

Konferencja «Dziedzictwo Arego Sternfelda»
Sieradz, 23 września 2010 r

**“Naukowa spuścizna Arego Szternfelda i jej
związek ze współczesną kosmonautyką”**

Wiaczesław W. Iwaszkin
*Moskwa, Instytut Matematyki Stosowanej
im. M.W. Kiełdysza Rosyjskiej Akademii Nauk*

KBKiS PAN, CBK PAN, Kuratorium Oświaty w Łodzi,
Starostwo Powiatowe, Muzeum Okręgowe w Sieradzu

Plan wykładu

1. Wstęp	3
2. A.A. Szternfeld i jego wkład do kosmonautyki	5
a – Pierwsze etapy życia	5
b – Popularyzacja idei kosmonautyki	6
c – Wkład naukowy do kosmonautyki	7
d – Wyjazd do ZSSR – praca w Nauk.-Badawczym Napędów Odrzutowych	10
e – «Wprowadzenie do kosmonautyki»	11
f – Spełnione marzenia – start w ZSRR pierwszego sztucznego satelity	12
g – Zagadnienie transferu pomiędzy orbitami i inne zadania	13
h – Końcowe etapy drogi życiowej	14
3. Związek osiągnięć Arego Szternfelda ze współczesną kosmonautyką	15
a – Teoria manewrów w kosmosie	15
b – Trajektorie transferu pomiędzy Ziemią a orbitą geostacjonarną	18
c – Trajektorie transferu pomiędzy Ziemią a Księżycem	20
d – Projekt Ulysses przelotu do Słońca poza płaszczyznę ekliptyki	24
4. Podsumowanie	25
5. Literatura	26

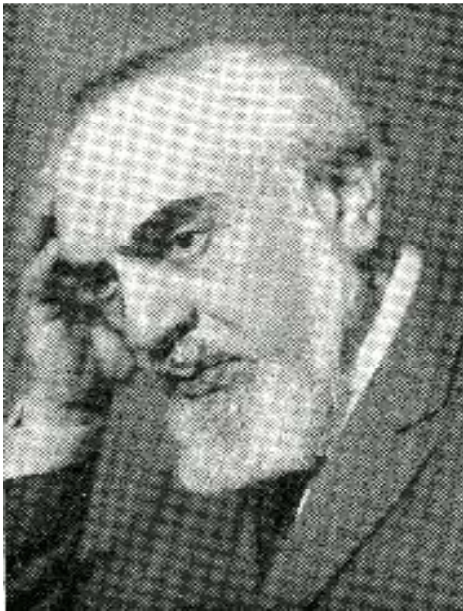
1. Wstęp

Naukowa spuścizna Arego Szternfelda i jej związek ze współczesną kosmonautyką

Wykład daje krótki zarys drogi życiowej i spuścizny twórczej jednego z pionierów kosmonautyki A.A. Szternfelda (1905-1980). Analizowany jest wkład A.A. Szternfelda do kosmonautyki teoretycznej i praktycznej, w szczególności, jego działalność naukowo-popularyzatorska. Przedstawione są odkryte przez niego transferowe trajektorie lotu statków kosmicznych i jego klasyczna monografia „Wprowadzenie do kosmonautyki”. Pokazano związki osiągnięć A. A. Szternfelda ze współczesną teorią manewrów kosmicznych i niektórymi współczesnymi projektami kosmicznymi.

Creative Heritage of Ary Sternfeld and Its Connection with Modern Cosmonautics

A brief review of the life and creative heritage of A.A. Sternfeld (1905-1980), one of the Cosmonautics pioneers, is presented. There is analyzed the A.A. Sternfeld's contribution to theoretical and practical Cosmonautics. In particular, his activity in scientific popularization of the Cosmonautics ideas, and new “detour” space trajectories discovered by A.A. Sternfeld, as well as his classic monograph “Introduction to Cosmonautics” are considered. Connections of A.A. Sternfeld's results with modern theory of space maneuvers as well as with some modern space projects are examined.



A.A. Szternfeld (1905-1980)

1. Wstęp

Rozkwit twórczej aktywności A.A. Szternfelda przypada na 20-50. lata dwudziestego wieku, na okres wielkiego wzrostu zainteresowań naukowców i inżynierów problemami lotów kosmicznych i początek ery nowej gałęzi nauki - kosmonautyki teoretycznej i inżynierskiej.

W tych czasach marzenia ludzkości o locie w kosmos stały się bardziej realne dzięki powstaniu solidnej podstawy badań naukowych i inżynierskich zainicjowanych przez pionierskie prace takich uczonych jak K. E. Ciołkowski, R. Esnault-Pelterie, R. Goddard, H. Oberth, W. Hohmann, Yu. W. Kondratiuk, F. A. Φ. A. Tsander, S. P. Korolev, W. P. Głuszko, M. K. Tichonrawow i inni, pionierów nauki i techniki rakietowo-kosmicznej.

Wielki wkład w powstanie i rozwój kosmonautyki wniósł A. A. Szternfeld, człowiek, który całe swoje życie twórcze poświęcił problemom opanowania przestrzeni kosmicznej . Wiele jego prac i idei oparło się najtrudniejszej próbie - próbie czasu, i nie straciło znaczenia do tej pory.

2. A.A. Szternfeld i jego wkład do kosmonautyki - a

5

Pierwsze etapy drogi życiowej

1905-1915 – Sieradz;

1915-1923 – Łódź, gimnazjum;

1923-1924 – Kraków, pierwszy rok na Uniwersytecie Jagiellońskim;

1924-1927 – Nancy, Francja, Instytut Elektrotechniki i Mechaniki Stosowanej
Uniwersytetu w Nancy

1927-1932 – inżynier mechanik, Francja, Polska;

1928-1930 – praca nad doktoratem na Sorbonie z zagadnień kosmonautyki, Francja



Dom w Sieradzu, gdzie urodził się w 1905 r.



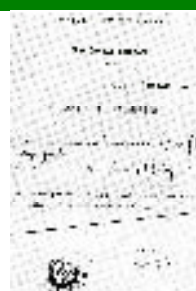
Gimnazjum w Łodzi, gdzie uczył się do 1923 r. [1]



Szternfeld – na Uniw. w Krakowie, 1923 r. [2]



Godło Uniwersytetu w Nancy, 1924-1927, [2]



Certyfikat Uniwersytetu w Paryżu, 1929-1930, [1]



Biblioteka w Paryżu, gdzie studiował problemy kosmonautyki

2. A.A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - b

Naukowa popularyzacja Kosmonautyki

1929-1931 – wykłady z kosmonautyki na wieczorowym uniwersytecie ludowym (Francja);

1930 – rozpoczęcie korespondencji z K.E. Ciołkowskim



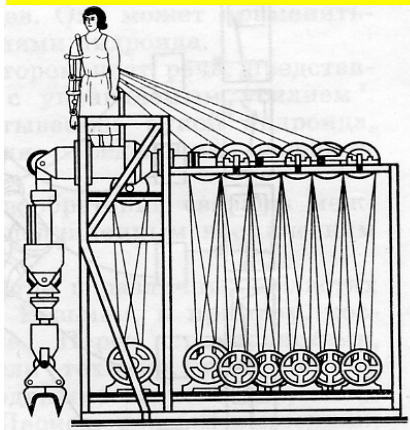
Rys. 8. Fragment artykułu A. Szternfelda w «L'Humanité», 1930 r.

