

## SPACE VEHICLES PROPULSION SOME CONCEPT IN REALITY AND FICTION

Cezary Szczepaniak

Politechnika Łódzka, Instytut Pojazdów

90-924 Łódź, Zeromskiego 116, Poland

tel. (42) 6362265, fax (42) 6312398, e-mail: instpoj@p.lodz.pl

### Abstract

*Paper presents some data refer to cosmos spaces. It permits to understand the difficulties connected with the construction of the space vehicles and the travels of the people into universum spaces. There are presented three ideas of space vehicles design e.s. Bussard ramjet, nuclear impulses racket, solar sails and fotons propultion. These space vehicles are evaluated concidering possibilities of working and technology how to do them.*

## NAPĘD POJAZDÓW KOSMOSU. RZECZYWISTOŚĆ I FIKCJA

### Streszczenie

*Referat przedstawia ogólny podział pojazdów kosmosu. Wykazuje pewne cechy charakteryzujące Universum, co pozwala na zrozumienie trudności, które wiążą się z podróżami kosmicznymi oraz budową pojazdów kosmosu. Podaje trzy koncepcje budowy pojazdów kosmosu. Są to: ramjet, jądrowa rakietka impulsowa, napędy fotonowe. Koncepcje tych pojazdów są przedstawione od strony możliwości ich działania z podkreśleniem trudności, jakie są związane z ich zmaterializowaniem.*

Tak jak wielki jest kosmos, w tak olbrzymiej skali wywołuje on pytania i kwestie związane z podróżami, które miałyby w nim mieć miejsce. Czasoprzestrzeń kosmosu odniesiona do wymiarów ziemskich i ludzkiego życia wydaje się mieć wymiar nieograniczony i nieskończony. I pomimo faktu, że kosmos może być w skali makro traktowany jakby był jednorodny oraz to, że prawa fizyki obowiązujące na ziemi obowiązują również w kosmosie, to normalnie obowiązujące pojęcia na ziemi jak: odległości pomiędzy punktami przestrzeni, długość ludzkiego życia, wartości energii występującej na ziemi, czy prędkości nie mogą mieć odniesienia do odpowiednich wartości tych wielkości w ujęciu kosmicznym. W tej liście różnych wielkości nie mających porównania, co do swoich wartości z odpowiednimi wartościami występującymi w kosmosie, wymieniłem tylko te, które występują przy analizie problemów związanych z podróżowaniem po przestrzeniach Universum. Dla przybliżenia problemów kosmosu, które wiążą się z podróżami po jego przestrzeniach wymienia się olbrzymie różnice, nawet w ujęciu pojęciowym odnoszące się do Ziemi i kosmosu jak np. życie ludzkie i czas. Życie ludzkie na ziemi, jeżeli nawet przyjmujemy że trwa 100 lat jest bliskie zeru, jeżeli porówna się go z miliardami lat, które byłyby konieczne, aby osiągnąć pewną nie odległą od Ziemi gwiazdę z sąsiednich galaktyk.

Mówiąc o podróżach w kosmosie przyjmuje się, że szybkości pojazdów mają być zbliżone do prędkości światła a i wtedy odległości kosmiczne nie zmniejszają się i mogą się wyrażać w milionach lat świetlnych.

Dylatacja czasu obserwowanego z pozycji Ziemi, następująca w wyniku szybkości pojazdu, czy w wyniku oddziaływania silnych pól grawitacyjnych nie zmienia możliwości oceny trwania podróży kosmicznych w czasie odniesionym do jednego pokolenia, choćby

nawet następowało zwolnienie procesów życiowych ludzi stanowiących załogę pojazdu kosmicznego.

Energia kinetyczna potrzebna do napędu masy pojazdu kosmicznego dąży do nieskończoności, gdy prędkość pojazdu  $V$  dąży do prędkości światła  $C$  i tu rodzi się pytanie, skąd uzyskać taką dużą energię potrzebną do napędu pojazdu kosmicznego, gdyby ten miał osiągać prędkość zbliżoną do  $C$ .

