

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ
ΕΙΣ ΤΗΝ ΛΥΣΙΝ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΩΣ
ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

*Λόγος εναρκτήριος
ως τακτικού καθηγητού του μαθήματος
της Φυσικής Χημείας εν τω Εθνικώ Πανεπιστημίω (*).*

Ευχάριστον υποχρέωσιν και καθήκον επιτελώ την στιγμὴν ταύτην, κατά την οποίαν αναλαμβάνω την διδασκαλίαν του μαθήματος της Φυσικής Χημείας, εκφράζων βαθυτάτην ευγνωμοσύνην προς την Α. Μ. τον βασιλέα, προς την Α. Ε. τον υπουργόν της Παιδείας και προς Υμάς, Κύριοι συνάδελφοι, διά την μεγίστην τιμὴν διά της οποίας περιεβλήθην να συγκαταλεγώ, ως τακτικόν μέλος της Σχολῆς των Φυσικῶν και Μαθηματικῶν επιστημῶν του Εθνικοῦ Πανεπιστημίου.

Με ιδιαιτέραν δε συγκίνησιν αρχίζω τας παραδόσεις μου εις το ανώτατον τούτο εκπαιδευτικόν ίδρυμα της πατρίδος μας, εις το οποίον ως σπουδαστής εδιδάχθην το πρώτον την αληθινὴν αγάπην και αφοσίωσιν προς την Επιστήμην, ως το ὑψιστον καθήκον παντός επιστήμονος.

Κατ' ευτυχὴ συνδυασμόν, η ίδρυσις ἐδρας διδασκαλίας του σπουδαιοτάτου τούτου κλάδου της χημικῆς Επιστήμης, της Φυσικῆς Χημείας, ἐγένετο συγχρόνως με την ίδρυσιν ὑπὸ του σ. Υπουργείου, κατ' εισηγήσιν της σχολῆς των Φυσικῶν και Μαθηματικῶν Επιστημῶν, ειδικού χημικοῦ τμήματος ἀπαραιτήτου διά τον καταρτισμόν χημικῶν επιστημόνων, ἀξίων πράγματι του ονόματος τούτου και δυναμένων προσέτι να δώσουν την ορθὴν επιστημονικὴν συμβολὴν εις την ἐξέλιξιν της χημικῆς βιομηχανίας της χώρας μας.

Υπὸ του μεγάλου ἰδίου πολέμου κατεδείχθη η ἐξαιρετικὴ σημασία της βιομηχανικῆς ἐπιδόσεως ἐκάστου ἔθνους. Η βιομηχανικὴ δι' αὐτὴν ἐπίδοσις δεν δύναται να βασισθῆ σήμερον παρά μόνον εις τελείως κατηρτισμένους επιστήμονας, δυναμένους να καθοδηγήσουν αὐτήν και να την ρυθμίσουν σύμφωνον προς την προοστικὴν του μέλλοντος προόδου. Μόνον τα ἔθνη εις τα οποία η επιστημονικὴ παραγωγή και ἰδίως η χημικὴ θα εἴνε η περισσότερον ἔντονος και η καλλίτερα χρησιμοποιουμένη, θα ἀποκτήσουν εις το μέλλον την βιομηχανικὴν ὑπεροχὴν.

Κατὰ το εναρκτήριο τούτο μάθημά μου, καθήκον ἔχω να τονίσω την συμβολὴν Ἑλλήνων επιστημόνων εις την επιστημονικὴν ἔρευναν εν τη φυσικῇ Χημείᾳ.

Ο πρώτος Ἕλληνας ἀσχοληθείς με φυσικοχημικὰ προβλήματα εἴνε ο Λέανδρος Δόσιος. Εἰς ηλικίαν μόλις εἴκοσι ἐτῶν ο Δόσιος ἐδημοσίευσε κατὰ το ἔτος 1867 θεωρίαν των διαλυμάτων, η οποία θεωρεῖται ως πρόδρομος της θεωρίας του van't Hoff, του μεγάλου θεμελιωτοῦ της φυσικῆς Χημείας.

«Η θεωρία του van't Hoff, γράφει ο Hrtowski, εις το γερμανικόν περιοδικόν της ανοργάνου Χημείας, δύναται να θεωρηθῆ εις τας γενικὰς γραμμάς της, ως η επέκτασις της θεωρίας του Δοσίου, ἀπὸ της οποίας ὁμως διακρίνεται καθ' ὅσον μόνον η θεωρία του van't Hoff βασίζεται ἐπὶ πειραματικῶν δεδομένων και καταλήγει εις συμπεράσματα δυνάμενα να ἐξελεχθούν διά του πειράματος».

Τιμητικωτέρα κρίσις διά το ἔργον του Ἑλληνος επιστήμονος δεν ἦτο δυνατόν να γίνῃ.

* Εκφωνηθεὶς την 12^{ην} Φεβρουαρίου 1919.

Αλλά και εις άλλην επιστημονικήν διατριβήν, σχεδόν κατά τον αυτόν χρόνον δημοσιευθείσα και πραγματευομένη θεωρητικώς και πειραματικώς συμβολάς εις την σύστασιν των γλυκολών, διαφαίνεται η επιστημονική βαθύτης του νεαρού επιστήμονος. Εις την μελέτην ταύτην, πλην των πειραματικών ερευνών, καταλήγει και εις σπουδαία θεωρητικά συμπεράσματα διά την τόσον σημαντικήν θεωρίαν της υπάρξεως διπλού δεσμού μεταξύ δύο ατόμων άνθρακος.

Βραδύτερον ο Δόσιος λαμβάνει μέρος εις το εν Αμβούργω συγκροτηθέν συνέδριον των φυσιοδιφών ένθα ομιλεί περί της ηλεκτροχημικής θεωρίας και αποδεικνύει αυτήν, ως πιστήν έκφρασιν μεγάλου αριθμού πειραματικών δεδομένων.

