

Ενεργειακή Κρίση σε Σεληνιακή Τροχιά

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ



LunarSAT DT/G

Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Φυσικής

e-mail: lunarsat@cc.uoa.gr

web: <http://www.cc.uoa.gr/lunarsat>

Στο κείμενο αυτό περιλαμβάνονται πληροφορίες για τα παρακάτω θέματα:

- Ηλιακά κύτταρα
- Μπαταρίες
- Αστροναυτική
- LunarSAT
- Περιεχόμενα του εκπαιδευτικού πακέτου



Ηλιακά Κύτταρα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα ηλιακό κύτταρο αποτελείται κατά βάση από ημιαγωγούς. Τι είναι όμως αυτοί;

Όπως λέει και η ίδια η λέξη ένας ημιαγωγός δεν είναι ούτε αγωγός ούτε όμως και μονωτής. Γενικά έχει λιγότερα ελεύθερα ηλεκτρόνια από τους αγωγούς και περισσότερα από τους μονωτές. Οι ημιαγωγοί έχουν το χαρακτηριστικό ότι αρκεί μικρό ποσό ενέργειας ώστε να έχουμε σημαντική αύξηση του αριθμού των ελευθέρων ηλεκτρονίων και αυτό μπορούμε να το εκμεταλλευτούμε.

Η αγωγιμότητα ενός ημιαγωγού προφανώς εξαρτάται άμεσα από τον αριθμό των ελευθέρων ηλεκτρονίων. Πρέπει να γίνει κατανοητό το εξής: όταν ένα άτομο χάνει ένα ηλεκτρόνιο αυτόματα το άτομο μετατρέπεται σε θετικά φορτισμένο ιόν. Δεν μπορούμε να έχουμε σε καμιά περίπτωση έναν κρύσταλλο με μόνο ηλεκτρόνια ή μόνο θετικά ιόντα.

Αν τώρα σε έναν κρύσταλλο κάποιου τετρασθενούς στοιχείου εισάγουμε τεχνητά άτομα κάποιου άλλου τρισθενούς ή πεντασθενούς στοιχείου η παραπάνω ισορροπία θα διαταραχθεί. Έτσι έχουμε δύο περιπτώσεις-ήδη ημιαγωγών: αυτούς που προέρχονται από πρόσμιξη τρισθενούς στοιχείου (και αυτούς από εδώ και πέρα θα τους ονομάζουμε **ημιαγωγούς τύπου p**) και αυτούς που προέρχονται από πρόσμιξη πεντασθενούς στοιχείου (και αυτούς από εδώ και πέρα θα τους ονομάζουμε **ημιαγωγούς τύπου n**).

Φανταστείτε τώρα ότι φέρνουμε σε στενή επαφή έναν ημιαγωγό τύπου **p** με έναν τύπου **n**. Η μεταξύ τους ένωση χαρακτηρίζεται από μια διαφορά δυναμικού που οφείλεται στο διαφορετικό αριθμό ελευθέρων ηλεκτρονίων των δύο κρυστάλλων.

Μια ιδιότητα αυτής της επαφής (**p-n επαφή**) είναι η "ευαισθησία" της στο φως. Όταν φως πέφτει πάνω σε μια τέτοια περιοχή, η ενέργεια των φωτεινών ακτίνων είναι αρκετή ώστε να προκαλέσει απόσπαση ηλεκτρονίων από κάποια άτομα του ημιαγωγού. Αυτά όμως τα ηλεκτρόνια θα επιταχυνθούν από τη διαφορά δυναμικού που περιγράψαμε παραπάνω. Έτσι στα άκρα των ημιαγωγών (της p-n επαφής) θα εμφανιστεί κάποια τάση, και αν η επαφή είναι μέρος κάποιου ηλεκτρικού κυκλώματος τότε η επαφή θα λειτουργεί ως πηγή ρεύματος, μετατρέποντας την φωτεινή ενέργεια σε ηλεκτρική.

ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Στις μέρες μας κανένας δεν ρωτάει "Ηλιακό κύτταρο; Τι είναι αυτο;". Κάθε λεξικό μπορεί να μας πληροφορήσει ότι οι ημιαγωγοί αυτοί μας δίνουν τη δυνατότητα να πάρουμε ηλεκτρική ενέργεια απευθείας από τον Ήλιο. Αλλά πως δουλεύει ένα ηλιακό κύτταρο;

Ορισμοί

Μια μικρή συλλογή από τα πιο σημαντικά θέματα που θα διαβάσετε είναι:

Ημιαγωγοί

Από τον καιρό που ανακαλύφθηκαν, οι ημιαγωγοί έχουν τον κυρίαρχο ρόλο στην ηλεκτρονική. Οι πιο σημαντικοί ημιαγωγοί είναι η Σιλικόνη (Πυρίτιο, **Si**) και το Γερμάνιο (**Ge**).

Το χαρακτηριστικό που κάνει τα μέταλλα αυτά τόσο ιδιαίτερα και σημαντικά είναι ότι δεν είναι ούτε αγωγοί ούτε μονωτές του ηλεκτρικού ρεύματος. Σε χαμηλές θερμοκρασίες γίνονται μονωτές και σε υψηλότερες ξαφνικά μετατρέπονται σε αγωγούς. Ο λόγος αυτής της περίεργης συμπεριφοράς είναι το ενεργειακό χάσμα ανάμεσα στα δέσμια ηλεκτρόνια (σθένους) και τα αγωγήμα ηλεκτρόνια (ρεύματος) τα οποία είναι ελεύθερα να κινούνται ανάμεσα στα άτομα της ουσίας. Αυτή η διαφορά είναι πολύ μικρή στους αγωγούς αλλά πολύ μεγάλη στους μονωτές. Οι ημιαγωγοί έχουν τόσο μικρές διαφορές ώστε η θερμική ενέργεια είναι αρκετή ώστε να απελευθερώσει δέσμια ηλεκτρόνια για να μεταφερθεί ηλεκτρικό ρεύμα.

Πως σχετίζονται όμως τα παραπάνω με την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος;

Όπως τα ηλεκτρόνια των ημιαγωγών χρειάζεται να ξεπεράσουν ένα φράγμα για να μετατραπούν από δέσμια σε αγωγήμα, έτσι συμβαίνει και το αντίθετο. Για αυτό το λόγο, ο χρόνος ζωής ενός αγωγήμου ηλεκτρονίου, σε ένα ημιαγωγό, είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο ενός μετάλλου που είναι καλός αγωγός του ρεύματος, και έτσι το σωματίδιο μπορεί να μετακινηθεί ευκολότερα.

Προσμείξεις Ημιαγωγών (Dotations)

Η αγωγιμότητα ενός ημιαγωγού χαρακτηρίζεται από τον αριθμό των ελευθέρων ηλεκτρονίων του. Για κάθε αγωγήμο ηλεκτρόνιο που έχει, υπάρχει η λεγόμενη "οπή". Οι οπές είναι τα σημεία του κρυστάλλου, από όπου λείπουν τα χαμένα πια ηλεκτρόνια, οπότε ο δεσμός με τα γειτονικά άτομα έχει διαταραχθεί. Αυτές οι οπές συμπεριφέρονται σαν θετικά φορτισμένα σωματίδια και μπορούν να μετακινούνται στο κρυσταλλικό πλέγμα.

Σε ένα καθαρό (χωρίς προσμείξεις) ημιαγωγό αυτά τα φορτισμένα "σωματίδια" (τα ηλεκτρόνια και οι αντίστοιχες οπές) είναι πάντα σαν ζευγάρια (αυτό σημαίνει

πως τα αγωγήμα ηλεκτρόνια είναι πάντα ίσα με τις οπές). Αν "μολύνουμε" τον κρύσταλλο με τα κατάλληλα άτομα, η αγωγιμότητα αυξάνεται.

Οι σωστές προσμείξεις είναι αυτές που γίνονται με άτομα που έχουν παραπλήσιο μαζικό αριθμό με αυτό του ημιαγωγού, με ένα ή περισσότερα αγωγήμα ηλεκτρόνια, οπότε είναι τα στοιχεία που βρίσκονται δεξιά ή αριστερά του ημιαγωγού στο περιοδικό σύστημα.

Έτσι έχουμε τους παρακάτω τύπους προσμείξεων:

- **Δέκτες** (π.χ. Αλουμίνιο (**Al**) και Γάλλιο (**Ga**))
Από τα παραπάνω στοιχεία λείπει ένα αγωγήμα ηλεκτρόνιο. Για αυτό το λόγο όταν τοποθετούνται στο κρυσταλλικό πλέγμα του ημιαγωγού, ο αριθμός των δεσμών μειώνεται κατά 1.
- **Δότες** (π.χ. Φωσφόρος (**P**) και Αρσενικό (**As**))
Αυτά τα στοιχεία έχουν ένα επιπλέον αγωγήμα ηλεκτρόνιο. Όταν χρησιμοποιούνται ο αριθμός των διαθέσιμων ηλεκτρονίων αυξάνεται κατά 1.

Ο κρύσταλλος παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερος. Παρόλα αυτά, οι προσμείξεις, λειτουργούν σαν ένα είδος επιπλέον φορτίων. Στην περίπτωση των δέκτων, ο χαμένος δεσμός διαταράσσει την ευστάθεια του κρυσταλλικού πλέγματος. Ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο μπορεί να ενσωματωθεί πολύ εύκολα σε μια οπή (και έτσι να προκύψει ένα αρνητικά φορτισμένο ιόν). Στους δότες, το επιπλέον ηλεκτρόνιο προκαλεί τη διαταραχή. Έτσι εύκολα μετατρέπεται σε αγωγήμα ηλεκτρόνιο που και προκύπτει ένα θετικά φορτισμένο ιόν.

Όταν κάνουμε προσμείξεις με:

- **Δέκτες**, ονομάζουμε το υλικό **ημιαγωγό τύπου p**
- **Δότες**, ονομάζουμε το υλικό **ημιαγωγό τύπου n**

Επαφή p-n

Ενώνοντας ένα **ημιαγωγό τύπου p** με ένα **ημιαγωγό τύπου n**, δημιουργείται μια κοινή οριακή ζώνη που ονομάζεται ζώνη επαφής. Η ζώνη αυτή προκαλείται από τη διάχυση των επιπλέον αγωγιμων ηλεκτρονίων που πηγαίνουν από στην **περιοχή p** για να καλύψουν τις οπές. Στη διάρκεια, όμως, αυτής της διαδικασίας η **περιοχή n** φορτίζεται θετικά και το αντίστροφο. Έτσι, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο που εμποδίζει επιπλέον ηλεκτρόνια να μεταφερθούν από τη μια περιοχή στην άλλη και έτσι αυτή η αλληλεπίδραση περιορίζεται σε μια πολύ μικρή περιοχή.

Πως λειτουργούν τα Ηλιακά Κύτταρα;

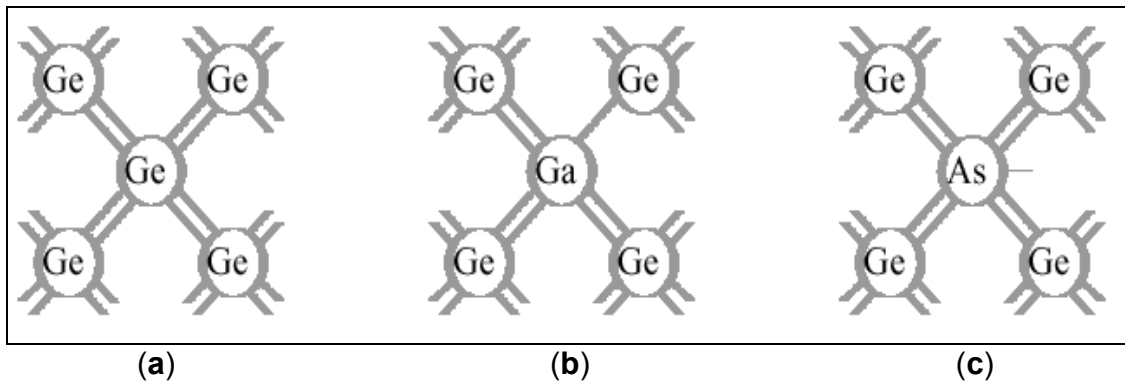
Η αρχή που βασίζονται τα Ηλιακά Κύτταρα στηρίζεται στην επαφή **p-n**. Όταν απορροφάται ένα φωτόνιο, δημιουργείται ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο και μια οπή.