W 1930 r. w paryskiej gazecie «L'Humanité» Ary Szternfeld opublikował popularno-naukowy artykuł o kosmonautyce. Pisał tam o pionierskich pracach K.E. Ciołkowskiego na temat raketowych lotów na inne planety i i proroczo przewidywał, że «społeczeństwo socjalistyczne otworzy drogę do opanowania przestrzeni kosmicznej».

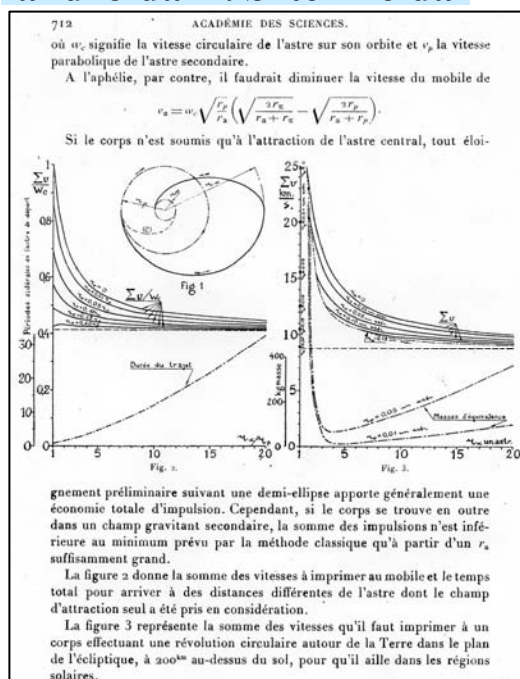
Od tamtej pory *naukową popularyzację idei kosmonautyki* Ary Szternfeld kontynuował wspaniale przez całe swoje życie i stanowi to niewątpliwie jego olbrzymi wkład do światowej kosmonautyki.

2. ARY SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - c

7



Rys. 9. Schemat robota-androida A. Szternfelda



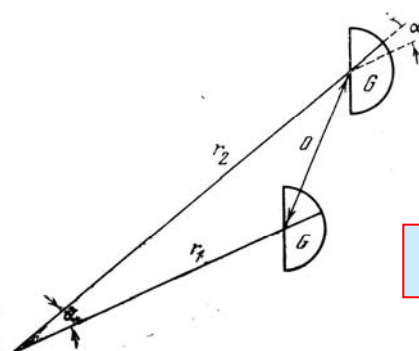
Rys. 11. Strona drugiej pracy A. Szternfelda

Wkład naukowy do Kosmonautyki

1927-1933 – wynalazki techniczne; badania naukowe
1932 – wyjazd do ZSRR z projektem robota-androida
1932-1933 – praca nad książką «Wprowadzenie do Kosmonautyki», Łódź
1933, 6 grudnia - wykład w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Warszawskiego

Nowe Idee Naukowe

1) 1934, 22 stycznia – prezentacja (*Jean B. Perrin*) pierwszej pracy A. Szternfelda «Metoda wyznaczenia trajektorii ciała...»



Rys. 10. Schemat nawigacji kosmiczej

2) 1934, 12 luty - prezentacja (*Ernest Esclancon*) drugiej pracy A. Szternfelda «O trajektoriach pozwalających na zbliżenie, do ciała centralnego...»

Wkrótce obie prace zostały opublikowane przez Akademię Nauk Francji

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - c

8

Naukowy wkład do Kosmonautyki

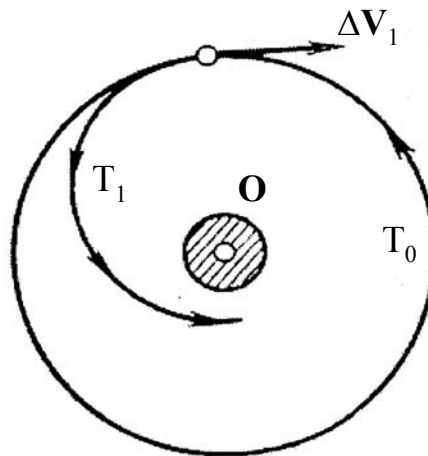
Zadanie zbliżenia do ciała centralnego



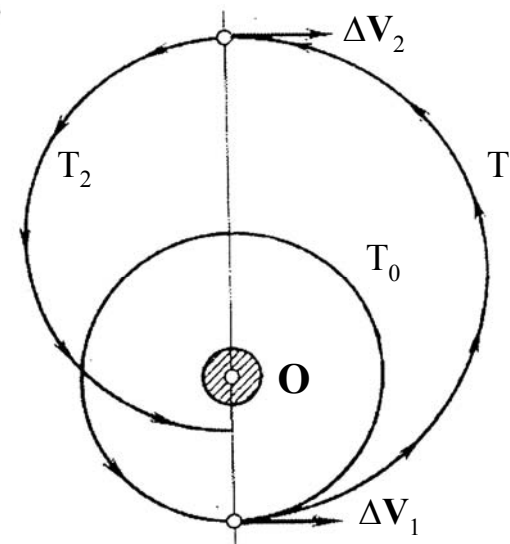
W. Hohmann
(1880-1943)



F. Zander
(1887-1933)



Rys. 14. Trajektoria
Hohmanna-Zandera
zbliżenia do ciała
centralnego



Rys. 15. Trajektoria
Szternfelda zbliżenia do ciała
centralnego

Tutaj Ary Szternfeld po raz pierwszy pokazał, że w pewnych warunkach podejście statku kosmicznego do ciała niebieskiego wygodniej zrealizować nie po łuku półelipsy Hohmanna-Zandera ale wzdłuż *trajektorii bi-eliptycznej* z początkowym oddaleniem od centrum przyciągania.

Wynik ten stał się głównym naukowym osiągnięciem Arego Szternfelda, które stanowi niewątpliwy i ważny jego wkład do rozwoju światowej kosmonautyki.

