# Α.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

## ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

## ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ


ΑΧΙΛΛΕΑΣ Γ. ΑΓΛΑΜΙΣΗΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:ΠΑΧΟΣ ΠΑΥΛΟΣ (ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ)



ΑΘΗΝΑ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2017

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής μελέτης ,είναι η πλήρης καταγραφή και παρουσίαση των τύπων και των ειδών των συσσωρευτών από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα, καθώς επίσης και μία μικρότερη αναφορά για το τι επακολουθεί στο μέλλον.

Για την ορθή ανάλυση των συσσωρευτών λαμβάνει χώρα μία ουσιαστική ομαδοποίηση σε δύο κατηγορίες :

α.) πρωτογενείς συσσωρευτές , που αποτελούνται από τις μπαταρίες οι οποίες δεν είναι επαναφορτιζόμενες και μετά την χρήση τους πρέπει να ανακυκλώνονται και

β.) δευτερογενείς συσσωρευτές , που αποτελούνται από τις μπαταρίες οι οποίες είναι επαναφορτιζόμενες.

Η μοντελοποίηση των συσσωρευτών λαμβάνει χώρα στο 5$^{ο}$ κεφάλαιο και περιλαμβάνει ,τον τρόπο και τα υλικά που είναι κατασκευασμένοι , τις χρήσεις τους τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε είδους καθώς μέσα από διαγράμματα ερμηνεύεται πλήρως η λειτουργία τους και διάφορα χαρακτηριστικά τους.

Στο 6$^{ο}$ κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά για μελλοντικούς συσσωρευτές που ενδέχεται να κατασκευαστούν.

Στα προηγούμενα κεφάλαια 3$^{ο}$ και 4$^{ο}$ καταγράφονται βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη που η γνώση τους αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την μελέτη των συσσωρευτών , καθώς και ο βασικός τρόπος λειτουργίας ενός πρότυπου συσσωρευτή

Στο 1$^{ο}$ και 2$^{ο}$ κεφάλαιο ακολουθεί εισαγωγή και ιστορική αναδρομή αντίστοιχα .

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Συσσωρευτής , κατηγορία - είδη συσσωρευτή ,
πρωτογενής – δευτερογενής συσσωρευτής

# ABSTRACT

The purpose of this paper is to fully record and present the types of batteries from past to the present as well as a small reference of future resolution of battery.

For the proper analysis of batteries we have to split them in categories :

a.) Primary batteries , consisting of batteries that are not rechargeable and must be recycled after use and
b.) Secondary batteries, consisting of batteries that are rechargeable.

The categorization of batteries takes place in chapter 5th and includes, the way and the materials that are made, their uses the advantages and disadvantages of any kind, and the diagrams show their function and their various characteristics.

In Chapter 6 a report is made on future batteries that may be manufactured in the future.

In previous chapters, 3rd and 4th , basic characteristics are mentioned , that are necessary for the study of batteries, as well as how a standard battery works.

At first and second chapter follows an introduction and a historical retrospection



# KEYWORDS

Batteries, category of batteries, types of batteries, primary – secondary batteries


# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Παύλο Πάχο για την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας με πολύ ενδιαφέρον θέμα ,με το οποίο ασχολήθηκα με περίσσιο ζήλο.

Τον ευχαριστώ επίσης για την βοήθεια και τις υποδείξεις του.

Επιπλέον θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την στήριξη και την ενθάρρυνση της σε όλη μου την πορεία στην σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις μέρες μας ο όρος «ενέργεια» απασχολεί καθημερινά την επικαιρότητα. Για την ακρίβεια η «ενέργεια» ανέκαθεν απασχολούσε την οικουμένη και αενάως θα την απασχολεί. Υπάρχουν πολλές πηγές ενέργειας  και όσο εξελίσσεται η ανθρωπότητα προκύπτουν και νέες μορφές που παλαιότερα κανείς δεν θα φανταζόταν.

Στην παρούσα πτυχιακή μελέτη αναπτύσσεται και μελετάται η πηγή ενέργειας που ακούει στο όνομα συσσωρευτής . Το όνομα της μαρτυρά ότι γίνεται λόγος για κάποιο «αντικείμενο» που συσσωρεύει κάτι. Στην συγκεκριμένη περίπτωση  την ενέργεια. Η μπαταρία , όπως είναι ευρέως γνωστός ο συσσωρευτής αποθηκεύει χημική ενέργεια και την αποδίδει ως ηλεκτρική σε ένα κύκλωμα. Η χρησιμότητα του συσσωρευτή είναι κύριας σημασίας για την ζωή και την εξέλιξη του ανθρώπου, καθώς χωρίς αυτόν βασικές ενέργειες που πραγματοποιούμε καθημερινά θα φάνταζαν αδύνατες και άλλες δύσκολα υλοποιήσιμες.

Ο άνθρωπος όπως αποδεικνύεται από την αρχαιότητα, προσπάθησε να δώσει λύσεις σε θέματα ενέργειας και ανακάλυψε τον συσσωρευτή που στην συνέχεια εξελίχθηκε και πήρε την σημερινή μορφή .

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

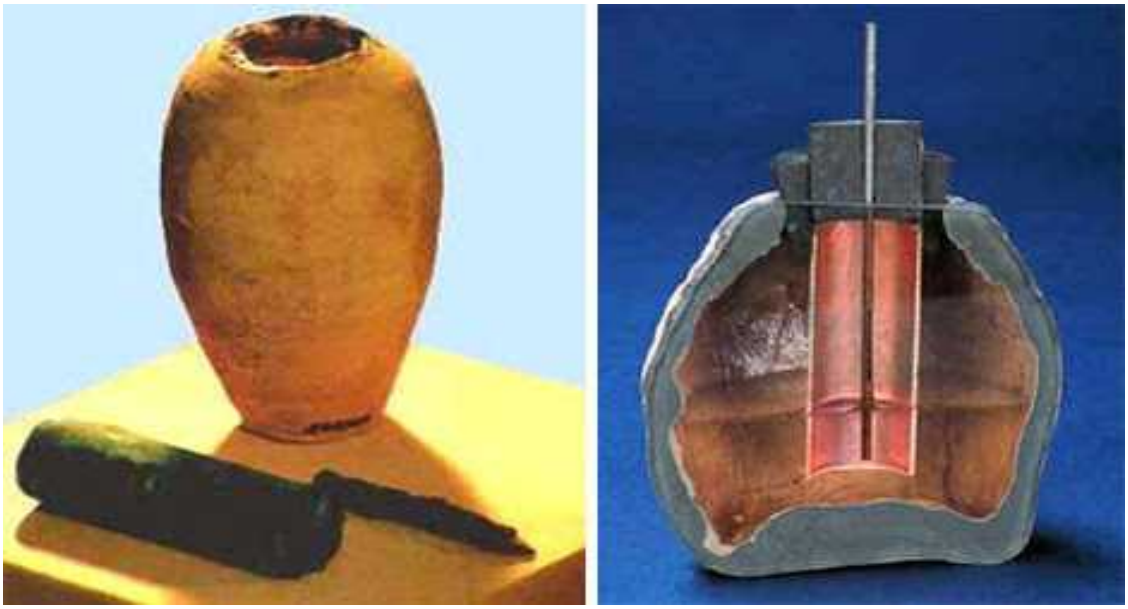
## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

### *2.1 Η αρχαία μπαταρία της Βαγδάτης*

Η Μεσοποταμία ήταν πάντοτε ένα από τα αγαπημένα πεδία έρευνας των αρχαιολόγων, κυρίως στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα.

Πλήθος επαγγελματιών και ερασιτεχνών αρχαιολόγων συνέρεαν, αναζητώντας είτε ίχνη των σπουδαίων αρχαίων πολιτισμών που ήκμασαν στην περιοχή, είτε ευρήματα σχετικά με τις βιβλικές ιστορίες και μυθικές περιγραφές για τον Κήπο της Εδέμ, τον Πύργο της Βαβέλ, το Δένδρο της Γνώσης .Το 1938 ο Γερμανός αρχαιολόγος Wilhelm Konig έφερε στην επιφάνεια ένα από τα πιο περίεργα ευρήματα. Επρόκειτο για ένα μικρό κεραμικό βάζο, ύψους περίπου 15cm, το οποίο περιείχε ένα χάλκινο κύλινδρο στερεωμένο στο χείλος της οπής και μια μικρή σιδερένια ράβδο πακτωμένη στο καπάκι. Αναλύσεις έδειξαν ότι το περιεχόμενό του ήταν κάποιο οξειδωτικό διάλυμα, πιθανότατα κρασί ή ξύδι .Μέχρι σήμερα παραμένει αδιευκρίνιστο εάν ο Konig βρήκε το αντικείμενο σε κάποιο σημείο ανασκαφών κοντά στη Βαγδάτη, ή στα υπόγεια του μουσείου της πόλης, του οποίου τη διεύθυνση είχε αναλάβει. Η χρονολόγηση έδειξε ότι το εύρημα του Konig είναι περίπου του 200 π.Χ. Το 1940 ο Γερμανός αρχαιολόγος δημοσίευσε μια εργασία με την οποία ισχυριζόταν και τεκμηρίωνε ότι το αντικείμενο δεν ήταν τίποτε λιγότερο από μια πρωτόγονη μπαταρία. Ο συλλογισμός του φαντάζει απόλυτα ορθός καθώς τα αντικείμενα έχουν τη χαρακτηριστική διαμόρφωση ενός γαλβανικού στοιχείου:

Δύο ηλεκτρόδια από μέταλλα διαφορετικού δυναμικού, βυθισμένα μέσα σε ηλεκτρολυτικό υγρό (κρασί ή ξύδι).Η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την ανταλλαγή ηλεκτρονίων ενώ το ηλεκτρολυτικό υγρό εξασφαλίζει την «οδό» μετακίνησης αυτών των ηλεκτρονίων. Αντίγραφα των μπαταριών της Βαγδάτης έχουν κατασκευασθεί και μελετηθεί από διάφορες επιστημονικές ομάδες. Τα αντίγραφα αυτά μπορούν να παράγουν τάση 0,8-2V, ενώ η παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού μπαταριών, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες τάσεις. Είναι λοιπόν αναμφισβήτητο ότι τα ευρήματα ήταν, ή μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μπαταρίες παραγωγής χαμηλής τάσης.



*Εικόνες 2.1-2.2 : η μπαταρία της Βαγδάτης*

Τα ευρήματα της Βαγδάτης είναι μοναδικά, καθώς πουθενά αλλού στον κόσμο δεν έχει βρεθεί κάτι αντίστοιχο. Επιπλέον, ποιος, πώς και με τι χρήσεις είχε γνώση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έστω και σε αυτή την κλίμακα, το 200 πΧ. ;

- Η πρώτη απάντηση που προβλήθηκε ήταν ότι οι λαοί της περιοχής, συγκεκριμένα εκείνη τη χρονική περίοδο οι Πάρθοι, χρησιμοποιούσαν τα στοιχεία για την επιχρύσωση κοσμημάτων και άλλων σκευών.

Όμως η εξήγηση αυτή αντικρούεται από το ότι όσα επιχρυσωμένα αντικείμενα έχουν βρεθεί, έχουν κατασκευασθεί με τη μέθοδο της επικόλλησης φύλλων χρυσού, απευθείας στο βασικό μέταλλο, ή με τη χρήση πάστας υδραργύρου. Επιπλέον η διαμόρφωση της «συσκευής» σε ένα μικρό, κλειστό βάζο δεν είναι εκείνη που θα επέτρεπε τη διενέργεια επιμεταλλώσεων, παρά μόνο στα πολύ μικρά αντικείμενα που θα χωρούσαν στο βάζο.

- Μια άλλη εξήγηση ήταν η χρήση των μπαταριών σε σειρά, ώστε να παράγουν ρεύμα μεγαλύτερης τάσης, αν και χαμηλής έντασης, για «θαυματοποιές» εφαρμογές. Δηλαδή για μικρά τρυκ μέσα σε ναούς όπως μικρές εκκενώσεις από αγαλματίδια και άλλα εφέ, με στόχο τον εντυπωσιασμό των πιστών. Όμως πουθενά δε βρέθηκαν ίχνη συρμάτων που θα λειτουργούσαν ως καλώδια ή άλλης διαμόρφωσης που θα επέτρεπε την «εξαγωγή» του ρεύματος από τη μπαταρία και τη χρήση του. Στον αρχαίο κόσμο ελάχιστα ήταν γνωστά για τον ηλεκτρισμό και αυτά αφορούσαν κυρίως το στατικό ηλεκτρισμό. Κανένας από τους

προηγμένους λαούς της εποχής, Έλληνες, Αιγύπτιοι, Ρωμαίοι, δεν ανέπτυξε χρηστικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού. Εάν ο Konig τις βρήκε στα υπόγεια του μουσείου της Βαγδάτης, τότε ο πραγματικός τόπος ανακάλυψής τους παραμένει άγνωστος.

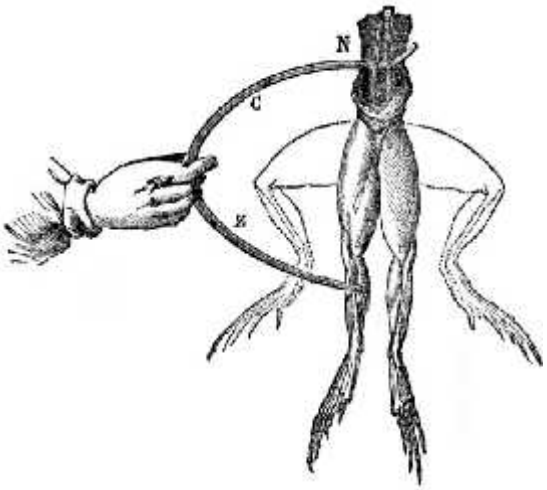
*Εικόνα 2.3 άλλη όψη της μπαταρίας της Βαγδάτης*

Οι πιθανές χρήσεις δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς, σε όλο το εύρος των πιθανών εφαρμογών. Είναι πολύ πιθανό οι συσκευές αυτές να χρησιμοποιήθηκαν για κάτι που απλά είναι έξω από την πορεία σκέψης των σημερινών ερευνητών.

## *2.2 Η εφεύρεση των συσσωρευτών.*

Το 1771 ένας Ιταλός ανατόμος, ο Λουίτζι Γκαλβάνι (Luig iGalvani), παρατήρησε τα εξής: Εκτελώντας ένα πείραμα με νεκρούς βατράχους, είδε ότι αν έφερνε σε επαφή τα νεύρα των μηρών με δύο διαφορετικά μέταλλα (π.χ. σίδηρο και χαλκό) ο μυς έκανε μία σύσπαση. Αυτή όμως είναι μία ιδιότητα μόνο των ζωντανών μυών.

*Εικόνα 2.4 ο LuigiGalvani*




*Εικόνα 2.5 πείραμα με βατράχους και ηλεκτρόδια*

Ο Γκαλβάνι απέδωσε το φαινόμενο σε κάποιο είδος ηλεκτρισμού στο μυϊκό σύστημα, τον οποίο ονόμασε "ζωικό ηλεκτρισμό". Μάλιστα δεν ήταν λίγοι αυτοί που πίστεψαν πως είχε βρεθεί η λύση στο μεγάλο αίνιγμα της ζωής. Πολλοί επιστήμονες προσπαθούσαν να επαναφέρουν νεκρούς οργανισμούς στη ζωή, διοχετεύοντας τους ηλεκτρισμό.

Ο Αλεσάντρο Βόλτα (18 Φεβρουαρίου 1745 - 5 Μαρτίου 1827). Ηταν Ιταλός φυσικός, ο οποίος έγινε κυρίως γνωστός για την εφεύρεση της ηλεκτρικής μπαταρίας το 1800.
Πρωτοπόρησε στην έρευνα και τη διάδοση του ηλεκτρισμού. Η πιο σπουδαία εφεύρεσή του ήταν η ηλεκτρική μπαταρία (ηλεκτρική στήλη), το 1800, δηλαδή δύο μεταλλικές πλάκες, η μία από εβονίτη και η άλλη με μονωτική λαβή που αλληλοφορτίζονταν θετικά και αρνητικά.
Κατ΄ουσίαν αυτή ήταν η πρώτη μπαταρία. Το πάθος του Αλεσάντρο Βόλτα ήταν πάντα η μελέτη της ηλεκτρικής ενέργειας .

Ακολούθησαν οι ανακαλύψεις του ευδιόμετρου, του «ηλεκτρικού πιστολιού», της άσβηστης «λυχνίας υδρογόνου» και ως επακόλουθο η έδρα φυσικής στο πανεπιστήμιο της Παβίας.

*εικόνα 2.6 ο Alessandro Volta*

Ο Βόλτα, μεταξύ άλλων, εισήγαγε τις έννοιες του δυναμικού (τάσης) και της ηλεκτρικής χωρητικότητας. Εφηύρε τη βολταϊκή στήλη (ηλεκτρική μπαταρία), το ηλεκτρόμετρο και το ευδιόμετρο. Αργότερα μαζί με τους Λαβουαζιέ και Λαπλάς συμμετείχε σε πειράματα για τον ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό, ενώ με τον Γκαλβάνι πειραματίστηκε πάνω στον ζωικό ηλεκτρισμό.

Διαμάχη, όμως, με τον τελευταίο οδήγησε τον Βόλτα σε πυρετώδεις προσωπικές μελέτες, που του έδωσαν το δικαίωμα το 1800 να ανακοινώσει τη σπουδαιότατη ανακάλυψη της πρώτης πηγής συνεχούς ρεύματος, της περίφημης «βολταϊκής στήλης» με ηλεκτρόδια από χαλκό (+) και ψευδάργυρο (-) και ηλεκτρολύτη θειικό οξύ.

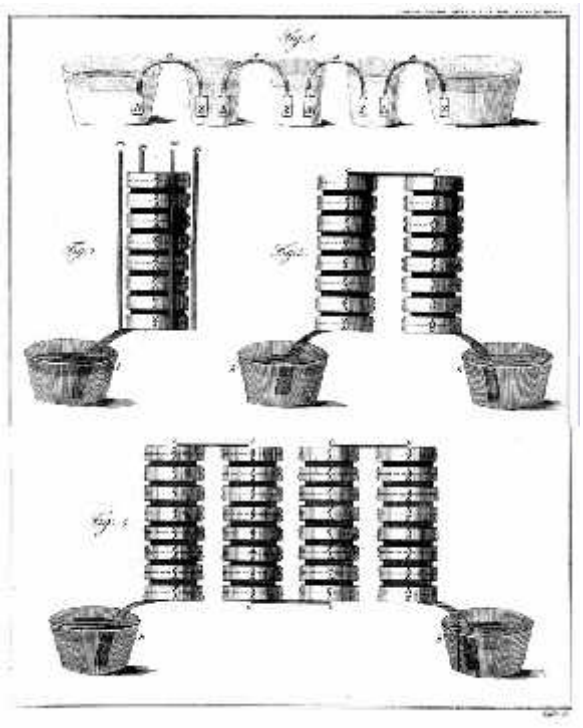
Έτσι, υπάρχουν δύο πόλοι και ηλεκτρικό ρεύμα θα ρέει εάν είναι συνδεδεμένοι. Οι χημικές αντιδράσεις σε αυτό το βολταϊκό κύτταρο έχουν ως εξής:

Ψευδάργυρος: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$

Θειικό οξύ: $2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$

Ωστόσο, αυτή κυψελίδα έχει επίσης μερικά μειονεκτήματα. Δεν είναι ασφαλής στην χρήση, δεδομένου ότι το θειικό οξύ, έστω και αραιωμένο, μπορεί να είναι επικίνδυνο. Επίσης, η ισχύς του κυττάρου ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου, επειδή το αέριο υδρογόνο δεν απελευθερώνεται. Αντ’ αυτού, συσσωρεύεται στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου ψευδαργύρου και σχηματίζει ένα φραγμό μεταξύ του μετάλλου και του διαλύματος του ηλεκτρολύτη (πόλωση της μπαταρίας).Ο Αλεσάντρο Βόλτα, γνωρίζοντας τα πειράματα του Γκαλβάνι σκέφτηκε ότι οι συσπάσεις του βατράχου ίσως οφείλονταν περισσότερο στα «υγρά» στο σώμα του βατράχου και στα διαφορετικά μέταλλα που εισχωρούσαν στο μηρό του . Ύστερα από μια σειρά πειραμάτων κατασκεύασε την πρώτη μπαταρία, από εναλλασσόμενες πλάκες ψευδαργύρου και χαλκού που είχαν ανάμεσά τους ύφασμα εμποτισμένο σε αλατόνερο.

Αρχικά ο Βόλτα χρησιμοποίησε λεκάνες με αλατούχο διάλυμα για να παραγάγει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος



*Εικόνα 2.7 Τέσσερεις παραλλαγές της μπαταρίας του A.Volta*

Οι λεκάνες συνδέονταν με μεταλλικά τόξα που περνούσαν από τη μία λεκάνη στην άλλη.

Το ένα άκρο του μεταλλικού τόξου ήταν από χαλκό και το άλλο από κασσίτερο ή ψευδάργυρο. Αφού κάθε ομάδα όμοιων αντικειμένων αποτελεί μια συστοιχία, η συσκευή του Βόλτα ήταν μια ηλεκτρική συστοιχία ή ηλεκτρική στήλη (κοινώς μπαταρία), η πρώτη που κατασκευάσθηκε ποτέ.

Ο Αλεσάντρο Βόλτα έκανε την συσκευή του πιο μικρή και περιόρισε τα υγρά που χρειάζονταν για τη λειτουργία της, χρησιμοποιώντας μικρές κυκλικές πλάκες από χαλκό και ψευδάργυρο και μικρούς δίσκους χαρτονιού που ήταν διαποτισμένοι με αλατούχο διάλυμα. Τοποθέτησε διαδοχικά δίσκους χαλκού, ψευδαργύρου, χαρτονιού - χαλκού, ψευδαργύρου, χαρτονιού και ούτω καθεξής.

Όταν το πάνω και το κάτω μέρος της συστοιχίας ενώνονταν με ένα σύρμα, παραγόταν ηλεκτρικό ρεύμα.

Η μπαταρία αυτή *(ηλεκτρική στήλη ή βολταϊκός σωρός)* παρατίθεται παρακάτω:

*εικόνα 2.8 ηλεκτρική στήλη ή βολταϊκός σωρός*

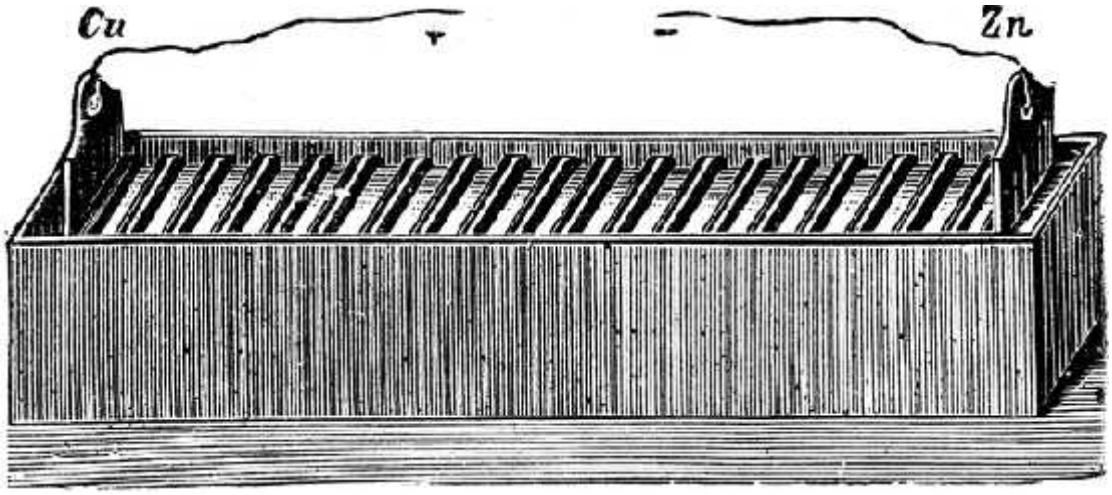
Ο Μέγας Ναπολέων για να τον τιμήσει του απένειμε τον τίτλο του κόμη της Λομβαρδίας, ενώ πολύ αργότερα, το 1881, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα έδωσε προς τιμήν του το όνομα Volt (βολτ) στη μονάδα τάσης του ρεύματος.

Το 1802, ο Δρ. William Cruickshank σχεδίασε την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία ικανή για μαζική παραγωγή. Ο Cruickshank

*εικόνα 2.9 ο William Cruickshank*

είχε τακτοποιήσει τετράγωνα φύλλα του χαλκού, που συγκόλλησε στις άκρες τους, μαζί με τα φύλλα ψευδάργυρου ίσου μεγέθους. Αυτά τα

φύλλα τοποθετήθηκαν σε ένα μακρύ ορθογώνιο ξύλινο πεδίο που σφραγίστηκε με τσιμέντο. Τα αυλάκια στο κιβώτιο κράτησαν τα μεταλλικά φύλλα στη θέση τους. Το πεδίο γέμισε έπειτα με έναν ηλεκτρολύτη άλμης, ή αραίωσε με ένα οξύ.



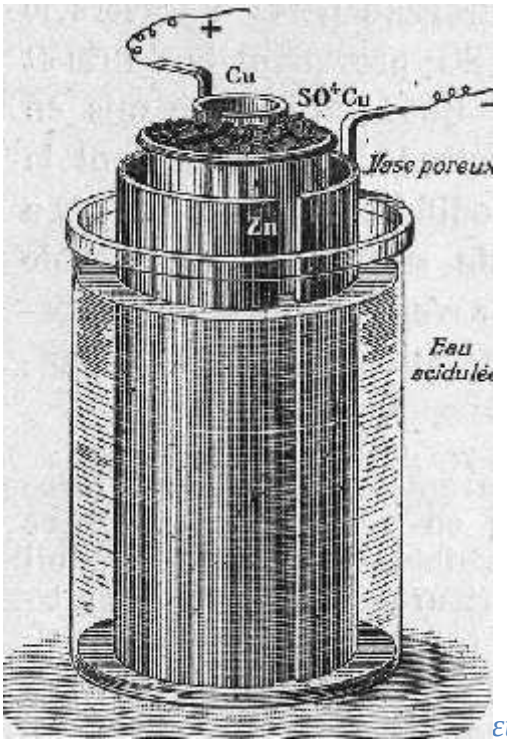

*Εικόνα 2.10 Η μπαταρία του WilliamCruickshank*

Το 1836 Ο John F. Daniell,ένας Άγγλος χημικός, βελτίωσε την αποδοτικότητα του σχεδιασμού του Αλεσάντρο Βόλτα αναπτύσσοντας έναν τρόπο να αποφευχθούν τα προβλήματα διάβρωσης των μπαταριών του Βόλτα, καθώς επίσης ήταν και πιο ασφαλείς.

*εικόνα 2.11 ο John F. Daniell*

Χρησιμοποίησε δύο ηλεκτρόδια, θειικό χαλκό και θειικό Ψευδάργυρο και γέμισε τα κελία με θειικό οξύ ($H_2SO_4$).

*εικόνα 2.12 Ηλεκτροχημικά κελιά John F. Daniell*



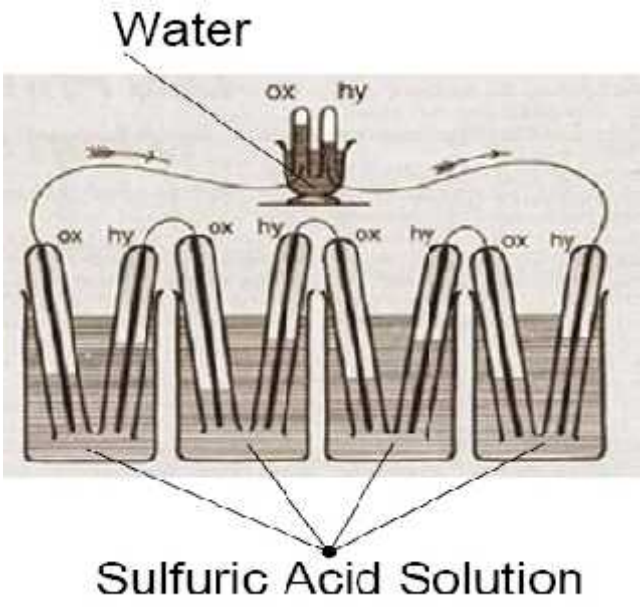

*εικόνα 2.13 γραφική απεικόνιση κελιού Daniel.*

Όλες οι μπαταρίες μέχρι τότε ήταν πρωτογενείς, κάτι που σήμαινε ότι δεν θα μπορούσαν να επαναφορτιστούν.

Το 1842 οWilliam Robert Grove ανέπτυξε το πρώτο κελί καυσίμου (το οποίο ονόμασε βολταϊκή μπαταρία φυσικού αερίου).

*εικόνα 2.14 ο William Robert Grove*

Η μπαταρία παράγει ηλεκτρική ενέργεια με συνδυασμό υδρογόνου και οξυγόνου που περιγράφονται χρησιμοποιώντας τη θεωρία συσχέτισής του. Κατά την ανάπτυξη της κυψέλης (κελί) αποδεικνύει ότι ο ατμός θα μπορούσε να έχει διαχωριστεί σε οξυγόνο και υδρογόνο, και η διαδικασία γίνεται και αντιστρόφως. Ήταν το πρώτο πρόσωπο που απέδειξε τη θερμική διάσπαση των μορίων στα συστατικά τους άτομα. Η δουλειά του τον οδήγησε επίσης στις πρόωρες γνώσεις σχετικά με τη φύση του ιονισμού.

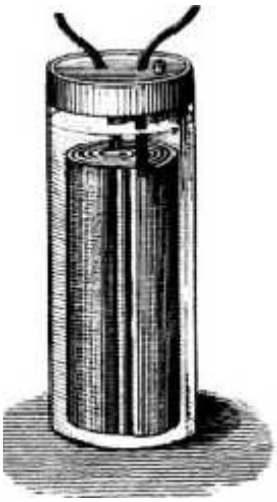


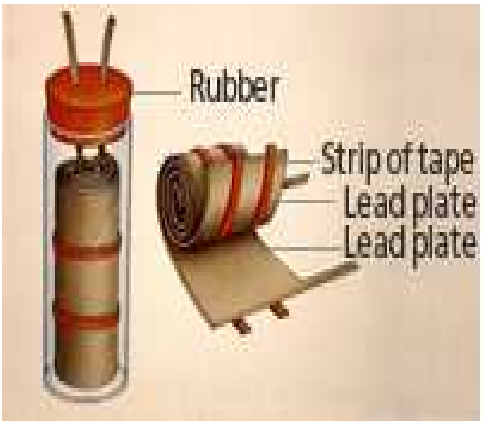

*εικόνα 2.15 Διάγραμμα βολταϊκής μπαταρίας φυσικού αερίου*

Στη συνέχεια της ιστορίας της μπαταρίας ή των συσσωρευτών το 1859 ο Γάλλος εφευρέτης Gaston Planté,

*εικόνα 2.16 ο Gaston Planté,*

επινόησε την μπαταρία αποθήκευσής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην πραγματικότητα ήταν μία κυψέλη η οποία αποτελούνταν από δύο φύλλα καθαρού μόλυβδου τα οποία χωρίζονταν μεταξύ τους από ένα κομμάτι λινού υφάσματος .Το σύστημα αυτό ήταν τυλιγμένο (σπειροειδής μορφή) και βυθισμένο σε ένα αραιό (10%) διάλειμμα θειικού οξέος.






*εικόνες 2.17-8*
*1η μορφή σχεδιασμού μπαταρίας αποθήκευσής ηλεκτρικής ενέργειας του Plante*

Το 1860 , έναν χρόνο αργότερα ο Gaston Plante παρουσίασε μια μπαταρία για την ακαδημία επιστημών που αποτελούνταν από εννέα στοιχεία όμοια με εκείνα της πρώτης μορφής σχεδιασμού της μπαταρίας του ,που παρατίθενται από πάνω, τα οποία ήταν τοποθετημένα σε ένα προστατευτικό πλαίσιο γεμισμένο με διάλυμα οξέος (όπως και

προηγουμένως ).Τα τερματικά της κάθε μπαταρίας συνδέονται παράλληλα με αποτέλεσμα η μπαταρία του να μπορούσε να παράγει εντυπωσιακά μεγάλα ρεύματα για την εποχή και την επιστήμη τότε.

*εικόνα 2.19 Τελική μορφή σχεδιασμού μπαταρίας (μολύβδου οξέως) του Plante αποτελούμενη από εννέα στοιχεία*

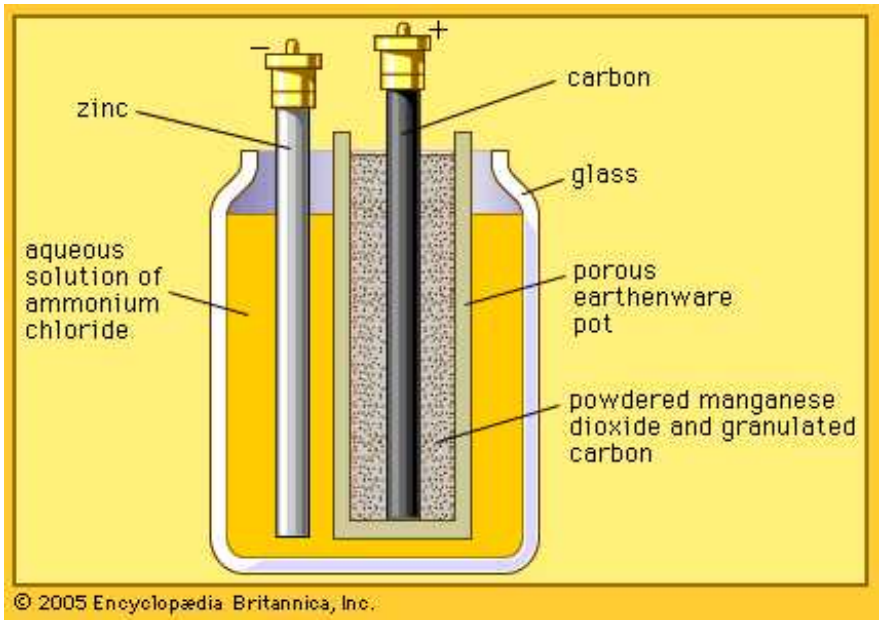
Στη συνέχεια της πολύπλευρης ιστορίας της μπαταρίας σειρά έχει ο Georges Leclanché ο οποίος ήταν Γάλλος ηλεκτρολόγος μηχανικός.