Εξαιτίας του τοπικού ηλεκτρικού πεδίου, το ηλεκτρόνιο επιταχύνεται μέχρι την **περιοχή n** και η οπή στην αντίθετη κατεύθυνση. Αυτός ακριβώς ο διαχωρισμός των φορτίων είναι το μυστικό!

Ενώνοντας την **περιοχή n** (χρησιμοποιώντας για παράδειγμα ένα εξωτερικό καλώδιο) με την **περιοχή p** τα ηλεκτρόνια θα αναγκαστούν να περάσουν μέσα από το καλώδιο στην **περιοχή p** για να εξουδετερώσουν τις οπές, εξαιτίας της διαφοράς της αντίστασης με το ηλεκτρικό πεδίο. Όταν συνδέουμε καταναλωτές (ηλεκτρικές συσκευές) στη διαδρομή, τα ηλεκτρόνια θα παράγουν έργο. Η ενέργεια για αυτή την πράξη προέρχεται από το αρχικά απορροφούμενο φωτόνιο.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Το ηλεκτρόνιο θα διαλέξει το δρόμο μέσω του εξωτερικού καλωδίου μόνο αν η τοπική αντίσταση (και επομένως η τάση) είναι μικρότερη από αυτή του φράγματος του ηλεκτρικού πεδίου.

Σημείωση: Η ενέργεια των απορροφημένων φωτονίων μετατρέπεται σε ρεύμα. Η αποδοτικότητα των ηλιακών κυττάρων προσδιορίζεται από τις απώλειες στα σημεία επαφής και κυρίως από το λόγο μεταξύ των εισερχόμενων και των απορροφούμενων φωτονίων. Αυτό ο λόγος καθορίζεται από την ενέργεια των φωτονίων ([μήκος κύματος](#)) και από τη σύνθεση του κάθε κυττάρου. Για να απορροφήσουμε τα φορτισμένα σωματίδια από το πάνω μέρος του κυττάρου, οι μεταλλικοί δεσμοί πρέπει να "απλωθούν" σε όλο το κύτταρο. Συνήθως αυτή η πρακτική, εμποδίζει το εισερχόμενο φως, ενώ, επιπλέον, το προστατευτικό γυάλινο στρώμα ανακλά ένα μέρος του φωτός. Για τους παραπάνω λόγους η αποδοτικότητα ενός συνηθισμένου ηλιακού κυττάρου δεν ξεπερνά το **20%**.



- (a) Καθαρό Γερμάνιο (**Ge**), σε χαμηλή θερμοκρασία
(b) **Ημιαγωγός τύπου p** (με Γάλλιο, **Ga**)
(c) **Ημιαγωγός τύπου n** (με Αρσενικό, **As**)



Συσσωρευτές/ Δευτερογενείς Μπαταρίες

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σήμερα η αγορά έχει να επιδείξει μια πολύ μεγάλη ποικιλία όσον αφορά τα διαθέσιμα ήδη μπαταριών. Έτσι έχουμε μεγάλους συσσωρευτές με πολύ μεγάλη χωρητικότητα, απλές μπαταρίες μιας χρήσης-εκφόρτισης, μπαταρίες με πολύ μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης, άλλα είδη ικανά να δώσουν μεγάλα ρεύματα για μικρό χρονικό διάστημα κλπ,κλπ.

Γενικά οι μπαταρίες χωρίζονται σε επαναφορτιζόμενες (συσσωρευτές) και ενός κύκλου-εκφόρτισης. Στην περίπτωση των ηλιακών συλλεκτών οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι και η μόνη επιλογή, και παρακάτω θα εξηγήσουμε το γιατί.

Οι συσσωρευτές μολύβδου οξέως και νικελίου καδμίου έχουν τα εξής χαρακτηριστικά.

- Απόδοση φόρτισης - εκφόρτισης **~85%**
- Χαμηλή αυτοεκφόρτιση **< 3%** για κάθε μήνα αποθήκευσης
- Μεγάλη διάρκεια ζωής **> 5 χρόνια**
- Αντοχή στη διάβρωση

Οι μπαταρίες σε γενικές γραμμές αποτελούνται από δυο διαφορετικά μέταλλα και κάποιον ηλεκτρολύτη. Μεταξύ των δυο μετάλλων και του ηλεκτρολύτη συμβαίνουν οξειδωαναγωγικές αντιδράσεις οι οποίες οδηγούν τελικά σε εμφάνιση διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δύο μετάλλων (ηλεκτρόδια). Η διαφορά δυναμικού έχει χαρακτηριστική τιμή για κάθε ζεύγος μετάλλων, εξαρτάται όμως και από παράγοντες όπως συγκέντρωση ηλεκτρολύτη, κατάσταση επιφανείας ηλεκτροδίων, θερμοκρασία κλπ.

Αν τα ηλεκτρόδια συνδεθούν σε κάποιο κύκλωμα, τότε οι οξειδωαναγωγικές αντιδράσεις θα μετατρέπουν την αποθηκευμένη χημική ενέργεια του στοιχείου σε ηλεκτρική και αυτό θα εξακολουθήσει να γίνεται όσο υπάρχουν αποθέματα ηλεκτρολύτη και... ηλεκτροδίων. Κάποια στιγμή κάποιο από τα τρία αυτά μέρη καταναλώνεται τελείως, οπότε η μπαταρία μας έχει αδειάσει-εκφορτιστεί

Σε αυτό το σημείο συνίσταται και η διαφορά μεταξύ των συσσωρευτών και των απλών χημικών στοιχείων. Στους συσσωρευτές είναι δυνατόν (εφαρμόζοντας μια εξωτερική πηγή τάσης) να προκαλέσουμε ροή ρεύματος αντίθετης φοράς από αυτό της εκφόρτισης και να έχουμε τις αντίστροφες χημικές αντιδράσεις. Αυτό

που τώρα πετυχαίνουμε είναι η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική και αποθήκευσης της σε αυτή τη μορφή για όσο χρονικό διάστημα χρειαζόμαστε. Εδώ, βέβαια, εμφανίζεται και το πρόβλημα της αυτοεκφόρτισης: ένας συσσωρευτής χάνει σταθερά ένα ποσοστό της αποθηκευμένης του ενέργειας με το πέρασμα του χρόνου...

Σε όλα τα είδη μπαταριών μας ενδιαφέρει η χωρητικότητά τους, και η ηλεκτρεγερτική τους δύναμη ΗΕΔ. Η πρώτη μετριέται σε Ah (αμπερώρια) και εκφράζει την ένταση του σταθερού ρεύματος που μπορεί να δώσει μία μπαταρία αν εκφορτιστεί πλήρως σε χρονικό διάστημα 1 ώρας. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη δεν είναι άλλη παρά η τάση στους πόλους μιας πηγής όταν αυτή δεν διαρρέεται από ρεύμα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η ΗΕΔ μιας μπαταρίας δεν είναι σταθερή κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης. Πχ οι 12βολτές μπαταρίες των αυτοκινήτων έχουν ΗΕΔ 14 V όταν είναι πλήρως φορτισμένες, ενώ η τάσης τους πέφτει στα 10,5 V στο τέλος της εκφόρτισης (περαιτέρω προσπάθεια εκφόρτισης καταστρέφει την μπαταρία)

ΑΛΚΑΛΙΚΕΣ ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Αυτό το είδος μπαταριών έχει περίπου διπλάσια χωρητικότητα (συγκρινόμενες με τις απλές μπαταρίες κασσίτερου-άνθρακα "Sn-C"), μπορούν να δώσουν υψηλά ρεύματα για αρκετό μεγάλο χρονικό διάστημα και γενικότερα μπορούν να εξυπηρετήσουν φορτία με υψηλές απαιτήσεις σε διαρκή ισχύ. Έχουν όμως το μειονέκτημα του μεγαλύτερου κόστους έναντι των Sn-C. Σε περιπτώσεις συσκευών με χαμηλές απαιτήσεις σε ισχύ (όπως ραδιοφωνάκια, φακοί τσέπης) οι μπαταρίες Sn-C αποτελούν μια προτιμότερη χαμηλού κόστους λύση.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΑΝΑΦΟΡΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

Οι επαναφορτιζόμενες μπορούν να φορτιστούν-εκφορτιστούν για περίπου 1000 φορές, και αυτό τις κατατάσσει ως την πλέον οικονομική λύση για ενεργοβόρες συσκευές. Είναι διαθέσιμες σε μεγάλη ποικιλία ζευγών μετάλλων (οπότε και ΗΕΔ). Ενδεικτικά και μόνο να αναφέρουμε Ni-Cd στα 1,2 V, Ni-MH 1.2 V, Lion 3.6V.

Ένα άλλο πολύ βασικό χαρακτηριστικό αυτών των μπαταριών είναι το γεγονός ότι η τάση τους παραμένει σταθερή καθ'όλη τη διάρκεια της εκφόρτισης και προς το τέλος πέφτει πολύ απότομα.

Αυτό βέβαια δημιουργεί ένα αρκετά βασικό πρόβλημα, καθώς δεν μπορούμε να μετρήσουμε την ενέργεια που έχει αποθηκευμένη μια τέτοια μπαταρία απλά μετρώντας την τάση της (όπως θα κάναμε με μία αλκαλική ή γενικά με ένα χημικό στοιχείο). Ακόμα οι επαναφορτιζόμενες έχουν μικρότερη χωρητικότητα (για το ίδιο μλεγεθος& βάρος) από τις αντίστοιχες αλκαλικές αλλά, από την άλλη, λόγω της πιο μικρής τους εσωτερικής αντίστασης μπορούν να δώσουν μεγαλύτερα ρεύματα.

ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ανάλογα με τον προορισμό τους, υπάρχει μια ευρεία γκάμα πιθανών λύσεων που καλύπτουν την ανάγκη μιας μπαταρίας. Ανάλογα με το μέγεθος της μπαταρίας και τη χρήση της, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις μπαταρίες σε αυτές που χρησιμοποιούνται σε μεγάλα αποθηκευτικά συστήματα, π.χ. για διατάξεις ηλιακών συσσωρευτών μεγάλης κλίμακας και τις επανομαζώμενες μπαταρίες συσκευών.

Τι είναι οι "μπαταρίες συσκευών";

Ο τύπος αυτών των μπαταριών χρησιμοποιείται σε φορητές συσκευές ώστε να μην χρειάζονται σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο για να λειτουργήσουν (π.χ. η μπαταρία του ρολογιού σε ένα υπολογιστή, ενός τηλεχειριστηρίου κτλ), και συνήθως έχουν βάρος το πολύ μερικές εκατοντάδες γραμμαρία.

Δεν χρειάζεται να επεκταθούμε περισσότερο στην ιδέα των μπαταριών συσκευών αφού είναι πολύ γνωστές στο κοινό. Ωστόσο η κατηγορία αυτή μπορεί να χωριστεί σε δύο μικρότερες υποκατηγορίες. Πρόκειται για τις πρωτογενείς μπαταρίες ("**στήλες ηλεκτρικής ενέργειας**") που δεν επαναφορτίζονται) και τις δευτερογενείς μπαταρίες ("**συσσωρευτές**") που είναι επαναφορτιζόμενες).

