

Τα μέταλλα στην καθημερινή ζωή



Μάθημα: Project

Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Πάτρας

ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

Μάθημα: Ερευνητική Εργασία

Σχολείο: Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Πάτρας

Μαθητές: Αυγέρος Φώτης, Βγενοπούλου Αγγελική, Ευθυμάκη Παναγιώτα, Κορδοπάτη Γεωργία, Γιαννακόπουλος Λάμπρος, Οικονόμου Αθανάσιος, Σοφιανός Ιωάννης, Σταυρόπουλος Θεόδωρος, Ξένου Ολυμπία, Φωτόπουλος Νικόλαος, Μπότσαρη Νικαέλα, Παπαδόπουλος Αλέξης, Παπαδόπουλος Δημήτρης, Πολίτης Σπυρίδων, Παναγιωτοπούλου Ιωάννα, Σκούτα Άρτεμις, Φώτη Άλκηστις, Σιμωτά Ζαφειρία, Τραγότσαλος Φώτης.

Επιβλέπων καθηγητής: Κασσαπάκη Κατερίνα

Τόπος: Πάτρα

Σχολικό Έτος: 2013-2014

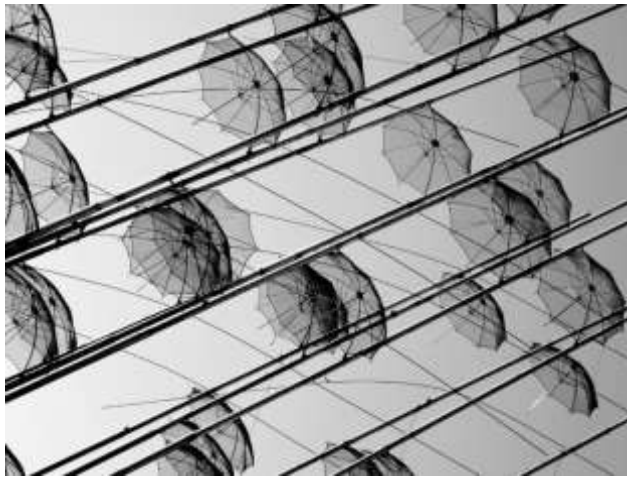
Περιεχόμενα

Περίληψη.....	σελ.3
Πρόλογος.....	σελ.4
Εισαγωγή.....	σελ.5
Κυρίως μέρος.....	σελ.6
1. Τα χημικά στοιχεία στη γη: Από την καρδιά των άστρων στη γη και τον άνθρωπο.....	σελ.6
2. Ιδιότητες των μετάλλων και ιστορική αναδρομή.....	σελ.15
3. Μεταλλουργία.....	σελ.30
I. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	
II. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ	
III. ΣΗΜΕΡΙΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	
IV. ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ	
V. ΚΛΑΔΟΙ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ	
VI. ΒΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ	
VII. ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ	
VIII. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ	
IX. ΣΦΥΡΗΛΑΤΟΣ ΣΙΔΗΡΟΣ ΚΑΙ ΧΑΛΥΒΑΣ	
X. ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	
XI. ΧΡΗΣΕΙΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	
XII. ΠΑΡΑΣΚΕΥΕΣ	
XIII. ΜΟΛΥΒΔΟΣ	
XIV. ΚΙΝΔΥΝΟΙ	
XV. ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ	
4.Ανακύκλωση.....	σελ.48
α) Ανακύκλωση μετάλλων	
β) Ανακύκλωση λαμπτήρων	
γ) Ανακύκλωση Μπαταριών	
δ) Οφέλη Ανακύκλωσης των μπαταριών	
5.Επίλογος.....	σελ.67
6.Βιβλιογραφία.....	σελ.68

Περίληψη

Η εργασία μελετά τη χρήση των μετάλλων στην καθημερινή ζωή. Ουσιαστικά αναφέρεται στον <<κύκλο των μετάλλων>>, από το πώς δημιουργήθηκαν, τις ιδιότητές που έχουν, τη μετατροπή τους, ώστε να είναι έτοιμα για χρήση μέχρι και την ανακύκλωση τους.

Πρόλογος



Μεταλλικές Ομπρέλες Ζογγόπουλου

Ένας τρόπος να καταλάβουμε την αξία των μετάλλων είναι να σκεφτούμε πως θα είναι η ζωή μας χωρίς αυτά... Φανταστείτε ένα κόσμο χωρίς αυτοκίνητα, πλοία, κτίρια και άλλα βασικά εργαλεία που βοηθούν στην διευκόλυνση της ζωής μας. Φανταστείτε λοιπόν τα κτίρια να ήταν από ξύλο το οποίο χρειάζεται συχνή συντήρηση και αρκετά χρήματα. Εν ολίγοις τα μέταλλα βελτιώνουν την ποιότητα ζωής μας εφόσον διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο.. Ο ρόλος αυτός είναι η ανάγκη καλύτερης ζωής διότι χωρίς τα μέταλλα δεν θα μπορούσαν να παραχθούν οι αναγκαίες ποσότητες σε βασικά προϊόντα.

Εισαγωγή

Από πολύ παλιά τα μέταλλα είχαν πρωταρχικό ρόλο στη ζωή των ανθρώπων. Μέχρι και τις πρώτες εποχές που είχε αρχίσει να εμφανίζεται η ζωή στον πλανήτη είχαν πάρει το όνομά τους από το μέταλλο που είχε ανακαλυφθεί (π.χ. εποχή του χαλκού). Τα μέταλλα έχουν βοηθήσει πάρα πολύ στην απλοποίηση της ζωής αλλά και στην ανάπτυξη της τεχνολογίας. Ωστόσο, η λανθασμένη διαχείρησή τους συμβάλλει αρνητικά στα περιβαλλοντικά προβλήματα. Εκτός αυτού κάποια στιγμή οι πηγές θα τελειώσουν. Μπορεί ο άνθρωπος άρα και η χημεία να δώσει λύση σ'αυτά τα προβλήματα; Κι αν ναι πόσο θα αλλάξει η καθημερινότητα που ως τώρα είχαμε συνηθίσει;

Κυρίως μέρος

Τα χημικά στοιχεία στη γη:

Από την καρδιά των άστρων στη γη και τον άνθρωπο

Το σύμπαν λίγο μετά την μεγάλη έκρηξη

<<Εν αρχή εποίησεν ο Θεός τον ουρανόν και την γην. Η δε γην ειν άόρατος και ακατασκευαστος, και σκότος επάνω της αβύσσου, και πνεύμα Θεού επεφέρετο επάνω του ύδατος. Και είπε ο Θεός 'γενηθήτω φως' και εγένετο φως. >>

Η εποχή της κβαντικής βαρύτητας

Η εποχή αυτή διαρκεί από τη στιγμή της μεγάλης έκρηξης μέχρι τα 10^{-43} δευτερόλεπτα. Η θερμοκρασία πέφτει από το άπειρο στους 10^{32} K. Υπάρχει μια και μόνο δύναμη, ένα μόνο είδος σωματίου. Γίνεται διάκριση του χώρου και του χρόνου και το μέγεθος του είναι ανάλογο με αυτό του ατόμου.

Η εποχή της μεγάλης ενοποίησης

Από τα 10^{-43} έως 10^{-35} δευτερόλεπτα η βαρύτητα αποχωρίζεται από τις άλλες τρεις δυνάμεις (ηλεκτρομαγνητική, ισχυρή πυρηνική και ασθενής πυρηνική). Μια παρόμοια μορφή σωματιδίων με αυτή των κουάρκ και λεπτονίων και τα αντισωματίδια τους και τα φωτόνια και νετρίνο συνιστούν τη σούπα σωματιδίων. Η θερμοκρασία στους 10^{27} K.

Η εξαφάνιση της αντιύλης

Από τα 10^{-35} έως 10^{-12} δευτερόλεπτα η αντιύλη δείχνει να έχει εξαφανιστεί πράγμα του παραμένει παράδοξο μέχρι σήμερα.

Η πυρηνοσύνθεση

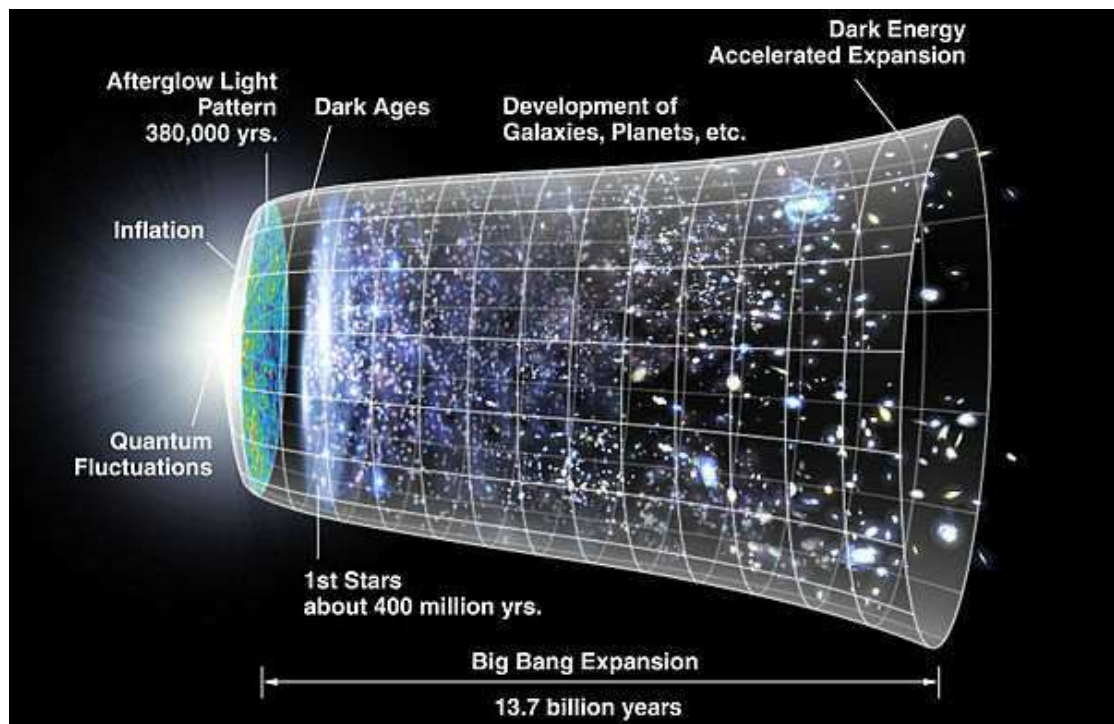
Κοντά στο τέλος του πρώτου δευτερολέπτου τα κουάρκ εγκλωβίζονται σε ανδρόνια (κυρίως πρωτόνια και νετρόνια). Εκεί παραμένουν ακόμα και σήμερα αμετάβλητα και αδιάσπαστα όπως γνωρίζουμε μέχρι σήμερα. Σε λίγα μόλις λεπτά σχηματίζεται το ήλιο. Θα περάσουν πολλά χρόνια για να είναι ουδέτερα τα άτομα.

Το σύμπαν καθίσταται διαυγές

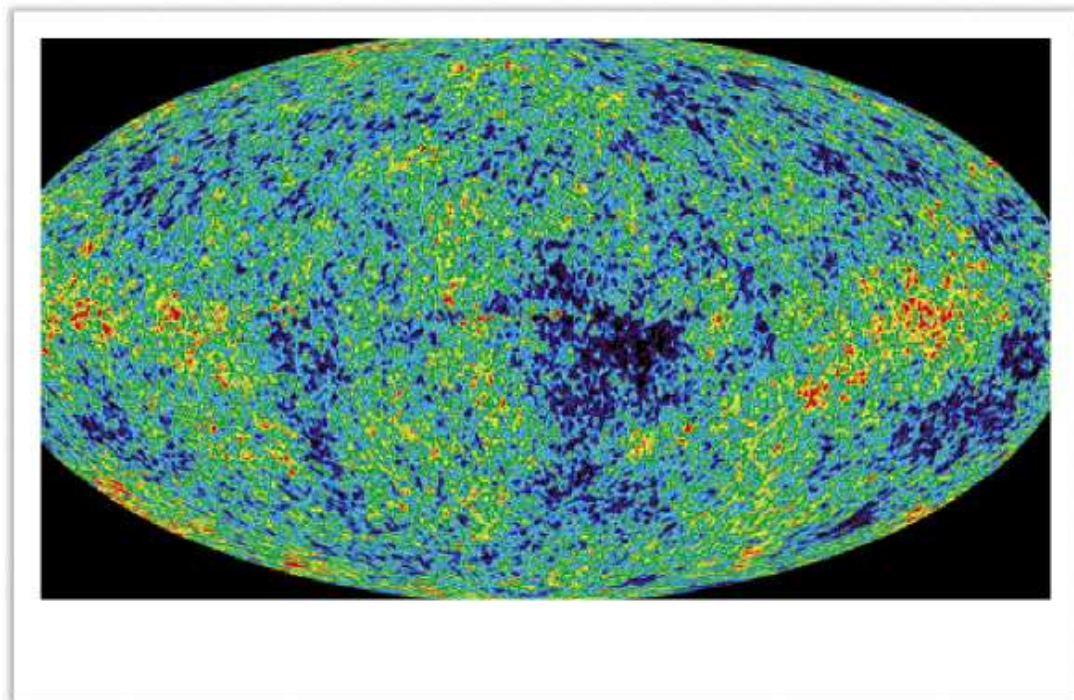
Βρισκόμαστε 380.000 έτη μετά τη μεγάλη έκρηξη. Η ύλη και η ακτινοβολία κυριαρχούν. Το σύμπαν διαστέλλεται τα φωτόνια χάνουν ενέργεια και ενώ είναι 1 εκατομμύριο φορές περισσότερα από τα βαρυόνια τα τελευταία υπερισχύουν.

Η εποχή της βαρύτητας

Περίπου 700.000 έτη από τη μεγάλη έκρηξη επικρατεί η βαρύτητα και σχηματίζονται οι πρώτοι γαλαξίες. Το σύμπαν διαστέλλεται συνεχώς και ξεκινά να παίρνει τη σημερινή μορφή του, μια διαδικασία που διαρκεί 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια.



Εικόνα 1: διάγραμμα για την εξέλιξη του σύμπαντος

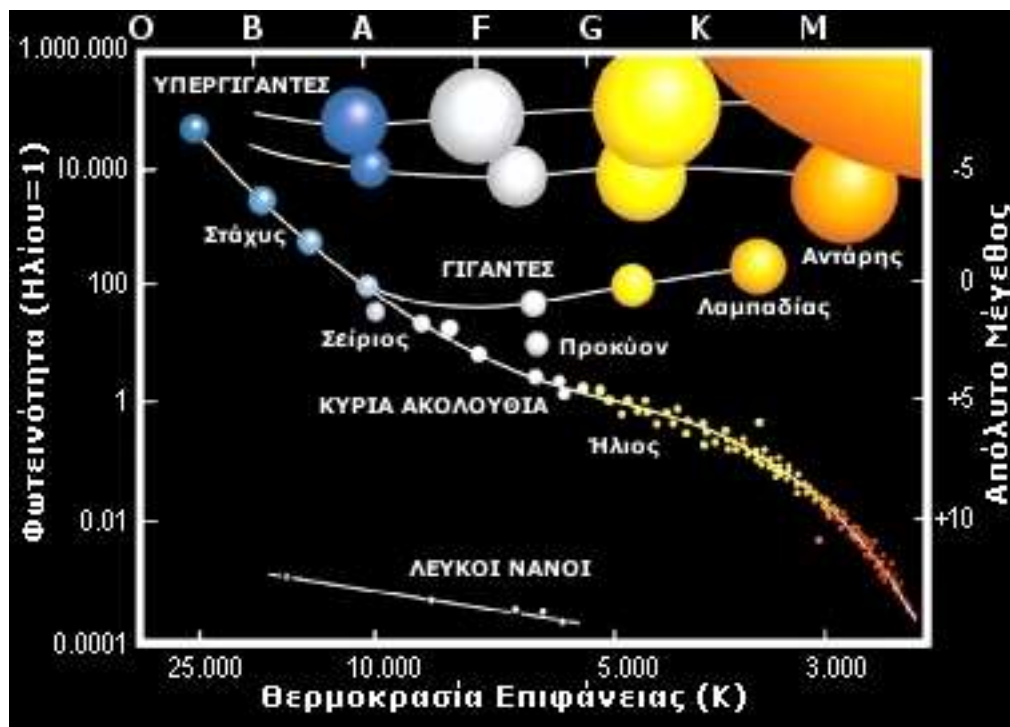


Εικόνα 2: το σχήμα του σύμπαντος σήμερα όπως αποτυπώθηκε από το δορυφόρο MAP.

Η γένεση αστέρα

Βάση της κοσμολογικής αρχής το σύμπαν κατανέμεται ομοιόμορφα και ισότροπα. Ωστόσο η αρχή αυτή ισχύει εκεί που δεν επιδρά η βαρύτητα. Συγκεντρώσεις μεσοαστρικής ύλης με έντονη την επίδραση της βαρύτητας αποτελούν τη βάση δημιουργίας των αστέρων. Στο

νέφος σκόνης και αερίων και 'αποσπάται' από την υπόλοιπη μεσοαστρική ύλη η βαρυτική δύναμη εξακολουθεί να συμπιέζει τα άτομα. Τα άτομα συγκρούονται μεταξύ τους και η κινητική ενέργεια αυξάνεται, η θερμοκρασία αυξάνεται. Οι συγκρούσεις γίνονται συχνότερες, η θερμοκρασία αυξάνει, η πυκνότητα και η πίεση. Η διέγερση των ατόμων προκαλεί την εκπομπή ακτινοβολίας στη γραμμή υδρογόνου. Βαρυτική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα, ο πρωταστέρης αυξάνει θερμοκρασία και πυκνότητα. Το αρχικό νέφος σταδιακά παίρνει μορφή πεπλατυσμένου δίσκου και περιστρέφεται. Η ηλεκτρονική φλοιοί σχεδόν εφάπτονται (απαγορευτική αρχή του Pauli). Η θερμοκρασία αποδεσμεύει τα ηλεκτρόνια από τους πυρήνες, εκλύονται τεράστιες ποσότητες φωτός. (περιοχή ραδιοσυχνοτήτων και υπερύθρου, καθώς αυξάνει η ενέργεια των φωτονίων μετατοπίζεται στο ερυθρό). Ο αστέρας έχει γεννηθεί, θερμοπυρηνικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται στον πυρήνα (σύντηξη υδρογόνου σε ήλιο, 2 πυρήνες υδρογόνου συνθέτουν ένα πυρήνα ηλίου).



εικόνα 3 : Το θεωρητικό διάγραμμα H- R. Η εξέλιξη του αστέρα.

Η εξελικτική πορεία του αστέρα

Η αρχική μάζα του αστέρα θα καθορίσει την πορεία που θα ακολουθήσει στην ζωή του καθώς και τον τρόπο που θα πεθάνει.

Την στιγμή που ξεκινούν οι θερμοπυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης υδρογόνου σε ήλιο ο αστέρας έχει εξασφαλίσει τη σταθερότητα του όγκου του, της λαμπρότητας και θερμοκρασίας του. Επικρατεί ισορροπία*. Είναι το στάδιο που διαρκεί πάνω από το μισό του ολικού χρόνου ζωής του αστέρα και διακρίνεται για τη σταθερότητα, είναι γνωστό ως φάση της κύριας ακολουθίας στο θεωρητικό διάγραμμα H-R.

*Η ισορροπία του αστέρα επιτυγχάνεται από την επίδραση δυο δυνάμεων αντίθετων μεταξύ τους όταν ισοσταθμίσουν. Η ισχυρή δύναμη πίεσης προς το εξωτερικό του αστέρα αντισταθμίζει την δύναμη βαρύτητας λόγω της μάζας του. Η δύναμη αυτή προέρχεται από τον πυρήνα του αστέρα από τα τεράστια ποσά ενέργειας που εκλύονται από την διαδικασία της σύντηξης.

