

J. Krzemińska.

Ostatnia strona okładki: sztuczny księżyc — rys.

Księżyc ten będzie zbudowany z tych samych pierwiastków, z jakich utworzone są księżycy „naturalne”, czyli satelity planet. Ale ponieważ zbuduje go ręka człowieka — dajemy naszemu księżycowi (przez małe „k”) przydomek „sztucznego”.

Będzie to też nie lada „sztuką” u-rzeczywistnić zamiar wyrzucenia w przestrzeń rakiety, która na prawach mechaniki niebieskiej będzie wiecznie mogła krążyć wokół ziemskiego globu. Już Newton, autor prawa o powszechnym ciężeniu, przewidział taką możliwość. Ale realne kształty pomysłowi jednego geniusza ludzkości nadał drugi genialny uczonec, choć samouk, Konstanty Ciolkowski, pionier rakiety w ZSRR.

W tym roku mija właśnie dokładnie pół wieku od chwili ogłoszenia przez Ciolkowskiego teorii rakiety pt.: „Issledowanie mirowych przestrzeń reaktywnymi przyrządami”. Praca ta ukazała się w roku 1903 w czasopiśmie „Naucznoje obozrenije”. Jednak należy podkreślić, że pierwsze prace Ciolkowskiego na tematy raketowe były publikowane znacznie wcześniej, np. artykuł „Na łunie” w piśmie „Wokrug swiata” w r. 1893.

Ciolkowski pierwszy w dziejach ludzkości wskazał na to, że do celów komunikacji międzyplanetarnej nadaje się jedynie pojazd raketowy, który siłą odrzutu może poruszać się także w przestrzeni próżnej. Tylko za pomocą rakiety będzie można zbudować w przestrzeni sztuczny księżyc, który zapoczątkuje zdobywanie przez człowieka przestrzeni Wszechświata.

Dla wielu ludzi, nawet wykształconych, jest rzeczą zgoła niezrozumiałą, w jaki sposób różne ciała niebieskie poruszają się w przestrzeni i nie „pospadają” na Ziemię, jak to czyni kamyk, wyrzucony w powietrze ręką ludzką. Cała tajemnica tkwi w tym, że wszystkie bez wyjątku ciała niebieskie poruszają się po li-



Ciolkowski twórca KSIĘŻYCA

niach krzywych, z odpowiednimi szybkościami.

Wyjaśnimy to na przykładzie naszego sztucznego księżycy, który poniżej omówimy.

Działo na szklanej górze

O takiej górze slyszeliśmy tylko w bajce. Spróbujemy bajkę wykorzystać do celów praktycznych. Idzie nam tu jednak nie tyle o to, by góra była ze szkła, ile żeby była bardzo wysoka, na jakieś 400 kilometrów. Ze względu na ową wysokość szczyt góry byłby już poza zasięgiem ziemskiej atmosfery, czyli stercałby w próżni międzyplanetarnej. Takiej góry na Ziemi nie ma, my zakładamy, że jest.

Na jej szczycie umieszczamy również bajkowe działo, z którego wyrzucamy pociski. Za każdym strzałem powiększamy naboń, przy niezmienionej masie kuli. Pocisk leci coraz dalej. Na rys. 1 widzimy kulę ziemską, naszą górę oraz tory pocisków w postaci krzywych linii. Im

nabój większy, tym większa szybkość pocisku, tym dłuższy tor i tym dalsze miejsce spadku na Ziemię.

Wreszcie dochodzimy do tak wielkiego naboju, że wylatujący z lufy pocisk ma szybkość około 8 kilometrów na sekundę, czyli leci blisko 6 razy prędzej niż prawdziwa kula działowa. Tor pocisku tak się wydłuży, że kula już nie spadnie na Ziemię, lecz będzie w próżni wiecznie krążyć dookoła Ziemi.