Η ενέργεια που απορροφούν τα ηλιακά κύτταρα, μπορεί να αποθηκεύει μόνο από μπαταρίες που είναι **συσσωρευτές** (για να είναι χρήσιμη). Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συνήθως **συσσωρευτές Pb** (Μολύβδου) ή **NiCd** (Νικελίου - Καδμίου). Οι μπαταρίες αυτού του τύπου έχουν τις παρακάτω ιδιότητες.

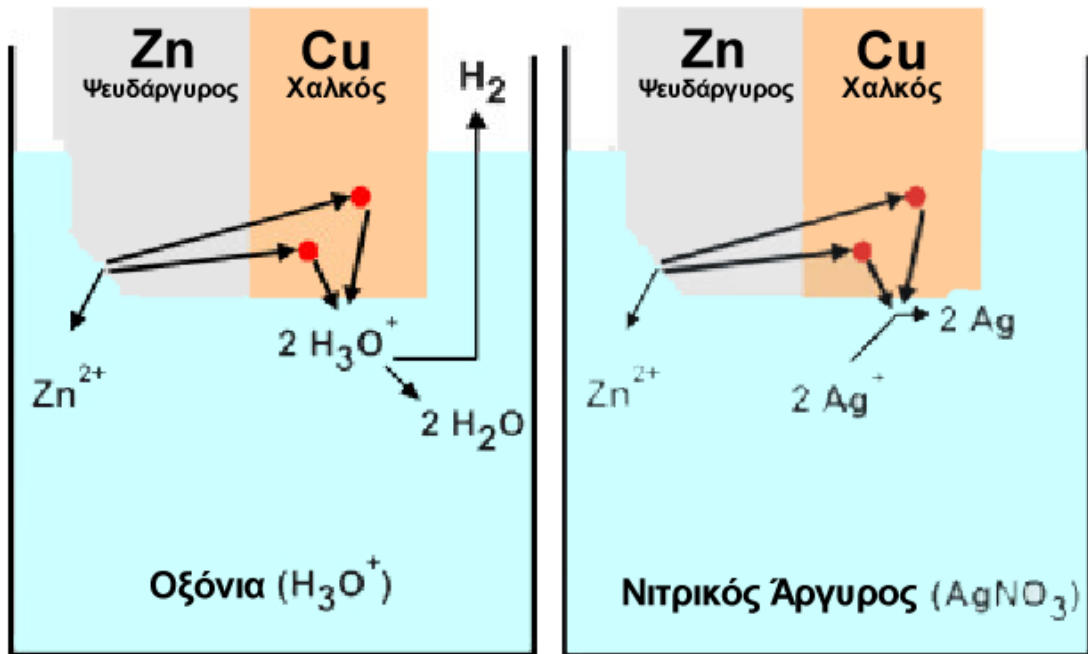
- Καλό συντελεστή αποθήκευσης φορτίου (**>85 %**)
- Σχεδόν μηδαμινή αυτο-εκφόρτιση (**<3% το μήνα**)
- Μεγάλη διάρκεια ζωής κατά τη διάρκεια κύκλων φορτίσεων-αποφορτίσεων (**> 5 χρόνια**)
- Αντίσταση στη διάβρωση χρησιμοποιώντας εκτεταμένα πλέγματα και επιπλέον προσθήκη Μολύβδου (**Pb**).

Όλες οι παραπάνω μπαταρίες λειτουργούν με βάση την ίδια αρχή αποθήκευσης ενέργειας που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

Χημικές Αντιδράσεις

Οι μπαταρίες μετατρέπουν χημική σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι περισσότεροι τύποι μπαταριών χρησιμοποιούν μέταλλα (π.χ. οι τύποι **Sn-Carbon**, Κασσίτερου - Άνθρακα). Ένα μη ευγενές μέταλλο (που δεν έχει τη δομή ευγενούς αερίου) μπορεί εύκολα να οξειδωθεί. Η διαδικασία της οξείδωσης μπορεί να βρεθεί με τα κατάλληλα πειράματα. Χαρακτηριστικό της διαδικασίας αυτής είναι η απώλεια ηλεκτρονίων, που τυπικά παρατηρείται στη διάρκεια αντιδράσεων με οξυγόνο. Αυτές οι ιδιότητες μπορούν να συνοψιστούν στις παρακάτω αρχές λειτουργίας:

1. Μη ευγενή μέταλλα χάνουν ηλεκτρόνια ευκολότερα από ευγενή μέταλλα
2. Μέταλλα από το ίδιο υλικό χάνουν ηλεκτρόνια εξίσου εύκολα

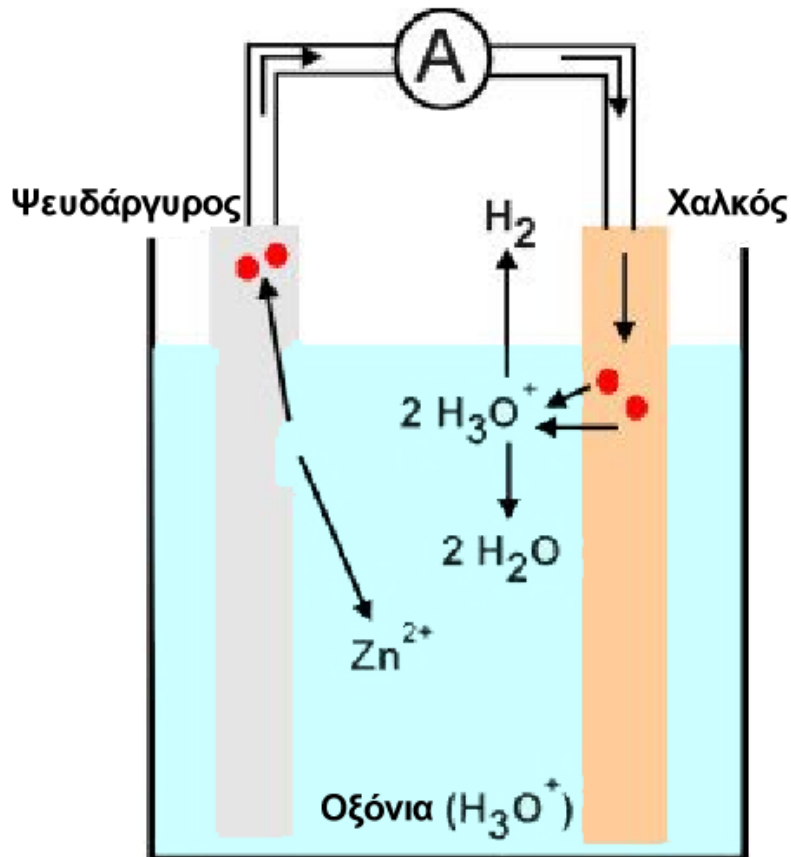


(a) Μείωση των ιόντων Οξονίων:
 $2 \text{H}_3\text{O}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2$

(b) Μείωση των ιόντων Αργύρου (Ag):
 $2 \text{Ag}^+ + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{Ag}$

Γαλβανικά Στοιχεία - Τα βασικά μέρη των μπαταριών

Διαχωρίζοντας τα διάφορα μέταλλα μεταξύ τους και ενώνοντάς τα μέσω ενός αμπερόμετρου (ή ενός "μωτέρ"), μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη ροή του ρεύματος. Αυτές οι διατάξεις ονομάζονται "**γαλβανικά στοιχεία**".



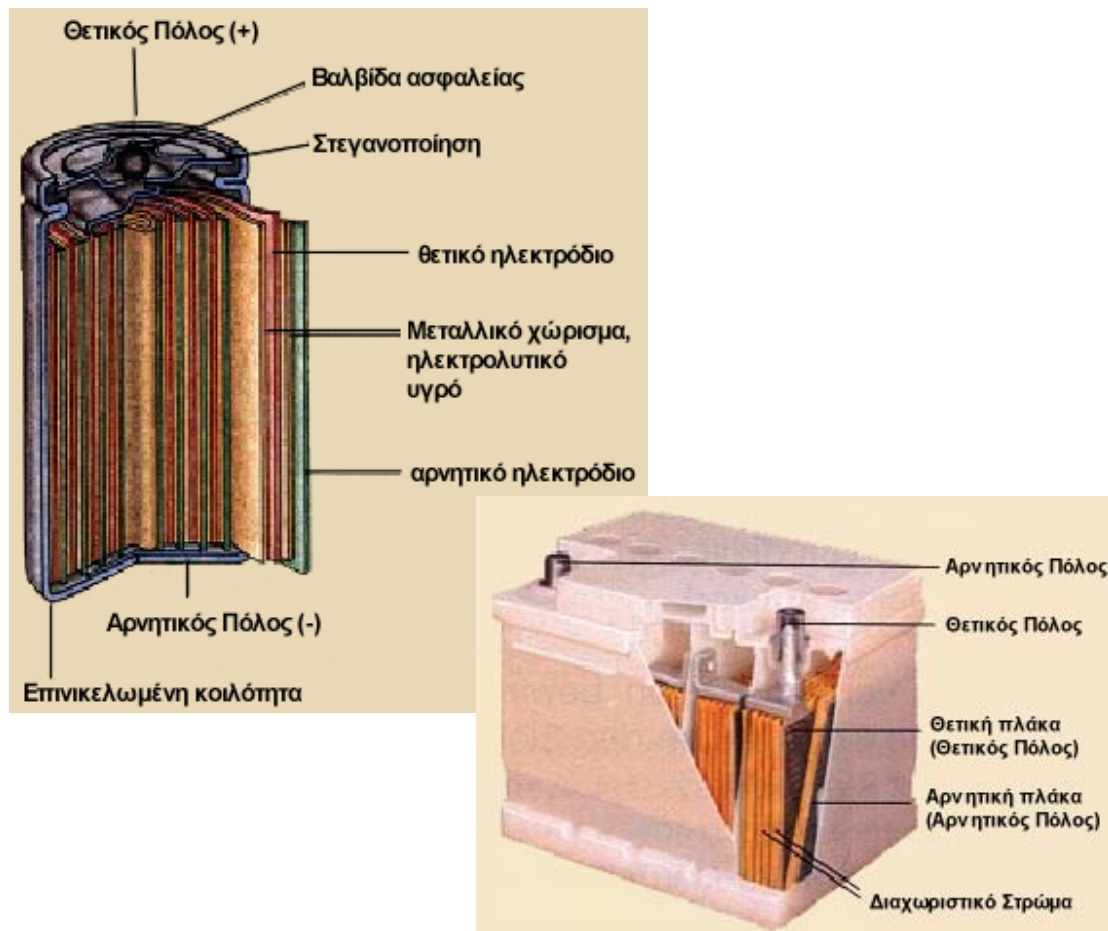
Τα θετικά ιόντα (κατιόντα) δημιουργούνται στο θετικό ηλεκτρόδιο (στην περίπτωση μας ηλεκτρόδιο **Zn**, Ψευδαργύρου). Ο αρνητικός πόλος αντιπροσωπεύεται από το μέρος όπου τα ηλεκτρόνια "τρώνε" τον ηλεκτρολύτη (στην περίπτωση μας το ηλεκτρόδιο **Cu**, Χαλκού). Η παραπάνω εικόνα παριστάνει το αρχαιότερο γνωστό γαλβανικό στοιχείο (στήλη) που ανακαλύφθηκε από τον **Alessandro Volta** (1745-1827). Η τάση (διαφορά δυναμικού) μπορεί να υπολογιστεί από τα επιμέρους δυναμικά των στοιχείων-στηλών. Η διαφορά δυναμικού για τη στήλη του **Volta** είναι **0,76 Volt**.