Ερυθροί γίγαντες και υπεργίγαντες

Όταν εξαντληθούν τα αποθέματα υδρογόνου στο πυρήνα (μόνο το 20% του υδρογόνου στον πυρήνα μπορεί να χρησιμοποιήσει για τη σύντηξη), η ισορροπία του αστέρα καταστρέφεται. Δεν εκλύεται αρκετή ενέργεια για να εξισορροπήσει τη δύναμη της βαρύτητας προς το εσωτερικό. Ο αστέρας συστέλλεται. Οι βίαιες συγκρούσεις των πυρήνων προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας, 1.000.000.000 βαθμούς. Ξεκινά η θερμοπυρηνική σύντηξη ηλίου σε άνθρακα (3 πυρήνες ηλίου συνθέτουν 1 άτομα άνθρακα). Η ενέργεια που εκλύεται είναι μεγάλη, περισσότερη από αυτή που χρειάζεται για να συγκρατήσει τη βαρυτική σύνθλιψη, ο αστέρας αποκτά μεγαλύτερο όγκο από τον αρχικό. Ακτινοβολεί σε μεγαλύτερα μήκη κύματος με την άνοδο της θερμοκρασίας, ερυθρό, είναι πλέον ένας ερυθρός γίγαντας. Η θερμοκρασία αυξάνεται συνεχώς, επιτρέπεται να γίνουν πολυπλοκότερες θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Στον πυρήνα του αστέρα γίνεται σύνθεση στοιχείων οξυγόνου μαγνησίου και πυριτίου. Τα αποθέματα του ηλίου εξαντλούνται. Ο αστέρας για να εξωθήσει τη βαρυτική σύνθλιψη θα χρησιμοποιήσει ως καύσιμο τον άνθρακα. Αυτή τη φορά τα ποσά ενέργειας που θα εκλυθούν θα είναι ακόμα μεγαλύτερα, ο αστέρας διογκώνεται ακόμα περισσότερο, ερυθρός υπεργίγαντας.

Ο θάνατος άστρων μικρότερης ή μάζας ανάλογης του Ηλίου μας.

Το τέλος του άστρου διαφέρει, εξαρτάται από την αρχική ολική που μάζα.

Οι λευκοί νάνοι

Με την θερμοπυρηνική σύντηξη του άνθρακα σε σίδηρο οι πυρηνικές αντιδράσεις σταματούν. Δεν υπάρχουν άλλα καύσιμα διαθέσιμα για παραγωγή ενέργειας. Ο ρυθμός κατανάλωσης τους είναι αντιστρόφως ανάλογος του κύβου της μάζας του αστέρα. Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει το άστρο τόσο πιο γρήγορα θα εξαντληθούν τα καύσιμα στον πυρήνα άρα τόσο πιο σύντομη θα είναι η ζωή του άστρου. Ο αστέρας συρρικνώνεται υπό την επίδραση της βαρυτικής σύνθλιψης. Η μάζα σε αντίθεση με τον όγκο είναι μικρή. Ο αστέρας σταθεροποιείται, η ύλη βρίσκεται σε ιονισμό. Οι ισχυρές δυνάμεις του ηλιακού ανέμου εξωθούν τα εξωτερικά στρώματα του αστέρα και τα σκορπίζουν στη γύρω περιοχή. Ο χώρος εμπλουτίζεται με τα στοιχεία που αρχικά είχαν παραχθεί στο πυρήνα του άστρου και δημιουργείται ένα πλανητικό νεφέλωμα. Στο κέντρο του νέφους υπάρχει ο πυρήνας του αστέρα. Δεν πραγματοποιούνται θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Αποτελείται από άνθρακα σε κρυσταλλική δομή και ακτινοβολεί από την εναπομείνουσα ενέργεια. Είναι ένα σώμα παρόμοιο σε μέγεθος με τη γη μεγάλης πυκνότητας, ο λευκός νάνος. Σταδιακά μετατρέπεται σε καφέ και τελικά μαύρο νάνο.



Εικόνα 4: πλανητικό νεφέλωμα του Καρκίνου, στο κέντρο υπάρχει λευκός νάνος.

Αστέρες νετρονίων

Αστέρες με μάζα 2-3 φορές τη μάζα του ήλιου καταλήγουν σε αστέρες νετρονίων αντί των λευκών νάνων. Θεωρούνται τα σώματα με τη μεγαλύτερη πυκνότητα στο σύμπαν, 10^{15}g/cm^3 , περιστρέφονται με τεράστια ταχύτητα, 3000 στροφές το δευτερόλεπτο. Το ισχυρό μαγνητικό του πεδίο τους καθιστά δέσμη εκπομπής ραδιοκυμάτων. Περιβάλλονται και αυτοί από νεφέλωμα.

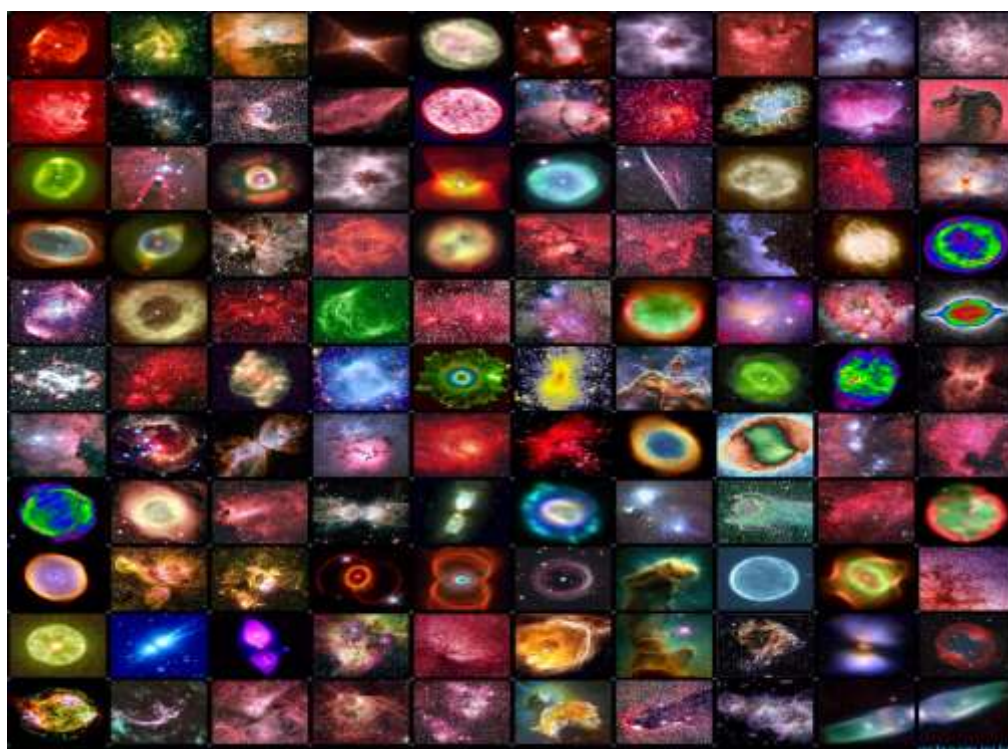
Αστέρες μάζας πολλές φορές μεγαλύτερη του ήλιου.

Ύστερα από επαναλαμβανόμενους κύκλους θερμοπυρηνικών αντιδράσεων το άστρο αποτελείται από ένα πυρήνα σιδήρου. Τα εξωτερικά του στρώματα ισορροπούν από την καύση ελαφρύτερων στοιχείων. Ο πυρήνας καταρρέει και νεutrino διαφεύγουν προς το εξωτερικό. Η βαρυτική κατάρρευση επιταχύνεται. Η πυκνότητα του πυρήνα αυξάνεται (πυκνότητα πυρηνικής ύλης) τόσο που παγιδεύεται εκεί όλη η ενέργεια του άστρου. Το κρουστικό κύμα ξεσπά προς τα έξω με ταχύτητα το 1/10 αυτής του φωτός. Η έκρηξη είναι

κολοσσιαία (έκρηξη υπερκαινοφανούς αστέρα). Όλο το υλικό του αστέρα εκτοξεύεται στο χώρο γύρω εμπλουτίζοντας τη μεσοαστρική ύλη με τα στοιχεία που αρχικά παράχθηκαν στο πυρήνα με σύντηξη.

Η άλλη εκδοχή θανάτου αστέρα πολλών ηλιακών μαζών είναι η δημιουργία μελανής οπής που δεν θα εξετάσουμε καθώς δεν εκλύεται υλικό από τον πυρήνα του αστέρα στη μεσοαστρική ύλη.

**ο εμπλουτισμός με μεσοαστρικής ύλης με βαρύτερα στοιχεία από το υδρογόνο που υπάρχει από τα πρώτα λεπτά της δημιουργίας σε αφθονία στο σύμπαν αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία ακόμα βαρύτερων στοιχείων. Το νέφος αυτό πιθανότητα αποτελέσει υλικό για τη δημιουργία ενός ακόμα αστέρα στο μέλλον που θα συνθέσει πιο πολύπλοκα στοιχεία. Χαρακτηριστικά οι αστέρες χωρίζονται σε δυο πληθυσμούς ανάλογα με τα στοιχεία που χρησιμοποιούν στην σύντηξη κατά τη διάρκεια της φάσης της κύριας ακολουθίας. Οι αστέρες πληθυσμού I αποτελούνται από βαρύτερα στοιχεία και είναι νεαρότερης ηλικίας, μεταγενέστεροι σε αντίθεση με αυτούς του πληθυσμού II αποτελούνται από ελαφρύτερα στοιχεία και είναι από τους πρώτους που δημιουργήθηκαν.*

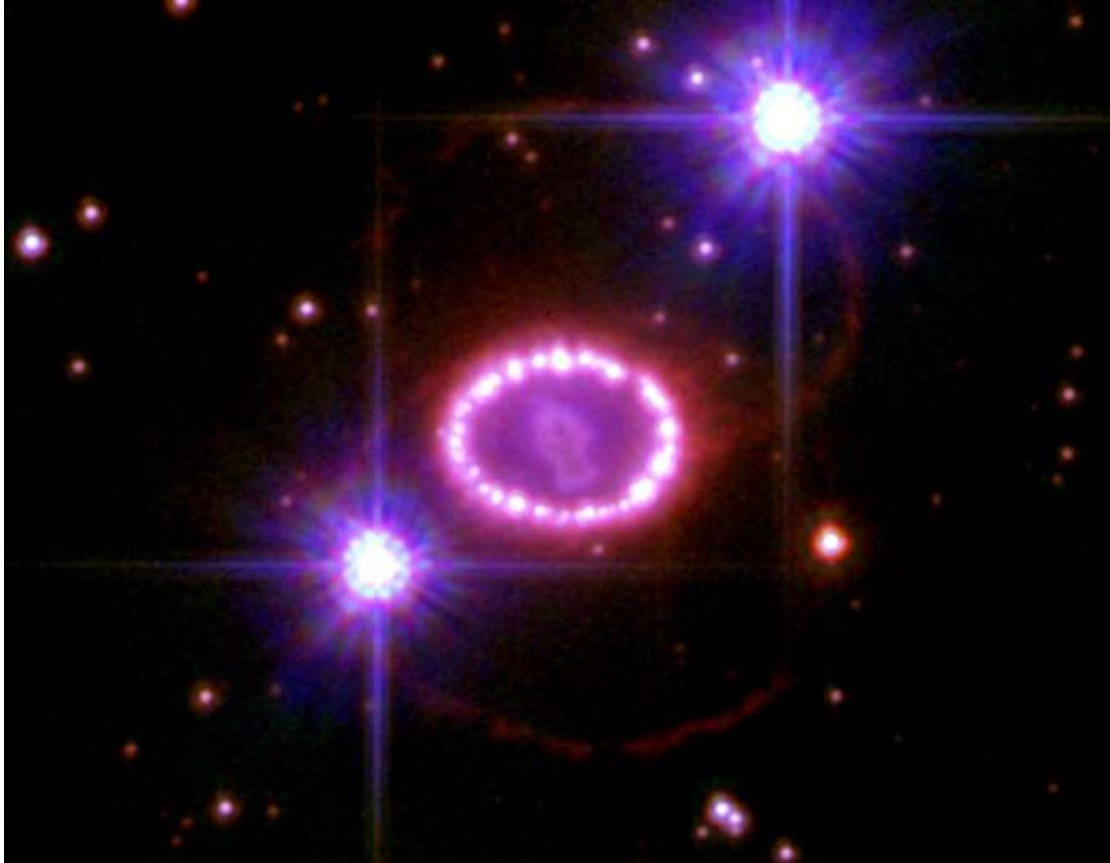


Εικόνα 5 : διάφορα πλανητικά νεφελώματα

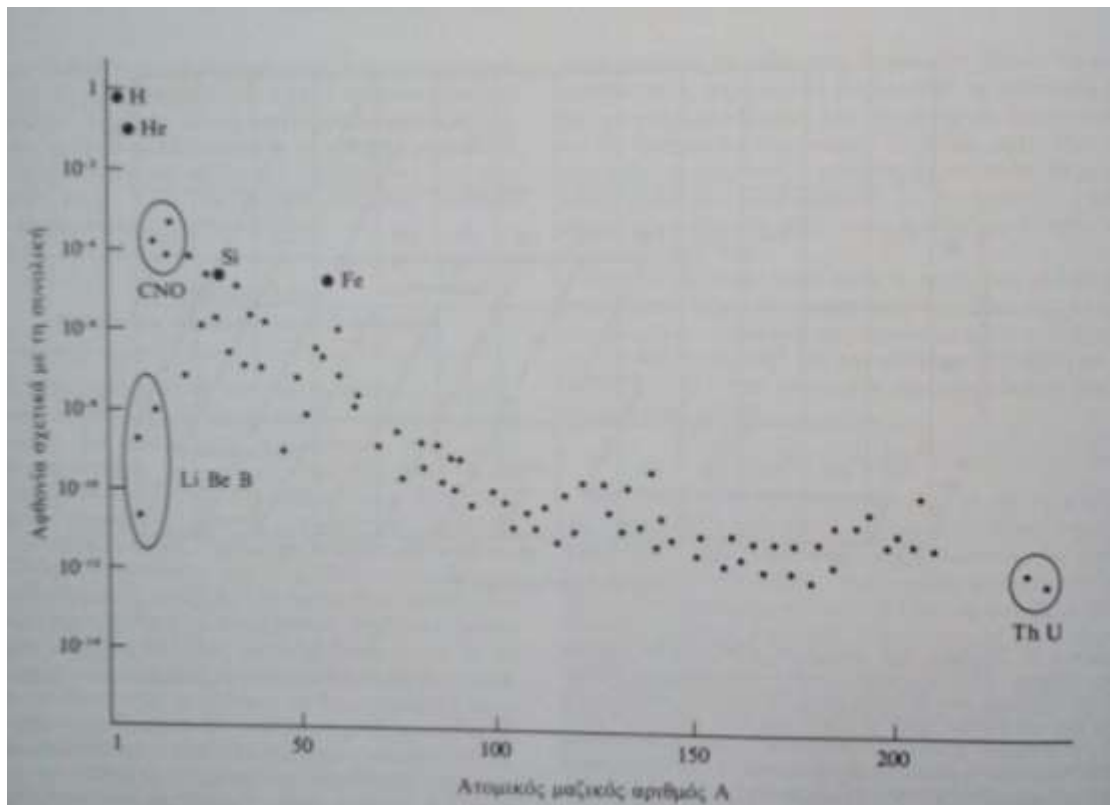
Σύνθεση στοιχείων βαρύτερων, διαδικασία s & r

Όταν είναι παρούσα η πηγή των ελεύθερων νετρονίων ο κανόνας της θερμοκρασίας για τη σύνθεση των στοιχείων ανατρέπεται. Το ηλεκτρικά ουδέτερο νετρόνιο απορροφάται από ένα ατομικό πυρήνα και γίνεται βαρύτερο κατά μια ατομική μάζα. Μια σειρά από

πολύπλοκες διαδικασίες (ο ασταθής πυρήνας στη διάσπαση βήτα μετασχηματίζεται σε πρωτόνιο και νετρόνιο) έχει σαν αποτέλεσμα τον σχηματισμό στοιχείων διαδικασίας- s (slow). Παρόμοιες συνθήκες επικρατούν κατά τη διάρκεια έκρηξης υπερκαινοφανών αστέρων, έτσι συντίθενται βαρύτερα στοιχεία αλλά με ρυθμό πιο ταχύ διαδικασία – r (rapid), τα στοιχεία αυτά διαφέρουν ισοτοπικά με αυτά που παράγονται με διαδικασία-s . Τα στοιχεία που βρίσκονται στο ‘κύριο ρεύμα ‘ της θερμοπυρηνικής σύντηξης άνθρακα, οξυγόνο, άζωτο (CNO) είναι πιο άφθονα.



Εικόνα 6: έκρηξη υπερκαινοφανούς αστέρα 1987^A



Εικόνα 7: η κοσμική αφθονία των στοιχείων

Σύσταση του πυρήνα της γης

Οι γήινοι πλανήτες, Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Γη, αποτελούνται κυρίως από τη στοιχεία βαρύτερα του υδρογόνου. Τα υλικά αυτά στερεοποιούνται σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας υψηλότερη από το ήλιο. Οι επιφάνειες τους είναι στερεές. Η γη σχηματίστηκε σε ψυχρή ομογενή κατάσταση από τη συσσωμάτωση πετρωδών και σιδηρούχων αστεροειδών. Τα πετρώματα της γης περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία, ουράνιο, θόριο, κάλιο-40. Ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη θερμότητα από τα πετρώματα της γης (σιδερένιος πυρήνας, καταβύθιση σιδήρου).

Θερμοκρασία (K)	Συμπυκνώματα	Στοιχεία	Σχετική αφθονία
1400-2000	Οξείδια ασβεστίου-αργιλίου	Ασβέστιο, αργίλιο, οξυγόνο	10^{-6}
1200-1800	Πυριτικό μαγνήσιο και κράμα σιδήρου-νικελίου	Μαγνήσιο, πυρίτιο, οξυγόνο, σίδηρος, νικέλιο	10^{-4}
1000-1600	Πυριτικά άλατα νατρίου, καλίου, αργιλίου	Νάτριο, κάλιο, αργίλιο, πυρίτιο, οξυγόνο	10^{-6}
600-700	Θειούχος σίδηρος	Σίδηρος, θείο	10^{-5}
100-200	Πάγοι μεθανίου,	Άνθρακας, άζωτο,	10^{-3}

	αμμωνίας και νερού	οξυγόνο και υδρογόνο	
Χαμηλότερη από 100	Στερεό νέον και αργό	Νέον και αργό	10^{-4}

Η αναμενόμενη σειρά συμπύκνωσης υπό συνθήκες τοπικής πίεσης και θερμοδυναμικής ισορροπίας.

Ο εμπλουτισμός του εδάφους της γης από τους μετεωρίτες- μελέτη

Οι λιθομετεωρίτες μοιάζουν με βράχους, οι λιθοσιδηρίτες έχουν εγκλείσματα πλούσια σε μέταλλα ενώ οι σιδηρομετεωρίτες αποτελούνται κυρίως από σίδηρο και νικέλιο. Οι ανθρακούχοι χονδρίτες περιέχουν οργανικές ενώσεις σε στρογγυλά εγκλείσματα τους χόνδρους. Τέλος όπως γνωρίζουμε, το νερό στη γη πιθανότητα προήλθε από τους κομήτες.



Εικόνα 8: κρατήρας στην Αριζόνα από μετεωρίτη, διάμετρος 1200μ., δημιουργία πριν από 22.000 έτη από σιδηρομετεωρίτη.

Ιδιότητες των μετάλλων

Ένας τρόπος να καταλάβουμε την αξία των μετάλλων είναι να σκεφτούμε πως θα είναι η ζωή μας χωρίς αυτά... Φανταστείτε ένα κόσμο χωρίς αυτοκίνητα, πλοία, κτίρια και άλλα βασικά εργαλεία που βοηθούν στην διευκόλυνση της ζωής μας. Φανταστείτε λοιπόν τα κτίρια να ήταν από ξύλο το οποίο χρειάζεται συχνή συντήρηση και αρκετά χρήματα.. Εν ολίγοις τα μέταλλα βελτιώνουν την ποιότητα ζωής μας εφόσον διαδραματίζουν έναν σημαντικό ρόλο.. Ο ρόλος αυτός είναι η ανάγκη καλύτερης ζωής διότι χωρίς τα μέταλλα δεν θα μπορούσαν να παραχθούν οι αναγκαίες ποσότητες σε βασικά προϊόντα..

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Φυσικές Ιδιότητες

Οι ιδιότητες είναι ανάλογες του μεταλλικού δεσμού των μετάλλων:

- Είναι όλα στερεά σε θερμοκρασία 25 βαθμών κελσίου εκτός από τον υδράργυρο.
- Έχουν χαρακτηριστική λάμψη στην επιφάνεια τους ειδικά όταν τα γυαλίσουμε ή από την λάμψη του φωτός.
- Είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού αλλά και της θερμότητας εξαιτίας της κινητικότητας των ελεύθερων ηλεκτρονίων.
- Έχουν κατά κανόνα σχετικά μεγάλη πυκνότητα η οποία οφείλεται στο μεγάλο ατομικό βάρος και στην πυκνή διάταξη των μεταλλικών ιόντων.
- Έχουν κατά κανόνα υψηλά σημεία τήξης εξαιτίας του ισχυρού μεταλλικού δεσμού.
- Τέλος ορισμένα μέταλλα εμφανίζουν μαγνητικές ιδιότητες. Π.χ. (σίδηρος, νικέλιο και κοβάλτιο)

Χημικές ιδιότητες

Όλα τα μέταλλα έχουν την τάση να αποβάλλουν ένα ή περισσότερα ηλεκτρόνια, σε διαφορετικό βέβαια βαθμό, και να μετατρέπονται σε κατιόντα. Τα μέταλλα λοιπόν, λόγω αυτής της τάσης, μπορούν να χαρακτηριστούν ως αναγωγικά, δηλαδή προκαλούν αναγωγή ενώ τα ίδια οξειδώνονται.