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - c

Wkład naukowy do rozwoju Kosmonautyki

1934, 2 maja – wykład „*Pewne nowe poglądy w kosmonautyce*” na podstawie książki „*Wprowadzenie do kosmonautyki*”, Sorbona, Paryż;

1934, 6 czerwca – rękopis książki „*Wprowadzenie do kosmonautyki*” zgłoszony do Międzynarodowej Nagrody Zachęty z astronautyki przyznawanej przez Francuskie Towarzystwo Astronomiczne



A. Szternfeld i jego żona Gustawa,
w Paryżu, 1934 r. [3]

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - d

10

Wyjazd do ZSSR – Praca w RNII (Naukowo Badawczy Instytut Napędu Odrzutowego)

1935 – przyjazd do ZSSR

1935-1937 – pracownik RNII, starszy inż. oddziału S. P. Koroleva, udział w pracach nad raketami, dalsza praca nad książką;

1937 – publikacja książki „Wprowadzenie do kosmonautyki”;

1938-1946 – prawa autorskie na wynalazki;



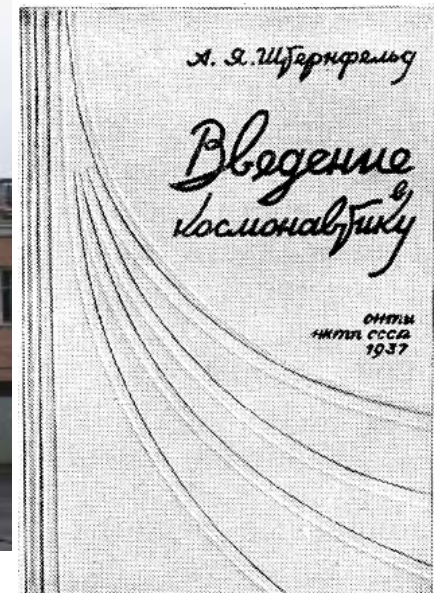
Pracownicy RNII z
rakieta GIRD-X,
25.11.1933 r.



S.P. Korolev,
1933 r.



Budynek w Moskwie (obecnie Centrum
Kieldysza), gdzie w l. 1930. mieścił się RNII.



Okładka książki
„Wprowadzenie do
kosmonautyki”, 1937 r.

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - e

«Wprowadzenie do Kosmonautyki»



Okladka 2-go wydania
«Wprowadzenia do
Kosmonautyki», 1974 r.

Spis treści:

Część 1. Wstępne informacje

- znaczenie kosmonautyki;
- Układ Słoneczny;
- Atmosfera Ziemi;
- Zjawiska fizjologiczne w sondzie kosmicznej;
- Niewykonalne projekty kosmicznych przedsięwzięć;

Część 2. Rakiety

- Historia rakiety;
- Ogólna teoria rakiety;
- Procesy fizyko-chemiczne;
- Zastosowanie rakiet;
- Rakieta kosmiczna;

Część 3. Trajektorie statku kosmicznego

- Lot kosmiczny;
- Wystrzelenie i sprowadzenie na ziemię statku kosm.;
- Pierwsze kroki latania rakietami;
- Sygnalizacja międzyplanetarna;
- Teoria względności i jej stosowanie w kosmonautyce

Dodatek: O możliwości życia na planetach;

Podróże międzyplanetarne w ludowych legendach i opowieściach.

Książka „Wprowadzenie do kosmonautyki” odegrała dużą rolę w upowszechnieniu wiedzy o lotach w przestrzeni kosmicznej i dlatego stanowiła ważny wkład Arego Szternfelda do kosmonautyki

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - f

12



Okladka książki „Sztuczne satelity Ziemi”, 1956

Spełnione marzenia – wystrzelenie w ZSSR pierwszego sputnika

Wielka Wojna Ojczyźniana
1941-1944 – Sierow, technikum

1945 – publikacja w Raportach Akademii
Nauk ZSSR artykułu o przecięciu
atmosfery torem rakiety;
1949 – «Lot do przestrzeni świata»;
1955 – «Loty międzyplanetarne»;
1956 – «Sztuczne satelity Ziemi»



Yu.A. Gagarin
i S.P. Korolev, 1961 r.

1957 – wystrzelenie w ZSSR pierwszego
sztucznego satelity Ziemi



Sputnik-1, 1957 [4]

1957 – „Od sztucznego satelity do lotów
międzyplanetarnych”;
1958 – „Sztuczne satelity Ziemi”, II wyd.;
1974 – „Wprowadzenie do kosmonautyki”,
II wydanie
1991 – Paradoksy w kosmonautyce”;
2005 – „...uważano mnie za nieuleczalnego fantastę..”

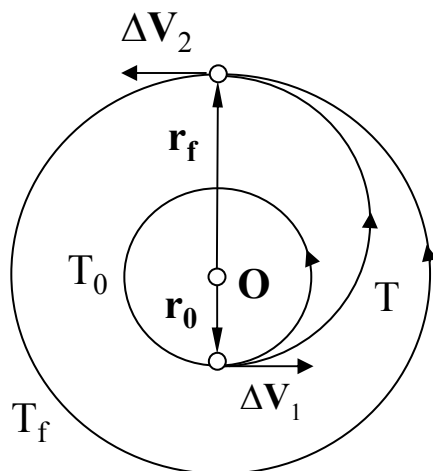


Okladka książki „...mnie
uważano za nieuleczalnego
fantastę...”, 2005

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - g

13

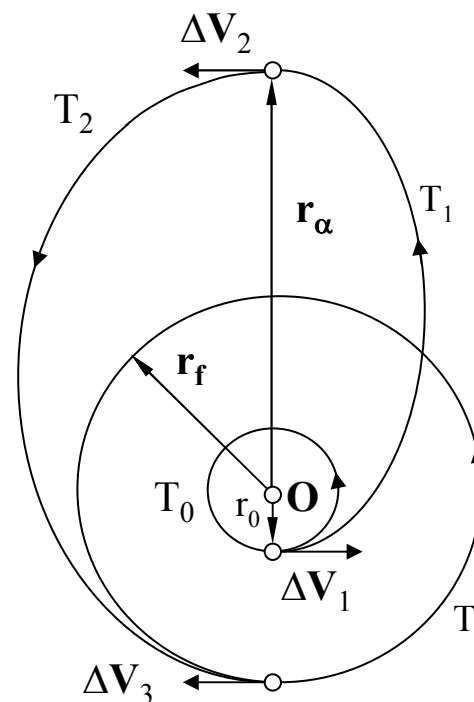
Zagadnienie transferu pomiędzy orbitami i inne zadania



Dwu-impulsowe rozwiązanie Hohmanna-Zandera dla przejścia pomiędzy orbitami kołowymi.



Dom w Moskwie, gdzie mieszkał („Stawy Patriarsze”); Maja Szternfeld i V.V. Ivashkin



Trój-impulsowe bi-eliptyczne przejście Szternfelda

- Lot ku Słońcu
- Loty międzyplanetarne
- Trajektorie rakiet pasażerskich na Ziemi
- Itd.