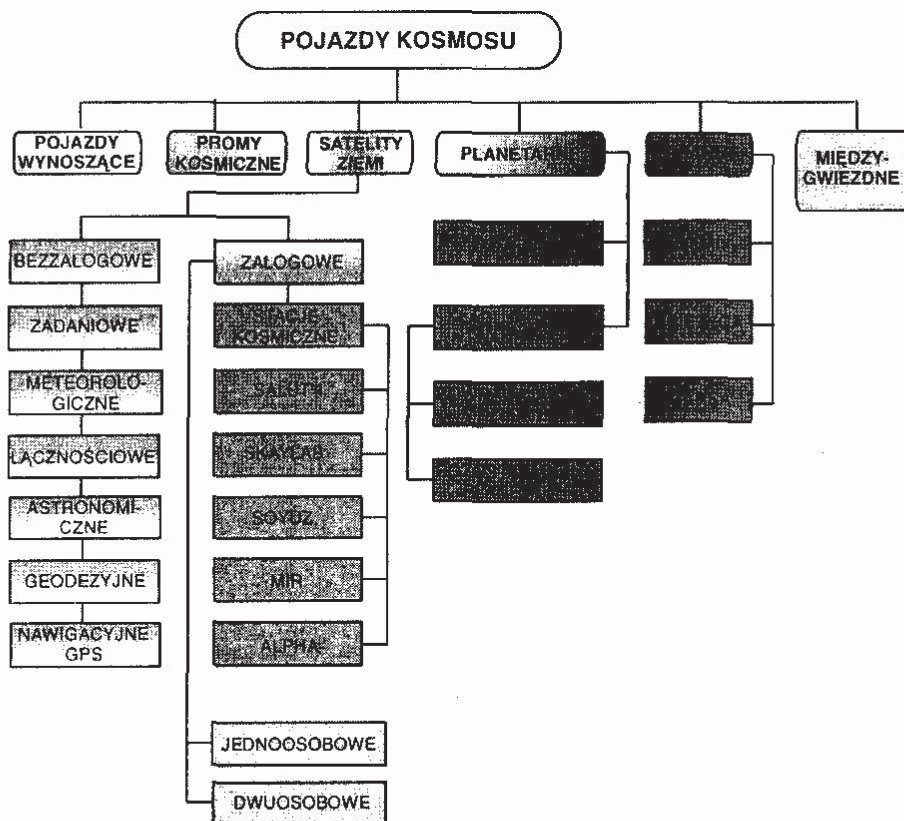
Inne pytanie związane z podróżami w kosmosie np. jak będą zachowywały się organizmy ludzi w polu, w którym grawitacja jest bardzo mała. Tworzenie warunków życia w pojeździe kosmosu, zbliżonych do warunków bytowania na ziemi jest osobnym problemem podróży kosmicznych. Mówi się, że ludzi zastępują twory hybrydowe złożone z komputerów i zespolów ciała ludzkiego.

Można sobie dzisiaj wyobrazić wymagania, jakie powinny być stawiane pojazdom kosmosu. Wymagania te musiałyby być materializowane na Ziemi przez określone rozwiązania konstrukcyjne.

Różnorodność zadań a przede wszystkim cele podróżowania, określone choćby tylko dotarciem do danego miejsca w kosmosie czynią, że konstrukcje pojazdów poruszających się w przestrzeniach kosmosu są bardzo zróżnicowane.

Przestrzeń kosmosu rozpoczyna się od sfery ponad atmosferą ziemską i rozciąga się na sferę, której Ziemia znajduje się w środku a jej promień wynosi około 20 miliardów lat świetlnych. Kula o promieniu  $4 \times 10^{25}$  m stanowi więc nasz obserwowalny wszechświat, znaczy to jednocześnie, że możemy obserwować obiekty astronomiczne oddalone od Ziemi w takiej odległości a kula ta jest największym układem, jaki możemy badać metodami fizycznymi. W kosmologii fizycznej właśnie ten układ fizyczny traktuje się jako wszechświat [1].

Przyjmując obecny stan technologii kosmicznej można przedstawić następujący podział pojazdów kosmosu, (rys. 1) wg [2].



Rys .1. Ogólny podział pojazdów Kosmosu  
 Fig. 1. Different types of Space Vehicles



Jednym z najistotniejszych zagadnień dotyczącym ruchu tych pojazdów jest problem napędu, co się wiąże bezpośrednio z wykorzystaniem energii w silniku i jej zamianą na energię kinetyczną pojazdu.

