

Αστρονομία, μια Διαθεματική Επιστήμη*

Αντώνης Γίτσας¹

1. Εταιρεία Αστρονομίας και Διαστήματος, Βόλος

Φανταστείτε ότι μαθαίνετε τα πάντα για την Αρχαιολογία αλλά καθόλου Ιστορία. Ή ότι είστε ανθρωπολόγος αλλά δεν γνωρίζετε να διαβάσετε τα αρχαία κείμενα που μόλις ανακαλύψατε με πολύ κόπο. Προφανώς δεν θα καταφέρνατε πολλά πράγματα, όσο και αν προσπαθούσατε με τα μέσα που διαθέτετε. Σε μια παρόμοια κατάσταση θα βρισκόταν και κάποιος που θα έλειπε από τη “φαρέτρα” του η αστρονομική γνώση. Η Αστρονομία έχει σημαντικούς δεσμούς με πολλά άλλα σύγχρονα επιστημονικά πεδία, ενώ οι τεχνολογικές περιοχές που υποστηρίζουν ή επωφελούνται από την αστρονομική έρευνα είναι πολυάριθμες. Χάρη σε αυτήν την αλληλεπίδραση, ακόμα και η απλή χρήση ενός τηλεσκοπίου μπορεί να εξηγήσει με κατανοητό τρόπο περίπλοκες έννοιες π.χ. της οπτικής και της κυματικής. Σε αυτό το πλαίσιο, το μάθημα της Αστρονομίας μπορεί να λειτουργήσει ευεργετικά στη διασύνδεση των επιστημονικών πεδίων προς όφελος των μαθητών.

Έρευνα στα αστέρια

Η κατανόηση θεμάτων Φυσικής, Χημείας, Μετεωρολογίας, Ιατρικής και Βιολογίας επωφελείται σε μεγάλο βαθμό από παρατηρήσεις και μελέτες που διεξάγονται σε διαστημικές αποστολές [1] όπως στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS). Η έρευνα που διεξάγεται εκεί σε περιβάλλον μικροβαρύτητας επιτρέπει τον έλεγχο και τη βελτίωση θεωριών και εφαρμογών. Για παράδειγμα, οι ιδιότητες των υλικών καθορίζονται από την δομή τους και επηρεάζονται από ατέλειες που δημιουργούνται κατά τη μετάβαση από τη μία φάση στην άλλη. Αυτή η διαδικασία με τη σειρά της εξαρτάται από τη βαρύτητα εδώ στη Γη. Μελετώντας τη στερεοποίηση σε περιβάλλον μικροβαρύτητας (Εικόνα 1), είναι δυνατόν να κατανοήσουμε καλύτερα αυτήν τη διεργασία και να παράγουμε στη Γη πιο ανθεκτικά, πιο αξιόπιστα και πιο φθηνά υλικά [2]. Από την άλλη πλευρά, η πρόοδος σε επίγεια εργαστήρια διαφορετικών αντικειμένων προωθεί την ανάπτυξη της διαστημικής εξερεύνησης. Μπορούμε να πούμε ότι η διαστημική έρευνα καλύπτει οριζόντια και διαπερνάται ταυτόχρονα από ένα δίκτυο επιστημονικών κλάδων.



Εικόνα 1. Τα πειράματα στον ISS βοηθούν στην ερμηνεία του πώς ορισμένα υλικά υπό συγκεκριμένες συνθήκες σχηματίζουν κρυστάλλους ιδιαίτερης μορφολογίας, όπως για παράδειγμα αυτοί οι υπεραγωγοί νικελίου (εικόνα DOE/Ames Laboratory).

* Ομιλία στο 1^ο Πανελλήνιο Αστρονομικό Συνέδριο Νεολαίας, Βόλος, 1 και 2 Οκτωβρίου 2010.

