

Cum functioneaza rachetele



Prof. Felicia Huides

CUM FUNCTIONEAZA RACHETELE

- Primul ce a pus bazele stiintei in domeniul propulsiei in domeniul propulsiei si rachetelor a fost Isaac Newton. Acestea trebuie sa se conformeze celor 3 legi ale sale:
 1. Prima lege a lui Newton
 - Toate obiectele in repaos vor ramane in aceasta stare daca nu se actioneaza asupra lor cu o forta oarecare. Deci este necesara o forta pentru ca o racheta sa fie propulsata. Acest lucru se produce datorita motoarelor si fortei de impingere a acestora.
 2. A doua lege a lui Newton
 - Aceasta a doua lege determina puterea fortei de impingere necesara. Cu cat mai mult combustibil este ars, cu atat forta de propulsare va fi mai mare iar racheta se va inalta mai repede si mai sus.
 3. A treia lege a lui Newton
 - Aceasta lege spune ca pentru fiecare actiune exista o reactie, egala si de sens opus. Acesta este principiul de baza al functionarii rachetelor. Toate ejecteaza particule de gaz intr-o directie, rezultatul fiind deplasarea in directia opusa.

- Pentru a demonstra principiul pe care se bazează propulsarea rachetelor, este de ajuns să umflăm un balon.
- Aerul din interior se va afla sub presiune și va împinge în pereții balonului egal în toate direcțiile.
- Dacă eliberăm capatul balonului, gazele vor scăpa și se vor răspândi, iar presiunea din interior va scădea.
- Acest lucru va împinge balonul în față, însă traseul acestuia va fi haotic deoarece nu există sistem de ghidare, o formă precisă sau un control al eliminării gazelor.



Tipuri de combustibili

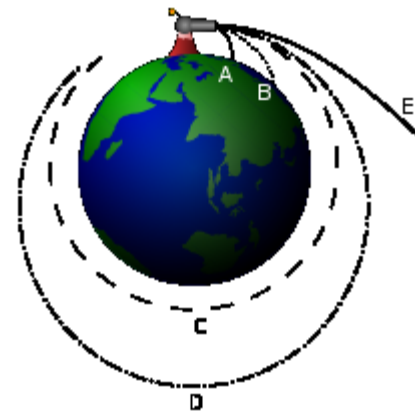
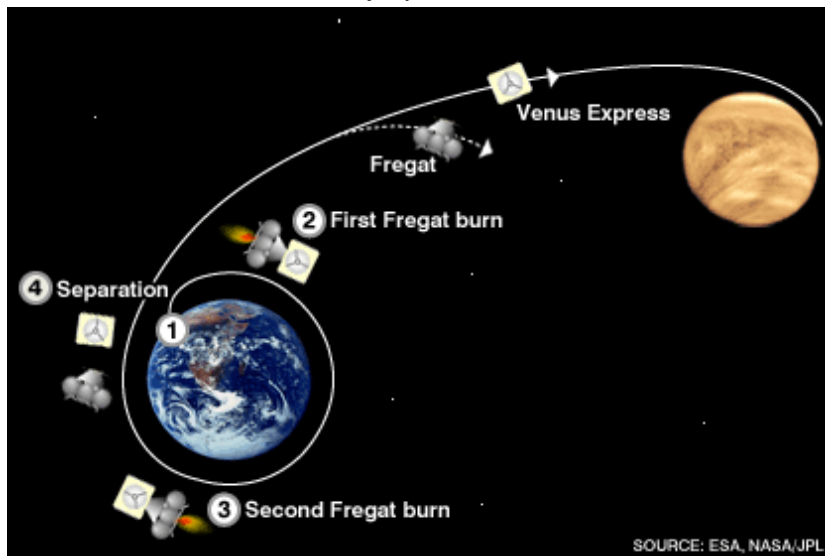
- Omul de stiinta american **Robert Goddard** a descoperit, la inceputul anilor '20, principiul de propulsie a rachetelor folosind **combustibil lichid**, care combinat cu oxigen de asemenea lichid intr-o camera de combustie, ofera o forta mult mai mare de propulsare.
- In 1926, in Massachusetts, el a lansat cu succes prima racheta de acest tip. Rudimentara dupa standardele actuale, reprezinta totusi ideea de baza folosita in lansarile vehiculelor spatiale in prezent.
- Un alt tip de racheta, folosit in special in domeniul militar, este cea cu **combustibil solid**. Datorita puterii reduse oferite, mult timp acesta nu a prezentat interes. Abia cand a fost descoperita metoda folosirii polimerilor pentru a furniza oxigenul necesar arderii, s-au reluat cercetarile in domeniu.



Motor de racheta

PROPULSIA

- Indiferent de ce tip de combustibil este folosit, rachetele sunt propulsate de gazul eliminat rezultat din combustie. Forța ce determină deplasarea rachetei reprezintă propulsia.
- Cu cât forța este mai mare, pentru o cantitate dată, va fi obținută o viteză mai mare până la terminarea combustibilului. Astfel viteză devine un factor critic.
- Vitezele necesare pentru misiunile spațiale au fost calculate cu mult înainte ca acestea să aibă efectiv loc. Pentru a plasa un obiect pe orbita Pământului, este necesară o viteză de minim 8 km/s, în funcție de înălțimea dorită a orbitei; aceasta este viteză orbitală. Pentru a învinge gravitația Pământului, este necesară o viteză de minim 11 km/s; aceasta este viteză de evadare.