*εικόνα 2.20 ο Georges Leclanché*

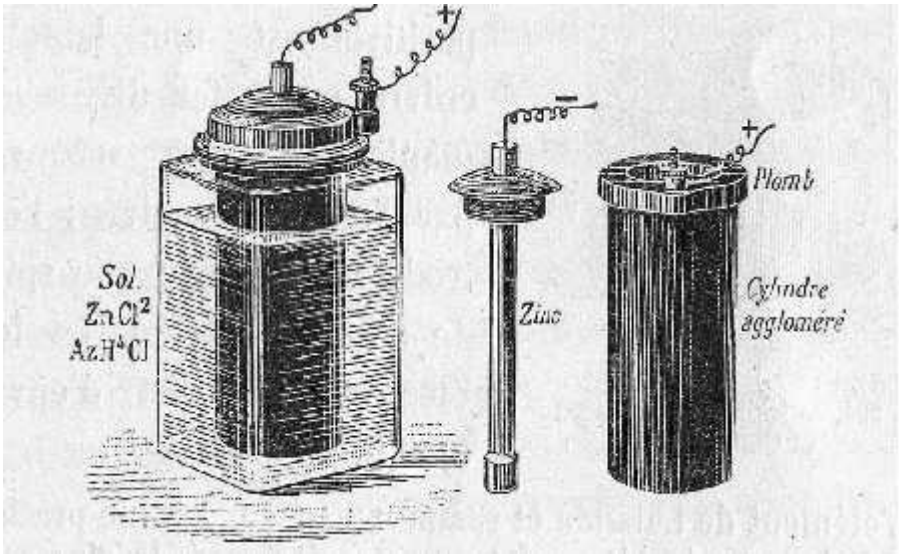
Η πρώτη του απόπειρα κατασκευής μπαταρίας δεν είχε την ανταπόκριση που περίμενε .
Λίγο αργότερα βελτίωσε την μπαταρία που είχε κατασκευάσει . Για την ακρίβεια η νέα μπαταρία (ψευδαργύρου - άνθρακα) το 1868 περιείχε ως

ηλεκτρολύτη διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου σε μορφή υγρής πάστας. Τα τερματικά ηλεκτρόδια αποτελούνταν :

α.) Η άνοδος αποτελούνταν από ψευδάργυρο ενώ
β.)Η κάθοδος αποτελούνταν από ένα κράμα (8) οχτώ μερών του διοξειδίου του μαγγανίου με ένα μέρος αιθάλης μέσα στο οποίο υπήρχε μία ράβδος άνθρακα (όπως φαίνεται στην εικόνα 2.21)
Η διάταξη αυτή ήταν τοποθετημένη σε ένα πορώδες δοχείο.
Η μπαταρία είχε ένα μεγάλο πλεονέκτημα μπορούσε να μετακινηθεί σχεδόν χωρίς να κινηθεί και να τοποθετηθεί με διαφόρους τρόπους.
Το πλεονέκτημα αυτό της χάριζε ο ηλεκτρολύτης της που βρισκόταν στην μπαταρία σε μορφή πάστας όπως προαναφέρθηκε. Αργότερα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας κατοχυρώθηκε στον Georges Leclanché για την επιτυχία του.



*Εικόνα 2.21 διάγραμμα μπαταρίας Leclanche*



*Εικόνα 2.22 η μπαταρία Leclanche και τα ηλεκτρόδια της*

Το 1881 ο Camille Alphonse Faure που ήταν Γάλλος χημικός μηχανικός βελτίωσε την μπαταρία μολύβδου οξέως που είχε εφεύρει ο Gaston Planté λίγα χρόνια πριν το 1859.Δημιούργησε τις βάσεις για την κατασκευή των σύγχρονων μπαταριών μολύβδου οξέως που χρησιμοποιήθηκαν αργότερα στα αυτοκίνητα.

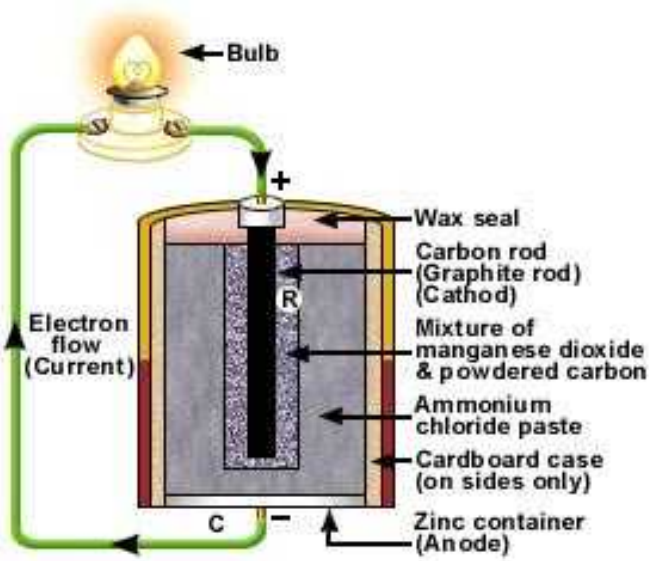
Γύρω στο 1887 ένας Γερμανός εφευρέτης ο Carl Gassner ανακάλυψε την πρώτη μπαταρία ξηρού στοιχείου που ήταν η πιο επιτυχημένη στην αγορά.


*Εικόνα 2.23 ο Carl Gassner*

Συγκεκριμένα η μπαταρία αποτελούνταν από:
α) ένα δοχείο από ψευδάργυρο το οποίο και αποτελούσε τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας .

β)από μία ράβδο άνθρακα η οποία ήταν βυθισμένη σε ένα μαύρο μείγμα μαγγανίου και διοξειδίου του άνθρακα.
και γ)είχε ως ηλεκτρολύτη ένα διπλωμένο χαρτί, εμποτισμένο με ένα διάλυμα χλωριούχου αμμωνίου .

Μια σφραγίδα πίσσας εμπόδιζε την εξάτμιση του νερού από τον ηλεκτρολύτη και την εισροή οξυγόνου μέσα σε αυτόν μπαταρία ήταν εύκολη στο χειρισμό και την μεταφορά, γεγονότα που την έκαναν επιτυχή.



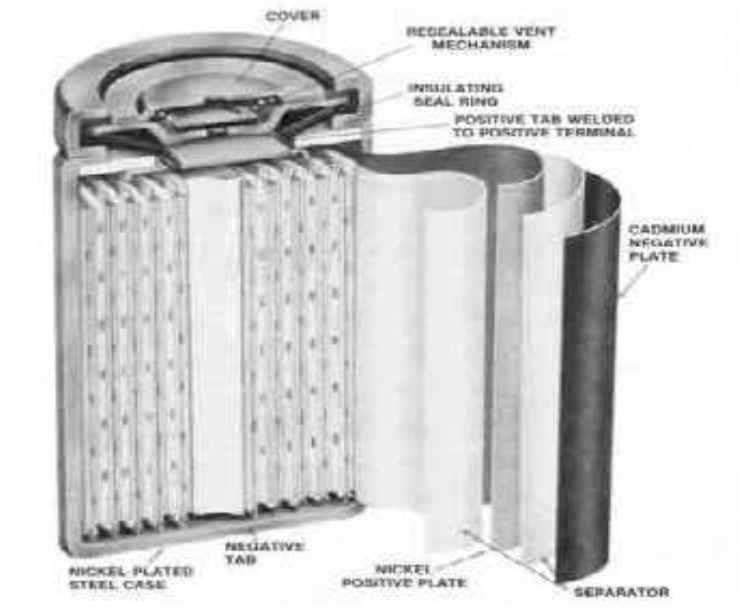

*Εικόνα 2.23 μπλοκ διάγραμμα μπαταρίας ξηρού τύπου του Cassner*

Κοντά στα τέλη του 19$^{ου}$ αιώνα και συγκεκριμένα το 1899 ο Σουηδός εφευρέτης και μηχανικός Ernst Waldemar Jungner

*εικόνα 2.25 ο Ernst Waldemar Jungner*

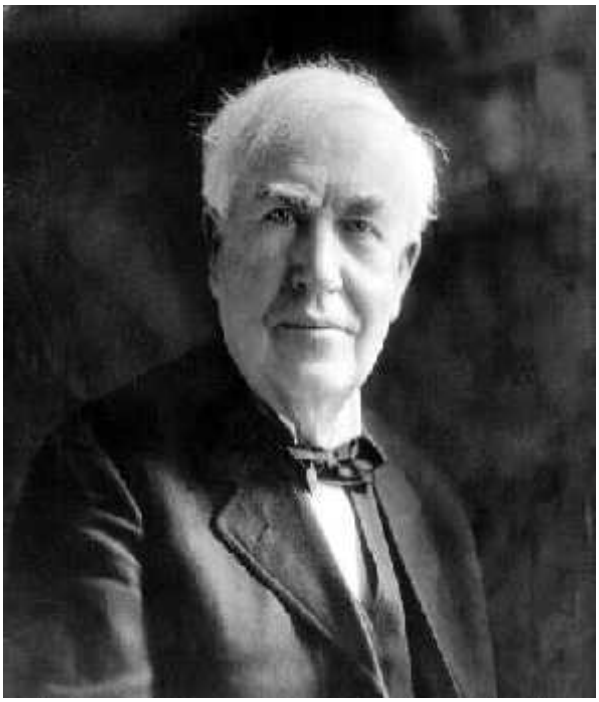
ανακάλυψε την μπαταριά νικελίου – καδμίου. Η μπαταρία είχε ως άνοδο ( θετικό ηλεκτρόδιο) το νικέλιο και ως κάθοδο (αρνητικό ηλεκτρόδιο) το

κάδμιο .Λόγω του ακριβού κόστους κατασκευής συγκριτικά με αυτήν του μολύβδου οξέως η μπαταρία αύτη δεν αναπτύχθηκε ιδιαίτερα.




*Εικόνα 2.26 μπαταρία νικελιου καδμλιου του Ernst Waldemar Jungner*

Το 1901 ο αμερικάνος Tomas Alva Edison ο οποίος ήταν επιχειρηματίας και εφευρέτης, επιχείρησε να κάνει μία μετατροπή στην μπαταρία νικελίου-καδμίου του Ernst Waldemar Jungner.



*εικόνα 2.27 Tomas Alva Edison*

Έτσι αντικατέστησε το ηλεκτρόδιο της ανόδου (κάδμιο ) με σίδηρο, και δημιούργησε την μπαταρία σιδήρου (άνοδος)-νικελίου(κάθοδος). Επιπλέον ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν υδροξείδιο του καλίου, το ίδιο όπως στη σύγχρονη μπαταρία νικελίου-καδμίου και στις αλκαλικές μπαταρίες. ( βλέπε εικόνα 2.26)

*εικόνα 2.28*
*η 1η μπαταρία νικελίου-σιδήρου του Edison*

Οι μπαταρίες αυτές είχαν αρκετά χρόνια ζωής καθώς άντεχαν την υπερφόρτιση και την παραμονή στην αποφόρτιση. Πίστευε ότι η καλύτερη μορφή ενέργειας για την κίνηση των αυτοκινήτων ήταν η ηλεκτρική, αλλά οι συσσωρευτές μολύβδου δεν ήταν κατάλληλοι. Ο Edison άρχισε την έρευνα για την δημιουργία μιας αλκαλικής μπαταρίας το 1899. Δυσκολεύτηκε ιδιαίτερα γιατί ενώ τα πρώτα σχετικά διπλώματα ευρεσιτεχνίας χρονολογούνται το 1901, ξεκίνησε την εμπορική παραγωγή το 1903, έκλεισε το εργοστάσιο παραγωγής το 1904 λόγω των προβλημάτων που εμφάνιζαν οι μπαταρίες του και μόλις το 1909 βγάζει με επιτυχία στην αγορά τους συσσωρευτές του. (βλέπε εικόνα 2.27)

Ωστόσο οι μπαταρίες νικελίου σιδήρου που φέρουν το όνομά του Edison, ανταγωνίστηκαν με μεγάλη επιτυχία τους συσσωρευτές μολύβδου για αρκετές δεκαετίες. Στις δεκαετίες 1920 και 1930 βρίσκονταν παντού και κατά τη διάρκεια του προγράμματος "Manhattan" που οδήγησε στην δημιουργία της πρώτης ατομικής βόμβας, χρησιμοποιήθηκαν οι ηλεκτρολύτες από χιλιάδες μπαταρίες αυτού του είδους καθώς ήταν εμπλουτισμένες σε βαρύ ύδωρ. Σήμερα όμως βρίσκονται στο περιθώριο.


*εικόνα 2.29 η μπαταρία του Edison στην «παραγωγή»*

Γύρω στο 1920 ο Αμερικανός εφευρέτης Samuel Ruben

*εικόνα 2.30 ο Samuel Ruben*

ίδρυσε τα εργαστήρια Rubben και στην συνέχεια με την χρηματοδότηση επενδυτών δημιουργήθηκε ιδιωτικό εργαστήριο για τον Rubben στην περιοχή New Rochelle στην Νέα Υόρκη, όπου και παρέμεινε για 60 χρόνια. Ο Rubben συνεργάστηκε με τον  Philip Mallory

*εικόνα 2.31 ο Philil Mallory*

και στην συνέχεια δημιούργησαν το 1924 την γνωστή σε όλους Duracell International.


*εικόνα 2.32 το πρώτο λογότυπο της Duracell*

Το 1950 ο Rubben σχεδίασε την μπαταρία ψευδαργύρου-υδραργύρου και αλκαλικού οξειδίου ως ηλεκτρολύτη, οι μπαταρίες αυτές παρόλο που ήταν αρκετά καλές στη συνέχεια εξαλείφτηκαν διότι μόλυναν το περιβάλλον.

Ο Georg Neumann ο οποίος όμως έμεινε γνωστός στην ιστορία για την κατασκευή επαγγελματικών μικρόφωνων για τραγουδιστές , συναυλίες, ηχογραφήσεις κλπ. το 1947 πέτυχε το σφράγισμα των μπαταριών νικελίου-καδμίου με αποτέλεσμα οι μπαταρίες να μπορούν να μεταφέρονται παντού χωρίς να χύνονται τα ηλεκτρολυτικά τους υγρά.

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την εδραίωση της χρήσης της μπαταρίας αυτής για φορητές εφαρμογές καθώς ήταν και η μόνη επαναφορτιζόμενη.

*εικόνα 2.33 ο Georg Neumann*

Μετά την λήξη του 2$^{ου}$ παγκοσμίου πολέμου συνεχιστικέ με γοργά βήματα η εξέλιξη των συσσωρευτών. Ετσι το 1950 ο Καναδός χημικός μηχανικός και εφευρέτης Lewis Urry


*εικόνα 2.34 ο Lewis Urry στο αριστερό χέρι κρατά την μπαταρία που κυκλοφόρησε το 1958 ενώ στο δεξί μία βελτιωμένη μπαταρία της ίδιας εταιρείας που κυκλοφορεί σήμερα*

που εργαζόταν για την εταιρεία «everday» γνωστή ως «energizer » σήμερα, οδηγήθηκε σε μία πολύ μεγάλη ανακάλυψη . Ευήβρε την γνωστή σε όλους μας αλκαλική μπαταρία.

Καθ ’όλη τη δεκαετία του 1950 πολλοί μηχανικοί είχαν πειραματιστεί με αλκαλικές μπαταρίες, αλλά κανείς δεν ήταν σε θέση να αναπτύξει μια μεγαλύτερη σε λειτουργία μπαταρία η οποία να αξίζει το υψηλότερο κόστος παραγωγής.

Ο Lewis Urry έκανε πολλές δοκιμές με πληθώρα υλικών και ανακάλυψε ότι το διοξείδιο του μαγγανίου (κάθοδος ) και ο υγρός ψευδάργυρος (άνοδος) λειτούργησε καλά σε συνδυασμό με μια αλκαλική ουσία ως ηλεκτρολύτης. Κύριο πρόβλημα του ήταν ότι η μπαταρία δεν θα μπορούσε να παρέχει αρκετή ισχύ. Επομένως κατάφερε να ξεπεράσει αυτό το πρόβλημα χρησιμοποιώντας σκόνη ψευδαργύρου.

Στις 9 Οκτωβρίου, 1957 οι Lewis Urry, Karl Kordesch και P.A. Marsal κατέθεσαν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας των ΗΠΑ για αυτήν την επαναστατική αλκαλική μπαταρία ξηρών στοιχείων με σκόνη τζελ ψευδαργύρου στην άνοδο. Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας χορηγήθηκε το 1960 και αποδίδεται στην Union Carbide Corporation.

Είκοσι χρόνια αργότερα το 1980 ο Αμερικάνος εφευρέτης και επιστήμονας Stanford R. Ovshinsky

*εικόνα 2.34 ο Stanford R. Ovshinsky*

έφερε στην αγορά την μπαταρία νικελίου-υδριδίου μετάλλου .Η μπαταρία ήρθε για να αντικαταστήσει την μπαταρία νικελίου – καδμίου καθώς είχε πολύ μεγαλύτερη διάρκεια και επιπλέον ήταν πολύ πιο φιλικές στο περιβάλλον αφού το κάδμιο είναι πολύ τοξικό υλικό.



*εικόνες 2.34-5 διάφοροι τύποι μπαταριών νικελίου-υδριδίου μετάλλου (Ni-Mi)*

Το 1991 οι εταιρείες Sony και  Asahi Kasei κυκλοφόρησαν την πρώτη εμπορική μπαταρία ιόντων λιθίου (lithium-ion).Η μπαταρία αυτή ανήκει στην ομάδα των επαναφορτιζόμενων μπαταριών.

α.) Κατά την διάρκεια της αποφόρτισης ιόντα λιθίου οδηγούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο στο θετικό ενώ,

β) κατά την διάρκεια της φόρτισης γίνεται ακριβώς το αντίστροφο.

Ως άνοδος χρησιμοποιείται μία ένωση λιθίου και συγκεκριμένα οξείδιο του λιθίου.

Ως κάθοδος χρησιμοποιείται μία άλλη ένωση λιθίου δηλ. λίθιο οξείδιο του κοβαλτίου.

Και ως ηλεκτρολύτη χρησιμοποιούνται άλατα λιθίου σε έναν οργανικό διαλύτη, όπως το ανθρακικό αιθυλένιο, το ανθρακικό διμεθύλιο και το ανθρακικό διαιθύλιο


*Εικόνες 2.36-7-8 διάφορα μεγέθη μπαταριών ιόντων λιθίου για ποικίλες χρήσεις*

Από το 1991 και έπειτα κατακλύζουν την αγορά διάφορα είδη μπαταριών λιθίου .Κάθε παραλλαγή μπαταρίας λιθίου διαφέρει στις ιδιότητές της καθώς ποικίλουν και οι χρήσεις για τις οποίες προορίζονται. Μερικές από αυτές είναι :

α) μπαταρία λιθίου πολυμερών ιόντων (Li-Pol).

β) μπαταρία ιόντων λιθίου με μαγγάνιο

γ) μπαταρία ιόντων λιθίου του φωσφόρου (Li-phosphate,LiFePO4) κ.α

Αναλυτικότερα θα μιλήσουμε για το συγκεκριμένο είδος μπαταριών σε επόμενο κεφάλαιο.

Παρακάτω παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας της ιστορικής αναδρομής με τα βασικά βήματα στην εξέλιξη των συσσωρευτών.

# 2.3 ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΑΝΑΔΡΟΜΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| α/α | ΕΤΟΣ | ΕΦΕΥΡΕΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΑΣ | ΕΡΓΟ |
|---|---|---|---|
| **1** | 1771 | Λουίτζι Γκαλβάνι | πείραμα με βατράχους και ηλεκτρόδια |
| **2** | 1800 | Αλεσάντρο Βόλτα | ηλεκτρική στήλη ή βολταϊκός σωρός |
| **3** | 1802 | William Cruickshank | σχεδίασε την πρώτη ηλεκτρική μπαταρία ικανή για μαζική παραγωγή. |
| **4** | 1836 | John F. Daniell | Ηλεκτροχημικά κελιά |
| **5** | 1842 | William Robert Grove | ανέπτυξε το πρώτο κελί καυσίμου. |
| **6** | 1859 | Gaston Planté | μπαταρίας (μολύβδου οξέως) αποτελούμενη από εννέα στοιχεία |
| **7** | 1868 | Georges Leclance | μπαταρία ψευδαργύρου-άνθρακα. |
| **8** | 1887 | Carl Gassner | πρώτη μπαταρία ξηρού στοιχείου που ήταν επιτυχημένη στην αγορά |
| **9** | 1899 | Ernst Waldemar Junger | μπαταρία νικελίου-καδμίου. |
| **10** | 1901 | Thomas Alva Edison | $1^{η}$ μπαταρία νικελίου-σιδήρου |
| **11** | 1920 | Samuel Ruben<br>Philip Mallory | Duracell International. |
| **12** | 1950 | Samuel Rubben | μπαταρία ψευδαργύρου-υδραργύρου |
| **13** | 1947 | Georg Neuman | σφράγισμα των μπαταριών νικελίου-καδμίου |
| **14** | 1950 | Lewis Urry | αλκαλική μπαταρία |
| **15** | 1980 | Stanford R. Ovshinsky | μπαταρία νικελίου – καδμίου |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **16** | 1991 | Sony και Asahi Kasei | την πρώτη εμπορική μπαταρία ιόντων λιθίου. |
| **17** | 1994 | Εταιρεία Bellcore | μπαταρία πολυμερών ιόντων (Li-Pol). |
| **18** | 1996 | Εταιρεία Molly Energy | μπαταρία ιόντων λιθίου με μαγγάνιο. |
| **19** | 1996 | Πανεπιστήμιο Τέξας | μπαταρία ιόντων λιθίου του φωσφόρου (Li-phosphate,LiFePO4) κ.α |

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Παρακάτω παρατίθενται κάποια μεγέθη – έννοιες που οφείλουμε να γνωρίζουμε κατά την μελέτη μας σχετικά με τους συσσωρευτές.

### *Χωρητικότητα*

Ένα μέγεθος το οποίο είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε για να κατανοήσουμε την λειτουργία των μπαταριών είναι η χωρητικότητα.

Η χωρητικότητα είναι το μέγεθος που δείχνει το μέτρο της ποσότητας του ηλεκτρικού φορτίου που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία, όταν εκείνη εκφορτιστεί από την πλήρη φόρτισή της μέχρι το σημείο εκφόρτισης που προβλέπει ο κατασκευαστής. Η αναγραφόμενη χωρητικότητα συνήθως εκφράζεται για εκφόρτιση 10 ωρών σε θερμοκρασία 25$^{o}$C. Αν αυξηθεί ο ρυθμός εκφόρτισης θα μας παρέχει ρεύμα μεγαλύτερης έντασης για μικρότερο χρονικό διάστημα.

Παράδειγμα : μία μπαταρία 36Ah θα μας δίνει 3,6A για 10h ή θα αποδίδει 6A για 6h.

### *Ρυθμός φόρτισης*

Λόγω του ότι η μπαταρία ποτέ δεν έχει απόδοση 100% (θερμικές απώλειες κλπ) για να φορτιστεί πρέπει να της παρέχουμε φορτίο 1,3 φορές του ονομαστικού της. Οι μπαταρίες πρέπει να φορτίζονται με αργό ρυθμό της τάξης του 1/10 έως και 1/30 της ονομαστικής τους

χωρητικότητας διαφορετικά υπερθερμαίνονται , καταπονούνται και αλλοιώνονται οι ιδιότητες του ηλεκτρολύτη .

Παράδειγμα: η μπαταριά των 36Ah θα πρέπει να φορτιστεί με ρεύμα 3,6A **x** 1,3=4,68A για 10 ώρες.

## *Ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ)*

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι η ΗΕΔ δεν είναι δύναμη (ο όρος είναι παραπλανητικός ). Η ΗΕΔ είναι το έργο ανά μονάδα φορτίου που παράγεται από την πηγή κατά τη διέλευση του φορτίου μέσα από αυτήν και έχει μονάδες δυναμικού (volt). Μια μπαταρία με ΗΕΔ Ε=1,5 V παράγει έργο 1,5 J για κάθε φορτίο ενός Coulomb το οποίο διέρχεται από αυτήν.

Με άλλα λόγια,

Ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας μπαταρίας καλείται η τάση που μετράται σε έναν συσσωρευτή-στοιχείο συσσωρευτή όταν δεν υπάρχει εξωτερικό φορτίο (εν κενώ) . Η ΗΕΔ εξαρτάται από την πυκνότητα και το είδος του ηλεκτρολύτη και εκφράζεται προσεγγιστικά με την σχέση :

ΗΕΔ= πυκνότητα +0,84 ανά στοιχείο

Παράδειγμα : εάν μετρήσουμε με ένα πυκνόμετρο την πυκνότητα ενός στοιχείου η οποία είναι 1,34 g/cm3 θα έχουμε

Τάση στοιχειού:1,34+0,84 =2,18 V και τάση μπαταρίας : 2,18*6=13,08V

Πολλαπλασιάσαμε με 6 ,επειδή 6 είναι τα στοιχεία μιας 12βολτης μπαταρίας.

## *Εσωτερική αντίσταση*

Μια ιδανική πηγή διατηρεί σταθερή τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών της, ανεξάρτητα από το ρεύμα που τη διαρρέει. Στην πραγματικότητα όμως κάτι τέτοιο δεν υφίσταται διότι τα φορτία κατά τη διέλευση τους μέσα από την πηγή συναντούν αντίσταση. Η αντίσταση

αυτή λέγεται εσωτερική αντίσταση της πηγής και συμβολίζεται με r. Σε μια μπαταρία η αντίσταση αυτή οφείλεται:
α) σε ηλεκτρικούς παράγοντες όπως η αντίσταση των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένη
(κάλυμμα- καπάκι, εσωτερικά υλικά- ηλεκτρόδια, στοιχεία μπαταρίας και ηλεκτρολύτη, ποιότητα επαφής μεταξύ των υλικών κλπ.) και
β) σε ηλεκτροχημικούς παράγοντες (αγωγιμότητα ηλεκτρολύτη, κινητικότητα ιόντων, επιφάνεια ηλεκτροδίων).
Γενικά η εσωτερική αντίσταση μίας μπαταρίας ,αυξάνεται με τη χρήση της και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την εσωτερική αντίσταση, όπως η χημεία της μπαταρίας, η ηλικία της, το βάθος εκφόρτισης η συχνότητα και η διάρκεια φόρτισης της καθώς και ο ρυθμός με τον οποίο αντλείται ενέργεια από τη μπαταρία. Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν επίσης αύξηση της εσωτερικής αντίστασης γιατί επιβραδύνουν την χημική αντίδραση στο εσωτερικό της μπαταρίας (μείωση της κινητικότητας των ιόντων)

Η διαφορά δυναμικού V μεταξύ των ακροδεκτών της ΗΕΔ για κλειστό κύκλωμα (δηλαδή κύκλωμα στο οποίο η ΗΕΔ τροφοδοτεί μια ωμική αντίσταση R) ονομάζεται πολική τάση.

Η πολική τάση δίδεται από τη σχέση:

V=E – I*r , όπου I*r η πτώση τάσης λόγω της εσωτερικής αντίστασης.

Το ρεύμα που διαρρέει τα κύκλωμα είναι :

$I = \frac{E}{R+r}$ ενώ αν R=0 τότε ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι $I_\beta = \frac{E}{r}$

Επομένως το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαρτάται από την εσωτερική αντίσταση της πηγής.

## Μέτρηση εσωτερικής αντίστασης μπαταρίας

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές μέτρησης της εσ. αντίστασης μιας μπαταρίας. Μπορούμε να την πάρουμε από τον τύπο r=(E – V)/I

ή από δύο μετρήσεις τάσης για διαφορετικά ρεύματα

$r = \frac{V2-V1}{I2-I1}$

ή από την κλίση της γραφικής παράστασης I=f(V)

Σημειώνεται ότι η σχέση E - Ir = IR δεν αποδίδει ικανοποιητικά τη συμπεριφορά μιας πηγής. Η ΗΕΔ μπορεί να μην είναι σταθερή και η εσωτερική αντίσταση να μην έχει ακριβώς ωμική συμπεριφορά.

## *Ειδική ενέργεια*

Ειδική ενέργεια ενός συσσωρευτή ,ορίζεται η ενεργειακή χωρητικότητα ανά μονάδα βάρους του συσσωρευτή (Wh/kg). Η θεωρητική ειδική ενέργεια είναι η μέγιστη ενέργεια που μπορεί να παραχθεί ανά μονάδα βάρους του ενεργού υλικού του συσσωρευτή. Οι πρακτικές τιμές της ειδικής ενέργειας είναι αρκετά χαμηλότερες από τις θεωρητικές.

## *Ενεργειακή πυκνότητα*

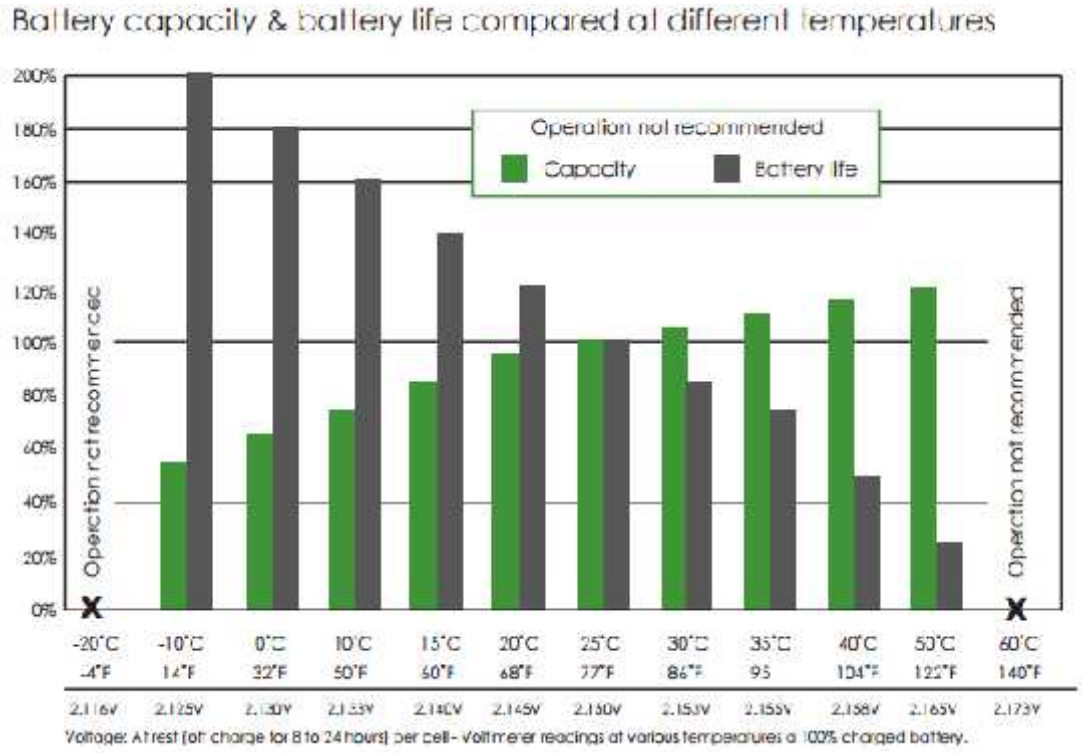
Ως ενεργειακή πυκνότητα ορίζεται η ενέργεια που παρέχεται ανά μονάδα όγκου του συσσωρευτή (Wh/L ή Wh/cm3)

## *Φαινόμενο μνήμης*

Πρόκειται για μια παρενέργεια που παρουσιάζεται στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και λαμβάνει χώρα, όταν ο χρήστης τις φορτίζει σε άτακτα χρονικά διαστήματα, διακεκομμένα και χωρίς να έχουν αποφορτιστεί εντελώς. Το πρόβλημα εντοπίζεται στα υλικά, από τα οποία αποτελείται η μπαταρία, και τα οποία, αν παραμείνουν ανενεργά για κάποιο χρονικό διάστημα, κρυσταλλοποιούνται, δεσμεύοντας μόνιμα στη δομή του υλικού τους μερικά ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία δεν μπορούν πλέον να μετακινηθούν από την κάθοδο στην άνοδο. Όταν λοιπόν μία μπαταρία, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, δεν αποφορτίζεται εντελώς, τότε τα ηλεκτρόνια, που δεν έχουν κινηθεί, ενσωματώνονται και δημιουργούν οξείδια, τα οποία καθιστούν τις πλάκες ανενεργές. Το πρόβλημα ονομάστηκε «φαινόμενο μνήμης», για να υπενθυμίζει στους χρήστες ότι η μπαταρία «θυμάται» την κακή της χρήση. Φαινόμενο μνήμης παρουσιάζουν οι δευτερογενής μπαταρίες νικελίου καδμίου (NiCd), και λιγότερο οι μπαταρίες Νικελίου – υδριδίου μετάλλου (Ni-Mh)

## Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται μία μπαταρία επηρεάζει σημαντικά την λειτουργία της καθώς επίσης και την διάρκεια ζωής της .Σε χαμηλές θερμοκρασίες ο ηλεκτρολύτης τείνει να πήζει και οι χημικές αντιδράσεις γίνονται πιο αργά παρ' όλα αυτά ως αποτέλεσμα έχουμε την μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες υπάρχει κίνδυνος να παγώσει ο ηλεκτρολύτης γεγονός που σημαίνει ότι η μπαταρία δεν θα λειτουργήσει (ως ότου έρθει πάλι στην κανονική του μορφή). Εάν δεν ραγίσει η μπαταρία λόγω της διαστολής του υγρού δεν θα επιφέρει καμία μόνιμη βλάβη.




*Διάγραμμα 3.1 αύξηση-μειωση χωρητικότητας-ζωής μπαταρίας σύμφωνα με την θερμοκρασία*

Στο διάγραμμα παρατηρούμε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται η χωρητικότητα και μειώνεται η διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Παρατηρούμε επίσης ότι στους $25^{o}C$ επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα και διάρκεια ζωής

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## Ο ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ

### *Η έννοια του ηλεκτρισμού.*

Για να καταλάβει κανείς τον τρόπο λειτουργίας της μπαταρίας, αρχικά πρέπει να αντιληφθεί την έννοια του ηλεκτρισμού.

Γενικά

**Ηλεκτρισμός** είναι ο γενικός όρος με τον οποίο περιγράφονται ομάδες φυσικών φαινομένων ,στα οποία λαμβάνει χώρα ροή ηλεκτρικού φορτίου όπως ο κεραυνός κ.α.

Ειδικότερα

**Ηλεκτρισμός:**

είναι η προσανατολισμένη κυκλοφορία ηλεκτρονίων μέσω ενός αγώγιμου «δρόμου» , που συνήθως είναι το καλώδιο. Αυτός ο «δρόμος» ονομάζεται κύκλωμα.

Όπως είναι γνωστό το μέγεθος με το οποίο μετράμε το ηλεκτρικό ρεύμα είναι μονόμετρο μέγεθος ,όμως έχει φορά (διάνυσμα) από τα σημεία ψηλού δυναμικού στα σημεία χαμηλού δυναμικού , και ονομάζεται ένταση ηλεκτρικού ρεύματος. Μονάδα μέτρησης είναι το ένα Αμπέρ (Α).

