



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Χημείας

**ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες»**

**Διδακτική προσέγγιση της Ιστορίας της Χημείας.
Μύθοι και δεδομένα για ορισμένες ευτυχείς συγκυρίες.**

ΤΟΛΙΚΑ ΕΥΑΝΘΙΑ

Dr. ΧΗΜΙΚΟΣ Α.Π.Θ.

ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2012

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**Διδακτική προσέγγιση της Ιστορίας της Χημείας.
Μύθοι και δεδομένα για ορισμένες ευτυχείς συγκυρίες.**

ΤΟΛΙΚΑ ΕΥΑΝΘΙΑ

Dr. ΧΗΜΙΚΟΣ Α.Π.Θ.

Επιβλέπων: Περικλής Ακρίβος

Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

Μιχαήλ Σιγάλας
Καθηγητής τμήματος Χημείας ΑΠΘ

Απόστολος Μαρούλης
Αναπληρωτής καθηγητής τμήματος Χημείας ΑΠΘ

Περικλής Ακρίβος
Αναπληρωτής καθηγητής τμήματος Χημείας Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη	σελ.	1
1. Διδακτική σκοπιμότητα της διατριβής	σελ.	2
2. Ορισμοί	σελ.	6
3. Ανακαλύψεις στην προϊστορία και την πρώιμη ιστορία του ανθρώπου	σελ.	8
4. Το καίριο παράδειγμα του μήλου του Newton	σελ.	14
5. Ο Kekule και το φίδι	σελ.	16
6. Η ανακάλυψη της δομής του ατόμου	σελ.	19
7. Κατά τύχην εκρηκτικά	σελ.	25
8. Βαφές και χρωστικές που ανακαλύφθηκαν κατά τύχη	σελ.	26
9. Πολυμερή και συνθετικές υφάνσιμες ύλες	σελ.	29
10. Ενώσεις με φαρμακευτική δράση	σελ.	33
11. Νόμω γλυκύ	σελ.	38
12. Διάφορα τυχαία συμβάντα και αποτελέσματα	σελ.	40
13. Διδακτικές εφαρμογές	σελ.	43
14. Η ιστοσελίδα που αναπτύχθηκε	σελ.	51
15. Αντί επιλόγου	σελ.	58
16. Βιβλιογραφία	σελ.	61

Περίληψη

Η διατριβή πραγματεύεται μια σειρά από περιπτώσεις ανακαλύψεων στη Χημεία για τις οποίες υπάρχουν αναφορές πως προέκυψαν κατά τύχη. Οι αναφορές αυτές προέρχονται άλλοτε από τους επιστήμονες που εμπλέκονται στην ανακάλυψη κι άλλοτε από άλλους που μελετούν αντίστοιχα θέματα. Από τα ιστορικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα, άλλοτε επιβεβαιώνεται κι άλλοτε απορρίπτεται το τυχαίο κάποιων ανακαλύψεων.

Η τυχαιότητα έχει παίξει αναμφίβολα ρόλο στην εξέλιξη της Χημείας και των επιστημών γενικότερα ωστόσο από μόνη της δεν είναι σε θέση να διαμορφώσει τις συνθήκες για μια σχετική πρόοδο στο αντικείμενο στο οποίο εμφανίζεται. Για να συντελεστεί η πρόοδος απαιτείται παρατηρητικότητα από τον τυχερό επιστήμονα, κατανόηση των πιθανών εξελίξεων που η ανακάλυψη μπορεί να φέρει και οπωσδήποτε γνώση και επιθυμία για παραπέρα μελέτη και τελικά εφαρμογή των δεδομένων της τυχαίας ανακάλυψης.

Summary

The dissertation describes the historical context of several serendipitous discoveries in the field of Chemistry. The reference to serendipity originates either from the scientist directly involved in it or from others experimenting in the same or related fields of Chemistry. The historical facts available argue either for or against the serendipity depending on the case.

Accidental discovery has certainly played a role in the evolution of Chemistry as for the rest of the sciences too, however it is not possible to determine by itself the advances that are going to take place in the field where it occurs. The advances follow the keen observation made by the lucky scientist the understanding on his part of the developments that the discovery may promote and of course of his ability, possibility and willingness to take the intervening steps towards the final application of the aspects that the accidental discovery offers.

1. Διδακτική χρησιμότητα της διατριβής

Στα πρώτα στάδια της εξέλιξης της η Χημεία ήταν περισσότερο μια τέχνη παρά επιστήμη. Άλλωστε η Χημική Τεχνολογία προϋπήρξε της οριοθέτησης της Χημείας στον κορμό των φυσικών επιστημών κατά αρκετές χιλιετίες. Στα πιο πρόσφατα χρόνια οι πρώτες εφαρμογές της ορυκτολογίας και της φαρμακολογίας χρησιμοποιήθηκαν εμπειρικά για την ικανοποίηση των αναγκών των ανθρώπων. Η αλχημιστική εποχή επικεντρώθηκε στην αναζήτηση της Φιλοσοφικής Λίθου και του Ελιξίριου της Ζωής. Στο δέκατο έκτο και δέκατο έβδομο αιώνα άρχισαν να αναπτύσσονται πιο γενικές και αφηρημένες θεωρίες, συμπεριλαμβανομένης της μελέτης πάνω στο βασικό ρόλο που παίζουν τα αέρια στη χημεία. Τον 18ο αιώνα, ο Λαβουαζιέ και άλλοι Γάλλοι χημικοί έφεραν την επανάσταση της χημείας ως προς το πειραματικό κομμάτι της, τις θεωρητικές αρχές και την ονοματολογία. Μετά από αυτή την περίοδο η χημεία έγινε μια αυτόνομη επιστήμη και, τελικά εισήχθη ως μάθημα στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, στη Γαλλία.

Σήμερα ενώ η χημεία είναι ένα σημαντικό μέρος της καθημερινής μας ζωής, στην κοινή γνώμη υπάρχει μια αρνητική αντίληψη σχετικά με αυτήν. Σε γενικές γραμμές, οι άνθρωποι ταυτίζουν τη χημεία με καθετί τεχνητό, με περιβαλλοντικές και οικολογικές καταστροφές και με καταστροφές λόγω βιομηχανική μόλυνσης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες έχουν αρνητική επίδραση τόσο στην άποψη της κοινής γνώμης για την Χημείας όσο και στην εικόνα που έχουν οι μαθητές για αυτήν. Οι περισσότεροι μαθητές δεν εκτιμούν την επίδραση που έχουν οι εξελίξεις στη χημεία στους διάφορους τομείς της ζωής μας όπως η τεχνολογία, η υγεία, η γεωργία, η ενέργεια κλπ και ότι τα αποτελέσματα της προόδου στη χημεία έχουν αντίκτυπο σε όλη την κοινωνία.

Οι μαθητές του γυμνασίου μαθαίνουν μια ποικιλία θεμάτων που περιλαμβάνουν: τη δομή του ατόμου και τα χαρακτηριστικά της ύλης, τη ραδιενέργεια, τον περιοδικό πίνακα των στοιχείων, τις οργανικές ενώσεις, κ.λπ. Ωστόσο, συνήθως δεν μαθαίνουν ούτε ποιος έκανε την εν λόγω ανακάλυψη ή την ιστορία που κρύβεται πίσω από αυτήν. Η ιστορία της χημείας δεν διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και η απουσία αυτή αποτρέπει την κατανόηση της από την κοινωνία. [1]

Υπάρχουν προγράμματα δια βίου μάθησης που προορίζονται για τους καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ώστε να γίνονται συνεχώς καλύτεροι στο αντικείμενο τους. Στην προσπάθεια αυτή είναι απαραίτητη η απόκτηση ορθών και αναλυτικών πληροφοριών που αφορούν στα θεμέλια της επιστήμης που αποτελεί το διδακτικό τους αντικείμενο. Είναι

όμως πρωταρχικής σημασίας η γνώση του εν λόγω αντικειμένου να επιτευχθεί επιστημολογικά προς αντικατάσταση τυχόν λανθασμένων υπαρχόντων πεποιθήσεων.

Τέτοιου είδους λανθασμένες αντιλήψεις δημιουργούνται από τα παιδικά χρόνια της ζωής ενός ανθρώπου όταν ακόμα η αντίληψη για τον κόσμο είναι μόνο εμπειρική [2], και πολλές φορές παραμένουν οι ίδιες ανεξάρτητα από την ποιότητα και την ποσότητα της διδασκαλίας πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο.[3] Η άρτια γνώση του αντικειμένου όμως αποτελεί για τον εκπαιδευτικό μια γερή βάση πάνω στην οποία θα στηριχθούν τα μοντέλα διδασκαλίας που είτε θα διδαχθεί είτε θα διδάξει ο ίδιος. Με τον τρόπο αυτό θα μπορέσει να αναβαθμίσει σε μεγάλο βαθμό το παιδαγωγικό κομμάτι της διδασκαλίας του και κατά συνέπεια να βελτιωθεί συνολικά ως δάσκαλος. Αυτό εξηγείται απλά, καθώς η διαδικασία αυτή αναβάθμισης του παιδαγωγικού κομματιού του μαθήματος είναι ιδιαίτερος χρονοβόρα και προφανώς λειτουργεί εις βάρος του χρόνου που θα διέθετε για την αναβάθμιση του γνωστικού κομματιού του μαθήματος.

Αν όμως το τελευταίο παρέχεται σχεδόν έτοιμο τότε αυτομάτως αυξάνεται ο διαθέσιμος χρόνος για την αναβάθμιση του παιδαγωγικού περιεχομένου.

Ένας τέτοιος εκπαιδευτικός είναι πλέον σε θέση να ανακαλύψει τις λανθασμένες ερμηνείες των μαθητών του και να μπορέσει μέσω εύκολων αλλά και αποτελεσματικών τρόπων να τις αντικαταστήσει με τις αντίστοιχες ορθές, επιστημονικά τεκμηριωμένες. [4] Ο ενημερωμένος εκπαιδευτικός είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τη διάθεση των μαθητών για παρακολούθηση και να την αναμορφώνει. [5]

Η Χημεία πρέπει να γίνει μέρος της πολιτιστικής παιδείας μας επειδή υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση της κοινωνίας και της επιστήμης της Χημείας τουλάχιστον τους τελευταίους τρεις αιώνες [6]

Τα επιτεύγματα των τελευταίων δεκαετιών στην επιστήμη της Χημείας, εισήγαγαν στην καθημερινότητα καινούριες έννοιες και αυτό είχε ως συνέπεια την πυροδότηση σχετικών κοινωνικών και κυβερνητικών σχετικών δράσεων. Επιπρόσθετα, οι σύγχρονες εξελίξεις έριξαν φως σε ιστορικά γεγονότα του παρελθόντος μέσα από το πρίσμα των επιστημονικά πλέον τεκμηριωμένων αντιλήψεων όπως για παράδειγμα για το άτομο, το χημικό δεσμό και τη χημική αντίδραση.

Υπάρχει πληθώρα επιστημόνων που έμειναν γνωστοί στην ιστορία της χημείας τους οποίους ένα τυχαίο, λανθασμένο γεγονός του οδήγησε σε λανθασμένο συμπέρασμα. Επιπλέον υπάρχουν επιστήμονες γνωστοί στην ιστορία λόγω των σημαντικών ανακαλύψεων τους των οποίων οι γνώσεις ήταν χαμηλότερου επιπέδου από αυτές των σημερινών μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Όλες οι περιπτώσεις αυτές αποτελούν πολύτιμα διδακτικά

παραδείγματα γιατί τονίζουν και προβάλλουν την ανθρώπινη υπόσταση των επιστημόνων και κατά συνέπεια και τον τρόπο σκέψης που οδήγησε τον καθένα από αυτούς στο αντίστοιχο επιστημονικό επίτευγμα βοηθώντας κατά αυτόν τον τρόπο την ανάπτυξη του τρόπου σκέψης των μαθητών.[7].

Η ένταξη στο πρόγραμμα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ιστορικών στοιχείων της χημείας έχει γίνει με στόχο κυρίως την προσπάθεια σύνδεσης τους με την ανάπτυξη κριτικής σκέψης από τη μεριά των μαθητών. Τα αποτελέσματα της προσπάθειας αυτής ήταν σε γενικές γραμμές ενθαρρυντικά όχι όμως και τόσο καταλυτικά καθώς οι όποιες προσπάθειες ήταν μεμονωμένες και όχι πολύ καλά οργανωμένες. [8] Η προσθήκη στο γνωστικό αντικείμενο της Χημείας ιστορικών-εγκυκλοπαιδικών στοιχείων αυτόματα οδηγεί στην διάνθιση της διδακτέας ύλης αλλά ταυτόχρονα καθίστα πιο ελκυστικά στο μαθητή τα επικουρικά κομμάτια του σχολικού εγχειριδίου δίνοντας βάρος στην ιστορική εξέλιξη της επιστήμης τονίζοντας την πορεία των σκέψεων των επιστημόνων που τους οδήγησαν στις εκάστοτε ανακαλύψεις.

Η διατριβή παρέχει ένα σύνολο περιπτώσεων στις οποίες αναφέρεται (επικαλείται ή καταγγέλλεται) η τυχαία ανακάλυψη κάποιου φαινομένου ή κάποιας χημικής ουσίας. Οι περιπτώσεις αυτές συνδέονται συχνά με υλικά και διαδικασίες που είναι πλέον μέρος της καθημερινής ζωής και για το λόγο αυτό είναι χρήσιμο να ενσωματωθούν στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Το υλικό της διατριβής έχει παραδοθεί και θα αναρτηθεί στο δικτυακό τόπο του Δι.Χη.Ν.Ε.Τ. και θα κοινοποιηθεί στο Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και στο επιτελείο που ασχολείται με τη διαμόρφωση του Νέου Ηλεκτρονικού Σχολείου. Τόσο το σύνολο όσο και επιμέρους τμήματα της διατριβής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό υλικού που είναι ήδη διαθέσιμο για χρήση από τους μαθητές και καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ενώ δεν αποκλείεται και η χρήση του για τη δημιουργία νέων αντίστοιχων δικτυακών σελίδων με πληροφορίες.

Η διατριβή παρέχει ένα σύνολο περιπτώσεων στις οποίες αναφέρεται (επικαλείται ή καταγγέλλεται) η τυχαία ανακάλυψη κάποιου φαινομένου ή κάποιας χημικής ουσίας. Οι περιπτώσεις αυτές συνδέονται συχνά με υλικά και διαδικασίες που είναι πλέον μέρος της καθημερινής ζωής και για το λόγο αυτό είναι χρήσιμο να ενσωματωθούν στο γνωστικό υπόβαθρο των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Το υλικό της διατριβής έχει παραδοθεί και έχει αναρτηθεί στο δικτυακό τόπο του Δι.Χη.Ν.Ε.Τ. (τρέχουσα διεύθυνση της σελίδας στο δίκτυο <http://www.molwave.com/testzone/akrivos/index.html>) και θα κοινοποιηθεί στο Παιδαγωγικό

Ινστιτούτο και στο επιτελείο που ασχολείται με τη διαμόρφωση του Νέου Ηλεκτρονικού Σχολείου.

Τόσο το σύνολο όσο και επιμέρους τμήματα της διατριβής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό υλικού που είναι ήδη διαθέσιμο για χρήση από τους μαθητές και καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ενώ δεν αποκλείεται και η χρήση του για τη δημιουργία νέων αντίστοιχων δικτυακών σελίδων με πληροφορίες.

2. Ορισμοί

Τυχαιότητα είναι η Ελληνική απόδοση του διεθνούς όρου serendipity. Ο πρώτος που αναφέρεται ότι χρησιμοποίησε τον όρο είναι ο Horace Walpole (1717-1797), λόγιος και ιστορικός της τέχνης. Η αναφορά γίνεται σε ένα γράμμα του των αρχών του 1754 και αναφερόταν στην Αγγλική έκδοση με τίτλο «*The Three Princes of Serendip*» που είχε ως πηγή το «*Peregrinaggio di tre giovani figliuoli del re di Serendippo*» που τυπώθηκε στη Βενετία το 1557. Αυτό το κείμενο με τη σειρά του είχε καταγωγή από μια προγενέστερη μετάφραση από τα Αραβικά μιας από τις γνωστές Περσικές ιστορίες όπως περιγράφεται στο ποίημα «*Hasht-Bihisht*» του ινδικής καταγωγής Amir Khurso του 1302. Αυτό με τη σειρά του έχει βάση σε ένα ποίημα με τίτλο «*Haft Paykar*» του Nizami που αναφέρεται ότι γράφηκε το 1197. Η δράση του φανταστικού ποιήματος ανάγεται στην εποχή του τελευταίου Σασανίδα Πέρση βασιλιά Bahram V και περιγράφει την ιστορία τριών πριγκήπων από τη μακρινή Σερεντίπ, που στην Περσική γλώσσα σήμαινε τη σημερινή Σρι-Λάνκα.

Στο ταξίδι των τριών πριγκήπων μακριά από το βασίλειο του πατέρα τους συμβαίνουν μικρά κι ασήμαντα περιστατικά. Απ' αυτά όμως και με τη βοήθεια εξαιρετικά εξεζητημένων συναγωγών οι πρίγκηπες καθορίζουν με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά μιας καμήλας την οποία δεν είδαν ποτέ τους. Όταν συναντούν έναν έμπορο που έχασε μια καμήλα την περιγράφουν τόσο πιστά που τους υποπτεύεται ότι την έκλεψαν. Στην ακρόαση που έχουν από τον τοπικό βασιλιά εξηγούν τον τρόπο με τον οποίο έφθασαν στα συμπεράσματά τους και συγκεκριμένα ότι η καμήλα:

- Είναι τυφλή από το δεξί μάτι γιατί στο δρόμο φαίνονται ίχνη από χόρτο που έχει φαγωθεί μόνο από την αριστερή πλευρά του όπου παρεμπιπτόντως είναι λιγότερο πράσινο από την αντίστοιχη δεξιά πλευρά.
- Έχει ένα δόντι χαμένο επειδή στο δρόμο υπήρχαν σποραδικά κομματάκια μισομασημένου χόρτου στο μέγεθος ενός δοντιού
- Έχει κάποιο πρόβλημα στο ένα της πόδι επειδή τα ίχνη δείχνουν τρία στιβαρά κι ένα αδύναμο σύρσιμο
- Μεταφέρει ένα δοχείο μέλι κι ένα δοχείο βούτυρο επειδή παρατηρήθηκαν σμήνη από μύγες και από μυρμήγκια στις δύο άκρες του δρόμου, τα οποία προφανώς έβρισκαν τροφή από τις μικροποσότητες που ξέφευγαν από τα δοχεία.
- Μεταφέρει μια γυναίκα επειδή κοντά σε κάποια σημεία όπου φαίνεται πως η καμήλα κάθισε υπήρχαν ίχνη ούρων με οσμή που πρόδιδε ότι ήταν γυναικεία.

Φυσικά αποδεικνύεται στο τέλος η ακρίβεια των λεγομένων των τριών πριγκίπων πλην όμως παραμένει για τους δυτικούς αναγνώστες του ποιήματος η ιδέα ότι ήταν μια εντελώς τυχαία συγκυρία.



Η τυχειότητα έχει γίνει φανερή σε μεγάλο αριθμό επιτευγμάτων της επιστήμης και της τεχνολογίας και άλλοτε μεν επιχειρείται να συγκαλυφθεί άλλοτε δε να τονιστεί, αναλόγως των επιδιώξεων των επιστημόνων που εμπλέκονται.

Η επιφοίτηση είναι κάτι άλλο το οποίο αποτελεί, τουλάχιστον για τους Χριστιανούς, ένα γεγονός σημαντικό στην ιστορία της εκκλησίας αλλά και αποδεκτό ως σημείο ότι ο δέκτης της έχει κάποιο προτέρημα ή κάποιο ειδικό χαρακτηριστικό που προκαλεί εμφάνιση της Θείας Χάριτος με τον τρόπο αυτό. Συνεπώς κάποιοι που επιχειρούν να δώσουν κύρος σε κάποιες θέσεις ή σκέψεις ή ανακαλύψεις τους μπορεί να επικαλεστούν ένα όνειρο ή μια σκέψη που τους εμφανίστηκε ξαφνικά ή μια ιδέα που τους φάνηκε καλή τη στιγμή που προσεύχονταν ή εκτελούσαν μια κοινή καθημερινή εργασία. Η συνηθισμένη πρακτική βεβαίως είναι η προσπάθεια να βρεθεί ένα θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο, μια οργανωμένη σκέψη και ένα πλήρες σχέδιο βάσει του οποίου πραγματοποιήθηκε η συγκεκριμένη ανακάλυψη. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχουν ή ανακλύπουν στοιχεία τα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την κατάρριψη των συγκεκριμένων αναφορών. Έτσι, στη σύγχρονη εποχή είμαστε πλέον σε θέση με σχετική ευκολία και ακρίβεια να προσδιορίσουμε το βαθμό στον οποίο μια ανακάλυψη οφείλεται σε τυχειότητα ή σε οργανωμένη προσπάθεια.

3. Ανακαλύψεις στην προϊστορία και την πρώιμη ιστορία του ανθρώπου

Προφανώς πολλές από τις ανακαλύψεις που πραγματοποιήθηκαν στην προϊστορία του ανθρώπου οφείλονται σε τυχαία γεγονότα αλλά και στην κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων των τυχαίων αυτών φαινομένων από κάποιους προγόνους μας που έτυχε να τα παρατηρήσουν από κοντά.

Φωτιά

Στην ουσία δεν πρόκειται για ανακάλυψη αλλά για τη διαδικασία της ελεγχόμενης και αποδοτικής χρήσης της. Οπωσδήποτε πυρκαγιές έκαιγαν τα αρχαία δάση όπως και στη σύγχρονη εποχή και ήταν καταστρεπτικές για τους κατοίκους τους περιλαμβανομένων των ανθρώπων. Η συλλογική μνήμη έχει μεταφέρει ως τη σύγχρονη πρώιμη ιστορική εποχή τους μύθους και τους θεούς της φωτιάς και του πολέμου που συνήθως καίνε τα πάντα στο καταστρεπτικό πέρασμά τους.

Η χρήση της φωτιάς κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες έδωσε τη δυνατότητα για καλύτερη ποιότητα ζωής με τη σταθερή θέρμανση σε περιόδους ψύχους, για το μαγείρεμα των τροφών και την εκκαθάριση δασικών περιοχών για την επέκταση της καλλιεργήσιμη γης όταν οι ανθρώπινες κοινότητες έπαψαν να είναι νομάδες και κυνηγοί. Επιπλέον παρείχε προστασία από τα άγρια ζώα και έδινε μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων καθώς μπορούσαν πλέον να οργανώσουν μια κατασκήνωση σχετικά εύκολα γύρω από μια κεντρική φωτιά κι όχι να ψάχνουν για κάποια σπηλιά ή συστάδα δέντρων ή κάτι ανάλογο για κατάλυμα.

Αρχαιολογικά στοιχεία δίνουν μέχρι στιγμής την πιο παλιά αναγνωρίσιμη χρήση της φωτιάς στην παλαιολιθική περίοδο και περίπου στα 790.000 π.Χ. Ωστόσο αυτό και άλλα αντίστοιχα παλιά ευρήματα δεν φαίνεται να είναι συνεχή και σταθερά αλλά μάλλον ευκαιριακά κι έτσι η απαρχή της χρήσης της φωτιάς από τον άνθρωπο μειώνεται περίπου στα 400.000 π.Χ.

Η χρήση της φωτιάς αποτέλεσε μεγάλο βήμα για την εξέλιξη του ανθρώπου όχι μόνο για άμεσα πρακτικούς λόγους όπως αυτοί που προαναφέρθηκαν αλλά κυρίως εξαιτίας της μαγειρικής που εξελίχθηκε άμεσα. Υποστηρίζεται από ορισμένους το ότι η μαγειρική έδωσε τη δυνατότητα σε πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες να μεταβολίζονται πιο εύκολα και να τροφοδοτούν με τον τρόπο αυτό πιο ικανοποιητικά τον ανθρώπινο εγκέφαλο με αποτέλεσμα να «προκαλέσουν» την ανάπτυξή του.



Σχήμα 1. Καλλιτεχνική απεικόνιση της πρώτης προσεκτικής χρήσης της φωτιάς και του Προμηθέα που κατά την Ελληνική μυθολογία την προμήθευσε στους ανθρώπους.

Η Ελληνική μυθολογία δίνει στη χρήση της φωτιάς τη σημασία που της αρμόζει και για το λόγο αυτό έχει επινοήσει το μύθο του Προμηθέα, ο οποίος προμηθεύει την ανθρωπότητα με το πολύ χρήσιμο αυτό εργαλείο και πληρώνει τις συνέπειες από τους άσπλαχνους και εγωκεντρικούς Ολύμπιους.

Κεραμικά

Τα κεραμικά είναι μια κατηγορία υλικών που χρησιμοποιήθηκαν πριν από αρκετό καιρό κυρίως για την αποθήκευση υγρών ή λεπτόκοκκων τροφών. Στη παλαιολιθική εποχή έχουν εντοπιστεί κοίλες πέτρες ή κοίλα κομμάτια κορμών δέντρων που είχαν χρήση ως δοχεία αποθήκευσης. Ο πηλός ως υλικό φαίνεται ότι ήταν γνωστός από αρκετά παλιότερα, όμως η πρώτη μέχρι σήμερα περίπτωση χρήσης σκευών κατασκευασμένων από πηλό για την αποθήκευση και τη μεταφορά προμηθειών και τροφών σχετίζεται με την περιοχή του Yuchanyan της κινεζικής επαρχίας Hunan και χρονολογείται στο 13.500 π.Χ.



Σχήμα 2. Κεραμικό τύπου Jomon από την Ιαπωνία. Είναι εντελώς χειροποίητο, δηλαδή χωρίς τη χρήση του γνωστού τροχού της κεραμικής. Η περίοδος του είδους αυτού της κεραμικής χρονολογείται από περίπου το 12.000 π.Χ.

Αγγείο από τη Μεσοποταμία του μέσου της 5^{ης} χιλιετίας π.Χ.