Επιστρέψας ακολούθως εις Αθήνας ο Δόσιος εγένετο υφηγητής του Εθνικού Πανεπιστημίου. Εδημοσίευσεν τότε σειράν μελετών περί χημικής τεχνολογίας, περί της ελληνικής βιομηχανίας, περί μεταλλείων και άλλας, αι οποίαι καταδεικνύουν το γενικώτερον επιστημονικόν πνεύμα του και τον ζήλον του, όπως συμβάλη εις την αναγέννησιν της ημετέρας πατρίδος.

Δυστυχώς ο θάνατος διέκοψε το έργον του ευρυτάτου μέλλοντος επιστήμονος εις ηλικίαν μόνο 36 ετών και στέρησε την πατρίδα μας αληθώς υπερόχου επιστημονικής διανοίας.

Ο Σπήλιος Οικονομίδης, κυρίως ασχοληθείς εις την οργανικήν Χημείαν και ιδρύσας εις την χώραν μας την βιομηχανίαν των χρωστικών ουσιών, είνε ο πρώτος όστις εν συνεργασία μετά του Krüss εξήτησε και ανεύρε κατά το 1883 φυσικοχημικά σχέσεις μεταξύ της συστάσεως των οργανικών ενώσεων και της θέσεως των γραμμών ή ταινιών του φάσματος απορροφήσεως.

Ο συνάδελφος κ. Π. Ζαχαρίας ειργάσθη ιδίως εις δύο σημαντικά φυσικοχημικά θέματα συγγενή προς άλλα. Εις την θεωρίαν της βαφικής και εις την έρευναν των κολλοειδών σωμάτων. Αι συμβολαί αύται του κ. Ζαχαρία ανεγνωρίσθησαν υπό της διεθνούς επιστήμης, ούτως ώστε συγκατελέγη ως τακτικός συνεργάτης εις το γερμανικόν περιοδικόν της Χημείας των κολλοειδών και εργασία αυτού υπό τον τίτλον «Χρωστικάί ουσίαι και χημεία των κολλοειδών» περιελήφθη εις το πανηγυρικόν τεύχος το εκδοθέν επί τη εκατονταετηρίδι του van Bemmelen.

Τέλος ιδιαιτέρως οφείλω να εξάρω την ευρυτάτην δράσιν του πρώτου εισηγητού της διδασκαλίας της Φυσικής Χημείας εις την χώραν μας, του πολυτίμου συναδέλφου κ. Κωνσταντίνου Ζέγγελη.

Ο Ζέγγελης μαθητής του διασήμου Ostwald, επανελθών εις Αθήνας αμέσως προσεπάθησε να εισαγάγη τας τότε εξελισσομένας έτι φυσικοχημικάς θεωρίας και μεθόδους εις την χώραν μας, ως υφηγητής κατ' αρχάς και ως καθηγητής της Φυσικής Χημείας επί βραχύ χρονικόν διάστημα και ακολούθως ως καθηγητής της Ανοργάνου Χημείας. Συγχρόνως δε μετά μεγίστης αφοσιώσεως επεδόθη εις την επιστημονικήν έρευναν δημοσιεύσας σημαντικοτάτας μελέτας εκ των οποίων αι πλείσται ανάγονται εις την φυσικήν Χημείαν. Ησχολήθη κατ' αρχάς εις την μελέτην ηλεκτροχημικών φαινομένων και ιδίως της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως διαλυμάτων, ως και εις την μελέτην των καταλυτικών φαινομένων. Ακολούθως υπέδειξε νέαν όλως μέθοδον παραγωγής υψηλοτάτων θερμοκρασιών διά καύσεως αργιλίου εντός οξυγόνου υπό πίεσιν, αναφερομένην εις πολλά ξένα επιστημονικά συγγράμματα και τυχούσα της τιμής να αναδημοσιευθή εις το επί τη εικοσιπενταετηρίδι του Όστβαλδ δημοσιευθέν πανηγυρικόν τεύχος. Προσέτι εμελέτησε διά σειράς όλης πειραματικών ερευνών την διά πρώτην φοράν υπ' αυτού παρατηρηθείσαν εξάτμισιν των στερεών μετάλλων εις αυτήν την συνήθη θερμοκρασίαν.

Προς τον καθηγητήν Ζέγγελην, οφείλω να εκφράσω και κατά την στιγμήν ταύτην, την αληθινήν ευγνωμονσύνην, διά την πραγματικήν υποστήριξιν και

ενθάρρυνσιν την οποίαν μού επέδειξε πάντοτε κατά την δεκαετή συνεργασίαν μου εις το εργαστήριόν του.

Διά του θέματος το οποίον πρόκειται σήμερον να πραγματευθώ θέλω να δείξω την εφαρμογήν των μεγάλων θεωρητικών ανακαλύψεων της φυσικής Χημείας, εις το σπουδαιότατον βιομηχανικόν πρόβλημα της σημερινής εποχής, εις πρόβλημα αφορόν αυτήν έτι την εξέλιξιν και την ύπαρξιν της ανθρωπότητας. Θα ίδωμεν εις αυτό πώς μεγαλοφυείς θεωρητικά ανακαλύψεις οδηγούν εις πρακτικοτάτας εφαρμογάς.

Όλως εσφαλμένως εγένετο άλλοτε διαχωρισμός μεταξύ θεωριών και εφαρμογής. Ο Disraeli σοφώτατα έλεγε: «Οι εις την εφαρμογήν μόνον άνευ της θεωρίας ασχολούμενοι δεν κάμνουν τίποτε άλλο παρά να εφαρμόζουν τα σφάλματα των προγόνων των».

Διά κάθε νέον επιστημονικόν δημιούργημα δεν δυνάμεθα να έχωμεν άλλον οδηγόν παρά μόνον την θεωρίαν, δηλαδή αυτήν την φαντασίαν.

Πολλάκις η θεωρία την οποίαν εσηματίσαμεν είνε εσφαλμένη, αλλ' εν τούτοις και αυτή η εσφαλμένη θεωρία είνε απαραίτητος προς εκτέλεσιν της επιστημονικής ερεύνης. Βαθμηδόν αι εφαρμογαί θα αλλοιώσουν τας αρχικάς υποθέσεις μας και νέαι συνθήκαι τας οποίας κατ' αρχάς δεν είχομεν υπ' όψιν θα δώσουν νέαν ορθωτέραν εξέλιξιν εις την διέπυσαν την πειραματικήν έρευναν θεωρίαν.

