάνω σε διάφορες οργανικές ενώσεις, όπως το νιτροβενζόλιο, των οποίων περιγράφει τη συμπεριφορά κατά την διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος, μέσα απ' τα διαλύματα τους. Παρατήρησε ότι κοντά στο ηλεκτρόδιο όπου υπάρχει συσσώρευση ηλεκτρονίων (κάθοδος), αυτά προσαρτώνται στα οργανικά μόρια. Τα ανιόντα που δημιουργούνται είναι πολύ δραστικά και αποσπών από το διαλύτη ένα ή περισσότερα υδρογονοκατιόντα, προκειμένου να αποκατασταθεί η ηλεκτρική ουδετερότητα. Συνεπώς, μετά την προσθήκη των ηλεκτρονίων στα οργανικά μόρια, την αναγωγή τους δηλαδή, επέρχεται και η υδρογόνωση τους. Μελετώντας πειραματικά την κινητική των αντιδράσεων στα ηλεκτρόδια, εξάγεται το συμπέρασμα ότι αυτές δεν πραγματοποιούνταν ακαριαία, όπως ήταν αποδεκτό μέχρι τότε, αλλά η ταχύτητα τους μπορούσε να προσδιορισθεί πειραματικά, όπως γινόταν και με άλλες ταχείες αντιδράσεις. Πλέον, δε γίνεται λόγος για ακαριαίες αντιδράσεις, αφού υπάρχει η δυνατότητα να μετρηθούν ακόμη και οι μεγαλύτερες ταχύτητες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων περιπτώσεων είναι οι λεγόμενες φωτοχημικές αντιδράσεις, οι οποίες μελετώνται διεξοδικά στο κλάδο της φεμτοχημείας (Βάρβογλης 1997, σ. 107-108).

Επίσης, ο Haber έδειξε ότι το φαινόμενο της ηλεκτρόλυσης πραγματοποιείται και στην κρυσταλλική κατάσταση, όπως γίνεται και στα διαλύματα, με την εφαρμογή των νόμων του Faraday. Στο Haber αποδίδεται επίσης η ευρεσιτεχνία του ηλεκτροδίου υάλου για το προσδιορισμό της οξύτητας υδατικών διαλυμάτων (pH), προϊόν της συνεργασίας του με τον χημικό Zygmunt Klemensiewicz (Stoltzenberg 2004, σ. 64, Βάρβογλης 1997, σ. 108). Ωστόσο, αυτό δεν είναι απολύτως αληθές, αφού ήταν ο Einar Bulman, που στηριζόμενος στα αποτελέσματα του Haber, σχεδίασε το ηλεκτρόδιο για τη μέτρηση της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου (Wisniak 2001, σ. 157). Ακόμα, από τις έρευνες του πάνω στην ηλεκτροχημεία, έγιναν προσπάθειες για τον έλεγχο των καύσεων, ώστε ν' αξιοποιείται καλύτερα

το θερμικό περιεχόμενο των καυσίμων. Σκοπός ήταν, να βρεθεί η κατάλληλη θερμοδυναμική προσέγγιση, ώστε να περιορίζονται οι μεγάλες ενεργειακές απώλειες που συναντάμε στις θερμικές μηχανές και στους ηλεκτρικούς κινητήρες. Επίσης πέτυχε στο εργαστήριο του, την αξιοποίηση της ηλεκτροχημικής καύσης του υδρογόνου και του μονοξειδίου του άνθρακα, ωστόσο έπρεπε να περάσουν πολλά χρόνια, ωστόσο να δημιουργηθούν οι κυψέλες καυσίμου, στις οποίες γίνεται η μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική (Βάρβογλης 1997, σ. 108).

Το πλούσιο έργο του στην περιοχή της ηλεκτροχημείας, είχε αυξήσει το κύρος του. Το 1902 μετέβη στις ΗΠΑ, όπου για λογαριασμό της εταιρείας Bunsen και του υπουργείου παιδείας, κατέγραψε τις τεχνολογικές κι εκπαιδευτικές προόδους που συντελούνταν εκεί (Jeffrey Allan Johnson, 1990, σ. 38). Πρόεδρος της εταιρείας αυτής, η οποία δραστηριοποιούνταν στο τομέα των ηλεκτροχημικών διαδικασιών βιομηχανικού ενδιαφέροντος, ήταν ο Van't Hoff. Ο Haber επισκέφθηκε έντεκα πανεπιστήμια, και η γενική του εντύπωση ήταν πως η εκπαίδευση των χημικών δεν ήταν ιδιαίτερα εντατική, γεγονός που επισήμανε στην αναφορά του. Προκειμένου να πληροφορηθεί και για τις εξελίξεις στην ηλεκτροχημεία που συντελούνταν εκεί, επισκέφθηκε και αρκετά εργοστάσια (Wisniak 2001, σ. 157). Επίσης, του δόθηκε η δυνατότητα από την Αμερικανική Εταιρεία Ηλεκτροχημείας, να επιθεωρήσει διάφορα εργοστάσια παραγωγής νιτρικών ουσιών που τροφοδοτούνταν από υδροηλεκτρική ενέργεια, κοντά στους καταρράκτες του Νιαγάρα (Travis 2015, σ. 48).

Παρατήρησε ακόμα, ότι σε σχέση με την Γερμανία, οι Αμερικάνοι ήταν πολύ πίσω στην οργανική χημεία τόσο στο καθαρά επιστημονικό κομμάτι όσο και στο βιομηχανικό. Σημείωναν όμως, μεγάλη πρόοδο στην ανόργανη χημεία και στη φυσικοχημεία, κάτι που θα έπρεπε να προβληματίσει τη Γερμανία. Ακόμα διαπίστωσε ότι η κινητήρια δύναμη που τροφοδοτούσε την Αμερικανική βιομηχανία δεν ήταν τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια όπως νόμιζαν τότε οι συμπατριώτες του αλλά το κάρβουνο, το οποίο βρισκόταν σε σχετικά μεγάλη αφθονία και στη Γερμανία. Γενικότερα, ο Haber εντυπωσιάσθηκε απ' το επιχειρηματικό δυναμισμό που απέπνεε η Αμερική, ενώ του άρεσαν ιδιαίτερα η Καλιφόρνια και η Νέα Υόρκη (Nachmansohn 1979, σ. 176).

Το 1903 διεκδίκησε μια κενή θέση καθηγητή στο πανεπιστήμιο της Στουτγκάρδης (Wisniak 2001, σ. 158-159), όμως, η αίτηση του δεν έγινε δεκτή κι αυτό ίσως οφειλόταν στην Εβραϊκή του ιδιότητα. Το περιστατικό αυτό, ίσως ήταν ο λόγος που τον οδήγησε στο ν' ασπαστεί τον Προτεσταντισμό, ώστε να μην υπάρξουν στη συνέχεια, άλλα εμπόδια στην επαγγελματική του ανέλιξη (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 89). Ωστόσο, ίσως το έκανε και γιατί ήθελε να ενσωματωθεί πλήρως στην Γερμανική κοινωνία. Μάλιστα πολιτικοί όπως ο Theodor Mommsen (1817-1903), ενθάρρυναν τέτοιες πρακτικές εκείνη τη περίοδο, με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης ομοιομορφίας στη Γερμανική κοινωνία, με ενοποιό στοιχείο το υψηλό εθνικό φρόνημα (Charles 2005, σ. 2, Nachmansohn 1979, σ. 191).

Έπειτα ο Haber, ασχολήθηκε με τις θερμοδυναμικές ιδιότητες των αερίων, όταν αυτά συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις και το 1905 έγραψε σχετικό βιβλίο το οποίο μάλιστα γνώρισε αρκετή επιτυχία, και στο οποίο δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στις βιομηχανικές εφαρμογές τους. Επρόκειτο για το τρίτο του βιβλίο κι είχε τίτλο: "Thermodynamik technischer Gasreaktionen" (Θερμοδυναμική των αντιδράσεων που συμμετέχουν αέρια), το οποίο σημείωσε μεγάλη επιτυχία και επαινέθηκε από τις αυθεντίες του χώρου για την επιμέλεια που επέδειξε ο Haber ως συγγραφέας (Βάρβογλης 1997, σ. 109). Το βιβλίο αυτό περιείχε μια μεγάλη συλλογή πειραματικών δεδομένων και σε συνδυασμό με τη θερμοδυναμική θεωρία, υπολογίζονταν οι

αποδόσεις σημαντικών βιομηχανικών διεργασιών για ένα μεγάλο θερμοκρασιακό εύρος. Το επιπλέον κύρος που απέκτησε απ' αυτή την επιτυχία, συνέβαλε στο να γίνει καθηγητής το 1906 στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης, ενώ έγινε και διευθυντής του Ινστιτούτου φυσικοχημείας στο ίδιο πανεπιστήμιο, αντικαθιστώντας τον Max Le Blanc (1865-1941). Να σημειωθεί ότι στο παρελθόν είχε διεκδικήσει ξανά την έδρα στην Καρλσρούη, χωρίς όμως επιτυχία.

Κατέχοντας πλέον έδρα καθηγητή, ο Haber είχε στη διάθεση του άρτια εξοπλισμένα εργαστήρια και είχε πάνω από σαράντα ερευνητές στη διάθεση του. Η φήμη του προσέλκυε μαθητές από χώρες όπως ΗΠΑ, Μεγάλη Βρετανία, Ιαπωνία, Γαλλία, Αυστραλία και άλλες (Travis 2015, σ. 50). Μάλιστα μιλούσε στους μαθητές από την Αγγλία και τη Γαλλία στη μητρική τους γλώσσα. Αποτελούσε πατρική φιγούρα για τους νεαρούς μαθητές του και σεβόταν τη γνώμη τους, ενώ τους ενθάρρυνε να παίρνουν πρωτοβουλίες (Nachmansohn 1979, σ. 176).

Μια τέτοια περίπτωση η οποία μάλιστα κατέληξε σε αξιόλογο επιστημονικό έργο ήταν του Γερμανού χημικού Friedrich Karl Rudolph Bergius (1884-1949) που γεννήθηκε κοντά στη πόλη Breslau, άρχισε τις σπουδές του στο πανεπιστήμιο Breslau το 1903, και ολοκλήρωσε το διδακτορικό του στη χημεία στο πανεπιστήμιο Leipzig το 1907. Το 1909, κατά τη διάρκεια της παραμονής του στην Καρλσρούη, παρακολούθησε για ένα εξάμηνο τις εργασίες του Haber στη σύνθεση της αμμωνίας. Εμπνευσμένος απ' τις διαλέξεις του Haber, ανέπτυξε τεχνικές για τη χημεία υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων ενώσεων που περιέχουν άνθρακα. Με τη μέθοδο αυτή, υγροί υδρογονάνθρακες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ως συνθετικά καύσιμα, παράγονται με την υδρογόνωση λιγνίτη. Για την εργασία του αυτή, τιμήθηκε το 1931 με το βραβείο Νόμπελ Χημείας, μαζί με τον Carl Bosch (Βάρβογλης 1997, σ. 112). Γενικότερα, προκύπτει ότι τα χρόνια που ο Haber πέρασε στην Καρλσρούη ήταν ίσως τα παραγωγικότερα της καριέρας του ως ερευνητή αλλά και ως δασκάλου.

Το 1909, καρποφόρησαν και οι προσπάθειες του Haber αναφορικά με τη σύνθεση της αμμωνίας. Για το μεγάλο αυτό επίτευγμα βραβεύθηκε το 1918 με το Βραβείο Nobel στη χημεία. Για τη διεργασία Haber-Bosch, και για τους επιστήμονες που συνέβαλαν στην υλοποίηση της, είτε ως συνεργάτες του Haber, είτε ως ανταγωνιστές, θα γίνει διεξοδική αναφορά στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο της εργασίας. Επίσης, στο τελευταίο κεφάλαιο θα επιχειρηθεί και μια οικονομική αποτύπωση αυτού του μεγάλου επιστημονικού βήματος.

Το 1910, ο Kaiser Wilhelm ο δεύτερος, θέσπισε το ινστιτούτο *Kaiser Wilhelm Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften*. Ο Haber προτάθηκε για τη διοίκηση του τομέα της Φυσικοχημείας. Ο Haber έθεσε διάφορους όρους, οι οποίοι έγιναν δεκτοί. Συγκεκριμένα, του δόθηκε καθηγητική έδρα στο Πανεπιστήμιο του Βερολίνου, έγινε μέλος της Πρωσικής Ακαδημίας των Επιστημών, και ο μισθός του ανήλθε στα 15.000 μάρκα ετησίως (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 9). Επιπλέον ζήτησε να έχει τη δυνατότητα να επιλέγει ελεύθερα τους συνεργάτες του. Τέλος του αποδόθηκε ο τιμητικός τίτλος *Geheimrat*, που σημαίνει ότι ανήκε στους ανώτερους συμβούλους του Kaiser (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 170).

Η λειτουργία του Ινστιτούτου ξεκίνησε το 1912, ωστόσο ο Haber είχε ήδη μετακομίσει στο Βερολίνο απ' τα τέλη του 1911. Αφιέρωσε αρκετό χρόνο στο σχεδιασμό του Ινστιτούτου, κι ο αρχικός του στόχος περιελάμβανε την ίδρυση οκτώ ξεχωριστών τμημάτων, ένα εκ των οποίων θα αφορούσε τη βιολογική χημεία, κάτι που αποτελεί ακόμα μια ένδειξη των διεπιστημονικών ενδιαφερόντων του. Ωστόσο, τα σχέδια του ναυάγησαν όταν ενάμισι χρόνο αργότερα ξέσπασε ο



πόλεμος και όπως θα φανεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο, οι συνέπειες στη λειτουργία του Ινστιτούτου ήταν σημαντικές (Nachmansohn 1979, σ. 176).

Κατόρθωσε να πείσει τον Einstein να έρθει στο Βερολίνο, καθώς και άλλους ταλαντούχους επιστήμονες να εγκατασταθούν στο Ινστιτούτο του. Οι δυο τους, είχαν γνωριστεί το 1911 σ' ένα επιστημονικό συνέδριο στη Καρλσρούη, όπου ο Haber ήταν ο κύριος ομιλητής. Την ίδια χρονιά λοιπόν, ο Haber, ως διευθυντής στο Ινστιτούτο φυσικοχημείας και ηλεκτροχημείας, άσκησε την επιρροή του στο Υπουργείο Παιδείας, για να γίνει ο Einstein επικεφαλής του αντίστοιχου τμήματος για τη φυσική (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 36).

Έχει καταγραφεί επίσης, ότι ο Haber είχε αψιμαχίες με ορισμένους συναδέλφους του, ενώ με άλλους είχε πιο ομαλή σχέση. Θα γίνει αναφορά μόνο στις περιπτώσεις οι οποίες κατά τη γνώμη του γραφόντος, σχετίζονται άμεσα με το επιστημονικό του έργο. Καλές ήταν οι σχέσεις του με τον ρώσο χημικό Vladimir M. Ipatieff (1867-1952), ο οποίος ήταν απ' τους πρώτους που χρησιμοποίησε υψηλές πιέσεις στην ενασχόληση του με την καταλυτική διάσπαση των αλκοολών (Βάρβογλης 1997, σ. 98-99, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 35-36). Αντιμετώπισε λοιπόν τεχνικά προβλήματα παρόμοιας φύσεως με αυτά που αντιμετώπισε κι ο Haber στο πρόβλημα της σύνθεσης της αμμωνίας όπως θα φανεί αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Μεγάλη ήταν η εμπειρία του και στο τομέα των εκρηκτικών (Travis 2015, σ. 52). Για τη σπουδαία διαμάχη με τον Nerst, η οποία αποδείχθηκε ιδιαίτερα γόνιμη στη περίπτωση της σύνθεσης της αμμωνίας θα γίνει λόγος παρακάτω. Τέλος καλές ήταν οι σχέσεις του, με τους Max Born (1882-1970) και Richard Willstätter (1872-1942) (Johnson 1990, σ. 167, Wisniak 2001, σ. 158).

Για τη μεγάλη του επιτυχία με τη σύνθεση της αμμωνίας, αποδόθηκαν στον Haber διάφοροι τιμητικοί τίτλοι και τιμές. Ν' αναφέρουμε ενδεικτικά ότι έλαβε τιμητικά διδακτορικούς τίτλους απ' τα πανεπιστήμια του Gottingen και του Wittenberg. Αντίστοιχη αναγνώριση είχε κι από τον επιχειρηματικό κόσμο (Wisniak 2001, σ. 165-166). Συγκεκριμένα, το 1911, ο ο Εβραίος τραπεζίτης κι επιχειρηματίας Leopold Koppel (1843-1933), έδωσε ένα εκατομμύριο Γερμανικά μάρκα με σκοπό τη σύσταση του Ινστιτούτου Φυσικοχημείας και Ηλεκτροχημείας Kaiser Wilhelm (Kaiser-Wilhelm Institut für physikalische Chemie und Electrochemie) στο Dahlem του Βερολίνου, με την προπόθεση να είναι διευθυντής του ο Haber (Jeffrey Allan Johnson, 1990 σ. 128, σ. 139, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 45).

Πράγματι, ο Haber έγινε, όπως ειπώθηκε πριν, διευθυντής του Ινστιτούτου και διατήρησε αυτή τη θέση μέχρι ωστόσο παραιτήθηκε το 1933. Να σημειωθεί, ότι ο χημικός Arrhenius, όταν του ζητήθηκε να εκφέρει γνώμη ως εξωτερικός παράγοντας απ' τη διοίκηση του Ινστιτούτου, εισηγήθηκε προσωπικά το διορισμό του Haber, ενδεικτικό της διεθνούς αναγνώρισης του τελευταίου (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 123). Στο Ινστιτούτο, του δόθηκε η ευκαιρία να δείξει τις επιστημονικές του ικανότητες που σε συνδυασμό με το οργανωτικό του πνεύμα είχαν ως αποτέλεσμα την ανάδειξη του Ινστιτούτου σε κέντρο μεγάλου κύρους, παρόλο που διέθετε σχετικά μικρό αριθμό ερευνητών στη διάθεση του.

Όταν πολύ αργότερα, το 1932, ο γνωστός χημικός και μετέπειτα πρόεδρος του Ισραήλ Chaim Weizmann τον επισκέφθηκε, έμεινε έκθαμβος απ' την ποιότητα των ερευνητικών προγραμμάτων και τα άρτια εξοπλισμένα εργαστήρια που είχε στη διάθεση του (Βάρβογλης 1997, σ. 114). Ο Haber μάλιστα τόνισε στον Weizman τη σημασία της δουλειάς του για το βιομηχανικό και στρατιωτικό κόσμο, γεγονός που αποτελεί ένδειξη για την περηφάνια που ένιωθε για την καινοτομική του δραστηριότητα (Charles 2005, σ. 5).

Το Ινστιτούτο ήταν τμήμα όπως τονίσαμε, ενός ευρύτερου συγκροτήματος ερευνητικών κέντρων, της λεγόμενης Κοινότητας Kaiser Wilhelm (Kaiser- Wilhelm Gesellschaft). Η κοινότητα αυτή λειτουργούσε υπό τον έλεγχο ενός συμβουλίου το οποίο στελέχωναν επιστήμονες, πολιτικοί, καθώς και μέλη του τραπεζικού και του βιομηχανικού κόσμου. Να τονιστεί ότι αυτή η αλληλεπίδραση του επιχειρηματικού κόσμου με το Ινστιτούτο αντικατοπτριζόταν και στο συμβόλαιο που είχε υπογράψει ο Haber, με βάση το οποίο η εταιρεία του Koppel, θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί εμπορικά αποτελέσματα των ερευνών του (Johnson 1990, σ. 154).

Το ερευνητικό προσωπικό που είχε στη διάθεση του, ήταν υψηλής στάθμης κι ένα σημαντικό ποσοστό ήταν απ' το εξωτερικό γεγονός που έδειχνε ότι, αναφορικά με την επιστήμη τουλάχιστον, ο Haber κατανοούσε την ανάγκη διεθνούς συνεργασίας. Επίσης είχε τη διορατικότητα ν' αφήνει το περιθώριο στους συνεργάτες του ν' αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες, ενώ παράλληλα διατηρούσε μια διακριτική εποπτεία, όπως πολλές φορές γινόταν φανερό στα σεμινάρια που διοργάνωνε τακτικά (Βάρβογλης 1997, σ. 114-115).

Τα σεμινάρια αυτά ήταν γνωστά στην ακαδημαϊκή κοινότητα ως colloquium (Johnson 1990, σ. 207). Στα πλαίσια της διεξαγωγής τους, διάσημοι ομιλητές έρχονταν στο πανεπιστήμιο κι έδιναν ομιλίες. Ανάμεσα τους ήταν οι Niels Bohr (1885-1962) και Peter Debye (1884-1966). Οι συζητήσεις που γίνονταν ήταν υψηλού επιστημονικού επιπέδου, κι ο Haber είχε το χάρισμα να συντονίζει όλη αυτή τη διαδικασία και να δίνει διευκρινίσεις για το κοινό όποτε χρειαζόταν. Μάλιστα οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιστημόνων στα colloquium του Haber ήταν ιδιαίτερα ζωηρές, αφού επιτρεπόταν η αντιπαράθεση μεταξύ τους. Παρόμοιες εκδηλώσεις διοργάνωνε κι ο Nerst στο πανεπιστήμιο του Βερολίνου, στις οποίες όμως όμως δεν ήταν τόσο διάχυτο το στοιχείο της διεπιστημονικότητας, αφού οι ομιλίες περιορίζονταν στο πεδίο της φυσικής ενώ αποθαρρυνόταν ο αντίλογος. Χαρακτηριστικό εξάλλου της υπεροχής των colloquium του Haber, είναι ότι ταξίδευαν άνθρωποι απ' όλο το κόσμο για να παρευρεθούν σ' αυτά (Nachmansohn 1979, σ. 184-185).

Ένα από τα πρώτα ερευνητικά θέματα που απασχόλησαν τον Haber, όταν έγινε διευθυντής, ήταν η δημιουργία μιας συσκευής η οποία θα προειδοποιούσε τους εργαζόμενους στα ανθρακωρυχεία, ότι η συγκέντρωση των εύφλεκτων αερίων ήταν σε ανησυχητικά επίπεδα κι ότι έπρεπε να διαφύγουν. Επρόκειτο για αίτημα του ίδιου του Kaiser Wilhelm II, να βρεθεί λύση στο ζήτημα απ' το Ινστιτούτο, δεδομένου ότι σημειώνονταν πολλά ατυχήματα (Johnson 1990, σ. 160). Πράγματι ο Haber, σχεδιάσε μια σφυρίχτρα η οποία διέθετε έναν αναλυτικό μηχανισμό και με βάση τη συγκέντρωση του μεθανίου στο ανθρακωρυχείο, το σφύριγμα των εργατών ήταν χαρακτηριστικό και προειδοποιούσε για επερχόμενο ατύχημα (Wisniak 2001, σ. 166).

Στη συνέχεια, ακολούθησαν και άλλα τεχνολογικά κι επιστημονικά ευρήματα που υλοποιήθηκαν στο Ινστιτούτο όπως: έρευνα σχετική με το φαινόμενο της προσρόφησης, η δημιουργία ενός μανόμετρου με ίνες χαλαζία για την μέτρηση χαμηλών πιέσεων, η εμφύτευση ηλεκτρονίων σε διάφορα υλικά, καθώς επίσης και φασματοσκοπικές μελέτες. Ακόμα, σημαντικό επίτευγμα, ήταν η απομόνωση του παρα-υδρογόνου, ο σχηματισμός του οποίου συντελείται σε συνθήκες πολύ χαμηλής θερμοκρασίας, και του οποίου οι ιδιότητες αποκλίνουν σημαντικά απ' αυτές του κοινού υδρογόνου. Στο σχηματισμό αυτό, το μόριο του υδρογόνου αποτελείται από δυο άτομα, το καθένα απ' τα οποία, διαθέτει αντίθετο πυρηνικό σπιν από το άλλο. Η θεωρητική απόδειξη της δυνατότητας σχηματισμού αυτής της ιδιαίτερης μορφής του υδρογόνου είχε δοθεί

από τον Werner Heisenberg (1901-1976), ενώ η πειραματική του ανίχνευση πραγματοποιήθηκε από τον Karl Friedrich Bonhoeffer (1899-1957) (Βάρβογλης 1997, σ. 115).

Επίσης, ο Haber μαζί με τον Max Born (1882-1970), ανέπτυξαν το 1919, μια υπολογιστική μέθοδο για τον προσδιορισμό των τιμών της ενέργειας πλέγματος ιοντικών στερεών η οποία ονομάστηκε κύκλος Born-Haber (Jensen 2000, σ. 3). Η μεθοδολογία αυτή στηρίζεται στον νόμο του Hess και σε θερμοδυναμικά δεδομένα. Να σημειωθεί ότι αρχικά ο Born ήταν διστακτικός αναφορικά με την συνεργασία του με τον Haber, καθώς ο ίδιος ήταν ενάντια στη χρήση των χημικών όπλων. Ωστόσο, ο Haber κατάφερε να κερδίσει την εμπιστοσύνη του κι έτσι η σύντομη συνεργασία τους απέφερε καρπούς. Οι δυο τους είχαν συναντηθεί στο Βερολίνο το οποίο ο Max Born επισκεπτόταν τακτικά. Η συνεργασία αυτή είχε σημαντικά στοιχεία διεπιστημονικότητας, δεδομένου ότι ο Max Born ειδικευόταν στην φυσική και στα μαθηματικά, παίρνοντας το διδακτορικό του απ' το πανεπιστήμιο του Goettingen και μαθητεύοντας δίπλα σε σημαντικούς μαθηματικούς όπως οι David Hilbert. Μάλιστα το 1954, βραβεύθηκε με το βραβείο Nobel στη φυσική, για τη δουλειά του πάνω σε κβαντομηχανικά θέματα.

Το 1919 σηματοδεύτηκε απ' την αυτοκτονία του οργανικού χημικού Emil Fischer (1852-1919) ο οποίος είχε εκπονήσει σημαντικό έργο μεταξύ άλλων, στις επιστημονικές περιοχές των βαρβιτουρικών φαρμάκων και των σακχάρων. Για το τελευταίο του είχε απονεμηθεί μάλιστα το βραβείο Nobel χημείας το 1902. Σημαντικός ήταν κι ο ρόλος που διαδραμάτισε στον Ά Παγκόσμιο Πόλεμο όπως θα φανεί στη συνέχεια. Ο Haber παρολίγο να τον διαδεχθεί ως επικεφαλής του τμήματος χημείας στο πανεπιστήμιο του Βερολίνου, ωστόσο υπήρξε έντονη αντίσταση απ' τον χημικό Friedrich Carl Duisberg (1861-1935), ηγετικό στέλεχος της εταιρείας BAYER και άτομο με μεγάλη επιρροή, ο οποίος δεν ήθελε ένας φυσικοχημικός να είναι αρμόδιος για την εκπαίδευση οργανικών χημικών όπως χαρακτηριστικά έλεγε (Johnson 1990, σ. 198).

Να σημειωθεί ότι αργότερα ο Duisberg σε συνεργασία με τον Bosch, μεθόδευσαν την συσπείρωση διαφόρων χημικών εταιρειών συγκροτώντας την IG FARBEN (Murmman 2002, σ. 12) (Επίσης, ο Duisberg ήταν έντονος υποστηρικτής του χημικού πολέμου, προτρέποντας σχετικά την Γερμανική ηγεσία και διεξάγοντας κι ο ίδιος έρευνα πάνω σε δηλητιώδη αέρια). Επομένως, ο Haber εξακολούθησε να ασκεί τα καθήκοντα του που περιελάμβαναν κι εκπαιδευτικό έργο, στο Ινστιτούτο του στο Dahlem.