Ετρουσικό αγγείο των μέσων του 6^{ου} αιώνα π.Χ.

Γυαλί

Η πρώτη σκόπιμη χρήση υλικού από γυαλί πρέπει να τοποθετηθεί στην 4^η χιλιετία π.Χ. και η πηγή της είναι είτε η Μεσοποταμία είτε η Αίγυπτος. Καταρχήν χρησιμοποιήθηκε θραυσμένος χαλαζίας που θερμάνθηκε για να δημιουργήσει μια επίστρωση σε κεραμικά σκεύη. Αν αυτό είχε ως στόχο την προστασία των σκευών ή τον καλλωπισμό τους δεν είναι σαφές. Είναι σαφές πάντως ότι η αρχική ανακάλυψη οπωσδήποτε έγινε τυχαία όταν σε κάποιο καμίνι κατασκευής κεραμικών σκευών (ή ακόμη παλιότερα, σε μια μικρή τοπική φωτιά σε ένα οικισμό) κάποιο κεραμικό ή ένα θραύσμα του έμεινε στη φωτιά η οποία σβήστηκε με τη ρίψη άμμου. Κάποιοι υποστηρίζουν ότι η ανακάλυψη θα μπορούσε να έχει γίνει στη διαδικασία της μεταλλουργίας του χαλκού μέσα στο καμίνι. Πάντως η τακτική εμπορική επαφή Μεσοποταμίας και Αιγύπτου φανερώνει πως η ανακάλυψη, όπου κι αν πραγματοποιήθηκε αρχικά, διαδόθηκε γρήγορα.

Μια εξαιρετική τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα αυτό αποτέλεσε η κατασκευή του υλικού που είναι γνωστό ως φαγεντιανή (faïence). Το όνομα του υλικού έχει Ιταλική προέλευση και συγκεκριμένα τη μικρή πόλη Faenza όπου υπήρχαν κατά την Αναγέννηση πολλά εργαστήρια που κατασκεύαζαν υαλώματα κασσιτέρου για κεραμικά σκεύη. Η αρχαία φαγεντιανή είναι ένα υλικό που παρασκευάστηκε εξ ολοκλήρου χειροποίητα με στόχο την απομίμηση των

αστραφτερών πολύτιμων λίθων. Πρόκειται για καλά κονιοποιημένο χαλαζία στον οποίο προστίθεται πυριτική άμμος και ανθρακικό νάτριο. Η σύντηξη του μείγματος σε φούρνο δίνει το τελικό προϊόν, στο οποίο προσθήκη μικρών ποσοτήτων από μέταλλα όπως χαλκός, μαγγάνιο, κοβάλτιο κλπ δίνει μια ποικιλία χρωμάτων. Πολλά τεχνουργήματα από φαγεντιανή δεν φαίνεται να έχουν από μόνα τους επιφανειακό υάλωμα κάτι που σημαίνει ότι η αστραφτερή επιφάνεια δεν ήταν πάντα επιδιωκόμενο αποτέλεσμα αν και θα μπορούσε να προκύψει οποιαδήποτε στιγμή με μια σχετικά ήπια θέρμανση του αντικειμένου σε φούρνο.



Σχήμα 3. Δείγμα πρώιμου αντικειμένου από φαγεντιανή. Προέρχεται από το Μέσο Αιγυπτιακό Βασίλειο και χρονολογείται στην αρχή της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ.



Σχήμα 4. Δείγμα πρώιμων γυάλινων δοχείων Αιγυπτιακής προέλευσης που χρονολογούνται γύρω στα τέλη της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ. Είναι σε μεγάλο βαθμό αδιαφανή και το ένα έχει επίθεμα κόκκινης χρωστικής.

Αιγυπτιακής προέλευσης υλικό που φαίνεται πως αποτελεί τρόπο αποθήκευσης γυαλιού με ειδικό χρωματισμό (ίσως και άλλες ιδιότητες) για μελλοντική χρήση σε τεχνουργήματα.



Σχήμα 5. Ρωμαϊκά γυάλινα σκεύη όπως έχουν τοποθετηθεί σε προθήκη ιδιωτικής συλλογής.

Μεταλλουργία

Τεχνουργήματα από μεταλλικά υλικά έχουν βρεθεί σε αρχαιολογικές ανασκαφές ήδη από την 5^η χιλιετία π.Χ. οπότε είναι τεκμηριωμένο πως δεν υπήρχε καμία ιδιαίτερη γνώση των βασικών τεχνικών εκμετάλλευσης. Στην Αίγυπτο και την εγγύς Ανατολή μικροσκοπικά αντικείμενα που περιέχουν κυρίως σίδηρο ενώ η μεταλλουργία του χαλκού που είναι αρκετά πιο εύκολη έγινε γνωστή περίπου 20 αιώνες αργότερα, υποδεικνύουν ότι η πηγή των μετάλλων αυτών ήταν μετεωριτικής προέλευσης. Αυτό άλλωστε υποδεικνύει επιπλέον και η ανάλυση των υλικών όπου εμφανίζεται υψηλό ποσοστό νικελίου, κράματα του οποίου εμφανίζονται πολλές χιλιετίες αργότερα. Συνεπώς η χρήση κάποιων πηγών μετάλλου για την κατασκευή καταρχήν κοσμημάτων, οφείλεται στον τυχαίο πιθανότατα εντοπισμό των κόκκων του μετάλλου στο σώμα ενός μετεωρίτη. Προφανώς με βάση αυτή την παρατήρηση πρέπει να ξεκίνησε η διαδικασία τήξης κάποιων επιφανειακών πετρωμάτων σε απλούς φούρνους στην αρχή, έτσι ώστε να προσομοιωθεί κατά το δυνατόν η κατάσταση του υλικού όπως αυτό εμφανιζόταν στα μετεωρικά υπολείμματα. Στη συνέχεια, φυσικά, η προσπάθεια βελτίωσης του αποτελέσματος έδωσε τη δυνατότητα για κατασκευή καλύτερων φούρνων, στη συνέχεια καμινιών και με τη χρήση του ξυλάνθρακα αντί του φρέσκου ξύλου σταδιακά οδήγησαν στη δυνατότητα παραγωγής σιδήρου και κραμάτων του.

Τυχαίες πρέπει να ήταν και οι πρώτες διαδικασίες παραγωγής κραμάτων, κυρίως του μπρούτζου. Οι πρώτοι μπρούτζοι πρέπει να οφείλουν την ύπαρξή τους στις τυχαίες προσμίξεις άλλων στοιχείων στα ορυκτά του χαλκού που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και στην αδυναμία θεωρητικού υποβάθρου και τεχνικών δυνατοτήτων για καθαρισμό τόσο του

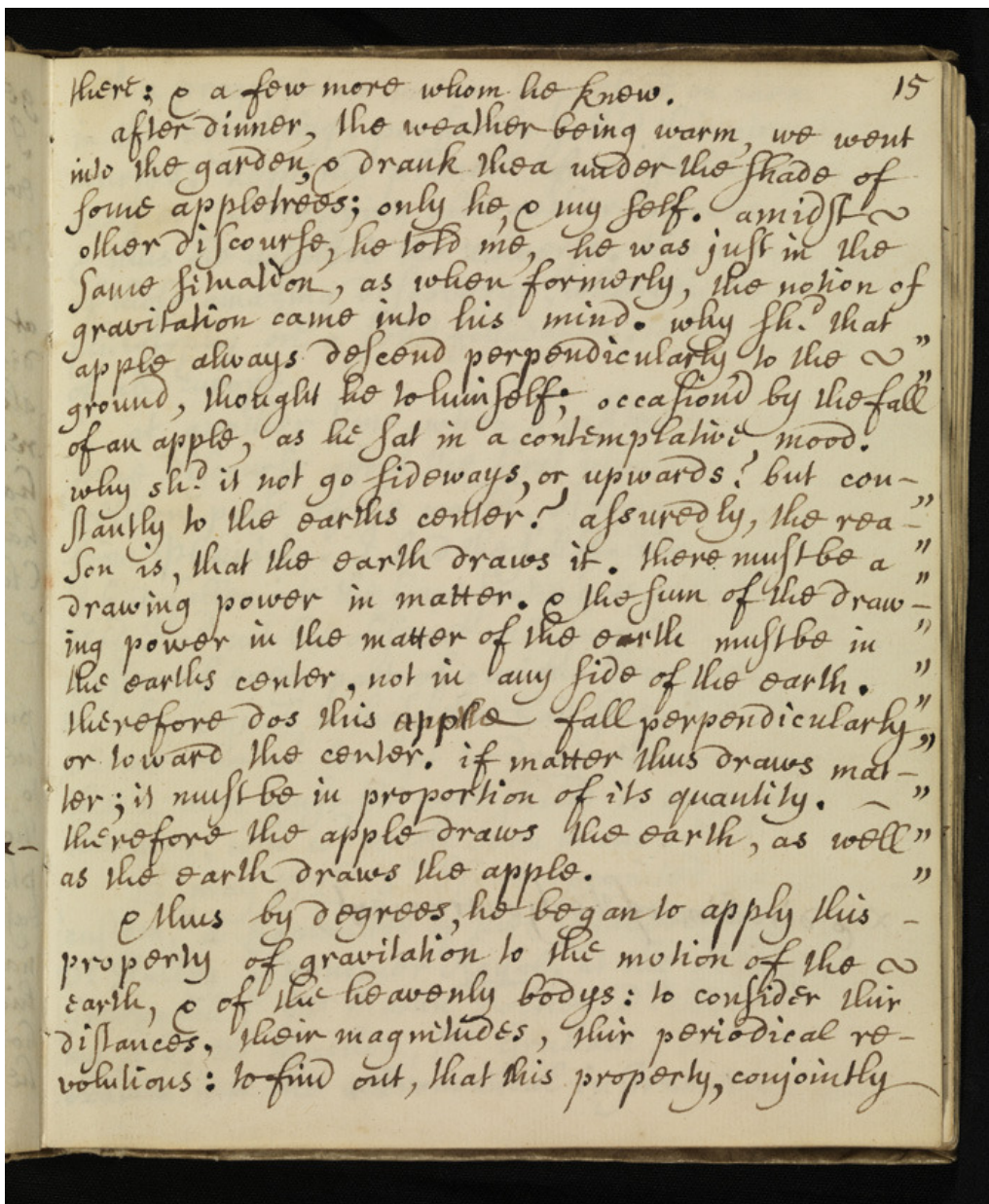
αρχικού μεταλλεύματος όσο και του τελικού προϊόντος. Ωστόσο αποδεικνύεται ότι η παρατήρηση και ο πειραματισμός έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη σταθεροποίηση των διαδικασιών. Έτσι, οι χημικές αναλύσεις αντικειμένων που εντοπίζονται μέσα σε στενά εδαφικά πλαίσια αποδεικνύουν ότι τα πρώιμα μεταλλικά αντικείμενα περιέχουν τις προσμίξεις σε ποσοστά που κυμαίνονται σημαντικά, ενώ με την πάροδο του χρόνου τα ποσοστά αυτά σταθεροποιούνται και οι διακυμάνσεις τους είναι σημαντικά μικρότερες. Για παράδειγμα, μια σειρά από μπρούτζινα αντικείμενα από τη σημερινή Μογγολία δείχνουν να περιέχουν κασσίτερο σε ποσοστό που αρχικά έχει μέση τιμή περίπου 4% αλλά με εξαιρετικά μεγάλη διακύμανση (από 0,5 ως 8,0%) κάτι που σημαίνει ότι ο κασσίτερος αυτός βρέθηκε κατά λάθος στα τελικά προϊόντα. Ωστόσο στην ίδια περιοχή και σε ανασκαφή που προσδιορίζεται σε εποχή περίπου 2 αιώνες αργότερα, το ποσοστό του κασσιτέρου είναι μικρότερο, με μέση τιμή περίπου 2,5% και διακύμανση από 1,9 ως 3,2% κάτι που υποδεικνύει ότι οι τεχνίτες του μετάλλου είχαν εντοπίσει τη σωστή πρόσμιξη και προσπάθησαν και πέτυχαν να έχουν μια σταθερή και επαναλήψιμη διαδικασία πιθανότατα βρίσκοντας καθαρό το συγκεκριμένο υλικό και προσθέτοντάς το στο μείγμα της κατεργασίας στο φούρνο έτσι ώστε να έχουν ομοιογενή υλικά. Στο απόγειο της εξέλιξης της τεχνικής, η κατασκευή των περίφημων Δαμασκηνών σπαθιών αποτελεί ακόμη και σήμερα ένα μυστήριο όσον αφορά την αντοχή τους αφού η τεχνική έχει χαθεί από καιρό λόγω της αχρησίας στην οποία περιέπεσε σταδιακά. Ωστόσο σύγχρονες μελέτες έχουν αποδείξει ότι εκτός των άλλων παραγόντων, ένας σημαντικός πρέπει να ήταν η δημιουργία στη μάζα του σπαθιού νανοσωλήνων από άνθρακα που οι εφαρμογές τους στη σύγχρονη τεχνολογία ακόμη διερευνώνται.



Σχήμα 6. Σύγχρονος τεχνίτης στην περιοχή του Μάλι στη δυτική Αφρική που προετοιμάζει μια διαδικασία μεταλλουργίας σιδήρου με ελάχιστη διαφοροποίηση από αυτή που ακολουθούσαν στις αρχές της λεγόμενης εποχής του σιδήρου. Δεξιά λεπτομέρεια από λεπίδα Δαμασκηνού σπαθιού.

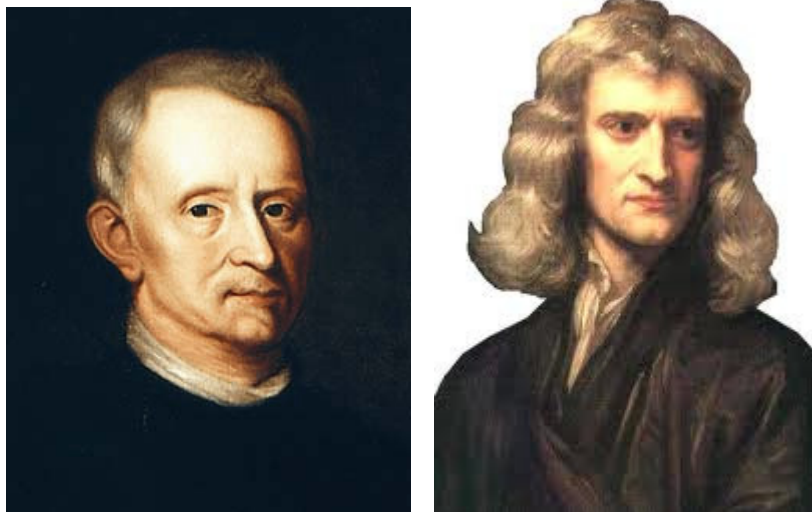
4. Το καίριο παράδειγμα του μήλου του Newton

Παρατίθεται στη συνέχεια το βασικό κείμενο της ιστορίας με το μήλο του Newton όπως αποκαλύφθηκε στα αρχεία της Βασιλικής Κοινότητας. Ο συγγραφέας του είναι ο William Stukeley που ασχολήθηκε συστηματικά με τη βιογραφία του Sir Isaak Newton και χρονολογείται στα 1752. Ο Stukeley βεβαίως καταγράφει αυτά που του περιέγραψε ο Newton, τον οποίο παρεμπιπτόντως θαύμαζε. Η ιστορία αναφέρεται στην περίοδο 1665-1667 οπότε ο νεαρός Newton αναγκάστηκε να απομακρυνθεί από το κολλέγιο όπου φοιτούσε για τον φόβο μιας επιδημίας.



Σχήμα 7. Αντίγραφο από την παρουσίαση της βιογραφίας του Newton από τον Stukeley, όπως διασώθηκε από τη Βασιλική Κοινότητα.

Η σκέψη για την αιτία που αναγκάζει το μήλο να πέφτει πάντοτε προς τη γη ήταν η αφετηρία για τη δημιουργία της θεωρίας της βαρύτητας. Ο Newton επανήλθε στο θεματικό χώρο της βαρύτητας και των αλληλεπιδράσεων των ουρανίων σωμάτων μετά από μια ανταλλαγή επιστολών με τον Robert Hooke που είχε αναλάβει καθήκοντα γενικού ελέγχου και εκτέλεσης των πειραμάτων που προτεινόταν στη Βασιλική Κοινότητα. Η ανταλλαγή των επιστολών στην περίοδο 1679-1681 είναι σχεδόν πλήρως καταγεγραμμένη και φαίνεται ότι οι δύο συζητούν εκτός των άλλων περί των δυνάμεων μεταξύ των σωμάτων γενικά αλλά κυρίως μεταξύ των ουρανίων σωμάτων. Ο Hooke είχε κάνει κάποιες αναφορές παλιότερα σε σχέση με τις δυνάμεις μεταξύ των πλανητών και του ήλιου ενώ φυσικά υπήρχαν από παλιότερα οι γνωστοί νόμοι του Kepler για την κίνηση των πλανητών. Η ιδέα του Hooke ήταν πως οι ελλειπτικές τροχιές των πλανητών που επιβεβαιωνόταν από τη θεωρία του Kepler προέκυπταν από τις κοινές έλξεις μεταξύ αυτών και του ήλιου. Επίσης είχε αναφερθεί από αρκετούς αλλά περιστασιακά, η άποψη πως τέτοιες αλληλεπιδράσεις θάπρεπε να είναι αντίστροφες ως προς την απόσταση των σωμάτων μεταξύ τους. Στα 1684 ο Newton προώθησε προς την Κοινότητα την αρχική βασική του εργασία πάνω στο θέμα της βαρύτητας και στη συνέχεια προχώρησε στη συγγραφή του συνολικού έργου που θεμελίωσε αυτό που είναι γνωστό ως «κλασική μηχανική».



Σχήμα 8. Απεικονίσεις των Hooke και Newton.

Ο Hooke αμέσως ήγειρε αξιώσεις ως προς την προτεραιότητα σχετικά με τη χρήση του αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης μεταξύ των αλληλεπιδρώντων σωμάτων. Λέγεται μάλιστα ότι για το λόγο αυτό το *Principia* (ο πλήρης τίτλος του συγγράμματος είναι, κατά την παράδοση της περιόδου γραμμένος στα Λατινικά και είναι *Philosophia Naturalis. Principia Mathematica*) δεν δημοσιεύτηκε ενωρίτερα παρότι ήταν ολοκληρωμένο. Φυσικά η

Κοινότητα δέχθηκε την αιτίαση του Newton πως ακόμη κι αν είχε μάθει από την αλληλογραφία του με τον Hooke την ιδέα για τη σχέση της δύναμης με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης, αυτό ήταν κάτι που είχε υποθεθεί και πριν από τον Hooke ενώ επιπλέον το είχε αποδείξει με σαφή και μαθηματικό τρόπο που δεν αναφερόταν σε κανένα από τα έγγραφα που αντάλλαξαν μεταξύ τους.

Κατά συνέπεια, η επίκληση από τον Newton του συμβάντος με το μήλο, το οποίο τοποθετείται στη χρονική περίοδο του 1665-1667, το απομακρύνει σημαντικά από την περίοδο κατά την οποία είχε τις επαφές με τον Hooke και με τον τρόπο αυτό, εδραίωνε την αυτοδύναμη ανάλυση του φαινομένου από τον Newton. Οπωσδήποτε πάντως το μήλο δεν έπεσε στο κεφάλι του παρατηρητή ενώ προφανώς ακόμη κι αν συνελήφθη εκείνη τη στιγμή η βασική ιδέα, η όλη νοητική διαδικασία που πρέπει να επακολούθησε θα απαιτίσει αρκετό καιρό για την ολοκλήρωσή της ενώ σίγουρα στηρίχθηκε και σε γραπτά κείμενα παλαιότερων ερευνητών που ασχολήθηκαν περιστασιακά με ανάλογα ζητήματα. Πάντως τίποτε από τα παραπάνω δεν μειώνει το εύρος και το βάθος της εισήγησης του Newton που γενίκευσε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ σωμάτων και όπως έχει γραφεί από κάποιους, «ένωσε τον ουρανό και τη γη» αφού οι ίδιοι νόμοι αποδίδονται σε όλα τα σώματα ανεξαρτήτως μεγέθους και άλλων χαρακτηριστικών της φυσικής τους κατάστασης.

5. Ο Kekulé και το φίδι

Η παλιότερη γνωστή περίπτωση τυχαίας έμπνευσης που σχετίζεται με το χώρο της Χημείας, αναφέρεται στην πρόταση για τη δομή των αρωματικών ενώσεων. Στην περίπτωση αυτή ο κύριος ερευνητής είναι που εισηγήθηκε την «επιφοίτηση» μέσω ενός ονείρου που είχε, ενώ είναι σαφές από τη μακρόχρονη και επιτυχή ενασχόλησή του με το αντικείμενο ότι ήταν γνώστης όλων των εξελίξεων στο χώρο και κατά συνέπεια απλώς έπρεπε με κάποιο τρόπο να συνδυάσει τα γνωστά στοιχεία. Φυσικά, όπως έχει γραφεί από πολλούς, η αλήθεια που γίνεται γνωστή στη συνέχεια αποδεικνύεται ότι ήταν πολύ απλό να ευρεθεί και με την έννοια αυτή πιθανότατα απαιτήθηκε κάποια στιγμή έξαρσης στις νοητικές διαδικασίες του Friedrich August Kekulé von Stradonitz (7-9-1829 – 13-7-1896) που όμως καθοδηγούνταν από ένα γενικό πλαίσιο αντιλήψεων και προσπαθειών για μια σειρά ετών.

Οι γνώσεις του είχαν ως πηγή τους προγενέστερους Williamson, Frankland, Odling, Laurent, Wurtz. Ο Kekulé ήταν ο κύριος εισηγητής της θεωρίας της χημικής δομής στο χρονικό διάστημα 1857-1858. Καταρχήν ήρθε η ανακοίνωση για το τετρασθενές του άνθρακα (*Über die s. g. gepaarten Verbindungen und die Theorie der mehratomigen Radicale. Annalen der Chemie und Pharmacie* **104**, 129–150, 1857) καθώς και η διαπίστωση του γεγονότος ότι τα

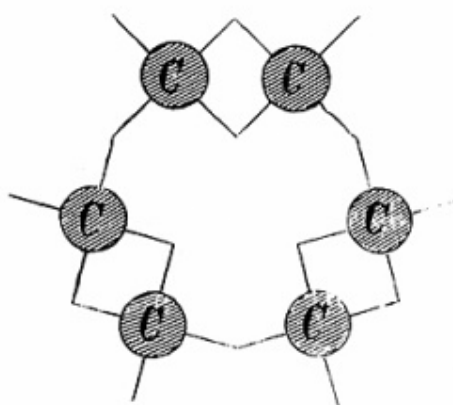
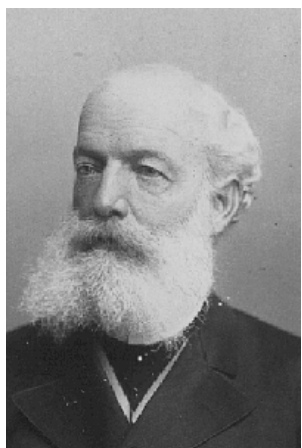
άτομα του άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας αλυσίδες (Ueber die Constitution und die Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs. *Annalen der Chemie und Pharmacie* **106**, 129–159, 1858). Φυσικά, λίγο αργότερα ακολούθησε μια ανάλογη, ανεξάρτητη ανακοίνωση από τον Couper (Archibald Scott Couper, 1831-1892) στην οποία μάλιστα ζωγράφιζε γραμμές για να δηλώσει τις συνδέσεις μεταξύ των ατόμων. Αυτές οι δύο αρχές είναι σίγουρο ότι σχημάτισαν τη σταθερή βάση για την εξαιρετικά γρήγορη ανάπτυξη της οργανικής χημείας στη συνέχεια. Η ιδέα της χημικής δομής, δηλαδή της διάταξης στο χώρο των ατόμων ενός μορίου, με συνδέσεις μεταξύ τους μέσω των καλούμενων από τον Kekulé «μονάδων συγγενείας» (Verwandtschaftseinheiten) στηρίχτηκε σε μια εκτενή σειρά παρατηρήσεων.

Ειδικά για το βενζόλιο, υπήρχε ένα σημαντικό πρόβλημα κι αυτό ήταν η γνωστή στοιχειομετρία του η οποία εμφάνιζε ένα εξαιρετικά μικρό ποσοστό από υδρογόνο. Από την άλλη υπήρχαν αρκετές παρατηρήσεις, οι οποίες μπορούν να γενικευτούν ως εξής:

Παρόλο που η στοιχειομετρία του βενζολίου προδίδει ένα ακόρεστο χαρακτήρα για την ένωση, δεν πραγματοποιούνται σ' αυτήν τυπικές αντιδράσεις προσθήκης όπως σε άλλα ακόρεστα οργανικά μόρια, ενώ πραγματοποιούνται αντιδράσεις αντικατάστασης.

Τα μονο- παράγωγα του βενζολίου είναι πάντοτε μοναδικά, δηλαδή δεν υπάρχουν ισομερή, υποδεικνύοντας ότι ο κάθε άνθρακας είναι ισότιμος με όλους τους άλλους στο μόριο.

Για τα δι- υποκατεστημένα παράγωγα του βενζολίου παρατηρήθηκαν πάντοτε τρία ισομερή. Για τα ισομερή αυτά ο Kekulé υπέθεσε ότι οι υποκαταστάτες βρίσκονται μεταξύ τους σε απόσταση ενός, δύο ή τριών ανθράκων αντίστοιχα, δηλαδή αντίστοιχα με τα τρέχοντα ορθο-, μετα- και παρα- παράγωγα.



Σχήμα 9. Απεικόνιση του Kekulé και της πρώτης πρότασης για τη διάταξη του μορίου του βενζολίου.