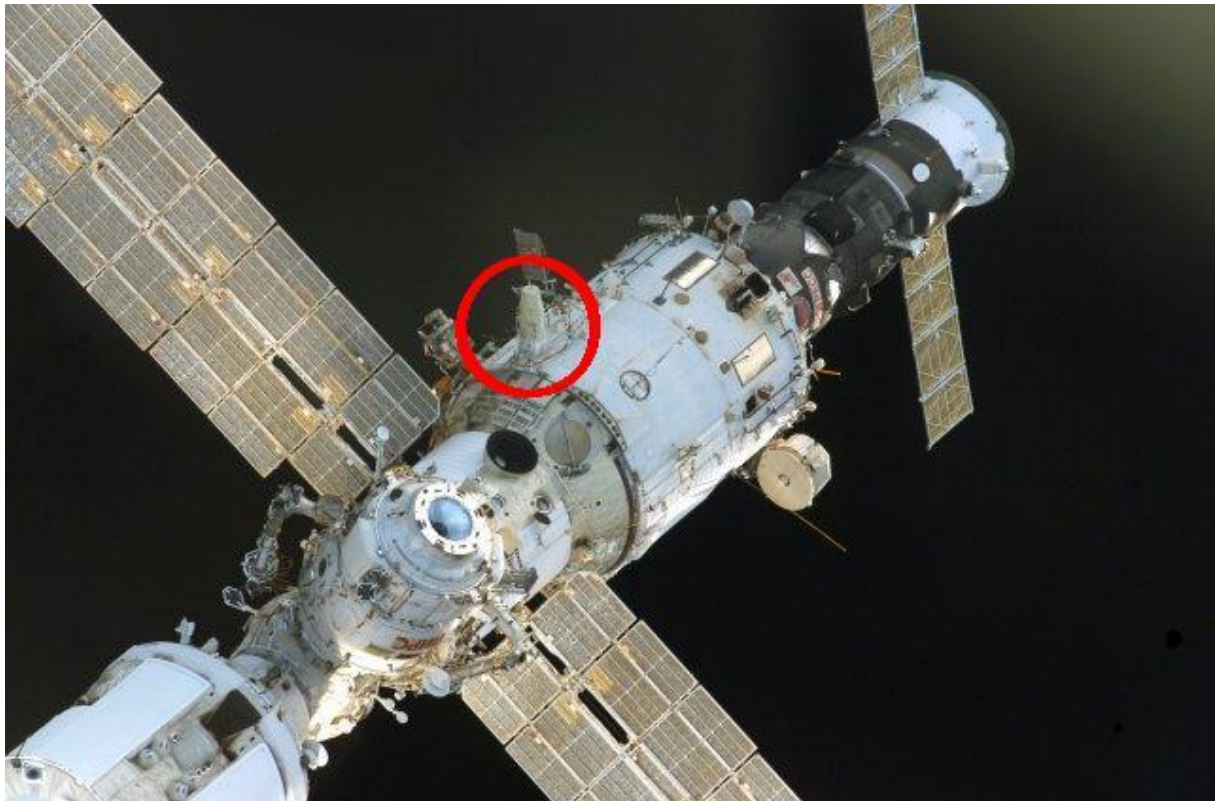
Έχουμε εισέλθει σε μια δεύτερη “χρυσή εποχή” πλανητικής εξερεύνησης, με σπουδαίες αποστολές που είτε ήδη μεταδίδουν πολύτιμα δεδομένα είτε βρίσκονται καθοδόν προς τον προορισμό τους. Διαστημοσυσκευές μπαίνουν στην ατμόσφαιρα πλανητών και δορυφόρων ή και προσεδαφίζονται σε αυτούς, και εφαρμόζουν ισχυρές τεχνικές ανάλυσης για να μελετήσουν τη σύσταση του περιβάλλοντος. Υπάρχουν δύο προκλήσεις σε αυτές τις αποστολές: Η μία είναι η άρτια εκτέλεση μετρήσεων επί τόπου χωρίς την άμεση ανθρώπινη εποπτεία, και η δεύτερη η ανάλυση του πλήθους των πληροφοριών που στέλνεται πίσω στη Γη. Και στις δύο περιπτώσεις, καλλιεργείται το έδαφος για στενή συνεργασία ερευνητικών ομάδων Αστρονόμων με ειδικούς στη Φυσική, στην οργανική και ανόργανη Χημεία, στη Γεωλογία, στην Βιολογία και άλλα πεδία. Για παράδειγμα, οι συνεχείς ανακαλύψεις νερού και μεθανίου στην ατμόσφαιρα εξωπλανητών [3] ανοίγουν ένα μεγάλο κεφάλαιο πλανητικής Χημείας. Δεν είναι τυχαίο ότι, σε αναγνώριση των παραπάνω, το στοιχείο με ατομικό αριθμό 112 που πρωτοανακαλύφθηκε το 1996 ονομάστηκε επίσημα στις 19 Φεβρουαρίου 2010 “κοπερνίκιο” (Cn) από την International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) [4]. Η ομάδα που ανακάλυψε το στοιχείο πρότεινε το όνομα του Κοπέρνικου “για να τιμηθεί ένας εξαιρετικός επιστήμονας ο οποίος δεν αναγνωρίστηκε επαρκώς κατά τη διάρκεια της ζωής του, και να αναδειχθεί η σχέση μεταξύ Αστρονομίας και πυρηνικής Χημείας” [5], μέσω και της ομοιότητας του ηλιοκεντρικού συστήματος με το ατομικό μοντέλο του Νιλς Μπορ. Άλλωστε την ίδια στιγμή, οι τελευταίες γενιάς επιταχυντές όπως ο Large Hadron Collider στο CERN προσπαθούν να λύσουν εδώ στη Γη μυστήρια του σύμπαντος “θρυμματίζοντας” στοιχειώδη σωματίδια.