Επίσης, ο Haber εξακολουθούσε να προσπαθεί να βοηθήσει τη Γερμανία και μεταπολεμικά. Συγκεκριμένα, πρότεινε την χρήση του αιθινίου, το οποίο παραγόταν απ' τον άνθρακα ως υποκατάστατο του πετρελαίου, το οποίο βρισκόταν σε σπανιότητα πλέον στη Γερμανία (Wisniak 2001, σ. 166). Ακόμα η δεινή κατάσταση στην οποία είχε περιπέσει η Γερμανία λόγω των πολεμικών αποζημιώσεων που προέβλεπε η Συνθήκη των Βερσαλλιών, οδήγησε τον Haber το 1920, στη προσπάθεια εξαγωγής χρυσού από τη θάλασσα, προκειμένου ν' απαλλάξει την πατρίδα του απ' τον οικονομικό ζυγό των Συμμάχων. Αυτό το εγχείρημα είχε χαρακτηριστεί ως πραγματοποιήσιμο από τον Νομπελίστα Svante Arrhenius (1859-1927). Πράγματι, υπάρχουν άλατα χρυσού στη θάλασσα, αλλά αποδείχτηκε ότι η συγκέντρωση ήταν ελάχιστη. Από ένα κυβικό μίλι νερού μπορούσαν ν' ανακτηθούν πλήρως, μόλις 28 κιλά καθαρού χρυσού.

Αποδοτικότερη θα ήταν η εξαγωγή του αργύρου, αφού η συγκέντρωσή του στη θάλασσα, υπολογίζεται ως και πενήντα φορές μεγαλύτερη απ' αυτή του χρυσού, ενώ η αξία του είναι αρκετά υψηλή ώστε να καθιστά αυτό το εγχείρημα αποδοτικότερο απ' την προσπάθεια του Haber, ωστόσο ούτε σ' αυτήν την περίπτωση υπάρχουν στοιχεία οικονομικής βιωσιμότητας. Οι

έρευνες στις οποίες στηρίχθηκε ο Haber και οι οποίες των ώθησαν να επιχειρήσει την εξαγωγή του χρυσού, παρουσίαζαν τη συγκέντρωση του μετάλλου πολύ υψηλότερη. Το 1926 παράτησε απογοητευμένος το εγχείρημα (Βάρβογλης 1997, σ. 115, Wisniak 2001, σ. 166).

Αξίζει να αναφερθεί σχετικά, ότι η Συνθήκη των Βερσαλλιών όριζε επίσης πως η Γερμανία θα έχανε όλες τις βιομηχανικές της εγκαταστάσεις σε Γαλλικό έδαφος, ενώ θα έπρεπε ν' αποκαλύψει στους Συμμάχους όλη τη τεχνογνωσία της σχετικά με το χημικό πόλεμο καθώς και να προβεί στη καταστροφή όλων των παραγωγικών εγκαταστάσεων οι οποίες χρησιμοποιούνταν για πολεμικούς σκοπούς. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα σε αγγλικές εταιρείες να παράγουν χρωστικές ουσίες και φαρμακευτικά προϊόντα που προηγουμένως προστατεύονταν από διπλώματα ευρεσιτεχνίας. Ακόμα, οι αγγλικές χημικές εταιρείες απέκτησαν πρόσβαση στη τεχνογνωσία της BASF, αναφορικά με τη μέθοδο Haber-Bosch (Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 201). Για περισσότερες λεπτομέρειες αναφορικά με τις συνέπειες της συνθήκης των Βερσαλλιών (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 29-30).

Ακόμα ο Haber προσπάθησε να αποκαταστήσει τις επιστημονικές διασυνδέσεις της Γερμανίας με τις άλλες χώρες οι οποίες είχαν διακοπεί λόγω του πολέμου. Το 1924, παρευρέθη μαζί με τη νέα του σύζυγο Charlotta Nathan, στον εορτασμό των εκατό χρόνων από την σύσταση του Ινστιτούτου Franclin στην Φιλαδέλφεια. Η ομιλία του στη τελετή, είχε τίτλο: “Τεχνολογικές εφαρμογές των θεωρητικών εξελίξεων στη Χημεία” και πραγματευόταν την αλληλεπίδραση των βασικών κι εφαρμοσμένων επιστημών και τόνιζε τη σημασία τους για το μέλλον της ανθρωπότητας. Στην ίδια ομιλία επαίνεσε τον Αμερικανικό λαό για τη δημιουργικότητα και το καινοτομικό του πνεύμα (Goran 1947).

Την ίδια χρονιά, ταξίδεψε και στην Ιαπωνία. Κατά τη διάρκεια αυτού του ταξιδιού, ο Haber σημείωσε τις οικονομικές προοπτικές των Ασιατικών χωρών και τη σημασία του σχηματισμού ισχυρών βιομηχανικών και οικονομικών δεσμών με την Ιαπωνία. Ωστόσο, παρόλο που υπήρχαν σημαντικά περιθώρια βιομηχανικής ανάπτυξης για την Ιαπωνία, διαπίστωσε ότι υστερούσε ακόμα αρκετά σ' αυτό το κομμάτι από χώρες όπως η Γερμανία. Οικοδεσπότες τους ήταν ο Hajime Hoshi, ιάπωνας βιομήχανος ο οποίος είχε στο παρελθόν επισκεφθεί το Haber στο Βερολίνο, και είχε επενδύσει σημαντικά κεφάλαια στη Γερμανία για την προώθηση των επιστημών (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 53).

Ο Haber στη συνέχεια, σε συνεργασία με μέλη της Κοινότητας Kaiser Wilhelm και με παράγοντες του υπουργείου, πέτυχε στις 4 Δεκεμβρίου 1926 τη σύσταση ενός ινστιτούτου το οποίο προωθούσε την συνεργασία μεταξύ των δυο χωρών. Αντίστοιχο ίδρυμα δημιουργήθηκε την επόμενη χρονιά και στην Ιαπωνία (Nachmansohn 1979, σ. 187). Ακόμα, το 1928 ταξίδεψε στην Μαδρίτη, όπου παρευρέθηκε στον εορτασμό για τα δεκαπέντε χρόνια από τη σύσταση της Ισπανικής Χημικής Εταιρείας .

Τον Ιούλιο της ίδιας χρονιάς, παρευρέθηκε σε μια ακόμα εκδήλωση αυτή τη φορά στο Darmstadt, για ν' αποτίσει φόρο τιμής στον σπουδαίο Γερμανό χημικό Justus von Liebig (1803-1873), με τον οποίο ο ίδιος ο Haber είχε πολλά κοινά χαρακτηριστικά. Κι οι δυο τους ήταν σπουδαίοι ομιλητές κι έχαιραν διεθνούς αναγνώρισης. Ακόμα, ο Liebig, τόνιζε κι αυτός στην εποχή του πόσο σημαντική ήταν η γαλούχηση των νέων επιστημόνων. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Liebig ήταν απ' τους πρώτους που επισήμαναν τη σημασία των λιπασμάτων, ένα θέμα που συνδέθηκε άμεσα, όπως θα δούμε, με το επιστημονικό έργο του Haber (Sauchelli 1964, σ. 41). Συγκεκριμένα, αναφέρθηκε στη σημασία παραγόντων όπως το νερό, το ηλιακό φως και η

παρουσία ορισμένων ουσιών, όπως το άζωτο στην απόδοση μιας καλλιέργειας (Sauchelli 1964, σ. 9).

Η διεθνής αναγνώριση του Haber, αποτυπώθηκε και θεσμικά. Συγκεκριμένα, διατέλεσε πρόεδρος της Ένωσης Γερμανικών Χημικών Εταιρειών η οποία το 1931 ενωμάτωθηκε στη Παγκόσμια Ένωση Θεωρητικής κι Εφαρμοσμένης Χημείας, από την οποία παραιτήθηκε το 1933 λόγω του ναζιστικού καθεστώτος. Το 1930, άρθρο στους New York Times, εμφάνιζε τον Haber ως το κλειδί για την επιβίωση της Γερμανίας (Nachmansohn 1979, σ. 187). Όμως, παρόλο που δέχτηκε πολλούς διεθνείς επαίνους εκείνη τη περίοδο, δεν έλειψαν οι αρνητικές εξελίξεις τόσο στην προσωπική του όσο και στην επαγγελματική του ζωή.

Ειδικότερα, ο γάμος του με την κατά 20 χρόνια μικρότερη σύζυγο του Charlotta Nathan, το 1917, αν και αρχικά πήγαινε καλά, κατέληξε σε διαζύγιο το 1927. Επίσης, παρότι είχε σημαντική περιουσία ως αποτέλεσμα των αμοιβών που έπαιρνε απ' την BASF για τη διεργασία Haber-Bosch, ο πλούτος του μειώθηκε σημαντικά λόγω του έντονου πληθωρισμού που έπληξε την Γερμανία μεταπολεμικά (ωστόσο η χώρα διατήρησε σε μεγάλο βαθμό τις βιομηχανικές υποδομές της, καθώς οι μάχες δεν έγιναν σε γερμανικό έδαφος).

Τον Ιανουάριο του 1933 ανέβηκε ο Hitler στην εξουσία, κι άρχισαν οι πρώτες διώξεις των Εβραίων. Ο Haber ίσως να μη διέτρεχε κίνδυνο, εξαιτίας των υπηρεσιών που παρείχε κατά τη διάρκεια του πολέμου. Ωστόσο, παρόλο που είχε ασπαστεί τον Χριστιανισμό όπως αναφέρθηκε, η εβραϊκή του καταγωγή ήταν αρκετή για ν' αντιμετωπίζεται εχθρικά απ' το ναζιστικό καθεστώς και το κύμα αντισημιτισμού που έπληττε τη χώρα. Μάλιστα το Ινστιτούτο του έγινε αντικείμενο στοχοποίησης από μέλη της Ναζιστικής Νεολαίας, τα οποία μέσω ανακοίνωσης στη φοιτητική εφημερίδα, έκαναν λόγο για κατοχή της κοινότητας Kaiser Wilhelm από εβραϊκά συμφέροντα και μάλιστα κατανόμασαν τον Korrel, ο οποίος όπως είδαμε ήταν χορηγός του Ινστιτούτου. Ακόμα κατήγγειλαν την παρουσία των Εβραίων στην επιστημονική κοινότητα, λέγοντας μάλιστα ότι ο διορισμός του Haber ως διευθυντή είναι το αποκορύφωμα αυτού του εκφυλιστικού όπως το αποκαλούσαν, φαινομένου (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 54).

Η κατάσταση σύντομα οξύνθηκε, και όταν στις 7 Απριλίου του 1933 δημοσιεύθηκε το διάταγμα που του απαγόρευε να επιλέγει για τη στελέχωση του Ινστιτούτου Εβραίους επιστήμονες, η συνείδηση του Haber επαναστάτησε και παραιτήθηκε στις 30 Απριλίου του ίδιου έτους, ζητώντας ν' αποχωρήσει απ' τη θέση του τον Οκτώβριο. Μάλιστα έγραψε στην επιστολή παραίτησης του, ότι για σαράντα ολόκληρα χρόνια επέλεγε τους συνεργάτες του με βάση την νοημοσύνη και τον χαρακτήρα τους και πως δεν ήταν διατεθειμένος να αλλάξει αυτή την συνήθεια για το υπόλοιπο της ζωής του. Η παραίτηση του έγινε δεκτή, κάτι που ίσως του προξένησε έκπληξη, δεδομένης της καταγεγραμμένης υπηρεσίας του στην Γερμανία. Χαρακτηριστική ήταν και η τοποθέτηση του Hitler αναφορικά με τις συνέπειες της εκδίωξης των εβραίων επιστημόνων απ' τους κόλπους της Γερμανικής επιστήμης, δηλώνοντας ότι η επιστημονική καταβράθρωση της χώρας είναι δυσάρεστο αλλά αναγκαίο τίμημα. Το θέμα το είχε θίξει ο Carl Bosch, ηγετικό στέλεχος πλέον της IG Farben, σε μια προσπάθεια να αποτρέψει τον Γερμανό καγκελάριο. Αξιοσημείωτο είναι πάντως ότι ο Haber, αφιέρωσε μεγάλο μέρος του χρόνου του, απ' την στιγμή της παραίτησης του μέχρι την τελική του αποχώρηση, για να βρει απασχόληση για τους συναδέλφους του που θα απολύονταν (Wisniak 2001, σ. 159-160).

Προτού αποχωρήσει από το Ινστιτούτο, ο Haber κληροδότησε τη μεγάλη προσωπική του βιβλιοθήκη στο Ινστιτούτο Sieff. Στο Ινστιτούτο αυτό, διεξαγόταν έρευνα στους τομείς των

φυσικών επιστημών με έμφαση στη χημεία πολυμερών, στη διατροφολογία και στη φαρμακολογία (Βάρβογλης 1997, σ.133). Στο μεταξύ, παρότι η υγεία του ήταν κλονισμένη, όταν του έγινε πρόσκληση από τους Άγγλους, Sir William Pope (1870-1939), Harold Hartley (1878-1972) και Frederic Donnan (1870-1956), να εγκατασταθεί στο Cambridge, δε δίστασε να δεχθεί.

Σ' αυτό ίσως συντέλεσε το γεγονός ότι η συγκεκριμένη θέση είχε τιμητικό χαρακτήρα και θα τον απάλλαζε από διδακτικά καθήκοντα. Θα μπορούσε επίσης να έχει στη διάθεση του ένα μικρό εργαστήριο. Να αναφερθεί ότι οι συγκεκριμένοι επιστήμονες είχαν αντίστοιχες αρμοδιότητες με τον Haber για λογαριασμό της χώρας τους, κατά τη διάρκεια του πολέμου. Μάλιστα, ο Hartley ήταν μέλος της επιτροπής που μετά την επικράτηση των Συμμάχων, επιθεώρησε τις Γερμανικές δραστηριότητες σχετικά με τα χημικά όπλα (James, Steinhauser, Hoffmann και Friedrich 2011, σ. 38).

Είναι αξιοσημείωτο λοιπόν, ότι ανάμεσα σ' αυτούς και στον Haber υπήρχε μια αίσθηση κατανόησης και αλληλοσεβασμού για την θέση στην οποία είχαν βρεθεί όλοι τους, υπηρετώντας ο καθένας την πατρίδα του (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 67). Σ' επικοινωνία του με τον Pope σχετικά με την προοπτική της μεταφοράς του στο Cambridge, ο Haber εκδήλωνε έντονα την επιθυμία ν' αποτινάξει την γερμανική ιδιότητα απ' τον ίδιο και τα παιδιά του, αφού με βάση τον γερμανικό νόμο θεωρούνταν πλέον πολίτες δεύτερης κατηγορίας (Charles 2005, σ. 6). Πριν πάει στο Cambridge, επισκέφθηκε τον γιο του Herman, ο οποίος διέμενε στο Παρίσι. Σε γραπτή του επικοινωνία με τον μικρότερο γιο του Ludwig, τόνισε πως ήταν σημαντικό αυτός και η Eva η μικρότερη απ' τα τρία παιδιά του Haber, να μάθουν καλά Αγγλικά και Γαλλικά και να διεκδικήσουν την Αγγλική υπηκοότητα, ώστε ν' απαγκιστρωθούν απ' την Γερμανία, η οποία δεν επιφύλασσε τίποτα θετικό πλέον για άτομα εβραϊκής καταγωγής (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 56). Να σημειωθεί ότι ο Ludwig Haber έγινε στη συνέχεια σημαντικός ιστορικός της χημικής βιομηχανίας και μέσα απ' το έργο του περιγράφονται οι σημαντικότερες εξελίξεις στο κλάδο, κατά την περίοδο 1800-1930 (Τσοτσορός, Λιδωρίκης 2014, σ. 12).

Ακόμα, κατά τη διάρκεια ταξιδιού του στην Ελβετία η υγεία του επιδεινώθηκε, και χρειάστηκε να νοσηλευτεί σ' ένα θεραπευτήριο στην πόλη Mammern. Κατά τη διάρκεια της παραμονής του εκεί, και συγκεκριμένα στις 3 Οκτωβρίου του 1933, είχε γραπτή επικοινωνία μ' έναν αντιπρόσωπο του Ιδρύματος Rockefeller, το οποίο αποτελούσε έναν από τους χορηγούς του Ινστιτούτου του, στο οποίο υπογράμμιζε το ρόλο που είχε διαδραματίσει αυτός και το εργαστήριο του στον χημικό πόλεμο, τονίζοντας ωστόσο ότι είχε πάψει πλέον ν' ασχολείται με το θέμα και ότι είχε αρνηθεί κάθε συνέχιση σχετικών ερευνών (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 56-57).

Το ερώτημα λοιπόν είναι τι ακριβώς εξυπηρετούσε αυτή η τοποθέτηση του Haber αναφορικά με τα χημικά όπλα; Πιθανότατα, γνώριζε πως το Ναζιστικό καθεστώς θα συνέχιζε την προώθηση της έρευνας στο ζήτημα. Επιχειρούσε λοιπόν ν' αποφύγει τυχόν ευθύνες για μελλοντική χρήση χημικών όπλων απ' το ναζιστικό καθεστώς ή μήπως είχε μετανιώσει γενικότερα για τη συμβολή του στην ανάπτυξη τους; Αυτό αποτελεί ανοικτό ερώτημα, αφού δεν βρέθηκαν περαιτέρω στοιχεία για την σχετική επικοινωνία.

Όταν η υγεία του βελτιώθηκε, ο Haber εγκαταστάθηκε στο Cambridge, ωστόσο η διαμονή του εκεί δεν έμελλε να κρατήσει πολύ, καθώς η υγεία του επιδεινώθηκε και πάλι. Ίσως δε μπορούσε ν' απαλλαγεί από την πικρία που ένιωθε για το γεγονός ότι ένιωθε παρείσακτος πλέον στην πατρίδα στην οποία προσέφερε τόσα πολλά, τόσο σε περίοδο ειρήνης όσο και κατά τη διάρκεια του πολέμου. Αυτό καταγράφεται και στην γραπτή επικοινωνία του με τον Einstein, με

τον οποίον ήταν στενοί φίλοι όπως έχουμε επισημάνει, κι ο οποίος είχε διαφύγει στην Αμερική. Ο Einstein δεν ασπάστηκε ποτέ τον πατριωτισμό του φίλου του, και σε γράμμα μεταξύ των δυο αντρών, αναφέρει χαρακτηριστικά ότι καταλαβαίνει τον ψυχολογικό διχασμό του Haber (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 42).

Τη σύντομη χρονική περίοδο που πέρασε ο Haber στο Cambridge, έζησε τις τελευταίες αναλαμπές επιστημονικής ευδαιμονίας, αφού συνάντησε πολλούς απ' τους συνεργάτες του στο Dahlem, οι οποίοι είχαν βρει κι αυτοί καταφύγιο εκεί (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 57). Βέβαια, εξακολουθούσαν να τον διακατέχουν αρνητικές σκέψεις και συναισθήματα όπως είπαμε, τα οποία αποτυπώνονται στο γράμμα που έστειλε στον Willstatter, λίγο πριν τα Χριστούγεννα του 1933.

Συγκεκριμένα, του γράφει ότι παρόλο που η διαμονή του στην Αγγλία είναι ιδιαίτερα ευχάριστη κι αυτό οφείλεται κυρίως στην ευγένεια του Rore, συνέχιζε να ταλανίζεται από μια αίσθηση του ανεκπλήρωτου. Εξέφρασε μάλιστα την επιθυμία να προμηθευτεί μορφίνη και κυανούχο κάλιο. Την πρώτη ουσία ίσως τη χρειαζόταν για ν' απαλύνει τη δυσφορία που του προξενούσαν τα προβλήματα της υγείας του. Η δεύτερη όμως συνήθως χρησιμοποιείται απ' τους αυτόχειρες. Δεν μπορούμε να συμπεράνουμε απ' αυτό, αν πράγματι περνούσαν αυτοκτονικές σκέψεις απ' το μυαλό του, ωστόσο βρισκόταν σίγουρα σε άσχημη ψυχολογική κατάσταση (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 64).

Τα προβλήματα που αντιμετώπιζε με την καρδιά του, οδήγησαν τελικά με φυσικό τρόπο στο θάνατο του, στη Βασιλεία της Ελβετίας όπου είχε πάει για ολιγοήμερες διακοπές και για να επισκεφθεί την αδελφή του (29 Ιανουαρίου 1934). Ήταν 65 χρονών. Για την επέτειο του ενός χρόνου από τον θάνατο του, πολλοί επιστήμονες και παράγοντες του βιομηχανικού χώρου, συγκεντρώθηκαν στο Dahlem, για να αποτίσουν φόρο τιμής στον Haber, αγνοώντας τις προειδοποιήσεις του Ναζιστικού κόμματος, ότι κάτι τέτοιο συνιστά πρόκληση για το Εθνικοσοσιαλιστικό καθεστώς. Ένας απ' αυτούς ήταν ο φυσικός Max Planck (1858-1947), ο οποίος είπε χαρακτηριστικά ότι ο Haber κατέχει θέση τιμής στην ιστορία της επιστήμης και στο Kaiser Wilhelm Institute (Wisniak 2001, σ. 160).

## Κεφάλαιο 2

### Το χρονικό της διεργασίας Haber-Bosch

Η ταχεία ανάπτυξη της Ευρώπης κατά τη βιομηχανική περίοδο δημιούργησε πρόβλημα υπερπληθυσμού. Ωστόσο πολύ νωρίτερα και συγκεκριμένα το 1779, η αυξητική τάση του πληθυσμού οδήγησε τον Thomas Robert Malthus, να κάνει λόγο για τη μελλοντική ανεπάρκεια των τροφών. Ενδεικτικά, ο πληθυσμός της Γερμανίας τη περίοδο 1800-1900 αυξήθηκε απ' τα 25 στα 55 εκατομμύρια (Stoltzenberg 2004, σ. 77). Η μέχρι τότε παραγωγή τροφίμων ήταν έρμαιο των φυσικών συνθηκών, και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις είχαν αποδυναμωθεί σε μεγάλο βαθμό από την υπερεκμετάλλευση.

Ήταν επιτακτική ανάγκη να βρεθεί ένας τρόπος αύξησης της παραγωγής λιπασμάτων με βάση το άζωτο, ο οποίος θα καθιστούσε περισσότερο αποδοτικές τις καλλιέργειες. Γενικά τα καλλιεργούμενα εδάφη δεν περιέχουν την απαιτούμενη, για την ανάπτυξη των φυτών, ποσότητα αζωτούχων ενώσεων.

Το άζωτο είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στοιχείο αποτελώντας το 78% κατ' όγκον της ατμόσφαιρας. Έχει ζωτική σημασία για τους βιολογικούς οργανισμούς, όντας συστατικό στοιχείο του DNA και των πρωτεϊνών (Sauchelli 1964, σ. 2). Ωστόσο, στη στοιχειακή του μορφή, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τα φυτά συνεπώς πρέπει να το χορηγήσουμε σε “δεσμευμένη” μορφή, δηλαδή σε μορφή νιτρικών ενώσεων όπως νιτρικό αμμώνιο, φωσφορικό αμμώνιο, θειικό αμμώνιο, ουρία, αμμωνία κα. (Περιέχονται και άλλα στοιχεία στα λιπάσματα που κι αυτά είναι απαραίτητα για τη σύνθεση βιολογικών μορίων όπως φώσφορος, κάλιο, καθώς και διάφορα άλλα στοιχεία σε πολύ μικρότερες ποσότητες (Lowrison 1989, σ. 101-107, σ. 161-167).

Το γεγονός ότι το άζωτο δε μπορεί ν' αξιοποιηθεί όταν βρίσκεται στη στοιχειακή του μορφή, οφείλεται στο τριπλό δεσμό ανάμεσα στα δυο άτομα που συγκροτούν το μόριο του (Διατομικό στοιχείο). Ο δεσμός αυτός είναι ο ισχυρότερος που υπάρχει στη φύση, και σ' αυτό οφείλονται οι τεχνικές δυσκολίες που αναδύθηκαν όταν επιχειρήθηκε να παραχθεί αμμωνία από άζωτο και υδρογόνο (Sauchelli 1964, σ. 12). Πρέπει δηλαδή, ν' αναπτυχθούν ιδιαίτερα ακραίες συνθήκες, προκειμένου να “σπάσει” ο δεσμός μεταξύ των δυο ατόμων του αζώτου, έτσι ώστε αυτά να ενωθούν με τα άτομα του υδρογόνου και να συγκροτήσουν το μόριο της αμμωνίας.

Αξίζει ν' αναφερθεί, ότι ορισμένα βακτήρια έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν το άζωτο (Lowrison 1989, σ. 137-138) και (Sauchelli 1964, σ. 23-30). Επίσης οι ηλεκτρικές εκκενώσεις που εκδηλώνονται στην ατμόσφαιρα, παρέχουν την απαραίτητη ενέργεια ώστε να σπάσει ο τριπλός δεσμός του αζώτου, και να δεσμευτεί (Sauchelli 1964, σ. 11). Ο ίδιος ο Haber είχε διεξάγει σχετικούς υπολογισμούς, μετρώντας τη ποσότητα νιτρικού οξέως που σχηματίζεται στην ατμόσφαιρα και πέφτει με τη βροχή, σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια (Stoltzenberg 2004, σ. 78). Σ' αυτό το φαινόμενο ουσιαστικά βασίστηκε αργότερα η μέθοδος των Birkeland και Eyde, και μάλιστα ήταν αρκετά αποδοτική σε χώρες με φθηνή ηλεκτρική ενέργεια όπως η Νορβηγία (Stengers, Bensaude 1992 σ. 341). Ωστόσο, αυτά τα φυσικά φαινόμενα δεν αρκούσαν για την κάλυψη των αναγκών σε δεσμευμένο άζωτο.

Εκείνη τη περίοδο, όλες οι χώρες προμηθεύονταν νιτρικά από την Χιλή, συγκεκριμένα απ' την έρημο Ατακάμα, η οποία είναι πλούσια σε νιτρικά ορυκτά άλατα (Travis 2015, σ. 17). Η Γερμανία μέχρι το 1913 απορροφούσε το ένα τρίτο της παραγωγής νιτρικών της Χιλής (Wisniak 2001, σ.



161). Τα αποθέματα αυτά, υπολογιζόταν ότι με βάση την παγκόσμια κατανάλωση νιτρικών ενώσεων θα εξαντλούνταν το 1940. Ο William Crookes (1832-1919) πρόεδρος της Βρετανικής Οργάνωσης για την προώθηση της Επιστήμης (British Association for the Advancement of Science), κάλεσε επίσημα την επιστημονική κοινότητα των χημικών να δώσει λύση στο πρόβλημα της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου, αφού η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, θα οδηγούσε στη γρήγορη εξάντληση των φυσικών αποθεμάτων νιτρικών ουσιών (Lowrison 1989, σ. 129).

Ήταν λοιπόν επιτακτικής σημασίας ζήτημα να βρεθεί ένας εναλλακτικός τρόπος παραγωγής νιτρικών λιπασμάτων, και τότε άρχισε να αναδύεται η σημασία της αμμωνίας η οποία μπορεί να χορηγηθεί είτε απευθείας στο καλλιεργήσιμο έδαφος είτε να αποτελέσει πρώτη ύλη για την παραγωγή νιτρικών λιπασμάτων (Lowrison 1989, σ. 91, σ. 161). Η αμμωνία στους αλχημιστές του 13ου αιώνα αναφέρεται από τον Albertus Magnus (1200-1280). Τον 15ο αιώνα ο αλχημιστής Basilius Valentinus έδειξε ότι η αμμωνία παράγεται εύκολα με την αντίδραση χλωριούχου αμμωνίου και ισχυρών βάσεων. Ο πρώτος που παρασκεύασε εργαστηριακά καθαρή αμμωνία σε αέρια μορφή ήταν ο Άγγλος Joseph Priestley (1733-1804). Το 1754 ο Priestley συνέλεξε αέρια αμμωνία με θέρμανση του χλωριούχου αμμωνίου με άσβεστο (CaO), πάνω από επιφάνεια υδραργύρου (Sauchelli 1964, σ. 40). Η μέθοδος του Priestley χρησιμοποιούνταν για την εργαστηριακή παρασκευή αμμωνίας σχεδόν μέχρι και τις αρχές του 20ου αιώνα. Ακόμα και ο ίδιος ο Crookes είχε κατορθώσει το 1892 να παράγει με ηλεκτροχημικό τρόπο νιτρικές ενώσεις σ' αμελητέα όμως ποσότητα, χρησιμοποιώντας το άφθονο άζωτο της ατμόσφαιρας. Έπρεπε όμως να βρεθεί ένας βιομηχανικός τρόπος μαζικής παραγωγής της.