http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/40922000/gif/40922554_venus_expr_journey2_416.gif

http://wpcontent.answcdn.com/wikipedia/commons/thumb/7/73/Newton_Cannon.svg/220px-Newton_Cannon.svg.png

- Pentru a atinge viteze tot mai mari, pentru o anume masa data, trebuie folosita o tot mai mare cantitate de combustibil, care sa degajeze o cantitate mai mare de gaz, pe o perioada mai lunga de timp. Principiile fizicii ne spun ca, cu cat mai lunga este perioada de timp de eliminare a gazului, cu atat mai repede va merge racheta.
- De exemplu, daca masa nu se schimba, iar vehiculul porneste din starea de repaos cu o propulsie constanta, dupa 100 de secunde se va deplasa de 100 de ori mai repede. Mai mult, pentru rachete, masa nu ramane aceeaasi, ea descreste. Cu fiecare kilogram de combustibil transformat in gaz si ejectat, aceasta devine mai usoara.
- Pentru a obtine un efect maxim, s-a aplicat principiul treptelor. Daca masa combustibilului se micsoreaza, deci si volumul acestuia, sunt ejectate si compartimentele ce-l contin, pentru a nu adauga o greutate suplimentara.
- In ceea ce priveste lansarile vehiculelor spatiale, exista si alti factori determinanti. Unul dintre acestia este grosimea atmosferei, care determina gradul de frecare.

Tipuri de propulsie

- **PROPULSIA CHIMICA.** Rachetele bazate pe propulsia chimica din prezent folosesc reactia hidrogen-oxigen. Exista nenumarate alte reactii ce dezvolta o putere mai mare, insa rezultatul acestora trebuie sa fie un gaz, care, eliberat de sub presiune, sa imprime viteza rachetei respective.
- La momentul actual, in domeniul propulsiei chimice se fac cercetari asupra folosirii a ceea ce se cheama propulsia pe materie cu inalta densitate energetica (**HEDM**).
- In general problemele HEDM se nasc din dificultatea stocarii acestor substante ca solid la temperaturi foarte joase, in conditii de mare presiune, ceea ce adauga considerabil echipament in plus, ceea ce inseamna o masa suplimentara.

PROPULSIA ELECTRICA

Ideea acestui tip de propulsie este functionarea rachetelor in spatiu cu ajutorul energiei electrice, fie folosind celulele solare, fie un reactor nuclear-electric.

- 1. Propulsia electrica solara.** Principalul dezavantaj al acestui tip de propulsie este acceleratia mica. De asemenea, pentru a dispune de energia necesara, panourile solare au o suprafata foarte mare. Singura cale de a mari performanta acestui procedeu este cresterea eficientei celulelor electrice solare. Nanotehnologia ar putea realiza asta.
- 2. Motorul ionic.** Cel mai performant sistem de propulsie electric de care dispunem este motorul ionic, ce obtine cea mai eficienta conversie a energiei electrice, cel mai mare impuls specific si cea mai lunga durata de viata.
 - A fost prima oara folosit in anii '60, insa functioneaza si in prezent in cadrul unor misiuni, datorita unor avantaje ca masa initiala mica, costuri reduse si rapiditate.
 - Denumirea de motor ionic vine de la folosirea principiului ionizarii gazului folosit drept combustibil. Aceasta ionizare se realizeaza de obicei prin bombardament cu electroni. Acesti electroni sunt emisi de un catod prin incalzire iar o sarcina electrica ii accelereaza catre anod, apoi catre compartimentul de descarcare. In acest compartiment, magnetizat pentru a creste probabilitatea coliziunilor intre atomii de gaz si electroni, este injectat gazul. Cand electronii intra in coliziune cu atomii de xenon, electronii atomului de rup de acesta, rezultand un nucleu pozitiv, ionizat. Acesti ioni sunt foarte excitati si se misca rapid. Surplusul de electroni este colectat si ejectat odata cu gazul ionizat, pentru impiedicarea incarcarii electrice a vehiculului spatial.
 - In Japonia se dezvolta un proiect de motor ionic cu microunde. Microundele sunt folosite pentru a excita electronii din gazul folosit drept combustibil.
 - Propulsia ionica este foarte folositoare pentru misiunile planetare, fiind capabila sa imprime viteze foarte mari, mult superioare propulsiei chimice. Exista si dezavantaje, cum ar fi necesitatea existentei sistemului ce produce energia electrica, ceea ce adauga la masa vehiculului spatial

3. Propulsia electrica nucleara.

Intr-un sistem electric nuclear, caldura provenita de la un reactor nuclear este convertita in energie electrica prin conversie termoelectrica sau termoionica. Este recunoscuta ca o varianta pentru explorarea spatiala inca din anii '60, si de asemenea este o alternativa eficienta din punct de vedere al costurilor.