## *Ορισμός της μπαταρίας.*

**Μπαταρία** ή διαφορετικά συσσωρευτής, ονομάζεται εκείνη η συσκευή η οποία αποθηκεύει η αλλιώς «συσσωρεύει» (όπως μαρτυρά και το όνομά της) χημική ενέργεια την οποία και απελευθερώνει με μορφή ηλεκτρισμού όταν χρησιμοποιηθεί σε κάποια εφαρμογή.

## *Δομή της μπαταρίας*

Οι μπαταρίες που κυκλοφορούν σήμερα στο εμπόριο ποικίλουν ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζονται. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μπαταριών (θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο) ανοιχτού-κλειστού τύπου, επαναφορτιζόμενες ή μη , βραχείας ή αργής φόρτισης-εκφόρτισης κλπ. Ακόμη το εύρος των μεγεθών των μπαταριών είναι αχανές.

Κάθε μπαταρία αποτελείται από :

**1.) Δοχείο**

ή κουτί της μπαταρίας ή ένα οποιοδήποτε ανθεκτικό περίβλημα (συνήθως ένα πολύ σκληρό και ανθεκτικό πλαστικό ή αλουμίνιο ανάλογα και με τον τύπο της).Μέσα σε αυτό περιέχονται τα υπόλοιπα μέρη της μπαταρίας.

**2.) Ηλεκτρόδια**

Μέσα στο «κουτί» της μπαταρίας εμπεριέχονται τα ηλεκτρόδια .Αυτά είναι δύο .Το θετικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος + ) και το αρνητικό ηλεκτρόδιο (άνοδος - ),εάν αναφερόμαστε σε μη επαναφορτιζόμενες μπαταρίες διαφορετικά αντιστρέφεται ο ρόλος των ηλεκτροδίων κατά την διάρκεια της φόρτισης (βλέπε σχετική αναφορά στο υποκεφάλαιο «η λειτουργία της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας»).Τα ηλεκτρόδια αποτελούν δύο μεταλλικές πλάκες ή σύμπλεγμα αυτών (πλακών) .Σε περίπτωση που έχουμε παραπάνω από μια μεταλλική πλάκα για κάθε

ηλεκτρόδιο (δηλαδή σύμπλεγμα πλακών) τότε κάθε ομάδα αποτελούμενη από δύο ηλεκτρόδια (άνοδος-κάθοδος) και το μέρος του ηλεκτρολύτη που τους αντιστοιχεί αποτελεί μία **κυψέλη** ή κελί (στα αγγλικά cell).Τα ηλεκτρόνια σε μια μπαταρία ,σε στάδιο αποφόρτισης, κατευθύνονται από την άνοδο προς την κάθοδο (γίνεται σχετική αναφορά στην παρακάτω *εικόνα 3.2*) αφού περάσουν και ενεργοποιήσουν ή εκκινήσουν την συσκευή- εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιείται.

*Εικόνα 4.1 γράφημα αναπαράστασης της φόρτισης μία μπαταρίας*

## *Σύνδεση των κελιών μίας μπαταρίας*

Τα κελιά σε μία μπαταρία, συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα ή σε σειρά ή παράλληλα και μεταξύ τους σε σειρά .( συνδυασμό δηλαδή των δύο πρώτων τρόπων σύνδεσης .Με την εν σειρά σύνδεση επιτυγχάνεται αύξηση της τάσης της μπαταρίας αλλά η αυτονομία παραμένει ίδια ενώ η εν παραλλήλω σύνδεση επιφέρει ακριβώς τα αντίστροφα αποτελέσματα δηλαδή αύξηση της αυτονομίας και διατήρηση της τάσης .Επομένως εύκολα συνάγεται το συμπέρασμα ότι με τον συνδυασμό των δύο τρόπων συνδέσεων αυξάνεται και η αυτονομία και η τάσης του συσσωρευτή.

### 3.) Ηλεκτρολύτη

Επιπλέον σε κάθε μπαταρία απαντάται ο ηλεκτρολύτης, ο οποίος και εμπεριέχεται στο κουτί της μπαταρίας και έχει συνήθως μορφή υγρού ή τζέλ. Ο ηλεκτρολύτης συνήθως αποτελείται από διάλειμμα νερού με

κάποιο οξύ , κάποια άλατα ή κάποιο αλκάλιο που του προσδίδουν καλύτερη αγωγιμότητα.

Παρόλα αυτά οι βασικές δομές των μπαταριών διαφέρουν ελάχιστα.

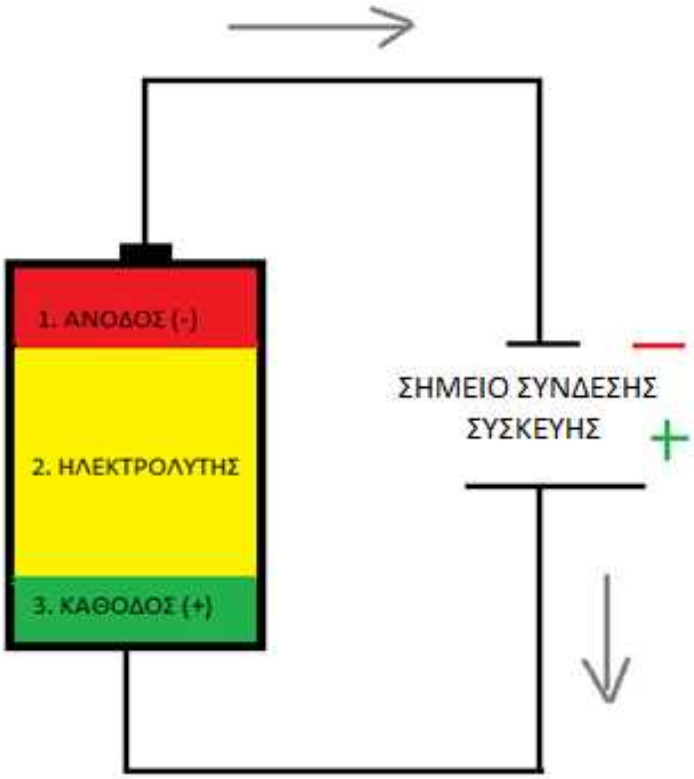
Πιο συνοπτικά

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως κάθε συσσωρευτής (οποιουδήποτε είδους) αποτελείται από τρία μέρη:

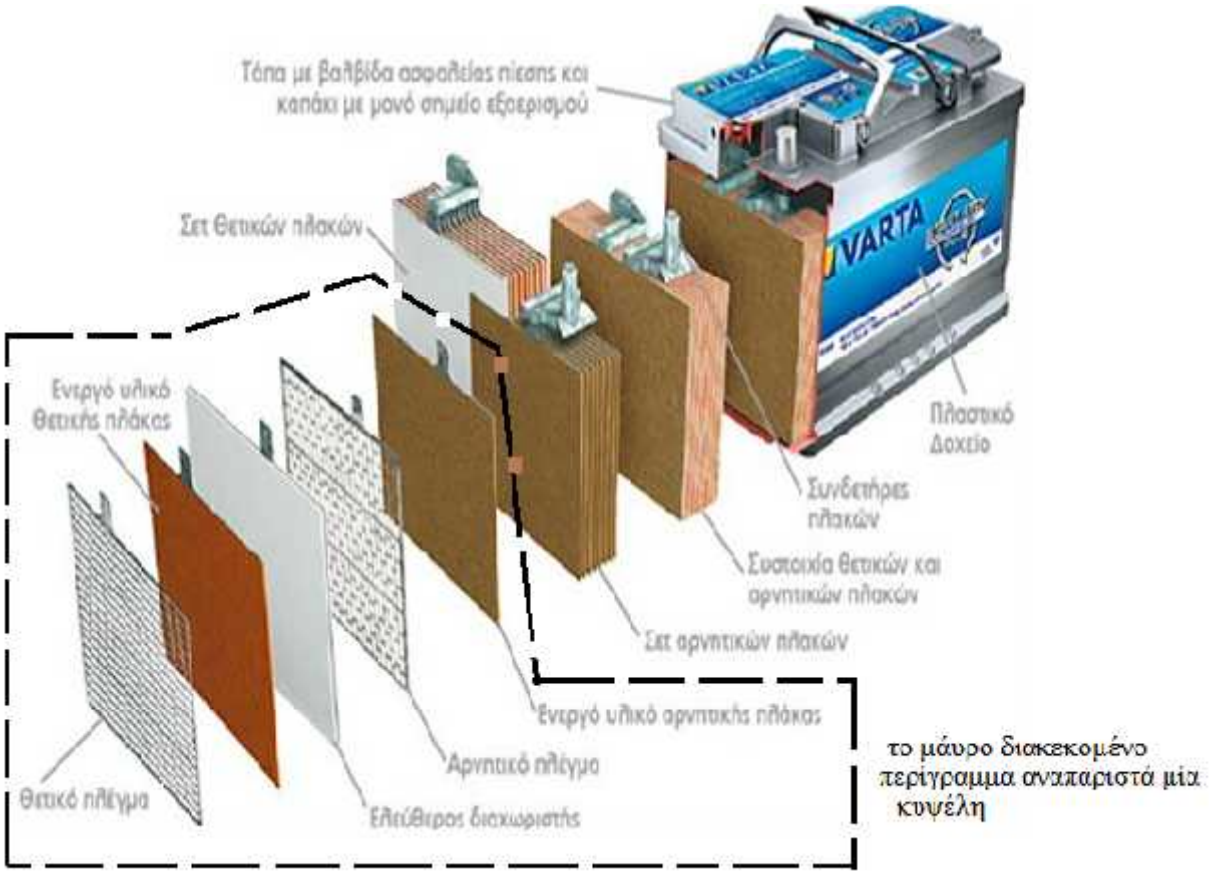
1) Άνοδος (-)
2) Κάθοδος (+) και
3) Ηλεκτρολύτη

βλέπε την παρακάτω εικόνα 3.2

Με τα βελάκια σημειώνεται η κατεύθυνση των ηλεκτρονίων σε μια μπαταρία όταν αυτή βρίσκεται σε κατάσταση αποφόρτισης (δηλαδή χρησιμοποιείται σε κάποια εφαρμογή) .




*εικόνα 4.2 διάγραμμα με τα τρία βασικά μέρη της μπαταρίας και ροή ηλεκτρονίων*




*Εικόνα 4.3 αναλυτικά τα μέρη μίας μπαταρίας και εικονικός προσδιορισμός της κυψέλης*

## *Η λειτουργίας της μπαταρίας.*

Όταν μία μπαταρία συνδεθεί σε μία συσκευή για οποιαδήποτε εφαρμογή τότε η άνοδος και η κάθοδος (το θετικό και το αρνητικό όπως είναι γνωστά στις κλασικές μπαταρίες) δημιουργούν ένα κύκλωμα.

Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στην μπαταρία προκαλούν τη δημιουργία ηλεκτρονίων στην άνοδο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παράγεται ηλεκτρική διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην άνοδο και την κάθοδο.

Για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου θα παρουσιάζαμε αυτή τη

διαφορά δυναμικού ως μία ανισορροπία ανάμεσα στα ηλεκτρόνια.

Έτσι αυτά προσπαθούν να « αναδιοργανωθούν» για να εκμηδενίσουν τη διαφορά δυναμικού, απωθώντας το ένα το άλλο, για να πάνε σε κάποιο σημείο που έχει λιγότερα ηλεκτρόνια.
Κοινώς, τα ηλεκτρόνια έχουν την τάση να δημιουργούν μία ισορροπία, όπου υπάρχει ανισορροπία, κινούμενα σε εκείνο το σημείο με τα λιγότερα ηλεκτρόνια.
Σε μια μπαταρία λοιπόν, στο μόνο σημείο το οποίο μπορούν να οδηγηθούνε τα ηλεκτρόνια, είναι η κάθοδος.

Εδώ είναι το σημείο που μπορεί κανείς να καταλάβει τον βασικό ρόλο του ηλεκτρολύτη .Ο ηλεκτρολύτης αποτελεί τροχοπέδη στην κίνηση των ηλεκτρονίων και τα αναγκάζει να μην οδηγηθούν κατευθείαν στην κάθοδο δηλαδή να κατευθύνονται με όσο το δυνατόν πιο αργό τρόπο γίνεται (αυτοεκφόρτιση). Μόνο αν το κύκλωμα είναι βραχυκυκλωμένο ή διαφορετικά  υπάρχει  καλώδιο που συνδέει την άνοδο με την κάθοδο) μπορούν να φτάσουν τα ηλεκτρόνια στην κάθοδο.

Έτσι, αν για παράδειγμα η συσκευή η οποία εικάσαμε στην αρχή είναι μία λάμπα, τα ηλεκτρόνια οδηγούνται μέσα από το κύκλωμα της λάμπας, με αποτέλεσμα να την ανάβουν. Αυτός είναι ένας τρόπος για να περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο το ηλεκτρικό δυναμικό κάνει τα ηλεκτρόνια να κινηθούν σε ένα κύκλωμα.
Δηλαδή με άλλα λόγια, εξαιτίας του ηλεκτρολύτη, μπλοκάρονται, και βρίσκουν διέξοδο μέσω του κυκλώματος της λάμπας να πάνε στην κάθοδο.

Παρόλα αυτά, αυτές οι χημικές αντιδράσεις φθείρουν τα χημικά που υπάρχουν στην άνοδο και την κάθοδο, κατά τη διαδικασία «εμπόδισης» της ροής των ηλεκτρονίων.
Γι’ αυτό και οι μπαταρίες (μη επαναφορτιζόμενες) παρέχουν περιορισμένη ποσότητα ενέργειας.

Όσα ειπώθηκαν παραπάνω για την λειτουργία της μπαταρίας έχουν να κάνουν μόνο με μπαταρίες οι οποίες δεν είναι επαναφορτιζόμενες. Στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες αλλάζουν κάποια πράγματα.

## *Η λειτουργία της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας*

Για να κατανοήσει κανείς πλήρως την έννοια της φόρτισης ενός συσσωρευτή οφείλει να γνωρίζει πλήρως τις έννοιες πρωτεύοντος και δευτερεύοντος στοιχείου και κατ’ επέκταση της ανόδου και της καθόδου της μπαταρίας.

Πιο συγκεκριμένα :

**Πρωτεύον στοιχείο**

Ένα πρωτεύον στοιχείο είναι ένας ειδικός τύπος ηλεκτροχημικού στοιχείου στο οποίο η αντίδραση δεν μπορεί να αντιστραφεί και οι ταυτότητες της ανόδου και της καθόδου συνεπώς είναι καθορισμένες. Η **άνοδος είναι πάντα το αρνητικό ηλεκτρόδιο**. Το στοιχείο μπορεί να αποφορτιστεί, αλλά όχι να επαναφορτιστεί. **(για παράδειγμα μία μη επαναφορτιζόμενη μπαταρία).**

**Δευτερεύον στοιχείο**

Ένα δευτερεύον στοιχείο είναι το στοιχείο στο οποίο οι χημικές αντιδράσεις είναι αντιστρεπτές. Όταν φορτίζεται το στοιχείο, η άνοδος γίνεται το θετικό ηλεκτρόδιο (+) και η κάθοδος το αρνητικό (-) ηλεκτρόδιο. Αυτό συμβαίνει επίσης σε ένα ηλεκτρολυτικό στοιχείο. Όταν το στοιχείο αποφορτίζεται, συμπεριφέρεται ως ένα πρωτεύον στοιχείο, με την άνοδο ως το αρνητικό ηλεκτρόδιο και την κάθοδο ως το θετικό ηλεκτρόδιο,**( για παράδειγμα μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία).**

## *Λειτουργία φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας*

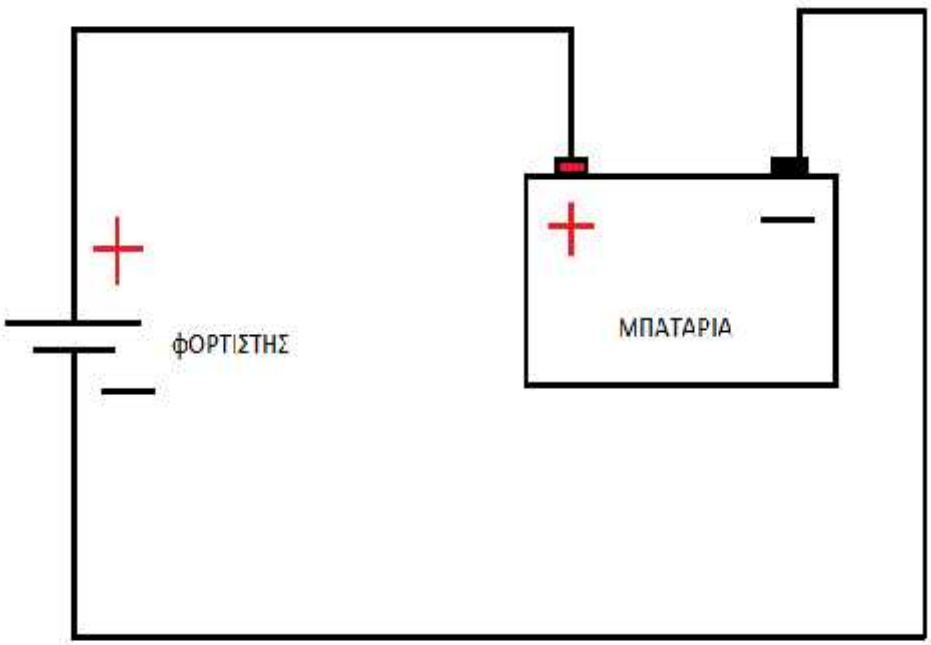
Επομένως , όταν πραγματοποιούμε φόρτιση μιας μπαταρίας (δηλαδή όταν η μπαταρία μας αποκτά ρόλο δευτερεύοντος στοιχείου), αλλάζουμε την πορεία (κατεύθυνση κίνησης ) των ηλεκτρονίων με μία πηγή ενέργειας ,και στην συγκεκριμένη περίπτωση με πηγή συνεχούς τάσεως και ίδιας τάσεως με την ονομαστική της μπαταρίας αλλά με αντίθετη

φορά, δηλαδή με έναν κατάλληλο φορτιστή. Κατά την διάρκεια φόρτισης της μπαταρίας η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική.

Κατ’ αυτόν τον τρόπο οι ηλεκτροχημικές αντιδράσεις γίνονται ανάποδα και η άνοδος με την κάθοδο επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση.

Διαφορετικά, το ρεύμα που παρέχει ο φορτιστής αναγκάζει τα ηλεκτρόνια που είχαν μεταβεί στην κάθοδο όπου έχουν καταλήξει μετά την χρήση της μπαταρίας (αποφόρτιση) να μεταβούν στην άνοδο , δηλαδή στην αρχική τους κατάσταση.

Κατά την διάρκεια εκφόρτισης του συσσωρευτή πραγματοποιείται ακριβώς η αντίστροφη διαδικασία κατά την οποία τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν στην αρχική τους θέση την άνοδο.(αναλυτικότερα η λειτουργιές φόρτισης και εκφόρτισης παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 4.




*Εικόνα 4.4διάγραμμα ορθής φόρτισης μπαταρίας*

Όπως παρατηρούμε και στο διάγραμμα φόρτισης της μπαταρίας (εικόνα 3.3) , η σύνδεση του φορτιστή με την μπαταρία γίνεται παράλληλα , διαφορετικά θα υπάρξει βραχυκύκλωμα.

## *Αυτοεκφόρτιση συσσωρευτή*

Αυτοεκφόρτιση καλείται η διαδικασία κατά την οποία σε μια μπαταρία και σε περιόδους που δεν χρησιμοποιείται, τα ηλεκτρόνια συνεχίζουν να μετακινούνται από την κάθοδο προς την άνοδο όμως αυτήν την φορά μέσω του ηλεκτρολύτη και με εξαιρετικά αργό ρυθμό ,το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αυτοεκφόρτιση ενός συσσωρευτή. Η αυτοεκφόρτιση τυπικά υπολογίζεται σε απώλεια της τάξης του 0,7% της κατάστασης φόρτισης ανά ημέρα.

Αν μία μπαταρία για παράδειγμα σε πλήρη φόρτιση έχει χωρητικότητα 2200 mAh σε μία μέρα, η εκφόρτιση της θα είναι 2200 x 0,007=15,4 mAh

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## ΕΙΔΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

### *Κατηγορίες συσσωρευτών.*

Κατ' αρχάς , όταν θέλουμε να αναφερθούμε στα είδη των συσσωρευτών πρέπει να γίνει πλήρως κατανοητός , ο τρόπος κατά τον οποίον κατατάσσουμε τις μπαταρίες σε δύο ευρείες κατηγορίες .

α.) τις **Πρωτογενείς** και

β.) τις **Δευτερογενείς**

Γενικότερα

### *5.1 Οι πρωτογενείς συσσωρευτές*

Στην πρώτη κατηγορία κατατάσσονται οι μπαταρίες οι οποίες αφού χρησιμοποιηθούν σε κάποια εφαρμογή ή συσκευή και η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχουν τελειώσει , τότε δεν υπάρχει δυνατότητα να ξαναχρησιμοποιηθούν. Δηλαδή μετά το πέρας της χρήσης τους πρέπει να αποδεσμευτούν από την συσκευή και να «πεταχτούν» οπωσδήποτε σε ειδικούς κάδους ανακύκλωσης μπαταριών! ,καθώς αποτελούν πηγή μολύνσεως και απειλής του περιβάλλοντος.
Μπαταρίες που ανήκουν στην κατηγορία των πρωτογενών χρησιμοποιούνται συνήθως σε οικιακές συσκευές, ρολόγια, ζυγαριές κουζίνας ή σώματος, παιχνίδια, τηλεκοντρόλ, αριθμομηχανές, και σε άλλες πολλές εφαρμογές. Πράγμα που δεν αναιρεί την χρήση

δευτερογενών μπαταριών ,απλώς πιο συχνά χρησιμοποιούνται μπαταρίες της πρώτης κατηγορίας.

Πρωτογενείς μπαταρίες είναι κατά μεγάλο ποσοστό οι κυλινδρικές (γνωστές ως AA, AAA, C, D ) οι πλατειές ή  επίπεδες (γνωστές ως ενιάβολτες 9V) και οι κομβιόσχημες (κουμπιά).Η χωρητικότητα αυτών των συσσωρευτών ανέρχεται το πάρα πολύ μέχρι 20Ah.Παρακάτω παρατίθενται εικόνες των πρωτογενών μπαταριών .


*Εικόνα 5.1 μπαταρία AA*


*Εικόνα 5.2 μπαταρία AAA*


*Εικόνα 5.3 μπαταρία C*

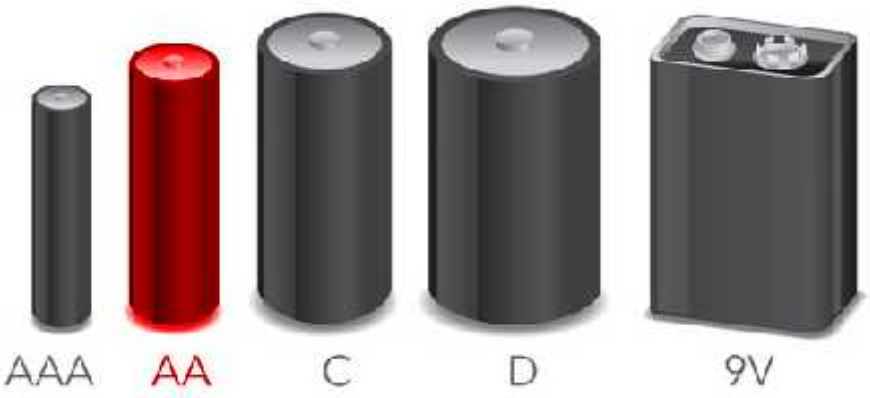

*Εικόνα 5.4 μπαταρία D*



*εικόνα 5.5 μπαταρία 9v*

*εικόνα 5.6 μπαταρίες σχήματος κομβίου 1,5v και 3v*

Ακόμη μία εικόνα που συνοψίζει τα μεγέθη των πρωτογενών μπαταριών και μπορεί κάνεις εύκολα να συγκρίνει τα μεγέθη τους.




*Εικόνα 5.7 σύγκριση των μεγεθών των μπαταριών.*

Σχετικά με τις ηλεκτροχημικές εξισώσεις που ακλουθούν, μελετώνται στην αποφόρτιση του συσσωρευτή.

Πιο αναλυτικά

Οι τύποι των πρωτογενών μπαταριών είναι οι εξής :

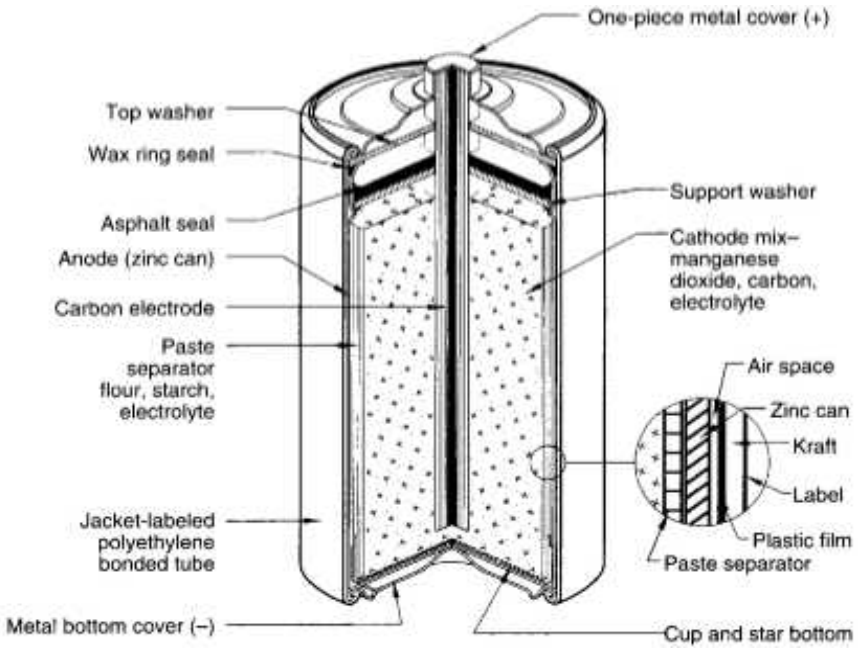
### 1.) Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zn/C) / zinc–carbon battery ή Leclanche

Τα ξηρά στοιχεία ψευδαργύρου-άνθαρακα αποτελούνται από:

Την άνοδο(-) που είναι το κυλινδρικό δοχείο από ψευδάργυρο που περικλείει τα υπόλοιπα μέρη του στοιχείου .

Την κάθοδο η οποία αποτελείται από μια ράβδο γραφίτη (στο κέντρο της μπαταρίας) αναμιγμένη με ένα μίγμα με συστατικά $NH_4Cl$ και $MnO_2$. Από ηλεκτροχημική άποψη όμως ο γραφίτης είναι ανενεργός, απλά μεταφέρει ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα, καθώς επίσης και έναν ηλεκτρολύτη χλωριούχου αμμωνίου και χλωριούχου ψευδαργύρου διαλυμένο σε νερό.

Η δράση στη άνοδο είναι γνωστή και εύκολη στη περιγραφή. Ιόντα ψευδαργύρου εγκαταλείπουν την μεταλλική επιφάνεια αφήνοντας στο μέταλλο περίσσεια ηλεκτρονίων. Έτσι το μεταλλικό περίβλημα - άνοδος φορτίζεται αρνητικά.




*Εικόνα 5.8 μέρη μπαταρίας ψευδαργύρου-άνθρακα*

## Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

**Άνοδος:** $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (Οξείδωση Zn)

Οι ηλεκτροχημικές δράσεις στην κάθοδο είναι πιο σύνθετες, αλλά μπορούμε να πούμε ότι έχουμε αναγωγή του $MnO_2$ προς $Mn_2O_3$ .

**Κάθοδος:** $2MnO_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3 \cdot H_2O + 2OH^-$ (Αναγωγή $Mn^{4+}$)

Τέτοιου τύπου μπαταρίες είναι σαν αυτές των εικόνων 5.1-5

## Χρήσεις :

Τέτοιο είδους μπαταρίες χρησιμοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές , ρολόγια, ζυγαριές κουζίνας ή σώματος, παιχνίδια, τηλεκοντρόλ, αριθμομηχανές, και σε άλλες πολλές εφαρμογές όπως προαναφέρθηκε.

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zn/C) ή Leclanche | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Χαμηλό κόστος παραγωγής | Συχνή διάβρωση σε μηχανήματα μετά το πέρας της λειτουργίας της όταν υπάρχει παραμονή σε αυτά για μεγάλα διαστήματα |
| Χαμηλό κόστος αγοράς | Χαμηλή πυκνότητα ενέργειας |
| Ευρεία διαθεσιμότητα | Μικρή (σχετικά) διάρκεια ζωής |
| Μεγάλη ποικιλία- εύρος εφαρμογών | Συνεχόμενη μείωση τάσεως σε κατάσταση αποφόρτισης. |
| | Σε ακραίες θερμοκρασίες η |

| | |
|---|---|
| | απόδοση δεν είναι σταθερή |
| | διαρροές υγρών από το εσωτερικό του στοιχείου προς το περιβάλλον |

## 2.) Ψευδαργύρου – Χλωριδίου / Zinc Chloride (Zn/Cl)

Οι μπαταρίες αυτές είναι σχεδόν ίδιες με εκείνες του ψευδαργύρου-άνθρακα.Μπορούμε να πούμε ότι είναι μία καλύτερη έκδοση εκείνων των μπαταριών με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής .Στην κατασκευή των μπαταριών αυτών χρησιμοποιούνται καθαρότερα χημικά, είναι πιο φιλικές στο περιβάλλον και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και σταθερότερη τάση εξόδου. Οι μπαταρίες αυτές κυκλοφορούν στο εμπόριο γνωστές και ως «heavy duty» ή «super heavy duty».βλέπε εικόνα 5.9 ,τα μεγέθη και οι τύποι μπαταριών δεν αλλάζουν σε σχέση με τις ψευδαργύρου-άνθρακα.

Η κύρια διαφορά τους είναι ότι ως ηλεκτρολύτη χρησιμοποιούν μόνο χλωριούχο ψευδάργυρο αλλά μπορούν να περιέχουν πολύ μικρή ποσότητα χλωριούχου αμμωνίου για να εξασφαλίσουν υψηλή απόδοση ρυθμού.

### Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

**Άνοδος**: $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2\ e^{-}$ [E° = −0.7626 V]

**Κάθοδος:** $MnO_2(s) + H_2O(l) + e^{-} \rightarrow MnO(OH)(s) + OH^{-}(aq)$

### Χρήσεις :

Οι χρήσεις είναι ίδιες με εκείνες των μπαταριών ψευδαργύρου-άνθρακα. Δεδομένου της διαφορά κόστους ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται η μπαταρία επιλέγουμε και τον τύπο που μας είναι καταλληλότερος.

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Ψευδαργύρου - Χλωριδίου (Zn/Cl)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής | Ελάχιστα πιο βαριές |
| Πυκνότερη ενέργεια | Ελάχιστα πιο ακριβές |
| Φιλικότερη στο περιβάλλον | |
| Καλή συμπεριφορά σε ακραίες θερμοκρασίες | |

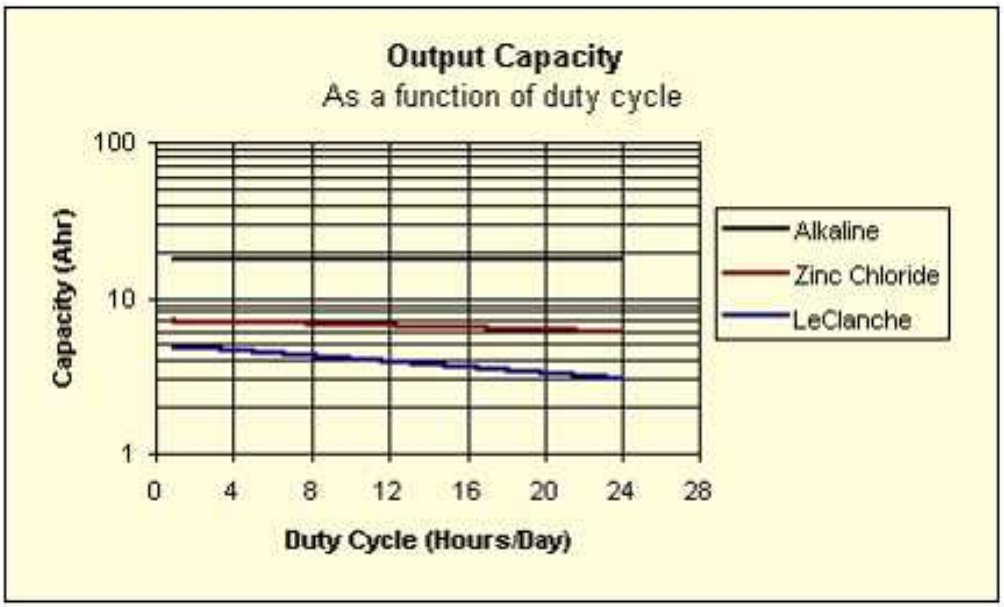

*εικόνα 5.9 μπαταρία Ψευδαργύρου – Χλωριδίου*

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Αρχικά να αναφέρουμε ότι τα διαγράμματα αναφέρονται σε μπαταρίες «energizer» τύπου D ψευδαργύρου-άνθρακα , Ψευδαργύρου – Χλωριδίου και αλκαλικές τις οποίες δεν εξετάζουμε την δεδομένη στιγμή τα όμοια ισχύουν και για τους υπόλοιπους τύπους

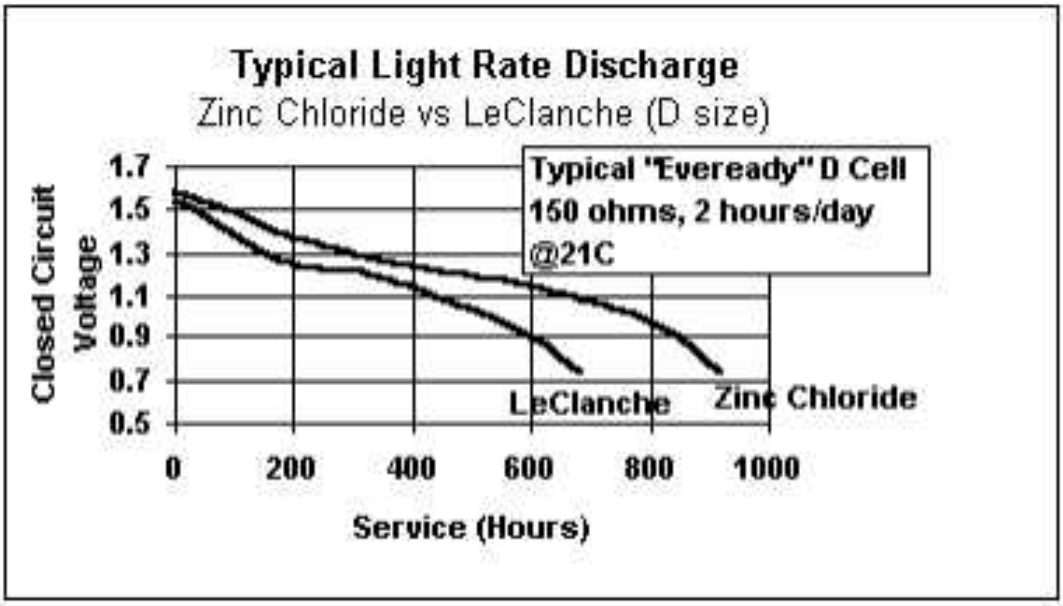
Στο $1^{ο}$ διάγραμμα ρεύματος εξόδου – κύκλων λειτουργίας παρατηρούμε ότι το ρεύμα εξόδου μειώνεται καθώς περνούν οι

κύκλοι λειτουργίας, γεγονός απόλυτα λογικό καθώς όλο και περισσότερα ιόντα μεταφέρονται και κατακάθονται στην κάθοδο . Ακόμη παρατηρούμε ότι στις μπαταρίες Ψευδαργύρου – Χλωριδίου η μείωση αυτή του ρεύματος είναι αρκετά πιο αργή από αυτήν στις μπαταρίες ψευδαργύρου-άνθρακα.