Στις μέρες μας είναι γνωστό, ότι ο όγκος παραγωγής αγαθών όπως: αμμωνία, θειικό οξύ κ.α σχετίζεται θετικά με το ΑΕΠ και γενικότερα με τη βιομηχανική ανάπτυξη μιας χώρας. Αυτό είναι λογικό, αφού τα προϊόντα αυτά διαχέονται σε πολλούς κλάδους. Συγκεκριμένα, η αμμωνία είναι από τις πιο ευρέως παραγόμενες ανόργανες ουσίες. Χρησιμοποιείται για τη παραγωγή πλαστικών, εκρηκτικών, νιτρικού οξέως (μέσω της διαδικασίας Ostwald) και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χρωμάτων και φαρμάκων. Ακόμα μπορεί να δράσει ως ψυκτική ουσία. Επίσης μπορεί ν' αξιοποιηθεί και ως καύσιμο (Bartels 2008, σ. 2). Ανήκει στα χημικά προϊόντα ευτελούς αξίας, που η οικονομική τους σημασία έγκειται στον όγκο της παραγωγής τους όπως πχ το πετρέλαιο. Αντίθετα υπάρχουν τα λεγόμενα χημικά προϊόντα υψηλής αξίας, όπου εκεί έχουμε μικρούς όγκους παραγωγής, ωστόσο τα προϊόντα αυτά είναι πολύ ακριβότερα από τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή τους, για παράδειγμα τα φάρμακα.

Προτού, γίνει εκτενής αναφορά στο χρονικό της διεργασίας Haber-Bosch, αξίζει να γίνει λόγος για άλλες δυο βιομηχανικές διαδικασίες που προτάθηκαν ως λύσεις στο πρόβλημα. Διαπιστώνει κανείς πάντως, ότι παρόλο που το πρόβλημα από αυστηρά επιστημονικής πλευράς, επιδεχόταν αρκετές λύσεις, οικονομικοί, γεωπολιτικοί και στις μέρες μας περιβαλλοντικοί παράγοντες διαχωρίζουν την επιτυχία από την αποτυχία στο πλαίσιο της εφαρμοσμένης επιστήμης και στη περίπτωση μας της χημικής μηχανικής, όπου δεν αρκεί κάτι να είναι εφικτό σε επίπεδο εργαστηρίου, αλλά κι αποδεκτό βιομηχανικά με βάση τα παραπάνω κριτήρια.

Αυτή τη λεπτή διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στην επιτυχία και στην αποτυχία στο συγκεκριμένο πρόβλημα, την τόνισε κι ο Haber στην ομιλία του, όταν του απονεμήθηκε το βραβείο Nobel (Haber 1920, σ. 338). Επισήμανε μάλιστα, ότι η σημασία της διεργασίας του, έγκειται στο ότι απαιτείται χαμηλότερη θερμοκρασία κατά τη βιομηχανική της εφαρμογή και

συνεπώς μικρότερη κατανάλωση άνθρακα, σε σχέση με τις υπόλοιπες (Haber 1920, σ. 339). Ανάλογη διαφοροποίηση υπάρχει και στη θεωρία του Schumpeter, ανάμεσα στην εφεύρεση και στην καινοτομία. Πολλές εφευρέσεις δεν καταλήγουν σε καινοτομίες, γιατί τους λείπει το στοιχείο που θα τις καθιστούσε εμπορικά αξιοποιήσιμες. Για να γίνει αυτό, χρειάζεται μια δημιουργική ενέργεια, ένα ιδιαίτερο στοιχείο “επιχειρηματικότητας” (Murtmann 2002, σ. 9-10).

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δε θα γίνει εκτενέστερη αναφορά σε αυτό αλλά αξίζει να τονιστεί ότι δεν είναι ξεκάθαρο πόσο βάσιμο είναι να αποκαλείται ο Haber σωτήρας της ανθρωπότητας. Φυσικά η ιστορία έδειξε ότι η διεργασία του είναι τάξεις μεγέθους οικονομικότερη απ' τις άλλες δύο, απλά επισημαίνεται το γεγονός ότι υπήρχε λύση απλά δεν ήταν τόσο οικονομική. Συχνά γίνεται λόγος για τα δισεκατομμύρια των ανθρώπων που είναι σήμερα ζωντανόι λόγω της επάρκειας σε λιπάσματα που παράγονται με τη διεργασία Haber-Bosch. Αυτό σημαίνει ότι δε θα επαρκούσαν τα διαθέσιμα ενεργειακά αποθέματα του πλανήτη για να τροφοδοτήσουν αυτές τις εναλλακτικές διεργασίες, ή μήπως ότι η ανθρώπινη ζωή είναι ένα κοστολογημένο αγαθό και παρόλο που θα υπήρχε ενεργειακή επάρκεια οι μηχανισμοί της αγοράς δε θα επέτρεπαν την επιβίωση μεγάλης μερίδας του παγκόσμιου πληθυσμού; Αυτό όμως είναι ένα θεωρητικό ζήτημα και η απάντηση του ξεφεύγει απ' τη μελέτη μας.

Αξιόλογο βιομηχανικό ενδιαφέρον λοιπόν, είχαν και οι διεργασίες των Adolph Franc (1834-1916) και Nikodem Caro (1871-1935) και των Kristian Birkeland (1867-1917) και Sam Eyde (1866-1940). Η διεργασία των δυο πρώτων ξεκίνησε να εφαρμόζεται βιομηχανικά το 1915 και το ενεργειακό της κόστος ήταν το ένα τέταρτο της διεργασίας των άλλων δύο. Η τελευταία άρχισε ν' αξιοποιείται απ' το 1905 αλλά απαιτούσε πολύ μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας και τελικά εγκαταλείφθηκε εντελώς (Lowrison 1989, σ. 132, IEA, ICCA και DECHEMA 2013, σ. 16).

Το 1898, εντατικοποιήθηκε η προσπάθεια από πολλά επιστημονικά εργαστήρια για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα. Οι Γερμανοί επιστήμονες είχαν ένα προβάδισμα εκείνη τη περίοδο, με την κυβέρνηση να ενθαρρύνει τις τράπεζες και τους βιομήχανους να επενδύσουν στην επιστήμη, παρέχοντας κρατική στήριξη. Οι βιομηχανίες, αγόραζαν πατέντες και προσλάμβαναν ταλαντούχους επιστήμονες και παράλληλα οι τράπεζες παρείχαν τα απαραίτητα κεφάλαια. Αυτό το δυναμικό πλέγμα σχέσεων αποδείχτηκε ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε σχέση με ότι γινόταν σε άλλες χώρες. Το 1900 καθώς οξυνόταν η αντιπαράθεση της Γερμανίας με την Αγγλία, ο Ostwald αντιλαμβανόμενος τη δεινή θέση που θα βρισκόταν η χώρα του σε περίπτωση πολέμου, αν ο Αγγλικός στόλος εμπόδιζε την Γερμανία να προμηθευτεί νιτρικές ουσίες απ' την Χιλή, αποφάσισε να ασχοληθεί με το πρόβλημα της δέσμευσης του αζώτου. Οι φόβοι του επαληθεύτηκαν, και πράγματι έγινε ο αποκλεισμός (Jeffrey Allan Johnson, 1990, σ. 39).

Ενδιαφέρον για τη λύση του προβλήματος άρχισε να εκδηλώνει και η μεγάλη χημική εταιρεία Badische Anilin und Soda Fabrik (BASF). Η ιστορική αυτή εταιρεία, δημιουργήθηκε το 1865 στη πόλη Mannheim, και δραστηριοποιούνταν στο χώρο των οργανικών χημικών, ωστόσο είχε ξεκινήσει να διευρύνει το χαρτοφυλάκιο των ερευνητικών της προσανατολισμών, ακολουθώντας το παράδειγμα πολλών άλλων εταιρειών που μέχρι τότε ειδικεύονταν στην παραγωγή χρωμάτων.

Συγκεκριμένα, το 1888, η εταιρεία ανέπτυξε τη λεγόμενη μέθοδος επαφής για την παραγωγή θειικού οξέως, το οποίο ήταν σημαντικό για την παραγωγή ορισμένων οργανικών χρωμάτων και καθιέρωσε την BASF ως πρώτη παγκόσμια δύναμη στη παραγωγή θειικού οξέως. Η μέθοδος επαφής ήταν ιδιαίτερα επιτυχής, επειδή καθιστούσε δυνατή την παρασκευή θειικού οξέος υψηλότερης συγκέντρωσης και καθαρότητας σε σχέση με το θειικό οξύ που παραγόταν με την

συμβατική μέθοδο των μολύβδινων θαλάμων. Μάλιστα, οι γνώσεις που αποκόμισε το επιστημονικό προσωπικό της BASF σε θέματα κατάλυσης, για τη μέθοδο επαφής, έθεσαν τα θεμέλια για τις αντίστοιχες έρευνες που διεξήχθησαν αργότερα για τη διεργασία Haber-Bosch (Τσοτσορός και Λιδωρίκης, 2014, σ. 35).

Ωστόσο, το πρόβλημα της δέσμευσης του αζώτου, ανήκε στη περιοχή της φυσικοχημείας στην οποία η εταιρεία δε διέθετε τεχνογνωσία, συνεπώς έπρεπε ν' αποταθεί σε ειδικούς επιστήμονες που δεν ανήκαν στο δυναμικό της. Αξιοσημείωτο είναι ότι η διοίκηση της BASF ήταν διατεθειμένη να επενδύσει σε προγράμματα εφαρμοσμένης έρευνας, αλλά υπήρχαν σημαντικές επιφυλάξεις σχετικά με τη δυνατότητα σύνθεσης της αμμωνίας απευθείας από τα στοιχεία της (Haber 1920, σ. 332, Βάρβογλης 1997, σ. 109). Σ' αυτήν την πεποίθηση συνέβαλλαν διάφορες αποτυχίες.

Συγκεκριμένα, στις 12 Μαρτίου 1900, ο Ostwald, ενημέρωσε την ηγεσία της BASF ότι κατάφερε να συνθέσει αμμωνία από τα στοιχεία της. Ωστόσο ο Carl Bosch, ο οποίος διεξήγαγε έλεγχο για λογαριασμό της εταιρίας διαπίστωσε ότι η διεργασία ήταν προβληματική. Ο Bosch μεγάλωσε στην Κολωνία, όπου ο πατέρας του είχε μια επιχείρηση επεξεργασίας μετάλλων. Είναι ανηψιός του Robert Bosch ο οποίος οργάνωσε την εταιρεία Bosch το 1886 στη Στουτγάρδη η οποία εξειδικευόταν σε ηλεκτρολογικό εξοπλισμό. Εργάστηκε ως βοηθός σε επιχείρηση μεταλλουργίας το 1893 και σπούδασε μεταλλουργία και μηχανολογία στο Technische Hochschule Charlottenberg τη περίοδο 1894-1896. Το 1896 ξεκίνησε η ενασχόληση του με τη χημεία στο πανεπιστήμιο του Leipzig και μάλιστα πήρε το διδακτορικό του ειδικευόμενος στην οργανική χημεία υπό την επίβλεψη του Johannes Wislicenus. Άρχισε να εργάζεται στην εταιρεία BASF τον Απρίλιο του 1899. Ο Ostwald τότε είχε διαμαρτυρηθεί έντονα, θεωρώντας ότι ο Bosch που τότε μόλις είχε ξεκινήσει την καριέρα του στην BASF ήταν άπειρος και δε γνώριζε αρκετά για το θέμα, στη συνέχεια όμως διαπίστωσε ότι ο Bosch είχε δίκιο. Αυτή η αποτυχία συνέβαλε στο να καθιερωθεί η άποψη ότι το πρόβλημα της δέσμευσης του αζώτου πρέπει να προσεγγιστεί ηλεκτροχημικά (Travis 2015, σ. 45-46).

Συγκεκριμένα ήταν ο πρόεδρος της εταιρίας, ο Heinrich von Brunck (1847-1911) που πήρε αυτή την απόφαση. Ο von Brunck, ήταν μια σημαντική προσωπικότητα του επιχειρηματικού κόσμου του, κι ήταν ιδιαίτερα εξοικειωμένος στο χειρισμό ερευνητικών προγραμμάτων υψηλού κινδύνου. Επέλεξε λοιπόν, να εντείνει την έρευνα για το πρόβλημα αλλά με ηλεκτροχημικά μέσα (Βάρβογλης 1997, σ. 109). Ο Brunck, μαθήτευσε υπό τον August Kekule (1829-1896) στο πανεπιστήμιο Ghent, κι έγινε τεχνικός διευθυντής της εταιρείας το 1883. Το 1906, ξεκίνησε τη συνεργασία με την νορβηγική εταιρεία Norsk Hydro, με σκοπό τη βελτίωση της διεργασίας των Birkeland-Eyde. Σ' αυτό το εγχείρημα, πρωτοστατούσε ο χημικός Otto Schönherr (1861-1926) της BASF (Travis 2015, σ. 24, σ. 28-31).

Αυτή η προσέγγιση ήταν η αφετηρία της συνεργασίας της BASF με τον Haber το 1910, όταν κλήθηκε να συνδράμει σ' αυτή την προσπάθεια. Απ' όσα έχουμε δει μέχρι τώρα, ο Haber ήταν ήδη καταξιωμένος επιστήμονας στο αντικείμενο της ηλεκτροχημείας κι είχε πάρει το ερέθισμα ν' ασχοληθεί με το πρόβλημα της δέσμευσης του αζώτου με ηλεκτροχημικά μέσα, για πρώτη φορά το 1902, κατά τη διάρκεια της διαμονής του στην Αμερική, και συγκεκριμένα όταν επισκέφθηκε εργοστάσια παραγωγής δεσμευμένου αζώτου με μεθόδους που βασίζονταν στην ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο δεν κατάφεραν να βελτιώσουν τη διεργασία των Birkeland-Eyde, καθώς ο εξοπλισμός που είχε εισάγει ο Schönherr αποδείχτηκε κατώτερος των περιστάσεων. Η

συνεργασία μεταξύ των δυο εταιρειών λοιπόν, δεν καρποφόρησε κι έληξε το 1911. Ωστόσο, ο Haber είχε προσεγγίσει το πρόβλημα αλλιώς νωρίτερα, και η μετέπειτα συνεργασία του με τη BASF, ήταν πάνω σ' αυτή τη βάση (Sauchelli 1964, σ. 42).

Το 1904 οι βιεννέζοι βιομήχανοι Robert και Otto Margulies, ζήτησαν απ' τον Haber ν' ασχοληθεί με τη σύνθεση της αμμωνίας κατευθείαν από τα στοιχεία της (Wisniak 2001, σ. 163). Υπήρχε μια σχετική εργασία του William Ramsey (1852-1916) πάνω στο θέμα (1884) σύμφωνα με την οποία αυτό ήταν δυνατό, γεγονός που ενθάρρυνε τον Haber (Haber 1920, σ. 334). Συγκεκριμένα, ο Ramsey παρατήρησε ότι στη προσπάθειά του να πετύχει την θερμική διάσπαση της αμμωνίας στα συστατικά της, δημιουργήθηκε μια ισορροπία μεταξύ των προϊόντων και των αντιδρώντων, κάτι που υποδείκνυε ότι η αντίδραση ήταν αντιστρέψιμη, δηλαδή ότι υπό κατάλληλες συνθήκες θα μπορούσε να παραχθεί αμμωνία από τα συστατικά της (Sauchelli 1964, σ. 41).

Το 1904 λοιπόν, ο Haber εστίασε την έρευνα του, στην απατηλά απλή αλλά τεχνικά δύσκολο να επιτευχθεί, σύνθεση της αμμωνίας από τα στοιχεία της (Haber 1920, σ. 329). Ο Haber μαζί με τον μαθητή του Gabriel van Oordt προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν νιτρίδια που περιείχαν ασβέστιο και μαγγάνιο ως καταλύτες. Το 1906, μια άλλη εταιρεία, η Griesheim-Elektron, ανέθεσε στο Nerst ν' ασχοληθεί με το πρόβλημα της δέσμευσης του αζώτου (Travis 2015, σ. 17).

Αυτό ήταν αφορμή να ξεκινήσει μια διαμάχη ανάμεσα στον Nerst και στον Haber, και μάλιστα ο πρώτος αμφισβήτησε δημόσια τα αρχικά αποτελέσματα του δεύτερου. Το περιστατικό αυτό έγινε το 1907 σ' ένα συνέδριο της εταιρείας Bunsen, και λίγο έλειψε να καταστρέψει την ακαδημαϊκή υπόληψη του Haber (Jeffrey Allan Johnson, 1990, σ. 123).

Συγκεκριμένα, ο Nerst ασχολούμενος με το πρόβλημα της αμμωνίας, ανακάλυψε το λεγόμενο θεώρημα θερμότητας το οποίο ουσιαστικά ήταν μια εκδοχή του τρίτου νόμου της θερμοδυναμικής (Sauchelli 1964, σ. 44). Θεωρούσε λοιπόν ότι τα αποτελέσματα του Haber σχετικά με την απόδοση της συσκευής του (0.05%) σε συνθήκες θερμοκρασίας 1000 βαθμών Κελσίου, πίεσης μιας ατμόσφαιρας και με χρήση σιδήρου ως καταλύτη, ήταν υψηλά σε σχέση με τη θεωρητική πρόβλεψη του νόμου του (Travis 2015, σ. 50). Μάλιστα κατόρθωσε να παράγει κι ο ίδιος αμμωνία χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά πολύ υψηλές πιέσεις (πολύ υψηλότερες απ' τον Haber) ωστόσο πέτυχε μικρότερη απόδοση απ' τον Haber. Είχε κατασκευάσει δική του συσκευή από κεραμικό υλικό (Travis 2015, σ. 50) σ' αντίθεση με τον Haber που χρησιμοποίησε μέταλλο, ωστόσο βασιζόμενος στη μικρή απόδοση της συσκευής του, θεώρησε ότι το πρόβλημα δε θα μπορέσει ποτέ να επιλυθεί βιομηχανικά και σταμάτησε να το ερευνά. Εξακολουθούσε όμως, ν' αρνείται δημοσίως τα αποτελέσματα του Haber.

Να σημειωθεί, ότι η αυστηρή στάση του Nerst δεν οφείλεται σε αντισημιτισμό, δεδομένου ότι ο ίδιος είχε ιδιαίτερα φιλελεύθερες απόψεις και είχε πολλούς Εβραίους μαθητές και συνεργάτες χωρίς να έχει προβλήματα μαζί τους. Ενδεχομένως, είχε τον ενδόμυχο φόβο ότι αν επικρατούσε η επιστημονική άποψη του Haber, θα κατέρρευε η εγκυρότητα του θεωρήματος θερμότητας και μαζί του και η υπόληψη του.

Αποφασισμένος να βγει νικητής απ' αυτήν την διαμάχη, ο Haber επανέλαβε το πείραμα του αυξάνοντας τη πίεση αρχικά στις 30 ατμόσφαιρες. Η αύξηση της πίεσης η οποία προκάλεσε την αύξηση της απόδοσης είχε ως αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολο να γίνουν οι μετρήσεις, και να γίνουν πιο έγκυρα τα αποτελέσματα. Με βάση τα δεδομένα αυτά ο Haber εξήγαγε μια πειραματική εξίσωση με βάση την οποία προέβλεπε ότι σε συνθήκες πίεσης 200 ατμοσφαιρών

και θερμοκρασίας 600 βαθμών Κελσίου θα πετύχαινε απόδοση της τάξης του 8% και η οποία επιβεβαίωνε και τα αρχικά του δεδομένα (Wisniak 2001, σ. 164). Στη πραγματικότητα, ο Nerst εφαρμόζοντας το θεώρημα του, δε χρησιμοποιούσε σωστή τιμή για την ειδική θερμοχωρητικότητα της αμμωνίας σε υψηλές θερμοκρασίες, κι όταν αργότερα έγιναν πιο αξιόπιστες μετρήσεις, η θεωρητική του σχέση επιβεβαίωσε τα πειραματικά δεδομένα του Haber (Haber 1920, σ. 336).

Τα ελπιδοφόρα αυτά αποτελέσματα κατέστησαν εμπορικά αξιοποιήσιμη τη διαδικασία και ο Haber μαζί με τον Rossignol και τον τεχνικό Kirchenbauer κατασκεύασαν μια μεταλλική συσκευή η οποία θα μπορούσε ν' αντέξει σ' αυτές τις ακραίες συνθήκες σ' αντίθεση με τη προηγούμενη, η οποία όπως είδαμε λειτουργούσε σε πολύ ηπιότερες. Σημαντική ήταν και η καινοτομία των δυο τελευταίων αναφορικά με τον σχεδιασμό μιας βαλβίδας, η οποία μπορούσε να αντέξει τις ισχυρές πιέσεις που αναπτύσσονταν στη συσκευή, και να ελέγξει τη ροή των αερίων στο εσωτερικό της (Travis 2015, σ. 53). Πάντως πρέπει να τονιστεί ότι η επιτυχία του Haber οφείλεται σε μεγάλο βαθμό και σε άλλους επιστήμονες όπως οι Van't Hoff, Josiah Willard Gibbs (1839-1903) και Helmholtz οι οποίοι είχαν συσχετίσει ποσοτικά την σταθερά ισορροπίας μιας αντίδρασης με την ενθαλπία και τη θερμοκρασία. Έτσι μπορούσε να προβλεφθεί η μεταβολή της απόδοσης της αντίδρασης η οποία εκφράζεται προφανώς από την σταθερά ισορροπίας, όταν άλλαζε η θερμοκρασία στην οποία διεξαγόταν η αντίδραση, δεδομένου ότι η σταθερά ισορροπίας ήταν γνωστή για μια συγκεκριμένη θερμοκρασία. Πρόκειται για τη λεγόμενη εξίσωση του Van't Hoff, την οποία ο Van't Hoff δημοσίευσε το 1884. Όλα αυτά συνέβαλαν στη δουλειά του Haber πάνω στη σύνθεση της αμμωνίας και μάλιστα η συγκεκριμένη εξίσωση συμπεριλαμβανόταν στο τρίτο βιβλίο του με θέμα την θερμοδυναμική των αερίων. Για μια ποσοτική αναπαράσταση των παραπάνω (Lowrison 1989, σ. 151-152, Haber 1920, σ. 340).

Ο λόγος που η διαδικασία ήταν τόσο δύσκολο να υλοποιηθεί είναι, όπως ειπώθηκε, οι πολύ ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Ακόμη, η αντίδραση αυτή διέπεται από την αρχή του Le Chatelier, σύμφωνα με την οποία, όταν διαταράσσεται η ισορροπία μιας αντίδρασης, τότε η χημική αντίδραση συμπεριφέρεται με τέτοιο τρόπο ώστε ν' αναιρέσει την μεταβολή αυτή (Travis 2015, σ. 50, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 35-36).

Στη περίπτωση της σύνθεσης της αμμωνίας απ' τα στοιχεία της, η αντίδραση είναι εξώθερμη. Επίσης τα αντιδρώντα είναι σε στοιχειομετρική περίσσεια σε σχέση με τα προϊόντα (Αυτό σημαίνει ότι αυξάνοντας τη πίεση, με βάση την αρχή Le Chatelier, η ισορροπία της αντίδρασης μετατοπίζεται προς τα δεξιά όπου έχουμε λιγότερα mol αερίων, έτσι ώστε ν' αναιρεθεί η αύξηση της πίεσης). Επίσης, τόσο τα προϊόντα όσο και τα αντιδρώντα, βρίσκονται σε αέρια φάση. Ακόμα, προκειμένου να επιταχυνθεί η αντίδραση, πρέπει ν' αυξηθεί η θερμοκρασία και η πίεση. Αυτό είναι προφανές γιατί η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της κινητικής ενέργειας των μορίων των αντιδρώντων, άρα αυτά συγκρούονται συχνότερα, κι έτσι έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα ν' αντιδράσουν. Η πίεση αντίστοιχα αναγκάζει τα αντιδρώντα να έρθουν πιο κοντά επιταχύνοντας το φαινόμενο. Ωστόσο, αν και η αύξηση της πίεσης αυξάνει την απόδοση της αντίδρασης όπως είδαμε λόγω της αρχής Le Chatelier, το αντίθετο συμβαίνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Επειδή η αντίδραση είναι εξώθερμη, προκειμένου ν' αναιρεθεί η αύξηση της θερμοκρασίας η ισορροπία της αντίδρασης μετατοπίζεται προς την πλευρά των αντιδρώντων. Συνεπώς διαπιστώνεται ότι αφενός είναι επιθυμητή η υψηλή απόδοση, αφετέρου

όμως η αντίδραση πρέπει να πραγματοποιείται γρήγορα, για να υπάρχει βιομηχανικό όφελος (Bland 2015, σ. 6-7).

Να σημειωθεί ότι και ο ίδιος ο Henry Louis Le Chatelier (1850-1936) ασχολήθηκε με το πρόβλημα το 1901 (Wisniak 2001, σ. 163). Επιχείρησε την αντίδραση μίγματος υδρογόνου και αζώτου το οποίο μέσω ενός ειδικού συμπίεστη εισχωρούσε σε μια συσκευή γνωστή ως “βόμβα” του Berthelot. Εκεί μέσα επιτυγχάνονταν συνθήκες 200 atm, 600 βαθών Κελσίου παρουσία σιδήρου ως καταλύτη. Ωστόσο, όπως αργότερα διαπίστωσε ο Le Chatelier, η παρουσία αέρα μέσα στη συσκευή προκάλεσε έκρηξη η οποία λίγο έλλειψε ν' αποβεί μοιραία για συνεργάτη του. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να σταματήσουν τα πειράματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι ο Le Chatelier έφτασε πολύ κοντά στη τεχνική λύση του προβλήματος κι ο ίδιος ο Haber αναγνώρισε ότι το ατύχημα του, επιτάχυνε τις δικές του έρευνες. Στο τέλος της ζωής του ο Le Chatelier, δήλωσε ότι η σύνθεση της αμμωνίας του ξέφυγε κυριολεκτικά μέσα από τα χέρια, κι ότι ήταν η μεγαλύτερη αποτυχία της επιστημονικής του καριέρας (Myers 2003, σ. 152).

Όπως ειπώθηκε, αυξάνοντας την θερμοκρασία, σύμφωνα με την αρχή του Le Chatelier, μειώνεται η απόδοση της αντίδρασης. Άρα δεν είναι λύση η ισχυρή θέρμανση, αλλά η υψηλή πίεση, όμως υψηλή πίεση συνεπάγεται δοχεία, λέβητες και σωληνώσεις μεγάλου πάχους και κατά συνέπεια μεγάλου κόστους. Επίσης δημιουργείται και θέμα ασφάλειας, όταν χρησιμοποιούνται πολύ υψηλές πιέσεις. Ακόμα, μόλις σχηματίζεται η αμμωνία, πρέπει να ψύχεται και ν' απομακρύνεται έτσι ώστε η συγκέντρωση της, να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα μ' αποτέλεσμα ν' αυξάνεται η απόδοση της αντίδρασης. Τα αντιδρώντα που δεν αξιοποιήθηκαν ανακυκλώνονται.

Μέσα σε δυο χρόνια, ο Haber μαζί με τον νεαρό Άγγλο βοηθό του, Robert Le Rossignol, κατάφεραν ν' αντιμετωπίσουν με επιτυχία μια σειρά από σύνθετα τεχνικά προβλήματα. Για παράδειγμα, ήταν πολύ σημαντικό να βρεθεί ο κατάλληλος καταλύτης, ο οποίος ήταν απαραίτητος, προκειμένου να μετριασθεί η ανάγκη για την εφαρμογή υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας. Τελικά κατέληξαν ότι την υψηλότερη απόδοση την είχαν οι ενώσεις του οσμίου και του ουρανίου (Haber 1920, σ. 337, Βάρβογλης 1997, σ. 110). Ν' αναφερθεί ότι ήταν ο Leopold koppel, αυτός ο οποίος προμηθεύτηκε μέσω της εταιρείας του, AuerGesellschaft, το όσμιο για λογαριασμό του Haber (Travis 2015, σ. 54).