Δεν αποτελεί λοιπόν έκπληξη η πρόταση του Kekulé που ήρθε το 1865 με τη μορφή ενός σύντομου άρθρου (Sur la constitution des substances aromatiques. *Bulletin de la Societe Chimique de Paris* 3, 98–110, 1865), όπου προτείνει μια κυκλική δομή για το μόριο του βενζολίου, με διαδοχικούς απλούς και διπλούς δεσμούς μεταξύ των γειτονικών ατόμων άνθρακα. Η δομή αυτή ανταποκρίνεται στην ομοιομορφία των ανθράκων και στο γεγονός ότι τα μονο- παράγωγα του βενζολίου είναι μοναδικά. Ωστόσο η δομή αυτή αμφισβητήθηκε έντονα από πολλούς, μεταξύ των οποίων οι Kolbe και Ladenburg. Ο πρώτος θεωρούσε ότι η θεωρία διατυπώθηκε βεβιασμένα ενώ ο δεύτερος υπέδειξε ότι τα δι- παράγωγα του βενζολίου θα έπρεπε να είναι περισσότερα από τρία αφού θα μπορούσε το σημερινό ορθο- παράγωγο να είναι διαφορετικό αν μεταξύ των δύο ατόμων άνθρακα με την υποκατάσταση μεσολαβούσε απλός ή διπλός δεσμός. Τα ισομερή αυτά δεν ανιχνεύθηκαν ποτέ κι αυτό έδωσε στον Kekulé τη βάση για να διατυπώσει την πιο προχωρημένη από τις θεωρίες του, αυτή της «ταλάντωσης» του βενζολίου μεταξύ δύο ισοδύναμων δομών που διέφεραν στη σχετική θέση των απλών και διπλών δεσμών.



Σχήμα 10. Ουροβόρος. Κλασική αναγεννησιακή απεικόνιση και η περίφημη παράστασή του στο πρώιμο αλχημιστικό κείμενο «Η χρυσοποιεία της Κλεοπάτρας» που χρονολογείται στον 2^ο μ.Χ. αιώνα. Η γνωστική διστική ύπαρξη γίνεται φανερή με την ύπαρξη του λευκού και του μαύρου τμήματος. Το σύμβολο του ουροβόρου σχετίζεται με την προσπάθεια ανεύρεσης της λεγόμενης φιλοσοφικής λίθου.

Η σημασία της δομής του βενζολίου και κατ' επέκταση όλων των αρωματικών ενώσεων ήταν τόση ώστε η Γερμανική Χημική Κοινότητα οργάνωσε το 1890 έναν εορτασμό για τα 25 χρόνια από την πρόταση της δομής από τον Kekulé. Στον εορτασμό αυτό μίλησε ο ίδιος ο

Kekulé και αναφέρθηκε στο γεγονός ότι είχε ένα όνειρο κατά τη διάρκεια της ημέρας, στο οποίο είδε ένα φίδι να δαγκώνει την ουρά του. Η εικόνα αυτή δεν είναι βέβαια καθημερινό φαινόμενο στη ζωή αποτελεί όμως ένα γνωστό αλχημιστικό μοτίβο με τη μορφή του λεγόμενου ουροβόρου και προφανώς ήταν στο γνωστικό υπόβαθρο του Kekulé όπως και πολλών από τους ακροατές του. Κάτι ανάλογο είχε παρουσιαστεί μερικά χρόνια πριν από την ομιλία αλλά με τη μορφή αστείας απεικόνισης όπου το ρόλο των ατόμων άνθρακα έπαιζαν έξι πίθηκοι που σχημάτιζαν κύκλο καθώς κρατούσε ο καθένας την ουρά του γείτονά του (απόδοση του κειμένου στην Αγγλική, D. Wilcox and F. Greenbaum, *Journal of Chemical Education*, **42**, 266-267, 1965). Φαίνεται λοιπόν πως η ιστορία είχε κυκλοφορήσει από τον κύκλο του Kekulé και ήταν ήδη γνωστή όταν πραγματοποίησε την ομιλία του.

6. Η ανακάλυψη της δομής του ατόμου

Είδαμε ως τη στιγμή αυτή δύο περιπτώσεις σημαντικών ανακαλύψεων σχετικά με την εξέλιξη των επιστημών, για τις οποίες έχει γίνει επίκληση της θείας επιφοίτησης ή της αστραπιαίας έμπνευσης που έδωσαν το έναυσμα στους επιστήμονες να ασχοληθούν και να βρουν την τελική απάντηση στο ερώτημα που τους απασχολούσε. Είναι εμφανές ότι και στις δύο περιπτώσεις η αναφορά στην ακαριαία αυτή διαδικασία και στην επίκληση της τυχαιότητας της στιγμής που αυτή πραγματοποιήθηκε, δεν ευσταθεί και υπάρχουν γι' αυτό οι σχετικές υπόνοιες ή και μαρτυρίες. Στη συνέχεια όμως, θα πραγματευθούμε την ιστορική πορεία της μελέτης του ατόμου και της ανακάλυψης της δομής του, στην πορεία της οποίας συνδέονται και σχετίζονται μεταξύ τους πολλά φαινόμενα και διάφοροι τομείς της έρευνας. Στις περισσότερες περιπτώσεις των ανακαλύψεων νέων στοιχείων σχετικών με τη δομή και τη συμπεριφορά του ατόμου, η τυχαιότητα έπαιξε χωρίς αμφιβολία σημαντικό ρόλο.

Η ατομική θεωρία είναι το επόμενο χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός επιστημονικού επιτεύγματος που βασίστηκε, τουλάχιστον στο πρακτικό της μέρος, καθαρά στην τυχαιότητα. Η ατομική θεωρία του Dalton είχε λίγο ως πολύ γίνει αποδεκτή από το σύνολο των χημικών και των φυσικών περί τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ωστόσο το άτομο θεωρούνταν ακόμη ως ένα σύνολο συμπαγές κατά τα πρότυπα της αρχικής θεώρησής του από τον Δημόκριτο. Φυσικά υπήρχαν δεδομένα από τον κόσμο της πειραματικής Φυσικής καθώς και της Χημείας τα οποία υποδείκνυαν την ύπαρξη μιας εσωτερικής δομής του ατόμου, πράγμα εντελώς ασύμβατο προς την βασική του ιδιότητα, να είναι δηλαδή άτμητο. Εκείνο που έλλειπε από το σύνολο της επιστημονικής γνώσης του καιρού ήταν ο νους που θα συλλάμβανε την αντιστοιχία κάποιων φαινομένων και τη συσχέτιση των αποτελεσμάτων κάποιων πειραμάτων

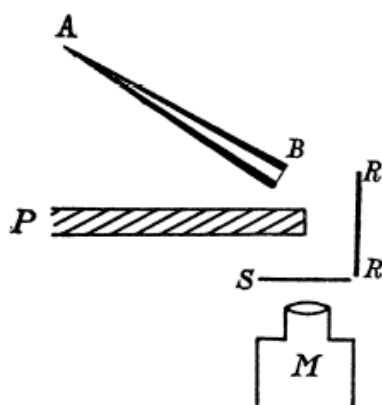
φαινομενικά άσχετων μεταξύ τους. Ο ιονισμός αερίων σε αερόκενους σωλήνες ήταν κάτι αρκετά γνωστό και πολλοί πειραματιζόταν με το κενό που δημιουργούσαν καθώς και με το είδος του αερίου. Στα 1897 ο J.J. Thompson κατανόησε ότι οι καθοδικές ακτινοβολίες που είχαν παρατηρηθεί σε αερόκενους σωλήνες και οι οποίες είχαν αποδειχθεί ότι εκτρέπονται με την εφαρμογή ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου, προερχόταν από το υλικό της καθόδου του σωλήνα και όχι από το ενδιάμεσο αέριο. Με τον τρόπο αυτό είχε ανιχνεύσει το πρώτο υποατομικό θραύσμα, το οποίο αργότερα ονομάστηκε ηλεκτρόνιο αφού θεωρήθηκε ότι έφερε τη βασική ιδιότητα του ηλεκτρισμού. Προφανώς λοιπόν ο Thompson σκέφθηκε ότι τα αρνητικά αυτά φορτία ήταν εντοπισμένα στο άτομο και επειδή τα υλικά που χρησιμοποιούνταν στις καθόδους των σωλήνων ήταν ουδέτερα, συμπέρανε ότι μέσα στο άτομο συνυπήρχαν ίσα σε αριθμό θετικά φορτία. Το πρώτο ατομικό πρότυπο είχε προταθεί και περιλάμβανε ένα συμπαγές άτομο όπου το θετικό φορτίο ήταν ομοιόμορφα κατανεμημένο ενώ σε διακριτά σημεία εντός αυτού εντοπιζόταν στοιχειώδη αρνητικά φορτία, τα ηλεκτρόνια. Το μοντέλο αυτό είναι γνωστό στις μέρες μας ως το μοντέλο της πουτίγκας από το αντίστοιχο γλυκό όπου στη μάζα του υπάρχουν σταφίδες. Το μοντέλο αυτό δεν έδινε όμως καμία ιδέα για το τι συνέβαινε μέσα στο άτομο και κυρίως για το πως η συγκέντρωση αυτή των φορτίων στο μικρό χώρο που το άτομο καταλάμβανε, έδινε σταθερότητα στο σύστημα.

Ο Rutherford στις αρχές του 20^{ου} αιώνα είχε δουλέψει για ένα διάστημα με τον Soddy, σε μια από τις πιο πετυχημένες επιστημονικές συνεργασίες και είχαν κάνει αρκετές προόδους πάνω στην αντιμετώπιση του ατόμου συνολικά. Είχαν δουλέψει και με τη ραδιενέργεια που ήταν τότε ένα από τα νέα και περίεργα φαινόμενα και είχαν διαπιστώσει την εκπομπή τουλάχιστον δύο ειδών ακτινοβολίας από τους ραδιενεργούς πυρήνες, τις οποίες χαρακτήρισαν ως άλφα και βήτα αντίστοιχα. Σύντομα απέδειξαν ότι η ακτινοβολία βήτα ήταν αντίστοιχη με τις καθοδικές ακτινοβολίες και κατά συνέπεια με τα ηλεκτρόνια που είχε προσδιορίσει ο Thompson. Για την ακτινοβολία άλφα ήταν γνωστό πως αποτελούνταν από σωματίδια τέσσερις φορές πιο βαριά από το άτομο του υδρογόνου και ακόμη πως ήταν φορείς θετικού φορτίου. Αργότερα έγινε κατανοητό ότι ήταν πυρήνες του στοιχείου ήλιου. Χρησιμοποιώντας μικρές ποσότητες ραδιενεργών υλικών ο Rutherford πραγματοποίησε, όπως και πολλοί άλλοι ταυτόχρονα, πειράματα εκτόξευσής τους εναντίον ποικίλων στόχων και μελέτης των αποτελεσμάτων αυτής της πρόσκρουσης. Με τη βοήθεια του Geiger (Hans Geiger, 1882-1945) που είχε κατασκευάσει κατάλληλα όργανα για την καταγραφή των ακτινοβολιών από τη ραδιενεργό διάσπαση πυρήνων, πραγματοποίησε σειρά πειραμάτων τα οποία δεν ερχόταν σε καμία εντυπωσιακή αντιδιαστολή προς το ατομικό μοντέλο του Thompson. Όπως αναμενόταν, το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό των σωματιδίων που εκπέμπονταν προς

ένα στόχο απλώς τον διαπερνούσαν ενώ μερικά εκτρέποταν σε μικρές γωνίες σε σχέση με την κατεύθυνση της αρχικής δέσμης. Την περίοδο 1908-1909 ο Geiger διαπίστωσε συσχέτιση της γωνίας σκέδασης με το ατομικό βάρος του υλικού του στόχου. Η πιθανότητα σκέδασης κατά μεγαλύτερες γωνίες ήταν εξαιρετικά μικρή και κανένας ποτέ δεν κατάλαβε γιατί ανατέθηκε στον Marsden, μεταπτυχιακό φοιτητή της περιόδου, ο εντοπισμός σωματιδίων α που θα σκεδαζόταν κατά γωνίες μεγαλύτερες από 90° , αυτός όμως γρήγορα διαπιστώθηκε πως για φύλλο χρυσού πάχους $0,00004\text{ cm}$ περίπου το 1 στα 10.000 σωματίδια α είχε σκεδαστεί κατά 180° . Εξαντλητικές μελέτες είχαν ως τελικό συμπέρασμα την πρόταση για την ύπαρξη ενός περιορισμένου χώρου, του πυρήνα, όπου ήταν συγκεντρωμένη η μεγάλη πλειοψηφία της μάζας του ατόμου. Μελέτες που έγιναν πάνω σε στόχους από ελαφρά μέταλλα, κατέγραψαν μετρήσιμη ανάδρομη κίνηση των πυρήνων, με συνέπεια τη δυνατότητα μέτρησης του φορτίου που αυτοί έφεραν. Δεδομένου ότι για το υδρογόνο είχε γίνει αποδεκτή η ύπαρξη της μονάδας φορτίων στο μόριό του αποδείχθηκε ότι, ο άνθρακας π.χ. έπρεπε να είχε έξι τέτοιες μονάδες στον πυρήνα του και κατά συνέπεια έξι αντίθετα φορτισμένες οντότητες γύρω του, ώστε το άτομο να εμφανίζεται ουδέτερο. Έτσι ο Rutherford επεξέτεινε την μαθηματικά αποδεδειγμένη θεώρηση πως ένα άτομο θα μπορούσε να είναι κατασκευασμένο στο πρότυπο του πλανήτη Κρόνου, με τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια σε ρόλο δακτυλίων. Η πρόταση αυτή είχε προηγηθεί κατά το 1904 από τον Ιάπωνα Hantaro Nagaoka (Philosophical Magazine Series 6, Volume 7, May 1904, p. 445-455 ενώ η αρχική ανακοίνωση πραγματοποιήθηκε στις 5 Δεκεμβρίου του 1903 στη Φυσικοχημική Κοινότητα του Τόκιο) αλλά η αποδοχή της μορφής των ηλεκτρονίων ως συμπαγών ή διάχυτων δακτυλίων γύρω από τον πυρήνα οδηγούσε σε μαθηματικές λύσεις που δεν έδιναν σταθερότητα στο σύστημα.



Σχήμα 11. Φωτογραφίες των Nagaoka και Rutherford.



Σχήμα 12. Περιγραφή της πειραματικής διάταξης του πειράματος του Rutherford όπως εμφανίστηκε στην αρχική της δημοσίευση. Στον σωλήνα AB είχε τοποθετηθεί το ραδιενεργό υλικό, η πλάκα μολύβδου P εξασφάλιζε ότι οι ακτίνες α από τον πομπό δεν θα μπορούσαν να πέσουν στο φθορίζον πέτασμα S παρά μόνο μετά την ανάκλασή τους στην επιφάνεια RR. Η παρατήρηση στο φθορίζον πέτασμα γινόταν μέσω του μικρής ισχύος μικροσκοπίου M.

Η πρόταση λοιπόν του Nagaoka, όσο κι αν φαινόταν θεωρητικά αστήρικτη ήταν λογικοφανής και από την άλλη βασιζόταν σε μια από τις παλιές αντιλήψεις των επιστημόνων για πλήρη αντιστοιχία του μακρόκοσμου στο μικρόκοσμο. Το πλανητικό μοντέλο δεν ήταν άγνωστο στον Rutherford όπως και η σχετική αδυναμία του μοντέλου του Nagaoka να εξηγήσει τη σταθερότητα του ατόμου, ωστόσο και το δικό του πλανητικό μοντέλο δεν αποτελούσε μια εξαιρετική βελτίωση. Οποσδήποτε όμως οι αρχικές μετρήσεις που ανατέθηκαν στον Marsden δεν είχαν νόημα εφόσον είχε διαπιστωθεί πολλαπλά πως η γωνία σκέδασης των ακτίνων άλφα ήταν μικρή και μάλιστα η πιθανότητα μειωνόταν δραστικά με την αύξησή της.

Η συνέχεια της διερεύνησης της δομής του ατόμου δίνει ακόμη μία περίπτωση όπου η τυχειότητα έπαιξε κάποιο ρόλο. Συγκεκριμένα ο Bohr προσπαθώντας να ερμηνεύσει τη σταθερότητα του ατόμου σύμφωνα με το πρότυπο του Rutherford το οποίο είχε ήδη ελεγχθεί και διαπιστωθεί η πραγματική του υπόσταση, βρέθηκε σε ένα αδιέξοδο. Ήταν οποσδήποτε εν γνώσει της σχέσης του Rydberg με βάση την οποία μπορούσε να γίνει ταξινόμηση των φασματικών γραμμών στα φάσματα εκπομπής διαφόρων ατόμων. Ο Rydberg είχε πραγματοποιήσει σειρά δοκιμών για τη συστηματοποίηση των φασματικών αυτών γραμμών και είχε καταλήξει στο ότι κάθε στοιχείο έδινε μια σειρά με ένα ανώτατο όριο και μια διαδοχή γραμμών που μπορούσαν να περιγραφούν με ένα βασικό τύπο, εφόσον η θέση της κάθε γραμμής εκφραζόταν σε κυματάρθρωτους (το αντίστροφο του μήκους κύματος).

Handwritten mathematical formula for the Rydberg formula, showing the relationship between the principal quantum number n and the Rydberg constant N_0 .

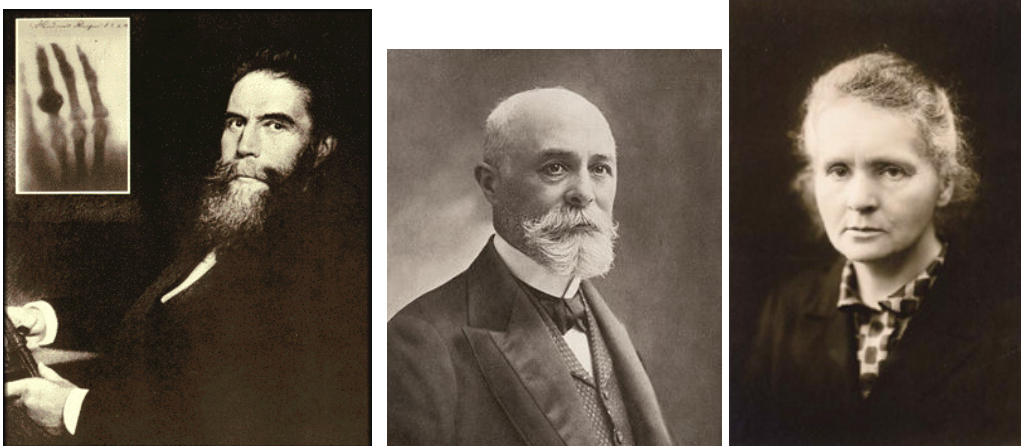
$$\frac{n}{N_0} = \frac{1}{(m_1 + c_1)^2} - \frac{1}{(m_2 + c_2)^2}$$

Σχήμα 13. Η πρώτη γραφή της εξίσωσης του Rydberg όπως παρουσιάστηκε στην εργασία του το 1888.

Επανεξετάζοντας τα αριθμητικά δεδομένα της εξίσωσης που είχε προτείνει ο Balmer για τις γραμμές του φάσματος εκπομπής του υδρογόνου, ο Bohr και ξαφνικά του ήρθε η έμπνευση πως οι ενέργειες που αντιστοιχούσαν στις φασματικές γραμμές σχετιζόταν όχι με τιμές ενέργειας αλλά με διαφορές ενέργειας μεταξύ διαφόρων ενεργειακών καταστάσεων στο άτομο. Αυτό αποτέλεσε τη βάση της πρότασής του για το άτομο και το ξεκίνημα της κβαντικής αντίληψης για το άτομο.

Σχετικό με τη δομή του ατόμου αλλά με έμμεσο τρόπο είναι και το επόμενο συμβάν, το οποίο αποτελεί κατεξοχήν παράδειγμα της τυχαίας ανακάλυψης. Ας σημειωθεί εδώ ότι μια ποικιλία φαινομένων και δραστηριοτήτων σε μεγάλο εύρος ερευνητικών περιοχών συνετέλεσαν στη διαμόρφωση της εικόνας για το άτομο και, κυρίως, του είδους των βασικών συστατικών του. Η ραδιενέργεια αποτελεί ένα από τα φαινόμενα αυτά. Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα μια από τις πιο σύγχρονες και ενδιαφέρουσες ανακαλύψεις ήταν οι λεγόμενες ακτίνες X. Η ανακάλυψη συνδέεται με το όνομα του Rontgen επειδή αυτός πρώτος πραγματοποίησε εκτενείς μελέτες πάνω στη φύση και τις ιδιότητές τους. Οι σωλήνες Crookes ήταν γνωστοί από το 1875 περίπου και περιλαμβανόταν σε μια ποικιλία πειραμάτων. Πολλοί είχαν παρατηρήσει ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες, κυρίως με την επίδραση μεγάλης διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων, παραγόταν δέσμες από ισχυρά διεισδυτικές ακτινοβολίες. Ο Rontgen απέδειξε πέραν πάσης αμφιβολίας ότι τα ηλεκτρόνια που εκπεμπούσαν από την κάθοδο αποκτούσαν κάτω από την επίδραση υψηλού δυναμικού μεγάλη κινητική ενέργεια με αποτέλεσμα να προκαλούν την εκπομπή νέας άγνωστης ακτινοβολίας από την άνοδο ή από όποιο σημείο του σωλήνα ερχόταν σε επαφή μαζί τους. Την ακτινοβολία αυτή την ονόμασε ακτινοβολία X και ενδιαφέρθηκε κυρίως για τη μεγάλη της διεισδυτικότητα. Η ακτινοβολία αυτή είχε γίνει φανερό ότι προκαλούσε φθορισμού αφού ήδη η πρώτη της ανίχνευση έγινε πάνω σε φθορίζον πέτασμα που ο Rontgen χρησιμοποιούσε για τα πειράματά του. Η μελέτη των ακτίνων X έγινε του συρμού και σε λίγους μήνες μετά την ανακοίνωση για την ύπαρξή τους πολλοί επιστήμονες πειραματιζόταν μ' αυτές. Μεταξύ αυτών ήταν ο Henri

Becquerel που ενδιαφερόταν για φαινόμενα φωσφορισμού που πιθανόν να ενεργοποιούσαν οι ακτίνες αυτές ή που να αποτελούσαν την πηγή τους. Η διαδικασία που ακολουθούσε στις μελέτες του ήταν να τυλίγει μια φωτογραφική πλάκα με μαύρο πισσόχαρτο και να τοποθετεί επάνω της κάποιο φωσφορίζον υλικό. Στη συνέχεια άφηνε το πακέτο κάτω από την επίδραση του ηλιακού φωτός και εμφάνιζε την φωτογραφική πλάκα ελπίζοντας να βρει σημεία προσβολής της που θα τα συσχέτιζε με την εκπομπή ακτίνων X από το φωσφορίζον ορυκτό. Οι μελέτες του δεν είχαν αποτέλεσμα μέχρις ότου χρησιμοποίησε κάποια ορυκτά του ουρανίου. Ένα εντελώς τυχαίο περιστατικό ακολούθησε όταν στη διάρκεια μιας συννεφιασμένης εβδομάδας ο Becquerel άφησε το πακέτο του στο συρτάρι του γραφείου του. Κανένας δεν μπορεί να εξηγήσει γιατί αποπειράθηκε να εμφανίσει την πλάκα στην οποία δεν θα περίμενε να δει τίποτε. Παρόλα ταύτα η πλάκα έδειξε σημεία προσβολής και όταν το πείραμα επαναλήφθηκε σε πλήρες σκοτάδι το αποτέλεσμα ήταν το ίδιο. Ακόμη κι όταν χρησιμοποιήθηκαν μη φωσφορίζοντα ορυκτά του ουρανίου το αποτέλεσμα ήταν το ίδιο κι έτσι η μόνη πιθανή εξήγηση ήταν μια ακτινοβολία προερχόμενη από το ίδιο το υλικό κι όχι από μια ακτινοβολία που το ενεργοποίησε. Μεταξύ των ερευνητών που ασχολήθηκαν με το φαινόμενο ήταν η Curie που ανακάλυψε και άλλα μεταλλικά στοιχεία που το εμφάνιζαν και μάλιστα απομόνωσε με τον τρόπο αυτό μερικά νέα στοιχεία. Επιπλέον, ο Rutherford και ο Soddy έδειξαν πρώτον μεν την εκθετική μείωση της ακτινοβολίας από κάθε υλικό και δεύτερον το γεγονός ότι η διαδικασία ήταν μια προσπάθεια των πυρήνων των ατόμων για σταθεροποίηση καθώς συχνά παρατηρούσαν ότι μετά την εκπομπή το υλικό είχε διαφοροποιηθεί, δηλαδή είχε επιτευχθεί μεταστοιχείωση.



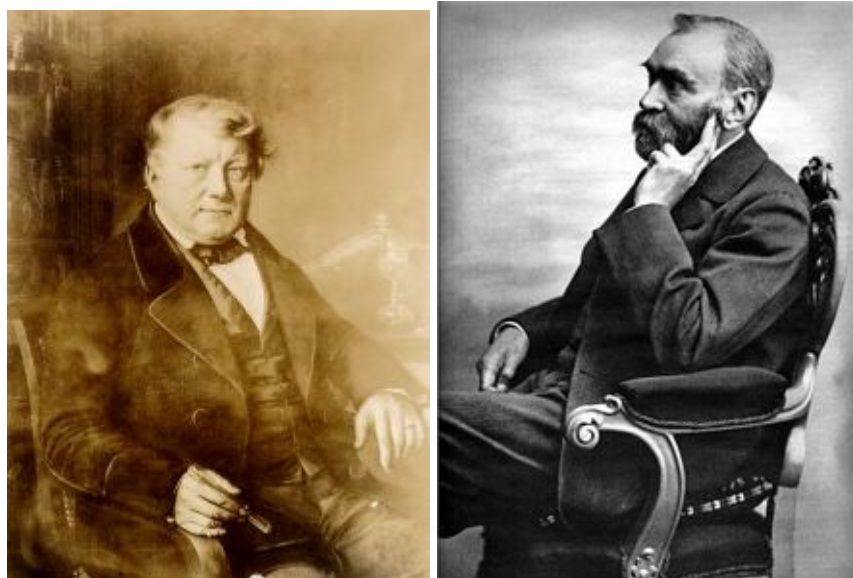
Σχήμα 14. Φωτογραφίες των Rontgen (με ένθετη την ακτινογραφία του χεριού της συζύγου του όπου φαίνεται και το δακτυλίδι που φορούσε), του Becquerel και της Curie.