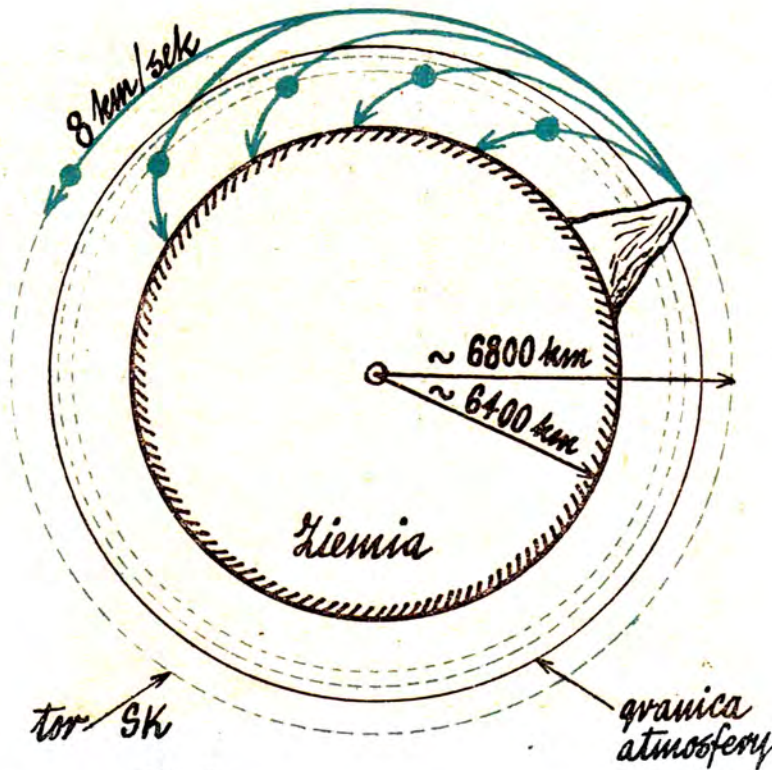
Dlaczego? Jaki związek ma szybkość 8 km/sek. z tym ruchem, który przecież jest imitacją ruchu księżycowego? Popatrzmy na rys. 2. Nasz sztuczny księżyc jest tam oznaczony literami SK, jego tor jest linią kołową. Ciało poruszające się po kole jest poddane działaniu siły odśrodkowej, której wielkość wynosi mv^2/R . Ale równocześnie Ziemia przyciąga je z siłą równą kMm/R^2 . Warunkiem jednostajnego ruchu po kole jest równość tych obu sił. Ze zrównania owych wartości wynika, iż szybkość v , z jaką SK porusza się po swym torze, wynosi:

$$v = k M/R$$

Co oznaczają te symbole? Literą m oznaczamy masę SK. W ostatecznym wzorze na v nie widzimy wartości tej masy. Znaczy to, że jakiegokolwiek ciała o dowolnej masie musi mieć taką samą szybkość v , jeżeli chce się wiecznie kręcić wokół Ziemi. Litera „M” oznacza masę Ziemi. Jej wartość wynosi okragło $6 \cdot 10^{27}$ gramów. Litera „R” — to promień koła, czyli odległość SK od środka Ziemi. Jego długość składa się z promienia Ziemi plus wysokość naszej szklanej góry, czyli około 6400 km plus 400 km, razem okragło 6800 km albo $6,8 \cdot 10^4$ cm. Symbol „k” — to stała grawitacji, czyli bardzo mała liczba $6,66 \cdot 10^{-8}$.

Gdy te wartości wstawimy do wzoru na szybkość i przeprowadzimy potrzebne mnożenia i dzielenia, otrzymamy liczbę

$$v = 7,8 \text{ km/sek.}$$



Rys. 1

Powiemy tak: Szybkość planetarna po obwodzie koła naszego SK w odległości około 400 km ponad poziomem morza musi wynosić około 8 km/sek., aby SK na tej wysokości kręcił się wokół Ziemi, a na nią nie spadł.

Przez powiększanie masy naboju działa podwyższaliśmy szybkość pocisku aż do tej granicy, że siła odśrodkowa stała się równą sile przyciągania, co jest warunkiem ruchów obiegowych planet, księżyców i innych ciał niebieskich.