Με βάση αυτή την αναγωγική τους ικανότητα κατατάσσονται σε μια σειρά αναγωγικής ισχύος που ονομάζεται ηλεκτροχημική σειρά και η οποία αποτελεί ταυτόχρονα και σειρά δραστηριότητας.

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Ni, Sn, Pb, [H₂] Cu, Hg, Ag, Pt, Au

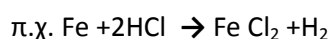
Αυτή η σειρά είναι πολύ χρήσιμη για να μπορούμε να εκτιμήσουμε τη δραστηριότητα των μετάλλων σε διάφορες χημικές και ηλεκτροχημικές αντιδράσεις.

Όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, όσο πιο μπροστά, στην αρχή της σειράς, είναι ένα μέταλλο τόσο πιο ισχυρό αναγωγικό σώμα είναι, δηλαδή προκαλεί πιο έντονα αναγωγή ενώ το ίδιο οξειδώνεται, ενώ όσο πιο πίσω, προς το τέλος της σειράς, είναι ένα μέταλλο

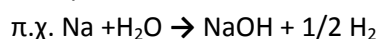
τόσο πιο ισχυρό οξειδωτικό σώμα είναι, δηλαδή προκαλεί πιο έντονα οξείδωση ενώ το ίδιο ανάγεται. Επίσης όσο πιο μπροστά, στην αρχή της σειράς, είναι ένα μέταλλο, τόσο δραστικότερο είναι και άρα μπορεί να αντικαταστήσει στις ενώσεις τους όλα τα μέταλλα που βρίσκονται μετά απ' αυτό.

Οι χημικές ιδιότητες των μετάλλων περιλαμβάνουν αντιδράσεις με τα κυριότερα χημικά αντιδραστήρια όπως, O_2 (αέρας), H_2O , οξέα.

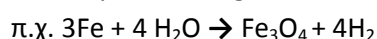
- Τα μέταλλα K, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Ni, Sn, Pb, στις αντιδράσεις απλής αντικατάστασης με οξέα ελευθερώνουν H_2



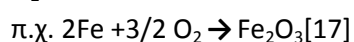
- Τα μέταλλα K, Ba, Ca, Na, αντιδρούν με νερό "εν ψυχρώ" και ελευθερώνουν αέριο H_2



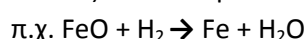
ενώ τα μέταλλα Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe διασπούν τους υδρατμούς



- Τα μέταλλα K, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Co, Ni, Sn, Pb, Cu, As, Bi, Sb, Hg αντιδρούν με O_2

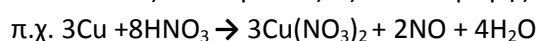


- Τα οξείδια των μετάλλων Fe, Co, Ni, Sn, Pb, Cu, As, Bi, Sb, Hg, Ag, Pt, Au ανάγονται με H_2



Σε ορισμένες περιπτώσεις μέταλλα όπως π.χ. Al, Pb καλύπτονται από προστατευτικό επίστρωμα οξειδίων ή αλάτων πράγμα το οποίο δρα προστατευτικά και σταματά την όποια αντίδραση (παθητική κατάσταση).

- Πολλά μέταλλα διαλύονται σε οξέα όπως π.χ. HNO_3 και πυκνό H_2SO_4 , δίνοντας πολύπλοκες αντιδράσεις οξειδοαναγωγής



- Κάθε μέταλλο αντικαθιστά τα επόμενα του σε υδατικά διαλύματα ενώσεων τους



Η απλή αντικατάσταση

Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης ονομάζονται αυτές στις οποίες ένα μέταλλο αντικαθιστά κατιόντα υδρογόνου, $H^+(aq)$, σε ορισμένα διαλύματα οξέων ή τα ιόντα ενός άλλου μετάλλου λιγότερο δραστικού από αυτό σε διαλύματά του.

Κάθε μέταλλο μπορεί να αντικαταστήσει σε ένα διάλυμα με μια αντίδραση απλής αντικατάστασης:

α. τα ιόντα των μετάλλων που είναι λιγότερο δραστικά από αυτό

β. τα κατιόντα υδρογόνου σε ορισμένα διαλύματα οξέων, εφόσον το μέταλλο είναι δραστικότερο από το υδρογόνο.

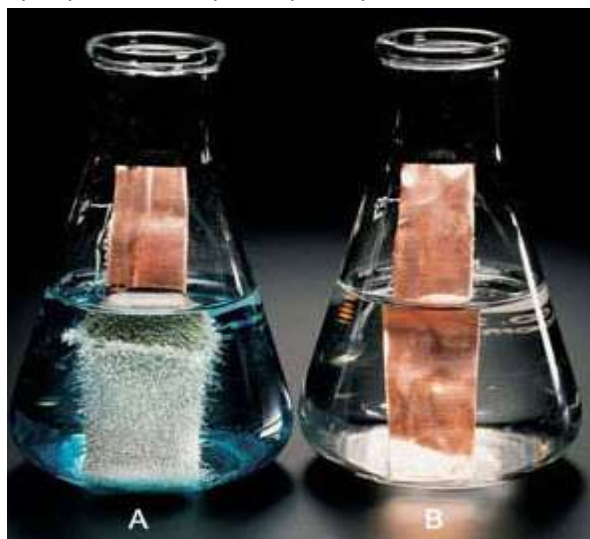
Έτσι, η αντίδραση $Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$ πραγματοποιείται, επειδή ο χαλκός είναι πιο δραστικός από τον άργυρο, ενώ η αντίδραση:

$\text{Ag(s)} + \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{-----}$ δεν πραγματοποιείται, επειδή ο άργυρος είναι λιγότερο δραστικός από το υδρογόνο. Στην απλή αντικατάσταση σχηματίζεται άλας με το μικρότερο αριθμό οξείδωσης του μετάλλου. Εξαιρείται ο Cu που παίρνει +2.

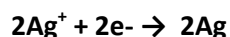
Παράδειγμα 1: Επίδραση μεταλλικού ελάσματος Cu σε υδατικό διάλυμα

α) AgNO_3 και β) $\text{Zn(NO}_3)_2$

Στην εικόνα (A) παρατηρούμε ένα έλασμα Cu βυθισμένο σε υδατικό διάλυμα AgNO_3 .



Ο Cu είναι πιο μπροστά στη σειρά δραστικότητας των μετάλλων από τον Ag και γι' αυτό μπορεί να τον αντικαταστήσει στην ένωσή του (AgNO_3). Αυτό σημαίνει ότι ο Cu σαν πιο αναγωγικό σώμα που είναι θα οξειδώνεται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ ενώ ο Ag σαν πιο οξειδωτικό σώμα που είναι θα ανάγεται σύμφωνα με την αντίδραση:



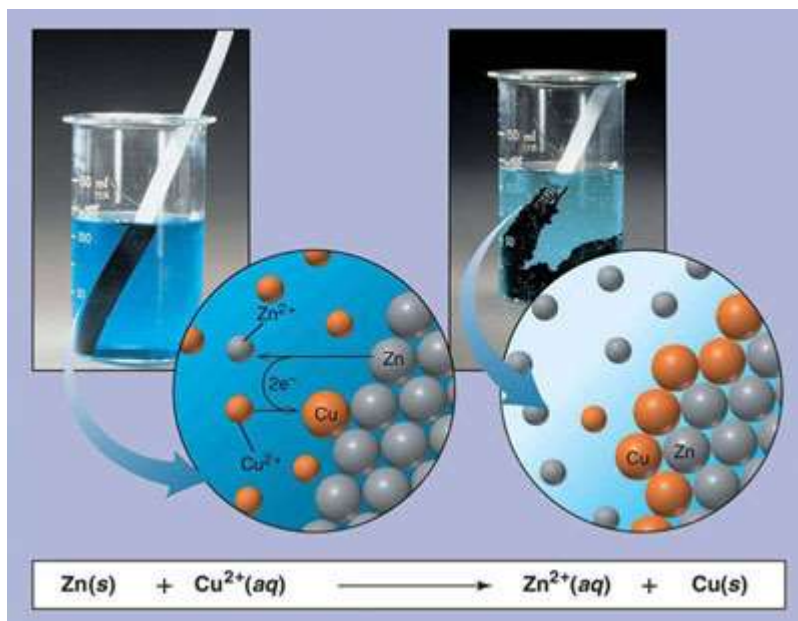
Η συνολική οξειδοαναγωγική αντίδραση που συμβαίνει είναι η εξής:

$\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$ Τα Cu^{2+} απελευθερώνονται στο διάλυμα δίνοντας ένα χαρακτηριστικό μπλε χρώμα σ' αυτό, [18] ενώ τα άτομα Ag δημιουργούν ασημένιους κρυστάλλους πάνω στο έλασμα του Cu. Το σαθρό αυτό πλέγμα απομακρύνεται εύκολα από το χάλκινο έλασμα και καταβυθίζεται όταν αναδεύσουμε το ποτήρι. Στην εικόνα (B) παρατηρούμε ένα έλασμα Cu βυθισμένο σε υδατικό διάλυμα $\text{Zn(NO}_3)_2$. Ο Cu είναι πιο πίσω στη σειρά δραστικότητας των μετάλλων από τον Zn και γι' αυτό δεν μπορεί να τον αντικαταστήσει στην ένωσή του ($\text{Zn(NO}_3)_2$). Αυτός είναι ο λόγος που δεν παρατηρούμε καμία μεταβολή.

Παράδειγμα 2: Επίδραση μεταλλικού ελάσματος Zn σε υδατικό διάλυμα $\text{Cu(NO}_3)_2$

Στην εικόνα παρατηρούμε ένα έλασμα Zn βυθισμένο σε υδατικό διάλυμα $\text{Cu(NO}_3)_2$. Ο Zn είναι πιο μπροστά στη σειρά δραστικότητας των μετάλλων από τον Cu και γι' αυτό μπορεί να τον αντικαταστήσει στην ένωσή του ($\text{Cu(NO}_3)_2$). Αυτό σημαίνει ότι ο Zn σαν πιο αναγωγικό σώμα που είναι θα οξειδώνεται σύμφωνα με την αντίδραση:

$\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ ενώ ο Cu σαν πιο οξειδωτικό σώμα που είναι θα ανάγεται σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu(s)}$ Η συνολική οξειδοαναγωγική αντίδραση που συμβαίνει είναι η εξής: $\text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$ Μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε τον αποχρωματισμό του διαλύματος, εξ' αιτίας της μείωσης των ιόντων Cu^{2+} στο διάλυμα.



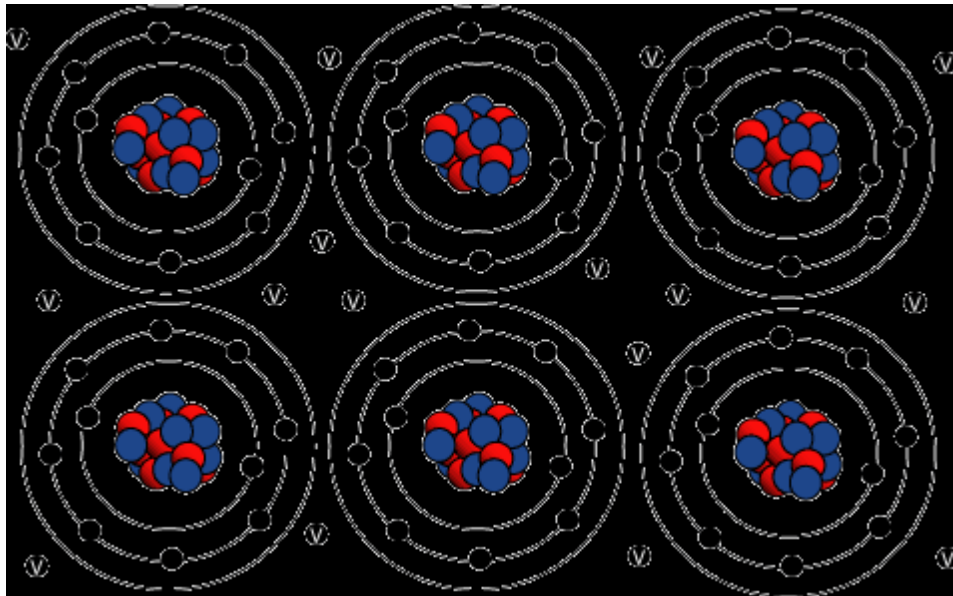
4.3.2 ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΟΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Οι ιδιότητες αυτές των μετάλλων οφείλονται στον τρόπο που συνδέονται τα δομικά σωματίδια στον μεταλλικό κρύσταλλο και αποδίδεται με τον όρο μεταλλικός δεσμός.

- Ο μεταλλικός κρύσταλλος αποτελείται από θετικά ιόντα μετάλλου.
- Ανάμεσα στα σταθερά ιόντα κινούνται σχεδόν ελεύθερα τα ηλεκτρόνια.
- Ο μεταλλικός δεσμός υφίσταται ανάμεσα στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και στα θετικά φορτισμένα ιόντα του μετάλλου τα οποία έλκονται με ηλεκτροστατικές δυνάμεις λόγω των αντίθετων φορτίων τους.
- Τα ηλεκτρόνια δεν ανήκουν σε οποιοδήποτε άτομο αλλά στον κρύσταλλο ως σύνολο, σ' όλη την έκταση του οποίου κινούνται με μορφή ηλεκτρονικού νέφους. (Τα μέταλλα έχουν μικρή ενέργεια ιοντισμού και για αυτό το λόγο τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας.

Ο μεταλλικός δεσμός ερμηνεύεται με διάφορες θεωρίες επικρατέστερη των οποίων είναι η θεωρία των "**ελεύθερων**" ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια δεν ανήκουν σε οποιοδήποτε άτομο αλλά στον κρύσταλλο ως σύνολο, σ' όλη την έκταση του οποίου κινούνται με μορφή **ηλεκτρονικού νέφους**.

Το κρυσταλλικό πλέγμα ενός μετάλλου χαρακτηρίζεται από μια κανονική [19] διάταξη θετικώς φορτισμένων ιόντων (προέκυψαν από τα άτομα του μετάλλου μετά την απομάκρυνση των εξωτερικών ηλεκτρονίων) και από αποσπασθέντα ηλεκτρόνια διασκορπισμένα μεταξύ των ατόμων και κινούμενα ελεύθερα. Μεταξύ των θετικώς φορτισμένων ιόντων και των ελεύθερα κινούμενων ηλεκτρονίων δημιουργούνται δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσεως.



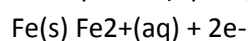
4.3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες επιδρούν πάνω στα μεταλλικά αντικείμενα αλλάζοντας τη χημική τους σύσταση με αποτέλεσμα τη σταδιακή αλλοίωση ή καταστροφή τους. Η επίδραση αυτή ονομάζεται διάβρωση και είναι αυθόρμητο φαινόμενο χημικής διεργασίας και η φυσική του εξήγηση ανήκει στον επιστημονικό κλάδο της ηλεκτροχημείας. Υπάρχουν πολλά είδη και κατηγοριοποιήσεις διάβρωσης ανάλογα με την επίδραση του περιβάλλοντος, του υλικού, αν το υλικό υφίσταται μηχανική καταπόνηση, κ.α.. Ωστόσο, υπάρχουν και περιπτώσεις εσωτερικής διάβρωσης, όπως, για παράδειγμα, στους σωλήνες εξάτμισης των οχημάτων, όπου η διάβρωση συμβαίνει από την εσωτερική πλευρά της σωλήνωσης, υπό την επίδραση των καυσαερίων.

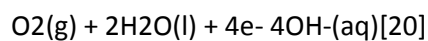
Η διάβρωση συμβαίνει συνεχώς στη φύση και τα αποτελέσματά της είναι ορατά σε μεταλλικές, και όχι μόνο, κατασκευές. Η βροχή, για παράδειγμα, μπορεί να διαβρώσει σιγά - σιγά ένα μαρμάρινο άγαλμα, που αυτό συμβαίνει από τις διάφορες μικροποσότητες οξέων που περιέχονται στο νερό της βροχής, που αντιδρούν με ενώσεις του μαρμάρου σχηματίζοντας νέες ενώσεις σε μορφή κόνεως, γεγονός που συνεπάγεται την φθορά. Η πιο συνηθισμένη και γνωστή μορφή διάβρωσης είναι το σκούριασμα του σιδήρου, που είναι αποτέλεσμα αντίδρασης του σιδήρου με το οξυγόνο του αέρα με την βοήθεια και της βροχής, όπου και εδώ η σκουριά παίρνει γρήγορα τη μορφή σκόνης. Ειδικά η λέξη *σκουριά* αναφέρεται σε σιδηρές κατασκευές (δε συνηθίζεται για παράδειγμα να αναφέρεται για τον τρόπο με τον οποίο "σκουριάσε" ένα χάλκινο σκεύος, στις περιπτώσεις αυτές ο προτιμώμενος όρος είναι *οξειδωση*).



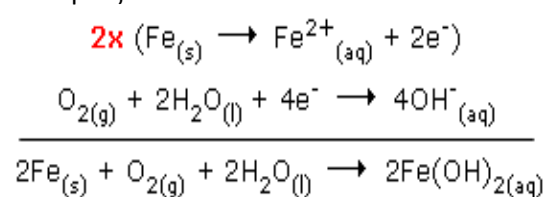
Η ατμόσφαιρα περιέχει πάντοτε ένα ποσοστό υγρασίας που συμπυκνώνεται, ιδιαίτερα όταν ο καιρός είναι υγρός, πάνω στην επιφάνεια των αντικειμένων. Τι συμβαίνει λοιπόν μέσα στο λεπτό στρώμα υγρασίας που καλύπτει την επιφάνεια ενός σιδερένιου αντικειμένου; Κατ' αρχάς, λόγω προέλευσης το στρώμα αυτό περιέχει διαλυμένα διάφορα ατμοσφαιρικά αέρια, ανάμεσα στα οποία και οξυγόνο. Ερχόμενος σε επαφή με το διαλυμένο οξυγόνο, ο σίδηρος οξειδώνεται προς κατιόντα Fe^{2+} :



Η οξείδωση του σιδήρου γίνεται σε σημεία όπου η μεταλλική επιφάνεια παρουσιάζει ανωμαλίες και τα ηλεκτρόνια που παράγονται ανάγουν το οξυγόνο σύμφωνα με την ημιαντίδραση:



Προσθέτοντας τις δύο ημιαντιδράσεις έχουμε το πρώτο στάδιο σχηματισμού της σκουριάς:



Στη συνέχεια, το υδροξείδιο του σιδήρου (II) οξειδώνεται από το οξυγόνο προς υδροξείδιο του σιδήρου (III): $2\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 1/2\text{O}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{aq})$

Το τελικό προϊόν, όταν ξεραθεί, δίνει τη σκουριά. Η σκουριά είναι ένυδρο οξείδιο του σιδήρου (III): $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Το ποσό του νερού που περιέχει ποικίλλει, όπως υποδηλώνει το γράμμα x , και είναι αυτό που καθορίζει το χρώμα της. Η σκουριά έχει λεπιοειδή υφή και θρυμματίζεται εύκολα φέρνοντας συνεχώς στην επιφάνεια νέο μέταλλο για αντίδραση.

Η σκουριά δε σχηματίζεται συνήθως στα σημεία που οξειδώνεται ο σίδηρος, αλλά σε πολύ μικρή απόσταση από αυτά. Αυτό συμβαίνει επειδή τα ηλεκτρόνια και τα κατιόντα σιδήρου που παράγονται κατά την οξείδωση, μπορούν να μεταφερθούν, μέσω του μετάλλου και της υγρής φάσης αντίστοιχα, σε περιοχές με μεγαλύτερη συγκέντρωση οξυγόνου. Έτσι δημιουργούνται τοπικά «γαλβανικά» στοιχεία όπου ο σίδηρος αποτελεί την άνοδο, οι περιοχές με σχετικά μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου την κάθοδο και το υδατικό διάλυμα των ιόντων σιδήρου χρησιμεύει σαν γέφυρα άλατος.