2. A. SZTERNFELD I JEGO WKŁAD DO KOSMONAUTYKI - h

14

Końcowe stronice drogi życiowej



A. Szternfeld z kosmonautami A. Nikolajewem i P. Popowiczem, 1962r.

- ~ 100 publikacji w wielu krajach, w wielu językach
- wybrany honorowym obywatelem rodzinnego Sieradza
- Uhonorowany nadaniem stopnia Doktora nauk technicznych *honoris causa*, ZSSR
- Uhonorowany tytułem Zasłużony pracownik nauki i techniki RSFRR, ZSSR
- Tablica pamiątkowa na domu w Moskwie, gdzie mieszkał
- Uhonorowany stopniem Doktora nauk *honoris causa* Uniwersytetu Nancy i Narodowego Instytutu Politechnicznego Lotaryngii
- Uhonorowany międzynarodową nagrodą Galaberta z astronautyki, 1963; itd.



Pamiątkowa tablica na domu w Moskwie, gdzie mieszkał A. Szternfeld



Nowodzievičy Monastyr, gdzie został pochowany w 1980 r.



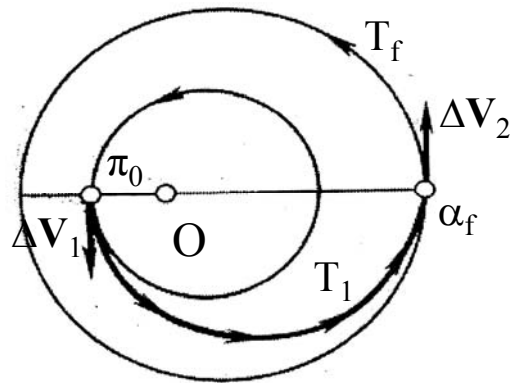
Pomnik na grobie Ary Szternfelda

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

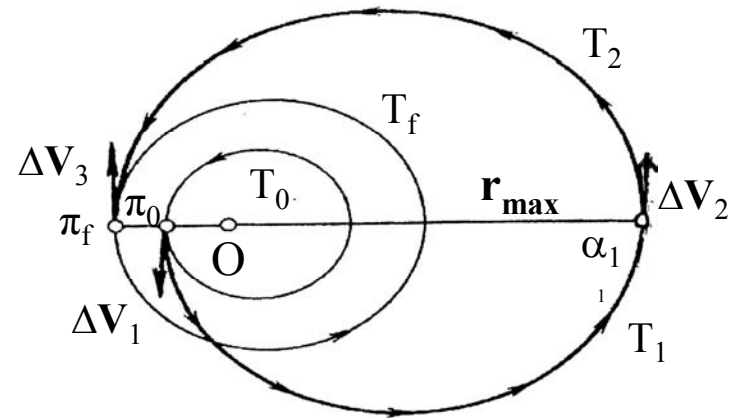
15

A) TEORIA MANEWRÓW KOSMICZNYCH

Uogólnienie na przypadek eliptycznych orbit współosiowych



Dwu-impulsowe przejście
między orbitami
eliptycznymi.

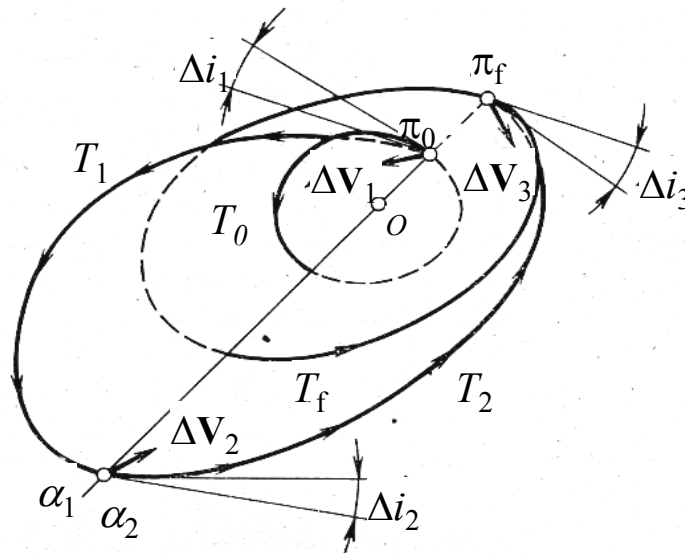


Trój-impulsowe przejście
między orbitami
eliptycznymi.

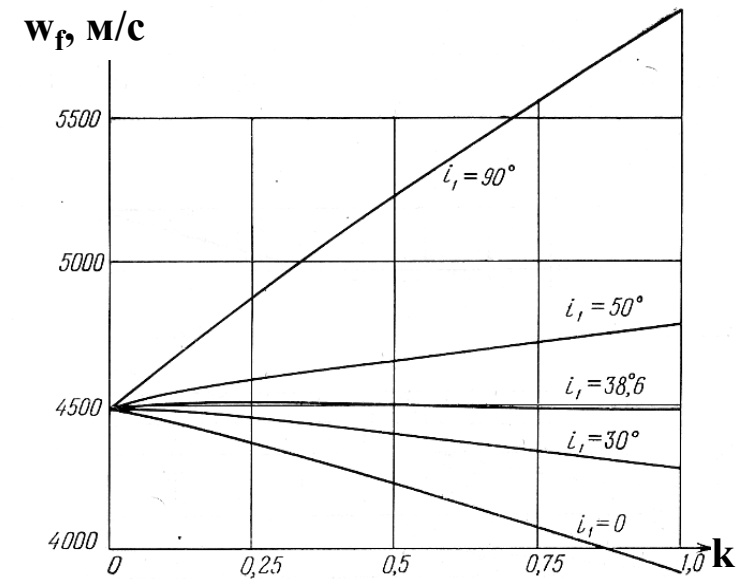
3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

A) TEORIA MANEWRÓW KOSMICZNYCH

Uogólnienie na przypadek przejść trójwymiarowych



Przestrzenny trój-impulsowy
transfer między orbitami
eliptycznymi [5].