Ruch wszelkich pojazdów w przestrzeni kosmosu wg dzisiejszej wiedzy następuje zgodnie z zasadą zachowania pędu układu, który w przypadku pojazdów kosmicznych stanowią masa pojazdu oraz masa czynnika roboczego (paliwa), jednocześnie źródło energii. W powyższym twierdzeniu nie wzięto pod uwagę możliwości wykorzystywania energii wirowania czarnych dziur czy innych jeszcze postaci energii występujących w kosmosie.

Pozyskiwanie energii do napędu pojazdu w trakcie kosmicznego lotu jest podstawowym celem poszukiwań badaczy kosmosu i konstruktorów pojazdów kosmicznych.

Jak wynika z przedstawionego podziału pojazdów kosmosu (rys. 1), różne mogą być wymagania stawiane silnikom napędowym odnośnie do wielkości i charakterystyk, co wynika z różnych zadań stawianych pojazdom. Chociaż obecnie inny silnik niż silnik rakietowy nie jest stosowany w pojazdach kosmosu, to istnieje pewna różnorodność rozwiązań tych silników, jeżeli chodzi o sposób wyzwalaania energii z czynnika roboczego.

Z całej liczby istniejących silników rakietowych można wyodrębnić grupy silników posiadających wspólne cechy np. wartość generowanej siły ciągu i jeżeli za podstawę charakteryzowania silników przyjąć tę siłę, to można wyodrębnić grupę silników startowych zapewniających bardzo dużą siłę ciągu (setki ton), grupę silników służących do napędu pojazdu w locie międzyplanetarnym oraz grupę silników o minimalnym ciągu, służących wyłącznie do sterowania pojazdem czy tylko jego elementami. Siła ciągu w silnikach takich może wynosić rzędu ułamków grama.

Charakter procesów przemian energii i odmienne właściwości fizyko-chemiczne czynników roboczych jako materii w różnych postaciach, pozwalają podzielić znane napędy rakietowe na termiczne, elektryczne oraz napędy działające na zasadzie emisji kierunkowej cząstek elementarnych. Cząstki elementarne rozumie się tutaj w aspekcie fizyki kwantowej. Stąd obok protonów, neutronów i innych cząstek elementarnych posiadających masę spoczynkową równą zero znajdują się również fotony światła.

W pracach [2] i [3] przedstawiono szczegółowy podział silników rakietowych dokonany wg kryterium wymienionego powyżej. Opisano także istotę działania tych silników oraz istniejące ograniczenia w ich budowie i eksploatacji. Tutaj zostaną przedstawione jedynie te silniki rakietowe, których rozwiązania znajdują się dopiero w etapie rozważań koncepcyjnych, ale już koncepcja ta przez niektórych jest uznawana za taką, która nie wyszła jeszcze ze sfery naukowej fikcji.