Οξείδωση Χαλκού

Στον ατμοσφαιρικό αέρα καλύπτεται αρχικά από οξείδιό του, το οποίο, με το διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται σε ανθρακικό χαλκό, προσδίδοντάς του πρασινωπό χρώμα. Οι ορείχαλκοι με $Zn < 35\%$ κ.β. (ορείχαλκοι α) παρουσιάζουν καλή μηχανική αντοχή και καλή αντοχή στην διάβρωση. Οι ορείχαλκοι με $32\% \text{ κ.β.} < Zn < 39\% \text{ Κ.}$ (ορείχαλκοι $\alpha+\beta$) έχουν ακόμα καλύτερη μηχανική αντοχή, μεγαλύτερη ελαστικότητα και μεγαλύτερη ολκιμότητα, αλλά κάπως μειωμένη αντοχή στην διάβρωση σε σύγκριση με τους ορείχαλκους α . [21]



Ο ναός του Παντοκράτορα στην παλιά Πάτρα

- **ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ**

Κράμα είναι το υλικό που συνίσταται από διαφορετικές χημικές ουσίες, η οποία όταν είναι στερεό χαρακτηρίζεται από τη συμμετοχή και όλων των ουσιών στο κρυσταλλικό

πλέγμα. Με άλλα λόγια, σε ένα αντικείμενο που είναι κατασκευασμένο από ένα κράμα, μπορούν να εντοπιστούν άτομα διαφορετικού είδους, όταν το σώμα είναι στερεό αυτό είναι κρυσταλλικό και σε αυτόν τον κρύσταλλο τα άτομα ή μόρια των συστατικών είναι διατεταγμένα στο χώρο σαν να είναι άτομα του ίδιου είδους. Η λέξη είναι αρχαία λέξη και προέρχεται από το ρήμα *κεράννυμι*, ανακατεύω, αναμειγνύω. Τα κράματα περιέχουν κατά κανόνα ένα μέταλλο ως κύριο ή κύρια συστατικά τους, ενώ τα άλλα συστατικά μπορούν να είναι μέταλλα ή αμέταλλα. Τα κράματα είναι κεντρικό αντικείμενο μελέτης της μεταλλουργίας.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΡΑΜΑΤΩΝ

- Όταν το κράμα είναι «**ομοιογενές**» τούτο μπορεί να είναι:
 1. Στερεό διάλυμα: Σ' αυτή τη περίπτωση σχηματίζονται μικτοί κρύσταλλοι με την παρεμβολή ατόμων του ενός μετάλλου στα διάκενα του κρυσταλλικού πλέγματος του άλλου μετάλλου, ή και με την υποκατάσταση ορισμένων ατόμων του ενός μετάλλου με άτομα του άλλου.
 2. Διαμεταλλική ένωση: Σ' αυτή τη περίπτωση σχηματίζονται κρύσταλλοι χημικών ενώσεων που σχηματίζουν μεταξύ τους τα μέταλλα. Στις ενώσεις αυτές τα μέταλλα δεν ακολουθούν τους συνήθεις νόμους σθένους.
 3. Στερεή διαμεταλλική ένωση: Είναι ο συνδυασμός των δύο προηγούμενων όταν διαπιστώνεται περίσσεια του ενός εκ των συνιστώντων το κράμα μετάλλων.
- Όταν όμως το κράμα είναι «**ετερογενές**» τότε παρουσιάζει χωριστές φάσεις που μπορεί να είναι:
 1. Από καθαρά μέταλλα.
 2. Από μία ή περισσότερες διαμεταλλικές ενώσεις και
 3. Από διαλύματα μετάλλων ή ενώσεων αυτών εντός μετάλλων.

ΕΙΔΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ

Εκτός από την παραπάνω διάκριση των κραμάτων σε «ομοιογενή» ή «ετερογενή», αυτά χαρακτηρίζονται επίσης και ανάλογα με τον αριθμό των μετάλλων που τα συνθέτουν σε «διμερή», «τριμερή» ή «πολυμερή». Άλλη διάκριση είναι τα «ευτηκτικά» (που χαρακτηρίζονται εκείνα στα οποία η αναλογία των μετάλλων που τα συνθέτουν είναι τέτοια ώστε να παρουσιάζουν το χαμηλότερο δυνατό σημείο τήξης, από κάθε άλλη αναλογία) καθώς και τα «υπερελαφρά κράματα» (που είναι κράματα μαγνησίου με αργίλιο, ψευδάργυρο και άλλα μέταλλα). Ειδικότερα, τα κράματα του υδραργύρου ονομάζονται **αμαλγάματα**.

Αναφορά βασικών κραμάτων

1. Χάλυβας (Χρησιμοποιείται για την κατασκευή αλυσίδων πλοίων, κιγκλιδωμάτων, διακοσμήσεων για εξώπορτες)

2. Ορείχαλκος
3. Μπρούντζος (Χρησιμοποιείται για την κατασκευή εύηχων αντικειμένων, όπως οι καμπάνες)
4. Μαγνάλιο (Είναι ανθεκτικό και ελαφρύ)
5. Χαλκός
6. Αλουμίνιο



Κράμα Χαλκού



Κράμα Αλουμινίου

ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΟ ΑΝΑΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Από τα 86 γνωστά, μέχρι σήμερα, μέταλλα μόλις τα 24 είχαν ανακαλυφθεί πριν τον 19 αιώνα. Τα 12 από αυτά είχαν ανακαλυφθεί τον 18 αιώνα, ο λευκόχρυσος τον 16 αιώνα και το αρσενικό, το αντιμόνιο, ο ψευδάργυρος και το βισμούθιο τον 14

και 13 αιώνα. Τα υπόλοιπα 7 μέταλλα, γνωστά και ως μέταλλα της αρχαιότητας, ήταν αυτά στα οποία βασίστηκε ο πολιτισμός. Η χρονολογική σειρά με την οποία ανακαλύφθηκαν ήταν η ακόλουθη:

Χρυσός 6000 π.Χ.

Χαλκός, 4200 π.Χ.

Ασήμι 4000 π.Χ.

Μόλυβδος 3500 π.Χ.

Κασσίτερος 1750 π.Χ.

Σίδηρο 1500 π.Χ.

Υδράργυρος 750 π.Χ.

Μέταλλα που ανακαλύφθηκαν τον 18 αιώνα:

1735 Κοβάλτιο

1751 Νικέλιο

1774 Μαγγάνιο

1781 Μολυβδαίνιο

1782 Τελλούριο

1783 Βολφράμιο

1789 Ουράνιο

1789 Ζιρκόνιο

1791 Τιτάνιο

1794 Ύτριο

1797 Βηρύλιο

1797 Χρώμιο

Μέταλλα που ανακαλύφθηκαν τον 19αιώνα:

1801 Νιόβιο

1802 Ταντάλιο

1803 Ιρίδιο, Παλλάδιο, Ρόδιο

1807 Κάλιο, Νάτριο

1808 Βόριο, Βάριο, Ασβέστιο,

Μαγνήσιο, Στρόντιο

1814 Δημήτριο

1817 Λίθιο, Κάδμιο, Σελήνιο

1823 Πυρίτιο

1827 Αλουμίνιο

1828 Θόριο

1830 Βανάδιο

1839 Λανθάνιο

1843 Έρβιο, Τέρβιο

1844 Ρουθένιο

1860 Καίσιο, Ρουβίδιο

1861 Θάλλιο

1863 Ίνδιο

1875 Γάλλιο

1878-1885 Holmium, Θούλιο,
Σκάνδιο, Σαμάριο, Gadolinium,
Praseodymium, Νεοδύμιο,
Δυσπρόσιο

1886 Γερμάνιο

1898 Πολώνιο, Ράδιο

1899 Ακτίλιο

Μέταλλα που ανακαλύφθηκαν τον 20 αιώνα:

1901 Ευρώπιο

1907 Lutetium

1917 Πρωτακτίλιο

1923 Άφνιο

1924 Ρήνιο

1937 Τεχνητό

1939 Φράγκιο

1945 Προμήθειο

Εποχή του Ορείχαλκου

Ως Εποχή του Ορείχαλκου ή Εποχή του Χαλκού εννοείται εκείνη η περίοδος ανάπτυξης ενός πολιτισμού κατά την οποία έχουν αναπτυχθεί μεταλλουργικές τεχνικές εξόρυξης του χαλκού από φυσικά κοιτάσματα και ανάμειξής του με άλλα μέταλλα για τη δημιουργία ορείχαλκου. Η Εποχή του Ορείχαλκου είναι τμήμα του Συστήματος τριών εποχών, μιας μεθόδου χρονολόγησης των προϊστορικών κοινωνιών και ακολουθεί την Νεολιθική σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη. Σε ορισμένες περιοχές μεταξύ της Νεολιθικής και της Εποχής του Ορείχαλκου υπήρξε και μια ενδιάμεση Χαλκολιθική περίοδος, μια μεταβατική περίοδος. Στα περισσότερα τμήματα της υποσαχάρειας Αφρικής την Νεολιθική διαδέχθηκε αμέσως η Εποχή του Σιδήρου. Τα περισσότερα ορειχάλκινα ευρήματα είναι εργαλεία ή όπλα και σπανιότερα τελετουργικά τέχνηρα. Ο χρόνος έναρξης της εποχής του Χαλκού διαφέρει από πολιτισμό σε πολιτισμό.

Εποχή του Σιδήρου

Στην αρχαιολογία, η Εποχή του Σιδήρου αναφέρεται σε εκείνη την περίοδο της ιστορίας κατά την οποία οι άνθρωποι έκαναν χρήση του σιδήρου για την κατασκευή εργαλείων και όπλων. Η υιοθέτηση αυτού του υλικού συνέπεσε με άλλες αλλαγές των κοινωνιών του παρελθόντος όσον αφορά στις καλλιεργητικές μεθόδους, τις θρησκευτικές πίστες και το καλλιτεχνικό ύφος.

Μεταλλουργία

Η χρήση των μετάλλων αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην εξέλιξη της ανθρώπινης τεχνολογίας. Ήδη από την αρχαία Ελλάδα η τέχνη του μετάλλου θεωρούνταν ιδιαίτερα σημαντική μιας και είχε και δικό της θεό τον Ήφαιστο. Ο ίδιος ξεκίνησε την μεταλλουργική του καριέρα σε ένα υπόγειο σπήλαιο φτιάχνοντας κοσμήματα για την Θέτιδα και την Ευρυνόμη που τον μάζεψαν από την θάλασσα και τον μεγάλωσαν από μωρό. Εκεί είχε βρεθεί γιατί η μητέρα του Ήρα απογοητευμένη από την ασχήμια του τον πέταξε από τον Όλυμπο στην θάλασσα αμέσως μετά την γέννηση του. Αργότερα όταν τελικά έγινε δεκτός στον Όλυμπο σαν Θεός, έστησε πλήρες εργαστήριο με καμίνια και αυτόματα φυσερά και χρυσά ρομπότ βοηθούς. Εκεί έφτιαχνε από πολεμικό υλικό για τους θεούς, όπως οι κεραυνοί του Δία, αλλά μέχρι και διάφορα δώρα για τους θνητούς!

Η Παρουσία των μετάλλων στο γήινο φλοιό:

- Πέτρωμα: στερεό υλικό που απαντάται στη φύση και αποτελείται από ένα ή περισσότερα ορυκτά.
- Ορυκτό: ανόργανη στερεά ουσία που απαντάται στη φύση με καθορισμένη

- κρυσταλλική δομή
- Μετάλλευμα: πέτρωμα ή ορυκτό από το οποίο μπορεί να παραχθεί οικονομικά ένα μέταλλο

Μορφές στις οποίες μπορούμε να βρούμε τα μέταλλα:

→ Αυτοφυή στοιχεία :

Είναι τα στοιχεία με σχετικά μικρή δραστικότητα που απαντούν ελεύθερα στη Φύση. Τέτοια είναι τα μέταλλα ο χρυσός, ο άργυρος, ο χαλκός, ο λευκόχρυσος.

→ Θειούχα άλατα:

Ως κύριο ανιόν συναντάται το θείο , όπως στο σιδηροπυρίτη(FeS_2), στο σφαλερίτη (ZnS), στο γαληνίτη (PbS) κτλ. Στην ομάδα θειούχων περιλαμβάνονται και τα ορυκτά που ως ανιόν έχουν τα στοιχεία αρσενικό, σελήνιο και τελλούριο.

→ Αλογονούχα άλατα :

Αναφέρονται και ως "αλογονίδια". Είναι τα ορυκτά που ως βασικό ανιόν έχουν κάποιο από τα αλογόνα (φθόριο, χλώριο, βρώμιο, ιώδιο). Συνήθως είναι ετεροπολικές ενώσεις και ως κατιόν περιέχουν ελαφρά μέταλλα (νάτριο, κάλιο, ασβέστιο κτλ. Παραδείγματα είναι ο αλίτης ($NaCl$), ο φθορίτης (CaF_2) κτλ.

→ Οξείδια:

Αποτελούν τις κύριες βασικές ενώσεις των μετάλλων. Ως ανιόν περιέχουν "στοιχειακό" οξυγόνο (όχι ενωμένο υπό μορφή ρίζας).

Παραδείγματα είναι ο αιματίτης(Fe_2O_3), ο ιμηνίτης ($FeTiO_3$) κτλ.

→ Υδροξείδια:

Ως κύριο ανιόν περιέχουν τη ρίζα του υδροξυλίου. Παραδείγματα είναι ο μπρουσίτης ($Mg(OH)_2$), ο γιββσίτης ($Al(OH)_3$) κτλ.

→ Ανθρακικά άλατα:

Ως κύριο ανιόν περιέχουν την ανθρακική ρίζα (CO_3)-2. Γνωστότερα ορυκτά αυτής της ομάδας είναι ο ασβεστίτης ($CaCO_3$) και ο δολομίτης ($MgCO_3$). Λόγω ομοιότητας στη δομή των ριζών, στην ομάδα αυτή κατατάσσονται και τα ορυκτά με ανιόν τη νιτρική ρίζα

(NO_3^-) (νιτρικά).

→ Θεϊκά άλατα:

Τα ορυκτά αυτά έχουν ως κύριο ανιόν τη θεϊκή ρίζα (SO_4)-2. Χαρακτηριστικό ορυκτό αυτής της ομάδας ο γύψος ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

→ Φωσφορικά άλατα:

Περιέχουν την - τετραεδρικής δομής- φωσφορική ρίζα (PO_4)-3. Γνωστότερο ορυκτό αυτής της ομάδας είναι ο απατίτης.

→ Βορικά άλατα:

Περιέχουν ως ανιόντα είτε την - επίπεδης τριγωνικής δομής - ρίζα (BO3)-3

ή την - τετραεδρικής δομής - ρίζα (BO4)-5. Χαρακτηριστικότερο ορυκτό είναι ο βόρακας.

→ **Πυριτικά άλατα:**

Ίσως η πολυπληθέστερη ομάδα ορυκτών.

Ιστορία Μεταλλουργίας

Η ιστορία της μεταλλουργίας είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εξέλιξη του ανθρώπου και την μετάβασή του από την προϊστορία στην ιστορία.

Τα πρώτα μεταλλικά αντικείμενα κατασκευάστηκαν από αυτοφυή μέταλλα, όπως χρυσό (Αίγυπτος, Μεσοποταμία), χαλκό (Περσία, Μεσοποταμία, Αίγυπτος) και λευκόχρυσο (Αίγυπτος, Ίνκας), ή από σίδηρο που οι άνθρωποι έβρισκαν μόνον σε μετεωρίτες (Εσκιμώοι της Γροιλανδίας). Έτσι, περίπου 5.000 χρόνια π.Χ, ο άνθρωπος πέρασε από την Εποχή του Λίθου στην Εποχή του Χαλκού. Η μετάβαση αυτή δεν έγινε παντού την ίδια εποχή. Στην συνέχεια ο άνθρωπος έμαθε να κατεργάζεται μίγματα από ορυκτά διαφόρων μετάλλων με αποτέλεσμα να ανακαλύψει τα κράματα του χαλκού (κρατέρωμα ή μπρούντζος: κράμα χαλκού-κασσίτερου). Οι κάτοικοι της Μεσογείου και της Κεντρικής Ευρώπης ανακάλυψαν πώς να ανάγουν σιδηρομετάλλευμα σε μικρές φρεατώδεις καμίνους για να παράγουν σπογγώδη σίδηρο σε στερεή κατάσταση, από τον οποίο παρήγαγαν στην συνέχεια χάλυβα. Οι Ινδοί, οι Κινέζοι και οι Ιάπωνες γνώριζαν επίσης από τα αρχαία χρόνια πώς να παράγουν αντικείμενα από σίδηρο. Οι Ρωμαίοι γνώριζαν πώς να παράγουν ορείχαλκο (κράμα χαλκού-ψευδαργύρου), αλλά πρώτοι οι Ινδοί παρήγαγαν ψευδάργυρο σε καθαρή μορφή τον 14ο αι. μ.Χ.

Η γνώση της μεταλλουργίας επέτρεψε σε ορισμένους λαούς να επεκτείνουν την ισχύ τους και να επιβληθούν σε άλλους λαούς. Για παράδειγμα, τον 9ο αι. π.Χ. οι Δωριείς, που γνώριζαν πώς να φτιάχνουν όπλα και άλλα αντικείμενα από σίδηρο, κατάφεραν να επιβληθούν στους Αχαιούς και τις άλλες ελληνικές φυλές, οι οποίες είχαν όπλα λιγότερο ανθεκτικά φτιαγμένα από χαλκό, και έτσι η ελληνική χερσόνησος πέρασε στην Εποχή του Σιδήρου.

Η γνώση της μεταλλουργίας έδωσε επίσης την δυνατότητα στον άνθρωπο να δημιουργήσει το χρήμα, δηλαδή μεταλλικά αντικείμενα τα οποία αντιπροσώπευαν μια συγκεκριμένη αξία. Οι Αθηναίοι, με τον άργυρο που παρήγαγαν από τα μεταλλεία του Λαυρίου, μπόρεσαν να χρηματοδοτήσουν την ναυπήγηση τριηρών και να δημιουργήσουν την Αθηναϊκή Κοινοπολιτεία τον 5ο αι. π.Χ. Παρομοίως, οι Μακεδόνες στηρίχθηκαν στον χρυσό του Παγγαίου για να χρηματοδοτήσουν την ανάπτυξη της αυτοκρατορίας του Μέγα Αλεξάνδρου, ενώ οι Ρωμαίοι στηρίχθηκαν εν μέρει στον άργυρο των μεταλλείων της Ισπανίας για να κοσμήσουν την Ρώμη.



Εικόνα 3:Κυπέλλωση αργύρου από τήγμα αργυρούχου μολύβδου. Από το βιβλίο του γερμανού Georg Agricola De re metallica (Περί μεταλλικών πραγμάτων), 1556.

Η εκτεταμένη γνώση της μεταλλουργίας επέτρεψε στους Ευρωπαίους να καταλάβουν και να αποικήσουν τις χώρες που ανακάλυψαν τον 15ο και 16ο αι. μ.Χ. Η ανακάλυψη του μεταλλουργικού οπτάνθρακα (κωκ) και της ατμομηχανής έδωσε νέα ώθηση στην μεταλλουργία του σιδήρου κατά τον 18ο αι. Προς τα τέλη του 18ου αι., εμφανίστηκαν στην Αγγλία και οι πρώτες ατμοκίνητες μονάδες έλασης χάλυβα[1].

Οι παλαιές μέθοδοι άμεσης αναγωγής σιδηρομεταλλευμάτων αντικαταστάθηκαν κατά τον 19ο αι. από την πολύ πιο παραγωγική υψικάμινο, τους μεταλλάκτες (μεγάλους κάδους όπου ο τηγμένος χυτοσίδηρος μεταβάλλεται σε χάλυβα με την εμφύσηση αέρα ή οξυγόνου) και τις καμίνους ανοικτής εστίας (κάμιнос Siemens-Martin).

Στα τέλη του 19ου αι. έκαναν την εμφάνισή τους και υδρομεταλλουργικές μέθοδοι παραγωγής μη σιδηρούχων μετάλλων. Η εκχύλιση (διαλυτοποίηση) σε κυανιούχα υδατικά διαλύματα επέτρεψε την εκμετάλλευση πτωχών μεταλλευμάτων χρυσού. Η εκχύλιση βωξίτη σε διαλύματα καυστικού νατρίου επέτρεψε την φθηνή παραγωγή αλουμίνας (Al_2O_3), και με την ηλεκτρόλυση τήγματος αλουμίνας και κρυόλιθου (Na_3AlF_6) έγινε δυνατή η παραγωγή φθηνού μεταλλικού αλουμινίου, το οποίο μέχρι τότε θεωρούνταν πολύτιμο μέταλλο. Η μέθοδος της οξειδωτικής φρύξης σφαλερίτη (ZnS) και η εκχύλιση του φρύγματος (ZnO) σε θειικό οξύ επέτρεψε την φθηνή παραγωγή ψευδαργύρου.