Η λειτουργία της εργαστηριακής κατασκευής του Haber και των συναδέλφων του λοιπόν, περιελάμβανε ανακύκλωση των αερίων σε θερμοκρασία που προσέγγιζε τους 600 βαθμούς Κελσίου και πίεση στη περιοχή των 200 ατμοσφαιρών (Stengers, Bensaude 1992, σ. 342). Μ' αυτές τις θερμοδυναμικές συνθήκες, η απόδοση της αντίδρασης αυξήθηκε σημαντικά, σε επίπεδα της τάξεως του 8% για κάθε κύκλο αντίδρασης (Βάρβογλης 1997, σ. 110). Νικητής λοιπόν της διαμάχης ήταν τελικά ο Haber ωστόσο αυτό δε σήμανε το τέλος της αντιπαλότητας του με το Nerst. Συνέχισαν να διεκδικούν την πρωτιά ο ένας από τον άλλο στην επιστημονική κοινότητα της φυσικοχημείας (Wisniak 2001, σ. 165). Αυτό το φιλόδοξο πνεύμα του Haber, που πηγάζει απ' την επιθυμία του να εδραιωθεί ως αδιαφιλονίκητα ο καλύτερος, θα μας φανεί πολύ χρήσιμο στην μετέπειτα Συμπεριεργατική ανάλυση των γεγονότων που περιγράφονται.

Στη συνέχεια, ο Haber κατόπιν διαμεσολάβησης του Karl Engler ο οποίος εκτός από καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης ήταν και σύμβουλος της BASF, ήρθε και πάλι σ' επαφή με την εταιρεία προκειμένου η δουλειά του ν' αξιοποιηθεί βιομηχανικά. Για λογαριασμό της BASF, ο Bosch μαζί με τον χημικό Alwin Mittasch (1869-1953) επισκέφθηκαν τον Haber στο εργαστήριο του στην Καρλσρούη, στις 1 Ιουλίου το 1909, για να επιβλέψουν την απόδοση της συσκευής τους

και αρχικά το αποτέλεσμα ήταν αποθαρρυντικό λόγω μιας βλάβης. Ο Bosch μάλιστα έφυγε απ' το εργαστήριο, ωστόσο ο Mittasch παρέμεινε κι όταν διορθώθηκε η βλάβη διαπίστωσε ότι όντως παραγόταν αμμωνία με ικανοποιητικό ρυθμό (Travis 2015, σ. 57).

Έπειτα, ο Haber και η BASF σύναψαν συμβόλαιο που θα απέδιδε στον Haber ένα πφένιχ (υποδιαίρεση του γερμανικού μάρκου, ένα μάρκο ισοδυναμούσε με εκατό πφένιχ) ανά κιλό από τη βιομηχανική παραγωγή αμμωνίας (Βάρβογλης 1997, σ. 111, Stengers, Bensaude 1992, σ. 343). Ακόμα, η συνεργασία του με τους R. και O. Margulies τερματίστηκε. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι είχαν ιδρύσει την εταιρεία Osterrichische Chemische Werke (Αυστριακά χημικά έργα). Θεωρείται σημαντικό να παρατεθούν όλες οι πηγές χρηματοδότησης του επιστημονικού έργου του Haber, για να αναδειχθεί η ολοένα κι αυξανόμενη διείσδυση της επιστήμης της χημείας στην οικονομική σφαίρα. Τη βιομηχανική λοιπόν πλευρά του θέματος ανέλαβαν πλέον ο Bosch και οι συνάδελφοι του στη BASF. Είχαν να επιλύσουν σημαντικές δυσκολίες, προκειμένου να προσαρμόσουν τη διεργασία σε βιομηχανική κλίμακα (Sauchelli 1964, σ. 47-49).

Πράγματι, προέκυψαν διάφορα ζητήματα που δεν ήταν τόσο σημαντικά στα πλαίσια του εργαστηρίου. Για παράδειγμα, ήταν επιτακτικό να αποφευχθεί τυχόν απελευθέρωση αμμωνίας, όχι μόνο λόγω της πίεσης, αλλά κι επειδή η αμμωνία χαρακτηρίζεται από μια αποπνικτική οσμή, που ακόμα και σ' ελάχιστες συγκεντρώσεις είναι επικίνδυνη, σε περίπτωση διαρροής. Ωστόσο, τα τεχνικά αυτά ζητήματα, λύθηκαν σε ικανοποιητικό βαθμό μέσα σε διάστημα τεσσάρων ετών (Βάρβογλης 1997, σ.111). Υπεύθυνος της προσπάθειας αναφορικά με την εύρεση του κατάλληλου βιομηχανικού καταλύτη ήταν ο Mittasch ο οποίος το 1901 είχε πάρει το διδακτορικό του στη χημεία απ' το πανεπιστήμιο του Leipzig, και συγκεκριμένα απ' το τμήμα φυσικοχημείας στο οποίο ήταν διευθυντής ο Ostwald. Το όσμιο και τα ουράνιο δε μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν βιομηχανικά λόγω της σπανιότητάς τους. Αρχικά ωστόσο η BASF είχε προμηθευτεί 100 γραμμάρια οσμίου για να κάνει τα πρώτα πειράματα κλιμάκωσης της διεργασίας, και μάλιστα αυτή η ποσότητα ήταν η μέγιστη που υπήρχε διαθέσιμη στην αγορά εκείνη τη περίοδο (Travis 2015, σ. 57). Για την εύρεση του βέλτιστου καταλύτη έγιναν πάνω από 20.000 πειράματα, και διαπιστώθηκε τελικά ότι ένα ειδικά διαμορφωμένο μείγμα οξειδίων σιδήρου (μαγνητίτης) και μολυβδαινίου μαζί με προσμείξεις αργλικών αλάτων καλίου κι ασβεστίου, ήταν η καλύτερη επιλογή από άποψη κόστους κι αποτελεσματικότητας. Οι τελευταίες ενώσεις χαρακτηρίζονται ως ενισχυτές καταλύτη (Lowrison 1989, σ. 139, Sauchelli 1964, σ. 46).

Επίσης, έπρεπε να βρεθεί τρόπος να απομακρύνονται ουσίες που δηλητηριάζουν το καταλύτη και τον απενεργοποιούν. Αντίστοιχη επίδραση έχει και η πολύ υψηλή θερμοκρασία άνω των 250 Κελσίου, η οποία επιταχύνει φαινόμενα οξειδωσης του καταλύτη και αλλαγές στη δομή του. Αναφορικά με την πίεση, σε συνθήκες 2.000 bar, περίπου 2.000 ατμοσφαιρών δηλαδή, στις μέρες μας έχει παρατηρηθεί ότι δε χρειάζεται καν η προσθήκη καταλύτη κι αυτήν την λειτουργία την εκτελούν τα τοιχώματα του αντιδραστήρα. Ωστόσο τόσο υψηλή πίεση αυξάνει πολύ το κόστος και το κίνδυνο ατυχήματος (Bland 2015, σ. 7). Πάντως σημαντική ήταν η συμβολή του Haber και στο βιομηχανικό κομμάτι. Συγκεκριμένα πρότεινε, προκειμένου να ελαττωθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις που σχετίζονταν με τις συνθήκες της θερμοκρασίας, να γίνει έτσι ο σχεδιασμός της διεργασίας ώστε η θερμότητα που εκλύεται απ' την εξώθερμη αντίδραση του σχηματισμού της αμμωνίας να χρησιμοποιείται για τη θέρμανση των εισερχόμενων στον αντιδραστήρα ψυχρών ποσοτήτων υδρογόνου και αζώτου (Sauchelli 1964, σ. 45, Haber 1920, σ. 338).

Ακόμα σημαντικό τεχνικό ζήτημα ήταν η παροχή του υδρογόνου και του αζώτου. Το πρώτο θέμα αναλύεται ως προς την οικονομική του σημασία, σε επόμενο κεφάλαιο. Το άζωτο όπως είπαμε υπήρχε άφθονο στην ατμόσφαιρα ωστόσο για να χρησιμοποιηθεί εφαρμόστηκε η τεχνολογία υγροποίησης και διαχωρισμού του αέρα, που εισήγαγε στα τέλη του 19ου αιώνα ο Carl von Linde (1842-1934) (Roosij 2006, σ. 17).

Επίσης ένα σημαντικό πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Bosch, ήταν ότι η υπερβολική πίεση δημιουργούσε προβλήματα στο σχεδιασμό των αντιδραστήρων για τη διεργασία. Συγκεκριμένα, το πολύ ζεστό υδρογόνο αντιδρούσε με τον κρυσταλλικής μορφής άνθρακα που βρισκόταν στα τοιχώματα του αντιδραστήρα, και αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό μεθανίου. Αυτό προκαλούσε αλλοιώσεις στο υλικό των τοιχωμάτων, καθιστώντας το ψαθυρό και συνεπώς υπήρχε μεγάλη πιθανότητα έκρηξης μετά από λίγες ώρες λειτουργίας. Η λύση του Bosch, ήταν ο αντιδραστήρας ν' αποτελείται από δυο στρώσεις υλικών, έναν εξωτερικό μανδύα από ασάλι οποίος περιείχε άνθρακα και παρείχε την απαραίτητη μηχανική σταθερότητα, ενώ το εσωτερικό στρώμα αποτελούνταν από μαλακό σίδηρο και δεν περιείχε άνθρακα οπότε δε γινόταν αντίδραση με το υδρογόνο. Έτσι το υδρογόνο μπορούσε να διαχυθεί διαμέσου του εσωτερικού στρώματος, και να έρθει σε επαφή με το εξωτερικό κέλυφος, το οποίο είχε μικρές τρύπες (αρκετά μικρές ώστε να μην υπονομεύεται η μηχανική σταθερότητα του τοιχώματος) κι έτσι μικρή ποσότητα υδρογόνου διέφευγε στην ατμόσφαιρα, αποσυμπιέζοντας το σύστημα. Η διαδικασία αυτή, απέτρεπε το σχηματισμό του μεθανίου και τις επακόλουθες συνέπειες (Sauchelli 1964, σ. 47-48).

Για ν' αποδοθεί η κλίμακα των ερευνητικών προσπαθειών της BASF, αξίζει να σημειωθεί ότι συστάθηκε ερευνητική ομάδα, που αποτελούνταν από 180 επιστήμονες και 1000 μηχανικούς. Η πρώτη βιομηχανική μονάδα παραγωγής αμμωνίας ξεκίνησε τη λειτουργία της το 1913, στο Oppau, λίγο πριν την έναρξη του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου. Η παραγωγή έφθανε τους 7.000 τόνους αμμωνίας ετησίως. Το 1916 δημιουργήθηκε και δεύτερο εργοστάσιο στη πόλη Leuna, η οποία ήταν κέντρο βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Το 1918, τα δυο μαζί παρήγαγαν γύρω στους 200.000 τόνους. Τα χρόνια του πολέμου, καταναλώθηκαν τεράστιες ποσότητες αμμωνίας, με σκοπό την παραγωγή εκρηκτικών υλών όπως TNT (τρινιτροτολουόλιο) και δυναμίτιδα (τρινιτρογλυκερίνη). Για να επιτευχθεί αυτό, έπρεπε η αμμωνία να οξειδωθεί καταλυτικά και να παραχθεί νιτρικό οξύ μέσω της διεργασίας Ostwald (Βάρβογλης 1997, σ. 111-112) το οποίο ήταν ενδιάμεσο προϊόν για τη παραγωγή των εκρηκτικών αυτών.

Αναφέρθηκε και προηγουμένως, ότι ο Nerst, προσπαθώντας κι αυτός να αξιοποιήσει τα ερευνητικά του ευρήματα στο τομέα της αμμωνίας, συνεργαζόταν από το 1906 με την εταιρεία Griesheim-Elektron, η οποία εξειδικευόταν στις ηλεκτροχημικές διεργασίες (Johnson, 1990, σ. 39). Ωστόσο, ο διευθυντής της εταιρείας, ονόματι Bernhard Lepsius, ειδικός σε θέματα ανόργανης χημείας ανακοίνωσε στον Nerst ότι τα τεχνικά προβλήματα λόγω των μεγάλων πιέσεων και θερμοκρασιών που ήταν αναγκαίες για να επιτευχθεί η αντίδραση, καθιστούσαν οικονομικά ασύμφορο το εγχείρημα. Σ' αυτό το σημείο, ο Nerst εγκατέλειψε κάθε προσπάθεια να εκμεταλλευθεί οικονομικά την έρευνα του στο πρόβλημα.

Είναι πολύ πιθανό ότι η Γερμανία χωρίς αζωτούχες πρώτες ύλες δε θα μπορούσε να συνεχίσει τον πόλεμο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η Χιλή τότε παρείχε τα δύο τρίτα της παγκόσμιας παραγωγής νιτρικών προϊόντων σε ετήσια βάση, και η Γερμανία όπως ειπώθηκε απορροφούσε το ένα τρίτο αυτής της ποσότητας. Μικρή συνεισφορά είχαν και οι δυο άλλοι τρόποι δέσμευσης του ατμοσφαιρικού αζώτου που αναφέρθηκαν



προηγουμένως. Πάντως η BASF, είχε πολύ μεγάλη εμπιστοσύνη στη διεργασία Haber-Bosch, και μάλιστα πούλησε τα δικαιώματα εκμετάλλευσης της διεργασίας Birkerland-Eyde, στη νορβηγική εταιρεία Norsk Hydro, η οποία της τα είχε χορηγήσει (Είπώθηκε προηγουμένως ότι η BASF αρχικά ασχολήθηκε με την βελτίωση αυτής της διεργασίας) (Sauchelli 1964, σ. 42, Wisniak 2001, σ. 164).

Η διεργασία Haber-Bosch λοιπόν οδήγησε στη διάχυση των τεχνολογιών υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας, σε διάφορες χημικές διεργασίες, οι οποίες δε μπορούσαν να πραγματοποιηθούν προηγουμένως (Sauchelli 1964, σ. 54-57). Στις αρχές του 1920 ήταν πλέον δυνατή η σύνθεση της μεθανόλης. Λίγο αργότερα ξεκίνησε η βιομηχανική σύνθεση ισοβουτανόλης από μονοξειδίο του άνθρακα κι υδρογόνο, στη Γερμανία. Αντίστοιχες εφαρμογές βρήκε η τεχνολογία αυτή και στα διυλιστήρια (Jeffrey Allan Johnsosn 1990, σ. 157). Τη σύνθεση της μεθανόλης, εισήγαγε όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο Friedrich Bergius, ο οποίος τιμήθηκε μαζί με τον Bosch το 1934 με το βραβείο Nobel. Το βραβείο τους απονεμήθηκε για τις έρευνες τους στην περιοχή των υψηλών πιέσεων. Ακόμη, ο πολυμερισμός του πολυαιθυλενίου, έγινε κι αυτός εφικτός χάρη στην τεχνολογία υψηλών πιέσεων που χρησιμοποιήθηκε στη διεργασία Haber Bosch. Επίσης, επειδή η διεργασία αυτή είναι συνεχής, δηλαδή η αμμωνία παράγεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς διακοπή, έπρεπε να δημιουργηθούν ειδικά όργανα, τα οποία θα επέτρεπαν τον έλεγχο της παραγωγής (Sauchelli 1964, σ. 57). Ήταν η σύνθεση της αμμωνίας λοιπόν, που εισήγαγε την τεχνολογία του αυτοματισμού στην παραγωγή (Sauchelli 1964, σ. 57). Έπειτα, όλα αυτά εφαρμόστηκαν και σε πιο σύνθετες οργανικές αντιδράσεις.

Πλέον, η τεχνολογία των υψηλών πιέσεων, αξιοποιείται όχι μόνο στις αντιδράσεις των αερίων, αλλά και στις αντιδράσεις που συμμετέχουν υγρά, κυρίως στο εργαστηριακό επίπεδο. Η εφαρμογή των υψηλών αυτών πιέσεων, γίνεται με την τεχνολογία των υδραυλικών πιεστηρίων, σε αντιδραστήρες φτιαγμένους από πλαστικό στο εσωτερικό των οποίων βρίσκονται τα αντιδρώντα σε μορφή διαλύματος. Μ' αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η επιτάχυνση των αντιδράσεων, χωρίς να χρειάζεται εφαρμογή ακραίων θερμοκρασιών, η οποία ορισμένες φορές μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία διαφόρων ανεπιθύμητων προϊόντων ή ακόμα και να αλλοιώσει τα αντιδρώντα (Βάρβογλης 1997, σ. 112).

Η παραπάνω παρουσίαση των τεχνικών δυσκολιών που αντιμετώπισε ο Haber και μετά η BASF σε καμία περίπτωση δε διεκδικεί πιστοποιητικά πληρότητας, δεδομένου ότι το ζήτημα είναι εξαιρετικά πολύπλοκο τεχνικά, όσο υπεισέρχεται κανείς στις λεπτομέρειες της διεργασίας, κάτι που δεν προδίδεται απ' την φαινομενική απλότητα της αντίδρασης σύνθεσης της αμμωνίας.

## Κεφάλαιο 3

### Ο ρόλος του Haber στη διεξαγωγή του χημικού πολέμου

Σημαντικό για να κατανοηθούν οι ενέργειες του Haber κατά τη διάρκεια του Α Παγκοσμίου Πολέμου (1914-1918), είναι να περιγραφεί, σε γενικές γραμμές έστω, το πολιτικό και κοινωνικό πλαίσιο της Γερμανίας εκείνη τη περίοδο.

Η γερμανική αυτοκρατορία σχηματίστηκε με τη συνένωση 25 κρατών. Το καθένα απ' αυτά διατήρησε κάποια αυτοτέλεια. Το μεγαλύτερο και ισχυρότερο από τα κράτη που ανήκαν στους κόλπους της Γερμανίας ήταν η Πρωσία, η οποία έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη συνένωση της Γερμανίας. Στο μεταίχμιο του 19ου και 20ου αιώνα ο γερμανικός καπιταλισμός έπαιρνε σιγά-σιγά μονοπωλιακό χαρακτήρα. Εμφανίστηκαν μεγάλες κεφαλαιοκρατικές ενώσεις. Το ίδιο συνέβαινε στην Αγγλία και σε άλλες χώρες, εκτός όμως από την Αμερική, πουθενά αλλού δεν αναπτύχθηκαν τόσο γρήγορα τα μονοπώλια στη βιομηχανία, όσο στη Γερμανία.

Τα πρώτα πενήντα χρόνια του 19ου αιώνα η Αγγλία ήταν η πρώτη βιομηχανική χώρα στον κόσμο. Τη δεύτερη θέση την κατείχε η Γαλλία. Στα τέλη του 19ου αιώνα η Γερμανία και οι ΗΠΑ ξεπέρασαν την Αγγλία, και την εκτόπισαν στην τρίτη θέση. Η Γαλλία πέρασε στην τέταρτη θέση. Στην ιμπεριαλιστική αυτή περίοδο, η ανισόμετρη ανάπτυξη όλο και δυνάμωνε. Πάνω στη βάση αυτή δυνάμωσαν οι αντιθέσεις ανάμεσα στα ιμπεριαλιστικά κράτη κι έγινε αναπόφευκτος ο πόλεμος (David Knight και Helge Kragh, 1998 σ. 15).

Όταν ξέσπασε ο πόλεμος λοιπόν, ήταν ιδιαίτερα οξυμένο το αίσθημα του πατριωτισμού. Ο ίδιος ο Haber επιχείρησε να καταταγεί στο στρατό ως στρατιώτης αλλά δεν έγινε δεκτός λόγω ηλικίας, ωστόσο ο ρόλος που διαδραμάτισε ήταν πολύ πιο σημαντικός, όπως φάνηκε στη συνέχεια (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 12). Γρήγορα, διαπιστώθηκε πόσο επιτακτική ήταν η ανάγκη για κλιμάκωση της παραγωγής εκρηκτικών υλών, και αυτό κατέστη δυνατό μέσω της διαδικασίας Haber-Bosch. Για το σκοπό αυτό, επιστρατεύτηκαν και οι Bosch, Nerst κα. (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 12-13).

Ο Haber, όντας επικεφαλής της ομάδας χημικών του υπουργείου πολέμου, ερευνούσε νέες εκρηκτικές ουσίες, στο Ινστιτούτο Kaiser Wilhelm Institute. Το γεγονός ότι η Γερμανία υστερούσε έναντι των εχθρών της όσον αφορά την ισχύ και την ποσότητα των εκρηκτικών που διέθετε, ώθησε τη συζήτηση σχετικά με εναλλακτικά χημικά μέσα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν.

Αυτή η συζήτηση ήταν ιδιαίτερα δημοφιλής στους επιστημονικούς και στρατιωτικούς κύκλους συνεπώς δεν ήταν σε καμιά περίπτωση μεμονωμένη απόφαση του Haber, ο προσανατολισμός προς αυτή την ερευνητική κατεύθυνση. Κι άλλοι επιστήμονες όπως ο Nerst συμμετείχαν σε σχετικές συζητήσεις με στρατιωτικούς. Ενδεικτικό του κλίματος που επικρατούσε, είναι ότι τον Οκτώβρη του 1914, 93 επιστήμονες και διανοούμενοι, υπέγραψαν ένα κείμενο που δεν αναγνώριζε το ηθικό πλεονέκτημα των συμμάχων και πως όσα λέγονταν για τον ιμπεριαλισμό της Γερμανίας και για την καταστρατήγηση των κανόνων του διεθνούς δικαίου ήταν ψέμματα (Johnson 1990, σ. 182).

Πρόκειται για το γνωστό "Μανιφέστο των 93". Δημιουργός του ήταν ο ποιητής Ludwig Fulda (1862-1939). Μεταξύ των υπογραφόντων ήταν οι Fischer, Nerst, Haber, Willstatter, Carl Engler, και πολλοί άλλοι. Ανάμεσα τους βρίσκονταν πολλά μέλη που στελέχωναν θεσμούς όπως τα

ινστιτούτα του Kaiser Wilhelm κι άλλους επίσημους επιστημονικούς φορείς. Αντίθετα, ο Einstein, μαζί με τους George Nicolai, Wilhelm Forster και Otto Buck, συνυπέγραψαν μια διακήρυξη, (το λεγόμενο “Μανιφέστο των Ευρωπαίων”) η οποία έδινε έμφαση στην Ευρωπαϊκή ενότητα κι εναντιωνόταν στον διχασμό (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 183). Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός, ότι η φιλία των Haber και Einstein παρέμεινε αλώβητη παρόλο που είχαν αντιδιαμετρικά αντίθετες απόψεις πάνω στο θέμα. Μάλιστα ο Einstein χαρακτήριζε τη προηγμένη τεχνολογία που είχαν στη διάθεση τους οι στρατιωτικές ηγεσίες ως ένα επικίνδυνο όπλο στα χέρια ενός παράφρονα (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 37). Η απήχηση του φιλειρηνικού κινήματος λοιπόν, ήταν πολύ μικρότερη, κι αυτό τονίζει ακόμη περισσότερο το συλλογικό χαρακτήρα του έντονου μιλιταρισμού που διακατείχε εκείνη τη περίοδο το επιστημονικό σώμα της Γερμανίας. Η αλήθεια είναι πάντως, ότι αρχικά επικρατούσε διστακτικό κλίμα αναφορικά με τη συνεργασία της στρατιωτικής ηγεσίας με τους επιστήμονες, γιατί ήταν πολίτες, κι επιπλέον υπήρχε η άποψη ότι τα χημικά όπλα δεν ήταν έντιμος τρόπος διεξαγωγής του πολέμου.

Απ' τις πρώτες συνέπειες του πολέμου, ήταν η διακοπή σχεδόν κάθε ερευνητικής δραστηριότητας. Ενδεικτικά, στο Ινστιτούτο του Haber, παρέμειναν πέντε μόνο ερευνητές ενώ οι υπόλοιποι κλήθηκαν στο μέτωπο. Τότε ήταν που ο Haber, άρχισε ν' απευθύνεται στην κυβέρνηση, με σκοπό να προσφέρει τις υπηρεσίες του. Αντίστοιχη προθυμία έδειξαν και οι Willstater, Fischer, ωστόσο, όπως ειπώθηκε, αρχικά ο στρατός δεν ήξερε πως ν' αξιοποιήσει το επιστημονικό δυναμικό. Πραγματοποιήθηκε μια συνάντηση εκπροσώπων του υπουργείου άμυνας με τους διευθυντές των Ινστιτούτων Kaiser Wilhelm, ωστόσο δεν δόθηκε αρχικά κάποια κατεύθυνση όσον αφορά την έρευνα με σκοπό τις στρατιωτικές εφαρμογές. Σύμφωνα με τον Willstater, ο Haber έκανε λόγο απ' το 1909 ακόμα, για τις δυνητικές εφαρμογές της χημείας στον πόλεμο, κι όταν μάλιστα έγινε διευθυντής στο Ινστιτούτο το 1912 είχε προσπαθήσει να έρθει σ' επαφή με το υπουργείο άμυνας για σχετική συνεργασία, χωρίς επιτυχία όμως (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 184-185).

Ωστόσο, γρήγορα έγινε αντιληπτό, ότι ο πόλεμος απομυζούσε μεγάλες ποσότητες βασικών αγαθών και φυσικών πόρων. Έτσι θεσμοθετήθηκε απ' το υπουργείο ειδικό τμήμα στο οποίο οι Fischer και Haber, θα επιστρατεύονταν για τη λύση αυτών των προβλημάτων. Στην προσπάθεια αυτή, διαδραμάτισαν ρόλο πολλές γερμανικές εταιρείες χημικών όπως η BASF, η οποία μέχρι το τέλος του πολέμου κάλυπτε τις μισές ανάγκες της χώρας σε αμμωνία. Η αλληλεπίδραση αυτή μεταξύ κρατικής γραφειοκρατίας και βιομηχανικού κόσμου, δημιούργησε ένα είδος κρατικού καπιταλισμού. Το 1916 ο Haber πήρε την πρωτοβουλία να ιδρύσει στα πλαίσια του Ινστιτούτου του, ειδικό τμήμα επιφορτισμένο με την έρευνα στρατιωτικών εφαρμογών της χημείας (Spiers 2010, σ. 32). Το 1917, το τμήμα αυτό τέθηκε κι επίσημα υπό την αιγίδα του Υπουργείου άμυνας (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 187).

Αυτή η κίνηση υποστηρίχτηκε οικονομικά απ' τον Koppel, ο οποίος μάλιστα ήταν ένθερμος οπαδός της ιδέας (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 188). Αυτό είναι και το σημείο που θα γίνει εκτενής αναφορά. Γενικότερα στη βιβλιογραφία, δεν εξετάζεται ιδιαίτερα ο ρόλος που έπαιξαν διάφορες εταιρείες κι επιχειρηματικοί κύκλοι στην διεξαγωγή του χημικού πολέμου. Επίσης, δεδομένου ότι ένας επιχειρηματίας όπως ο Koppel, είχε επενδύσει σημαντικά κεφάλαια στο Ινστιτούτο του Haber, είναι φυσικό ν' αναρωτηθεί κανείς αν οι ενέργειες του Haber σχετίζονταν μ' αυτό (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 154-155, σ. 195). Για το φαινόμενο αυτό θα γίνει μια γενική

αναφορά, δίνοντας λίγα στοιχεία για διάφορες εταιρείες που επωφελήθηκαν κατά κάποιο τρόπο απ' τα γεγονότα του πολέμου.