Από τη Γη στη Σελήνη και πίσω

Πολλά περίπλοκα φυσικά φαινόμενα μελετώνται επίσης με προσομοιώσεις σε υπολογιστές με σκοπό τον έλεγχο, την πρόγνωση και τη βελτιστοποίηση. Τα υπολογιστικά μοντέλα αντικαθιστούν ακριβιά, χρονοβόρα και επικίνδυνα πειράματα, ή εκτελούνται παράλληλα με πειράματα σε πραγματικό χρόνο, συγκρίνονται μεταξύ τους, και τα αποτελέσματα κατευθύνουν ανάλογα τις αποφάσεις των επιστημόνων [6]. Σήμερα τα προβλήματα μπορούν να αναλυθούν με υπολογιστές που έμοιαζαν ουτοπικοί μόλις πριν λίγες δεκαετίες. Η δε ανάγκη για αποστολή διαστημοσυσκευών με ακρίβεια στα πέρατα του ηλιακού συστήματος και η κατασκευή τηλεσκοπίων ακριβείας ήταν θέματα που ώθησαν σημαντικά τα Μαθηματικά και την Επιστήμη Υπολογιστών στην ανάπτυξη ολοένα ταχύτερων μεθόδων.

Ένα πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι αστροναύτες που ζουν και εργάζονται στο διάστημα σε ύψος ~400 km, είναι πως βρίσκονται εκτεθειμένοι σε επίπεδα ακτινοβολίας μέχρι και 100 φορές υψηλότερα από αυτά στο έδαφος της Γης, κυρίως λόγω της κοσμικής ακτινοβολίας, των εκπομπών από τον Ήλιο και υποατομικών σωματιδίων παγιδευμένων στις ζώνες Van Allen. Η επίδραση αυτών των πηγών ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όπως το ύψος και η τροχιά της αποστολής, η προστασία από το διαστημικό σκάφος, ο ηλιακός κύκλος και τέλος το ακριβές τμήμα του σώματος που εκτίθεται. Οι σοβαρές επιπτώσεις στους ιστούς κάνουν αναγκαία την παρακολούθηση και πρόγνωση της έκθεσης των αστροναυτών στην ακτινοβολία, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια μακρόχρονων αποστολών. Το πείραμα MATROSHKA [7] αποτελείται από ένα μοντέλο ανθρώπινου σώματος που μπορεί να εκτεθεί στην ακτινοβολία είτε εντός είτε εκτός του ISS (Εικόνα 2) και περιέχει 6000 αισθητήρες για τον προσδιορισμό της κατανομής της προσροφούμενης ακτινοβολίας. Παράλληλα, σε εργαστήρια πίσω στη Γη πραγματοποιούνται πειράματα με ένα πανομοιότυπο μοντέλο και προσομοιώσεις σε υπολογιστές (MATSIM) με σκοπό τη σύγκριση και την καλύτερη κατανόηση των δεδομένων που συλλέγονται στον ISS. Οι συντονισμένες προσπάθειες ερευνητικών κέντρων από όλον

τον κόσμο καταλήγουν σε συμπεράσματα μεγάλης σημασίας για την αποτελεσματική προστασία των αστροναυτών σε μελλοντικές αποστολές.



