

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1573**

**Ο ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ  
ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ**

**BATTERY: FUNCTION, APPLICATIONS AND  
PERSPECTIVES**

**ΓΚΑΖΗ ΣΕΛΑΜΕΤ**

**ΚΟΝΤΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2016**

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η μπαταρία ως συσκευή αποθήκευσης αλλά και παροχής ενέργειας παρουσιάζει πολλές ιδιαιτερότητες που εξαρτώνται τόσο από τον τρόπο κατασκευής της όσο και από τον τρόπο χρήσης της. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αρχικά θα παρουσιαστεί η ιστορική αναδρομή της μπαταρίας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια εκτενής περιγραφή των κατηγοριών και των εφαρμογών της. Κατόπιν αναλύεται η δομή και η κατασκευή της. Τέλος αναλύονται οι επιδόσεις της και προτείνονται τρόποι βελτίωσης στην δομή, στη λειτουργία και στην αποθήκευση ενέργειας .

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Συσσωρευτής ή μπαταρία είναι στοιχείο που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας και αποτελεί εφαρμογή του φαινομένου της πολώσεως. Είναι χημική πηγή ρεύματος, ικανή να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια (αφού τη μετατρέψει σε χημική) και όταν χρειαστεί, να την αποδώσει σε εξωτερικό κύκλωμα. Μια τυπική κατασκευή της μπαταρίας περιλαμβάνει ένα δοχείο κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό (εβονίτη, πλαστικό, γυαλί) με ηλεκτρολύτη (οξύ ή αλκάλιο), στο οποίο βυθίζονται τα ηλεκτρόδια. Η σύνδεσή τους σε εξωτερικό κύκλωμα προκαλεί σε αυτό διέλευση ρεύματος (εκφόρτιση του ηλεκτρικού συσσωρευτή). Έτσι, στον ηλεκτρικό συσσωρευτή γίνονται χημικές διεργασίες, που έχουν σχέση με τη μετατροπή της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Η πρώτη παρατήρηση παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από χημική δράση έγινε από τον Ιταλό Γκαλβάνι και αργότερα ο Βόλτα κατασκεύασε το πρώτο ηλεκτρικό στοιχείο.

Η μπαταρία ως συσκευή αποθήκευσης αλλά και παροχής ενέργειας παρουσιάζει πολλές ιδιαιτερότητες που εξαρτώνται τόσο από τον τρόπο κατασκευής της όσο και από τον τρόπο χρήσης της. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αρχικά θα παρουσιαστεί η ιστορική αναδρομή της μπαταρίας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται μια εκτενής περιγραφή των κατηγοριών και των εφαρμογών της. Κατόπιν αναλύεται η δομή και η κατασκευή της. Τέλος αναλύονται οι επιδόσεις της και προτείνονται τρόποι βελτίωσης στην δομή, στη λειτουργία και στην αποθήκευση ενέργειας .

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	II
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	14
1.1 Αρχαιότητα - Η Μπαταρία Της Βαγδάτης .....	14
1.2 Οι πρώτες προσπάθειες στη σύγχρονη εποχή - 18 <sup>ος</sup> αιώνας 17	
1.3 Η εξέλιξη – 19 <sup>ος</sup> αιώνας .....	20
1.4 Η σύγχρονη εποχή -20 <sup>ος</sup> αιώνας .....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	25
ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ.....	25
2.1 Αρχή Λειτουργίας .....	25
2.2 Τύποι Μπαταριών .....	26
2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη μπαταριών.....	28
2.4 Γιατί μια μπαταρία καταστρέφεται ή γερνάει.....	28
2.5 Έλεγχος και διάγνωση κατάστασης μπαταρίας.....	29
2.5.1 Φόρτιση .....	29
2.5.2 Πως θα διαπιστώσουμε πόσο γεμάτη είναι η μπαταρία μας       30	
2.5.3 Καλή χρήση της μπαταρίας .....	31
2.6 Σύνδεση περισσότερων Μπαταριών.....	32
2.7 Φορτιστές .....	32
2.8 Πρακτικός έλεγχος κατάστασης Μπαταριών .....	33
2.9 Πως φορτίζονται τα δευτερογενή στοιχεία;.....	33
2.10 Παραλλαγές του τρόπου φόρτισης.....	34
2.11 Οι παράγοντες "ένταση" και "χρόνος" .....	35
2.11.1 Η "κλασσική" φόρτιση (C/10 rate charge) .....	35
2.11.2 Η "γρήγορη" φόρτιση (Quick charge).....	36
2.11.3 Η "ταχεία" ή "υπερταχεία" φόρτιση (Fast charge) .....	36
2.12 Γιατί να χρειαστεί να φορτίσω τις μπαταρίες μου πιο γρήγορα;.....	38
2.12.1 Μπαταρίες πομπού και δέκτη .....	38
2.12.2 Μπαταρίες ηλεκτροκινητήρων .....	39
2.12.3 Πότε μπορεί να αστοχήσει ο ανιχνευτής της "κορυφής" και να μην σταματήσει την φόρτιση;.....	40
2.12.4 Πότε μπορεί να κόψει νωρίτερα ο ανιχνευτής της "κορυφής"; .....	41

2.12.5	Πότε μπορεί να αστοχήσει ο ανιχνευτής θερμοκρασίας και να μην σταματήσει έγκαιρα την φόρτιση; .....	41
2.12.6	Πότε μπορεί να κόψει νωρίτερα ο ανιχνευτής θερμοκρασίας; .....	41
2.12.7	Η διατήρηση του φορτίου (Trickle charge) .....	41
2.12.8	Εναλλακτικές μέθοδοι διατήρησης του φορτίου .....	42
2.12.9	Πως γίνεται η πρώτη φόρτιση στην ζωή της μπαταρίας; .....	42
2.12.10	Μπορεί να γίνει φόρτιση με ρεύμα μικρότερο του C/10 σε μία Ni-Cd ή Ni-MH; .....	43
2.12.11	Πόσο χρόνο χρειάζεται να φορτίσει μία μπαταρία, αν δεν είναι τελείως ξεφόρτιστη; .....	43
2.12.12	Αυξάνει η θερμοκρασία των στοιχείων κατά την φόρτιση; .....	43
2.12.13	Επηρεάζει η θερμοκρασία την φόρτιση των Ni-Cd; .....	44
2.13	Εκφόρτιση συσσωρευτών Ni-Cd .....	44
2.13.1	Πως μεταβάλλεται η τάση του στοιχείου σε σχέση με τη υπολοιπόμενη ενέργειά του; .....	44
2.13.2	Ποιό είναι τελικά το όριο της εκφόρτισης για τα στοιχεία Ni-Cd; .....	45
2.14	Εκφορτιστές .....	46
2.14.1	Πρακτικό απλό κύκλωμα εκφόρτισης .....	46
2.14.2	Απλοί εκφορτιστές του εμπορίου .....	47
2.14.3	Ο αυτόματος κύκλος εκφόρτισης/φόρτισης - Το "Cycler" 47	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	.....	49
ΤΥΠΟΙ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ	.....	49
3.1	Πρωτεύοντα στοιχεία .....	49
3.1.1	Μπαταρίες άνθρακα/ ψευδαργύρου .....	50
3.1.2	Αλκαλικές μπαταρίες μαγγανίου .....	51
3.1.3	Μπαταρίες υδραργύρου .....	51
3.1.4	Μπαταρίες οξειδίου του αργύρου .....	52
3.1.5	Μπαταρίες διοξειδίου λιθίου και μαγγανίου .....	53
3.1.6	Μπαταρίες ψευδαργύρου-αέρα (Zinc-air) .....	55
3.2	Δευτερεύοντα στοιχεία .....	56
3.2.1	Μπαταρίες μολύβδου οξέως .....	56
3.2.2	Μπαταρίες τζελ .....	60
3.2.3	Μπαταρίες νικελίου καδμίου/ υδρίδιων μετάλλων νικελίου .....	61
3.2.3.1	Γιατί οι Ni-Cd είναι ακόμα ο επικρατέστερος τύπος στον αερομοντελισμό; .....	61

3.2.3.2	Πως είναι φτιαγμένο ένα στοιχείο Ni-Cd;	62
3.2.3.3	Η βαλβίδα ανακούφισης	62
3.2.3.4	Τι ζωή περιμένουμε από τα στοιχεία Ni-Cd;	62
3.2.3.5	Ο μέσος χρόνος ζωής	63
3.2.3.6	Η σχέση της χωρητικότητας με την εσωτερική αντίσταση	64
3.1.1.1	Η ισορροπία των στοιχείων	65
3.1.1.2	Βλάβες των συσσωρευτών Ni-Cd	66
3.1.1.3	Τα εσωτερικά βραχυκυκλώματα	66
3.1.1.4	Η ανάλωση της "καθόδου"	66
3.1.1.5	Απώλεια ηλεκτρολύτη	67
3.1.1.6	Τι άλλο πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπίσω;	67
3.1.1.7	Εμφανίζουν "μνήμη" τα στοιχεία Ni-Cd;	68
3.1.1.8	Χρήση-Συντήρηση	70
3.1.1.9	Αποθήκευση	70
3.1.1.10	Περιοδική συντήρηση και έλεγχοι	71
3.1.1.11	Έλεγχος του ρυθμού αποφόρτισης	71
3.1.1.12	Έλεγχος τάσης	71
3.1.1.13	Τι επίδραση έχει η θερμοκρασία;	71
3.1.1.14	Χρειάζονται διαφορετική αντιμετώπιση οι μπαταρίες ηλεκτροκίνησης;	72
3.1.2	Μπαταρίες ιόντων λιθίου	73
3.1.3	Οι μπαταρίες Λιθίου-Πολυμερούς (Li-Po)	74
3.2	Ανακύκλωση	76
3.2.1	Διαλογή - θραύση - διαχωρισμός των συσσωρευτών	76
3.2.2	Τήξη και αναγωγή των μεταλλικών ενώσεων	77
3.2.3	Καθαρισμός	77
3.2.4	Επεξεργασία του ηλεκτρολύτη στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης	78
4.1	Μπαταρίες... αέρος στον ορίζοντα;	80
4.2	Tesla Powerwall: ανακαλύφθηκε νέα μαγική μπαταρία για οικιακή χρήση	81
4.3	Έτοιμη η μπαταρία που... αναπνέει!	83
4.4	Η πρώτη πυρηνική μπαταρία που λειτουργεί με ακτινοβολία-βήτα και νερό – Ραδιόλυση	84
4.5	Μπαταρία υψηλής απόδοσης δουλεύει με ζάχαρη!	86
4.6	Tesla: Επανάσταση στην ηλεκτρική ενέργεια	87

<b>4.7 Μπαταρία που διαρκεί για πάντα ανακαλύφθηκε κατά λάθος</b> .....	90
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	92

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρχικά θα δοθούν κάποιοι ορισμοί προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα μεγέθη που σχετίζονται με τους συσσωρευτές

## Ηλεκτρικό στοιχείο

Το ηλεκτρικό στοιχείο είναι αποθήκη χημικής ενέργειας που με την κατάλληλη συνδεσμολογία, προβλέπεται να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια. Διακρίνουμε δύο είδη ηλεκτρικών στοιχείων: τα πρωτογενή και τα δευτερογενή στοιχεία. Στο πρωτογενές στοιχείο λαμβάνει χώρα μία χημική αντίδραση που δεν αναστρέφεται. Όταν εξαντληθεί η χημική του ενέργεια, δεν μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί με τον ίδιο τρόπο. Το δευτερογενές στοιχείο, όταν αποδώσει την χημική του ενέργεια μπορεί να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται αντιστρέφοντας την "διαδικασία", δηλαδή δίνοντάς του ηλεκτρική ενέργεια, που αποθηκεύεται σ' αυτό σαν χημική ενέργεια. Αυτή η εργασία λέγεται φόρτιση (ή επαναφόρτιση). Τα πρωτογενή στοιχεία τα λέμε επίσης ξηρά στοιχεία, ενώ τα δευτερογενή συσσωρευτές.

## Η τάση

Κάθε στοιχείο έχει μία διαφορά δυναμικού, που συνήθως ονομάζεται τάση, και η οποία εξαρτάται από την χημική σύνθεση των δύο ηλεκτροδίων. Η μονάδα μέτρησης της τάσης είναι τα Volts (V). Η τάση που παράγεται από την χημική σύνθεση ενός συσσωρευτή είναι κατ' αρχάς ονομαστική. Στην πράξη θα έχει μεν αυτή την τάση, αλλά όταν έχει όλη του την ενέργεια η τάση θα είναι λίγο μεγαλύτερη, ενώ όσο εξαντλείται η ενέργειά του η τάση θα είναι λίγο μικρότερη. Σαν παράδειγμα, το στοιχείο Ni-Cd έχει ονομαστική τάση 1,2 V. Αμέσως μετά την φόρτιση η τάση του κυμαίνεται στα 1,35-1,4 V, ενώ αντίθετα όταν η τάση πέσει στα 1,1 V είναι ήδη "άδειο" για κάθε πρακτική εφαρμογή. Η τάση που δείχνουν τα στοιχεία εν κενώ (όταν δεν παρέχουν ενέργεια) είναι πλασματική. Έτσι ένα πρακτικά άδειο στοιχείο Ni-Cd μπορεί να δείχνει εν κενώ 1,2 V αλλά μόλις δεχθεί φορτίο να δείξει την πραγματική χαμηλή του τάση. Γι' αυτό, την τάση την μετράμε πάντα υπό φορτίο.

## Η χωρητικότητα

Εξίσου σπουδαίο χαρακτηριστικό των ηλεκτρικών στοιχείων είναι η χωρητικότητά τους. Η χωρητικότητα δείχνει την θεωρητική διάρκεια που μπορεί να εκφορτίζεται ένα στοιχείο με κάποιο σταθερό ρεύμα.



Δηλαδή, η χωρητικότητα είναι το γινόμενο του χρόνου (σε ώρες "h" ή σε λεπτά "min") επί την ένταση του ρεύματος (σε αμπέρ "A" ή σε μιλιαμπερ "mA") οπότε και εκφράζεται αντίστοιχα σε: αμπερώρια (Ah) ή μιλιαμπερώρια (mAh), ή αμπερολεπτά (Amin) ή μιλιαμπερολεπτά (mAmin).

Δηλαδή μία μπαταρία με χωρητικότητα 500 mAh μπορεί να δίνει ρεύμα 500 mA για 1 ώρα, ή 250 mA για 2 ώρες ή 50 mA για 10 ώρες κ.ο.κ.; Αυτό είναι εντελώς θεωρητικό. Στην πράξη όσο μεγαλώνει το ρεύμα εκφόρτισης, τόσο μειώνεται ο θεωρητικός χρόνος και αντίστροφα όσο μικραίνει το ρεύμα τόσο μεγαλώνει ο χρόνος.

Τα ακριβή μεγέθη εξαρτώνται από τον τρόπο που ο κατασκευαστής έχει κατηγοριοποιήσει (ονομάσει) το προϊόν του. Αν την έχει κατηγοριοποιήσει σαν 500 mAh επειδή αντέχει 10 ώρες σε εκφόρτιση 50 mA, τότε κάθε χρήση με εκφόρτιση μεγαλύτερη από 50 mA θα διαρκέσει τέτοιο χρόνο που το γινόμενό τους θα δώσει χωρητικότητα μικρότερη από 500 mAh και κάθε χρήση με εκφόρτιση μικρότερη από 50 mA θα δώσει χωρητικότητα μεγαλύτερη από 500 mAh. Αντίθετα αν την έχει κατηγοριοποιήσει σαν 500 mAh επειδή αντέχει 1 ώρα σε εκφόρτιση 500 mA τότε κάθε χρήση με εκφόρτιση μικρότερη από αυτή την ένταση θα δώσει χωρητικότητα μεγαλύτερη από 500 mAh και κάθε χρήση με εκφόρτιση μεγαλύτερη από 500 mA θα δώσει χωρητικότητα μικρότερη από 500 mAh.

### **Η ενέργεια**

Η ενέργεια της μπαταρίας ισούται με το γινόμενο της τάσης επί την χωρητικότητά της, δηλαδή  $V \times Ah$ . Επειδή  $V \times A = W$ , η σωστή μονάδα έκφρασης της ενέργειας είναι Wh δηλαδή βατώρες, και κατ' επέκταση Wmin (βατολεπτά), mWh (μιλιβατώρες), mWmin (μιλιβατολεπτά).

Αν από μία παρτίδα στοιχείων με χωρητικότητα 0,5 Ah φτιάξουμε μία μπαταρία με 4 στοιχεία και μία άλλη με 8 στοιχεία, 1.2 volt έκαστο, τότε, στην πρώτη περίπτωση θα έχουμε  $4,8V \times 0,5 Ah = 2,4 Wh$ , ενώ στην δεύτερη  $9,6V \times 0,5Ah = 4,8 Wh$ . Έστω ότι σε μια τρίτη περίπτωση έχουμε μία άλλη μπαταρία 4 στοιχείων με χωρητικότητα 1,0Ah. Η ενέργεια αυτής της μπαταρίας θα είναι  $4,8V \times 1,0Ah = 4,8Wh$ , δηλαδή όση και η ενέργεια των 8 στοιχείων με 0,5 mAh.

Μπαταρίες με την ίδια ενέργεια μπορούν να παράγουν το ίδιο έργο (να φέρουν το ίδιο αποτέλεσμα). Έστω ένα ιδανικό ηλεκτροκίνητο αερομοντέλο που όλα τα συστήματα αποδίδουν 100%, και ένα περιβάλλον (καιρός, χειριστής) σταθερό. Είτε ηλεκτροδοτήσουμε το μοντέλο με την μπαταρία των 8 στοιχείων / 0,5Ah, είτε με την

μπαταρία των 4 στοιχείων / 1,0 Ah επειδή και οι δύο έχουν την ίδια ενέργεια το μοντέλο θα έχει την δυνατότητα να αναρριχηθεί στο ίδιο ύψος, (όχι όμως με τον ίδιο ρυθμό).

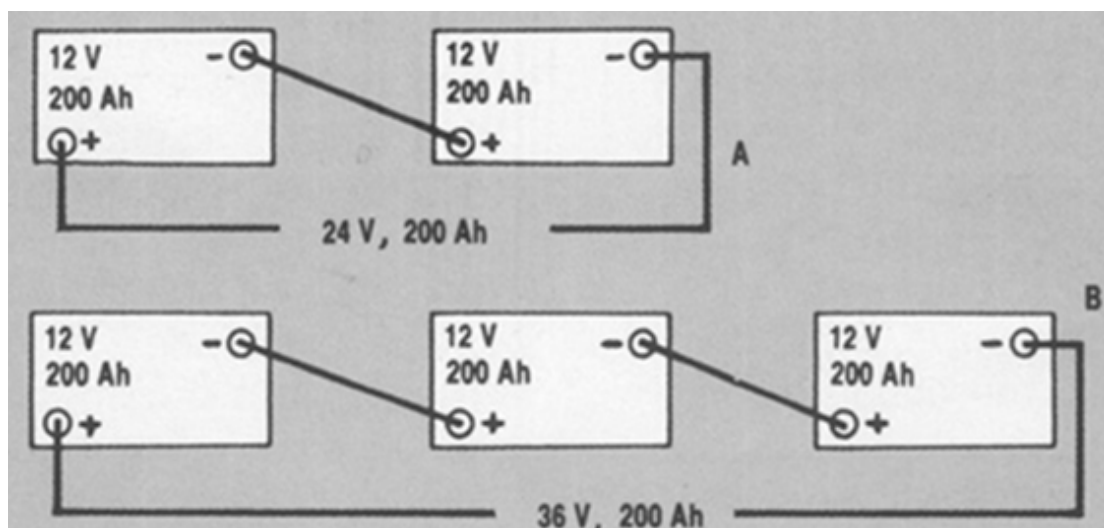
### Η σχέση ενέργειας/βάρους

Ένας άλλος τρόπος σύγκρισης των διαφόρων στοιχείων γίνεται εκφράζοντας το ποσό της ενέργειας που περιέχουν ανά μονάδα βάρους τους, συνήθως σε βατώρες ανά γραμμάριο βάρους (Wh/g).

### Μπαταρία

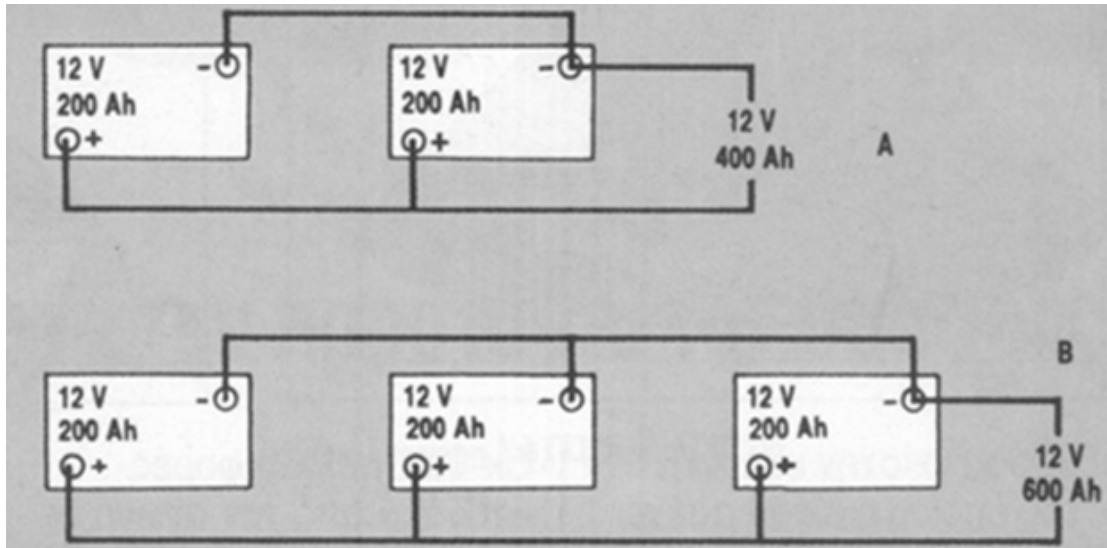
Ο όρος μπαταρία σημαίνει ότι δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά στοιχεία έχουν ενωθεί μεταξύ τους για να δώσουν μαζί την ενέργειά τους. Από συνήθεια χρησιμοποιούμε τον όρο μπαταρία και για τα μεμονωμένα στοιχεία.

Τα στοιχεία μπορούν να ενωθούν σε σειρά, ή παράλληλα, ή σε συνδυασμό των δύο. Όταν ενώνονται ο θετικός πόλος του ενός με τον αρνητικό του δεύτερου, ο θετικός του δεύτερου με τον αρνητικό του τρίτου, κ.ο.κ., λέμε ότι είναι ενωμένα σε σειρά. Στην περίπτωση αυτή η μπαταρία έχει τάση όση το άθροισμα των τάσεων των επιμέρους στοιχείων, ενώ η χωρητικότητά της παραμένει όση η χωρητικότητα του ενός στοιχείου. π.χ. 4 στοιχεία των 1,2V/500mAh σε σειρά θα δώσουν μπαταρία 4,8V/500mAh.



**Εικόνα 1:Μπαταρίες εν σειρά συνδεδεμένες**

Όταν ενώνονται όλοι οι θετικοί πόλοι μαζί και αντιστοίχως όλοι οι αρνητικοί μαζί, λέμε ότι είναι ενωμένα παράλληλα. Στην περίπτωση αυτή αθροίζονται οι χωρητικότητες όλων των στοιχείων, ενώ η τάση της παραμένει όση και η τάση ενός στοιχείου. π.χ. 4 στοιχεία των 1,2V/500mAh ενωμένα παράλληλα, δίνουν μπαταρία 1,2V/2000mAh.



**Εικόνα 2: Μπαταρίες παράλληλα συνδεδεμένες**

Είναι αυτονόητο, ότι στην πράξη οι μπαταρίες φτιάχνονται από ομοειδή στοιχεία, με την ίδια χημική σύσταση, την ίδια τάση και την ίδια χωρητικότητα. Σημαντικό είναι επίσης να έχουν και άλλες ιδιότητές τους (ιδίως την εσωτερική τους αντίσταση), ισότιμες.

Τα στοιχεία που απαρτίζουν μία μπαταρία συμφέρει να είναι φρέσκα και να έχουν ακριβώς την ίδια χωρητικότητα και την ίδια εσωτερική αντίσταση. Μόνο οι σοβαρές εταιρείες μπαίνουν στον κόπο να διαλέξουν ακριβώς ίδια στοιχεία για κάθε μπαταρία που φτιάχνουν.

Τα βασικά χαρακτηριστικά μιας μπαταρίας είναι τα εξής:

- Μπορεί να επαναφορτιστεί εφ' όσον έχει δώσει κάποια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας.
- Έχει χαμηλή εσωτερική αντίσταση και έτσι μπορεί να δίνει υψηλά ρεύματα για την εκκίνηση στην μίζα χωρίς να προκαλείται σημαντική πτώση τάσεως.
- Ο ηλεκτρολύτης της είναι αραιωμένο θειικό οξύ και καθώς είναι διαβρωτικό πρέπει να μην του επιτρέπεται να έρθει σε επαφή με τα μάτια, το δέρμα, τα ρούχα ή τα εξαρτήματα και τα μέρη του αυτοκινήτου. (Σε περίπτωση που πέσει κάπου οξύ πρέπει να το ξεβγάλουμε με άφθονο νερό)

Κατά την φόρτιση ο ηλεκτρολύτης παράγει υδρογόνο και οξυγόνο. Αυτό το μίγμα αερίων είναι εκρηκτικό και πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή έτσι ώστε να αποφεύγουμε σπινθήρες, τσιγάρα ή φλόγες στην περιοχή όπου φορτίζεται μπαταρία.

Μέρος του νερού που διαλύει το θειικό οξύ εξατμίζεται κατά την εκφόρτιση και χρειάζεται αναπλήρωση με απεσταγμένο ή απιονισμένο νερό.

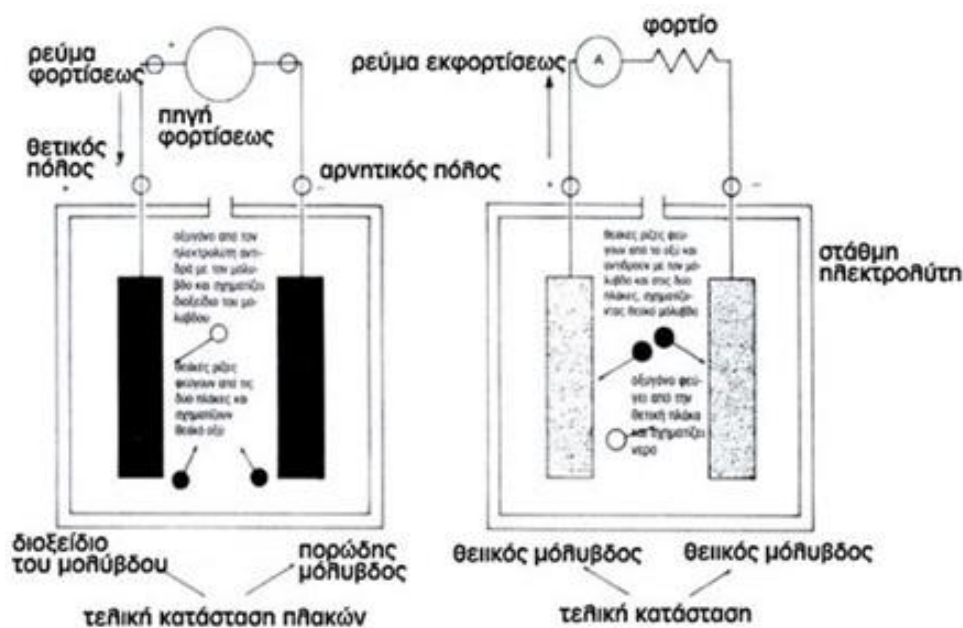
Για να έχουμε χημική αποθήκευση και απελευθέρωση ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να έχουμε δύο διαφορετικά αγωγιμα υλικά σε μικρή απόσταση μεταξύ τους βυθισμένα σε ένα αγωγίμο υγρό, τον ηλεκτρολύτη. Στις μπαταρίες των αυτοκινήτων χρησιμοποιούνται πλάκες κράματος μολύβδου - αντιμονίου καλυμμένες με πάστα οξειδίου του μολύβδου. Σε κάθε στοιχείο υπάρχουν αρκετές πλάκες. Μετά από την φόρτιση έχουμε μεταβολή του οξειδίου του μολύβδου σε διοξείδιο του μολύβδου (το οποίο έχει σοκολατί χρώμα) στις θετικές πλάκες και σε πορώδη μόλυβδο (γκρι χρώμα) στις αρνητικές πλάκες. Έτσι όταν η μπαταρία είναι σε πλήρη φόρτιση έχουμε δύο διαφορετικά υλικά (διοξείδιο του μολύβδου και πορώδη μόλυβδο) βυθισμένα σε αραιό θειικό οξύ. Όσο η μπαταρία αποφορτίζεται τότε οι επιφάνειες των πλακών μετατρέπονται σε θειικό μόλυβδο. Ανάμεσα στις πλάκες υπάρχουν χημικά αδρανή διαχωριστικά. Παλιότερα ήταν ξύλινα ή από πορώδες ελαστικό, αλλά σήμερα χρησιμοποιούνται πιο μοντέρνα υλικά όπως το ανόργανο υλικό Kieselguhr (KG) με ενίσχυση από ίνες υαλοϋφάσματος. Τα διαχωριστικά πρέπει να είναι ανθεκτικά, γιατί κατά την διάρκεια της φορτίσεως και της εκφορτίσεως (ειδικά σε υψηλά ρεύματα) οι πλάκες ζεσταίνονται και πετσικάρουν. Επίσης πρέπει να είναι πορώδη έτσι ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση του ηλεκτρολύτη. Αν οι πόροι τους είναι μικροί τότε αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας και πέφτει η τάση στους ακροδέκτες της. Οι πλάκες είναι ομαδοποιημένες και είναι έτσι διευθετημένες ώστε στην αρχή και στο τέλος της ομάδας να υπάρχουν πάντα αρνητικές πλάκες έτσι ώστε να είναι πάντα περισσότερες από τις θετικές. Τα διαχωριστικά είναι έτσι τοποθετημένα ώστε η πλευρά τους η οποία έχει νεύρα να είναι προς τις θετικές πλάκες. Έτσι ο ηλεκτρολύτης συγκεντρώνεται στις θετικές πλάκες (Σχ.1). Τα κελύφη των μπαταριών παλιότερα φτιάχονταν με πίσσα και αμίαντο, αλλά σήμερα φτιάχονται από πολυπροπυλένιο (Σχ.2) το οποίο είναι ημιδιαφανές και έτσι φαίνεται η στάθμη του ηλεκτρολύτη. Επίσης έχει μεγάλη αντοχή και μικρό βάρος.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι οι κατασκευαστές για να πετύχουν μικρό όγκο κάνουν τις πλάκες και τα διαχωριστικά πολύ λεπτά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η μπαταρία να είναι ευαίσθητη σε υπερθέρμανση γιατί μπορεί πολύ εύκολα να πετσικάρουν οι πλάκες και να βραχυκυκλώσουν. Επίσης καθώς μειώνεται ο όγκος της μπαταρίας μειώνεται και η ποσότητα του ηλεκτρολύτη που υπάρχει σε κάθε στοιχείο με αποτέλεσμα την αυξημένη ευαισθησία της μπαταρίας και την εύκολη μείωση της στάθμης του ηλεκτρολύτη.



## Φόρτιση και εκφόρτιση μπαταρίας

Όταν η μπαταρία φορτίζεται ρεύμα με αντίθετη πολικότητα από αυτό που παρέχει η μπαταρία περνάει διαμέσου της. Η μπαταρία έχει σταθερή πολικότητα και για να την φορτίσουμε χρειάζεται ρεύμα σταθερής πολικότητας. Μπορεί να μην είναι συνεχές αλλά διακοπτόμενο, ποτέ όμως εναλλασσόμενο. Αν η ηλεκτρεγερτική δύναμη (δηλαδή η τάση χωρίς φορτίο) της μπαταρίας είναι 12V τότε για να την φορτίσουμε χρειαζόμαστε ρεύμα της τάξεως των 14 - 16 V ανάλογα με τον ρυθμό φόρτισης που θέλουμε αλλά και με την εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας (δηλαδή η τάση στα άκρα του φορτιστή πρέπει να ξεπερνά την ηλεκτρεγερτική δύναμη της μπαταρίας αλλά και την πτώση τάσεως στο εσωτερικό της μπαταρίας λόγω της εσωτερικής της αντιστάσεως). Αν μπορούσαμε να δούμε μέσα σε μια μπαταρία κατά την φόρτισή της τότε θα βλέπαμε ότι το ρεύμα διασπά τον ηλεκτρολύτη και το οξυγόνο που παράγεται κινείται προς την θετική πλάκα, όπου όσο προχωράει η φόρτιση σχηματίζει διοξείδιο του μολύβδου.