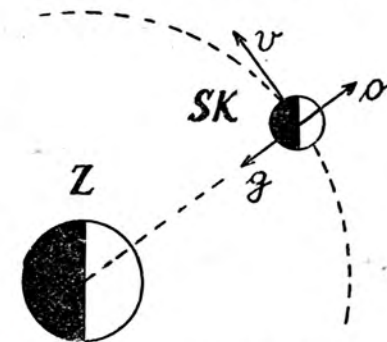
Stacja przestrzenna

Niestety nie ma ani tak wielkiego działa, ani też tak mocnego środka wybuchowego. Żeby wystrzelać można było nadać pociskowi szybkość 8 km/sek. No i nie ma także szklanej góry, która by sterzała ponad atmosferę. Toteż przez wystrzał nie potrafimy wyrzucić pocisku z tą olbrzymią szybkością początkową, gdyż skutkiem oporu powietrza szybkość bardzo prędko spadnie poniżej potrzebnej granicy, po czym spadnie też i pocisk (na Ziemię!).

Natomiast za pomocą pojazdów rakietowych, ewentualnie za pomocą rakiet kilkustopniowych, będzie można wyekspediować na potrzebną wysokość i z odpowiednią prędkością różne materiały budowlane, z których da się zbudować SK w postaci stosownej stalowej konstrukcji, zawierającej hale, warsztaty, magazyny, tanki z paliwem, garaże, mieszkania, obsługę techniczną itp.

Wygląda to na czystą fantazję, czyli dalszy ciąg naszej (naukowej!) bajki o szklanej górze. Ale każda niemal fantazja tego typu (patrz: Verne!) kiedyś się spełni.

Krótko przed śmiercią, dnia 1 maja 1935 r. Ciołkowski tak mówił do radzieckich młodych pionierów:



Rys. 2. v — szybkość planetarna, g — siła grawitacji (dośrodkowa), o — siła odśrodkowa, Z — Ziemia

„Jestem przekonany, że wielu z was będzie świadkami podróży poza atmosferę Ziemi“.

W ciszy pracowni naukowych, na próbnym lotniskach rakietowych, na wschodzie i zachodzie, wre wyteżona praca nad urzeczywistnieniem idei Ciołkowskiego i setek innych uczonych i techników. Świadczy o tym choćby literatura raketowa, której co roku przybywają setki nowych publikacji.

Ale wracajmy do naszej fantazji. Gdy tedy zbudujemy w przestworzach wspomnianą stację, oczywiście nie na raz, lecz według jakiegoś długofalowego planu, powstanie naprawdę SZTUCZNY KSIĘŻYC, dokąd będą mogły zajeżdżać i wyjeżdżać międzyplanetarne pojazdy rakietowe.

Będzie to stacja „przestrzenna“. Gdy mówimy o stacji na Ziemi, mamy na myśli budynek i urządzenia, nieruchome wobec pojazdów, które z niej korzystają. Stacja przestrzenna dla rakiet — to trochę dziwna stacja! Stacja, co pędzi przez przestrzeń z szybkością 8 razy większą od kuli karabinowej.

Nasze pojęcia i nazwy „ziemskie“, w stosunku do nowego typu lokacji — „przestrzennej“ — muszą ulec pewnej rewizji lub rozszerzeniu. Stacja przestrzenna będzie pędzić z odpowiednią szybkością, bo inaczej — albo spadnie na Ziemię, gdy szybkość jej będzie za mała — albo ucieknie między planety i gwiazdy, gdy szybkość jej przekroczy pewną miarę.

Krążąc po określonym torze, stacja przestrzenna ma charakter „stacji“ przez to, że nie może zmienić swego toru, na którym ją zawsze można znaleźć.