Επίσης, προς τα τέλη του 19ου αι., νέες μέθοδοι κατεργασίας των μετάλλων, όπως η διάλυση σωλήνων από χάλυβα χωρίς ραφή (αδελφοί Rienhard και Max Mannesman, Γερμανία, 1886), έφεραν επανάσταση στην μεταλλοτεχνία. Η μεταλλογνωσία καθιερώθηκε ως ιδιαίτερος επιστημονικός κλάδος (ο όρος «φυσική μεταλλουργία» εμφανίστηκε το 1914[2]). Κράματα ήδη υπάρχοντα εκείνον τον καιρό, όπως ο χάλυβας (κράμα σιδήρου-άνθρακα), μελετήθηκαν και ταξινομήθηκαν συστηματικά με την βοήθεια του μικροσκοπίου και την περιθλασιμετρία ακτίνων X (1912). Νέα κράματα, όπως το ντουραλουμίνιο (1906), ο

ανοξειδωτος χάλυβας (1909–1912), κ.ά., δημιουργήθηκαν για να καλύψουν νέες καταναλωτικές ή τεχνολογικές ανάγκες.

Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο, η ζήτηση μεταλλουργικών προϊόντων παρουσίασε έντονη αύξηση. Ταυτοχρόνως αυξήθηκαν οι απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού για προϊόντα ποιότητας παρασκευασμένα με μεθόδους που να καταναλώνουν μικρή ποσότητα ενέργειας και να είναι «φιλικές προς το περιβάλλον». Για παράδειγμα, στις χαλυβουργίες, οι κάμινοι Siemens-Martin αντικαταστάθηκαν από τους μεταλλάκτες εμφύσησης καθαρού οξυγόνου (μεταλλάκτες LD, BOP, AOD), ενώ στις μονάδες κατεργασίας θειούχων μεταλλευμάτων ψευδαργύρου, οι περιστροφικοί κάμινοι φρύξης αντικαταστάθηκαν από κάμινους ρευστοστερεής κλίνης. Οι κάμινοι ακαριαίας τήξης αντικατέστησαν τους μεταλλάκτες Pierce-Smith στην παραγωγή αργού νικελίου και αργού χαλκού.

Και ο τομέας της μεταλλογνωσίας παρουσίασε σημαντικές προόδους κατά τον 20ο αι., κυρίως εξαιτίας της προόδου στον τομέα της ηλεκτρονικής μικροσκοπίας. Νέες θεωρίες, όπως αυτή των κρυσταλλικών ατελειών ή ελαττωμάτων, επέτρεψαν στους μεταλλογνώστες να εξηγήσουν πολλές ιδιότητες των μετάλλων και των κραμάτων, αλλά και να σχεδιάσουν νέα κράματα βελτιωμένων ιδιοτήτων.



Εικόνα 4:Μεταλλάκτης Bessemer από παλιό χαλυβουργείο στο Σέφληντ της Αγγλίας.

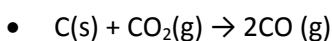
Οι βασικές αρχές

Η μεταλλουργία ως τεχνολογική επιστήμη στηρίζεται σε τρεις βασικούς επιστημονικούς τομείς:

- την ανόργανη χημεία,
- την φυσικοχημεία (θερμοδυναμική χημικών ισορροπιών και κινητική χημικών αντιδράσεων), και
- την φυσική (μεταφορά ορμής, θερμότητας και μάζας).

Η ανόργανη χημεία περιγράφει τις βασικές αρχές της χημικής συμπεριφοράς των μετάλλων και των ενώσεών τους. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο το ότι τεχνικές μέθοδοι βρίσκουν εφαρμογή τόσο στην κλασική χημεία όσο και στην μεταλλουργία. Π.χ. η εξαγωγή μετάλλων με οργανικούς διαλύτες χρησιμοποιείται στην αναλυτική χημεία, αλλά και στην υδρομεταλλουργία του χαλκού.

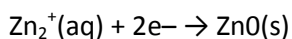
Η φυσικοχημεία επιτρέπει τον υπολογισμό της θεωρητικής απόδοσης μιας αντίδρασης σε συνθήκες ισορροπίας (χημική θερμοδυναμική), αλλά την εκτίμηση της πραγματικής απόδοσης μιας αντίδρασης σε συνάρτηση με τον χρόνο (κινητική). Για παράδειγμα, η θεωρητική απόδοση της αντίδρασης:



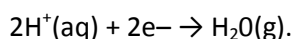
εξαρτάται από την θερμοκρασία• όσο αυξάνει η θερμοκρασία, τόσο η αντίδραση προχωρεί προς τα δεξιά. Η συγκεκριμένη αντίδραση έχει τεράστια σημασία για την πυρομεταλλουργία, καθώς οι περισσότερες πυρομεταλλουργικές διεργασίες απαιτούν θερμοκρασίες άνω των 1000 °C, όπου ο άνθρακας οξειδώνεται σχεδόν 100% προς την δημιουργία μονοξειδίου του άνθρακα (αντίδραση Boudouard).

Η θερμοδυναμική επιτρέπει επίσης την δημιουργία διαγραμμάτων φάσεων για κράματα μετάλλων, αλλά και για τήγματα μη μεταλλικών ενώσεων όπως διάφορα οξείδια, σουλφίδια κ.λπ. Με τα διαγράμματα φάσεων, ο μεταλλουργός μπορεί να ξέρει ποιες φάσεις (υγρές ή στερεές) προκύπτουν όταν δύο ή περισσότερα μέταλλα βρεθούν μαζί σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και σε μια συγκεκριμένη αναλογία. Τα διαγράμματα φάσεων και το μικροσκόπιο αποτελούν τα κύρια εργαλεία για τον σχεδιασμό κραμάτων, πυρίμαχων και κεραμικών.

Σε πολλές υδρομεταλλουργικές διεργασίες, η κινητική είναι εξαιρετικής σημασίας. Π.χ., η ανάκτηση ψευδαργύρου από όξινα διαλύματα θειικού ψευδαργύρου είναι δυνατή, επειδή η κινητική της αναγωγής υδρογονοϊόντων προς αέριο υδρογόνο επί καθόδου αλουμινίου είναι εξαιρετικά αργή. Με άλλα λόγια, η κινητική επιτρέπει την αντίδραση:



και εμποδίζει την αντίδραση



ενώ η χημική θερμοδυναμική λέει πως προηγείται η δεύτερη αντίδραση.

Ο μεταλλουργός πρέπει επίσης να έχει καλή γνώση ορυκτολογίας, κρυσταλλογραφίας, τεχνικής μηχανικής (στατική, αντοχή των υλικών), συστημάτων αυτομάτου ελέγχου, κ.λπ.

2.1 Η σημασία της μεταλλουργίας

Η ανακάλυψη και η εκτεταμένη χρήση των μετάλλων έδωσε στον άνθρωπο την δυνατότητα να ξεφύγει από την προϊστορική κατάσταση και να δημιουργήσει τον σύγχρονο πολιτισμό. Χωρίς την μεταλλουργία, η ανθρώπινη κοινωνία δεν θα ήταν αυτή που είναι σήμερα. Η γραφή, οι καλές τέχνες, η τυπογραφία, ο ηλεκτρισμός, οι ημιαγωγοί και η σύγχρονη υψηλή τεχνολογία στον τομέα των τηλεπικοινωνιών συνδέονται κατά τον έναν ή τον άλλο τρόπο με ανακαλύψεις και εξελίξεις στον τομέα της μεταλλουργίας.

Όπως όλες οι τεχνολογικές ανακαλύψεις, έτσι και η μεταλλουργία συνδέεται και με ορισμένες εξελίξεις που υπήρξαν ενίοτε οδυνηρές για το ανθρώπινο γένος. Η πρώτη χρήση των μετάλλων ήταν για την κατασκευή όπλων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την υποταγή ή και την ολοκληρωτική καταστροφή λαών. Η αναζήτηση πολύτιμων μετάλλων ήταν μία από τις κύριες αιτίες του ευρωπαϊκού επεκτατισμού μετά τον 15ο αι. μ.Χ. και της αποικιοκρατίας. Ακόμα και σήμερα, πολλές σημαντικές εξελίξεις στην επιστήμη της μεταλλουργίας προέρχονται από την πολεμική βιομηχανία. Κράματα απεμπλουτισμένου ουρανίου (χαμηλής ραδιενέργειας) χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οβίδων μεγάλης διατρητικής ικανότητας.

Στην Ελλάδα, η μεταλλουργία μολύβδου και αργύρου του Λαυρίου, η οποία λειτούργησε από το β' μισό του 19ου αι. έως το 1989, υπήρξε το πρώτο βιομηχανικό κέντρο της χώρας. Η μεταλλουργία του Λαυρίου συνδέθηκε με πολλές σημαντικές κοινωνικές εξελίξεις στην χώρα. Η Χαλυβουργική ήταν η πρώτη καθετοποιημένη βιομηχανία χυτοσιδήρου-χάλυβα της χώρας με υφικαμίνοους (που δεν λειτουργούν πλέον) και πλήρες χαλυβουργείο στην Ελευσίνα. Σήμερα η Ελλάδα παράγει περί τα 2,5 εκατομμύρια τόνους χάλυβα τον χρόνο (στοιχεία 2006) σε πέντε εργοστάσια με ηλεκτρικές καμίνοους που χρησιμοποιούν παλαιοσίδηρο (σκραπ) ως πρώτη ύλη (Αθήνα (2), Αλμυρός Μαγνησίας, Βόλος, Θεσσαλονίκη). Η Ελλάδα παράγει περίπου 20.000 τόνους το χρόνο νικέλιο υπό την μορφή σιδηρονικελίου (ΛΑΡΚΟ, Λάρυμνα Φθιώτιδας). Κατά την περίοδο 1983-1991, η Ελλάδα παρήγαγε και 45.000 τόνους ανά έτος σιδηροχρώμιο (Ελληνικά Σιδηροκράματα ΑΕ, Αλμυρός Μαγνησίας). Η Ελλάδα επίσης παράγει περίπου 160.000 τόνους τον χρόνο αλουμίνιο στο εργοστάσιο της «Αλουμίνιον της Ελλάδος» (Άγιος Νικόλαος Βοιωτίας). Τέλος, στην Ελλάδα, υπάρχουν πολλές βιομηχανίες δευτερογενούς κατεργασίας μετάλλων(π.χ έλαση και διέλαση αλουμινίου, κ.λπ.). Σημαντικό μεταλλουργικό κέντρο λειτούργησε για πολλές δεκαετίες στο Πυριτιδοποιείο-Καλυκοποιείο του Μποδοσάκη (ΠΥΡΚΑΛ).

Σημερινή κατάσταση και μελλοντικές προοπτικές

Η έντονη ζήτηση μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο προκάλεσε την έντονη αύξηση της παραγωγής μετάλλων. Το 2005, η παγκόσμια παραγωγή μετάλλων είχε ως εξής:

- ❖ χάλυβας: 1,13 δισεκατομμύρια τόνοι
- ❖ αλουμίνιο: 23,5 εκατομμύρια τόνοι

- ❖ χαλκός: 16,4 εκατομμύρια τόνοι
- ❖ ψευδάργυρος: 10,2 εκατομμύρια τόνοι
- ❖ μόλυβδος: 7,6 εκατομμύρια τόνοι
- ❖ νικέλιο: 1,3 εκατομμύρια τόνοι
- ❖ χρυσός: 2.593 τόνοι.

Δεδομένου ότι η ζήτηση σε μέταλλα δεν μπορεί να καλυφθεί από την παραγωγή των μεταλλείων, ένα μεγάλο ποσοστό από αυτά παράγονται από την ανακύκλωση παλαιομετάλλων (σκραπ). Για παράδειγμα, το 55% του μολύβδου παράγεται από ανακύκλωση (κυρίως παλιές μπαταρίες αυτοκινήτων). Παρομοίως, από ανακύκλωση παράγονται το 40% του χαλκού, το 32% του χάλυβα, το 30% του αλουμινίου, το 25% του νικελίου και μόλις το 1% του ψευδαργύρου.

Η παραγωγή των μετάλλων με πυρομεταλλουργικές και άλλες μεθόδους απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας. Επιπλέον οι μεταλλουργικές βιομηχανίες εκλύουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων (NO_x, SO₂, κ.ά.), τα οποία προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή και άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα. Αν και οι σύγχρονες μεταλλουργικές μονάδες καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια και εκλύουν λιγότερα τοξικά αέρια σε σύγκριση με παλαιότερες παρόμοιες μονάδες, εντούτοις η κατά πολύ αυξημένη παραγωγή μετάλλων σημαίνει ότι η μόλυνση του περιβάλλοντος δεν έχει μειωθεί.

Προς το τέλος του 20ού αι., η μεταλλουργία, ως τεχνολογική επιστήμη και ως βιομηχανία, θεωρήθηκε ώριμος έως ξεπερασμένος τομέας[9]. Το αποτέλεσμα ήταν πολλές πανεπιστημιακές σχολές μεταλλουργίας να κλείσουν ή να αλλάξουν το πρόγραμμά τους και να μετονομαστούν σε σχολές Επιστήμης των Υλικών. Μία νέα άνοδος της τιμής των μετάλλων, και των πρώτων υλών γενικότερα, ίσως ανατρέψει αυτή την τάση.

ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ

Μεταλλουργία πρόκειται για το σύνολο των μεθόδων και διεργασιών, που ακολουθούνται για την εξαγωγή, παρασκευή, διαμόρφωση και κατεργασία των μετάλλων και των κραμάτων τους.

Κλάδοι μεταλλουργίας

Ως πιο εξειδικευμένοι κλάδοι της μεταλλουργίας θεωρούνται τα ακόλουθα

επιστημονικά πεδία:

- Πυρομεταλλουργία

Είναι η εξαγωγή μετάλλων και κραμάτων με την χρήση υψηλών θερμοκρασιών (π.χ. υψικάμινος για την παραγωγή χυτοσιδήρου, κ.ά.).

Ασχολείται με την παραγωγή (εξαγωγή) μετάλλων, κραμάτων ή καθαρών χημικών ενώσεων μεταλλικών στοιχείων από ορυκτά ή άλλες πρώτες ύλες, με την χρήση υψηλών θερμοκρασιών. Το παραγόμενο μέταλλο ή κράμα ή χημική ένωση έχει συνήθως την μορφή τήγματος.

- Υδρομεταλλουργία

Είναι η εξαγωγή μετάλλων με την χρήση υδατικών διαλυμάτων (π.χ. εξαγωγή χρυσού με κυάνωση μεταλλευμάτων χρυσού, εξαγωγή χαλκού με εκχύλιση με θειικό οξύ, κ.λπ.). Ασχολείται με την παραγωγή μετάλλων, κραμάτων ή καθαρών χημικών ενώσεων μεταλλικών στοιχείων από ορυκτά ή άλλες πρώτες ύλες, με την χρήση υδατικών διαλυμάτων σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες.

- Ηλεκτρομεταλλουργία Είναι η ανάκτηση καθαρών μετάλλων ή κραμάτων με ηλεκτρόλυση υδατικών διαλυμάτων (π.χ. χαλκός, ψευδάργυρος, χρυσός, ορείχαλκος, κ.λπ.) ή τηγμάτων αλάτων ή οξειδίων (π.χ. αλουμίνιο, μαγνήσιο, κ.λπ.).
- Μεταλλογνωσία (ή φυσική μεταλλουργία)

Είναι η επιστήμη της μελέτης και της τροποποίησης των ιδιοτήτων των μετάλλων και των κραμάτων με μεθόδους μικροσκοπίας και μηχανικών δοκιμών.

- Μεταλλογραφία

Είναι η επιστήμη και η τέχνη της ετοιμασίας μετάλλων και κραμάτων για παρατήρηση με οπτικό ή ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

- Χύτευση και Μεταλλοτεχνία

Είναι η αλλαγή των μηχανικών ιδιοτήτων των μετάλλων και των κραμάτων με τήξη (χύτευση), θερμική κατεργασία (βαφή), μηχανικούς τρόπους (έλαση, διέλαση, σφυρηλασία, ολκή, κ.λπ.) ή με συνδυασμό μηχανικής και θερμικής κατεργασίας.

- Συγκολλήσεις

Είναι η μελέτη μεθόδων για την συγκόλληση μεταλλικών αντικειμένων με τήξη του μεταλλικού υποβάθρου ή χωρίς τήξη του μεταλλικού υποβάθρου (κασσιτεροκόλληση).

- Επιμεταλλώσεις

Είναι η επικάλυψη ορισμένων μετάλλων με στρώμα άλλου μετάλλου για προστασία από την διάβρωση (π.χ. γαλβανισμός του χάλυβα σε λουτρό τηγμένου ψευδαργύρου) ή για λόγους αισθητικούς (π.χ. επιχρύσωση κοσμημάτων)

- Κονιομεταλλουργία

Είναι η παραγωγή μεταλλικών αντικειμένων σε διαστάσεις ακριβείας με την πυροσυσσωμάτωση μεταλλικών κόνεων υπό πίεση σε στερεά ή σχεδόν στερεά κατάσταση.

Βήματα μεταλλουργίας

Η Μεταλλουργία για τις περισσότερες των περιπτώσεων έχει ορισμένα συγκεκριμένα βήματα. Αυτά είναι:

1. Άλεση του μεταλλεύματος μέχρι μιας επιθυμητής, κατά περίπτωση, διαμέτρου κόκκων.
2. Ο εμπλουτισμός με φυσικούς ή χημικούς τρόπους ώστε να αυξηθεί η % περιεκτικότητα του μεταλλεύματος σε μέταλλο.
3. Η κυρίως αναγωγή γνωστή και ως χύτευση ή εκκαμίνευση του μετάλλου.
4. Ο καθαρισμός του μετάλλου από τις προσμίξεις εκείνες που επηρεάζουν δυσμενώς κάποιες ιδιότητές του.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΣΙΔΗΡΟΥ

Τα ορυκτά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του σιδήρου είναι κατά κύριο λόγο ο αιματίτης (Fe_2O_3) και δευτερευόντως ο μαγνητίτης (Fe_3O_4) και ο λειμωνίτης ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).



Στο εμπόριο, ο σίδηρος απαντά σε τρεις μορφές: το χυτοσίδηρο, το σφυρήλατο σίδηρο και το χάλυβα. Στην ουσία, πρόκειται για κράματα του σιδήρου με άνθρακα, τα οποία διαφέρουν κυρίως στο ποσοστό του άνθρακα, γεγονός που προσδιορίζει τις ιδιότητες τους.

Συνήθως, από το εμπλουτισμένο μέταλλευμα παράγεται αρχικά ο χυτοσίδηρος και από αυτόν, στη συνέχεια, ο σφυρήλατος σίδηρος ή ο χάλυβας.

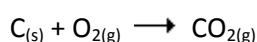
Εικόνα 5: Ορυκτα σιδήρου

Παραγωγή χυτοσιδήρου

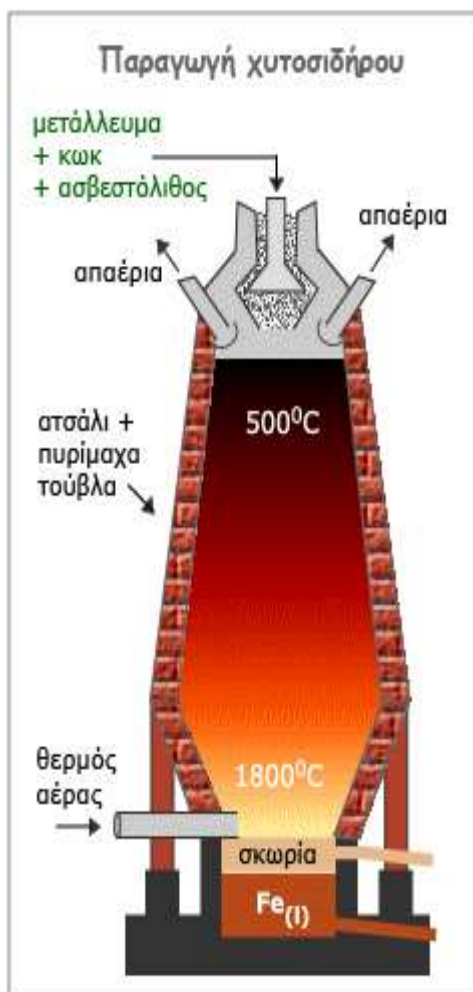
Ο χυτοσίδηρος παράγεται κυρίως από τον αιματίτη σε ειδικές καμίνους, τις υψικάμινους. Οι πρώτες υψικάμινοι θεωρείται ότι εμφανίστηκαν περίπου το 1350 μ.Χ στη Γερμανία και αργότερα στην Αγγλία γύρω στο 1500. Αρχικά ως αναγωγικό χρησιμοποιήθηκε ο ξυλάνθρακας, που στις αρχές του 18ου αιώνα, αντικαταστάθηκε με το μεταλλουργικό κωκ.

Η υψικάμιнос είναι μία κυλινδρική κατακόρυφη κάμιнос ύψους 20-30m με διάμετρο 6m, που αποτελείται από ένα χαλύβδινο μανδύα επενδυμένο εσωτερικά με πυρίμαχους πλίνθους. Η υψικάμιнос τροφοδοτείται από την κορυφή με σιδηρούχο μέταλλευμα, κωκ και ασβεστόλιθο, CaCO_3 , (συλλίπασμα), ενώ από ανοίγματα διαταγμένα κυκλικά στη βάση της διοχετεύεται ξηρός αέρας θερμοκρασίας 600 - 800 °C.