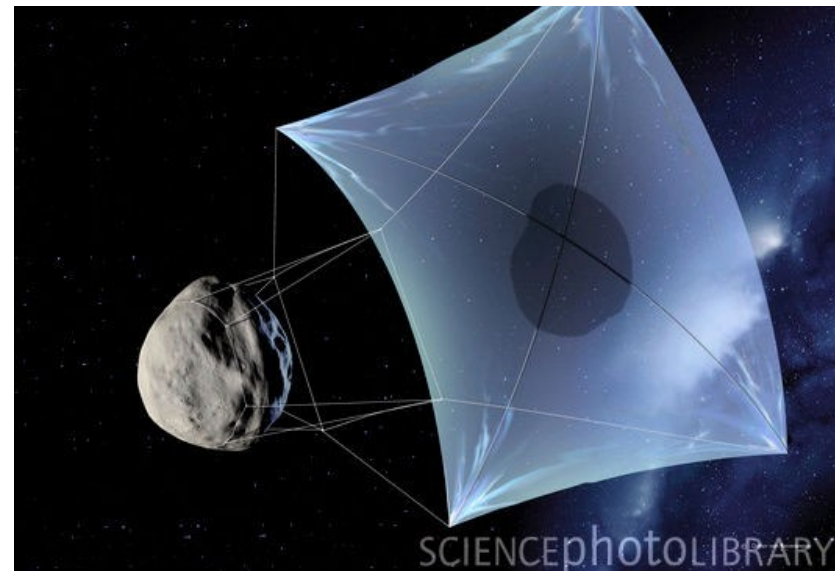
- Acest tip de propulsie prezinta o putere si un impuls specific mult mai mari decat cea solara, desi ramane insignifianta in comparatie cu rachetele cu propulsie chimica.
- Exista posibilitatea transferului de energie intre motor si instrumente. Cand instrumentele nu sunt folosite, toata puterea revine functionarii motorului, iar cand este necesar sa se faca cercetari, motorul este oprit si energia redistribuita. In acest fel, cantitatea de combustibil necesara este minima, ducand la reducerea masei vehiculului spatial.
- Fata de energia solara, acest tip de propulsie are marele avantaj ca poate functiona oriunde in spatiu. Exista insa si dezavantaje. Primul ar fi ingrijorarea ca instrumentele nu vor fi capabile sa functioneze in vecinatatea ionilor expulzati in timpul deplasarii. Cea mai mare problema este radiatia nucleara produsa, ceea ce va necesita protejarea echipajului, pasagerilor si echipamentelor de aceasta si, de asemenea, de caldura uriasa produsa de reactor. Aceasta protectie va creste masa vehiculului. Probabil forma acceptata va fi asezarea in spate a reactorului si propulsiei, in fata echipajului, instrumentele si compartimentele locuibile, iar intre acestea, scutul de protectie.

VELELE SOLARE

- Originea velor solare se situeaza in secolul 17, cand Johannes Keppler, observand cozile cometelor, a dedus ca vantul solar este constant si destul de puternic pentru a fi folosit in acelasi mod in care vantul ca miscare a aerului este folosit in navigatie pe Pamant.
- In prezent, acest principiu este usor diferit. **Practic, in loc de vantul solar, se foloseste lumina.** Aceasta aplica o usoara presiune asupra unui obiect, iar daca vom folosi o suprafata foarte plana, mare si puternic reflectiva, realizata dintr-un material extrem de usor, aceasta va fi capabila sa propulseze, cu ajutorul luminii, un vehicul spatial. Pentru a fi eficiente, dimensiunile acestora trebuie sa atinga kilometri in diametru, iar materialul din care va fi probabil fibrele de carbon, cu o grosime de doar cativa microni, comparabil cu o foaie de hartie; de asemenea, acest material este preferat si pentru ca are capacitatea de a rezista radiatiei venite de la Soare.
- Velele solare produc o acceleratie foarte mica. Ele vor fi lansate direct din spatiu, neputand sa invinga nici pe departe gravitatia Pamantului.
- **Cel mai mare avantaj al acestora este ca sunt sisteme fara combustibil, nu depind de acesta.** Astfel, vor avea o libertate mare de deplasare si de durata in timp, si de asemenea vor avea o masa mica, nefiind dotate cu containere de combustibili si motoarele aferente pentru reactia acestora.
- Dezavantajele sunt acuratetea jeturilor de particule sau energie, necesar a fi virtual perfecte pe distante uriase; vehiculele spatiale transportate de vele trebuie sa fie foarte usoare; cel mai mare dezavantaj este totala dependenta de tehnologia de la punctul de plecare, orice problema aparuta va duce la pierderea navetei in spatiu.



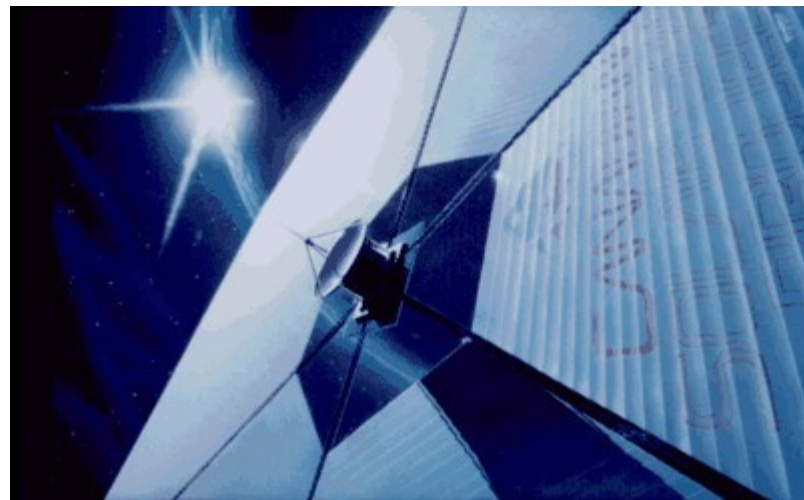
http://www.astro.queensu.ca/~hanes/PHYS015-2010/DAH_Figs/Solar_Sail.jpg