Πρωτογενή ή Δευτερογενή Μπαταρία;

Στις κοινές μπαταρίες-στήλες, η διαφορά δυναμικού συνεχώς μειώνεται, καθώς το ηλεκτρολυτικό διάλυμα τελικά μειώνεται και το μη-ευγενές μέταλλο καταναλώνεται. Για αυτό το λόγο οι **συσσωρευτές** (δευτερογενείς μπαταρίες) αποκτούν μεγάλη σημασία. Μπορούν να επαναφορτιστούν ηλεκτρικά και η διαδικασία της αποφόρτισης είναι αντιστρεπτή.

Μη-επαναφορτιζόμενες μπαταρίες συσκευών

Οι χαρακτηριστικές παράμετροι μιας μπαταρίας είναι η χωρητικότητα της (που δίνεται σε ώρες Ampere, **Ah**), που ορίζεται ως η αποθηκευμένη ενέργεια και, επιπλέον, το κανονικό (ή ονομαστικό) δυναμικό. Για μπαταρίες με κανονικό δυναμικό **12 Volt** (π.χ. μιας μπαταρίας αυτοκινήτου), το πραγματικό δυναμικό είναι μεταξύ **14,5 Volt** (στην αρχή της αποφόρτισης) και **10,5 Volt** (στο τέλος της αποφόρτισης).



Αυτές οι παράμετροι οριοθετούν (στην καθημερινή χρήση) τους όρους "**άδεια**" και "**γεμάτη**" μπαταρία. Το δυναμικό στο τέλος της αποφόρτισης είναι το ελάχιστο δυναμικό που επαναφορτίζει τη μπαταρία. Στην περίπτωση που ένας συσσωρευτής αποφορτίζεται κάτω από το δυναμικό του τέλους της αποφόρτισης, η διάρκεια ζωής του μειώνεται δραματικά. Αν το δυναμικό είναι συνεχώς κάτω από αυτή την τιμή η μπαταρία πρέπει να πεταχτεί (για παράδειγμα σε ένα τοπικά εργαστήριο ανακύκλωσης μπαταριών ή τοξικών αποβλήτων γενικότερα).

Ποιοί τύποι πρωτογενών μπαταριών υπάρχουν;

Για ποιά είδη συσκευών χρησιμοποιούνται;

Ο παρακάτω πίνακας έχει συγκεντρωμένα τα πιο σημαντικά μεγέθη μπαταριών και τις τυπικές χρήσεις τους.

Τύπος IEC	Διαστάσεις (mm)	Παραδείγματα Εφαρμογών
R03, microcell	10,5 x 44,5	Τηλεχειριστήρια, φωτογραφικές μηχανές
R6, mignonzell	14,5 x 50,5	Φορητά κασετόφωνα, ραδιόφωνα τσέπης, φορητά CD-player
R14, babyzell	26,2 x 50	Ραδιόφωνα, κασετόφωνα
R20, monocell	34,2 x 61,5	Φορητά ηχοσυστήματα
6F22, 9-Volt Block	26,5 x 17,5 x 48,5	Τηλεχειριστήρια, ρολόγια συναγερμών
3R12, flat battery	26 x 22 x 67	Φακοί τσέπης

Οι μπαταρίες που αναφέρονται τυπικά χρησιμοποιούνται σε εκδόσεις τύπου: **alcalic-magnan** (Αργιλίου - Μαγνησίου) και **Sn-C** (Κασσίτερου - Άνθρακα).

Ζουν περισσότερο οι Αλκαλικές (alcalic-magnan) μπαταρίες από τις Κασσίτερου - Άνθρακα (Sn-C);

Ναι! Οι μπαταρίες Αργιλίου - Μαγνησίου (που ονομάζονται και **ΑΛΚΑΛΙΚΕΣ**) έχουν σχεδόν διπλάσια διάρκεια ζωής (αποθηκεύουν διπλάσια ενέργεια) από τον άλλο τύπο, και για αυτό προτιμούνται όταν έχουμε συνεχή αποφόρτιση. Σε συσκευές με μικρές απαιτήσεις ισχύος (τρανζίστορς, ραδιόφωνα) ή όταν έχουμε διακοπτόμενη αποφόρτιση (π.χ. σε φακούς...), οι μπαταρίες **Sn-C** είναι μια φθηνότερη εναλλακτική λύση. Για αυτό το λόγο, για εντατική χρήση, ο μέγιστος χρόνος ενεργοποίησης δεν πρέπει να ξεπερνά τα **5** λεπτά. Για τις πιο ακριβές αλκαλικές μπαταρίες δεν υπάρχει τέτοιος περιορισμός.

Επαναφορτιζόμενες μπαταρίες συσκευών**Τι χαρακτηρίζει μια επαναφορτιζόμενη φορητή μπαταρία;**

Κάθε μπαταρία αποτελείται από ένα μετατροπέα ηλεκτροχημικής ενέργειας που μπορεί και μετατρέπει την αποθηκευμένη χημική ενέργεια απευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια. Στην περίπτωση των δευτερογενών μπαταριών (που ονομάζουμε **συσσωρευτές**) - μια τεχνολογία που περιλαμβάνει και τις επαναφορτιζόμενες φορητές μπαταρίες - η χημική ενέργεια, όπως μετατρέπεται σε ηλεκτρική μπορεί επίσης να ανανεωθεί μέσω μιας διαδικασίας επαναφόρτισης στη διάρκεια της οποίας η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική. Αυτή η διαδικασία (κύκλος) μπορεί να επαναληφθεί περισσότερες από **1,000 φορές**.

Οι επαναφορτιζόμενες φορητές μπαταρίες είναι διαθέσιμες με τη μορφή διαφόρων ηλεκτροχημικών συστημάτων. Για παράδειγμα: διαλύματος Ώξινου Μολύβδου (**2 Volt/κύτταρο**), το σύστημα Νικελίου - Καδμίου (**1,2 Volt/κύτταρο**) και το σύστημα Νικελίου - Μεταλλικού Υδριδίου (**1,2 Volt/κύτταρο**). Μια νέα εξέλιξη είναι οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες Ιόντων - Λιθίου (**3,6 Volt/κύτταρο**), που, ωστόσο, δεν είναι γενικά διαθέσιμες. Αυτό το σύστημα έχει σχετικά υψηλή πυκνότητα ενέργειας και μεγάλες δυνατότητες παροχής ισχύος. Το δυναμικό αποφόρτισης μειώνεται με το βάθος της αποφόρτισης. Τυπική, για όλες τις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες με αλκαλικά ή όξινα ηλεκτρολυτικά στοιχεία, είναι η σχετικά σταθερή τάση αποφόρτισης. Πέφτει όμως δραστικά στο τέλος της διαδικασίας αποφόρτισης.

Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των επαναφορτιζόμενων μπαταριών;

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες έχουν το πλεονέκτημα της μεγάλης διάρκειας ζωής. Μπορούν να επαναφορτιστούν πάνω από **1,000 φορές**. Παρόλο που είναι σε μεγάλο βαθμό πιο ακριβές από της πρωτογενείς μπαταρίες (στήλες), γίνονται ιδιαίτερα οικονομικές όταν χρησιμοποιούνται συχνά.

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες έχουν μικρότερη χωρητικότητα από ίδιου μεγέθους αλκαλικές ή μπαταρίες Κασσίτερου - Άνθρακα, και για αυτό αποφορτίζονται ταχύτερα. Άλλο ένα μειονέκτημα των "επαναφορτιζόμενων" είναι ότι εξαιτίας του σχεδόν σταθερού δυναμικού αποφόρτισης, είναι δύσκολο να προβλέψουμε πότε θα επέλθει η αποφόρτιση. Όταν φτάσουμε στο τέλος της αποφόρτισης το δυναμικό μπορεί να πέσει πολύ απότομα - ένα γεγονός που μπορεί να έχει πολύ ενοχλητικές συνέπειες, για παράδειγμα όταν χρησιμοποιούμε κάμερες (περισσότερες πληροφορίες). Από την άλλη, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες προσφέρουν πιο πολύ ισχύ από τις περισσότερες πρωτογενείς μπαταρίες.

Οι πρόσφατα κατασκευασμένες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες Ιόντων - Λιθίου μπορούν και προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες για εφαρμογές σε κάμερες.

Στα χαρακτηριστικά τους περιλαμβάνεται η δυνατότητα παροχής μεγάλης ισχύως, υψηλή πυκνότητα ενέργειας και μείωση της τάσης αποφόρτισης καθώς μεγαλώνει το βάθος της αποφόρτισης (από **4 V** σε περίπου **3 V**).

Είναι αλήθεια ότι οι επαναφορτιζόμενες φορητές μπαταρίες των 1,2 Volt δεν μπορούν πάντοτε να χρησιμοποιούνται σε συσκευές που είναι σχεδιασμένες για αλκαλικές μπαταρίες του 1,5 Volt;

Η απάντηση είναι όχι. Οι αλκαλικές μπαταρίες αποφορτίζονται σε τάσεις που κυμαίνονται από πάνω από τα **1,5 Volt** (όταν είναι φρέσκες) μέχρι τα **0,9 Volt** (η τελική τάση αποφόρτισης σύμφωνα με την IEC), ενώ οι επαναφορτιζόμενες φορητές μπαταρίες (Νικελίου - Καδμίου ή Νικελίου - Μεταλλικού Υδριδίου) αποφορτίζονται σε μια περίπου σταθερή τάση των **1,2 Volt/κύτταρο**. Αυτό το επίπεδο τάσης είναι σχεδόν ίσο με αυτό της μέσης τάσης μιας αλκαλικής μπαταρίας. Επομένως, αλλάζοντας μια επαναφορτιζόμενη φορητή μπαταρία με μια αλκαλική ή το αντίστροφο δεν προκαλεί προβλήματα.

Για ποιό τύπο εφαρμογών είναι οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες καλύτερη επιλογή;

Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες είναι πιο κατάλληλες σε συσκευές που έχουν μεγάλες απαιτήσεις ισχύως, όπως συσκευές που έχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για σύντομα χρονικά διαστήματα, π.χ. σε φορητά κασετόφωνα, φορητά CD players, φορητά ραδιόφωνα, ηλεκτρονικά παιχνίδια, παιχνίδια με κινητήρες (μοτέρ), διάφορες οικιακές συσκευές, επαγγελματικές κάμερες, φορητές βιντεοκάμερες, κινητά και ασύρματα τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές και γενικά όποιοδήποτε άλλο εξοπλισμό που έχει από μέσες έως υψηλές απαιτήσεις ισχύως.

Οι φορητές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες δεν συνιστώνται σε συσκευές που χρησιμοποιούνται σπάνια (μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία χάνει περίπου το **1%** της χωρητικότητάς της κάθε μέρα). Από την άλλη πλευρά μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία, ίσως να είναι απαραίτητη, όταν η κατανάλωση της συσκευής είναι πολύ υψηλή για να καλυφθεί από μια αλκαλική μπαταρία. Οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες έχουν αρκετά υψηλότερα αποθέματα ισχύως από τις αλκαλικές μπαταρίες.

Γενικά είναι καλό να ακολουθούμε τις συμβουλές του κατασκευαστή για την επιλογή της μπαταρίας όπως αναφέρονται στις οδηγίες χρήσης μιας συσκευής.

