

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΤΩΝ ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Στέφανος Κούρτης

Αναζητώντας στο παρελθόν την αρχή της χρησιμοποίησης των διαφόρων υλικών για αποκατάσταση χαμένων δοντιών μπορεί να διακρίνει κανείς τη διαρκή προσπάθεια αναζήτησης νέων ουσιών, μια προσπάθεια που συνοδεύει ακόμη και σήμερα την οδοντιατρική επιστήμη στη διαρκή πρόοδο. Δεν είναι τυχαίο ότι κάθε ανακάλυψη νέου υλικού τοποθετούσε την πρόοδο της οδοντιατρικής σε ανώτερες βαθμίδες ή βελτίωνε τις υπάρχουσες τεχνικές ή δημιουργούσε νέες. Αυτή η ιστορική λοιπόν ανασκόπηση σκοπό έχει να δείξει την προσπάθεια που έχει γίνει για να καταλήξουμε στα σημερινά υλικά.

Τα πιο παλιά δείγματα οδοντικών προσθέσεων βρίσκονται στους Φοίνικες. Πρόκειται για συρμάτινη περιδέση με χρυσό σύρμα από κυνόδοντα σε κυνόδοντα, η οποία συγκρατεί δύο πρόσθετα ανθρώπινα δόντια που έλειπαν.

Οι Ετρούσκοι επίσης ήταν πολύ εξοικειωμένοι με την κατεργασία του φύλλου του χρυσού και έχουν βρεθεί γέφυρες που συγκρατούνταν με χρυσούς δακτυλίους στα υπάρχοντα δόντια, ενώ με κολλήσεις έχουν τοποθετηθεί ενδιάμεσα από φυσικά δόντια ή ελεφαντόδοντο. Στην Ελλάδα ούτε ο Ιπποκράτης ούτε ο Αριστοτέλης αναφέρουν τίποτε για οδοντιατρική πρόσθεση· εν τούτοις έχουν βρεθεί δύο γέφυρες (μία στην Ερέτρια) η μία από σύρμα και η άλλη από έλασμα χρυσού. Οι Ρωμαίοι αντιμετώπιζαν πολλά προβλήματα με τα δόντια τους, τόσο από άποψη τερηδόνας όσο και από την αναπλήρωση των χαμένων δοντιών για λόγους αισθητι-

κής. Υπάρχουν δείγματα χρυσών γεφυρών ενώ θα πρέπει να είχαν κατασκευάσει και κινητές οδοντοστοιχίες. Αλλά και άλλοι λαοί είχαν χρησιμοποιήσει διάφορα υλικά για αποκατάσταση ή διακόσμηση των δοντιών. Οι Μάγιας άνοιγαν κοιλότητες στα πρόσθια άνω δόντια και συγκολλούσαν ημιπολύτιμα πετράδια με κάποια ρητινώδη ουσία.

Είναι αξιοθαύμαστο το γεγονός ότι και μετά από τόσους αιώνες μερικές από αυτές τις ένθετες εμφράξεις διατηρούνται αναλλοίωτες. Το ίδιο έθιμο συναντάμε και στους Ινδούς καθώς και στους Αιγύπτιους, όπου βρέθηκαν δόντια σφραγισμένα με ταρταρούγα.

Κατά τους μεσαιωνικούς χρόνους όπως όλες οι επιστήμες έτσι και η οδοντιατρική γνώρισε ελάχιστη πρόοδο. Ο οπισθοδρομικός, η θρησκοληψία, η αμάθεια καθώς και η έλλειψη γραπτών τεκμηρίων, καθυστέρησαν την ανάπτυξη της επιστήμης. Όμως παρ' όλα αυτά, μεμονωμένα άτομα συνέχιζαν τους προσωπικούς τους αγώνες για την πρόοδο της επιστήμης.