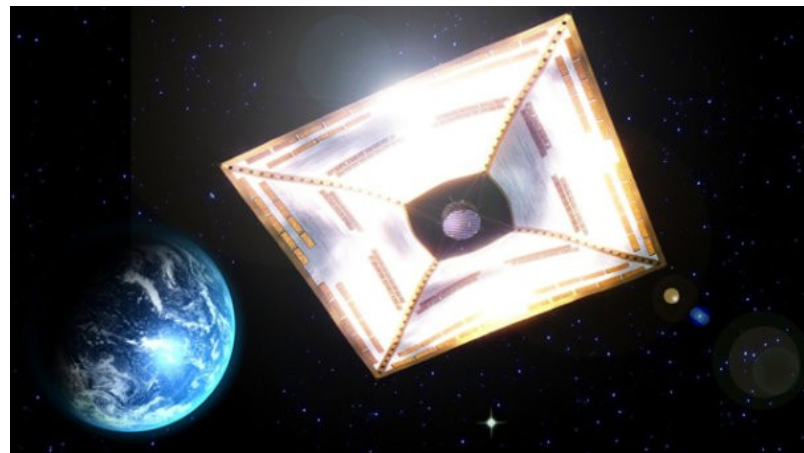
http://www.sciencephoto.com/images/download_wm_image.html/R310115-Asteroid_deflection_solar_sail-SPL.jpg?id=823100115

1. Vela solara. Vela solara functioneaza pe principiul folosirii fotonilor (luminii) pentru a imprima acceleratie unui vehicul spatial. Cand lumina este reflectata, acceleratia este produsa de transferarea momentului de la fotoni.

- Soarele exercita o forta de 9 N/km^2 la o distanta de 1 UA. Aceasta inseamna foarte putin, mai ales in comparatie cu rachetele din ziua de astazi, ce produc forta de milioane de newtoni. Bineinteles, combustibilul acestora se consuma rapid, ceea ce induce o limita de viteza de circa 45.000 km/h pentru rachetele chimice. Comparativ, velele solare sunt capabile de o accelerare continua, ceea ce pe distante mari se estimeaza ca vor atinge si 300.000 km/h , ceea ce per total va reduce timpul unei calatorii in spatiu pe distante foarte mari.
- **Principalul dezavantaj al velelor solare este acela ca, pe masura ce aceasta se departeaza de Soare, intensitatea luminii scade, deci si propulsarea.**



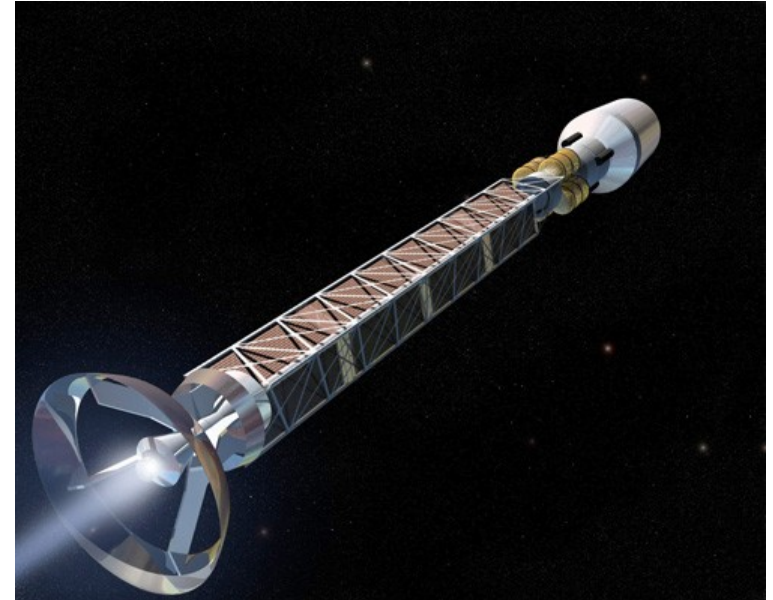
<http://www.firstscience.com/home/images/stories/articles/future%20solar%20sail.jpg>



http://bearriverbands.org/technews/wp-content/uploads/2010/05/solar-sail_doomsday_604x341.jpg

2. Velele cu laser si microunde. Pentru a inlatura unele dezavantaje ale velor ce se folosesc de lumina Soarelui, au fost propuse vele accelerate de lasere sau transmitatori de microunde. Aceste solutii ar creste considerabil performantele datorita unei densitati mult mai mari a energiei. Se estimeaza ca se va putea in acest fel ajunge la 1/10 din viteza luminii, poate chiar pana la 1/2 din aceasta. Iar performantele se imbunatatesc cu folosirea unor materiale tot mai usoare.

