

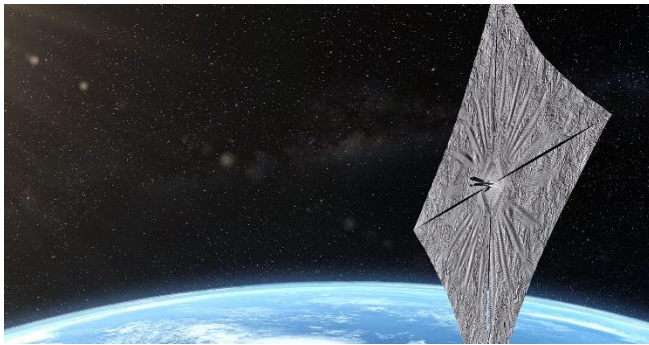
ΦΥΣΙΚΗ Ι

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2020-21

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ | ΗΛΙΑΚΑ ΙΣΤΙΑ



ΔΙΔΑΣΚΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΣΙΓΑΡΙΔΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΟΙΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΗΛΙΑΚΗ ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΑ;

Η ηλιακή ιστιοπλοΐα είναι ένας επαναστατικός τρόπος προώθησης ενός διαστημικού σκάφους μέσω του διαστήματος. Ένα διαστημικό σκάφος με ηλιακό πανί έχει μεγάλα ανακλαστικά πανιά που συλλαμβάνουν την ορμή του φωτός από τον Ήλιο και χρησιμοποιούν αυτήν την ορμή για να ωθήσουν το διαστημικό σκάφος προς τα εμπρός. Η αποστολή LightSail 2 της Planetary Society είναι ένα παράδειγμα αυτής της τεχνολογίας σε δράση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1) Ιστορία της έννοιας.....σελ 2-5	
2) Φυσικές αρχέςσελ 5-7	
2.1 Πίεση ηλιακής ακτινοβολίαςσελ 5-6	
2.2 Παράμετροι ιστιοπλοΐαςσελ 6	
2.3 Έλεγχος στάσης.....σελ 6-7	
2.4 Περιορισμοί.....σελ 7	
3) Εφαρμογές.....σελ 7-8	
3.1 Εσωτερικοί πλανήτες.....σελ 7	
3.2 Εξωτερικοί πλανήτες.....σελ 7	
3.3 Εστίαση εσωτερικής βαρύτητας Oort Cloud /Sun.....σελ 7	
3.4 Δορυφόροι.....σελ 7	
3.5 Διορθώσεις τροχιάς.....σελ 7	
3.6 Διαστημική πτήση.....σελ 7-8	
3.7 Αποχρωματισμός τεχνητών δορυφόρων.....σελ 8	
4) Διαμορφώσεις πανιών.....σελ 8-10	
5) Άλλες κατηγορίεςσελ 10-11	
5.1 Ηλεκτρικό ηλιακό πανί.....σελ 10	
5.2 Μαγνητικό πανί.....σελ 10-11	
6) Ιστιοπλοΐα.....σελ 11-12	
6.1 Υλικά.....σελ 11	
6.2 Επίπεδα προβληματισμού και εκπομπής.....σελ 11	
6.3 Κατασκευή.....σελ 12	
7) Βιβλιογραφία.....σελ 12	

1)ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ

Ο Γιοχάνες Κέπλερ παρατήρησε ότι οι ουρές κομήτη απομακρύνονται από τον Ήλιο και πρότειναν ότι ο Ήλιος προκάλεσε το αποτέλεσμα. Σε μια επιστολή προς τον Γαλιλαίο το 1610, έγραψε: "Παρέχετε πλοία ή πανιά προσαρμοσμένα στα ουράνια αεράκια, και θα υπάρχουν κάποιοι που θα τολμήσουν ακόμη και αυτό το κενό." Ίσως είχε στο μυαλό το φαινόμενο της κομήτης ουρά όταν έγραψε αυτές τις λέξεις, αν και οι δημοσιεύσεις του για τις κομήτες ουράς ήρθαν αρκετά χρόνια αργότερα.

Ο James Clerk Maxwell, το 1861-1864, δημοσίευσε τη θεωρία του για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία και την ακτινοβολία, η οποία δείχνει ότι το φως έχει ορμή και έτσι μπορεί να ασκήσει πίεση στα αντικείμενα. Οι εξισώσεις του Maxwell παρέχουν τη θεωρητική βάση για ιστιοπλοΐα με ελαφριά πίεση. Έτσι, το 1864, η κοινότητα της φυσικής και πέρα από το γνωστό φως του ήλιου έφερε ορμή που θα ασκούσε πίεση στα αντικείμενα.

Ο Jules Verne, στο « From the Earth to the Moon », που δημοσιεύτηκε το 1865, έγραψε «κάποια μέρα θα εμφανιστούν ταχύτητες πολύ μεγαλύτερες από αυτές [των πλανητών και του βλήματος], εκ των οποίων το φως ή η ηλεκτρική ενέργεια θα είναι πιθανώς ο μηχανικός παράγοντας ... θα ταξιδέψουμε μια μέρα στο φεγγάρι, τους πλανήτες και τα αστέρια. "Αυτή είναι πιθανώς η πρώτη δημοσιευμένη αναγνώριση ότι το φως θα μπορούσε να μετακινήσει τα πλοία στο διάστημα.

Ο Pyotr Lebedev πρωτοεμφανίστηκε με επιτυχία στην ελαφριά πίεση, την οποία έκανε το 1899 με στρεπτική ισορροπία. Οι Ernest Nichols και Gordon Hull διεξήγαγαν ένα παρόμοιο ανεξάρτητο πείραμα το 1901 χρησιμοποιώντας ένα ραδιόμετρο Nichols .

Ο Svante Arrhenius προέβλεψε το 1908 την πιθανότητα ηλιακής πίεσης να διανέμει σπόρια ζωής σε διαστρικές αποστάσεις, παρέχοντας ένα μέσο για να εξηγήσει την έννοια της πανσπερμίας . Προφανώς ήταν ο πρώτος επιστήμονας που δήλωσε ότι το φως θα μπορούσε να μετακινήσει αντικείμενα μεταξύ των άστρων.