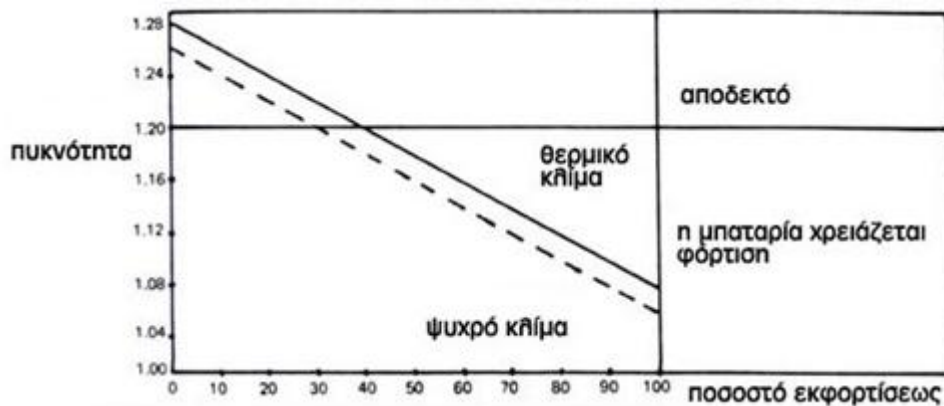
**Εικόνα 3: Φόρτιση- Εκφόρτιση μπαταρίας μολύβδου-οξέος**

Από τις δύο πλάκες φεύγουν θεικές ρίζες οι οποίες σχηματίζουν θεικό οξύ στον ηλεκτρολύτη (αυξάνοντας την συγκέντρωσή του) και ταυτόχρονα η αρνητική πλάκα μετατρέπεται σε πορώδη μολύβδο. Όταν γίνεται εκφόρτιση το ρεύμα αντιστρέφεται λόγω της διαφοράς ηλεκτροθετικότητας του θεικού μολύβδου από τον πορώδη μολύβδο, το θεικό οξύ διασπάται και οι θεικές ρίζες που απελευθερώνονται σχηματίζουν θεικό μολύβδο και στις δύο πλάκες με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαφορά μεταξύ τους, άρα και ροή ρεύματος. Επίσης οξυγόνο φεύγει από την θετική πλάκα και επιστρέφει στον

ηλεκτρολύτη σχηματίζοντας νερό. Έτσι ο ηλεκτρολύτης αραιώνει. Το μπονόμετρο (πυκνόμετρο του Beaume) είναι ένα όργανο το οποίο μετράει την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη δίνοντας έτσι πληροφορίες για την κατάσταση φορτίσεως της μπαταρίας.



**Εικόνα 4: Μέτρηση της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη με πυκνόμετρο του Beaume**



**Εικόνα 5: Πυκνότητα ηλεκτρολύτη κατά την εκφόρτιση**

Η ένδειξη του μπονόμετρου μας πληροφορεί σχετικά με την φόρτιση της μπαταρίας, υπό την προϋπόθεση ότι ηλεκτρολύτης σωστής πυκνότητας χρησιμοποιήθηκε για την φόρτιση της μπαταρίας. Μία σχέση για την διόρθωση της πυκνότητας για πολύ θερμές ή ψυχρές συνθήκες είναι η παρακάτω:

$$S_{20} = S_t + 0,007 (t - 20)$$

όπου:

$S_t$ : μετρούμενη πυκνότητα

$t$ : Θερμοκρασία ηλεκτρολύτη (°C)

$S_{20}$ : Διορθωμένη πυκνότητα (στους 20 °C).

Έτσι αν η ένδειξη της πυκνότητας είναι 1,200 στους 30 °C, τότε η διορθωμένη πυκνότητα είναι:

$$S_{20} = 1,200 + 0,007 (30 - 20) = 1,200 + 0,007 \Rightarrow S_{20} = 1,27.$$

Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι όσο πέφτει η θερμοκρασία τόσο πυκνώνει ο ηλεκτρολύτης. Οι παρακάτω τιμές μας δείχνουν την κατάσταση φορτίσεως της μπαταρίας.

<b>Πυκνότητα</b>	<b>Κατάσταση Φορτίσεως</b>
1,11 - 1,13	Εκφόρτιση
1,23 - 1,25	Φόρτιση 70%
1,27 - 1,29	Πλήρης Φόρτιση

### Χωρητικότητα μπαταρίας

Η ονομαστική χωρητικότητα της μπαταρίας είναι το μέτρο της ποσότητας του ηλεκτρικού φορτίου το οποίο μπορεί να προσφερθεί από μία μπαταρία όταν αυτή εκφορτιστεί από κατάσταση πλήρους φορτίσεως στην ελάχιστη επιτρεπτή τάση (1,8 V ανά στοιχείο ή 10,8 V για μια δωδεκάβολτη μπαταρία). Συνήθως η χωρητικότητα που αναγράφεται στην μπαταρία, είναι για εκφόρτιση σε 10 ώρες και θερμοκρασία 25°C. Τότε θεωρούμε ότι η εκφόρτιση γίνεται με σταθερό ρυθμό και με ένα ρεύμα το οποίο θα φέρει την μπαταρία από την αρχική της στην τελική της κατάσταση (όπως ορίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο) σε 10 ώρες. Αν ο ρυθμός εκφορτίσεως είναι ταχύτερος τότε η χωρητικότητα της μπαταρίας μειώνεται. Σαν παράδειγμα μπορούμε να πάρουμε την περίπτωση μιας μπαταρίας 36 Ah (αμπερωρίων) η οποία πρέπει να μπορεί να δώσει 3,6 A για 10 ώρες ή 7,2 A για 5 ώρες κλπ. Στην πραγματικότητα αν την εκφορτίσουμε με 7,2 A θα φτάσει σε τελική κατάσταση σε κάτι λιγότερο από 5 ώρες, αλλά η διαφορά θα είναι μικρή για μια μπαταρία σε καλή κατάσταση. Η χωρητικότητα της μπαταρίας μας δείχνει πόση ώρα θα πρέπει να τη φορτίσουμε. Αν υποθέσουμε ότι



έχουμε μια πλήρως εκφορτισμένη μπαταρία, το θεωρητικό φορτίο είναι:

$$6A \times 6 \text{ ώρες} = 36Ah \text{ ή } 3A \times 12 \text{ ώρες} = 36Ah \text{ κ.λ.π.}$$

Λόγω του ότι η μπαταρία δεν έχει απόδοση 100% για να φτάσει σε πλήρη φόρτιση πρέπει να της δώσουμε φορτίο 1,3 φορές του ονομαστικού. Έτσι για την μπαταρία του παραδείγματος πρέπει να της δώσουμε.

$$36 \times 1,3 = 46,8 \text{ Ah}$$

Έτσι αν θέλουμε να την φορτίσουμε σε 6 ώρες το ρεύμα φορτίσεως πρέπει να είναι:  $46,8/6 = 7,8A$

Ρυθμός φορτίσεως

Σε ένα όχημα ο ρυθμός φορτίσεως κανονίζεται από τον αυτόματο. Εξαρτάται από τη στάθμη φορτίσεως της μπαταρίας η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από τα πρόσφατα φορτία στα οποία έχει υποβληθεί η μπαταρία, αλλά και από την ηλικία και την κατάστασή της. Πάντως αν θέλουμε να φορτίσουμε μια μπαταρία με φορτιστή, τότε, αν δεν υπάρχει ανάγκη ταχείας φορτίσεως καλό είναι να την φορτίζουμε με ρεύμα 1/10 έως 1/30 της χωρητικότητάς της. Στο παράδειγμα μας, αν η μπαταρία των 36 Ah ήταν τελείως αφόρτιστη, τότε θα χρειαζόταν 46,8 Ah για να φορτιστεί (36x1,3) και αν την φορτίζαμε με ρυθμό 1/10 θα έπρεπε να φορτιστεί με ρεύμα  $1/10 \times 46,8 = 4,68$  δηλ. περίπου 5A (για δέκα ώρες). Καλό είναι να μην φορτίζουμε τις μπαταρίες με πιο γρήγορο ρυθμό από 1/10 γιατί καταπονούνται, υπερθερμαίνονται, μπορεί να βραχυκυκλώσουν στοιχεία τους, μπορεί να πέσει η στάθμη του ηλεκτρολύτη κ.λ.π.

### **Γέμισμα υγρών**

Υπάρχει η περίπτωση να θέλουμε να γεμίσουμε μια καινούργια, στεγνή μπαταρία με υγρό. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να αραιώσουμε πυκνό θεικό οξύ στη σωστή πυκνότητα. Πρέπει να προσέχουμε πάρα πολύ κατά την διάρκεια της διαδικασίας και να φοράμε γυαλιά ασφαλείας και προστατευτικά ρούχα (γάντια, ποδιά κ.λ.π). Πριν να αραιώσουμε το οξύ πρέπει να κάνουμε έναν υπολογισμό της ποσότητας που χρειαζόμαστε. Είναι σημαντικό να ρίχνουμε το οξύ στο νερό και ποτέ το νερό στο οξύ. Κατά τη διάρκεια της αραιώσεως παράγεται σημαντική ποσότητα θερμότητας και το οξύ πρέπει να προστίθεται αργά και να αναδεύεται μέχρι να πετύχουμε την σωστή πυκνότητα.

### Ηλεκτρεγερτική δύναμη

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) μιας μπαταρίας είναι η τάση η οποία μετριέται στους ακροδέκτες της όταν δεν υπάρχει εξωτερικό φορτίο. Η ΗΕΔ εξαρτάται από την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη και εκφράζεται από την παραπάνω προσεγγιστική σχέση:  $ΗΕΔ = \text{πυκνότητα} + 0,84 / \text{στοιχείο}$ . Έτσι αν μετρήσουμε με το πυκνόμετρο πυκνότητα 1,25 θα έχουμε:

$$\text{Τάση στοιχείου} : 1,25 + 0,84 = 2,09 \text{ V}$$

$$\text{Τάση μπαταρίας: } 2,09 \times 6 = 12,54 \text{ V}$$

(πολλαπλασιάζουμε με 6 γιατί μια δωδεκάβολτη μπαταρία έχει 6 στοιχεία σε σειρά).

### Εσωτερική αντίσταση

Οι μπαταρίες είναι και αγωγοί. Έτσι παρουσιάζουν κάποια αντίσταση στη ροή του ρεύματος. Αυτή ονομάζεται εσωτερική αντίσταση. Στην περίπτωση των μπαταριών των αυτοκινήτων αυτή είναι πολύ χαμηλή. Ένας από τους λόγους που προτιμούνται οι μπαταρίες μολύβδου στα αυτοκίνητα, είναι η χαμηλή εσωτερική τους αντίσταση. Καθώς το ρεύμα εκκινήσεως είναι πολύ μεγάλο, αν η μπαταρία είχε υψηλή εσωτερική αντίσταση θα παρουσίαζε απαράδεκτη πτώση τάσεως. Στο Σχ.8 φαίνεται μια μπαταρία με την ισοδύναμη εσωτερική της αντίσταση. Ένα αριθμητικό παράδειγμα δείχνει ότι αν η εσωτερική αντίσταση ήταν 0,05 Ω και η ΗΕΔ 12V τότε αν υπήρχε ρεύμα 10 A θα είχαμε:

$$V = ΗΕΔ - r I,$$

όπου:

$$V = \text{τάση στους πόλους}$$

$$ΗΕΔ = \text{ηλεκτρεγερτική δύναμη}$$

$$r = \text{εσωτερική αντίσταση}$$

$$I = \text{ρεύμα που περνάει}$$

τότε:

$$V = 12 - (0,05 \times 10) \Rightarrow V = 11,5 \text{ V}$$

με ίδιους υπολογισμούς προκύπτουν τα παρακάτω:

ΗΕΔ (V)	ρεύμα (A)	εσωτερική πτώση τάσεως (V)	τάση στους πόλους (V)
12	10	0.5	11.5
12	20	1.0	11.5
12	50	2.5	9.5
12	100	5.0	7.0

Αυτό το παράδειγμα μας δείχνει μια μπαταρία με μεγάλη εσωτερική αντίσταση. Ρεύμα της τάξεως του 60Α, όταν γυρίζει η μίζα, δεν είναι ασυνήθιστο. Βλέπουμε ότι με μια τέτοια μπαταρία η τάση στους πόλους θα ήταν μικρότερη από 9,5 V. Στην πραγματικότητα μια καλή μπαταρία μολύβδου έχει εσωτερική αντίσταση 0,005 Ω. Έτσι για ρεύμα 60Α έχουμε πτώση τάσεως:

$$V = 0,005 \times 60 = 0,3 \text{ V.}$$

Δηλαδή όταν δουλεύει η μίζα το ρεύμα γίνεται:

$$12\text{V} - 0,3\text{V} = 11,7\text{V.}$$

Η εσωτερική αντίσταση της μπαταρίας οφείλεται σε διάφορες επί μέρους αντιστάσεις, όπως η αντίσταση ανάμεσα στα ηλεκτρόδια και τον ηλεκτρολύτη, η αντίσταση των πλακών, η αντίσταση στις εσωτερικές συνδέσεις, η αντίσταση του ηλεκτρολύτη στην ροή των ιόντων (τα ιόντα είναι ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια τα οποία κινούνται στον ηλεκτρολύτη). Επιπροσθέτως, η εσωτερική αντίσταση εξαρτάται από την στάθμη φορτίσεως και την θερμοκρασία της μπαταρίας. Όσο εκφορτίζεται η μπαταρία ή πέφτει η θερμοκρασία της, τόσο αυξάνεται η εσωτερική αντίσταση. Οι κατασκευαστές μπορούν να μεταβάλλουν την εσωτερική αντίσταση αυξομειώνοντας την επιφάνεια των πλακών. Οι μπαταρίες με μεγάλο αριθμό πλακών (άρα και με μεγαλύτερη χωρητικότητα) έχουν χαμηλότερη εσωτερική αντίσταση. Καθώς οι μπαταρίες γερνάνε, ένα από τα προβλήματα που προκύπτουν είναι η αύξηση της εσωτερικής αντιστάσεώς τους. Σαφώς φτάνει ένα σημείο όπου δεν υπάρχει επαρκής πολική τάση για να γυρίσει την μίζα αρκετά γρήγορα για να ξεκινήσει ο κινητήρας. Για ένα ξεκίνημα σε ένα κρύο πρωί χρειάζεται παραπάνω ροπή για να περιστρέψει στον στρόφαλο και οι ελάχιστες στροφές για να ξεκινήσει ο κινητήρας είναι γύρω στις 100 r.p.m. Κάτω από τέτοιες συνθήκες φαίνεται αν η μπαταρία έφτασε στο τέλος της ζωής της.

### **Επιλογή μπαταρίας**

Συνήθως οι κατασκευαστές οχημάτων τοποθετούν μπαταρίες οι οποίες είναι αρκετά μεγάλες για να περιστρέψουν τον κινητήρα κάτω από δεδομένες συνθήκες, συνήθως σε θερμοκρασία  $-30^{\circ}\text{C}$  υποθέτοντας φόρτιση 70%. Δοκιμές στα αυτοκίνητα καθορίζουν το ελάχιστο ρεύμα που απαιτεί η μίζα σε αυτές τις συνθήκες και με αυτά τα στοιχεία επιλέγεται μπαταρία με επαρκή χωρητικότητα.

### **Επίδραση της θερμοκρασίας**

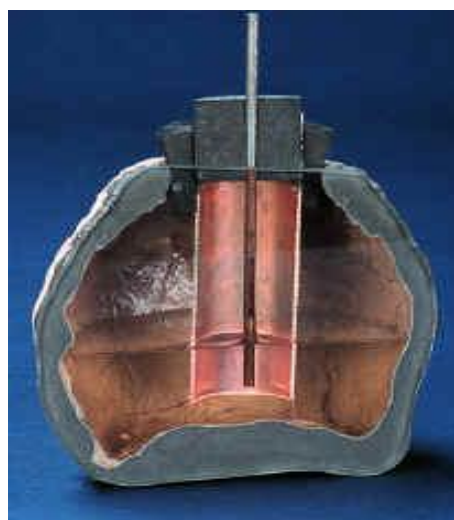
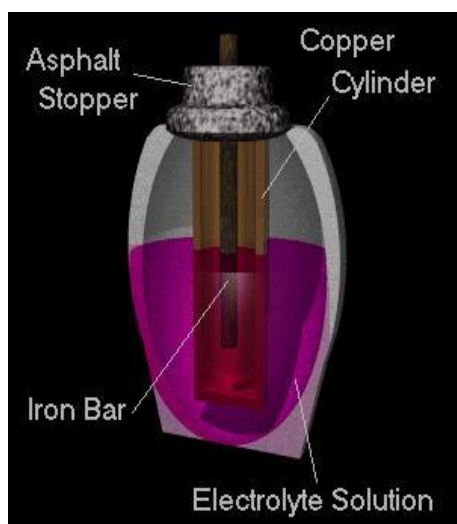
Σε χαμηλές θερμοκρασίες, ο ηλεκτρολύτης θα είναι πιο πυκνός και θα έχει μεγαλύτερο ειδικό βάρος αλλά παρ' όλα αυτά οι χημικές αντιδράσεις μέσα στην μπαταρία είναι πιο αργές και το τελικό αποτέλεσμα είναι η μείωση της χωρητικότητάς της μπαταρίας σε συνάρτηση με την θερμοκρασία. Η μπαταρία πρέπει να προστατεύεται από πάγωμα, ειδικά όταν είναι σε χαμηλή στάθμη φορτίσεως γιατί τότε το ποσοστό νερού στον ηλεκτρολύτη είναι μεγαλύτερο και υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα παγώματος. Μια καλή φόρτιση είναι ένα καλό μέτρο κατά του παγώματος. Μια παγωμένη μπαταρία δίνει πολύ χαμηλό ρεύμα, αλλά δεν παθαίνει μόνιμη βλάβη, αν και μπορεί να παρουσιαστούν ρωγμές στο κέλυφός της. Αυτό συμβαίνει γιατί ο παγωμένος ηλεκτρολύτης δε διαστέλλεται και παραμένει σε μία κατάσταση ζελέ. Πρέπει να σημειωθεί ότι η επαναφόρτιση όταν η μπαταρία έχει παγώσει είναι δύσκολη εφ'όσον μόνο ένα πολύ χαμηλό ρεύμα μπορεί να περάσει. Δεν πρέπει να συμπληρώνουμε υγρά σε μπαταρίες όταν η θερμοκρασία τους είναι κάτω από το σημείο πήξεως του νερού ( $0^{\circ}\text{C}$ ).

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

## 1.1 Αρχαιότητα - Η Μπαταρία Της Βαγδάτης

Η Μεσοποταμία ήταν πάντοτε ένα από τα αγαπημένα πεδία έρευνας των αρχαιολόγων, κυρίως στο πρώτο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Πλήθος επαγγελματιών και ερασιτεχνών αρχαιολόγων συνέρρεαν, αναζητώντας είτε ίχνη των σπουδαίων αρχαίων πολιτισμών που άκμασαν 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 König 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.



**Εικόνα 6: Η μπαταρία της Βαγδάτης**

Μέχρι σήμερα παραμένει αδιευκρίνιστο εάν ο König βρήκε το αντικείμενο σε κάποιο σημείο ανασκαφών κοντά στη Βαγδάτη, ή στα υπόγεια του μουσείου της πόλης, του οποίου τη διεύθυνση είχε αναλάβει. Το σίγουρο πάντως είναι ότι υπάρχουν περίπου 12 τέτοια αντικείμενα, αν και τα περισσότερα δε βρίσκονται σε καλή κατάσταση. Η χρονολόγηση έδειξε ότι το εύρημα του König είναι περίπου του 200 πΧ.

Το 1940 ο Γερμανός αρχαιολόγος δημοσίευσε μια εργασία με την οποία ισχυριζόταν και τεκμηριώνει 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: 2 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, μεταξύ των οποίων ο W. F. Gray του General Electric High Voltage Laboratory, Pittsfield Massachusetts και η ομάδα της Dr M. Senechal στο Smith College. Τα αντίγραφα αυτά μπορούν να παράγουν τάση 0,8-2V, ενώ η παράλληλη σύνδεση ενός αριθμού μπαταριών, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες τιμές ρεύματος. Είναι λοιπόν αναμφισβήτητο ότι τα ευρήματα ήταν, ή μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μπαταρίες παραγωγής χαμηλής τάσης.

Και αν εδώ η ηλεκτροχημεία ολοκληρώνει τις επιστημονικές της παρατηρήσεις, ξεκινά το πρόβλημα για την αρχαιολογία. 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 επιχρυσωση 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 μεγαλύτερη τάση 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.

Όμως όποια κι αν ήταν η χρήση τους, πώς εξηγείται η ίδια η ύπαρξή τους; 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. Ο πολιτισμός των Πάρθων, στον οποίο αποδίδεται η κατασκευή των αντικειμένων, βάσει της χρονολόγησης και της γεωγραφικής περιοχής, ήταν

πολιτισμός νομάδων και σκληροτράχηλων πολεμιστών με ελάχιστη ανάπτυξη των επιστημών και της τεχνολογίας.

Πρέπει όμως να συγκρατήσει κανείς και την αμφιβολία για τον πραγματικό τόπο ανακάλυψης των μπαταριών. Εάν ο Konig τις βρήκε στα υπόγεια του μουσείου της Βαγδάτης, τότε ο πραγματικός τόπος ανακάλυψής τους παραμένει άγνωστος. Μια αρκετά ενδιαφέρουσα άποψη είναι αυτή που υποστηρίζει ότι πολύ συχνά η επιστημονική αρχή στην οποία στηρίζονται κάποιες εφευρέσεις και ανακαλύψεις έπεται των ίδιων των εφευρέσεων.

Μια πιο εξωτική εκδοχή υποστηρίζει τη μετάδοση γνώσης από κάποιο προγενέστερο προηγμένο πολιτισμό, εξωγήινους επισκέπτες ή και ταξιδιώτες του χρόνου. Αν και η κατασκευή των μπαταριών είναι εντελώς πρωτόγονη, με υλικά προσιτά και εύκολα παρασκευάσιμα από οποιοδήποτε πολιτισμό της εποχής, μπορεί κανείς να αντιτείνει ότι είναι η αδέξια προσπάθεια κατασκευής, με τα τότε διαθέσιμα μέσα, από ένα λαό της εποχής, της τεχνολογίας που μεταδόθηκε από κάποιους άλλους.

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. Εδώ τίθεται πιο έντονα και το ερώτημα της ταυτότητας του λαού που τις κατασκεύασε, καθώς πιθανές ενδείξεις για τη χρήση τους θα μπορούσαν να προέρχονται και από ιδιαίτερες συνήθειες του συγκεκριμένου λαού.

Τελικά η πιο πιθανή εξήγηση είναι ότι οι κατασκευαστές τους, πιθανώς κατά τύχη, όπως άλλωστε έχει συμβεί και πολλές ανακαλύψεις, αντελήφθησαν το φαινόμενο της ηλεκτραπόθεσης, ή απλά της κυκλοφορίας ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στη συσκευή και τη χρησιμοποίησαν για κάποια απλοϊκή εφαρμογή, για την οποία μόνο εικασίες μπορούν να γίνουν.

Σε κάθε περίπτωση οι μπαταρίες της Βαγδάτης, αν τελικά πράγματι ήταν μπαταρίες, αποτελούν ένα από τα πιο συναρπαστικά αρχαιολογικά ευρήματα, αν και δεν τους έχει δοθεί η αρμόζουσα σημασία, ίσως γιατί φέρνουν σε δύσκολη θέση τη συμβατική αρχαιολογία.

Μετά τον πρόσφατο πόλεμο στο Ιράκ και τη λεηλασία του μουσείου της Βαγδάτης η τύχη τους είναι αδιευκρίνιστη, όπως και πολλών άλλων σημαντικών ευρημάτων.

## 1.2 Οι πρώτες προσπάθειες στη σύγχρονη εποχή - 18<sup>ος</sup> αιώνας

Οι φυσικοί Luigi Galvani (1737-1798) και Alessandro Cont di Volta (1745-1827) ήταν οι πρώτοι επιστήμονες που ασχολήθηκαν με τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Οι δύο αυτοί πρωτοπόροι επιστήμονες έμειναν στη ιστορία και προς τιμήν τους οι λέξεις όπως "γαλβανικό στοιχείο" και "βολτ" φέρουν τα ονόματά τους.

Ο Alessandro Volta γεννήθηκε στο Κόμο της Β. Ιταλίας το 1745. Καταγόταν από οικογένεια ευγενών, και έχοντας την οικονομική ευχέρεια έκανε πολλά ταξίδια στην Ευρώπη που του έδωσαν την ευκαιρία να σχετισθεί με τους περίφημους σοφούς του καιρού του. Σε ηλικία δεκαοχτώ χρονών ο Βόλτα άρχισε να μελετά τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Μετά τα διάφορα ταξίδια του τον ξαναβρίσκουμε στα 1779 στην Ιταλία όπου διορίζεται καθηγητής στο Πανεπιστήμιο της Παβίας. Εδώ άρχισε να μελετά τα διάφορα φυσικά φαινόμενα και σε λίγο παρουσίασε τις πρώτες του ανακαλύψεις: Το ηλεκτροφόρο και το ηλεκτροσκόπιο και στη συνέχεια το ευδιόμετρο, το ηλεκτρικό πιστόλι και την άσβεστη λυχνία υδρογόνου. Στα χρόνια 1780-1782 βρίσκεται στο Παρίσι όπου συνεργάζεται με τους Λαβουαζιέ (1743 - 1794) και Λαπλάς (.1749 - 1827) και εξετέλεσε πειράματα γύρω από τον ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό. Το 1783 ανακαλύπτει το ηλεκτροσκόπιο και δεν σταμάτησε ούτε στιγμή να σπουδάζει τον ηλεκτρισμό.

Το 1786 ο Γκαλβάνι κάνει τις ανακοινώσεις του για τον γαλβανισμό και το ζωικό ηλεκτρισμό και ο Βόλτα είναι από τους πρώτους που κατανοούν την τεράστια αξία αυτής της ανακαλύψεως. Όμως, δεν παραδέχεται την εξήγηση που δίνει ο Γκαλβάνι στο φαινόμενο αυτό.





### **Εικόνα 7: Πείραμα του Βόλτα για το ζωικό ηλεκτρισμό**

Κάνει ο ίδιος πειράματα και καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ζωικός ηλεκτρισμός δεν υπάρχει και ότι ο γαλβανισμός οφείλεται στην κυκλοφορία ηλεκτρικού ρεύματος που αναπτύσσεται όταν δυο διαφορετικά μέταλλα, που αγγίζουν δυο διαφορετικά σημεία του σώματος ενός ψόφιου βατράχου, έρθουν σε επαφή μεταξύ τους. Ο Γκαλβάνι επιμένει στην άποψή του, αλλά και ο Βόλτα δεν υποχωρεί και η διένεξη ανάμεσα στους δύο αυτούς επιστήμονες και τους οπαδούς τους συνεχίζεται και μετά το θάνατο του Γκαλβάνι (1798).

Ο Βόλτα πειραματίζεται συνεχώς και τελικά εφεύρε την ηλεκτρική στήλη, που απεδείκνυε την ορθότητα των απόψεων του. Η ανακάλυψη αυτή του Βόλτα στάθηκε αποφασιστική για την παραπέρα ανάπτυξη των εφαρμογών του ηλεκτρισμού. Όταν το 1800 ανακοινώνει την ανακάλυψή του στη Βασιλική Ακαδημία του Λονδίνου, ολόκληρος ο επιστημονικός κόσμος στάθηκε με δέος σ' αυτήν. Κατασκευάζοντας ο Βόλτα το 1800 την ηλεκτρική στήλη που φέρνει το όνομά του, άνοιξε το δρόμο για την ανακάλυψη του δυναμικού ηλεκτρισμού, που αποτέλεσε μια από τις πιο σημαντικές βάσεις για την ανάπτυξη του σημερινού τεχνικού πολιτισμού με το ηλεκτρικό φως, τις ηλεκτρικές κουζίνες κλπ.

Ήταν η πρώτη φορά που ή ανθρωπότητα διέθετε μια πηγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Αλλά ο Βόλτα δεν περιορίστηκε στην πρώτη του στήλη. Την τελειοποίησε και έπειτα από πολλά πειράματα έφτιαξε το ηλεκτρικό στοιχείο Βόλτα.



**Εικόνα 8:Ο Βόλτα με το ηλεκτρικό στοιχείο που πήρε το όνομά του**



**Εικόνα 9: Το ηλεκτρικό στοιχείο Βόλτα**

Αντί τώρα να τοποθετεί τις χάλκινες και τσίγκινες πλάκες τη μια πάνω στην άλλη πάνω σ' ένα τραπέζι, βάζοντας ένα πανί βουτηγμένο σε οξύ ανάμεσα τους, τις τοποθετούσε δυο - δυο σε δοχεία γεμάτα με διάλυση θειικού οξέος. Δοχεία που ήταν τοποθετημένα στη σειρά περιέχουν το καθένα μια από χαλκό και μια από ψευδάργυρο, βυθισμένες σε μια αραιή διάλυση θειικού οξέος. Προσβάλλοντας το οξύ τον ψευδάργυρο δημιουργείται ένα ηλεκτρικό ρεύμα από τον ψευδάργυρο προς τον χαλκό. Το χάλκινο ραβδί του πρώτου δοχείου συνδέεται με το τσίγκινο του δεύτερου). Έπειτα το χάλκινο του δεύτερου με το τσίγκινο του τρίτου και ούτω καθ' εξής. Από το χάλκινο ραβδί του τελευταίου δοχείου φεύγει ένα λεπτό σύρμα, που περνά από μια ηλεκτρική λάμπα ή άλλο όργανο που καταλήγει στο τσίγκινο ραβδί του πρώτου δοχείου, οπότε κλείνει το κύκλωμα και κυκλοφορεί το ηλεκτρικό ρεύμα. Καθένα απ' αυτά τα δοχεία λέγονται ηλεκτρικό στοιχείο κι όλα μαζί αποτελούν μια συστοιχία ή μπαταρία.

Μ' αυτή του τη συσκευή, ο Βόλτα έδωσε στους ανθρώπους μια πηγή απ' όπου μπορούσαν να παίρνουν ηλεκτρικό ρεύμα. Σιγά-σιγά οι μπαταρίες τελειοποιήθηκαν, αλλά το όνομα του Βόλτα έμεινε για πάντα δεμένο με τον ηλεκτρισμό και μ' αυτό βαπτίστηκαν οι μονάδες που μετράμε την τάση μιας ηλεκτρικής πηγής (βολτ), το όργανο που μετράμε την τάση (βολτόμετρο), το όργανο που κάνουμε την ηλεκτρόλυση του νερού (βολτάμετρο), η συσκευή που παράγουμε

πάρα πολύ δυνατό φως (βολταϊκό τόξο) κλπ. πρώτη μπαταρία στον κόσμο - ο "βολταϊκός σωρός" από τον Alessandro Volta

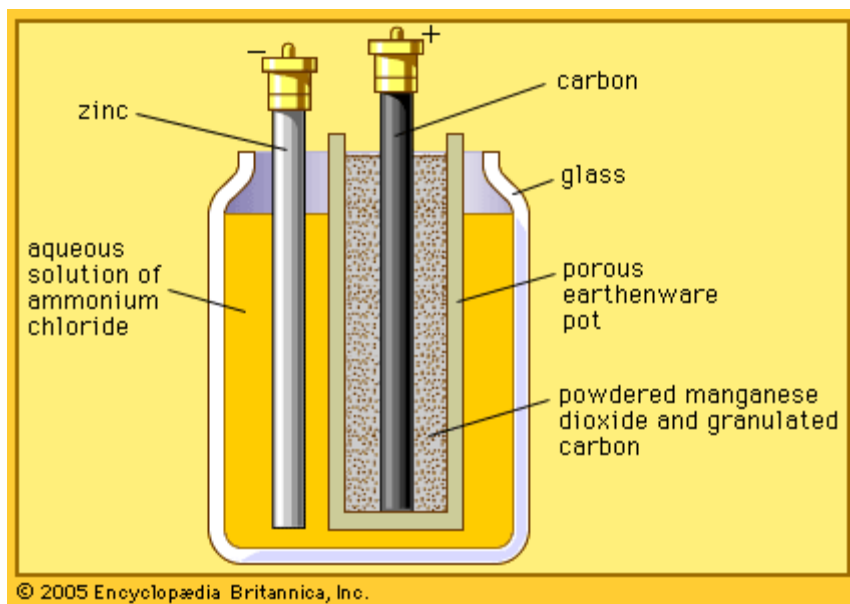
### 1.3 Η εξέλιξη – 19<sup>ος</sup> αιώνας

1836 – Ο John F. Daniell, ένας Άγγλος χημικός, βελτίωσε την αποδοτικότητα του σχεδιασμού του Volta αναπτύσσοντας έναν τρόπο να αποφευχθούν τα προβλήματα διάβρωσης των μπαταριών του Volta.



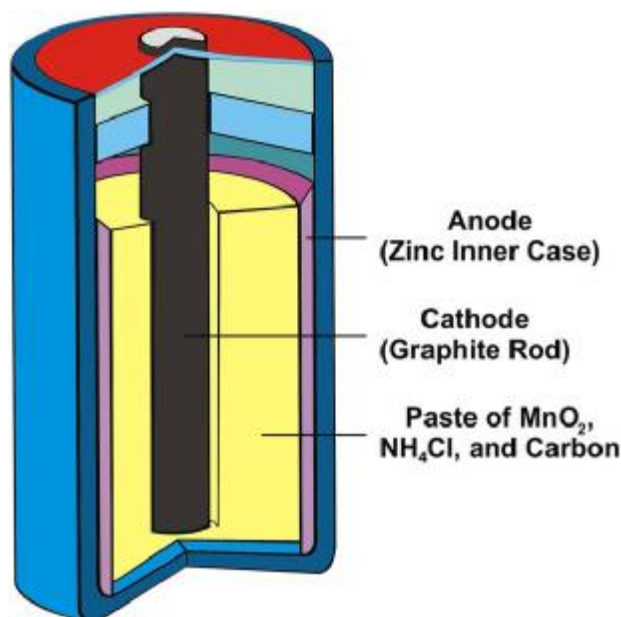
**Εικόνα 10: Τα στοιχεία του Daniell**

1868 – Ο Γάλλος χημικός Georges Leclanche σχεδίασε ένα «υγρό» στοιχείο, τον προάγγελο του «ξηρού» στοιχείου ή της μπαταρίας φακών.