7. Κατά τύχην εκρηκτικά

Εντελώς τυχαίο είναι το γεγονός ότι ο Schönbein (Christian Friedrich Schönbein, 18-10-1799 – 29-8-1868) ανακάλυψε την νιτροκελλουλόζη, το πρώτο από τα άκαπνα εκρηκτικά στα 1842. Αυτός είχε τη συνήθεια να πραγματοποιεί χημικά πειράματα στην κουζίνα του σπιτιού του αλλά η γυναίκα του, όπως είναι φυσικό, επιθυμούσε η κουζίνα της να είναι καθαρή και χωρίς μυρωδιές. Για το λόγο αυτό ο Schönbein εργαζόταν κατά την απουσία της και πάντοτε με βιασύνη καθώς προσπαθούσε να εξαφανίσει τα ίχνη της δραστηριότητάς του πριν την επιστροφή της. Σε μια τέτοια διαδικασία έχυσε κατά λάθος ένα μίγμα από πυκνό νιτρικό και πυκνό θειικό οξύ και στην προσπάθειά του να ελαχιστοποιήσει τις φθορές που αυτό θα προκαλούσε στον πάγκο και το πάτωμα της κουζίνας, άρπαξε μια βαμβακερή ποδιά της γυναίκας του και σκούπισε βιαστικά το υγρό. Κατόπιν τοποθέτησε την ποδιά μπροστά στο τζάκι με σκοπό να τη στεγνώσει και ανακάλυψε προς μεγάλη του έκπληξη ότι η ποδιά διασκορπίστηκε με μια αναλαμπή και χωρίς να δημιουργήσει καπνό. Φυσικά προχώρησε στη συνέχεια διερευνώντας με επιστημονικό τρόπο την αντίδραση καταλήγοντας να πατεντάρει το προϊόν. Η σύγχρονη εξήγηση του αποτελέσματος είναι η επιτυχής νίτρωση της κελλουλόζης της ποδιάς με την επίδραση του μείγματος των οξέων. Στη συνέχεια και με τη θέρμανση, οι νιτρικές ομάδες έδρασαν ως μια εσωτερική πηγή οξυγόνου και προχώρησαν στη βίαιη οξειδωση της ποδιάς. Το προϊόν ήταν εξαιρετικό από πολλές απόψεις όσον αφορά τις πολεμικές εφαρμογές του. Στο πεδίο των μαχών, οι πυρίτιδες που ήταν σε χρήση δημιουργούσαν μεγάλες ποσότητες καπνού οι οποίες κάλυπταν το πεδίο και δημιουργούσαν αποθέσεις ανεπιθύμητες στα όπλα, κάτι που δεν συνέβαινε με την βαμβακοπυρίτιδα όπως ονομάστηκε το νέο προϊόν.

Εκρηκτική ήταν και η ανακάλυψη του Nobel που πραγματοποιήθηκε το 1875. Η προηγούμενη μεγάλη ανακάλυψή του ήταν ο δυναμίτης που στην ουσία αποτελούσε μια έξυπνη προσπάθεια αποθήκευσης και μεταφοράς της εκρηκτικής νιτρογλυκερίνης. Η λύση που είχε δώσει το 1867 ο Nobel και η οποία του απέφερε μεγάλα κέρδη ήταν η χρήση ενός πρόσθετου υλικού, αδρανούς και ελαφρού, της λεγόμενης «γης διατόμων» και η κατεργασία του μείγματος σε ράβδους. Την επόμενη χρονική περίοδο ο Nobel προσπαθούσε να πετύχει τη συνένωση της νιτρογλυκερίνης με τη νιτροκυτταρίνη ή άλλα αντίστοιχα εκρηκτικά παράγωγα. Φυσικά ήταν γνώστης των ιδιοτήτων πολλών χημικών ενώσεων πολλές από τις οποίες χρησιμοποιούσε στο εργαστήριό του. Μια απ' αυτές ήταν το κολλώδιο, δηλαδή ένα πυκνόρρευστο υγρό που αποτελεί διάλυμα νιτροκελλουλόζης σε αιθέρα και αλκοόλη. Η κύρια χρήση του υλικού στα εργαστήρια ήταν η αεροστεγής απόφραξη κενών σε συσκευές καθώς και η κάλυψη τραυμάτων για αποφυγή μολύνσεων. Και οι δύο εφαρμογές στηρίζονται

στη σχετικά εύκολη εξάτμιση των διαλυτών που αφήνουν ένα στερεό συμπαγές και σχετικά ελαστικό υλικό που επικαλύπτει ακριβώς την περιοχή στην οποία εφαρμόζεται. Σύμφωνα με την περιγραφή του ίδιου του Nobel, ξύπνησε ένα βράδυ από τον πόνο ενός τραύματός του που το είχε καλύψει με κολλώδιο το προηγούμενο απόγευμα και τότε του ήρθε ξαφνικά η ιδέα να χρησιμοποιήσει αυτό το υλικό για να εγκλείσει μέσα του τη νιτρογλυκερίνη. Αμέσως άρχισε να εργάζεται πάνω στην ιδέα αυτή και το πρωί είχε στα χέρια του το πρώτο πλαστικό εκρηκτικό που είχε ακόμη μεγαλύτερη επιτυχία από το δυναμίτη αφού μπορούσε να σχηματοποιηθεί περίπου όπως επιθυμούσε ο χρήστης. Το υλικό βρήκε μεγάλη εφαρμογή στις μεταλλευτικές διαδικασίες καθώς μπορούσε να τοποθετηθεί μέσα στις πρώτες τρύπες που δημιουργούνταν στο πέτρωμα και ήταν πολύ δραστικό κατά την έκρηξή του.

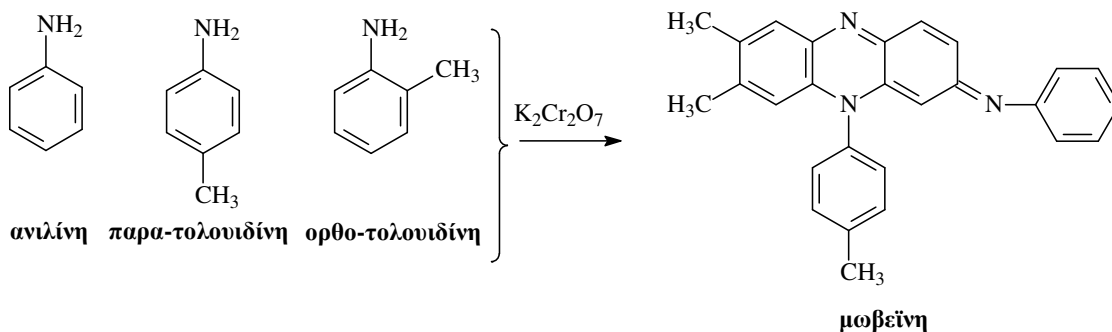


Σχήμα 15. Φωτογραφίες των Schönbein και Nobel.

8. Βαφές και χρωστικές που ανακαλύφθηκαν κατά τύχη

Η σύνθεση αρκετών από τις χρωστικές πραγματοποιήθηκε κατά λάθος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν η μωβείνη και η φθαλοκυανίνη. Η μωβείνη είναι για την ακρίβεια η πρώτη χρωστική που συντέθηκε και μάλιστα εντελώς κατά λάθος αφού ο Perkin προσπαθούσε, σύμφωνα με προτροπή του καθηγητή του Hoffman να βρει τρόπο σύνθεσης της κινίνης που ήταν γνωστό και χρήσιμο φάρμακο κατά της ελονοσίας. Η αντίδραση που επιχείρησε ήταν οξείδωση με διχρωμικό κάλιο ανιλίνης, η οποία όμως αντέδρασε με προσμίξεις τολουιδίνης που περιείχε κι έδωσε ένα τυπικό «άχρηστο» μαύρο λάδι. Κατά τη διαδικασία καθαρισμού του σκεύους της αντίδρασης και την έκπλυση με αιθανόλη, ο Perkin διαπίστωσε ότι δημιουργήθηκε ένα ιώδες διάλυμα. Όταν διαπίστωσε ότι το διάλυμα αυτό

μπορούσε να βάψει ίνες βαμβακιού και μεταξιού, επεξέτεινε την έρευνά του, βελτιστοποίησε τη διαδικασία σύνθεσης και έθεσε τις βάσεις για βιομηχανική του παρασκευή με την οποία ασχολήθηκε εμπορικά για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η χρονιά ήταν το 1856 και θεωρείται από πολλούς όχι μόνο η απαρχή της εφαρμοσμένης συνθετικής οργανικής χημείας ή της βιομηχανίας των χρωστικών αλλά ακόμη και της βιομηχανικής χημείας.



Σχήμα 16. Ένα γράμμα του γιού του Perkin με ένα δείγμα υφάσματος βαμμένου με τη συνθετική χρωστική μωβείνη και συνοπτική παρουσίαση της αντίδρασης σύνθεσης της ένωσης.

Η χρωστική με το όνομα ινδικό είχε φυτική προέλευση και χώρα καταγωγής την Ινδία και συγκεκριμένα το φυτό με το όνομα *Indigofera tinctoria*. Η χρωστική ήταν γνωστή ήδη κατά τους Ελληνιστικούς χρόνους όπου και αποδίδεται η ονομασία της ως «ινδικόν» σύμφωνα με τις αντιλήψεις και τις συνήθειες των Ελλήνων. Η χρήση του διαδόθηκε στην Ευρώπη κατά τον 13^ο αιώνα σε μεγάλη έκταση οπότε και αντικατέστησε κάποιες τοπικές χρωστικές ανάλογου χρώματος, έφθασε δε να θεωρηθεί από τον Newton ένα ξεχωριστό χρώμα στο φάσμα των γνωστών και αποδεκτών ως διακριτών χρωμάτων. Η παραγωγή του αναφέρεται

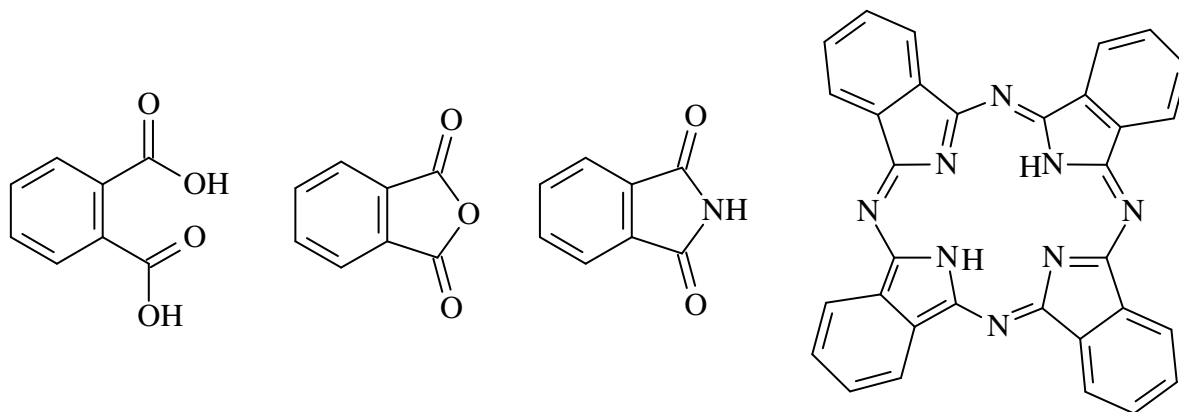
από κάποιες πηγές πως έφθασε τους 19.000 τόνους κατά το 1897. Ήδη από το 1865 ο Baeyer επιχειρούσε να παρασκευάσει συνθετικά τη χρωστική, ξεκινώντας από ισατίνη (1878) ή 2-νιτροβενζαλδεΐδη (1880) μεταξύ των άλλων, ωστόσο η βιομηχανική παρασκευή δεν ήταν πρακτική και οι ερευνητικές προσπάθειες συνεχιζόταν σε πολλές βιομηχανίες. Όταν στα εργαστήρια της BASF ένας χημικός ονόματι Sapper προκάλεσε ένα ατύχημα, το θερμόμετρο που χρησιμοποιούσε έσπασε πάνω από ένα δοχείο όπου έβραζε ένα μείγμα ναφθαλινίου και αμιζόντος θειικού οξέος. Ο θειικός υδράργυρος που σχηματίστηκε έδρασε ως καταλύτης στο σχηματισμό του φθαλικού ανυδρίτη. Με βάση την παρατήρηση αυτή, ο Karl Neumann προχώρησε στη μετατροπή του ανυδρίτη στη χρωστική ινδικό σε βιομηχανική κλίμακα ήδη από το 1897, κλονίζοντας αρχικά και καταργώντας τελικά τη βιομηχανία παραγωγής φυσικού ινδικού. Σε τυχαίες καταρχήν παρατηρήσεις οφείλεται η ανακάλυψη αρκετών ακόμη χρωστικών, όπως για παράδειγμα των φθαλοκυανινών, κάτι που στηρίζεται στον εντελώς διαφορετικό προσανατολισμό των αρχικών πειραμάτων κατά τη διάρκεια των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες σχετικές παρατηρήσεις.



Σχήμα 17. Το φυτό παραγωγής της χρωστικής «ινδικόν» και μεταξωτό ύφασμα βαμμένο με τη χρωστική αυτή.

Παράγωγα του φθαλικού οξέος ή του αντίστοιχου ανυδρίτη ήταν γνωστά από αρκετά παλιά και μάλιστα έχουν αναφερθεί οι συνθέσεις ενώσεων με κυανό κυρίως χρώμα ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα (A.Braun, J.Tcherniac, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, **1907**, 40, 2709). Βρωμο- ή άμινο- υποκατεστημένα παράγωγα του οξέος καθώς και το αντίστοιχο νιτρίλιο έχουν λάβει μέρος σε αντιδράσεις κατά τις οποίες παρασκευάστηκαν ανάλογες χρωστικές, ωστόσο συχνά η μελέτη τους παρέμενε στις βασικές χημικές ιδιότητες και δεν προχωρούσε σε εφαρμογή τους (H. de Diesbach, E. von der Weid, *Helvetica Chimica Acta*, **1927**, 10, 886). Ωστόσο η ανακάλυψη των φθαλοκυανινών αποδίδεται στον A.G. Dandridge που εργαζόταν στην Scottish Dyes Ltd. αφού προχώρησε στη διερεύνηση της δομής του κυανού προϊόντος που εμφανίστηκε στο άκρο του χαρτιού που

χρησιμοποίησε για να μεταφέρει τηγμένο φθαλικό ανυδρίτη. Η ένωση αποδείχθηκε ότι ήταν σύμπλοκο του σιδήρου και στη συνέχεια μελετήθηκε ως προς τη δυνατότητα σχηματισμού ανάλογων ενώσεων με άλλα μέταλλα από τα οποία ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε αυτή με τον χαλκό (είναι σε ευρεία χρήση και έχει το όνομα Monastral Blue). Ο σίδηρος είχε προκύψει στο αρχικό δείγμα επειδή η διαδικασία που πραγματοποιήθηκε ήταν σύνθεση φθαλιμιδίου και η απαιτούμενη υψηλή θερμοκρασία επιτυγχανόταν μέσα σε κλειστά σιδερένια δοχεία.



Σχήμα 18. Δομές του φθαλικού οξέος, του φθαλικού ανυδρίτη, του φθαλιμιδίου και του βασικού σκελετού της φθαλοκυανίνης;

9. Πολυμερή και συνθετικές υφάνσιμες ύλες

Για πολλά χρόνια τα πολυμερή υλικά δεν ήταν γνωστά και προφανώς δεν ήταν και μελετημένα. Ο λόγος γι αυτό ήταν η αντίληψη των χημικών πως μια καθαρή ουσία είναι απαραίτητα κρυσταλλική ή μπορεί να ανακρυσταλλωθεί με την κατάλληλη διαδικασία, δηλαδή να βρεθεί ένα μείγμα διαλυτών στο οποίο καταρχήν να διαλύεται αρκετά αλλά με την πάροδο του χρόνου και καθώς αυτό θα εξατμίζεται η αύξηση της συγκέντρωσής της να οδηγεί στην καταβύθιση κρυσταλλικού προϊόντος. Έτσι μόνο κατά τύχη εξετάστηκαν από κάποιους ουσίες που ήταν άμορφα στερεά ή ελαιώδη υγρά. Η χημεία των πολυμερών αποτελεί σήμερα ένα από τους πιο ενδιαφέροντες κλάδους έρευνας της Χημείας καθώς πολλά υλικά είναι πολυμερή ενώ και αρκετές από τις γνωστές συνθετικές υφάνσιμες ύλες που αντικατέστησαν τα κλασικά μάλλινα και βαμβακερά υφάσματα είναι προϊόντα πολυμερισμού. Στη συνέχεια περιγράφονται μερικές περιπτώσεις υφανσίμων υλών που η ανακάλυψή τους έγινε είτε εντελώς τυχαία είτε στην πορεία για την παρασκευή κάποιου άλλου προϊόντος.

Σελουλόιντ

Ένα ατύχημα με κολλώδιο αναφέρεται πως αποτέλεσε την αρχή της προσπάθειας και της τελικής επιτυχίας στην παρασκευή ενός συνθετικού υλικού ως υποκατάστατου του φυσικού ελεφαντόδοντου. Ο John Wesley Hyatt (28-11-1837 – 10-5-1920) ερευνούσε το αντικείμενο με τον αδελφό του, πιθανότατα με στόχο την κατασκευή φθηνών μπαλών για μπιλιάρδο. Ασφαλώς και άλλοι πριν απ' αυτόν παρατήρησαν το σχετικά ελαστικό αλλά συνεχές λεπτό υμένιο που άφηνε πίσω του το κολλώδιο που χυνόταν, αυτός όμως συνέχισε την έρευνά του ξεκινώντας την προσπάθεια από το να χρησιμοποιήσει το κολλώδιο ως το συγκολλητικό μέσο στο υλικό που είχε στο μυαλό του. Τελικά το κατάφερε προσθέτοντας καμφορά και αλκοόλη και κατεργαζόμενος το μείγμα υπό πίεση. Το υλικό πατενταρίστηκε με το όνομα σελουλόιντ (Celluloid) το 1870 και ήταν από τα πιο επιτυχημένα νέα υλικά αφού βρήκε εφαρμογές σε μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων όπως την κατασκευή κουμπιών, κολάρων, λαβών για μαχαίρια κλπ. Αναφορές στην παρασκευή ανάλογων προϊόντων είχαν προϋπάρξει αλλά ποτέ δεν βρήκαν απήχηση στην αγορά και για το λόγο αυτό η ανακάλυψη αποδίδεται στον Hyatt.

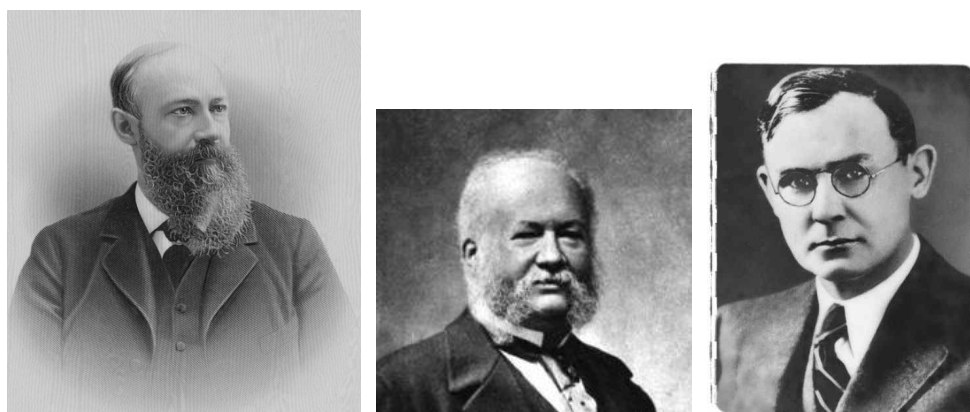
Συνθετικό μετάξι (rayon)

Το 1878 η νιτροκελλουλόζη ήταν πια πολύ γνωστή για τις εφαρμογές της όπως στη φωτογραφία. Στο σκοτεινό θάλαμο όπου εργαζόταν ο Hilaire de Chardonnet (1-5-1839 – 11-3-1924) προσπαθώντας να καθαρίσει τα υπολείμματα από ένα μπουκάλι του υλικού που είχε σκορπίσει κατά λάθος, παρατήρησε ότι αυτά σχημάτιζαν ίνες. Παλιότερα είχε ασχοληθεί υπό την επίβλεψη του Pasteur με τις διαδικασίες προστασίας της γαλλικής παραγωγής μεταξιού από επιδημίες που έβλαπταν τους μεταξοσκώληκες και προφανώς του είχε μείνει η ιδέα πως θα μπορούσε με κάποιο τρόπο να παράγει ένα συνθετικό ανάλογο του μεταξιού. Έτσι η ινώδης μορφή του στερεοποιημένου κολλωδίου του κίνησε το ενδιαφέρον. Το καθοριστικό προϊόν ήταν ένας πολτός από τα φύλλα του φυτού που αποτελούσε την τροφή των μεταξοσκωλήκων που τον κατεργαζόταν με μείγμα από νιτρικό και θειικό οξύ. Κατόπιν το προϊόν διαλυόταν σε μείγμα από αιθέρα και αλκοόλη, από το οποίο παραγόταν ίνες του και στέγνωσαν με ρεύμα θερμού αέρα. Το υλικό αυτό ονομάστηκε rayon το 1924.

Νάυλον

Η ανακάλυψη του υλικού δεν είναι τυχαία επειδή ακριβώς τη δομή μερικών φυσικών πολυμερών υλικών ερευνούσαν στα εργαστήρια της Du Pont με στόχο να την μιμηθούν σε κάποια συνθετικά προϊόντα. Ωστόσο η ακριβής στιγμή της ανακάλυψης οφείλεται στη διάθεση για διασκέδαση περισσότερο και για παιχνίδι κάποια στιγμή που απουσίαζε ο

προϊστάμενος Wallace Hume Carothers. Ένας από τους χημικούς που εργαζόταν με πολυεστέρες παρατήρησε ότι αν έπιανε με την άκρη ενός λεπτού γυάλινου ραβδιού μια ποσότητα του μαλακού προϊόντος μπορούσε να το τραβήξει έξω από το διάλυμα στο ποτήρι του σχηματίζοντας ένα νήμα. Παίζοντας λοιπόν κάποια στιγμή αποφάσισαν να τρέξουν με το γυάλινο ραβδί στο χέρι πάνω και κάτω στο διάδρομο του εργαστηρίου για να δοκιμάσουν την ικανότητα του μείγματος να παράγει ένα νήμα. Στη διαδικασία αυτή παρατήρησαν ότι το νήμα μεν μπορούσε να επεκταθεί για αρκετά μέτρα, παράλληλα όμως φαινόταν να γίνεται πιο στέρεο. Επειδή όμως τα υλικά αυτά είχαν χαμηλά σημεία τήξης, το ενδιαφέρον τους στράφηκε σε κάποια άλλα πολυμερή που παρασκεύαζαν παράλληλα, τα πολυαμίδια. Ένα αντίστοιχο παιχνίδι με κάποια αποθηκευμένα προϊόντα σύνθεσης πολυαμιδίων έδειξε ότι αυτά έδιναν κάτω από τις ίδιες συνθήκες αρκετά πιο σταθερά νήματα. Η ακριβής ημερομηνία της σύνθεσης του γνωστού ως νάυλον 6-6 από την αντίδραση του αδιπικού οξέος με την εξαμθυλενοδιαμίνη δίνεται από τα αρχεία της εταιρείας ως 28-2-1935.



Σχήμα 19. John Wesley Hyatt, Hilaire de Chardonnet, Wallace Hume Carothers.

Τεφλόν

Τεφλόν είναι η εμπορική ονομασία ενός πολύ(τετραφλουοροαιθάνιου) πολύ γνωστού στο κοινό σε μη συγκολλητικά σκεύη. Ανακαλύφθηκε τυχαία από τον Roy Plunkett, έναν νεαρό χημικό με πρόσφατο το διδακτορικό του που εργαζόταν για την Du Pont. Προσπαθούσε να παράγει ένα μη τοξικό ψυκτικό από τετραφθορεθυλένιο και μια μέρα άνοιξε έναν γεμάτο κύλινδρο που περιείχε το συγκεκριμένο «αέριο» και δεν βγήκε τίποτε. Το βάρος όμως έδειχνε ότι ο κύλινδρος ήταν γεμάτος, η βαλβίδα δούλευε αλλά καμία ποσότητα από αέριο δεν έβγαινε έξω. Αντί να ψάξει για καινούριο κύλινδρο, ο Plunkett ερεύνησε περαιτέρω για να ανακαλύψει πώς μια πρακτικά άδεια δεξαμενή μπορούσε παρόλα αυτά να είναι φαινομενικά γεμάτη. Πριόνισε το μισό του κυλίνδρου, μια επικίνδυνη εργασία δεδομένου ότι οποιαδήποτε

στιγμή μπορούσε να γίνει έκρηξη, και ανακάλυψε ότι το αέριο είχε μετατραπεί σε κηρώδη λευκή σκόνη. Αρκετά πολυμερή ήταν γνωστά ως τότε και αυτός αντιλήφθηκε τι σήμαινε η παρατήρησή του, παρόλο που κανένας μέχρι τότε δεν είχε πολυμερίσει τετραφθοροαιθυλένιο. Το ερεύνησαν περαιτέρω, βρήκαν τον καταλληλότερο τρόπο να συνθέτουν το υλικό αυτό κι έτσι ιδρύθηκε μια βιομηχανία πολλών εκατομμυρίων δολαρίων.



Σχήμα 20 . Αντικείμενα κατασκευασμένα ή επιστρωμένα με τεφλόν, που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή ζωή και βοηθούν στο να βελτιώνουν την ποιότητά της.