*Διάγραμμα 5.1 ρεύμα εξόδου-κύκλων λειτουργίας*

Στο 2ο διάγραμμα τάσης εξόδου-ωρών λειτουργίας παρατηρούμε ότι εκτός από την αναμενόμενη μείωση της τάσης εξόδου καθώς περνούν οι ώρες λειτουργίας ,και ότι στους συσσωρευτές Ψευδαργύρου – Άνθρακα η τάση εξόδου μειώνεται πιο γρήγορα από ότι στους συσσωρευτές Ψευδαργύρου – Χλωριδίου.

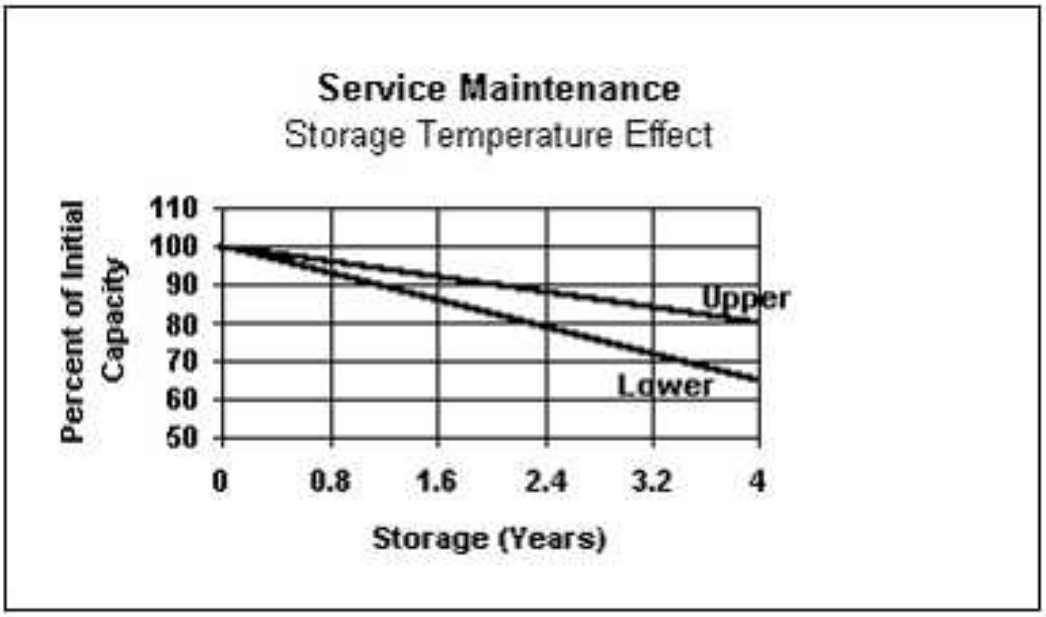



*Διάγραμμα 5.2 τάσης εξόδου-ωρών λειτουργίας*

Στο 3ο διάγραμμα χωρητικότητας συσσωρευτών – χρόνων αποθήκευσης παρατηρούμε ότι όσο περνά ο καιρός αποθήκευσης των μπαταριών μειώνεται η χωρητικότητά τους .Το ποσοστό μείωσης εξηγείται αναλυτικότατα στον παρακάτω πινάκα-εικόνα 4.10

| Time of Storage (21°C) | Typical Percent of Fresh Cell Service Retained |
|---|---|
| 1 year | 100-95% |
| 2 years | 82-90% |
| 3 years | 74-85% |
| 4 years | 65-80% |

*Εικόνα 5.10 Επεξήγηση διαγράμματος 5.3*




*Διάγραμμα 5.3 χωρητικότητας-χρόνων αποθήκευσης*

## 3.) Αλκαλικές Μαγγανίου ή αλκαλικές με διοξείδιο του μαγγανίου – (Alkaline Manganese Dioxide)

Οι μπαταρίες αυτές αποτελούνται από:

Την κάθοδο η οποία είναι ένα μίγμα υψηλής καθαρότητας ηλεκτρολυτικού διοξειδίου του μαγγανίου και ενός αγωγού άνθρακα, (βλέπε εικόνα 5.11)

Την άνοδο η οποία είναι ένα πυκνό τζελ από μείγμα σκόνης ψευδαργύρου.

Ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από ένα καυστικό βασικό αραιωμένο μείγμα υδροξειδίου του καλίου.

Τους διαχωριστές των ειδικά επιλεγμένων υλικών που εμποδίζουν τη μετανάστευση τυχόν στερεών σωματιδίων στη μπαταρία.

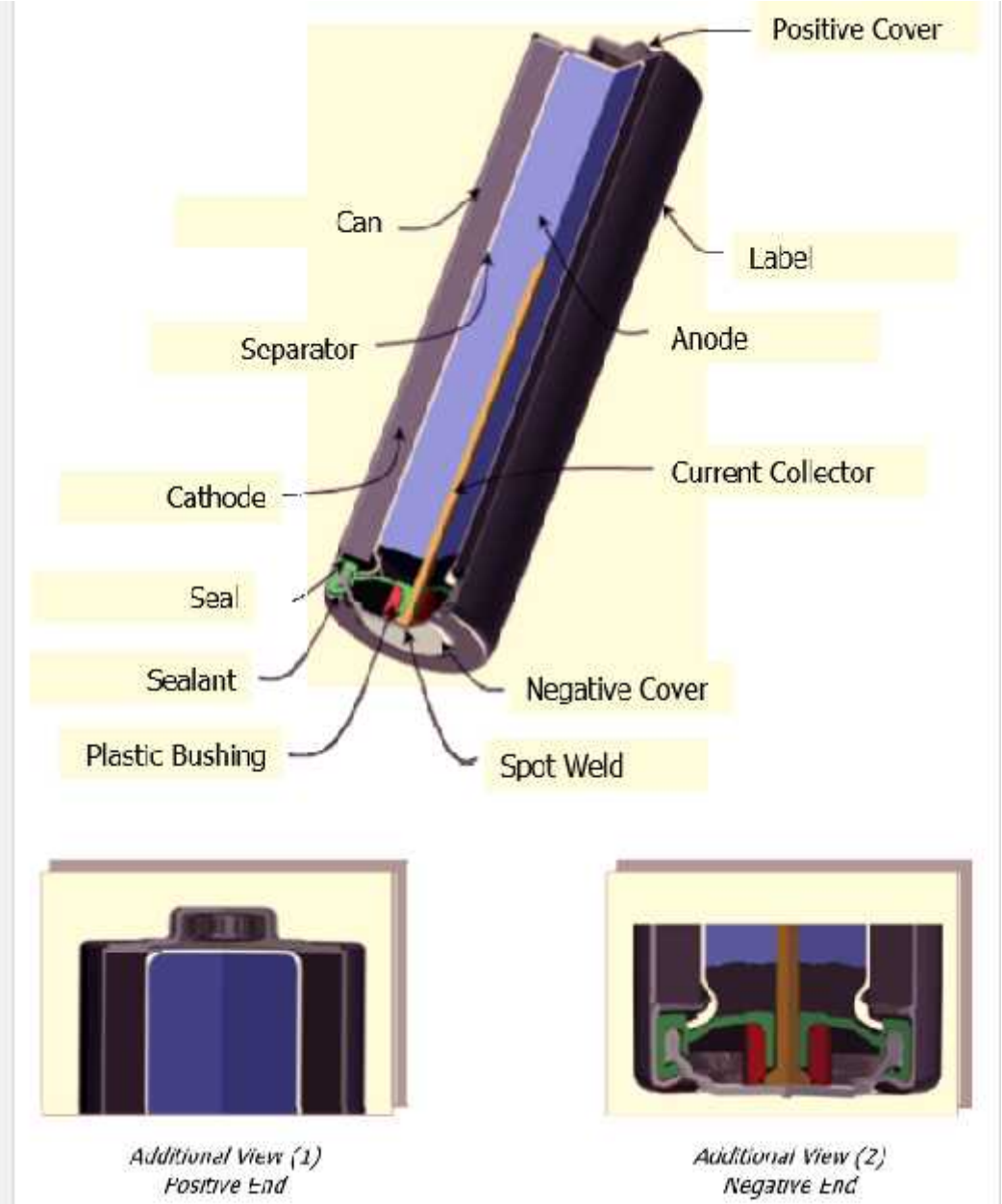
Το αλουμίνιο περίβλημα που περιορίζει δραστικά υλικά και χρησιμεύει ως συλλέκτης καθόδου.

Ένα κομμάτι ορείχαλκου που χρησιμεύει ως συλλέκτης ανόδου .

Ένα θετικό και ένα αρνητικό κάλυμμα που αποτελούν τους πολλούς της μπαταρίας .

Ένα μη αγώγιμο πλαστικό-ετικέτα-ταινία που μονώνει ηλεκτρικά την μπαταρία.

και μία σφραγίδα νάιλον που παρέχει ένα μηχανισμό εξαερισμού και ασφαλείας.




*Εικόνα 5.11 τομή αλκαλικής μπαταρίας διοξειδίου του μαγγανίου και αναλυτικότερη απεικόνιση των πόλων*

## Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

**Άνοδος**: $Zn + 2MnO_2 + H_2O \rightarrow ZnO + 2MnOOH$

**Κάθοδος:** $2\ MnO_2 + 2\ H_2O + 2\ e \rightarrow 2MnOOH + 2OH^-$

Την ίδια ώρα η άνοδος καταναλώνει ιόντα υδροξυλίου και παράγει νερό.

$Zn + 2\ OH^- \rightarrow ZnO + H_2O + 2\ e$

## Χρήσεις :

Οι χρήσεις είναι παρόμοιες με εκείνες των μπαταριών ψευδαργύρου-άνθρακα και ψευδαργύρου – χλωριδίου. Οι μπαταρίες αυτές χωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες ώστε να καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών.

Στην $1^{η}$ κατηγορία

είναι σχεδιασμένες για ισχύ μεγάλης διάρκειας για συσκευές με χαμηλή έως μέτρια παροχή ενέργειας σε προσιτή τιμή. Για παράδειγμα: ραδιόφωνα, τηλεχειριστήρια και ρολόγια.

Στην $2^{η}$ κατηγορία

είναι σχεδιασμένες για μακροχρόνια απόδοση στο ευρύτερο φάσμα των εφαρμογών της συσκευής.

Στην $3^{η}$ κατηγορία

είναι σχεδιασμένες για να προσφέρουν περισσότερο χρόνο λειτουργίας για συσκευές υψηλής τεχνολογίας. Για παράδειγμα: Ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, MP3 players, και ηλεκτρονικά παιχνίδια.

Λογικό είναι ότι η τιμή τους αυξάνεται καθώς ανεβαίνουμε κατηγορία χρήσης .

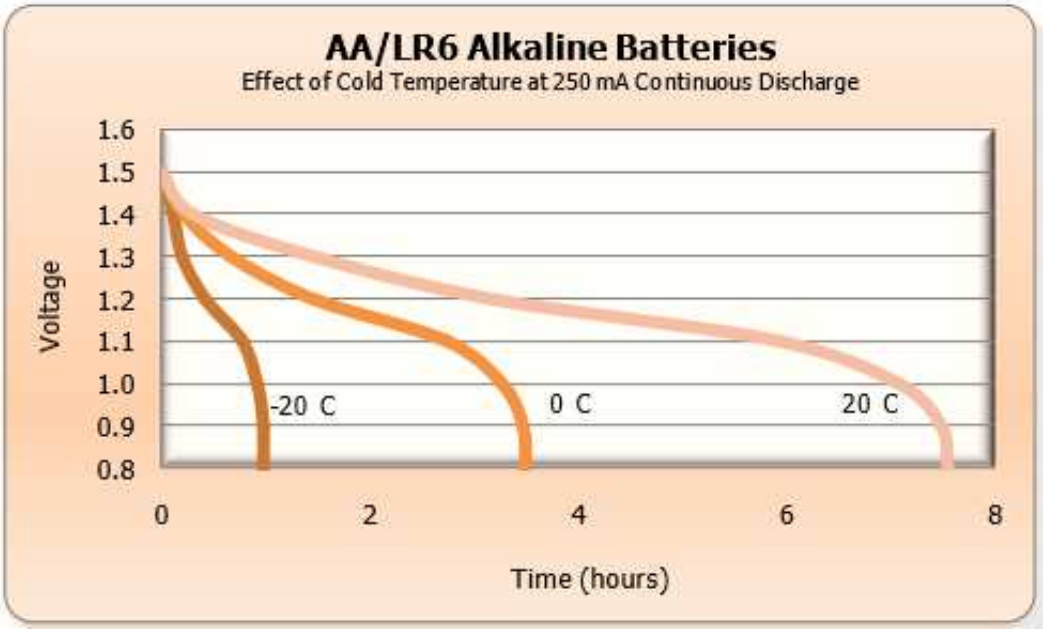
Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Αλκαλικές Μαγγανίου** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | Μειονεκτήματα |
| Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας | Σχετικά υψηλό κόστος |
| Υψηλότερη απόδοση των υπηρεσιών σε όλα τα ποσοστά διαρροής . | |
| χαμηλότερη εσωτερική αντίσταση από μπαταρίες ψευδαργύρου | |
| Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από μπαταρίες ψευδαργύρου. | |
| Μεγαλύτερη αντοχή σε διαρροή από μπαταρίες ψευδαργύρου | |
| Μέτα το σβήσιμο της συσκευής η μπαταρία μπορεί να αυξήσει τη ζωή της. | |

Επεξήγηση διαγραμμάτων

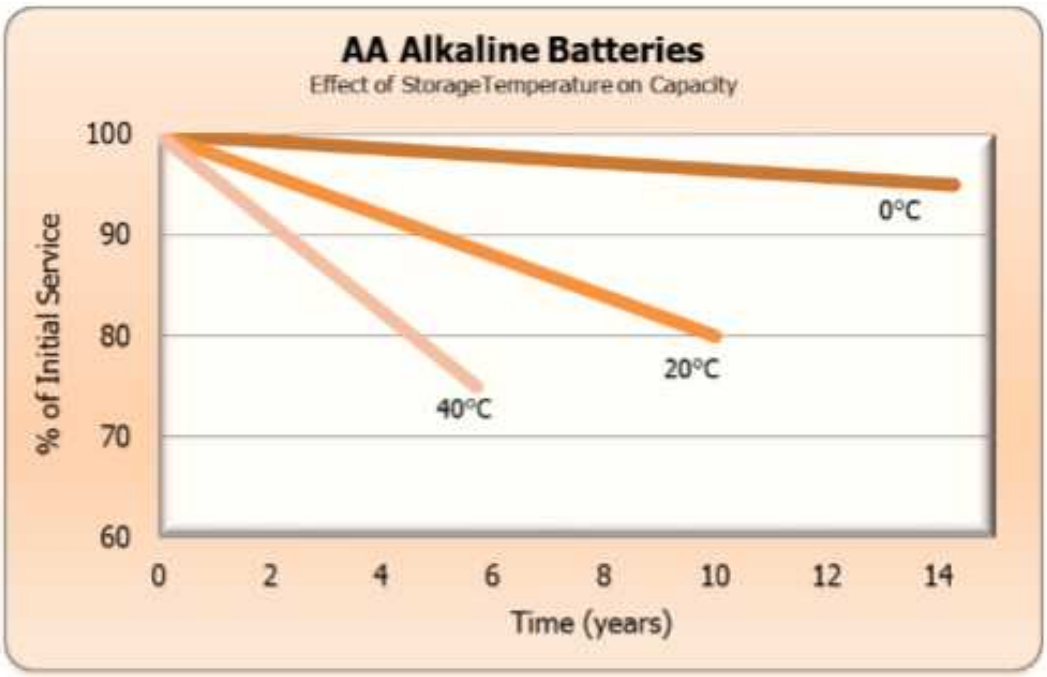
Αρχικά να αναφέρουμε ότι τα διαγράμματα αναφέρονται σε αλκαλικές μπαταρίες «energizer» με διοξειδίου του μαγγανίου τα όμοια ισχύουν και για τους υπόλοιπους τύπους-μάρκες μπαταριών.

Στο 1ο διάγραμμα 4.4 τάσης εξόδου συναρτήσει θερμοκρασίας παρατηρούμε ότι με την μείωση της θερμοκρασίας μειώνονται σημαντικά οι ώρες λειτουργίας της μπαταρίας. Το γεγονός αυτό εξηγείται καθώς η μείωση της θερμοκρασίας (σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες) προκαλεί την σημαντική μείωση του ρυθμού με τον οποίο γίνονται οι χημικές αντιδράσεις μέσα στην μπαταρία , καθώς επηρεάζεται (αυξάνεται ) η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας.




*Διάγραμμα 5.4 τάσης εξόδου -θερμοκρασίας*

Στο 2ο διάγραμμα 4.5 ποσοστιαίας αρχικής χωρητικότητας – θερμοκρασίας παρατηρούμε την μείωση της χωρητικότητας κατά τα έτη αποθήκευσης των μπαταριών .Επιπλέον παρατηρούμε ότι σε όσο πιο ψυχρό περιβάλλον αποθηκεύονται οι μπαταρίες (μέχρι 0 βαθμούς κελσίου ) τόσο πιο αργά αποφορτίζονται .Αυτό είναι λογικό καθώς σε χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνονται οι χημικές αντιδράσεις μέσα στις μπαταρίες .Επομένως συμπεράνουμε ότι η αποθήκευση πρέπει να γίνεται σε ψυχρούς χώρους .Σε αποθήκευση στους 20 βαθμούς κελσίου η χωρητικότητα των μπαταριών μειώνεται 3% κάθε χρόνο.



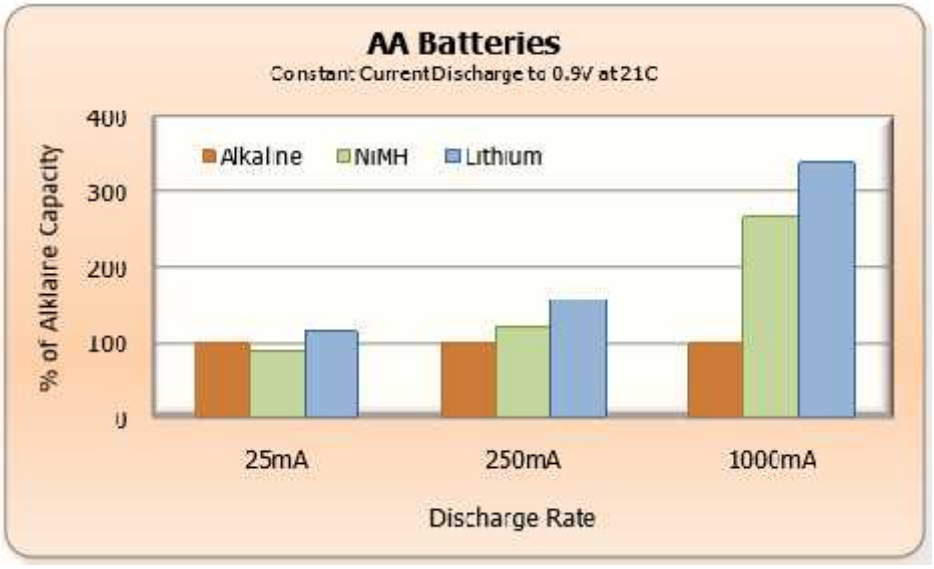

*Διάγραμμα 5.5 ποσοστιαίας αρχικής χωρητικότητας - θερμοκρασίας*

Στο 3ο διάγραμμα 5.6 χωρητικότητα μπαταριών –ρυθμού εκφόρτισης παρουσιάζονται 3 τύποι μπαταριών : αλκαλικές , Νικελίου -Μετάλλων Υβριδίου και λιθίου που χρησιμοποιούνται σε πανομοιότυπες εφαρμογές. Στα 25mA παρατηρούμε παρόμοια χωρητικότητα, στα 250 mA όμως και στα 1000 mA παρατηρούμε ότι ο ρυθμός εκφόρτισης των τριών μπαταριών διαφέρει σημαντικά.

Στα 250 mA η αλκαλική μπαταρία διατηρεί ακόμα το 100% ενώ οι υπόλοιπες έχουν φτάσει μία στο 110% και η άλλη στο 150% αντίστοιχα.

Στα 1000 mA η αλκαλική μπαταρία διατηρεί ακόμα το 100% ενώ οι υπόλοιπες έχουν φτάσει μία στο 280% και η άλλη στο 330% αντίστοιχα.

Η διαφορά αυτή είναι αξιοσημείωτη και οφείλεται στην διαφορά των υλικών των μπαταριών.




*Διάγραμμα 5.6 χωρητικότητα μπαταριών – ρυθμού εκφόρτισης*


*εικόνα 5.12 αλκαλική μπαταρία με διοξειδίου του μαγγανίου*

### 4.) Μπαταρίες υδραργύρου - mercury battery (Hgo)

Οι μπαταρίες υδραργύρου ήταν πολύ συχνές κατά τον 20ο αιώνα και χρησιμοποιήθηκαν σε πολλές κοινές, μικρές και μεγάλες συσκευές.

Τα στοιχεία υδραργύρου έχουν ονομαστική αξία 1,4 V ανά στοιχείο.

Είναι πιο ακριβές από της μπαταρίες ψευδαργύρου άνθρακα αλλά έχουν 8πλάσια χωρητικότητα από αυτές και αποφορτίζονται μόνο 6% ετησίως.

Οι μπαταρίες αυτές χρησιμοποιούν ως κάθοδο μια ένωση υδραργύρου ενώ η άνοδος αποτελείται από ψευδάργυρο.

και ως ηλεκτρολύτη μια ουσία που, όταν είναι σε διάλλειμα ή όταν είναι τετηγμένη (σε κατάσταση υγρού),ιονίζει και άγει τον ηλεκτρισμό.

Μαζί με άλλες μπαταρίες που αποτελούνται από βαρέα μέταλλα, οι μπαταρίες υδραργύρου είχαν καταργηθεί σταδιακά από την Battery Act, η οποία προσπάθησε να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των διαθέσιμων μπαταριών.

## Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

**Άνοδος**: $Zn + 4OH^- \rightarrow Zn(OH)_4^{-2} + 2e^-$ [2]

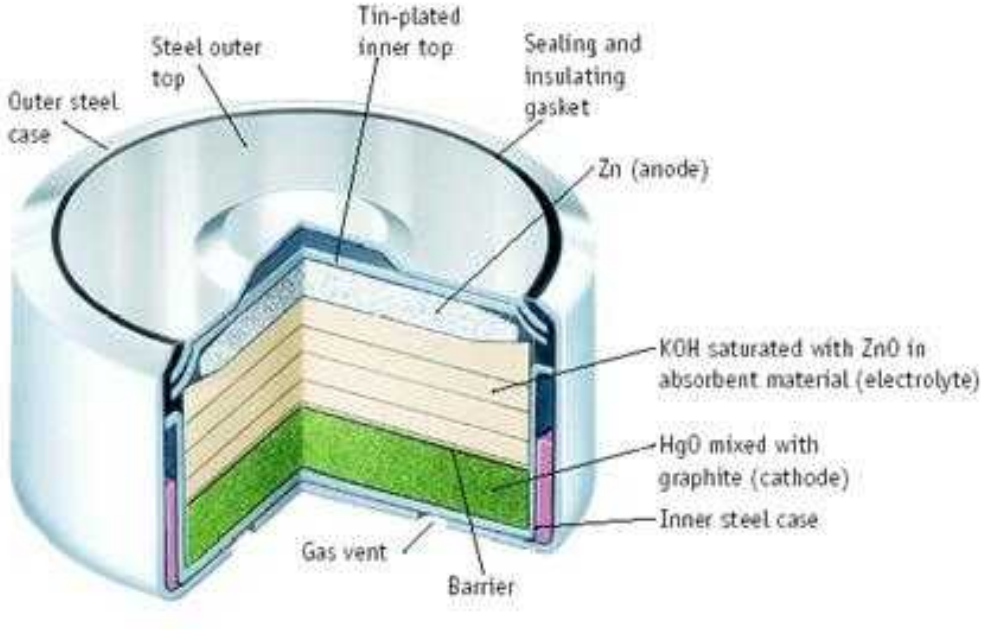
**Κάθοδος:** $HgO + H_2O + 2e^- \rightarrow Hg + 2OH^-$ [2]

## Χρήσεις :

Οι χρήσεις των μπαταριών ήταν ακουστικά βαρηκοΐας ,ρολόγια αριθμομηχανές ,κάμερες και σε όποια άλλη συσκευή απαιτούνταν μία μικρή μπαταρία με μεγάλη χωρητικότητα.

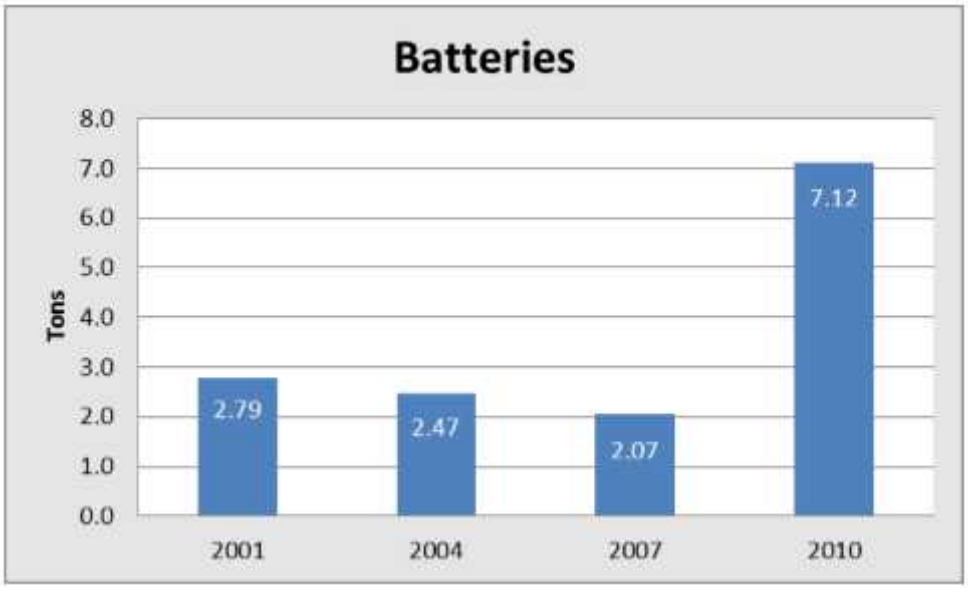
## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρίες υδραργύρου** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Αυξημένη χωρητικότητα | Σχετικά ακριβές |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής | Πολύ επιβαρυντικές για το περιβάλλον. |
| Σταθερή τάση εξόδου | |
| Μικρή αυτοεκφόρτιση 6% ετησίως | |




*Εικόνα 5.13 μέρη μπαταρίας υδραργύρου*

*Εικόνα 5.14  μπαταρία υδραργύρου*




*Διάγραμμα 5.7 πωλήσεις μπαταριών υδράργυρου (σε τόνους) ανά έτη*

### 5.) Μπαταρίες οξειδίου του αργύρου (σχήμα κουπιού) Silver Oxide ($Zn/Ag^2O$)

Τις μπαταρίες αυτού του τύπου απαρτίζουν τα εξής μέρη, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα 5.15.

α.) η κάθοδος (+) αποτελείται από ένα μείγμα που βασικό του συστατικό είναι το οξείδιο του αργύρου (Ag2O)

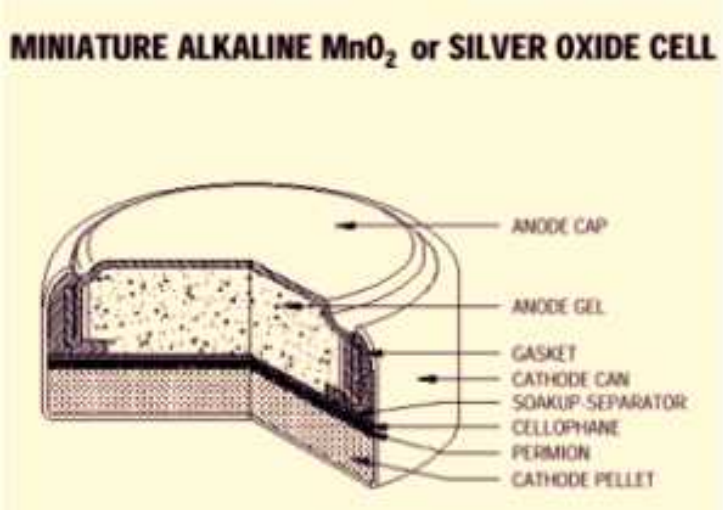
β.)η άνοδος(-) είναι ένα πηχτό μείγμα (τζελ) σκόνης ψευδαργύρου και ηλεκτρολυτών

γ.) Ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιείται είναι ένα διάλυμα υδροξειδίου του καλίου με νερό.

δ) Διαχωριστές των ειδικά επιλεγμένων υλικών εμποδίζουν τη μετανάστευση των τυχόν στερεών σωματιδίων στη μπαταρία.

Στ.) μονωτικά και στεγανωτικά υλικά από νάιλον.

ε.) Οι εξωτερικές επιφάνειες της μπαταρίας νικελίου που χρησιμοποιούνται για να αντισταθεί στη διάβρωση και να ασφαλίσουν την καλή ηλεκτρική επαφή.




*εικόνα 5.15 μέρη μπαταρίας οξειδίου του αργύρου*

Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

Ο άργυρος ανάγεται στην κάθοδο από Ag (I) προς Ag και ο ψευδάργυρος οξειδώνεται από Zn προς Zn (II). Η χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικό της μπαταρίας είναι η ακόλουθη:

$$Zn + Ag_2O \xrightarrow{KOH\ /\ NaOH} ZnO + 2Ag$$

Ισορροπημένη εξίσωση για την αντίδραση που λαμβάνει χώρα σε μια μπαταρία οξειδίου του αργύρου.

## Χρήσεις :

Οι μπαταρίες αυτές κατά κύριο λόγο είναι σχεδιασμένες  για χαμηλή και συνεχή παροχή ενέργειας σε συσκευές για συνεχή χρήση συνήθως μέχρι πέντε έτη .Χρησιμοποιούνται σε ρολόγια όπου παροδικά μπορεί να χρειαστεί να παρέχουν λίγο υψηλότερη τάση (για 2-3sec) όταν για παράδειγμα πατήσουμε το φως νυκτός που ενδέχεται να έχει ένα ρολόι. Σε ακουστικά βαρηκοΐας , αριθμομηχανές ,κάμερες και όπου υπάρχει ανάγκη για συνεχή και χαμηλή παροχή τάσης.

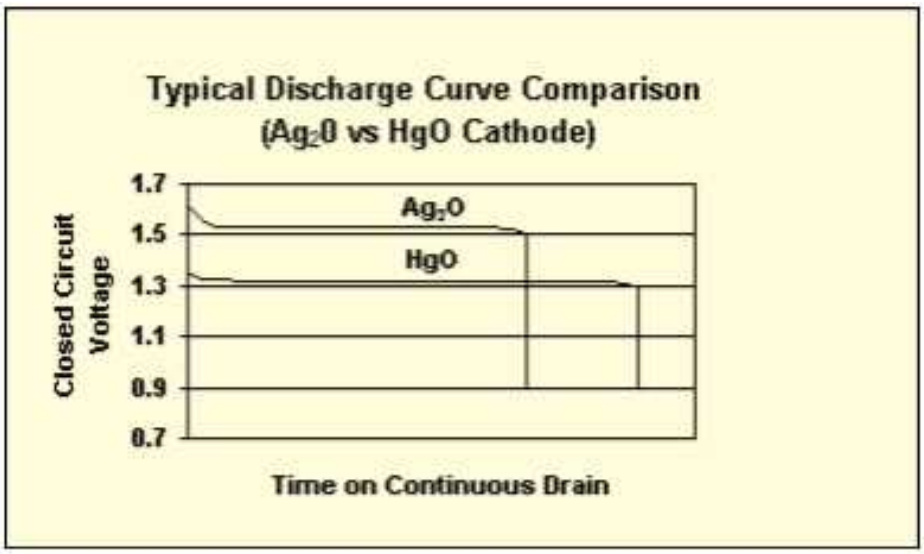
## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| Μπαταρίες οξειδίου του αργύρου | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Υψηλότερη τάση από άλλες μπαταρίες υδραργύρου | Η χρήση τους περιορίζεται κατά πολύ μεγάλο ποσοστό σε μπαταρίες σχήματος κουμπιού λόγω ακριβού κόστους κατασκευής. |
| Καλή συμπεριφορά σε χαμηλή θερμοκρασία | |
| ισχυρή αντοχή σε κραδασμούς και δονήσεις | |
| Αρκετά σταθερή εσωτερική αντίσταση | |
| Πολύ μικρή αυτοεκφόρτιση 4% ετησίως | |

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

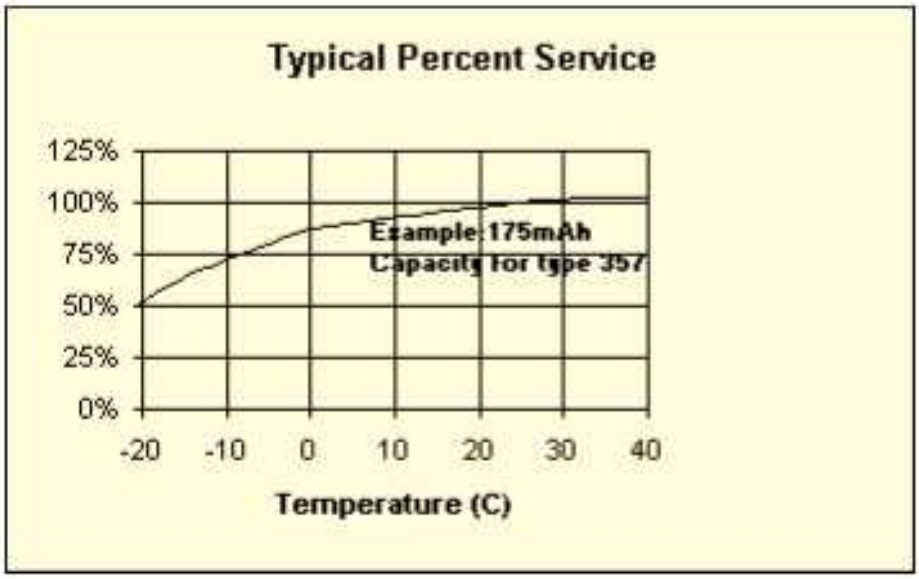
Αρχικά να αναφέρουμε ότι τα διαγράμματα αναφέρονται σε μπαταρίες «energizer» με οξειδίου του αργύρου τα όμοια ισχύουν και για τους υπόλοιπους τύπους-μάρκες μπαταριών.