Mimo woli dotykamy tu pewnej bardzo istotnej sprawy związanej z istotą komunikacji międzyplanetarnej. Ruch rakiety będzie odbywać się między ruchomymi celami; nie tylko sztuczny, ale i prawdziwy Księżyc, oba wykonują ruchy. A Ziemia przecież też gna przez przestrzeń z szybkością 30 km/sek. Toteż pilotowanie rakiety, czyli „astronawigacja“, będzie musiało odbywać się w zgodzie z zasadami mechaniki niebieskiej.

Jak będziemy budować sztuczny księżyc?

Gdy mowa o stacji na Ziemi, sprawa jest jasna. Budowę zaczynamy od wykopów pod fundamenty, a potem zwolna wznosimy mury, kładziemy dach i wykończamy wnętrze.

— Jak tu zrobić fundament pod sztuczny księżyc — zapyta ciekawy czytelnik. „Wykop“ gotowy, idealna próżnia, bez pomocy kopaczek i wywożenia ziemi!

To budowanie budynku stacji w próżnej przestrzeni — ma w sobie niezawodnie coś niezwykłego, gdy rzecz oceniamy według doświadczeń ziemskich. Oczywiście, stacja taka będzie mieć tysiące ton masy (nie mówcie — „ciężaru“! — bo to będzie „artystyczny“ błąd — nasz SK nie ma żadnego ciężaru — tylko odpowiednią masę!).

Będzie potrzeba odbyć wiele tur z Ziemi na miejsce budowy (które ucieka z szybkością 8 km/sek.), aby dowieźć tam potrzebne materiały. Wyobraźmy sobie, że jedziemy w pierwszej rakiecie, która na grzbiecie ma przytroczoną konstrukcję metalową, powiedzmy, coś jak przeszło mostowe. Z wielu takich sztuk, które na miejscu (ciągle uciekającym) trzeba będzie spawać czy nitować, powstanie rodzaj platformy, na której będą wznosić się budynki stacji.

Gdy wzniesiemy się na wysokość 400 km ponad Ziemię i będziemy lecieć po linii kołowej równoległej do powierzchni Ziemi, znajdziemy się na miejscu „budowy“. Trzeba materiał „wyładować“. Zanim to uczynimy, kontrolujemy szybkościomierz, który podczas lotu bezsilnikowego winien nam pokazać około 7,8 km/sek. Teraz usuwamy więzy, którymi konstrukcja była przytroczona do korpusu rakiety, zapuszczamy silnik i uciekamy. Tak jest — uciekamy od owej ramy z szybkością większą niż 8 km/sek. Rama, mając szybkość mniejszą, „pozostanie“ na miejscu

...dowy, tzn. jako kawałek przyszłego SK będzie kręcić się po jego przyszłym torze.

A my z rakieta — w nogi! — wracamy na Ziemię po nowy ładunek. Ale gdy wyjechalibyśmy z Warszawy i chcemy do niej powrócić, musimy uważać, żeby nie wylądować przypadkiem we Władywostoku lub na biegunie, bo w czasie naszej tury, tam i z powrotem, pozycja naszego portu macierzystego grubo się zmieniła.

Gdy zaś szczęśliwie powrócimy i załadujemy nowy materiał, musimy teraz tak nawigować, żeby dolecieć do miejsca budowy, czyli do pierwszego kawałka, jaki poprzednio porzuciliśmy w przestrzeni. Doleciawszy doń, powtarzamy pierwotny manewr i znów wracamy po nowy transport. To samo czynią dziesiątki innych rakiet transportowych, porzucając przywieszony materiał, które grzecznie, w kupce, jedno obok drugiego pędzą po swym torze oczekując chwili, gdy wreszcie z rakiety wyrzucimy także personel budowlany, który zacznie wiązać części ze sobą.