Όπως έχει αναφερθεί, η Γερμανία εκείνη τη περίοδο κυριαρχούσε στο χώρο της χημικής βιομηχανίας, κυρίως παράγοντας μεγάλη ποικιλία χρωμάτων και φαρμάκων. Πολλές από τις ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν στον πόλεμο, αποτελούσαν ενδιάμεσες ουσίες για την παραγωγή αυτών των ουσιών. Για παράδειγμα το χλώριο και το φωσγένιο, παράγονταν σε μεγάλες ποσότητες από τις εταιρείες BAYER και BASF, πολύ πριν την έναρξη του πολέμου. Το ίδιο και το αέριο της μουστάρδας το οποίο παραγόταν κι αυτό απ' τη BASF ως ενδιάμεση ουσία για τη παραγωγή χρωστικών. Πολλές ακόμα ουσίες που παράγονταν στο παρελθόν για ειρηνικούς σκοπούς, μπορούσαν με μικρή χημική επεξεργασία να μετατραπούν σε εκρηκτικά ή δηλητηριώδη αέρια (Wisniak 2001, σ. 168).

Γενικότερα, η παραγωγική δυναμικότητα της γερμανικής χημικής βιομηχανίας, χαρακτηριζόταν από μεγάλη ευελιξία, γεγονός που έκανε πολύ εύκολη την κάλυψη των στρατιωτικών αναγκών, παρόλο που αρχικά επιστήμονες όπως οι Fischer και Willstätter, πίστευαν ότι η έλλειψη πρώτων υλών θα γονάτιζε τη Γερμανία. Αντίστοιχα απαισιόδοξος ήταν αρχικά κι ο Duisberg, ο οποίος θεωρούσε ότι ο πόλεμος θα επηρέαζε αρνητικά την εταιρεία του, την BAYER, η οποία ειδικευόταν στη παραγωγή χρωμάτων. Ωστόσο, αυτή και αντίστοιχες εταιρείες, αντιστάθμισαν τις αρχικές απώλειες, παράγοντας μεγάλες ποσότητες εκρηκτικών με τις οποίες προμήθευαν το στρατό (Spiers 2010, σ. 33-34). Κατά τη διάρκεια του πολέμου, οι εταιρείες πρόδρομοι της IG FARBEN, εκμεταλλεύτηκαν αυτή την τεχνολογική ευκινησία, και διεκδίκησαν πολύ μεγάλο μερίδιο αγοράς στη παραγωγή εκρηκτικών στη Γερμανία, που έφτασε μέχρι και το 77.1% το 1917 (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 193-194, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 200).

Επιπλέον, οι εταιρείες κατάφεραν να διαφοροποιήσουν περαιτέρω το χαρτοφυλάκιο των προϊόντων τους, στρεφόμενες στην ανόργανη χημεία λόγω των πολεμικών αναγκών. Γενικότερα λοιπόν, το κεφάλαιο της χημικής βιομηχανίας επωφελήθηκε ως ένα βαθμό απ' το πολεμικό περιβάλλον. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι επιστήμονες όπως ο Haber, είχαν οικονομική σχέση με σημαντικούς παράγοντες της βιομηχανίας όπως ο Koppel, αναδεικνύεται ένα νέο ερμηνευτικό σχήμα για τα γεγονότα αυτά που στιγμάτισαν αρνητικά την επιστήμη της χημείας. Μήπως δηλαδή, ο Haber αποτελούσε τον ένα πόλο μιας σχέσης εντολέα εντολοδόχου με το επιχειρηματικό κύκλωμα (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 158); Αυτό θα ήταν μια ενδιαφέρουσα ερευνητική κατεύθυνση, η οποία ωστόσο περιπλέκεται γρήγορα γιατί πρέπει κανείς να συμπεριλάβει και το ρόλο του κράτους σ' αυτόν τον συσχετισμό δυνάμεων. Εκείνη την εποχή, ήταν έντονος ο κρατικός παρεμβατισμός στη Γερμανική οικονομική σφαίρα, και στη βιβλιογραφία συχνά δίνεται έμφαση στην ισχύ της κρατικής γραφειοκρατίας και στην υποταγή της χημικής βιομηχανίας στις ανάγκες του πολέμου (Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 46-47, 66).

Θα μπορούσε ωστόσο κανείς, δεδομένων των παραπάνω ν' αντιστρέψει τον συλλογισμό, και να αναζητήσει τις αιτίες στον καπιταλιστικό ιμπεριαλισμό για τον οποίο έκανε λόγο ο Vladimir Lenin (1870-1924). Έγινε αναφορά προηγουμένως στην ωρίμανση της Γερμανικής χημικής βιομηχανίας στον τομέα των οργανικών ουσιών αλλά και στην υστέρηση της στις αναδυόμενες αγορές των ανόργανων ουσιών, γεγονός που διαπίστωσε κι ο ίδιος ο Haber στο ταξίδι του στην Αμερική, για λογαριασμό της εταιρείας Bunsen. Ο Lenin, στο *Imperialism, the highest stage of Capitalism* (1916), κάνει λόγο για αυτή τη φάση του καπιταλισμού, όπου μειώνονται τα εγχώρια κέρδη του κεφαλαίου, και αναζητούνται νέοι τρόποι επέκτασης.

Ακόμα έκανε λόγο για σχηματισμό καρτέλ και ολιγοπωλιακές μορφές της αγοράς. Πράγματι παρατηρήθηκε αυτό το φαινόμενο στη Γερμανία, ωστόσο εντάθηκε μετά το πόλεμο. Σ' αυτό το πλαίσιο, εξήγησε λοιπόν ο Lenin, τα αίτια του πρώτου παγκοσμίου πολέμου. Στην παρούσα εργασία εξειδικεύτηκε η ανάλυση του στην περίπτωση της χημικής βιομηχανίας. Αυτή η θεωρητική ανάλυση θα μπορούσε να γίνει σε πολύ μικρότερη κλίμακα ερευνώντας πιο εντατικά το πλαίσιο λειτουργίας των ινστιτούτων Kaiser Wilhelm εκείνη τη περίοδο, και την εμπλοκή των κρατικών κι επιχειρηματικών συμφερόντων.

Συνεχίζοντας τη συζήτηση για το Haber και τις στρατιωτικές του δραστηριότητες, ας επισημανθεί ότι ήταν πλέον επικεφαλής μιας γιγαντιαίας δομής, με προσωπικό που έφτανε τα 1500 άτομα 150 εκ των οποίων είχαν επιστημονική ιδιότητα. Ο προϋπολογισμός του ινστιτούτου εκείνη τη περίοδο είχε αυξηθεί κατά 50 φορές σε σχέση με τον αντίστοιχο προϋπολογισμό εν καιρώ ειρήνης. Σημαντικό ρόλο είχε αναλάβει κι ο Fischer (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 191, Ray, Renault και Roache 2009, σ. 16).

Στην αρχή του πολέμου, ο Haber εστίαζε όπως ειπώθηκε αρχικά, κυρίως στην έρευνα για εκρηκτικά, ωστόσο η στρατιωτική ηγεσία διαπίστωσε ότι τα χαρακώματα του μετώπου και το αδιέξοδο στο οποίο είχαν οδηγηθεί απαιτούσαν αλλαγή τακτικής (Wisniak 2001, σ. 167). Αποτάθηκαν λοιπόν στην επιστημονική κοινότητα ενώ αρχικά το είχαν αποφύγει. Συγκεκριμένα, ζήτησαν από τους Duisberg, Nerst και άλλους να επινοήσουν ένα χημικό τέχνασμα που θα ανάγκαζε τον εχθρό να εγκαταλείψει τα χαρακώματα. Μάλιστα, αρχικά οι οδηγίες ήταν τα χημικά όπλα που θα προτεινόταν, να μην παραβιάζουν τις Συνθήκες της Χάγης (1899 και 1907) οι οποίες απαγόρευαν ρητά την χρησιμοποίηση ασφυξιογόνων αερίων. Πράγματι, στις αρχές του Πολέμου χρησιμοποιήθηκαν απ' όλες τις πλευρές ουσίες που προκαλούσαν δυσφορία μεν αλλά δεν επέφεραν το θάνατο (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 190).

Σχετικά με τα χημικά όπλα που εισήγαγε ο Haber και οι συνεργάτες του, ο Haber χρησιμοποίησε το επιχείρημα ότι στο πόλεμο αξιοποιείται ότι είναι τεχνολογικά εφικτό, κι ο φόβος ότι η Γαλλία και η Αγγλία εκπονούν έρευνα σχετική με χημικά όπλα ήταν αρκετός για να υπερνικηθούν οι όποιες ενστάσεις. Ο ίδιος πίστευε στην ικανότητα των χημικών όπλων να παραλύουν τον εχθρό, καταβάλλοντας τον ψυχικά, αφού ήταν κάτι που οι στρατιώτες δεν είχαν ξανασυναντήσει (Wisniak 2001, σ. 167). Πίστευε ότι με αυτόν τον τρόπο θα επιτάχυνε την εξέλιξη του πολέμου εξαναγκάζοντας τον εχθρό να εγκαταλείψει τα χαρακώματα. Όπως πολύ εύστοχα το έθεσε ο χημικός Roald Hoffmann (1937), ο Haber επιδίωξε να λειτουργήσει ως ένας ανθρώπινος καταλύτης που θα τερμάτιζε τις διαμάχες (Brock 2011, σ. 177).

Ο Haber και η ομάδα του προσέγγισαν το σχεδιασμό χημικών όπλων με επιστημονικό τρόπο, σχεδιάζοντας πειράματα, υπολογίζοντας καμπύλες θνητότητας ζώων υπό την επήρεια των αερίων, και κάνοντας αναλύσεις των ατμοσφαιρικών δεδομένων. Μάλιστα, απ' τη συστηματική ενασχόληση του Haber με τα δηλητηριώδη αέρια, προέκυψε κι ο λεγόμενος τοξικολογικός κανόνας του Haber σύμφωνα με τον οποίο, η εισπνοή ενός δηλητηριώδους αερίου πολύ μεγάλης συγκέντρωσης για μικρό χρονικό διάστημα επιφέρει το ίδιο αποτέλεσμα με την εισπνοή του ίδιου αερίου σε πολύ μικρότερη συγκέντρωση για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για λεπτομερή τεχνική ανάλυση (Witschi 1999).

Η πρώτη πολεμική επίθεση με χημικά αέρια από την Γερμανική πλευρά, πραγματοποιήθηκε στις 22 Απριλίου 1915 στη βελγική πόλη Ypres, με χρήση αερίου χλωρίου, εναντίων των Γάλλων. Το χλώριο αρχικά βρισκόταν σε υγροποιημένη μορφή μέσα σε 5.730 μεταλλικούς κυλίνδρους,

παρατεταγμένους σε μια έκταση μήκους 6 χιλιομέτρων. Αν και οι Σύμμαχοι διαπίστωσαν τις προετοιμασίες των Γερμανών, υποτίμησαν τον κίνδυνο και ήταν εντελώς απροετοίμαστοι (Spiers 2010, σ. 30). Να σημειωθεί ότι το χλώριο είχε χρησιμοποιηθεί πρώτα από τους Ρώσους, ωστόσο οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες του πεδίου της μάχης είχαν σαν αποτέλεσμα την υγροποίηση του. Το αέριο χλώριο αμέσως μετά την εισπνοή του, προσβάλλει το αναπνευστικό σύστημα προκαλώντας οδυνηρό θάνατο από ασφυξία στα θύματα του (Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 86).

Το κουτί της Πανδώρας είχε πλέον ανοίξει, δημιουργώντας έτσι ιστορικό προηγούμενο αναφορικά με την καταστρατήγηση διεθνών κανονισμών. Για την ακρίβεια οι συνθήκες της Χάγης δεν παραβιάστηκαν τυπικά από τους Γερμανούς, αφού νομικά ήταν παράνομη μόνο η χρήση των χημικών σε μορφή βλημάτων όπως οβίδες. Έτσι, οι μεταλλικοί κύλινδροι ήταν ένα έξυπνο τέχνασμα για να τηρηθεί το γράμμα του νόμου αλλά όχι το πνεύμα, και μάλιστα ήταν ο Haber που πρότεινε αυτό το μηχανισμό. Όπως εύστοχα έγραψε σε προσωπικές του σημειώσεις ο Γερμανός αξιωματικός Rudolph Binding, “ολόκληρος ο κόσμος θα μας κατακεραυνώσει με οργή για την απανθρωπιά μας και μετά θ' ακολουθήσει το παράδειγμα μας” (Spiers 2010, σ. 31, σ. 40). Τα χρόνια που ακολούθησαν, πολλές φορές ήταν ο φόβος των αντιπάλων κι όχι το θεσμικό κύρος του διεθνούς δικαίου που απέτρεψε και συνεχίζει να αποτρέπει τις διάφορες χώρες απ' την χρήση χημικών ή και βιολογικών ακόμα όπλων .

Η επίθεση με χλώριο, τεχνολογικά, ήταν μεγάλο επίτευγμα, ωστόσο η δυσπιστία των αξιωματικών σχετικά με την επίδραση που θα είχε στα εχθρικά στρατεύματα, είχε σαν αποτέλεσμα να μη γίνει η κατάλληλη προετοιμασία και δεν εκμεταλλεύτηκαν το κενό που δημιουργήθηκε στο εχθρικό μέτωπο. Οι Γερμανοί επανήλθαν με το χλώριο 36 ώρες αργότερα, σε άλλο σημείο του μετώπου. Ωστόσο, το χλώριο είχε αναγνωριστεί από χημικούς του αντίπαλου στρατοπέδου, και δόθηκε εντολή στους άντρες να βρέξουν με ούρα τεμάχια υφάσματος και να τα προσαρμόσουν στο πρόσωπό τους, ώστε να αναπνέουν μέσα από αυτά. Αυτό το έκαναν γιατί η αμμωνία μπορούσε να δεσμεύσει αποτελεσματικά το χλώριο. Όμως, η προστασία αυτή ήταν προσωρινή, αφού οι τεράστιες ποσότητες χλωρίου εξουδετέρωναν την ουρία και περνούσαν στο αναπνευστικό σύστημα των στρατιωτών (Spiers 2010, σ. 31).

Τα στρατεύματα του 1914 λοιπόν, άρχισαν τον πόλεμο χωρίς μάσκες. Γι'αυτό και οι πρώτες γερμανικές επιθέσεις με χλώριο αν και κακοσχεδιασμένες, εν τούτοις, προκάλεσαν σημαντικές απώλειες. Από ιστορικές πηγές είναι γνωστό ότι στο Ypres (όπου χρησιμοποιήθηκε χλώριο), τα αγγλικά και γαλλικά στρατεύματα, που δέχτηκαν την επίδραση του χλωρίου, είχαν 35% απώλειες, ενώ η εισαγωγή της προστατευτικής μάσκας κατέβασε το ποσοστό στο 24%. Η τελειοποίηση των προστατευτικών μέτρων και η αύξηση της πειθαρχίας ως προς την τήρησή τους, περιόρισε στο τέλος τις απώλειες των συμμάχων σε τέτοιο βαθμό, που οι βομβαρδισμοί του γερμανικού πυροβολικού με οβίδες δηλητηριωδών αερίων δεν προκαλούσαν παρά ελάχιστες απώλειες στις εχθρικές γραμμές.

Τον Αύγουστο του 1915, μπήκε στο προσκήνιο το φωσγένιο (υπερίτης), ουσία γνωστή όπως αναφέρθηκε απ' την βιομηχανία χρωμάτων. Ευθύνεται για τους περισσότερους θανάτους στον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο. Τη χρήση του εισηγήθηκε στο στρατόπεδο των Γάλλων, ο Victor Grignard (1871-1935), κάτοχος νόμπελ (1912) ο οποίος μάλιστα βελτίωσε τις μεθόδους παρασκευής του. Ο ίδιος μάλιστα ερεύνησε νέες μεθόδους παραγωγής του τολουολίου που αποτελεί πρώτη ύλη για την παρασκευή εκρηκτικών (Βάρβογλης 1997, σ. 122) (Ο Grignard είχε

αντίστοιχες αρμοδιότητες με το Haber, για λογαριασμό των Γάλλων). Ήταν δέκα φορές πιο τοξικό απ' το χλώριο. Την ίδια περίοδο περίπου, ο Fischer πρότεινε τη χρήση του για λογαριασμό της Γερμανικής πλευράς, δεδομένου ότι η στρατιωτική ηγεσία δεν ήταν ικανοποιημένη με το αποτέλεσμα των αρχικών χημικών αερίων. Ο Carl Duisberg, μάλιστα, εντυπωσιάστηκε με τις ιδιότητες του αερίου, και θέλησε να συμβάλλει στην άμεση εφαρμογή του στον πόλεμο, επιστρατεύοντας τα εργοστάσια της BAYER, στην οποία ήταν διευθύνων σύμβουλος. Ωστόσο, τεχνικές δυσκολίες καθυστέρησαν την χρήση του απ' τους Γερμανούς (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 190).

Όσον αφορά την ηθική διάσταση του θέματος, ο ίδιος ο Haber είχε υποστηρίξει ότι η κριτική που του ασκούσαν οι πολέμιοι των χημικών όπλων, είναι παρόμοια μ' αυτή που ασκήθηκε κάποτε για τα συμβατικά πυροβόλα όπλα όταν αυτά αντικατέστησαν άλλα πιο πρωτόγονα, εξαλείφοντας ένα μέρος από την αρετή του πολέμου (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 5). Εξακολούθησε να ερευνά τα χημικά όπλα, ακόμα και μετά το πέρας των πολεμικών συρράξεων.

Συμπερασματικά, τα χημικά όπλα δεν παρά μια από τις πολλές τεχνολογίες που εισήχθησαν στα πλαίσια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου, κι αποδείχθηκαν ανεπαρκή στο να καθορίσουν το νικητή, με τα αντίπαλα στρατόπεδα να επιδίδονται σ' ένα διαρκή αγώνα να επιβληθούν τεχνολογικά επί του εχθρού. Ο Ludwig Haber (1921-2004), ο μικρότερος γιος του Fritz Haber από το δεύτερο γάμο του, επισήμανε αυτό το γεγονός στο βιβλίο του για το χημικό πόλεμο (Ο Ludwig ειδικεύτηκε στα οικονομικά και συγκεκριμένα στα οικονομικά της χημικής βιομηχανίας. Το βιβλίο του, στο οποίο αναφερθήκαμε είναι το "The Poisonous Cloud" το οποίο εκδόθηκε το 1986, όπου πραγματεύεται την χρήση των χημικών όπλων κατά τον Α Παγκόσμιο Πόλεμο) (Wisniak 2001, σ. 168). Παρότι είχαν αρνητική επίδραση στην ψυχολογία των στρατιωτών, και παρόλο που η παραγωγή τους κι η χρήση τους αυξήθηκε δραματικά καθώς μαίνονταν οι μάχες, η εισαγωγή των προστατευτικών μέτρων ουσιαστικά τα κατέστησε άχρηστα (Spiers 2010, σ. 42-44). Ακόμα, σε γενικές γραμμές αποδείχθηκαν αναξιόπιστα, αφού τα αποτελέσματά τους ήταν έρμαιο των μετεωρολογικών συνθηκών και συχνά τα αέρια μπορούσαν ν' αλλάξουν κατεύθυνση και να πλήξουν ακόμα και το ίδιο το στράτευμα που τα εξαπέλυσε. Επίσης όπως αναφέραμε, αφαιρούσαν ένα μεγάλο μέρος της "αρετής" του πολέμου, μειώνοντας το γόητρο αυτών που τα χρησιμοποιούσαν, ενισχύοντας την προπαγάνδα των αντιπάλων (Spiers 2010, σ. 31). Ωστόσο, τα δηλητηριώδη αέρια δεν αποτέλεσαν τη μοναδική συμβολή της χημείας στην διεξαγωγή του πολέμου.

Είναι γεγονός πάντως ότι και άλλες συμβατικές χημικές ουσίες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον πόλεμο. Η πυρίτιδα για παράδειγμα, η οποία έχει εκρηκτικές ιδιότητες, δεν είναι παρά ένας συνδιασμός ακίνδυνων φαινομενικά ουσιών, όπως είναι σκόνη από ξυλοκάρβουνο, θειάφι και νιτρικό άλας, η κάθε μία από τις οποίες αξιοποιείται στη καθημερινή ζωή. Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα ουσίας που έχει διττή χρήση είναι η νιτρογλυκερίνη. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως φάρμακο για την θεραπεία παθήσεων της καρδιάς, είτε ως εκρηκτικό σε στρατιωτικές εφαρμογές (Βάρβογλης 1997, σ. 113). Ο Fischer, επισήμανε αυτή τη δυνατότητα διαστρέβλωσης της επιστήμης κι ευχήθηκε το μέλλον της Ευρώπης να είναι στα χέρια ανθρώπων με ειρηνικές διαθέσεις (Jeffrey Allan Johnson 1990, σ. 196).

Αναφορικά, με το έργο του Haber στο χημικό πόλεμο πάντως, ορισμένοι τον απαλλάσσουν τελείως ενώ άλλοι τον καταδικάζουν. Συχνά αυτό έχει να κάνει περισσότερο με την ιδιοσυγκρασία του μελετητή και δεν αποτελεί αμερόληπτη προσπάθεια προσέγγισης του θέματος. Είναι γεγονός

πάντως ότι ακόμη και στην εποχή του Haber υπήρξαν Γερμανοί επιστήμονες οι οποίοι συνειδητά αρνήθηκαν να συμβάλλουν στο χημικό πόλεμο, με εμβληματική φιγούρα αυτού του φιλειρηνικού κινήματος τον Einstein. Αντίστοιχα όμως, υπήρξαν παραδείγματα επιστημόνων από χώρες εχθρικές προς την Γερμανία σ' εκείνο τον πόλεμο, που αρνήθηκαν να καταδικάσουν τον Haber για το ρόλο του. Ανάμεσα τους ήταν ο Γάλλος χημικός Eugene Turpin (1848-1927) καθώς και ο Άγγλος χημικός Harold Hartley (Nachmansohn 1979, σ. 180).

Στην εποχή του Haber όπως είδαμε η έννοια του έθνους ήταν πολύ ισχυρή. Ωστόσο ακόμα και σήμερα όλοι ανήκουμε σ' ένα έθνος, κι αυτό είναι μια αντικειμενική πραγματικότητα την οποία τη διασφαλίζει το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο. Τα δικαιώματά μας συνδέονται με το έθνος αυτό, κι ακόμα κι αν προσωπικά κάποιος έχει διεθνιστικές τάσεις, οι θεσμοί του συντάγματος του επιβάλλουν να συμπεριφέρεται με εθνικά χαρακτηριστικά.

Επίσης το γεγονός ότι ο Haber διέθετε επιστημονικές γνώσεις στρατιωτικά αξιοποιήσιμες, αυτομάτως τον έβαζε σε ένα ηθικό δίλημμα που δεν αφορούσε τους περισσότερους ανθρώπους. Συνήθως δίνεται έμφαση στο γεγονός ότι με το έργο του συνειδητά επέλεξε να αξιοποιήσει στο έπακρο την επιστημονική του κατάρτιση για να δώσει το στρατιωτικό πλεονέκτημα στη Γερμανία. Ωστόσο, αν είχε επιλέξει την αδράνεια, αυτό αυτόματα ακόμα κι αν δεν είχε προσωπικές συνέπειες, ενδεχομένως θα μπορούσε να του δημιουργήσει την αίσθηση ότι Γερμανοί πολίτες, συμπατριώτες του πεθαίνουν στο μέτωπο ενώ αυτός θα μπορούσε να επιταχύνει την εξέλιξη του πολέμου ενδεχομένως σώζοντας ζωές κι απ' τα δυο στρατόπεδα. Αυτήν την άποψη μάλιστα, την είχε καταθέσει κι επίσημα.

Συνεπώς, αν δεχτούμε ότι στη κλίμακα των αξιών του, η πατρίδα ήταν πάνω απ' όλα, τότε μπορεί κανείς να δείξει κάποια κατανόηση για τις επιλογές του. Εξάλλου, κάθε στρατιώτης στο πόλεμο, ακολουθεί εντολές απ' τους ανωτέρους του, κι οφείλει να συμβάλει με όποιο τρόπο μπορεί στην επικράτηση της πατρίδας του.

Συνεπώς, είναι εύκολο να κατακρίνει κανείς τις πράξεις του Haber και των συναδέλφων του, όμως λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, ποιος θα ήταν έτοιμος ν' αποδεχτεί μια ενδεχόμενη ολοκληρωτική καταστροφή της γενέτειρας του και της πατρίδας του γενικότερα, αν μπορούσε να κάνει κάτι για να το αποτρέψει; Κι αν όντως παρέμενε αδρανής πώς θα τον χαρακτήριζε η ιστορία;

Μετά το πόλεμο λοιπόν, ο Haber έχασε τη στρατιωτική του ιδιότητα, και τα προνόμια που την συνόδευαν. Ήταν μια δύσκολη περίοδος για εκείνον. Επιπλέον, έφερε βαρέως το γεγονός ότι η Γερμανία κατατροπώθηκε. Αμέσως μετά το τέλος των συρράξεων, ο συνάδελφος του Richard Willstater, εισηγήθηκε την υποψηφιότητα του για το βραβείο Nobel. Ο ίδιος ο Haber, θεωρούσε απίθανο να του απονεμηθεί το βραβείο, γιατί το εύρος των επιστημονικών του ενδιαφερόντων δεν του επέτρεψε να κάνει κατά τη γνώμη του, κάποια σημαντική συνεισφορά σ' ένα συγκεκριμένο πεδίο (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 29).

Δεν ήταν ωστόσο αυτός ο λόγος που υπήρχε δισταγμός από την αρμόδια επιτροπή για την επιλογή του. Ένα μέλος της υποστήριξε ότι η διεργασία Haber-Bosch για την οποία θα τον τιμούσαν, ήταν ακόμη βιομηχανικό μυστικό και προστατευόταν από δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Ένα άλλο μέλος υποστήριξε ότι η μέθοδος αυτή παρέτεινε το πόλεμο και τα δεινά του. Ακόμα, υπήρξε συζήτηση σχετικά με το κατά πόσο μπορούσε ν' αποδοθεί η διεργασία στον Haber, δεδομένης της συμβολής των Le Rossignol, Bosch και Mittasch. Ειδικά αυτό το τελευταίο επιχείρημα, θα απασχολήσει την παρούσα εργασία αργότερα (Wisniak 2001, σ. 169-170).



Ωστόσο, τελικά η επιτροπή αποφάσισε υπέρ της απονομής, η οποία πραγματοποιήθηκε το Νοέμβριο του 1919. Γεγονός είναι πάντως, ότι ο Ernest Rutherford αρνήθηκε να του σφίξει το χέρι κατά την απονομή του βραβείου, λόγω της συμβολής του στο χημικό πόλεμο. Παραλαμβάνοντας το βραβείο του, ο Haber τόνισε ότι ενώ ο αρχικός σκοπός της επιστήμης είναι να τροφοδοτήσει την περαιτέρω ανάπτυξη της, το σημαντικότερο είναι στη πορεία να επηρεάσει σημαντικά την ανθρώπινη ζωή και την κοινωνία γενικότερα (Haber 1920, σ. 327). Προβληματική αντιμετώπιση είχαν και άλλοι γερμανοί επιστήμονες που συνέβαλαν στο χημικό πόλεμο. Ειδικότερα η Αμερικανική Χημική Εταιρεία (American Chemical Society), διέγραψε απ' τα μητρώα της τους Emil Fischer και Wilhelm Ostwald, οι οποίοι μέχρι τότε ήταν τιμητικά μέλη. Το ίδιο έκανε στον Haber και η Χημική Εταιρεία του Λονδίνου (Chemical Society of London), ωστόσο αργότερα ακύρωσε την αποπομπή του (Wisniak 2001, σ. 169-170).