Στο $1^{ο}$ διάγραμμα 5.8 παρατηρούμε την εκφόρτιση συσσωρευτών αργύρου και υδραργύρου συναρτήσει της τάσης εξόδου και των ωρών συνεχόμενης παροχής ενέργειας . Όπως είναι εμφανές, οι μπαταρίες αργύρου παρέχουν υψηλότερη τάση μέχρι κάποιο συγκεκριμένο χρονικό όριο και οι υδραργύρου χαμηλότερη τάση για περισσότερη διάρκεια. Αυτό οφείλεται κυρίως στην διαφορετικότητα των υλικών κατασκευής της καθόδου (αργυρός και υδράργυρος αντίστοιχα).



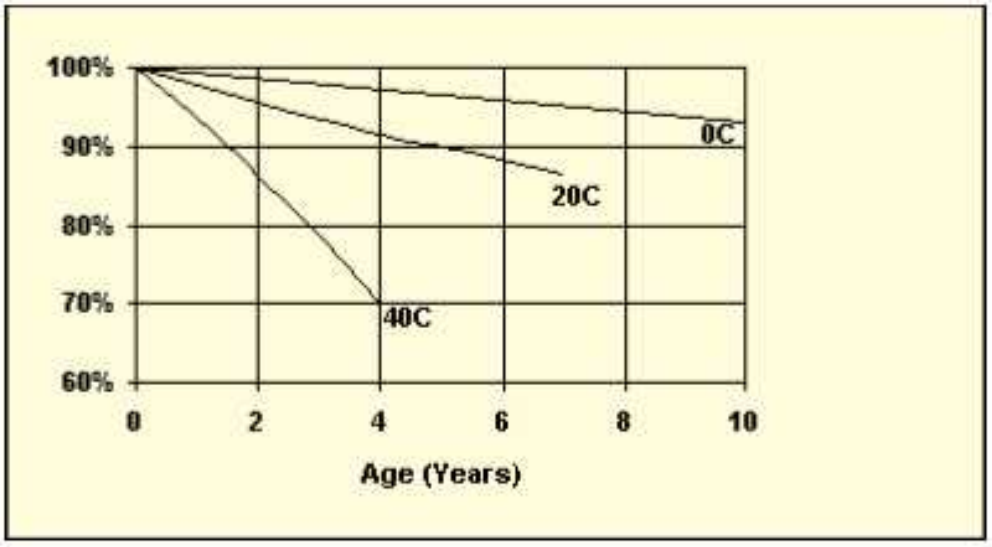

*Διάγραμμα 5.8 εκφόρτισης συσσωρευτών αργύρου και υδραργύρου*

Στο 2ο διάγραμμα 5.9 παρατηρούμε την πολύ καλή λειτουργία της μπαταρίας σε εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίας. Προφανώς και η χωρητικότητα είναι μειωμένη, αλλά παρόμοιου είδους μπαταρίες σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες δεν μπορούν να λειτουργήσουν ορθά. Ακόμη εύκολα και λογικά παρατηρεί κανείς ,ότι με την άνοδο της θερμοκρασίας αυξάνεται η χωρητικότητα της μπαταρίας .Μπορούν να λειτουργήσουν σε ένα πλαίσιο θερμοκρασιών από -28ο C μέχρι 55O C. Ανάλογα με το είδος ηλεκτρολύτη κάθε μπαταρίας μεταβάλλονται λίγο οι θερμοκρασίες λειτουργίας.




*Διάγραμμα 5.9 χωρητικότητας-θερμοκρασίας*

Στο 3ο διάγραμμα 5.10 εύκολα συνάγεται το συμπέρασμα ότι αυξάνεται ο χρόνος ζωής της μπαταρίας και μειώνεται αργά η χωρητικότητα της καθώς αποθηκεύεται σε ψυχρό περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει διότι όσο πιο κρύο είναι το περιβάλλον αποθήκευσης τόσο πιο πολύ αδρανοποιούνται τα υλικά της μπαταρίας με αποτέλεσμα να επιβραδύνονται οι χημικές αντιδράσεις.




*Διάγραμμα 5.10 χωρητικότητας-αποθήκευσης μπαταρίας*



*εικόνα 5.16-17 μπαταρίες οξειδίου του αργύρου σε σχήμα κουμπιού και κυλινδρική αντίστοιχα.*

### 6.) **Μπαταρίες λιθίου - lithium batteries** (Li-Fe-$S_2$)

Οι συγκεκριμένες μπαταρίες αποτελούνται από τα παρακάτω μέρη:

α.) Η άνοδος αποτελείται από μεταλλικό λίθιο.

β.) Η κάθοδος αποτελείται από ένα υπόστρωμα σιδήρου μέσα σε φύλλο αλουμινίου.

γ.) Ο ηλεκτρολύτης αποτελείται από άλατα λιθίου που αποτελούν ένα οργανικό διαλύτη.

δ.) Τους διαχωριστές αποτελεί μία μεμβράνη πολυολεφίνης.

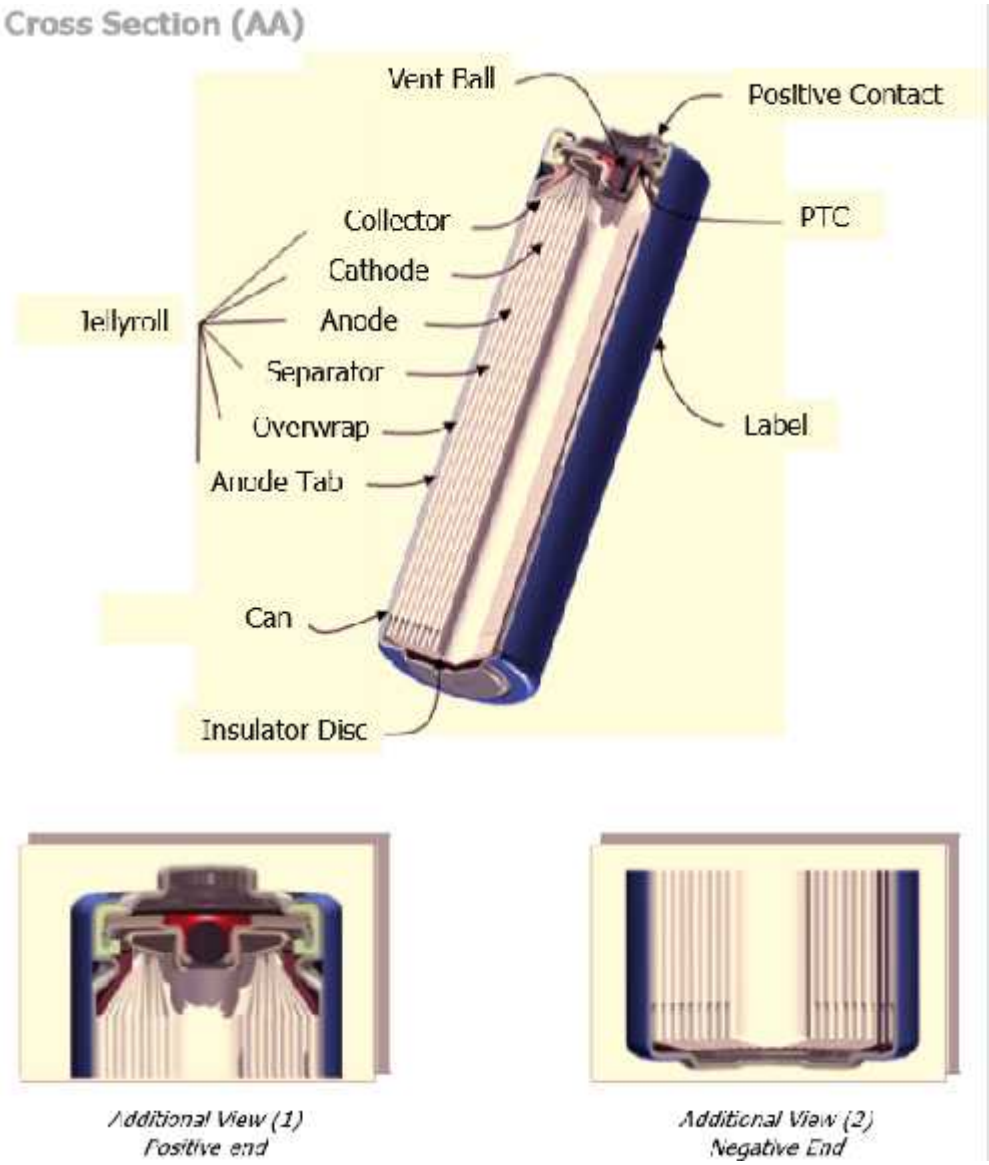
ε.) Από μία σπειροειδή μορφή με τυλιγμένες στρώσεις ανόδου ,καθόδου , και διαχωριστικού υλικού για την επέκταση της επιφάνειας ώστε να παραχθούν υψηλής ισχύος στοιχεία. Αυτό το σύστημα ονομάζεται Jellyroll construction.

στ.) Έναν μηχανισμό ασφαλείας που παρέχει εσωτερική απελευθέρωση πίεσης σε σχήμα μπάλας.

ζ.) Θετικές και αρνητικές επιφάνειες επαφής η οποίες είναι επινικελωμένες με χάλυβα

η.) Μια μη αγώγιμη πλαστική μεμβράνη που μονώνει ηλεκτρικά την μπαταρία

θ.) Έναν συντελεστή θερμοκρασίας του θετικού πόλου Positive Temperature Coefficient (PTC) πάνω από την τρέχουσα συσκευή ασφαλείας.




*Εικόνα 5.18 τομή μπαταρίας λιθίου και αναλυτικότερη απεικόνιση των πόλων*

Οι πρωτογενείς συσσωρευτές λιθίου ταξινομούνται σε ποικίλες κατηγορίες ,σύμφωνα με το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη η κάθοδος και ο ηλεκτρολύτης . Η κάθοδος αποτελείται συνήθως από διάφορα υλικά όπως είναι το διοξείδιο του θείου, το διοξείδιο του μαγγανίου, ο διθειούχος σίδηρος (ή σιδηροπυρίτης) και το χλωριούχο θειονύλιο σύμφωνα με τα οποία κατηγοριοποιούνται και οι μπαταρίες λιθίου.

## Χρήσεις :

Γενικότερα οι συσσωρευτές λιθίου χρησιμοποιούνται σε συσκευές και εφαρμογές οι οποίες απαιτούν μεγάλα διάρκεια ζωής. Μπορούν να αντικαταστήσουν αλκαλικές μπαταρίες σε κάμερες ,ρολόγια, τηλεκοντρόλ , τηλεχειριστήρια κλπ μειώνοντας έτσι τις φορές αντικατάστασή τους (λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής) . Θα μπορούσαν βέβαια να χρησιμοποιηθούν σε παιχνίδια ,με την προϋπόθεση ότι τα παιχνίδια θα χουν μεγάλη διάρκεια ζωής (σπάνιο φαινόμενο λόγω της απρόσεκτης χρήσης συνήθως των παιδιών) διαφορετικά δεν θα συνέφερε η αγορά τέτοιων μπαταριών. ( μεγάλο κόστος για μικρής διάρκειας χρήση)

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρίες λιθίου (lithium batteries)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| συμβατότητα με πλήθος εφαρμογές που χρησιμοποιούν πρωτογενείς μπαταρίες | Υψηλό κόστος και πολυπλοκότητα παραγωγής |
| Πολύ μεγαλύτερη ισχύ από τα υπόλοιπα είδη πρωτογενών μπαταριών .. | Υψηλό κόστος αγοράς |
| Παρέχει περισσότερες ώρες λειτουργίας σε εφαρμογές με μέση έως μεγάλη απαίτηση ενέργειας. | |
| Δουλεύει ικανοποιητικά σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες έως και -40$^{o}$C | |
| Ικανοποιητική ανταπόκριση σε | |

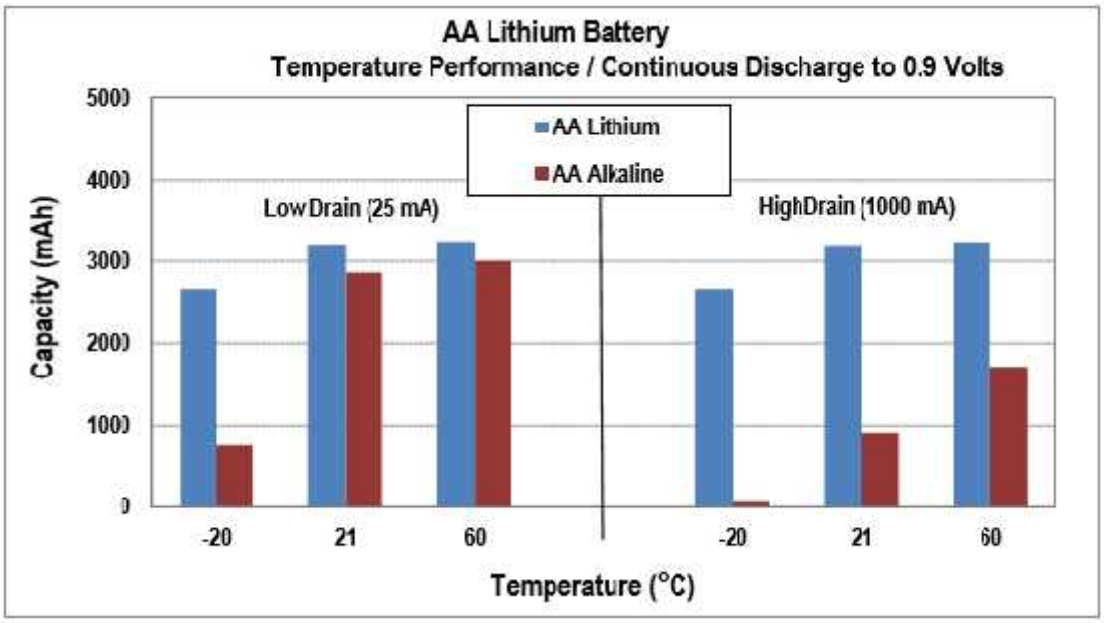
| | |
|---|---|
| Εφαρμογές ακόμα και μετά από αποθήκευση σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 60$^{o}$C | |
| Υψηλή πυκνότητα ενέργειας 2 με 4 ή και περισσότερες φορές καλύτερη από μπαταρίες ψευδαργύρου. | |
| Σταθερή τάση στην εκφόρτιση ( στο μεγαλύτερο μέρος της) | |
| Πολύ μικρή αυτοεκφόρτιση 0,6 % τον χρόνο, λιγότερο από κάθε άλλη πρωτογενή μπαταρία | |

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Αρχικά να αναφέρουμε ότι τα διαγράμματα αναφέρονται σε μπαταρίες λιθίου «energizer» τα όμοια ισχύουν και για τους υπόλοιπους τύπους-μάρκες μπαταριών.

Στο 1$^{ο}$ διάγραμμα 5.11 παρατηρούμε:

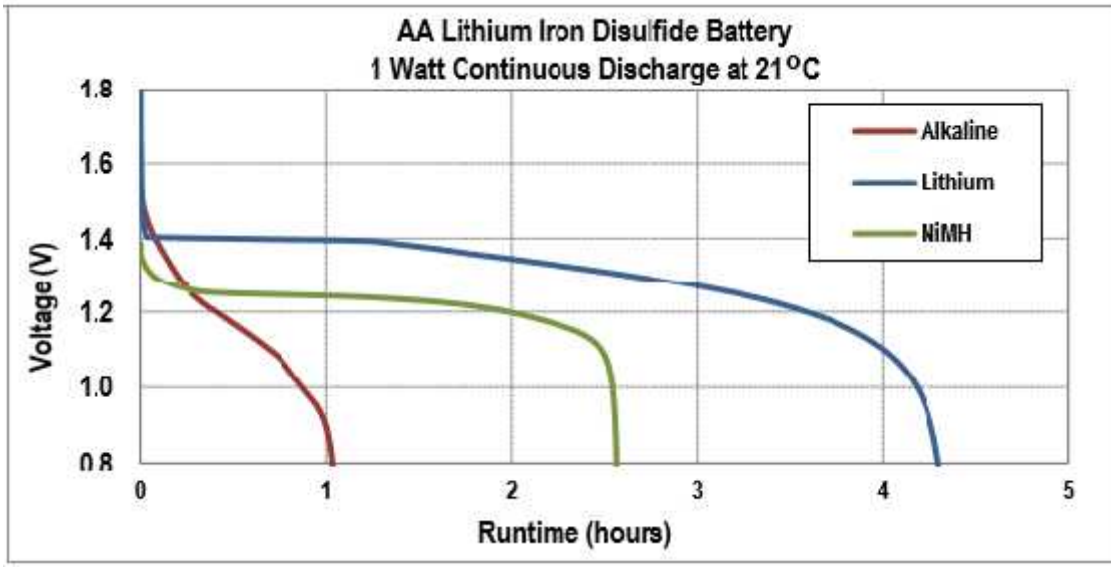
α.) σε μία εφαρμογή χαμηλών απαιτήσεων σε ενέργεια η μπαταρία λιθίου παρέχει μεγαλύτερη χωρητικότητα σε διάφορες θερμοκρασίες.
β.)Επιπλέον παρατηρούμε ,ότι στους -20$^{o}$ C η διαφορά χωρητικότητας των μπαταριών είναι πολύ μεγάλη. Τα ίδια και με ακόμη μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των δύο τύπων μπαταριών ισχύουν και σε εφαρμογές πιο υψηλών απαιτήσεων σε ενέργεια. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην μορφή του ηλεκτρολύτη που στην περίπτωση της μπαταρίας λιθίου είναι σε μη υγρή μορφή ενώ στην περίπτωση της αλκαλικής μπαταρίας σε υγρή ( όπου σε χαμηλές θερμοκρασίες επιβραδύνονται οι χημικές αντιδράσεις.)




*Διάγραμμα 5.11 σύγκριση μπαταριών λιθίου και αλκαλικών σε διάφορες θερμοκρασίες*

Στο 2ο διάγραμμα 5.12 παρατηρούμε την μείωση της τάσης εξόδου σε 3 είδη μπαταρίας ( αλκαλική λιθίου και νικελίου –υδριδίου μετάλλου) σε συνεχή εκφόρτιση. Παρατηρούμε ότι η αλκαλική μπαταρία μετά από μία ώρα συνεχούς λειτουργίας δεν μπορεί να παράγει άλλη τάση ενώ η μπαταρία νικελίου –υδριδίου μετάλλου μετά από δύομιση ώρες. Αντιθέτως η μπαταρία λιθίου παράγει τάση μέχρι 4 ώρες συνεχόμενης λειτουργίας και μάλιστα υψηλότερη.

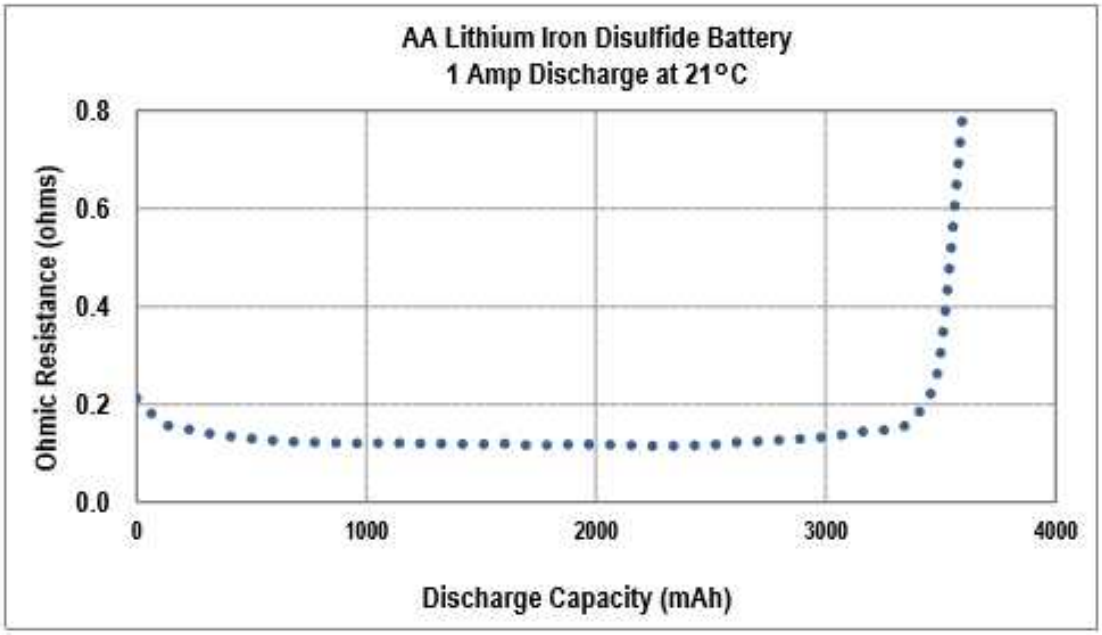
Αυτό οφείλεται στην διαφορετικότητα της κατασκευής της καθόδου του ηλεκτρολύτη και τους σπειροειδούς μέρους (βλέπε παραπάνω μέρη μπαταρίας λιθίου) μέσα στην μπαταρία που αυξάνει την χωρητικότητά της .




*Διάγραμμα 5.12 ωρών εκφόρτισης – τάσης εξόδου μπαταρίας*

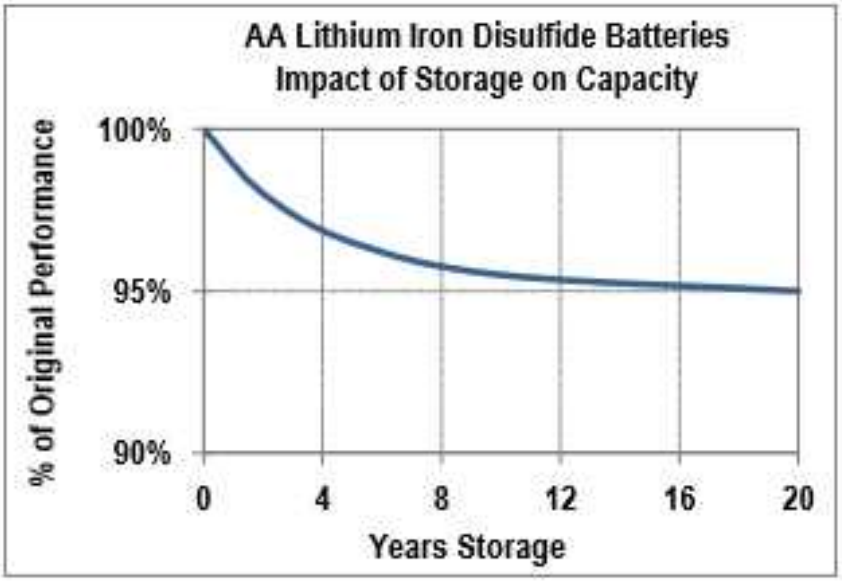
Στο 3ο διάγραμμα 5.13 εσωτερικής αντίστασης - χωρητικότητας παρατηρούμε ότι μέχρι τα 3.450 mAh η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας παραμένει σχεδόν σταθερή και μικρή, γεγονός που οφείλεται στα υλικά κατασκευής της μπαταρίας.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της, παρέχει ένα ρεύμα τεχνητής διακοπής (CIT), όπου η ταχεία αλλαγή στην τάση της μπαταρίας κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης περιοδικά και εν συντομία διακόπτεται για να εκτιμηθεί η $I_R$ της μπαταρίας. Αυτό έχει το πλεονέκτημα της μέτρησης της $I_R$ της μπαταρίας υπό ρεαλιστικές τιμές παροχής ενέργειας και επίσης επιτρέπει σε κάποιον να μετρά την αλλαγή στην $I_R$ μπαταρία κατά την διακοπή της χρήσης της.




*Διάγραμμα 5.13 εσωτερική αντίσταση- χωρητικότητα*

Στο 3ο διάγραμμα 5.14 αποδεικνύεται η μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας μέχρι και παραπάνω από 20 έτη αποθήκευσης έχουν ως αποτέλεσμα η χωρητικότητα να μειωθεί μόνο 5% , δηλαδή 0,6 % τον χρόνο λιγότερο από κάθε άλλη πρωτογενή μπαταρία.




*Διάγραμμα 5.14 χωρητικότητας-ετών αποθήκευσης*



*Εικόνα 5.19 μπαταρίες λιθίου σε δύο μεγέθη  εικόνα 5.20 μπαταρία λιθίου- διοξειδίου του μαγγανίου*

### 7.) Μπαταρία ψευδαργύρου αέρα - Zinc Air ($Zn/o_2$)

Γενικότερα :

Οι μπαταρίες «αέρα» αποτελούνται από ηλεκτρόδια τα οποία έχουν άνοδο από σκόνη κάποιου υλικού σε μορφή τζελ . Μία τρύπα στην μπαταρία επιτρέπει στο οξυγόνο  του αέρα να εισέλθει ώστε να αποτελέσει την κάθοδο. Ταυτόχρονα, ο ψευδάργυρος στην άνοδο οξειδώνεται με τον ίδιο τρόπο όπως σε μία μπαταρία οξειδίου του αργύρου.

Ειδικότερα :

Μία μπαταρία ψευδαργύρου αέρα αποτελείται από τα εξής μέρη :

α.) άνοδος : μείγμα σκόνης ψευδαργύρου και ηλεκτρολύτη σε μορφή τζελ.

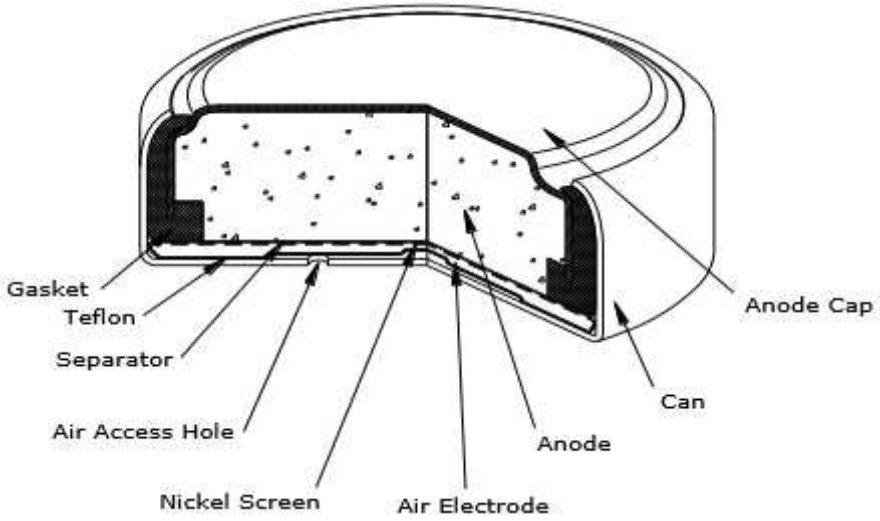
β.) κάθοδος : ένα σύστημα που συλλέγει το οξυγόνο του αέρα.

γ.) ηλεκτρολύτη :  Εξαιρετικά αγώγιμο διάλυμα που περιέχει υδροξείδιο του καλίου  (KOH) σε νερό.

δ.) διαχωριστές : Υλικά που αποσκοπούν στην αποτροπή της

μετανάστευσης των στερεών σωματιδίων μεταξύ των ηλεκτροδίων, στην μόνωσης και την στεγανοποίηση.

στ.) δοχείο : ένα είδος νάιλον.
ε.) εξωτερική επιφάνεια: νικέλιο το οποίο παρέχει πλήρη στεγανοποίηση ,καλύτερη επαφή και αποτελεί ασπίδα για την διάβρωση.




*Εικόνα 5.21 τομή μιας μπαταρίας ψευδαργύρου αέρα*

## Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

**Άνοδος**: $Zn + 2OH \rightarrow ZnO + H_2O + 2e$

**Κάθοδος:** $O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH$

## Χρήσεις :

Μία μπαταρία ψευδαργύρου αέρα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εφαρμογές υψηλής και μεσαίας απαίτησης ενέργειας όμως θα καταναλώσουν τη χωρητικότητα των μπαταριών μέσα σε λίγες εβδομάδες μετά την εγκατάσταση σε τέτοιου είδους εφαρμογές. Παρ' όλα αυτά θα επιτευχθεί πλεονέκτημα υψηλής πυκνότητα ενέργειας. Η καλύτερη αναλογία χωρητικότητας – υψηλής πυκνότητας απαντάται σε ακουστικά βαρηκοΐας και διαφόρων ειδών βοηθημάτων ακοής. παρέχει

μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και ποιότητα τάσης από την μπαταρία οξειδίου του αργύρου.

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

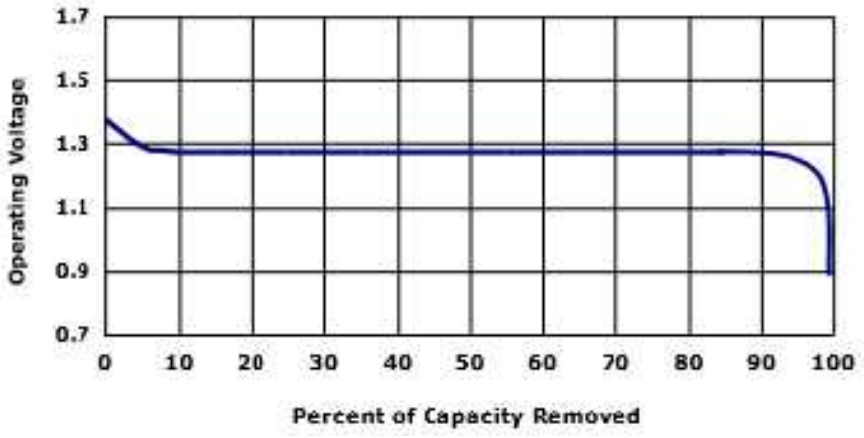
| **Μπαταρία ψευδαργύρου αέρα - Zinc Air ($Zn/o_2$)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Υψηλότερη αναλογία χωρητικότητας μπαταρίας και όγκου αυτής από άλλες μικροσκοπικές μπαταρίες. | Πρέπει απαραίτητα να έχει πρόσβαση στον αέρα (οξυγόνο) για να λειτουργήσει. |
| Σχετικά επίπεδη καμπύλη εκφόρτισης (ομαλή τάση εξόδου) | Σε εφαρμογές υψηλής και μεσαίας απαίτησης ενέργειας σχετικά μικρή διάρκεια ζωής . |
| Αρκετά σταθερή εσωτερική αντίσταση. | |
| Ενεργοποιείται με την αφαίρεση αυτοκόλλητου που καλύπτει την οπή πρόσβασης αέρα. | |
| Εξαιρετική συντήρηση πριν από την αφαίρεση αυτοκόλλητου. | |

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Αρχικά να σημειώσουμε , ότι τα διαγράμματα αναφέρονται σε μπαταρία ψευδαργύρου αέρα «energizer» τα όμοια ισχύουν και για τους υπόλοιπους τύπους-μάρκες μπαταριών.

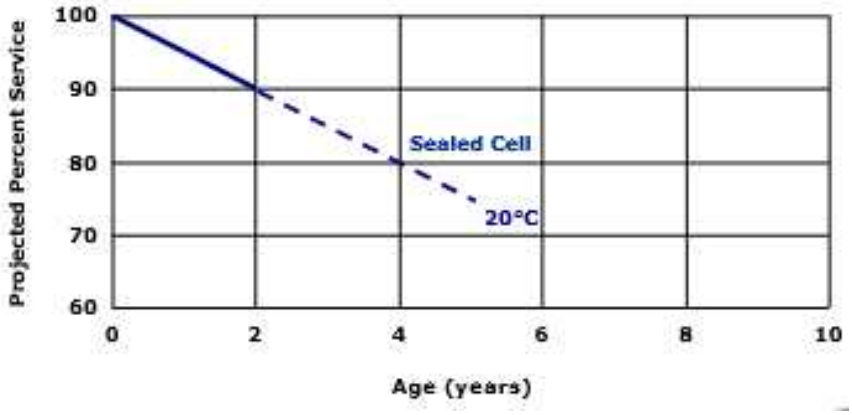
Στο $1^{ο}$ διάγραμμα 5.15, παρατηρούμε ότι μέχρι και το 95% της χωρητικότητας των συσσωρευτών αυτών, η τάση που παρέχεται στη εκάστοτε εφαρμογή είναι η ίδια και δεν μειώνεται πάρα μόνο στο 5%

της απομένουσας χωρητικότητας. Η μπαταρία αυτή έχει ουσιαστικά σταθερή εσωτερική αντίσταση και την καλύτερη αναλογία όγκου – χωρητικότητας μπαταρίας από τις υπόλοιπες μικρές μπαταρίες




*Διάγραμμα 5.15 τάση εξόδου – ποσοστό χωρητικότητας*

Στο 2ο διάγραμμα 5.16 παρατηρούμε την πτώση της χωρητικότητας συναρτήσει των ετών αποθήκευσης. Έχει λίγο μικρότερη διάρκεια ζωής από την μπαταρία οξειδίου του αργύρου .Με την διαφορά ότι την προστατεύει η μεμβράνη που καλύπτει την οπή στην κάθοδο.