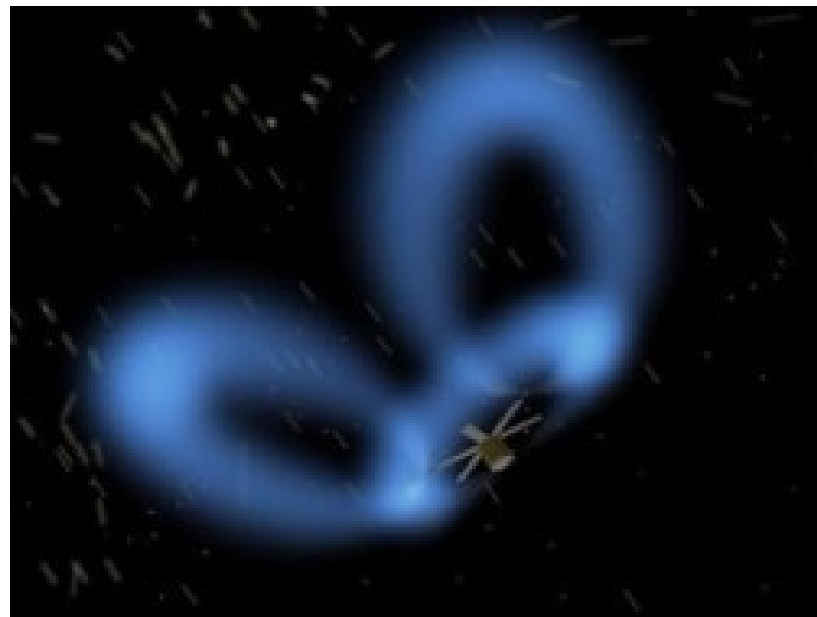
- Microundele vor fi mult mai eficiente pe distante scurte, deoarece acceleratia este mult mai mare, insa pe distante lungi vor fi folosite lasere, care, avand lungimea de unda mai mica, nu se vor dispersa pe distante mari.
- Cea mai mare problema care se iveste la acest tip de propulsie este incetinirea vehiculului spatial si manevrarea sa atunci cand isi atinge tinta. Cea mai populara solutie propusa pentru incetinire este folosirea unor vele multiple. De exemplu, daca exista doua vele, cea interioara se va separa de vela principala, iar lumina laserului, pozitionata pe vela principala, se va reflecta in vela interioara, incetinind vela interioara si vehiculul. Vela superioara va fi astfel pierduta, insa cea ramasa va putea fi folosita ca vela principala la intoarcere. Pentru mai multe drumuri, velele vor fi in numar mai mare.



<http://www.interstellarmissions.com/images/helicon.jpg>

3. Vela magnetica. Aceasta ar putea solutiona toate problemele mentionate pana acum. Designul consta intr-un cablu superconductor, cu diametrul de ordinul milimetrilor, formand o bucla. Acesta ar fi mai ieftin si mai eficient decat vela solara.

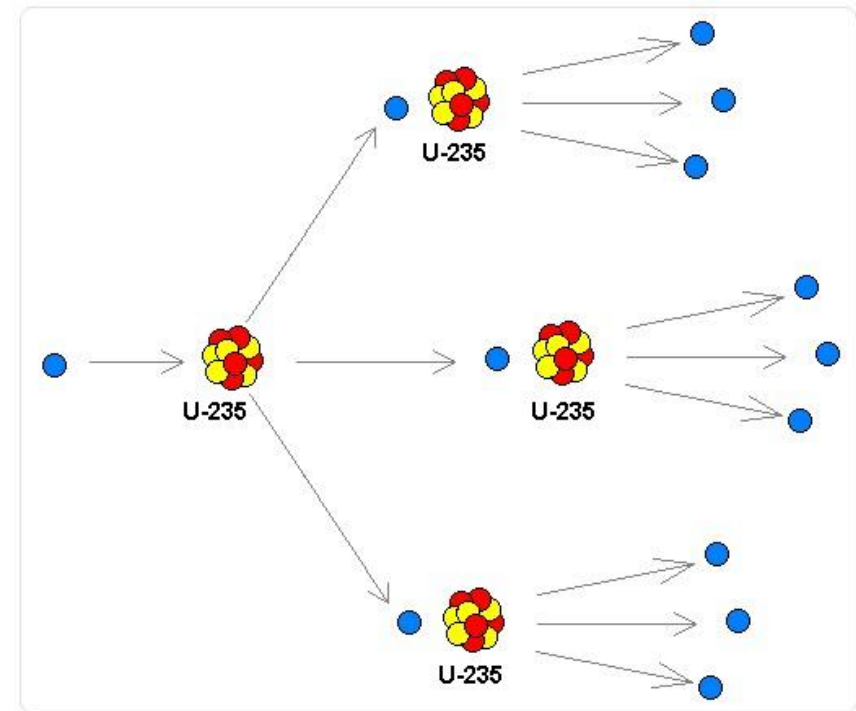
- Ideea de baza este formarea unui dipol magnetic care sa devieze vantul solar; de asemenea, sa ofere control directiona. O solutie recenta propusa este folosirea de acceleratoare de particule ce ar avea o eficienta de aproximativ 6 ori mai mare decat laserele.
- Velele magnetice ar putea oferi o manevrabilitate net superioara, ca si posibilitatea de franare. Exista insa si aici probleme ce nu au fost pe moment rezolvate, ca tehnologia avansata in domeniul superconductorilor sau controlul temperaturii.



http://1.bp.blogspot.com/_BhXBn33NOuY/RIH7NCiRjBI/AAAAA/AAAAAU/yRnIGxchOSw/s320/magnetic+sail+deployed.jpg

FISIUNEA NUCLEARA.