**Εικόνα 11: Το στοιχείο του Leclanche**

1888 – Ο Γερμανός επιστήμονας Δρ. Carl Gassner εφεύρε το «ξηρό» στοιχείο, ένα στοιχείο που μοιάζει πολύ με τις σημερινές μπαταρίες άνθρακα-ψευδαργύρου.



**Εικόνα 12: Στοιχείο ξηρού στοιχείου zinc-carbon**

1896 – Η μπαταρία Columbia, μια μπαταρία ξηρού στοιχείου που κατασκευάστηκε από την National Carbon Company, έγινε η πρώτη εμπορικά διαθέσιμη μπαταρία που πωλήθηκε στις Η.Π.Α. Η εταιρεία National Carbon Company αργότερα έγινε Eveready Battery Company, γνωστή σήμερα ως Energizer.



**Εικόνα 13: Η μπαταρία ξηρού τύπου της εταιρίας National Carbon Company.**

1898 – Ο Conrad Hubert, γνωστός ως ο ιδρυτής της εταιρείας Eveready Battery Company, εφηύρε τον ηλεκτρικό πυρσό χειρός, ή φακό, δηλαδή μια μπαταρία ξηρού στοιχείου, μια λυχνία και ένας σκληρός χάλκινος ανακλαστήρας μέσα σε χάρτινο σωλήνα.



**Εικόνα 14: 1899-Διαφήμιση του περιοδικού Electrical Age για τον φακό της εταιρείας Ever Ready**



## 1.4 Η σύγχρονη εποχή -20<sup>ος</sup> αιώνας

1950 - Η Eveready παρουσίασε την μπαταρία μεγέθους D για τον πρώτο φακό χειρός.

1955 – Η Eveready παρουσίασε τις πρώτες μικρές μπαταρίες για ακουστικά βαρηκοΐας.

1956 – Η Eveready παρήγαγε την πρώτη μπαταρία 9 V, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως στους σημερινούς ανιχνευτές καπνού.

1957 – Η Eveready παρουσίασε την πρώτη εμπορική μπαταρία για ρολόγια.

1958 – Η Eveready παρουσίασε το σύστημα επαναφορτιζόμενων μπαταριών Eveready® Nickel Cadmium (NiCd).

1959 – Η Eveready ανέπτυξε τις πρώτες εμπορικά βιώσιμες κυλινδρικές αλκαλικές μπαταρίες, φέρνοντας την επανάσταση στη φορητή ενέργεια. Στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Ινστιτούτου Smithsonian, μπορείτε να δείτε το πρώτο αρχέτυπο αλκαλικό στοιχείο, το οποίο κατασκεύασε με το χέρι ο επιστήμονας της Energizer, ο Lew Urry.



**Εικόνα 15: Αυθεντικό πρωτότυπο της αλκαλικής μπαταρίας Energizer (Φωτογραφία:: Michelle Z. Donahue)**

1960 – Η Eveready παρήγαγε τις πρώτες μικρές μπαταρίες οξειδίου του αργύρου για χρήση σε ακουστικά βαρηκοΐας και ρολόγια.

1989 – Η Energizer οδήγησε τη βιομηχανία σε περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες για να εξαλείψει τον υδράργυρο που προστίθεται στις μπαταρίες. Επίσης, παρουσίασε την πρώτη εμπορικά διαθέσιμη αλκαλική μπαταρία AAAA.

1991 – Η πρώτη εμπορικά διαθέσιμη μπαταρία, χωρίς υδράργυρο, για ακουστικά βαρηκοΐας στον κόσμο είναι γεγονός.

1992 – Η Energizer παρουσίασε την πρώτη μπαταρία λιθίου AA στον κόσμο. Η μπαταρία Energizer® e<sup>2</sup>® Lithium® είναι η μπαταρία με τη μεγαλύτερη διάρκεια στον κόσμο για συσκευές υψηλής τεχνολογίας.

1995- Η Energizer παρουσίασε τον πρώτο δοκιμαστή επάνω στις μπαταρίες.

1997 – Η Energizer παρουσίασε τις πρώτες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες NiMH υψηλής ενέργειας.

2000 – Η Energizer παρουσίασε για πρώτη φορά την Energizer® e<sup>2</sup>® Titanium Technology® με βελτιωμένο σχεδιασμό μπαταρίας και τεχνολογία τιτανίου για να παρέχει εξαιρετική ισχύ και αξιοπιστία.  
2001 – Η Energizer παρουσίασε το Energizer® EZ Change®, έναν νέο διανεμητή για μπαταρίες ακουστικών βαρηκοΐας.

2003 - Η Energizer® παρουσίασε την πρώτη μπαταρία λιθίου AAA - την Energizer® e<sup>2</sup>® Lithium®.

2010 - Η Energizer® λανσάρει ξανά καινοτόμες συσκευασίες σε όλα τα προϊόντα οικιακών μπαταριών και φακών. Επιπλέον, όλες οι πληροφορίες μάρκετινγκ και επικοινωνίας της Energizer®, στο Διαδίκτυο και εκτός, ενημερώνονται για να αντανακλούν την ολοκαίνουργια στρατηγική και σχεδιασμό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

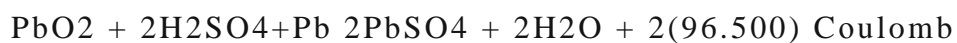
### ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

#### 2.1 Αρχή Λειτουργίας

Το Ελληνικό όνομα είναι Συσσωρευτής ηλεκτρικής ενέργειας , (το όνομα μπαταρία είναι από το Ιταλικό Batteria που σημαίνει συστοιχία, και αυτό προέρχεται από το Batteria di accumulatori = Συστοιχία συσσωρευτών), Η μπαταρία είναι ένα ηλεκτρικό εξάρτημα ικανό να αποθηκεύει ηλεκτρισμό υπό μορφή χημικής ενέργειας. Η απόδοση της εξαρτάται από τον τύπο κατασκευής της (απόδοση είναι το ποσόν επί της εκατό της χημικής ενέργειας που μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Το ιδανικό είναι όταν 100% της χημικής ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική, αλλά αυτό δεν συμβαίνει.)

Μια κλασική μπαταρία μολύβδου με ηλεκτρολύτη διάλυμα θεικού οξέος έχει απόδοση 75%, ενώ μια μπαταρία κλειστού τύπου τζέλ μπορεί να φθάσει απόδοση 95%.

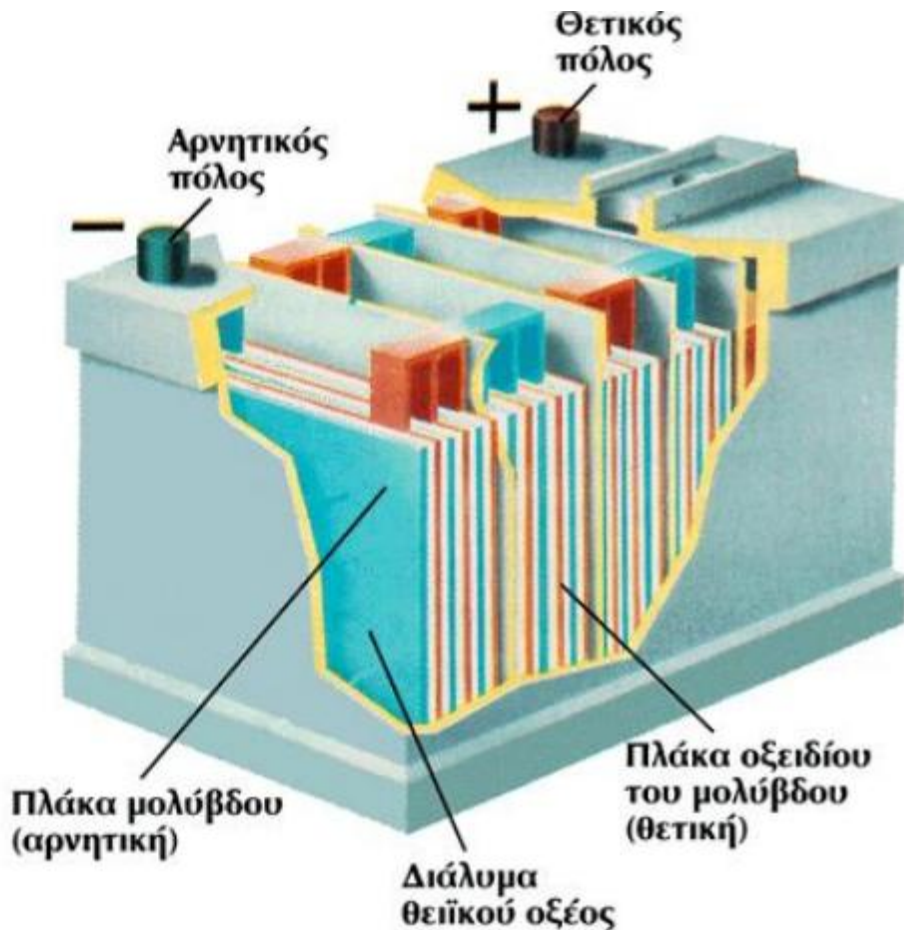
Ας δούμε όμως πως είναι κατασκευασμένη μια μπαταρία μολύβδου. Αυτή αποτελείται από μια σειρά στοιχείων όπου το κάθε ένα από αυτά έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη (Τάση χωρίς φορτίο) όταν είναι τελείως φορτισμένο 2,2 Volt, έτσι λοιπόν για μια μπαταρία 12 Volt ονομαστική τάση θα χρειαστούμε 6 τέτοια στοιχεία  $6 \times 2,2 = 13,2$  Volt. Το κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία αποτελείται από μια πλάκα ενεργού μολύβδου Pb για τον θετικό πόλο, και μια πλάκα διοξειδίου του μολύβδου PbO<sub>2</sub> για τον αρνητικό πόλο. Τα στοιχεία αυτά είναι βυθισμένα σε ένα ηλεκτρολύτη διάλυμα θεικού οξέος H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> και αποσταγμένου νερού H<sub>2</sub>O και λαμβάνει χώρα η παρακάτω αμφίδρομη αντίδραση



Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε σε τομή μια μπαταρία και έχουμε

1. Το κέλυφος
2. Τις πλάκες εσωτερικά θετικές και αρνητικές από μολύβδο και οξείδιο του Μολύβδου
3. Διαχωριστικές πλάκες από συνθετικό υλικό
4. Τον ηλεκτρολύτη, διάλυμα θεικού οξέος σε νερό
5. Τους πόλους από μολύβδο. Οι πόλοι είναι τα σημεία σύνδεσης της μπαταρίας με τα φορτία.





**Εικόνα 16: Μια μπαταρία σε τομή**

Κατά την κανονική λειτουργία από χημική αντίδραση του θειικού οξέος με τα μολύβδινα στοιχεία παράγεται μικρή ποσότητα υδρογόνου και οξυγόνου. Αυτά τα δύο αέρια που παράγονται στον ένα πόλο της μπαταρίας απορροφούνται από τις χημικές αντιδράσεις του αντιθέτου πόλου. Εάν όμως κακομεταχειριζόμαστε την μπαταρία η ισορροπία αυτή χαλάει δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες αερίων η μπαταρία υποφέρει και λέμε τότε ότι η μπαταρία βράζει

## 2.2 Τύποι Μπαταριών

Οι μπαταρίες διαφέρουν ανάλογα για ποιο σκοπό είναι κατασκευασμένες. Έχουμε λοιπόν της μπαταρίες αυτοκινήτου, τις Marine, Κυκλικές κλπ

- Μπαταρίες αυτοκινήτου

Είναι κατασκευασμένες για να έχουν κύκλους φόρτισης εκφόρτισης κατά μέσο όρο 5% της ολικής φόρτισης. Υποφέρουν εάν αδειάσουν πολύ και για μεγάλο χρονικό

διάστημα, αλλά έχουν την δυνατότητα να παρέχουν υψηλά στιγμιαία ρεύματα για την εκκίνηση των κινητήρων και είναι αρκετά ελαφριές. Συνήθως αντέχουν μερικές δεκάδες (τυπικά 50) κύκλους φόρτισης εκφόρτισης σε 80%.

- Marine

Είναι μια μέση οδός μεταξύ των μπαταριών αυτοκινήτου και των Κυκλικών, έχουν σχεδιαστεί για κύκλους εκφόρτισης έως 50% και μπορούν να δώσουν υψηλά ρεύματα. Το κέλυφος είναι κατασκευασμένο ώστε να αντέχει την ταλαιπωρία της θάλασσας και ο ηλεκτρολύτης να μη διαφεύγει όταν η μπαταρία παίρνει μεγάλες κλίσεις.

- Κυκλικές

Είναι κατασκευασμένες για να παρέχουν ενέργεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ο μέσος ορός εκφόρτισης είναι 80% και αντέχουν από μερικές εκατοντάδες έως και 1000 κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης

- Μπαταρίες μόλυβδου κλασικές

Είναι εκείνες με τις τάπες που ξεβιδώνουν για να προσθέσουμε αποσταγμένο νερό. Οι τάπες έχουν μια μικρή τρύπα για τα αέρια που δημιουργούνται.

- Μπαταρίες χωρίς συντήρηση ή με μικρή συντήρηση

Είναι οι περισσότερο διαδεδομένες σήμερα. Δεν υπάρχουν οι τάπες με την τρύπα αν και με λίγη προσπάθεια μπορείς να ανοίξεις το στοιχείο να προσθέσεις νερό και να μετρήσεις την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη. Χάρης στο σύστημα κλεισίματος των στοιχείων αν αναποδογυρίσουν για μικρό χρονικό διάστημα δεν χάνουν τα υγρά.

- Μπαταρίες Στεγανές

Ο ηλεκτρολύτης είναι σε μορφή Τζελ και το κιβώτιο είναι τελείως στεγανό υπάρχει όμως μια βαλβίδα ασφαλείας για την περίπτωση που θα δημιουργηθούν πολλά αέρια. Αυτές οι μπαταρίες δεν πρέπει να ανοιχθούν ποτέ, δεν αντέχουν μεγάλες υπερφορτίσεις γιατί οι φυσαλίδες που δημιουργούνται παραμένουν μέσα και εμποδίζουν την επαφή του ηλεκτρολύτη με τις πλάκες με συνέπεια την μείωση της χωρητικότητας της μπαταρίας.

Συχνά προστίθενται διάφορες χημικές ουσίες ώστε να μετατρέπουν οι φυσαλίδες σε υγρό ώστε να ανέχονται σχετικά υπερφορτίσεις. Είναι πολύ ακριβές αλλά εάν τις μεταχειριζόμαστε καλά έχουν μεγαλύτερη

διάρκεια ζωής από τις κοινές μπαταρίες Εάν όμως δεν τις προσέξουμε κρατάνε λιγότερο.

### 2.3 Χαρακτηριστικά μεγέθη μπαταριών

Ας προσπαθήσουμε τώρα να καταλάβουμε τι σημαίνουν οι αριθμοί που αναγράφονται στις μπαταρίες

- **ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ:** είναι τα Volt που μπορούμε να μετρήσουμε στους πόλους με ένα βολτόμετρο και την μπαταρία χωρίς φορτία που καταναλώνουν ρεύμα.
- **ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ:** Είναι η ποσότητα της ενέργειας που η μπαταρία μπορεί να αποθηκεύσει μετριέται σε Ampere /Ωρα (Ah) σε εκφόρτιση 1 ώρας 5 ωρών, 10 ωρών ή 20 ωρών ανάλογα με τα στοιχεία που δίνει ο κατασκευαστής.
- **ΡΕΥΜΑ ΑΙΧΜΗΣ:** είναι το μέγιστο ρεύμα που η μπαταρία μπορεί να δώσει όταν είναι κρύα για περίπου 30 δευτερόλεπτα (συνήθως αναφερόμαστε σε 0°C ή -18°C στις χειρότερες συνθήκες Όσο η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη τόσο η μπαταρία είναι σε θέση να βάλει μπρος τον κινητήρα κάτω από δύσκολες συνθήκες.

### 2.4 Γιατί μια μπαταρία καταστρέφεται ή γερνάει

Εάν αφήσουμε μια μπαταρία για μεγάλο χρονικό διάστημα άδεια ή λίγο φορτισμένη τότε μια χημική αντίδραση στις πλάκες σχηματίζει οξειδία του μολύβδου κρυσταλλικά αδιάλυτα (είναι αυτή η άσπρη σκόνη που συχνά βλέπουμε στους πόλους των μπαταριών εάν δεν προσέχουμε να διατηρούνται καθαροί). Αυτή η ουσία γεμίζει σταδιακά την επιφάνια των μολύβδινων πλακών και εμποδίζει της χημικές αντιδράσεις που αποθηκεύουν ή προσφέρουν ενέργεια.

Λόγω της διαλυτότητας του μολύβδου στο νερό και άλλους παράγοντες (διάφορες ακαθαρσίες στο διάλυμα κλπ) η μπαταρία χάνει σιγά σιγά την αποθηκευμένη ενέργεια ώσπου αδειάζει τελείως. Η διαρροή μπορεί να είναι από 1% έως 10% τον μήνα ( 2-4% για μπαταρίες marine 10% για μπαταρίες αυτοκινήτου). Περισσότερο υποφέρουν οι μπαταρίες που χρησιμεύουν για την εκκίνηση κινητήρων αλλά το αυτόματο άδειασμα εξαρτάται από την θερμοκρασία πχ μια μπαταρία στους 38 βαθμούς σε ένα μήνα χάνει περίπου ένα 7% στους 27 βαθμούς 5% ενώ στους 10 βαθμούς μόνο 1% Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να φορτίζουμε την μπαταρία μια φορά τον μήνα όταν δεν την χρησιμοποιούμε ώστε να είναι φορτισμένη πάνω από το 80%.

Οι πλάκες του μολυβδου είναι κατασκευασμένες έχοντας σειρές από τετράγωνα εσοχές (κυψέλες) μέσα στις οποίες πρεσάρονται τα οξειδία του μολυβδου με αυτό τον τρόπο οι μπαταρίες γίνονται πιο ελαφριές αλλά και η επιφάνεια των πλακών με τον ηλεκτρολύτη μεγαλώνει και κατά συνέπεια και η χωρητικότητα. Το μειονέκτημα όμως είναι ότι όταν οι μπαταρίες κακομεταχειρίζονται τότε τα οξειδία ξεκολλούν και κάθονται στον πάτο προκαλώντας βραχυκύκλωμα μεταξύ των στοιχείων.

## 2.5 Έλεγχος και διάγνωση κατάστασης μπαταρίας

Το βραχυκύκλωμα ενός ή περισσοτέρων στοιχείων είναι εύκολο να το διαπιστώσουμε. Μετράμε με ένα βολτόμετρο την τάση στους πόλους χωρίς φορτίο και εάν πχ έχουμε ένα στοιχείο βραχυκυκλωμένο αντί για 12 V θα μετρήσουμε 10V εάν έχουμε δυο τότε θα μετρήσουμε 8V κλ. Η μπαταρία αυτή φυσικά είναι για πέταμα.

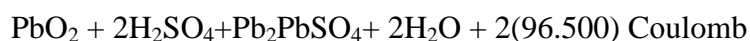
Τώρα στην περίπτωση διακοπής της συνέχειας των στοιχείων πάλι η διαπίστωση είναι εύκολη αφού στους πόλους θα έχουμε Τάση (0 Volt). Και στην περίπτωση αυτή η μπαταρία είναι για πέταμα.

Υπάρχουν όμως και ενδιαμέσες περιπτώσεις όπου οι μπαταρία μπορεί στην μέτρηση να μας δίνει 12 V αλλά κάτω από φορτίο να πέφτουν στα 10V (οι αιτίες που μπορεί να συμβεί αυτό είναι πολλές και δεν αξίζει να τις εξετάσουμε) στην περίπτωση αυτή μπορούμε να προσπαθήσουμε να σώσουμε για λίγο καιρό την μπαταρία φορτίζοντας την πάρα. Τώρα δεν ξέρω κατά πόσο μπορεί και αξίζει τον κόπο κάποιος να μπει σε αυτή την διαδικασία μιας και όπως ανέφερα παραπάνω η περαιτέρω ζωή της μπαταρίας θα είναι μικρή.

### 2.5.1 Φόρτιση

Ας δούμε τώρα τι γίνεται όταν βάζουμε να φορτισθεί μια μπαταρία:

Ενώνοντας τα καλώδια του φωτιστή στους πόλους της μπαταρίας αρχίζει η χημική αντίδραση



Θεωρείται κανονική φόρτιση μιας μπαταρίας όταν αυτή γίνεται προσφέροντας ρεύμα ίσο με το 1/10 της χωρητικότητας της για 12 ώρες προσέχοντας η τάση που εφαρμόζουμε να είναι ανάλογη με τον τύπο της στην θερμοκρασία των 20 βαθμών.

- Για την Κλασική μπαταρία 13,4 έως 13,8 Volt
- Για την Μπαταρία Τζέλ 13,8 έως 14,1 Volt

Παράδειγμα:

Στην κλασικού τύπου μπαταρία μας με χωρητικότητα 175 A/h με ασφάλεια μπορούμε να την φορτίσουμε με 18 A για 12 ώρες  $18 \times 12 = 216$  A/h η διαφορά των 41 A/h οφείλεται στο ότι η απόδοση της μπαταρίας δεν είναι 100% άρα ένα ποσό ενέργειας γίνεται θερμότητα .

Η τιμή του ρεύματος επιλέχθηκε (18 A) είναι ότι καλύτερο ώστε η μπαταρία να φορτισθεί γρήγορα αλλά και με ασφάλεια.

Εάν όμως έχουμε στην διάθεση μας χρόνο μπορούμε να λιγοστέψουμε το ρεύμα φόρτισης και να αυξήσουμε τον χρόνο πχ 8-10 A για 24-30 ώρες, χωρίς όμως να περάσουμε τις 48 ώρες.

Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι τόσο η Τάση φόρτισης όσο και το σωστό ρεύμα είναι βασικά για την ζωή της μπαταρίας μας. Τώρα ενώ όλες οι καινούργιες μηχανές διαθέτουν σταθεροποιητές Τάσης δεν θα πρέπει να ξεχνάμε να ελέγχουμε το βολτόμετρο του σκάφους τόσο όταν ο κινητήρας είναι σβηστός ώστε να δείχνει περίπου 16,5 Volt όσο και στις υψηλές στροφές να μη είναι περισσότερο των 14,5 -15 Volt.

## **2.5.2 Πως θα διαπιστώσουμε πόσο γεμάτη είναι η μπαταρία μας**

Υπάρχουν δυο έμμεσοι τρόποι για να γνωρίσουμε την κατάσταση φόρτισης μιας μπαταρίας

Ο πρώτος μετρώντας την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη με ένα όργανο το πυκνόμετρο το οποίο είναι αρκετά φθηνό και ο δεύτερος μετρώντας την τάση στους πόλους. Για την μέτρηση της πυκνότητας στους 270 C ακολουθούμε τον παρακάτω πίνακα

Πυκνότητα 1,265 – φόρτιση 100%

Πυκνότητα 1,225 – φόρτιση 75%

Πυκνότητα 1,190 – φόρτιση 50%

Πυκνότητα 1,155 – φόρτιση 25%

Πυκνότητα 1,120 – φόρτιση τελείως άδεια

Καλό είναι να μετράμε την πυκνότητα όλων των στοιχείων ώστε να είμαστε σίγουροι ότι όλα είναι το ίδιο φορτισμένα. Εάν η πρόσβαση στην μπαταρία δεν είναι εύκολη ώστε να μετρήσουμε την πυκνότητα του ηλεκτρολύτη στα στοιχεία τότε μπορούμε να υπολογίσουμε την κατάσταση μετρώντας την τάση χωρίς φορτία με ένα ηλεκτρονικό βολτόμετρο ακριβείας

Φόρτιση 100% 12,6 V

Φόρτιση 75% 12,4 V

Φόρτιση 50% 12,2 V

Φόρτιση 25% 12,0 V

Φόρτιση 0 11,8 V

Εάν λοιπόν η τάση πέσει κάτω από 1,96 V στο στοιχείο η για μια μπαταρία των 12 V κάτω από 11,8 V σημαίνει ότι η μπαταρία είναι άδεια.

### 2.5.3 Καλή χρήση της μπαταρίας

Να δούμε τώρα πως πρέπει να μεταχειριζόμαστε με τον καλύτερο τρόπο την μπαταρία μας

- Να μη την αφήνουμε να αδειάσει τελείως(Τάση κάτω από 10,6 Volt) γιατί τότε δημιουργούνται καταστρεπτικές χημικές αντιδράσεις μη αναστρέψιμες
- Να μη την υπερφορτίζουμε ή να την φορτίζουμε πολύ γρήγορα
- Να μη της ζητάμε ποτέ πάρα πολύ ρεύμα εκτός από αυτό της εκκίνησης (ο τρόπος δοκιμής της μπαταρίας βραχυκυκλώνοντας με ένα καλώδιο τους πόλους είναι καταστροφή)
- Να μη μένει παραπάνω από ένα μήνα χωρίς να φορτισθεί
- Να μη μένει χωρίς ηλεκτρολύτη Θα πρέπει να ελέγχουμε συχνά την στάθμη του ηλεκτρολύτη ώστε να είναι οι πλάκες πάντα σκεπασμένες.
- Να βρίσκεται σε στεγνό και καθαρό μέρος παρότι το κέλυφος των μπαταριών είναι κατασκευασμένο από μονωτικό υλικό έχει παρατηρηθεί ότι όταν είναι σε νερό ή σε λάδια γράσα κλπ υπάρχει διαρροή ρεύματος

## 2.6 Σύνδεση περισσότερων Μπαταριών

Οι μπαταρίες θεωρητικά μπορούν να συνδεθούν σε σειρά και να αυξηθεί η τελική Τάση πχ δυο μπαταρίες 12 V σε σειρά θα δώσουν 24 V. Αυτή η σύνδεση μπορεί να γίνει χωρίς κανένα κίνδυνο αλλά στην περίπτωση των φουσκωτών είναι άχρηστη αφού όλα τα όργανα λειτουργούν με 12 V. Εάν συνδέσουμε δύο οι περισσότερες μπαταρίες παράλληλα τότε ενώ η Τάση παραμένει αμετάβλητη. Θεωρητικά αυξάνεται η χωρητικότητα του συστήματος, δηλαδή εάν συνδέσουμε δυο μπαταρίες 12 V και χωρητικότητα 120 A/h τότε θα έχουμε Τάση πάντα 12V αλλά η χωρητικότητα θα γίνει 240 A/h.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Μια τέτοια σύνδεση δεν πρέπει να την κάνουμε ποτέ γιατί.

A) Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δυο μπαταρίες διαφορετικής χωρητικότητας. Μόλις γίνει η ένωση και μάλιστα οι μπαταρίες είναι κοντά η μια στην άλλη και με καλά καλώδια τότε αυτόματα θα περάσει μια πολύ μεγάλη ποσότητα ρεύματος από την μια μπαταρία στην άλλη για να έλθει η ισορροπία και αυτό είναι καταστροφή για τις πλάκες της μπαταρίας.

B) Στην περίπτωση που και οι δύο μπαταρίες είναι ακριβώς ίδιες ακόμα και ίδια μάρκα, πάλι είναι πολύ επικίνδυνη η παράλληλη σύνδεση γιατί είναι αδύνατο οι δυο μπαταρίες να είναι ακριβώς το ίδιο φορτισμένες, έτσι λοιπόν κατά την στιγμή της σύνδεσης πάλι θα έχουμε μια καταστροφική μεταφορά υψηλού ρεύματος από την μια στην άλλη.

## 2.7 Φορτιστές

Απλοί φορτιστές οι οποίοι αποτελούνται από ένα μετασχηματιστή και μια γέφυρα ανόρθωσης είναι οι πιο οικονομικοί αλλά χρησιμεύουν μόνο για περιστασιακές φορτίσεις κάτω από έλεγχο γιατί δεν έχουν σταθεροποιημένη ούτε την τάση αλλά ούτε και την ένταση του ρεύματος. Μόνο ορισμένοι διαθέτουν θερμική ασφάλεια η οποία διακόπτει το κύκλωμα σε περίπτωση υπερθέρμανσης.

Ορισμένοι λίγο καλύτεροι διαθέτουν δυο σκάλες φόρτισης, χαμηλό και υψηλό ρεύμα καθώς και αμπερόμετρο.

- **Αυτόματοι φορτιστές**

Αυτός ο τύπος των φορτιστών διακόπτει την λειτουργία του αυτόματα όταν η μπαταρία έχει φορτισθεί και η τάση είναι περίπου στα 14 Volt.

- Φορτιστές αυτόματοι με διατήρηση τάσης

Είναι ο καλύτερος συνδυασμός τιμής και λειτουργίας. Διατηρούν σταθερή την τάση στην τιμή συντήρησης δηλαδή 13,6 V και δίνουν τόσο ρεύμα όσο ζητά η μπαταρία έως την πλήρη φόρτιση της. Αυτό σημαίνει ότι στην αρχή με την μπαταρία άδεια το ρεύμα είναι αρκετά υψηλό και σιγά σιγά όταν η φόρτιση προχωρά λιγοστεύει. Το καλό με αυτούς τους φορτιστές είναι ότι μπορούμε να τους έχουμε συνέχεια στην μπαταρία και να την διατηρεί συνέχεια φορτισμένη χωρίς πρόβλημα.

- Φορτιστές αυτόματοι ελεγχόμενοι από μικροεπεξεργαστή

Είναι φυσικά οι φυσικά οι καλλίτεροι και οι πιο ακριβοί. Είναι έτσι προγραμματισμένοι ώστε να παρέχουν το απαιτούμενο ρεύμα στην σωστή Τάση όσο προχωρά η φόρτιση, να φορτίζουν την μπαταρία 100% και να την διατηρούν φορτισμένη παρέχοντας το απαιτούμενο ρεύμα με Τάση 13,6 Volt.

## 2.8 Πρακτικός έλεγχος κατάστασης Μπαταριών

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να ελέγξουμε την κατάσταση της μπαταρίας μας. Εδώ θα αναφέρω μόνο έναν αρκετά εύκολο τρόπο γιατί διαφορετικά θα χρειαστούμε όργανα ακριβείας όπως πχ ψηφιακό Βολτόμετρο και Αμπερόμετρο.

Για την μέτρηση χρειαζόμαστε δύο ηλεκτρόδια συνδεδεμένα σε ένα βολτόμετρο και μια αντίσταση σύρματος χαμηλής Ωμικής τιμής πχ 1,5 Ω αλλά τουλάχιστον 100 Watt. Αφήνουμε να περάσει ρεύμα δια μέσου της αντίστασης για λίγο χρόνο και μετράμε την τάση στους πόλους. Εάν παρατηρήσουμε ότι η πτώση τάσης κάτω από αυτό το φορτίο είναι μικρή σημαίνει ότι η μπαταρία μας είναι σε καλή κατάσταση, διαφορετικά χρειάζεται αλλαγή. Όπως διαπιστώσατε η μέθοδος είναι εμπειρική αλλά νομίζω ότι είναι η μόνη την οποία μπορεί να πραγματοποιήσει ένας ερασιτέχνης.

## 2.9 Πως φορτίζονται τα δευτερογενή στοιχεία;

Για να φορτίσεις ένα συσσωρευτή πρέπει να τον συνδέσεις με μία ηλεκτρική πηγή για κάποια χρονική περίοδο. Ο θετικός πόλος της πηγής συνδέεται με τον θετικό πόλο της μπαταρίας και ο αρνητικός με τον αρνητικό, ώστε να περάσει ρεύμα αντίθετα απ' ότι στην φάση



της εκφόρτισης - λειτουργίας. Για να περάσει το ρεύμα πρέπει η τάση της πηγής να είναι λίγο μεγαλύτερη από την τάση της φορτιζόμενης μπαταρίας. Αλλιώς, είτε δεν θα ξεκινήσει η φόρτιση, είτε αυτή θα είναι ατελής. Δεδομένου ότι η τάση κάθε στοιχείου Ni-Cd ανέρχεται στα 1,6 V στο τέλος της φόρτισης, χρειάζεται μία πηγή με τουλάχιστον 1,1 Volt περισσότερο από το σύνολο της τάσης που θα φθάσει η φορτιζόμενη μπαταρία.

### Παράδειγμα:

<b>Για να φορτίσεις στοιχεία Ni-Cd (1,2V):</b>	4 στοιχεία	5 στοιχεία	6 στοιχεία	7 στοιχεία	8 στοιχεία
<b>Χρειάζεται τάση τουλάχιστον:</b>	7,5 Volts	9,1 Volts	10,7 Volts	12,3 Volts	13,9 Volts

## 2.10 Παραλλαγές του τρόπου φόρτισης

Κατ' αρχή το ρεύμα της φόρτισης πρέπει να είναι DC (συνεχές). Δεν γίνεται φόρτιση με ρεύμα AC (εναλλασσόμενο). Υπάρχουν όμως πολλοί τρόποι για να φορτίσεις με συνεχές ρεύμα ένα συσσωρευτή.