Ο επιστήμων, κατά τας ερεύνας του, αναζητεί πάντοτε την αλήθειαν. Αλλά το αληθές διά τον επιστήμονα συνδυάζεται ασυνειδήτως με το ωφέλιμον. Διά τούτο και όλαι αι μεγαλοφυείς ανακαλύψεις έδωσαν βαθμηδόν τα ωφελιμώτερα αποτελέσματα.

Αυτή η φυσική Χημεία, η οποία κατ' αρχάς ήτο μόνον θεωρητική επιστήμη, εύρε πρακτικήν εφαρμογήν και δυνάμεθα να είπομεν, ότι διέπει σήμερον την νεωτέραν εξέλιξιν της χημικής βιομηχανίας.

Το βιομηχανικόν πρόβλημα, το οποίον παρουσιάζει σήμερον την μεγαλητέραν σπουδαιότητα διά την ανθρωπότητα, είνε το πρόβλημα της δεσμεύσεως του αφθονώτατα κυκλοφορούντος γύρω μας στοιχείου του αζώτου.

Η φυσική Χημεία πρέπει να υπερηφανεύεται διότι καθοδήγησε εις την λύσιν και πρακτικήν εφαρμογήν του προβλήματος τούτου.

Ουδέν ατυχέστερον είνε του δοθέντος ονόματος εις το στοιχείον *άζωτον* αφού δυνάμεθα να είπωμεν σήμερον, ότι άνευ αζώτου ουδεμία ζωή είνε δυνατή.

Το *άζωτον* απαντά αφθονώτατον ιδίως εις την ατμόσφαιραν, αφού τα 4/5 αυτής συνίστανται αποκλειστικώς εξ αυτού. Όλα τα ενόργανα όντα περιέχουν επίσης *άζωτον*. Αι τροφαί, αι οποίαι δεν περιέχουν και *άζωτον* δεν δύνανται να συντηρήσουν τους οργανισμούς μας. Το *άζωτον* είνε το απαραίτητον συστατικόν παντός ζώου και παντός φυτού.

Και τα μεν ζώα δύνανται να προσλάβουν το απαιτούμενον δι' αυτά *άζωτον* από τα φυτά, τα φυτά όμως δεν δύνανται να προσλάβουν το *άζωτον* παρά σχεδόν αποκλειστικώς διά του εδάφους. Δεν δύνανται, όπως κάμνουν διά τον ανθρακικόν οξύ, να απορροφήσουν αυτό από τον αέρα.

Θα ηδυνάμεθα επομένως να θεωρήσωμεν ότι το *άζωτον* υπάρχει εις την φύσιν υπό δύο μορφάς. Η μία μορφή, η του αζώτου του μη ηνωμένου με άλλα στοιχεία, η οποία υπάρχει εις τον ατμοσφαιρικόν αέρα εθεωρείτο σχεδόν άχρηστος διά την ζωήν και η άλλη μορφή, η των ενώσεων αυτού, ως ο κυριώτερος παράγων όλων των ζωικών μεταβολών.

Ας παρακολουθήσωμεν την δευτέραν αυτήν μορφήν του αζώτου εις τας πολυπλόκους μεταναστεύσεις της, αι οποίαι αποτελούν τον καλούμενον «κύκλον του αζώτου».

Το φυτόν περιέχει πάντοτε άζωτον, έστω και εις μικρά σχετικώς ποσά. Χρησιμεύον ως τροφή εις τα ζώα παρέχει εις αυτά το άζωτον του γάλατός των και της σαρκός αυτών. Αι ούτω εισαχθείσαι εις τους ζωικούς οργανισμούς αζωτούχοι ενώσεις εξάγονται πάλιν κατά μέγα μέρος εκ των οργανισμών υπό διαφόρους μορφάς και κυρίως διά των εκκρίσεων υπό μορφήν ουρίας και μεταφέρονται εις το έδαφος, προς το οποίον ομοίως φέρονται τα υπολείμματα όλων των ζωικών οργανισμών. Τότε επεμβαίνουν τα μικροσκοπικά όντα, τα βακτήρια, τα οποία υπάρχουν πάντοτε εις το έδαφος, αποσυνθέτουν τας αζωτούχους ενώσεις και μετατρέπουν ούτω το άζωτον αυτών εις αμμωνίαν. Η αμμωνία όμως εις το έδαφος εντός πέντε έως έξ ημερών υφίσταται άλλην μεταβολήν· διά της ενεργείας άλλων βακτηρίων μετατρέπεται εις νιτρώδεις ενώσεις, και άλλα πάλιν βακτήρια οξειδούν τας παραχθείσας νιτρώδεις ενώσεις εις νιτρικάς. Αι νιτρικαί ενώσεις του εδάφους απορροφώνται τέλος από το φυτόν διά των ριζών και μεταμορφούνται εις τας εις τα φυτά ενυπαρχούσας ποικίλας αζωτούχους ενώσεις. Έχομεν ούτω μίαν συνεχή μετάβασιν αζώτου από του φυτού εις το ζώον και εκ τούτου πάλιν διά του εδάφους εις το φυτόν· έχομεν επομένως μίαν συνεχή κυκλοφορίαν.

Η κυκλοφορία όμως αυτή του αζώτου δεν δύναται να είνε πλήρης. Πολλά ζωικά αζωτούχα εκκρίματα και υπολείμματα δεν δύναται να χρησιμοποιηθούν από τα φυτά, διότι δεν ευρίσκονται εις άμεσον επαφήν με αυτά, άλλα δε πάλι λαμβάνοντα την μορφήν αερώδους αμμωνίας χάνονται εις τον αέρα. Διά τούτο εξητήθη πάντοτε η παροχή αζωτούχων ενώσεων εις τα φυτά. Το έργον τούτο κάμνουν κατά μεν μικρόν μέρος τα βακτήρια και κυρίως δ' η χημεία.