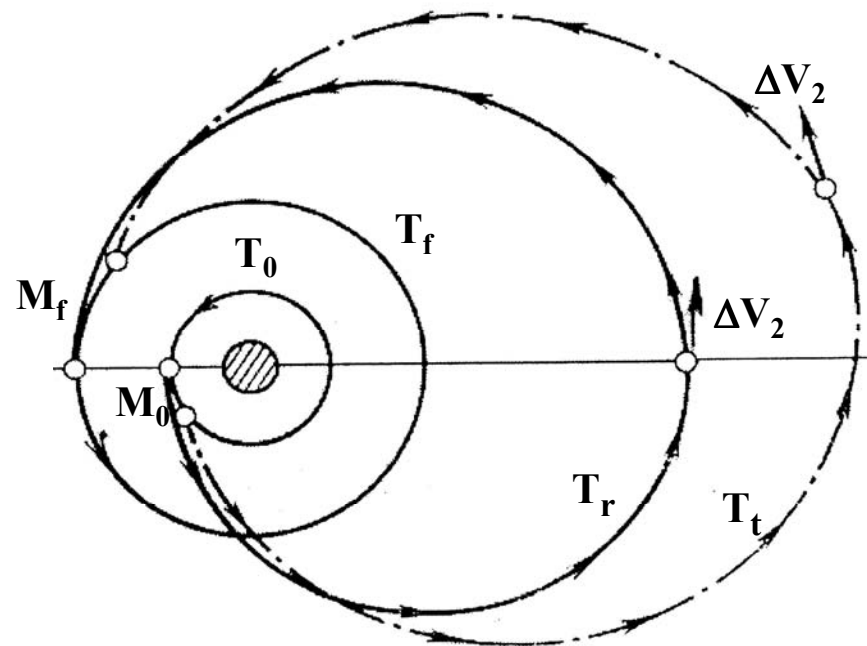


Prędkość charakterystyczna trój-
impulsowego przejścia na orbitę
geostacjonarną[5]

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

A) TEORIA MANEWRÓW KOSMICZNYCH

Uogólnienie na przypadek ograniczonego czasu przelotu



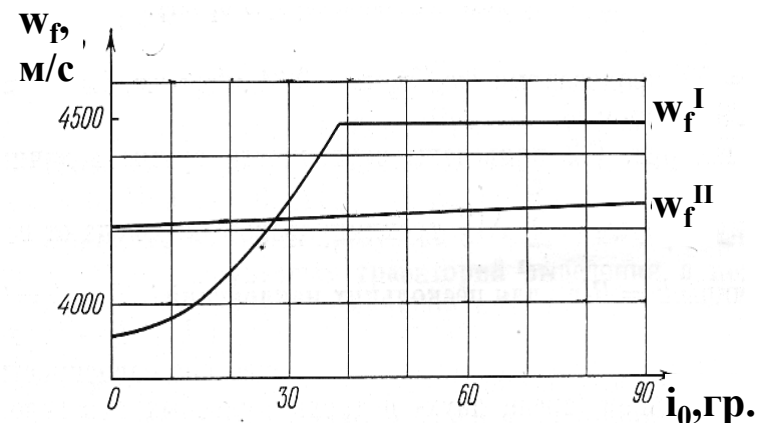
Trajektorie T_r i T_t , optymalne przy ograniczeniach na długość drogi i czas przelotu [6].

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

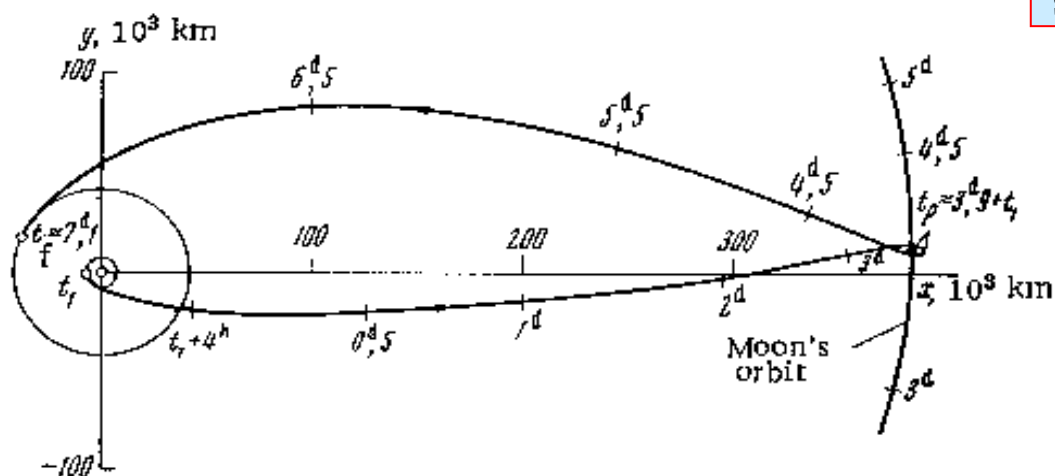
18

B. PRZELOTY STATKU (SK) MIĘDZY ZIEMIĄ I ORBITĄ GEOSTACJONARNĄ (OGS)

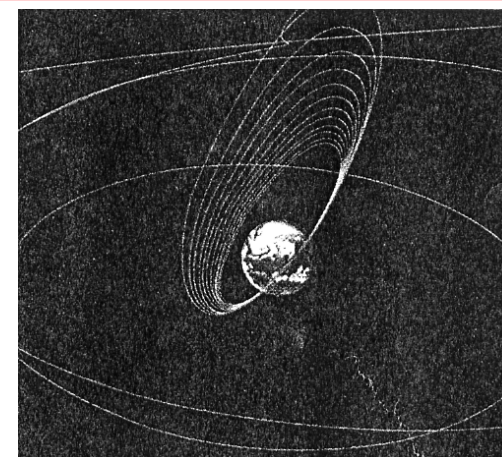
Wyprowadzenie SK z Ziemi na OGS



Prędkość charakterystyczna dla dwu sposobów wprowadzenia SK na OGS [5].



Transferowy przelot SK na orbitę geostacjonarną z manewrem grawitacyjnym przy Księżycu [5, 1970]



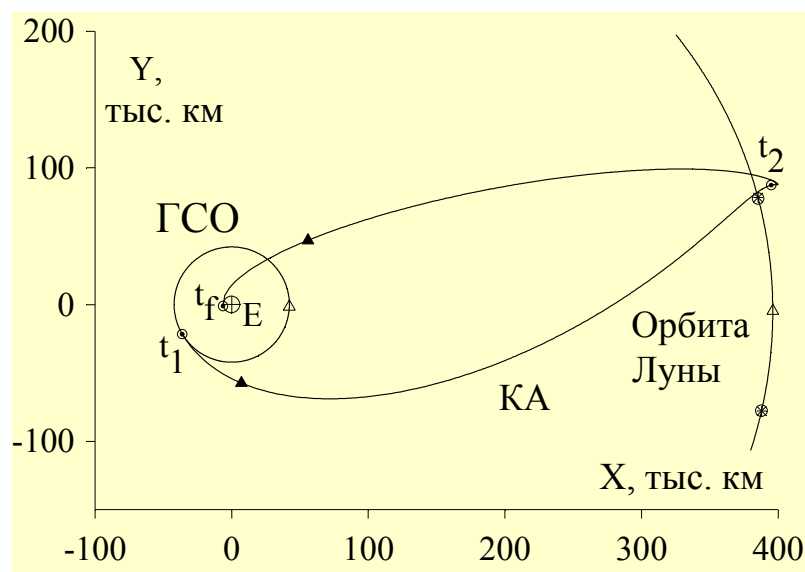
Wprowadzenie SK „ASIA SAT 3/HGS-1” na OGS [7, 1998].