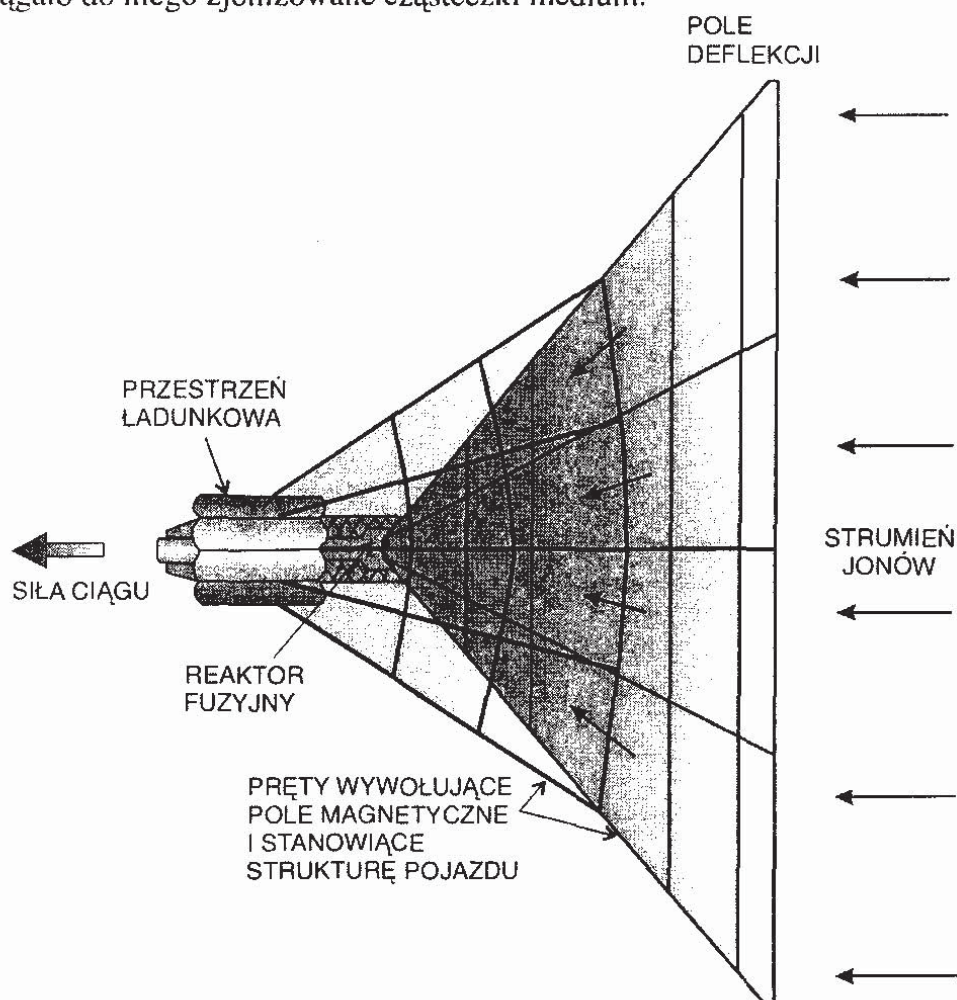
Nawiązując do klasyfikacji silników rakietowych, to silniki te, o których będzie mowa poniżej mogłyby być zaszeregowane do tej grupy, w których siła ciągu uzyskiwana jest w wyniku emisji cząstek elementarnych.

### **Silnik strumieniowy Ramjet**

Jedną z ciekawszych konstrukcji wykorzystującą fuzję termojądrową jest silnik nazwany Ramjet. Ramjet może być względnie lekki, ponieważ nie niesie z sobą paliwa, lecz korzysta z zasobów paliwa znajdującego się w otoczeniu. Pomysł tego pojazdu przedstawił w 1960 roku Bussard. W pojeździe tym paliwo pochodzi z międzygwiazdowego medium, w którym pojazd porusza się. Umieszczony z przodu kolektor dużej średnicy (rys. 2) zbiera rzadki materiał międzygwiazdowej materii, zwykle są to cząsteczki wodoru. Są one w reaktorze fuzjowane w hel, co wywołuje wyzwolenie dużej energii cieplnej, która powoduje wyrzucanie helu na zewnątrz pojazdu z dużą prędkością, wywołując siłę ciągu. Ponieważ międzygwiazdowe medium jest wysoko zjonizowane, fizyczna zbiórka cząsteczek w kolektorze



medium może być zintensyfikowana przez zastosowanie pola elektromagnetycznego, które będzie wciągało do niego zjonizowane cząsteczki medium.



Rys. 2. Koncepcja silnika raketowego – Ramjet T. Bussard's wg [5]  
 Fig. 2. Bussard Ramjet concept ref. [5]

To proste stosunkowo rozwiązanie pojazdu kosmicznego wywołuje szereg wątpliwości, co do technicznych rozwiązań, które dzisiaj nie znajdują pozytywnych odpowiedzi. Nie będzie tu mowy o wszystkich trudnościach i kwestiach towarzyszących rozwiązaniu Ramjeta, dla przykładu wymienia się jedynie, że przyjmując przeciętne stężenie atomów wodoru  $1\text{H} - \text{atom}/\text{cm}^2$ , 1000 tonowy pojazd potrzebowałby powierzchnię czołową zbioru atomów równą  $10\,000\text{ km}^2$ , osiągnięcie przez pojazd kosmiczny prędkości zbliżonej do prędkości światła jest osobnym zagadnieniem. Gdyby pojazd przyspieszał z przyspieszeniem  $g = 10\text{ m/s}^2$ , to osiągnąłby prędkość zbliżoną do  $C$  po około 1 roku. Ponieważ do działania napędu Ramjeta konieczna jest pewna duża prędkość, stąd wniosek, że umieszczenie Ramjeta w przestrzeni kosmicznej wymagałoby pojazdów wynoszących, nadających mu nadto odpowiednio dużą prędkość.