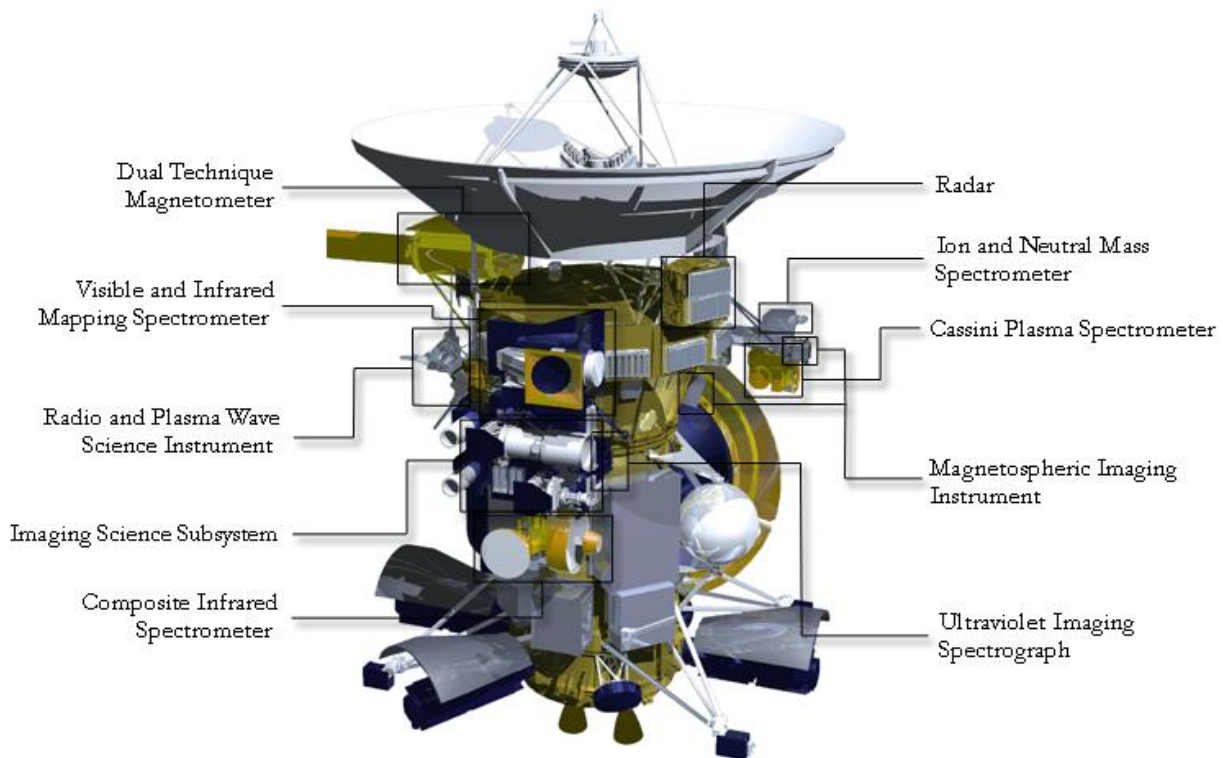
Εικόνα 2. Σε κύκλο το ανθρώπινο ομοίωμα του πειράματος MATROSHKA στο εξωτερικό του ISS, για τη μελέτη της επίδρασης της ακτινοβολίας σε βιολογικούς ιστούς (εικόνα από τη NASA).