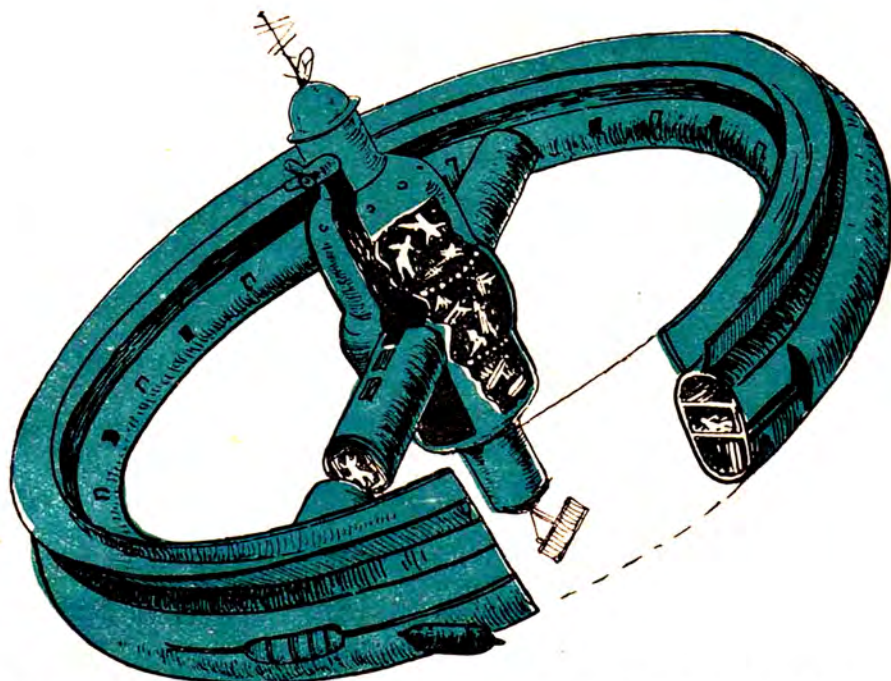
Pamiętajmy: ten personel, czyli ludzie, też nie mają tam ciężaru i, wyrzuceni z rakiety, nie spadną na Ziemię, lecz będą w próżni — obok, nad czy pod znajdującymi się tam materiałami — poruszają się z szybkością planetarną w stosunku do Ziemi, ale wobec materiałów — będą nieruchomi. Aby móc przesunąć się od konstrukcji do konstrukcji, robotnik, zaopatrzony w próżniowy skafander ochronny, musi posiadać rodzaj pistoletu odrzutowego, który będzie mu nadawał drobne szybkości „lokalne”. Dla pewności każdy będzie uczepiony za pomocą linki do obiektu, przy którym będzie pracować, żeby w razie wytworzenia się jakiejś bocznej szybkości np. przez gwałtowny ruch ciała podczas pracy, pracownik, ewentualnie bez pistoletu w zanadrzu, nie odleciał na zawsze, jako miniaturowy SK — w przestrzeń. Połowanie za taką zgubą — w razie nieobecności rakiety ratunkowej — może być bardzo trudne.

Nakreśliśmy tu krótki opis pewnych niezwykłych okoliczności, jakie niebawem będziemy przeżywać w przestrzeniach pozaziemskich. Te „fantazje” są oparte na prawach fizycznych. Spróbujcie dalej sami kombinować różne możliwości, jakie dyktować będą te prawa przyszłym zdobywcom przestrzeni.

Sztuczny księżyc rajem dla astronomów i fizyków

Oto dalsze osobliwości SK. Jesteśmy na nim w sferze niemal absolutnej próżni. Brak tu welonu, zwykle nie bardzo czystego, jaki obserwatora ziemskiego dzieli od gwiazd. Na SK nie ma dnia ani nocy. Niebo jest wiecznie czarne, bez względu na „porę” dnia na Ziemi. Astronom może obserwować gwiazdy przez 24 godziny na dobę.

Astrofizyk zobaczy nareszcie widma gwiazd i mgławic nieskażone przez absorpcję atmosfery.



Absolutna próżnia i temperatura bliska absolutnego zera — to znów „ananasy” dla fizyka.

Tak samo zupełny brak ciężaru! Każdy przedmiot na SK jest sam sztucznym księżycem i nie podlega grawitacji, której przeciwdziała siła odśrodkowa. Nic tam nie będziemy ważyć w stosunku do Ziemi, tak jak na Ziemi nic nie ważymy w stosunku do Słońca.