Ο Κωνσταντίνος Τσιόλκοφσκι πρότεινε για πρώτη φορά τη χρήση της πίεσης του ηλιακού φωτός για να ωθήσει το διαστημικό σκάφος μέσω του διαστήματος και πρότεινε, "τη χρήση τεράστιων καθρεφτών πολύ λεπτών φύλλων για να αξιοποιήσει την πίεση του ηλιακού φωτός για να επιτύχει κοσμικές ταχύτητες"

Ο Friedrich Zander (Tsander) δημοσίευσε ένα τεχνικό έγγραφο το 1925 που περιλάμβανε τεχνική ανάλυση της ηλιακής ιστιοπλοΐας. Ο Ζάντερ έγραψε για «εφαρμογή μικρών δυνάμεων» χρησιμοποιώντας «ελαφριά πίεση ή μετάδοση ελαφριάς ενέργειας σε αποστάσεις μέσω πολύ λεπτών καθρεφτών».

Ο JBS Haldane εικάζεται ότι το 1927 σχετικά με την εφεύρεση σωληνοειδών διαστημόπλοιων που θα οδηγούσαν την ανθρωπότητα στο διάστημα και πώς «φτερά μεταλλικού φύλλου τετραγωνικού χιλιομέτρου ή περισσότερο στην περιοχή απλώνονται για να πιάνουν την πίεση ακτινοβολίας του Ήλιου».

Ο JD Bernal έγραψε το 1929, «Θα μπορούσε να αναπτυχθεί μια μορφή διαστημικής ιστιοπλοΐας η οποία χρησιμοποίησε το απωθητικό αποτέλεσμα των ακτινών του Ήλιου αντί του ανέμου. Ένα διαστημικό σκάφος που απλώνει τα μεγάλα, μεταλλικά φτερά του, στρέμματα σε έκταση, μπορεί να φουσκώσει στο το όριο της τροχιάς του Ποσειδώνα. Στη συνέχεια, για να αυξήσει την ταχύτητά του, θα έσπαζε, από κοντά, κάτω από το βαρυτικό πεδίο, εξαπλώνοντας ξανά το πανί καθώς έτρεχε πέρα από τον Ήλιο. "

Ο Carl Sagan , στη δεκαετία του 1970, διαδόθηκε την ιδέα της πλεύσης στο φως χρησιμοποιώντας μια γιγαντιαία δομή που θα αντανakλούσε τα φωτόνια σε μία κατεύθυνση, δημιουργώντας ορμή. Μεγάλωσε τις ιδέες του σε κολέγια, βιβλία και τηλεοπτικές εκπομπές. Ήταν αποφασισμένος να εκτοξεύσει γρήγορα αυτό το διαστημικό σκάφος εγκαίρως για να κάνει ραντεβού με το Halley's Comet . Δυστυχώς, η αποστολή δεν πραγματοποιήθηκε εγκαίρως και δεν θα ζούσε ποτέ για να τη δει επιτέλους.

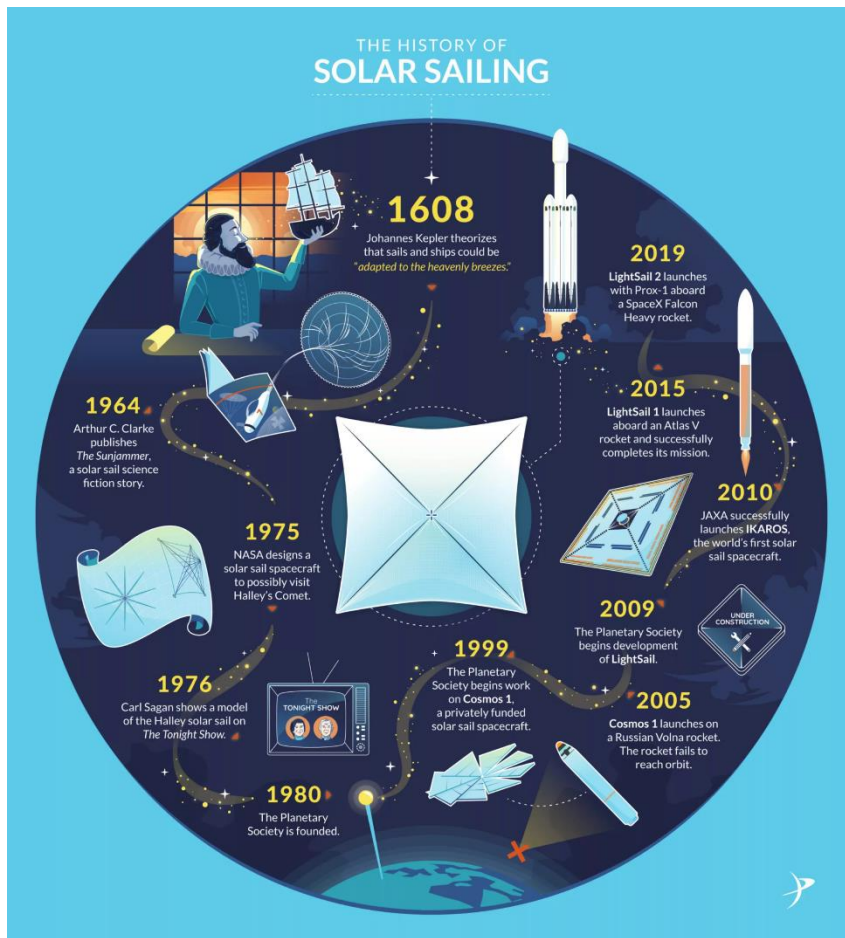
Η πρώτη επίσημη προσπάθεια τεχνολογίας και σχεδιασμού για ένα ηλιακό πανί ξεκίνησε το 1976 στο Jet Propulsion Laboratory για μια προτεινόμενη αποστολή για ραντεβού με το Halley's Comet .

Το πρώτο ανθρώπινο ηλιακό πανί που πέταξε με επιτυχία ήταν το διαπλανητικό σκάφος Kite-σκάφος με επιτάχυνση του Radiation Of the Sun (ΙΚΑΡΟΣ) της Ιαπωνικής Υπηρεσίας Εξερεύνησης Διαστήματος. Το ρομπότ ανέπτυξε το πανί μήκους 46 ποδιών (14 μέτρα) τον Ιούνιο του 2010 και απέδειξε την ικανότητα να ελέγχει την κατεύθυνση και να αλλάζει τον προσανατολισμό κατά την εντολή.

Την ίδια χρονιά, η NASA ξεκίνησε τη μικροσκοπική αποστολή επίδειξης NanoSail-D , η οποία είχε ένα πανί σε σχήμα διαμαντιού 10 πόδια (3 μέτρα) προς τα πλάγια. Ο ανιχνευτής ξετύλιξε το ηλιακό του πανί το 2011 και γύρισε τη Γη για οκτώ μήνες πριν καεί στην ατμόσφαιρα. Ελαφρύ και με λίγο χώρο για μεταφορά καυσίμου, οι μικροί δορυφόροι θεωρούνται ιδανικοί υποψήφιοι για αυτόν τον τύπο πρόωσης.