- **με σταθερή τάση - φθίνουσα ένταση:** Είναι ο κλασικός τρόπος για τους συσσωρευτές μολύβδου. Η φόρτιση αρχίζει με μεγάλη ένταση και στο τέλος καταλήγει σε πολύ μικρό ρεύμα και διακόπτεται αυτόματα.
- **με σταθερή ένταση:** Είναι ο κλασικός τρόπος για τους συσσωρευτές Ni-Cd και NiMH. Η ένταση διατηρείται σταθερή σε όλη την διάρκεια της φόρτισης, ή σχεδόν σταθερή ανάλογα με την ποιότητα του φορτωτή.
- **με σταθερή τάση και ελεγχόμενη ως προς το μέγιστο ένταση:** Είναι μία παραλλαγή της πρώτης περίπτωσης, και υιοθετείται για τη φόρτιση μπαταριών Λιθίου.
- **με μεταβαλλόμενη τάση - μεταβαλλόμενη ένταση:** Είναι ένας αποδοτικός τρόπος για να φορτιστούν γρήγορα μπαταρίες Ni-Cd. Στην αρχή που η μπαταρία είναι ξεφόρτιστη, η φόρτιση ξεκινάει με μεγάλη ένταση, και σταδιακά στο τέλος καταλήγει να την φορτίζει με μικρή ένταση.

- **με σταθερή ένταση σε δόσεις:** Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για να συντηρούμε το φορτίο μιάς ήδη φορτισμένης μπαταρίας (trickle charging).
- **με παλμούς:** Είναι μία παραλλαγή της μεθόδου με σταθερή ένταση. Σ' αυτή το ρεύμα περνάει με παλμούς, δηλαδή σαν να ανοιγοκλείνει ένας διακόπτης on-off πολύ γρήγορα.
- **με την μέθοδο "reflex":** Ο όρος "reflex" σημαίνει ότι ο φορτιστής παρέχει μία σειρά θετικών παλμών στους οποίους παρεμβάλλει, κάθε τόσο, και ένα αρνητικό παλμό. Το μάρκετινγκ λέει ότι ο συνδυασμός θετικών και αρνητικών παλμών, δυαλύει τις φυσσαλίδες που κάθονται στα ηλεκτρόδια. Αλλά φυσσαλίδες δημιουργούνται μόνο σε στοιχεία με υγρό ηλεκτρολύτη. Τα στοιχεία Ni-Cd και Ni-MH που συναντάμε στον αερομοντελισμό δεν έχουν υγρό ηλεκτρολύτη. Επομένως η μέθοδος reflex δεν προσφέρει κάτι, αλλά ούτε και βλάπτει αυτά τα στοιχεία.

## 2.11 Οι παράγοντες "ένταση" και "χρόνος"

Οι δύο βασικοί παράγοντες της φόρτισης είναι η **ένταση** του ρεύματος και ο **χρόνος**. Ένας συσσωρευτής μπορεί θεωρητικά να φορτιστεί αργά με μικρή ένταση, ή γρήγορα με μεγάλη ένταση. Στην συνέχεια θα δούμε τους τρεις γνωστούς συνδυασμούς: την **κλασσική** φόρτιση, την **γρήγορη** φόρτιση και την **ταχεία ή υπερταχεία** φόρτιση.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Η γρήγορη και ταχεία/υπερταχεία φόρτιση δεν είναι κατάλληλες για όλους τους τύπους των συσσωρευτών, ή για κάθε μέγεθος μπαταρίας, ή για κάθε φορά που γίνεται σ' αυτά φόρτιση, ή με φορτιστή που δεν είναι κατάλληλος γι' αυτή την φόρτιση.

### 2.11.1 Η "κλασσική" φόρτιση (C/10 rate charge)

Γίνεται με ένταση ίση με το ένα δέκατο της ονομαστικής τιμής της χωρητικότητας "C". Δηλαδή την μπαταρία των **500** mAh την φορτίζουμε με ένταση **50** mA, την μπαταρία των **800** mAh με ένταση **80** mA κ.ο.κ. Τις περισσότερες φορές το ρεύμα της κλασσικής φόρτισης θα το δείξ γραμμένο ως **C/10** ή **0,1C**. Όταν η μπαταρία είναι εντελώς αφορτιστη, ο χρόνος για την κλασσική φόρτιση είναι 14-16 ώρες. Επειδή συνήθως βάζουμε να φορτίσουν το βράδυ πριν πάμε για πτήση, την κλασσική φόρτιση την λέμε και "**ολονύκτια**" φόρτιση (overnight charge). Αλλά γιατί θέλει

14-16 ώρες; Αφού την φορτίζουμε με C/10 κανονικά σε 10 ώρες θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η επανάκτηση της χωρητικότητάς της (10X10=100). Από την ενέργεια που παρέχει ο φορτιστής μόνο το 60% μένει στον συσσωρευτή. Το υπόλοιπο μετατρέπεται σε θερμότητα και χάνεται. Γι' αυτό είναι αναγκαία η επιμήκυνση του χρόνου φόρτισης κατά 40-60%.

### 2.11.2 Η "γρήγορη" φόρτιση (Quick charge)

**Γρήγορη** καλείται η φόρτιση με ρεύμα διπλάσιο (C/5) έως και πενταπλάσιο (C/2), του ρεύματος της κλασσικής φόρτισης. Οι συσσωρευτές Ni-Cd και Ni-MH μπορούν να δεχθούν γρήγορη φόρτιση με την προϋπόθεση ότι θα τηρηθούν οι αναλογούντες χρόνοι. Δηλαδή ένα συσσωρευτή 500 mAh μπορούμε να τον φορτίσουμε με ρεύμα 100 - 250 mA αλλά πάντα μειώνοντας αναλογικά τον χρόνο.

**Πρόβλημα:** Αν για μία 500άρα η κλασσική φόρτιση γίνεται με 50 mA \* 14 ώρες, πόσος χρόνος χρειάζεται για να φορτιστεί με 100 mA (δηλαδή με C/5);

**Λύση:**  $50\text{mA} * 14 \text{ ώρες} / 100 \text{ mA} = 7 \text{ ώρες}$  (αν στην αρχή είναι τελείως αφόρτιστος)

#### **Αντίστοιχα:**

- για φόρτιση με ένταση 170 mA (δηλαδή με C/3) ο χρόνος θα είναι 4,7 ώρες (αν στην αρχή είναι τελείως αφόρτιστος),
- για φόρτιση με ένταση 250mA (δηλαδή με C/2) ο χρόνος θα είναι 2,8 ώρες (αν στην αρχή είναι τελείως αφόρτιστος)

Οι ανωτέρω χρόνοι πρέπει να μειωθούν αναλογικά, αν ο συσσωρευτής την στιγμή που αρχίζει "γρήγορη φόρτιση" έχει ήδη ένα ποσοστό της ενέργειάς του (δεν είναι τελείως ξεφόρτιστος). **Οι χρόνοι της γρήγορης φόρτισης δεν πρέπει να παρατείνονται.** Υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος, εκτός βέβαια από την ταχύτατη καταστροφή των στοιχείων. Στην γρήγορη φόρτιση δεν υπάρχει άλλη μέθοδος για αυτόματη διακοπή της πλην της παρεμβολής χρονοδιακόπτη. Δεν λειτουργούν τα peak detectors.

### 2.11.3 Η "ταχεία" ή "υπερταχεία" φόρτιση (Fast charge)

**Ταχεία** φόρτιση (λέγεται και **υπερταχεία**) είναι κάθε ρυθμός που φορτίζει την μπαταρία **σε μία ώρα ή συντομότερα**. Αυτό

επιτυγχάνεται με εντάσεις από C έως 3C, δηλαδή από 10 έως 30 φορές μεγαλύτερες από ότι στην κλασσική φόρτιση.

- Για να αντέξει ένας συσσωρευτής την υπερταχεία φόρτιση πρέπει να είναι κατασκευασμένος ειδικά γι' αυτή την μεταχείριση και να φέρει την ανάλογη ένδειξη.
- Η υπερταχεία φόρτιση επιτρέπεται μόνο αν ο φορτιστής έχει την δυνατότητα να ανιχνεύσει το τέλος της και να την τερματίσει αυτόματα.

Ο κυριώτερος τρόπος τερματισμού της φόρτισης είναι η **ανίχνευση της μεταβολής της τάσης** της μπαταρίας. Καθώς η μπαταρία φθάνει στο τέλος της φόρτισής της η τάση κάθε στοιχείου αυξάνει λίγο, και μετά από λίγο μειώνεται. Στο γράφημα αυτό φαίνεται σαν το επάνω μέρος του γράμματος "Δ" γι' αυτό και λέγεται "κορυφή Δ" (delta peak) Ο κατάλληλος φορτιστής έχει ανιχνευτή της "κορυφής Δ" (delta peak detector) και την στιγμή που μειώνεται η τάση (μετά την προηγούμενη άνοδο) διακόπτει την φόρτιση.

Ο δεύτερος επικουρικός τρόπος διακοπής της ταχείας φόρτισης είναι η **ανίχνευση της ανόδου της θερμοκρασίας** της μπαταρίας με ένα αισθητήρα που έρχεται σε επαφή με ένα στοιχείο (μπαίνει σε μία τρύπα του μονωτικού περιβλήματος της μπαταρίας). Την στιγμή που φθάνει η τάση στην κορυφή Δ, η μπαταρία έχει ήδη φορτιστεί. Κάθε επι πλέον παροχή ενέργειας σ' αυτή θα μετατραπεί σε θερμότητα. Η αύξηση της θερμοκρασίας αρχίζει από το κέντρο του στοιχείου, δηλαδή όταν θα γίνει αισθητή η αύξηση στο περίβλημά του, θα έχει ήδη περάσει κρίσιμος χρόνος, αλλά "κάλλιο αργά παρά ποτέ".

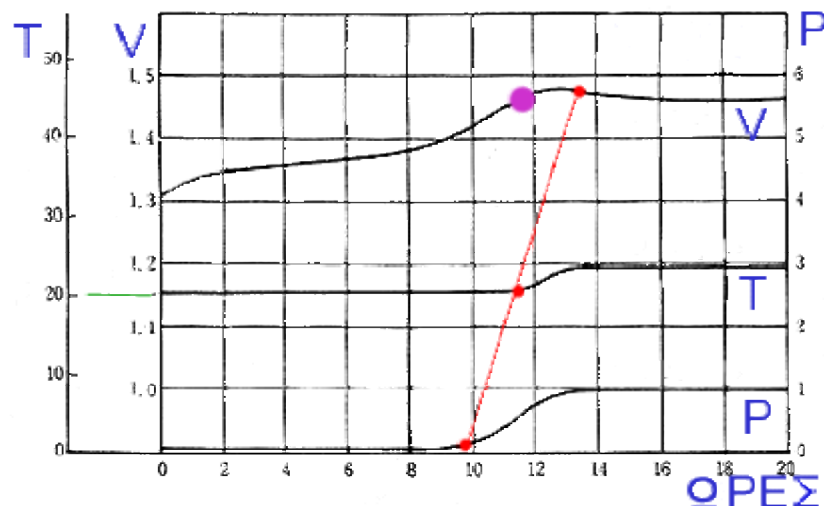
Ο τρίτος, επίσης επικουρικός, τρόπος διακοπής της φόρτισης (δεν αφορά μόνο την ταχεία φόρτιση) είναι **ένας χρονοδιακόπτης**, εξωτερικός ή σε κύκλωμα του φορτιστή. Αν ξέρεις πόσο χρόνο χρειάζεται για να φορτίσει η μπαταρία σου, ρυθμίζεις αντίστοιχα και τον χρονοδιακόπτη. Αυτό δεν είναι εφικτό αν η μπαταρία ξεκινάει την ταχεία φόρτιση με μέρος του φορτίου της, γιατί ποτέ δεν θα ξέρεις πόσο είναι αυτό για να προγραμματίσεις και τον χρονοδιακόπτη. Ομως ρύθμισε τον χρονοδιακόπτη με διάρκεια λίγα λεπτά περισσότερο από την αναμενόμενη λήξη της φόρτισης, ώστε αν οι άλλοι δύο ανιχνευτές αστοχήσουν η φόρτιση να σταματήσει τουλάχιστον με αυτόν τον τρόπο.

Σε καμμία περίπτωση δεν πρέπει να συνεχιστεί η φόρτιση πέρα από τα ενδεικτικά σημεία, (μεταβολή της τάσης ή αύξηση θερμοκρασίας ή χρόνος όποιο από τα τρία επέλθει συντομότερα) γιατί υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος.

**Τι να προσέξεις:**

- Πριν αρχίσει η ταχεία φόρτιση ο συσσωρευτής πρέπει να είναι ξεφορτιστος, και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Στην διάρκεια της ταχείας φόρτισης ο συσσωρευτής πρέπει να αερίζεται στο περιβάλλον, όχι κλεισμένος μέσα στην άτρακτο του μοντέλου.
- Να επιτηρείς την πορεία της φόρτισης ακουμπώντας συχνά το χέρι σου στην μπαταρία για να αισθανθείς την αλλαγή της θερμοκρασίας της. Αν δεν μπορείς να πιστοποιήσεις κάποια αλλαγή της θερμοκρασία τους η φόρτιση δεν έχει τελειώσει. Όταν οι μπαταρίες είναι χλιαρές στην αφή η φόρτιση έχει τελειώσει. Αν είναι τόσο θερμές που να ενοχλεί την αφή, έχουν υπερφορτιστεί.

Στο σχήμα φαίνονται οι μεταβολές της τάσης, της θερμοκρασίας και της πίεσης σε ένα στοιχείο Ni-Cd συναρτήσει του χρόνου φόρτισης. Πρώτα αρχίζει να αυξάνει η πίεση, μετά η θερμοκρασία και πολύ μετά ολοκληρώνεται η αυξομείωση της τάσης ώστε να κόψει ο



φορτιστής..

**Εικόνα 17: Μεταβολές της τάσης, της θερμοκρασίας και της πίεσης σε ένα στοιχείο Ni-Cd συναρτήσει του χρόνου φόρτισης**

## 2.12 Γιατί να χρειαστεί να φορτίσω τις μπαταρίες μου πιο γρήγορα;

### 2.12.1 Μπαταρίες πομπού και δέκτη

Ενα ωραίο πρωινό αποφασίζεις να πας να πετάξεις σε λίγες ώρες, αλλά δεν έχεις φορτίσει τις μπαταρίες του συστήματος, ή θέλεις να πετάξεις περισσότερες πτήσεις απ' ότι μπορεί να αποδώσουν με μία φόρτιση.

Πολλά από τα μοντέρνα συστήματα έχουν μπαταρίες που μπορούν να αντέξουν υπερταχεία φόρτιση μέχρι και ρεύμα C. (π.χ. αν είναι 600σάρες με ρεύμα 600 mA). Αν οι μπαταρίες σου δεν έχουν αυτή την δυνατότητα, περιορίσου στην γρήγορη φόρτιση με ρεύμα έως και C/3 (π.χ. αν είναι 600σάρες με ρεύμα 200mA).

Για λόγους που δεν θα εξηγήσουμε εδώ, δεν πρέπει να υπερβείς το όριο της πλήρους φόρτισης. Η καλύτερη στρατηγική σ' αυτή την περίπτωση είναι να **μη στοχεύσεις σε πλήρη φόρτιση**.

Ο σκοπός είναι να μπορέσεις να πετάξεις μερικές ακόμα πτήσεις. Σ' αυτή την περίπτωση η ανάκτηση του 80% της συνολικής χωρητικότητας είναι αρκετή, και επιπροσθέτως δεν επιβαρύνει την μπαταρία με υψηλή θερμοκρασία. Αν μετά από λίγες πτήσεις θέλεις να συνεχίσεις, φόρτισέ την ξανά έως το 80%. Για να υπολογίσεις με σχετική ακρίβεια αυτό τον στόχο πρέπει να γνωρίζεις επακριβώς την δυναμικότητα των μπαταριών σου, και να σημειώνεις τις πτήσεις που έκανες και θα κάνεις μετά από κάθε φόρτιση.

### **2.12.2 Μπαταρίες ηλεκτροκινητήρων**

Η "υπερταχεία φόρτιση" είναι κανόνας για τους συσσωρευτές τροφοδοσίας ηλεκτροκινητήρων. Με το κατάλληλο ρεύμα μπορείς να τους φορτίσεις σε 20-60 λεπτά, σαν να ξαναγεμίζεις την δεξαμενή με καύσιμο για την επόμενη πτήση.

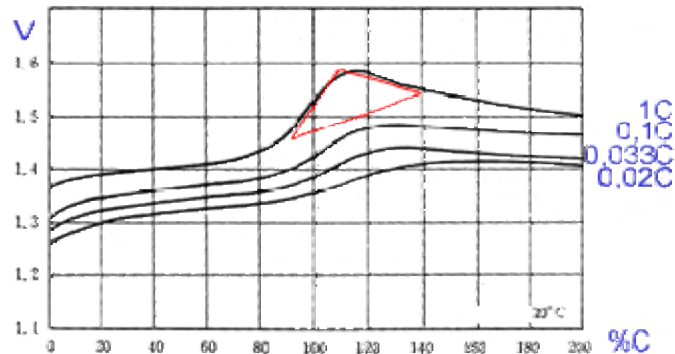
Οι μπαταρίες που προορίζονται για τροφοδοσία ηλεκτροκινητήρων (άρα για ταχεία εκφόρτιση) όχι μόνο είναι κατάλληλες και για υπερταχεία φόρτιση, αλλά και αποδίδουν πολύ καλύτερα αν ταχυφορτίζονται.

Ο συνδυασμός του αριθμού των στοιχείων τους, και της μεγάλης έντασης δίνει σαφή ένδειξη στον ειδικό φορτωτή για τον αυτόματο τερματισμό της φόρτισης. Παρ' όλα αυτά εσύ πρέπει να παρακολουθείς και την αύξηση της θερμοκρασίας τους με την αφή.

Τους ταχυφόρτιστους συσσωρευτές μετά από 6-7 ταχείες φορτίσεις, πρέπει να τους φορτίζεις μία φορά με κλασική φόρτιση (ρεύμα C/10) για να ισορροπήσουν τα στοιχεία.

### 2.12.3 Πότε μπορεί να αστοχήσει ο ανιχνευτής της "κορυφής" και να μην σταματήσει την φόρτιση;

- Όταν η φόρτιση γίνεται με μικρότερη ένταση από C. Η μεταβολή της τάσης είναι τόσο μικρή που δεν γίνεται αισθητή από τον φορτιστή.



**Εικόνα 18:Καμπύλες φόρτισης ενός στοιχείου.**

Όταν το στοιχείο φορτίζεται με 1C εμφανίζεται καμπύλη Δ. Όσο χαμηλότερο είναι το ρεύμα φόρτισης, τόσο πιο μικρή είναι η μεταβολή της τάσης V και ο φορτιστής δεν μπορεί να την αναγνωρίσει. Το σχήμα επίσης δείχνει την διαφοροποίηση της τάσης αν η φόρτιση παραταθεί έως το διπλάσιο του απαιτούμενου αρχικά χρόνου.

- Όταν τα στοιχεία της μπαταρίας δεν είναι ισορροπημένα. Την στιγμή που στα πιο φορτισμένα στοιχεία η τάση θα μειώνεται στα άλλα η τάση θα αυξάνει, και το αλγεβρικό τους άθροισμα θα είναι μηδέν, ή πολύ μικρό για να γίνει αισθητό.
- Όταν στο κύκλωμα παρεμβάλλεται μία δίοδος. Η αντίσταση αυξάνει και η τάση που διαβάσει ο ανιχνευτής είναι μικρότερη από την ευαισθησία του.
- Όταν τα στοιχεία της μπαταρίας είναι λιγότερα από 8. Το άθροισμα της μεταβολής των τάσεων είναι μικρότερο από την ευαισθησία του ανιχνευτή.
- Όταν οι μπαταρίες είναι Ni-MH και το πρόγραμμα της φόρτισης είναι για Ni-Cd. Οι Ni-MH δεν δίνουν κορυφή "Δ" στο τέλος της φόρτισής τους όπως οι Ni-Cd. Η μεταβολή της τάσης στο τέλος της φόρτισης είναι μικρότερη και χρειάζεται ένας σύνθετος αλγόριθμος για να αντιληφθεί ο φορτωτής την κορυφή του τέλους της φόρτισης. Αν φορτίσεις Ni-MH με φορτωτή για Ni-Cd το πιο πιθανό είναι να μην αντιληφθεί το τέλος της φόρτισης και να συνεχίσει υπερφορτίζοντας δραματικά τα στοιχεία και μειώνοντας την ζωή τους (αν και υπάρχουν εξαιρέσεις)

#### **2.12.4 Πότε μπορεί να κόψει νωρίτερα ο ανιχνευτής της "κορυφής";**

- Όταν οι μπαταρία έχει μεγάλη εσωτερική αντίσταση (εν γένει δεν είναι κατάλληλη για ταχυφόρτιση) ή είναι παλιά, ή έχει "μνήμη", δηλαδή έχει αυξηθεί η εσωτερική της αντίσταση με τον χρόνο. Η φόρτιση ολοκληρώνεται νωρίτερα στα εξωτερικά σημεία των στοιχείων, ανεβαίνει η τάση και ο ανιχνευτής διαβάζει ότι "φόρτισε".
- Επίσης μπορεί να κόψει πρόωρα σε διάφορες μπαταρίες του τύπου Ni-MH, λόγω της ευαισθησίας στην αύξηση της τάσης τους, οπότε επιλέγεται πρόγραμμα με καθυστέρηση στην ενεργοποίηση του ανιχνευτή "κορυφής". Σ' αυτή την περίπτωση αν κατά λάθος βάλεις να φορτίσει μία ήδη φορτισμένη μπαταρία Ni-MH ή Ni-Cd, αυτή θα υπερφορτιστεί αφού ο ανιχνευτής θα αργήσει να ενεργοποιηθεί.

#### **2.12.5 Πότε μπορεί να αστοχήσει ο ανιχνευτής θερμοκρασίας και να μην σταματήσει έγκαιρα την φόρτιση;**

- Όταν τα στοιχεία μπαίνουν σε φόρτιση ενώ είναι ήδη φορτισμένα
- Όταν το περίβλημα της μπαταρίας ή των στοιχείων είναι παχύ και αργεί η διάχυση της θερμότητας προς τα έξω

#### **2.12.6 Πότε μπορεί να κόψει νωρίτερα ο ανιχνευτής θερμοκρασίας;**

- Όταν η μπαταρία με τον αισθητήρα είναι εκτεθειμένη απ' ευθείας στον ήλιο
- Όταν τα στοιχεία είναι ήδη ζεστά
- Αν βάλεις την μπαταρία της τροφοδοσίας του μοτέρ σε φόρτιση αμέσως μετά την προσγείωση. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό των στοιχείων από την γρήγορη εκφόρτιση, θα γίνει αισθητή στην επιφάνειά τους μετά από 10 λεπτά.

#### **2.12.7 Η διατήρηση του φορτίου (Trickle charge)**

Πριν λίγα χρόνια οι "καλοί φορτιστές της εποχής" όταν ολοκλήρωναν την κανονική φόρτιση, άλλαζαν ρυθμό (αυτόματα ή χειροκίνητα), και



συνέχιζαν να παρέχουν στην μπαταρία χαμηλό συνεχές ρεύμα C/100-C/50 (δηλαδή για μία μπαταρία 500 mAh ρεύμα 5-10 mA).

Στόχος αυτής της χαμηλής φόρτισης ήταν η αντιστάθμιση του ρυθμού αποφόρτισης κατά την αποθήκευση, ώστε οι μπαταρίες να βρίσκονται πάντα φορτισμένες, και όταν μας έρθει η διάθεση για πτήση να τις πάρουμε και να πάμε χωρίς καθυστέρηση στο μοντελοδρόμιο. Αυτό δεν επιβαρύνει την ζωή της μπαταρίας αν γίνεται για μικρό διάστημα π.χ. για μερικές ημέρες μία φορά τον μήνα. Όμως μακρόχρονη παραμονή στο ρεύμα συντήρησης, επιβαρύνει την ζωή της μπαταρίας.

### **2.12.8 Εναλλακτικές μέθοδοι διατήρησης του φορτίου**

Υπάρχουν εναλλακτικά οι εξής μέθοδοι για να διατηρηθεί μία φορτισμένη μπαταρία με πλήρη χωρητικότητα στην αποθήκευση.

- Να της δίνουμε κανονικό ρεύμα C/10 "σε μικρές δόσεις". Για παράδειγμα η 500σάρα να δέχεται ρεύμα 50mA για 1 δευτερόλεπτο, να διακόπτεται για 9 δευτερόλεπτα, κ.ο.κ.
- Να αναπληρώνουμε την χαμένη ενέργεια μία φορά ημερησίως. Γι'αυτό αρκεί ο κανονικός φορτιστής, που θα ελέγχεται από ένα χρονοδιακόπτη ακριβείας, ώστε να ανοίγει για 15-30 λεπτά μία φορά κάθε ημέρα.

Επισημαίνουμε καμμία από τις προαναφερθείσες μεθόδους συντήρησης δεν μπορεί να φορτίσει μία αφόρτιστη μπαταρία όσο χρόνο και αν επιμείνουμε. Η αποστολή τους είναι μόνο να διατηρήσουν το φορτίο μιάς ήδη φορτισμένης μπαταρίας.

### **2.12.9 Πως γίνεται η πρώτη φόρτιση στην ζωή της μπαταρίας;**

Μία καινούργια (αμεταχειρίστη) μπαταρία Ni-Cd ή Ni-MH θέλει "στρώσιμο". Την πρώτη φορά την φορτίζουμε για 20-24 ώρες με ρεύμα C/10, την οποία ακολουθεί μία ήπια εκφόρτιση. Συνιστάται να γίνει και δεύτερος ή και τρίτος κύκλος (με C/10 για 14-16 ώρες) για:

- να ζωντανέψει πλήρως η μπαταρία πριν χρησιμοποιηθεί σε αερομοντέλο
- να ελεγχθεί αν μπορεί να διατηρήσει την τάση της κάτω από τα φορτία της πτήσης
- να ελεγχθεί για βλάβες, κάτι που δεν είναι παράδοξο να εμφανιστεί σε καινούργια μπαταρία

Αυτό ισχύει και για τα στοιχεία μικρής εσωτερικής αντίστασης που δέχονται ταχυφόρτιση και προορίζονται για την τροφοδοσία

ηλεκτρικών μοτέρ. Η πρώτη φόρτιση πρέπει να γίνει με C/10 επί 24 ώρες.

#### **2.12.10 Μπορεί να γίνει φόρτιση με ρεύμα μικρότερο του C/10 σε μία Ni-Cd ή Ni-MH;**

Θεωρητικά μπορεί. Στην πράξη όμως δεν είμαστε σίγουροι ότι θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα. Και όταν δεν είμαστε σίγουροι ότι μία μέθοδος θα αποδίδει πάντα το 100% δεν την εμπιστευόμαστε.

Αν η ένταση με την οποία φορτίζεται μία 500άρα είναι 45 mA αντί 50 mA, μπορούμε να αυξήσουμε αναλογικά τον χρόνο σε 16-18 ώρες και να την φορτίσουμε πλήρως. Αν όμως η ένταση με την οποία φορτίζεται μία 500ρα είναι 20 mA όσο κι' αν αυξήσουμε την διάρκεια η μπαταρία δεν θα φορτιστεί επαρκώς.

Σε κάθε φόρτιση, το αρχικό 80% της χωρητικότητας ανακτάται σχετικά ευκολότερα από το τελευταίο 20%. Καθώς προχωρεί η φόρτιση, μεγαλώνει και η αντίσταση της μπαταρίας. Το πολύ χαμηλό ρεύμα δεν μπορεί να υπερνικήσει αυτή την αντίσταση και στους θεωρητικούς χρόνους θα έχει επανακτήσει μόνο μέρος του φορτίου της. Όσο κι αν συνεχίσουμε την φόρτιση αυτή ο συσσωρευτής δεν θα φορτίζει άλλο, γι'αυτό σταματάμε στις 24 ώρες.

Για πρακτικούς λόγους μπορούμε να πούμε ότι η 500ρα που φορτίσαμε με 20 mA μπορεί να έχει πάρει το 80-90% του φορτίου της και να μας εξυπηρετήσει ανάλογα. Εντάσεις μικρότερες από το C/20 αφ'ενός είναι χρονοβόρες και αφ'ετέρου δεν φορτίζουν τελείως τον συσσωρευτή.

#### **2.12.11 Πόσο χρόνο χρειάζεται να φορτίσει μία μπαταρία, αν δεν είναι τελείως ξεφόρτιστη;**

Αν γνωρίζεις καλά την μπαταρία, και πόση ενέργεια έχει αναλωθεί, μπορείς να υπολογίσεις τις παραμέτρους του χρόνου και της έντασης για να επανακτηθεί η ενέργεια που λείπει. Με απλά λόγια αν η μπαταρία έχει εκφορτιστεί έως την μέση του φορτίου της, θα χρειαστεί τον μισό χρόνο για να φορτίσει τελείως.

#### **2.12.12 Αυξάνει η θερμοκρασία των στοιχείων κατά την φόρτιση;**

Στην διάρκεια της φόρτισης των Ni-Cd η χημική αντίδραση είναι ενδόθερμη, άρα η θερμοκρασία πέφτει. Η θερμοκρασία θα αρχίσει να

αυξάνει μόνο όταν ολοκληρωθεί η φόρτιση και η προσφερόμενη ενέργεια μετατρέπεται όλη σε θερμότητα.

### **2.12.13 Επηρεάζει η θερμοκρασία την φόρτιση των Ni-Cd;**

Αν φορτίζεις με C/10 (κλασσική φόρτιση) το εύρος της θερμοκρασίας περιβάλλοντος να είναι από 0° έως 45° κελσίου Αν φορτίζεις με C/3 (γρήγορη φόρτιση) να είναι από 10° έως 45° κελσίου Οι ιδανικές θερμοκρασίες για φόρτιση είναι μεταξύ 10°C και 30°C. Μη φορτίζεις κάτω από 0°C. Ένα κρύο στοιχείο δεν μπορεί να πάρει την ίδια φόρτιση όπως ένα ζεστό στοιχείο. Δεν εννοούμε να καίει από την προηγούμενη χρήση, αλλά ότι τον χειμώνα τα στοιχεία θα φορτίζονται λιγότερο απ' ό,τι το καλοκαίρι.

## **2.13 Εκφόρτιση συσσωρευτών Ni-Cd**

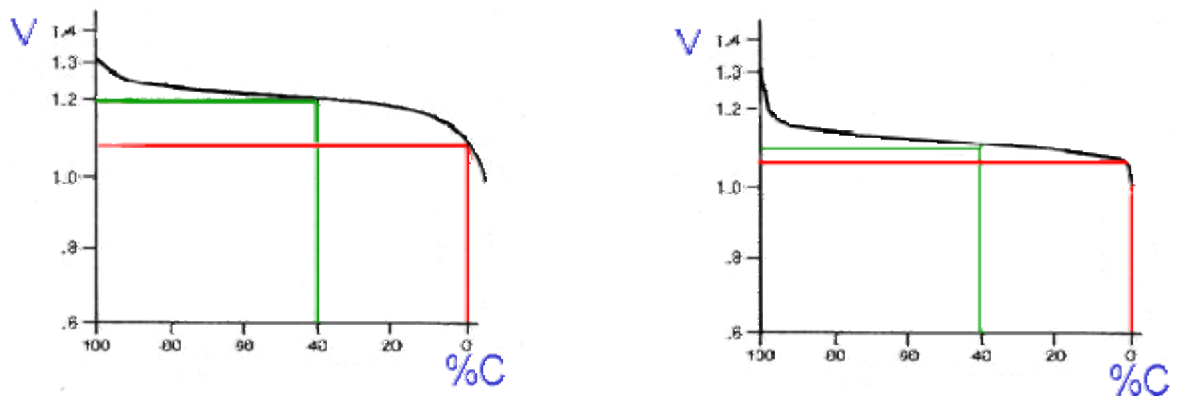
### **2.13.1 Πως μεταβάλλεται η τάση του στοιχείου σε σχέση με τη υπολοιπόμενη ενέργειά του;**

Αυτό διαφέρει από το αν το στοιχείο την στιγμή της μέτρησης βρίσκεται "χωρίς φορτίο", ή "υπό φορτίο", και επιπλέον από το πόσο είναι το φορτίο (το ρεύμα εκφόρτισης).

Στην πρώτη περίπτωση (σχήμα αριστερά) από την θεωρητική καμπύλη εκφόρτισης ενός στοιχείου Ni-Cd (τάση ως προς την χωρητικότητα) παρατηρούμε ότι:

- Το στοιχείο αμέσως μετά την φόρτιση δείχνει τάση 1,275-1,325 Volts.
- Κατά την ανάλωση του πρώτου 20% της ενέργειάς του η καμπύλη εκφόρτισης ακολουθεί μία πτωτική τροχιά με γωνία περίπου 30°.
- Για το επόμενο 70% της χωρητικότητας η καμπύλη σταθεροποιείται σχεδόν οριζόντια στην περιοχή 1,225 -1,200 Volts. Αυτό είναι ένα χαρακτηριστικό προτέρημα των Ni-Cd.
- Το τελευταίο 10% η καμπύλη γυρίζει προς τα κάτω. Λίγο πριν εξαντληθεί το φορτίο του η τάση πέφτει στο 1,1 Volt, και αν δεν σταματήσουμε εκεί προχωρεί προς το μηδέν με ραγδαίο ρυθμό.