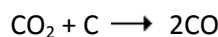
Αρχικά, το οξυγόνο του αέρα, που εισάγεται από τη βάση, οξειδώνει μέρος του κωκ προς διοξείδιο του άνθρακα με ταυτόχρονη έκλυση θερμότητας:



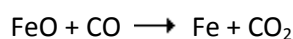
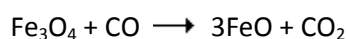
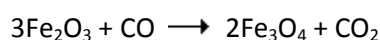
Με τη θερμότητα που εκλύεται, η θερμοκρασία ανυψώνεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να πραγματοποιηθούν οι σχετικές αντιδράσεις και να διατηρηθούν τα προϊόντα σε κατάσταση τήξης.



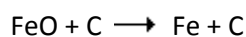
Το θερμό διοξείδιο του άνθρακα, που παράγεται, καθώς ανέρχεται μέσα στην υψικάμινο, ανάγεται από το κωκ προς μονοξείδιο του άνθρακα:



Το μονοξείδιο του άνθρακα, καθώς ανέρχεται στις υψηλότερες ζώνες της υψικάμινο, ανάγει το μέταλλευμα προς σπογγώδη μεταλλικό σίδηρο μέσω μιας σειράς ενδιάμεσων αντιδράσεων:



Ακόμη, μικρά ποσά οξειδίου του σιδήρου (II), που διαφεύγουν την αναγωγή, ανάγονται τελικά στη μεσαία και στη κάτω ζώνη της υψικάμινο από τον ίδιο τον άνθρακα:



Εικόνα 6: Ψικαμίνος

Το CO_2 , που σχηματίζεται κατά τις παραπάνω αντιδράσεις, ανάγεται και πάλι από το κωκ προς CO , το οποίο συμμετέχει στον κύκλο των αντιδράσεων, ενώ ο σπογγώδης μεταλλικός Fe τήκεται στα κατώτερα τμήματα της υψικάμινο και ρέει προς τη βάση της από όπου και εξάγεται.

Οι γαιώδεις προσμίξεις του μεταλλεύματος, διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και πυριτικά άλατα, αντιδρούν με τον ασβεστόλιθο και σχηματίζουν εύτηκτα πυριτικά άλατα του ασβεστίου, τα οποία επιπλέουν στο τήγμα του μετάλλου και απομακρύνονται ως σκωρία.

Ο αργός χυτοσίδηρος τήκεται μεταξύ 1100 και 1300 °C και αποτελείται κατά 90% από σίδηρο, 3 ως 5% από άνθρακα, ενώ περιέχει και προσμίξεις μαγγανίου, πυριτίου, φωσφόρου και θείου, που τον κάνουν σκληρό, εύθραυστο και μη σφυρηλατήσιμο. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή χυτών αντικειμένων, τα οποία δεν πρόκειται να υποβληθούν σε μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις (π.χ. βάσεις μηχανών, σωληνώσεις, θερμάστρες, κ.λ.π.). Κυρίως, όμως, αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή σφυρήλατου σιδήρου και χάλυβα.

Σφυρήλατος σίδηρος και χάλυβας

Οι διεργασίες παραγωγής του σφυρήλατου σιδήρου (μέθοδος puddling) και του χάλυβα με διάφορες μεθόδους (μέθοδοι Siemens-Martin, Bessemer και ηλεκτρικής καμίνου) αποσκοπούν στην απομάκρυνση μέρους του άνθρακα και των άλλων προσμίξεων από το χυτοσίδηρο.

Ο σφυρήλατος σίδηρος είναι σχετικά καθαρός σίδηρος. Περιέχει 0,12 - 0,25% άνθρακα και λιγότερο από 0,5% συνολικά από τις υπόλοιπες προσμίξεις. Τήκεται στους 1500 °C, αλλά είναι σχετικά μαλακός και μπορεί να υποβληθεί με ευχέρεια σε μηχανική κατεργασία. Έτσι, βρίσκει εφαρμογή στην κατασκευή αλυσίδων, συρμάτων, κ.λ.π.

Ο όρος χάλυβας στην ουσία προσδιορίζει μία κατηγορία υλικών, που είναι όλα κράματα του σιδήρου με άνθρακα. Γενικά, οι χάλυβες διακρίνονται σε μαλακούς (< 0,25%), μέσης (0,25 - 0,45%) και υψηλής περιεκτικότητας (0,45 - 1,5%) σε άνθρακα. Το ποσοστό του άνθρακα, καθώς και η θερμική επεξεργασία που έχει υποστεί προσδιορίζουν τις ιδιότητες και επομένως τις δυνατότητες χρήσεις ενός τύπου χάλυβα. Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα, προστίθενται και άλλα μέταλλα, κυρίως νικέλιο, χρώμιο και μολυβδαίνιο, με αποτέλεσμα να υπάρχει μία μεγάλη γκάμα κραμάτων χάλυβα με διαφορετικές ιδιότητες και ποικίλες χρήσεις.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Σήμερα, η παραγωγή αλουμινίου ακολουθεί σε γενικές γραμμές την ακόλουθη διαδικασία:

Πρώτα ο βωξίτης εξορύσσεται από το κοίτασμα (συνήθως επιφανειακό). Στη συνέχεια εκπλύνεται, θρυμματίζεται και διαλύεται σε πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Με αυτό τον τρόπο, οι προσμίξεις του βωξίτη (κυρίως οξείδια του σιδήρου και του πυριτίου) απομακρύνονται και παραμένει στο διάλυμα το καυστικό νάτριο με το οξείδιο του αργιλίου. Στη συνέχεια απομακρύνεται και το καυστικό νάτριο και παραμένει μόνο το ένυδρο οξείδιο του αργιλίου, το οποίο πυρώνεται στους 1100° C έτσι, ώστε να απομακρυνθεί το νερό.

Ακολουθεί η ηλεκτρόλυση. Το οξείδιο του αργιλίου διαλύεται σε τήγμα κρυολίθου, το οποίο βρίσκεται σε ηλεκτρολυτική λεκάνη με άνοδο ηλεκτρόδιο άνθρακα και κάθοδο την επένδυση της λεκάνης από ανθεκτικό μέταλλο. Στη συνέχεια διαβιβάζεται μέσα από αυτό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσης αλλά εξαιρετικά υψηλής έντασης (περίπου 150000 Αμπέρ). Το τηγμένο αλουμίνιο συλλέγεται από το βυθό της λεκάνης. Το παραγόμενο κατά την ηλεκτρόλυση οξυγόνο κατευθύνεται προς την άνοδο από άνθρακα, τον οποίο καίει, (γι' αυτό και τα ηλεκτρόδια της ανόδου αντικαθίστανται τακτικά) διατηρώντας έτσι την θερμοκρασία του τήγματος σε υψηλά επίπεδα. Παράλληλα, όμως, παράγεται και φθόριο (προερχόμενο από τον κρυόλιθο), το οποίο συλλέγεται με ειδικό κάλυμμα της λεκάνης και, κατευθυνόμενο σε ειδική μονάδα ανακυκλώνεται, ώστε να μην καταλήξει στην ατμόσφαιρα.

Η ηλεκτρόλυση είναι μια διεργασία η οποία είναι εξαιρετικά ηλεκτροβόρα. Ένα τυπικό εργοστάσιο παραγωγής αλουμινίου καταναλώνει ρεύμα όσο μια μικρή πόλη. Ενδεχόμενη διακοπή ρεύματος για παραπάνω από 4 ώρες σημαίνει στερεοποίηση των τηγμάτων στις λεκάνες και, συνεπώς, καταστροφή τους. Γι' αυτό το λόγο, τα περισσότερα εργοστάσια είτε παράγουν επιτόπου την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν είτε συνδέονται με παραπάνω από μία πηγές ενέργειας (έχουν δηλαδή απευθείας διεθνείς συνδέσεις).

Εκτός από το βωξίτη, το αργίλιο βρίσκεται στη φύση στα ορυκτά της αργίλου και στους κρυστάλλους του ρουμπινιού, του ζαφειριού και του κορουνδίου αλλά και σε πολύ μεγάλο αριθμό πυριτικών, κυρίως, ορυκτών. Μεγάλος αριθμός βιομηχανικών ορυκτών περιέχει αργίλιο.

Χρήσεις



Εικόνα 7: Δοχείο σκουπιδιών από λαμαρίνα και προφίλ αλουμινίου. Ελληνικής κατασκευής

Τα κράματα αλουμινίου με 2,5-6,3% κ.β. χαλκό ονομάζονται ντουραλουμίνια. Περιέχουν συνήθως ως πρόσθετα κραματικά στοιχεία μαγνήσιο και σπανιότερα, μαγγάνιο και πυρίτιο. Παρουσιάζουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες, οι οποίες οφείλονται στη σκλήρυνσή τους με δημιουργία κατακρημνισμάτων και χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην αεροναυπηγική, λόγω του χαμηλού τους βάρους και της εξαιρετικής τους αντοχής. Τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιούνται στην αεροναυπηγική και σε άλλες εφαρμογές όπου το χαμηλό βάρος και οι καλές μηχανικές ιδιότητες σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι ζητούμενα κράματα αλουμινίου-λιθίου.

Άλλα κράματα αλουμινίου χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη βιομηχανία αθλητικών ειδών και τη ναυπηγική.

Χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή των κουτιών για ποτά, του αλουμινοχαρτου και άλλων υλικών και εργαλείων της κουζίνας.

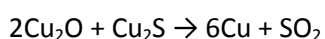
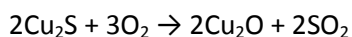
Το οξείδιο του αργιλίου, η αλουμίνα, βρίσκεται στη φύση με τη μορφή του ρουμπινιού, του ζαφειριού και του κορούνδιου. Το κορούνδιο έχει σκληρότητα στην κλίμακα Mohs ίση με 9, πράγμα που το κάνει ένα από τα σκληρότερα υλικά στη φύση. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιείται ως λειαντικό ή συνθετική αλουμίνα. Τα οξείδια του αργιλίου χρησιμοποιούνται επίσης στην υαλουργία και την κατασκευή λέιζερ. Κρύσταλλοι ρουμπινιού χρησιμοποιούνται επίσης ως αισθητήρες πίεσης για υψηλές πιέσεις.

Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κατασκευάζονται επίσης συχνά από αλουμίνιο, καθώς έχει μικρότερο βάρος και κόστος από το χαλκό (αν και όχι τόσο καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα).

Οι στυπτηρίες, κρυσταλλικές ενώσεις (άλατα) του αργιλίου με το γενικό χημικό τύπο $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ χρησιμοποιούνται ως στυπτικά καθώς και στη βαφική.

Παρασκευή

Συνήθως παρασκευάζεται με φρύξη μεταλλεύματος θειούχου χαλκού, οπότε παράγεται οξείδιο του χαλκού, το οποίο αντιδρά με τον θειούχο και δίνει καθαρό χαλκό:



Ο παραγόμενος χαλκός δεν έχει μεγάλο βαθμό καθαρότητας. Γι' αυτό υφίσταται ηλεκτρόλυση, οπότε η καθαρότητά του φθάνει το 99,9%, ενώ στο ηλεκτρόδιο επικάθονται σίδηρος και άργυρος¹

ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Ο μόλυβδος είναι ένα από τα αρχαιότερα μέταλλα, και χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο πριν από 6.000 χρόνια. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι, οι Ισραηλίτες, οι Ρωμαίοι, χρησιμοποιούσαν τον μόλυβδο για την κατασκευή δοχείων και άλλων αντικειμένων. Οι αρχαίοι θα πρέπει να γνώριζαν εν μέρει τις τοξικές ιδιότητες του μετάλλου. Ο Ιπποκράτης περιγράφει χαρακτηριστικό κοιλιακό κωλικό σε εργάτη μεταλλείου και ο Νίκανδρος, τον 2ο αιώνα π.Χ., παρατήρησε τη σχέση μεταξύ της έκθεσης στο μέταλλο και της παρουσίας ωχρότητας, δυσκοιλιότητας, κωλικών και παράλυσης. Κατά τον 18ο αιώνα ο μόλυβδος χρησιμοποιήθηκε και ως φάρμακο. Στη Γαλλία ο χειρουργός Thomas Goulard χρησιμοποιούσε ενώσεις του μολύβδου με κρασί, ως φάρμακο για εξωτερική χρήση, άλλοι δε χρησιμοποιούσαν τον μόλυβδο και εσωτερικά για τη θεραπεία της επιληψίας.

Ο μόλυβδος χρησιμοποιείται πολύ στη βιομηχανία για την κατασκευή σωλήνων, φύλλων μολύβδου, χρωμάτων και σμάλτων. Στη βιομηχανία αυτοκινήτων χρησιμοποιείται στην κατασκευή των μπαταριών και οι αλκυλ-ενώσεις του προστίθενται στη βενζίνη για τη μείωση των κραδασμών. Η χρησιμοποίηση του μολύβδου σήμερα στην παρασκευή χρωμάτων έχει σημαντικά μειωθεί μετά την εμφάνιση των χρωμάτων που έχουν βάση το Latex. Το ερυθρό όμως του μολύβδου παραμένει αναντικατάστατο ειδικά ως προστατευτικό της επιφάνειας των μετάλλων από τη σκουριά. Η χρήση του μολύβδου ως πρόσθετο της βενζίνης, σήμερα, εγκαταλείπεται προοδευτικά επειδή προκαλεί μόλυνση του περιβάλλοντος.

Ενώσεις του μολύβδου, όπως ο διβασικός φθαλικός μόλυβδος, ο χλωροπυριτικός μόλυβδος και ο βασικός ανθρακικός μόλυβδος, συχνά χρησιμοποιούνται στην παρασκευή πλαστικών, χλωριούχου πολυβινυλίου (PVC), όταν απαιτείται θερμική σταθερότητα και υψηλή αντοχή του τελικού προϊόντος. Δεν υπάρχει όμως κίνδυνος από το τελικό προϊόν, παρά μόνο κατά τη διάρκεια της παραγωγής του.

Πηγές έκθεσης στον μόλυβδο είναι η πρωτογενής και η δευτερογενής επεξεργασία του μολύβδου: Οι βιομηχανίες και οι βιοτεχνίες κατασκευής μπαταριών, τα διαλυστήρια πλοίων, γιατί τα μέταλλα έχουν πολλαπλά στρώματα χρωμάτων που περιέχουν μόλυβδο, τα ναυπηγεία και τα πλοία που κινούνται με ατομική ενέργεια, στα οποία ο μόλυβδος χρησιμοποιείται ως προστατευτικό κάλυμμα του πυρηνικού αντιδραστήρα. Άλλες πηγές έκθεσης είναι τα μικρά εργαστήρια και βιοτεχνίες, τα οποία δεν διαθέτουν τις κατάλληλες προδιαγραφές για την προστασία του εργαζόμενου, όπως είναι τα εργαστήρια επιδιόρθωσης των ψυγείων των αυτοκινήτων, τα φαναρτζίδικα, τα κεραμικά κ.α.

Τα ορυκτά του μολύβδου βρίσκονται σε πολλά μέρη του κόσμου. Το πλουσιότερο ορυκτό είναι ο γαλινίτης PbS (θειούχος μόλυβδος), ο οποίος είναι και η κύρια εμπορική πηγή. Άλλα ορυκτά είναι ο ψιμυθίτης ($PbCO_3$), ο αγγλεζίτης ($PbCO_4$), ο κροκοϊτης ($PbCrO_4$), κ.α.

Οι κυριότερες ενώσεις του μολύβδου (Pb) είναι το υδροξείδιο του μολύβδου $Pb(OH)_2$, το οξείδιο του μολύβδου (PbO) ή λιθάργυρος, το οποίο χρησιμοποιείται στην υαλουργία και

την κατασκευή ελαιοχρωμάτων, το επιτεταρτοξείδιο του μολύβδου (Pb_3O_4) ή μίνιο, ο ανθρακικός μολύβδος ή στουπέτσι ($PbCO_3$), ο οποίος χρησιμοποιείται στην κατασκευή λευκού χρώματος, ο χρωμικός μολύβδος ($PbCrO_4$), ο οποίος χρησιμοποιείται στη ζωγραφική (κίτρινο του χρωμίου, πορτοκαλί του χρωμίου, ερυθρό, πράσινο) και άλλες ενώσεις. Από τις οργανικές ενώσεις του μολύβδου, ιδιαίτερη σημασία έχουν ο τετρααιθυλιούχος μολύβδος (TEL) και ο τετραμεθυλιούχος μολύβδος (TML), οι οποίες προστίθενται στη βενζίνη ως αντικροτικά, (antiknock). Υπάρχουν ακόμη ο οξικός μολύβδος, ο φθαλικός, ο σαλικυλικός, ο παλμιτικός κ.α.

Κίνδυνοι

Ο κύριος κίνδυνος από τον μολύβδο είναι η τοξικότητά του. Ο κατ' εξοχήν κίνδυνος στη βιομηχανία προέρχεται από την εισπνοή σκόνης ή καπνού του μετάλλου. Η κατάποση του μετάλλου δεν αποτελεί μεγάλο κίνδυνο στη βιομηχανία όσο στο γενικότερο περιβάλλον. Οι οργανικές ενώσεις του μολύβδου απορροφώνται από το δέρμα.

Η δηλητηρίαση από μολύβδο, γνωστή και ως μολυβδίαση, ήταν πάντοτε η περισσότερο ενδιαφέρουσα από τις επαγγελματικές ασθένειες. Η συστηματική πρόληψη, όμως, από ιατρικής και τεχνικής πλευράς συνετέλεσε ώστε να μειωθούν οι περιπτώσεις δηλητηριάσεως. Κατά την τελευταία δεκαετία πάντως έγινε εμφανές ότι νευροφυσιολογικές δυσλειτουργίες, μειωμένη ταχύτητα αγωγής των περιφερικών νεύρων, ακόμη παρατηρούνται σε βαθμούς έκθεσης που μέχρι τώρα εθεωρούντο παραδεκτοί. Επίσης, οι πιθανές επιπτώσεις στα έμβρυα εγκύων γυναικών οδήγησε στην έκδοση χωριστών οδηγιών για την έκθεση των γυναικών κατά την παραγωγική τους (γόνιμη) ηλικία.

Μεταβολισμός

Ο ανόργανος μολύβδος απορροφάται από το έντερο κατά ένα ποσοστό περίπου 10% και η απορρόφησή του εξαρτάται από την παρουσία άλλων μετάλλων στο έντερο, όπως είναι το ασβέστιο και ο σίδηρος. Η απορρόφησή του από τον πνεύμονα είναι μεγαλύτερη και εξαρτάται από τη μορφή των χημικών ενώσεών του και το μέγεθος των σωματιδίων. Οι οργανικές ενώσεις του μολύβδου απορροφώνται από το δέρμα.

Ο μολύβδος στον οργανισμό του ανθρώπου μετά την απορρόφησή του ανευρίσκεται σε τρία μέρη "δεξαμενές":

1. Στο αίμα και τους μαλακούς ιστούς, όπου γίνεται ταχεία ανταλλαγή τους.
2. Στο δέρμα και τους μύες, όπου η ανταλλαγή γίνεται με μέση ταχύτητα.
3. Στον σκελετό, όπου είναι περισσότερο σταθερές και ανευρίσκεται σε ποσοστό 90%. Η αποβολή του μολύβδου γίνεται από τους νεφρούς, τη χολή, τον ιδρώτα και το γάλα.

Ανακύκλωση

Ανακύκλωση καλείται η διαδικασία μετατροπής των σκουπιδιών σε πηγές ενέργειας ή πρώτες ύλες με τη χρήση επιστημονικών μεθόδων και η επαναχρησιμοποίηση κατόπιν επεξεργασίας ορισμένων άχρηστων υλικών (κυρίως υλικών συσκευασίας). Τα απορρίμματα

που μπορούν να ανακυκλωθούν είναι το χαρτί, το γυαλί, ορισμένα μέταλλα, τα πλαστικά, οι μπαταρίες, τα ορυκτέλαια και τα ελαστικά αυτοκινήτων.

Βασικοί στόχοι της ανακύκλωσης είναι :

- η επαναχρησιμοποίηση ορισμένων αντικειμένων (λ.χ. γυάλινα δοχεία, πλαστικά μπουκάλια μιας χρήσης) από τις βιομηχανίες, αφού προηγηθούν οι διαδικασίες διαλογής και αποστείρωσής τους.
- η επεξεργασία ορισμένων απορριμμάτων (τήξη, συμπίεση) και η αξιοποίησή τους ως πρώτες ύλες από τις βιομηχανίες (λ.χ. τα γυάλινα δοχεία γίνονται υαλότριμμα, τα παλιά χαρτιά χαρτοπολτός κ.λπ.).
- ο περιορισμός της παραγωγής των υλικών συσκευασίας από τις βιομηχανίες.