Το 2015, η Πλανητική Εταιρεία ξεκίνησε το διαστημικό σκάφος LightSail-1 σε τροχιά, το οποίο έφερε ηλιακό πανί 344 τετραγωνικών ποδιών (32 τετραγωνικών μέτρων), περίπου στο μέγεθος ενός δαχτυλιδιού πυγμαχίας. Παρά τις μερικές επιτυχίες, η αποστολή υπέστη τεχνικές δυσλειτουργίες και τελικά σταμάτησε να μεταδίδει σήματα πριν εισέλθει στην ατμόσφαιρα λίγες εβδομάδες μετά την έναρξη της.

Αλλά η Πλανητική Εταιρεία επιστρέφει σε αυτήν και έχει μεγάλες ελπίδες για τη νέα αποστολή LightSail-2 . Ξεκινώντας στα τέλη Ιουνίου 2019, το σκάφος έχει περίπου το μέγεθος ενός καρβέλι ψωμιού και σκοπεύει να απελευθερώσει ένα ισότιμο πανί με τον προκάτοχό του. Οι αρμόδιοι σχεδιαστές της αποστολής δήλωσαν ότι μια μέρα τα πλοία με ηλιακό-ιστιοφόρο θα μπορούσαν να ταξιδέψουν στην άκρη του ηλιακού συστήματος ή πέραν αυτού.



Παρατηρώντας λοιπόν την παραπάνω εικόνα και σε συνδυασμό με τις παραπάνω αναφορές από τις ιστοσελίδες www.space.com και en.wikipedia.org καταλαβαίνουμε ότι η ιδέα προώθησης πυραύλων τέτοιου τύπου απασχολεί την ανθρωπότητα για πάνω από 400 χρόνια.

2)ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

Σε αυτήν την παράγραφο αναφέρονται επιστημονικά όλες οι φυσικές αρχές που πραγματοποιούνται για την δημιουργία αυτού του αστρικού μέσου μετακίνησης.

2.1 Πίεση ηλιακής ακτινοβολίας

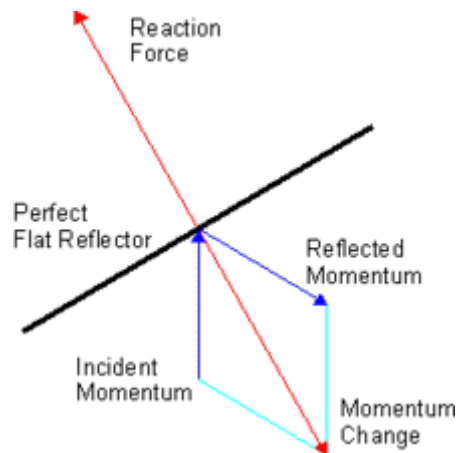
Παρότι που σαν πρώτη ματιά η πλειοψηφία του κόσμου θεωρεί ότι η προώθηση των ιστίων θα είναι παρεμφερής με των αντιστοίχων που έχουμε στην γή, τα ηλιακά ιστία δεν χρειάζονται να εκμεταλλευτούν την ενέργεια των ηλιακών ανέμων. Ο ηλιακός άνεμος, η ροή φορτισμένων σωματιδίων που εκρήγνυνται από τον Ήλιο, ασκεί μια ονομαστική δυναμική πίεση περίπου 3 έως 4 [nPa](#), τρεις τάξεις μεγέθους μικρότερη από την πίεση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα ανακλαστικό πανί. Άρα λοιπόν αξιοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία που ασκεί πίεση στο πανί λόγω της ανάκλασης και ενός μικρού κλάσματος που απορροφάται.

Η ορμή ενός φωτονίου ή μιας ολόκληρης ροής δίνεται από τη σχέση του Αϊνστάιν :

$$p = E / c$$

όπου το p είναι η ορμή, το E είναι η ενέργεια (του φωτονίου ή της ροής) και το c είναι η ταχύτητα του φωτός. Συγκεκριμένα, η ορμή ενός φωτονίου εξαρτάται από το μήκος κύματος του $p = h / \lambda$

Ένα ιδανικό πανί είναι επίπεδο και έχει 100% ιδιαίτερη αντανάκλαση . Ένα πραγματικό πανί θα έχει συνολική απόδοση περίπου 90%, λόγω καμπυλότητας (τσίμπημα), ρυτίδων, απορρόφησης, εκ νέου ακτινοβολίας από εμπρός και πίσω, μη specular εφέ και άλλους παράγοντες .



Στο διάστημα, τα πράγματα έχουν διαφορετική στροφή. Οι νόμοι της φυσικής δηλώνουν ότι κάθε ενέργεια πρέπει να έχει ίση και αντίθετη αντίδραση , έτσι, όταν τα φωτόνια από τον ήλιο αναπηδούν από ένα διαστημόπλοιο, το πλοίο προωθείται τόσο ελαφρώς προς μια κατεύθυνση μακριά από τον ήλιο. Με ένα μόνο φωτόνιο η αλλαγή είναι αμελητέα, αλλά μια μεγάλη συλλογή από αυτά μπορεί να προσφέρει σημαντική ώθηση.

Η δύναμη σε ένα πανί και η πραγματική επιτάχυνση του σκάφους ποικίλλουν ανάλογα με το αντίστροφο τετράγωνο της απόστασης από τον Ήλιο (εκτός αν είναι πολύ κοντά στον Ήλιο) και από το τετράγωνο του συνημίτονου της γωνίας μεταξύ του διανύσματος δύναμης ιστού και το ακτινικό από τον Ήλιο.

$$F = F_0 \cos^2 \theta / R^2 \text{ (ιδανικό πανί)}$$

όπου R: απόσταση από τον Ήλιο στο AU.

Να σημειωθεί ότι η δύναμη και η επιτάχυνση πλησιάζουν το μηδέν γενικά περίπου $\theta = 60^\circ$ και όχι 90° όπως θα περίμενε κανείς με ένα ιδανικό πανί.