Η έκβαση του πολέμου ήταν ιδιαίτερα ταπεινωτική για τον Haber, αλλά και για το σύνολο του Γερμανικού λαού. Η συνθήκη των Βερσαλλιών (7 Μαΐου 1919), προέβλεπε την παραχώρηση εκ μέρους της Γερμανίας σημαντικών εκτάσεων, αποικιών και φυσικών πόρων. Τέθηκαν περιορισμοί σε ότι αφορά τις γερμανικές ένοπλες δυνάμεις και τον εξοπλισμό τους. Ωστόσο, η Γερμανία διατηρούσε την επιστημονική της αίγλη, κάτι που έδινε ιδιαίτερη χαρά στον Haber, αφού εκτός απ' τον ίδιο απονεμήθηκε το βραβείο Nobel και σε άλλους δυο συμπατριώτες του φυσικούς, συγκεκριμένα στους Max Planck και Johannes Stark (1874-1957). Στον πρώτο το 1918, ενώ στον δεύτερο το 1919. Παρ' όλα αυτά, το 1920 ο Haber, ήταν επίσημα σεσημασμένο άτομο, θεωρούμενο ως εγκληματίας πολέμου από τους Συμμάχους, και συμπεριλαμβανόταν σε μια λίστα 900 Γερμανών με συναφείς κατηγορίες. Γι' αυτό το λόγο, μαζί με την οικογένεια του, μετεγκαταστάθηκαν στην Ελβετία, στο St. Moritz, όπου επιχειρήσαν να διεκδικήσουν ελβετική υπηκοότητα κι έτσι ν' αποφύγουν τη δίωξη, αφού η Ελβετία ήταν ουδέτερη στο πόλεμο. Παρ' όλα αυτά, οι Σύμμαχοι σταμάτησαν να επιδιώκουν τη σύλληψη του, κι αυτός επέστρεψε στη Γερμανία και στο Ινστιτούτο του μετά από λίγους μήνες (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 30).

Κατά τη διάρκεια της παραμονής του στην Ελβετία, ο Haber είχε γραπτή επικοινωνία με το Hermann Staudinger (1881-1965, Βραβείο Nobel 1953), ο οποίος ήταν συνάδελφος του όταν δούλευε στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης. Για την ακρίβεια, ο Staudinger εργάστηκε στο εργαστήριο του Carl Engler (Βάρβογλης 1997, σ. 181). Ο Staudinger, ως πολέμιος της τακτικής των χημικών όπλων, επιχειρούσε να μεταπείσει τον Haber σχετικά με τη χρήση τους η οποία κατά τη γνώμη του δεν ήταν καταδικαστέα μόνο νομικά αλλά και ηθικά. Επίσης τόνιζε την ευθύνη που είχαν ως επιστήμονες να διασφαλίζουν την χρήση της επιστήμης για ειρηνικό σκοπό. Ο ίδιος είχε υποστηρίξει αυτές τις απόψεις και κατά τη διάρκεια του πολέμου και μάλιστα είχε προβλέψει την ήττα της Γερμανίας.

Η απάντηση του Haber ήταν ότι αυτή η άποψη δεν ήταν ρεαλιστική κι ότι η ειρήνη δε μπορεί να εξασφαλιστεί αποτρέποντας την τεχνολογική εξέλιξη. Ακόμα επισήμανε, ότι θα μπορούσε να σεβαστεί τις απόψεις του Staudinger, όμως αυτό που δε μπορούσε να συγχωρήσει είναι το γεγονός ότι ο χρόνος που επέλεξε για να τις εκφράσει έδωσε στους εχθρούς της Γερμανίας ένα πολύ ισχυρό προπαγανδιστικό όπλο, ενίσχυσε δηλαδή τα επιχειρήματα των αντιπάλων της. Αυτό κατά τη γνώμη του Haber αποτελούσε πράξη εθνικής προδοσίας. Μάλιστα, ο Haber δε γνώριζε ότι ο Staudinger, μαθαίνοντας τον Ιανουάριο του 1918, για την επερχόμενη χρήση του αερίου της Μουστάρδας απ' τους Γερμανούς, προειδοποίησε Αμερικανό συνάδελφο του, και η πληροφορία διαδόθηκε και στη Γαλλική παράταξη. Ο λόγος που το έκανε αυτό ο

Staudinger, ήταν οι φρικιαστικές συνέπειες αυτού του αερίου, οι οποίες δεν δικαιολογούνταν κατά την άποψη του από πατριωτικά αισθήματα όπως αυτά που διέθετε ο Haber (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 30-31).

Ο Haber εξακολούθησε να ερευνά με διακριτικότητα το αντικείμενο των χημικών όπλων, προκειμένου να μη γίνει αντιληπτός απ' τους εχθρούς της Γερμανίας (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 6). Οι έρευνες του αφορούσαν εντομοκτόνα όμως αυτές οι ουσίες με μικρή επεξεργασία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως χημικά όπλα. Μάλιστα, σημαντικές ποσότητες αυτών των ουσιών πουλήθηκαν στους Ρώσους και στους Ισπανούς οι οποίοι τα χρησιμοποίησαν αργότερα (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 33-34). Ο ίδιος συνέχιζε ακόμα και τότε να θεωρεί ηθικά δικαιολογημένη τη χρήση τους. Συμμετείχε σε συζητήσεις σχετικά με το διεθνές δίκαιο που πλαισιώνει αυτές τις τακτικές, και υπήρχε έντονη αντιπαράθεση σχετικά με το ποια χώρα παραβίασε πρώτη τη συνθήκη της Χάγης (1907) .

Συγκεκριμένα, είχε δηλώσει σε μια διάλεξη στο Βερολίνο το 1920 ότι αν ξεσπούσε ένας πόλεμος και βομβαρδιζόταν το Βερολίνο, τα εκρηκτικά βλήματα θα προκαλούσαν ασυγκρίτως περισσότερους θανάτους από τα δηλητηριώδη αέρια. Επίσης επισήμανε στην στρατιωτική ηγεσία, ότι θα πρέπει να ενημερώνεται ο στρατός για τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των χημικών όπλων και για θέματα σχετικά με τη παραγωγή τους. Ωστόσο, τα παραπάνω γίνονταν κρυφά απ' τους Συμμάχους. Τον Ιούνιο του 1921, στάλθηκε στη Γερμανία αρμόδια υπηρεσία από την Βρετανία, με επικεφαλής τον Harold Hartley που αναφέραμε νωρίτερα, για να διεξάγει έλεγχο σχετικά με τις δραστηριότητες του Haber και των συναδέλφων του σ' αυτούς τους τομείς. Ο Haber, κατάφερε να βγει αλώβητος απ' τον έλεγχο, κι έτσι οι έρευνες του συνεχίστηκαν (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 32).

Όσον αφορά τις συνέπειες αυτών των ερευνών στη σύγχρονη εποχή, ειδικοί σε θέματα όπλων μαζικής καταστροφής, υποστηρίζουν ότι τα χημικά και τα βιολογικά όπλα, δίνουν τη δυνατότητα σε τρομοκρατικές οργανώσεις και σε κράτη που δε διαθέτουν πυρηνικά όπλα, να επιφέρουν σημαντικές απώλειες σε ανυπεράσπιστους πληθυσμούς. Το ίδιο όμως ισχύει και για τα συμβατικά όπλα. Το φαινόμενο της τρομοκρατίας εκδηλώνεται πιο έντονα στη σύγχρονη εποχή όμως αυτό δεν αποτελεί απαραίτητα ελαφρυντικό για την επιστημονική κοινότητα, η οποία οφείλει να εξετάζει όλες τις δυνητικές χρήσεις και μελλοντικές διαστρεβλώσεις της επιστήμης με αρνητικές επιπτώσεις (Ωστόσο, δεν πρέπει να παρασύρεται κανείς και να καταγγέλει τον Haber, και για πράγματα τα οποία δεν ήταν σε θέση να ελέγξει όπως η χρήση του Zyklon B απ' τους Ναζί, ενός τροποποιημένου φυτοφαρμάκου που οφειλόταν στον ίδιο, σε στρατόπεδα συγκέντρωσης. Μάλιστα από τη χρήση του, θανατώθηκαν και Εβραίοι συγγενείς του Haber. Το γεγονός σίγουρα αποτελεί πάντως τραγική ειρωνεία της τύχης).

Σημειωτέον, ότι η τεχνολογία των βιολογικών κι ιδιαίτερα των χημικών όπλων είναι αρκετά προσιτή τόσο οικονομικά όσο και επιστημονικά, στη σημερινή εποχή, και μάλιστα μπορεί κανείς να κατασκευάσει πολλές απ' αυτές τις ουσίες χρησιμοποιώντας συνηθισμένα χημικά χωρίς να κινήσει υποψίες, απλά χρειάζεται την τεχνογνωσία. Επίσης πολλές απ' αυτές τις ουσίες μπορεί να τις παρασκευάσει κανείς σε συμβατικά χημικά εργαστήρια και εργοστάσια. Στη πραγματικότητα δηλαδή είναι δύσκολο να αφοπλιστεί πραγματικά μια χώρα όσον αφορά τα χημικά και τα βιολογικά όπλα, αφού αυτά χρησιμοποιούν πρώτες ύλες και υποδομές που χρησιμοποιούν πολλές χημικές βιομηχανίες, που παράγουν κοινότυπα χημικά προϊόντα (Spiers 2010,σ. 17). Παρατηρείται μάλιστα, ότι όσο πιο ανίσχυρο από στρατιωτική άποψη είναι ένα κράτος, τόσο πιο

πολύ θα θελήσει να δοκιμάσει την τακτική του χημικού πολέμου, αντισταθμίζοντας τα μειονεκτήματα του σε άλλους στρατιωτικούς τομείς.

Τον Οκτώμβρη του 1923, δόθηκε εντολή απ' το γερμανικό κοινοβούλιο να σχηματισθεί επιτροπή επιφορτισμένη με το ρόλο να κρίνει εάν παραβιάστηκαν οι κανόνες του διεθνούς δικαίου με τη χρήση των χημικών όπλων. Ο Haber κλήθηκε να καταθέσει ένορκα ως μάρτυρας. Σύμφωνα με την κατάθεση του, την ευθύνη για την αρχική χρήση των χημικών όπλων την είχε η Γαλλία. Επίσης υποστήριξε ότι ο πόλεμος με χημικά είναι πιο ανώδυνος, αφού πεθαίνει μικρότερο ποσοστό αυτών που πλήττονται, σε σχέση με συμβατικές μεθόδους. Το πόρισμα της επιτροπής ήταν, ότι τόσο η Γερμανία όσο και η Γαλλία ουσιαστικά αγνόησαν τη συνθήκη της Χάγης, με τη Γαλλία να κάνει την πρώτη κίνηση και τη Γερμανία να απαντά. Συνεπώς, το νέο δημοκρατικό καθεστώς της Γερμανίας, ουσιαστικά αποδέχτηκε σε μεγάλο βαθμό τα επιχειρήματα του Haber, κι έτσι δεν του αποδόθηκαν νομικές ευθύνες (Ray, Renault και Roache 2009, σ. 32-33).

Να τονιστεί πάντως πως η χρήση των χημικών όπλων δεν ήταν ούτε η πρώτη ούτε η τελευταία φορά που η επιστήμη εξυπηρέτησε στρατιωτικά συμφέροντα. Επιστήμονες όπως ο Αρχιμήδης και ο Leonardo da Vinci (1452-1519) είναι μερικά από τα ονόματα που συγκαταλέγονται στον σχετικό κατάλογο (Nachmansohn 1979, σ. 179).

## Κεφάλαιο 4

### Οικονομικές και γεωπολιτικές επιπτώσεις της διεργασίας Haber-Bosch

Στο κεφάλαιο αυτό, δίνονται ορισμένα στοιχεία απ' την οικονομική θεωρία, τα οποία αποτελούν την ραχοκοκαλιά των ιστορικών γεγονότων που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Δίνεται έμφαση στις θεωρητικές έννοιες της καινοτομίας και της διάχυσης της τεχνολογίας, που συσχετίζονται με τη τεχνολογία Haber-Bosch. Επίσης θα δοθούν κάποια στοιχεία για τις διάφορες μορφές επιχειρήσεων που καινοτομούν, τα χαρακτηριστικά των οποίων θεωρείται ότι διαθέτει η εταιρεία BASF η οποία ανέδειξε την παραπάνω διαδικασία.

Κύριο εργαλείο της παρούσας ανάλυσης, θα είναι οι θέσεις του οικονομολόγου Joseph Schumpeter. Ο Schumpeter επιδίωκε να ενσωματώσει την τεχνολογική αλλαγή στην οικονομική σφαίρα ωστόσο το ενδιαφέρον του δεν εστιαζόταν σε εξωοικονομικούς παράγοντες όπως πόλεμοι, φυσικές καταστροφές, κ.τ.λ. (Βερναρδάκης 2006, σ. 259). Το ενδιαφέρον στην περίπτωση της καινοτομίας των Haber-Bosch, είναι ότι συνυπήρχαν οικονομικά, πολιτικά και στρατιωτικής φύσεως κίνητρα τα οποία ωθούσαν την επιστημονική κοινότητα να λύσει το πρόβλημα της έλλειψης νιτρικών ουσιών.

Είναι πράγματι αξιοθαύμαστο ότι η οικονομική ερμηνεία αυτών των γεγονότων μπορεί να γίνει αποδεκτή τόσο απ' τη πλευρά της ζήτησης όσο κι από τη πλευρά της προσφοράς (Σχέση ώθησης- έλκυσης) (Βερναρδάκης 2006, σ. 109). Μπορεί δηλαδή, κάποιος να ισχυριστεί, ότι ακόμα κι αν δεν υπήρχε η απειλή του υπερπληθυσμού για την οποία είχε κάνει λόγο ο Malthus, χώρες όπως η Γερμανία που δε διέθεταν φυσικά αποθέματα νιτρικών, θα έβλεπαν την ζήτηση αυτών των ουσιών από την Χιλή να αποκτά ολοένα και περισσότερο χαρακτηριστικά ανελαστικότητας ως προς τη τιμή, αφού οι άλλες δυο μέθοδοι παραγωγής νιτρικών ουσιών δεν ήταν αρκετά αποδοτικές οικονομικά για να επιλύσουν ριζικά το πρόβλημα. Συνεπώς θα είχαν κάθε κίνητρο να ωθήσουν την έρευνα προς αυτήν την κατεύθυνση, κάτι που είναι συμβατό με την οικονομική ερμηνεία του Schumpeter (Βερναρδάκης 2006, σ. 100). Ο ίδιος ο Schumpeter μάλιστα τόνιζε ότι οι καινοτομίες έχουν την τάση να συσσωρεύονται σε περιόδους οικονομικών κρίσεων (White και Bruton, 2010, σ. 586).

Να σημειωθεί ότι από το 1880 μέχρι τον Α Παγκόσμιο Πόλεμο, οι νιτρικές ουσίες αποτελούσαν το ένα τρίτο των συνολικών εξαγωγών της Χιλής. Πριν το πόλεμο ακόμα, είχε αρχίσει ο ανταγωνισμός απ' τις άλλες δυο βιομηχανικές διεργασίες παραγωγής νιτρικών ουσιών όπως αναφέρθηκε, ωστόσο κι οι δυο μαζί το 1913 παρήγαγαν το ένα έκτο των ποσοτήτων που εξαγόταν από τη Χιλή. Το 1913 όμως ξεκίνησε τη λειτουργία του το εργοστάσιο παραγωγής αμμωνίας με τη μέθοδο Haber-Bosch, στο Oppau της Γερμανίας. Η παραγωγή το 1914 ήταν 129.000 τόνοι ενώ το 1917 είχε φτάσει τους 271.000 τόνους.

Έτσι, ενώ η Γερμανία αρχικά απορροφούσε το ένα τρίτο των νιτρικών εξαγωγών της Χιλής, όχι μόνο έγινε αυτάρκης, αλλά μετά το πόλεμο η αμμωνία έγινε ένα από τα σημαντικότερα εξαγωγικά αγαθά της. Κατά τη διάρκεια του πολέμου σημαντικότερος εισαγωγέας των νιτρικών ουσιών απ' τη Χιλή έγιναν οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, μ' αποτέλεσμα οι εξαγωγές της Χιλής να συνεχίζουν ν' αυξάνονται, δεδομένης της σημασίας τους για τους Συμμάχους, για την παραγωγή εκρηκτικών. Ωστόσο μετά το πόλεμο, και συγκεκριμένα τη περίοδο 1920-1930 κυριάρχησε η Γερμανία στην αγορά των νιτρικών και οι εξαγωγές της Χιλής μειώθηκαν σημαντικά

κάτι που εντάθηκε μάλιστα από την Μεγάλη Κρίση του 1930 στην Αμερική, η οποία έδωσε το τελειωτικό χτύπημα στη ζήτηση. Ο ένας λόγος που μειώθηκε η ζήτηση ήταν ότι δεν υπήρχε ανάγκη για μεγάλη παραγωγή εκρηκτικών (Roosij 2006, σ. 9). Ο άλλος λόγος είναι ότι η ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για λιπάσματα καλυπτόταν πλέον από τις συνθετικές διεργασίες (Sicotte, Vizcarra and Wandschneider 2009, σ. 1-6).

Ωστόσο, ο ανταγωνισμός από τα συνθετικά λιπάσματα υπήρξε ακόμα πιο σημαντικός κι αυτό έχει διερευνηθεί οικονομετρικά (Sicotte, Vizcarra and Wandschneider 2009, σ. 7-10). Επίσης, απ' τα μέσα της δεκαετίας αυτής αναδύθηκαν κι άλλες συνθετικές μέθοδοι για την παραγωγή νιτρικών που θα αναφερθούν παρακάτω, και οι οποίες συρρίκνωσαν περαιτέρω το μερίδιο αγοράς της Χιλής, σε μικρότερη βέβαια έκταση απ' ότι η διεργασία Haber-Bosch. Σημαντικό είναι να καταγραφεί το Σουμπτεριανό φαινόμενο της “δημιουργικής καταστροφής” (Βερναρδάκης 2006, σ. 223), όταν η επιστημονική καινοτομία υπονόμωσε το πλεονέκτημα της Χιλής στο τομέα των φυσικών πόρων και δημιούργησε διάφορα οικονομικά προβλήματα στη χώρα αυτή. Συγκεκριμένα, μειώθηκαν κατά 50% τα κρατικά έσοδα τα οποία προέρχονταν απ' την φορολόγηση των εξαγωγών (Sicotte, Vizcarra and Wandschneider 2009, σ. 10-15).

Επίσης παρατηρήθηκε η αλλαγή του συσχετισμού δυνάμεων, και συγκεκριμένα η μείωση της γεωπολιτικής σημασίας της Χιλής. Τέλος, ας σημειωθεί ότι ενώ το πρώτο πλήγμα στις εξαγωγές της, δόθηκε κατά κύριο λόγο απ' την διεργασία Haber-Bosch, το δεύτερο χτύπημα ήταν καθαρά οικονομικής φύσεως κι αφορούσε την κατάρρευση της Αμερικανικής οικονομίας το 1930. Ωστόσο, όπως ειπώθηκε ήταν ο παράγοντας ο οποίος ανήκε στην σφαίρα της επιστήμης ο οποίος αποδείχθηκε πιο καθοριστικός, μάλιστα η συσσωρευμένη επίδραση των συνθετικών λιπασμάτων την περίοδο 1914-1932 οδήγησε στη μείωση της ζήτησης κατά 85%, ενώ η αντίστοιχη επίδραση της Αμερικανικής κρίσης τη περίοδο 1929-1932 σε μείωση της τάξης του 60%.

Εξίσου έγκυρη λοιπόν με την οικονομική, είναι και η πολιτική ερμηνεία του θέματος, αφού η όξυνση των σχέσεων της Γερμανίας με τις υπόλοιπες ισχυρές δυνάμεις της Ευρώπης, και η νευραλγική σημασία που έχουν τα νιτρικά για τις βιομηχανίες λιπασμάτων και εκρηκτικών, παρείχαν και γεωπολιτικό κίνητρο, σχετιζόμενο με τις ιμπεριαλιστικές επιδιώξεις των χωρών (Βέβαια, διανοητές όπως ο Lenin που ασχολήθηκαν με το θέμα του ιμπεριαλισμού, αποδίδουν τον πολιτικό ιμπεριαλισμό στην όξυνση του καπιταλιστικού ανταγωνισμού μεταξύ των χωρών, παράμετρος που παραπέμπει κατά κάποιο τρόπο πάλι στο οικονομικό επίπεδο).

Στη παρούσα εργασία, θα εξεταστεί και η άποψη ότι το βέλος της αιτιότητας ξεκινά απ' τον Haber, κι η θέαση της ιστορίας απ' την οπτική γωνία του επιστήμονα που επιχειρήσε να λύσει ένα δύσκολο πρόβλημα, για τους δικούς του λόγους. Για το λόγο αυτό, θα επιχειρηθεί η σύνδεση της τεχνολογικής προόδου με την οικονομική θεωρία, μέσα απ' το υπόδειγμα του Schumpeter. Την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, το έργο των επιστημόνων, ιδιαίτερα αυτών που εργάζονταν στην εφαρμοσμένη έρευνα, είχε σημαντικό οικονομικό αντίκτυπο. Η ενασχόληση με την επιστήμη, δεν ήταν πλέον καθαρά ατομική υπόθεση όπως παλιότερα, και οι επιστήμονες όπως ο Haber, μπορούσαν να επηρεάσουν άμεσα τη βιομηχανική σφαίρα. Συνεπώς, η επιστήμη αποκτά χαρακτηριστικά επαγγέλματος, κι ο επιστήμονας ήταν πλέον ένας “εργάτης” της επιστήμης, του οποίου τα κίνητρα αποκτούν οικονομική διάσταση.

Προσεγγίζοντας λοιπόν τη περίπτωση του Haber και της διεργασίας που φέρει το όνομα του, θα χρειαστούν κάποια στοιχεία οικονομικής θεωρίας. Καταρχάς, τι ήταν αυτό που ώθησε τον Haber ν' ασχοληθεί με το συγκεκριμένο πρόβλημα; Σύμφωνα με την νεοκλασική θεωρία των

οικονομικών, κάθε άτομο επιθυμεί την μεγιστοποίηση της ωφελιμότητας του και με βάση αυτό το κριτήριο ερμηνεύεται η οικονομική συμπεριφορά του. Πρόκειται για το πρότυπο του λεγόμενου Homo Economicus (Παπαδογιάννης 2012, σ. 71). Ωστόσο, αν και ο Haber πράγματι ωφελήθηκε οικονομικά απ' την αξιοποίηση της εργαστηριακής του δουλειάς, αυτή η θεώρηση αποτυγχάνει να συλλάβει άλλα σημαντικά κίνητρα που τεκμηριώνονται μέσα από την βιβλιογραφία.

Ένα άλλο κίνητρο του, το οποίο παραβλέπει η νεοκλασική θεωρία, είναι η ανάγκη του να καταξιωθεί ως χημικός, καταφέροντας να επιλύσει το πρόβλημα της δέσμευσης του αζώτου απ' τα στοιχεία του, το οποίο παρέμενε άλυτο για πάνω από 100 χρόνια. Βέβαια, στη περίπτωση του, η καταξίωση είχε ήδη επιτευχθεί αφού είχε σημαντικά επιτεύγματα στο ενεργητικό του στην ηλεκτροχημεία και στη χημική θερμοδυναμική όπως είδαμε.

Ωστόσο ο Haber δεν αρκέστηκε σ' αυτά. Επίσης, φάνηκε ότι το πρόβλημα της σύνθεσης της αμμωνίας το είχαν προσεγγίσει κι άλλοι σπουδαίοι χημικοί χωρίς όμως η συνεισφορά τους στη βελτίωση της διεργασίας να είναι τόσο καταλυτική που να θεωρηθεί καθοριστική. Το γεγονός ότι ο Haber δεν πτοήθηκε από κάτι τέτοιο, ίσως αποτελεί ένδειξη για την φιλοδοξία του, την ανάγκη του να πετύχει εκεί που οι άλλοι απέτυχαν. Επίσης το γεγονός ότι αφιέρωσε ερευνητικό χρόνο σ' ένα τόσο δύσκολο πρόβλημα ρισκάροντας την υπόληψη του δείχνει μια τάση ανάληψης ρίσκου, κάτι που χαρακτηρίζει τους ανθρώπους που καινοτομούν, όπως επισημαίνει ο Schumpeter.

Ακόμα, ο ανταγωνισμός του με τον Nerst, όπως περιγράφηκε, τον οδήγησε στο να εξετάσει με μεγαλύτερη επιμέλεια τα πειραματικά του αποτελέσματα. Επίσης, ήταν γνωστή η ενεργητικότητα του και το πάθος του για τη δουλειά του, με βάση τις μαρτυρίες των συναδέλφων του. Τα στοιχεία αυτά, είναι σύμφωνα με τον Schumpeter εξίσου σημαντικά με τις οικονομικές απολαβές για να εκδηλωθεί ο καινοτομικός χαρακτήρας (Μιχαηλίδης 2000, σ. 31). Στη συνέχεια θα ενταχθεί στην παρούσα ανάλυση, και η έννοια της “μεγάλης” επιχείρησης, που χρησιμοποιεί στο υπόδειγμα του ο ώριμος πλέον Schumpeter, για να περιγράψει τις καινοτομικές διαδικασίες της εποχής του. Συγκεκριμένα, ο Schumpeter επισήμανε το ρόλο των μεγάλων επιχειρήσεων στη διαδικασία της έρευνας και της ανάπτυξης στο “Capitalism, Socialism and Democracy” (1942) ενώ αρχικά έδινε περισσότερο έμφαση στο ρόλο του μεμονωμένου επιχειρηματία, διατυπώνοντας τη σκέψη του στο “The Theory of Economic Development” (1934) το οποίο εκδόθηκε το 1911 (Cantwell 2000, σ. 3, Βερναρδάκης 2006, σ. 221).

Να σημειωθεί, ότι ο κλάδος της χημείας εκείνη τη περίοδο, αποτελεί ίσως την ιδανικότερη περίοδο για εξετασθούν αυτά τα οικονομικά υποδείγματα. Θα μπορούσε να ειπωθεί μάλιστα, ότι οικονομολόγοι όπως ο Schumpeter, άντλησαν τα στοιχεία που θεμελίωσαν τις θεωρίες τους στηριζόμενοι στις μορφές επιχειρηματικότητας που αναδύθηκαν εκείνη τη περίοδο. Ειδικότερα, ο Schumpeter ξεχωρίζει δυο μεγάλα στάδια του καπιταλισμού:

α) Την εποχή που επικρατούσαν οι μικρές επιχειρήσεις και η αγορά ήταν πλήρως ανταγωνιστική, η οποία διαρκεί σχεδόν μέχρι το 1880.

β) Την περίοδο μετά το 1880, όπου εμφανίζονται μεγάλες επιχειρήσεις, συγκροτούνται καρτέλ και μεγάλα βιομηχανικά σχήματα, κι έχουμε καθεστώς ολιγοπωλιακού ανταγωνισμού.

Ο Schumpeter, πίστευε ότι αυτή η τάση επικράτησης των μεγάλων επιχειρήσεων ήταν μια μορφή Δαρβινισμού, καθώς κυριαρχούσαν οι ισχυρότερες και ικανότερες επιχειρήσεις, ενώ οι μικρότερες που υπολείπονταν στην ικανότητα καινοτομίας, εξαφανίζονταν. Επίσης, ισχυριζόταν ότι τα ολιγοπωλιακά κέρδη που απολαμβάνουν οι μεγάλες επιχειρήσεις, είναι γενικά πιο σταθερή πηγή εσόδων από τα μονοπωλιακά κέρδη που αποφέρουν οι καινοτομίες, γιατί αυτά

εξαλείφονται όταν οι ανταγωνιστές προσαρμοστούν στις νέες τεχνολογίες, ενώ η ολιγοπωλιακή δομή βάζει εμπόδια εισόδου στην αγορά, υπονομεύοντας τον ανταγωνισμό.