*Διάγραμμα 5.16 ποσοστό χωρητικότητας – έτη αποθήκευσης*

## 8.) Μπαταρία στερεού ηλεκτρολύτη (solid-electrolyte battery)

Συνήθως σε μία μπαταρία τον ηλεκτρολύτη αποτελεί κάποιο υγρό ή μείγμα υγρών ή κάποιου είδος τζελ , όμως υπάρχουν και ηλεκτρολύτες στερεής μορφής. Η άνοδος τους αποτελείται από ηλεκτρόδιο λιθίου.

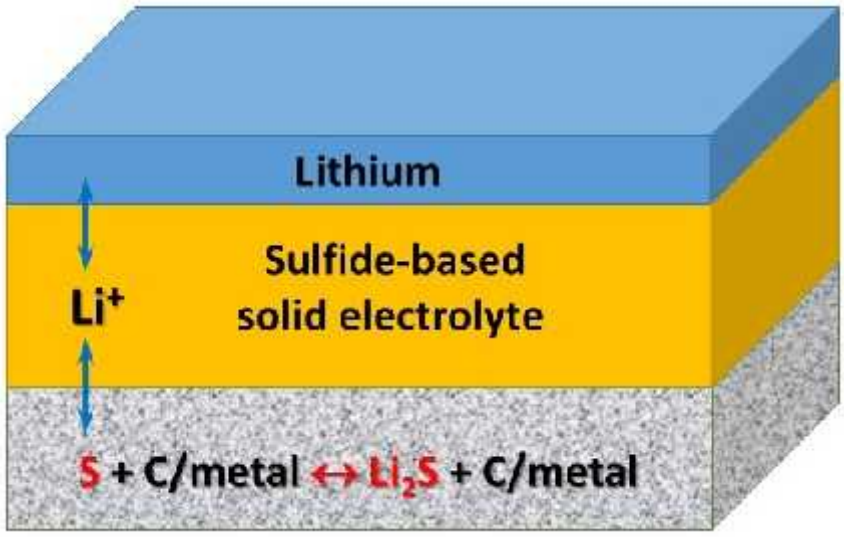
Τέτοιου τύπου μπαταρίες δεν εξελίχθηκαν και δεν κατέκλισαν ιδιαιτέρως το εμπόριο.

### Χρήσεις :

Οι χρήσεις τους είναι περιορισμένες σε βηματοδότες σε διατήρηση μνήμης σε υπολογιστές και σε χαμηλής ισχύος εφαρμογές που απαιτούν μπαταρίες μεγάλης διάρκειας.

### Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία στερεού ηλεκτρολύτη (solid-electrolyte battery)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής τουλάχιστον 10 έτη. | Χαμηλή παροχή ρεύματος. |
| Καλή συμπεριφορά σε χαμηλή θερμοκρασία λόγω στερεού ηλεκτρολύτη. | Σε χαμηλές θερμοκρασίες μειώνεται η τάση εξόδου. |
| Πολύ μικρή αυτοεκφόρτιση. | |
| Λειτουργίας σε ακραίες θερμοκρασίες μέχρι και $200^{o}$ C. | |
| Ανθεκτική σε κραδασμούς. | |




*Εικόνα 5.22 διάγραμμα που απεικονίζει τα μέρη μίας μπαταρίας στερεού ηλεκτρολύτη*

## 5.2 ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΠΤΥΞΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| **Α/Α** | **ΤΥΠΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ** | **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ** | **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ** |
|---|---|---|---|
| **1** | Ψευδαργύρου - Άνθρακα (Zn/C | Ευρεία διαθεσιμότητα Χαμηλό κόστος<br>Εύρος εφαρμογών Μικρή διάρκεια ζωής. | Οικιακές εφαρμογές ρολόγια, ζυγαριές κουζίνας ή σώματος ,παιχνίδια, τηλεκοντρόλ, αριθμομηχανές, και πολλές μικροεφαρμογές. |
| **2** | Ψευδαργύρου – Χλωριδίου(Zn/Cl) | Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής<br>Πυκνότερη ενέργεια Καλή συμπεριφορά σε<br>ακραίες θερμοκρασίες. | Παρόμοιες με ψευδαργύρου-άνθρακα. |
| **3** | Αλκαλικές Μαγγανίου | Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας<br>Μεγαλύτερη αντοχή από μπαταρίες ψευδαργύρου χαμηλότερη εσωτερική αντίσταση από μπαταρίες ψευδαργύρου | Σε όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούνται και τα 2 προηγούμενα είδη με την διαφορά ότι υπάρχουν 3 κατηγορίες μπαταριών ανάλογα με την χρήση τους (απαίτηση σε τάση και χρόνο). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***4*** | *Μπαταρίες υδραργύρου (Hgo)* | *Σταθερή τάση εξόδου Μεγάλη διάρκεια ζωής Αυξημένη χωρητικότητα*<br>*Πολύ επιβαρυντικές για το περιβάλλον.* | *Ακουστικά βαρηκοΐας ρολόγια αριθμομηχανές ,κάμερες και σε όποια άλλη συσκευή απαιτούνταν μία μικρή μπαταρία με μεγάλη χωρητικότητα.* |
| **5** | Μπαταρίες οξειδίου του αργύρου($Zn/Ag^2O$) | Υψηλότερη τάση από μπαταρίες υδραργύρου<br>Σταθερή εσωτερική αντίσταση<br>Πολύ μικρή αυτοεκφόρτιση 4% ετησίως | Συνεχή παροχή ενέργειας - συνεχή χρήση μέχρι πέντε έτη . ρολόγια όπου παροδικά μπορεί να χρειαστεί να παρέχουν λίγο υψηλότερη τάση (για 2-3sec), ακουστικά βαρηκοΐας , αριθμομηχανές , κάμερες κλπ. |
| **6** | Μπαταρίες λιθίου ($Li\text{-}Fe\text{-}S_2$) | Περισσότερες ώρες λειτουργίας σε εφαρμογές με μέση έως μεγάλη απαίτηση ενέργειας<br>Πολύ μεγαλύτερη ισχύ από τα υπόλοιπα είδη πρωτόγεννων μπατάρων. συμβατότητα με πλήθος εφαρμογών.<br>Υψηλό κόστος αγοράς | Σε συσκευές και εφαρμογές οι οποίες απαιτούν μεγάλη διάρκεια ζωής. Αντικαταστούν πλήρως αλκαλικές μπαταρίες σε κάμερες ,ρολόγια , τηλεκοντρόλ , τηλεχειριστήρια κλπ μειώνοντας έτσι τις φορές αντικατάστασή τους (λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής) |
| **7** | Μπαταρία ψευδαργύρου αέρα ($Zn/o_2$) | Υψηλότερη αναλογία χωρητικότητας μπαταρίας και όγκου | Ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εφαρμογές υψηλής και |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | αυτής από άλλες μικροσκοπικές μπαταρίες<br>σταθερή εσωτερική αντίσταση<br>Σε εφαρμογές υψηλής και μεσαίας απαίτησης ενέργειας σχετικά μικρή διάρκεια ζωής | μεσαίας απαίτησης ενέργειας όμως θα καταναλώσουν τη χωρητικότητα των μπαταριών άμεσα. Παρ' όλα αυτά θα επιτευχθεί πλεονέκτημα υψηλής πυκνότητα ενέργειας. Η καλύτερη αναλογία χωρητικότητας – υψηλής πυκνότητας απαντάται σε ακουστικά βαρηκοΐας και διαφόρων ειδών βοηθημάτων ακοής. παρέχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και ποιότητα τάσης από την μπαταρία οξειδίου του αργύρου. |
| **8** | Μπαταρία στερεού ηλεκτρολύτη | Μεγάλη διάρκεια ζωής τουλάχιστον 10 έτη<br>Πολύ μικρή αυτοεκφόρτιση<br>Καλή συμπεριφορά σε χαμηλή θερμοκρασία λόγω στερεού ηλεκτρολύτη<br>Σε χαμηλές θερμοκρασίες μειώνεται η τάση εξόδου | Περιορισμένες σε βηματοδότες σε διατήρηση μνήμης σε υπολογιστές και σε χαμηλής ισχύος εφαρμογές που απαιτούν μπαταρίες μεγάλης διάρκειας. |

## *5.3 Οι δευτερογενείς συσσωρευτές*

Στην δεύτερη κατηγορία μπαταριών παρουσιάζονται οι συσσωρευτές οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ περισσότερες φορές από μία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι παρέχουν την δυνατότητα επαναφόρτισης .Οι επαναφορτιζόμενες – δευτερογενείς μπαταρίες παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα . Μπορούν να λειτουργήσουν σε ακραίες θερμοκρασίες είτε αυτές είναι πολύ υψηλές είτε είναι πολύ χαμηλές. Κάνουν γρήγορα απόσβεση του κόστους τους καθώς έχουν πολλούς κύκλους φόρτισης – αποφόρτισης έχουν υψηλή απόδοση και μολύνουν λιγότερο το περιβάλλον αν αναλογιστεί κανείς ότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από της πρωτογενείς και δεν τις αλλάζουμε τόσο σύντομα.

Οι χρήσεις στις οποίες εμφανίζονται ποικίλουν όπως τα μεγέθη και οι τύποι τους .

Αρχικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις εφαρμογές που χρησιμοποιούνται οι μπαταρίες της πρώτης κατηγορίας .Ακόμη χρησιμοποιούνται ευρέως σε κινητά και ασύρματα τηλέφωνα ,σε φορητά εργαλεία (τρυπάνια ,πρέσες, κατσαβιδίερες, θερμοπίστολα κλπ.). Επιπροσθέτως μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα αυτοκίνητα και στη βιομηχανία και στην παραγωγή προϊόντων γεγονός που τις κάνει ιδιαίτερα δημοφιλής.

Το μόνο μειονέκτημά τους είναι το σχετικά υψηλό κόστος το οποίο όμως όπως προαναφέρθηκε σύντομα αποσβήνεται. Οι τύποι αυτών των μπαταριών είναι πολλοί και θα παραθέσουμε μερικές εικόνες ενδεικτικά.


*Εικόνα 5.23 επαναφορτιζόμενες μπαταρίες τύπου c ίδιου μεγέθους με τις απλές*


*Εικόνα 5.24 μπαταρία επαναφορτιζόμενη μολύβδου οξέως βαθιάς εκφορτίσεως για συστήματα ασφαλείας ups κλπ.*


*Εικόνα 5.25 μπαταρία επαναφορτιζόμενη μολύβδου οξέως βαθιάς εκφορτίσεως για αυτοκίνητα*


*εικόνα 5.25 μπαταρία ιόντων λίθου για κινητά*

Πιο αναλυτικά

Οι τύποι των δευτερογενών μπαταριών είναι οι εξής :

### 1.1) Μολύβδου-οξέος (lead-acid)

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέως είναι ευρέως διαδεδομένες και χρησιμοποιούνται για περισσότερο από έναν αιώνα σε ποίκιλες εφαρμογές.Έχουν κατακλίσει την αγορά καθώς επίσης η χρήση τους συνεχώς αυξάνεται. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην ευκολία κατασκευής τους , στην πληθώρα των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται καθώς επίσης και στο σχετικά χαμηλό κόστος τους (παραγωγής και πώλησης)

Οι κλασικές μπαταρίες Μολύβδου-οξέος αποτελούνται από :

Κάθοδο (+) με πλάκες διοξειδίου του μολύβδου ($PbO_2$)

Άνοδο (-) με πλάκες μεταλλικού μόλυβδού Pb και

Ηλεκτρολύτη διαλύματος θειικού οξέος (H2SO4)

Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

Κατά την εκφόρτιση η εξίσωση που περιγραφή την αντίδραση είναι η εξής : $PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$

Μπαταρίες μολύβδου οξέως απεικονίζονται στις παραπάνω εικόνες 5.25-26.

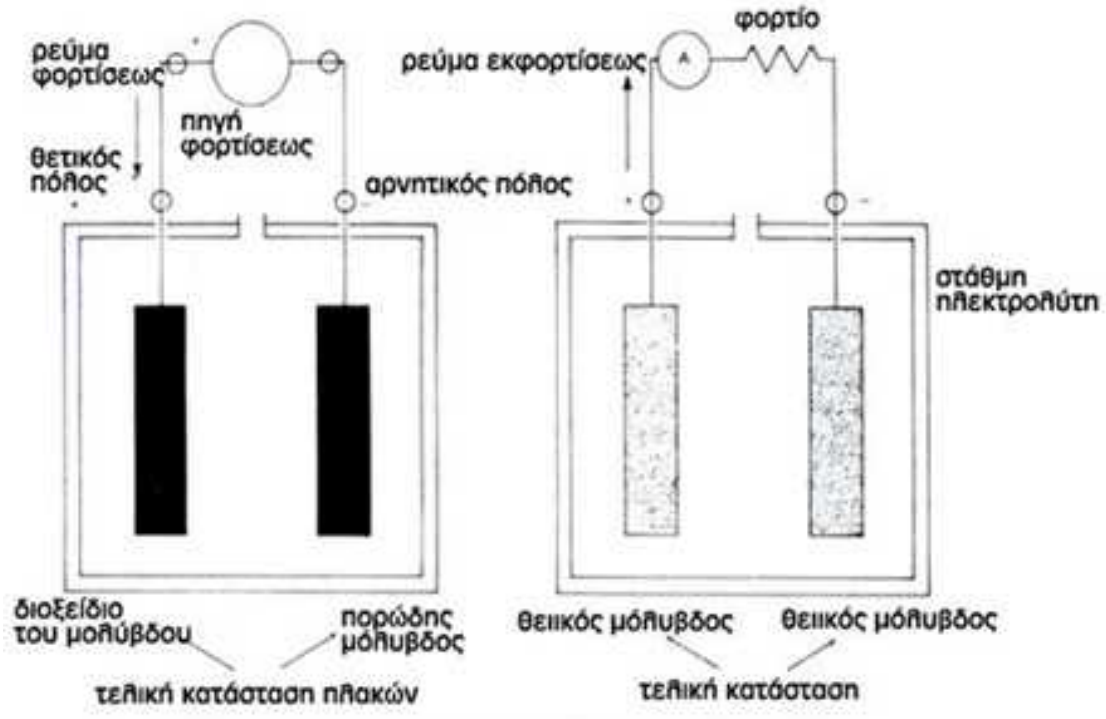
## *Φόρτιση – εκφόρτιση .*

Η μπαταρία έχει σταθερή πολικότητα επομένως για να την φορτίσουμε παρέχουμε ρεύμα σταθερής πολικότητας. Το ρεύμα αυτό είναι συνεχές και ποτέ εναλλασσόμενο. Αν για παράδειγμα η ηλεκτρεγερτική δύναμη (δηλαδή η τάση εν κενώ) της μπαταρίας είναι 12V τότε για να την

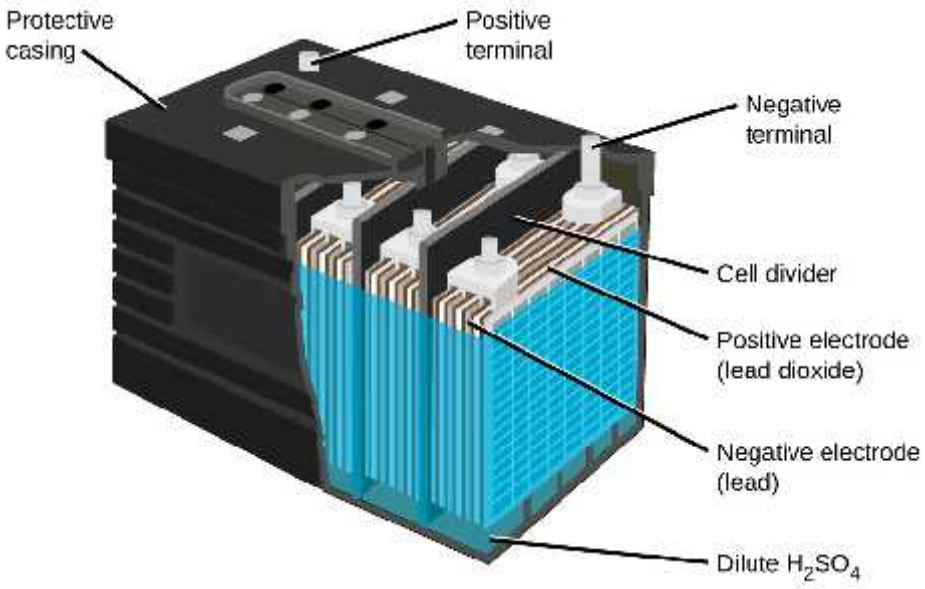
φορτίσουμε χρειαζόμαστε ρεύμα της τάξεως των 14 - 16 V ανάλογα με τον ρυθμό φορτίσεως της μπαταρίας και τον τύπο της.

Κατά την διάρκεια της  φόρτισή της το ρεύμα διασπά τον ηλεκτρολύτη και το οξυγόνο που παράγεται κινείται προς την θετική πλάκα, όπου κατά την διάρκεια της φόρτισης σχηματίζει διοξείδιο του μολύβδου. Από τις πλάκες «αποσπώνται»  συστατικά τα οποία σχηματίζουν θειικό οξύ στον ηλεκτρολύτη (αυξάνοντας την συγκέντρωσή του) και ταυτόχρονα η αρνητική πλάκα μετατρέπεται σε πορώδη μόλυβδο. Όταν γίνεται εκφόρτιση το ρεύμα αντιστρέφεται λόγω της διαφοράς ηλεκτροθετικότητας του θειικού μολύβδου από τον πορώδη μόλυβδο, το θειικό οξύ διασπάται και στοιχεία του μολύβδου που απελευθερώνονται σχηματίζουν θειικό μόλυβδο και στις δύο πλάκες ,επομένως δεν  υπάρχει διαφορά μεταξύ τους, άρα και ροή ρεύματος. Επίσης οξυγόνο φεύγει από την θετική πλάκα και επιστρέφει στον ηλεκτρολύτη σχηματίζοντας νερό. Αρα ο ηλεκτρολύτης αραιώνει. Στην εικόνα 4.28 παρατηρείται η διαδικασία φόρτισης.

Το μπομόμετρο είναι το όργανο με το οποίο μετράμε την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη με αποτέλεσμα να γνωρίζουμε στοιχεία για την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας **.**




*Εικόνα 5.28 σχήμα αναπαράστασης της φόρτισης της μπαταρίας*




*Εικόνα 5.27 μέρη μπαταρίας μολύβδου οξέως*

## Χρήσεις

Οι μπαταρίες μολύβδου οξέως όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως είναι οι πιο διαδεδομένες στην αγορά καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές. Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένες από αυτές. Τα περισσότερα οχήματα (αυτοκίνητα ,μηχανές, φορτηγά, αγροτικά μηχανήματα ) χρησιμοποιούν μπαταρίες μολύβδου για την εκκίνηση και την γενικότερη λειτουργία τους. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που αποθηκεύουν ενέργεια χρησιμοποιούν μπαταρίες μολύβδου οξέως. Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας ups χρησιμοποιούν κατά κόρον τέτοιες μπαταρίες.

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μολύβδου-οξέος (lead-acid)** | |
|---|---|
| Πλεονεκτήματα | μειονεκτήματα |
| Ποικίλα μεγέθη. | Μπαταρίες μεγάλης χωρητικότητας έχουν μεγάλο βάρος |
| Ποικίλες εφαρμογές. | Μικρά μεγέθη μπαταριών είναι δύσκολο να κατασκευαστούν |
| Υψηλή απόδοση σε χαμηλές και | Η παραγωγή υδρογόνου κατά της |

| | |
|---|---|
| υψηλές θερμοκρασίες . | ηλεκτροχημικές αντιδράσεις μπορεί ν προκαλέσει ανάφλεξη με την μεγάλη άνοδο της θερμοκρασίας σε ένα σύστημα |
| Σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής και αγοράς | |
| Παράγουν ρεύματα ικανά για εκκίνηση κινητήρων | |

### 1.2) Μολύβδου-οξέος ρυθμιζόμενοι με βαλβίδα

Οι μπαταρίες «κλειστού τύπου» - «sealed battery» ή «maintenance free battery» είναι ο απόγονος των κλασσικών μπαταριών Μολύβδου-οξέος . Η έκδοση των μπαταριών αυτών φέρει την ετικέτα VRLA battery (valve-regulated lead-acid battery) δηλ. μπαταρία μολύβδου οξέως με βαλβίδα ρύθμισης. Οι βαλβίδες απελευθερώνουν τα εσωτερικά αέρια, που προκύπτουν από τις χημικές αντιδράσεις στο εσωτερικό της μπαταρίας.

Οι μπαταρίες αυτές χωρίζονται σε δύο τύπους :

- **Συσσωρευτές AGM (**Absorbent Glass Mat) ή απορροφητικού γυαλιού ματ , και
- **Συσσωρευτές GELL CELLS** ή κελιών τζελ

*Συσσωρευτές AGM*

Στην πρώτη κατηγορία απαντώνται συσσωρευτές στους οποίους μεταξύ των πλακών μολύβδου ως διαχωριστής συναντάται το Boron-Silicate Glass Mat .Είναι ένα είδος γυαλιού με διοξείδιο του πυριτίου και τριοξείδιο του βορίου ως τα κύρια συστατικά κατασκευής που είναι γνωστό για τους πολύ χαμηλούς συντελεστές θερμικής διαστολής.

Ο ηλεκτρολύτης περιλαμβάνεται μέσα σε αυτό το γυαλί και ο κίνδυνος διαρροής σε ενδεχόμενο σπάσιμο της μπαταρίας είναι ανύπαρκτος. Επιπλέον με αυτόν τον τρόπο, αμελητέα είναι και η περίπτωση παγώματος της μπαταρίας καθώς δεν ρέουν υγρά σε όλο το μήκος της μπαταρίας . Ο ρυθμός αυτοεκφόρτιση είναι πολύ μικρός έως 3%

μηνιαίως γεγονός που συμβάλει στην αποθήκευση .Οι μπαταρίες αυτές είναι κατάλληλες για πολλαπλές και κυκλικές εκφορτίσεις. Οι μπαταρίες αυτές λόγω των συμπαγών πλακών τους αντέχουν στους κραδασμούς. Η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται σε ορισμένες περιπτώσεις έως τα 12 χρονιά ανάλογα βεβαία και με την χωρητικότητά τους ,(συνήθως όσο μεγαλύτερη χωρητικότητα έχει μία μπαταρία τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ζωής της ).

## *Συσσωρευτές GELL CELLS*

Σε τέτοιου τύπου μπαταρίες ο ηλεκτρολύτης όπως προδίδει και ο τύπος της μπαταρίας απαντάται σε μορφή τζελ. Βασικό πλεονέκτημα που προσδίδουν τέτοιου τύπου ηλεκτρολύτες είναι ότι ακόμα και με πιθανό σπάσιμο της μπαταρίας δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος διότι ο ηλεκτρολύτης δεν μπορεί να χυθεί. Σημαντική πληροφορία για μπαταρίες τύπου τζελ είναι ότι πρέπει να φορτίζονται σε χαμηλότερη τάση από μπαταρίες της προηγούμενης κατηγορίας διότι υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας κενών στο τζέλ , τα οποία μειώνουν την χωρητικότητα της. Όπως και οι προηγούμενες μπαταρίες (συσσωρευτές AGM) έτσι και αυτές είναι κατάλληλες για πολλαπλές και κυκλικές εκφορτίσεις και φτάνουν σε ορισμένες περιπτώσεις έως και 12 χρόνια διάρκεια ζωής, ανάλογα βεβαία και με την χωρητικότητά τους ,(συνήθως όσο μεγαλύτερη χωρητικότητα έχει μία μπαταρία τόσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια ζωής της ).

## Χρήσεις

Οι χρήσεις αυτών των μπαταριών είναι ίδιες με τις απλές μπαταρίες μολύβδου οξέος , απλά ανάλογα με την εφαρμογή μπορούμε να επιλέξουμε εκείνη την μπαταρία που ταιριάζει 100% δηλ. αν θέλουμε μία μπαταρία που αντέχει τους κραδασμούς πχ για ένα αγροτικό μηχάνημα – όχημα θα επιλέξουμε μολύβδου οξέως AGM


*Εικόνα 5,28 μέρη μπαταρίας μολύβδου οξέως με βαλβίδα*

## Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα

| **Μολύβδου-οξέος ρυθμιζόμενοι με βαλβίδα** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Μεγάλη ποικιλία- εύρος εφαρμογών | Χαμηλότεροι κύκλοι ζωής συγκριτικά με τους κλειστού τύπου νικελίου-καδμίου |
| Σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής και αγοράς. | Πιο ευαίσθητη σε υψηλές θερμοκρασίες από ότι οι απλοί μολύβδου οξέως. |
| Μπορεί να παράγει υψηλά ρεύματα. | |
| Ευρεία διαθεσιμότητα . | |
| Δεν εμφανίζουν φαινόμενα .μνήμης όπως οι νικελίου | |

| | |
|---|---|
| καδμίου | |
| Μηδαμινός έως κανένας κίνδυνος διαρροής ηλεκτρολύτη σε αντίθεση με την απλή μολύβδου οξέως,. | |

## 2.) Μπαταρίες ηλεκτροδίου σιδήρου (Iron Electrode Batteries)

Οι μπαταρίες αυτές έχουν ως ηλεκτρόδιο ανόδου τον σίδηρο και αποτελούνται από τρία είδη :
α.) σιδήρου αργύρου

β.) σιδήρου νικελίου

γ.) σιδήρου αέρα

Κοινό γνώρισμα αυτών των μπαταριών είναι η αντοχή τους στον χρόνο έως και 20 χρόνια σε μερικές περιπτώσεις .Αντέχουν επίσης σε υπερφορτίσεις και υπερεκφορτίσεις .Το κόστος τους ποικίλει ανάλογα με την χρήση τους.

### 2.1) Μπαταρία σιδήρου αργύρου (iron-silver oxide)

Η μπαταρία αυτή έχει πολύ περιορισμένη χρήση καθώς κοστίζει πολύ η παραγωγή της. Δεν απαντώνται εύκολα στο εμπόριο παρ'όλα αυτά είναι χρήσιμες σε εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη διάρκεια ζωής

Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα

| **Μπαταρία σιδήρου αργύρου** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής | Ακριβό κόστος παραγωγής. |

## 2.2) Μπαταρία σιδήρου νικελίου (iron-nickel oxide)

Η μπαταρία αυτή έχει ως άνοδο μεταλλικό σίδηρο, ως κάθοδο οξείδιο του νικελίου , ενώ τον ηλεκτρολύτη αποτελεί διάλυμα υδροξειδίου καλίου με υδροξείδιο λιθίου. Τείνουν να αντικαθιστούνται από συσσωρευτές μολύβδου οξέος και νικελίου καδμίου.

### Χρήσεις

Η χρήση τέτοιου είδους μπαταριών απαντάται σε εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας όπως σήμανση σιδηροδρόμων , φωτισμό έκτακτης ανάγκης.

### Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία σιδήρου νικελίου** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής | Σε υψηλές θερμοκρασίες καταστρέφοντα.ι |
| Δεν καταστρέφονται αν μείνουν καιρό αφόρτιστες | Μικρή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. |
| | Υψηλή αυτοεκφόρτιση. |
| | Υψηλότερο κόστος από της μολύβδου οξέως |

*εικόνα 5.29 διάφορα μεγέθη μπαταρίας σιδήρου νικελίου*

### 2.3) Μπαταρία σιδήρου αέρα (iron air)

Η μπαταρία αυτή έχει ως άνοδο μεταλλικό σίδηρο και ως κάθοδο χρησιμοποιεί το οξυγόνο του αέρα. Κάποτε είχαν αναπτυχθεί αρκετά οι μπαταρίες σιδήρου αέρα όμως οι μπαταρίες ψευδαργύρου αέρα που έχουν παρόμοια λειτουργία έχουν πάρει την θέση τους σε ένα μεγάλο μέρος της αγοράς.

## Χρήσεις

Τέτοιες μπαταρίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κινητική ενέργεια και ιδιαίτερα στα ηλεκτρικά οχήματα.

| **Μπαταρία σιδήρου αέρα (iron air)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Χαμηλή αυτοεκφόρτιση | Χαμηλή απόδοση. |
| | Χαμηλή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες. |
| | |

### 3.) Μπαταρία νικελίου καδμίου (nickel-cadmium, NiCd)

Η κάθοδος της μπαταρίας (θετική πλευρά) αποτελείται από οξύ - υδροξείδιο νικελίου και η άνοδος (αρνητική πλευρά) από κάδμιο .Ο ηλεκτρολύτης είναι υδροξείδιο του καλίου. Τα λεπτά και πλατειά φύλλα των ηλεκτρόδιων τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο, με ένα λεπτό πορώδες μονωτικό φύλλο ανάμεσά τους. Πριν κλείσει τελείως το στοιχείο χύνεται μέσα του ηλεκτρολύτης. Να σημειωθεί ότι εξετάζουμε την μπαταρία σε κατάσταση εκφόρτισης δηλ. ως πρωτεύον στοιχείο. Η πλήρης επεξήγηση πρωτεύοντος – δευτερεύοντος στοιχείου έγινε αναλυτικά στο $4^{ο}$ κεφάλαιο.

Υπάρχουν συσσωρευτές νικελίου-καδμίου που κατασκευάζονται με βαλβίδα εκτόνωσης πίεσης που αναπτύσσεται στο εσωτερικό από τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα , γεγονός που δεν σημαίνει ότι είναι απαραίτητο στοιχείο για την κατασκευής τους.

## Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

Άνοδος :$Cd + 2OH \rightarrow Cd(OH)2 + 2e-$

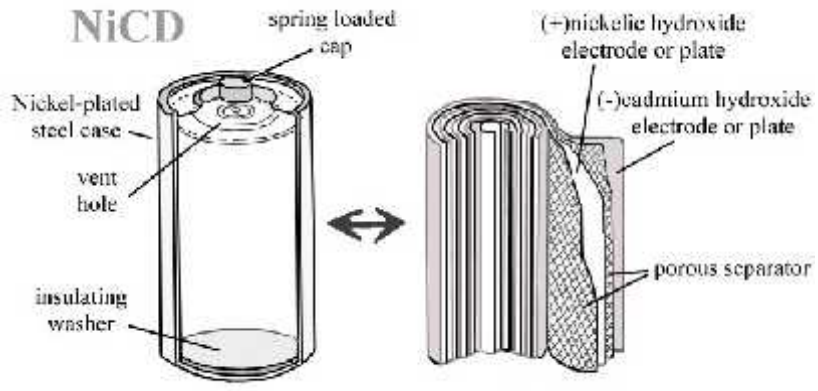
Κάθοδος : $[NiOOH] + H2O + e \rightarrow Ni(OH)2 + OH-$

### Χρήσεις

Τέτοιου είδους μπαταρίες συναντάμε σε κινητά τηλέφωνα ,φορητούς υπολογιστές ,ασύρματα τηλέφωνα ,πομποδέκτες καθώς επίσης σε φορητά δράπανα – βιδολόγους , φορητά σκουπάκια, στον μοντελισμό κ.α

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| Μπαταρία νικελίου καδμίου (nickel-cadmium, NiCd) | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Πολλοί κύκλοι φόρτισης (πάνω από 1000) | Παρουσιάζουν φαινόμενο μνήμης. |
| Αρκετά ανθεκτικές | Πρέπει να αποθηκεύονται ενώ δεν είναι φορτισμένες , χρειάζονται συχνά πλήρη αποφόρτιση. |
| Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από της μπαταρίες μολύβδου | Δεν είναι φιλικές προς το περιβάλλον λόγω του καδμίου . |
| Αρκετά υψηλή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες | Υψηλή αυτοεκφόρτιση. |
| Χαμηλή τιμή αγοράς | |
| Ποικίλα μεγέθη και εφαρμογές | |
| μπορεί να φορτιστεί σε μεγάλο βαθμό με μικρή φόρτιση | |




*Εικόνα 5.30 γράφημα δομής μπαταρίας nicd*


*Εικόνα 5.31 είδη και μεγέθη μπαταριών ni cd*

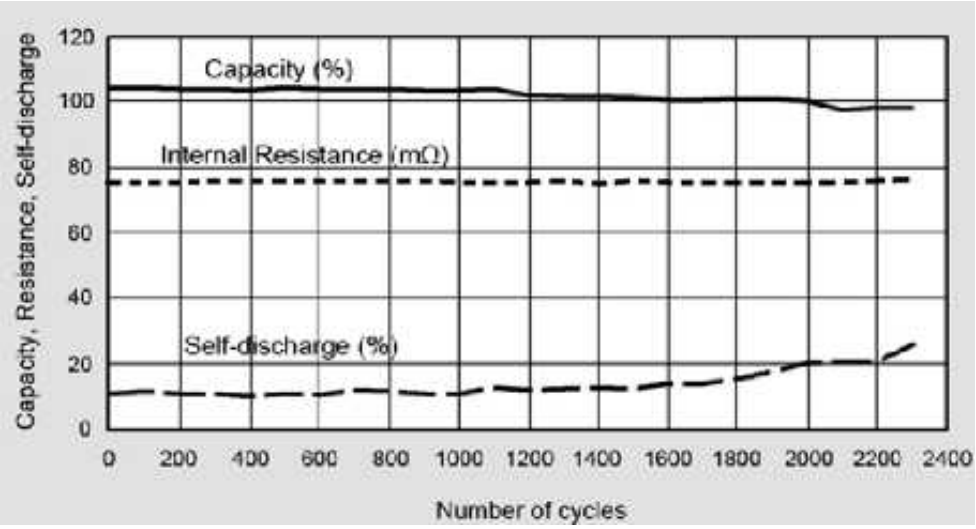
## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι

α.) η χωρητικότητα αρχίζει να μειώνεται με πού σταθερό και αργό ρυθμό μετά τους πρώτους 1000 κύκλους ζωής

β.) η εσωτερική αντίσταση παραμένει  σχεδόν σταθερή μέχρι και τους 2.350 κύκλους ζωής

γ.) και η αυτοεκφόρτιση της μπαταρίας αρχίζει να αυξάνεται μετά τους 1600 κύκλους ζωής.




*Διάγραμμα 5.17 χωρητικότητας, εσωτ.αντίστασης, αυτοεκφόρτισης – κύκλους ζωής*

## 4.) Μπαταρία νικελίου-μετάλλου υδριδίου (nickel-metal hydride, NiMh)

Οι συσσωρευτές νικελίου υδριδίου έχουν κατακλίσει την αγορά λόγω του ότι είναι φιλικές προς τα περιβάλλον και επιπλέον πλεονεκτούν έναντι των νικελίου καδμίου.

Αναφερόμενοι στην εκφόρτιση του συσσωρευτή το θετικό ηλεκτρόδιο είναι οξύ-υδροξείδιο νικελίου, όπως και στους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου, και η άνοδος αποτελείται από υδρογόνο σε μορφή υδριδίου μετάλλου. Ο ηλεκτρολύτης όπως και στους συσσωρευτές καδμίου είναι υδροξείδιο του καλίου. Το πλήθος συσσωρευτών NiMh είναι κλειστού τύπου (σφραγισμένοι) .

### Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

Ανοδος : $MH + OH^- \rightarrow M + H_2O + e^-$

Κάθοδος : $NiOOH + H_2O + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$

### Χρήσεις

Οι συσσωρευτές NimH όπως προαναφέρθηκε έχουν εισβάλει στην αγορά σε μεγάλο βαθμό. Οι συσσωρευτές NiMH κλειστού τύπου κατασκευάζονται σε διατάξεις κυλινδρικές, μεγάλου όγκου (παραλληλεπίπεδο σχήμα) και κουμπιού. Χρησιμοποιούνται πολύ σε φορητές συσκευές (σκουπάκια, ηλεκτρικές οδοντόβουρτσες) ,φορητούς υπολογιστές, στον μοντελισμό , χειριστήρια (control, πομποδέκτες)

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία νικελίου-μετάλλου υδριδίου( NiMh)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| 30-40% υψηλότερη χωρητικότητα από μπαταρία NiCd | Περιορισμένη διάρκεια ζωής, βαθιές εκφορτίσεις μειώνουν τη διάρκεια ζωής. |
| Λιγότερο προβλήματα μνήμης από μπαταρία NiCd | Ευαίσθητη στην υπερφόρτιση. |
| Απλή αποθήκευση και μεταφορά. | Υψηλή αυτοεκφόρτιση. |
| Φιλική προς το περιβάλλον. | |
| διατίθεται σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών και επιλογών απόδοσης. | |

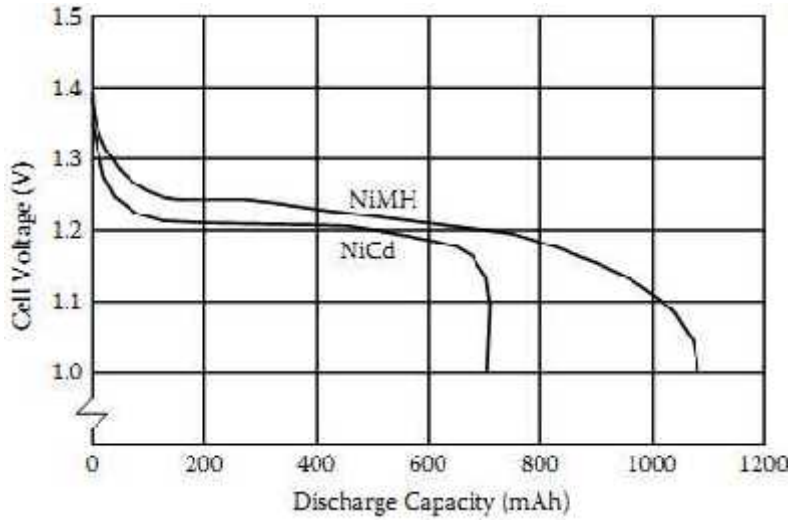

*Εικόνα 5.32 NiMh κυλινδρικού τύπου*

*Εικόνα 5.33 NiMh σχήματος κουμπιού*


*Εικόνα 5.34 NiMh μεγάλου όγκου*

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι συσσωρευτές NiMh έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα από τους NiCd καθώς επίσης εκφορτίζονται πιο ομαλά και για μεγαλύτερη διάρκεια.




*Διάγραμμα 5.18 τάση κελιού – αποφόρτιση χωρητικότητας*

## 6.) Μπαταρία νικελίου-ψευδαργύρου (zinc-nickel oxide NiZn )

Οι συσσωρευτές νικελίου ψευδαργύρου συνδυάζουν τη μεγάλη διάρκεια ζωής που συναντάμε στους συσσωρευτές νικελίου-καδμίου με την υψηλή ειδική ενέργεια που μας παρέχει το ηλεκτρόδιο ψευδαργύρου.

Τα ηλεκτρόδια των μπαταριών νικελίου-ψευδαργύρου αποτελούνται από οξύ-υδροξείδιο νικελίου στην κάθοδο και οξείδιο ψευδαργύρου στην άνοδο .Ο ηλεκτρολύτης στο πλήθος των μπαταριών νικελίου-ψευδαργύρου είναι υδατικό διάλυμα υδροξειδίου καλίου. Κατασκευάζονται σε διάφορες διατάξεις.

### Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

Ανοδος : $Zn + 2\ OH^- \rightarrow Zn(OH)_2 + 2e^-$

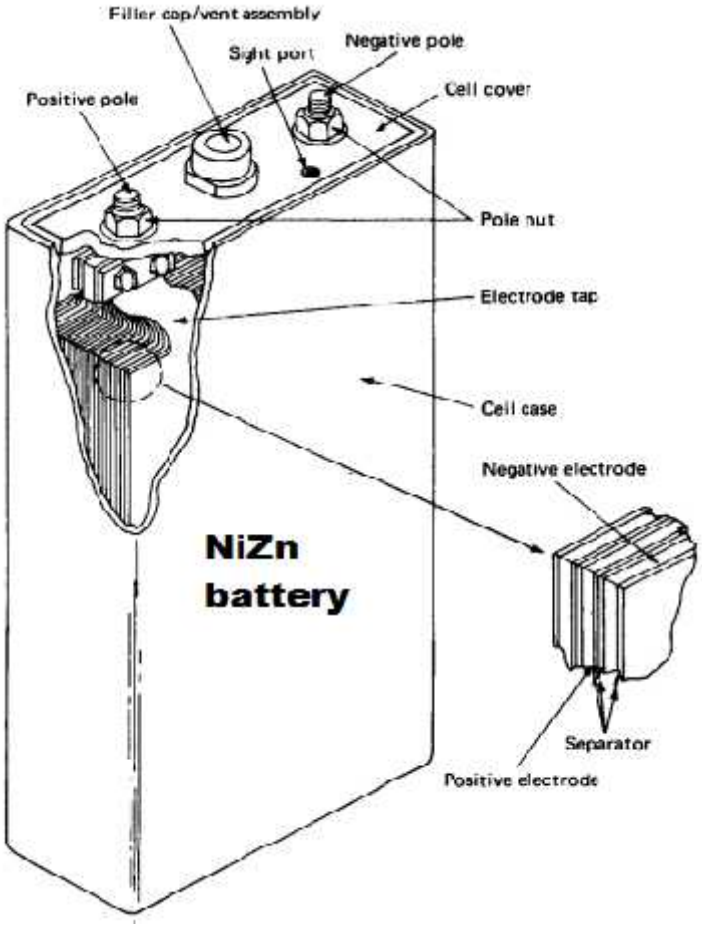
Κάθοδος : $2\ NiOOH + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2\ Ni(OH)_2 + 2\ OH^-$

### Χρήσεις

Το εύρος χρήσης του περιορίζεται κυρίως σε εφαρμογές κίνησης, δηλαδή σε ηλεκτρικά ποδήλατα και ηλεκτρικά μηχανάκια, ηλεκτρικά αναπηρικά αμαξίδια ,επιπροσθέτως σε εφαρμογές στρατιωτικού χαρακτήρα όπου η βαθιά εκφόρτιση είναι σύνηθες φαινόμενο (σε ολιγοήμερες ασκήσεις και πορείες) και κυρίως σε εφαρμογές που απαιτούν βαθιά εκφόρτιση λόγω του είδους της χρήσης.

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

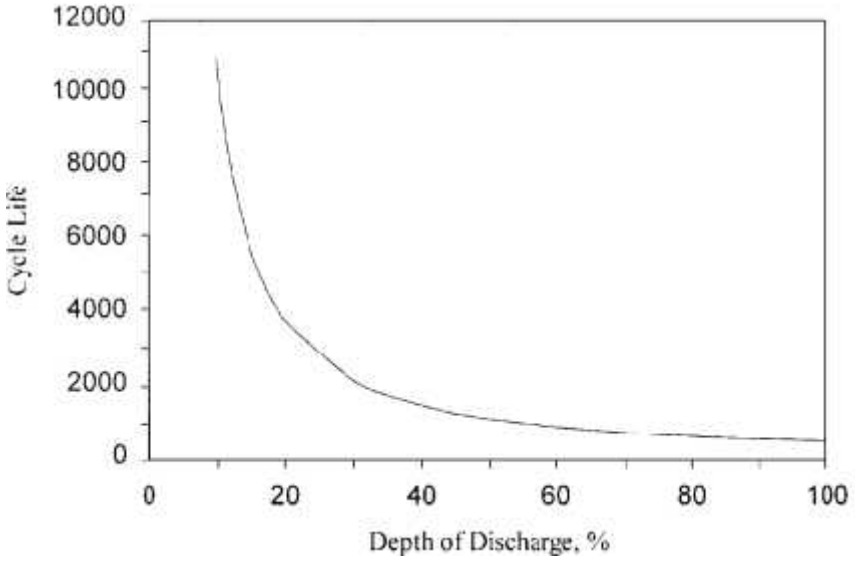
| **Μπαταρία νικελίου-ψευδαργύρου** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | Μειονεκτήματα |
| Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας. | Υψηλότερο κόστος από μπαταρίες μολύβδου-οξέος. |
| Χαμηλό κόστος | |
| Αρκετά μεγάλο εύρος λειτουργίας σχετικά με την θερμοκρασία | |
| ικανότητα γρήγορης επαναφόρτισης | |




*Εικόνα 5.35 γράφημα μπαταρίας NiZn*

Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε ότι οι κύκλοι ζωής της μπαταρίας NiZn είναι αντιστρόφως ανάλογοι με το βάθος εκφόρτισης της. Όσο πιο βαθιά εκφορτίζεται ο συσσωρευτής τόσο πιο λίγοι κύκλοι ζωής του απομένουν. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην καταπόνηση του ηλεκτρολύτη και την όλο και μεγαλύτερη αλλαγή στην δομή του διαλλείματος καθώς η εκφόρτιση αυξάνεται όλο και περισσότερο.




*Διάγραμμα 5.19 κύκλοι ζωής – βάθος εκφόρτισης*

### 7.) Μπαταρία νικελίου –υδρογόνου nickel- hydrogen (Ni-$H_2$)

Η μπαταρία αυτή αποτελεί μία άγνωστη πηγή ενέργειας για το ευρύ κοινό, καθώς οι εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιείται είναι πολύ ειδικευμένες και ιδιαίτερες.

Το θετικό ηλεκτρόδιο- κάθοδος είναι οξείδιο του νικελίου και προέρχεται από το κυψέλη νικελίου-καδμίου,ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από υδρογόνο που προέρχεται από κυψέλη καυσίμου υδρογόνου-οξυγόνου. Χαρακτηριστικό γνωρίσματα αυτής της

υβριδικής μπαταρίας μια μεγάλη διάρκεια ζωής που υπερβαίνει οποιαδήποτε άλλη.

## Ηλεκτροχημικές εξισώσεις

Ανοδος : $NiOOH + H_2O + e \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$

Κάθοδος : $_{1/2}H_2 + OH^- \rightarrow H_2O + e$

## Χρήσεις

Οι συσσωρευτές τέτοιου είδους χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε αεροδιαστημικές εφαρμογές οι οποίες μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες LEO (lifetime-in-orbit διάρκεια ζωής-σε-τροχιά/) και GEO

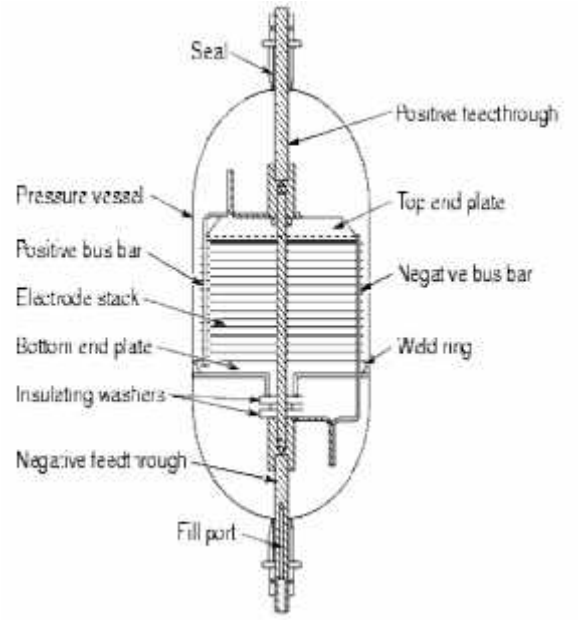
Για εφαρμογές τύπου LEO οι απαιτήσεις είναι τυπικά 3 έως 6 έτη σε περίπου 6000 κύκλους ανά έτος δηλαδή για μια συνολική απαίτηση κύκλου των 18.000-36.000 .

Για εφαρμογές τύπου GEO οι απαιτήσεις είναι σε διάρκεια ζωής από 15 έως 20 χρόνια ,οι μπαταρίες έχουν περίπου 100 κύκλους το χρόνο για συνολικά 1500 έως 2000 κύκλους.

Δορυφόροι και άλλες διαστημικές εφαρμογές απαιτούν λειτουργία χωρίς διακοπές για αυτό και επιλέγονται τέτοιου είδους μπαταρίες με μεγάλη διάρκεια ζωής.

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία νικελίου –υδρογόνου nickel- hydrogen ($Ni-H_2$)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Υψηλή ειδική ενέργεια (60 Wh / kg) | Υψηλό αρχικό κόστος. |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής εως και 40.000 κύκλους για εφαρμογές LEO | Χαμηλή ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας 20-40 Wh / L . |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής πάνω από 15 χρόνια για GEO εφαρμογές | |
| η κυψέλη τις μπαταρίας μπορεί να ανεχθεί υπερφόρτωση και αναστροφή | |
| Η πίεση του H2 δίνει μια ένδειξη της κατάσταση φόρτισης | |



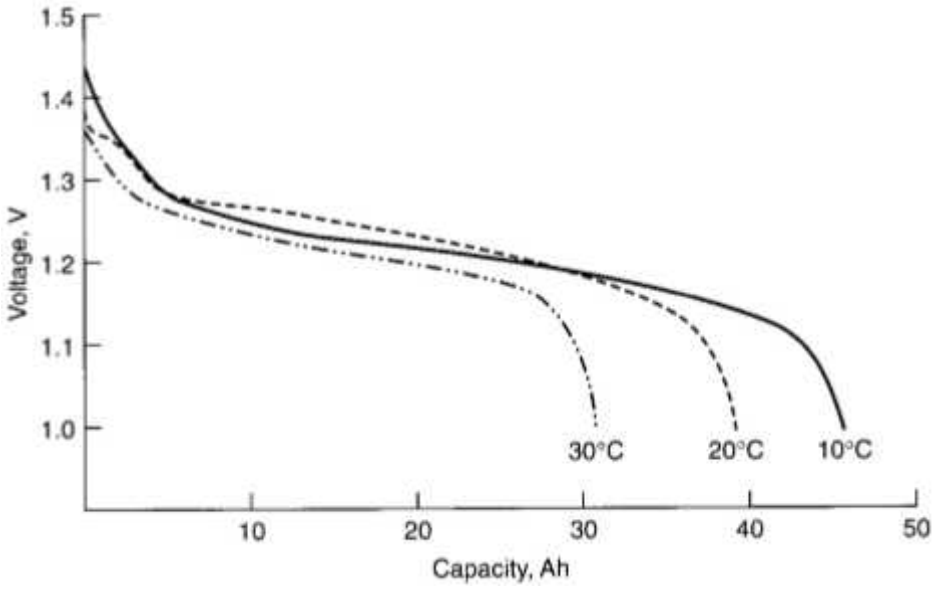

*Εικόνα 5.36 γράφημα δομής μπαταρίας $NiH_2$*

*Εικόνα 5.37 μπαταρία $NiH_2$*

*Εικόνες 5.39-40 μπαταρίες $NiH_2$ σε διάταξη για διαστημική εφαρμογή*

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρατηρούμε πως αυξάνεται η χωρητικότητα του συσσωρευτή με την μείωση της θερμοκρασίας επιπλέον παρατηρούμε ότι στις χαμηλότερες θερμοκρασίες μεγαλύτερη είναι και η τάση στα άκρα της μπαταρίας.




*Διάγραμμα 5.20 τάσης – χωρητικότητας μπαταρίας $NiH_2$*

## 8.) Μπαταρία λιθίου (lithium)

Όπως και με τις πρωτογενείς μπαταρίες λιθίου έχουν γίνει πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις στη χημεία έτσι και με το σχεδιασμό των επαναφορτιζόμενων μπαταριών λιθίου για να αποκτηθούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά απόδοσης. Οι μπαταρίες λιθίου ανάλογα με το από τι αποτελείται το θετικό ηλεκτρόδιο χωρίζονται (το αρνητικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από μεταλλικό λίθιο).

Έχουν διερευνηθεί διάφορα υλικά για το θετικό ηλεκτρόδιο (η κάθοδος κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης), όπως:

α.) στερεές ενώσεις παρεμβολής, διαλυτές ανόργανες κάθοδοι και πολυμερή υλικά με στερεούς πολυμερείς ηλεκτρολύτες

β.) στερεές ενώσεις παρεμβολής, διαλυτές ανόργανες κάθοδοι και πολυμερή υλικά με ηλεκτρολύτες σε υγρή μορφή

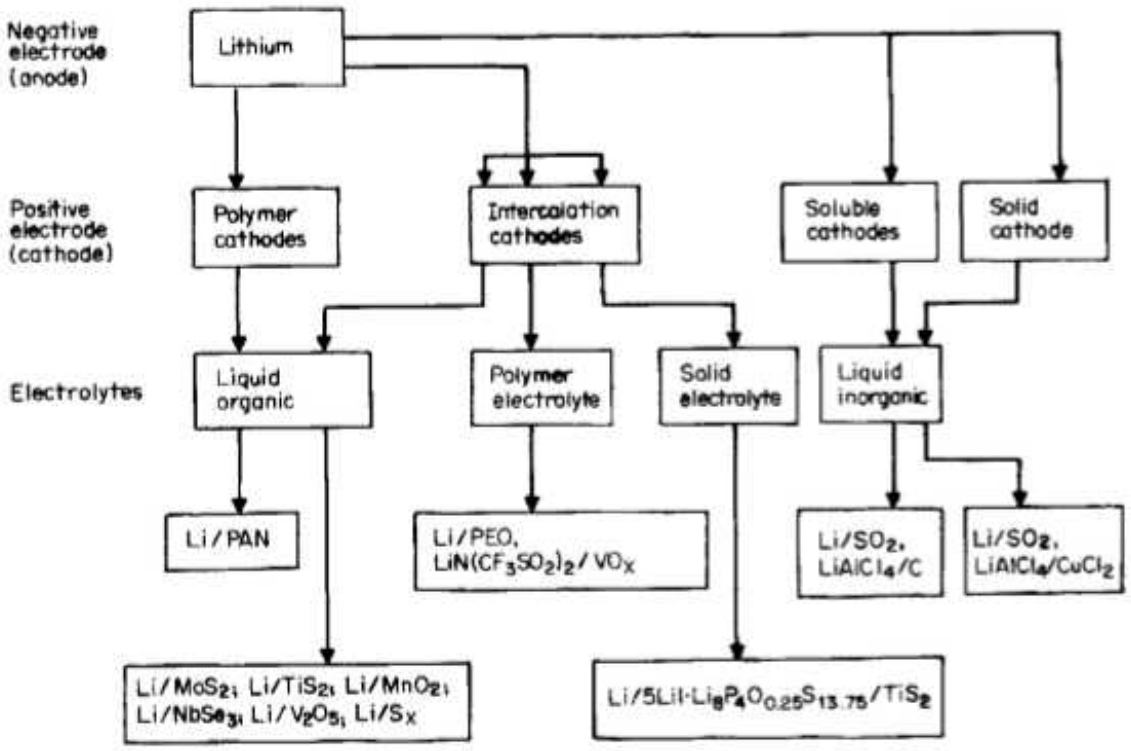
γ.)Στοιχεία με ανόργανο ηλεκτρολύτη, τα οποία χρησιμοποιούν το διάλυμα του ηλεκτρολύτη ή ένα στερεό ζεύγος οξειδοαναγωγής για το θετικό ηλεκτρόδιο και λίθιο για το ενεργό υλικό του αρνητικού ηλεκτροδίου.

δ.) Στοιχεία με κράματα λιθίου για την άνοδο, υγρό οργανικό ή πολυμερή ηλεκτρολύτη και μία ποικιλία υλικών για την κάθοδο. Ετσι κατασκευάζονται κυρίως οι μικρές επίπεδες μπαταρίες ή μπαταρίες κουμπιού.

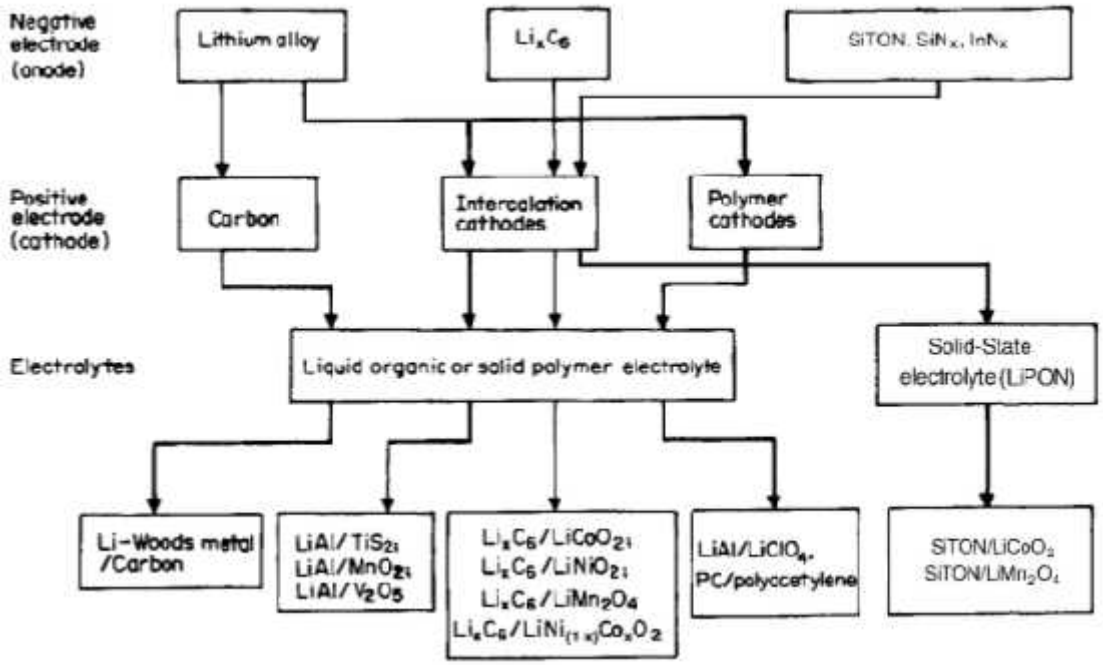
Γενικά οι στερεοί ηλεκτρολύτες είναι δημοφιλείς καθώς μπορούν να παρέχουν ασφαλέστερο σχεδιασμό λόγω της χαμηλότερης αντιδραστικότητας τους με το λίθιο.

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία λιθίου (lithium)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | **Μειονεκτήματα** |
| Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα . | Χαμηλή διάρκεια ζωής. |
| Χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης . | Σχετικά χαμηλή απόδοση σε χαμηλές θερμοκρασίες (σε σύγκριση με άλλες συμβατικές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες). |
| | Πιθανά προβλήματα ασφάλειας με μεταλλικά συστήματα λιθίου. |



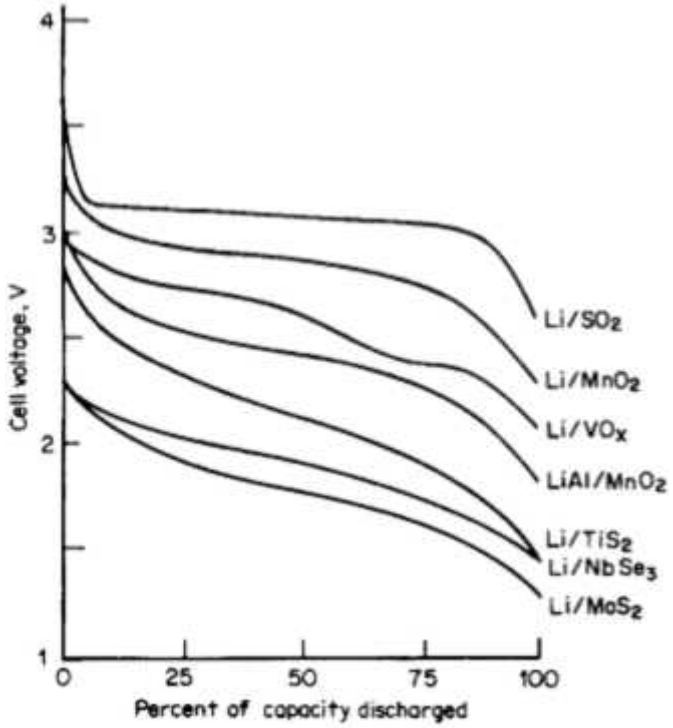

*Εικόνα 5.41* Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου με μεταλλικό λίθιο ως αρνητικό ηλεκτρόδιο




*Εικόνα 5.42* Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου με κράματα λιθίου ή λιθιοποιημένο άνθρακα ως αρνητικό ηλεκτρόδιο.

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρατηρούμε πως συμπεριφέρονται διάφορα είδη συσσωρευτών λιθίου κατά την διάρκεια της εκφόρτισης. Παρατηρούμε επίσης ότι η τάση ακροδεκτών των ηλεκτροδίων κάθε κυψέλης κάθε είδους μπαταρίας δεν είναι ίδια ,αυτό οφείλεται στην διαφορετικότητα των υλικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα , επόμενο είναι να μην έχουμε ακριβώς την ίδια συμπεριφορά κατά την εκφόρτιση.




*Διάγραμμα 5.21 τάσης κελιού εκατοστιαίας εκφόρτισης χωρητικότητας*

## 9.1) Μπαταρία ιόντων λιθίου Lithium-ion (Li-ion)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου (Li-ion) αποτελούνται από κυψέλες που χρησιμοποιούν ενώσεις παρεμβολής λιθίου ως θετικά και αρνητικά υλικά. Καθώς η μπαταρία λειτουργεί, τα ιόντα λιθίου ανταλλάσσονται μεταξύ των θετικών και αρνητικών ηλεκτροδίων.

Τα θετικά υλικά των ηλεκτροδίων στις εμπορικά διαθέσιμες μπαταρίες ιόντων λιθίου αποτελούνται από λιθιοποιημένο μεταλλικό οξείδιο. Τα πρώτα προϊόντα ιόντων λιθίου που κυκλοφορεί για παράδειγμα στην αγορά η Sony χρησιμοποίησαν  LiCoO2. Πρόσφατα αναπτύχθηκαν κυψέλες που χρησιμοποιούν λιγότερο δαπανηρά υλικά, όπως το LiMn2O4 (σπινέλιο), ή υλικά με υψηλότερη χωρητικότητα, όπως το LiNi1xCoxO2.

Τα αρνητικά  υλικά των ηλεκτροδίων αρχικά αποτελούνταν από μεταλλικό λίθιο .Ωστόσο τα ζητήματα ασφάλειας με τις μεταλλικές μπαταρίες λιθίου ανάγκασαν τη βιομηχανία να επικεντρωθεί στη χρήση άνθρακα στο αρνητικό ηλεκτρόδιο αντί για μέταλλο του λιθίου.

Το βασικό δομικό στοιχείο για τα υλικά άνθρακα είναι ένα επίπεδο φύλλο ατόμων άνθρακα διατεταγμένο σε εξαγωνική συστοιχία.

Αυτά τα φύλλα στοιβάζονται με καταχωρημένο τρόπο σε γραφίτη.

Τέσσερις τύποι ηλεκτρολυτών έχουν χρησιμοποιηθεί σε μπαταρίες ιόντων λιθίου: υγροί ηλεκτρολύτες, ηλεκτρολύτες gel, πολυμερείς ηλεκτρολύτες και κεραμικοί ηλεκτρολύτες. Η επιλογή διαλυτών για έναν ηλεκτρολύτη επηρεάζεται επίσης από τις απαιτήσεις χαμηλής θερμοκρασίας της εκάστοτε εφαρμογής. Οι ηλεκτρολύτες χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούν διαλύματα χαμηλού ιξώδους με χαμηλά σημεία ψύξης.

Συσσωρευτές με μόνο ένα ηλεκτροχημικό στοιχείο, τυπικά δίνουν τάση από 2.5V έως 4.2V, σχεδόν τρεις φορές υψηλότερη από την τάση που δίνουν τα στοιχεία νικελίου-καδμίου και νικελίου-μετάλλου υδριδίου, επομένως απαιτούνται λιγότερα ηλεκτροχημικά στοιχεία για να παραχθεί η ίδια τάση από ένα συσσωρευτή ιόντων λιθίου.

Αν και οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου μπορούν να εκτεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες για σύντομο διάστημα, όπως για παράδειγμα στους 70°C, ο βαθμός αλλοίωσής τους είναι σημαντικός ήδη από τους 60°C . Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου είναι ασφαλείς σε μεγάλο βαθμό και μόνο σε περίπτωση υπερφόρτισης ή σύνθλιψης μπορεί να παρουσιαστεί διαφυγή αερίων. Τα προβλήματα αυτά (υπερφόρτιση, υπερεκφόρτιση, χαμηλή-υψηλή θερμοκρασία) έχουν σε μεγάλο βαθμό επιλυθεί με την ενσωμάτωση κυκλωμάτων προστασίας στους συσσωρευτές.

## Χρήσεις

Η τεχνολογία των ιόντων λιθίου , βρίσκει απήχηση σε ένα ευρύ σύνολο εφαρμογών και η απόδοση των συγκεκριμένων συσσωρευτών συνεχίζει να βελτιώνεται καθώς εφαρμόζεται σε όλο και περισσότερες και πολυποίκιλες εφαρμογές.

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου και πολυμερούς λιθίου χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε κινητά τηλέφωνα από τους περισσότερους σχεδιαστές τηλεφώνων, GPS και φορητούς υπολογιστές – laptops, συσκευές

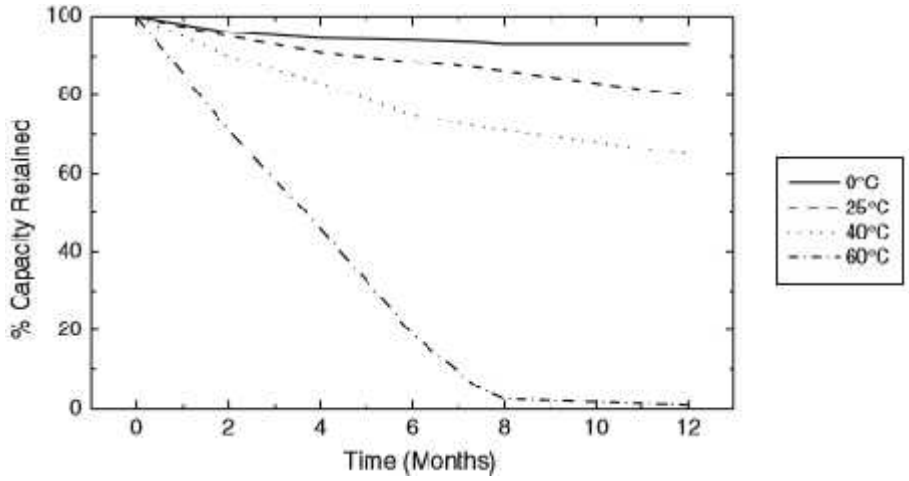
αναπαραγωγής μουσικής και βίντεο ,ασύρματα τηλεχειριστήρια για παιχνιδομηχανές ηλεκτρονικά τσιγάρα κλπ.

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία ιόντων λιθίου Lithium-ion (Li-ion)** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | Μειονεκτήματα |
| Μεγάλη διάρκεια ζωής | Μέτριο κόστος αγοράς |
| Ευρεία περιοχή λειτουργίας θερμοκρασίας | Απώλεια χωρητικότητας ή θερμική διαφυγή όταν υπερφορτίζεται |
| Χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης | Τα κυλινδρικά σχέδια συνήθως προσφέρουν χαμηλότερη πυκνότητα ισχύος από τα NiCd ή NiMH |
| Υψηλή ειδική ενέργεια και πυκνότητα ενέργειας | Χρειάζονται προστατευτικό κύκλωμα για να διατηρούν τάση και θερμοκρασία στις σωστές τιμές και για τον έλεγχο υπερφόρτισης και υπερεκφόρτισης . |
| ικανότητα υψηλής απόδοσης | |
| Δεν χρειάζονται αποφόρτιση αφού απουσιάζει το φαινόμενο μνήμης | |
| Δεν υπάρχει φαινόμενο μνήμης | |

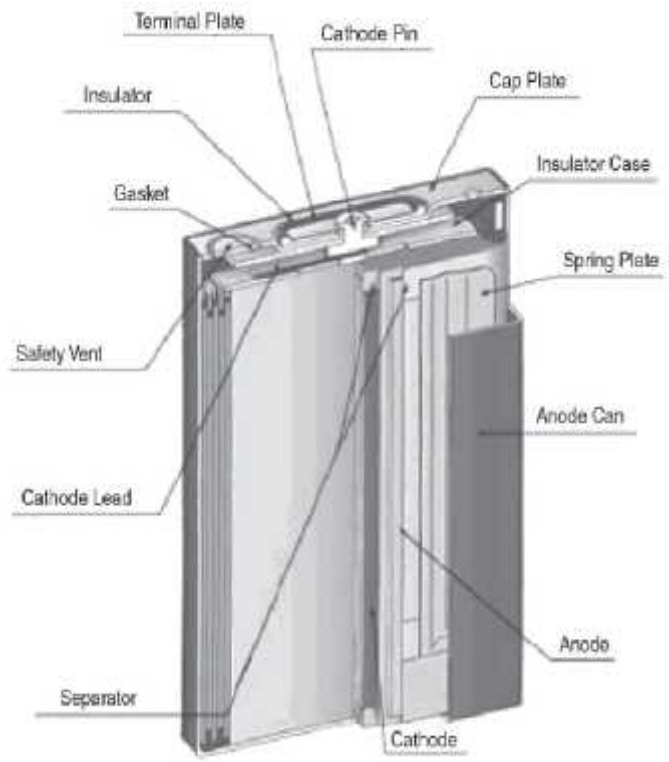
## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο διάγραμμα που παρατίθεται, παρακολουθούμε την εκατοστιαία εκφόρτιση της χωρητικότητας συσσωρευτού ιόντων λιθίου συναρτήσει της θερμοκρασίας. Αναλυτικότερα παρατηρούμε ότι η αυτοεκφόρτιση στους 0$^{o}$C δεν αγγίζει ούτε το 10% τον χρόνο ενώ στους 60$^{o}$C στον ένα χρόνο έχει εκφορτιστεί στο 99,9% , γεγονός που έχει άμεση συνέπεια στην διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Ακόμα και στους 25$^{o}$C που είναι μία συνήθης θερμοκρασία αποθήκευσης η αυτοεκφόρτιση αγγίζει τα 20% σε 12 μήνες .