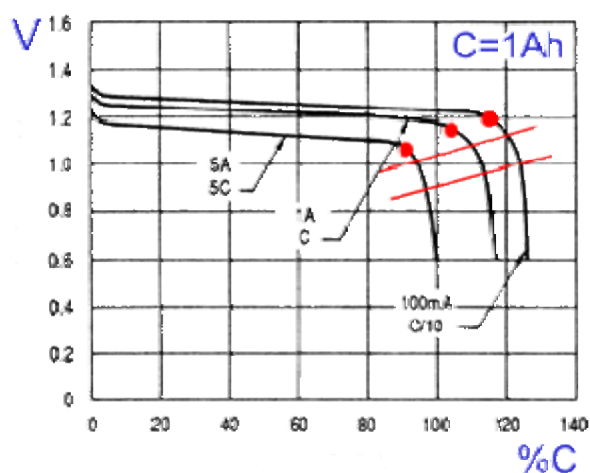
Στη δεύτερη περίπτωση (σχήμα δεξιά), η καμπύλη εκφόρτισης είναι πιά κάτω από την προηγούμενη. Υφίσταται αρχική πτωτική τάση, αλλά με μεγαλύτερη κλίση, και ενώ η σταθεροποίηση είναι περίπου 0,1-0,3 Volts πιά κάτω (ανάλογα με το ρεύμα εκφόρτισης).



**Εικόνα 19: Μεταβολή της τάσης του στοιχείου χωρίς φορτίο (αριστερά) και υπό φορτίο (δεξιά)**

### 2.13.2 Ποιό είναι τελικά το όριο της εκφόρτισης για τα στοιχεία Ni-Cd;

Το όριο εκφόρτισης εξαρτάται από το ρεύμα εκφόρτισης. Το ρεύμα εκφόρτισης πρέπει να είναι επιλέξιμο για να σου δώσει την πραγματική εικόνα της μπαταρίας, (περίπου όσο και η μέση τιμή ρεύματος που ξεφορτίζεται όταν λειτουργεί). Αυτό κυμαίνεται από 50 mA έως 1000mA για μπαταρίες πομπού ή δέκτη. Μεγαλύτερα ρεύματα εκφόρτισης έως 20A συναντώνται στις μπαταρίες ηλεκτροκίνησης.



**Εικόνα 20: Τα όρια εκφόρτισης μιας μπαταρίας**

Επισημαίνουμε ότι τα όρια εκφόρτισης (στο παράδειγμα η περιοχή μεταξύ των κόκκινων πλάγιων γραμμών) αφορούν τους ελέγχους της

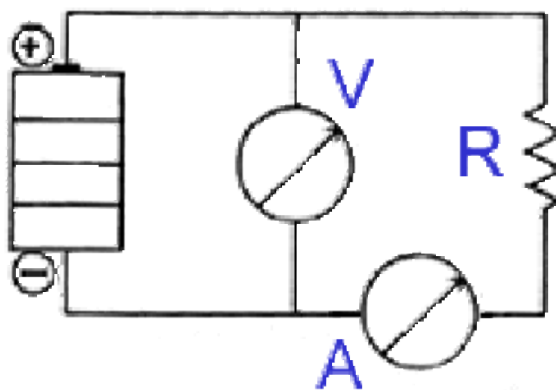
μπαταρίας στα όργανα εκφόρτισης, και είναι χαμηλότερα από τα όρια που καθορίζουν το τέλος (στο παράδειγμα οι κόκκινες τελείες).

Αν η εκφόρτιση γίνεται με ρεύμα περίπου γύρω στο 1C (στο παράδειγμα με 100 mA) το όριο cut-off πρέπει να ρυθμιστεί όταν η τάση πέσει περίπου στο 1.1V ανά στοιχείο. Αν γίνεται με 1C (στο παράδειγμα με 1A) το σημείο cut-off είναι περίπου 1,0 V ανά στοιχείο. Αν γίνεται με μεγάλες εντάσεις (στο παράδειγμα με 5C δηλαδή με 5A) το cut-off είναι περίπου 0.9V ανά στοιχείο. Αυτό γίνεται επειδή εξ' αιτίας της μεγαλύτερης έντασης εκφόρτισης, μετατοπίζεται προς τα κάτω όλη η καμπύλη της τάσης ως προς τον χρόνο.

## 2.14 Εκφορτιστές

### 2.14.1 Πρακτικό απλό κύκλωμα εκφόρτισης

Αν δεν έχεις εκφορτιστή του εμπορίου ή cycler μπορείς να κάνεις εκφόρτιση με μερικές αντιστάσεις. Χρειάζεσαι όμως ακόμα ένα βολτόμετρο, ένα μιλιαμπερόμετρο και ένα ρολόϊ. Το μειονέκτημα αυτού του αυτοσχέδιου κυκλώματος είναι ότι δεν υπάρχει αυτόματη διακοπή της εκφόρτισης στο κατώτατο όριο. Αν ξεχάσεις να αποσυνδέσεις τις μπαταρίες την κατάλληλη στιγμή, μπορεί να χαλάσουν. Για να εκφορτίσεις την μπαταρία του πομπού (8 στοιχεία/9,6V) θα την συνδέσεις με μία αντίσταση  $R=40-50 \Omega$  (5 W περίπου) και την μπαταρία του δέκτη (4 στοιχεία/4,8 V) με μία



αντίσταση  $R=20-25 \Omega$  (2 W περίπου).

#### Εικόνα 21: Εκφόρτιση με τη βοήθεια αντιστάσεων.

- Σύνδεσε την μπαταρία του δέκτη (ή του πομπού) στο κύκλωμα με την αντίσταση και σημείωσε την ώρα έναρξης.
- Για πλήρως φορτισμένες μπαταρίες, η τάση της μπαταρίας του δέκτη αρχικά θα είναι λίγο μεγαλύτερη από 5V (του πομπού

μεγαλύτερη από 10V) και σε μιάμιση ώρα θα έχει πέσει στα 4,75 V (του πομπού 9,5 V).

- Η ένταση θα κυμανθεί μεταξύ 250 και 190 mA. Οι αντιστάσεις θα ζεσταθούν πολύ. Αυτό είναι φυσιολογικό, γι' αυτό έχουμε επιλέξει και την ανάλογη ισχύ.
- Καθώς πλησιάζει το δίωρο κάνει συχνότερες παρατηρήσεις και μόλις η τάση πέσει στα 4,3 V (πομπού 8,6 V) αποσύνδεσά την και σημείωσε την ώρα.

Η χωρητικότητα σε Ah ισούται με λεπτά/60 X μέση τιμή εντάσης. Επαναλαμβάνουμε να μη εκφορτισθούν οι μπαταρίες πιο κάτω από 4,3V ή 8,6V αντίστοιχα.

#### **2.14.2 Απλοί εκφορτιστές του εμπορίου**

Είναι απλά όργανα που κάνουν μόνο εκφόρτιση. Έχουν την δυνατότητα να διακόπτουν την εκφόρτιση όταν η τάση της μπαταρίας φθάσει το προρυθμισμένο όριο. Άλλοι εκφορτιστές θέλουν χωριστή πηγή τροφοδοσίας και άλλοι τροφοδοτούνται από την εκφορτιζόμενη μπαταρία. Άλλες βασικές ιδιότητες και παραλλαγές είναι:

- Περιέχουν αντίσταση για την κατανάλωση της ενέργειας ή υποδοχές για να συνδέσουμε εμείς την αντίσταση που θέλουμε.
- Έχουν ρύθμιση/επιλογή για τον αριθμό των στοιχείων που θα εκφορτιστούν από την κάθε "είσοδό" τους. Οι εκφορτιστές που προορίζονται αποκλειστικά για μπαταρίες συστημάτων τηλεκατεύθυνσης έχουν επιλογή μεταξύ 4 ή 5 ή 8 στοιχείων.
- Οι καλοί εκφορτιστές έχουν επιλέξιμο ρεύμα εκφόρτισης. Αν έχουν σταθερό ρεύμα εκφόρτισης αυτό είναι συνήθως γύρω στα 300 mA. Για να πάρεις την πραγματική εικόνα της χωρητικότητας, πρέπει να ξεφορτίσεις την μπαταρία με το ρεύμα που ξεφορτίζεται την ώρα που πετάει το μοντέλο.
- Παρέχουν ένδειξη της αναλωθείσας χωρητικότητας ή μόνο του διαρρέυσαντος χρόνου. Στην δεύτερη περίπτωση πολλαπλασιάζοντάς τον χρόνο επί την μέση "ένταση" του ρεύματος εκφόρτισης θα πάρουμε την χωρητικότητα.

#### **2.14.3 Ο αυτόματος κύκλος εκφόρτισης/φόρτισης - Το "Cycler"**

Γίνεται εύκολα με ένα ειδικό όργανο που ονομάζεται "Cycler". Είναι περίεργο γιατί ένα τόσο απλό και απαραίτητο όργανο εμφανίστηκε με τέτοια καθυστέρηση και ακόμα περισσότερο γιατί δεν το έχουν αγοράσει όλοι.

Τα cyclers του εμπορίου δεν είναι όλα ίδια. Η βασική λειτουργία τους είναι να κάνουν ελεγχόμενη εκφόρτιση και μετά να κάνουν αυτόματα την φόρτιση. Ορισμένα από αυτά μετά το πέρας της φόρτισης, συνεχίζουν με φόρτιση συντήρησης (trickle charge). Πιο σύνθετα όργανα μπορούν να προγραμματιστούν να κάνουν πολλαπλούς κύκλους εκφόρτισης - φόρτισης, ή φόρτισης-εκφόρτισης.

Πολλά cyclers έχουν λογισμικό που βασίζεται στην συχνότητα του ρεύματος της πόλης. Αρα αν είναι Αμερικάνικης προέλευσης, θα είναι ρυθμισμένα για 60 Hz ενώ στην Ελλάδα θα δουλεύουν με 50 Hz. Στην πράξη θα υπάρχει υστέρηση της ένδειξης του χρόνου ή της χωρητικότητας, που την διορθώνουμε πολλαπλασιάζοντάς την με 1,2 (6/5).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΤΥΠΟΙ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

#### 3.1 Πρωτεύοντα στοιχεία

Τα πρωτεύοντα στοιχεία δεν επαναφορτίζονται. Γεμίζουν με μια ποικιλία χημικών των οποίων η αντίδραση δεν είναι σχεδιασμένη να αντιστρέφεται. αυτό σημαίνει ότι όταν εξανληθεί η χημική αντίδραση, η μπαταρία είναι νεκρή.



**Εικόνα 22: Διάφοροι τύποι μπαταριών**

Τα πρωτεύοντα στοιχεία:

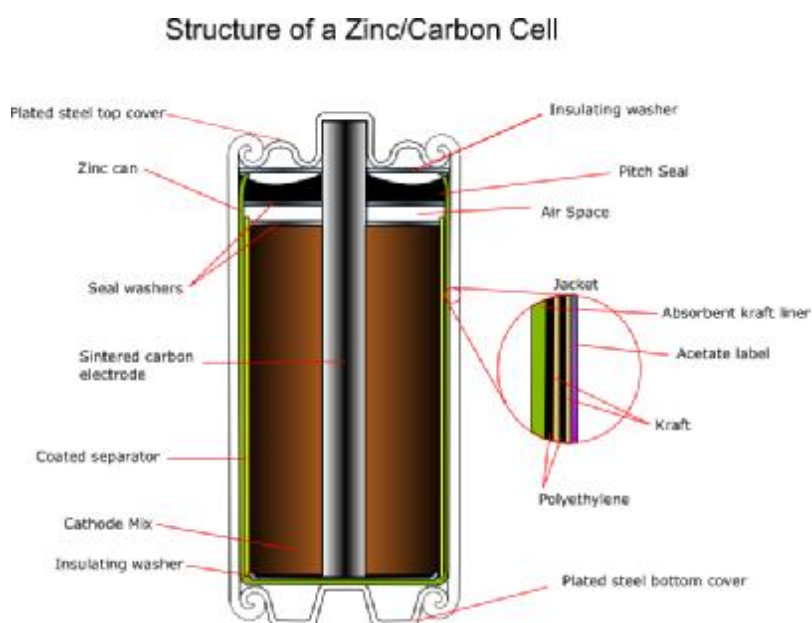
- μπορούν να συνδεθούν σε σειρά για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη τάση,
- δεν πρέπει να συνδέονται παράλληλα γιατί υπάρχει περίπτωση το ένα στοιχείο να προσπαθήσει να φορτίσει το άλλο.

Υπάρχουν πέντε συνηθισμένοι τύποι πρωτεύοντων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στις μπαταρίες που υπάρχουν στα σκάφη.



### 3.1.1 Μπαταρίες άνθρακα/ ψευδαργύρου

Έχουν ονομαστική τάση 1,5 V ανά στοιχείο. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι είναι φθηνές αλλά χάνουν το 15% της χωρητικότητάς τους ετησίως όταν αποθηκεύονται. Δεν πρέπει να μένουν ποτέ μέσα στο όργανο μετά την εξάντλησή τους γιατί είναι πιθανό να υπάρξει διαρροή πολύ διαβρωτικών χημικών που μπορεί να προκαλέσουν ακριβές ζημιές στον εξοπλισμό. Αν η μπαταρία τελειώνει, κλείνοντας το μηχάνημα και αφήνοντας τη μπαταρία να ξεκουραστεί μπορεί να αυξηθεί η ζωή της. Η συνεχής αποφόρτιση μειώνει τη χωρητικότητα της μπαταρίας.



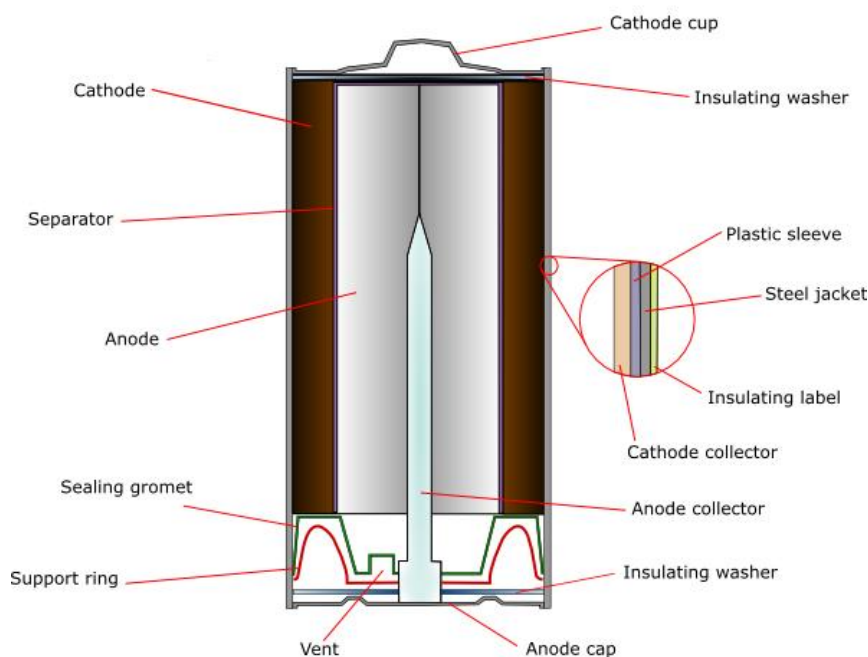
**Εικόνα 23: Δομή μιας μπαταρίας άνθρακα/ψευδαργύρου**

Είναι οι κοινές φθηνές μπαταρίες πολλαπλών χρήσεων. Σε φακούς και κομπιουτεράκια, σε φορητά ραδιόφωνα και walkman, χρησιμοποιούνται όπου χρειάζεται μια φθηνή πηγή ενέργειας χωρίς πολλές απαιτήσεις. Τα τελευταία χρόνια περιορίζεται αισθητά η χρήση τους, καθώς άλλοι τύποι μπαταριών με πολύ καλύτερες αποδόσεις για το ίδιο μέγεθος, γίνονται οικονομικά ανταγωνιστικοί.

### 3.1.2 Αλκαλικές μπαταρίες μαγγανίου

Είναι μπαταρίες μεγαλύτερης διάρκειας όπως η "Duracell". Έχουν ονομαστική τάση 1,5 V ανά στοιχείο. Είναι πιο ακριβές από τις μπαταρίες άνθρακα ψευδαργύρου, αλλά έχουν τριπλάσια χωρητικότητα και συνήθως χάνουν μόνο το 7% της χωρητικότητάς τους ετησίως σε αποθήκευση. Αν η μπαταρία τελειώνει, κλείνοντας το μηχάνημα και αφήνοντας τη μπαταρία να ξεκουραστεί μπορεί να αυξηθεί η ζωή της. Η συνεχής αποφόρτιση μειώνει τη χωρητικότητα της μπαταρίας.

Structure of an Alkaline/Manganese dioxide cell

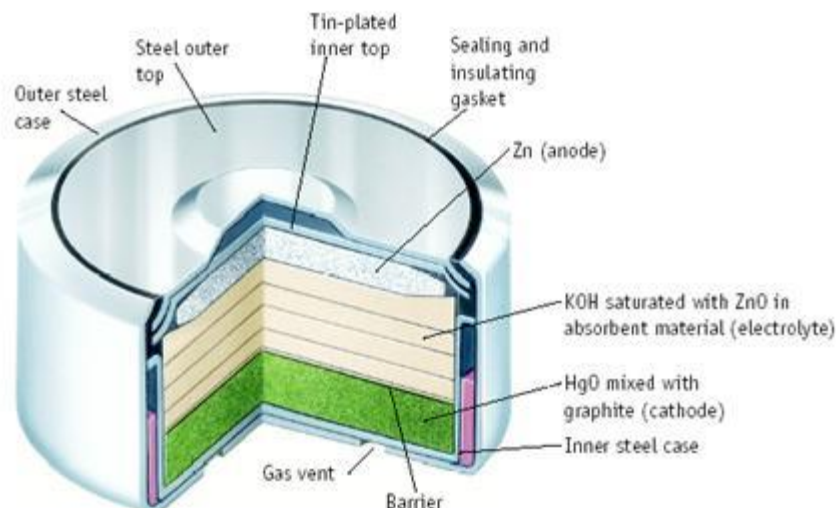


Εικόνα 24: Δομή μιας μπαταρίας μαγγανίου

Γενικά, βρίσκουν εφαρμογή στις περισσότερες οικιακές μικροσυσκευές, σε παιχνίδια, σε mp3 players και σε πληθώρα άλλων συσκευών.

### 3.1.3 Μπαταρίες υδραργύρου

Τα στοιχεία υδραργύρου έχουν ονομαστική αξία 1,4 V ανά στοιχείο. Είναι πιο ακριβά αλλά έχουν οκταπλάσια χωρητικότητα από τις μπαταρίες άνθρακα ψευδαργύρου και χάνουν μόνο το 6% της χωρητικότητάς τους ετησίως σε αποθήκευση. Λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που σχετίζονται με την απόρριψη των μπαταριών υδραργύρου σήμερα δε συναντιούνται συχνά.

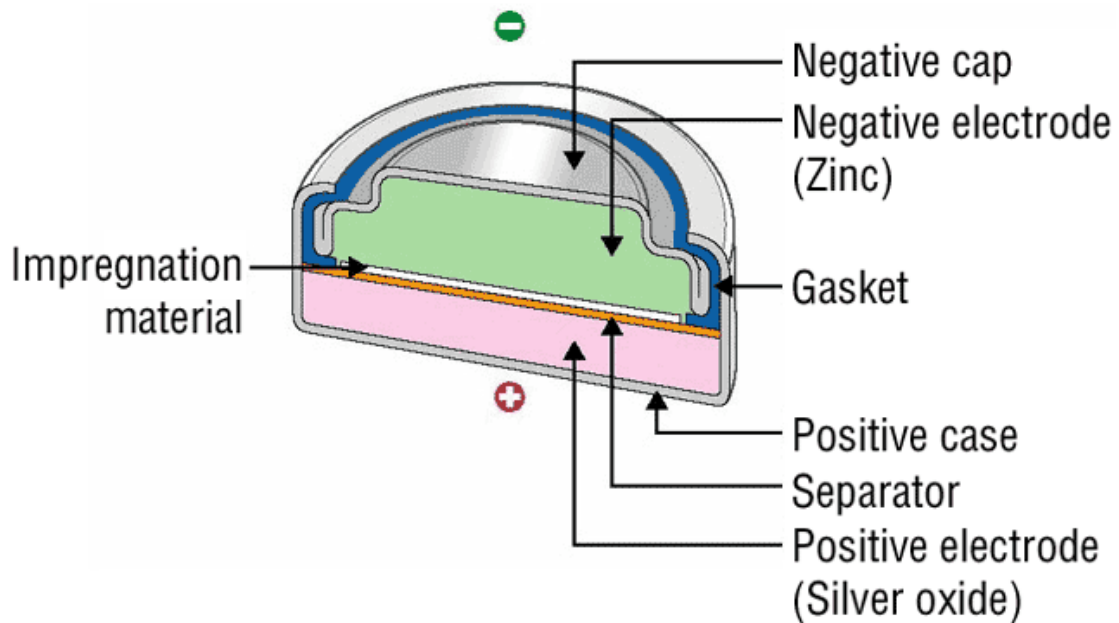


**Εικόνα 25: Δομή μιας μπαταρίας υδραργύρου**

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων, η αγορά των συσσωρευτών ψευδαργύρου-υδραργύρου έχει σχεδόν ολοκληρωτικά εξαφανιστεί, κυρίως εξαιτίας περιβαλλοντολογικών προβλημάτων που σχετίζονται με τον υδράργυρο και το κάδμιο. Έχουν αφαιρεθεί από τα στάνταρ της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (International Electrochemical Commission, IEC) και του Εθνικού Αμερικάνικου Ινστιτούτο Τυποποίησης (ANSI) και έχουν αντικατασταθεί από αλκαλικούς συσσωρευτές μαγγανίου, συσσωρευτές ψευδαργύρου-αέρα, ψευδαργύρου-οξειδίου αργύρου και λιθίου

### **3.1.4 Μπαταρίες οξειδίου του αργύρου**

Είναι γνωστές σαν τις μικρές στρογγυλές ασημένιες μπαταρίες που υπάρχουν στα ρολόγια, στα κομπιουτεράκια και σαν εφεδρικές μπαταρίες για κυκλώματα μνήμης σε κάποια είδη εξοπλισμού. Η ονομαστική τάση είναι περίπου 1,5 V ανά στοιχείο. Έχουν παρόμοια χωρητικότητα με τις μπαταρίες μαγγανίου σε πολύ μεγαλύτερο κόστος, αλλά το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι χάνουν σχεδόν το 4% της χωρητικότητάς τους ετησίως.

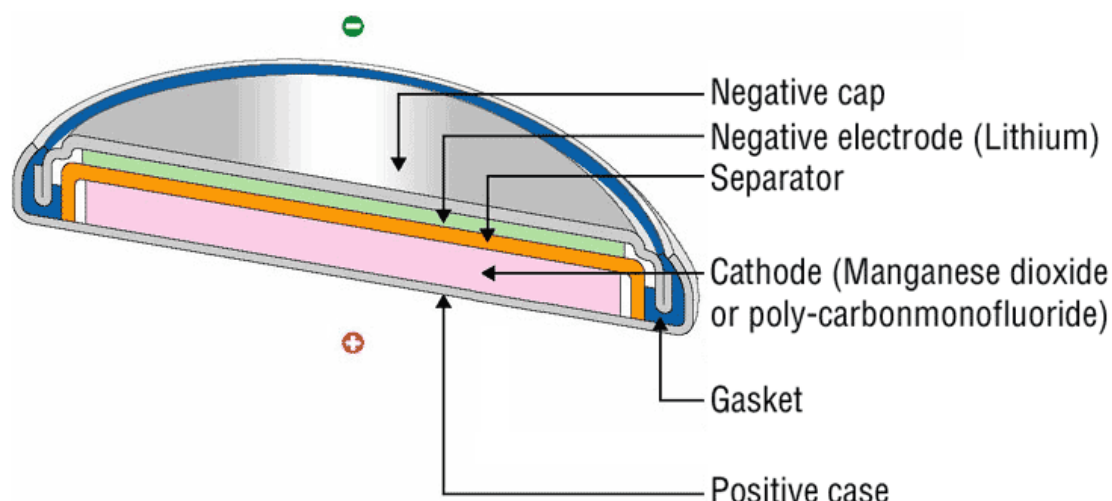


**Εικόνα 26: Δομή μιας μπαταρίας οξειδίου του αργύρου**

Η ενεργειακή πυκνότητα των συσσωρευτών ψευδαργύρου-οξειδίου αργύρου είναι από τις μεγαλύτερες μεταξύ όλων των συσσωρευτών, καθιστώντας τους, τους ιδανικούς συσσωρευτές για τη διάταξη σε σχήμα κουμπιού. Είναι μία πολύ σημαντική πηγή ενέργειας για τις ηλεκτρονικές μικροσυσκευές, όπως είναι τα ρολόγια, οι αριθμομηχανές, οι συσκευές μέτρησης της γλυκόζης στο αίμα και τα ακουστικά βοηθήματα

### **3.1.5 Μπαταρίες διοξειδίου λιθίου και μαγγανίου**

Οι  $\text{Li-MnO}_2$  είναι οι πιο σύγχρονες, δυνατές μπαταρίες. Η ονομαστική τους τάση είναι 3 V. Η χωρητικότητά τους πλησιάζει τη χωρητικότητα των μπαταριών υδραργύρου, αλλά το καλύτερο είναι ότι χάνουν το 2% της χωρητικότητάς τους ετησίως



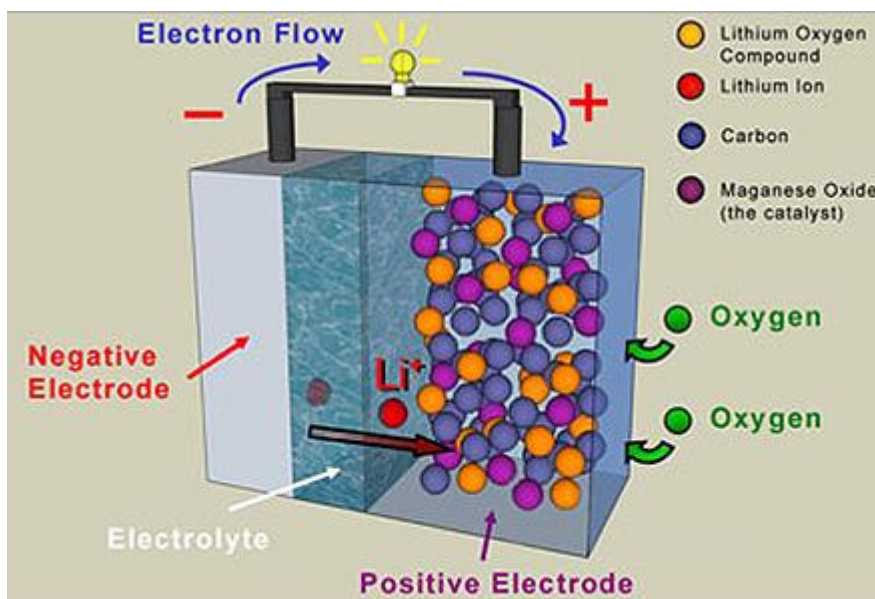
**Εικόνα 27: Δομή μιας μπαταρίας διοξειδίου λιθίου και μαγγανίου**

Το **λίθιο** είναι ένα μέταλλο που ζυγίζει περίπου το 1/2 του νερού. Ωστόσο, όταν το λίθιο έρθει σε επαφή με το νερό εκρήγνυται. Τα μεγαλύτερα αποθέματα βρίσκονται στην περιοχή Salar Uyuni στην **Βολιβία**. Έχει υπολογιστεί πως καλύπτουν 10.582 km<sup>2</sup> και αντιστοιχούν περίπου στο 50-70% της παγκόσμιας ζήτησης. Άλλες περιοχές που είναι πλούσιες σε λίθιο είναι η Χιλή (32.600 tn), η Αυστραλία (28.200 tn) κ.α. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή εκτιμάται στους 120.000 tn. Αξίζει να σημειωθεί πως πριν από μερικούς μήνες είχε προκαλέσει αίσθηση η είδηση για τεράστια αποθέματα λιθίου στο Αφγανιστάν δίχως όμως να έχει επιβεβαιωθεί κάτι τέτοιο ακόμη.

<b>World Lithium Production 2009</b>		
Country	Production	Reserves
Argentina	2,200	800,000
Australia	4,400	580,000
Brazil	110	190,000
Canada	480	180,000
Chile	7,400	7,500,000
China	2,300	540,000
Portugal	490	NA
United States	NA	38,000
Zimbabwe	350	23,000
World total	18,000	9,900,000

### 3.1.6 Μπαταρίες ψευδαργύρου-αέρα (Zinc-air)

Ένας πολλά υποσχόμενος τύπος μπαταριών είναι ο ψευδαργύρου-αέρα (Zinc-air) ενώ υπάρχουν πολλές παραλλαγές με κύριο στοιχείο τον ψευδάργυρο που είναι πιο κοινό, συνηθισμένο και φτηνότερο από το λίθιο. Χονδρικά στις μπαταρίες Metal-air η μετακίνηση ηλεκτρονίων δεν απαιτεί διάλυμα ή ηλεκτρολύτες. Φανταστείτε κάτι σαν τις ενεργειακές κυψέλες όπου ο αέρας περνά από διάφορα στρώματα οξειδώνοντας τον ψευδάργυρο όπου τα ηλεκτρόνια που απελευθερώνονται δημιουργούν το ηλεκτρικό φορτίο



Εικόνα 28: Δομή μιας μπαταρίας ψευδαργύρου-αέρα

Έχουν πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα από τις li-ion, είναι φτηνότερες κατασκευαστικά και πιο σταθερές στις μεταβολές φορτίου. Για να αντιληφθείτε το πλεονέκτημα των μπαταριών μετάλλου-αέρα (metal-air) μία συστοιχία βάρους 100 kg μπορεί θεωρητικά να προσφέρει αυτονομία σε ένα μέσο EV της τάξης των 700 km! Το βασικό πρόβλημα που εμποδίζει την διάδοσή τους στα EV είναι ο μικρός κύκλος ζωής (περίπου έως 500) ενώ ο χρόνος φόρτισης/εκφόρτισης είναι παρόμοιος με τις li-ion. Ο Thomas Edison είχε κατασκευάσει μια μπαταρία nickel-zinc το 1901.

### 3.2 Δευτερεύοντα στοιχεία

Είναι επαναφορτιζόμενα και λέγονται μπαταρίες αποθήκευσης. Χρησιμοποιούνται στα σκάφη για να τροφοδοτήσουν τον ηλεκτρικό εξοπλισμό όπως ο ασύρματος VHF και φορτίζονται από τον κινητήρα, τη γεννήτρια του σκάφους ή από ένα φορτιστή μπαταρίας συνδεδεμένο με την κύρια πηγή. Η φόρτιση της μπαταρίας αναστρέφει τη χημική διαδικασία μέσα στη μπαταρία ώστε να μπορεί να προσφέρει και πάλι ηλεκτρισμό.

Τα δευτερεύοντα στοιχεία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σειρά, παράλληλα ή σε συνδυασμό για να επιτευχθεί η απαραίτητη τάση και χωρητικότητα. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι κάθε στοιχείο έχει παρόμοια τάση, χωρητικότητα και χημική σύσταση.

Υπάρχουν τέσσερα είδη δευτερεύοντων στοιχείων που χρησιμοποιούνται στις μπαταρίες που υπάρχουν στα σκάφη.

#### 3.2.1 Μπαταρίες μολύβδου οξέως

Είναι το πιο συνηθισμένο είδος μεγάλης επαναφορτιζόμενης μπαταρίας. Είναι ίδια με τη μπαταρία του αυτοκινήτου. Κάθε μπαταρία αποτελείται από έναν αριθμό ξεχωριστών στοιχείων που το καθένα έχει ονομαστική τάση 2 V. οι περισσότερες μπαταρίες αποτελούνται από τρία ή έξι στοιχεία δίνοντας τάσεις 6 ή 12 V. Οι μπαταρίες στη συνέχεια ομαδοποιούνται για να δημιουργήσουν μια δεξαμενή απαραίτητης τάσης και χωρητικότητας. τα περισσότερα σκάφη χρησιμοποιούν 12 ή 24 V για τις μπαταρίες τους.

Τα στοιχεία μολύβδου οξέος αποτελούνται από μια σειρά μολύβδινων πλακών ανεστραμμένων σε ένα υγρό που λέγεται ηλεκτρολύτης. Ο ηλεκτρολύτης αυτών των μπαταριών είναι το θειικό οξύ. Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος είναι δημοφιλής γιατί είναι φθηνές και μπορούν να προσφέρουν πολύ ρεύμα όταν χρειάζεται, π.χ. για την εκκίνηση του κινητήρα. Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος εντοπίζονται σε δύο εκδοχές: ασφράγιστες και σφραγισμένες.

**Οι ασφράγιστες μπαταρίες μολύβδου οξέος** συχνά προσφέρουν πρόσβαση σε κάθε στοιχείο τους μέσω καπακιών που επιτρέπουν τον ακριβή προσδιορισμό της κατάστασης κάθε στοιχείου.