Ένα εργαστήριο στο διάστημα

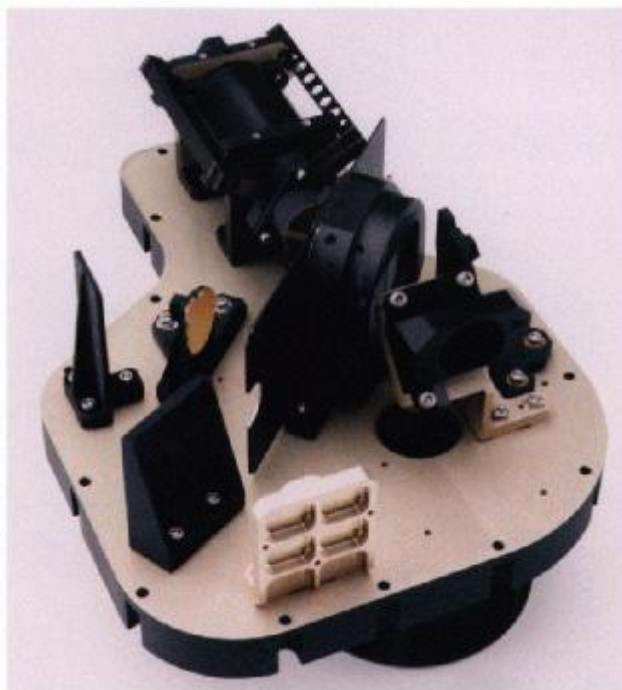
Βιοαισθητήρες και χημικοί αισθητήρες βασισμένοι σε τεχνικές όπως ο φθορισμός, η απορρόφηση σε επιφάνειες και η ηλεκτροχημεία, προσφέρουν το πλεονέκτημα της μέτρησης πολύ μικρών ποσοτήτων σε πραγματικό χρόνο. Η τρέχουσα τάση στην ανάπτυξη αισθητήρων προσβλέπει στην ελαχιστοποίηση όλης της μονάδας και της αναλυτικής αλυσίδας, από το δείγμα μέχρι την ανίχνευση, με αποτέλεσμα την μικρή απαιτούμενη ποσότητα δείγματος, αντιδραστηρίων και αναλωσίμων, μικρό μέγεθος του αισθητήρα [8], τη δυνατότητα πολλών παράλληλων αναλύσεων, μειωμένο χρόνο λήψης των αποτελεσμάτων, με ταυτόχρονα αυξημένη ακρίβεια και αξιοπιστία. Ένα διαφορετικό παράδειγμα της στενής σχέσης των διαστημικών με άλλες εφαρμογές, είναι η χρήση γυροσκοπίων για τη σταθεροποίηση του Sentinel-3 της ESA [9], όμοια με εκείνα που εδώ και 15 χρόνια χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση των αερόσακων και του ABS στα αυτοκίνητά μας. Οι μικρές τους διαστάσεις, όσο περίπου ένας κύβος ζάχαρης, η μικρή κατανάλωση ενέργειας και η αντοχή στους κραδασμούς κάνει τα Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) ιδανική επιλογή.

Ο λεπτομερής και αδιάλειπτος έλεγχος είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Για τις διαστημικές υπηρεσίες, η διαρροή του υδροποιημένου υδρογόνου και οξυγόνου κατά τη διάρκεια μιας εκτόξευσης πυραύλου ή διαστημικού οχήματος, θα μπορούσε να έχει (και δυστυχώς είχε στο παρελθόν [10]) καταστροφικά αποτελέσματα. Στους ελέγχους που γίνονται πριν την εκτόξευση, οι μηχανές γεμίζονται με ήλιο και χρησιμοποιούνται φασματογράφοι μάζας για την ανίχνευση τυχόν διαρροών. Το Cassini, που βρίσκεται αυτή τη στιγμή σε τροχιά γύρω από τον Κρόνο, μεταφέρει κι αυτό φασματογράφους μάζας, μαζί με πολλούς άλλους αισθητήρες που φαίνονται στην Εικόνα 3 [11], οι οποίοι λειτουργούν