2.2.Παράμετροι ιστιοπλοΐας

Η επιφανειακή πυκνότητα είναι μία σημαντική παράμετρος, η οποία είναι η συνολική μάζα που διαιρείται με το εμβαδόν των πανιών, που εκφράζεται σε g / m^2 . Αντιπροσωπεύεται από το ελληνικό γράμμα σ. Ένα ιστιοφόρο έχει μια χαρακτηριστική επιτάχυνση, ένα ϵ , το οποίο θα βιώσει στα 1 AU όταν βλέπει τον Ήλιο. Να σημειωθεί ότι αυτή η τιμή αντιπροσωπεύει τόσο το περιστατικό όσο και τις αντανάκλαστικές ορμές.

Ο αριθμός φωτεινότητας είναι επίσης ανεξάρτητος από την απόσταση από τον Ήλιο, επειδή τόσο η βαρύτητα όσο και η πίεση φωτός πέφτουν ως το αντίστροφο τετράγωνο της απόστασης από τον Ήλιο. Επομένως, αυτός ο αριθμός καθορίζει τους τύπους ελιγμών τροχιάς που είναι δυνατοί για ένα συγκεκριμένο σκάφος.

2.3 Έλεγχος στάσης

Ένα ενεργό σύστημα ελέγχου στάσης (ACS) είναι απαραίτητο για ένα ιστιοφόρο να επιτύχει και να διατηρήσει τον επιθυμητό προσανατολισμό. Ο απαιτούμενος προσανατολισμός ιστού αλλάζει αργά στον διαπλανητικό χώρο, αλλά πολύ πιο γρήγορα σε πλανητική τροχιά. Το ACS πρέπει να μπορεί να πληροί αυτές τις απαιτήσεις προσανατολισμού. Μεγάλο ρόλο παίζει η θερμοκρασία του πανιού που

αλλάζει επίσης με την ηλιακή απόσταση και τη γωνία ιστίου, η οποία αλλάζει τις διαστάσεις του πανιού. Η ακτινοβολούμενη θερμότητα από το πανί αλλάζει τη θερμοκρασία της δομής στήριξης. Και οι δύο παράγοντες επηρεάζουν τη συνολική δύναμη και ροπή. Η διατήρηση μιας σταθερής στάσης απαιτεί το ACS να διατηρεί καθαρή ροπή μηδέν στο σκάφος. Η συνολική δύναμη και ροπή σε ένα πανί, ή σετ πανιών, δεν είναι σταθερή κατά μήκος μιας τροχιάς. Η δύναμη αλλάζει με την ηλιακή απόσταση και τη γωνία ιστίου, η οποία αλλάζει το κύμα στο πανί και εκτρέπει ορισμένα στοιχεία της δομής στήριξης, με αποτέλεσμα αλλαγές στη δύναμη και τη ροπή του ιστού.

Ο έλεγχος στάσης επιτυγχάνεται με μια σχετική μετατόπιση μεταξύ του κέντρου πίεσης του σκάφους και του κέντρου μάζας του. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με πτερύγια ελέγχου, κίνηση μεμονωμένων πανιών, κίνηση μάζας ελέγχου ή μεταβολή της ανακλαστικότητας. Για να διατηρήσει την επιθυμητή στάση, το ACS πρέπει να αντισταθμίσει όλες αυτές τις αλλαγές.

2.4 Περιορισμοί

Παρόλα αυτά υπάρχουν μερικοί παράγοντες που λειτουργούν αρνητικά ως προς τον τομέα της λειτουργικότητας και θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά για να μην περιορίζουν το ηλιακό ιστίο.

Πιο συγκεκριμένα:

- Υψόμετρο (Στην τροχιά της Γης, η ηλιακή πίεση και η πίεση οπισθέλκουσας είναι συνήθως ίσες σε υψόμετρο περίπου 800 χλμ.). Αυτό σημαίνει ότι ένα ιστιοφόρο θα πρέπει να λειτουργεί πάνω από αυτό το υψόμετρο. Τα ιστιοπλοϊκά πρέπει να λειτουργούν σε τροχιές όπου οι ρυθμοί στροφής τους είναι συμβατοί με τις τροχιές.
- Θερμοκρασία (και πιο συγκεκριμένα θερμοκρασίες λειτουργίας). Οι θερμοκρασίες λειτουργίας ιστιοπλοΐας είναι συνάρτηση της ηλιακής απόστασης, της γωνίας ιστιοπλοΐας, της ανακλαστικότητας και των μπροστινών και πίσω εκπομπών. Άρα λοιπόν είναι πολύ σημαντική η θερμοκρασιακή ανθεκτικότητα του υλικού.

3)Εφαρμογές

Οι πιθανές εφαρμογές για ηλιακά ιστιοπλοϊκά κυμαίνονται σε όλο το Ηλιακό Σύστημα. Επειδή έχουν δυνατότητες τόσο για γρήγορα αστρικά ταξίδια όσο και για αστρικά ταξίδια που θα αντέξουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα εξής:

3.1 Εσωτερικοί πλανήτες

Για ταξίδια εντός του εσωτερικού ηλιακού συστήματος, μπορούν να παραδώσουν φορτία και στη συνέχεια να επιστρέψουν στη Γη για επόμενα ταξίδια, λειτουργώντας ως διαπλανητικό λεωφορείο. Για τον Άρη ειδικότερα, το σκάφος θα μπορούσε να παρέχει οικονομικά μέσα για την τακτική προμήθεια επιχειρήσεων στον πλανήτη. Τα ηλιακά πανιά μπορούν να ταξιδέψουν από και προς όλους τους εσωτερικούς πλανήτες. Επίσης το ηλιακό ιστιοπλοϊκό σκάφος μπορεί να προσεγγίσει τον Ήλιο για να παραδώσει ωφέλιμα φορτία παρατήρησης ή να καταλάβει τροχιές που διατηρούν σταθμούς.

3.2 Εξωτερικοί πλανήτες

Οι ελάχιστοι χρόνοι μεταφοράς προς τους εξωτερικούς πλανήτες επωφελούνται από τη χρήση μιας έμμεσης μεταφοράς (ηλιακή κίνηση) Ωστόσο, αυτή η μέθοδος οδηγεί σε υψηλές ταχύτητες άφιξης. Οι πιο αργές μεταφορές έχουν χαμηλότερες ταχύτητες άφιξης.

Ο ελάχιστος χρόνος μεταφοράς στον Δία για ένα $c = 1 \text{ mm} / \text{s}^2$ χωρίς ταχύτητα αναχώρησης σε σχέση με τη Γη είναι 2 χρόνια όταν χρησιμοποιείται μια έμμεση μεταφορά (ηλιακό swing-by). Η ταχύτητα άφιξης (V_∞) είναι κοντά στα $17 \text{ km} / \text{s}$. Για τον Κρόνο, ο ελάχιστος χρόνος ταξιδιού είναι 3,3 χρόνια, με ταχύτητα άφιξης περίπου $19 \text{ km} / \text{s}$.