**Εικόνα 29: Ασφράγιστη μπαταρία**

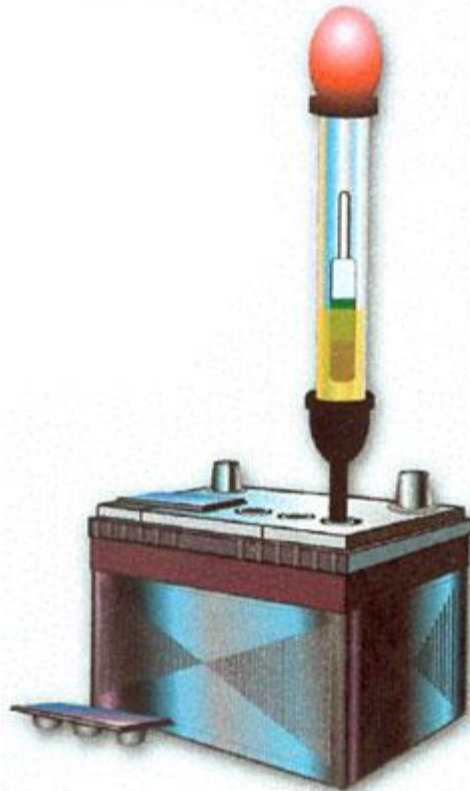
Αυτό μπορεί να γίνει μετρώντας την ειδική βαρύτητα του ηλεκτρολύτη με ένα υδρόμετρο, γιατί όσο περισσότερο φορτίο υπάρχει στη μπαταρία τόσο πιο πυκνός γίνεται ο ηλεκτρολύτης.



**Εικόνα 30: Υδρόμετρο**

Το υδρόμετρο αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα που περιέχει ένα φλοτέρ. Στο ένα άκρο του σωλήνα υπάρχει ένας λαστιχένιος βολβίσκος. Το φλοτέρ μέσα στο σωλήνα δείχνει την ειδική βαρύτητα του ηλεκτρολύτη αν είναι πυκνό, διαφορετικά επιπλέει στο υγρό. Όσο λιγότερο πυκνό είναι το υγρό, τόσο πιο βαθιά βυθίζεται. Οι ενδείξεις της ειδικής βαρύτητας του ηλεκτρολύτη είναι περίπου 1,27, ενώ μια εντελώς αφόρτιστη μπαταρία θα δώσει ένδειξη περίπου 1,16 ανάλογα με τη θερμοκρασία του ηλεκτρολύτη. Συνήθως το φλοτέρ έχει χρωματικό κώδικα για να βοηθά το χρήστη να προσδιορίζει το φορτίο του στοιχείου.





**Εικόνα 31:Υδρόμετρο εν χρήση**

Η μέτρηση της ειδικής βαρύτητας πρέπει να επαναλαμβάνεται για κάθε στοιχείο και αν ένα έχει πολύ χαμηλότερη ειδική βαρύτητα από τα άλλα αυτό σημαίνει ότι το συγκεκριμένο στοιχείο δε φορτίζεται πλήρως και ότι η μπαταρία πλησιάζει στο τέλος της ζωής της.

Όταν η ειδική βαρύτητα πέφτει κάτω από το 1,22 το στοιχείο είναι κατά 75% φορτισμένο και πρέπει να επαναφορτιστεί.

Οι μπαταρίες μολύβδου οξέος χρησιμοποιούν νερό από τον ηλεκτρολύτη όταν φορτίζονται στο πλαίσιο της χημικής αντίδρασης. Πρέπει να προστίθεται στον ηλεκτρολύτη απεσταγμένο νερό. το συνιστώμενο επίπεδο του ηλεκτρολύτη πρέπει να τηρείται σε τέτοιο επίπεδο που οι κορυφές των μολύβδινων πλακών να μην είναι ποτέ εκτεθειμένες, αλλά μην ξεχειλίζει ο ηλεκτρολύτης όταν φορτίζεται η μπαταρία (συνήθως 5 mm).

**Οι Σφραγισμένες μπαταρίες μολύβδου οξέος** έχουν κλειστά στοιχεία και δεν πρέπει να ανοίγονται με τη βία γιατί γεμίζονται υπό πίεση που δεν επιτρέπει στο νερό του ηλεκτρολύτη να χρησιμοποιηθεί κατά τη φόρτιση της μπαταρίας. Γι' αυτό λέγονται μπαταρίες που δε χρειάζονται συντήρηση.



**Εικόνα 32:Σφραγισμένη μπαταρία**

Ο μόνος τρόπος να διαπιστώσουμε την κατάσταση μιας σφραγισμένης μπαταρίας είναι να μετρήσουμε την τάση της. Όταν είναι πλήρως φορτισμένη θα έχει 12,6 V.

Όταν η τάση πέφτει κάτω από τα 12,4 V η μπαταρία είναι φορτισμένη κατά 75% και πρέπει να φορτιστεί.

Η μέτρηση μπορεί να γίνει με ένα ακριβές ψηφιακό βολτόμετρο (τα αναλογικά δεν είναι αρκετά ακριβή). Το ψηφιακό βολτόμετρο πρέπει να ρυθμιστεί στα 20 έως 40 V. Τα σύρματα της κλίμακας και του μέτρου πρέπει να τοποθετηθούν στους πόλους της μπαταρίας.



**Εικόνα 33:Μέτρηση μπαταρίας με βολτόμετρο**

Έτσι μπορούν να μετρηθούν και οι ασφράγιστες μπαταρίες, αλλά αυτό δε συνιστάται γιατί πρέπει να μετριοούνται με υδρόμετρο, κάθε στοιχείο χωριστά.

### 3.2.2 Μπαταρίες τζελ

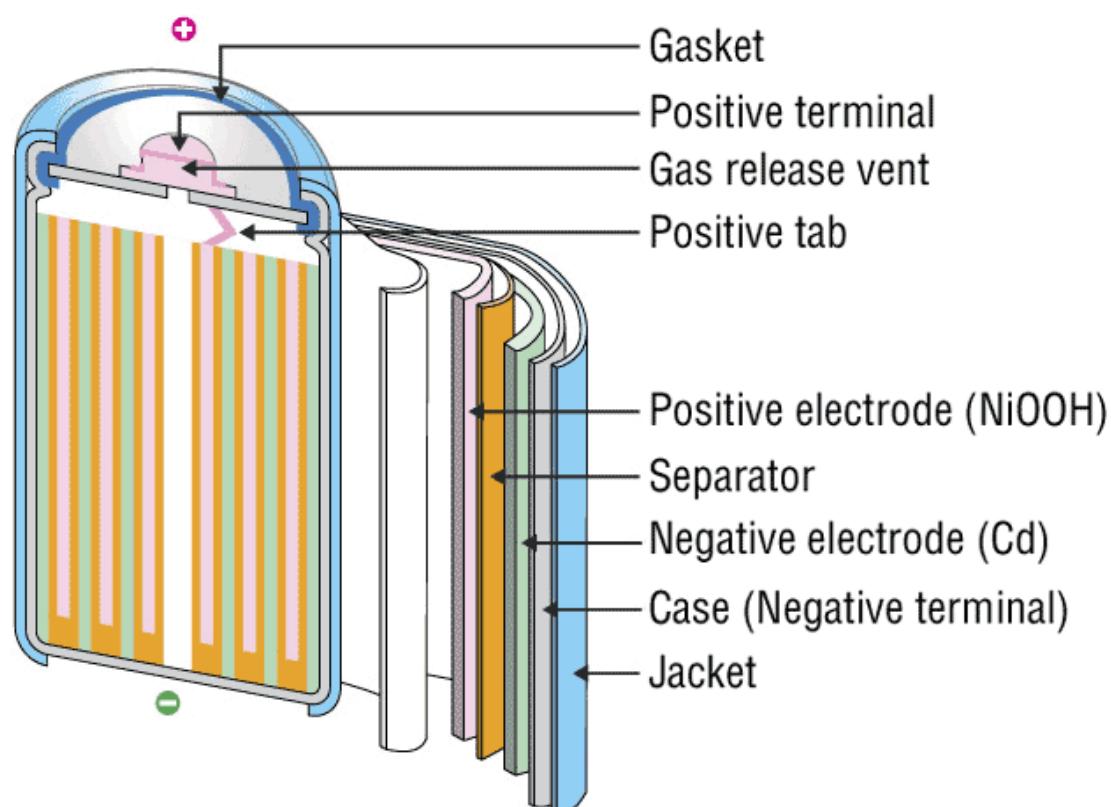
Είναι η σύγχρονη εκδοχή της μπαταρίας μολύβδου οξέος. Όπως υποδηλώνει το όνομά τους ο ηλεκτρολύτης έχει μορφή τζελ και όχι υγρό. Αυτό έχει το μεγάλο πλεονέκτημα ότι ο ηλεκτρολύτης δε μπορεί να χυθεί. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι κατά τη φόρτιση δεν εκλύουν πολύ υδρογόνο, έτσι η πιθανότητα έκρηξης μειώνεται και δε χρειάζεται να προστεθεί νερό. Οι μπαταρίες τζελ αντέχουν να μείνουν εντελώς αφόρτιστες ενώ οι μπαταρίες μολύβδου οξέος δεν αντέχουν. Επίσης μπορούν να δεχτούν φορτίο σε υψηλότερο επίπεδο από τις μπαταρίες μολύβδου οξέος χωρίς να πάθουν κάτι. Εκτός όμως από όλα αυτά τα θετικά έχουν και κάποια αρνητικά. Το πρώτο είναι το κόστος. Είναι τουλάχιστον δυο φορές ακριβότερες από την τιμή της αντίστοιχης μπαταρίας μολύβδου οξέος, αλλά γενικά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι μπαταρίες δεν προσφέρουν δυνατά ρεύματα, π.χ. για την εκκίνηση της μηχανής αλλά αυτό δεν είναι πρόβλημα για τις μπαταρίες που τροφοδοτούν τα όργανα του GMDSS που χρειάζεται σχετικά αδύναμο ρεύμα για πολλή ώρα. Το μόνο αρνητικό είναι ότι η κατάσταση της μπαταρίας μπορεί να παρακολουθηθεί μόνο μετρώντας την τάση της και αυτή μένει σταθερή μέχρι να τελειώσει εντελώς η μπαταρία, οπότε δεν υπάρχει ένδειξη της πραγματικής κατάστασης της μπαταρίας. Η λύση είναι να υιοθετήσετε ένα τακτικό πρόγραμμα φόρτισης για να είναι πάντα η μπαταρία καλά φορτισμένη.



Εικόνα 34: Μπαταρίες τζελ

### 3.2.3 Μπαταρίες νικελίου καδμίου/ υδρίδιων μετάλλων νικελίου

Οι μπαταρίες NiCd έχουν τα ίδια περιβαλλοντικά προβλήματα απόρριψης με τις μπαταρίες υδραργύρου. Το πρόβλημα δημιουργεί το κάδμιο και συνήθως αντικαθίστανται με μπαταρίες υδρίδιων μετάλλων νικελίου. Αυτές έχουν τις ίδιες ιδιότητες, αλλά απορρίπτονται με μεγαλύτερη ασφάλεια. Και οι δύο μπαταρίες νικελίου αποδίδουν καλύτερα αν αποφορτίζονται τελείως και μετά φορτίζονται πλήρως. Αν αποφορτίζονται μερικώς και φορτίζονται σε τακτική βάση μπορεί να χάσουν μέρος της χωρητικότητάς τους. Οι μπαταρίες νικελίου επωφελούνται από την περιοδική αποφόρτιση κατά 1 V ανά στοιχείο. Δεν πρέπει να πέφτουν κάτω από αυτή την τάση γιατί αν η μπαταρία ξεφορτιστεί κάποια στοιχεία μπορεί να υποστούν αναστροφή πολικότητας που τελικά θα μειώσει τη ζωή της μπαταρίας.



Εικόνα 35: Δομή μιας μπαταρίας νικελίου καδμίου/ υδρίδιων μετάλλων νικελίου

#### 3.2.3.1 Γιατί οι Ni-Cd είναι ακόμα ο επικρατέστερος τύπος στον αερομοντελισμό;

Οι Ni-Cd επαναφορτίζονται εύκολα, μπορούν να δώσουν μεγάλα ρεύματα εκφόρτισης, αποθηκεύονται εύκολα, και αντέχουν την κακομεταχείριση καλύτερα από τους άλλους τύπους. Ταυτόχρονα,

στην μικρή χρήσιμη ζωή τους μπορούν να αποδώσουν αρκετούς κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης που συγκριτικά με την τιμή αγοράς τους τους καθιστούν την φθηνότερη επιλογή.

### **3.2.3.2 Πως είναι φτιαγμένο ένα στοιχείο Ni-Cd;**

Το θετικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από Οξυ-υδροξείδιο του Νικελίου, (Nickel Oxyhydroxide,  $\text{NiOOH}$ ), ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο αποτελείται από Κάδμιο ( $\text{Cd}$ ). Κατά την εκφόρτιση, το οξυ-υδροξείδιο του Νικελίου μεταπίπτει σε Υδροξείδιο του Νικελίου,  $\text{Ni(OH)}_2$  και το Κάδμιο οξειδώνεται σε Υδροξείδιο του Καδμίου  $\text{Cd(OH)}_2$ . Κατά την φόρτιση συμβαίνει το αντίθετο.

Τα λεπτά και πλατειά φύλλα των ηλεκτροδίων τοποθετούνται το ένα επάνω στο άλλο, με ένα λεπτό πορώδες μονωτικό φύλλο ανάμεσά τους και τυλίγονται σε ρολό. Πριν κλείσει τελείως το στοιχείο εγχύεται μέσα του ηλεκτρολύτης (υδροξείδιο του καλίου).

Επειδή η όλη κατασκευή καταλήγει να έχει πολύ μικρή εσωτερική αντίσταση, μπορούν να περάσουν μεγάλα ρεύματα. Αν βραχυκυκλωθεί ένα στοιχείο 600 mAh μπορεί να δώσει στιγμιαία 50 A. Σκέψου τι θα γίνει αν βραχυκυκλώσει μία μπαταρία με πολλά τέτοια στοιχεία. Μη βάζεις γυμνά στοιχεία στην τσέπη μαζί με τα κλειδιά σου ή άλλα μεταλλικά αντικείμενα.

### **3.2.3.3 Η βαλβίδα ανακούφισης**

Τα στοιχεία έχουν μία βαλβίδα ανακούφισης. Στα απλά στοιχεία η βαλβίδα είναι μία και μίας χρήσης, ενώ σ' αυτά που προορίζονται για υπερταχεία φόρτιση οι βαλβίδες είναι πολλές και πολλαπλών χρήσεων.

Όταν χρειαστεί να εκτονωθούν οι εσωτερικές πιέσεις η βαλβίδα ανοίγει, αλλιώς το στοιχείο κινδυνεύει να σκάσει. Αν η βαλβίδα μείνει ανοικτή, θα εξατμιστεί ο ηλεκτρολύτης (τα άσπρα άλατα που βλέπουμε καμμιά φορά γύρω από ένα παλιό στοιχείο).

### **3.2.3.4 Τι ζωή περιμένουμε από τα στοιχεία Ni-Cd;**

Η ζωή των στοιχείων μπορεί να εκφραστεί σε χρόνια υπηρεσίας, ή σε αριθμό κύκλων φόρτισης- εκφόρτισης.

Στην "πίατσα" ακούγεται ότι οι Ni-Cd αντέχουν σε 1000-1500 κύκλους. Αν αυτό είναι αλήθεια, και αν κάνουμε ένα κύκλο κάθε εβδομάδα, θα τις έχουμε για .....19 έως 28 χρόνια. Τα νούμερα αυτά **απέχουν πολύ από την πραγματικότητα**, όχι μόνο στον αερομοντελισμό, αλλά και σε κάθε είδους χρήση.

Στην πράξη, οι σύγχρονες μπαταρίες Ni-Cd αν δεν χαλάσουν πρόωρα από άλλη αιτία, και κάτω από **ελεγχόμενες συνθήκες σε εργαστηριακό περιβάλλον** αντέχουν σε 400-500 πλήρεις κύκλους. Σε αυτούς τους κύκλους αντιστοιχούν περισσότερες από 1000 ώρες πτήσεων. Αν μπορούσες να τις συντηρείς με ιδανικές συνθήκες και πέταγες 2 ώρες κάθε εβδομάδα, θα κρατούσαν ... 10 χρόνια. Αν και υπάρχουν μπαταρίες που κρατάνε 10 χρόνια ή και περισσότερο, δεν είναι έξυπνο να χρησιμοποιείς την ίδια μπαταρία για 10 χρόνια σε σύστημα τηλεκατεύθυνσης και ακόμα περισσότερο να το καυχιέσαι.

Υπάρχει ένας πρακτικός τρόπος για να σταθμίσουμε **την ασφαλή περίοδο** μέσα από την ωφέλιμη ζωή των στοιχείων αυτών.

### 3.2.3.5 Ο μέσος χρόνος ζωής

**Μέσος χρόνος ζωής** είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να χαλάσουν τα **μισά** από τα στοιχεία που **ελέγχονται μαζί**, ή κατ' άλλους, τα **μισά** από τα στοιχεία που **παρήχθησαν μαζί**. Έχει αποδειχθεί ότι ο **μέσος χρόνος ζωής ενός στοιχείου** είναι 8 χρόνια σε θερμοκρασία 25C. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες ο αριθμός αυτός είναι κατά πολύ μειωμένος. Αν τα στοιχεία είναι ενωμένα σε μπαταρίες, ο μέσος χρόνος ζωής τους ελαττώνεται σημαντικά. Για μπαταρία δέκτη με 4 στοιχεία, ο μέσος χρόνος είναι 5,7 χρόνια, ενώ για μπαταρία πομπού με 8 στοιχεία ο μέσος χρόνος είναι 4,8 χρόνια.

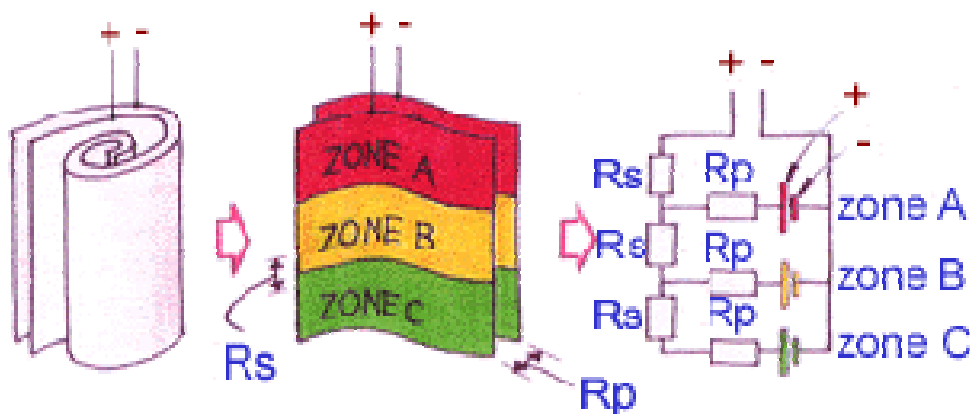
Ο αερομοντελιστής φυσικά δεν θα περιμένει έως ότου χαλάσουν τα μισά από τα στοιχεία που βγήκαν στην πιάτσα μαζί με τα δικά του. Τον ενδιαφέρει περισσότερο ότι το 0,1% (ένα στα χίλια) των στοιχείων χαλάει στις 58 εβδομάδες για μπαταρία δέκτη και στις 49 εβδομάδες για μπαταρία πομπού, ή το 1% (ένα στα εκατό) που χαλάει στις 103 και στις 87 εβδομάδες αντίστοιχα.

Αν και οι αστοχίες των μπαταριών εμφανίζονται από την πρώτη κι' όλες στιγμή, είναι τόσες λίγες στατιστικά που δεν μας ανησυχούν. Όμως **μεταξύ δύο και τριών** ετών οι αστοχίες είναι πολλές, που δεν μπορούμε να τις αγνοήσουμε, γι' αυτό, οι προνοητικοί αερομοντελιστές **αντικαθιστούν τις μπαταρίες τους κάθε 2,5-3 χρόνια** (εκτός βέβαια αν χαλάσουν νωρίτερα), έστω κι' αν έκαναν ελάχιστες πτήσεις μ' αυτές.

Εμείς οι αερομοντελιστές δεν μπορούμε να κάνουμε πολλά για να παρατείνουμε την ζωή των μπαταριών, μπορούμε όμως να κάνουμε τα απαραίτητα για να μην την συντομεύσουμε. Δεχόμαστε ότι οι μπαταρίες μας είναι αυτό που είναι και πρέπει να είμαστε ευχαριστημένοι αν - αυτές πρώτες - μας δείξουν ότι πάσχουν σε κάποιο σημείο για να τις αντικαταστήσουμε πριν γίνουν αιτία μιας ζημιάς.

### 3.2.3.6 Η σχέση της χωρητικότητας με την εσωτερική αντίσταση

3 Ένα στοιχείο αποτελείται από πολλά μικρά στοιχεία ενωμένα σε σειρά και παράλληλα μαζί. Σε αυτό το διχτυωτό έχουμε μία αντίσταση λόγω των παράλληλων συνδέσεων ( $R_p$ ) και μία αντίσταση λόγω των σειριακών συνδέσεων ( $R_s$ ).



**Εικόνα 36: Ηλεκτρικό ανάλογο ενός στοιχείου μπαταρίας**

Στο ίδιο μέγεθος (και βάρος) στοιχείου ο κατασκευαστής έχει την δυνατότητα να βάλει:

- παχύτερες και κοντύτερες πλάκες με περισσότερες παράλληλες συνδέσεις για να ελαττώσει την αντίσταση της σειράς σε μικρές τιμές 4 -5 mΩ (μιλιώμ). ( $R_s < R_p$ ) ή
- λεπτότερες και μακρύτερες πλάκες με μεγαλύτερη επιφάνεια για μεγαλύτερη χωρητικότητα αλλά εδώ καταλήγει αναγκαστικά σε περισσότερες σειριακές συνδέσεις που αυξάνουν τις τιμές της αντίστασης σε 11-20 mΩ (μιλιώμ). ( $R_s > R_p$ )

Τα στοιχεία με μικρή εσωτερική αντίσταση μπορούν να διατηρήσουν την τάση τους σε μεγαλύτερες εντάσεις εκφόρτισης, ενώ τα στοιχεία με μεγάλη αντίσταση έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα προηγούμενα, αλλά δεν μπορούν να εκφορτιστούν με τις ίδιες μεγάλες εντάσεις όπως τα προηγούμενα.

### 3.1.1.1 Η ισορροπία των στοιχείων

Κάθε στοιχείο έχει ορισμένα χαρακτηριστικά όπως η χωρητικότητά του, η εσωτερική αντίστασή του κ.α. Όλα τα στοιχεία μιας παρτίδας, αν και παρασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο, την ίδια θεωρητικά στιγμή, έχουν πολύ μικρές διαφορές στις παραπάνω παραμέτρους, που όμως προκειμένου να αποδόσουν το μέγιστο, μαζί σε μια μπαταρία, είναι σημαντικές.

Διάφοροι προμηθευτές ελέγχουν πλήθος στοιχείων και τα ταξινομούν σε ομάδες με ίδιες ιδιότητες, και όπως είναι φυσικό αυτά έχουν και μεγαλύτερη τιμή.

Αν μία μπαταρία έχει φτιαχθεί από τυχαία στοιχεία, όπως αναμένεται αυτά δεν θα φορτίζονται ούτε θα εκφορτίζονται με τον ίδιο ρυθμό. Αλλά ακόμα και αν η μπαταρία έχει φτιαχθεί με "ισότιμα" στοιχεία, η αποφόρτιση κατά την αποθήκευση δεν είναι ίδια. Κάποιο στοιχείο θα χάσει περισσότερο φορτίο και κάποιο λιγότερο. Το φορτίο τους με την πάροδο του χρόνου, θα πάψει να είναι ίσο.

Σε μια μπαταρία που τα στοιχεία δεν είναι ισορροπημένα:

1. Καθώς την φορτίζεις, το στοιχείο με το μεγαλύτερο φορτίο θα φθάσει πρώτο στην πλήρη φόρτιση, ενώ το στοιχείο με το μικρότερο φορτίο θα απέχει αρκετά από την πλήρη φόρτισή του. Συνεχίζοντας την φόρτιση για να φορτιστούν τα υπολειπόμενα στοιχεία, θα υπερφορτιστεί το ήδη φορτισμένο.
2. Καθώς την εκφορτίζεις, το στοιχείο με χαμηλότερο φορτίο θα αδειάσει πρώτο, ενώ την ίδια στιγμή το στοιχείο με την μεγαλύτερη ενέργεια θα απέχει πολύ από την πλήρη εκφόρτισή του. Ένα τελείως αφόρτιστο στοιχείο ανάμεσα σε φορτισμένα, κινδυνεύει να αντιστρέψει την πολικότητά του και να καταστραφεί.

Η διαφοροποίηση αυτή μπορεί να απαλειφθεί και τα στοιχεία να επανέλθουν στην αρχική κατάσταση με σωστή συντήρηση, πίο εύκολα αν βρίσκονται στην αρχή της ζωής τους, και πίο δύσκολα ή ποτέ προς το μέσον ή προς το τέλος της ζωής τους.

Οι μπαταρίες που προορίζονται για την τροφοδοσία ηλεκτρικών μοτέρ έχουν πολλά στοιχεία (έως 36). Αυτά δεν συμφέρει να τα έχεις σαν μία μπαταρία, αλλά σε μικρότερα πακέτα των 8-10 στοιχείων, για να μπορείς να τα ισορροπήεις ευκολότερα (κάθε πακέτο φορτίζεται χωριστά).



### 3.1.1.2 Βλάβες των συσσωρευτών Ni-Cd

Στον κλάδο μας δεχόμαστε ότι μία μπαταρία έφθασε στο τέλος της χρήσιμης ζωής της όταν δεν μπορεί να αποδώσει περισσότερο από το 80% της ονομαστικής χωρητικότητάς της, ή αν αποφορτίζεται μόνη της με ταχύτερους ρυθμούς από τους αναμενόμενους.

### 3.1.1.3 Τα εσωτερικά βραχυκυκλώματα

Η βασικότερη βλάβη σε ένα στοιχείο είναι η καταστροφή του διαχωριστικού υμένιου μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Το μονωτικό οξειδώνεται και σπάει επιτρέποντας στα ηλεκτρόδια να έρθουν σε επαφή, βραχυκυκλώνοντας το στοιχείο. Συμβαίνει σε όλα τα στοιχεία Ni-Cd καθώς γερνάνε, και επιταχύνεται από την αύξηση της θερμοκρασίας σε κάθε υπερφόρτιση, ή γρήγορη εκφόρτιση.

Το βραχυκυκλωμένο στοιχείο αποφορτίζεται (αυτο-εκφορτίζεται) γρηγορότερα στην αποθήκευση, ενώ παράλληλα αναλώνει μεγαλύτερη ενέργεια από τον φορτωτή στην διάρκεια της φόρτισης.

Ενας άλλος λόγος για εσωτερικά βραχυκυκλώματα είναι ότι το φορτισμένο στοιχείο έχει τάσεις αυτοκαταστροφής.

"Κρύσταλλοι" του Κάδμιου μεταναστεύουν και αθροίζονται επάνω στα ηλεκτρόδια σχηματίζοντας λεπτά τριχίδια, τους **δενδρίτες**, τα οποία τελικά θα τρυπήσουν το μονωτικό φύλλο και θα ακουμπήσουν το αντίθετο ηλεκτρόδιο. Αν η μπαταρία έχει σχηματίσει πολλούς δενδρίτες αποφορτίζεται γρήγορα.

Οι μπαταρίες που κάνουν συχνούς κύκλους, ή φορτίζονται και εκφορτίζονται με εντάσεις μεγαλύτερες από C (όπως στην τροφοδοσία ηλεκτροκινητήρων) δεν εμφανίζουν αυτή την ασθένεια.

### 3.1.1.4 Η ανάλωση της "καθόδου"

Η τρίτη αιτία που χαλάνε οι μπαταρίες είναι απλά ... η χρήση τους, δηλαδή οι κύκλοι φόρτισης -εκφόρτισης που δέχονται. Με την χρήση αναλώνεται το μέταλλο της καθόδου (το νικέλιο).

Ο κατασκευαστής έχει τις εξής επιλογές:

- να βάλει ίσες ποσότητες από τα δύο ηλεκτρόδια στον διαθέσιμο χώρο του περιβλήματος του στοιχείου, δηλαδή 100% και 100%. Η χωρητικότητα του στοιχείου αυτού θα αρχίσει να μειώνεται από την πρώτη κι' όλας χρήση.

- να μοιράσει άνισα τα δύο ηλεκτρόδια, π.χ. σε 90% στην άνοδο, και σε 110% στην κάθοδο. Η αρχική χωρητικότητα αυτού του στοιχείου θα είναι όσο και η άνοδος, και θα διατηρείται η ίδια για όσο χρόνο η κάθοδος παραμένει μεγαλύτερη ή είναι ίση με την ποσότητα της ανόδου. Μόλις η κάθοδος πέσει κάτω από την αντίστοιχη ποσότητα της ανόδου, η χωρητικότητα του στοιχείου θα αρχίσει να μειώνεται.

Αυτό είναι θέμα marketing. Για τον καταναλωτή δεν έχει σημασία αν η μπαταρία του θα χάνει από την αρχή την χωρητικότητά της ή θα ξεκινήσει από μικρότερη χωρητικότητα που κι' αυτή θα αρχίσει να πέφτει μετά από λίγο καιρό, παράλληλα με την πρώτη.

Οι περισσότεροι αερομοντελιστές δεν εξαντλούν όλο το φορτίο της μπαταρίας σε μία έξοδο στο μοντελοδρόμιο, άρα αυτό είναι καλό για την παράταση της ζωής της.

#### **3.1.1.5 Απώλεια ηλεκτρολύτη**

Αν αυξηθεί η εσωτερική θερμοκρασία (από υπερφόρτιση κ.λ.π.), θα αυξηθεί η πίεση των αερίων, θα ανοίξει η βαλβίδα ανακούφισης και θα διαφύγει ηλεκτρολύτης. Είναι τα άσπρα άλατα που βλέπουμε καμιά φορά επάνω στον πόλο ενός στοιχείου. Με λιγότερο ηλεκτρολύτη δεν είναι δυνατή η πλήρης φόρτιση του στοιχείου, με άλλα λόγια δεν είναι δυνατή η ανάκτηση όλης της ονομαστικής χωρητικότητας του. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει γιατριά.

#### **3.1.1.6 Τι άλλο πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπίσω;**

Αν και το στοιχείο δείχνει ικανοποιητική τάση και μπορεί να φορτιστεί, εν τούτοις πέφτει απότομα η τάση του αν του ζητηθεί μεγάλο ρεύμα. Το πρόβλημα συνήθως εντοπίζεται μετά από μία πτώση του μοντέλου, ή άλλη κακομεταχείριση της μπαταρίας. Οι εσωτερικές ενώσεις του στοιχείου αρχίζουν να σπάνε και να αποχωρίζονται από τα ηλεκτρόδια και το μικρό κομμάτι που μένει δεν έχει την δυνατότητα να αντέξει στο ρεύμα που τραβάνε τα servo. Δυστυχώς δεν γίνεται αντιληπτό παρά μόνο αν κινηθούν 3-4 servo μαζί οπότε πέφτει η τάση και νεκρώνει και ο δέκτης. Μετά από πτώση του μοντέλου η μπαταρία είναι πάντα ύποπτη αστοχίας.

### 3.1.1.7 Εμφανίζουν "μνήμη" τα στοιχεία Ni-Cd;

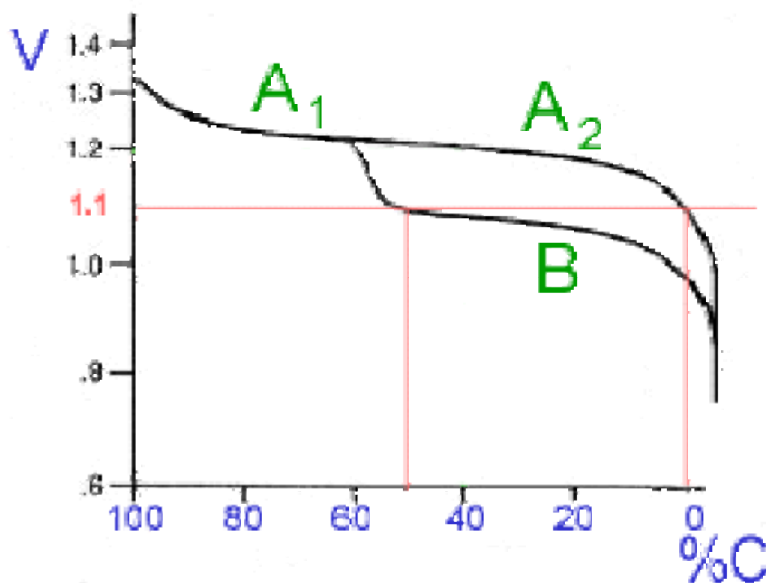
Κάποτε σε ένα δορυφόρο, υπήρχε μία μπαταρία Νικελίου-Καδμίου που παρείχε την ίδια ποσότητα ενέργειας κάθε μέρα, και φόρτιζε μόνο όσες ώρες έβλεπαν τα φωτοστοιχεία τον ήλιο (πάντα τον ίδιο χρόνο κάθε μέρα). Όταν ζητήθηκε από αυτή την μπαταρία να δώσει περισσότερη ενέργεια, δεν μπόρεσε. Υπέθεσαν λοιπόν ότι "τα στοιχεία κατάλαβαν ότι δεν ήταν αναγκαία όλη τους η χωρητικότητα, οπότε και αρνήθηκαν να την δώσουν". Το φαινόμενο αυτό ονόμασαν "μνήμη". Το περίεργο είναι ότι αν και προσπάθησαν να επαναλάβουν αυτό το περιστατικό στα εργαστήρια δεν μπόρεσαν να το κάνουν με την ίδια ευκολία που περίμεναν.