Στις μέρες μας οι θέσεις του Schumpeter δεν επαληθεύονται πάντα. Συγκεκριμένα, η λεγόμενη Σουμπετεριανή υπόθεση η οποία κάνει λόγο για το πρωταρχικό ρόλο που διαδραματίζουν οι μεγάλες εταιρείες για την έρευνα και την ανάπτυξη σε σχέση με τις μικρές, βρίσκεται ορισμένες φορές σε αντίφαση με τα εμπειρικά δεδομένα (Μιχαηλίδης 2000, σ. 37-38). Θα γίνει εκτενής συζήτηση αργότερα. Επίσης, ο Schumpeter διατηρεί τη δική του άποψη αναφορικά με το ζήτημα της ανάπτυξης, και στη παρούσα εργασία, θα αποτολμηθεί η αντιπαραβολή της άποψης του, με τα χαρακτηριστικά της διεργασίας Haber-Bosch.

Να σημειωθεί ότι κατά τον Schumpeter, η οικονομία επηρεάζεται μεν σαφώς από παράγοντες όπως αύξηση του διαθέσιμου εργατικού δυναμικού κι απ' τη συσσώρευση κεφαλαίου που μπορεί να τροφοδοτήσει νέες επενδύσεις, ωστόσο αυτό που πραγματικά πυροδοτεί την αλλαγή είναι η εισαγωγή νέων τεχνολογικών καινοτομιών. Χωρίς καινοτομικά άλματα, η οικονομία βρίσκεται εγκλωβισμένη σ' ένα στατικό φαύλο κύκλο. Όσον αφορά τη χημική βιομηχανία, διακρίνονται τρία είδη καινοτομιών:

Στη πρώτη κατηγορία, περιλαμβάνονται νέες βιομηχανικές διεργασίες, που έχουν δημιουργηθεί για την παραγωγή χημικών ουσιών, οι οποίες υπάρχουν μεν στη φύση, αλλά είτε βρίσκονται σε σπανιότητα είτε είναι οικονομικότερο να τις παράγουμε συνθετικά. Παραδείγματα τέτοιων τεχνολογικών καινοτομιών, είναι η μέθοδος Haber-Bosch καθώς και η διαδικασία παραγωγής της συνθετικής χρωστικής indigo.

Στη δεύτερη ομάδα καινοτομιών, αντιστοιχούν διεργασίες που αντικαθιστούν μια υπάρχουσα βιομηχανική διαδικασία επειδή υπερτερούν με βάση οικονομικοτεχνικά κριτήρια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαδικασία Solvay για την παραγωγή ανθρακικής σόδας, η οποία πήρε τη θέση της μεθόδου Leblanc. Σ' αυτή τη κατηγορία καινοτομιών, είτε γίνεται χρήση οικονομικότερων βασικών εισροών (πρώτες ύλες), είτε παράγονται παραπροϊόντα τα οποία υπάρχει η δυνατότητα ν' αξιοποιηθούν βιομηχανικά.

Η τρίτη κατηγορία καινοτομιών περιλαμβάνει τη σύνθεση χημικών ουσιών που δεν υπάρχουν στη φύση. Τέτοιο παράδειγμα είναι οι συνθετικές χρωστικές. Σ' αυτήν την κατηγορία συμπεριλαμβάνεται και η χρωστική ουσία που ανακάλυψε το 1856 ο Άγγλος William Henry Perkin, καθώς επίσης και η πλειοψηφία των σύγχρονων φαρμακευτικών σκευασμάτων. Η παρατηρούμενη άνοδος της χημικής βιομηχανίας μετά το 1950, βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό, σ' αυτά τα τρία είδη καινοτομιών (Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 35-36, Murmann 2002, σ. 8).

Παρόμοια κατηγοριοποίηση κάνει και ο Schumpeter αναφορικά με τη καινοτομία. Συγκεκριμένα, δίνει 5 χαρακτηριστικές περιπτώσεις: (1) Την εμφάνιση ενός νέου προϊόντος ή σημαντική βελτίωση προϊόντων που κυκλοφορούν ήδη στην αγορά. (2) Την εφαρμογή μιας νέας βιομηχανικής μεθόδου παραγωγής. (3) Τη δημιουργία μιας νέας αγοράς. (4) Την απόκτηση ενός καινούργιου τρόπου πρόσβασης σε πρώτες ύλες ή ημικατεργασμένα αγαθά. (5) Την αναδιοργάνωση μιας επιχείρησης με συνεπακόλουθη ενδυνάμωση της θέσης της στην αγορά, το οποίο μπορεί να σημαίνει απόκτηση μονοπωλιακής δύναμης ή ανεξαρτοποίηση από το μονοπώλιο των ανταγωνιστών (Μιχαηλίδης 2010 σ. 29).

Στη περίπτωση της διεργασίας Haber-Bosch, πληρούνται τα κριτήρια 1,2,4,5. Το προϊόν της διεργασίας αυτής, η αμμωνία παραγόταν πλέον μέσω μιας τυποποιημένης διαδικασίας και η ποιότητα της είχε συγκεκριμένα standards, ενώ τα νιτρικά υλικά από τη Χιλή, είχαν απροσδιόριστη

συγκέντρωση αζώτου. Αναφορικά με την πρωτοτυπία της διεργασίας, αυτή είναι δεδομένη σε βιομηχανικό επίπεδο (Έγινε αναφορά για τις προσπάθειες που έγιναν εργαστηριακά για τη σύνθεση της αμμωνίας απ' τα στοιχεία της από άλλους επιστήμονες, χωρίς όμως τον απαιτούμενο βαθμό επιτυχίας) .

Ακόμα, πράγματι κατακτήθηκε μια νέα πηγή προμηθειών νιτρικών ουσιών, αφού μέσω της διεργασίας, “δαμάστηκε” το άζωτο το οποίο βρίσκεται σε πολύ μεγάλη αφθονία στην ατμόσφαιρα. Τέλος, τα νέα τεχνολογικά δεδομένα, αποτίναξαν το μονοπώλιο της Χιλής και μάλιστα κατέστησαν τη Γερμανία ικανή να παράγει νιτρικά υλικά πολύ φθηνότερα απ' τις άλλες χώρες που χρησιμοποιούσαν πιο ενεργοβόρες διαδικασίες. Άρα πράγματι, το Σουμπτεριανό πλαίσιο ανάλυσης της ανάπτυξης, επιβεβαιώνεται στη περίπτωση της διεργασίας Haber-Bosch.

Ο Schumpeter, μάλιστα έλεγε πως οι μικρές βελτιώσεις που συντελούνται στη τεχνολογία (όπως οι μικρές βελτιώσεις που έγιναν κατά καιρούς στο ρυθμό παραγωγή της αμμωνίας από προηγούμενους επιστήμονες), αποτελούν απειροστά μικρές αλλαγές οι οποίες όσο και να συσσωρευθούν δε μπορούν να συγκριθούν με μια ριζική καινοτομία. Στη περίπτωση που εξετάζεται, πράγματι παρόλο που γίνονταν κατά καιρούς προσπάθειες να απεξαρτηθεί η Γερμανία απ' το μονοπώλιο της Χιλής, οι μικρές βελτιώσεις που γίνονταν στη παραγωγή αμμωνίας, δεν οδήγησαν στην αλλαγή του γεωπολιτικού συσχετισμού δυνάμεων.

Βέβαια, αυτή η αντίληψη αδικεί τους επιστήμονες στους οποίους ο Haber όπως έχουμε μιλήσει, βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό, οι οποίοι όμως δεν έδωσαν το τελικό “χτύπημα” στο πρόβλημα, όπως αναφέραμε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Γι' αυτό και η διεργασία φέρει το όνομα του, και η συνεργασία του με την BASF του απέφερε αρκετά χρήματα, κάτι που δεν μπορεί να ειπωθεί για τους υπόλοιπους. Πρόκειται για τη λεγόμενη διακριτοποίηση της καινοτομικής διαδικασίας, η οποία συνδέεται και με ένα άλλο μεγάλο βιομηχανικό θέμα τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας.

Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό κεφάλαιο για τα οικονομικά των χημικών βιομηχανιών και την Σουμπτεριανή ανάλυση, ωστόσο δε μπορεί να γίνει εκτενής αναφορά στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Είναι όμως ένα πολύ ενδιαφέρον πεδίο έρευνας το οποίο θα μπορούσε να διαφωτίσει το συσχετισμό των δυνάμεων ανάμεσα στις εταιρείες εκείνης της περιόδου. Αξίζει να ειπωθεί μόνο ότι τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας και τα μονοπωλιακά δικαιώματα που εξασφαλίζουν στις επιχειρήσεις, συχνά δέχονται την κριτική ότι δεν προωθούν περαιτέρω την καινοτομία, αφού οι εταιρείες μπορεί ν' αποφασίσουν να αποφύγουν επενδύσεις που φέρουν ρίσκο, εκμεταλλευόμενες την ευνοϊκή τους θέση στην αγορά. Αντιστρέφεται δηλαδή η συλλογιστική πορεία του Schumpeter.

Γενικότερα ο Schumpeter υποτιμούσε το θεσμό του τέλει ανταγωνισμού ως κινητήρια δύναμη της τεχνολογικής προόδου (Goodwin 1998, σ. 3). Ωστόσο αυτό δεν αληθεύει πάντα. Ένα παράδειγμα που αντικρούει αυτό τον ισχυρισμό είναι το εξής: Το 1921, η κυριαρχία της BASF στον κλάδο της αμμωνίας, κλονίστηκε με την ανάδυση τριών νέων τεχνολογιών παραγωγής αμμωνίας που αναπτύχθηκαν από τους ιταλούς χημικούς Luigi Casale (1882-1927) και Giacomo Fauser (1892-1971) στην Ιταλία και τον Georges Claude στη Γαλλία (Sauchelli 1964, σ. 49, Rooij 2006, σ. 10-11, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 102). Σκεφτόμενος λοιπόν, ότι οι νέες αυτές τάσεις στη βιομηχανική παραγωγή της αμμωνίας πιθανώς να κατέληγαν σε πλεονασματικές δυναμικότητες, ο Bosch χρησιμοποίησε την τεχνολογία υψηλής πίεσης της BASF, για την παραγωγή μεθανόλης και συνθετική βενζίνης. Βλέπουμε λοιπόν, ότι ο ανταγωνισμός ώθησε τον Bosch να βρει νέες



καινοτομικές χρήσεις της τεχνολογίας που είχε αποκτηθεί από την BASF για την σύνθεση της αμμωνίας (Merritt Roe Smith and Leo Marx 1996, σ. 109).

Στη συνέχεια, θα γίνει προσπάθεια να αντιπαρατεθούν οι απόψεις του Schumpeter για το ρόλο του επιχειρηματία και της μεγάλης επιχείρησης, με το αντικείμενο της παρούσας έρευνας. Να σημειωθεί ότι στην ανάλυση το ρόλο αυτό θα τον διαδραματίζει φυσικά ο Haber, αλλά όπως τόνιζε κι ο ίδιος ο Schumpeter, η λέξη επιχειρηματίας εδώ δεν αντικατοπτρίζει τη συμβατική έννοια του επιχειρηματία, αλλά συμβολίζει το άτομο που επιφέρει την αλλαγή και δεν έχει ταξικό περιεχόμενο. Ο “ήρωας” αυτός του Schumpeter, διαθέτει επίσης ηγετικά προσόντα, μια ικανότητα η οποία έχει καταγραφεί στην επιστημονική διαδρομή του Haber, όταν κάναμε λόγο για τις επιτυχημένες θητείες του ως διευθυντής, αρχικά στην Καρλσρούη και μετέπειτα στο Ινστιτούτο Kaiser Wilhelm.

Συνεχίζοντας λοιπόν τη συζήτηση, επισημαίνεται ότι δεν έφτανε μόνο το εργαστηριακό σκέλος του Haber προκειμένου να υλοποιηθεί η διεργασία Haber-Bosch. Ο Haber δε διέθετε τις υποδομές, τους πόρους και το προσωπικό για να διεξάγει τις έρευνες που χρειάστηκαν για την βιομηχανική αξιοποίηση της διεργασίας. Συνεπώς, ο ρόλος του καινοτόμου επιχειρηματία περιορίστηκε στο πεδίο της βασικής επιστήμης. Ακόμα κι εκεί όμως, ο Haber χρειάστηκε τη συνδρομή του Le Rossignol και πολλών ακόμα ατόμων στο εργαστήριο του, προκειμένου να φέρει εις πέρας τη δουλειά του. Επίσης, όπως είδαμε στηρίχτηκε στα αποτελέσματα κι άλλων σπουδαίων επιστημόνων όπως Nerst, Le Chatelier, κα. Συνεπώς, δεν είναι σωστό ν' αποδόσει κανείς στον Haber εξ' ολοκλήρου την επιτυχία για τη παραγωγή της αμμωνίας απ' τα στοιχεία της.

Εξάλλου, σπάνια στην επιστήμη μια καινοτομία αποτελεί συνεισφορά ενός μόνο επιστήμονα, συνήθως είναι προϊόν επεξεργασίας και σύνθεσης αποτελεσμάτων προηγούμενων ερευνητών. Οπότε, μπορεί να ειπωθεί, ότι ο Haber, συγκεντρώνει πολλά απ' τα χαρακτηριστικά του καινοτόμου επιχειρηματία του Schumpeter. Παρ'όλα αυτά, το βιομηχανικό σκέλος ήταν κάτι τελείως διαφορετικό. Στο σημείο αυτό, θεωρείται γόνιμο να εξεταστεί θεωρητικά η λειτουργία μιας εταιρείας όπως η BASF. Για το λόγο αυτό, θα γίνει αναφορά στον οικονομολόγο Ronald Coase, ο οποίος στο “The nature of the Firm”, αναλύει το λόγο ύπαρξης των επιχειρήσεων. Συγκεκριμένα, ο ισχυρισμός του είναι ότι εντός των επιχειρήσεων, πραγματοποιούνται διάφορες διαδικασίες και συναλλαγές οι οποίες εκτός της επιχείρησης θα γίνονταν με μεγαλύτερο κόστος (Goodwin 1998, σ. 2).

Αυτό σχετίζεται με τη παρούσα μελέτη, αν αναλογιστεί κανείς ότι η BASF, η οποία ανέλαβε το βιομηχανικό κομμάτι, είχε στη διάθεση της πολυάριθμο προσωπικό ποικίλων ειδικοτήτων, οι οποίοι όλοι μαζί λειτούργησαν ως “καλοκουρδισμένα” γρανάζια προκειμένου να υλοποιηθεί το έργο. Κι ο ίδιος ο Haber επισήμανε στην ομιλία του όταν τιμήθηκε με το βραβείο Nobel, ότι η BASF διέθετε μέσα στα οποία αυτός δε θα μπορούσε να έχει πρόσβαση (Haber 1920, σ. 338, Stengers, Bensaude 1992, σ. 343). Με πιο απλά λόγια, ο θεσμός της επιχείρησης, έφερε σε συνεργασία όλους τους κατάλληλους συντελεστές παραγωγής, ώστε να γίνει η δουλειά με τον πιο οικονομικό κι αποδοτικό τρόπο. Αυτό, έρχεται σε συμφωνία με τις μεταγενέστερες απόψεις του Schumpeter, οι οποίες τονίζουν τη σημασία της μεγάλης επιχείρησης για την καινοτομία (David Knight και Helge Kragh, 1998, σ. 91-93).

Βέβαια στην ανάλυση του ο Coase, αναρωτιέται τι είναι αυτό που καθιστά αναγκαία την ύπαρξη του θεσμού της επιχείρησης, σ' ένα κόσμο όπου επικρατεί το Laissez-Faire, κι ο μηχανισμός των τιμών θα μπορούσε να οδηγήσει στη βέλτιστη χρήση των πόρων από μόνος του.

Θα μπορούσαν δηλαδή στο ζήτημα μας, οι επιστήμονες της BASF να πετύχουν το τεχνολογικό κατόρθωμα ονόματι Haber-Bosch χωρίς να βρίσκονται υπό τη θεσμική αιγίδα της επιχείρησης;

Ίσως αυτό να ήταν εφικτό σε κάποιο κλάδο που δεν εξετάζεται στη παρούσα εργασία, στον οποίο οι απαιτήσεις σε τεχνολογία και σωστό καταμερισμό της εργασίας δεν είναι τόσο έντονες. Το γεγονός αυτό υπογραμμίζει το γεγονός ότι κάθε κλάδος έχει τα δικά του οικονομικά χαρακτηριστικά και πρέπει να γίνονται μελέτες περίπτωσης κι όχι αόριστες γενικεύσεις. Να προστεθεί επίσης, ότι τη περίοδο πριν τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, η οικονομική σφαίρα στη Γερμανία, ελεγχόταν από το Κράτος μέσω ισχυρών γραφειοκρατικών μηχανισμών, σ' αντίθεση για παράδειγμα, με την πιο ελεύθερη κατάσταση που επικρατούσε στην Αγγλία. Συνεπώς τα χαρακτηριστικά των αγορών αλλάζουν από τόπο σε τόπο κι από κλάδο σε κλάδο (Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 46-47, 66).

Αυτό επαναφέρει τη συζήτηση αναφορικά με την Σουμπετεριανή υπόθεση. Σύμφωνα με αυτήν, δομές της αγοράς που παραπέμπουν σε μονοπώλια/ολιγοπώλια όπου επικρατούν μεγάλες επιχειρήσεις, συνδέονται θετικά με ανάπτυξη που βασίζεται στην καινοτομία.

Έχει παρατηρηθεί, ότι σε ορισμένες χώρες είναι οι μικρές επιχειρήσεις που δαπανούν μεγαλύτερο ποσοστό των εσόδων τους για R&D. Ωστόσο, στο κλάδο των βασικών χημικών, ισχύει ότι ευνοείται η πολύ μεγάλης κλίμακας παραγωγή, η οποία ευνοεί τις μεγάλες επιχειρήσεις (Βερναρδάκης 2006, σ. 145, Goodwin 1998, σ. 6). Οι μικρές δεν μπορούν να συναγωνιστούν τις μεγάλες. Ενδεικτικά, στη βιβλιογραφία της χημικής μηχανικής, αναφέρεται ότι αύξηση της τάξης του 100% της παραγωγικής δυναμικότητας ενός εργοστασίου αμμωνίας, συνεπάγεται αύξηση του πάγιου κόστους μόνο κατά 60% (Murmann 2002, σ. 12, Witschi 1999, σ. 52). Συνεπώς, βλέπουμε ότι υπάρχουν σημαντικά εμπόδια εισόδου στην αγορά για εταιρείες που δεν έχουν τα κατάλληλα κεφάλαια ώστε να παράγουν ποσότητες τέτοιες (Οικονομίες κλίμακας) ώστε να πετύχουν τη μείωση του κόστους ανά μονάδα παραγόμενου προϊόντος (Βερναρδάκης 2006, σ. 123).

Επιπλέον, στον κλάδο των βασικών χημικών (αμμωνία, θειικό οξύ κ.α) τα προϊόντα είναι αδιαφοροποίητα, δηλαδή δεν υπάρχει διαφορά στην ποιότητα, ανάμεσα στις διάφορες εταιρείες, συνεπώς οι αγοραστές κρίνουν με βάση το κόστος, οπότε αυτό είναι το καθοριστικό κριτήριο. Επιπλέον, η δομή κόστους τέτοιων επιχειρήσεων είναι τέτοια που τους επιβάλλει να παράγουν τεράστιες ποσότητες αδιαλείπτως προκειμένου να κάνουν απόσβεση των επενδύσεων σε εξοπλισμό και για να έχουν κέρδος (Sauchelli 1964, σ. 83-86, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 30). Έχουν δηλαδή πολύ υψηλό "νεκρό σημείο" όπως αναφέρεται στα οικονομικά των επιχειρήσεων (Επίπεδο πωλήσεων στο οποίο δεν πραγματοποιείται ούτε κέρδος ούτε ζημιά).

Συνεπώς για να εισέλθει μια επιχείρηση σε τέτοιες αγορές, πρέπει να διαθέτει πολύ σημαντικά κεφάλαια, μ' αποτέλεσμα οι μικρότερες εταιρείες να μη μπορούν να σταθούν στον πόλεμο των τιμών. Εξάλλου είναι λογικό μια επιχείρηση η οποία κάνει μια τόσο μεγάλη επένδυση, να προσβλέπει σε μονοπωλιακά/ολιγοπωλιακά κέρδη. Ένα ακόμα πλεονέκτημα των μεγάλων εταιρειών είναι ότι έχουν μεγαλύτερη πρόσβαση στη τραπεζική δανειοδότηση, εμπνέοντας μεγαλύτερη εμπιστοσύνη.

Αναφορικά με την BASF, είδαμε ότι ο αρχικός της προσανατολισμός ήταν στη παραγωγή οργανικών ουσιών (χρώματα). Ωστόσο, σταδιακά άρχισε να επεκτείνεται και στη παραγωγή ανόργανων χημικών ουσιών προκειμένου να πετύχει την καθετοποίηση στην παραγωγή των οργανικών ουσιών που ήταν ο κεντρικός της σκοπός και να μην εξαρτάται απ' τους προμηθευτές (εσωτερική ανάθεση εργασιών). Έπειτα, όταν άρχισαν να μειώνονται οι φυσικές πρώτες ύλες για

την παραγωγή χρωμάτων, η εταιρεία σε συνεργασία με τους ακαδημαϊκούς χημικούς Carl Graebe (1841-1927), Carl Liebermann και Heinrich Caro εγκαινίασαν την παραγωγή συνθετικών χημικών (Travis 2015, σ. 44, Stengers, Bensaude 1992, σ. 353, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 68)

Να σημειωθεί εδώ, ότι όπως και στη περίπτωση της συνεργασίας με τον Haber, οι έρευνες αυτές δεν εκπονήθηκαν μέσα στους κόλπους της εταιρείας κάτι που μας επαναφέρει στη συζήτηση για τις απόψεις του Coase. Δηλαδή, ορισμένες φορές, οι εταιρείες όπως η BASF στη περίπτωση μας, επιλέγουν εξωτερικούς συνεργάτες (εξωτερική ανάθεση εργασιών) θεωρώντας ότι δεν έχουν την απαιτούμενη τεχνογνωσία για να αντιμετωπίσουν ένα συγκεκριμένο πρόβλημα με τα μέσα που διαθέτουν στο εσωτερικό της εταιρείας. Αυτό είναι και μια από τις επικρίσεις στις απόψεις του Schumpeter, ότι δηλαδή οι μεγάλες επιχειρήσεις δεν είναι τόσο “ευέλικτες” όσο οι μικρότεροι σχηματισμοί, κι ότι αυτή η δυσκαμψία τις αναγκάζει να συνεργαστούν με εξωτερικές ερευνητικές μονάδες, οι οποίες αναλαμβάνουν να εκπονήσουν έρευνα εκ μέρους τους. Αυτό βρίσκεται σε αντίφαση με την Σουμπετεριανή υπόθεση (Murmann 2002, σ. 18).

Επικρατεί ωστόσο ακόμα η άποψη, ότι οι μεγάλες επιχειρήσεις είναι οι κύριοι φορείς καινοτομίας, οικονομικής ανάπτυξης, εξαγωγών κι απασχόλησης. Να προστεθεί, ότι αναφορικά με το αν μια εταιρεία θα επιλέξει την πολιτική εσωτερικής ή εξωτερικής ανάθεσης, ο Coase επικαλείται τον Marshall και τη μαρτζιναλιστική του θεώρηση. Δηλαδή, η επιχείρηση εγκολπώνει μια διεργασία ή απαλάσσεται απ' αυτήν αναθέτοντας τη σε εξωτερικούς συνεργάτες, συγκρίνοντας το οριακό όφελος των δυο επιλογών. Μια πιο πεζή αλλά εξίσου έγκυρη προσέγγιση στο θέμα διατύπωσε ο ειδικός σε θέματα management, Peter Drucker (1909-2005), συμβουλεύοντας τις εταιρείες να εστιάζουν στις διαδικασίες τις οποίες μπορούν να κάνουν πιο αποδοτικά και να προωθούν τις υπόλοιπες σε πιο ειδικούς, ώστε να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Για λεπτομέρειες σχετικά με τον οικονομικό διακανονισμό ανάμεσα στη BASF και τον Haber αναφορικά με το πρόβλημα της σύνθεσης της αμμωνίας (Travis 2015, σ. 51).

Ωστόσο, σε έρευνες που διεξήγαγε ο Scherer, χρησιμοποίησε ως δείκτη καινοτομίας τον αριθμό ευρεσιτεχνιών, κι έδειξε ότι ναι μεν οι μεγάλες επιχειρήσεις εξακολουθούν να είναι σημαντικές, αλλά όχι όπως στο παρελθόν, κι επιπλέον αναδείχθηκε η συνεισφορά των μικρών και μικρομεσαίων επιχειρήσεων η οποία είχε παραμεληθεί προηγουμένως. Παλιότερα δηλαδή, λαμβάνονταν περισσότερο υπόψη το ποσοστό των κερδών που δαπανούσαν οι επιχειρήσεις ως κριτήριο ερευνητικής δραστηριότητας κι όχι το αποτέλεσμα, γεγονός που ευνοούσε πάντα τις μεγάλες επιχειρήσεις. Επιπλέον, η έρευνα που διεξάγουν οι μικρές επιχειρήσεις εστιάζει κυρίως στη βελτίωση του προϊόντος κι όχι της διεργασίας, όπως και στη περίπτωση της BASF, η οποία διέθετε τις ανάλογες υποδομές και το κατάλληλα καταρτισμένο προσωπικό, σ' αντιδιαστολή με τις μικρότερες δυνατότητες που είχε ο Haber στο πανεπιστήμιο της Καρλσρούης (Βερναρδάκης 2006, σ. 133, σ. 200).

Ο Schumpeter, πάντως γενικά δεν εστιάζει ιδιαίτερα στις εσωτερικές διεργασίες, που συμβαίνουν στο εσωτερικό μιας επιχείρησης, η οποία κατά κάποιο τρόπο μοντελοποιείται ως ένα “μαύρο κουτί”. Αυτό το θεωρητικό κενό, καλύπτουν τα οικονομικά της εργασίας, κι είναι ένας απ' τους λόγους που έγινε αναφορά στον Coase, προκειμένου να αναλυθούν κάποιες εσωτερικές διαδικασίες στο εσωτερικό της BASF, χωρίς τον περιορισμό αποκλειστικά σε έννοιες όπως “καινοτόμος επιχειρηματίας” και “μεγάλη επιχείρηση”.

Ωστόσο, και ο Coase στην ανάλυση του, αναρωτιέται γιατί χρειάζεται ο συντονιστικός ρόλος του επιχειρηματία, αφού υπάρχει ο μηχανισμός των τιμών. Αυτό είναι ένα εύλογο ερώτημα,

ειδικά αν ερμηνεύει κανείς τη λειτουργία των επιχειρήσεων, απ' την πλευρά της έλκυσης, θεωρώντας ότι ανταποκρίνονται παθητικά στην μακροοικονομική ζήτηση. Η Σουμπετεριανή απάντηση θα μπορούσε να είναι ότι ο ρόλος του καινοτόμου επιχειρηματία είναι ακριβώς ν' αψηφήσει τον μηχανισμό των τιμών, δίνοντας ώθηση στην οικονομία η οποία εκκινεί απ' το μικροοικονομικό επίπεδο και καταλήγει να επηρεάσει την συνολική ισορροπία των τιμών (Cantwell 2000, σ. 8).

Έγινε αναφορά και προηγουμένως στα πειράματα που έγιναν προκειμένου ο Bosch και οι συνεργάτες του να φέρουν εις πέρας το εγχείρημα τους. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 1912 δημιουργήθηκε ειδικό τμήμα μέσα στην εταιρεία, το πρώτο στη χημική βιομηχανία, επιφορτισμένο με τον έλεγχο των υλικών από τα οποία φτιάχνονταν οι αντιδραστήρες, γιατί πολλές φορές αυτοί αστοχούσαν κι ο Carl Bosch ζήτησε να γίνει ειδική έρευνα. Όλα αυτά ήταν δύσκολο να γίνουν στα πλαίσια μιας μικρής επιχείρησης. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί ότι παρόλο που το τεχνικό-βιομηχανικό κομμάτι της παραγωγής της αμμωνίας ήταν απροσπέλαστο στις μικρές εταιρείες, (κι εξακολουθεί να είναι και σήμερα) η επιστημονική πλευρά του ζητήματος, την οποία την είχε αναλάβει ο Haber, είχε σαφώς μικρότερες απαιτήσεις σε πόρους και προσωπικό (όχι ασήμαντες ωστόσο αφού κι ο Haber διέθετε αξιόλογο ερευνητικό προσωπικό στην Καρλσρούη κι αργότερα).