Επηρεάζεται η ισχύς μιας επαναφορτιζόμενης μπαταρίας από ακραίες θερμοκρασίες;

Ναι, αυτό εξαρτάται κυρίως από το ηλεκτροχημικό σύστημα. Σε θερμοκρασίες κάτω από **-15° C** η μείωση της ισχύως εξόδου γίνεται εμφανής σε μπαταρίες Νικελίου - Καδμίου και Νικελίου - Μεταλλικού Υδριδίου. Στους **-20° C** ο αλκαλικός

LunarSAT DT/G

Ενεργειακή Κρίση σε Σεληνιακή Τροχιά Συμπληρωματικές Πληροφορίες

ηλεκτρολύτης φτάνει στο σημείο πήξης. Η μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία για την διαδικασία φόρτισης είναι **+45° C**. Πάνω από αυτή τη θερμοκρασία η δεκτικότητα φόρτισης μειώνεται.

Ποιοί τύποι επαναφορτιζόμενων μπαταριών υπάρχουν; Για ποιές εφαρμογές είναι κατάλληλη η κάθε μια;

Τύπος Μπαταρίας	Χαρακτηριστικά	Εφαρμογές
Νικελίου - Μεταλλικού Υδριδίου κύτταρο "round"	Υψηλή χωρητικότητα, φιλικές προς το περιβάλλον (δεν περιέχουν υδράργυρο, κάδμιο ή μόλυβδο), αντέχουν σε υπερφόρτιση	Συσκευές ήχου, camcorders, φορητοί υπολογιστές, κινητά και ασύρματα τηλέφωνα
Νικελίου - Μεταλλικού Υδριδίου κύτταρο "prismatic"	Υψηλή χωρητικότητα, Φιλικές προς το περιβάλλον, αντέχουν σε υπερφόρτιση	Συσκευές ήχου, φορητές βιντεοκάμερες, φορητοί υπολογιστές, κινητά και ασύρματα τηλέφωνα
Νικελίου - Μεταλλικού Υδριδίου κύτταρο "button"	Υψηλή χωρητικότητα, Φιλικές προς το περιβάλλον, αντέχουν σε υπερφόρτιση	Κινητά και ασύρματα τηλέφωνα
Νικελίου – Καδμίου κύτταρο "round"	Στιβαρές, μεγάλη παροχή ισχύως	Συσκευές ήχου, εργαλεία ισχύως
Νικελίου - Καδμίου κύτταρο "button"	Στιβαρές, μεγάλη παροχή ισχύως	Εφεδρικά συστήματα μνήμης (backup), ασύρματα τηλέφωνα
Πακέτο Ιόντων - Λιθίου	Μεγάλη παροχή ισχύως, υψηλή πυκνότητα ενέργειας	Κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, φορητές βιντεοκάμερες



Πληροφορίες για την Αστροναυτική

Αυτό το εδάφιο είναι μια γενική περίληψη των πιο ενδιαφέροντων πλευρών ενός διαστημικού ταξιδιού. Η επιλογή των θεμάτων έχει γίνει με γνώμονα την «πρόκληση» των νέων όπως παρουσιάζονται στο τελευταίο μέρος των «Συχνών Ερωτήσεων» για το δάσκαλο.

Γιατί εξερευνούμε το διάστημα;

- **Για τη γνώση:** Οι αποστολές που αφορούν την επιστήμη του διαστήματος παράγουν βασικές γνώσεις για το περιβάλλον μας, το ηλιακό σύστημα και το σύμπαν, κάτι που μας κάνει να καταλάβουμε καλύτερα την ιστορία και την κατάσταση του κόσμου μας. Με αυτές τις νέες πληροφορίες, μπορούμε να αποφασίσουμε καλύτερα για το πως μπορούμε να διατηρήσουμε και να βελτιώσουμε τη ζωή στη Γη, στο μέλλον.
- **Εφαρμογές:** Τα διαστημόπλοια που βρίσκονται σε τροχιά μεταδίδουν πληροφορίες όπως τηλεφωνικές κλήσεις και σήματα τηλεόρασης σε ολόκληρη την υδρόγειο με πολύ μεγάλη ταχύτητα και ακρίβεια. Άλλοι δορυφόροι παρακολουθούν τον καιρό και την υγεία της ατμόσφαιρας, τη δυναμική των ωκεανών και τη ζωτικότητα του εδάφους. Συστήματα προσανατολισμού διαμέσου δορυφόρων (**GPS**, Global Positioning System) σε αεροπλάνα και πλοία δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες τους να εξακριβώσουν τη γεωγραφική τους θέση και να χαράσουν την πορεία τους με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από κάθε άλλη τεχνική. Κάτι τέτοιο βελτιώνει την ασφάλεια και κάνει τα ταξίδια πιο αποδοτικά. Οι μοναδικές συνθήκες της μηδενικής βαρύτητας ή μικρο-βαρύτητας στο διάστημα, οι ακραίες θερμοκρασίες, το κενό και η ραδιενέργεια μας δίνουν τη δυνατότητα να κάνουμε εργαστηριακά πειράματα και βιομηχανικές επεξεργασίες που είναι αδύνατες ή έστω ασύμφορες για να πραγματοποιηθούν στη Γη.
- **Τεχνολογία:** Η τεχνολογία που αναπτύσσεται για να προετοιμαστούν τα συστήματα και οι άνθρωποι ώστε να ενεργήσουν στις δριμύτατες συνθήκες που επικρατούν στο διάστημα, συνεισφέρει στην εξέλιξη και κατασκευή διαφόρων σύνθετων υλικών (πολυμερή;;;), ηλεκτρονικών, ρομποτικών συσκευών, στην ιατρική, την παραγωγή ενέργειας, στη βιομηχανία, τις μεταφορές και σε πολλές άλλες περιοχές της τεχνολογίας που βρίσκουν εφαρμογές στην καθημερινή ζωή. Σε πολλές περιπτώσεις,

αυτές οι εξελίξεις συμβαίνουν με πολύ αργότερους ρυθμούς ή ακόμα και καθόλου χωρίς την πρόκληση της διαστημικής εξερεύνησης.

- **Οικονομία:** Το διαστημικό πρόγραμμα είναι μια σημαντική συνιστώσα της παγκόσμιας αεροδιαστημικής τεχνολογίας, που συντηρεί εκατομμύρια θέσεις εργασίας σε όλο τον κόσμο. Νέες βιομηχανίες έχουν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας τεχνολογίες που έκαναν τα διαστημικά ταξίδια εφικτά, τεχνολογίες που συμπεριλαμβάνουν τους προσωπικούς υπολογιστές, εξελιγμένο ιατρικό εξοπλισμό, δορυφόρους τηλεπικοινωνιών, την πρόβλεψη του καιρού και χαρτογράφηση των φυσικών πόρων. Οι ερευνητικές (**R&D**, Research and Development) δραστηριότητες υψηλής τεχνολογίας των διαστημικών υπηρεσιών κάνουν απόσβεση των αρχικών επενδύσεων δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας, καλύπτοντας ανάγκες σε αγαθά και υπηρεσίες, και δίνοντας νέες δυνατότητες καθώς εξελιγμένες τεχνολογίες εκμεταλλεύονται από τον ιδιωτικό χώρο. Αργότερα, στο μέλλον, διαστημικοί φυσικοί πόροι όπως: μέταλλα, ορυκτά και ενέργεια είναι πολύ πιθανό να γίνουν μια λέξη-κλειδί στη ζωή του 21^ο αιώνα.
- **Έμπνευση:** Η ανάγκη της εξερεύνησης του αγνώστου είναι αναπόσπαστο μέρος της ανθρώπινης φύσης και έχει οδηγήσει σε πολλές ριζικές αλλαγές στην καθημερινή μας ζωή. Καλλιεργεί το πνεύμα μας και μας θυμίζει τις μεγάλες δυνατότητες για νέα επιτεύγματα που έχουμε όλοι μας. Εκτός αυτών, το διαστημικό πρόγραμμα έχει μια απίστευτη ικανότητα να αιχμαλωτίζει και να διεγείρει νέα μυαλά, ενθαρρύνοντας τα παιδιά να μάθουν μαθηματικά, φυσική και να αναπτύξουν τεχνολογικές δεξιότητες μέσω ενός συναρπαστικού και πρακτικού δρόμου. Οι φυσικές προκλήσεις και το κόστος της εξερεύνησης του διαστήματος λειτουργούν επίσης και σαν ένας φυσικός καταλύτης για παγκόσμιες ειρηνικές συνεργασίες, βελτιώνοντας την ποιότητα της ζωής για ανθρώπους από διαφορετικές χώρες.

Ποιά είδη διαστημικών οχημάτων και σκαφών υπάρχουν;

- **Παρατήρησης της Γης/Καιρού/Ωκεανογραφία**
- **Αστρονομικά Παρατηρητήρια:** ορισμένα μήκη κύματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας δεν φτάνουν ποτέ στην επιφάνεια της Γης, εξαιτίας της απορρόφησής τους από την ατμόσφαιρα. Οι δορυφόροι ακτίνων γ και του υπερυθρού είναι η μόνη δυνατότητα που έχουμε, για να παρατηρήσουμε αυτά τα ενδιαφέροντα μέρη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Παραδείγματα τέτοιων δορυφόρων είναι οι: Rosat, Infrared Space Observatory (ISO), Chandra, XMM-Newton, Hubble Space Telescope (HST), ...
- **Διαπλανητικοί Εξερευνητές:** αυτά τα διαστημόπλοια μας προσφέρουν απευθείας μετρήσεις «επί-τόπου». Πολλά από αυτά θα τα βρούμε σε αποστολές με επιστροφή δειγμάτων που πρόκειται να γίνουν στο κοντινό μέλλον (για παράδειγμα: Viking, Stardust, Voyager, Rosetta, ...)
- **Ερευνητικοί Δορυφόροι Βασικής Φυσικής:** για ορισμένες ερωτήσεις και αναζητήσεις της Φυσικής, όπως της θεωρίας της βαρύτητας, οι πειραματικές διαταραχές είναι πολύ μεγάλες στη Γη. Για αυτό το λόγο, τα πειράματα πρέπει να γίνουν στο διάστημα. Για παράδειγμα: ανιχνευτές βαρυτικών κυμάτων.
- **Τηλεπικοινωνιακοί και Αναμεταδοτικοί Δορυφόροι:** μεταφέρουν δεδομένα μεταξύ διαστημικών εξερευνητών, άλλων δορυφόρων και επανδρωμένους σταθμούς/οχήματα.
- **Στρατιωτικές Εφαρμογές:** παρακολούθηση και αναγνώριση πολιτικά ευαίσθητων περιοχών, συστήματα πυρηνικής επαγρύπνησης, καθοδήγηση πυραύλων,

Ποιά είναι τα βασικά μέρη ενός δορυφόρου;

Παρόλο που υπάρχει μια ευρεία γκάμα διαφορετικών διαστημικών οχημάτων όπως και φορτίων, υπάρχουν ορισμένα συστήματα που είναι κοινά και απαραίτητα σε κάθε είδους διαστημόπλοιο. Τα επονομαζόμενα «υποσυστήματα» αυτά είναι τα παρακάτω:

- **Πρωώθησης:** Τα πιο συνηθισμένα συστήματα χρησιμοποιούν χημικά προωθητικά, όπως Υδραζίνη ή μείγματα Υδρογόνου/Οξυγόνου. Αυτά τα συστατικά δίνουν μεγάλη πρόωση, αλλά είναι ταυτόχρονα και πολύ βαριά. Στο LunarSAT, τα δύο τρίτα της μάζας του είναι το προωθητικό. Τις περισσότερες φορές, η κατανάλωση των καυσίμων είναι ο περιοριστικός παράγοντας που καθορίζει και το χρόνο ζωής ενός διαστημικού οχήματος.