Ειδικώς μόνον τα φυτά, τα οποία παρέχουν μίαν πολύτιμον τροφήν, τα όσπρια, κατέχουν την ιδιότητα ν' απορροφούν το άζωτον αυτών και από την ατμόσφαιραν, φέρουν εξογκώσεις επί των ριζών, αι οποίαι εξεταζόμεναι υπό το μικροσκόπιον φαίνονται ως αποικίαι απειρίας βακτηρίων. Τα βακτήρια ταύτα έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν το ατμοσφ. άζωτον εις αζωτούχους ενώσεις. Από των αρχαιοτάτων ετών οι γεωργοί είχαν παρατηρήσει ότι τα φυτά ταύτα αποτελούν αρίστην προπαρασκευήν του εδάφους διά την ακόλουθον χρησιμοποίησιν αυτού προς καλλιέργειαν δημητριακών καρπών, διότι εμπλουτίζουν το έδαφος με αζωτούχους ουσίας.

Η φύσις προσπαθεί διά του τρόπου τούτου να βελτιώσκει κατά μικρόν μέρος τας ατελείας του κύκλου του αζώτου.

Αλλά και η ανθρωπίνη διάνοια μεγίστην προσέφερεν συμβολήν εις την λύσιν της συμπληρώσεως του κύκλου τούτου. Επενόησε τα αζωτούχα λιπάσματα, δηλαδή την παροχήν εις τα εδάφη αμέσως αζωτούχων ουσιών. Η πρώτη σκέψις ήτο να φέρη εις επαφήν τα φυτά με μη χρησιμοποιηθέντα αζωτούχα εκκρίματα. Η κόπρος ήτο το πρώτον χρησιμοποιηθέν αζωτούχον λίπασμα. Ακολούθως εξήτησε ν' ανεύρη αποθέματα τοιούτων εκκριμάτων και πράγματι εύρε κολοσσιαία τοιαύτα.

Εις την Χιλήν ευρίσκονται απέραντα κοιτάσματα παραχθέντα εκ τοιούτων ζωικών εκκριμάτων, των οποίων η ετησία εξαγωγή ανέρχεται εις το κολοσσιαίον ποσόν των 2,5 εκ. τόννων και αντιπροσωπεύει αξίαν 700 εκ. φράγκων. Τα εκκρίματα ταύτα, τα οποία αποτελούν το καλούμενον νίτρον της Χιλής, είνε άριστον αζωτούχον λίπασμα και 2 εκ. τόννων εξ αυτού καταναλίσκονται ετησίως αποκλειστικώς διά την γεωργίαν ως αζωτούχα λιπάσματα.

Προσέτι όμως κατέφυγεν εις την άλλην φυσικήν πηγήν αζωτούχων ενώσεων. Εις τα αζωτούχους ενώσεις τας οποίας παρέχουν κατά την απόσταξίν των οι

γαιάνθρακες και ιδίως οι λιθάνθρακες. Εις τα εργοστάσια ιδίως της παραγωγής φωταερίου και κωκ διά της αποστάξεως του λιθάνθρακος πλην του φωτιστικού αερίου και του κωκ συλλέγονται και άλλα προϊόντα και μεταξύ αυτών η παραγομένη αμμωνία, η οποία μετατρέπεται υπό μορφήν θειικού αμμωνίου.

Εκ της ανά την υφήλιον εις ευρυτάτην κλίμακα γινομένης αποστάξεως του λιθάνθρακος συλλέγονται ετησίως περί το 1 εκατομ. τόννοι θειικού αμμωνίου αντιπροσωπεύοντες αξίαν 350 εκ. φράγκων. Τα $\frac{3}{4}$ του ούτω παρασκευαζομένου αμμωνίου χρησιμοποιούνται ως άριστον αζωτούχον λίπασμα.

Αι πηγαί αύται αζωτούχων ουσιών, το εκ της Χιλής λαμβανόμενον νίτρον και το εκ της αποστάξεως των λιθανθράκων παρασκευαζόμενον θεικόν αμμώνιον, ανέρχονται ετησίως εις το κολοσσιαίον ποσόν των 3,5 εκ. τόννων και αντιπροσωπεύουσαι αξίαν περί το 1 δισεκατομύριον φράγκων ήσαν μέχρι προ ολίγων ετών αι δύο μεγάλαι πηγαί παροχής εις το φυτόν των αζωτούχων λιπασμάτων.

Οι χημικοί όμως ηθέλησαν να κάμουν κάτι τι ακόμη καλλίτερον. Ηθέλησαν να δεσμεύσουν αυτό το άχρηστον θεωρούμενον άζωτον της ατμοσφαιρας και να το μετατρέψουν εις αζωτούχους ενώσεις.

Βασισθέντες επί των πορισμάτων των φυσικοχημικών ερευνών και χρησιμοποιήσαντες τα ισχυρότερα μέσα δράσεως τας υψηλάς θερμοκρασίας του ηλεκτρικού τόξου, ως και τα υψηλάς πιέσεις και τας καταλυτικάς δράσεις, επέτυχον διά διαφόρων μεθόδων, αφ' ενός μεν να οξειδώσουν το άζωτον της ατμοσφαιρας και το μετατρέψουν εις νιτρικόν οξύ και αφ' ετέρου να το υδρογονώσουν και να το μετατρέψουν εις αμμωνίαν, ως και να ενώσουν αυτό με τον άνθρακα και την άσβεστον υπό νέαν μορφήν αζωτούχου λιπάσματος, την κυαναμίδην, ήτις και αυτή εντός του εδάφους μετατρέπεται εις αμμωνίαν.

Ο Ostwald δικαίως ωνόμασε την χημικήν μηχανικήν ως την μεγαλυτέραν χημικήν ανακάλυψιν των τελευταίων χρόνων. Η θεωρία της χημικής ισορροπίας ήτο ο απαραίτητος οδηγός προς μελέτην αμφοτέρων των αμφιδρόμων αντιδράσεων της οξυγονώσεως και της υδρογονώσεως του αζώτου. Επέτρεπεν εκ των προτέρων να προβλέψωμεν την ζώνην της θερμοκρασίας και πιέσεως εις ήν αι αντιδράσεις αύται θα ελάμβανον χώραν και συγχρόνως τας αποδόσεις τα οποίας θα είχομεν. Εξ ολίγων πειραματικών δεδομένων έδωσεν εκ των προτέρων πλήρη την εικόνα της εν μεγάλω και υπό τας διαφορωτάτας συνθήκας πορείας των αντιδράσεων τούτων. Άνευ των φυσικοχημικών τούτων μεθόδων ερεύνης η λύσις του προβλήματος της δεσμεύσεως του αζώτου θα προσέκοπτεν εις ανυπερβλήτους δυσκολίας.