Προς το τέλος του μεσαίωνα ιδρύονται πανεπιστήμια στην Μπολώνια, το Παρίσι, την Οξφόρδη και το Μονπελιέ τα οποία περιλαμβάνουν ιατρικές σχολές. Η οδοντιατρική όμως εξακολουθεί να παραμένει μια τέχνη που τα μυστικά της μεταβιβάζονται από τέχνητη σε τέχνητη και δεν ανακοινώνονται σε γραπτά κείμενα. Στα 1548 εκδίδεται το πρώτο βιβλίο που ασχολείται αποκλειστικά με την Οδοντιατρική από το Γερμανό Walter Herman Ryff. Σε αντίθεση με όλα τα προηγούμενα βιβλία ιατρικής, το βιβλίο του Ryff

είναι γραμμένο σε απλή γλώσσα αντί των λατινικών που ήταν η γλώσσα των συγγραμμάτων.

Καινοτομίες που εισάγονται στον τομέα των υλικών είναι η χρήση της ευγενόλης (γαρυφαλέλαιο) από τον Ambroise Paré (1589) και τον Riviere (1562). Λίγο νωρίτερα ο Arculopus χρησιμοποιεί φύλα χρυσού για έμφραξη τερηδονισμένων δοντιών. Παράλληλα ο Giovanni di Vigo αναφέρεται για πρώτη φορά στην απομάκρυνση της τερηδονισμένης ουσίας πριν την έμφραξη του δοντιού.

Στα γραπτά του Θεόφιλου (11ος αιώνας) περιγράφονται μέθοδοι κατασκευής χυτών μεταλλικών αντικειμένων και αναγνωρίζει κανείς τη μέθοδο του «χαμένου κεριού». Οι συγγραφείς δεν αναφέρουν την μέθοδο σαν πρότυπη αλλά μάλλον θεωρείται μια συνηθισμένη πρακτική των τεχνιτών της εποχής. Στα ίδια έργα αναφέρονται διάφοροι τρόποι κόλλησης των μετάλλων και η χρήση του βόρακα, χωρίς όμως να γίνεται κανένας συσχετισμός με την οδοντιατρική.

Από τις αρχές του 17ου αιώνα διαφαίνονται οδοντιατρικά κείμενα τα οποία όμως είναι διάσπαρτα μέχρι την εποχή του Pierre Fauchard. Το βιβλίο του Fauchard εκδόθηκε στα 1728 και περιείχε όλες τις πληροφορίες και καινοτομίες της μέχρι τότε εποχής. Σαν εμφρακτικά υλικά ο Fauchard αναφέρει τον χρυσό τον μόλυβδο και το κασίτερο. Προτιμούσε όμως τον κασίτερο λόγω της ευκολίας προσαρμογής του στα τοιχώματα της κοιλότητας. Ο Fauchard χρησιμοποιούσε τεχνητά δόντια από ελεφαντόδοντο ή φυσικά δόντια κατάλληλα διαμορφωμένα τα οποία στήριζε πάνω σε φυσικές ρίζες με ξύλινους άξονες. Την εποχή εκείνη υπήρχαν ήδη τροχοί για το τρόχισμα και την επιπέδωση των δοντιών που είχαν παρουσιαστή από τον Ολλανδό Kornelis van Soolingen.

Το πρώτο βιβλίο που ανέφερε την μηχανική στην Οδοντιατρική ήταν του Claude Moulton το 1746, ο οποίος περιέγραφε χρυσές πρεσαριστές στεφάνες κατασκευασμένες από ένα κομμάτι μετάλλου, καθώς και την χρήση χρυσών αγκιστρών αντί για προσδέσεις, για την συγκράτηση των τεχνητών δοντιών. Αργότερα στα 1775 ο Etienne Bourdef έκανε την πρώτη αναφορά για χρυσή βάση η οποία στήριζε τεχνητά δόντια. Την μεγαλύτερη όμως ώθηση στην οδοντιατρική της εποχής έδωσε η χρησιμοποίηση της οπτικής πορ-

σελάνης. Πρώτος ο Γάλλος οδοντίατρος Nicolas Dubois de Chemant κατασκεύασε ολική οδοντοστοιχία από πορσελάνη το 1788, και έγραψε ένα βιβλίο περιγράφοντας την τεχνική της όπτησης της πορσελάνης.