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

19

B. PRZELOTY STATKU (SK) MIĘDZY ZIEMIĄ I ORBITĄ GEOSTACJONARNĄ (OGS)

Powrót SK z orbity geostacjonarnej na Ziemię



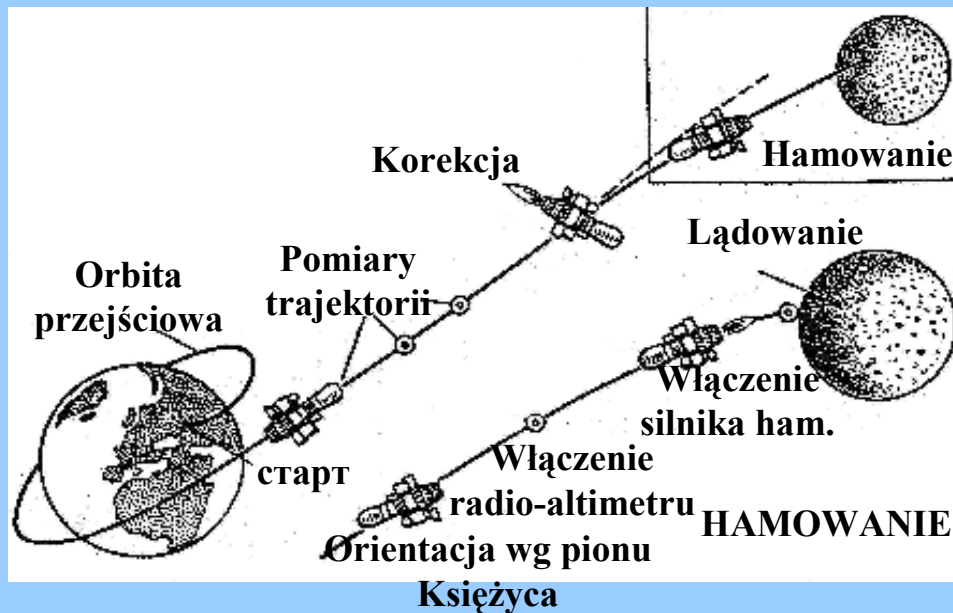
**Transferowa trajektoria zejścia SK z OGS na Ziemię
z wykorzystaniem pola grawitacyjnego Księżyca [8]**

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

20

C. Loty między Ziemią a Księżycem

Dla przelotów między Ziemią a Księżycem zwykle wykorzystuje się trajektorie bezpośrednie. Tutaj jako przykład pokazana jest trajektoria lotu radzieckiego SK Luna-9 (1966), który po raz pierwszy wykonał miękkie lądowanie na powierzchni Księżyca; obok zdjęcia powierzchni Księżyca z SK Luna-9.



Trajektoria lotu SK Luna-9



Powierzchnia Księżyca w pobliżu
SK Luna-9, 1966

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

21

C. Loty między Ziemią a Księżycem

Zwykle trajektorie bezpośredniego przelotu między Ziemią a Księżycem wymagają dużej ilości paliwa dla wyhamowania i przyspieszenia SK w pobliżu powierzchni Księżyca, ponieważ w tym przypadku SK ma w pobliżu Księżyca selenocentryczną orbitę hiperboliczną.

Dlatego ważne jest poszukiwanie nowych mało-energetycznych lotów księżycowych, wg innych schematów przelotu. Jedną z takich dróg jest wykorzystanie tzw. przejść pośrednich (transferowych)



A. Szternfeld w swoim gabinecie w Moskwie, 1959

[9]

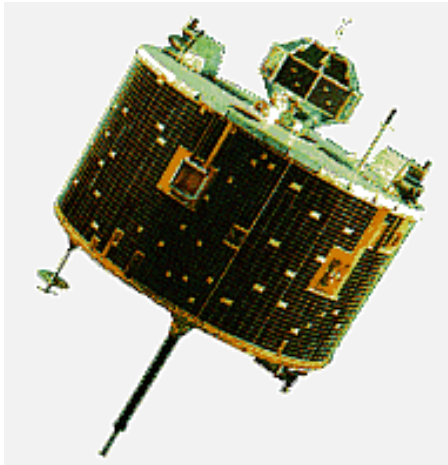
Przeloty bezpośrednie mają charakter uogólnionego dwu-impulsowego transferu Hohmanna–Zandera.

W swoich książkach “*Sztuczne satelity Ziemi*” (1956) и “*Sztuczne satelity*” (1958), A. Szternfeld proroczo zauważył dobre perspektywy wykorzystania w locie na Księżyc trajektorii transferowej bi-eliptycznej. Rzeczywiście, analiza wykazuje, że jeśli maksymalna odległość trajektorii transferowej jest dostatecznie duża (kilka mln km), to taki lot transferowy do Księżyca pod względem energetycznym jest oszczędniejszy niż lot bezpośredni.

W tym przypadku jednakowoż trzeba uwzględnić przyciąganie grawitacyjne Słońca.

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

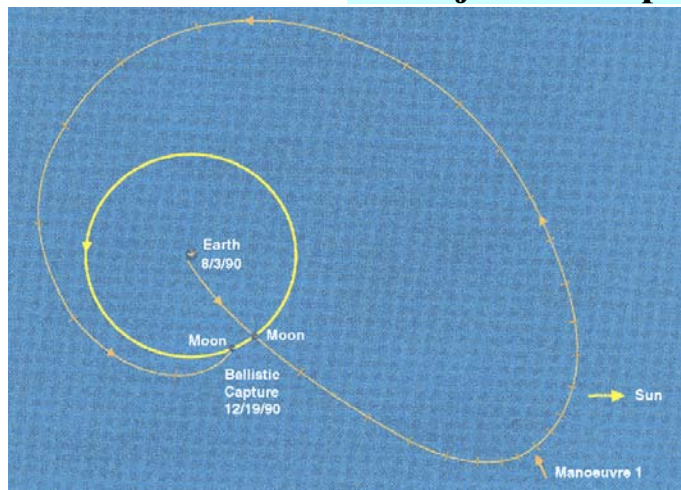
C. Loty między Ziemią a Księżycem



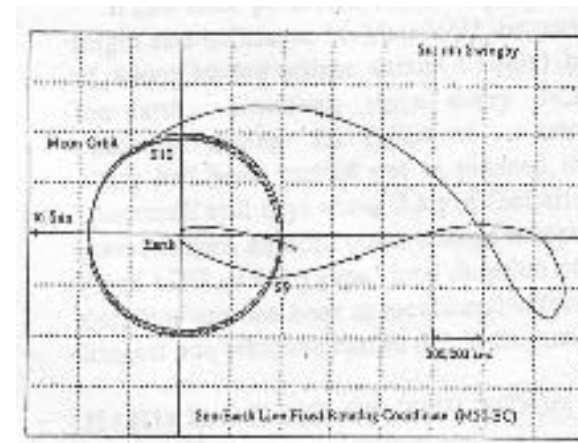
SK *Hiten* [10]