Η ένωσις του αζώτου της ατμοσφαιρας μετά του οξυγόνου αυτής ήτοι η οξειδωσις του αζώτου, η οποία λαμβάνει χώραν πολλάκις κατά την παραγωγήν κεραυνών εις τα ύψη της ατμοσφαιρας, δύναται να γίνη εις ίχνη μόνον και εις το χημικόν εργαστήριον, ως έδειξεν από του 1785 ο μεγάλος άγγλος χημικός ο Cavendish.

Τον θαυμασμόν όμως προκαλεί πως κατορθώθη από του 1902 η μέθοδος αύτη να τύχη πρακτικής εφαρμογής. Η φυσικοχημική μελέτη της οξειδώσεως του αζώτου έδειξεν ότι η παραγομένη αντίδρασις είνε αμφίδρομος. Εις πολύ υψηλάς θερμοκρασίας το άζωτον ενούται με το οξυγόνον και σχηματίζει οξειδιον αζώτου. Το ποσόν όμως του σχηματιζομένου οξειδίου εις εκάστην θερμοκρασίαν έχει ωρισμένον όριον οιαδήποτε ποσά οξυγόνου και αζώτου αν μεταχειρισθώμεν και άμα υπερβή το όριον τούτο το σχηματισθέν οξειδιον διασπάται εις την αυτήν θερμοκρασίαν εκ νέου εις άζωτον και οξυγόνον.

Ούτω παράγονται εις θερμοκρασίαν

2000°	½	μόνον	όγκοι	οξειδίου	αζώτου	επί	τοις	εκατόν
2500°	2	"	"	"	"	"	"	"
3000°	3½	"	"	"	"	"	"	"
3200°	4¼	"	"	"	"	"	"	"

Η αύξησις δ' αυτή της αποδόσεως μετά της θερμοκρασίας διέπεται υπό ωρισμένου θερμοδυναμικού τύπου, διά του οποίου δυνάμεθα εκ των προτέρων να υπολογίσωμεν εις οιανδήποτε θερμοκρασίαν την παραγομένην απόδοσιν.

Εις την υψηλήν θερμοκρασίαν του ηλεκτρικού τόξου, ήτοι περί τους 3200° έχομεν την μεγίστην απόδοσιν 4% περίπου οξειδίου του αζώτου. Όταν όμως φθάσωμεν εις το ανώτατον τούτο όριον πρέπει να εμποδίσωμεν την αντίδρασιν να λάβη χώραν κατά την αντίθετον φοράν και τούτο επιτυγχάνεται διά της ταχίστης ψύξεως των προϊόντων της αντιδράσεως, δηλ. ακολουθούμεν βιομηχανικώς το σύστημα το επινοηθέν υπό του μεγάλου χημικού Deville, της συγχρόνου θερμάνσεως και ψύξεως.

Το άζωτον ούτω μόνον κατορθούται να ενωθή απ' ευθείας με το οξυγόνον της ατμοσφαιρας υπό μορφήν οξειδίου, το οποίον διοχετευόμενον δι' ύδατος μετατρέπεται ακολούθως εις νιτρικόν οξύ.

Επί των θεωρητικών τούτων βάσεων στηρίζεται η βιομηχανική εφαρμογή του προβλήματος της δεσμεύσεως του αζώτου της ατμοσφαιρας.

Σημαντικώτατα εργοστάσια, ιδρυθέντα από το 1902 μέχρι σήμερον και διαρκώς πληθυνόμενα, παράγουν με πρώτην ύλην μόνον τον ατμοσφαιρικόν αέρα και το ύδωρ απ' ευθείας το νιτρικόν οξύ, την βάση της παρασκευής αζωτούχων λιπασμάτων, εκρηκτικών ουσιών και πλείστων άλλων χημικών προϊόντων.

Η χρησιμοποιουμένη όμως ενέργεια προς δέσμευσιν του αζώτου κατά την μέθοδον ταύτην, πρώτην φοράν εφαρμοσθείσα εις την βιομηχανίαν υπό των νορβηγών χημικών Birkeland και Eyde, είνε κολοσιαία. Ένεκα της μικράς αποδόσεως της αντιδράσεως, μη δυναμένης να υπερβή το 4%, η απαιτουμένη ενέργεια διά την απόδοσιν ταύτην εξισούται με την ενέργειαν, η οποία θα απαιτείτο σχεδόν με την απόδοσιν 100 επί 100. Ένεκα του λόγου τούτου η μέθοδος αυτή της δεσμεύσεως του αζώτου δεν δύναται να εφαρμοσθή παρά μόνον εις μέρη ένθα η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται εις ελαχίστην τιμήν. Τοιαύτην δε ηλεκτρικήν ενέργειαν παρέχουν μόνον αι μεγάλαι σχετικώς υδάτινοι πτώσεις και αι χώραι αι κατέχουσαι αυτάς είνε αι μάλλον ενδεδειγμένοι διά την εφαρμογήν της.

Ούτως εις την Νορβηγίαν, την μικράν σχετικώς την έκτασιν κατέχουσαν όμως μεγίστας πτώσεις υδάτων η βιομηχανική αυτή παρασκευή τα μέγιστα ηυδοκίμησε και δύο νορβηγικά εργοστάσια χρησιμοποιούντα έκαστον 150000 ίππων ενέργειαν, παρεχομένην αποκλειστικώς υπό υδατίνων πτώσεων, παράγουν νιτρικόν οξύ και επομένως αζωτούχα λιπάσματα.

Κατά το 1915 κατωρθώθη εις την Νορβηγίαν να παρασκευασθούν 50000 τόνοι αζωτούχων λιπασμάτων, υπό το όνομα νορβηγικόν νίτρον, αποκλειστικώς εκ του ατμοσφαιρικού αέρος.