Τα στοιχεία Ni-Cd σήμερα δεν εμφανίζουν "μνήμη" όπως την περιγράφει ο αρχικός ορισμός της "μνήμης". Εμφανίζουν άλλα συμπτώματα που είθισται να τα καλούμε "μνήμη".

Ένα στοιχείο Ni-Cd που φορτίζεται και εκφορτίζεται στο ίδιο ποσοστό της χωρητικότητάς του, αντίθετα με ότι πιστεύουν μερικοί, **μπορεί να δώσει όλη την χωρητικότητά του**. Απλά εμφανίζει στην πράξη ένα σκαλοπάτι στην καμπύλη εκφόρτισης, ή με άλλα λόγια μία υποχώρηση της τάσης του. Αυτή η μορφή μνήμης ονομάζεται "μνήμη μακράς διάρκειας".

Η επαναλαμβανόμενη μερική εκφόρτιση - φόρτιση λαμβάνει χώρα στην ίδια περιοχή στο εσωτερικό του στοιχείου. Στις υπόλοιπες περιοχές του στοιχείου ο ηλεκτρολύτης δεν ενοχλείται, και εκεί οι αρχικά μικροί κρύσταλλοί του ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μεγαλύτερους σε όγκο κρυστάλλους, άρα η επιφάνεια της μεταξύ τους επαφής μειώνεται, και έτσι μειώνεται και η δυνατότητά του να συμμετάσχει στον ίδιο βαθμό στην εξέλιξη της χημικής αντίδρασης της εκφόρτισης.

Ο μετασχηματισμός των κρυστάλλων του ηλεκτρολύτη προκαλείται και από συνεχείς παρατάσεις της φόρτισης με ρεύμα C/10 ή χαμηλότερο ιδίως με ρεύμα trickle.



**Εικόνα 37:Απόδοση της ενέργειας μιας μπαταρίας Ni-Cd, σε σχέση με τη δομή**

Έτσι στην πράξη, σε μεγάλη ζήτηση ρεύματος το στοιχείο αποδίδει γρήγορα την ενέργεια που μπορεί από τις περιοχές με τους μικρούς κρυστάλλους (καμπύλη **A1**), αλλά στη συνέχεια, όταν καλούνται να αποδώσουν ενέργεια και οι περιοχές με τους μεγάλους κρυστάλλους, δεν μπορεί να διατηρήσει την τάση στα προηγούμενα επίπεδα (καμπύλη **B**), με αποτέλεσμα να περνάει γρηγορότερα το κρίσιμο σημείο των 1,1 V ανά στοιχείο. (κόκκινες γραμμές στην εικόνα 37).

Αυτό είναι πιο εμφανές στο ειδικό μηχάνημα *cycler*. Καθώς εξελίσσεται η εκφόρτιση, η τάση φθάνει στο κατώτατο προκαθορισμένο όριο πριν εκφορτιστεί τελείως η μπαταρία και σε εμάς εμφανίζεται σαν μειωμένη χωρητικότητα. Το ίδιο συμβαίνει και στα κινητά τηλέφωνα και άλλα φορητά ηλεκτρονικά μηχανήματα, όπου ένα κύκλωμα διακόπτει έγκαιρα την λειτουργία όταν πέσει η τάση της μπαταρίας, για να μην αδειάσει τελείως. Έτσι ενώ απλώς έπεσε η τάση, εμείς νομίζουμε ότι άδειασε η μπαταρία.

Οι αρρωστημένες αυτές καταστάσεις μπορούν να προληφθούν με ένα πλήρη κύκλο εκφόρτισης-φόρτισης κάθε τρεις μήνες, και αν τελικά το φαινόμενο της μνήμης εμφανιστεί, τις περισσότερες φορές απαλείφεται με μερικούς πλήρεις κύκλους εκφόρτισης - φόρτισης, και ειδικότερα με μεγαλύτερη ένταση.

Κατασκευαστές σύγχρονων στοιχείων δηλώνουν ότι τα στοιχεία τους δεν πρόκειται να εμφανίσουν "μνήμη". Δεν ξεκαθαρίζουν όμως αν εννοούν ότι δεν θα εμφανίσουν "μνήμη" όπως ο αρχικός ορισμός της,

ή ότι έχουν βελτιώσει την ποιότητα και υφή του ηλεκτρολύτη ώστε να μην εμφανιστούν τα μειονεκτήματα που περιγράψαμε παραπάνω.

### 3.1.1.8 Χρήση-Συντήρηση

Την περίοδο που οι μπαταρίες πομπού και δέκτη βρίσκονται σε εβδομαδιαία χρήση.

- Ασε τις μπαταρίες με οποιοδήποτε φορτίο έχουν μετά την τελευταία πτήση που έκανες, και φόρτισέ τις με C/10 πριν την επόμενη έξοδο. Κάθε 7-8 κύκλους κάνε και μία φόρτιση με C/10 παρατείνοντας λίγο τον χρόνο, οπότε θα προλάβουν να φορτίσουν και τα χαμηλότερα από τα στοιχεία και να ισορροπήσουν με τα άλλα.

ή εναλλακτικά:

- Εκφόρτισε (με τον εκφορτιστή) τις μπαταρίες αμέσως, και πλήρως, μετά την χρήση, και φόρτισέ τις λίγο πριν την επόμενη χρήση. Έτσι δεν θα δίνεις την ευκαιρία στα στοιχεία να αποφορτιστούν άνισα στην αποθήκευση.

Οι δύο παραπάνω διαδικασίες επιβαρύνουν λίγο την ζωή των μπαταριών, αλλά αυτή την επιβάρυνση δεν θα την δούμε ποτέ αφού θα τις αποχωριστούμε πολύ νωρίτερα. Εμάς μας ενδιαφέρει οι μπαταρίες να είναι υγιείς όλο το χρονικό διάστημα των τριών ετών που έχουμε σαν όριο ασφαλούς χρήσης.

### 3.1.1.9 Αποθήκευση

Αν οι μπαταρίες έχουν ή αποκτήσουν ελάττωμα, η μακρόχρονη αποθήκευση θα του δώσει την ευκαιρία να εκδηλωθεί. Αυτό είναι καλό για μας, αφού έτσι θα ενημερωθούμε έγκαιρα για την κατάσταση της μπαταρίας, πριν την χρησιμοποιήσουμε ξανά σε πτήση. Για να αποθηκεύσεις τις μπαταρίες του πομπού και του δέκτη για μακρύ χρονικό διάστημα:

- Βγάλε την μπαταρία από τον πομπό, και την αντίστοιχη του δέκτη από το αεροπλάνο, για να αποφύγεις πιθανή διάβρωση των καλωδίων, πέρα από το καλώδιο που είναι κολλημένο στη μπαταρία. Αυτό το φαινόμενο διάβρωσης καλείται μαύρος θάνατος.
- Εκφόρτισέ τις με τον εκφορτιστή, και αποθήκευσέ τις σε δροσερό μέρος. Για κάθε 10 βαθμούς κελσίου επάνω από τη "θερμοκρασία δωματίου", διπλασιάζεται ο ρυθμός οξείδωσης

του διαχωριστικού. Δεν είναι κακή ιδέα να τις βάλεις στο ψυγείο (στο θάλαμο συντήρησης, όχι στην κατάψυξη).

#### **3.1.1.10 Περιοδική συντήρηση και έλεγχοι**

Για συντήρηση και έλεγχο, κάνε ένα κύκλο κάθε 3 μήνες. Αν δεν αποδώσει την αναμενόμενη χωρητικότητα, επανάλαβε τον κύκλο έως και 4 ακόμα φορές. Αν και πάλι δεν αποδώσει αυτό που περιμένεις η μπαταρία έχει τελειώσει.

#### **3.1.1.11 Έλεγχος του ρυθμού αποφόρτισης**

Κάνε ένα πλήρη κύκλο (φόρτιση με C/10 και αμέσως εκφόρτιση) και σημείωσε την αποδιδόμενη χωρητικότητα. Ακολούθως φόρτισε την μπαταρία με C/10, περίμενε 7 ημέρες και εκφόρτισέ την. Σύγκρινε την αποδιδόμενη χωρητικότητα με αυτή που απέδωσε στον συνεχή κύκλο.

Γενικά μία μπαταρία που χάνει το 15% του φορτίου της την εβδομάδα σε αποθήκευση είναι ένδειξη ότι άρχισε να γερνάει. Μπαταρία που χάνει το 10% σε μία νύχτα, είναι κατάλληλη μόνο για αντίβαρο. Επειδή συνήθως η μπαταρία χάνει το φορτίο της εξ αιτίας των δενδριτών που αναπτύσσονται μέσα της, μπορείς να την βάλεις για λίγο στην ταχεία φόρτιση (με C ή 2C), οπότε το μεγάλο (συγκριτικά) ρεύμα θα κάψει τους προσωρινά τους δενδρίτες. Αλλά αυτοί θα ξαναγίνουν. Μπορείς δηλαδή να απαλείψεις τα συμπτώματα αλλά όχι και την αιτία.

#### **3.1.1.12 Έλεγχος τάσης**

Μετά από μακρόχρονη αποθήκευση αλλά και περιοδικά κατά την χρήση, έλεγχε την τάση κάθε στοιχείου της μπαταρίας. Είναι ένας καλός τρόπος για να βρεις αν κάποιο έχει χαλάσει. Δεν ενδιαφέρει το απόλυτο μέγεθος της τάσης, αλλά η σημαντική υστέρηση κάποιου από τα υπόλοιπα του πακέτου.

#### **3.1.1.13 Τι επίδραση έχει η θερμοκρασία;**

Πολύ μεγάλη. Για τις μπαταρίες Ni-Cd που τροφοδοτούν τον πομπό και τον δέκτη, η θερμοκρασία δωματίου (περιοχή 21 βαθμών C) είναι ιδανική για την φόρτιση, ενώ για την λειτουργία τους, και εννοούμε

την εκφόρτιση κατά την πτήση, είναι η περιοχή των 30 βαθμών C. Με άλλα λόγια για την λειτουργία συμφέρει να έχουμε ζεστό καιρό και αντίθετα για την αποθήκευση συμφέρει να έχουμε κρύο. Αν και στην πατρίδα μας δεν είμαστε αναγκασμένοι να πετάμε σε χιόνια, πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες η πτήση μπορεί να είναι αδύνατη εξ αιτίας των συσσωρευτών Ni-Cd.

### **3.1.1.14 Χρειάζονται διαφορετική αντιμετώπιση οι μπαταρίες ηλεκτροκίνησης;**

Το χαρακτηριστικό που έχουν οι μεγάλες μπαταρίες κίνησης των ηλεκτρικών μοτέρ είναι η μικρή εσωτερική τους αντίσταση, και αυτό τους επιτρέπει να αποφορτίζονται πολύ γρηγορότερα στην αποθήκευση, και να δίνεται έτσι η δυνατότητα στα στοιχεία να χάσουν την ισορροπία τους.

Η κλασική συμβουλή ήταν:

- άφησέ τες σε οιαδήποτε κατάσταση φορτίου βρεθούν μετά την πτήση.
- πριν την επόμενη χρήση, φόρτισέ τες με αργή φόρτιση C/10 (δηλαδή από την προηγούμενη μέρα).
- κάνε την πρώτη πτήση, εν γνώσει σου ότι η απόδοση θα είναι "αναιμική". Η απόδοσή της θα επανέλθει μετά την πρώτη ταχυφόρτιση. (Εναλλακτικά αντί να κάνεις την πρώτη εκφόρτιση της ημέρας εν πτήσει, εκφόρτισε την στο έδαφος με το όργανο).

Η νεώτερη συμβουλή είναι:

- εκφόρτισε τελείως την μπαταρία μετά από την τελευταία πτήση της ημέρας.
- πριν την επόμενη χρήση, ταχυ-φόρτισέ τες.

Ειδικά προκειμένου να τις αποθηκεύσεις επί μακρόν, εκφόρτισε στο σύνολο την μπαταρία με τον εκφορτιστή, και στη συνέχεια εκφόρτισε και κάθε στοιχείο χωριστά με μία αντίσταση 68 Ω για 24 ώρες. Όταν ολοκληρωθεί η εκφόρτιση όλων των στοιχείων, γεφύρωσε (βραχυκύκλωσε) τους δύο πόλους της μπαταρίας για να μην αναπτυχθεί καμμία χημική αντίδραση και αποθήκευσέ την σε δροσερό μέρος.

Μετά από 7-8 συνεχείς ταχυφορτίσεις πρέπει να φορτίσεις την μπαταρία και μία φορά με C/10 για να ισορροπούν τα στοιχεία. Για καλύτερο αποτέλεσμα, μπορεί να προηγηθεί η πλήρης εκφόρτιση με την αντίσταση όπως προαναφέραμε.

Οι μπαταρίες ηλεκτροκίνησης πρέπει να (ταχυ-)φορτίζονται σε θερμοκρασίες δωματίου, ή ψηλότερες. Αυτό σημαίνει ότι τον χειμώνα οι μπαταρίες φορτίζονται σε χαμηλότερο επίπεδο, απ' ότι το καλοκαίρι.

Επίσης, για να αποδώσουν την μέγιστη δυνατή ισχύ (μεγάλη ενέργεια σε μικρό χρόνο), πρέπει να είναι θερμές, όπως καταλήγουν στο τέλος της ταχυφόρτισης. Έτσι συμφέρει να τελειώνει η ταχυφόρτιση ελάχιστες στιγμές πριν ξεκινήσει η πτήση, για να παραμένει η μπαταρία στην ιδανική θερμοκρασία. Κατά την πτήση, που ξεφορτίζεται με σχετικά μεγάλες εντάσεις, η θερμοκρασία της διατηρείται. Τέλος στις περιπτώσεις κακού εξαερισμού της ατράκτου, η θερμοκρασία της μπαταρίας αυξάνει επιβαρύνοντας τη ζωή της.

### 3.1.2 Μπαταρίες ιόντων λιθίου

Είναι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες κορυφαίας τεχνολογίας. Έχουν τουλάχιστον διπλάσια χωρητικότητα από τις μπαταρίες υδριδίων μετάλλων νικελίου και έχουν μικρή τάση σχηματισμού μνήμης. Το αρνητικό είναι ότι κοστίζουν τριπλάσια από τις μπαταρίες υδριδίων μετάλλων νικελίου. Υπάρχουν σε εφαρμογές που χρειάζεται μεγάλη ισχύς αλλά όπου το βάρος πρέπει να τηρηθεί σε ένα ελάχιστο.

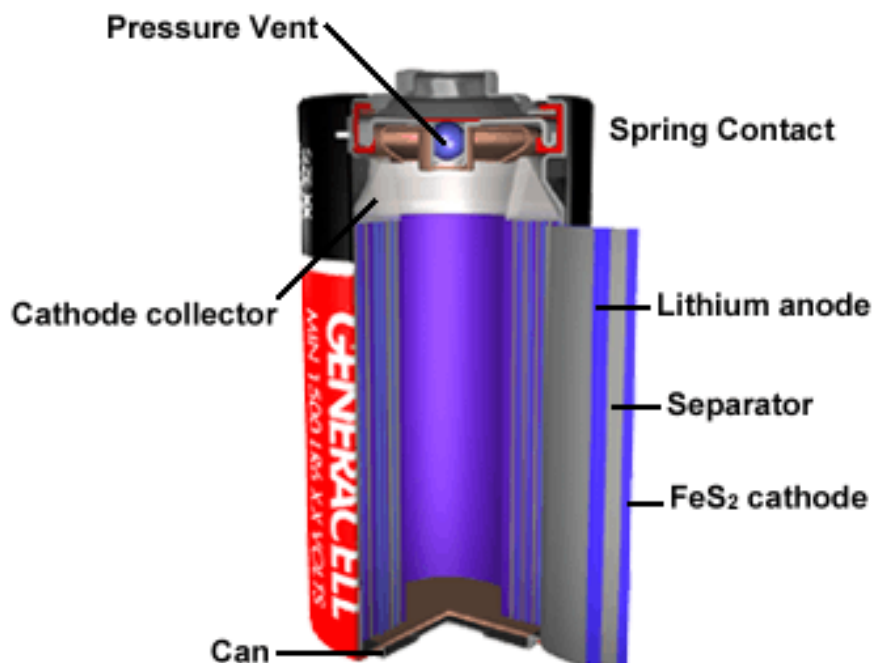


Figure 1

Εικόνα 38: Δομή μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου



### 3.1.3 Οι μπαταρίες Λιθίου-Πολυμερούς (Li-Po)

Πρόκειται επίσης για έναν τύπο μπαταριών **ιόντων Λιθίου**, αποτελούν όμως εξέλιξη και βελτίωση των προκατόχων τους. Η μεγάλη διαφορά συνίσταται **στον χρησιμοποιούμενο ηλεκτρολύτη**, ο οποίος δεν είναι πλέον υγρός οργανικός διαλύτης, αλλά ένα **στερεό πολυμερές υλικό**, όπως π.χ. το πολυ-ακρυλο-νιτρίλιο. Ο ηλεκτρολύτης αυτός δεν αναφλέγεται τόσο εύκολα όσο ο υγρός, οργανικός ηλεκτρολύτης. Η άνοδος είναι κατασκευασμένη από Λίθιο ή κράμα Λιθίου/άνθρακος και η κάθοδος από οξείδιο Λιθίου/Κοβαλτίου ή Λιθίου/Μαγγανίου.

Μια άλλη **σημαντική διαφορά** από τις μπαταρίες ιόντων Λιθίου είναι ότι το στοιχείο περιέχεται **σε πλαστικό και όχι μεταλλικό κιβώτιο** και αυτό και μόνο μας δίνει αμέσως-αμέσως μερικά **πολύ σαφή πλεονεκτήματα**:

- § Οι μπαταρίες Li-Po είναι **κατά πολύ ελαφρότερες** από τους προηγούμενους τύπους επαναφορτιζόμενων μπαταριών: 4 φορές ελαφρότερες από τις Ni-Cd και 3 φορές από τις Ni-MH. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για εμάς τους αερομοντελιστές.
- § Οι μπαταρίες Li-Po είναι επίσης **ελαφρότερες και από τις μπαταρίες ιόντων Λιθίου** (επειδή δεν χρησιμοποιούν μεταλλικό κιβώτιο, αλλά πλαστικό) και επομένως για τον ίδιο όγκο και βάρος έχουν περίπου 10%-20% μεγαλύτερη χωρητικότητα.
- § Δεν παρουσιάζουν “φαινόμενο μνήμης”.
- § Έχουν ελάχιστη αυτοεκφόρτιση, δηλαδή δεν χάνουν την φόρτιση τους με το χρόνο (προσοχή: άλλο η φόρτιση, άλλο η χωρητικότητα). Μπορεί να περάσουν μήνες και να είναι ακόμη πλήρως φορτισμένες).
- § Μπορούν να πάρουν οποιοδήποτε σχήμα και δεν περιορίζονται στο συνήθως κυλινδρικό σχήμα των μπαταριών ιόντων Λιθίου. Μάλιστα οι μηχανικοί των κατασκευαστριών εταιρειών σχεδιάζουν εφαρμογές όπου η μπαταρία θα μπορεί να έχει την μορφή μιας φόδρας ρούχου και να είναι ενσωματωμένη στα ρούχα, για διάφορες χρήσεις!
- § Λόγω ακριβώς αυτής της ευελιξίας στο σχήμα, μπορούν να διαμορφωθούν **μεγάλες επιφάνειες ηλεκτροδίων**, με συνέπεια

οι μπαταρίες Li-Po να μπορούν να δώσουν **μεγάλα ρεύματα εκφορτίσεως, μέχρι και 20 C !**

- § Μπορούν να συνδεθούν εν παραλλήλω, δίνοντας μεγαλύτερα ακόμη ρεύματα εκφορτίσεως (κάτι που γενικά δεν συνιστάται για τις Ni-Cd ή τις Ni-MH).
- § Είναι **πιο ασφαλείς** από τις μπαταρίες ιόντων Λιθίου, επειδή τουλάχιστον **ΔΕΝ ΕΚΡΗΓΝΥΝΤΑΙ!** Όταν φτάσει αυτή η “κακιά ώρα” από δικό μας λάθος στη φόρτιση, ή βλάβη του φορτιστού ή βραχυκύκλωμα, η μπαταρία Li-Po θα παραμορφωθεί, θα φουσκώσει και θα ανοίξει τρύπα σε κάποιο σημείο, από το οποίο θα αρχίσει να βγαίνει φλεγόμενο αέριο υπό πίεση! Εντάξει, και αυτό δεν είναι ότι το καλύτερο, αλλά τουλάχιστον δεν θα σκάσει, κάτι είναι κι αυτό!

Τα μειονεκτήματά τους όμως είναι

- § Είναι πολύ ακριβές! Αλλιώς όλοι θα τις αγοράζαμε και ας έχουν όλα τα επόμενα μειονεκτήματα! (αυτό δεν οφείλεται τόσο στο ότι τα χρησιμοποιούμενα υλικά είναι σπάνια και δυσεύρετα, όσο στο ότι δεν έχει ακόμα μαζικοποιηθεί η παραγωγή τους, όσο στις “παλαιίμαχες” Ni-Cd και Ni-MH. Όσο θα διαδίδονται ευρύτερα, τόσο θα πέφτει και η τιμή τους, ήδη έχει πέσει πολύ από την στιγμή που πρωτο-εμφανίστηκαν)
- § Είναι πολύ ευαίσθητες (όπως και οι πρόγονοι τους Li-Ion) στην λάθος φόρτιση και στην βαθειά εκφόρτιση, μπορούν πολύ εύκολα να καταστραφούν. Φόρτιση σε τάση άνω των 4.2 Volts ή εκφόρτιση κάτω των 2.5 Volts ανά στοιχείο, μπορεί να τις καταστρέψει.
- § Είναι -σχετικά με τα άλλα είδη μπαταριών- πιο επικίνδυνες, μπορεί να αρπάξουν φωτιά με λάθος χειρισμό.
- § Δεν δίνουν όλες μεγάλα ρεύματα εκφορτίσεως, συνήθως δίνουν μέχρι **6C**, μόνο κάποιοι ειδικοί τύποι μπορούν να δώσουν μέχρι ρεύματα μέχρι **20C** και είναι φυσικά πιο ακριβοί (βλέπε τους πίνακες λίγο πιο κάτω). Να είστε λοιπόν προσεκτικοί όταν τις αγοράζετε και ανάλογα με την χρήση που προορίζονται. Π.χ αν είναι να τις χρησιμοποιήσετε για κάποιο “κτηνώδες” BRUSHLESS μοτέρ, θα πρέπει να βεβαιωθείτε ότι αγοράζετε τον τύπο που επιτρέπει μεγάλα ρεύματα εκφόρτισης.
- § Δεν επιδέχονται ταχυφόρτιση. Το συντομότερο που μπορείτε να τις φορτίσετε είναι σε **1 ώρα** περίπου (με ρεύμα 1C) αλλά και αυτό δεν είναι ότι το καλύτερο για την ζωή των

μπαταριών, καλύτερα να τις φορτίζετε με C/2 σε 2 ώρες (και κάτω). Αντίθετα, υπάρχουν τύποι μπαταριών Ni-Cd που φορτίζουν σε 15 λεπτά!

§ Χρειάζονται ειδικούς φορτιστές (αυτό δεν είναι κατ' αρχήν και τόσο κακό, έλα όμως που δεν κάνουν οι φορτιστές που έχουμε ήδη –και τους έχουμε ακριβοπληρώσει- και πρέπει να αγοράσουμε καινούργιους!)

§ “Μπαγιατεύουν” και αυτές με τον καιρό αν και όχι τόσο πολύ, όπως και οι Li-Ion. Προσέξτε λοιπόν όταν τις αγοράζετε να είναι φρέσκιες! Μην τις αγοράζετε αν δεν πρόκειται να τις χρησιμοποιήσετε αμέσως. Αποθηκεύστε τις σε δροσερά μέρη. Μεταφορά τους μέσα στο αυτοκίνητο το καλοκαίρι με 45 βαθμούς, είναι ότι το χειρότερο, γιατί επιτείνει την γήρανση τους και την απώλεια χωρητικότητας.

§ Δεν είναι τόσο μακρόβιες όσο οι Ni-Cd και οι Ni-MH. Οι κατασκευαστές τις δίνουν για 500 κύκλους φορτίσεως (όπως δίνουν τις Ni-Cd για 1000 κύκλους) σίγουρα όμως ξέρουμε ότι αυτά τα νούμερα είναι κατά πολύ μικρότερα.

## 3.2 Ανακύκλωση

Η ανακύκλωση των συσσωρευτών προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας, κατά 70% της παραγωγής ισοδύναμου πρωτογενούς μολύβδου. Αντίστοιχο είναι και το όφελος από την ανακύκλωση των πλαστικών υλικών συσκευασίας των συσσωρευτών. Το παρακάτω σχήμα ροής αποτυπώνει τις βασικές φάσεις επεξεργασίας, των χρησιμοποιημένων συσσωρευτών, σε δευτερογενή μολυβδό.

### 3.2.1 Διαλογή - θραύση - διαχωρισμός των συσσωρευτών

Οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές συλλέγονται στις μονάδες ανακύκλωσης σε κατάλληλα διαμορφωμένους χώρους για μια πρώτη διαλογή και έλεγχο του φορτίου. Αυτή η φάση της διαλογής είναι αναγκαία για την απομάκρυνση πιθανών μη συμβατών υλικών (συσσωρευτές νικελίου - καδμίου, σιδηρούχα εξαρτήματα, διάφορα απορρίμματα). Οι συσσωρευτές φορτώνονται σε μεταφορικές ταινίες και μέσω χοάνης, αποστέλλονται σε χώρους θραύσης και τεμαχισμού τους.

Κατόπιν απομακρύνεται ο ηλεκτρολύτης και γίνεται διαχωρισμός και έκπλυση των πλαστικών και των μολυβδόχου μέρους των

συσσωρευτών. Στο τέλος της φάσης αυτής, έχουμε την πάστα μολύβδου, πλέγματα διαχωριστικού, τους πόλους του συσσωρευτή, mix πολυπροπυλενίου και πλαστικού. Η πάστα μολύβδου, σε μορφή λάσπης, ανακτάται στη μονάδα φιλτροπρεσών.

Η συνήθης συγκέντρωση σε μόλυβδο είναι περίπου 99% σε μεταλλική μορφή και ανακτάται μέσω οξειδοαναγωγής σε κυλινδρικούς φούρνους τήξης. Το διαχωριστικό πλέγμα και οι πόλοι οδηγούνται στο φούρνο τήξης. Το πολυπροπυλένιο στην έξοδο από τον διαχωριστή ανακτάται μέσω αεροδιαχωρισμού και επίπλευσης και αποστέλλεται για θρυμματισμό. Από το mix του πλαστικού ένα μέρος, κατόπιν εκπλυσης, καθαρό και χωρίς υπολείμματα υλικών πωλείται ως προϊόν στους κατασκευαστών πλαστικών. Ενώ το υπόλοιπο, στο μέγιστο μέρος πολυαιθυλένιο, ανακτάται ή αποστέλλεται για εναπόθεση.

### **3.2.2 Τήξη και αναγωγή των μεταλλικών ενώσεων**

Από τον φούρνο τήξης και αναγωγής εξάγουμε σε συνεχή ροή τον μόλυβδο και τις σκουριές.

Οι διεργασίες που λαμβάνουν μέρος σε αυτή την φάση, συνθετικά μπορούν να περιγραφούν :

- αναγωγή των οξειδίων και του θεικού μολύβδου, με άνθρακα
- ελευθέρωση του μολύβδου, ο οποίος βρίσκεται ως θεικός μόλυβδος, με χρήση ανθρακικού νατρίου και σιδήρου. Η θερμοκρασία λειτουργίας σε αυτή την φάση είναι μεγαλύτερη των 1.100 °C και επιτυγχάνεται με προσθήκη υγρού οξυγόνου, φυσικού αερίου ή diesel.

### **3.2.3 Καθαρισμός**

Ο μόλυβδος, ο οποίος εξέρχεται από τον φούρνο βρίσκεται στους 900 °C και πρέπει να καθαρισθεί για να αποκτήσει την επιθυμητό βαθμό καθαρότητας ή προστεθούν αντίστοιχα μέταλλα για την απόκτηση της επιθυμητής σύστασης ως κράμα. Τελικά οι διεργασίες που αναπτύσσονται σε αυτή τη φάση είναι :

- απομάκρυνση των επιφανειακών οξειδίων
- μερική ή ολική αφαίρεση του χαλκού
- μερική ή ολική αφαίρεση του κασσίτερου
- μερική ή ολική αφαίρεση του αντιμονίου

- ελεγχόμενη προσθήκη μεταλλικών στοιχείων για την επιθυμητή σύσταση κραμάτων

### **3.2.4 Επεξεργασία του ηλεκτρολύτη στις εγκαταστάσεις ανακύκλωσης**

Η επεξεργασία του ηλεκτρολύτη των συσσωρευτών ακολουθεί την εξής σχηματική διεργασία :

- συλλογή ηλεκτρολύτη συσσωρευτών και όξινων διαλυμάτων παραγωγής
- εξουδετέρωση διαλυμάτων
- επεξεργασία
- διαχωρισμός (οι λάσπες προωθούνται στους φούρνους ανάκτησης μολύβδου)
- κατακάθιση σε φίλτρα άμμου
- κλάσμα ως απόβλητο και οι υπόλοιπες ποσότητες οδεύουν προς επαναχρησιμοποίηση στην εγκατάσταση

Οι εγκαταστάσεις των μονάδων ανακύκλωσης λειτουργούν με αντίστοιχες φάσεις εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις ποσότητες και την οργάνωση εργασίας παραγωγής που απαιτείται για την ανακύκλωση των συσσωρευτών και την προστασία από την αέρια και υγρά ρύπανση.



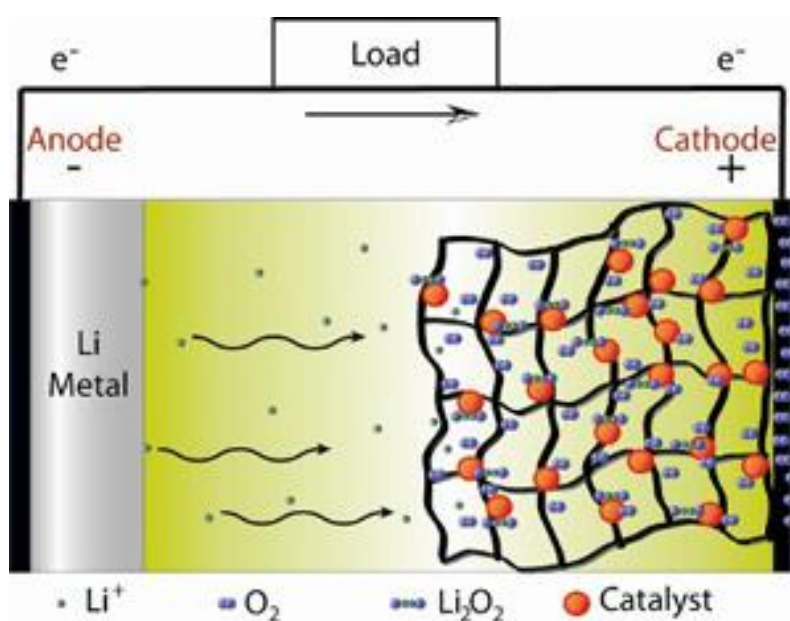
Εικόνα 39: Η διαδικασία ανακύκλωσης των μπαταριών

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

## ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

### 4.1 Μπαταρίες... αέρος στον ορίζοντα;

Ένα νέο επαναστατικό είδος μπαταρίας, η οποία τροφοδοτείται με αέρα, είναι σε θέση να αποθηκεύσει ενέργεια που θα διαρκεί από πέντε μέχρι και δέκα φορές περισσότερο χρόνο σε σχέση με τις σημερινές μπαταρίες λιθίου.



Εικόνα 40: Μπαταρία αέρος λιθίου - Δομή

Η υλοποίηση αυτών των μπαταριών, που προς το παρόν βρίσκονται στη φάση ανάπτυξης, θα ανοίξει το δρόμο για μια νέα γενιά ηλεκτρικών αυτοκινήτων, κινητών τηλεφώνων και άλλων φορητών συσκευών.

Η μπαταρία αναπτύσσεται στο πανεπιστήμιο του St. Andrews στη Σκωτία από ομάδα χημικών με επικεφαλής τον καθηγητή του Τμήματος Χημείας Πίτερ Μπρους, σε συνεργασία με επιστήμονες από τα βρετανικά πανεπιστήμια Νιούκασλ και Στραθκλάιντ. Η νέα μπαταρία, με την προσωρινή ονομασία STAIR (St. Andrews Air) μπορεί να βελτιώσει δραστικά την αποδοτικότητα των φορητών ηλεκτρονικών προϊόντων και παράλληλα να δώσει ώθηση στην βιομηχανία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς επιτρέπει τη συνεχή τροφοδοσία με ηλεκτρισμό από πηγές όπως ο άνεμος και ο ήλιος.

Η μπαταρία περιλαμβάνει μια πρόσθετη ουσία που χρησιμοποιεί οξυγόνο, το οποίο λαμβάνει από το περιβάλλον, στη θέση μιας άλλης χημικής ουσίας που σήμερα χρησιμοποιείται στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Η αφαίρεση αυτής της τελευταίας ουσίας επιτρέπει τη μείωση του μεγέθους και του βάρους των νέων μπαταριών. Η εισροή του οξυγόνου μέσα στη μπαταρία γίνεται από ένα σημείο της που είναι εκτεθειμένο στον αέρα.