- **Έλεγχος συμπεριφοράς και σύστημα ελέγχου (*Attitude determination and control system – ADCS*):** Τόσο για επικοινωνιακούς λόγους όσο και για τη σωστή ευθυγράμμιση των αισθητήρων του διαστημοπλοίου, ο καλός προσανατολισμός του σκάφους είναι απαραίτητος. Τις περισσότερες φορές, αυτό γίνεται μέσω αστρικών και ηλιακών ανιχνευτών. Ο προσανατολισμός επιτυγχάνεται μέσω «τροχών ανάδρασης» (*reaction wheels*) που λειτουργούν με ρεύμα ή χημικά καύσιμα.
- **Επεξεργασία Δεδομένων (*On-Board Data Handling – OBDH*):** Ο «εγκέφαλος» του σκάφους, δηλαδή ο υπολογιστής του, πρέπει να αντέχει στην εξωγενή ραδιενέργεια και – σε περίπτωση που χάσει το σήμα του επίγειου σταθμού – να πάρει τον έλεγχο και να επανακτήσει την επικοινωνία με τη Γη.
- **Τηλεμετρία και Χειρισμός εξ' αποστάσεως, Τηλεπικοινωνίες (*Telemetry and Telecommand, Communications – TT&C*):** Περιλαμβάνουν τη μεταφορά δεδομένων από και προς τη Γη, όσο και τον καθορισμό της ακριβούς θέσης του διαστημοπλοίου σε σχέση με τον επίγειο σταθμό.
- **Υποσύστημα Ισχύος (*Power Subsystem*):** Γενικά το ρεύμα παρέχεται από ηλιακά κύτταρα που είναι προσαρτημένα στο εξωτερικό μέρος του διαστημικού οχήματος. Για διαστημόπλοια που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον Ήλιο (π.χ. στο εξωτερικό ηλιακό σύστημα), χρησιμοποιούνται ραδιενεργοί πυρηνικοί κινητήρες αφού είναι η μοναδική ενεργειακή λύση.
- **Σύστημα Θερμικού Ελέγχου (*Thermal Control System - TCS*):** Σε τροχιά γύρω από τη Γη (μέση απόσταση από τον Ήλιο 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα), η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ περιοχών που φωτίζονται από τον Ήλιο και αυτών που βρίσκονται στη σκιά (της Γης ή της Σελήνης στο παράδειγμα), φτάνει τους **300** βαθμούς, γεγονός που καθιστά τη θερμική μόνωση απαραίτητη. Αυτή η κατασκευή στηρίζεται σε παθητικά «καλοριφέρ» και σε ηλεκτρικές μονάδες θέρμανσης και ψύξης.

Ποιές είναι οι πιο τυπικές ερωτήσεις που κάνουν οι μαθητές;

Εδώ θα βρείτε ορισμένες από τις πιο συνηθισμένες ερωτήσεις που κάνουν οι μαθητές, ερωτήσεις που έχουν προκύψει από διεθνή πείρα.

Ποιά είναι η θερμοκρασία στο διάστημα;

Οι θερμοκρασίες στο διάστημα εξαρτώνται από το αν το θερμόμετρο «βλέπει» τον Ήλιο ή όχι. Κοντά στη Γη και τη Σελήνη, τα αντικείμενα που χτυπά άμεσα η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνονται περίπου στους **121° C**. Υπο σκιά τα ίδια αντικείμενα φτάνουν στους **-156 ° C**. Αυτή η πολύ μεγάλη διακύμανση είναι ο λόγος που κάνει το θερμικό σχεδιασμό ενός διαστημοπλοίου και των διαστημικών στολών τόσο σημαντικό.

Τι είναι το «παράθυρο εκτόξευσης»;

Το «παράθυρο εκτόξευσης» είναι μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, που κυμαίνεται από μερικά λεπτά μέχρι ώρες, μέσα στην οποία πρέπει να γίνει η εκτόξευση ενός πυραύλου ή Διαστημικού Λεωφορείου ώστε να τοποθετήσει το φορτίο του στην κατάλληλη τροχιά. Τις περισσότερες φορές, αυτό το χρονικό παράθυρο καθορίζεται, είτε από την τροχιά του διαστημικού οχήματος ή σταθμού με το οποίο το Διαστημικό Λεωφορείο έχει «ραντεβού» είτε από την ώρα της μέρας την οποία θέλουμε ο δορυφόρος που τοποθετούμε σε τροχιά να περνάει πάνω από μια συγκεκριμένη περιοχή της Γης.

Πόσο κοστίζει ένα Διαστημικό Λεωφορείο;

Το Διαστημικό Λεωφορείο **Endeavour**, το τροχιακό σκάφος που κατασκευάστηκε για να αντικαταστήσει το αδικοχαμένο **Challenger**, κοστίζει περίπου \$1,7 δισεκατομμύρια δολάρια. Σε δραχμές είναι περίπου 646 δισεκατομμύρια.

Πως πηγαίνουν οι αστροναύτες που βρίσκονται διάστημα, στην τουαλέτα και φροντίζουν για την προσωπική τους υγιεινή;

Οι αστροναύτες βουρτσίζουν τα δόντια τους όπως ακριβώς και εμείς στη Γη. Δεν υπάρχει ντους στο Διαστημικό Λεωφορείο, και έτσι οι αστροναύτες αναγκάζονται και κάνουν μπάνιο με σφουγγάρι μέχρι να γυρίσουν πίσω. Κάθε Διαστημικό Λεωφορείο έχει τουαλέτα που είναι κατάλληλη και για άντρες και για γυναίκες. Είναι σχεδιασμένη ώστε να μοιάζει όσο το δυνατόν με μια φυσιολογική τουαλέτα, αλλά από τα στοιχεία της φεύγει αέρας αντί για νερό ώστε να καθαρίσει τα απόβλητα. Τα στερεά απορρίμματα συμπιέζονται και αποθηκεύονται εκεί και αφαιρούνται μετά την προσγείωση. Τα υγρά πετάγονται στο διάστημα, ωστόσο μελλοντικά συστήματα ίσως να τα ανακυκλώνουν. Ο αέρας φιλτράρεται ώστε να αφαιρούνται οι οσμές και τα βακτηρίδια και μετά επιστρέφει στην καμπίνα.

Γιατί στέλνουμε ανθρώπους στο διάστημα όταν τα ρομποτικά διαστημόπλοια κοστίζουν λιγότερο;

Οι άνθρωποι και τα ρομπότ έχουν τους δικούς τους ιδιαίτερους ρόλους στο διάστημα. Τα ρομπότ είναι καλύτερα εξοπλισμένα για αποστολές που απαιτούν ακρίβεια, επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ή μανούβρες και για αποστολές που διαρκούν μεγάλα χρονικά διαστήματα όπως ταξίδια στους εξωτερικούς πλανήτες. Οι άνθρωποι εξακολουθούν να είναι καταλληλότεροι από τα ρομπότ για εργασίες που αφορούν αναλυτική ακρίβεια - κάνοντας διαρκείς ρυθμίσεις - για παράδειγμα σε πειράματα που αφορούν την παρακολούθηση πειραμάτων μικροβαρύτητας σε κρυστάλλους ανάπτυξης πρωτεϊνών ή όταν ψάχνουν ενδείξεις για απολιθώματα ζωής στον Άρη. Εκτοξεύοντας ανθρώπους στο διάστημα, κερδίζουμε, επίσης μοναδικές γνώσεις για τις λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος, πολλές από τις οποίες είναι κρυμμένες ή αλλαγμένες αξιαιτίας της βαρύτητας, όταν βρισκόμαστε στη Γη.

Πότε θα πάει ο πρώτος άνθρωπος στον Άρη;

Η ακριβή ώρα εκτόξευσης, δεν είναι γνωστή, φυσικά. Υποθέτοντας ότι η τωρινή παγκόσμια οικονομική κατάσταση θα παραμείνει σταθερή και η πολιτική προθυμότητα έχει όπως και τώρα, πιθανόν η πρώτη επανδρωμένη αποστολή στον Άρη να γίνει μέσα σε 20 με 30 χρόνια. Έτσι είναι πολύ πιθανό, η δική μας γενιά, να προλάβει να γίνει μάρτυρας της αποστολής.

LunarSAT DT/G

*Ενεργειακή Κρίση σε Σεληνιακή Τροχιά
Συμπληρωματικές Πληροφορίες*

Χρήσιμοι Δικτυακοί Τόποι

Διαστημικές Υπηρεσίες:

Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία (ESA), <http://www.esa.int>
NASA, <http://www.nasa.gov>
Αυστριακή Διαστημική Υπηρεσία, <http://www.asaspace.at>

Αποστολές στη Σελήνη:

LunarSAT, <http://www.LunarSAT.de>
Lunar Prospector, <http://lunar.arc.nasa.gov>
Κλημεντίνη, <http://www.pxi.com/clementine/index.html>
Απόλλο, <http://www.hp.nasa.gov/alsj/>
SMART-1, <http://sci.esa.int/missions/smart/>

Επιπλέον Εκπαιδευτικές Πληροφορίες:

NASA SpaceLink, <http://spacelink.nasa.gov>

Δικτυακοί Τόποι Ελληνικής Ομάδας:

LunarSAT DT/G, <http://www.cc.uoa.gr/lunarsat>
Πανεπιστήμιο Αθηνών – Τμήμα Φυσικής, <http://www.cc.uoa.gr/physics>



LunarSAT: Η ανάσταση της γηραιάς ηπείρου

Η αρχή

Η αποστολή LunarSAT (**Lunar Academic Research Satellite**) είναι στην ουσία προϊόν της διπλής αποστολής EuroMoon, την οποία σχεδίαζε η ESA για το 2001. Ξεκίνησε από μια απλή, αλλά ταυτόχρονα εξαιρετικά φιλόδοξη ιδέα το καλοκαίρι του 1996, σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα που διοργάνωσαν η Ευρωπαϊκή Διαστημική Υπηρεσία (ESA) σε συνεργασία με τη Αυστριακή Διαστημική Υπηρεσία (ASA) με θέμα: "Αποστολή στη Σελήνη" ("Mission to Moon").

Η EuroMoon αρχικά προέβλεπε την αποστολή ενός σκάφους προσεδάφισης στη Σελήνη. Προτάθηκε, η EuroMoon να γίνει διπλή. Ένας πρόσθετος σεληνιακός δορυφόρος, ο LunarSAT, θα εκτοξευόταν λίγους μήνες πριν ώστε, μεταξύ των άλλων, να παρατηρήσει και να φωτογραφήσει λεπτομερώς υποψήφιες περιοχές προσσελήνωσης για το EuroMoon.

Το Μάρτιο του 1998 η επιτροπή της ESA υπεύθυνη για τα σχέδια με μακροπρόθεσμους στόχους, απέρριψε κυρίως για οικονομικούς λόγους την αποστολή προσεδάφισης, συνέχισε όμως να υποστηρίζει τη δορυφορική αποστολή. Τόσο ο σχεδιασμός όσο και η εκτέλεση της αποστολής γίνεται και με τη συνδρομή φοιτητών και μαθητών από Πανεπιστήμια και σχολεία σε όλη την Ευρώπη, καθώς και με τη βοήθεια νεαρών επαγγελματιών ειδικευμένων σε διαστημικά θέματα. Η ESA συνέχισε να χρηματοδοτεί το πρόγραμμα μέχρι και το τέλος της Β' φάσης εξέλιξής του, χωρίς όμως να παύει να δείχνει ενδιαφέρον για την όλη προσπάθεια.

Οι διοργανωτές

Μέχρι και την ολοκλήρωση της Φάσης Β', όπου το πρόγραμμα χρηματοδοτούταν από την ESA, το πανεπιστήμιο που είχε αναλάβει το κύριο τμήμα μελέτης και ανάπτυξης της αποστολής ήταν το πανεπιστήμιο του Surrey στην Αγγλία.