Δευτέρα λύσις του προβλήματος της δεσμεύσεως του αζώτου επετεύχθη πάλιν σχεδόν αποκλειστικώς διά της φυσικής Χημείας. Η λύσις αυτή είναι η υδρογόνωσις του ατμοσφαιρικού αζώτου και η μετατροπή αυτού εις αμμωνίαν.

Η παραγωγή αμμωνίας εξ αζώτου και υδρογόνου εις μικροτάτας αποδόσεις ήτο γνωστή. Ο άγγλος χημικός Permann κατά το 1904, μελετήσας φυσικοχημικώς την αντίδρασιν, έδειξε ότι αυτή ήτο αμφίδρομος, ήτοι υπό ευνοϊκούς όρους θερμοκρασίας το άζωτον και το υδρογόνον ενούνται μερικώς και σχηματίζουν

αμμωνίαν και αντιστρόφως η αμμωνία εις τας αυτάς θερμοκρασίας δύναται να διασπασθή εις τα δύο στοιχειώδη συστατικά της.

Επομένως είτε έχομεν αμμωνία, είτε μίγμα αζώτου και υδρογόνου, ως τελικόν αποτέλεσμα θα λάβωμεν ωρισμένον ποσόν αμμωνίας, ήτοι επέρχεται και κατά την περίστασιν ταύτην η καλουμένη χημική ισορροπία του συστήματος. Ως έδειξαν τα πειράματα του Permann η ισορροπία αύτη καταλήγει εις την παρασκευήν ελαχίστων ποσών αμμωνίας, επομένως η βιομηχανική εφαρμογή της μεθόδου απέβαινε αδύνατος.

Κατά τα τελευταία έτη ο Haber ιδίως, καθώς και ο Nernst, μετά των συνεργατών του εμελέτησαν ευρύτατα την υδρογόνωσιν του αζώτου υπό φυσικοχημικήν έποψιν και κατώρθωσαν να εύρουν τους όρους της ευνοϊκότερας εφαρμογής αυτής. Ως εδείχθη κυρίως κατά τας ερεύνas ταύτας, ο σχηματισμός της αμμωνίας εκ του αζώτου και του υδρογόνου συνδέεται μετ' ελαττώσεως του όγκου και επομένως μεγάλως θα εξήσκει επίδρασιν επί της χημικής ταύτης δράσεως η επίδρασις της πίεσεως.

Κατά τα πειράματα του Haber υπό διαφόρους πίεσεις παράγονται τα εξής ποσά αμμωνίας:

1 ατμόσφαιρα	5/100	όγκοι	αμμωνίας	επί	τις	εκατόν
100 ατμόσφαιραι	4	"	"	"	"	"
200 ατμόσφαιραι	8	"	"	"	"	"

Επίσης μεγίστην έχει σημασίαν επί της αποδόσεως και η θερμοκρασία κατά την οποίαν η αντίδρασις θα λάβη χώραν. Εξ ενός μόνον πειράματος εις ωρισμένην θερμοκρασίαν, δύναται να υπολογισθή η απόδοσις εις αμμωνία διά σειράν όλην θερμοκρασιών. Ως εδείχθη υπό του Haber η ευνοϊκότερα θερμοκρασία είναι 500 βαθμών υπό πίεσιν 200 ατμοσφαιρών.

Και κατά την περίστασιν ταύτην σαφέστατα καταφαίνεται, ότι άνευ της χρησιμοποιήσεως των φυσικοχημικών μεθόδων ερεύνης, διά των οποίων κατεδείχθη η μεγίστη σημασία της θερμοκρασίας και ιδίως της πίεσεως επί της υδρογονώσεως του αζώτου, η βιομηχανική εφαρμογή της μεθόδου θα ήτο αδύνατος.

Προς επιτάχυνσιν δε της πορείας της αντιδράσεως η οποία ήτο πολύ βραδεία ευρέθη πάλιν υπό του Haber κατάλληλος μέθοδος. Η προσθήκη ωρισμένων σωμάτων έχοντων καταλυτικάς ιδιότητας επί της αντιδράσεως ταύτης ως του τουγστενίου, του ουρανίου, του σιδήρου, χωρίς να μεταβάλλουν την τελικήν κατάστασιν ισορροπίας επιταχύνουν την υδρογόνωσιν του αζώτου.

Ούτω μόνον κατέστη δυνατόν και η δευτέρα αύτη μέθοδος της δεσμεύσεως του αζώτου να εύρη βιομηχανικήν εφαρμογήν. Η πρώτη εφαρμογή της εγένετο κατά το 1913 εις το εν Oppau εργοστάσιον ανιλίνης και σόδας της Βάδης. Κατά δε την διάρκειαν του μεγάλου πολέμου πλείστα εργοστάσια ιδρύθησαν αποκλειστικώς εις την Γερμανίαν διά την εις ευρυτάτην κλίμακα εκμετάλλευσιν και της μεθόδου ταύτης της δεσμεύσεως του αζώτου.

Ως πρώται ύλαι κατά την μέθοδον ταύτην χρησιμεύουν πάλιν ο ατμοσφαιρικός αήρ και το ύδωρ. Εκ του αέρος λαμβάνεται διά υγροποιήσεως αυτού και κλασματικής αποστάξεως το άζωτον και εκ του ύδατος δι' ηλεκτρολύσεως το υδρογόνον.

Η δε παραγομένη εκ του αζώτου και του υδρογόνου αμμωνία δι' επιδράσεως θεικού οξέος μετατρέπεται ακολούθως εις θεικόν αμμώνιον, το οποίον χρησιμοποιείται απ' ευθείας ως άριστον άζωτούχον λίπασμα και αφ' ετέρου διά καταλυτικής οξειδώσεως παρουσία πλατίνης ή άλλων καταλυτών δύναται να μετατραπή εις νιτρικόν οξύ.

Τρίτη τέλος μέθοδος δεσμεύσεως του αζώτου, η οποία εφαρμόζεται υπό της χημικής βιομηχανίας όλων σχεδόν των εθνών είνε η απορρόφησης του αζώτου της ατμοσφαιράς υπό του ανθρακασβεστίου.