3.3 Εστίαση εσωτερικού βάρους Oort Cloud / Sun

Το εσωτερικό σημείο βαρύτητας του Ήλιου βρίσκεται σε ελάχιστη απόσταση 550 AU από τον Ήλιο, και είναι το σημείο στο οποίο το φως από μακρινά αντικείμενα εστιάζεται από τη βαρύτητα ως αποτέλεσμα του να περνά από τον Ήλιο. Αυτό είναι λοιπόν το μακρινό σημείο στο οποίο η ηλιακή βαρύτητα θα προκαλέσει την εστίαση της περιοχής του βαθιού διαστήματος στην άλλη πλευρά του Ήλιου, χρησιμεύοντας έτσι αποτελεσματικά ως ένας πολύ μεγάλος αντικειμενικός φακός τηλεσκοπίου.

3.4 Δορυφόροι

Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα ηλιακά ιστία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δορυφόροι πλανητών για διαφορετικούς σκοπούς. Εκτός από την περίπτωση που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την τροποποίηση της τροχιάς ενός δορυφόρου γύρω από τη Γη υπάρχει η περίπτωση όπου το διαστημικό σκάφος εξοπλισμένο με ηλιακά πανιά θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε κοντινές τροχιές έτσι ώστε να είναι ακίνητοι σε σχέση είτε με τον Ήλιο ή τη Γη. Αυτό είναι δυνατό επειδή η πρόωση που παρέχεται από το πανί αντισταθμίζει τη βαρυτική έλξη του Ήλιου. Μια τέτοια τροχιά θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για τη μελέτη των ιδιοτήτων του Ήλιου για μεγάλες χρονικές περιόδους.

3.5 Διορθώσεις τροχιάς

Η τεχνολογία των ιστιοπλοϊκών μπορεί να χρησιμεύσει στην εξοικονόμηση προωθητικών καυσίμων που χρησιμοποιούν διαστημικά σκάφη τύπου ανιχνευτών. Αυτή η κατηγορία αντιστοιχεί σε αυτήν που προαναφέρθηκε στην εισαγωγή της ενότητας ως προς τα αστρικά ταξίδια που θα αντέξουν για μεγάλο χρονικό διάστημα δίνοντας μας ακόμη περισσότερες πληροφορίες για πλανήτες που βρίσκονται πολλά έτη φωτός μακριά μας.

3.6 Διαστημική πτήση

Στη δεκαετία του 1970, ο Robert Forward πρότεινε δύο συστήματα προώθησης με δέσμη χρησιμοποιώντας λέιζερ ή masers για να ωθήσουν τα γιγαντιαία πανιά σε ένα σημαντικό κλάσμα της ταχύτητας του φωτός.

Στο μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας *Rocheworld*, ο Forward περιέγραψε ένα ελαφρύ πανί που προωθείται από σούπερ λέιζερ. Καθώς το διαστημόπλοιο πλησίαζε τον προορισμό του, το εξωτερικό τμήμα του πανιού αποσπάστηκε. Το εξωτερικό πανί στη συνέχεια θα ξαναπροσδιορίσει και θα αντανakλούσε τα λέιζερ πίσω σε ένα μικρότερο, εσωτερικό πανί. Αυτό θα παρείχε ώθηση πέδησης για να σταματήσει το πλοίο στο σύστημα αστεριών προορισμού. Μια πιθανώς ευκολότερη προσέγγιση θα ήταν να χρησιμοποιήσετε ένα maser για να οδηγήσει ένα "ηλιακό πανί" που αποτελείται από ένα πλέγμα καλωδίων με την ίδια απόσταση με το μήκος κύματος των μικροκυμάτων που κατευθύνονται στο πανί, καθώς ο χειρισμός της ακτινοβολίας μικροκυμάτων είναι κάπως πιο εύκολος από τον χειρισμό ορατού φωτός. Ο υποθετικός σχεδιασμός διαστημικού ανιχνευτή "Starwisp" θα χρησιμοποιούσε μικροκύματα, αντί για ορατό φως, για να το ωθήσει. Τα Masers απλώνονται πιο γρήγορα από τα οπτικά λέιζερ λόγω του μεγαλύτερου μήκους κύματος τους, και έτσι δεν θα έχουν τόσο μεγάλη αποτελεσματική εμβέλεια.

Και οι δύο μέθοδοι θέτουν μνημειακές προκλήσεις μηχανικής. Τα λέιζερ θα πρέπει να λειτουργούν για χρόνια συνεχώς με ισχύ gigawatt. Η λύση του Forward σε αυτό απαιτεί την κατασκευή τεράστιων συστοιχιών ηλιακών συλλεκτών στον ή κοντά στον πλανήτη Mercury. Ένας καθρέφτης ή φακός fresnel σε μέγεθος πλανήτη θα πρέπει να βρίσκεται σε αρκετές δωδεκάδες αστρονομικές μονάδες από τον Ήλιο για να διατηρεί τα λέιζερ επικεντρωμένα στο πανί. Το γιγαντιαίο πανί πέδησης θα έπρεπε να λειτουργεί ως καθρέφτης ακριβείας για να εστιάσει τη δέσμη πέδησης στο εσωτερικό πανί «επιβράδυνσης».

Μια άλλη πιο φυσικά ρεαλιστική προσέγγιση θα ήταν να χρησιμοποιηθεί το φως από τον Ήλιο για να επιταχύνει το πλοίο που θα έπεφτε πρώτα σε τροχιά κάνοντας μια στενή διέλευση στον Ήλιο, για να μεγιστοποιήσει την είσοδο της ηλιακής ενέργειας στο πανί, και τότε θα άρχιζε να επιταχύνει μακριά από

το σύστημα χρησιμοποιώντας το φως από τον Ήλιο. Η επιτάχυνση θα πέσει περίπου καθώς το αντίστροφο τετράγωνο της απόστασης από τον Ήλιο, και πέρα από κάποια απόσταση, το πλοίο δεν θα λαμβάνει πλέον αρκετό φως για να το επιταχύνει σημαντικά, αλλά θα διατηρήσει την τελική ταχύτητα που θα επιτευχθεί. Όταν πλησιάζει το αστέρι στόχο, το πλοίο θα μπορούσε να γυρίσει τα πανιά του προς αυτό και να αρχίσει να χρησιμοποιεί την εξωτερική πίεση του αστέρα προορισμού για να επιβραδυνθεί. Οι πύραυλοι θα μπορούσαν να αυξήσουν την ηλιακή ώθηση.