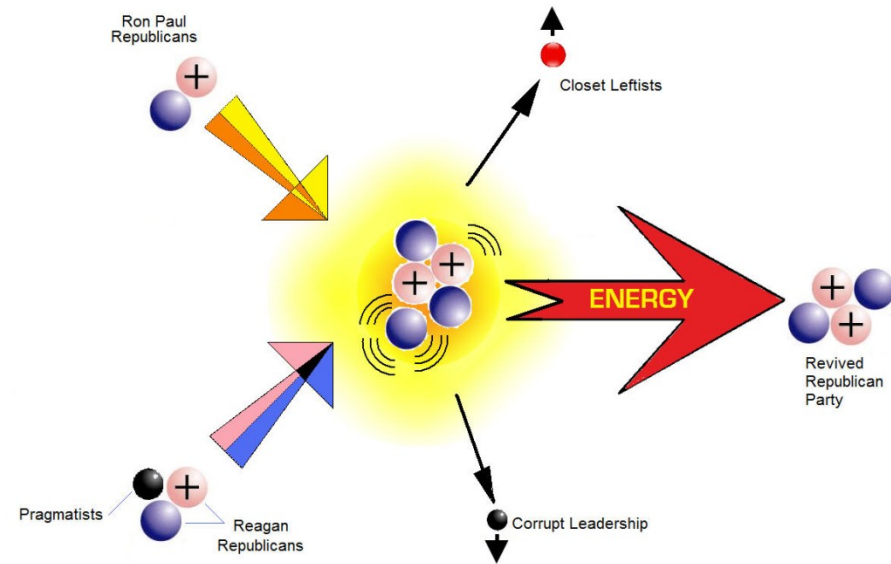
- Este o posibilitate atractiva de propulsie in spatiu, oferint o densitate energetica teoretica de 8×10^{13} J/kg, net superioara reactiilor chimice cu o densitate de 1×10^7 J/kg.
- Fisiunea nucleara este spargerea unui atom in fragmente mai mici. Aceasta se produce prin bombardarea atomilor (de obicei **uraniu** 235, dar se poate folosi si **plutoni**u 239, uraniu 233 sau **toriu** 232) cu neutroni. Atomul fisionabil captureaza neutronul si se dezintegreaza in doi atomi mai mici plus 2 sau 3 neutroni, ce vor dezintegra mai departe alti atomi. Masa combinata a produsilor reactiei este mai mica decat masa nucleului initial, iar aceasta pierdere de masa este convertita in energie.
- Exista probleme ale folosirii acestei tehnici, cea mai cunoscuta si mai importanta fiind siguranta. Produsii fisiunii sunt inalt radioactivi, iar reactia in sine produce radiatii gamma si beta. De asemenea, echilibrul este precar, o insuficienta functionare a reactorului ducand la consecinte dezastruoase.



http://www.green-planet-solar-energy.com/images/nuclear_fission_good_2a.jpg

FUZIUNEA NUCLEARA.

- Un proiect mult mai interesant decat fisiunea este fuziunea nucleara. Marele avantaj pe care il are este ca se przinta ca o forma de energie mult mai curata, nu are produși radioactivi. Densitatea energiei este considerabil de mare, de 10^8 ori mai mare decat cea a sistemelor chimice curente. Mai mult, drept combustibil este folosit hidrogenul, cel mai usor element, si nu este necesar in cantitate foarte mare avand in vedere puterea pe care o dezvoltă reactia. Din pacate, desi primele cercetari in domeniu au inceput inca din anii '30, nici pana astazi nu dispunem de o tehnologie viabila. Daca s-ar construi un asemenea tip de propulsie, tot Sistemul Solar ar fi deschis explorării umane.
- Principiul de baza este fuzionarea a doua nuclee usoare intr-unul singur, diferenta de masa fiind convertita in energie. Soarele si celelalte stele din secventa principala isi iau energia din acest tip de proces.



<http://thereaganwing.files.wordpress.com/2008/12/fusion.jpg>

- Combustibilul cel mai probabil a fi folosit sunt izotopi de hidrogen. Cea mai simpla reactie ar fi intre deuteriu (hidrogen cu un neutron in plus) si tritiu (2 neutroni in plus). Daca deuteriul poate fi usor extras din apa de mare, tritiu are o perioada de injumatatire de doar 12,5 ani, ceea ce inseamna ca nu mai exista de mult in stare naturala pe Terra. Iar o reactie in care se va folosi doar deuteriu este foarte greu de obtinut.
- Exista problema ca producerea de neutroni, in unele cazuri, este insotita de raze gamma, periculoase si in acelasi timp insemnand pierdere de energie. Solutia ar fi folosirea unor combustibili ce nu produc neutroni cand fuzioneaza.
- Dificultatea principala este legata de declansarea reactiei. Este extrem de greu sa se apropie doua nuclee pentru a fuziona, avand in vedere ca acestea sunt incarcate pozitiv, deci se resping reciproc.
- Pentru a realiza acest lucru, exista **doua posibilitati principale** si inca una posibila:

Fuziunea limitata magnetic. Cateodata numita si fuziune continua, incearca efectiv sa recreeze metoda stelara de obtinere a energiei, prin aducerea combustibilului la temperaturi de milioane de grade pentru a declansa fuziunea nucleelor. La aceste temperaturi, agitatie termica este foarte mare, ceea ce creste considerabil probabilitatea ca nucleeele sa se ciocneasca. Problema majora este crearea acestei plume, ca de asemenea controlul ei, in principal pentru ca ar topi orice structura ce ar tine-o captiva. Soarele reuseste acest lucru datorita imensei gravitatii pe care o exercita. Acest lucru se poate realiza eventual in camp magnetic, deoarece plasma este formata din ioni si electroni, cu sarcina electrica.

Fuziunea limitata inertial. Este o idee diferita care se bazeaza pe acelasi principiu. O cantitate mica de plasma, de o mie de trilioane de ori mai densa decat cea folosita in cazul fuziunii limitate magnetic, este creata utilizand lasere pentru a incalzi rapid materia. Acest procedeu nu necesita ca plasma sa fie captata intr-un camp magnetic, reactia este rapida, inertia combustibilului este indeajuns pentru a-l tine laolalta pana cand fuziunea are loc.