αυτόματα. Η αποστολή έχει κάνει ήδη πολύ σημαντικές ανακαλύψεις, όπως μεγάλες λίμνες μεθανίου στην επιφάνεια του Τιτάνα και ένα πλούσιο μείγμα οργανικών ενώσεων στην ατμόσφαιρά του, λεπτομέρειες σχετικά με την κατανομή των σωματιδίων στους δακτυλίους του Κρόνου και την κυκλοφορία της ατμόσφαιράς του. Καθώς αυτά τα όργανα γίνονται όλο και πιο φορητά και ανθεκτικά, μπορούν να λειτουργήσουν σε αφιλόξενα περιβάλλοντα όπως στο Διάστημα, ενώ ερευνητές που αντιμετωπίζουν παρόμοιες προκλήσεις, όπως σε γήινα ηφαίστεια, υιοθετούν αυτές τις ίδιες συσκευές. Ως ένα άλλο παράδειγμα επιτόπιας ανάλυσης, τα εντυπωσιακά ευρήματα που μεταδίδουν από τον Άρη δύο “διάστημα” ρομπότ, τα Spirit και Opportunity, συλλέγονται επίσης με μια σειρά οργάνων που καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος: Μια πανοραμική κάμερα, ένα μικροσκόπιο, τρεις φασματογράφους (Mössbauer, ακτίνων-X/σωματιδίων άλφα, υπερύθρου) και άλλα όργανα (Εικόνα 4) που μαζί αναλύουν τη γεωλογική σύσταση του Άρη, κάνουν τα ρομπότ να μοιάζουν ουσιαστικά με μικρά εργαστήρια [12]. Το δε Mars Science Laboratory, που πρόκειται να σταλεί στον Άρη το 2011, θα φέρει δεκαπλάσια μάζα επιστημονικών οργάνων απ’ ότι τα Spirit και Opportunity, με σκοπό τη μελέτη του Άρη ως προς τις συνθήκες ανάπτυξης ζωής – πολλή δουλειά περιμένει όλους τους επιστήμονες που συμμετέχουν!



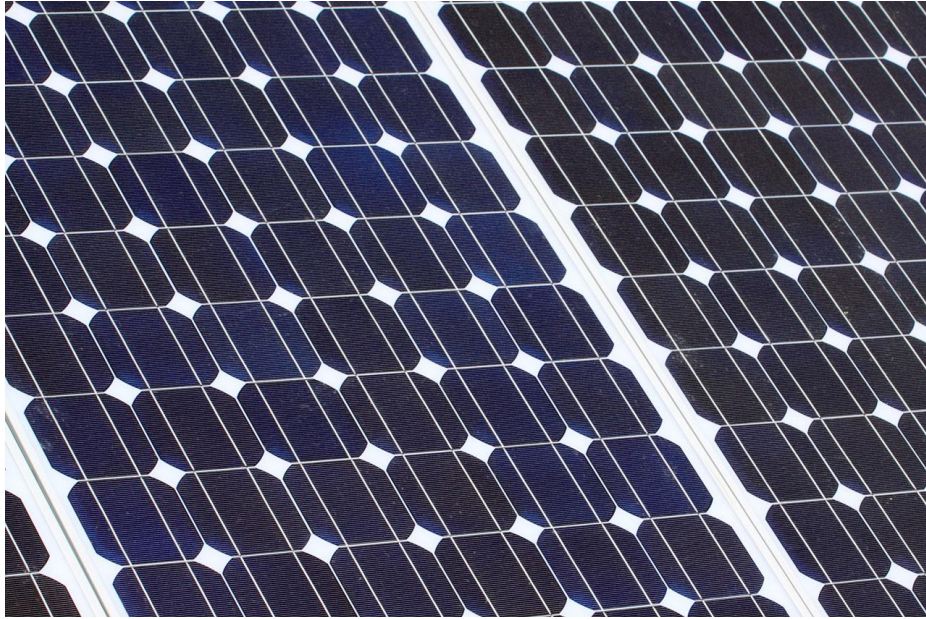
Εικόνα 3. Μερικά από τα πειραματικά όργανα της αποστολής Cassini-Huygens στον Κρόνο. Η συσκευή Huygens που διακρίνεται στο πίσω μέρος, προσεδαφίστηκε στην επιφάνεια του Τιτάνα (εικόνα NASA).



Εικόνα 4. Το μικροσκοπικό (ζυγίζει μόλις 2.1 κιλά) Miniature Thermal Infrared Spectrometer (Mini-TES) που φέρουν τα Mars Exploration Rovers είναι σχεδιασμένο για να αναλύει το υπέρυθρο φάσμα των πετρωμάτων της αρειανής επιφάνειας και τη σύσταση της αρειανής ατμόσφαιρας (εικόνα NASA).