Πολυαιθυλένιο

Το πολυαιθυλένιο έχει πιθανόν μεγαλύτερη επίπτωση στην καθημερινή ζωή μας ακόμη κι από το Τεφλόν και ήταν ένα από τα πρώτα πλαστικά που ήλθαν σε κοινή χρήση . Και αυτό ανακαλύφθηκε τυχαία και η ανακάλυψη οφείλονταν σε διαρρέοντα και βρώμικο εξοπλισμό. Ανακαλύφθηκε πρώτα από δύο χημικούς, τον Eric Fawcett και τον Reginald Gibson το 1933 όταν πραγματοποίησαν αντίδραση αιθυλενίου και βενζαλδεύδης σε υψηλή πίεση. Η αντίδραση κανονικά δεν θα έπρεπε να είχε συμβεί αλλά παρόλα αυτά έδωσε προϊόν επειδή έδρασε ως καταλύτης μικρή ποσότητα οξυγόνου που είχε παραμείνει στον σωλήνα. Τα πρώτα δείγματα πολυαιθυλενίου είχαν παρασκευαστεί το 1933, αλλά τα πειράματα ήταν δύσκολο να αναπαραχθούν. Οι M.W. Perrin και J.C.Swallow στο Imperial Chemical Industries. Προσπάθησαν ξανά το 1935 με καλύτερες συσκευές και σε θερμοκρασία 180° C η πίεση έπεσε και αντλήθηκε περισσότερο πολυαιθυλένιο. Οκτώ γραμμάρια στερεού πολυαιθυλενίου είχαν κατασκευασθεί με τη διαδικασία αυτή αλλά αυτοί παρατήρησαν ότι η πτώση πίεσεως ήταν μεγαλύτερη από αυτήν που αναμένονταν και υποψιάστηκαν κάποια διαρροή. Ο J.C.Swallow γράφει στο βιβλίο του Η ιστορία του πολυαιθυλενίου (1960). Τρία χρόνια πιο πριν ο Αμερικανός χημικός πολυμερών Carl S. Marvel κατασκεύασε πολυαιθυλένιο με διαφορετική μέθοδο αλλά δεν την παρακολούθησε γιατί «κανείς δεν πίστευε ότι το πολυαιθυλένιο ήταν καλό για κάτι». Πράγματι ήταν οι απαιτήσεις του πολέμου και η ανάγκη

για έναν καλύτερο μονωτή για καλώδια που τόνωσαν την ανάπτυξη του πολυαιθυλενίου και έπαιξαν έναν ρόλο-κλειδί στην ανάπτυξη των ραντάρ. Με παρόμοιο τρόπο οι απαιτήσεις του Σχεδίου Μανχάταν για σφραγίσεις και τσιμούχες που να αντέχουν σε εξαφθοριούχο ουράνιο οδήγησαν στην ανάπτυξη του πολυτετραφλουορεθάνιου από μια εργαστηριακή περιέργεια.



Σχήμα 21. Νήματα πολυαιθυλενίου μεγάλου μοριακού βάρους και μεγάλης αντοχής. Αφρός πολυαιθυλενίου σε μορφή φύλλου που είναι χρήσιμο στις διαδικασίες μόνωσης οικοδομών. Δείγμα από προϊόν που είναι γνωστό ως πολυαιθυλένιο μεγάλης πυκνότητας και που είναι χρήσιμο στην κατασκευή ειδικών εξαρτημάτων όπου απαιτείται μεγάλη αντοχή σε μηχανικές δυνάμεις και θερμότητα.

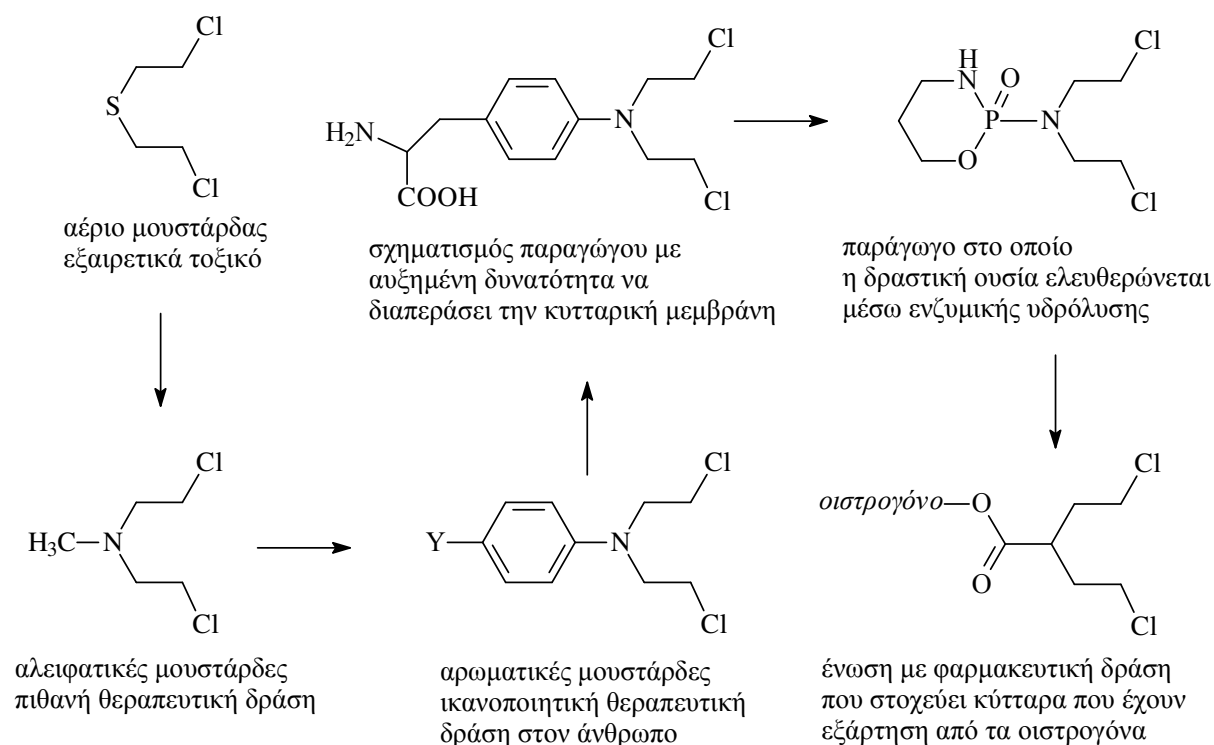
Το πολυβινυλοχλωρίδιο είναι ένα άλλο πασίγνωστο πολυμερές που έγινε για εμπορική χρήση στα 1930 και το πρώτο συνθετικό πολυμερές, πριν από την ζελατίνη του Hyatt. Ανακαλύφθηκε τυχαία το 1838 από έναν Γάλλο χημικό τον Victor Regnault ο οποίος εξέθεσε δείγματα από βινυλοχλωρίδιο σε ηλιακό φως και περιέγραψε την δημιουργία μιας λευκής σκόνης. Το 1892 ο E. Baumann το ανακάλυψε εκ νέου και βρήκε ότι δεν επηρεάζονταν από διαλύτες ή οξέα. Η σημασία αυτών των ευρημάτων δεν φάνηκε έως πολύ αργότερα και η κοινωνία είχε να περιμένει άλλα 60 έτη έως ότου το PVC κατασκευάστηκε εμπορικά.

10. Ενώσεις με βιολογική δράση

Ενώσεις της ομάδας της μουστάρδας και θεραπευτική χρήση τους

Τα αέρια της αζωτούχου μουστάρδας όπως είναι γνωστά αναπτύχθηκαν σαν παράγωγα των αερίων μουστάρδας θείου που συντέθηκε αρχικά το 1886 αλλά έκανε την εμφάνη την παρουσία της σαν αέριο τοξικού πολέμου το 1917. Έξυπνες αλλά τυχαίες κλινικές παρατηρήσεις πολεμικού προσωπικού που εκτέθηκε σε μουστάρδα θείου έδειξαν ότι αυτή μείωνε τον αριθμό των λευκών αιμοσφαιρίων και έτσι δοκιμάστηκε με προσοχή σε ανθρώπους σαν θεραπεία για την λευχαιμία. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών έδειξαν

ότι η ένωση είχε αντιμιτωτική δράση. Αν και αποδείχθηκε πολύ τοξικό για τον σκοπό αυτό, ο Gilman υπέθεσε ότι η τοξικότητα σχετίζονταν με το γεγονός ότι ήταν ηλεκτρονιοφίλο, πράγμα που το έκανε να είναι δραστικό με ενώσεις με μεγάλο αριθμό ηλεκτρονίων όπως τα φωσφορικά άλατα των νουκλεϊκών οξέων. Έκανε μερικά λιγότερο ηλεκτρονιοφίλα ανάλογα ανταλλάσσοντας το άτομο του θείου με ένα υποσατεστημένο άτομο αζώτου. Αυτό οδήγησε στα αέρια μουστάρδας αζώτου που είχαν ένα αποδεκτό θεραπευτικό δείκτη για ανθρώπους και εισήχθησαν σε κλινικές το 1946. Το πρώτο αλειφατικό παράδειγμα αερίου μουστάρδας – υδροχλωρίδιο μεχλωρεθαμίνης (σήμερα ονομάζεται χλωρομεθίνη ή mustine υδροχλωρίδιο) και έχει κλινική χρήση.



Σχήμα 22. Διαγραμματική παράσταση της πορείας μελέτης ενώσεων της κατηγορίας της μουστάρδας καθώς και η συγκεκριμένη δράση του καθενός.

Τα αέρια μουστάρδας αρωματικού αζώτου (παραδείγματος χάριν χλωραμπουκίλη) αναπτύχθηκαν με την εφαρμογή της ιατρικής χημείας και εισήχθησαν στα 1950 ως λιγότερο τοξικοί αλκυλιωτικοί παράγοντες από τα αέρια μουστάρδας αζώτου. Ο αρωματικός δακτύλιος ενεργεί ως «νεροχύτης» ηλεκτρονίων, αποσύροντας ηλεκτρόνια από το άτομο του αζώτου και αποθαρρύνοντας το σχηματισμό ιόντων. Διαφορετικά από τα αέρια μουστάρδας αλειφατικών ενώσεων, το κεντρικό άτομο αζώτου ενός αερίου μουστάρδας αρωματικής ένωσης δεν είναι επαρκώς βασικό για να μορφοποιήσει ένα κυκλικό ιόν διότι το ζεύγος ηλεκτρονίων του αζώτου μεταφέρεται με αλληλεπίδραση με τα π ηλεκτρόνια του αρωματικού

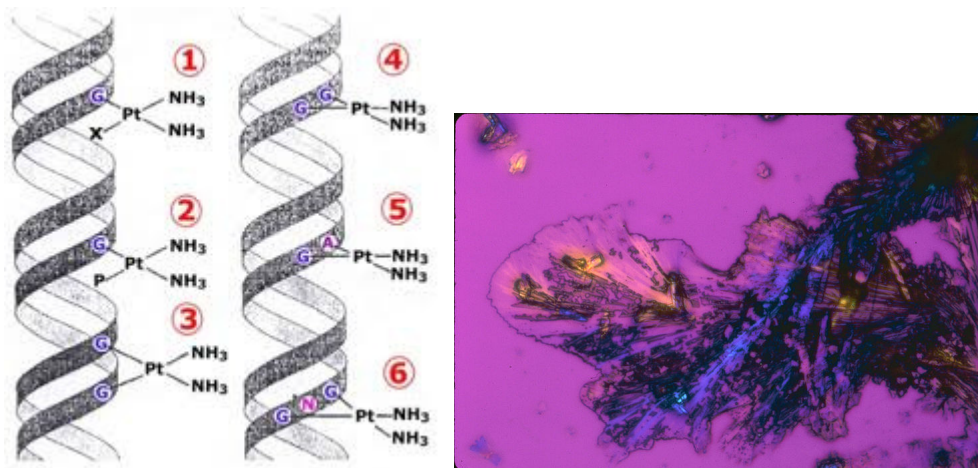
δακτυλίου. Επομένως η αλκυλίωση πιθανότατα προχωράει μέσω ενός μηχανισμού S_N1 με σχηματισμό κανονικών καρβονικών ιόντων (που είναι αποτέλεσμα της αποβολής του χλωριούχου ιόντος) δίνοντας την τιμή που καθορίζει το βήμα. Επομένως, αρωματικά ανάλογα όπως χλωραμβουκίλη επαρκώς απενεργοποιημένα έτσι ώστε μπορούν να φθάσουν τις θέσεις του DNA στόχου πριν αποδομηθούν με αντίδραση με πλευρικά πυρηνόφιλα. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να ληφθούν από το στόμα, ένα το οποίο αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα.

Η μητρική ένωση που έγινε γνωστή με το όνομα αέριο μουστάρδας είχε μια οσμή που θύμιζε σκόρδο ή το φυτό παραγωγής της μουστάρδας και για το λόγο αυτό πήρε το συγκεκριμένο όνομα. Η πρώτη αναφορά στην ένωση δίνεται το 1822 από τον César-Mansuète Despretz (1798–1863) που αναφέρει την αντίδραση του διχλωριδίου του θείου με αιθυλένιο αλλά δεν δίνει πληροφορίες για καμιά τοξική ή ερεθιστική ιδιότητα του προϊόντος. Το ίδιο συνέβη και στα 1854 με τον Alfred Riche (1829 – 1908). Τις ερεθιστικές ιδιότητες της ένωσης περιέγραψε πρώτος το 1860 ο Frederick Guthrie (1833-1886). Η βελτιστοποίηση των συνθηκών σύνθεσης ήρθε στα 1886 από τον Viktor Meyer και χρησιμοποιήθηκαν για το λόγο αυτό 2-χλωροαιθανόλη και υδατικό διάλυμα θειούχου καλίου. Η μεγάλη καθαρότητα του προϊόντος που λήφθηκε έκανε φανερές τις επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία. Καταρχήν οι επιπτώσεις αυτές έγιναν φανερές στο βοηθό του Meyer και κατόπιν, στην προσπάθειά του να δει αν ο βοηθός του όντως είχε πάθει κάτι από την ουσία ή είχε κάποιο ψυχικό νόσημα, ο Meyer δοκίμασε την ουσία σε ποντίκια τα οποία σε μεγάλο βαθμό θανατώθηκαν. Ένας άλλος βοηθός, του Emil Fisher αυτή τη φορά, κατά τη διαδικασία τροποποίησης των συνθηκών της παραπάνω αντίδρασης έσπασε μια φιάλη και η επίδραση της ουσίας τον έστειλε στο νοσοκομείο για δύο μήνες με μεγάλο αριθμό εγκαυμάτων. Αυτό συνέβη το 1913 και η αναφορά του Fisher για το ατύχημα προωθήθηκε μέσω της Γερμανικής Χημικής Ένωσης στην κεντρική διοίκηση απ' όπου πήρε το δρόμο για την παραγωγή της ουσίας

H cis πλατίνα

Η *cis* πλατίνα ανακαλύφθηκε το 1963 με μελέτες του Rosenberg και των συνεργατών του στο πέρασμα ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια πλατίνας μέσα από καλλιέργεια των γνωστών βακτηρίων *Escherichia coli* (B. Rosenberg, L. van Camp, J. Trosko, V. Mansour, *Nature*, **222**, 385-386 (1969)) χρησιμοποιώντας χλωριούχο αμμώνιο ως φέροντα ηλεκτρολύτη. Η αυθεντία στην αναλυτική χημεία χρησιμοποιήθηκε τότε για να καθιερώσει ότι τα ηλεκτρόδια πλατίνας που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα είχαν αντιδράσει με τα

συστατικά του μέσου καλλιέργειας για να σχηματίσουν διαμινοτετραχλωροπλατίνα (IV) $[Pt^{IV}(NH_3)_2Cl_4]$. (B. Rosenberg, L.van Camp, T. Krigas, Nature **205**, 698-699 (1965)), που αναστέλλει τη διαίρεση βακτηριακών κυτάρων. Ο Rosenberg και οι συνεργάτες του τότε υπέθεσαν ότι το πρόδρομο συστατικό, η cis πλατίνα θα επιδρούσε επίσης στην διαίρεση των κυττάρων των συστημάτων θηλαστικών, και βρήκαν ότι αυτό έδειχνε επιλεκτική τοξικότητα τόσο in vitro και in vivo εναντίον ορισμένων πειραματικών όγκων.



Σχήμα 23. Προτεινόμενη διαδικασία δράσης της ένωσης cisplatin κατά την οποία συνδέεται με την έλικα του DNA και δεν επιτρέπει την αντιγραφή του και κατά συνέπεια και τον πολλαπλασιασμό του συγκεκριμένου κυττάρου. Σχηματισμός κρυστάλλων της ένωσης στο διάλυμα υπό μεγάλη μεγέθυνση.

Αντισχιζοφρενικό λίθιο

Η κατάθλιψη, σύμφωνα με τον ψυχίατρο Ronald R Fieve, είναι το πιο σύνηθες ψυχιατρικό πρόβλημα για το οποίο οι άνθρωποι ψάχνουν για βοήθεια. Με τα λόγια του Fieve μπορεί να έχει προκαλέσει περισσότερο άγχος και ταλαιπωρία από κάθε άλλη ιατρική ή ψυχιατρική ασθένεια.

Αν και η ασθένεια της κατάθλιψης φαίνεται με διάφορους τρόπους, συνδέεται τυπικά με το άγχος, την απώλεια όρεξης, αϋπνία και αισθήματα ότι ο κόσμος έχει γίνει άχρωμος και νεκρός. Εν τούτοις, σε περίπου έναν στους πέντε ασθενείς η κατάθλιψη εναλλάσσεται από έξαρση. Αυτή η μανιοκατάθλιψη χαρακτηρίζεται από απρόβλεπτες, συχνά εκρηκτικές εναλλαγές διάθεσης και συμπεριφοράς.

Ανθρακικό λίθιο –κοινώς λεγόμενο λίθιο και από τους γιατρούς και από το γενικό κοινό – χρησιμοποιείται ευρέως για την θεραπεία αυτής της κατάστασης. Το «αντιμανιακό» αποτέλεσμα του λίθιου αναφέρθηκε μόλις μισό αιώνα πριν, τον Σεπτέμβριο του 1949, στην ιατρική εφημερίδα της Αυστραλίας. Η εύρεση έγινε από τον John Frederick Joseph Cade

(1912-1980), διευθύνοντα ιατρικό σύμβουλο στο Τμήμα Ψυχικής Υγιεινής της Βικτόρια, που δούλευε μόνος σε ένα φτωχικά εξοπλισμένο εργαστήριο προσαρτημένο στο νοσοκομείο χρόνιων ψυχικών νοσημάτων

Πολλοί επιστήμονες, ιστορικοί και γιατροί χαρακτήρισαν την ανακάλυψη ως εξαιρετικά τυχαία – ένας χαρακτηρισμός που ο κατά τα άλλα μετριοφρων Cade απέρριπτε. Αλλά μπορεί η ανακάλυψη του Cade να περιγραφεί ως τυχαία. Άρχισε την εργασία του με την παραδεκτά αόριστη υπόθεση ότι η μανία μπορεί να είναι μια κατάσταση δηλητηρίασης που προκαλείται από υπερβολική ποσότητα ενός μεταβολίτη, ενώ η κατάθλιψη, η αντίθετη κατάσταση, μπορεί να οφείλονται σε έλλειψη αυτού του μεταβολίτη. Ο μανιακός ασθενής μπορεί τότε να αναμένεται να εκκρίνει ανώμαλα υψηλές τιμές του μεταβολίτη του ίδιου ή ενός από τα προϊόντα αποσύνθεσής του .

Αλλά ο Cade δεν ήξερε ποια μπορούσε να είναι η ουσία ούτε επίσης είχε υπόψη του κάτι από την φαρμακολογία της. Το καλύτερο σχέδιο, έλεγε, μοιάζει να είναι να εξαπλωθεί η ουσία όσο περισσότερο γίνεται και να χρησιμοποιηθεί μια χονδρική μορφή βιολογικής δοκιμής με τη μορφή προκαταρκτικής έρευνας. Ο Cade επινόησε αυτό που περιέγραψε σαν υπερβολικά χονδρική δοκιμή δηλητηρίασης. Έκανε ένεση σε ινδικά χοιρίδια με ένα συμπτωκωμένο δείγμα ούρων μανιακού, καταθλιπτικού, σχιζοφρενικού και κανονικού ατόμου. Αν και όλα τα δείγματα σκότωσαν τα ζώα, αυτά των μανιακών ασθενών αποδείχθηκαν πολύ περισσότερο τοξικά από αυτά των άλλων.

Παρατήρησε όμως ότι μεγάλες δόσεις ουρίας σκότωσαν τα ζώα με τον ίδιον τρόπο που ενεργούσαν τα δείγματα ούρων, υποθέτοντας ότι η ουρία ήταν υπεύθυνη για την τοξικότητα από τα ούρα. Αλλά όλα τα δείγματα ούρων είχαν την ίδια συγκέντρωση ουρίας και σε όλες τις περιπτώσεις η συγκέντρωση ήταν πολύ κάτω από το μίνιμουμ τοξικότητας. Ο Cade επομένως υπέθεσε την ύπαρξη άλλων ουσιών που τις ονόμασε ποσοτικούς τροποποιητές, που ενισχύουν την τοξική επίδραση της ουρίας. Θεώρησε ότι ο πιο πιθανός παράγοντας ήταν το ουρικό οξύ. Επειδή το ουρικό οξύ είναι σχετικά αδιάλυτο, ο Cade επέλεξε να διενεργήσει δοκιμές χρησιμοποιώντας το πιο διαλυτό του άλας, συγκεκριμένα το ουρικό λίθιο. Έκανε ένεση σε ινδικά χοιρίδια με αναμειξίες ουρίας και ουρικού λιθίου και εξεπλάγη όταν βρήκε ότι η προσθήκη ουρικού λιθίου κατέστησε την ουρία λιγότερο παρά περισσότερο τοξική. Εξίσου έκπληκτος βρήκε ότι ύστερα από μια λανθάνουσα περίοδο περίπου δύο ωρών τα ζώα, αν και είχαν τελείως συνείδηση έγιναν εξαιρετικά ληθαργικά και χωρίς ανταπόκριση σε ερεθισμούς για μία ή δύο ώρες πριν ξαναγίνουν κανονικά δραστήρια .

Ο Cade θεώρησε ότι η κατασταλτική δράση μπορεί να οφείλονται στο κατιόν του λιθίου παρά στο ανιόν των ούρων. Για να δοκιμάσει αυτή την υπόθεση επανέλαβε τις ενέσεις με

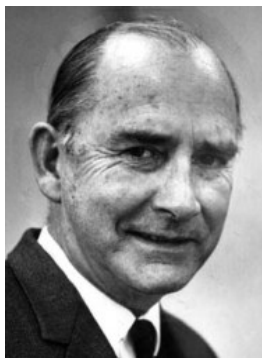
0.5% ανθρακικό λίθιο. Ανέφερε : Αυτοί που έχουν πειραματισθεί με ινδικά χοιρίδια γνωρίζουν σε ποιόν βαθμό μια αντίδραση που ξαφνιάζει είναι μέρος της δουλειάς τους. Ήταν λοιπόν ακόμη πιο εκπληκτικό στον πειραματιστή να βρει ότι, μετά από ένεση ενός διαλύματος ανθρακικού λιθίου, αυτά μπορούν να γυρίσουν στις πλάτες τους και, αντί για την συνηθισμένη ξέφρενη συμπεριφορά τους, απλώς κάθονταν εκεί και κοιτούσαν ειρηνικά.

Μη γνωρίζοντας διάφορες μελέτες σχετικά με την τοξικότητα και ακόμη μοιραία περιστατικά που οφείλονταν σε ένεση αλάτων του λιθίου, ο Cade αποφάσισε να δώσει στον εαυτό του από το στόμα τόσο ανθρακικό λίθιο όσο και κιτρικό λίθιο.

Παρατηρώντας αποτελέσματα μη ασθενείας, διενήργησε την πρώτη χονδροειδή κλινική δοκιμή χορηγώντας άλατα λιθίου σε δέκα μανιακούς ασθενείς, έξι σχιζοφρενείς και τρεις χρονίως καταθλιπτικούς ασθενείς. Αν και παρατήρησε μικρό αποτέλεσμα με τους σχιζοφρενείς ή τους καταθλιπτικούς ασθενείς, ανέφερε μια σημαντική ηρεμιστική επίδραση στους μανιακούς. Και τα υπόλοιπα, όπως λέγεται, είναι ιστορία.

Στο τέλος του 1954, συνολικά 18 κλινικές μελέτες για τη χρήση του λιθίου για θεραπεία της μανίας είχαν πραγματοποιηθεί και το 1970 δείχθηκε επίσης ότι ήταν αποτελεσματικά για καταθλιπτικούς όσο και για μανιακούς ασθενείς.

Είτε ήταν είτε όχι η ανακάλυψη του Cade τυχαία, είχε βαθιές συνέπειες για την θεραπεία των ψυχικών ασθενειών σε όλον τον κόσμο κάνοντας τον μετριόφρονα αυστραλό γιατρό μια από τις πιο σημαντικές φυσιογνωμίες του 20^{ου} αιώνα για την ψυχιατρική.



Σχήμα 24. Φωτογραφία του Cade.

11. Νόμω γλυκύ

Πρόκειται για την έκφραση του Δημοκρίτου με την οποία αναφερόταν στα άτομα και στο σχηματισμό από μέρους τους των μακροσκοπικών σωμάτων. Οι άπειροι συνδυασμοί των ατόμων όπως τα θεωρούσε ο Δημόκριτος έδιναν τη δυνατότητα για δημιουργία άπειρων αντικειμένων για τα οποία οι μακροσκοπικές ιδιότητες είναι φαινομενικές. Καθόλου φαινομενική δεν είναι η γλυκύτητα στη γεύση ορισμένων συνθετικών ουσιών οι οποίες έχουν

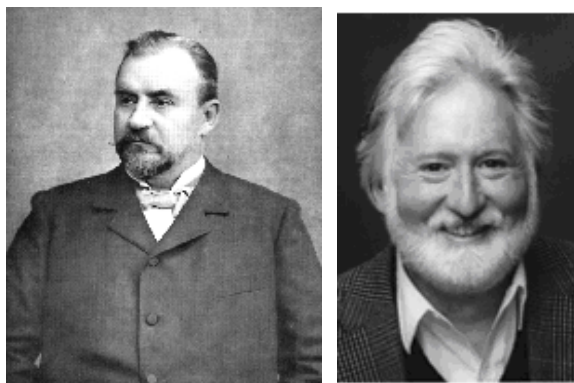
χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς ως γλυκαντικά υλικά με στόχο την αντικατάσταση των φυσικών σακχάρων από τη δίαιτα ανθρώπων που πάσχουν από διαβήτη.