Koncepcja przedstawiona w pojeździe Ramjet nie traci jednak zainteresowania, bo jeżeli uda się rozwiązać pewne problemy związane z fuzją protonów, statek taki – być może – wyruszy kiedyś w podróż do gwiazd. Powyższa opinia została sformułowana w [4].

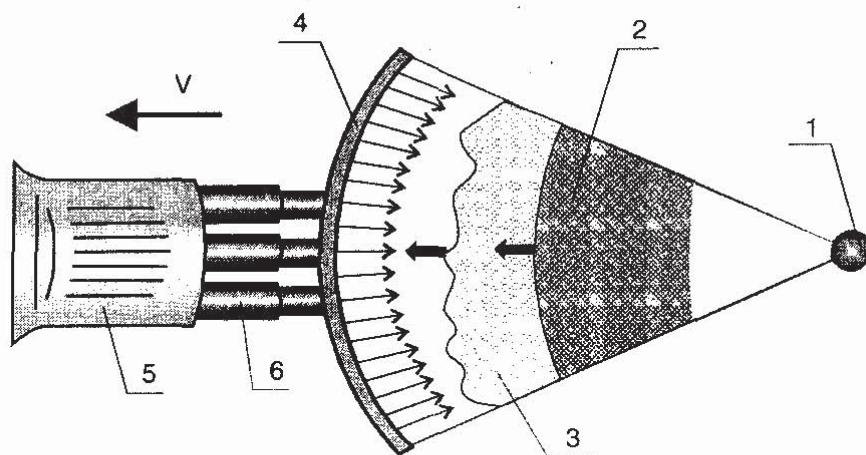
### Jądrowa rakieta impulsowa

Wydaje się, że najdziwniejszym typem pojazdu kosmicznego odbywającego podróż międzygwiazdą mogłaby być jądrowa rakieto impulsowa, w której do napędu wykorzystuje



się siłę detonacji bomb jądrowych. Pojazd byłby napędzany impulsami odrzutu odpalanych z tyłu rakiety mini bomb jądrowych. Podstawową zasadą działania takiego napędu podał w 1946 roku Stanisław Ulman, który sam brał udział w pracach nad projektem pierwszej bomby wodorowej.

Na rys. 3 pokazano zasadę działania napędu pojazdu wykorzystującego energię wybuchów jądrowych. Przy wybuchu bomby do ekranu pojazdu znajdującego się w pewnej odległości od wybuchu dociera w pierwszej kolejności z prędkością światła intensywne promieniowanie elektromagnetyczne a następnie z prędkością podświetłą strumień cząsteczek, powstałych w procesie rozpadu. Warstwa powierzchniowa nagrzanego w ten sposób ekranu ulega odparowaniu, w wyniku, czego powstaje ciąg zależny od intensywności parowania i prędkości, z jaką pary opuszczają powierzchnię ekranu. Proces odparowania materiału ekranu w swym efekcie jest równoważny pracy silnika raketowego. Następnie docierające do ekranu promieniowanie korpuskularne, charakteryzujące się oprócz prędkości pewną masą, wywiera podobne działania cieplne a ponadto udziela rakiecie za pośrednictwem osłony pędu, który wpływa na całkowity ciąg rakiety. Tak, więc przy wybuchu bomby jądrowej pojazd uzyskuje impuls związany z pochłanianiem promieniowania oraz impuls wywołany procesem promieniowania ekranu.



Rys. 3. Zasada działania napędu pojazdu kosmicznego wykorzystującego energię wybuchu bomb jądrowych: 1 – punkt wybuchu bomby, 2 – promieniowanie korpuskularne, 3 – czoło fali promieniowania elektromagnetycznego, 4 – osłona pochłaniająca promieniowanie, 5 – przestrzeń użytkowa pojazdu, 6 – amortyzatory

Fig. 3. Rocket propulsion using nuclear explosion: 1 – explosion point, 2 – corpuscular radiation, 3 – electromagnetic radiation front, 4 – radiation protection, 5 – payload area, 6 – shock absorbers

Praca napędu działającego na tej zasadzie miałaby charakter pulsacyjny. Dla złagodzenia uderzeń fal promieniowania na ekran osłaniający pojazd, które mogłyby być przenoszone na masy pojazdu pomiędzy ekranem a pojazdem stosowane będą specjalne urządzenia tłumiące.