Ενέργεια για όλους

Τα διαστημικά σκάφη που λειτουργούν σχετικά κοντά στον Ήλιο συνήθως χρησιμοποιούν ηλιακά κύτταρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλιακό φως (Εικόνα 5). Προφανώς είναι επιθυμητό το βάρος τους να είναι μειωμένο ενώ η απόδοσή τους ανά μονάδα επιφάνειας αυξημένη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση φωτοβολταϊκών λεπτών υμενίων (με πάχος μερικά νανόμετρα) με εύκαμπτο υπόστρωμα από πολυμερή (π.χ. κάποιος πολυεστέρας ή πολυιμίδιο), στη θέση του πυριτίου. Αυτά τα ηλιακά κύτταρα τρίτης γενιάς μπορούν να συνδυαστούν με ελαφριές μπαταρίες λιθίου-πολυμερούς για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε αυτές τις μπαταρίες, εύκαμπτα πολυμερή αναμειγνύονται με άλατα λιθίου και λειτουργούν ως διηλεκτρικό, ενώ ταυτόχρονα ενεργούν ως ανθεκτική μικροδομή διαχωρισμού των πόλων του στοιχείου, και παρέχουν αυξημένη μηχανική αντοχή συγκριτικά με άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή υπέρλεπτων μπαταριών [13]. Τέτοια νέα υλικά συλλογής και αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας είναι από τα πλέον ελπιδοφόρα ερευνητικά αποτελέσματα, με εφαρμογές από τους συλλέκτες των δορυφόρων μέχρι σε φορητές μονάδες για αδιάλειπτη παροχή ενέργειας.



Εικόνα 5. Φωτοβολταϊκό αποτελούμενο από επιμέρους ηλιακά κύτταρα. Η έρευνα στον τομέα αυτό έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας τόσο στο διάστημα όσο και στη Γη (εικόνα Petr Kratochvil).

Οι παραπάνω αποτελούν μερικές μόνο πτυχές της αλληλεπίδρασης της σύγχρονης Αστρονομίας με άλλες επιστήμες, και συγκεκριμένα πώς η αστρονομική έρευνα προάγει τη βασική και εφαρμοσμένη έρευνα σε τομείς όπως αισθητήρες και όργανα ανάλυσης, επιστήμη των υλικών, παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας. Έχοντας να αντιμετωπίσουμε παγκόσμια ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, η αναζήτηση νέων ενεργειακών πόρων και η διασφάλιση επαρκούς διατροφής του πληθυσμού, η διαστημική έρευνα συμβάλει ουσιαστικά στην εύρεση βιώσιμων λύσεων για το παρόν και το μέλλον. Ενώ τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί ταχεία πρόοδος στην κατανόηση του Φυσικού Κόσμου, παραμένουν σαφώς ανοιχτά πολλά θέματα για περαιτέρω μελέτη και βελτίωση. Η διαστημική έρευνα είναι ένα πεδίο που προσφέρει το υπόβαθρο και μαζί το κίνητρο για ουσιαστική ανάπτυξη, και το μάθημα της Αστρονομίας, επομένως, ο συνδυαστικός κρίκος των εξελίξεων στα πιο σύγχρονα πεδία της επιστήμης και το κανάλι επικοινωνίας τους με τους νέους.

Αναφορές

- (1) <http://www.esa.int/esaHS/research.html>
- (2) http://www.nasa.gov/mission_pages/station/science/experiments/MISSE-1_and_2.html
- (3) Swain, M. R.; Vasisht, G.; Tinetti, G. *Nature* **2008**, *452*, 329.
- (4) <http://www.iupac.org/publications/pac/82/3/0753/>
- (5) http://www.gsi.de/portrait/Pressemeldungen/14072009_e.html
- (6) Rollet, S.; Beck, P.; Latocha, M.; Wind, M.; Zechner, A.; Taylor, G. C. *Nuclear Technology* **2009**, *168*, 118.
- (7) <http://www.fp7-hamlet.eu>
- (8) Gitsas, A.; Yameen, B.; Lazzara, T. D.; Steinhart, M.; Duran, H.; Knoll, W. *Nano Letters* **2010**, *10*, 2173.
- (9) http://www.esa.int/esaCP/SEMVMXYUHXYF_index_0.html
- (10) Feynman, R. P. “*What Do You Care What Other People Think?*”, W. W. Norton, New York 2001, Chapter 2.
- (11) <http://saturn.jpl.nasa.gov/spacecraft/cassiniorbiterinstruments/>
- (12) http://marsrover.nasa.gov/technology/si_in_situ_instrumentation.html
- (13) Gitsas, A.; Floudas, G.; Wegner, G. *Physical Review E* **2004**, *69*, 041802.