Είκοσι χρόνια αργότερα ο Ιταλός Fonzi παρουσίασε μεμονωμένα δόντια πορσελάνης τα οποία στηρίζονταν με άγκιστρα από πλατίνη στα όμορα δόντια. Ο Fonzi είχε επισης παρασκευάσει 26 σκιές ή αποχρώσεις για την πορσελάνη με την χρήση μεταλλικών οξειδίων.

Τον 18ο αιώνα στην Γερμανία έγινε η πρώτη αποτύπωση ή θετική αναπαραγωγή του στόματος, ο Pfaff χρησιμοποιούσε το κερύ για αποτυπώματα και έφτιαχνε γύψινα εκμαγεία. Το κερύ είχε χρησιμοποιηθεί νωρίτερα σαν οδοντιατρικό υλικό. Στα 1700 ήδη βρισκόταν σε χρήση και ο Mathaeus Gottfnef Purman αναφέρει ότι τα τεχνητά δόντια σκαλιζόνταν με κερύ στο επιθυμητό σχήμα και ύστερα αναπαράγονταν σε κόκκαλο ή ελεφαντόδοντο από ειδικευμένους τεχνίτες.

Από τις αρχές του 19ου αιώνα η οδοντιατρική επιστήμη αρχίζει να μπαίνει σε επιστημονική βάση. Οριακή χρονολογία είναι το 1840 οπότε ιδρύεται η οδοντιατρική σχολή της Βαλτιμόρης και η Αμερικανική Οδοντιατρική Ομοσπονδία ενώ παράλληλα εκδίδεται το πρώτο οδοντιατρικό περιοδικό. Έτσι με την ίδρυση Πανεπιστημιακού Οδοντιατρικού Ιδρύματος παραμερίζοντας οι εμπειρικοί και οι κουρείς-οδοντίατροι και γίνονται σοβαρές προσπάθειες εξέλιξης της επιστήμης.

Σ' αυτή την περίοδο οι Γάλλοι οδοντίατροι είχαν το προβάδισμα τόσο στη χρήση νέων υλικών όσο και στις τεχνικές που συνεχώς βελτιώνονται. Οι άλλες χώρες και κυρίως οι Ηνωμένες Πολιτείες υιοθετούν εύκολα κάθε εξέλιξη και σύντομα ιδρύονται μεγάλα εργοστάσια παραγωγής οδοντιατρικών υλικών τα οποία και σήμερα εξακολουθούν να κυριαρχούν στην αγορά. Η παράλληλη ανάπτυξη των άλλων επιστημών όπως της Φυσικής, της Χημείας, της Μηχανικής και της Βιολογίας έχει σαν αποτέλεσμα την εξέλιξη και της Οδοντιατρικής ιδιαίτερα στον τομέα παραγωγής υλικών αποκατάστασης.

Το 1826 στο Παρίσι ο M. Taveau ανακοινώνει τον συνδυασμό αργύρου και υδραργύρου που τον ονομάζει «ασημένια πάστα». Η εισαγωγή του νέου αυτού υλικού θα διχάσει

τις γνώμες των οδοντιάτρων, ιδιαίτερα της Αμερικής, μέχρι την οριστική και καθολική παραδοχή του αμαλγάματος στο τέλος του 19ου αιώνα. Ο «πόλεμος του αμαλγάματος» όπως ονομάστηκε έδωσε το ερέθισμα στους επιστήμονες της εποχής για συνεχή προσπάθεια βελτίωσης του νέου υλικού, ώστε να γίνει τελικά ανταγωνίσιμο με τον χρυσό που ήταν σε ευρεία χρήση σαν εμφρακτικό υλικό.