Η νέα μπαταρία αέρα μπορεί να είναι επίσης φθηνότερη από τις σημερινές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, καθώς το νέο υλικό (πορώδης άνθρακας) είναι πολύ φθηνότερο σε σχέση με το υλικό που αντικαθιστά (οξειδίο κοβαλτίου-λιθίου).

Η ερευνητική εργασία πάνω στη νέα μπαταρία βρίσκεται σε εξέλιξη προς το παρόν και έχει ξεπεράσει τις προσδοκίες των ερευνητών, όπως δήλωσαν. Υπολογίζουν πάντως ότι θα χρειαστούν τουλάχιστον πέντε χρόνια μέχρι η καινοτομική μπαταρία να διατεθεί στο εμπόριο. Σε πρώτη φάση η βρετανική επιστημονική ομάδα θα δημιουργήσει μια μικρή μπαταρία για κινητά τηλέφωνα και MP3s.

## **4.2 Tesla Powerwall: ανακαλύφθηκε νέα μαγική μπαταρία για οικιακή χρήση**

Ο Elon Musk, χαρισματικός CEO της Tesla Motors παρουσίασε το όραμα του για την μελλοντική τροφοδότηση των σπιτιών μας με πράσινη ενέργεια. Το όραμα αυτό ονομάζεται Powerwall και αποτελεί μια οικιακή μπαταρία ιόντων λιθίου, η οποία θα αναλάβει να καλύψει τις πλήρεις ενεργειακές ανάγκες μιας σύγχρονης κατοικίας, απαλλάσσοντας την παντελώς από την ανάγκη για σύνδεση με το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Τα Powerwalls θα κυκλοφορήσουν σε δύο εκδόσεις, μια των **7kWh** και μία των **10KWh** με **δυνατότητα κάλυψης των ενεργειακών αναγκών ενός σπιτιού** ή μιας μικρής επιχείρησης. Ουσιαστικά οι μπαταρίες αυτές θα φορτίζονται την ημέρα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ηλιακά πάνελ και θα τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια τις συσκευές μας.





**Εικόνα 41: Η μπαταρία της Tesla Powerwall**

Το μικρό μέγεθος, η υψηλή απόδοση και ο «πράσινος» χαρακτήρας των νέων αυτών μπαταριών, αναμένεται, σύμφωνα με την εταιρεία, να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο ο κόσμος καταναλώνει την ηλεκτρική ενέργεια.

Αρχικά η διάθεση των Powerwalls θα ξεκινήσει από την Αμερική σύντομα όμως οι θαυματουργές πηγές ενέργειας θα λανσαριστούν και στην παγκόσμια αγορά. Η τιμή της Powerwall 7kWh θα είναι 3.000 δολάρια, ενώ η μεγαλύτερη των 10kWh θα κοστίζει περί τα 3.500 δολάρια. Με τη βοήθεια της μπαταρίας της Tesla, η εταιρεία θεωρεί ότι οι καταναλωτές θα μπορούσαν να πάρουν μια οικονομική ανάσα, ελαφρύνοντας σημαντικά τον λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος, κή. Εξάλλου η σχεδίαση των Powerwall είναι ιδιαίτερα προσεγμένη και μπορούν να τοποθετηθούν επιτοίχια ακόμα και εντός του σπιτιού μας, καθώς μοιάζουν με γλυπτά!...

### **4.3 Έτοιμη η μπαταρία που... αναπνέει!**

Επαναφορτίζεται περισσότερες από 2.000 φορές και έχει μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα και αποδοτικότητα

Η νέα μπαταρία υπόσχεται επανάσταση σε πολλούς τομείς. Credit: (Eyematrix / Fotolia). Ένα σημαντικό βήμα για τη δημιουργία μιας μπαταρίας που «αναπνέει», έκαναν επιστήμονες στη Βρετανία. Δημιούργησαν μια μπαταρία λιθίου-οξυγόνου, η οποία μπορεί να επαναφορτισθεί περισσότερες από 2.000 φορές και έχει μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα και αποδοτικότητα (πάνω από 90%), ώστε να ανταγωνίζεται ακόμη και τη βενζίνη. Όμως θα χρειασθεί ακόμη αρκετός χρόνος, εφότου η μπαταρία νέας γενιάς αποτελέσει αξιόπιστη εναλλακτική λύση για τις μπαταρίες λιθίου-ιόντων.

#### **Η χημική αντίδραση**

Οι μπαταρίες λιθίου-οξυγόνου, γνωστές και ως μπαταρίες λιθίου-αέρα (εξ ου και ο χαρακτηρισμός ότι «αναπνέουν») παράγουν ενέργεια από την χημική αντίδραση του μετάλλου λιθίου με το οξυγόνο. Θεωρούνται οι «απόλυτες» μπαταρίες, καθώς έχουν δεκαπλάσια ενεργειακή δυνατότητα σε σχέση με τις σημερινές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου-ιόντων, οι οποίες δημιουργήθηκαν το 1991. Όμως μέχρι σήμερα διάφορες τεχνικές δυσκολίες εμποδίζουν την ανάπτυξη των «αέρινων» μπαταριών επόμενης γενιάς.

Μερικά τουλάχιστον από αυτά τα εμπόδια φαίνεται πως πλέον ξεπεράσθηκαν, χάρη και στη χρήση γραφένιου αντί για γραφίτη στο ηλεκτρόδιο της νέας μπαταρίας. Ανοίγει έτσι ο δρόμος για την μελλοντική πρακτική αξιοποίηση των μπαταριών λιθίου-αέρα. Μια τέτοια μπαταρία θα είναι συγκρίσιμη με τη βενζίνη από άποψη ενεργειακής αποδοτικότητας, επιτρέποντας σε ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο να διασχίζει μεγάλες αποστάσεις (650 έως 800 χιλιομέτρων) με μια μόνο φόρτιση.

#### **Οι δυσκολίες**

Πάντως, οι ερευνητές, με επικεφαλής την καθηγήτρια **Κλερ Γκρέι** του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Κέμπριτζ, που έκαναν τη σχετική δημοσίευση στην επιθεώρηση «Science», ανέφεραν ότι δεν έχουν ξεπερασθεί ακόμη όλες οι τεχνικές δυσκολίες. Γι' αυτό, εκτίμησαν ότι μια εμπορικά αξιοποιήσιμη μπαταρία λιθίου-αέρα θα χρειασθεί τουλάχιστον μία δεκαετία για να βγει στην αγορά.

Ένα βασικό πρόβλημα που παραμένει, είναι ότι η μπαταρία λειτουργεί με καθαρό οξυγόνο, ενώ ο αέρας γύρω μας περιέχει οξυγόνο μόνο 21%, καθώς επίσης άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλες ουσίες, που προξενούν ζημιά στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο της μπαταρίας. Ήδη πάντως το Πανεπιστήμιο του Κέμπριτζ έχει κατοχυρώσει τη σχετική πατέντα για τη νέα τεχνολογία και σκοπεύει να την αξιοποιήσει εμπορικά μέσω της θυγατρικής του Cambridge Enterprise.

#### **4.4 Η πρώτη πυρηνική μπαταρία που λειτουργεί με ακτινοβολία-βήτα και νερό – Ραδιόλυση**

Μια **πυρηνική μπαταρία** μακράς διάρκειας και υπερυψηλών **επιδόσεων** που βασίζεται σε ένα διάλυμα με κύριο συστατικό το **νερό** ανέπτυξαν επιστήμονες του αμερικανικού Πανεπιστημίου του Μισσούρι.

Αναλυτικότερα, η μπαταρία χρησιμοποιεί το ραδιενεργό ισότοπο **Στρόντιο-90** που ενισχύει την ηλεκτροχημική ενέργεια σε ένα διάλυμα που βασίζεται στο νερό. Την ηλεκτροχημική ενέργεια συλλέγει και μετατρέπει σε ηλεκτρική ένα ηλεκτρόδιο αποτελούμενο από **νανοδομές διοξειδίου του τιτανίου** με επικάλυψη πλατίνας, το οποίο λειτουργεί ως καταλύτης για την χημική διάσπαση του νερού.

Ο καταλύτης συνδυαστικά με την ακτινοβολία διαλύει το νερό σε χημικές ενώσεις του οξυγόνου. Ως αποτέλεσμα, όταν η φορτισμένη ακτινοβολία-βήτα διαπερνά την πλατίνα και το **νανοπορώδες διοξείδιο του τιτανίου** παράγονται ζεύγη ηλεκτρονίων εντός του διοξειδίου του τιτανίου, δημιουργώντας μια ροή ηλεκτρονίων και κατά συνέπεια ένα ηλεκτρικό ρεύμα.

Πρόκειται για την **πρώτη μπαταρία** που εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα της **ραδιόλυσης** (διάσπαση νερού με ακτινοβολία) για να παράξει ένα ηλεκτρικό ρεύμα σε υψηλότερα επίπεδα ενέργειας και χαμηλότερες θερμοκρασίες απ'ότι είχε επιτευχθεί στο παρελθόν.

«Το νερό λειτουργεί ως ρυθμιστής και τα επιφανειακά πλασμόνια που δημιουργούνται στη συσκευή αποδείχθηκαν πολύ χρήσιμα στην αύξηση της αποδοτικότητας» δήλωσε σχετικά ο Τζάε Κουόν, επίκουρος καθηγητής Ηλεκτρολογίας της Σχολής Μηχανικής του πανεπιστημίου.

Δεδομένου ότι το **ιοντικό διάλυμα** δεν παγώνει εύκολα σε συνθήκες χαμηλών θερμοκρασιών, η τεχνολογία μπορεί να αξιοποιηθεί σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, από τις μπαταρίες αυτοκινήτων ως τις διαστημικές πτήσεις.

Τα «*betavoltaics*», η τεχνολογία μπαταριών που παράγουν ενέργεια από ακτινοβολία, μελετώνται ως πηγή ενέργειας από τη δεκαετία του 1950. Όπως δηλώνει ο Κουόν «οι ελεγχόμενες πυρηνικές τεχνολογίες δεν είναι εγγενώς επικίνδυνες. Έχουμε ήδη πολλές εμπορικές χρήσεις πυρηνικών τεχνολογιών στις ζωές μας, όπως οι ανιχνευτές φωτιάς σε υπνοδωμάτια και οι ενδείξεις εξόδων κινδύνου στα κτήρια».

Συγκριτικά, οι **φωτοβολταϊκές κυψέλες** χρησιμοποιούν έναν παρόμοιο μηχανισμό για τη μεταφορά ενέργειας μέσω ζευγών ηλεκτρονίων, αλλά πολύ λίγες ελεύθερες ρίζες παράγονται διότι η ενέργεια των φωτονίων πηγάζει από το ορατό φάσμα του φωτός με συνέπεια τα επίπεδα ενέργειας να είναι χαμηλότερα.

Αντίθετα, η **ακτινοβολία-βήτα που πηγάζει από το στρόντιο** έχοντας την ικανότητα να βελτιώνει της χημικές αντιδράσεις παραγωγής ελεύθερων ριζών σε υψηλότερα επίπεδα ενέργειας των ηλεκτρονίων, αποτελεί έναν πολύ αποδοτικότερο τρόπο παραγωγής ενέργειας, αξιόπιστα και για μακρά διάρκεια.

Η έρευνα με τίτλο «*Plasmon-assisted radiolytic energy conversion in aqueous solutions*» δημοσιεύεται στην επιθεώρηση Nature.

## 4.5 Μπαταρία υψηλής απόδοσης δουλεύει με ζάχαρη!

Επιστήμονες στις ΗΠΑ κατασκεύασαν μια υψηλής απόδοσης μπαταρία που δουλεύει με ζάχαρη. Αν και δεν είναι η πρώτη φορά που επιχειρείται κάτι τέτοιο, η νέα μπαταρία είναι πολύ πιο αποδοτική ενεργειακά από οποιαδήποτε άλλη του είδους της έχει αναπτυχθεί μέχρι σήμερα. Γι' αυτό ακριβώς ενδεχομένως κάποια στιγμή να αντικαταστήσει τις συμβατικές μπαταρίες με άλλες «ζαχαρένιες», που θα είναι φθηνότερες, επαναφορτιζόμενες και βιοδιασπώμενες, συνεπώς πιο φιλικές προς το περιβάλλον.

Οι ερευνητές, με επικεφαλής τον καθηγητή μηχανικής βιολογικών συστημάτων Πέρσιβαλ Ζανγκ του Πολυτεχνικού Ινστιτούτου της Βιρτζίνια (Virginia Tech), που έκαναν τη σχετική δημοσίευση στο περιοδικό «Nature Communications», αισιοδοξούν ότι το πολύ σε μια τριετία οι μπαταρίες τους θα χρησιμοποιούνται σε κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές-ταμπλέτες και διάφορες άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

«Η ζάχαρη αποτελεί την τέλεια ουσία για αποθήκευση ενέργειας στη φύση» δήλωσε ο Πέρσιβαλ Ζανγκ. «Έτσι, είναι λογικό να προσπαθούμε να χειραγωγήσουμε αυτήν τη φυσική δυνατότητά της με έναν φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο, ώστε να παράγουμε μια μπαταρία» πρόσθεσε. Δισεκατομμύρια μπαταρίες, που περιέχουν τοξικές ουσίες, πετιούνται κάθε χρόνο σε όλο τον κόσμο, συνιστώντας κίνδυνο για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Οι ερευνητές ανέπτυξαν μια σειρά συνθετικών ενζύμων που δεν υπάρχουν στη φύση, τα οποία μεταφέρουν το εν δυνάμει ηλεκτρικό φορτίο από τα σάκχαρα σε μια ενζυματική κυψέλη καυσίμων. Στη συνέχεια, άλλα φθηνά ένζυμα χρησιμοποιούνται ως βιοκαταλύτες, στη θέση της δαπανηρής πλατίνας που χρησιμοποιείται στις συμβατικές μπαταρίες.

Όπως όλες οι κυψέλες καυσίμων, η «ζαχαρένια» μπαταρία συνδυάζει το καύσιμο (στη συγκεκριμένη περίπτωση τη μαλτοδεξτρίνη, έναν πολυσακχαρίτη που παράγεται από τη μερική υδρόλυση του αμύλου) με τον αέρα, για να παράγει ηλεκτρισμό και νερό ως βασικό υποπροϊόν. «Απελευθερώνουμε όλα τα φορτία των ηλεκτρονίων, που είναι αποθηκευμένα στο διάλυμα του σακχάρου, με μια αργή βήμα-βήμα διαδικασία, με τη χρήση διαφόρων ενζύμων» ανέφερε ο Π. Ζανγκ.

Αντίθετα με άλλες κυψέλες καυσίμων που χρησιμοποιούν υδρογόνο ή μεθανόλη, το διάλυμα του σακχάρου που χρησιμοποιείται ως καύσιμη πρώτη ύλη δεν είναι ούτε εκρηκτικό ούτε εύφλεκτο, ενώ έχει μεγαλύτερη ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας. Επίσης, τόσο τα ένζυμα όσο και τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι βιοδιασπώμενα.

Ακόμα, καθώς με το πέρασμα του χρόνου αναλώνεται το σάκχαρό της, η μπαταρία μπορεί να ανανεωθεί με την προσθήκη νέου καυσίμου (σακχάρου), όπως κανείς ξαναγεμίζει με μελάνη μια άδεια «κεφαλή» εκτυπωτή.

#### **4.6 Tesla: Επανάσταση στην ηλεκτρική ενέργεια**

Μία εταιρεία με ιστορία μόλις 11 ετών αλλάζει τα δεδομένα στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι νέες μπαταρίες Powerwall δίνουν τη δυνατότητα απελευθέρωσης των ιδιωτών από τα εθνικά δίκτυα με αποθήκευση του ρεύματος. Κλειδί είναι το σχετικά χαμηλό τους κόστος.

Η Tesla Motors, η εταιρεία ηλεκτρικών οχημάτων της Silicon Valley, προχωρά σε ένα μεγάλο στοίχημα στην αποθήκευση οικιακής ηλεκτρικής ενέργειας, επισημαίνοντας την εντεινόμενη δυναμική που αναπτύσσεται στη μεγαλεπήβολη αλλαγή της παγκόσμιας αγοράς ηλεκτρισμού.



**Εικόνα 42:μεγάλη αυτονομία στην αυτοκίνηση**

Η Tesla, της οποίας ηγείται ο επιχειρηματίας Elon Musk, ανακοίνωσε την κατασκευή νέων μπαταριών για οικιακή, αλλά και για επιχειρηματική χρήση οι οποίες θα επιτρέπουν στους πελάτες να αποθηκεύουν την ενέργεια που δημιουργούν οι ίδιοι.

Μέχρι πρότινος, το υψηλό κόστος των μπαταριών δεν ήταν βιώσιμο για τους περισσότερους πιθανούς χρήστες, όμως οι τιμές κινούνται πτωτικά προς ένα σημείο το οποίο για πολλούς αναλυτές επιτρέπει πλέον την ευρύτερη χρήση.

Ο Jonathan Mir της Lazard εκτιμά ότι εάν το κόστος αποθήκευσης υποχωρήσει όπως υποχώρησε το κόστος της ηλιακής ενέργειας την τελευταία δεκαετία τότε **«αυτό μπορεί να αλλάξει τον κόσμο»**. «Η αποθήκευση ενέργειας είναι πραγματικά το Ιερό Δισκοπότηρο για τις ανανεώσιμες πηγές. Θέλουμε να χρησιμοποιούμε πολύ περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια που να μην παράγεται από άνθρακα, αλλά δεν μπορούμε να φτάσουμε εκεί εάν δεν έχουμε μεγαλύτερη διείσδυση σε ανταγωνιστικές λύσεις αποθήκευσης ενέργειας».

Η συγκεκριμένη αγορά για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας αναπτύσσεται ταχύτατα. Οι ΗΠΑ αναμένεται να εγκαταστήσουν φέτος 220 megawatt, από 62 τον προηγούμενο χρόνο σύμφωνα με τα στοιχεία της GTM Research.

Η μπαταρία της Tesla λέγεται Powerwall, χρησιμοποιεί κανονική τεχνολογία ιόντων λιθίου και βγαίνει σε δύο μεγέθη: σε μία μονάδα 10 kWh που στοιχίζει 3.500 δολ. και έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει εφεδρική ενέργεια στο παραδοσιακό δίκτυο ηλεκτροδότησης και σε μία **μονάδα 7 Kwh που στοιχίζει 3.000 δολ. η οποία θα στηρίξει σπίτια με ηλιακά πάνελ** να διαχειρίζονται την καθημερινή ροή της παροχής ενέργειας. Οι μπαταρίες αυτές θα έχουν 10ετή εγγύηση.

Με την παρουσίαση στο Λος Άντζελες, ο κ. Musk χαρακτήρισε την Tesla Energy «το κομμάτι που έλειπε» στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει «σε θεμελιώδη μεταμόρφωση του τρόπου με τον οποίο λειτουργεί ο κόσμος». Δήλωσε επίσης πως το Powerwall «δείχνει σαν ένα όμορφο άγαλμα στον τοίχο».

Η αυξημένη διαθεσιμότητα λύσεων για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας από την Tesla και άλλες επιχειρήσεις, όπως η AES, η Aleva και η LG Chem, θα μπορούσε να οδηγήσει σε **επανάσταση** στην αγορά, αυξάνοντας τη χρήση κατανεμημένης παραγωγής μικρής κλίμακας, ενώ παράλληλα αποφεύγεται η ανάγκη για μεγάλα και δαπανηρά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.

Οι οικιακές μπαταρίες αναμένεται να γίνουν πολύ δημοφιλείς στη Γερμανία όπου οι δομές είναι τέτοιες ώστε οι καταναλωτές με ηλιακά πάνελ να μπορούν να αποθηκεύουν και να χρησιμοποιούν το βράδυ την ηλιακή ενέργεια που συγκεντρώνουν τις πρωινές ώρες. Δύο γερμανικές επιχειρήσεις, η Sonnenbatterie και η IBC Solar, ήδη πουλούν μπαταρίες για οικιακή χρήση.

Οι αναλυτές αναφέρουν ότι το πλεονέκτημα της Tesla είναι πως η τιμή της δικής της μπαταρίας είναι χαμηλότερη από το φθηνότερο σύστημα που είναι γενικά διαθέσιμο στις ΗΠΑ.

Ο Peter Rive της SolarCity, της εταιρείας οικιακών ηλιακών πάνελ της οποίας πρόεδρος είναι ο κ. Musk, δήλωσε ότι η εταιρία του θα προσφέρει τα ηλεκτρικά συστήματα για το Powerwall των 10 kWh στις ΗΠΑ έναντι μόλις 5.000 δολ. Προσέθεσε πως σε αυτήν την τιμή, είναι **φθηνότερο από τις γεννήτριες diesel** που χρησιμοποιούνται για περιπτώσεις διακοπής του ρεύματος και οποίες στοιχίζουν περί τα 5.000 δολ. – 8.000 δολ. με την πλήρη εγκατάσταση.

Προς το τέλος της δεκαετίας εκτιμά ότι το κόστος θα μειωθεί σε τέτοιο βαθμό, που η SolarCity θα προσφέρει όλα της τα ηλιακά συστήματα με δυνατότητα αποθήκευσης της ενέργειας και έτσι θα προσφέρει ηλεκτρικό ρεύμα πολύ φθηνότερο από ό,τι μέσω των εθνικών δικτύων.

«Είμαστε πολύ βέβαιοι για αυτό» δήλωσε και συμπλήρωσε: «Δεν θα μου έκανε εντύπωση εάν βλέπαμε το κόστος της αποθήκευσης να μειώνεται κατά το ήμισυ μέσα στα επόμενα δύο χρόνια».

Ο Dean Frankel, του Lux Research, δήλωσε πως το Powerwall της Tesla, συμπεριλαμβανομένου και του επιπλέον εξοπλισμού που μπορεί να χρειάζεται, θα είναι τουλάχιστον 10% φθηνότερο από οποιοδήποτε άλλο σύστημα στην αγορά. Ακόμη κι έτσι, οι αναλυτές υποστηρίζουν πως σε αρκετές περιπτώσεις, το ρεύμα που θα προσφέρει θα είναι ακριβότερο από το ρεύμα του δικτύου.

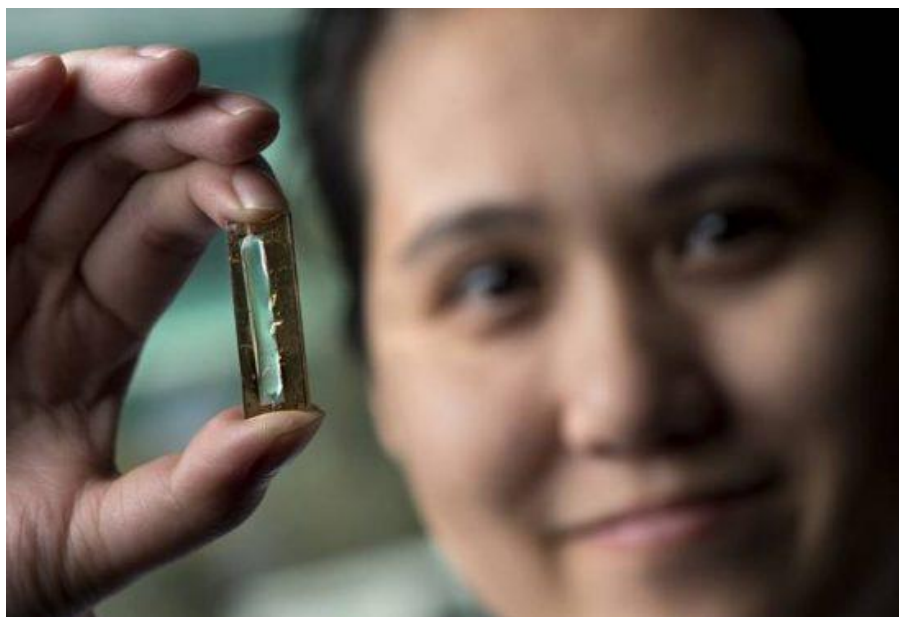
Οι μπαταρίες τελικά θα παράγονται στο νέο «εργοστάσιο γίγας» της Tesla στη Νεβάδα, του οποίου η κατασκευή μόλις ξεκίνησε σε κοινοπραξία με την Panasonic. Το εργοστάσιο (επένδυση 5 δισ. δολ.) στοχεύει στην εξοικονόμηση κόστους που απαιτείται για την παροχή μπαταριών για τη νέα τεράστια αγορά ηλεκτρικών αυτοκινήτων της Tesla και επίσης θα έχει τη δυνατότητα να εξυπηρετεί τη σταθερή αγορά αποθήκευσης ενέργειας.

Ο κ. Frankel δήλωσε πως η μείωση του κόστους των μπαταριών θα είναι κρίσιμη για την επιτυχία της Tesla στην αγορά. «Κανείς μέχρι



σήμερα δεν έχει παραγάγει χιλιάδες μονάδες μπαταριών που να δείχνουν όλες ίδιες και να μπορούν να παραχθούν μαζικά ώστε να επιτυγχάνεται οικονομία κλίμακος» συμπλήρωσε.

#### **4.7 Μπαταρία που διαρκεί για πάντα ανακαλύφθηκε κατά λάθος**



**Εικόνα 43: Το πρωτότυπο της μπαταρίας**

Ερευνητές του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια στο Ιρβίν (UCI) χρησιμοποίησαν χρυσό και διάφορα άλλα πιο εξωτικά υλικά για να κατασκευάσουν μια μπαταρία νανοκαλωδίων που διατηρεί την αποδοτικότητά της μετά από εκατοντάδες χιλιάδες κύκλους φόρτισης.

Οι συγκρίσεις με τις συμβατικές μπαταρίες λιθίου-ιόντων περιττεύουν. Το καλύτερο, όμως, είναι ότι η εφεύρεση της μπαταρίας που υπόσχεται να αλλάξει το μέλλον της αποθήκευσης ενέργειας έγινε κατά λάθος.

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες λιθίου έχουν φθίνουσα αποδοτικότητα μετά από μερικές εκατοντάδες φορτίσεις. Το βλέπουμε στα έξυπνα κινητά τηλέφωνα που από ένα σημείο και μετά πρέπει να φορτίζονται σε καθημερινή βάση.

Η νέα μπαταρία που βασίζεται σε μια εξελιγμένη νανοκαλωδίωση υποβλήθηκαν σε δοκιμές επί τρεις ολόκληρους μήνες. Συγκριτικά με τους 5.000 ως 7.000 κύκλους φόρτισης που αντέχουν οι μπαταρίες

λιθίου προτού πάνε για ανακύκλωση, η μπαταρία νανοκαλωδίων φορτίστηκε 200.000 φορές μέσα σε τρεις μήνες χωρίς να απολέσει την αποδοτικότητά της, αλλά και χωρίς να προκληθούν βλάβες στην καλωδίωση.

Εδώ και καιρό, ερευνητές μηχανικοί σε όλο τον κόσμο πασχίζουν να ενσωματώσουν νανοκαλώδια σε συμβατικές μπαταρίες χωρίς να το επιτυγχάνουν λόγω της εύθραυστης φύσης των καλωδίων.

Η ομάδα του UCI κατασκεύασε ειδικά προστατευμένα νανοκαλώδια, με έναν λεπτό πυρήνα χρυσού περιβεβλημένο από διαδοχικά στρώματα διοξειδίου του μαγγανίου και ως ηλεκτρολύτη χρησιμοποίησε μια γέλη σαν χυτό ακρυλικό υλικό (πλεξιγκλάς).

Ο επικεφαλής της ομάδας, χημικός του UCI, Ρέτζιναλντ Πέννερ χαρακτήρισε «τρελή» την καινοτομία σχολιάζοντας την αποδοτικότητά της συγκριτικά με τα συμβατικά μέσα αποθήκευσης ενέργειας.

Το καλυμμένο ηλεκτρόδιο παρέχει την απαραίτητη ευκαμψία παράλληλα με ανθεκτικότητα και διατήρηση του σχήματος.

Η ανακάλυψη έγινε κατά λάθος όταν η ερευνήτρια Μία Λε Τάι πειραματιζόταν με διάφορα υλικά, κάλυψε με τη γέλη το νανοκαλώδιο και άρχισε να το φορτίζει. Τότε διαπίστωσε ότι μπορούσε να το κάνει χιλιάδες φορές χωρίς να χάνεται η αποδοτικότητα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Duncan W. Bruce, Dermot O'Hare, Richard I. Walton, Energy materials, Εκδότης Wiley, 2011
- Linden David, Handbook of batteries and fuel cells, Εκδότης McGraw-Hill, 1984
- <http://www.sydesys.gr/syssoreytes.asp> (Ανάκτηση 27/3/2016)
- <http://jkon.aeromodelling.gr/ninter-073a.htm> ((Ανάκτηση 27/4/2016)
- <http://www.ofse.gr/?p=428>(Ανάκτηση 10/4/2016)
- <http://jkon.aeromodelling.gr/ninter-073b.htm>(Ανάκτηση 05/3/2016)
- <http://www.sydesys.gr/diadikasia-anakyklosis.asp>(Ανάκτηση 13/4/2016)
- <http://apibattery.com/services/battery-recycling/>(Ανάκτηση 15/7/2016)
- <http://www.enet.gr/?i=news.el.article&id=45830>(Ανάκτηση 30/6/2016)
- <http://www.thetoc.gr/texnologia/article/tesla-powerwall-anakalufthike-nea-magiki-mpataria-gia-oikiaki-xrisi>(Ανάκτηση 10/5/2016)
- <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=749886>(Ανάκτηση 8/5/2016)
- <http://www.econews.gr/2014/09/19/pyriniki-mpataria-nero-117651/>(Ανάκτηση 11/6/2016)
- <http://www.zougla.gr/kosmos/article/mpataria-ipsilis-apodosis-doulevi-me-zaxari>(Ανάκτηση 13/7/2016)
- [http://www.euro2day.gr/ftcom\\_gr/article-ft-gr/1329940/tesla-epanastash-sthn-oikiakh-hlektrikh-energeia.html](http://www.euro2day.gr/ftcom_gr/article-ft-gr/1329940/tesla-epanastash-sthn-oikiakh-hlektrikh-energeia.html)(Ανάκτηση 11/7/2016)
- <http://www.findtube.gr/mystery/183-bataria-bagdatis.html>(Ανάκτηση 27/4/2016)
- <http://www.aeromodelistis.com/smfgr/index.php?topic=5559.0;wap2>(Ανάκτηση 16/4/2016)
- <http://vicfrank13.tumblr.com/post/68092284261/entry-1-luigi-galvani>(Ανάκτηση 27/3/2016)
- <http://www.noesis.edu.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82/%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1/%CE%BC%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1/> (Ανάκτηση 14/5/2016)

- <http://www.psarema-skafos.gr/ell/product/%CE%97-%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BC%CF%80%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1%CF%82>. (Ανάκτηση 19/5/2016)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Daniell\\_cell](https://en.wikipedia.org/wiki/Daniell_cell) (Ανάκτηση 3/6/2016)
- <http://kids.britannica.com/comptons/art-106623/In-1866-Georges-Leclanche-invented-a-dry-cell-that-uses?> (Ανάκτηση 3/6/2016)
- <http://www.upsbatterycenter.com/blog/what-is-a-dry-cell-battery/> (Ανάκτηση 3/6/2016)
- <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/drycellbattery.html> (Ανάκτηση 3/6/2016)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Conrad\\_Hubert](https://en.wikipedia.org/wiki/Conrad_Hubert) (Ανάκτηση 3/6/2016)
- <http://insider.si.edu/2015/05/unplugged-5-batteries-that-gave-the-world-a-jolt/> (Ανάκτηση 3/6/2016)
- <http://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/resource/view.php?id=896> (Ανάκτηση 28/6/2016)
- [http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/batteries\\_zn\\_c.php](http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/batteries_zn_c.php) (Ανάκτηση 28/6/2016)
- <http://9lyk-thess.thess.sch.gr/Batteries/zinc-carbon.htm> (Ανάκτηση 13/6/2016)
- [http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/batteries\\_alkaline\\_mno.php](http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/batteries_alkaline_mno.php) (Ανάκτηση 24/6/2016)
- <http://www.ustudy.in/node/3013> (Ανάκτηση 15/7/2016)
- <http://www.baj.or.jp/e/knowledge/structure.html> (Ανάκτηση 23/7/2016)
- <http://www.caroto.gr/2011/02/20/battery-technology/> (Ανάκτηση 14/7/2016)
- <http://dev.phaesun.com/components/product-range/product-detail/batteries/gel-batteries/intact-gel-power-batteries/battery-intact-gel-power-16.html> (Ανάκτηση 19/8/2016)
- <http://nacnud8.tripod.com/solidstatelithiumbattery/> (Ανάκτηση 26/8/2016)
- <http://www.airmodellng.gr/%CF%84%CE%BF-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%B7%CE%BD%CE%B1> (Ανάκτηση 27/8/2016)
- [http://auto-tec.blogspot.gr/2014/01/blog-post\\_23.html](http://auto-tec.blogspot.gr/2014/01/blog-post_23.html) (Ανάκτηση 25/7/2016)

- <http://sciencewatch.com/articles/lithium-air-batteries-are-great-so-are-their-problems> (Ανάκτηση 26/7/2016)