Η πιο γνωστή περίπτωση είναι της σακχαρίνης, η οποία ονομάστηκε έτσι από τον ερευνητή που την ανακάλυψε κατ' αντιστοιχία με το Λατινικό *saccharum* που αποτελεί απόδοση του Ελληνικού «σάκχαρον» για τη γνωστή ζάχαρη καθώς και όλα τα συναφή με αντίστοιχη γλυκιά γεύση. Από χημική άποψη πρόκειται για το βενζοϊκό σουλφιμίδιο και απομονώθηκε από την πίσσα (όπως και περίπου διακόσιες άλλες ενώσεις) μετά από πολύπλοκη διαδικασία. Σε μια τέτοια διαδικασία με γενικότερο ερευνητικό ενδιαφέρον που πραγματοποιούσε το 1879 στο Πανεπιστήμιο Johns Hopkins ο Constantin Fahlberg (1850-1910). Όταν ένα βράδυ επέστρεψε σπίτι του διαπίστωσε ότι τα χέρια του παρόλο που είχαν πλυθεί είχαν κάτι που άφηνε μια ελαφρώς γλυκιά γεύση στα τρόφιμά του. Επέστρεψε στο εργαστήριο και εξέτασε τις ουσίες με τις οποίες ήρθε σε επαφή και ανακάλυψε τελικά την ουσία που αργότερα ονόμασε σακχαρίνη. Κατόπιν την παρασκεύασε με χημική διαδικασία και πατεντάρισε το αποτέλεσμα στα 1895, κατορθώνοντας να γίνει πολύ πλούσιος. Σε αραιά διαλύματα η σακχαρίνη έχει περίπου 500 φορές πιο έντονα γλυκιά γεύση από τη ζάχαρη ενώ δεν έχει καμία θερμιδική αξία και δεν παρουσιάζει τα μεταβολικά προβλήματα των φυσικών σακχάρων. Στη σύγχρονη εποχή έχει κατηγορηθεί για πιθανή καρκινογένεση και εφόσον έχουν ήδη ανακαλυφθεί κάποια λιγότερο επίφοβα υποκατάστατα, η χρήση της έχει περιοριστεί σημαντικά.

Ως πιθανό καρκινογόνο έχει κατηγορηθεί και το επόμενο γλυκαντικό υλικό που είναι γνωστό με τον όρο cyclamate και αντιστοιχεί στη χημική ένωση N-κυκλοεξυλοσουλφαμιδικό νάτριο. Η σύνθεσή του πραγματοποιήθηκε το 1937 από τον μεταπτυχιακό φοιτητή Michael Sveda (1912-1999) που πραγματοποιούσε έρευνα πάνω σε μια σειρά από σουλφαμιδικά παράγωγα με στόχο τη μελέτη τους για φαρμακευτική δράση αφού αρκετά παράγωγα του σουλφαμικού οξέος ήταν γνωστά αντιμικροβιακά. Σε κάποια στιγμή του πειράματος ο φοιτητής έκανε ένα διάλειμμα και καπνίζοντας ένα τσιγάρο αισθάνθηκε μια γλυκιά γεύση. Όταν το φαινόμενο επαναλήφθηκε μερικές φορές έγινε αντιληπτό πως ευθυνόταν κάποια ένωση με την οποία είχε έρθει σε επαφή. Η ουσία χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα σε αναψυκτικά καθώς και ως έκδοχο σε φαρμακευτικά σκευάσματα με στόχο να απαλύνει την πικρή τους γεύση.

Η ασπαρτάμη είναι μια πιο σύγχρονη και λιγότερο επικίνδυνη γλυκαντική ουσία επειδή ακριβώς πρόκειται για ένα φυσικό προϊόν και συγκεκριμένα ένα διπεπτίδιο. Η σύνθεσή της πραγματοποιήθηκε στα 1965 στην πορεία της σύνθεσης ενός τετραπεπτιδίου με πιθανή δράση κατά του έλκους. Όταν συντέθηκε το διπεπτίδιο L-ασπαρτυλ-L-φαινυλαλανίνη, προστατεύθηκε με το σχηματισμό του μεθυλεστέρα του. Κάποια στιγμή ο James Schlatter

πήγε να ξεφυλλίσει ένα βιβλίο και σαλιώνοντας το δάχτυλό του ένοιωσε τη γλυκιά γεύση που αρχικά υπέθεσε πως ήταν υπόλειμμα του γεύματός του. Όταν αργότερα θυμήθηκε πως μετά το γεύμα είχε πραγματοποιήσει πειράματα και κατά συνέπεια είχε πλύνει τα χέρια του από τα υπολείμματα των τροφών πολλές φορές οδηγήθηκε στην ανακάλυψη του υπαίτιου αφού θυμήθηκε ότι μια μικρή ποσότητα από ένα μεθανολικό διάλυμα είχε πέσει στο χέρι του.



Σχήμα 25. Φωτογραφίες των Fahlberg και Schlatter

12. Διάφορα τυχαία συμβάντα και αποτελέσματα

Ο Derek Barton έχει σημειώσει ότι οι περισσότερες οργανικές αντιδράσεις έχουν ανακαλυφθεί κατά τύχη. Η αντίδραση Friedel-Crafts, η αντίδραση Wittig και η υδροβορίωση είναι τρεις σημαντικές αντιδράσεις, οι οποίες αποτελούν χαρακτηριστικό παράδειγμα του παραπάνω ισχυρισμού. Μπορεί κανείς να προσθέσει ότι η αντίδραση που ξεκίνησε την οργανική χημεία ήταν η προσπάθεια του Friedrich Wöhler να σχηματίσει καρβαμιδικό αμμώνιο και αντί για αυτό, παρήγαγε ουρία. Η παρατήρηση αυτή οδήγησε στην κατάρριψη της αντίληψης περί της ζωϊκής δύναμης και ενεθάρρυνε την έναρξη της οργανικής χημείας σαν επιστημονικού τομέα. Η ίδια ανακάλυψη επίσης έδειξε σε μεταγενέστερο στάδιο και μετά τη συμμετοχή των Liebig και Berzelius την ιδέα περί της ισομέρειας των οργανικών ενώσεων, κάτι που για πολλούς αποτελεί σημαντικότερο βήμα εξέλιξης από την αρχική σύνθεση της ουρίας. Ο Wöhler παρουσίασε στα 1828 μια σειρά μετρήσεων του που σχετιζόταν με ενώσεις του άγνωστου στην ελεύθερη κατάσταση κυανικού οξέος (HNCO). Η αντίδραση διάφορων κυανικών αλάτων μετάλλων όπως μολύβδου, αργύρου και υδραργύρου με αμμωνία δεν κατέληγε στην απομόνωση του επιθυμητού προϊόντος δηλαδή του κυανικού αμμωνίου αλλά της γνωστής οργανικής ένωσης ουρία. Μέχρι τότε η ουρία είχε ανιχνευτεί στα ούρα (από τα οποία πήρε και το όνομά της) και αποτελούσε μεγάλη έκπληξη για τους

σύγχρονους επιστήμονες ότι μπορούσε να παραχθεί στο εργαστήριο χωρίς τη μεσολάβηση των νεφρών. Ο Liebig από την άλλη ενδιαφερόταν για το επίσης άγνωστο στην ελεύθερη μορφή του φουλμινικό οξύ (HCNO) και είχε δημοσιεύσει αποτελέσματα για το άλας του με άργυρο το 1824. Εκείνο που εντυπωσίασε και κατέστησε φιλύποπτους τους επιστήμονες ήταν ότι οι δύο εργασίες, του Wohler και του Liebig έδιναν τις ίδιες στοιχειακές αναλύσεις αλλά προϊόντα με διαφοροποιημένες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Ο ίδιος ο Liebig πραγματοποίησε νέες αναλύσεις και στις δύο ενώσεις και παραδέχθηκε πως έκανε λάθος όταν κατηγορήσε τον Wohler για παραποιημένα αποτελέσματα.

Οργανομεταλλικές ενώσεις συντέθηκαν καταρχάς τυχαία και όχι μετά από σχεδιασμό. Ο Edward Frankland χρησιμοποιούσε ψευδάργυρο για να συνθέσει αλκυλοϊωδιούχα και βρήκε ότι είχε πραγματοποιήσει μια οργανική σύνθεση που περιείχε ψευδάργυρο σαν παραπροϊόν. Μεταλλοκαρβονυλικές ενώσεις ανακαλύφθηκαν επίσης κατά τύχη καθώς ο Ludwig Mond και οι βοηθοί του ερευνούσαν γιατί οι βαλβίδες νικελίου διαβρώνονταν από μονοξειδίο του άνθρακα. Το ένα ατύχημα οδήγησε στο άλλο και παρατήρησαν τον σχηματισμό καρβονυλίου του νικελίου καθώς η συσκευή τους κρύωνε σιγά-σιγά. Περαιτέρω έρευνα οδήγησε στη σύνθεση περισσότερων καρβονυλικών μετάλλων, τα οποία ο λόρδος Kelvin περιέγραψε σαν «μέταλλα με φτερά», και στην Mond nickel καρβονυλική αντίδραση για το ραφινάρισμα του νικελίου.

Το 1987 σε ηλικία 83 ετών ο Charles J. Pedersen μοιράσθηκε το βραβείο Νόμπελ στην Χημεία για την ανακάλυψη και την ανάπτυξη του αιθέρα στέμματος. Είχε «σκοντάψει» σ' αυτό τυχαία στην ηλικία των 63- δύο χρόνια πριν συνταξιοδοτηθεί. Μια ακαθαρσία σε κάποια από τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούσε οδήγησε στον σχηματισμό απρόσμενων λευκών ινωδών μεταλλικών κρυστάλλων που κατέληξαν να έχουν την εκπληκτική ιδιότητα να κάνουν μέταλλα διαλυτά σε οργανικούς διαλύτες. Τα υπόλοιπα είναι, όπως λένε, είναι ιστορία. Ένας φίλος του Pedersen ο Herman Schroeder είπε το εξής :

«Πρέπει να καταλάβεις την ανακάλυψη του αιθέρα-στέμματος σε προοπτική. Ο Charlie ήταν ένας αναγνωρισμένος ειδικός στην χημεία συναρμογής Ήξερε τι μπορούσε και τι δεν μπορούσε να συμβεί. Ήταν κατά κάποια έννοια προετοιμασμένος για την ανακάλυψη. Δεν ήταν ότι σκόνταψε επάνω της. Περισσότερο ήταν σαν η ένωση να περπατούσε μπροστά του και αυτός σκόνταψε. Χρειάζεσαι ένα κοφτερό, έτοιμο και ευέλικτο μυαλό για αυτό.»

Πολλά από τα στοιχεία ανακαλύφθηκαν τυχαία σε μέρη όπου οι άνθρωποι δεν περίμεναν να τα βρουν: Ιώδιο σε φύκια, σελήνιο σε ένα χυτήριο χαλκού, ήλιο στο φάσμα εκπομπής του ήλιου αλλά και μερικά χρόνια αργότερα σε κοιτάσματα ραδιενεργών υλικών, αργό στον αέρα, θάλλιο σε ένα δείγμα ακάθαρτου σεληνίου και ούτω καθεξής.

Προσμίξεις έπαιξαν έναν μείζονα ρόλο σε σημαντικές ανακαλύψεις- τόσο πολύ ώστε κανείς αναρωτιέται αν τα σύγχρονα μας υψηλά καθαρισμένα αντιδραστήρια έχουν εξαλείψει μια εύφορη πηγή στη νέα χημεία. Είναι εκπληκτικό πόσο πολλές ανακαλύψεις έχουν γίνει εξαιτίας προσμίξεων σε αντιδραστήρια ή μολυσματικούς παράγοντες στην διαδικασία που οδήγησαν σε απρόσμενο αποτέλεσμα. Αιθέρεις-στέμματα, η σύνθεση του λουλακιού, η βιομηχανική σύνθεση του βινυλοχλωριδίου, το πολυαιθυλένιο ...όλα ανακαλύφθηκαν εξαιτίας προσμίξεων στα αρχικά υλικά ή ακαθάρτων συσκευών .

Οι αρχές της σύγχρονης φωτογραφίας ανάγονται στον Daguerre και στην Νταγκεροτυπία. Ο Daguerre προσπαθούσε να παράγει εικόνες πάνω σε επιφάνειες καλυμένες με ιωδιούχο άργυρο με μικρή επιτυχία. Μια μέρα τοποθέτησε ένα τέτοιο γυάλινο υπόβαθρο σε ένα ντουλάπι και παρατήρησε ότι η εικόνα έγινε πιο έντονη. Έβγαλε συστηματικά ένα-ένα όλα τα χημικά από το ντουλάπι για να δει ποιο ήταν υπεύθυνο για τη σημαντική αυτή διαφοροποίηση. Η εικόνα είχε παραχθεί από την επίδραση ατμού υδραργύρου στο πιάτο με τον ιωδιούχο άργυρο, το αποτέλεσμα μπορούσε να αναπαραχθεί και η τέχνη της φωτογραφίας είχε γεννηθεί. Αλλά χωρίς τη συστηματική έρευνα της περίπτωσης, η φωτογραφία θα ήταν θνησιγενής.

Διδακτικές Εφαρμογές

Χημεία Β Γυμνασίου

Εισαγωγή Χημεία	στη	σελ.14	Αναφορά δυναμίτιδα	στη	Παραπομπή σε τυχαίες ανακαλύψεις εκρηκτικών
Εισαγωγή Χημεία	στη	σελ.14	Αναφορά πλαστικά	στα	Παραπομπή σε τυχαίες ανακαλύψεις ρεγιόν, πολυβινιλοχλωριδίου, πολυαιθυλενίου.
Εισαγωγή Χημεία	στη	σελ.14	Αναφορά χρώματα	στα	Παραπομπή σε τυχαίες ανακαλύψεις χρωστικών (πχ μωβεΐνης, ινδικού, φθαλοκυανινών)

Μεγάλες χημικές ανακαλύψεις έχουν φέρει τεράστιες αλλαγές στην ανθρώπινη κοινωνία

Η δυναμίτιδα. Το 1846 ο καθηγητής Σομπρέρο (Sobrero), ένας Ιταλός χημικός, είχε την ιδέα να επιδράσει με νιτρικό οξύ στη γλυκερίνη. Το αποτέλεσμα ήταν η παραγωγή της νιτρογλυκερίνης, ενός εξαιρετικά εκρηκτικού και επικίνδυνου υλικού. Ο Άλφρεντ Νόμπελ (Alfred Nobel), Σουηδός χημικός-βιομήχανος, «τιθάσευσε» τη νιτρογλυκερίνη, όταν βελτίωσε τον τρόπο παραγωγής της, ώστε να μην εκρήγνυται ανεξέλεγκτα. Έτσι δημιουργήθηκε η δυναμίτιδα.

Αναζήτησε πληροφορίες για τη δυναμίτιδα και για τον Άλφρεντ Νόμπελ.

Τα χρώματα. Ο άνθρωπος, από τα πρώτα βήματα του πολιτισμού του, ζωγράφιζε τα ρούχα του, το σπίτι του και το σώμα του με χρώματα που έβρισκε σε συστατικά του στερεού φλοιού της γης και στα φυτά. Κατά το Μεσαίωνα ανακαλύφθηκαν πολλά νέα χρώματα. Κάποια προέρχονταν από ορυκτά όπως το ultramarine από το λάπις λαζούλι, το πράσινο από το μαλακίτη κ.ά. Άλλα χρώματα παράγονται από φυτά και άλλα ακόμη και από έντομα όπως το κρεμεζί από το έντομο *Kermes vermilio*, που ζει στις οξιές της Μεσογείου. Στο τέλος του 18ου αιώνα το χρωματολόγιο γέμισε αποχρώσεις από τα νεοανακαλυφθέντα στοιχεία. Σήμερα η Χημεία και η τεχνολογία παράγουν αντιαβρωτικά χρώματα, ηλεκτροστατικές βαφές, χρωστικές ουσίες για τρόφιμα, μια τεράστια ποικιλία χρωμάτων ζωγραφικής και βαφών για ρούχα.

Αναζήτησε πληροφορίες για την προέλευση και τις εφαρμογές των χρωμάτων: (α) στην αρχαιότητα, (β) στο Μεσαίωνα και (γ) στη βιομηχανική επανάσταση.

Τα πλαστικά. Κύριο χαρακτηριστικό των πλαστικών είναι ότι παίρνουν το σχήμα που θέλουμε με θέρμανση και πίεση. Κάποια από αυτά προέρχονται από φυτά (καουτσούκ, από το cao-o-chu = Ξύλο που δακρύζει). Κατά τον 20ό αιώνα φτιάχτηκαν τέτοια υλικά στο εργαστήριο από φτηνές πρώτες ύλες.

Χημεία Γ Γυμνασίου

Τα αλκάλια	σελ.55	Αλκάλια και ανθρώπινος οργανισμός	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη της χρήσης του ανθρακικού λιθίου ως φάρμακο για τη μανιοκατάθλιψη
Το πυρίτιο 5.2	σελ. 69	Αναφορά στο γυαλί	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη του γυαλιού
Πολυμερή πλαστικά 3.2.9	σελ. 93	Αναφορά στα πλαστικά και στα πολυμερή	Παραπομπή σε τυχαίες ανακαλύψεις νάυλον, πολυβινυλοχλωριδίου

Τα αλκάλια

ΑΛΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ



Α ΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΚΥΤΤΑΡΟΥ

Κάθε κύτταρο περιβάλλεται από μια μεμβράνη η οποία ονομάζεται πλασματική μεμβράνη. Αυτή επιτρέπει την επικοινωνία του εσωτερικού του κυττάρου με τον εξωτερικό του χώρο, ελέγχοντας «τι μπαίνει» στο κύτταρο και «τι βγαίνει» από αυτό.

Ένα από τα συστατικά της πλασματικής μεμβράνης είναι μια ειδική πρωτεΐνη, η οποία παίζει το ρόλο της «αντλίας» ιόντων νατρίου και καλίου. Η «αντλία» αυτή διασφαλίζει να γίνεται η ανταλλαγή των ιόντων με τέτοιο ρυθμό, ώστε η περιεκτικότητα σε ιόντα καλίου στο εσωτερικό του νευρικού κυττάρου να είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στον εξωτερικό χώρο και, αντιθέτως, η περιεκτικότητα σε ιόντα νατρίου να είναι πολύ μικρότερη.

Ο μηχανισμός με τον οποίο ένα νευρικό κύτταρο δέχεται και μεταδίδει ερεθίσματα στηρίζεται ακριβώς στη διαφορετική περιεκτικότητα ιόντων καλίου ανάμεσα



Η αντλία καλίου-νατρίου

● Στο κύτταρο υπάρχει συνείδηση

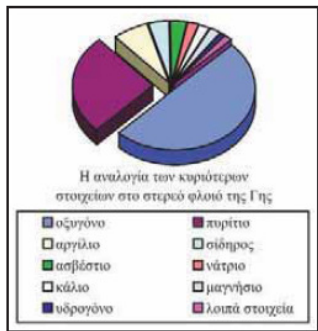
5.1 Γενικά

Το πυρίτιο βρίσκεται στην 14η ομάδα του περιοδικού πίνακα, στην ίδια ομάδα με τον άνθρακα, αλλά στην επόμενη περίοδο. Είναι το δεύτερο σε αναλογία στοιχείο στο στερεό φλοιό της Γης και σε αντίθεση με τον άνθρακα δε βρίσκεται ελεύθερο στη φύση.

Η κυριότερη ένωσή του είναι το διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) που συνιστά τους διάφορους χα-

Το πυρίτιο συναντάται επίσης σε ορισμένα ορυκτά (άσπριτοι, μαρμαρυγίτες, άργιλοι) και στους ημιπολύτιμους λίθους τοπάζι και ζιρκόνιο.

λαζίες είτε σε κρυσταλλική μορφή (χαλαζίας, αμέθυστος) είτε σε άμορφη (όνυχας, οπάλιος, αχάτης κ.ά.). Το μεγαλύτερο όμως μέρος του διοξειδίου του πυριτίου απαντάται με τη μορφή της κοινής πυριτικής άμμου (άμμος θάλασσας).



5.2 Το γυαλί

Το γυαλί είναι εύθραυστο, σκληρό, άμορφο στερεό, κακός αγωγός του ηλεκτρισμού και της θερμότητας. Όταν θερμαίνεται, ρευστοποιείται, οπότε μπορεί να χυθεί σε καλούπια ή να «φουσηθεί» με αέρα και να χρησιμοποιηθεί για τον κατασκευά



2.9 Πολυμερή-π्लाστικά

Μέχρι τώρα αναφέρθηκαν συνθετικά πολυμερή τα οποία παράγονται από το πετρέλαιο. Τεχνητά τα πολυμερή εφευρέθηκαν από τους χημικούς ή οι χημικοί κατάφεραν να αντιγράψουν με επιτυχία το εργαστήριο της φύσης;

Η ίδια η φύση παράγει πληθώρα φυσικών πολυμερών στα φυτά (ρετσίνι) και τα ζώα (κερατίνη), ακόμη και μέσα στο ανθρώπινο σώμα (πρωτεΐνες). Φυσικά πολυμερή υπάρχουν ακόμη στο βαμβάκι, το ξύλο, το δέρμα και το τρίχωμα των ζώων και των ανθρώπων. Τα πολυμερή αυτά εμφανίζουν ιδιότητες (ελαστικότητα, αντοχή, μικρή πυκνότητα), τις οποίες οι χημικοί προσπαθούν να επιτύχουν στα προϊόντα τα οποία συνθέτουν. Το φυσικό μετάξι, το καουτσούκ, το ρετσίνι, το άμυλο, η κυτταρίνη και οι πρωτεΐνες είναι λίγα μόνο από τα φυσικά πολυμερή.

Και λίγη ιστορία...

Το καουτσούκ (Caoschu, δάκρυ του ξύλου), το φυσικό πολυμερές, το οποίο παράγεται από το τροπικό δέντρο εβένι, ήταν γνωστό στους Μάγιας. Στην Ευρώπη ήρθε το 18ο αιώνα, αλλά η αξία του αναγνωρίστηκε όταν ο T. Goodyear ανακάλυψε μια μέθοδο που το έκανε ανθεκτικό στις μεταβολές θερμοκρασίας και ο R.W. Thomson εφευρέ αυτό που σήμερα λέμε λάστιχο ποδηλάτου ή αυτοκινητό.

Η ζήτηση καουτσούκ αυξήθηκε και μαζί της αυξήθηκε και η στρατηγική σημασία της Αμαζονίας με τα πολλά δάση εβένι (αλληλεπίδραση ουστημάτων: οικονομία-πολιτική). Οι Άγγλοι, οι οποίοι δεν είχαν αποικίες στη Βραζιλία, κατάφεραν να «εξάγουν» παράνομα σπόρους εβένι τους οποίους εγκλιμάτισαν εντελώς τυχαία στις αποικίες τους στην Κεϊλάνη και τη Μαλασία. Ο Α΄ Παγκόσμιος πόλεμος αύξησε τις ανάγκες σε καουτσούκ και συνεπώς και τις προσπάθειες των επιστημόνων στα εμπόλεμα μέρη για την σύνθεσή του. Παρ' ότι η σύνθεση του καουτσούκ αναδείχθηκε σε πεδίο ισχυρού ανταγωνισμού μεταξύ της Γερμανίας και των ΗΠΑ για περισσότερα από 30 χρόνια και το συνθετικό καουτσούκ θεωρήθηκε υλικό στρατηγικής σημασίας, δεν κατάφερε ποτέ να εκτοπίσει εντελώς το φυσικό καουτσούκ για οικονομικούς και περιβαλλοντικούς λόγους.

2.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συνθετικών πολυμερών

Η χρήση των πλαστικών αυξάνει διαρκώς και εκτοπίζει άμεσα παραδοσιακά υλικά, εξαιτίας της υπεροχής των ιδιοτήτων τους και των πλεονεκτημάτων που εμφανίζουν.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των συνθετικών πολυμερών

Χημεία Α Λυκείου

Κεφάλαιο 1 Δομή του ατόμου	σελ.13	Αναφορά στον Rutherford	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη της δομής του ατόμου από τον Rutherford
Κεφάλαιο 6 6.2 Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων	σελ. 177	Αναφορά στις αρωματικές ενώσεις	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη της δομής του βενζολίου
Κεφάλαιο 7 7.1 Κατάταξη υδατανθράκων	σελ. 202	Αναφορά στις γλυκαντικές ουσίες	Παραπομπή στις τυχαίες ανακαλύψεις των γλυκαντικών υλών (σακχαρίνη, άλατα κυκλαμικού οξέος, ασπαρτάμη)

Δομή του ατόμου

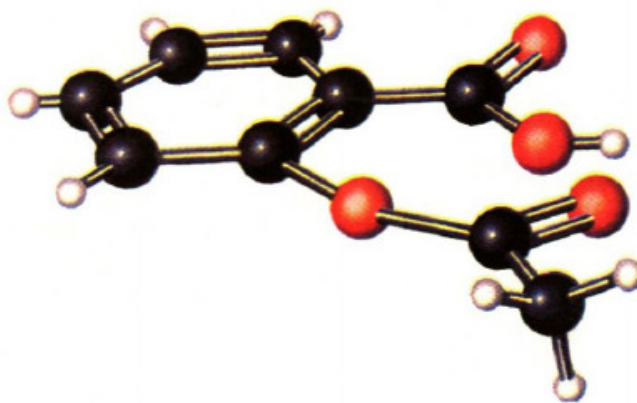
Τον 5^ο π.Χ. αιώνα οι Έλληνες φιλόσοφοι Δημόκριτος και Λεύκιππος, διατύπωσαν την άποψη ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια που δεν μπορούν να διαιρεθούν σε άλλα απλούστερα. Τα σωματίδια αυτά ονόμασαν ατόμους (*άτομα*). Να σημειωθεί ότι η άποψη αυτή ήταν αντίθετη με τη θεώρηση του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη για τη συνεχή διαίρεση της ύλης.