Σήμερα, κορμός του προγράμματος βρίσκεται σε ένα αριθμό Ευρωπαϊκών πανεπιστημίων, με κέντρο το τμήμα Αστροναυτικής του Τεχνολογικού Ινστιτούτου του Μονάχου στη Γερμανία. Το επιστημονικό τμήμα της αποστολής εδρεύει στο πανεπιστήμιο της Ουψάλα στη Σουηδία, ενώ ενεργή συμμετοχή έχει και ένας αριθμός πανεπιστημίων από τη Γερμανία, την Αυστρία, τη Γαλλία, την Ισπανία, τη Δανία και την Πολωνία. Το τμήμα Εκπαίδευσης και Δημόσιας

Ενημέρωσης (Public Outreach & Education) της αποστολής βρίσκεται στο πανεπιστήμιο του Ίνσμπουργκ, στην Αυστρία.

Επιπλέον, πάνω από 100 μαθητές, φοιτητές ή νέοι επαγγελματίες από 15 χώρες απ' όλη την Ευρώπη (καθώς και από δύο χώρες εκτός Ευρώπης, την Τυνησία και την Κούβα), συμμετέχουν με διάφορους τρόπους στο πρόγραμμα. Μέσα σ' αυτούς συμπεριλαμβάνονται και τα μέλη της δικής μας ομάδας, εκπροσωπώντας την Ελλάδα

Το διαστημόπλοιο

Το LunarSAT είναι ένας μικροδορυφόρος διαστάσεων 60x60x80 cm και με μάζα 100 kgr. Τα 64 από τα 100 kg αποτελούν τη μάζα του καυσίμου (υδραζίνη) και του οξειδωτικού (τετροξείδιο του αζώτου) που θα τροφοδοτούνται στο προωθητικό σύστημα του δορυφόρου. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τέσσερις βασικές μηχανές ισχύος 22N και ειδικής ώσης 289 sec. η κάθε μία. Επίσης, περιλαμβάνει δύο απλούς προωθητήρες ισχύος 1N. Τα παραπάνω εξασφαλίζουν δυνατότητα μεταβολών της ταχύτητας κατά 1300 m/sec συνολικά, αρκετά περισσότερο απ' όσο απαιτεί η τροχιά που έχει επιλεγεί να ακολουθήσει το LunarSAT.

Ο "έλεγχος συμπεριφοράς" του σκάφους (Attitude Control) καθορίζεται από τις μετρήσεις ενός αστρικού και ενός ηλιακού ανιχνευτή (star-sun sensor) καθώς και τριών γυροσκοπίων. Τα όργανα αυτά τροφοδοτούν με κατάλληλα δεδομένα το προωθητικό σύστημα του διαστημοπλοίου καθώς και τρεις "τροχούς αντίδρασης" (reaction wheels). Τα τμήματα αυτά εκτελούν τις ανάλογες εντολές ώστε να διατηρούν το LunarSAT σε ισορροπία και προσανατολισμένο προς την επιθυμητή κατεύθυνση. Η μέθοδος εξισορρόπησης του διαστημοπλοίου είναι η τριαξονική (three axis stabilized).

Η ενεργειακή πηγή του LunarSAT προέρχεται από τη συλλογή ηλιακής ενέργειας από δύο ανάλογους συλλέκτες που θα βρίσκονται στο σώμα του διαστημοπλοίου. Η ενέργεια αυτή αποθηκεύεται σε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λιθίου. Μέρος αυτής συγκρατείται για κατανάλωση σε περιόδους που το σκάφος θα βρίσκεται στη σκιά της Σελήνης ή κάποιας έκλειψης. Το υπόλοιπο αποδίδεται στα επιστημονικά όργανα και στα λειτουργικά μέρη του δορυφόρου. Συνολικά, περίπου 100 Watt ισχύος θα είναι διαθέσιμα για κατανάλωση από τα ηλεκτρικά στοιχεία του σκάφους.

Το σύστημα επικοινωνίας του LunarSAT βασίζεται σε ένα συνδυασμό σχετικών συστημάτων. Περιλαμβάνει δύο κατευθυνόμενες κεραίες (omni directional) για λήψη εντολών από τη Γη (command uplink) καθώς και ένα ειδικά διαμορφωμένο σύστημα κεραιών για μετάδοση τηλεμετρίας προς αυτή (telemetry downlink). Για μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων (high data rate) πρόκειται να χρησιμοποιηθεί μια συστοιχία 4 κεραιών που λειτουργούν στη συχνότητα της "μπάντας" S (S-band antennas). Για την περίπτωση που θα χρειαστεί οικονομία

στην κατανάλωση του ενεργειακού αποθέματος του διαστημοπλοίου, προβλέπεται η χρήση μιας κατευθυνόμενη κεραίας, η οποία θα μεταδίδει δεδομένα με αργό ρυθμό (low data rate).

Το σκάφος μεταφέρει επίσης και επιστημονικά όργανα: το σύστημα καμερών υψηλής ανάλυσης CHRIS (Color High Resolution Imaging System), το μαγνητόμετρο MAG, το φωτόμετρο LENA (Lunar Exosphere Analyzer), το μετρητή πλάσματος SLP (Segmented Langmuir Probe) και το REX (Radar and Plasma Experiment). Για περισσότερες λεπτομέρειες για τα όργανα αναζητήστε πληροφορίες στο σχετικό τμήμα του site.

To LunarSAT στη... Γη

Η επικοινωνία με το διαστημόπλοιο προβλέπεται να γίνει μέσω τεσσάρων επίγειων σταθμών της ESA που βρίσκονται στην Ευρώπη, την Αυστραλία και την Αμερική. Οι σταθμοί διαθέτουν παραβολικές κεραίες 15m που στη μπάντα-S των συχνοτήτων εξασφαλίζουν, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες του δορυφόρου, λήψη δεδομένων με ρυθμό 224 kbits/sec. Αντίστοιχα, η μετάδοση εντολών προς το δορυφόρο θα έχει ταχύτητα 250 bps. Εναλλακτικό σενάριο προβλέπει τη χρήση περισσότερων αλλά και ταυτόχρονα μικρότερων επίγειων σταθμών, έτσι ώστε να μειωθεί το κόστος. Αυτό, βέβαια θα απαιτήσει μια σειρά μετατροπών στα διάφορα συστήματα των σταθμών, στο λογισμικό τους καθώς και στο λογισμικό του υπολογιστή του διαστημοπλοίου, έτσι ώστε να μην υπάρξει μείωση του ρυθμού λήψης δεδομένων.

Η παρακολούθηση της κατάστασης του διαστημοπλοίου, ο έλεγχος της τροχιάς του, ο χειρισμός των διαφόρων οργάνων του καθώς και η εξομοίωση των διαδικασιών της αποστολής, θα γίνονται μέσω κατάλληλα διαμορφωμένου, σύμφωνα με τις ανάγκες της αποστολής, λογισμικού. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα θα έχει τη βάση του στην πλατφόρμα ROSE (Real-time Object-oriented Simulation Environment). Για την εξοικονόμηση χρόνου, το όλο σύστημα έχει εφοδιαστεί τα μαθηματικά μοντέλα που έχουν ήδη αναπτυχθεί για το Automated Transfer Vehicle (ATV), (μελλοντική "φορτηγίδα" ανεφοδιασμού του Διεθνούς Διαστημικού Σταθμού-ISS), καθώς και για το διαστημικό τηλεσκόπιο ακτίνων-X της ESA (XMM-Newton). Υπάρχει περίπτωση αντί του ROSE να χρησιμοποιηθεί το EuroSim, το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό αποστολών της ευρωπαϊκής υπηρεσίας και έχει υποστεί σημαντικές βελτιώσεις. Και τα δύο προγράμματα έχουν δυνατότητα τρισδιάστατης αναπαράστασης και απεικόνισης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο κάτι που ίσως επιτρέψει τη "ζωντανή" παρακολούθηση της αποστολής μέσω του Internet.

Το σχέδιο της αποστολής

Η αποστολή προγραμματίζεται να ξεκινήσει μέσα στο 2002. Ο LunarSAT πρόκειται να εκτοξευτεί ως δευτερεύον φορτίο ενός πυραύλου Ariane 5 (ASAP) και αρχικά θα τοποθετηθεί σε τροχιά γεωσύγχρονης μετάβασης γύρω από τη Γη.

Στην κατάλληλη θέση και χρονική στιγμή, δύο από τις τέσσερις βασικές μηχανές του LunarSAT καθώς και δύο μικροί προωθητήρες του, θα πυροδοτηθούν ώστε να στείλουν το δορυφόρο στην κοντά στην περιοχή βαρυτικής ισορροπίας μεταξύ Γης και Ηλίου (σημείο L1) - (Οριακή Περιοχή Χαλαρής Ισορροπίας Γης-Ηλίου / Sun-Earth Weak Stability Boundary Area), περίπου 1,5 εκατομμύριο χιλιόμετρα μακριά από τη Γη.

Στην περιοχή αυτή, η έλξη της Γης συνεχίζει να υπερισχύει, ωστόσο οι βαρυτικές διαταραχές από τον Ήλιο είναι της ίδιας τάξης μεγέθους με τις βαρυτικές δυνάμεις της Γης. Οι επιδράσεις αυτές, σε συνδυασμό με μια μικρή πυροδότηση των βασικών κινητήρων του δορυφόρου, έχουν προβλεφθεί να μεταβάλλουν την τροχιά του LunarSAT με τέτοιο τρόπο ώστε να τον κατευθύνουν προς τη Σελήνη. Έτσι, επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία στην ποσότητα καυσίμων, τα οποία θα είναι απαραίτητα για περισσότερες κρίσιμες διαδικασίες της αποστολής που θα ακολουθήσουν. Αυτή η μέθοδος συνάντησης με τη Σελήνη, που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά από το LunarSAT, ονομάζεται Τροχιά Μετάβασης Belburno ή Weak Stability Boundary Transfer (WSB).

Το LunarSAT πρόκειται να συναντήσει τη Σελήνη πάνω από το νότιο πόλο της, όπου θα πυροδοτήσει τους κινητήρες του για να εισέλθει σε πολική ελλειπτική τροχιά γύρω από αυτή, με περικύνθιο 100 χλμ. πάνω από το Νότιο Πόλο και αποκύνθιο περίπου 2300 χλμ. Μέσα σε διάστημα μερικών μηνών πρόκειται να εκτελέσει μια σειρά παρατηρήσεων του σεληνιακού διαστημικού περιβάλλοντος καθώς και της σεληνιακής επιφάνειας, με έμφαση στο Νότιο Πόλο.

Το τέλος της αποστολής θα είναι παρόμοιο με αυτό της αποστολής του Lunar Prospector. Το LunarSAT πρόκειται να εκτελέσει ελεγχόμενη πτώση σε έναν από τους κρατήρες του Νότιου Πόλου όπου, σύμφωνα με τα δεδομένα που θα έχουν αναλυθεί μέχρι τότε, θα είναι υποψήφιος να συγκεντρώνει στις σκιερές περιοχές του μεγάλες ποσότητες πάγου. Με την ελπίδα πως ο LunarSAT με την «αυτοκτονία» του θα σηκώσει σημαντικές ποσότητες σκόνης οι οποίες θα περιέχουν μέσα τους - εκτός των άλλων - τα δομικά στοιχεία του νερού, δεκάδες τηλεσκόπια στη Γη θα παρατηρήσουν εκείνη τη μέρα τη Σελήνη με στόχο να τα εντοπίσουν.