Przedmiot znajdujący się na zewnątrz (na pokładzie) SK będzie, co prawda, podlegał, jego grawitacji. Obliczmy na przykład, z jaką siłą SK o masie 100 ton będzie przyciągał człowieka w skafandrze o łącznej masie 100 kg, z odległości np. 10 m. Bierzymy do pomocy wzór

$$\text{Newtona } G = k \frac{M \cdot m}{R^2} \text{ i po wstawie-}$$

wieniu wartości (M — masa SK, m — masa człowieka, R — 10 m, k — stała grawitacji) otrzymamy ciężar (czyli siłę przyciągania przez SK), tj. wartość G w wysokości około 67 dyn, czyli około 0,07 Grama! Praktycznie — zero! (Uwaga — jeżeli pragniecie sprawdzić obliczenie, to wszystkie miary liczcie w układzie CGS, a wynik będzie w dynach, czyli w tysięcznych częściach Grama).

Natomiast przedmiot znajdujący się **wewnątrz**, powiedzmy: kuliste — SK, nawet w stosunku do niego nie będzie mieć żadnego ciężaru, gdyż **wewnątrz** masy działania grawitacyjne kasują się wzajemnie.

Czego chcą od SK — przesłali astronauty?

Dotąd patrzyliśmy na sztuczny księżyc oczyma ciekawego laika albośmy podnosili jego walory dla astronoma czy fizyka. Ale w gruncie rzeczy — SK będzie etapem w zdobywaniu przestrzeni i ma on przyszłym międzyplanetarnym podróżnikom pomóc w tym dziele.

Naturalnie — niezależnie od tego, czy SK spełni nadzieje astronautów,

tj. pomoże im w dalszych lotach, **fakt zbudowania, czyli stworzenia przez człowieka miniaturowego ciała niebieskiego będzie wyczynem, któremu w historii ludzkiej kultury nie jest w możności nic dorównać.**

Dla przyszłej astronawigacji SK, choćby nie w postaci kompletnej stacji przestrzennej, lecz tylko jako pojedynczy pojazd rakiety, który zdoła osiągnąć szybkość 8 km/sek., przedstawia pierwszy etap odrywania się od Ziemi.

Etap ten jest dlatego łatwiejszy do osiągnięcia niż kompletna ucieczka z Ziemi, iż potrzebna na ten cel energia jest o połowę mniejsza niż energia potrzebna do takiej ucieczki. Nie trudno to policzyć. Energię kinetyczną SK oblicza się według wzoru $E = \frac{1}{2}mv^2$. Gdy za m przyjmijemy 1 gram, za v zaś $7,8 \cdot 10^5$ cm/sek. (10^5 cm, czyli 100 000 cm odpowiada jednemu kilometrów), to otrzymamy po wykonaniu działań około $3,13 \cdot 10^{11}$ ergów, czyli około 7500 kalorii na gram masy rakiety. Wiemy zaś, że do oderwania się zupełnego trzeba 15 000 kal/g.

Zatem rakietą imitująca księżyc w pobliżu Ziemi potrzebuje tylko połowy paliwa, w stosunku do ilości paliwa potrzebnego do zupełnej ucieczki. Toteż za pomocą rakiet kilkustopniowych, pędzonych paliwem chemicznym, jest możliwą rzeczą zbudować SK i urządzić na nim stację „przesiadkową” do dalszych jazd, składy paliwa itd., jak to poprzednio wspomnieliśmy.

Aby przebić się przez atmosferę, rakietą winna mieć kształty opływowe, czyli profil cygara. Rakiety startujące w przestrzeń z SK będą niezawodnie mieć kształty kuliste, tak jak ciała niebieskie, gdyż będą poruszać się w próżni.

Do dalszego lotu nie będzie trzeba brać pełnej ilości paliwa, tak jak z Ziemi, bo **połowa** pracy jest już dokonana (7500 kal. na gram). Aby teraz szybkość 8 km/sek. powiększyć

do szybkości oderwania się, czyli do 11,2 km/sek., trzeba wykonać drugą połowę pracy $3,13 \cdot 10^{11}$ erg/g, czyli 7 500 kal/g.