Πολλά υλικά που βρίσκονται σήμερα σε χρήση άρχισαν να βρίσκουν εφαρμογή στην οδοντιατρική κατά την περίοδο 1840-1900. Η γύψος χρησιμοποιείται για αποτυπώματα και η γουταπέρκα σαν εμφρακτικό υλικό. Στην αρχή η γουταπέρκα διαλυόταν σε χλωροφόρμιο, (χλωροπέρκα) αργότερα όμως χρησιμοποιήθηκε μόνη της κυρίως για εμφραξη ριζικών σωλήνων. Το 1847 ο Asa Hill χρησιμοποιούσε γουταπέρκα με οξειδίο του ψευδαργύρου, μια σύνθεση που αργότερα έδωσε την βάση για τα υλικά προσωρινής εμφραξης. Την ίδια χρονιά στον τομέα των μετάλλων σπάζει το μονοπώλιο του χρυσού καθώς παρουσιάζονται κράματα πλατίνας-χρυσού έναντι του μέχρι τότε χρησιμοποιούμενου φύλλου χρυσού. Ο βουλκανίτης ανακαλύπτεται στα 1851 και το 1855 έχει ήδη παρουσιασθεί σαν υλικό βάσης οδοντοστοιχειών, ενώ λίγο αργότερα χρησιμοποιείται και ο σελλουλοΐτης για τον ίδιο σκοπό. Τέλος η κονία φωσφορικού ψευδαργύρου εμφανίζεται στα 1879 και καθιερώνεται σαν συγκολλητικό και εμφρακτικό υλικό ενώ λίγο αργότερα εμφανίζονται οι πυριτικές κονίες.

Ο αριθμός αυτών των νέων υλικών που δόθηκαν στο οδοντιατρικό επάγγελμα δεν έλυσε όλα τα υπάρχοντα προβλήματα. Η πορσελάνη δεν είχε φτάσει στην τελική της μορφή σαν υλικό αποκατάστασης παρ' όλο ότι γίνονταν διάφορα πειράματα με οπτή πορσελάνη για ένθετα, στεφάνες καθώς και δόντια οδοντοστοιχιών πάνω σε βάσεις από βουλκανίτη. Η ανακάλυψη φούρνων πορσελάνης με πετρέλαιο στην αρχή, αέριο ή ηλεκτρικό ρεύμα αργότερα έδωσε την δυνατότητα κατασκευής οπτής πορσελάνης υψηλού σημείου τήξης και το 1905 ο J.Q.Byram δημοσιεύει ένα σύγγραμμα στο οποίο περιέγραφε την τεχνική κατασκευής ενθέτων πορσελάνης.

Στον τομέα του αμαλγάματος ο Black το 1895 δημοσιεύει τις μελέτες του με ακριβείς μετρήσεις για την συμπεριφορά του αμαλγάματος σε διάφορες δοκιμασίες και έτσι αρχίζει μια σειρά πειραμάτων σε διάφορα εργαστήρια για τις ιδιότητες του αμαλγάματος. Βέβαια ακόμη δεν υπάρχουν καθορισμένα πρότυπα ή δοκιμασίες, γι' αυτό και τα αποτελέσματα δεν είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους. Τελικά το 1919 η κυβέρνηση των ΗΠΑ θα ζητήσει από το National Bureau of Standards να καθιερώσει προδιαγραφές για το αμαλγάμα που θα πρέπει να χρησιμοποιείται από ομοσπονδιακούς φορείς. Αρχίζει μ' αυτό τον τρόπο η τυποποίηση και ταξινόμηση των οδοντιατρικών προϊόντων και η έρευνα θα στραφεί στην ανακάλυψη και παραγωγή υλικών με καθορισμένες εκ των προτέρων επιθυμητές ιδιότητες για συγκεκριμένη χρήση.