Επιστημονικοί Στόχοι

Η Σελήνη, όπως και κάθε πλανητικό σώμα, συγκρούστηκε πολλές φορές στο παρελθόν τόσο από μετεωρίτες όσο και από κομήτες που περιέχουν κυρίως πάγο. Στις περιοχές που τις βλέπει ο Ήλιος, ο πάγος εξαχνώνεται και παρασύρεται από τον ηλιακό άνεμο. Επειδή όμως ο άξονας περιστροφής της Σελήνης είναι σχεδόν κάθετος στο επίπεδο της εκλειπτικής, ορισμένες τοποθεσίες στις πολικές περιοχές είναι συνεχώς στη σκιά και ο πάγος σε αυτές λογικά θα παραμένει αναλλοίωτος.

Την πρώτη ένδειξη για την ισχύ αυτής της θεωρίας μας την έδωσε το σκάφος US Clementine, το ραντάρ του οποίου ανίχνευσε ανωμαλίες στην ανακλαστικότητα των ραδιοκυμάτων στις περιοχές του σεληνιακού Νότιου Πόλου, που ήταν παρόμοιες με αυτές που παρουσιάζει ο πάγος. Καθοριστικό πείραμα ήταν οι μετρήσεις που έκανε ένας φασματογράφος νετρονίων που είχε το US Lunar Prospector, οι οποίες έδειξαν την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων υδρογόνου, που θεωρήθηκε ότι οφείλονταν στην παρουσία νερού.

Αν, λοιπόν, υπάρχει πάγος σε τι μορφή βρίσκεται; Είναι συσσωρευμένος σε υπόγειες "δεξαμενές"; Υπάρχουν φλέβες νερού; Ή μήπως καλύπτει την επιφάνεια του εδάφους;

Η απάντηση σε αυτά τα ερωτήματα θα διαμορφώσει τις μεθόδους με τις οποίες θα γίνει εκμετάλλευση αυτού του πόρου.

Το LunarSAT θα επαληθεύσει την ύπαρξη του πάγου και θα τον μελετήσει με φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης. Επίσης θα ερευνήσει μία σειρά οργάνων το σεληνιακό περιβάλλον όσον αφορά το πλάσμα και την εξώσφαιρα.

Επιστήμη στο Άγνωστο

Ποιοι είναι οι επιστημονικοί στόχοι του προγράμματος LunarSAT;

- Να επιβεβαιώσει και να μελετήσει τα αποθέματα πάγου στο Νότιο Πόλο της Σελήνης.
- Να ερευνήσει το αρχικό σεληνιακό περιβάλλον με έμφαση στο πλάσμα και στην εξώσφαιρα.

Η αμερικάνικη διαστημική κάψουλα Κλημεντίνη έκανε παρόμοιες φωτογραφικές παρατηρήσεις, οι οποίες όμως έγιναν υπό κακές συνθήκες φωτισμού εξαιτίας εμποδίων λόγω της μορφής της τροχιάς του δορυφόρου γύρω απ' τη Σελήνη. Έτσι η πραγματική προέκταση των μονίμως σκιασμένων περιοχών του Νοτίου Πόλου παραμένει άγνωστη.

Τις απαντήσεις σε όλα αυτά τα ερωτήματα τις ψάχνουμε μέσα από διάφορα πειράματα που θα εκτελέσει το LunarSAT.

Επιστήμονικά Όργανα

Η κίνηση της Σελήνης είναι τέτοια ώστε κάποιες περιοχές της βρίσκονται μονίμως υπό σκιά. Αυτές οι περιοχές είναι κατάλληλες για να φιλοξενήσουν πάγο νερού. Οι δύο προηγούμενες βασικές αποστολές στη Σελήνη, της Κλημεντίνης και του Lunar Prospector, μας έδωσαν απλά ενδείξεις για πιθανή ύπαρξη πάγου στο Νότιο Πόλο της Σελήνης. Αναπάντητο, λοιπόν, παραμένει το ερώτημα της ύπαρξης πάγου αλλά και της μορφής που έχει, αν υπάρχει. Αυτά είναι κάποια από τα ερωτήματα που θα προσπαθήσει να απαντήσει το LunarSAT. Διαθέτει 5 όργανα με τα οποία θα μελετήσει τη μαγνητόσφαιρα της Σελήνης, θα χαρτογραφήσει περιοχές του Νοτίου Πόλου και θα μελετήσει το πλάσμα και την εξώσφαιρα του δορυφόρου μας.

CHRIS (Color High Resolution Imaging System)

Το CHRIS αποτελείται από δύο οπτικά συστήματα, μια υψηλής ανάλυσης κάμερα και μια ευρυγώνια κάμερα. Το όργανο θα κατασκευαστεί στο Γερμανικό Αεροδιαστημικό Ίδρυμα (DLR). Το σύστημα κάμερας του LunarSAT θα πραγματοποιήσει υψηλής ανάλυσης, πολυφασματική και τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής του νοτίου πόλου της Σελήνης καθώς και άλλων επιλεγμένων περιοχών, ενώ θα παρακολουθήσει τις εποχιακές αλλαγές της φωτεινότητας των πολικών περιοχών. Με συνεχή έκθεση του συστήματος κάμερας θα αναζητηθούν περιοχές της Σελήνης που βρίσκονται μονίμως υπό σκιά, αλλά και υπό μόνιμο φως (Peaks Of Eternal Light).

Επίσης, ανάλυση των φωτογραφιών θα δώσει μεγάλης ακρίβειας μεταλλειολογικά δεδομένα.

MAG (Μαγνητόμετρο)

Το όργανο αυτό θα το παρέχει το Danish Technical University (DTU). Σχετικά με το μαγνητικό πεδίο της Σελήνης υπάρχουν πολλά ερωτήματα όπως το αν η Σελήνη έχει ή είχε μαγνητικό δυναμό, το πρόβλημα της προέλευσης της μαγνήτισης των πετρωμάτων της σεληνιακής επιφάνειας και η φύση της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στην Σελήνη και το διαπλανητικό μαγνητικό πεδίο στην περιοχή της μαγνητοουράς της Γης. Το MAG θα επιτρέψει τη λεπτομερή χαρτογράφηση των μαγνητικών ιδιοτήτων της σεληνιακής επιφάνειας καθώς και τη μελέτη της γήινης μαγνητοουράς, του κρουστικού κύματος και της μαγνητόπαυσης.

LENA (Lunar Exosphere Analyzer)

Την ανάπτυξη και τον έλεγχο του οργάνου έχει αναλάβει το Κέντρο Διαστημικών Ερευνών της Πολωνικής Ακαδημίας Επιστημών. Το LENA είναι ένα φωτόμετρο για τις γραμμές **D1** και **D2** του νατρίου, που εκτελεί μετρήσεις μετατόπισης Doppler και 2d. Με συνολική μάζα 1,5 kg και με μέγιστη κατανάλωση ενέργειας 3

LunarSAT DT/G

Ενεργειακή Κρίση σε Σεληνιακή Τροχιά Συμπληρωματικές Πληροφορίες

W θα χαρτογραφήσει τη διανομή του νατρίου στη σεληνιακή εξώσφαιρα. Κοιτάζοντας προσεκτικά τον ορίζοντα κατά τη διάρκεια της τροχιάς, θα είναι σε θέση να δημιουργήσει μια τρισδιάστατη εικόνα της εξώσφαιρας περιλαμβάνοντας χωρικές και χρονικές μεταβολές.

SLP (Segmented Langmuir Probe)

Το SLP είναι το δεύτερο όργανο που μπορεί να μετρήσει μαγνητικά πεδία. Μπορεί να καταγράψει το πεδίο ηλεκτρονίων, τις ταλαντώσεις του πλάσματος μέχρι 100kHz, να μελετήσει την ροή της UV (υπεριώδους) ιονίζουσας ακτινοβολίας καθώς και τις επιπτώσεις της πρόσκρουσης μικρομετεωριτών στο σκάφος. Η σημαντικότερη λειτουργία του πάντως, αφορά το χαρακτηρισμό των προτεραιοτήτων του σεληνιακού πλάσματος, κυρίως μέσω του καθορισμού της αριθμητικής πυκνότητας και θερμοκρασίας των ηλεκτρονίων του σεληνιακού περιβάλλοντος.

REX (Radar and Plasma experiment)

Την εκτέλεση του συγκεκριμένου πειράματος έχει αναλάβει το Σουηδικό Ινστιτούτο Διαστημικών Ερευνών. Το REX θα συνεισφέρει στην μελέτη της σεληνιακής πλασμόσφαιρας και πιθανόν να δώσει πληροφορίες για τα υλικά και την δομή της σεληνιακής επιφάνειας και του σεληνιακού υπεδάφους στην περιοχή του Νότιου πόλου του φεγγαριού. Η δυναμική του πλάσματος, η δομή και η εκπομπή του μπορεί να ανιχνευθεί επιτόπου και από μακριά από το REX.

Το πείραμα θα δώσει ενδιαφέροντα αποτελέσματα όταν η Σελήνη θα διέρχεται μέσα από την πλασμοουρά της Γης.

Εκπαιδευτικοί στόχοι

Οι περισσότεροι από του στόχους του LunarSAT εκφράζουν σε μεγάλο βαθμό τον εκπαιδευτικό χαρακτήρα της αποστολής. Ο καθορισμός των υπολοίπων στόχων έγινε με βάση τα τελευταία δεδομένα των διαστημικών αποστολών Lunar Prospector και Clementine, τα οποία δίνουν ισχυρές ενδείξεις για την ύπαρξη πάγου στους σεληνιακούς πόλους. Τέλος, θα γίνουν επίσης και πειράματα που αφορούν το σεληνιακό διαστημικό περιβάλλον.

Συνοπτικά, οι στόχοι της αποστολής είναι οι εξής:

- Η επιβεβαίωση της ύπαρξης πάγου και στους σεληνιακούς πόλους καθώς και η μελέτη του.
- Ο καθορισμός της καταλληλότητας των πολικών περιοχών ως προς την πιθανή μελλοντική κατασκευή ανθρώπινων εγκαταστάσεων.
- Ο χαρακτηρισμός του σεληνιακού περιβάλλοντος (σεληνιακή εξώσφαιρα, αλληλεπίδραση σελήνης με τον ηλιακό άνεμο, δυναμική σεληνιακού πλάσματος κλπ.)
- Η ανάπτυξη νέων μεθόδων εκτέλεσης διαστημικών αποστολών πέρα από τη γεωστατική τροχιά μέσω μικροδορυφόρων και ο συνδυασμός τους με εκπαιδευτικές δραστηριότητες.
- Να δοθεί η ευκαιρία σε νέους επιστήμονες και μηχανικούς να εξασκηθούν και να εκπαιδευτούν μέσω του LunarSAT σε σχετικά θέματα.
- Να δοθεί η ευκαιρία σε περισσότερους από 50.000 μαθητές απ' όλη την Ευρώπη να έρθουν σε επαφή με τη διαστημική και την αστρονομία μέσω της αποστολής.



Περιεχόμενα του Εκπαιδευτικού Πακέτου

- **Διαφάνειες (folien_gr.zip)**
 - ΔΙΑΦΟΡΑ
- **Κείμενα (scripts_gr.zip)**
 - teama_gr.pdf (προβλήματα 1^{ης} ομάδας)
 - teamb_gr.pdf (προβλήματα 2^{ης} ομάδας)
 - teamc_gr.pdf (προβλήματα 3^{ης} ομάδας)
 - solutions_gr.pdf (οι λύσεις των προβλημάτων)
 - additional_gr.pdf (επιπλέον πληροφορίες - αυτό το κείμενο -)
- **Διάφορα (batt_gr.zip)**
 - Πληροφορίες για τη μπαταρία **POLYSTOR ICR** (icr18650.pdf – irc18655.pdf)