Nie istniejąca jeszcze rakieta impulsowa przybierała kilka konkretnych form w ramach projektu ORION w latach 1959- 1965 i DEADALUS w latach 1973-1978. Wg oszacowań z programu DEADALUS sonda deadalus wykorzystująca po sobie kolejne mini eksplozje rozpędziłaby się do prędkości 12% prędkości światła.

Doświadczenia realizacji powyższych programów wykazały, że istnieje wiele zastrzeżeń do działania tego typu silnika raketowego. Intensywne promieniowanie oraz fala ciepła zagraża życiu załogi i grozi naruszeniem konstrukcji pojazdu. Poza tym, ponieważ zachodzi konieczność precyzyjnej kontroli zjawisk towarzyszących eksplozji termo jądrowych, należałoby zdobyć gruntowną wiedzę odnośnie do przebiegu tych zjawisk, a to można uzyskać na podstawie wielu przeprowadzonych prób doświadczalnych. Należy jednak zdawać



sobie sprawę, że opanowanie technologii przebiegu procesu termojądrowego wybuchu grozi powstaniem nowych rodzajów broni termojądrowej.

## Żagle słoneczne i silniki fotonowe

Znanym i potwierdzonym doświadczalnie zjawiskiem jest pojęcie ciśnienia światła. Siły wywołane ciśnieniem promieniowania fotonowego są niezwykle małe. Ciśnienie wywołane promieniowaniem słonecznym w odległości Ziemi od Słońca zawiera się w granicach  $(4,7 \div 9,4) \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2$ . Zmiana wielkości ciśnienie promieni świetlnych jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od źródła promieniowania.

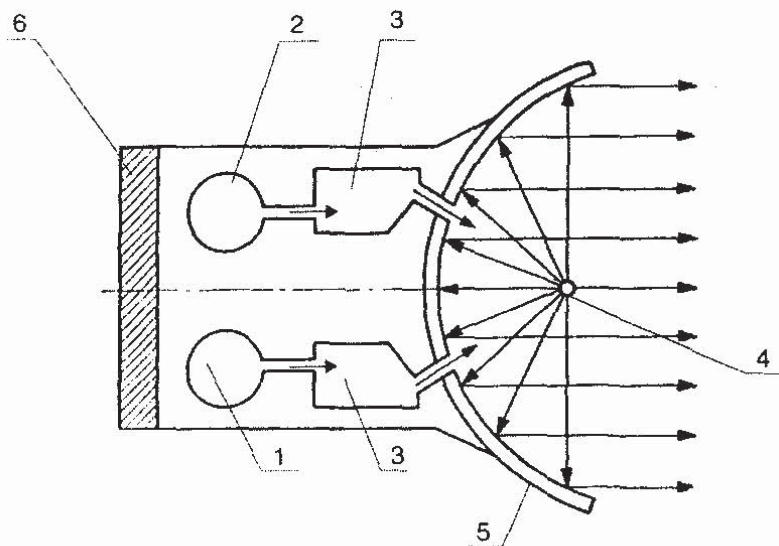
Rozwiązanie problemu napędu pojazdu kosmicznego za pomocą żagla słonecznego sprowadza się przede wszystkim do uzyskania konstrukcji odpowiednio lekkiego ekranu o powierzchni doskonale zwierciadlanej oraz do stworzenia wiązki fotonów działających na zwierciadło z większą siłą. Uzyskanie ekranu odpowiedniego ekranu nie wykracza znacznie poza możliwości dzisiejszej technologii. Zwiększanie siły fotonów na ekran można by szukać w zastosowaniu na Ziemi lub na Księżycu silnego, stacjonarnego lasera, który „pchałby” żagiel słoneczny. Jednakże dużą przeszkodą w zastosowaniu do napędu żagli słonecznych promieniowania laserowego jest problem mocy. Wg jednego z oszacowań moc takiego lasera powinna być tysiąckrotnie większa od mocy laserów działających na Ziemi [2].