Κατά το τέλος του 19ου αιώνα άρχισαν να εμφανίζονται οι πρώτες μελέτες για τη χύτευση. Ο Aguilhan de Saran στο Παρίσι κατασκεύασε χυτά ένθετα από χρυσό 24K με τρόπο όμως πολύ διαφορετικό από τον σημερινό τρόπο χύτευσης. Χρειάστηκε να περάσουν είκοσι χρόνια για να παρουσιαστεί η μέθοδος του «χαμένου κεριού» από τον Taggart το 1907 στο Σικάγο. Το πιο παράδοξο είναι ότι δεν επρόκειτο για μια πρότυπη μέθοδο δεδομένου ότι αυτή είχε περιγραφεί εκατοντάδες χρόνια νωρίτερα. Εξ άλλου την ίδια χρονιά, ο Solbrig στο Παρίσι κατασκεύασε χυτά ένθετα από χρυσό με παρόμοιο τρόπο.

Παράλληλα με το πρόβλημα της χύτευσης σαν νέα μέθοδο στις αρχές του αιώνα μας αρχίζει η προσπάθεια για χρήση νέων υλικών. Η αναζήτηση αυτή που σκοπό έχει την λύση των προβλημάτων της καθημερινής πράξης αρχίζει να αποδίδει με ολοένα αυξανόμενο ρυθμό. Τα χρόνια που ακολούθησαν μέχρι σήμερα χαρακτηρίζονται από την είσοδο πρωτοποριακών υλικών στην οδοντιατρική με τελικό αποτέλεσμα την τελειοποίηση τόσο των κλινικών όσο και των εργαστηριακών υλικών και μεθόδων.

Ο μεγάλος αριθμός των νέων υλικών, η μελέτη τόσο σε βάθος όσο και σε πλάτος των ιδιοτήτων τους καθώς και η έρευνα για την περαιτέρω βελτίωσή τους, καθιέρωσαν την επιστήμη των οδοντιατρικών υλικών σαν ξεχωριστή οντότητα στο φάσμα των κλάδων της οδοντιατρικής.

Χρονολογικά τα πρώτα νέα υλικά αρχίζουν να εμφανίζονται στη δεκαετία του 1920, όπου παρουσιάζεται το άγαρ-άγαρ. Αργότερα γύρω στο 1930 παράγονται τα πρώτα κράματα χρωμίου-κοβαλτίου για μερικές οδοντοστοιχίες καθώς και οι ακρυλικές ρητίνες για βάσεις ολικών οδοντοστοιχιών που αντικαθιστούν το καουτσούκ.

Λίγο πριν από το 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο εισάγεται στην οδοντιατρική το αλγινικό υδροκολλοειδές για να αντικαταστήσει το άγαρ-άγαρ, ενώ η έρευνα ουσιαστικά σταματά. Στη δεκαετία 1950 – 60 τα πιο σημαντικά υλικά είναι τα ελαστικομερή αποτυπωτικά της μερκαπτάνης και της σιλικόνης που βελτιώνουν τη σταθερότητα των διαστάσεων των αποτυπωμάτων ενώ στην δεκαετία του '70 εμφανίζονται οι Βινυλ-πολυσιλοξάνες και οι πολυαιθέρες που φαίνεται να λύνουν το πρόβλημα της σταθερότητας των διαστάσεων των αποτυπωμάτων..

Ακολουθούν οι πυριτικές και ακρυλικές κονίες για εμφράξεις προσθίων δοντιών, ενώ γύρω στο 1962 εμφανίζονται οι σύνθετες ρητίνες των οποίων η εξέλιξη και βελτίωση είναι ραγδαία. Έτσι στις μέρες μας με τις σύνθετες ρητίνες μπορεί να πετύχει κανείς θαυμάσια αισθητικά αποτελέσματα ενώ παράλληλα οι νέες αυτές ρητίνες φαίνεται να έχουν ικανοποιητική αντοχή.