Το ανθρακασβέστιον, το οποίον ευρίσκει σημαντικωτάτας εφαρμογάς και ιδίως προς παραγωγήν αρίστου φωτιστικού αερίου της ασετυλίνης, παρασκευάζεται δια θερμάνσεως άνθρακος μετ' ασβέστου εις ηλεκτρικάς καμίνους και έχει την ιδιότητα, θερμαινόμενον πάλιν εις ηλεκτρικάς καμίνους παρουσία αζώτου, να απορροφά αυτό και να μετατρέπεται εις κυαναμίδην του ασβεστίου, η οποία ευρίσκει άμεσον εφαρμογήν ως άριστον αζωτούχον λίπασμα διότι εντός του εδάφους μετατρέπεται βαθμηδόν εις αμμωνίαν.

Η χημική αντίδρασις της δεσμεύσεως του αζώτου υπό του ανθρακασβεστίου είνε εντόνως εξωθερμική και επομένως η μέθοδος αύτη παρουσιάζει το προσόν ότι απαιτείται προσφορά εξωτερικής ενεργείας εις μικρόν ποσόν προς έναρξιν μόνον της αντιδράσεως και περαιτέρω εξακολουθεί αύτη αποκλειστικώς διά θερμίδων χημικής καταγωγής.

Πλην της απ' ευθείας χρησιμοποίησεως της κυαναμίδης ως αζωτούχου λιπάσματος, δύναται αύτη τη επιδράσει υδρατμών υπό πίεσιν να μετατραπή εις αμμωνίαν, ήτις πάλιν δύναται διά καταλυτικής οξειδώσεως με καταλύτην την πλατίαν να μετατραπή εις νιτρικόν οξύ.

Η εφαρμογή των μεθόδων της δεσμεύσεως του ατμοσφαιρικού αζώτου εις την βιομηχανίαν οφείλεται, ως συντόμως εξέθεσα, κυρίως εις την φυσικοχημικήν μελέτην των λαμβανουσών χώραν χημικών αντιδράσεων.

Διά των μεθόδων τούτων δύναται σήμερον η χημική βιομηχανία να δεσμεύση το άζωτον εξ αυτής της ατμοσφαιράς και να το μετατρέψη εις αζωτούχους ενώσεις και ιδίως εις άριστα αζωτούχα λιπάσματα των φυτών.

Το έδαφος διά του χρόνου καθίσταται ακατάλληλον διά την καλλιέργειαν, ιδίως ένεκα της ελλείψεως αζωτούχων ουσιών. Ακριβώς τα εδάφη, τα οποία υπέστησαν συνεχή καλλιέργειαν επί σειράν αιώνων πτωχύνονται. Θα ηδυνάμεθα επομένως να προβλέψωμεν ότι διά της εντόνου καλλιέργειας όλα τα εδάφη βαθμηδόν θα καθίστανται πτωχότερα και επομένως η προσθήκη λιπασμάτων και ιδίως αζωτούχων θα γίνεται οσημέραι αναγκαιοτέρα.

Και πράγματι η χρησιμοποίησις αζωτούχων λιπασμάτων συνεχώς εντείνεται. Και εις το μέλλον η ζήτησις των αζωτούχων λιπασμάτων διαρκώς θα αυξάνη. Θα ηδυνάμεθα ίσως να είπωμεν ότι η κατανάλωσις του αζώτου θα είνε παράλληλος με αυτήν την εξέλιξιν της ανθρωπότητος.

Υπό την πρακτικήν ταύτην μορφήν τίθεται σήμερον το μέγα πρόβλημα της χρησιμοποίησεως του αζώτου εις όσον το δυνατόν μεγαλυτέραν κλιμακα και διά τούτο αι νεώταται μέθοδοι της δεσμεύσεως αυτού εκ του ατμοσφαιρικού αέρος πρέπει να θεωρηθούν ως αι μεγαλύτεραι πρακτικά εφαρμογαί της χημικής Επιστήμης.

Δικαιότατα δ' ο καθηγητής Baur γράφει: η χημική βιομηχανία τας μεγάλας προόδους των τελευταίων ετών εις την επίλυσιν του σπουδαιοτάτου τούτου προβλήματος ab ovo οφείλει εις την φυσικήν Χημείαν.

Αι φυσικοχημικά θεωρία και μέθοδοι και εις πλείστα άλλα βιομηχανικά προβλήματα ευρίσκουν ευρυτάτην εφαρμογήν. Ούτω αι βιομηχανία αι χρησιμοποιούσαι καταλυτικάς δράσεις, αι οποία ολονέν σήμερον επεκτείνονται, βασίζονται κατά μέγα μέρος επί των φυσικοχημικών ερευνών των γενομένων επί των

καταλυτών ήτοι επί των σωμάτων, τα οποία χωρίς αυτά τα ίδια να αλλοιούνται χημικώς καθιστούν δυνατάς τας χημικάς δράσεις μεταξύ άλλων σωμάτων.

Η φυσικοχημική θεωρία των ιόντων και της ηλεκτρολύσεως, η θεμελιωθείσα υπό του μεγάλου σουηδού χημικού Svante Arrhenius, διέπει και καθοδηγεί ολοκλήρους άλλους κλάδους χημικών βιομηχανιών, τας ηλεκτρολυτικές βιομηχανίας. Διά των ηλεκτρολυτικών βιομηχανιών επιτυγχάνεται σήμερον η παρασκευή πολλών χημικών προϊόντων υπό πολύ ευνοϊκωτέρας συνθήκας ή κατά τας παλαιάς απλώς μεθόδους.

Δι' ηλεκτρολύσεως διαλύματος κοινού άλατος παράγεται σήμερον εν μέρει η σόδα εις την βιομηχανίαν και συγχρόνως το τόσας ευρίσκον εφαρμογάς χλώριον. Επίσης επιτυγχάνεται η καλλιτέρα παρασκευή διαφόρων αποχρωστικών χλωριούχων αλάτων, υπερχλωρικών, υπερθειικών ενώσεων, οξυγόνου και υδρογόνου ως και η παρασκευή και καθαρισμός πολλών μετάλλων και ιδίως του αργιλίου και του χαλκού.