W alternatywnym rozwiązaniu napędu pojazdu nieco mniejszy żagiel słoneczny mógłby być uzupełniony jakimś silnikiem typu Ramjet.

Oprócz silników fotonowych w postaci żagli słonecznych istnieją koncepcje budowy silników fotonowych z własnym źródłem promieniowania.

Silniki fotonowe z własnym źródłem promieniowania, w których tylko część substancji napędowej będzie przemieniana na światło nazywamy diabatyczne oraz silniki działające na takiej samej zasadzie, ale przy całkowitym przekształcaniu masy substancji napędowej w energię promieniowania fotonowego nazywamy adiabatycznymi.

Nie wdając się w rozważania o technicznych możliwościach realizacji silnika fotonowego, na rys. 4 pokazano pewną hipotetyczną koncepcję takiego silnika.



Rys. 4. Schemat hipotetycznego silnika fotonowego z generacją światła na drodze anihilacji materii: 1 – zapas materii, 2 – zapas antymaterii, 3 – urządzenie dozujące, 4 – strefa anihilacji energii, 5 – zwierciadło promieniowania fotonowego, 6 – osłona biologiczna

Fig. 4. Idea of photon propulsion with generation of the photons by means of a matter annihilation: 1 – matter container, 2 – antimatter container, 3 – feeder device, 4 – annihilation area, 5 – mirror of the photons, 6 – biological protections

W przedstawionym na rys. 4 silniku promieniowanie świetle jest wynikiem anihilacji w sensie zaniku masy spoczynkowej łączonych ze sobą cząstek materii i antymaterii, które z pojemników 2 i 3 dostarczane są do punktu anihilacji 4. W punkcie tym następuje całkowita zamiana masy na energię, w postaci promieniowania. Promieniowanie wywołuje parcie na zwierciadło 5, a wypadkowa sił parcia stanowi siłę napędową.

Ciśnienie promieniowania świetlnego przy powierzchni zwykłej żarówki jest  $10^{-9}$  N/cm<sup>2</sup>. Natomiast w projektach napędów fotonowych ciśnienie promieniowania świetlnego ocenia się na rząd dziesiątek i więcej atmosfer. Z porównania tych dwóch wartości widać, jakie trudności towarzyszą powstawaniu silnika fotonowego wg takiej koncepcji jak na rysunku 4.

Znane dzisiaj procesy jądrowe nie dają możliwości anihilacji masy w sensie jej całkowitego przekształcenia na energię. Stąd do dzisiaj spełnienie równania  $E = mC^2$ , to tylko sprawa łączenia materii z antymaterią.

Jak z przytoczonych przykładów wynika, droga dojścia do ostatecznego rozwiązania napędu fotonowego jest jeszcze bardzo daleka.

Na podstawie przedstawionego materiału można postawić pytanie. Czy marzenia ludzi o podróżach w przestrzeniach kosmosu zmaterializują się i czy przyszły pojazd pokonujący odległości międzygalaktyczne zostanie zbudowany wg przedstawionych koncepcji? Na te pytania pozytywną odpowiedź dadzą przyszłe pokolenia. Może obecnie przedstawiony materiał zainspiruje najmłodszą generację uczonych do intensywnych rozmyślań, jak zbudować pojazd kosmosu, jak wykorzystywać energię ukrytą w materii, jak wykorzystać źródła energii kosmicznej, np. związane z wirowaniem czarnych dziur? Odpowiedzi na te pytania pozwolą na pokonanie trudności związanych z istnieniem i rozwojem ludzkości oraz wprowadzą rodzaj ludzki w nowy etap cywilizacyjny.

## Literatura

- [1] Jacyna-Onyszkiewicz Z., : "Metakosmologia", ISBN 83-87448-75-3, Poznań
- [2] Szczepaniak C., Dychto R.: „Pojazdy w Kosmosie”. Wydawnictwo PŁ, ISBN 83-7283-108-4
- [3] Łyżwiński M.: „Nowe Napędy Raketowe”, Wydawnictwo MON
- [4] Michio Kaku.: Wizje, czyli jak nauka zmienia świat w XXI wieku”, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2002
- [5] <http://www.darling.info/encyklopedia/s/interstellar-ranjet.html>
- [6] Sutton George P.: "Rocket Propulsion Elements", Third Edition John Wiley and Sons, Inc. N.Y. and London