Fuziunea catalizata de muoni. Acest tip de fuziune este foarte diferit. **Un muon negativ este o particula elementara similara unui electron, insa de 207 ori mai masiva.** Datorita acestei mase, un muon orbiteaza nucleul unui atom mult mai aproape. Astfel, daca electronii se inlocuiesc cu muoni, sarcina pozitiva a nucleelor unul fata de altul va fi anulata, forta repulsiva va fi invinsa mult mai usor, iar muonul va fi ejectat in timpul procesului, lipindu-se de alt nucleu. In acest fel nu mai este nevoie de temperaturi extreme pentru declansarea reactiilor. Numai ca introducerea muonilor in atomi este extrem de dificila; mai mult, acestia au o durata de viata foarte scurta, de ordinul unei milionimi de secunda. Energia si costurile producerii muonilor ar putea intrece rezultatele fuziunii...

ANTIMATERIA.

- Antimateria este, in opinia tuturor, **combustibilul viitorului**. Si, este reala. Cantitati extrem de mici sunt produse chiar pe Pamant. Este cea mai scumpa substanta, costul ei fiind estimat la aproximativ 65 trilioane dolari pe gram!
- Antimateria ar fi cel mai bun combustibil posibil. Densitatea de energie urca pana la 9×10^{16} J/kg! **Anihilarea materie-antimaterie duce la completa transformare a masei lor in energie, si nu doar o parte a acesteia, ca in cazul fuziunii sau fisiunii.** Pentru a pune in miscare toate navele spatiale ale NASA, ar fi necesare doar 100 miligrame de antimaterie!
- Antimateria este formata, ca si materia, din particule elementare, insa sarcina electrica, precum si celelalte numere cuantice, sunt inversate. Antimateria nu exista in natura in general, deoarece se anihileaza imediat cu materia obisnuita. De aceea, trebuie produsa. Pastrarea se face usor, in camp magnetic.

CALATORIILE INTERSTELARE

- Cand este vorba de calatoriile interstelare, distantele de care vorbim devin realmente uriase, este aproape imposibil sa ne dam seama cu adevarat cat de imense sunt. Cea mai apropiata stea de Sistemul Solar este Proxima Centauri, ce face parte din sistemul triplu Alpha Centauri, aflata la 4,2 a.l., sau 40 trilioane km. Aceasta inseamna ca, mergand cu viteza luminii, ne va lua 4,2 ani s-o atingem. Cea mai apropiata stea cu un sistem planetar este si mai departe, la 10 a.l., Epsilon Eridani.
- Navele spatiale construite pentru a face fata calatoriilor interplanetare vor lua in considerare doar tipurile de propulsie ce pot dezvolta o viteza de un procent apreciabil din viteza luminii, ca velele cu laser, fuziunea nucleara sau propulsia cu antimaterie. Astfel aceasta calatorie ca dura cateva zeci de ani. Cu rachetele ce le detinem astazi, aceasta calatorie ar dura in jur de 900.000 ani.
- Pentru rachetele newtoniene, limitarea de baza este cantitatea de combustibil necesara calatoriei. Cu cat aceasta este mai lunga, avem nevoie de o cantitate mai mare, dar pentru a propulsa toata aceasta masa, este necesara consumarea din acelasi combustibil. Rachetele chimice ar avea nevoie, pentru acest tip de calatorie, de o cantitate de combustibil mai mare ca masa intregului Univers!

Deci trebuie cautate solutii care sa treaca peste limitarea impusa de viteza luminii.



DEPLASAREA WARP

- Avantajele deplasării de tip Warp sunt lipsa necesității combustibilului și deplasarea cu o viteză mai mare decât cea a luminii.
- Acest lucru este posibil pentru că viteza luminii este o limită pentru deplasarea în spațiu, **însa metoda aceasta presupune deplasarea cu tot cu... spațiu-timp.**
- Există dovezi că spațiul-timp s-a deplasat cu o viteză mult superioară celei a luminii la scurt timp după Big Bang.

GAURILE DE VIERME

- O gaura de vierme este o scurtatura prin spatiu-timp, creata datorita puternicei deformari a acestuia. Pentru exemplificare, imaginati-va o foaie de hartie pe care trargeti o linie intre doua puncte. Viteza cu care miscati stiloul este limitata, dar **puteti indoi foaia si cele doua puncte sa se atinga in mod direct.**
- Este acest lucru posibil? Si daca da, avem si posibilitatea realizarii lui?