Σήμερα, η BASF και πολλές άλλες εταιρείες που αναπτύχθηκαν εκείνη τη περίοδο διαθέτουν ένα εξαιρετικά διαφοροποιημένο χαρτοφυλάκιο παραγωγής χημικών προϊόντων, μερικά εκ των οποίων όπως τα φάρμακα απαιτούν πολύ μεγάλα ερευνητικά κεφάλαια (Murtmann 2002, σ. 12-13). Εκτός, από τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας και διάφορα σχετικά μονοπωλιακά δικαιώματα που απολαμβάνουν οι εταιρείες αυτές που διεξάγουν πρωτότυπη έρευνα, σίγουρα η ισχυρή θέση που διατηρούν στο χώρο των ανόργανων χημικών όπως η αμμωνία, τους επιτρέπει ν' αποδέχονται το οικονομικό ρίσκο που αναλαμβάνουν, διεξάγοντας πολυδάπανες έρευνες που δεν καρποφορούν πάντα. Ωστόσο, αυτό είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο θέμα και εδράζεται έξω από το πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με τον Schumpeter, δηλαδή ότι ο σχηματισμός των μεγάλων επιχειρήσεων, διαστρεβλώνει τη δομή της αγοράς προσδίδοντας της ολιγοπωλιακά χαρακτηριστικά, και μάλιστα αυτή η διαμόρφωση αναπαράγει τον εαυτό της, καθώς οι επιχειρήσεις αυτές κερδίζουν ολοένα και μεγαλύτερο συγκριτικό πλεονέκτημα στην καινοτομική διαδικασία (Μιχαηλίδης 2010, σ. 46 ).

Αναφορικά με την καινοτομία και τον ρόλο του επιχειρηματία έχουν εκφραστεί απόψεις και από άλλους σημαντικούς οικονομολόγους. Έγινε αναφορά στον Schumpeter, του οποίου οι απόψεις συγκλίνουν σημαντικά μ' αυτές ενός άλλου σημαντικού οικονομολόγου, συγκεκριμένα του Rudolf Hilferding (1877-1941). Στην βιβλιογραφία μάλιστα διεξάγεται έντονη συζήτηση σχετικά με το αν οι απόψεις του Schumpeter αποτελούν απλά ανακατασκευή των απόψεων του Hilferding, ή αν αντλούν και οι δυο στοιχεία απ' τον Karl Marx (Michaelidis, Milios 2004).

Σύμφωνα λοιπόν με τον Marx, η τεχνολογία δίνει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να χειριστεί τη φύση και τη διαδικασία της παραγωγής η οποία είναι απαραίτητη για την επιβίωση του. Σε αντίθεση με τον Schumpeter που μίλησε για τον ασυνεχή χαρακτήρα του φαινομένου της καινοτομίας, ο Marx έκανε λόγο για τη συνέχεια που χαρακτηρίζει την τεχνολογική ανάπτυξη κι έδωσε ιδιαίτερη έμφαση στο ρόλο των κοινωνικών δυνάμεων σ' αυτή τη διαδικασία. Δεν εστίασε όπως ο Schumpeter στο ρόλο του μεμονωμένου ατόμου. Γενικότερα, μπορούμε να πούμε ότι η προσέγγιση του Marx αναφορικά με την καινοτομία είναι μακροοικονομικής φύσεως, και δεν

εστιάζει τόσο στο άτομο ως αφετηρία και πηγή τεχνολογικών και οικονομικών εξελίξεων. Ωστόσο, ο Schumpeter και ο Hilferding, αντέστρεψαν τη συλλογιστική πορεία του Marx, βάζοντας στο επίκεντρο τον μικροοικονομικό κόσμο του καινοτόμου επιχειρηματία και της επιχείρησης, κάτι που βοηθά στην ανάλυση σχετικά με τον Haber (Βερναρδάκης 2006, σ. 49-50).

Ωστόσο, ορισμένες απόψεις του Marx, απεικονίζουν καλύτερα την πραγματικότητα. Συγκεκριμένα, θεωρώντας ότι μια καινοτομία αποτελείται από μια ακολουθία συνεχών προσθηκών και βελτιώσεων, συμπέρανε ότι καμία μεγάλη τεχνολογική τομή δε μπορεί να αποδοθεί σε ένα μόνο επιστήμονα/εφευρέτη. Η άποψη αυτή είναι ιδιαίτερα εύστοχη, στη περίπτωση της χημικής βιομηχανίας, όπως έγινε φανερό προηγουμένως που έγινε λόγος για τις υποστηρικτικές υποδομές και το πολυάριθμο ερευνητικό προσωπικό στη διάθεση των Haber και Bosch. Ίσως αυτός είναι και ο λόγος που ο Marx ακολουθεί την μακροοικονομική προσέγγιση, αφού θεωρεί ουσιαστικά ανώφελο να προσπαθεί κανείς να μετρήσει ακριβώς την συνεισφορά κάθε μεμονωμένου επιστήμονα, και συνεπώς προτιμά να επικεντρωθεί στο συλλογικό αποτέλεσμα, εστιάζοντας στους κοινωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν την επιστήμη. Αντίστοιχες απόψεις με τον Marx πάνω σ' αυτό το θέμα είχαν κι άλλοι οικονομολόγοι όπως οι Abbott Payson Usher (1883-1965) και Thorstein Verblen (1857-1929).

Συγκεκριμένα ο Usher, εστίασε κι αυτός στο συνεχή χαρακτήρα της καινοτομικής διαδικασίας. Κατά τη γνώμη του μάλιστα, ήταν σημαντικό να διερευνηθεί το αν οι συσσωρευμένες μικρές βελτιώσεις που έπονται μιας αρχικής καινοτομίας, αποδεικνύονται μακροπρόθεσμα πιο σημαντικές απ' αυτήν. Σχετικά με την διεργασία Haber-Bosch, είναι δύσκολο να επαληθευτεί η άποψη του Usher, γιατί αν και ο κορμός της διεργασίας έχει παραμείνει ανέπαφος μέχρι σήμερα, πράγματι γίνονται διάφορες βελτιώσεις στον εξοπλισμό και στην καταλυτική τεχνολογία (τα μέταλλα που θα χρησιμοποιηθούν δε πρέπει μόνο να είναι αποτελεσματικά αλλά και να μην είναι σπάνια), με σκοπό την μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων λόγω της αναγκασίας μέχρι τώρα εφαρμογής υψηλών πιέσεων και θερμοκρασιών.

Έγινε αναφορά προηγουμένως, στις διεργασίες των Claude και Casale που διεκδίκησαν μερίδιο αγοράς απ' την BASF. Οι διεργασίες αυτές, έχουν στον πυρήνα τους το ίδιο σχεδιάγραμμα με την διεργασία Haber-Bosch, ωστόσο χρησιμοποιούν διαφορετικούς καταλύτες κι έχουν διαφοροποιημένο μηχανολογικό εξοπλισμό λόγω των τροποποιημένων συνθηκών θερμοκρασίας και πίεσης (Sauchelli 1964, σ. 49-50, σ. 77). Στη βιβλιογραφία λοιπόν, πολλοί χαρακτηρίζουν αυτές τις διεργασίες απομιμήσεις ουσιαστικά της διεργασίας Haber-Bosch (Roosij 2006, σ. 11). Κι ο ίδιος ο Haber αναφέρθηκε στην διεργασία του Claude και στις διαφοροποιήσεις της, επισημαίνοντας ότι η χρήση υψηλότερης πίεσης όπως στη περίπτωση της, είναι κάτι το θετικό μόνο αν δε δημιουργεί πρόσθετα τεχνικά προβλήματα (Haber 1920, σ. 38-39).

Μετά το τέλος του πολέμου, οι πατέντες της BASF για τη διεργασία πέρασαν στα χέρια των Συμμάχων, ωστόσο οι πληροφορίες που αντλήθηκαν δεν ήταν αρκετές για ν' αναπαραχθεί πιστά η διαδικασία. Συνεπώς δεν είναι απόλυτα ξεκάθαρο το θέμα αναφορικά με το αν οι νέες διεργασίες ήταν απλά αντιγραφή της διεργασίας Haber-Bosch και το ζήτημα απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση (Roosij 2006, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 201-202). Πάντως οι καινούργιες διεργασίες που αναφέραμε, κέρδισαν σημαντικά μερίδια της αγοράς τη δεκαετία του 1920-1930. Αυτό οφείλεται και στην πολιτική προστατευτισμού που ακολούθησαν η Ιταλία και η Γαλλία, αποκλείοντας τις εισαγωγές λιπασμάτων (Roosij 2006, σ. 19, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 208).

Σήμερα, η έρευνα στο χώρο της σύνθεσης της αμμωνίας συνεχίζεται, και εταιρείες όπως η BASF, επιχειρούν να βελτιστοποιήσουν τη διεργασία με σύγχρονα μέσα. Ωστόσο, είναι δύσκολο να εκτιμηθεί χωρίς εξειδικευμένες τεχνικές γνώσεις, το αποτέλεσμα αυτών των συσσωρευμένων γνώσεων και να υπολογιστεί η αύξηση της παραγωγής και να συγκριθεί με την αρχική καινοτομία. Αυτό συμβαίνει, γιατί οι βελτιώσεις προέρχονται από πολλά επιστημονικά πεδία όπως καταλυτική χημεία (IEA, ICCA και DECHEMA 2013, σ. 5-7, σ. 15, σ. 19-20), επιχειρησιακή έρευνα, και θερμοδυναμική χημικών διεργασιών (Sauchelli 1964, σ. 74). Για λεπτομέρειες σχετικά με υπολογιστική έρευνα με σκοπό την βελτιστοποίηση της διεργασίας, (Bland 2015, σ. 32-39). Ωστόσο πρέπει να επισημάνουμε ότι ακόμα και σημαντικές βελτιώσεις στη διεργασία, ενδεχομένως να μην επηρεάζουν άμεσα τις υπάρχουσες βιομηχανικές μονάδες, που όπως ειπώθηκε, λειτουργούν συνεχώς προκειμένου ν' αποσβέσουν τα τεράστια πάγια κόστη.

Εμφανίζεται δηλαδή, ένα είδος τεχνολογικής αδράνειας, ειδικά όταν συνεπάγεται σημαντική τροποποίηση/αντικατάσταση του πανάκριβου εξοπλισμού, ωστόσο αποδειχθεί συμφέρουσα η υιοθέτηση της νέας τεχνολογίας (Mokyr 1996, IEA, ICCA και DECHEMA 2013, σ. 11, σ. 19-20, σ. 40, σ. 46). Στην περίπτωση των εργοστασίων που παράγουν αμμωνία με τη μέθοδο Haber-Bosch, θα λέγαμε ότι πρόκειται για μια ώριμη χημική τεχνολογία όσον αφορά την επιλογή καταλυτών και τον μηχανολογικό εξοπλισμό. Ωστόσο, εκεί που υπάρχει περιθώριο για μεγάλη διαφοροποίηση είναι στην επιλογή των πρώτων υλών (IEA, ICCA και DECHEMA 2013, σ. 17). Το υδρογόνο που τροφοδοτεί τη διεργασία μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας συνηθώς ως πρώτη ύλη κάρβουνο, νάφθα ή φυσικό αέριο (Sauchelli 1964, σ. 52, σ. 86, σ. 88, IEA, ICCA και DECHEMA 2013, σ. 22-24, Rooij 2006, σ. 17, Τσοτσορός και Λιδωρίκης 2014, σ. 296).

Σήμερα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο το τελευταίο. Συνεπώς εξελίξεις στην επεξεργασία του φυσικού αερίου επηρεάζουν άμεσα και τις οικονομικές και τεχνολογικές παραμέτρους της διεργασίας Haber-Bosch, σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό απ' τις οριακές βελτιώσεις της ίδιας της διεργασίας Haber-Bosch. Ακόμα, η χρήση ορυκτών καυσίμων όπως αυτών που αναφέρθηκαν για την παραγωγή του υδρογόνου, συνδέεται επίσης και με περιβαλλοντικά προβλήματα κάτι που δεν απασχολούσε τον Haber και τη BASF, αφού τότε το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν ήταν τόσο έντονο. Συνεπώς, το πρόβλημα αποκτά νέες διαστάσεις. Επιπλέον γίνεται αρκετή έρευνα αναφορικά με τη χρήση της αμμωνίας ως καυσίμου καθώς διαθέτει τα ανάλογα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, είναι 1.7 φορές ενεργειακά πυκνότερη απ' το υγρό υδρογόνο, ενώ όπως και το υδρογόνο, όταν καίγεται δεν παράγονται αέρια του θερμοκηπίου. Επιπλέον, όπως έχει αναφερθεί, υπάρχουν ήδη σημαντικές υποδομές για την αμμωνία καθώς και συναφή τεχνογνωσία, συνεπώς υπάρχουν σημαντικές προοπτικές προς αυτή τη κατεύθυνση. Για περισσότερες τεχνικές λεπτομέρειες σχετικά με αυτό το θέμα (Bartels 2008).

Ανακεφαλαιώνοντας, είναι γενικά αποδεκτό ότι η τεχνολογική επανάσταση του 18-19ου αιώνα χαρακτηρίζεται από τη σταδιακή διείσδυση της επιστήμης στην τεχνολογία και στην οικονομία. Είναι εμφανές ότι αυτοί οι τομείς αποτελούν ένα κλειστό κύκλωμα. Έγινε προσπάθεια να αναδειχθεί αυτή η δυναμική σχέση, μέσα από την ιστορική ανάλυση των οικονομικών (κι όχι μόνο) επιπτώσεων της διεργασίας Haber-Bosch.

Στο επίκεντρο της ανάλυσης της παρούσας εργασίας, ήταν ο Haber και η εταιρεία BASF που ενσαρκώνουν τις αφηρημένες έννοιες του καινοτόμου επιχειρηματία και της μεγάλης επιχείρησης. Τέλος, διαπιστώνεται, ότι τα υποδείγματα των οικονομολόγων που παρατέθηκαν

σχετικά με το ρόλο των καπιταλιστικών μηχανισμών στην καινοτομία έχουν επηρεαστεί αρκετά απ' τις εξελίξεις της χημικής βιομηχανίας του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα, ωστόσο έγινε προσπάθεια να αποφευχθούν οι ταξικές και πολιτικές επεκτάσεις των θεωριών των Marx, Schumpeter και των υπολοίπων, εστιάζοντας αποκλειστικά στην τεχνολογική πρόοδο και στο πως σχετίζεται με τον Haber.

## Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια αυτής της εργασίας, έγινε η σύνδεση ανάμεσα στην επιστημονική πορεία του Haber και στις ευρύτερες τεχνολογικές κι οικονομικές μεταβολές που συντελέστηκαν κατά τον 19ο αιώνα μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα, δίνοντας έμφαση στις οικονομικές και γεωπολιτικές συνέπειες της διεργασίας Haber-Bosch. Παρατέθηκαν ιστορικά γεγονότα και οικονομικά στοιχεία, με σκοπό να δημιουργηθεί μια εικόνα για το μέγεθος της συνεισφοράς του Haber, και το ρόλο του ως κοινό παρανομαστή πολλών σημαντικών ιστορικών γεγονότων των αρχών του 20ου αιώνα.

Εξηγήθηκε ο ρόλος της έντονης διάχυσης που συντελείται στον κλάδο της χημικής βιομηχανίας, και γι' αυτό κρίθηκε σκόπιμο να δοθούν πληροφορίες και για άλλες πτυχές της χημικής τεχνολογίας, συγκεκριμένα για τον τομέα των χρωστικών και των ανόργανων χημικών που επηρέασαν κι επηρεάστηκαν απ' το έργο του Haber και των συναδέλφων του, και οι οποίες διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο στον γεωπολιτικό χάρτη εκείνης της περιόδου.

Η συνεισφορά αυτής της εργασίας λοιπόν ήταν ότι διάφορα φαινομενικά ασύνδετα γεγονότα κι οικονομικές θεωρήσεις σχετικές με την βιομηχανική επανάσταση και την επικράτηση του καπιταλισμού, συνενώνονται σ' ένα ενιαίο αφήγημα. Η διαδικασία Haber-Bosch η οποία αποτελεί τον πυρήνα της παρακαταθήκης του Haber, είναι ένας κρίκος σε μια μακριά αλυσίδα τεχνολογικών εξελίξεων, απ' τις απαρχές της βιομηχανικής επανάστασης μέχρι σήμερα.

Έγινε επίσης προσπάθεια ν' αναδειχθούν οι θεσμοί που έκαναν δυνατή την ανάπτυξη της χημικής βιομηχανίας στην Γερμανία, και να εξηγηθεί με τους όρους της έλκυσης και ώθησης που πηγάζουν απ' τα οικονομικά της τεχνολογίας. Παρατηρήθηκε λοιπόν, ότι πολλές εκφάνσεις των θεωριών του Schumpeter, Marx και άλλων σημαντικών οικονομολόγων, βρίσκουν γόνιμο πεδίο συζήτησης στην περίπτωση του κλάδου των βασικών χημικών προϊόντων, γεγονός που επέτρεψε να γίνει μια άλλη προσέγγιση στην ιστορία του Haber, εστιάζοντας στο οικονομικό και τεχνολογικό αποτύπωμα των συνεισφορών του. Συγκεκριμένα, συζητήθηκαν οι αλλαγές στη δομή του επιχειρηματικού κόσμου εκείνης της εποχής, σε συνδυασμό με την αλληλενέργεια βασικής και εφαρμοσμένης επιστήμης. Παρατέθηκαν ιστορικά στοιχεία για τον Haber και την εταιρεία BASF, έτσι ώστε να ελεγχθεί η εγκυρότητα των υποδειγμάτων του Schumpeter και των υπόλοιπων οικονομολόγων της τεχνολογίας που αναφέρθηκαν.

Διαπιστώθηκε λοιπόν, ότι όσον αφορά το θεωρητικό σκέλος της διεργασίας Haber-Bosch, υπήρξαν αρκετοί ερευνητές που ασχολήθηκαν με τη σύνθεση της αμμωνίας απ' τα στοιχεία της, κάτι που συχνά παραλείπεται στις περισσότερες βιβλιογραφικές πηγές όπου δεν αναφέρεται η συνεισφορά τους. Η συμβολή του Haber ωστόσο, έγκειται κυρίως στο ότι αξιοποίησε τα θεωρητικά αποτελέσματα τους και τα συνδύασε με την επιστήμη του μηχανικού, στηριζόμενος στην τεχνολογία υψηλών πιέσεων που είχε εγκαινιάσει ο Ρώσος χημικός Ipatieff, ένα ακόμα τεχνολογικό επίτευγμα που πιστώνεται συνήθως αποκλειστικά στον Haber. Ωστόσο ήταν ο Haber, ο οποίος λόγω της ευρύτητας της εκπαίδευσης και των ενδιαφερόντων του, προσέγγισε διεπιστημονικά το θέμα σε συνεργασία με τους συνεργάτες του, σ' αντίθεση με τους Nerst, Le Chatelier, Ostwald και Ramsey, οι οποίοι στηρίχτηκαν κυρίως στη φυσικοχημεία, κι όχι στη μηχανολογία. Διαπιστώθηκε λοιπόν, η σταδιακή ανάπτυξη της χημικής μηχανικής στις αρχές του εικοστού αιώνα, με την ανάδυση συνεχών χημικών διεργασιών, όπως στη περίπτωση της παραγωγής της αμμωνίας, και εξηγήθηκε ότι αυτά τα νέα τεχνολογικά δεδομένα έπαιξαν



σημαντικό ρόλο στην ολιγοπωλιακή δομή της χημικής βιομηχανίας εξαιτίας των εμποδίων εισόδου στην αγορά.

Επιπλέον, αναφορικά με την εμπλοκή του Haber στο χημικό πόλεμο, αναφέρθηκε εξαρχής ότι είναι λάθος να προσπαθεί κανείς να κρίνει έναν άνθρωπο με τις αξίες της σύγχρονης εποχής. Γι' αυτό συλλέχθηκαν στοιχεία αναφορικά με το ρόλο που διαδραμάτισαν εκτός απ' τον Haber και άλλοι επιφανείς χημικοί είτε βοηθώντας το γερμανικό είτε τα αντίπαλα στρατόπεδα, ώστε να σχηματιστεί μια εικόνα για την τοποθέτηση των επιστημόνων εκείνης της περιόδου, απέναντι στο συγκεκριμένο ζήτημα. Η γενική εικόνα είναι ότι σημαντικοί χημικοί όπως ο Nerst, ο Ipatieff, ο Grignard, ο Duisberg και ο Fischer, συνέβαλαν καθοριστικά στη διοργάνωση του χημικού πολέμου για λογαριασμό των χωρών τους. Απ' τα στοιχεία που παρατέθηκαν, είναι έκδηλο το συλλογικό στοιχείο αυτών των προετοιμασιών, χωρίς αυτό ν' απαλλάσει βέβαια απ' τις ευθύνες του τον Haber, ο οποίος πράγματι ήταν πρόθυμος ν' αναλάβει ηγετικό ρόλο στο κίνημα συνεργασίας της επιστημονικής κοινότητας με το στρατό. Η παρούσα εργασία ασχολήθηκε και με το ρόλο που διαδραμάτισαν επιχειρηματικά συμφέροντα στο πρώτο παγκόσμιο πόλεμο. Σχετικά μ' αυτό, δόθηκαν αρκετά στοιχεία για τη χημική βιομηχανία της Γερμανίας και για το πως επηρεάστηκε από τις υλικές ανάγκες που αναδύθηκαν εκείνη τη περίοδο.

Γενικότερα λοιπόν, μπορεί να ειπωθεί, ότι παρόλο που το έργο του Haber αναφορικά με τα χημικά όπλα όπως και οι απόψεις του έχουν καταγραφεί, ωστόσο δεν ξεφεύγουν κατά πολύ από αντίστοιχες ενέργειες σημαντικών συναδέλφων του, των οποίων όμως οι δραστηριότητες αυτές δεν έχουν γίνει τόσο ευρέως γνωστές στη κοινή γνώμη. Ο λόγος ίσως είναι η αντίθεση ανάμεσα στο ρόλο του ως μεγάλου ευεργέτη της ανθρωπότητας, και στην αυστηρή του προσήλωση στο πατριωτικό καθήκον ακόμα κι όταν αυτό σήμαινε την απώλεια ανθρώπινων ζωών. Η συνεισφορά αυτής της εργασίας σ' αυτό το θέμα έγκειται στο ότι μέσω των πληροφοριών που συγκεντρώθηκαν αναφορικά με τη συμμετοχή κι άλλων επιστημόνων στη διεξαγωγή του πολέμου εκείνη τη περίοδο, διαπιστώθηκε ότι έχει δοθεί υπέρμετρη έμφαση στις πράξεις του Haber, εξατομικεύοντας έτσι το πρόβλημα, ενώ θα έπρεπε να εξεταστεί πιο προσεκτικά η συλλογική στάση των επιστημόνων σε περιόδους πολέμου.

Καταλήγωντας, η ιστορία του Haber δίνει την ευκαιρία για την τεχνολογική κι οικονομική ανάγνωση σημαντικών γεγονότων του 20ου αιώνα, δίνοντας έμφαση σε πτυχές που δεν αναδεικνύονται από μια πιο συμβατική ιστορική προσέγγιση, όπου η επιστήμη και η τεχνολογία δε φαίνονται να παίζουν σημαντικό ρόλο.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

- 1) Jeffrey Allan Johnson (1990) The Kaiser's Chemists: Science and Modernization in Imperial Germany, The University of North Carolina Press
- 2) David Knight, Helge Kragh (1998), The Making of the chemist: The social history of chemistry in Europe 1789-1914, Cambridge University Press
- 3) Edward M.Spiers (2010), A history of Chemical and Biological weapons, Reaction Books Ltd
- 4) Margaret A.White, Garry D.Bruton (2010), Η Στρατηγική διαχείριση της τεχνολογίας και της καινοτομίας, Εκδόσεις Κριτική
- 5) Henry M.Leicester(1993), Ιστορία της Χημείας, Εκδόσεις Τροχαλία
- 6) Isabelle Stengers, B.Bensande Vincent (1999), Ιστορία της Χημείας, Isabelle, Εκδοτικός Οίκος Π.Τραυλός
- 7) Arjan von Rooij (2006), Engineering Contractors in the chemical industry. The development of ammonia processes, 1910-1940
- 8) Jeffrey Ralph Bartels, (2008), A feasibility study of implementing an ammonia economy, Iowa State University
- 9) Martin Jonathan Bland, (2015), Optimisation of an Ammonia synthesis Loop, Norwegian University of science and technology
- 10) Elizabeth L.Ray, Kristin E.Renault, Meghan A. Roache, (2009), Fritz Haber: The Protean man, Worcester Polytechnic Institute
- 11) IEA, DECHEMA, ICCA, (2013), Technology Roadmap: Energy and GHG Reductions in the chemical industry via catalytic processes
- 12) Richard Sicotte, Catalina Vizcarra, Kirsten Wandschneider, (2009), The chilean Nitrate Industry: External shocks and Policy Responses 1880-1935
- 13) Melissa Goodwin, (1998), Firm size and R&D: Testing the schumpeterian Hypothesis, Washington University
- 14) Fritz Haber, (1920), The synthesis of ammonia from its elements
- 15) Joel Mokyr, (1996), Innovation and its Enemies: The economic and Political Roots of Technological Inertia, Northwestern University
- 16) Daniel Charles (2005), Mastermind: The rise and fall of Fritz Haber, the Nobel laureate who launched the age of chemical warfare, New York, Horper Collins
- 17) Hanspeter Witschi (1999), Some notes on the History of Haber's Law, University of California
- 18) Jaime Wisniak (2001), Fritz Haber: A conflicting chemist, Indian Journal of History of science
- 19) Johann Peter Murmann (2002), Chemical Industries after 1850, Northwestern University
- 20) Anthony S. Travis (2015), The synthetic Nitrogen Industry in Worl War I
- 21) John Cantwell (2000/2001), Innovation, profits and groth: Schumpeter and Penrose, Henley Business School
- 22) Merritt Roe Smith, Leo Marx (1996), Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism, The MIT Press
- 23) George Charles Lowrison (1989), Fertilizer Technology, John Willey & Sons

- 24) Vincent Sauchelli (1964), Fertilizer Nitrogen: Its Chemistry and Technology
- 25) Gorran M. (1947), The present day significance of Fritz Haber, Roosevelt college , Chicago
- 26) Brock W. H (2011), The case of the Poisonous Socks: Tales from Chemistry
- 27) James J., Steinhäuser T., Hoffmann D., Friedrich B. (2011), One hundred years at the intersection of chemistry and physics: The Fritz Haber Institute of the Max Planck Society 1911-2011
- 28) Michaelidis P., Milios J. (2004), Hilferding's influence on Schumpeter, National Technical University of Athens
- 29) Myers Richard (2003), The basics of chemistry, Greenwood Press
- 30) Nachmansohn D. (1979), German-Jewish pioneers in science 1900-1933, Columbia University, New York

## **Ελληνική**

- 1) Νίκος Βερναρδάκης, Γεώργιος Δάρδανος (2006) Οικονομική της Τεχνολογίας Τόμος Α, Εκδόσεις Τυπωθείτω
- 2) Αναστάσιος Βάρβογλης (1997), Μεγάλοι Χημικοί: Η Χρυσή Εποχή, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ
- 3) Στάθης Ν.Τσοτσόρος, Στάθης Ε.Λιδωρίκης(2014) Τεχνολογική αλλαγή και οικονομική ανάπτυξη, Τόμος Γ', Εκδόσεις Παπαζήση
- 4) Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης (2010) Οικονομική της τεχνολογίας: Joseph Schumpeter και Ελληνική Οικονομία, University Studio Press