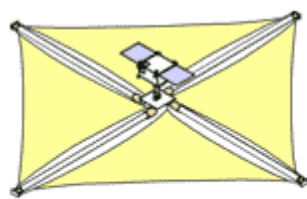
3.7 Απορροφητικός τεχνητός δορυφόρος

Μικρά ηλιακά πανιά έχουν προταθεί για να επιταχύνουν την απορρόφηση μικρών τεχνητών δορυφόρων από τροχιακές γήινες περιοχές. Οι δορυφόροι σε χαμηλή τροχιά της Γης μπορούν να χρησιμοποιήσουν έναν συνδυασμό ηλιακής πίεσης στο πανί και αυξημένη ατμοσφαιρική οπισθέλκηση για την επιτάχυνση της επανεισόδου μέσω δορυφόρου .

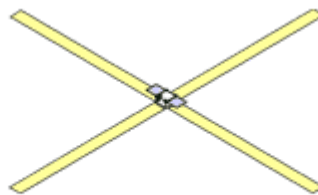
4)ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΑΝΙΩΝ

Ως προς τον σχηματισμό των πανιών σύμφωνα με δοκιμές η κατηγοριοποίηση είναι η εξής:

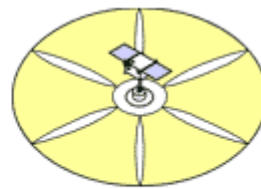
- Τετράγωνου τύπου
- Τύπου αλεξίπτωτου
- Τύπου περιστρεφόμενων πτερύγων και δαχτυλιδιών



Square Sail (not to scale)

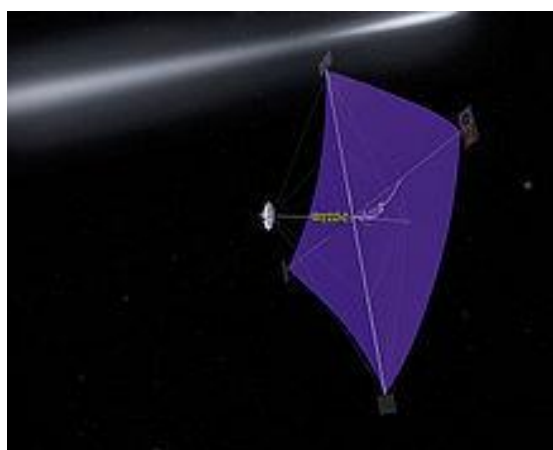


Heliogyro (not to scale)



Spinning Disk Sail (not to scale)

Το καθένα από αυτά έχει την δική του ιστορία ανακάλυψης και δοκιμών, αλλά ταυτοχρόνως διαφέρουν πολύ μεταξύ τους στον τομέα των χαρακτηριστικών που προσδίδουν.



Εικονογράφιση της NASA της ηλιόλουστης πλευρά ενός ηλιακού πανιού μισού χιλιομέτρου, που δείχνει τους γόμφους που απλώνουν το πανί.

ΤΕΤΡΑΓΩΝΟΥ ΤΥΠΟΥ

Το IKAROS , που κυκλοφόρησε το 2010, ήταν το πρώτο πρακτικό ηλιακό ιστιοφόρο όχημα. Από το 2015, ήταν ακόμη υπό πίεση, αποδεικνύοντας την πρακτικότητα ενός ηλιακού πανιού για αποστολές μεγάλης διάρκειας. Εφαρμόζεται με περιστροφή, με μάζες άκρων στις γωνίες του τετραγώνου πανιού του. Το πανί είναι κατασκευασμένο από λεπτή μεμβράνη πολυϊμιδίου , επικαλυμμένη με εξατμισμένο αλουμίνιο. Οδηγεί με ηλεκτρικά ελεγχόμενα πάνελ υγρών κρυστάλλων . Το πανί σιγά σιγά περιστρέφεται και αυτά τα πάνελ ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται για τον έλεγχο της στάσης του οχήματος. Όταν είναι ανοιχτό, διαχέουν φως, μειώνοντας τη δυναμική μεταφορά σε αυτό το μέρος του πανιού. Όταν σβήνει, το πανί αντανακλά περισσότερο φως, μεταφέροντας περισσότερη ορμή. Με αυτόν τον τρόπο, γυρίζουν το πανί.

ΤΥΠΟΥ ΑΛΕΞΙΠΤΩΤΟΥ

Είναι μια εφαρμόσιμη διαμόρφωση για ένα ηλιακό πανί. Η ανάλυση δείχνει ότι μια διαμόρφωση αλεξιπτωτου θα καταρρεύσει από τις δυνάμεις που ασκούνται από γραμμές καλύμματος, καθώς η πίεση ακτινοβολίας δεν συμπεριφέρεται σαν αεροδυναμική πίεση και δεν θα ενεργήσει για να διατηρήσει το αλεξιπτωτο ανοιχτό. Συνήθως υπάρχουν τέσσερις ιστοί που απλώνουν τις γωνίες του πανιού, και ένας ιστός στο κέντρο για να κρατήσει τα καλώδια . Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα είναι ότι δεν υπάρχουν καυτά σημεία στην ξάρτια από το τσαλάκωμα ή το σάκο και το πανί προστατεύει τη δομή από τον Ήλιο. Αυτή η φόρμα μπορεί, επομένως, να πλησιάσει τον Ήλιο για μέγιστη ώθηση. Τα περισσότερα σχέδια οδηγούν με μικρά κινούμενα πανιά στις άκρες των σπονδύλων. Η στάση και η κατεύθυνση του διαστημικού σκάφους έπρεπε να ελεγχθούν πλήρως αλλάζοντας τη γωνία των λεπίδων με διάφορους τρόπους, παρόμοια με την κυκλική και συλλογική κλίση ενός ελικοπτέρου. Η σχεδίαση τους είναι ταχύτερη στην κατασκευή λόγω της ελαφριάς φυγοκεντρικής ενίσχυσης των πανιών. Επίσης, είναι πολύ αποδοτικά ως προς το κόστος και την ταχύτητα, επειδή οι λεπίδες είναι ελαφριές και μεγάλες. Σε αντίθεση με τα τετράγωνα και περιστρεφόμενα σχέδια δίσκων, το heliogyro είναι πιο εύκολο να αναπτυχθεί, επειδή οι λεπίδες είναι συμπίεσμένες σε έναν κύλινδρο. Οι λεπίδες ξεδιπλώνονται όταν αναπτύσσονται μετά την εκτόξευση από το διαστημικό σκάφος. Καθώς το ήλιο ταξιδεύει στο διάστημα, το σύστημα περιστρέφεται λόγω της φυγοκεντρικής επιτάχυνσης. Τέλος, τα ωφέλιμα φορτία για τις διαστημικές πτήσεις τοποθετούνται στο κέντρο βάρους για να εξισορροπηθεί η κατανομή βάρους για να εξασφαλιστεί σταθερή πτήση

ΤΥΠΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΠΤΕΡΥΓΙΩΝ ΚΑΙ ΔΑΧΤΥΛΙΔΙΩΝ

Τη δεκαετία του 1970 η JPL μελέτησε πολλά περιστρεφόμενα πτερύγια και δαχτυλίδια για μια αποστολή συνάντησης με τον Κομήτη του Χάλεϋ . Η πρόθεση ήταν να ενισχυθούν οι δομές χρησιμοποιώντας γωνιακή ορμή, εξαλείφοντας την ανάγκη για στηρίγματα και εξοικονομώντας μάζα. Σε όλες τις περιπτώσεις, εκπληκτικά μεγάλες ποσότητες αντοχής εφελκυσμού χρειάστηκαν για την αντιμετώπιση δυναμικών φορτίων. Τα ασθενέστερα πανιά θα κυματίζουν ή θα ταλαντεύονται όταν αλλάζει η στάση του πανιού και οι ταλαντώσεις θα προσθέτουν και θα προκαλούν δομική αποτυχία. Η διαφορά στην αναλογία ώσης προς μάζα μεταξύ πρακτικών σχεδίων ήταν σχεδόν μηδενική και τα στατικά σχέδια ήταν πιο εύκολο να ελεγχθούν. Ο σχεδιασμός αναφοράς της JPL ονομαζόταν "ηλιολιού". Είχε λεπίδες πλαστικής μεμβράνης που αναπτύσσονται από κυλίνδρους και συγκρατούνται από φυγοκεντρικές δυνάμεις καθώς περιστρέφεται.

Η JPL διερεύνησε επίσης "δακτυλιοειδή πανιά" (Spinning Disk Sail), πάνελ προσαρτημένα στην άκρη ενός περιστρεφόμενου διαστημικού σκάφους. Τα πάνελ θα είχαν ελαφρά κενά, περίπου ένα έως πέντε τοις εκατό της συνολικής έκτασης. Οι γραμμές θα συνδέουν την άκρη του ενός πανιού με το άλλο. Οι μάζες στα μεσαία σημεία αυτών των γραμμών θα τραβήξουν τα πανιά τεντωμένα έναντι του κώνου που προκαλείται από την πίεση ακτινοβολίας. Οι ερευνητές της JPL δήλωσαν ότι αυτό μπορεί να είναι ένα ελκυστικό σχέδιο πανιών για μεγάλες επανδρωμένες κατασκευές. Ο εσωτερικός δακτύλιος, ειδικότερα,

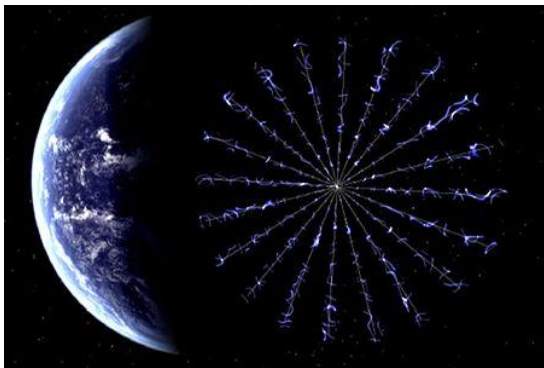
μπορεί να κατασκευαστεί ώστε να έχει τεχνητή βαρύτητα περίπου ίση με τη βαρύτητα στην επιφάνεια του Άρη.

5)ΆΛΛΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Μέσα σε όλα αυτά, τα ηλιακά ιστία κατάφεραν να εξελιχθούν και να έρθουν στο χώρο της επιστήμης και άλλες ιδέες-τροποποιήσεις ως προς τον τρόπο λειτουργίας τους.

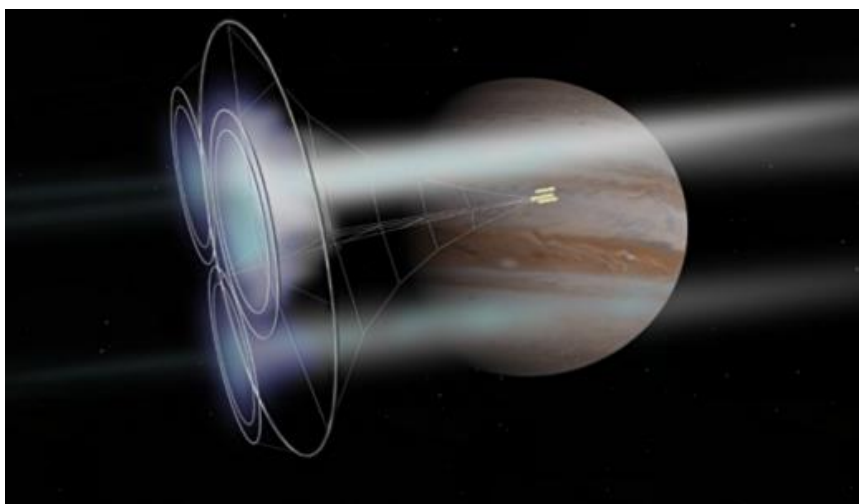
5.1 Ηλεκτρικό ηλιακό πανί

Η Pekka Janhunen από την FMI έχει εφεύρει έναν τύπο ηλιακού πανιού που ονομάζεται ηλεκτρικό ηλιακό πανί . Μηχανικά έχει λίγο κοινό με τον παραδοσιακό σχεδιασμό ηλιακού πανιού. Τα πανιά αντικαθίστανται με ισιωμένα αγωγίμα δέματα (σύρματα) τοποθετημένα ακτινικά γύρω από το πλοίο υποδοχής. Τα καλώδια φορτίζονται ηλεκτρικά για τη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου γύρω από τα καλώδια. Το ηλεκτρικό πεδίο εκτείνεται μερικές δεκάδες μέτρα στο πλάσμα του γύρω ηλιακού ανέμου. Τα ηλιακά ηλεκτρόνια αντανακλώνται από το ηλεκτρικό πεδίο (όπως τα φωτόνια σε ένα παραδοσιακό ηλιακό πανί). Η ακτίνα του πανιού είναι από το ηλεκτρικό πεδίο και όχι από το ίδιο το πραγματικό καλώδιο, καθιστώντας το πανί ελαφρύτερο. Τα ηλεκτρικά ηλιακά πανιά μπορούν να προσαρμόσουν τα ηλεκτροστατικά τους πεδία και τη στάση του πανιού.