Αλλά και η παρασκευή πολλών οργανικών ενώσεων επιτυγχάνεται δι' ηλεκτρολυτικών μεθόδων. Ούτω επιτυγχάνεται η αναγωγή ηλεκτρολυτικώς πολλών νιτροενώσεων, η ηλεκτρολυτική οξείδωσις άλλων, ως η οξείδωσις του ανθρακενίου εις ανθρακινόνην και η παρασκευή δι' ηλεκτρολύσεως διαφόρων ενώσεων ως του υδροφορμίου, της βενζιδίνης και άλλων.

Η φυσική Χημεία δυνάμεθα να είπωμεν ότι διέπει σήμερον όλους τους χημικού κλάδους. Ως έλεγεν ο μεγαλήτερος των συγχρόνων γάλλων φυσικοχημικών ο Ερρίκος Le Chatelier, η Χημεία άλλοτε θα ηδύνατο να παραβληθή ίσως προς την μαγειρικήν, ενώ διά της εισαγωγής των φυσικοχημικών μεθόδων έλαβε την πραγματικήν αυτής επιστημονικήν κατεύθυνσιν. Και εις άλλους όμως κλάδους των φυσικών επιστημών, αλλά και αυτής της ιατρικής μεγίστην είχεν επίδρασιν και πολλάκις νέας όλως οδούς επιστημονικής ερεύνης διήνοιξεν εις αυτούς. Αρκεί να σας αναφέρω την λύσιν πλείστων φυσιολογικών προβλημάτων διά των φυσικοχημικών μεθόδων ως και την επινόησιν νέων θεραπευτικών μέσων, ως είνε τα κατά τα τελευταία έτη εισαχθέντα εις την Ιατρικήν, τα μέταλλα υπό υπερμικροσκοπικόν διαμερισμόν ηλεκτρικώς επιτυγχανόμενον, τα καλούμενα κολλοειδή διαλύματα των μετάλλων.

Η διδασκαλία της Φυσικής Χημείας είνε απαραίτητος σήμερον διά τον μέλλοντα χημικόν, είτε ούτος εις την θεωρητικήν επιστήμην θέλει να επιδοθή, είτε εις την χημικήν βιομηχανίαν. Όπως όμως αύτη αποβή όσον το δυνατόν καρποφορωτέρα πρέπει να συνοδεύεται υπό φυσικοχημικών ασκήσεων εις ευρυτάτην κλίμακα.

Προς επιτυχή όμως παρακολούθησιν της διδασκαλίας και των ασκήσεων απαιτείται προηγουμένως καταρτισμός του σπουδαστού, όσον το δυνατόν τελειότερος εις την γενικήν πειραματικήν Χημείαν και εις τας φυσικάς μεθόδους. Ορθότατα επομένως ο οργανισμός του χημικού τμήματος ώρισε την διδασκαλίαν και τας ασκήσεις εις το μάθημα τούτο κατά το τελευταίον έτος των σπουδών.

Η διδασκαλία και η εξάσκησης εις τας φυσικοχημικάς θεωρίας και μεθόδους θα αποτελέση ούτω διά τον σπουδαστήν την επισφράγισιν της χημικής του μορφώσεως.

Συγχρόνως όμως εξαιρετική προσπάθεια πρέπει να καταβληθή, όπως ούτος δυνηθή να αποκτήση και το αληθινόν πνεύμα της επιστημονικής ερεύνης, τον τελικόν σκοπόν πάσης επιστημονικής διαπαιδαγωγήσεως και ιδίως της χημικής.

Θα κατορθώση δε τούτο ο σπουδαστής είτε συνεργαζόμενος εις επιστημονικάς ερεύνas εκτελουμένας εις το εργαστήριον, είτε ο ίδιος εκτελών πρωτότυπον επιστημονικήν έρευναν υπό την οδηγίαν του διδασκάλου του.

Κατά την εκτέλεσιν ταύτην της επιστημονικής ερεύνης πρέπει να ενθαρρύνεται όσον το δυνατόν περισσότερο η αυτενέργειά του. Να δίδεται εις τον σπουδαστήν η μεγαλυτέρα ελευθερία όπως σχεδόν μόνος του ανεύρη την ορθήν λύσιν του δοθέντος φυσικοχημικού θέματος. Ούτω μόνον θα λάβη την ευκαιρίαν, να αναπτύξη κατά την εκτέλεσιν της ερεύνης την αυτόβουλον σκέψιν του και θα συνειθίση μόνος του να λύη τα προβλήματα, τα οποία βραδύτερον θα του παρουσιάζωνται.

Το σύστημα τούτο της εισαγωγής του σπουδαστού εις την επιστημονικήν έρευναν εφαρμόζεται σήμερον ολονέν εντονότερον εις όλα τα χημικά εργαστήρια. Και εις το ημέτερον Χημείον του Πανεπιστημίου όσοι σπουδασταί, κατά τα τελευταία έτη της φοιτήσεώς των ή αμέσως μετά το πέρας αυτής, είχαν την θέλησιν να εργασθούν επί πρωτοτύπων επιστημονικών θεμάτων υπό την διεύθυνσιν του καθηγητού Ζέγγελη και εμού, κατώρθωσαν να αποκτήσουν τα στοιχεία της αυτοτελούς επιστημονικής ενεργείας, της απαιρηιότητος σήμερον όχι μόνον διά την διεξαγωγήν επιστημονικών ερευνών αλλά και δι' αυτήν την χημικήν βιομηχανίαν.

Πάσαν προσπάθειαν και πάσαν φροντίδα θα καταβάλλω, αγαπητοί σπουδασταί, κατά την διδασκαλίαν της Φυσικής Χημείας και κυρίως κατά την εξάσκησίν σας εις το εργαστήριον αυτής, όπως εισδύσετε εις το πνεύμα της επιστημονικής ερεύνης και της αυτοβούλου χημικής σκέψεως και καταρτισθήτε ούτω χημικοί επιστήμονες, μορφώσεως αναλόγου προς την σημερινήν εντονωτάτην εξέλιξιν της χημικής επιστήμης!..