Στον τομέα των κραμάτων η αύξηση της τιμής του χρυσού στην δεκαετία του '70 θα δώσει το ερέθισμα για την όλο και ευρύτερη χρησιμοποίηση κραμάτων μέσης και χαμηλής περιεκτικότητας σε χρυσό.

Συγχρόνως γίνεται προσπάθεια αναζήτησης εναλλακτικών κραμάτων χωρίς χρυσό με αποτέλεσμα να αρχίσει η ευρεία παραγωγή και χρησιμοποίηση των κραμάτων Αργύρου - Παλλαδίου, Παλλαδίου - Αργύρου και Νικελίου - Χρωμίου.

Τα προβλήματα (πραγματικά ή υποθετικά) που δημιουργούνται από την χρησιμοποίηση των κραμάτων αυτών για προσθετικές εργασίες ωθούν τις Βιομηχανίες κεραμικών σε μια προσπάθεια βελτίωσης της πορσελάνης

ώστε να γίνει δυνατή η κατασκευή μεταλλο-κεραμικών αποκαταστάσεων εν πολλοίς εφάμιλλων από πλευράς ανθεκτικότητας με εκείνες των κραμάτων χρυσού.

Ως τελική εξέλιξη των κεραμικών υλικών θα μπορούσε να αναφερθεί εκείνη της χρησιμοποίησης κεραμικών υλικών για κατασκευή εργασιών χωρίς μεταλλικό σκελετό που όπως τουλάχιστο διατείνονται ορισμένοι θα βελτιώσουν πολύ την αισθητική των προσθετικών αποκαταστάσεων.

Παράλληλα με την ανακάλυψη των νέων αυτών υλικών αρχίζει και μια αναθεώρηση στον τρόπο εξέτασης των υλικών. Έτσι εκτός από τις μηχανικές ιδιότητες και τη δομή, οι ερευνητές αρχίζουν να εξετάζουν και τις αντιδράσεις των ιστών του στόματος που προκαλούνται από τα διάφορα υλικά. Καθιερώνεται μ' αυτό τον τρόπο το κεφάλαιο της βιοσυμβατότητας, που ολοένα αποκτά μεγαλύτερη σημασία.

#### Βιβλιογραφία

- 'Αδαμ. Α.Κ. Οδοντιατρικά Υλικά. Αθήνα 1973 Εκδ. Γ. Παρισιάνος.
- 'Αδαμ Α.Κ. Δρούκας Β. Στοιχεία Ακίνητης Οδοντικής Προσθετικής. Αθήνα 1981, Εκδ. Παρισιάνος.
- Graig R.G. Restorative dental materials Seventh edition the C.V. Mosby Co (1985).
- Guerini N. A history of dentistry. Mulford House New York 1969.
- Lufkin A.W. A history of dentistry. Philadelphia 1948 2nd edition, Lea and Febiger.
- Μήτσης Φ.Ι. Εισαγωγή στην Οδοντιατρική και την Ιστορία της Οδοντιατρικής. Αθήνα 1980.
- Παπαζαφειρόπουλος Σωτ. Π. Οδοντοϊατρική Λειψία (1923).
- Philips R.W. Skinner's Science of dental materials. W.B. Saunders Co. Eight edition (1982).
- Tylman's Theory and Practice of crown and bridge Prosthodontics. Fourth edition. The C.V. Mosby Comp. St. Louis 1960.
- Weinberg B.W. An introduction to the history of dentistry. St. Louis 1948, The C.V. Mosby Co. Voll. I and II.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

# ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

### 2.1. Άτομο

Είναι από πολύ παλιά σε όλους γνωστό ότι η ύλη αποτελείται από στοιχειώδη σωματίδια που ονομάζονται **άτομα**. Τα στοιχειώδη αυτά σωματίδια σε πολλές περιπτώσεις ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα συγκρότημα ατόμων που ονομάζουμε **μόριο**. Πολλά όμοια άτομα όταν ενωθούν σχηματίζουν τα **στοιχεία** π.χ.  $H_2$ ,  $Cl_2$ .