Ωστόσο, τα άτομα του Δημόκριτου ξεχάστηκαν για τα επόμενα 2000 χρόνια, μέχρις ότου στις αρχές του 19^{ου} αιώνα ο Άγγλος χημικός Dalton διατύπωσε την *ατομική θεωρία*. Σύμφωνα με την ατομική θεωρία, που αποτελεί θεμέλιο λίθο στην ανάπτυξη της χημείας, οι δομικές μονάδες της ύλης είναι τα άτομα και τα μόρια (συγκροτήματα ατόμων). Βέβαια ο Dalton δεν μπόρεσε να ερμηνεύσει τη συνένωση ατόμων ίδιου στοιχείου προς σχηματισμό μορίων. Αυτό ξεκαθαρίστηκε αργότερα (1811) από τον Ιταλό Avogadro. Επίσης, τα άτομα του Dalton ήταν συμπαγή και αδιαίρετα, άποψη που ήρθε σε αντίθεση με την ανακάλυψη των πρωτονίων, ηλεκτρονίων και νετρονίων (υποατομικά σωματίδια).



➤ *Αρωματικές ονομάζονται (συνήθως) οι κυκλικές ενώσεις που περιέχουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο.*

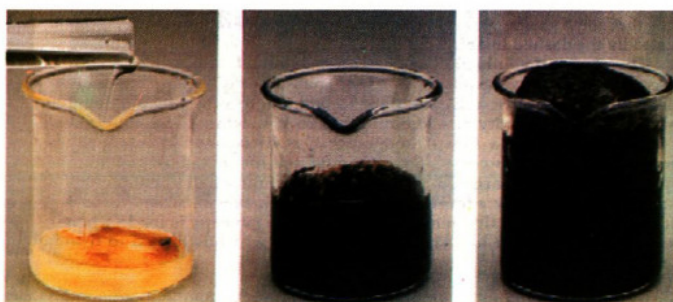
Ο βενζολικός δακτύλιος σε μία απλούστατη (όχι και τόσο ακριβή) περιγραφή, είναι ένας εξαμελής δακτύλιος ατόμων άνθρακα στον οποίο εναλλάσσονται συνεχώς ένας απλός με ένα διπλό δεσμό.



ΣΧΗΜΑ 6.2 Η ασπιρίνη (ακετυλοσασαλικυλικό οξύ) είναι μία αρωματική ένωση, όπως φαίνεται σε μοριακό μοντέλο της.

Κατάταξη των υδατανθράκων

Η κατηγορία των ενώσεων που είναι γνωστή ως υδατάνθρακες πήρε αυτή τη γενική ονομασία από κάποιες αρχικές παρατηρήσεις που έδειχναν ότι συχνά έχουν το γενικό τύπο $C_x(H_2O)_y$. Θεωρήθηκαν δηλαδή «ενυδατωμένοι άνθρακες».

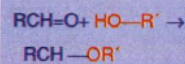


ΣΧΗΜΑ 7.1 Αφυδάτωση ζάχαρης με θειικό οξύ. Στη φωτογραφία φαίνεται η πλήρης απανθράκωση της ζάχαρης που δικαιολογεί το χαρακτηρισμό υδατάνθρακας.

Οι απλοί υδατάνθρακες είναι επίσης γνωστοί και ως *σάκχαρα* ή *σακχαρίτες* (από το Λατινικό *saccharum* = ζάχαρη), μια και έχουν γλυκιά γεύση. Στην ίδια αιτία οφείλεται και η κατάληξη *-όζη* στο όνομα των

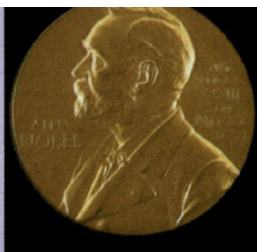
• Υπάρχουν ουσίες με έντονα γλυκιά γεύση που δεν είναι σάκχαρα, όπως τα συνθετικά γλυκαντικά σακχαρίνη και ντουλαίνη ($C_6H_5O-C_6H_5-NH-CO-NH_2$). Υδατικό διάλυμα σακχαρίνης είναι 300 φορές πιο γλυκό από διάλυμα ζάχαρης της ίδιας συγκέντρωσης.

• Μία ημισακτάλη προκύπτει με βάση την παρακάτω αντίδραση



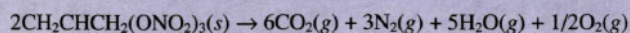
Χημεία Β Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης

Κεφάλαιο 2	σελ. 66	Αναφορά στον Nobel κ τον δυναμίτη	στην τυχαιότητα της ανακάλυψης του δυναμίτη και των πλαστικών εκρηκτικών
------------	---------	-----------------------------------	--



Άλφρεντ Νόμπελ (1833-1896) Σουηδός χημικός μηχανικός. Ανακάλυψε το δυναμίτη και άλλα ισχυρά εκρηκτικά και έκτισε βιομηχανία για την παραγωγή τους. Ένα ατύχημα στοίχισε τη ζωή του αδελφού του και τεσσάρων ακόμα ατόμων, καθώς και την καταστροφή του εργοστασίου του. Παρά την απαγόρευση του Σουηδικού κράτους, αυτός συνέχισε τα πειράματά του για την ανάπτυξη ασφαλούς μεθόδου παραγωγής του δυναμίτη. Διαπνεόταν από φιλειρηνικά αισθήματα και πίστευε ότι οι ανακαλύψεις του θα μπορούσαν να συντελέσουν στην ειρήνη του κόσμου. Διέθεσε το μεγαλύτερο μέρος της τεράστιας περιουσίας του, που κέρδισε κυρίως από τις εργασίες του αυτές, για να υλοποιηθεί αυτό που θεωρείται σήμερα ως η μεγαλύτερη τιμητική διάκριση στον κόσμο της επιστήμης: το βραβείο Νόμπελ.

Ο δυναμίτης έχει σαν βάση τη νιτρογλυκερίνη της οποίας η διάσπαση (έκρηξη) γίνεται με βάση την παρακάτω αντίδραση:



Χημεία Β Λυκείου Επιλογής

Κεφάλαιο 2	σελ. 66	Αναφορά στον Νobel κ τον δυναμίτη	Παραπομπή στην τυχαιότητα της ανακάλυψης του δυναμίτη και των πλαστικών εκρηκτικών
Κεφάλαιο 7	σελ. 237	Αναφορά στο θειικό οξύ (Παρασκευη-χρήσεις)	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη της χρωστικής ινδικού, η οποία βασίστηκε στο σπάσιμο ενός θερμομέτρου υδραργύρου πάνω από αμιζόν θειικό οξύ

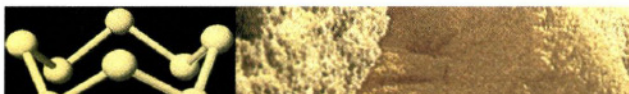
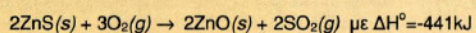
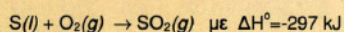
7.4 Θειικό οξύ

Βιομηχανική παραγωγή

Η παραγωγή θειικού οξέος είναι τεράστια και ξεπερνά τους 10^8 τόνους το χρόνο. Αποτελεί το υπό αριθμό ένα βιομηχανικό προϊόν, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.11. Δικαίως η κατανάλωση του θειικού οξέος αποτελεί δείκτη της οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας. Το θειικό οξύ παράγεται σήμερα αποκλειστικά με τη μέθοδο επαφής. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τρία στάδια.

1^ο στάδιο. Παραγωγή SO_2

Σ' αυτό το στάδιο, το διοξείδιο του θείου παράγεται είτε με καύση ορυκτού S ή με φρύξη πυριτών π.χ. σφαλερίτη, ZnS



- Φρύξη : θέρμανση του μεταλλεύματος με ρεύμα αέρα.
- Πυρίτης: θειούχο ορυκτό π.χ. σφαλερίτης, ZnS



Χημεία Γ Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης

Κεφάλαιο 3	σελ. 130	3.3 Οργανικές Συνθέσεις	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη της χρωστικής μωβεΐνης η οποία θεωρήθηκε ως η απαρχή της οργανικής συνθετικής χημείας
------------	----------	-------------------------	---

Χημεία Γ Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης

Κεφάλαιο 6	σελ. 237	5.4 Οργανικές Συνθέσεις	Παραπομπή στην τυχαία ανακάλυψη της χρωστικής μωβεΐνης η οποία θεωρήθηκε ως η απαρχή της οργανικής συνθετικής χημείας
------------	----------	-------------------------	---

5.4 Οργανικές συνθέσεις – Διακρίσεις

Οργανικές συνθέσεις

Οργανική σύνθεση είναι μία διαδικασία παρασκευής οργανικής ουσίας με πρώτες ύλες μία ή περισσότερες οργανικές ενώσεις, όπου συνήθως μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε ανόργανα αντιδραστήρια. Είναι δυνατόν επίσης να ζητείται να συνθέσουμε μία οργανική ένωση μόνο από ανόργανες ουσίες.

Για να επιτύχουμε τη σύνθεσή μας είναι απαραίτητη η γνώση των σημαντικών αντιδράσεων της οργανικής χημείας και μια σχετική εμπειρία.

Για την καλύτερη αντιμετώπιση των οργανικών συνθέσεων σας προτείνουμε την εξής ταξινόμηση.

I. ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ

Η ένωση της οποίας ζητείται η σύνθεση, έχει στο μόριο της τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα με την ένωση που αποτελεί την πρώτη ύλη.

Η ιστοσελίδα που αναπτύχθηκε

Παρατίθενται αποσπάσματα της τρέχουσας ιστοσελίδας όπου έχει αναρτηθεί το περιεχόμενο της διατριβής, όπως εμφανίζονται στην οθόνη υπολογιστή. Αρχικά εμφανίζεται η κεντρική σελίδα, η οποία χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενότητες, μια από τις οποίες αποτελείται από το υλικό της παρούσας διατριβής και ονομάζεται Τυχαίες Ανακαλύψεις στη Χημεία.

Περιεχόμενα Βιβλιογραφία Σχετικά Δι.Χη.Ν.Ε.Τ.

Θέματα Ιστορίας της Χημείας

Τυχαίες Ανακαλύψεις στη Χημεία

Μια συνοπτική παρουσίαση της ιστορικής εξέλιξης των ιδεών από την πρώτη πρόταση για την ύπαρξη ατόμων μέχρι και τις σύγχρονες εξελίξεις για την ολοκλήρωση της γνώσης μας γι αυτά.

WWW designed & developed by Nickolas

ΙΑ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗ ΚΑΙ ΟΝΟΜΑΤΟΘΕΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΥΧΑΙΕΣ ΑΝΑΚΑΛΥΨΕΙΣ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ Ορισμός της τυχαότητας στην

Στη συνέχεια φαίνεται η πρώτη σελίδα της ενότητας που αναφέρεται στις τυχαίες ανακαλύψεις στη χημεία με τίτλο Μύθοι και δεδομένα για ορισμένες ευτυχείς συγκυρίες στην επιστήμη της χημείας. Στο δεξί μέρος της ιστοσελίδας υπάρχει το μενού με τις επιμέρους υποενότητες της θεματικής αυτής ενότητας.

Περιεχόμενα Αρχική Βιβλιογραφία Σχετικά Δι.Χη.Ν.Ε.Ι.

Θέματα Ιστορίας της Χημείας

Τυχαίες ανακαλύψεις στη Χημεία

Ιστορία της ανακάλυψης του ατόμου Ανακάλυψη και ονοματοθεσία στοιχείων Τυχαίες ανακαλύψεις στη Χημεία

Μύθοι και δεδομένα για ορισμένες ευτυχείς συγκυρίες στην επιστήμη της Χημείας

Η τυχειότητα έχει παίξει αναμφίβολα ρόλο στην εξέλιξη της Χημείας και των επιστημών γενικότερα ωστόσο από μόνη της δεν είναι σε θέση να διαμορφώσει τις συνθήκες για μια σχετική πρόοδο στο αντικείμενο στο οποίο εμφανίζεται.

Για να συντελεστεί η πρόοδος απαιτείται παρατηρητικότητα από τον «τυχερό» επιστήμονα, κατανόηση των πιθανών εξελίξεων που η ανακάλυψη μπορεί να φέρει και οπωσδήποτε γνώση και επιθυμία για παραπέρα μελέτη και τελικά εφαρμογή των δεδομένων της τυχαίας ανακάλυψης.

Για την αρχική έννοια του όρου τυχειότητα καθώς και την ιστορία της προέλευσής του (η έκφραση στη διεθνή ορολογία είναι serendipity) ακολουθείστε το σύνδεσμο αυτό

Στη συνέχεια περιγράφονται μια σειρά από περιπτώσεις ανακαλύψεων στη Χημεία για τις οποίες υπάρχουν αναφορές πως προέκυψαν κατά τύχη. Οι αναφορές αυτές προέρχονται άλλοτε από τους επιστήμονες που εμπλέκονται στην ανακάλυψη κι άλλοτε από άλλους που μελετούν αντίστοιχα θέματα.

ixinet/ Από τα ιστορικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα, άλλοτε επιβεβαιώνεται κι άλλοτε

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την πρώτη υποενότητα με τίτλο «Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη».

Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη

Τυχειότητα είναι η Ελληνική απόδοση του διεθνούς όρου serendipity. Ο πρώτος που αναφέρεται ότι χρησιμοποίησε τον όρο είναι ο **Horace Walpole** (1717-1797), λόγιος και ιστορικός της τέχνης. Η αναφορά γίνεται σε ένα γράμμα του των αρχών του 1754 και αναφερόταν στην Αγγλική έκδοση με τίτλο «The Three Princes of Serendip» που είχε ως πηγή το «Peregrinaggio di tre giovani figliuoli del re di Serendippo» που τυπώθηκε στη Βενετία το 1557. Αυτό το κείμενο με τη σειρά του είχε καταγωγή από μια προγενέστερη μετάφραση από τα Αραβικά μιας από τις γνωστές Περσικές ιστορίες όπως περιγράφεται στο ποίημα «Hasht-Bihisht» του ινδικής καταγωγής Amir Khurso του 1302. Αυτό με τη σειρά του έχει βάση σε ένα ποίημα με τίτλο «Haft Paykan» του Nizami που αναφέρεται ότι γράφηκε το 1197. Η δράση του φανταστικού ποιήματος ανάγεται στην εποχή του τελευταίου Σασανίδη Πέρση βασιλιά Bahram V και περιγράφει την ιστορία τριών πριγκίπων από τη μακρινή Σερεντίπ, που στην Περσική γλώσσα σήμαινε τη σημερινή Σρι-Λάνκα.

Στο ταξίδι των τριών πριγκίπων μακριά από το βασίλειο του πατέρα τους συμβαίνουν μικρά κι ασήμαντα περιστατικά. Απ' αυτά όμως και με τη βοήθεια εξαιρετικά εξεζητημένων συναγωγών οι πριγκίπτες καθορίζουν με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά μιας καμήλας την οποία δεν είδαν ποτέ τους. Όταν συναντούν έναν έμπορο που έχασε μια καμήλα την περιγράφουν τόσο πιστά που τους υποπεύεται ότι την έκλεψαν. Στην ακρόαση που έχουν από τον τοπικό βασιλιά εξηγούν τον τρόπο με τον οποίο έφθασαν στα συμπεράσματά τους και συγκεκριμένα ότι η καμήλα:

- Είναι τυφλή από το δεξί μάτι γιατί στο δρόμο φαίνονται ίχνη από χόρτο που έχει φαγωθεί μόνο από την αριστερή πλευρά του όπου παρεμπιπτότως είναι λιγότερο πράσινο από την αντίστοιχη δεξιά πλευρά.
- Έχει ένα δόντι χαμένο επειδή στο δρόμο υπήρχαν σποραδικά κομματάκια μισομασημένου χόρτου στο μέγεθος ενός δοντιού
- Έχει κάποιο πρόβλημα στο ένα της πόδι επειδή τα ίχνη δείχνουν ότι περπάτησε κι ένα αδύναμο σύρσιμο
- Μεταφέρει ένα δοντίο μέλι κι ένα δοντίο βούτυρο επειδή παρατηρήθηκαν σπύρες από μύνες και από μυρμηγκία στις δύο άκρες του

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες
- Τεχνητές υφάνσιμες ύλες
- Ουσίες με βιολογική δράση
- Χρωστικές ουσίες

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την δεύτερη υποενότητα με τίτλο «Το "μήλο" του Newton».

Το "μήλο" του Newton

Παρατίθεται στη συνέχεια το βασικό κείμενο της ιστορίας με το μήλο του Newton όπως αποκαλύφθηκε στα αρχεία της Βασιλικής Κοινότητας. Ο συγγραφέας του είναι ο William Stukeley που ασχολήθηκε συστηματικά με τη βιογραφία του **Sir Isaac Newton** και χρονολογείται στα 1752. Ο Stukeley βεβαίως καταγράφει αυτά που του περιέγραψε ο Newton, τον οποίο παρεμπιπτότως θαύμαζε. Η ιστορία αναφέρεται στην περίοδο 1665-1667 οπότε ο νεαρός Newton αναγκάστηκε να απομακρυνθεί από το κολλέγιο όπου φοιτούσε για τον φόβο μιας επιδημίας.

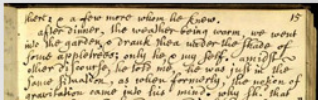
Η σκέψη για την αιτία που αναγκάζει το μήλο να πέφτει πάντοτε προς τη γη ήταν η αφετηρία για τη δημιουργία της θεωρίας της βαρύτητας. Ο Newton επανήλθε στο θεματικό χώρο της βαρύτητας και των αλληλεπιδράσεων των ουρανίων σωμάτων μετά από μια ανταλλαγή επιστολών με τον **Robert Hooke** που είχε αναλάβει καθήκοντα γενικού ελέγχου και εκτέλεσης των πειραμάτων που προτεινόταν στη Βασιλική Κοινότητα.

Η ανταλλαγή των επιστολών στην περίοδο 1679-1681 είναι σχεδόν πλήρως καταγεγραμμένη και φαίνεται ότι οι δύο συζητούν εκτός των άλλων περί των δυνάμεων μεταξύ των σωμάτων γενικά αλλά κυρίως μεταξύ των ουρανίων σωμάτων. Ο Hooke είχε κάνει κάποιες αναφορές παλιότερα σε σχέση με τις δυνάμεις μεταξύ των πλανητών και του ήλιου ενώ φυσικά υπήρχαν από παλιότερα οι γνωστοί νόμοι του Kepler για την κίνηση των πλανητών. Η ιδέα του Hooke ήταν πως οι ελλειπτικές τροχιές των πλανητών που επιβεβαιωνόταν από τη θεωρία του Kepler προέκυπταν από τις κοινές έλξεις μεταξύ αυτών και του ήλιου. Επίσης είχε αναφερθεί από αρκετούς αλλά περιστασιακά, η άποψη πως τέτοιες αλληλεπιδράσεις θα έπρεπε να είναι αντίστροφες ως προς την απόσταση των σωμάτων μεταξύ τους.

Στα 1684 ο Newton προώθησε προς την Κοινότητα την αρχική βασική του εργασία πάνω στο θέμα της βαρύτητας και στη συνέχεια προχώρησε στη συγγραφή του συνολικού έργου που θεμελίωσε αυτό που είναι γνωστό ως κλασική μηχανική.

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες
- Τεχνητές υφάνσιμες ύλες
- Ουσίες με βιολογική δράση
- Χρωστικές ουσίες



Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την τρίτη υποενότητα με τίτλο «Το “φίδι” του Kekule».

Το "φίδι" του Kekule

Η παλιότερη γνωστή περίπτωση τυχαίας έμπνευσης που σχετίζεται με το χώρο της Χημείας, αναφέρεται στην πρόταση για τη δομή των αρωματικών ενώσεων. Στην περίπτωση αυτή ο κύριος ερευνητής είναι που εισηγήθηκε την «επιφοίτηση» μέσω ενός ονείρου που είχε, ενώ είναι σαφές από τη μακρόχρονη και επιτυχή ενασχόλησή του με το αντικείμενο ότι ήταν γνώστης όλων των εξελίξεων στο χώρο και κατά συνέπεια απλώς έπρεπε με κάποιο τρόπο να συνδυάσει τα γνωστά στοιχεία.

Φυσικά, όπως έχει γραφεί από πολλούς, η αλήθεια που γίνεται γνωστή στη συνέχεια αποδεικνύεται ότι ήταν πολύ απλό να ευρεθεί και με την έννοια αυτή πιθανότατα απαιτήθηκε κάποια στιγμή έξαρσης στις νοητικές διαδικασίες του Friedrich August Kekulé von Stradonitz (7-9-1829 – 13-7-1896) που όμως καθοδηγούνταν από ένα γενικό πλαίσιο αντιλήψεων και προσπαθειών για μια σειρά ετών.

Οι γνώσεις του είχαν ως πηγή τους προγενέστερους Williamson, Frankland, Odling, Laurent, Wurtz. Ο Kekulé ήταν ο κύριος εισηγητής της θεωρίας της χημικής δομής στο χρονικό διάστημα 1857-1858. Καταρχήν ήρθε η ανακοίνωση για το τετρασθενές του άνθρακα (Über die s. g. gepaarten Verbindungen und die Theorie der mehratomigen Radicale. Annalen der Chemie und Pharmacie 104, 129-150, 1857) καθώς και η διαπίστωση του γεγονότος ότι τα άτομα του άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας αλυσίδες (Ueber die Constitution und die Metamorphosen der chemischen Verbindungen und über die chemische Natur des Kohlenstoffs. Annalen der Chemie und Pharmacie 106, 129-159, 1858).

Φυσικά, λίγο αργότερα ακολούθησε μια ανάλογη, ανεξάρτητη ανακοίνωση από τον Couper (Archibald Scott Couper, 1831-1892) στην οποία μάλιστα ζωγράφισε γραμμές για να δηλώσει τις συνδέσεις μεταξύ των ατόμων. Αυτές οι δύο αρχές είναι σίγουρο ότι σχημάτισαν τη σταθερή βάση για την εξαιρετικά γρήγορη ανάπτυξη της οργανικής χημείας στη συνέχεια. Η ιδέα της χημικής δομής, δηλαδή της διάταξης στο χώρο των ατόμων ενός μορίου, με συνδέσεις μεταξύ τους μέσω των καλούμενων από τον Kekulé «μονάδων συγγενείας» (Verwandtschaftseinheiten) στηρίχτηκε σε μικρότερες σειρές παρατηρήσεων.

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες
- Τεχνητές υφάνσιμες ύλες
- Ουσίες με βιολογική δράση
- Χρωστικές ουσίες

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την τέταρτη υποενότητα με τίτλο «Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου».

Τυχαίες ανακαλύψεις στη Χημεία

- Ιστορία της ανακάλυψης του ατόμου
- Ανακάλυψη και ονοματοθεσία στοιχείων
- Τυχαίες ανακαλύψεις στη Χημεία

Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου

Είδαμε ως τη στιγμή αυτή δύο περιπτώσεις σημαντικών ανακαλύψεων σχετικά με την εξέλιξη των επιστημών, για τις οποίες έχει γίνει επίκληση της θείας επιφοίτησης ή της αστραπιαίας έμπνευσης που έδωσαν το έναυσμα στους επιστήμονες να ασχοληθούν και να βρουν την τελική απάντηση στο ερώτημα που τους απασχολούσε.

Είναι εμφανές ότι και στις δύο περιπτώσεις η αναφορά στην ακαριαία αυτή διαδικασία και στην επίκληση της τυχειότητας της στιγμής που αυτή πραγματοποιήθηκε, δεν ευσταθεί και υπάρχουν γι' αυτό οι σχετικές υπόνοιες ή και μαρτυρίες. Στη συνέχεια όμως, θα πραγματευθούμε την ιστορική πορεία της μελέτης του ατόμου και της ανακάλυψης της δομής του, στην πορεία της οποίας συνδέονται και σχετίζονται μεταξύ τους πολλά φαινόμενα και διάφοροι τομείς της έρευνας. Στις περισσότερες περιπτώσεις των ανακαλύψεων νέων στοιχείων σχετικών με τη δομή και τη συμπεριφορά του ατόμου, η τυχειότητα έπαιξε χωρίς αμφιβολία σημαντικό ρόλο.

Η ατομική θεωρία είναι το επόμενο χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός επιστημονικού επιτεύγματος που βασίστηκε, τουλάχιστον στο πρακτικό της μέρος, καθαρά στην τυχειότητα. Η ατομική θεωρία του Dalton είχε λίγο ως πολύ γίνει αποδεκτή από το σύνολο των χημικών και των φυσικών περί τα τέλη του 19ου αιώνα, ωστόσο το άτομο θεωρούνταν ακόμη ως ένα σύνολο συμπαγές κατά τα πρότυπα της αρχικής θεώρησής του από τον Δημόκριτο. Φυσικά υπήρχαν δεδομένα από τον κόσμο της πειραματικής Φυσικής καθώς και της Χημείας τα οποία υποδείκνυαν την ύπαρξη μιας εσωτερικής δομής του ατόμου, πράγμα εντελώς ασύμβατο προς την βασική του ιδιότητα, να είναι

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες
- Τεχνητές υφάνσιμες ύλες
- Ουσίες με βιολογική δράση
- Χρωστικές ουσίες

estzone/akrivos/random_discoveries/3_3.html

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την πέμπτη υποενότητα με τίτλο «Εκρηκτικά».