Analiza takiej transferowej drogi przelotu w ramach problemu czterech ciał (Ziemia-Księżyc-Słońce-SK) doprowadza do opracowania nowych „transferowych” trajektorii lotu z Ziemi na Księżyc z wychwyceniem przez Księżyc [Belbruno and Miller; Yamakawa et al.; Biesroek and Janin; Bello Mora et al.; Koon et al.; Ivashkin et al.], patrz rysunki dla SK Hiten, Japonia, 1990-1993.

Trajektorie zewnętrzne pod względem geometrycznym są podobne do trajektorii bi-eliptycznych Szternfelda. Pod względem dynamiki są jednak inne: podniesienie perigeum realizuje się nie poprzez impuls prędkości, tylko pasywnie z wykorzystaniem przyciągania przez Słońce – zbliżenie do Księżyca zachodzi wzdłuż orbity eliptycznej, następuje przechwycenie przez Księżyc. To doprowadza do znacznego zmniejszenia impulsu hamującego przy powierzchni Księżyca.



Projekt lotu transferowego SK *Hiten* [11]



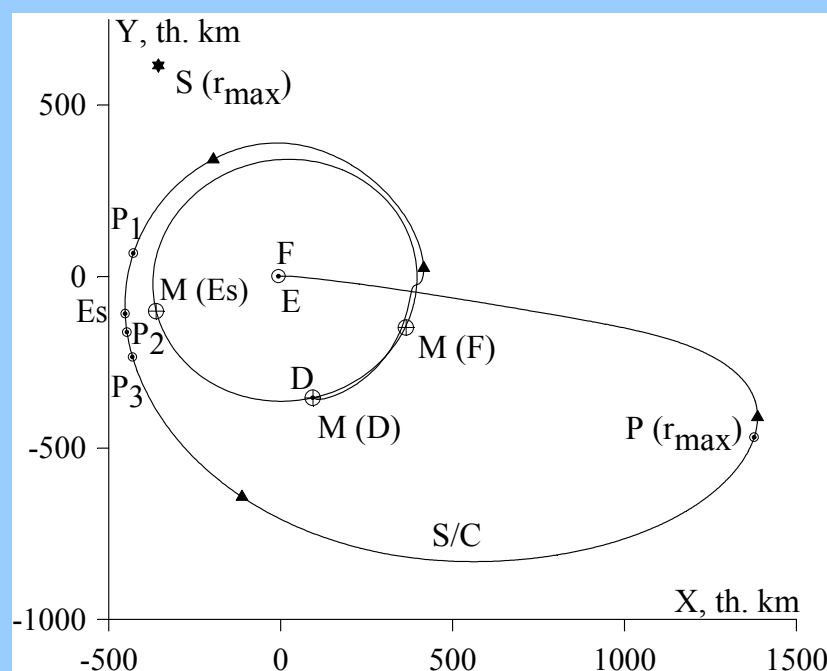
Lot SK *Hiten* na orbitę Księżyca [12]

3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

23

C. Loty między Ziemią a Księżycem

Schemat przelotu transferowego może być wykorzystany w przelocie od Księżyca do Ziemi, z pasywnym uwolnieniem od przyciągania SK przez Księżyc [13; 14].



Geocentryczna transferowa trajektoria Księżyc - Ziemia: D - wylot z Księżyca, Es - uwolnienie $V_{\infty}=0$, F-punkt końcowy na Ziemi ($H_{\pi}=50$ km, $\Delta t \approx 113$ dob), M - Księżyc E - Ziemia.

W transferowych przelotach Księżyc-Ziemia, wykorzystuje się początkowo ucieczkę od Ziemi poza orbitę Księżyca i sferę przyciągania Ziemi, i dopiero wtedy powrót ku Ziemi. Także takie przeloty są pod względem dynamicznym inne od bi-eliptycznych orbit transferowych Szternfelda:

- *Wylot z orbity Księżyca zachodzi wzdłuż orbity eliptycznej z pasywnym uwolnieniem od przyciągania przez Księżyc dzięki Ziemi;*
- *Obniżenie perigeum odbywa się pasywnie dzięki grawitacji Słońca;*
- *zmniejszają się ilości paliwa na rozpędzenie SK.*

W ten sposób współczesna analiza pokazała, że w zagadnieniu czterech ciał istnieją uogólnione trajektorie transferowe z pasywnym grawitacyjnym pochyceniem lub uwolnieniem. Są one bardziej ekonomiczne pod względem energetycznym niż zwykle trajektorie bezpośrednie, wymagają mniejszego zużycia paliwa.