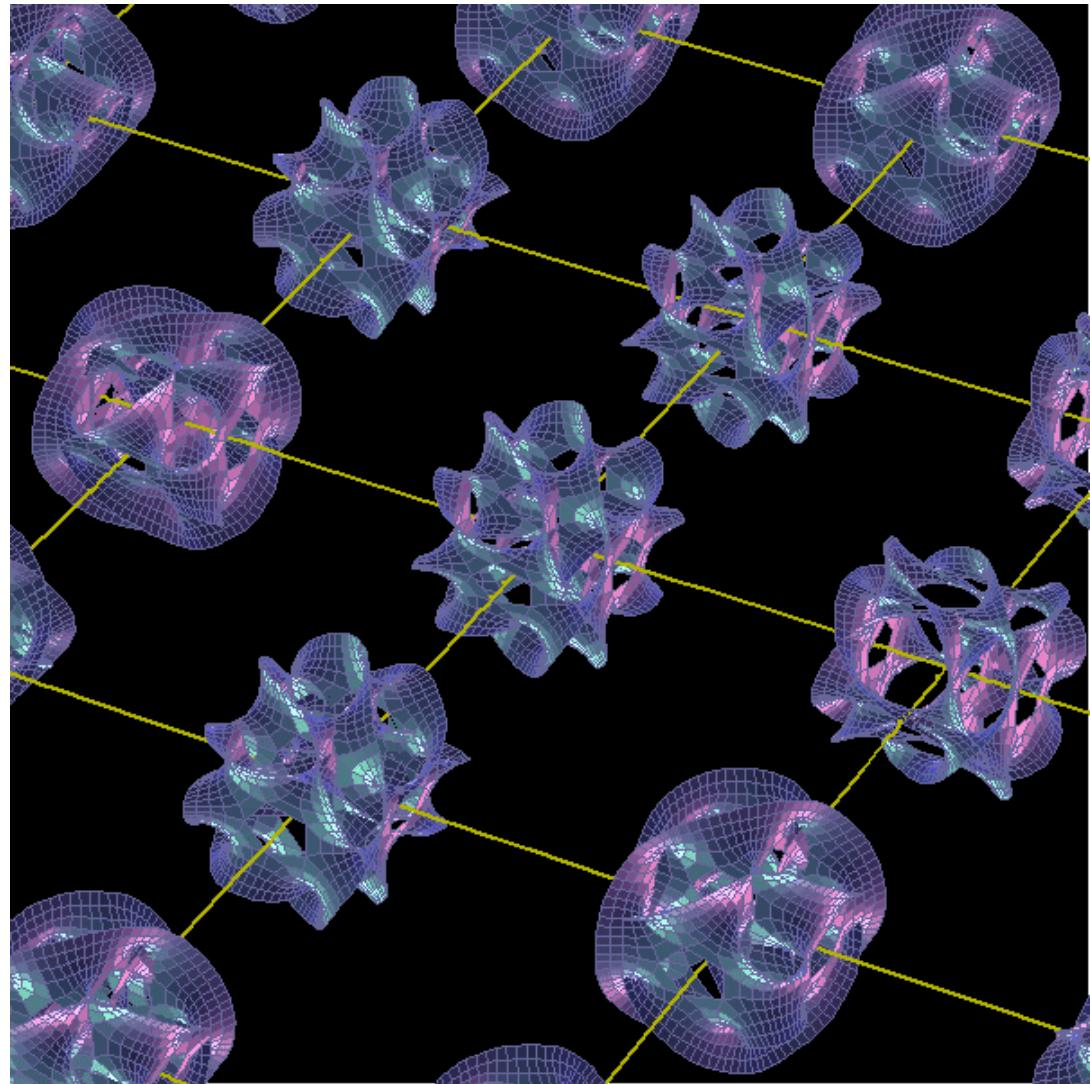
HIPERSPATIUL

Hiperspatiul inseamna folosirea dimensiunilor suplimentare ale Universului, acelea care nu s-au extins imediat dupa Big Bang, ci au ramas la dimensiuni comparabile cu lungimea Planck.

Exista doua teorii privitoare la hiperspatiu.

- Prima ar fi deplasarea printr-un spatiu cu mai multe dimensiuni unde viteza luminii nu ar mai fi o limita.
- A doua ar fi folosirea unui spatiu multidimensional pentru a gasi scurtaturi din punct de vedere al spatiului tridimensional, o idee asemanatoare cu cea a gaurilor de vierme. In general se crede ca prima teorie ar fi doar o interpretare incompleta a celei de-a doua, pentru ca aceste scurtaturi dau impresia unei viteze mai mari decat a luminii intr-un spatiu cu trei dimensiuni.

- Ideea de baza este ca spatiul prezinta curburi (vorbit de spatiu tridimensional) iar acestea pot fi evitate atunci cand ne deplasam intr-un spatiu cu patru dimensiuni. Acest mod de deplasare ar fi probabil extrem de eficient, insa **se pune problema existentei acestor dimensiuni** suplimentare, si mai ales folosirii acestora.
- Teoria stringurilor prezice existenta mai multor dimensiuni, infasurate si stranse la lungimi extrem de mici. Si totusi teoria spune ca **ne este imposibil sa accesam aceste dimensiuni, desi ele au acces in Universul nostru**. Aceasta teorie inca nu este probata experimental.



TUNELAREA CUANTICA

- Tunelarea cuantica este o consecinta bizara a mecanicii cuantice, de altfel complet verificata si folosita.
- Mai exact, cand o particula atinge o bariera si nu are destula energie sa treaca de aceasta, fizica cuantica prezice ca exista o posibilitate ca particula va trece prin bariera si va aparea in cealalta parte, fara a avea vreun efect direct asupra barierei respective.
Tunelarea apare la particule ce se misca cu viteze apropiate de cea a luminii.
- Exista predictii ca acest efect ar putea fi transferat si la sistemele macroscopice. Totusi, nu exista vreo dovada ca semnalul strabate bariera cu o viteza superioara celei a luminii, ci este un lucru ce tine mai mult de probabilitatea cuantica datorita careia locatia particulei nu este si nu poate fi foarte bine definita; iar cum acest lucru s-ar putea aplica la sistemele macroscopice, deocamdata nu este clar.

TAHIONII

- Tahionul este o **particula ipotetica ce se deplaseaza numai cu viteze superioare decat cea a luminii.**
- Aceasta particula ar avea o masa imaginara, ceea ce i-ar putea imprima o asemenea viteza, si mai mult, imposibilitatea ca aceasta sa scada sub viteza luminii.
- Viteza luminii ar fi pentru o astfel de particula limita minima.
- Existenta unor astfel de tipuri de particule nu a fost niciodata dovedita, si nu exista idei de sisteme de propulsie pe baza lor.

Viitorul vă aparține.
Descifrați-l!



Bibliografie

- <http://www.astropedia.ro/categorii/propulsia.php>