*Διάγραμμα 5.22 χωρητικότητας – χρόνου συναρτήσει της θερμοκρασίας*


*Εικόνα 5.43 κλασσική μπαταρία κινητού Li-ion*




*Εικόνα 5.44 γράφημα αναπαράστασης δομής  πρισματικής μπαταρίας κινητού Li-ion*

## 9.2) Μπαταρία ιόντων  λιθίου-πολυμερούς (polymer LiIon ή LiPo)

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου πολυμερών ,παρέχουν τα χαρακτηριστικά απόδοσης των μπαταριών ιόντων λιθίου (LiIon), συμπεριλαμβανομένης και της υψηλής ειδικής ενέργειας τους και της υψηλής πυκνότητας ενέργειας, σε μπαταρία μικρού όγκου και κυρίως λεπτού πάχους.

Μία κυψέλη έχει τέσσερα κύρια στοιχεία: θετικό ηλεκτρόδιο, αρνητικό ηλεκτρόδιο, διαχωριστή και ηλεκτρολύτη. Ο ίδιος ο διαχωριστής μπορεί να είναι ένα πολυμερές.

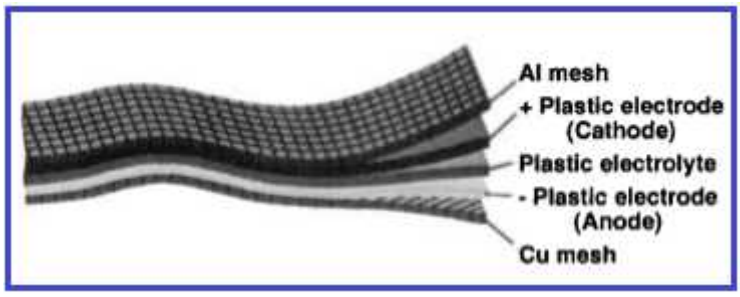
Το θετικό και το αρνητικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος – άνοδος ) αντίστοιχα κατά την διάρκεια της εκφόρτισης είναι κατασκευασμένα κατά τον ίδιο τρόπο και από τα ίδια υλικά με την μπαταρία ιόντων λιθίου.

Η  διαφορά των δύο συσσωρευτών έγκειται στον ηλεκτρολύτη. Η πρωταρχική διαφορά είναι ότι αντί να χρησιμοποιείται υγρός ηλεκτρολύτης αλάτων λιθίου (όπως LiPF6) που συναντάται σε οργανικό

διαλύτη (όπως EC / DMC / DEC), η μπαταρία χρησιμοποιεί έναν ηλεκτρολύτη στερεού πολυμερούς (SPE) όπως πολυ (αιθυλενοξείδιο ) (PEO), πολυ (ακρυλονιτρίλιο) (PAN), πολυ (μεθακρυλικό μεθύλιο) (PMMA) ή πολυ (βινυλιδενοφθορίδιο) (PVdF).

Ο στερεός ηλεκτρολύτης μπορεί τυπικά να ταξινομηθεί ως ένας από τους τρεις τύπους: ξηρό SPE, gelled SPE και πορώδες SPE.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου πολυμερούς είναι διαθέσιμες σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών από 0,6 έως 160 Ah τόσο σε κυλινδρικά όσο και σε πρισματικά σχέδια με ένα εύρος αναλογιών διαστάσεων.




*Εικόνα 5.45 γράφημα δομής μπαταρίας LiPo*

## Χρήσεις

Οι χρήσεις των μπαταριών λιθίου πολυμερούς είναι παρόμοιες με εκείνες των ιόντων λιθίου.

Η διαφορά στις χρήσεις τους είναι ότι η μπαταρία LiPo μπορεί να πάρει διάφορα σχήματα και μεγέθη και μπορούν να γίνουν πολύ λεπτές. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αυτοκινητοβιομηχανία τον ηλεκτρικών αυτοκινήτων καθώς ήδη εταιρείες αυτοκινήτων πραγματοποιούν τέτοιου είδους πειραματισμούς. Τα κύτταρα ιόντων λιθίου σε μορφή θήκης διερευνούνται για την τροφοδοσία ηλεκτρικών οχημάτων με μπαταρίες. Αυτό διότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν μεγάλοι αριθμοί κυψελίδων μικρής χωρητικότητας για την απόκτηση απαιτούμενων επιπέδων ισχύος και ενέργειας για την οδήγηση ενός οχήματος. Ορισμένοι κατασκευαστές και ερευνητικά κέντρα εξετάζουν

μεγάλης χωρητικότητας κύτταρα ιόντων λιθίου χωρητικότητας άνω των 50 Ah για το σκοπό αυτό .


*Εικόνα 5.46 χαρακτηριστική πολύ λεπτή μπαταρία Li-po*

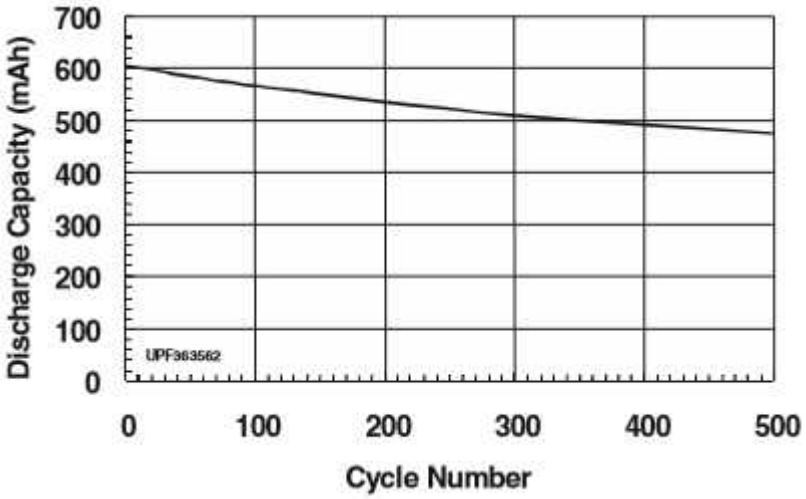
## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία ιόντων λιθίου-πολυμερούς LiPo** | |
|---|---|
| Πολύ χαμηλό βάρος | Λιγότεροι κύκλοι ζωής απο τις Li-ion |
| Δεν υπάρχει σχετικός περιορισμός στο σχήμα της μπαταρίας. | Χειρότερη σχέση τιμής-απόδοσης από τις Li-ion |
| Μπορούν να έχουν ακόμα και πάχος-προφίλ ορισμένων χιλιοστών. | Περίεργα σχήματα συνήθως. |
| Ανθεκτικές στην υπερφόρτιση με μικρό κίνδυνο διαρροής χημικών. | Ακριβές στην αγορά και την κατασκευή. |
| Συνδέονται εν παραλλήλω, δίνοντας ακόμη μεγαλύτερα ρεύματα εκφορτίσεως (κάτι που γενικα δεν συνιστάται για Ni-Cd ή τις Ni-MH). | Είναι πολύ ευαίσθητες (όπως και οι πρόγονοι τους Li-Ion) στην λάθος φόρτιση και στην βαθειά εκφόρτιση, μπορούν πολύ εύκολα να καταστραφούν. |
| | Δεν επιδέχονται ταχυφόρτιση. |


*Εικόνα 5.47 μπαταρίες Li-po εν σειρά , χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η ευκολία σύνδεση τους καθώς τα χαρακτηριστικά τους τα επιτρέπουν.*

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο διάγραμμα 5.22 χωρητικότητας – κύκλων ζωής συσσωρευτή παρατηρούμε την μείωση της χωρητικότητας στο πέρασμα των κύκλων λειτουργίας μίας μπαταρίας ιόντων λιθίου πολυμερούς. Επομένως μέχρι και τους 500 κύκλους ζωής η χωρητικότητα μειώνεται σημαντικά αλλά η μπαταρία ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί έστω σε εφαρμογές με χαμηλότερες απαιτήσεις χωρητικότητας.




*Διάγραμμα 5.23 χωρητικότητας – κύκλων ζωής συσσωρευτή*

## 10.)Μπαταρία ψευδαργύρου-μαγγανίου (rechargeable alkaline)

Ο πρωτότυπος σχεδιασμός αυτής της επαναφορτιζόμενης μπαταρίας ακολουθεί στενά την κυλινδρική εσωτερική σχεδίαση της αλκαλικής κύριας (πρωτογενούς) μπαταρίας και διατηρεί τα πλεονεκτήματα της μεγάλης διάρκειας ζωής, της καλής πυκνότητας ρεύματος και της ασφάλειας.

Ο ψευδάργυρος χρησιμοποιείται ως αρνητικό ενεργό υλικό (η άνοδος κατά την εκφόρτιση), το διοξείδιο του μαγγανίου για το θετικό ενεργό υλικό (η κάθοδος κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης) και ένα διάλυμα υδροξειδίου του καλίου για τον ηλεκτρολύτη.

Το προβλήματα που περιόρισαν την εμπορευματοποίηση αυτού του σχεδιασμού παλαιότερα, ήταν ότι οι κυψέλες δεν ήταν αυστηρά περιορισμένες με τον ψευδάργυρο να μετακινείται σε μεγάλο μέρος του στην κάθοδο εάν η εκφόρτιση συνέχισε κάτω από ένα επίπεδο με αποτέλεσμα να χάνουν την ικανότητά να επαναφορτίζονται λόγω επέκτασης της καθόδου . Περαιτέρω μελέτη αυτού του συστήματος συσσωρευτών οδήγησε στην ανάπτυξη αξιόπιστων τεχνικών για τον περιορισμό χωρητικότητας του ηλεκτροδίου ψευδαργύρου και οι σημερινές μπαταρίες μπορούν να εκφορτιστούν σε χαμηλότερες τάσεις.

### Χρήσεις

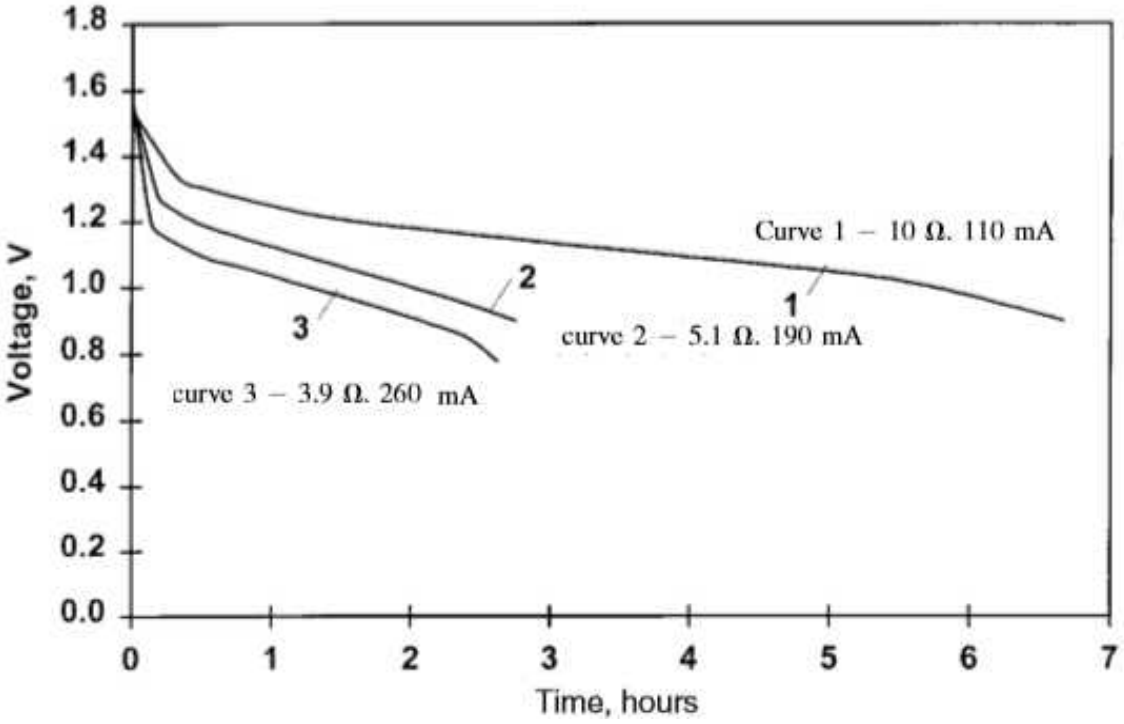
Οι χρήσεις των επαναφορτιζόμενων αλκαλικών μπαταριών, είναι όμοιες με εκείνες των πρωτογενών αλκαλικών μπαταριών, είναι σχεδιασμένες για να προσφέρουν ανώτερο χρόνο λειτουργίας για συσκευές υψηλής τεχνολογίας όπως ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, MP3 players, και ηλεκτρονικά παιχνίδια . Είναι επιλογή του χρήστη τι μπαταρία θα επιλέξει ανάλογα με το πόσο συχνά χρησιμοποιεί την συσκευή και τα χρήματα που θέλει να διαθέσει καθώς οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι πιο ακριβές.

## Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα

| **Μπαταρία ψευδαργύρου-μαγγανίου (rechargeable alkaline** | |
|---|---|
| **Πλεονεκτήματα** | Μειονεκτήματα |
| Χαμηλό αρχικό κόστος (και πιθανό χαμηλότερο λειτουργικό κόστος από άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. | Χρήσιμη χωρητικότητα περίπου 2/3 της πρωτογενούς μπαταρίας αλλά υψηλότερη από τις περισσότερες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. |
| Κατασκευάζεται σε πλήρως φορτισμένη κατάσταση. | Περιορισμένη διάρκεια ζωής. |
| Καλή διατήρηση της χωρητικότητας στο πέρασμα του χρόνου (σε σύγκριση με άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες). | Η διαθέσιμη ενέργεια μειώνεται γρήγορα με το πέρας των κύκλων ζωής και βαθέων εκφορτίσεων. |
| Πλήρως σφραγισμένη χωρίς προβλήματα "μνήμης" . | Υψηλότερη εσωτερική αντίσταση από NiCd και NiMH |

## Επεξήγηση διαγραμμάτων

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμε πως μεταβάλλεται ο χρόνος ενός κύκλου ζωής ανάλογα με το ρεύμα που αντλείται από την μπαταρία . Δηλαδή ανάλογα από την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται η μπαταρία . Επόμενο είναι σύμφωνα με τον νόμο του Ωhm όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις σε ρεύμα και μειώνεται η αντίσταση να μειώνεται και η τάση που παράγει. Όσο πιο γρήγορα μειώνεται η τάση στα άκρα τόσο πιο γρήγορα τελειώνει και ένας κύκλος ζωής.




*Διάγραμμα 5.24 τάσης – χρόνου συναρτήσει του φορτίου κάθε εφαρμογής*

## 5.4 ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΜΠΤΙΞΕΙΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

| Α/Α | ΤΥΠΟΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ | ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ |
|---|---|---|---|
| 1 | Μολύβδου οξέος (lead-acid) | Ποικίλα μεγέθη<br>Ποικίλες εφαρμογές<br>Σχετικά χαμηλό κόστος<br>Παράγουν ρεύματα ικανά για εκκίνηση κινητήρων<br>έχουν μεγάλο βάρος<br>Μικρά μεγέθη μπαταριών δύσκολα κατασκευάζονται | Στα περισσότερα οχήματα<br>Στα φωτοβολταικά πάρκα σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας<br>ups και συναγερμούς |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | Μπαταρίες ηλεκτροδίου σιδήρου (Iron Electrode Batteries) | Μεγάλη διάρκεια ζωής<br>Ακριβό κόστος παραγωγής<br>Δεν καταστρέφονται αν μείνουν καιρό αφόρτιστες<br>Σε υψηλές θερμοκρασίες καταστρέφονται<br>υψηλή αυτοεκφόρτιση. | Σε εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας όπως σήμανση σιδηροδρόμων , φωτισμό έκτακτης ανάγκης, και εφαρμογές κινητικής ενέργειας. |
| 3 | Μπαταρία νικελίου καδμίου (NiCd) | Ποικίλα μεγέθη και εφαρμογές<br>Πολλοί κύκλοι φόρτισης<br>Αρκετά ανθεκτικές<br>Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από της μπαταρίες μολύβδου Παρουσιάζουν φαινόμενο μνήμης<br>Δεν είναι φιλικές προς το περιβάλλον λόγω του καδμίου. | Κινητά τηλέφωνα φορητούς υπολογιστές ασύρματα τηλέφωνα πομποδέκτες καθώς επίσης σε φορητά δράπανα – βιδολόγους , φορητά σκουπάκια, στον μοντελισμό κ.α. |
| 4 | Μπαταρία νικελίου-μετάλλου υδριδίου (NiMh) | 30-40% υψηλότερη χωρητικότητα από μπαταρία NiCd<br>διατίθεται σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών και επιλογών απόδοσης<br>Ευαίσθητη στην υπερφόρτιση<br>Υψηλή αυτοεκφόρτιση | Σε φορητές συσκευές σκουπάκια, ηλεκτρικές οδοντόβουρτσες ,φορητούς υπολογιστές, στον μοντελισμό , χειριστήρια (control, πομποδέκτες) |
| 5 | Μπαταρία νικελίου ψευδαργύρου (NiZn) | Υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας<br>Χαμηλό κόστος ικανότητα γρήγορης επαναφόρτισης<br>υψηλότερο κόστος από μπαταρίες μολύβδου-οξέος | Εφαρμογές κίνησης, δηλαδή σε ηλεκτρικά ποδήλατα και ηλεκτρικά μηχανάκια, ηλεκτρικά αναπηρικά αμαξίδια εφαρμογές στρατιωτικού χαρακτήρα όπου η βαθιά εκφόρτιση είναι σύνηθες. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | φαινόμενο |
| **6** | Μπαταρία νικελίου υδρογόνου ($Ni-H_2$) | Υψηλή ειδική ενέργεια<br>Μεγάλη διάρκεια ζωής έως και 40.000 κύκλους<br>Υψηλό αρχικό κόστος | Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε αεροδιαστημικές εφαρμογές. |
| **7** | Μπαταρία λιθίου (lithium) | Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα<br>Χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης<br>Χαμηλή διάρκεια ζωής | Σε ένα ευρύ σύνολο εφαρμογών όπως κινητά και ηλεκτρονικά gadgets. |
| **8** | Μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion) | Μεγάλη διάρκεια ζωής<br>Χαμηλό ποσοστό αυτοεκφόρτισης<br>Υψηλή ειδική ενέργεια και πυκνότητα ενέργειας<br>Δεν υπάρχει φαινόμενο μνήμης<br>Μέτριο κόστος αγοράς<br>Χρειάζονται προστατευτικό κύκλωμα για να διατηρούν τάση και θερμοκρασία στις σωστές τιμές και για τον έλεγχο υπερφόρτισης και υπερεκφόρτισης | Χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε κινητά τηλέφωνα από τους περισσότερους σχεδιαστές τηλεφώνων, GPS και φορητούς υπολογιστές – laptops, συσκευές αναπαραγωγής μουσικής και βίντεο , ασύρματα τηλεχειριστήρια για παιχνιδομηχανές ηλεκτρονικά τσιγάρα κλπ. |
| **9** | Μπαταρία ιόντων λιθίου-πολυμερούς (LiPo) | Πολύ χαμηλό βάρος<br>Δεν υπάρχει σχετικός περιορισμός στο σχήμα της μπαταρίας<br>Ανθεκτικές στην υπερφόρτιση με μικρό κίνδυνο διαρροής χημικών.<br>Ενδείκνυται να συνδέονται παράλληλα<br>Λιγότεροι κύκλοι ζωής από τις Li-ion<br>Ακριβές στην αγορά και την κατασκευή<br>Είναι πολύ ευαίσθητες | Παρόμοιες χρήσεις με τις προηγούμενες με την διαφορά ότι η μπαταρία LiPo μπορεί να πάρει διάφορα σχήματα και μεγέθη και μπορούν να γίνουν πολύ λεπτές.<br>Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην αυτοκινητοβιομηχανία τον ηλεκτρικών αυτοκινήτων |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Δεν επιδέχονται ταχυφόρτιση. | |
| **10** | Μπαταρία ψευδαργύρου μαγγανίου (rechargeable alkaline) | Χαμηλό αρχικό κόστος<br>Καλή διατήρηση της χωρητικότητας στο πέρασμα του χρόνου<br>Πλήρως σφραγισμένη<br>Χρήσιμη χωρητικότητα περίπου 2/3 της πρωτογενούς μπαταρίας<br>Περιορισμένη διάρκεια ζωής<br>Η διαθέσιμη ενέργεια μειώνεται γρήγορα με το πέρας των κύκλων ζωής και βαθιές εκφορτίσεις. | Οι χρήσεις των επαναφορτιζόμενων αλκαλικών μπαταριών είναι όμοιες με εκείνες των πρωτογενών αλκαλικών μπαταριών. |

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

## ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκε λεπτομερώς ο τρόπος λειτουργίας συσσωρευτών του παρελθόντος, που πλέον συναντά κανείς μόνο σε μουσεία καθώς επίσης και των συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας. Οι ανάγκες της ανθρωπότητας για «εύκολη» παροχή ενέργειας αυξάνονται όλο και με πιο γρήγορους ρυθμούς. Όμως η επιστήμη έρχεται να δώσει λύσεις σε αυτά τα ζητήματα καθώς μέσα από συνεχείς έρευνες προκύπτουν απαντήσεις. Ακολουθεί μια σχετική αναφορά για το τι επακολουθεί στο μέλλον σχετικά με τους συσσωρευτές.

Δύο θεμελιώδεις τομείς με εκτεταμένο ενδιαφέρον όπου γίνονται έρευνες για την βελτίωση – ανάπτυξη και εξέλιξη των συσσωρευτών είναι τα κινητά τηλέφωνα (smartphones , tablets κλπ ) και τα υβριδικά – ηλεκτροκίνητα οχήματα.

### *6.1 Σχετικά με τα κινητά τηλέφωνα*

- Πολλές εταιρείες, ιδρύματα ,πανεπιστήμια και ερευνητικά κέντρα

μελετούν και ερευνούν πίσω από ένα κοινό φάσμα, την αντικατάσταση του υγρού ηλεκτρολύτη σε μπαταρίες ιόντων λιθίου .

Τα ιόντα λιθίου κατά την εκφόρτιση κινούνται μεταξύ του θετικού (άνοδος) και αρνητικού πόλου (κάθοδος) και αυτό προκαλεί την φόρτιση του συσσωρευτή. Η κίνηση των ιόντων γίνεται μέσα από έναν υγρό ηλεκτρολύτη. Το κακό είναι ότι ο υγρός αυτός ηλεκτρολύτης, είναι εξαιρετικά εύφλεκτος και μπορεί να πάρει φωτιά σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Οι μπαταρίες solid state έχουν διαφορετική αρχή λειτουργίας από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου. Αντί για τον υγρό και εύφλεκτο ηλεκτρολύτη, χρησιμοποιούν ένα σταθερό υλικό (από το οποίο προκύπτει και το όνομα solid state), το οποίο είναι πολύ πιο ανθεκτικό και σταθερό σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Τα τελευταία 20 χρόνια έχουν γίνει σημαντικά βήματα προόδου στον τομέα των solid state μπαταριών.

Οι solid state μπαταρίες υπόσχονται μικρότερο μέγεθος από τις μπαταρίες ιόντων λιθίου και καλύτερη απόδοση κάτω από τις ίδιες συνθήκες, ενώ οι ερευνητές του MIT ισχυρίζονται ότι ο κύκλος ζωής μίας solid state μπαταρίας είναι σημαντικά μεγαλύτερος από εκείνον των μπαταριών Li-Ion.

- Ερευνητές του MIT, πιστεύουν ότι έχουν κάνει τα πρώτα θετικά

βήματα, για την ανάπτυξη συμπαγών μπαταριών λιθίου-ιόντων, σύμφωνα με νέα έρευνα που δημοσιεύτηκε στο Advanced Energy Materials.

Αυτό σημαίνει ουσιαστικά, ότι οι μπαταρίες θα μπορούν να αποθηκεύουν περισσότερη ενέργεια, και ταυτόχρονα θα χρειάζονται πολύ λιγότερη φόρτιση για να λειτουργήσουν.

Ερεύνησαν τους μηχανισμούς των σουλφιδίων λιθίου, τα οποία θα μπορούσαν κάποια μέρα να αντικαταστήσουν τον υγρό ηλεκτρολύτη ως μια πιο σταθερή-στερεά μορφή ηλεκτρολύτη.

Η αντικατάσταση των υγρών ηλεκτρολυτών με στερεούς, θα μπορούσε να είναι μια μεγάλη κίνηση. Οι μπαταρίες αυτές πιθανότατα θα είναι σε θέση να αποθηκεύουν περισσότερη ενέργεια σε επίπεδο μπαταρίας από τις υπάρχουσες. Είναι επίσης πολύ λιγότερο ασταθής, καθώς οι δενδρίτες, οι οποίοι είναι μεταλλικές προεξοχές που μερικές φορές αναπτύσσονται μέσω των υγρών στρωμάτων ηλεκτρολύτη, θα ήταν λιγότερο πιθανό να δημιουργηθούν.

Η ερευνητική ομάδα εξέτασε την αντοχή στη θραύση του θειούχου, η οποία είναι απαραίτητη για το ρόλο του υλικού των μπαταριών ιόντων-λιθίου. Εάν είναι πάρα πολύ εύθραυστο και δεν μπορεί να χειριστεί τις πιέσεις της συνεχούς ενέργειας, θα μπορούσε να ραγίσει και να δημιουργήσει χώρο για το σχηματισμό δενδριτών.

Μετά τις δοκιμές που έγιναν οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το υλικό πράγματι ραγίζει πολύ εύκολα υπό συνθήκες υψηλής πίεσης. Δεδομένου ότι η ομάδα του μπορεί να μελετήσει τις ιδιότητες του σουλφιδίου και το σχεδιασμό νέων συστημάτων μπαταριών γύρω από αυτή τη γνώση, κάποια μέρα θα μπορούσε να έχει δυνατότητες για χρήση.

- Η Sony

Αναπτύσσει μία νέα τεχνολογία η οποία θα αντικαταστήσει τις σημερινές μπαταρίες ιόντων λιθίου. Οι νέες μπαταρίες θα είναι φτιαγμένες από το "υλικό των ονείρων", όπως λέγεται το μεταλλικό λίθιο με τις διάφορες προσμίξεις που θα γίνουν σε αυτό και θα χρησιμοποιείται στον έναν από τους δύο πόλους της νέας μπαταρίας.

Όταν το μεταλλικό λίθιο χρησιμοποιείται στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, σχηματίζει δενδρίτες , στον αρνητικό πόλο κατά την φόρτιση και την αποφόρτιση γεγονός που θα εξαλειφθεί με την επεξεργασία του μεταλλικού λιθίου. Οι δενδρίτες δημιουργούν βραχυκυκλώματα που απομονώνουν τους δύο πόλους μεταξύ τους και μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της θερμοκρασίας και ανάφλεξη.

Πιστεύεται ότι θα είναι εμπορικά διαθέσιμες οι μπαταρίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε smartphones το 2020.

Οι μπαταρίες θα έχουν 40% μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα από τις σημερινές, περίπου 1.000Wh/L. Γεγονός που σημαίνει ότι την ίδια χωρητικότητα η μπαταρία από το "υλικό των ονείρων" θα έχει σχεδόν στο μισό μέγεθος, ή την διπλάσια ενέργεια από τις σημερινές μπαταρίες που η ενεργειακή τους πυκνότητα είναι περίπου 700Wh/L.

Ειδικότερα

Ο θετικός πόλος των μπαταριών αυτών θα είναι από θείο, το οποίο έχει χαμηλή τάση, αλλά πολύ υψηλή ικανότητα παροχής ρεύματος, χαρακτηριστικό που οδηγεί στην υψηλή ενεργειακή πυκνότητα των μπαταριών αυτού του τύπου.

Εκτός από τη Sony και άλλοι κατασκευαστές εξελίσσουν μπαταρίες αυτού του τύπου, κάτι που σημαίνει ότι η πορεία προς την εμπορική τους διάθεση θα επιταχυνθεί, ενώ θα υπάρχει ανταγωνισμός για να είναι οι τιμές λογικές.


*Εικόνα 6.1 πιθανή εικόνα μπαταρίας του μέλλοντος*

## *6.2 Σχετικά με τα οχήματα*

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων (EVs) και υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων (HEVs) είναι η μειωμένη εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και τα περιβαλλοντικά οφέλη. Για τα ηλεκτρικά οχήματα, η ενέργεια από ηλεκτρικές συσκευές ή από ανανεώσιμες πηγές θα χρησιμοποιηθεί για τη φόρτιση της μπαταρίας. Τα υβριδικά οχήματα αναμένεται να απαιτούν λιγότερα καύσιμα ανά χιλιόμετρο από τα τρέχοντα οχήματα. Αυτό όχι μόνο οδηγεί σε χαμηλότερη κατανάλωση πετρελαίου, αλλά και σε χαμηλότερες εκπομπές ανεπιθύμητων ρύπων.

- Το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT) το 2007

αξιολόγησε την πιθανή πρόοδο των τεχνολογιών οχημάτων μέχρι το έτος 2020 σε σχέση με τα εναλλακτικά συστήματα παροχής ενέργειας και χαρακτήρισε τις δυνατότητές τους για βελτίωση της αποτελεσματικότητας με αποτέλεσμα την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα . Ενώ η αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις είναι σημαντική ακόμα , το υβριδικό ηλεκτρικό σύστημα προβλέπεται να έχει περίπου 33% χαμηλότερη κατανάλωση κύκλου ζωής και περίπου 20% μικρότερες εκπομπές άνθρακα κύκλου ζωής σε σύγκριση με τα καθαρά ηλεκτρικά οχήματα. Το προβλεπόμενο κόστος ανά χιλιόμετρο που οδηγείται από το καθαρά ηλεκτρικό αυτοκίνητο είναι περίπου 15% υψηλότερο από το υβριδικό αυτοκίνητο.

- Οι μπαταρίες είναι η ψυχή των υβριδικών οχημάτων και των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

Παρότι η πλειοψηφία των μπαταριών που χρησιμοποιούνται στις μονάδες κίνησης των υβριδικών οχημάτων αποτελούνται από κάποιου είδους υβριδικό κράμα νικελίου-μετάλλου, το μέλλον ανήκει στην τεχνολογία των επαναφορτιζόμενων μπαταριών ιόντων λιθίου, η οποία ήδη χρησιμοποιείται από ,μεγάλες εταιρείες όπως την Bosch και την De Walt στα ηλεκτρικά τους εργαλεία (βιδολόγους, τρυπάνια μικρής ισχύος κλπ).

Αυτό γιατί οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λιθίου είναι μικρότερες, πιο ελαφριές και σχεδόν δεν χάνουν ούτε στο ελάχιστο τη φόρτισή τους όταν δεν χρησιμοποιούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ωστόσο, πριν αυτή η τεχνολογία μπορέσει να χρησιμοποιηθεί στα συστήματα μετάδοσης κίνησης της αυτοκινητοβιομηχανίας, η πυκνότητα της ισχύος της και η γκάμα της θα πρέπει να διευρυνθούν.

Λαμβάνουν χώρα συχνά συμβούλια από εκπροσώπους στο χώρο των μπαταριών, προκειμένου να αναπτυχτεί η τεχνολογία των μπαταριών ιόντων λιθίου για χρήση σε ηλεκτρικές μονάδες μετάδοσης κίνησης.

Το κόστος ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου με τέτοιου τύπου μπαταρία παραμένει ιδιαίτερα υψηλό σε σχέση με το κόστος ενός βενζινοκίνητου ή πετρελαιοκίνητου αυτοκινήτου, αλλά καθώς αυξάνεται η παραγωγή και εξελίσσεται η τεχνολογία, το κόστος των συσσωρευτών λιθίου-πολυμερούς θα μειωθεί. Να σημειωθεί ότι το 20%-40% του κόστους τα αυτοκινήτου αποτελούν οι μπαταρίες του.

- Η Hyundai Motor Company

χρησιμοποιεί μπαταρίες ιόντων λιθίου σε κάποια από τα ηλεκτρικά της μοντέλα αυτοκινήτων, ενώ τον Οκτώβριο του 2010, ένα Audi A2 κάλυψε απόσταση 600 χιλιομέτρων χωρίς επαναφόρτιση της λιθίου-πολυμερούς μπαταρίας της .

# ΠΗΓΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Βιβλία


1. Εγκυκλοπαίδεια δομή ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ «ΔΟΜΗ»Α.Ε

2. Handbook of batteries, David Linden r ,Thomas B. Reddy, ΕΚΔΟΣΕΙΣ «McGraw-Hill»

3. Lithium Batteries: Science and Technology Julien C **,** Mauger A**,** Vijh A**,** Zaghib K, ΕΚΔΟΣΕΙΣ «Springer»

4. Lithium-Ion Batteries: Science and Technologies ,Masaki Yoshio, Ralph J. Brodd , Akiya Kozawa , ΕΚΔΟΣΕΙΣ «Springer»


## Ιστοσελίδες


5. https://www.energizer.eu/el/battery-history/
6. http://www.allaboutbatteries.com/history-of-batteries.html
7. http://9lyk-thess.thess.sch.gr/History/Edison.htm
8. http://luxpost-athens.blogspot.gr/2011/07/blog-post.html
9. http://www.aeromodelistis.com/smfgr/index.php?topic=5559.0
10. https://nitum.wordpress.com/2012/09/28/biography-of-carl-gassner/
11. http://coolweb.gr/mpataries-pos-leitourgoun/
12. http://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/resource/view.php?id=896
13. http://www.afis.gr/typoi-mpatarion
14. http://www.technolysis-hts.gr
15. http://www.sydesys.gr/syssoreytes.asp
16. http://ikaros.teipir.gr/phyche/Subjects/Varsamis/ergastiria/fisiki2/ASKISI5.pdf
17. http://www.ti.com/lit/an/snva533/snva533.pdf
18. http://batteryuniversity.com/learn/article/cycle_performance_of_nicd_nimh_and_liion
19. http://batteryuniversity.com/learn/article/nickel_based_batteries
20. http://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html
21. http://www.batteryspace.com/batteryknowledge.aspx
22. http://web.mit.edu/2.009/www/resources/mediaAndArticles/batteriesPrimer.pdf
23. https://www.duracell.com/en-us/techlibrary/technical-bulletins