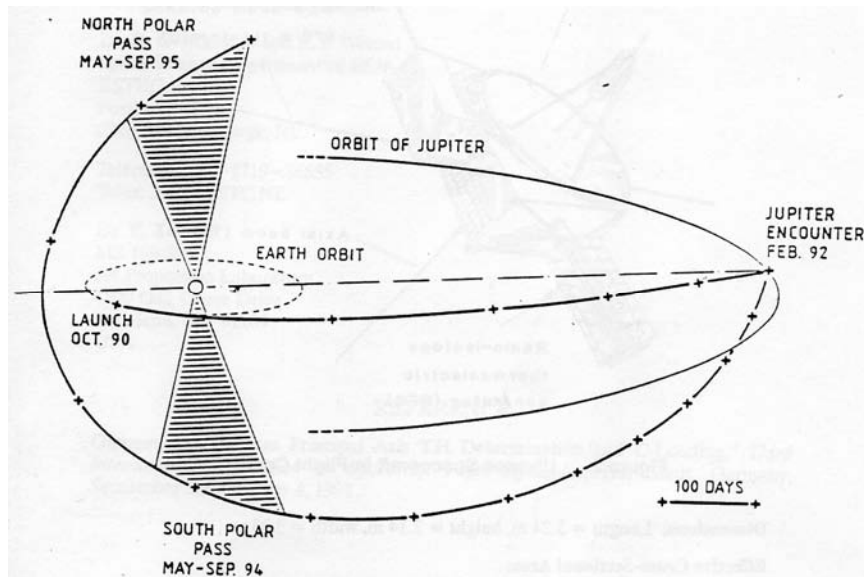
3. ZWIĄZEK SPUŚCIZNY A. SZTERNFELDA ZE WSPÓŁCZESNĄ KOSMONAUTYKĄ

24

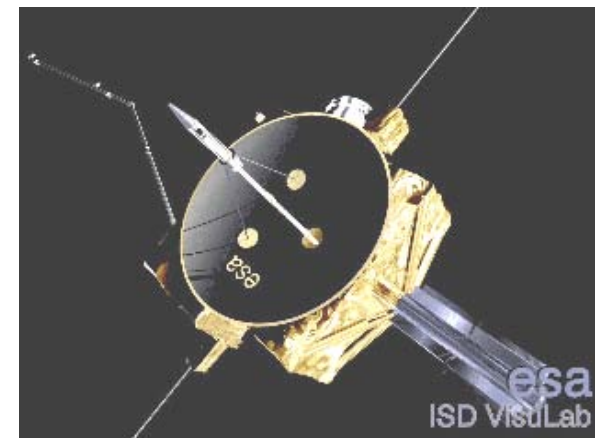
D) Projekt Ulysses lotu wokół Słońca poza płaszczyznę ekliptyki

Zadaniem międzynarodowej (NASA, ESA) misji Ulysses (1990-2009) było zbadanie obszarów polarnych Słońca z orbity o dużym odchyleniu od płaszczyzny ekliptyki.

Dla uzyskania silnego odchylenia orbity i wyjścia SK z płaszczyzny ekliptyki, wykorzystano następujące manewry: początkowo – przelot do Jowisza, potem – manewr grawitacyjny z wykorzystaniem przyciągania jowiszowego. W ten sposób zmieniono nachylenie orbity i odległość perigeum. Takie przejście można uważać za uogólniony przelot transferowy. W wyniku tego manewru uzyskano nachylenie orbity do ekliptyki $\sim 80^\circ$, odległość perihelium ~ 1.35 jednostko astronomicznej (AU), aphelium ~ 5.4 AU, okres ~ 6.2 lat.



Trajektoria lotu sondy
kosmicznej Ulysses [15].



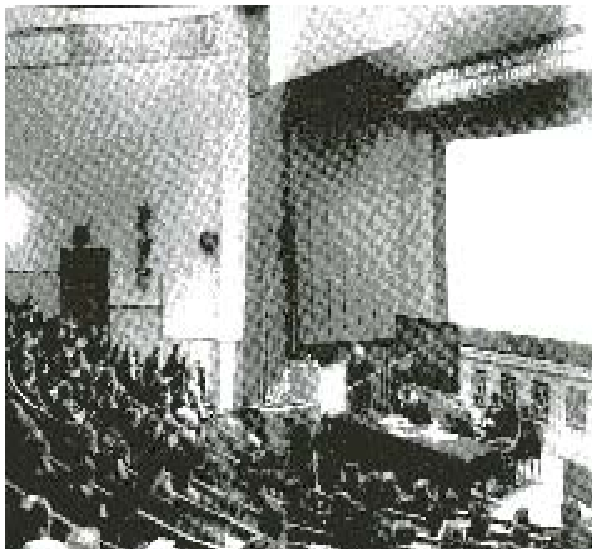
Sonda Ulysses [16]

Dokonana tutaj analiza dorobku naukowego A. Szternfelda pozwala stwierdzić, że, po pierwsze, swoją działalnością naukową i popularyzatorską Ary Szternfeld wniósł znaczny wkład w powstanie kosmonautyki i, po drugie, jego koncepcje transferowych (pośrednich, przejściowych), bi-eliptycznych przelotów pomiędzy ciałami niebieskimi organicznie stały się częścią zarówno teorii jak i inżynierii współczesnej kosmonautyki.

Praca wykonana dzięki wsparciu Rosyjskiej Fundacji Badań Podstawowych (Grant N 09-01-00710) i Grantowi III-6700.2010.1 wsparcia szkół naukowych.

Pomoc Autorowi okazali poprzez wspomnienia, fotografie, materiały: M. Belló-Mora, T.M. Энеев, A.B. Носкова, A.C. Носков, A.K. Платонов, В.И. Прищеп, M.A. Szternfeld, A.F. Zander.

Za tę pomoc Autor wyraża im szczerze podziękowania.



A. Szternfeld wykładający w Muzeum Politechnicznym w Moskwie, 1954 [9]



A. Szternfeld na spotkaniu z obywatelami Sieradza, 1964 [9]



A. Szternfeld z kosmonautami V.V. Gorbátko i V.V. Aksjonowem na spotkaniu z okazji 120-tej rocznicy urodzin K.E. Ciołkowskiego, Moskwa, 1977 [9]

DZIEKUJĘ ZA UWAGĘ!

ЛИТЕРАТУРА

1. Geisler W. *Ary Szternfeld – pioneer kosmonautyki* – Warsaw: LSW, 1981.
2. Прищепа В.И., Дронова Г.П. *Ари Штернфельд – Пионер Космонавтики*. Ред.: Б.В. Раушенбах. Москва: «Наука», 1987.
3. Штернфельд А.А. «...меня считали неизлечимым фантастом...» Москва: Политехнический музей. 2005.
4. <http://www.lidorenko.ru>
5. Ивашкин В.В., Тупицын Н.Н. // Космические исследования. 1971, Т. 9, вып. 2, с. 163-172.
6. Ивашкин В.В., Скороходов А.П. // Космические исследования., 1980, Т. 18, вып. 1, с. 11-21.
7. Riebe T., and Schweitzer M. // *Aerospace America*, Dec. 1998, p. 83.
8. Ивашкин В.В. // Доклады Академии наук, 2006, том 409, N 6, с. 770-773.
9. Архив А.А. Штернфельда, Политехнический музей, Москва, Россия.
10. *NASA Information - NSSDC Master Catalog*, Internet.
11. Biesbroek R., Janin G. *Ways to the Moon?* // *ESA Bulletin*, 2000, Vol. 103, pp. 92 - 99.
12. Uesugi, Kuninori. // *AAS/GSFC Intern. Symposium on Space Flight Dynamics*, 1993, AAS Paper 93-292, 20 p.
13. H. Yamakawa, et all. // *AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conference*, Victoria, USA, 1993, Paper AAS 93-633, 20 p.
14. Ivashkin V. V. // *Doklady Physics*, 2004, Vol. 49, No. 9, pp. 539-542.
15. *Handbook on Trajectories, Mission Design, and Operations*, third Edition, Vol. 1, Current Missions – Prepared by Working Group 3 of the Inter-Agency Consultative Group for Space Science (IACG). Nov. 1991. Section 12 – Ulysses, pp. I-12-1–5.
16. ESA Information http://www.esa.int/esaCP/SEMWHF1P0WF_index_0.html