5.2 Μαγνητικό πανί

Ένα μαγνητικό πανί θα χρησιμοποιούσε επίσης τον ηλιακό άνεμο. Ωστόσο, το μαγνητικό πεδίο εκτρέπει τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια στον άνεμο. Χρησιμοποιεί βρόχους καλωδίων και τρέχει μέσω του στατικού ρεύματος αντί να εφαρμόζει στατική τάση. Τα μαγνητικά πανιά λυγίζουν τη διαδρομή των φορτισμένων πρωτονίων που βρίσκονται στον ηλιακό άνεμο . Αλλάζοντας τη στάση των πανιών και το μέγεθος των μαγνητικών πεδίων, μπορούν να αλλάξουν την ποσότητα και την κατεύθυνση της ώσης.



6) ΙΣΤΙΟΠΛΟΪΑ

6.1) Υλικά

Το πιο συνηθισμένο υλικό στα τρέχοντα σχέδια είναι ένα λεπτό στρώμα επίστρωσης αλουμινίου σε ένα πολυμερές (πλαστικό) φύλλο, όπως αλουμινοποιημένο φιλμ Kapton $2\ \mu\text{m}$. Το πολυμερές παρέχει μηχανική υποστήριξη καθώς και ευκαμψία, ενώ το λεπτό μεταλλικό στρώμα παρέχει την ανακλαστικότητα. Ένα τέτοιο υλικό αντιστέκεται στη θερμότητα ενός περάσματος κοντά στον Ήλιο και παραμένει αρκετά ισχυρό. Η ανακλαστική μεμβράνη αλουμινίου βρίσκεται στην πλευρά του ήλιου.

Ο Eric Drexler ανέπτυξε μια ιδέα για ένα πανί στο οποίο το πολυμερές αφαιρέθηκε. Πρότεινε πολύ υψηλά ηλιακά πανιά ώθησης προς την μάζα του σκάφους και έκανε πρωτότυπα του υλικού πανιού. Το πανί του θα χρησιμοποιούσε πάνελ λεπτής μεμβράνης αλουμινίου (πάχους 30 έως 100 νανομέτρων) που υποστηρίζονται από δομή εφελκυσμού. Το πανί θα έχει την δυνατότητα να περιστρέφεται και θα πρέπει να βρίσκεται συνεχώς υπό ώθηση. Τα πανιά αυτής της κατηγορίας θα προσφέρουν μεγάλη επιφάνεια ανά μονάδα μάζας και ως εκ τούτου επιταχύνσεις έως και "πενήντα φορές υψηλότερες" από τα σχέδια που βασίζονται σε πλαστικές μεμβράνες με δυνατότητα ανάπτυξης. Το υλικό που αναπτύχθηκε για το ηλιακό πανί Drexler ήταν ένα λεπτό φιλμ αλουμινίου με πάχος βάσης $0,1\ \mu\text{m}$, το οποίο κατασκευάστηκε με εναπόθεση ατμών σε ένα διαστημικό σύστημα.

Η έρευνα του Geoffrey Landis το 1998-1999, χρηματοδοτούμενη από το Ινστιτούτο NASA για Προχωρημένες Έννοιες, έδειξε ότι διάφορα υλικά όπως τα αλουμίνια για τα φώτα λέιζερ και οι ίνες άνθρακα ήταν ανώτερα υλικά πανιού από τις προηγούμενες τυπικές ταινίες αλουμινίου ή Kapton.

Το 2000, τα Energy Science Laboratories ανέπτυξαν ένα νέο υλικό από ανθρακονήματα που μπορεί να είναι χρήσιμο για ηλιακά πανιά. Το υλικό είναι πάνω από 200 φορές παχύτερο από τα συμβατικά σχέδια ηλιακών πανιών, αλλά είναι τόσο πορώδες που έχει την ίδια μάζα. Η ακαμψία και η ανθεκτικότητα αυτού του υλικού θα μπορούσε να κάνει ηλιακά πανιά που είναι σημαντικά πιο ανθεκτικά από τα πλαστικά φιλμ. Το υλικό θα μπορούσε να αναπτυχθεί αυτόματα και να αντέξει σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Υπήρξε κάποια θεωρητική εικασία σχετικά με τη χρήση μοριακών τεχνικών κατασκευής για τη δημιουργία προηγμένου, ισχυρού, υπερ-ελαφρού υλικού πανιού, που βασίζεται σε ύφανση πλέγματος νανοσωλήνων, όπου οι "χώροι" ύφανσης είναι λιγότερο από το μισό μήκος κύματος του φωτός που προσκρούει στο πανί.

6.2Κατασκευή

Τα πανιά κατασκευάζονται στη Γη σε μεγάλα τραπέζια όπου οι κορδέλες ξετυλίγονται και ενώνονται για να δημιουργήσουν τα πανιά. Το υλικό ιστιοπλοΐας έπρεπε να έχει όσο το δυνατόν μικρότερο βάρος, διότι θα απαιτούσε τη χρήση του λεωφορείου για τη μεταφορά του σκάφους σε τροχιά. Έτσι, αυτά τα πανιά συσκευάζονται, εκτοξεύονται και ξετυλίγονται στο διάστημα. Στο μέλλον, η κατασκευή θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί σε τροχιά μέσα σε μεγάλα πλαίσια που υποστηρίζουν το πανί. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα χαμηλότερα επίπεδα μαζών και εξάλειψη του κινδύνου αποτυχίας ανάπτυξης.

7)ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Για την δομή της εργασίας καθώς και ένα μεγάλο ποσοστό πληροφοριών χρησιμοποίησα την ιστοσελίδα en.wikipedia.org. Για τον εμπλουτισμό των πληροφοριών οι πηγές που με εξυπηρέτησαν ήταν οι εξής:

- <http://library.techlink.gr/>
- www.planetary.org
- www.space.com
- www.esa.int
- <https://www.youtube.com/watch?v=-ZDSvnzpRNI>

ΕΙΚΟΝΕΣ:

- www.google.gr
- En.wikipedia.org
- www.space.com