Γιατί πρέπει να ανακυκλώνουμε τα σκουπίδια :

Το βασικό όφελος που προκύπτει από την ανακύκλωση είναι η προστασία του περιβάλλοντος. Όσο πιο πολλά είδη απορριμμάτων αξιοποιούνται τόσο μικρότερος γίνεται ο όγκος των σκουπιδιών που καταλήγουν στις χωματερές, τις θάλασσες και τα ποτάμια, με αποτέλεσμα αφενός να περιορίζεται σε σημαντικό βαθμό η ρύπανση του περιβάλλοντος και αφετέρου να επιμηκύνεται η διάρκεια ζωής των χωματερών. Παράλληλα με την εξαγωγή μέσω της ανακύκλωσης καθαρής πρώτης ύλης, έτοιμης προς χρήση, έχουμε σημαντική εξοικονόμηση πρώτων υλών και ενέργειας. Ενδεικτικά, σε επίπεδο παραγωγής προϊόντων το ενεργειακό όφελος είναι 23-77% για το χαρτί, 31% για το γυαλί, 95% για το αλουμίνιο και 85-90% για τα πλαστικά. Η ανακύκλωση επίσης συμβάλλει τόσο στον περιορισμό των δαπανών όσο και στην αύξηση των εσόδων των δήμων και των κοινοτήτων με τον περιορισμό των οικιακών απορριμμάτων που επιτυγχάνεται με την ανακύκλωση, οπότε έχουμε μείωση της ενέργειας και του κόστους της συλλογής από τους δήμους ή τις κοινότητες και της μεταφοράς των σκουπιδιών στους χώρους υγειονομικής ταφής (χωματερές). Παράλληλα, η διάθεση των ανακυκλώσιμων υλικών στις βιομηχανίες αποδίδει στην τοπική αυτοδιοίκηση αρκετά χρήματα, τα οποία μπορούν να επενδυθούν στη βελτίωση της ζωής των πολιτών, την κατασκευή δημόσιων έργων κ.ά.



Ανακύκλωση μετάλλων

Ποια μέταλλα χρησιμοποιούνται;

Τα μέταλλα τα οποία χρησιμοποιούμε χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τα μη σιδηρούχα και τα σιδηρούχα μέταλλα. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τον μπρούτζο (παλαιά υδραυλικά), το χαλκό (παλαιά υδραυλικά), το αλουμίνιο (προφίλ – λιθογραφικό) και το ζαμακς (από την βιομηχανία). Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει το σίδηρο, το ανοξείδωτο και το μαντέμι.

Στάδια ανακύκλωσης

Τα στάδια ανακύκλωσης είναι τα εξής. Πρώτα από όλα είναι η προσεκτική διαλογή και καθαρισμός των ξένων υλών του σιδήρου και των πλαστικών. Στην συνέχεια τοποθετούνται σε ξεχωριστά κέντρα διαλογής ανά μέταλλο και μετα τα λιώνουμε σε ξεχωριστό φούρνο, τα καθαρίζουμε, τα ελέγχουμε στο χημείο μας και τα εμπλουτίζουμε με στοιχεία η ποσοστά βασικών μετάλλων που τους λείπουν. Ύστερα με ειδικά λιπάσματα ανά μέταλλο, βγάζουμε από μέσα ξένες ύλες όπως άνθρακα, λάδι, αέρια, ασβέστιο κ.λ.π. Μετά τα μέταλλα σε μορφή ραβδων, συσκευάζονται ανά κιλά παραγγελίας για άμεση παράδοση σε εργοστάσια παραγωγής φωτιστικών, πομόλων, είδη λαϊκής τέχνης, τουριστικών κ.λ.π. Τέλος το αντικείμενο μεταφέρεται στο εμπορικό κατάστημα έως ότου πωληθεί στον καταναλωτή.



Διαδικασία ανακύκλωσης Αλουμινίου

Η ανακύκλωση αργιλίου θεωρείται ο πιο κερδοφόρος τύπος ανακύκλωσης υλικού. Η επεξεργασία που χρησιμοποιείται για την ανακύκλωση αργιλίου κοστίζει σημ. αντικά λιγότερο και σώζει μέχρι 95% περισσότερη ενέργεια από μια διαδικασία που χρησιμοποιεί πρώτες ύλες για την παραγωγή του. Τα χαρακτηριστικά αντικείμενα αργιλίου που μπορούν να ανακυκλωθούν είναι δοχεία (αναψυκτικών και τροφίμων), αλουμινόχαρτο, δίσκοι μίας χρήσης ψησίματος προϊόντων ζύμης κι έτοιμων φαγητών και πολλά οικιακά εξαρτήματα. Τα δοχεία αλουμινίου, μετά την εξάντληση της χρήσης τους, μπορεί να χρησιμοποιηθούν επανειλημμένως χωρίς απώλεια ποιότητας, σώζοντας έτσι ενέργεια και τις πρώτες ύλες που απαιτούνται για την κατασκευή του νέου προϊόντος. Οτιδήποτε φτιαγμένο από αλουμίνιο μπορεί να ανακυκλωθεί επανειλημμένα: όχι μόνο δοχεία, αλλά και ελάσματα αλουμινίου, πιάτα, φόρμες αλουμινίου για πίτες, πλαίσια παραθύρων, έπιπλα κήπων και συστατικά αυτοκινήτων, λιώνονται και χρησιμοποιούνται πάλι για να κάνουν τα ίδια προϊόντα. Χρησιμοποιημένα δοχεία αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν για να κάνουν νέα δοχεία αλουμινίου, τα παράθυρα αλουμινίου μπορούν να ανακυκλωθούν για να κάνουν νέα παράθυρα αλουμινίου και τα παλιά αλουμινένια εξαρτήματα κινητήρων για να κάνουν νέους κινητήρες. Το ποσοστό ανακύκλωσης για τα δοχεία αλουμινίου είναι ήδη επάνω από 70% σε μερικές χώρες. Η βιομηχανία αλουμινίου έχει οργανώσει διάφορα προγράμματα για να ενθαρρύνει την ανακύκλωση σε πολλές χώρες. Στην Ευρώπη, τα αλουμινένια δοχεία ποτών εκπληρώνουν το ελάχιστο όριο που τίθεται στην ευρωπαϊκή οδηγία για τη συσκευασία και τα απορρίμματα. Η Σουηδία (με 92 τοις εκατό) και η Ελβετία (με 88 τοις εκατό) διατηρούν την πρωτοπορία ανακύκλωσης στην Ευρώπη. Ο ευρωπαϊκός μέσος όρος είναι 40 τοις εκατό, με 10 τοις εκατό αύξηση από το 1994.

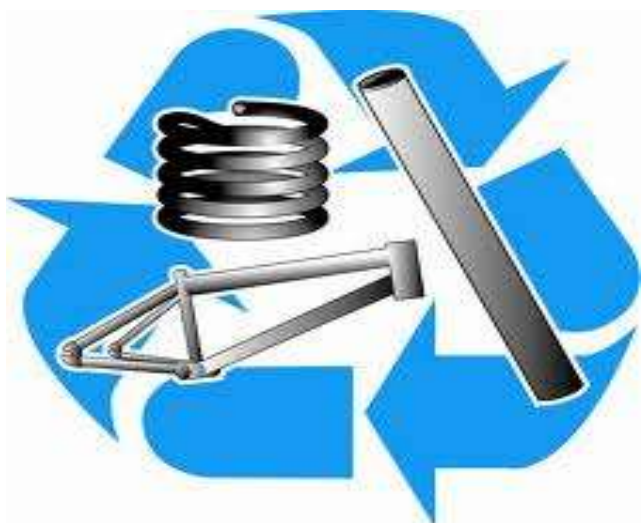
Οι επιχειρήσεις αλουμινίου έχουν επενδύσει πολλά στις δευτερεύουσες εγκαταστάσεις επεξεργασίας μετάλλων για να ανακυκλώσουν αλουμίνιο. Στην περίπτωση των δοχείων για ποτά, η διαδικασία ανακύκλωσης χρησιμοποιεί το αέριο που συλλέγεται από την καύση των πτητικών ενώσεων που μπορεί να υπάρχουν μέσα στα τοιχώματα των δοχείων και παράγει την απαραίτητη θερμότητα για τη διαδικασία. Κάθε κομμάτι παραγόμενης ενέργειας πρέπει χρησιμοποιείται.

Οφέλη από την ανακύκλωση του αλουμινίου.

Η ανακύκλωση των αλουμινένιων δοχείων για ποτά ελαχιστοποιεί τα απορρίμματα. Εξοικονομεί ενέργεια, συντηρεί τους φυσικούς πόρους, μειώνει το φόρτο των χωματερών των πόλεων και παρέχει προστιθέμενο εισόδημα για τους ανακυκλωτές, τις φιλανθρωπίες και την τοπική κυβέρνηση κωμοπόλεων. Η ανακύκλωση των κουτιών αλουμινίου είναι επομένως οφέλιμη για το περιβάλλον και αγαθό για την οικονομία.

1. Η ανακύκλωση ενός χιλιόγραμμου του αλουμινίου μπορεί να σώσει μέχρι 8 χιλιόγραμμα βωξίτη, τέσσερα χιλιόγραμμα των χημικών προϊόντων και 14 κιλοβατώρες ηλεκτρικής ενέργειας. Τα δοχεία από αλουμίνιο είναι 100% ανακυκλώσιμα. Δεν υπάρχει καμία ετικέτα ή κάλυμμα που να αφαιρείται.

2. Το σημερινό κουτάκι από αλουμίνιο απαιτεί περίπου 40% λιγότερο μέταλλο από το κουτάκι που γινόταν 25 έτη πριν, ως εκ τούτου καλύπτεται η ανάγκη για λιγότερη ενέργεια και λιγότερη πρώτη ύλη ανά κουτί.
3. Τα δοχεία που γίνονται από αλουμίνιο αξίζουν 6 έως 20 φορές λιγότερο από οποιοδήποτε άλλο χρησιμοποιούμενο υλικό συσκευασίας.
4. Το αλουμίνιο είναι το μόνο υλικό συσκευασίας που καλύπτει περισσότερο από κάθε άλλο το κόστος της συλλογής και της επεξεργασίας του στα κέντρα ανακύκλωσης.



Ανάκτηση μολύβδου

Κατά τη διεργασία αυτή διαχωρίζονται και ανακτώνται οι περιεχόμενοι, στις καθοδικές λυχνίες, χαλκός και μόλυβδος, μέσω της τήξης αυτών. Όπως έχει προαναφερθεί, οι καθοδικές λυχνίες περιέχουν σημαντικές ποσότητες μολύβδου (0,5-5 kg ανά συσκευή), αλλά και χαλκού (1-2,3 kg). Πριν την τήξη, οι λυχνίες τεμαχίζονται και τα πλαστικά συστατικά απομακρύνονται. Το γυαλί οδηγείται στον κλίβανο μαζί με τα μέταλλα, όπου και διευκολύνει την τήξη, σχηματίζοντας εύτηκτα μείγματα. Όσον αφορά στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής, είναι περισσότερο επικερδής και αυτοματοποιημένη σε σχέση με την προηγούμενη, ενώ χαρακτηρίζεται και από υψηλές αποδόσεις. Από την άλλη, μειώνεται η αξία του υψηλής ποιότητας γυαλιού των αποβλήτων λυχνιών.

Ο μόλυβδος είναι ένα υλικό, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί πολύ εύκολα. Μπορεί να τηχθεί πολλές φορές και με την προϋπόθεση ότι απομακρύνονται αποτελεσματικά όλες οι ανεπιθύμητες προσμίξεις, να επαναχρησιμοποιηθεί χωρίς να έχουν αλλοιωθεί τα 89 χαρακτηριστικά του. Οι ποσότητες μολύβδου, που ανακυκλώνονται, ως ποσοστό των συνολικά παραγόμενων ποσοτήτων, είναι ήδη αρκετά υψηλές. Περισσότερα από 50% του μολύβδου που καταναλώνεται σήμερα προέρχεται από ανακυκλωμένα υλικά, ενώ το

ποσοστό αυτό είναι ακόμη μεγαλύτερο στη Δυτική Ευρώπη (60%) και στις Η.Π.Α (70%). Η ανακύκλωση του μολύβδου παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, ακόμα και σε σχέση με άλλα κλασικά ανακυκλώσιμα υλικά. Όπως αποδεικνύεται, η ανακύκλωση του είναι πιο αποτελεσματική και πιο οικονομική από την αρχική επεξεργασία και την χρήση των ορυκτών του, δεδομένου ότι απαιτεί λιγότερα ποσά ενέργειας. Αν και εκτιμάται βέβαια ότι τουλάχιστον το 85% των ποσοτήτων μολύβδου που χρησιμοποιούνται μπορεί να ανακυκλωθεί, στην πράξη τα εν λόγω ποσοστά είναι χαμηλότερα. Σημαντικές ποσότητες μολύβδου υπάρχουν και στις καθοδικές λυχνίες των οθονών οι οποίες ανακυκλώνονται σε πολύ μικρό ποσοστό. Οι ειδικές ιδιότητες του μολύβδου τον καθιστούν αναντικατάστατο σε αυτές τις συσκευές και επομένως κρίνεται επιτακτική η ανάγκη, τόσο για λόγους προστασίας από τις αρνητικές συνέπειες που δύναται να προκαλέσει η εκπομπή του στο περιβάλλον, όσο και για εκμετάλλευση της μείωσης του κόστους, που μπορεί να επιφέρει η συχνή επαναχρησιμοποίησή του μέσω της ανακύκλωσης.

Τα βασικά στάδια ανακύκλωσης των ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών, με στόχο την ανάκτηση του μολύβδου, είναι τα ακόλουθα:

- συλλογή και μεταφορά των ΑΗΗΕ,
- τεμαχισμός και «άλεσμα» των συσκευών και των επιμέρους τμημάτων τους (μείωση μεγέθους),
- διαχωρισμός και επιλογή των κατάλληλων προς ανακύκλωση υλικών,
- λιώσιμο και εξευγενισμός,
- ραφινάρισμα - απομάκρυνση των πιθανών προσμίξεων,
- δημιουργία του επιθυμητού προϊόντος (κατασκευή κραμάτων).

Ακολουθώντας κατά κύριο λόγο την παραπάνω διαδικασία πραγματοποιείται η ανάκτηση του μολύβδου από ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά απόβλητα. Τα επιμέρους τμήματα των αποβλήτων θρυμματίζονται και διαχωρίζονται σε σιδηρούχα μέταλλα, μη σιδηρούχα μέταλλα και μη μεταλλικά κλάσματα. Σε γενικές γραμμές, οι μέθοδοι που θεωρούνται καταλληλότερες για επεξεργασία και ανακύκλωση μολύβδου βασίζονται στη 90 σταθεροποίηση, στην αποτέφρωση και στην υαλοποίηση. Φυσικά, η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εξαρτάται από τη μορφή και την κατάσταση στην οποία εμφανίζεται ο μόλυβδος.



Ανάκτηση χρυσού

Ο χρυσός βρίσκεται σχεδόν σε όλες τις συσκευές ηλεκτρονικού εξοπλισμού και κατά συνέπεια είναι παρών και σε διάφορα τμήματα των ηλεκτρονικών αποβλήτων. Ανήκει στις λιγότερο επικίνδυνες ουσίες που περιέχουν τα ΑΗΗΕ, αλλά ταυτόχρονα και στις πιο πολύτιμες. Αν και σε κάθε συσκευή χρησιμοποιείται σε μικρές ποσότητες, μια εκτίμηση των ποσοτήτων, που θα μπορούσαν να ανακτηθούν από το σύνολο των ηλεκτρονικών αποβλήτων, που παράγονται κάθε μέρα, δείχνει ότι η ανάκτηση αυτών είναι οικονομικά συμφέρουσα. Άλλωστε, ο χρυσός είναι το φθηνότερο πολύτιμο μέταλλο, που συναντάται στα ηλεκτρονικά απόβλητα, ενώ επίσης η ανάκτηση του είναι αρκετά γρήγορη, οικονομική και αποτελεσματική.

Οι μέθοδοι ανάκτησης του χρυσού ποικίλουν ανάλογα με τη μορφή στην οποία συναντάται στα απόβλητα ΗΗΕ. Γενικά, τα βασικά είδη υπολειμμάτων χρυσού, που μπορούν να σταλούν για εξευγενισμό, είναι δύο:

- τα καθαρά υπολείμματα
- τα συμπυκνωμένα υπολείμματα.

Η ιδανικότερη περίπτωση είναι αυτή των καθαρών υπολειμμάτων, δηλαδή τμήματα ηλεκτρονικών αποβλήτων, στα οποία ο χρυσός είναι «εκτεθειμένος» και διαχωρισμένος από άλλα «άχρηστα» υλικά. Αντίθετα, στα συμπυκνωμένα υπολείμματα ο χρυσός περιέχεται μέσα σε άλλα υλικά ή σε στρώματα υλικών. Οι διαθέσιμες θερμικές, αλλά και φυσικοχημικές, μέθοδοι ανάκτησης του χρυσού είναι οι ακόλουθες:

- χημική «απογύμνωση»,
- αποτέφρωση,
- χύτευση,
- χώνευση σε βασιλικό νερό,
- άλλες χημικές και ηλεκτροχημικές διεργασίες.

Σε γενικές γραμμές, προτιμάται η πρώτη μέθοδος, η οποία εμφανίζεται να είναι περισσότερο αποτελεσματική, οικονομική και ασφαλής, ειδικά στα καθαρά υπολείμματα.

Ανάκτηση χαλκού

Ο χαλκός αποτελεί βασικό συστατικό υλικό των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών, λόγω της υψηλής ηλεκτρικής του αγωγιμότητας. Παρόλο που τα υπάρχοντα δεδομένα του μηχανικού διαχωρισμού καθιστούν πιθανή την ανακύκλωση του 80-90% των ηλεκτρικών αποβλήτων, το κόστος ανακύκλωσης των ηλεκτρονικών εξοπλισμών είναι πολλές φορές κατά πολύ υψηλότερο από την αξία του ανακτημένου μετάλλου. Ακόμη, η έλλειψη κατάλληλων συστημάτων ανακύκλωσης και ανάκτησης των ειδικών αυτών αποβλήτων έχει ως αποτέλεσμα ένα σημαντικό μέρος τους στην Ευρώπη να διατίθεται ως τμήμα των οικιακών απορριμμάτων, να συσσωρεύεται στα νοικοκυριά ή να απορρίπτεται παράνομα.

Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια λαμβάνουν χώρα αξιόλογες προσπάθειες ανακύκλωσης των ηλεκτρονικών εξοπλισμών. Θεωρείται ότι η αποδοτικότητα ανακύκλωσης του χαλκού είναι περίπου ίση με 50%. Σήμερα σχεδόν το 100% των αποβλήτων χαλκού, που δύνανται να συλλεχθούν ανακυκλώνονται, λόγω της υψηλής καθαρότητάς τους και της μέγιστης οικονομικής σημασίας του χαλκού. Το πρώτο βήμα της διαδικασίας ανακύκλωσης του χαλκού είναι η συλλογή. Το υλικό συλλέγεται από τους τοπικούς φορείς ή από ιδιωτικές εταιρείες και μεταφέρεται στους προσωρινούς χώρους αποθήκευσης. Μετά τη συλλογή τους, τα ηλεκτρονικά απόβλητα διαχωρίζονται κατά τύπο (π.χ. οθόνες, κ.λπ.) και έπειτα μεταφέρονται στις ανάλογες εγκαταστάσεις αποσυναρμολόγησης και επεξεργασίας. Εκεί, γίνεται μηχανική διαλογή και ταξινόμηση, καθώς επίσης και ο απαραίτητος για την ανακύκλωση διαχωρισμός των μεταλλικών και μη μεταλλικών συστατικών. Τα απόβλητα διαχωρίζονται και επεξεργάζονται μηχανικά κατά τμήματα, έτσι ώστε να διαχωριστούν τα απόβλητα που περιέχουν χαλκό. Στη συνέχεια, τα αποσυναρμολογημένα προϊόντα

στέλνονται είτε στη μηχανική μονάδα επεξεργασίας, είτε απευθείας στα χυτήρια χαλκού και στις εγκαταστάσεις αποτέφρωσης ή για άμεση ταφή σε κατάλληλους χώρους (ΧΥΤΕΑ). Έπειτα από κατάλληλη θερμική επεξεργασία των αποβλήτων που περιέχουν χαλκό, ανακτάται ο χαλκός από την εναπομένουσα τέφρα με ηλεκτρόλυση, προς παραλαβή χαλκού καθαρότητας έως 99,99% κ.β. Τα εναπομείναντα στερεά υπολείμματα οδηγούνται για άμεση ταφή σε κατάλληλους χώρους.