Κάθε άτομο αποτελείται από τον **πυρήνα** και από τα **ηλεκτρόνια** τα οποία ονομάζονται πλανητικά, γιατί κινούνται γύρω από τον πυρήνα διαγράφοντας «ορισμένες» τροχιές (πρότυπο Rutherford). Ο αριθμός των πλανητικών αυτών ηλεκτρονίων καθορίζει τον ατομικό αριθμό του ουδέτερου ατόμου ( $Z$ ). Όλα τα άτομα ενός στοιχείου έχουν την ίδια ηλεκτρονική δομή.

Αν δούμε το άτομο ενός στοιχείου απομονωμένο, θα παρατηρήσουμε ότι έχει έναν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων που είναι διατεταγμένα με ορισμένο τρόπο, έχουν δηλαδή ορισμένη ηλεκτρονική δομή. Όλα τα ηλεκτρόνια, χωρίς εξαίρεση, ανεξάρτητα από το άτομο στο οποίο ανήκουν, είναι σωματία με μάζα και φορτίο αρνητικό.

Το φορτίο του ηλεκτρονίου αποτελεί την ελάχιστη δυνατή ποσότητα ηλεκτρισμού που συναντάμε στη Φύση και ονομάζεται **στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο** ή **κβάντο φορτίου** ( $e = 1602 \cdot 10^{-19} \text{Cb}$ ).

Ο πυρήνας αποτελείται από δύο είδη σωματιδίων: τα **πρωτόνια** και τα **νετρόνια** που και τα δύο μαζί ονομάζονται **νουκλεόνια**.

Ο αριθμός των πρωτονίων είναι ο ίδιος με τον αριθμό ηλεκτρονίων και κάθε πρωτόνιο έχει φορτίο αντίθετο με κάθε ηλεκτρόνιο, δηλαδή θετικό.

Αφού όπως αναφέρθηκε τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια είναι τόσα όσα και τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια, τότε το άτομο όταν βρίσκεται σε ελεύθερη κατάσταση θα είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Η φόρτιση ενός ατόμου γίνεται αν από κάποια εξωτερική αιτία χάσει ή προσλάβει ένα ηλεκτρόνιο, οπότε μεταβάλλεται αντίστοιχα σε θετικό ή αρνητικό π.χ.  $Na \rightarrow Na^+ + e$ .

Ο αριθμός των νετρονίων ενός ατόμου που είναι χωρίς φορτίο, δηλαδή ουδέτερα, χαρακτηρίζεται με το γράμμα  $N$  και αυξάνεται όταν αυξάνεται ο αριθμός των ηλεκτρονίων.

Ο αριθμός των νουκλεονίων μας δίνει το **μαζικό αριθμό** του ατόμου  $A$  δηλαδή ισχύει  $A = Z + N$ .

Τα νετρόνια και τα πρωτόνια έχουν σχεδόν την ίδια μάζα, ενώ τα ηλεκτρόνια έχουν μάζα ίση με το  $1/1836$  της μάζας του πρωτονίου.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η μάζα ενός ατόμου είναι κυρίως αυτή που έχει ο πυρήνας του και φυσικά εξαρτάται από το μαζικό αριθμό.

Στη φύση υπάρχουν στοιχεία που έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων με την ίδια ηλεκτρονική διαμόρφωση, αλλά έχουν διαφορετικό μαζικό αριθμό.

Τα στοιχεία αυτά λέγονται **ισότοπα** και έχουν τις ίδιες χημικές, αλλά διαφορετικές φυσικές ιδιότητες. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο διαφορετικό αριθμό νετρονίων.

Όπως είπαμε, τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα των ατόμων, διαγράφοντας τροχιές πολύ μεγάλης διαμέτρου. Δεδομένης της μικρής μάζας του πυρήνα, αλλά και των ηλεκτρονίων, μπορεί να πει κα-