Τυχαίες ανακαλύψεις στη Χημεία

Ιστορία της ανακάλυψης του ατόμου Ανακάλυψη και ονοματοθεσία στοιχείων Τυχαίες ανακαλύψεις στη Χημεία

Εκρηκτικά

Βαμβακοπυρίτιδα

Εντελώς τυχαίο είναι το γεγονός ότι ο **Schönbein** (Christian Friedrich Schönbein, 18-10-1799 – 29-8-1868) ανακάλυψε την νιτροκελλουλόζη, το πρώτο από τα άκαπνα εκρηκτικά στα 1842. Αυτός είχε τη συνήθεια να πραγματοποιεί χημικά πειράματα στην κουζίνα του σπιτιού του αλλά η γυναίκα του, όπως είναι φυσικό, επιθυμούσε η κουζίνα της να είναι καθαρή και χωρίς μυρωδιές. Για το λόγο αυτό ο Schönbein εργαζόταν κατά την απουσία της και πάντοτε με βιασύνη καθώς προσπαθούσε να εξαφανίσει τα ίχνη της δραστηριότητάς του πριν την επιστροφή της.

Σε μια τέτοια διαδικασία έχυσε κατά λάθος ένα μίγμα από πυκνό νιτρικό και πυκνό θειικό οξύ και στην προσπάθειά του να ελαχιστοποιήσει τις φθορές που αυτό θα προκαλούσε στον πάγκο και το πάτωμα της κουζίνας, άρπαξε μια βαμβακερή ποδιά της γυναίκας του και σκούπισε βιαστικά το υγρό. Κατόπιν τοποθέτησε την ποδιά μπροστά στο τζάκι με σκοπό να τη στεγνώσει και ανακάλυψε προς μεγάλη του έκπληξη ότι η ποδιά διασκορπίστηκε με μια αναλαμπή και χωρίς να δημιουργήσει καπνό. Φυσικά προχώρησε στη συνέχεια διερευνώντας με επιστημονικό τρόπο την αντίδραση καταλήγοντας να πατεντάρει το προϊόν.

Η σύγχρονη εξήγηση του αποτελέσματος είναι η επιτυχής νίτρωση της κελλουλόζης της ποδιάς με την επίδραση του μείγματος των οξέων. Στη συνέχεια και με τη θέρμανση, οι νιτρικές ομάδες έδρασαν ως μια εσωτερική πηγή οξυγόνου και προχώρησαν στη βίαιη οξείδωση της ποδιάς. Το προϊόν ήταν εξαιρετικά απότομο, αλλά όταν αναρρόφησε το

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχειότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαίες ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες
- Τεχνητές υφάνσιμες ύλες
- Ουσίες με βιολογική δράση
- Χρωστικές ουσίες

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την έκτη υποενότητα με τίτλο «Γλυκαντικές ουσίες».


Σακχαρίνη

Η πιο γνωστή περίπτωση είναι της **σακχαρίνης**, η οποία ονομάστηκε έτσι από τον ερευνητή που την ανακάλυψε κατ' αντιστοιχία με το Λατινικό *saccharum* που αποτελεί απόδοση του Ελληνικού «σάκχαρον» για τη γνωστή ζάχαρη καθώς και όλα τα συναφή με αντίστοιχη γλυκιά γεύση.

Από χημική άποψη πρόκειται για το βενζοϊκό σουλφοναμίδιο και απομονώθηκε από την πίσσα (όπως και περίπου διακόσιες άλλες ενώσεις) μετά από πολύπλοκη διαδικασία. Σε μια τέτοια διαδικασία με γενικότερο ερευνητικό ενδιαφέρον που πραγματοποιούσε το 1879 στο Πανεπιστήμιο Johns Hopkins ο **Constantin Fahlberg** (1850-1910). Όταν ένα βράδυ επέστρεψε σπίτι του διαπίστωσε ότι τα χέρια του παρόλο που είχαν πλυθεί είχαν κάτι που άφηνε μια ελαφρώς γλυκιά γεύση στα τρόφιμά του. Επέστρεψε στο εργαστήριο και εξέτασε τις ουσίες με τις οποίες ήρθε σε επαφή και ανακάλυψε τελικά την ουσία που αργότερα ονόμασε σακχαρίνη. Κατόπιν την παρασκεύασε με χημική διαδικασία και πατεντάρισε το αποτέλεσμα στα 1895, κατορθώνοντας να γίνει πολύ πλούσιος.

Σε αραιά διαλύματα η σακχαρίνη έχει περίπου 500 φορές πιο έντονα γλυκιά γεύση από τη ζάχαρη ενώ δεν έχει καμία θερμιδική αξία και δεν παρουσιάζει τα μεταβολικά προβλήματα των φυσικών σακχάρων.

Στη σύγχρονη εποχή έχει κατηγορηθεί για πιθανή καρκινογένεση και εφόσον έχουν ήδη ανακαλυφθεί κάποια λιγότερο επίφοβα υποκατάστατα, η χρήση της έχει περιοριστεί σημαντικά.



Φωτογραφία του Fahlberg.

Άλατα του κυκλαμικού οξέος

Ως πιθανό καρκινογόνο έχει κατηγορηθεί και το επόμενο γλυκαντικό υλικό που είναι γνωστό με τον όρο **cyclamate** και αντιστοιχεί στη χημική ένωση N-κυκλοεξυλοσουλφοναμίδιο νάτριο. Η σύνθεσή του πραγματοποιήθηκε το 1937 από τον μεταπτυχιακό φοιτητή **Michael Sveda** (1912-1999) που πραγματοποιούσε έρευνα πάνω σε μια σειρά από σουλφοναμικά παράγωγα με στόχο τη μελέτη τους για φαρμακευτική δράση αφού αρκετά παράγωγα του σουλφοναμικού οξέος ήταν γνωστά αντιμικροβιακά. Σε κάποια στιγμή του πειράματος ο φοιτητής έκανε ένα διάλειμμα και καπνίζοντας ένα τσιγάρο αισθάνθηκε μια γλυκιά γεύση. Όταν το φαινόμενο

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την έβδομη υποενότητα με τίτλο «Τεχνητές υφάνσιμες ύλες».

Σελουλόιντ
⚙️

Ένα ατύχημα με κολλώδιο αναφέρεται πως αποτέλεσε την αρχή της προσπάθειας και της τελικής επιτυχίας στην παρασκευή ενός συνθετικού υλικού ως υποκατάστατου του φυσικού ελεφαντόδοντου. Ο John **Wesley Hyatt** (28-11-1837 – 10-5-1920) ερευνούσε το αντικείμενο με τον αδελφό του, πιθανότατα με στόχο την κατασκευή φθινών μπαλών για μπιλιάρδο. Ασφαλώς και άλλοι πριν απ' αυτόν παρατήρησαν το σχετικά ελαστικό αλλά συνεχές λεπτό υμένιο που άφηνε πίσω του το κολλώδιο που χυνόταν, αυτός όμως συνέχισε την έρευνά του ξεκινώντας την προσπάθεια από το να χρησιμοποιήσει το κολλώδιο ως το συγκολλητικό μέσο στο υλικό που είχε στο μυαλό του.

Τελικά το κατάφερε προσθέτοντας καμφορά και αλκοόλη και κατεργαζόμενος το μείγμα υπό πίεση. Το υλικό πατενταρίστηκε με το όνομα σελουλόιντ (Celluloid) το 1870 και ήταν από τα πιο επιτυχημένα νέα υλικά αφού βρήκε εφαρμογές σε μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων όπως την κατασκευή κουμπιών, κολάρων, λαβών για μαχαιρία κλπ. Αναφορές στην παρασκευή ανάλογων προϊόντων είχαν προϋπάρξει αλλά ποτέ δεν βρήκαν απήχηση στην αγορά και για το λόγο αυτό η ανακάλυψη αποδίδεται στον Hyatt.



John Wesley Hyatt.

Συνθετικό μετάξι (rayon)
⚙️

Το 1878 η νιτροκελλουλόζη ήταν μια πολύ γνωστή για τις εφαρμογές της όπως στη φωτογραφία. Στο σκοτεινό θάλαμο όπου εργαζόταν ο **Hilaire de Chardonnet** (1-5-1839 – 11-3-1924) προσπαθώντας να καθαρίσει τα υπολείμματα από ένα μπουκάλι του υλικού που είχε σκορπίσει κατά λάθος, παρατήρησε ότι αυτά σχημάτιζαν ίνες. Παλιότερα είχε ασχοληθεί υπό την επίβλεψη του Pasteur με τις διαδικασίες προστασίας της γαλλικής παραγωγής μεταξίου από επιδημίες που έβλαπταν τους μεταξοσκώληκες και προφανώς του είχε μείνει η ιδέα πως θα μπορούσε με κάποιο τρόπο να παράγει ένα συνθετικό ανάλογο του μεταξίου. Έτσι η ινώδης μορφή του στερεοποιημένου κολλωδίου του κίνησε το ενδιαφέρον. Το καθοριστικό προϊόν ήταν ένας πολτός από τα φύλλα του φυτού που αποτελούσε την τροφή των μεταξοσκωλήκων που τον κατεργάζονταν με μείγμα από νιτρικό και θειικό οξύ. Κατόπιν το προϊόν διαλυόταν σε μείγμα από αιθέρα και αλκοόλη, από το οποίο παραγίναν ίνες που και στέγνωσαν με ρεύμα θερμού αέρα. Το υλικό αυτό ονομάστηκε rayon το 1924.



Hilaire de Chardonnet.

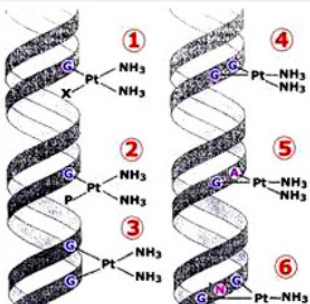
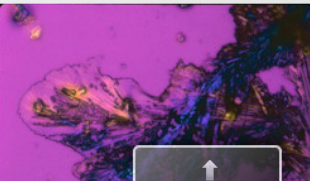
Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την όγδοη υποενότητα με τίτλο «Ουσίες με βιολογική δράση».

Ουσίες με βιολογική δράση
⚙️

Η cis πλατίνα
⚙️

Η cis πλατίνα ανακαλύφθηκε το 1963 με μελέτες του **Rosenberg** και των συνεργατών του στο πέρασμα ηλεκτρικού ρεύματος χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια πλατίνας μέσα από καλλιέργεια των γνωστών βακτηρίων *Escherichia coli* (B. Rosenberg, L. van Camp, J. Trosko, V. Mansour, Nature, 222, 385-386 (1969)) χρησιμοποιώντας χλωριούχο αμμώνιο ως φέροντα ηλεκτρολύτη. Η αυθεντία στην αναλυτική χημεία χρησιμοποιήθηκε τότε για να καθιερώσει ότι τα ηλεκτρόδια πλατίνας που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα είχαν αντιδράσει με τα συστατικά του μέσου καλλιέργειας για να σχηματίσουν διαμινότετραχλωροπλατίνα (IV) $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$. (B. Rosenberg, L. van Camp, T. Krigas, Nature 205, 698-699 (1965)), που αναστέλλει τη διαίρεση βακτηριακών κυττάρων.

Ο Rosenberg και οι συνεργάτες του τότε υπέθεσαν ότι το πρόδρομο συστατικό, η cis πλατίνα θα επιδρούσε επίσης στην διαίρεση των κυττάρων των συστημάτων θηλαστικών, και βρήκαν ότι αυτό έδειχνε επιλεκτική τοξικότητα τόσο in vitro και in vivo εναντίον ορισμένων πειραματικών όγκων.

Περιεχόμενα Κεφαλαίου

- Ορισμός της τυχαιότητας στην επιστήμη
- Το "μήλο" του Newton
- Το "φίδι" του Kekule
- Τυχαιές ανακαλύψεις που οδήγησαν στη διευκρίνιση της δομής του ατόμου
- Εκρηκτικά
- Γλυκαντικές ουσίες
- Τεχνητές υφάνσιμες ύλες
- Ουσίες με βιολογική δράση
- Χρωστικές ουσίες

Απόσπασμα της ιστοσελίδας από την ένατη υποενότητα με τίτλο «Χρωστικές ουσίες».


Ινδικό

Η χρωστική με το όνομα ινδικό είχε φυτική προέλευση και χώρα καταγωγής την Ινδία και συγκεκριμένα το φυτό με το όνομα *Indigofera tinctoria*. Η χρωστική ήταν γνωστή ήδη κατά τους Ελληνιστικούς χρόνους όπου και αποδίδεται η ονομασία της ως «ινδικόν» σύμφωνα με τις αντιλήψεις και τις συνήθειες των Ελλήνων. Η χρήση του διαδόθηκε στην Ευρώπη κατά τον 13ο αιώνα σε μεγάλη έκταση οπότε και αντικατέστησε κάποιες τοπικές χρωστικές ανάλογου χρώματος, έφθασε δε να θεωρηθεί από τον Newton ένα ξεχωριστό χρώμα στο φάσμα των γνωστών και αποδεκτών ως διακριτών χρωμάτων.

Η παραγωγή του αναφέρεται από κάποιες πηγές πως έφθασε τους 19.000 τόνους κατά το 1897. Ήδη από το 1865 ο Bayer επιχειρούσε να παρασκευάσει συνθετικά τη χρωστική, ξεκινώντας από ισπαίνη (1878) ή 2-νιπροβενζαλδεΐδη (1880) μεταξύ των άλλων, ωστόσο η βιομηχανική παρασκευή δεν ήταν πρακτική και οι ερευνητικές προσπάθειες συνεχιζόταν σε πολλές βιομηχανίες.

Όταν στα εργαστήρια της BASF ένας χημικός ονόματι **Sapper** προκάλεσε ένα ατύχημα, το θερμομετρο που χρησιμοποιούσε έσπασε πάνω από ένα δοχείο όπου έβραζε ένα μείγμα ναφθαλινίου και αιμιζόντος θειικού οξέος. Ο θειικός υδράργυρος που σχηματίστηκε έδρασε ως καταλύτης στο σχηματισμό του φθαλικού ανυδρίτη.

Με βάση την παρατήρηση αυτή, ο **Karl Neumann** προχώρησε στη μετατροπή του ανυδρίτη στη χρωστική ινδικό σε βιομηχανική κλίμακα ήδη από το 1897, κλωνίζοντας αρχικά και καταργώντας τελικά τη βιομηχανία παραγωγής φυσικού ινδικού. Σε τυχαιές καταρχήν παρατηρήσεις οφείλεται η ανακάλυψη αρκετών ακόμη χρωστικών, όπως για παράδειγμα των φθαλοκυανινών, κάτι που στηρίζεται στον εντελώς διαφορετικό προσανατολισμό των αρχικών πειραμάτων κατά τη διάρκεια των οποίων πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες σχετικές παρατηρήσεις.



Το φυτό παραγωγής της χρωστικής «ινδικόν» και μεταξωτό ύφασμα βαμμένο με τη χρωστική αυτή.

Φθαλοκυανίνες

Παράγωγα του φθαλικού οξέος ή του αντίστοιχου ανυδρίτη ήταν γνωστά από αρκετά παλιά και μάλιστα έχουν αναφερθεί οι συνθέσεις ενώσεων με κυανό κυρίως χρώμα ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα (A.Braun, J.Chemiac, Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, 1907, 40, 2709). Βρωμο- ή άμινο-υποκαταστάσιμα παράγωγα του οξέος καθώς και το αντίστοιχο

15. Αντί επιλόγου

Τα παραδείγματα που περιγράφηκαν είναι λίγα σε σχέση με αυτά που αναφέρονται στην ιστορία της χημείας; Εκείνο που προκύπτει από τη μελέτη τους είναι ότι το ευτυχές τυχαίο, το αναπάντεχο συμβάν είναι πολύ πιο συχνό από ό,τι θα περιμέναμε για μια από τις βασικές επιστήμες. Πολλά πράγματα βέβαια βρίσκονται από επιμελή και καμιά φορά επίπονη έρευνα πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα στη χημεία. Πράγματι αυτός είναι ο συνήθης τρόπος με τον οποίο προχωράει η επιστήμη ύστερα από την επανάσταση που έγινε όσον αφορά την επιστημολογική προσέγγιση της εξέλιξης των επιστημών από τον Kuhn.

Πόσες περιοχές της χημείας έχουν προκύψει ως αποτέλεσμα τυχαίων αποτελεσμάτων με ένα παράξενο προϊόν ή μια αντίδραση που δεν πήγε όπως αναμένονταν αλλά αποδείχθηκε ως σημαντική και ασυνήθιστη και ότι άξιζε να την παρακολουθήσει κανείς; Πόσες περιοχές της χημείας έχουν αμεληθεί και δεν είχαν την αναμενόμενη εξέλιξη επειδή οι χημικοί δεν αναγνώρισαν τα σημάδια κάποιου καινούργιου ή περιμένουν ακόμη την ανακάλυψη από ένα προετοιμασμένο μυαλό; Συχνά επίσης ένα ευτυχές ατύχημα δεν αναφέρεται ποτέ στις επίσημες εργασίες και δίνεται μόνο μια λογική ανάπτυξη της επανάστασης (σύμφωνα με την περιγραφή που δίνει ο Kuhn) που έχει συντελεστεί. Αλήθεια λέχθηκε ότι διακεκριμένοι χημικοί συχνά αποκαλύπτουν μόνο τα τυχερά διαλείμματα στις αυτοβιογραφίες τους. Αλλά αν ξέραμε περισσότερα σχετικά θα έπρεπε να είμαστε καλύτερα προετοιμασμένοι για να τα αναγνωρίσουμε όταν συμβαίνουν σε εμάς και να εκπαιδεύσουμε τους μαθητές μας να προσέχουν τα απρόσμενα αποτελέσματα.

Οι αρχές της χημείας τυλίγονται σε μυστήριο και δεν είναι καταγραμμένες σε γραπτή ή προφορική ιστορία. Η ανακάλυψη του μαγειρέματος, η εξαγωγή μεταλλευμάτων με την τήξη, υαλουργίες, κεραμοποιίες, σαπωνοποιεία, βαφές χρωμάτων κλπ., δραστηριότητες που αποτελούν την προϊστορία της χημείας και της χημικής τεχνολογίας είχαν σχεδόν σίγουρα ανακαλυφθεί κατά τύχη, από τον τυχαίο συνδυασμό των υλικών και των περιστάσεων που κάποιος άγνωστος πρόγονός μας αναγνώρισε σαν ενδιαφέρουσες και τις συνέχισε. Αυτές είναι βέβαια η πρώτη ρόδα για να γίνει το δύσκολο βήμα.

Τυχαία γεγονότα μόνα τους δεν είναι αρκετά-συμβαίνουν σε κάθε στιγμή και αμελούνται ευρέως. Είναι ο συνδυασμός του τυχαίου με την ικανότητα να δει κανείς την σημασία το ετοιμασμένο μυαλό του Pasteur η οξύνοια του Walpole που κάνει τη διαφορά ανάμεσα σε ένα ατύχημα και μια ευκαιρία. Αλλά και ένα τρίτο στοιχείο υπάρχει, η εφαρμογή. Η ανακάλυψη πρέπει να παρακολουθηθεί να διερευνηθεί να αναπτυχθεί πριν γίνει χρήσιμη και χρειάζεται επίσης και η προθυμία για σκληρή εργασία και επιμονή. Να παρατηρήσουμε κάτι

που συνέβη και απρόσμενα να πούμε ότι αυτό είναι ενδιαφέρον δεν είναι αρκετό, η σημασία πρέπει να παρακολουθηθεί έως ότου το γεγονός φανερώσει το μυστικό του.

Η συνταγή για επιτυχία

«Το αουτσάιντερ έχει συχνά λιγότερες αναστολές για πρόκληση παραδεδεγμένων ιδεών και για προσπάθεια για απλές λύσεις όταν αυτές όταν οι καλύτερα πληροφορημένοι ψάχνουν για αποτελέσματα με περισσότερο σύνθετους επιστημονικούς δρόμους. Μεγάλη εμπειρία σε ένα επάγγελμα τείνει να σχηματίζει μια κρούστα στο μυαλό (βέβαια όχι χωρίς αξία για μερικούς σκοπούς) που έχει σαν αποτέλεσμα να παίρνονται μερικά πράγματα σαν δεδομένα σε υποθέσεις που γίνονται βαθιά ριζωμένες, σε απλές ερωτήσεις που ζητήθηκαν πιο σπάνια».

Φαίνεται ότι υπάρχουν τρεις προϋποθέσεις για μια καρποφόρα τυχαία ανακάλυψη (J. Jewkes, D. Sawers, R. Stillerman, Η πηγή της ανακάλυψης 2^η έκδοση Macmillan 1969 σελ. 98):

- Τυχαίο
- Ικανότητα
- Εφαρμογή

Ένα τυχαίο γεγονός δεν έχει καμία επίδραση ή σημασία εκτός αν συμβαίνει σε κάποιον με την ικανότητα να βλέπει την σημασία του γεγονότος, και δεν θα προχωρήσει περαιτέρω χωρίς σημαντική εφαρμογή για κατανόηση και ανάπτυξη της ανακάλυψης. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των δημιουργικών ανθρώπων είναι σκληρή εργασία, χωρίς την οποία η δημιουργικότητά τους θα έμενε άκαρπη. Όπως είπε ο Edison, η επιτυχία είναι «10% έμπνευση και 90% ιδρώτας». Έτσι η ευκαιρία όχι μόνο ευνοεί το έτοιμο μυαλό, αλλά επίσης το εργατικό, επίμονο ταμπεραμέντο και εξασφαλίζει ότι το τυχαίο υβρίδιο αναγνωρίζεται και προωθείται, ίσως για πολλά χρόνια, προκειμένου να δώσει νέους καρπούς.

«Ο εφευρέτης έχει εντούτοις ενθαρρυνθεί στις προσπάθειές του με την αντανάκλαση αυτού που είναι κρυμμένο και άγνωστο και δεν μπορεί να ανακαλυφθεί με επιστημονική έρευνα και είναι πιο πιθανό να βρεθεί τυχαία και από τον άνθρωπο που αφιερώνεται στο αντικείμενό του και είναι πιο παρατηρητικός σε κάθε τι σχετικό»

Η πρόκληση για εμάς σαν ερευνητές και καθηγητές είναι να αναπτύξουμε αυτές τις ιδιότητες στους μαθητές μας ώστε να γίνουν χημικοί ικανοί να επωφεληθούν από τα ατυχήματα και τις πιθανότητες που θα συναντήσουν στην καριέρα τους. Στην φαντασία και στη διάνοηση πρέπει να προσθέσουμε βιομηχανία.

« η επιστημονική πρόοδος δεν μπορεί να προγραμματισθεί. Όταν γράφεις μια πρόταση για ένα χρηματοδοτικό οργανισμό, αυτή βασίζεται στην τρέχουσα γνώση, όχι στο άγνωστο. Όμως η πιο ενδιαφέρουσα επιστήμη πρέπει να θεμελιωθεί στον άγνωστο κόσμο. Πως πηγαίνει κανείς από το γνωστό στο άγνωστο! Ο καλύτερος τρόπος, κατά τη γνώμη μου, είναι να προσέξει κανείς αυτούς που το έκαναν πιο πρώτα. Ανακάλυψη από τυχαιότητα ή από σύλληψη συχνά έρχεται στους ίδιους ανθρώπους ξανά και ξανά» (Charles Goodyear, Ελαστικό κόμμι, 1855 σελ.101).

16. Βιβλιογραφία

Γενική Βιβλιογραφία

- [1] C. Zaragoza, J.M. Fernández-Novell, *Teaching Chemistry Through History: The Importance of The Periodic Table*, 6th international conference on the history of chemistry, 685-693
- [2] P. J. Garnetta, P.J. Garnettb, M.W. Hackling, *Studies Sci. Educ.*, **25**, 1995, 69
- [3] J.P. Birk, M.J. Kurtz, *J. Chem. Educ.*, **76**, 1999, 124 και G.M. Bodner, *J. Chem. Educ.*, **68**, 1991, 385
- [4] W. de Vos, B. van Berkel, A.H. Verdonk, *J. Chem. Educ.*, **71**, 1994, 743 και E. Lewis, M. Linn, *J. Res. Sci. Teach.*, **31**, 1994, 657
- [5] J. Bennett, *Int. J. Sci. Educ.*, **23**, 2001, 833
- [6] L. Paoloni, *Eur. J. Sci. Educ.*, **3**, 1918,139
- [7] A. Stinner, B. MacMillan, D. Metz, J. Jilek, S. Klassen, *Sci. Educ.*, **12**, 2003, 617
- [8] A. Binnie, *Sci. Educ.*, **10**, 2001, 379, I. Galili, A. Hazan, *Phys. Educ. Res.*, **68**, 2000, 000

Ειδική Βιβλιογραφία

- I. Asimov, *A Short History of Chemistry*, Greenwood Press Publishers, 1965.
- I. Asimov, *Το χρονικό των Επιστημονικών Ανακαλύψεων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2008.
- W.H. Brock, *The Norton History of Chemistry*, W.W. Norton and Company, 1992.
- E. Farber, *The Evolution of Chemistry*, The Ronald Press Company, 1952.
- R. Harre, *Scientific Thought 1900-1960: A Selective Survey*, Clarendon Press, 1969.
- J. Hudson, *The History of Chemistry*, MacMillan, 1992.
- H.M. Leicester, *Historical Background to Chemistry*, Dover, 1971.
- S.H. Mauskopf (ed.), *Chemical Sciences in the Modern World*, University of Pennsylvania Press, 1993.
- R. Mierzecki, *The Historical Development of Chemical Concepts*, Dordrecht, 1991.
- J.R. Partington, *A Short History of Chemistry*, Dover, 1937.
- R.B. Pilcher, F. Butler-Jones, *What Industry owes to Chemical Science*, Van Nostrand, 1918.
- H.T. Pledge, *Science Since 1500*, Her Majesty's Stationery Office, 1966.
- H.W. Salzberg, *From Caveman to Chemist*, American Chemical Society, 1991.
- Sir Basil Schonland, *The Atomists (1805-1933)*, Clarendon Press, Oxford, 1968.
- C. Singer, *A Short History of Scientific Ideas to 1900*, Oxford University Press, 1959.
- A. G.R. Smith, *Science and Society in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, Thames and Hudson, London, 1972.