Brzmi to troszkę dziwnie: — Jakżeż to, do zyskania szybkości 8 km/sek. — trzeba 7 500 kal/g, a na dalsze 3,2 km/sek. — też 7 500 kal/g? Nie będziecie dobrymi pilotami rakiety, jak już teraz nie postaracie się zrozumieć tej nie całkiem prostej sprawy. A więc — uwaga!

Gdy kuli chcemy nadać szybkość jednego metra, to w tym celu musimy dokonać pewnego wysiłku, czyli wykonać pracę równą kinetycznej energii kuli. Gdy jednak chcemy szybkość kuli podwoić, to nasza praca **dodatkowa** wyniesie 3 dalsze „dawki“, tak że i praca nasza, i energia kinetyczna kuli będą przy szybkości 2 m/sek. — 4 razy większe od poprzedniej. Albowiem gdy szybkość kuli rośnie 2, 3, 4... razy, jej energia wzrasta 4, 9, 16... razy. Wartość energii kinetycznej jest proporcjonalna do kwadratu szybkości.

Aby kula mogła uzyskać większą szybkość i większą energię, trzeba wykonać równowartą jej pracę, która, jak widzimy, rośnie nie „liniowo“, lecz w stosunku kwadratów liczb.

Gdy kula będzie już mieć szybkość 7,8 m/sek., a zechcemy ją podwyższyć do 11,2 m/sek., to praca potrzebna na ten cel będzie tak samo wielka, jak do uzyskania pierwszych 7,8 m/sek.

Czy to będzie szybkobiegacz, czy koń wyścigowy, samochód lub samolot albo rakietka, zawsze podwyższenie szybkości w stosunku 7,8 do 11,2 wymaga podwojenia wysiłku. Rachunkowym wyrazem tej proporcji są kwadraty obu liczb, które wynoszą w zaokrągleniu 62,5 i 125. Druga liczba jest dwa razy większa od pierwszej tak, jak odpowiadająca szybkości 11,2 m/sek. energia — jest dwa razy większa od energii przy szybkości 7,8 m/sek.

Rakietka zatem, która osiągnie szybkość około 7,8 km/sek., ma za sobą połowę pracy odrywania się od Ziemi. Gdy większej szybkości nie może wywiązać, może latać jako SK bez obawy spadku na Ziemię. Gdy zaś na stacji przestrzennej zaopatrzy się w drugą, równą spalonej, partię paliwa, może podwyższyć szybkość z 7,8 na 11,2 km/sek. i dolecieć np. do Księżyca prawdziwego (przez duże K!).

Według wszelkiego prawdopodobieństwa tylko napęd energią atomową pozwoli człowiekowi zrealizować możliwość komunikacji rakietowej w przestrzeniach międzyplanetarnych. O ile można dziś przewidywać, z energii tej będzie można korzystać systemem napędu „pośredniego“, czyli wytwarzać ciepło za pomocą stosu atomowego, a wyrzucać z rakiety jakieś „medium“, np. wodór lub parę wodną itp. I tu stacja przestrzenna odda właściwe usługi w uzupełnianiu zapasów masy wyrzutowej, czyli owego „medium“, którego wielkie ilości każdy pojazd rakietowy będzie musiał posiadać w swych tankach.

Eustachy Białoborski



Ciolkowski Konstanty — (1857 — 1935) radziecki pionier rakiety jako jedyne go środka komunikacji w próżni, który pozwoli w przyszłości na podróże do planet i gwiazd. W 1891 r. buduje w Rosji pierwszy tunel aerodynamiczny do badania działania powietrza na samoloty. Przewiduje rozwój lekkiego silnika benzynowego do napędu samolotów, projektuje dla nich kształty opływowe, oblicza balon metalowy sterowany, a wreszcie w r. 1898 kończy pierwszy na świecie traktat o teorii ruchu raketowego.