Όλα τα απόβλητα χαλκού, που προκύπτουν από την παραγωγή των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων, δύνανται να ανακυκλωθούν άμεσα στο χώρο παραγωγής τους, χωρίς να εισέρχονται στο κλασσικό σύστημα διαχείρισης των αστικών αποβλήτων. Ακόμη, το κόστος μεταφοράς των αποβλήτων χαλκού από την πηγή, μέσω της αλυσιδωτής διαδικασίας, στον τελικό προορισμό (π.χ. χυτήρια, αποτεφρωτές, κ.λπ.) είναι ιδιαίτερα υψηλό, διότι ο χαλκός αποτελεί ένα σχετικά μικρό ποσοστό του ολικού όγκου των ΑΗΗΕ. Προκειμένου να ανακτηθεί ο χαλκός από τα ηλεκτρονικά απόβλητα, πρέπει να επεξεργασθούν μεγάλες ποσότητες άλλων υλικών, τα οποία περιέχονται στα ΑΗΗΕ.

Από τον παραγόμενο εντός της Ε.Ε χαλκό, ανακυκλώνεται περίπου το 48%. Το υπόλοιπο 52% είτε θάβεται σε κατάλληλους χώρους, είτε χάνεται στο περιβάλλον. Το 56% των υπολειμμάτων χαλκού τροφοδοτείται απευθείας σε μηχανές άλεσης, παραγωγούς καλωδίων, χυτήρια και παραγωγούς μεταλλικών ράβδων. Το υπόλοιπο 44% οδηγείται σε διαδικασίες χύτευσης και διύλισης.

Ανακύκλωση σιδήρου

Η ανάκτηση του σιδήρου από τα απορρίματα και η ανάκτηση του για τη διατήρηση των αποθεμάτων του πλανήτη μας και για τον λόγο αυτό ήδη έχει αρχίσει να εμφανίζεται ένας νέος βιομηχανικός κλάδος εξειδικευόμενος στην διαδικασία αυτή καθώς ο σίδηρος είναι ένα υλικό το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί κατά 100 %. Η διαδικασία είναι ιδιαίτερα απλή: τα παλιοσίδερα (scrap) συγκεντρώνονται στις εργοστασιακές μοναδες όπου τεμαχίζονται και αναμορφώνονται σε μπαλες σιδήρου. Οι σφαίρες αυτές στη συνέχεια μεταφέρονται στη χαλυβουργική βιομηχανία για επαναχρηση στη παραγωγή προϊόντων.

Τα οφέλη που προκύπτουν από την ανακυκλωση του σιδηρου είναι τα εξής:

- 1.εξοικονόμηση ενέργειας και νερού
- 2.διατηρούνται τα αποθέματα του πλανήτη
- 3.μειώνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση

Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι σύμφωνα με τις τελευταίες μετρήσεις το 50% του σιδήρου που χρησιμοποιείται κάθε χρόνο στην Ε.Ε. προέρχεται από την επεξεργασία και ανακύκλωση του σιδήρου.



Ανακύκλωση Λαμπτήρων

Διαρκής προσπάθεια αλλά και στοίχημα για τη σύγχρονη επιστήμη, αποτελεί πλέον η δυνατότητα να οδηγούνται στην ανακύκλωση ολοένα και περισσότερες κατηγορίες καταναλωτικών αγαθών. Με τον τρόπο αυτό ανακτώνται πολύτιμες πρώτες ύλες και προστατεύεται πολλαπλά το περιβάλλον. Μάλιστα μερικές φορές τα αντικείμενα που οδηγούνται στην ανακύκλωση είναι τόσο μικρά κι «ασήμαντα», ώστε μας γεμίζουν απορίες. Οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες είναι σίγουρα ανάμεσα σ' αυτά.

Με τη φωτοκυκλωση δημιουργούνται οι προϋποθέσεις για εξοικονόμηση ενέργειας, μείωση του όγκου των απορριμμάτων και γενικότερα, επιτυγχάνονται καλύτερες και ποιοτικότερες συνθήκες διαβίωσης για όλους μας. Στόχος της φωτοκυκλωσης είναι να συνεισφέρει στην εθνική ανακύκλωση και στην προστασία του περιβάλλοντος. Αυτό που πρέπει να γνωρίζουμε, είναι ότι μπορεί κανείς να «φωτοκυκλωσει λαμπτήρες και φωτιστικά πολύ εύκολα και χωρίς κόστος.

Ποιοι λαμπτήρες ανακυκλώνονται;



Ποια είναι τα ανακυκλώσιμα είδη;

Όλα τα είδη φωτιστικών ανακυκλώνονται και από τα υλικά τους προκύπτουν μέταλλα σιδηρούχα, χαλκός, αλουμίνιο, γυαλί, πλαστικό κλπ. Τα υλικά αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό και εν συνεχεία, τα προϊόντα που προκύπτουν προωθούνται σε ειδικά αδειοδοτημένες εταιρείες για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Στα ανακυκλώσιμα είδη συμπεριλαμβάνονται τα φωτιστικά, οι λαμπτήρες φθορισμού, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως, οι λαμπτήρες εκκενώσεως υψηλής πίεσης, συμπεριλαμβανόμενων των λαμπτήρων νατρίου, υδραργύρου και των λαμπτήρων αλλογονούχων μετάλλων και οι λαμπτήρες οικονομίας και LED παντός τύπου και ισχύος.

Σχετικά με τους λαμπτήρες LED, επειδή ορισμένοι περιέχουν υδράργυρο, θα πρέπει να τοποθετούνται σε ειδικό κάδο, καθώς υπόκεινται σε ειδικές διεργασίες. Είναι σημαντικό να μεταχειρίζονται σωστά, αφού τυχόν σπάσιμο τους απελευθερώνει υδράργυρο στο περιβάλλον, με βλαβερές συνέπειες. Ανακυκλώνοντας λαμπτήρες μπορεί κανείς να βοηθήσει σημαντικά το περιβάλλον. Οι μεταχειρισμένοι λαμπτήρες προωθούνται σε ειδικές βιομηχανίες ανακύκλωσης και από αυτούς μπορούν να προκύψουν διάφορα υλικά, όπως γυαλί (η ποσότητα γυαλιού που προκύπτει χρησιμοποιείται για την κατασκευή καινούριων

λαμπτήρων), μέταλλα (η ποσότητα μετάλλου που προκύπτει ανακυκλώνεται πλήρως), πούδρα φθορισμού (οι πούδρες φθορισμού εξουδετερώνονται και στη συνέχεια θάβονται σε ειδικά κέντρα αποθήκευσης) και υδράργυρος, τα οποία αφού επεξεργαστούν και καθαριστούν επαναχρησιμοποιούνται

Διαδικασία μετά τη συλλογή

Μετά τη συλλογή τους, οι λαμπτήρες μεταφέρονται σε ειδικά αδειοδοτημένους χώρους προσωρινής αποθήκευσης από μεταφορείς που διαθέτουν άδεια συλλογής-μεταφοράς και είναι εγγεγραμμένοι σε σχετικό Μητρώο που τηρείται στην αρμόδια Υπηρεσία Περιβάλλοντος του υπουργείου περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια γίνεται διασυνοριακή μεταφορά των λαμπτήρων - αφού στην Ελλάδα, δεν υπάρχει εργοστάσιο επεξεργασίας αποβλήτων λαμπτήρων - με τη βοήθεια ειδικά αδειοδοτημένης εταιρείας για τη διασυνοριακή μεταφορά επικινδύνων αποβλήτων.

Η Επεξεργασία των αποβλήτων λαμπτήρων γίνεται σε εγκαταστάσεις του εξωτερικού (Βέλγιο, Γερμανία) που έχουν λάβει έγκριση περιβαλλοντικών όρων και άδεια διαχείρισης από τις αρμόδιες αρχές της χώρας τους και έχουν εισάγει πιστοποιημένα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Μέθοδος ανακύκλωσης λαμπτήρων

Υπάρχουν δυο στάδια στη διαδικασία επεξεργασίας τα οποία εφαρμόζονται στους ευθύγραμμους λαμπτήρες φθορισμού.: Η μέθοδος κοπής άκρων / ώθησης αέρα end-cut / air-push και η μέθοδος κοπής / κοσκινίσματος cut-sieve.

Κατά την είσοδο στην γραμμή επεξεργασίας, ένας ανιχνευτής διαπιστώνει την ποσότητα της φθορίζουσας πούδρας που περιέχουν και καταγράφει τα τεχνικά στοιχεία της στον υπολογιστή. Στη συνέχεια, κόβονται τα άκρα των λαμπτήρων και μέσω της εισόδου διοχετεύεται φρέσκος αέρας υπό πίεση, αφαιρείται από τον γυάλινο σωλήνα η πούδρα που περιέχει υδράργυρο και προωθείται στη διαδικασία απόσταξης στους 600 ο C. Τα άκρα των λαμπτήρων προωθούνται σε διαδικασία κοπής / κοσκινίσματος. Το κενό γυαλί περνάει από ανιχνευτή μετάλλου, θρυμματίζεται και αποθηκεύεται σε μεγάλους σάκους, έτσι ώστε να είναι εύκολη η αποθήκευση και η μεταφορά του.

Ανακύκλωση λαμπτήρων

Δεδομένου ότι τα χημικά που περιέχουν οι λαμπτήρες είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικά για το περιβάλλον και παρά το γεγονός ότι, τουλάχιστον προς το παρόν, δεν υπάρχει στη χώρα μας εξειδικευμένη και πιστοποιημένη μονάδα επεξεργασίας, έχει δημιουργηθεί οργανωμένο δίκτυο συλλογής λαμπτήρων προκειμένου να αποφευχθεί η επιβάρυνση του εδάφους και του υπεδάφους.

Σημεία συλλογής βρίσκονται σε χιλιάδες συνεργαζόμενα καταστήματα λιανικής και δημοτικές εγκαταστάσεις σ' ολόκληρη τη χώρα.

Η **Ελλάδα** κατέχει την πρώτη θέση στην ανακύκλωση λαμπτήρων και φωτιστικών αποβλήτων, ανάμεσα στις χώρες της Νοτίου Ευρώπης, σύμφωνα με δημοσίευμα της εφημερίδας «Αδέσμευτος Τύπος».

Πάνω από **20,000** λαμπτήρες συλλέχθηκαν για να ανακυκλωθούν μέσα σε διάστημα 2 μηνών από το σύστημα Φωτοκύκλωση Α.Ε., αρμόδιος φορέας για την οργάνωση και λειτουργία του Συλλογικού Συστήματος Διαχείρισης των Αποβλήτων φωτιστικών και λαμπτήρων στη χώρα.

Οφέλη ανακύκλωσης λαμπτήρων

Με την ανακύκλωση λαμπτήρων στην εξοικονόμηση ενέργειας, αφού το ανακυκλωμένο γυαλί ρευστοποιείται πιο εύκολα από την άμμο. Επίσης στη μείωση μόλυνσεως του περιβάλλοντος και τέλος στην διασφάλιση ενός καθαρού περιβάλλοντος για τις επόμενες γενιές.



Μπαταρίες

Η ανακύκλωση των μπαταριών έχει αυξημένη περιβαλλοντική σημασία, παρά των μικρό όγκο που αυτές αντιπροσωπεύουν στο σύνολο των απορριμμάτων, λόγω της ύπαρξης βαρέων μετάλλων, όπως υδράργυρου, μολύβδου και καδμίου. Οι μπαταρίες χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες για τις οποίες ενδείκνυνται διαφορετικές πρακτικές διαχείρισης: οι μπαταρίες οχημάτων και οι συνηθισμένες μπαταρίες οικιακών συσκευών (ραδιόφωνων, φακών, ρολογιών, κ.λπ).

Οι μπαταρίες εκτός από τον διαχωρισμό τους ανάλογα με τη χρήση τους διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τις ουσίες τις οποίες περιέχουν.

1. Μπαταρίες Ni-Cd

Η απρόσεκτη διάθεση μπαταριών νικελίου καδμίου είναι επιζήμια για το περιβάλλον. Εάν απορριθφεί στις χωματερές, το κάδμιο θα διαλυθεί τελικά και η τοξική ουσία μπορεί να διαρρεύσει σ την παροχή νερού, προκαλώντας σοβαρά προβλήματα υγείας στους καταναλωτές του. Οι ωκεανοί μας αρχίζουν ήδη να παρουσιάζουν ίχνη καδμίου (μαζί με την ασπιρίνη, την πενικιλίνη και τα αντικαταθλυπτικά χάπια) αλλά η πηγή της μόλυνσης είναι άγνωστη.

2.Μπαταρίες Pb

Η μπαταρία οξειδίων του μολύβδου έχει ανοίξει το δρόμο στην ανακύκλωση. Στην αυτοκινητο- βιομηχανία πρέπει να δοθεί πίστωση στην οργάνωση των τρόπων διάθεσης των άχρηστων μπαταριών αυτοκινήτων. Στις ΗΠΑ, 98% όλων των μπαταριών οξικού μολύβδου ανακυκλώνονται.

3.Μπαταρίες Ni-M-H

Αν και οι μπαταρίες νικελίου-μετάλλου-υδριδίου θεωρούνται φιλικές προς το περιβάλλον, είναι οφέλημα να ανακυκλώνονται κι αυτές. Το κύριο παράγωγό τους είναι το νικέλιο, το οποίο θεωρείται ημι-τοξικό. Οι μπαταρίες νικελίου-μετάλλου-υδριδίου περιέχουν επίσης ηλεκτρολύτες που, σε μεγάλα ποσά, είναι επικίνδυνοι. Εάν καμία υπηρεσία διάθεσης δεν είναι διαθέσιμη σε μια περιοχή, οι μεμονωμένες μπαταρίες νικέλιο-μέταλλο-υδρίδιων μπορούν να απορριφθούν μαζί με άλλα οικιακά απόβλητα. Εάν δέκα ή περισσότερες μπαταρίες συσσωρεύονται, ο χρήστης πρέπει να τοποθετήσει αυτά τα υλικά σε ασφαλή πακέτα αποβλήτων.



4.Μπαταρίες Li

Οι μπαταρίες λιθίου (μέταλλο) δεν περιέχουν κανένα τοξικό μέταλλο, εντούτοις, υπάρχει η δυνατότητα καύσης εάν το μεταλλικό λίθιο εκτεθεί στην υγρασία ή αν τα κύτταρα του διαβρωθούν. Όταν οι μπαταρίες λίθιου σπάζουν ή καταστρέφονται και έρχονται σε επαφή με το νερό μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές πυρκαγιές. Η ανακύκλωση των μπαταριών λιθίου όχι μόνο εκτρέπει αυτήν την πιθανή καταστροφή, αποτρέπει επίσης τη ρύπανση των φυσικών πόρων μας. Οι περισσότερες μπαταρίες λιθίου είναι μη-ακυκλώσιμες και χρησιμοποιούνται κυρίως ως επαναφορτιζόμενες μπαταρίες στους υπολογιστές, camcorders, lap-top, στις φωτογραφικές μηχανές, τις ενισχύσεις ακρόασης και τις αμ

υντικές εφαρμογές. Για να διατεθούν κατάλληλα , οι μπαταρίες πρέπει πρώτα να αποφορτιστούν πλήρως και να καταναλωθεί όλη η μεταλλική περιεκτικότητά τους σε λίθιο.

Οι λίθιο-ιονικές μπαταρίες που χρησιμοποιούνται για τα τηλέφωνα και τα lap-top δεν περιέχουν μεταλλικό λίθιο και πρόβλημα διάθεσης δεν υπάρχει. Τα περισσότερα συστήματα λίθιου περιέχουν τοξικό και εύφλεκτο ηλεκτρολύτη. Οι Sony και Sumitomo στην Ιαπωνία έχουν αναπτύξει μια τεχνολογία για να ανακυκλώσουν το κοβάλτιο και άλλα πολύτιμα μέταλλα από τις ξοδευμένες λίθιο-ιονικές μπαταρίες.



Διαδικασία ανακύκλωσης μπαταριών.

Οι εγκαταστάσεις ανακύκλωσης μπαταριών προϋποθέτουν τον διαχωρισμό των μπαταριών σύμφωνα με τη χημεία του. Κάποια αρχική ταξινόμηση πρέπει να γίνει πριν ακόμη οι μπαταρίες φτάσουν στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσής τους, με τοποθέτησή τους σε καθορισμένα σημεία συλλογής τους.

Οι ανακυκλωτές μπαταριών υποστηρίζουν ότι εάν ένα σταθερό ρεύμα μπαταριών, που ταξινομείται κατά τη χημεία τους, ήταν διαθέσιμο χωρίς κόστος, η ανακύκλωση θα ήταν κερδοφόρα. Αλλά η προετοιμασία και η μεταφορά προσθέτουν στο κόστος.

Η διαδικασία ανακύκλωσης αρχίζει με την αφαίρεση του καύσιμου υλικού, όπως τα πλαστικά και η μόνωση, με χρήση φωτιάς και αέριου θερμικού οξειδωτή. Τα αέρια προϊόντα θερμικής οξείδωσης στέλνονται στον «θριμματιστή» των εγκαταστάσεων όπου εξουδετερώνονται για να αφαιρεθούν οι ρύποι. Η διαδικασία αφήνει καθαρές, γυμνές κύψελες, οι οποίες περιέχουν την πολύτιμη περιεκτικότητα σε μέταλλα.

Οι κύψελες τεμαχίζονται έπειτα σε μικρά κομμάτια, τα οποία θερμαίνονται έως ότου υγροποιηθεί το μέταλλο. Οι μη μεταλλικές ουσίες καίγονται αφήνοντας μια μαύρη σκουριά στην κορυφή που αφαιρείται με έναν βραχίονα αφαίρεσης σκουριάς. Τα διαφορετικά

κράματα εγκαθίστανται σύμφωνα με τα βάρη τους και ξαφρίζονται όπως η κρέμα από το ακατέργαστο γάλα.

Το κάδμιο είναι σχετικά ελαφρύ και ατμοποιείται στις υψηλές θερμοκρασίες. Σε μια συσκευή που μοιάζει όπως ένα τηγάνι που βράζει, ένας ανεμιστήρας φυσά τον ατμό καδμίου σε έναν μεγάλο σωλήνα, ο οποίος δροσίζεται με την υδρονέφωση ύδατος. Αυτό αναγκάζει τους ατμούς στο να συμπυκνωθούν και να παράγουν το κάδμιο που είναι 99,95 τοις εκατό καθαρό.

Οφέλη ενός προγράμματος ανακύκλωσης μπαταριών

- ✓ Κρατά όλα τα επικίνδυνα μέταλλα σε μια θέση.
- ✓ Τα μέταλλα που λαμβάνονται επαναχρησιμοποιούνται και τίθενται πίσω στη διαδικασία κατασκευής για να παρασκευαστούν περισσότερες μπαταρίες.
- ✓ Το πλαστικό ανακυκλώνεται για να χρησιμοποιηθεί και πάλι.
- ✓ Το κόστος της επιχωμάτωσης μπαταριών κερδίζεται.
- ✓ Εξοικονομούνται οι φυσικοί πόροι.
- ✓ Προστατεύει το μέλλον του πλανήτη.
- ✓ Συντηρεί για τις μελλοντικές γενεές.



Επίλογος

Απ' όλα όσα προαναφέρθηκαν συμπεραίνουμε ότι τα μέταλλα έχουν βοηθήσει αρκετά στην απλοποίηση της ζωής μας και αποτελούν τη βασική πηγή για την παραγωγή αλλά και την τεχνολογία. Τα μέταλλα θα συνεχίσουν να υπάρχουν αν τα διαχειριστούμε σωστά. Έτσι η ζωή μας στον πλανήτη εξαρτάται από τη συνείδηση του ανθρώπου.

Βιβλιογραφία

1. <http://aix.meng.auth.gr/lhtee/education/swm3.pdf>
2. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7>
3. http://www.tsirigotisxitirio.gr/index.php?option=com_content&task=section&id=4&Itemid=27
4. <http://www.xn-ylbab2aracgq5bkwc0gxc.gr/nosidero.html>
5. <http://www.eoan.gr/el/content/22>
6. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%B%CE%BB%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1>
7. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B%CE%B9%CE%BF#.CE.A0.CE.B1.CF.81.CE.B1.CE.B3.CF.89.CE.B3.CE.AE>
8. <http://www.oryktosploutos.net/2010/01/blog-post.html>
9. <http://www.iatronet.gr/ygeia/iatriki-ergasias/article/346/molyvdos.html>
10. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1>
11. <http://www.hellenica.de/Physik/Chalkos.html>
12. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%AC%CE%BC%CE%B1>
13. Self-made with data from: H. Baker *et al.* (editors), *ASM Handbook*, vol. 3, *Alloy Phase Diagrams*. ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 1992.
14. <http://users.sch.gr/xbalasi/electrochem/sect02/page%2021.html>
15. Η κόμη της Βερνίκης, Γ. Γραμματικάκης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης
16. Αστροφυσική, Frank H. Shu, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης