

UVSat: projekt misji kosmicznej a polska strategia kosmiczna

Marek J. Sarna

Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN

12 grudnia 2019 r., Warszawa

- 1. Strategia**
- 2. Potencjał i metody**
- 3. Osiągnięcia - wybrane**
- 4. Projekt UVSat**
- 5. Podsumowanie**

1. Polska Strategia Kosmiczna (PSK) przyjęta przez Radę Ministrów w dniu 26 stycznia 2017 r. (Monitor Polski, 17.02.2017, poz. 203) zakłada, że



Wizja Polskiej Strategii Kosmicznej
(w projekcie do konsultacji społecznych -10.2016)

**Budowanie stabilnej współpracy
pomiędzy nauką i przemysłem,**

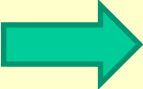
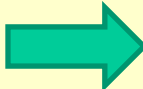


oraz

rozwijanie **innowacyjnych technologii**
oraz budowanie **współpracy
zagranicznej** w celu stymulowania
wzrostu gospodarczego opartego na
innowacjach w sektorze kosmicznym

Wizja Polskiej Strategii Kosmicznej
(w Uchwale nr 6 Rady Ministrów – 01.2017)

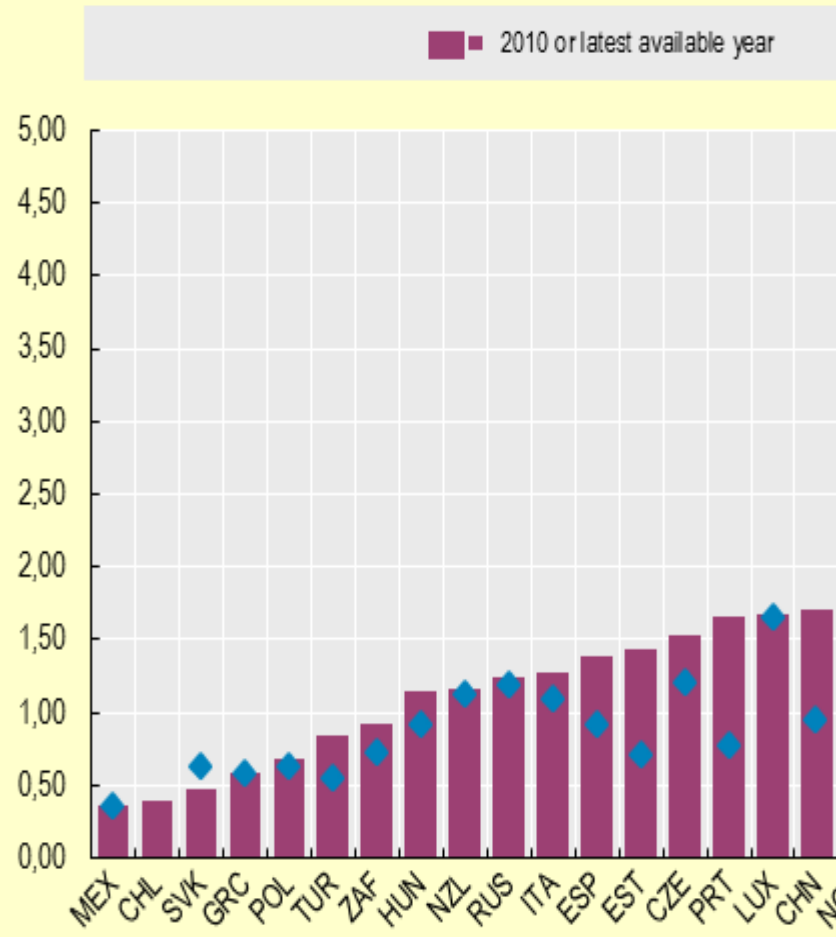
**Sektor kosmiczny jest ważnym
elementem polskiej gospodarki
opartej na wiedzy i innowacyjności,
a jego powiązania z innymi
obszarami gospodarki sprzyjają
zwiększaniu ich konkurencyjności.**

Realizacja wyznaczonych zadań strategicznych

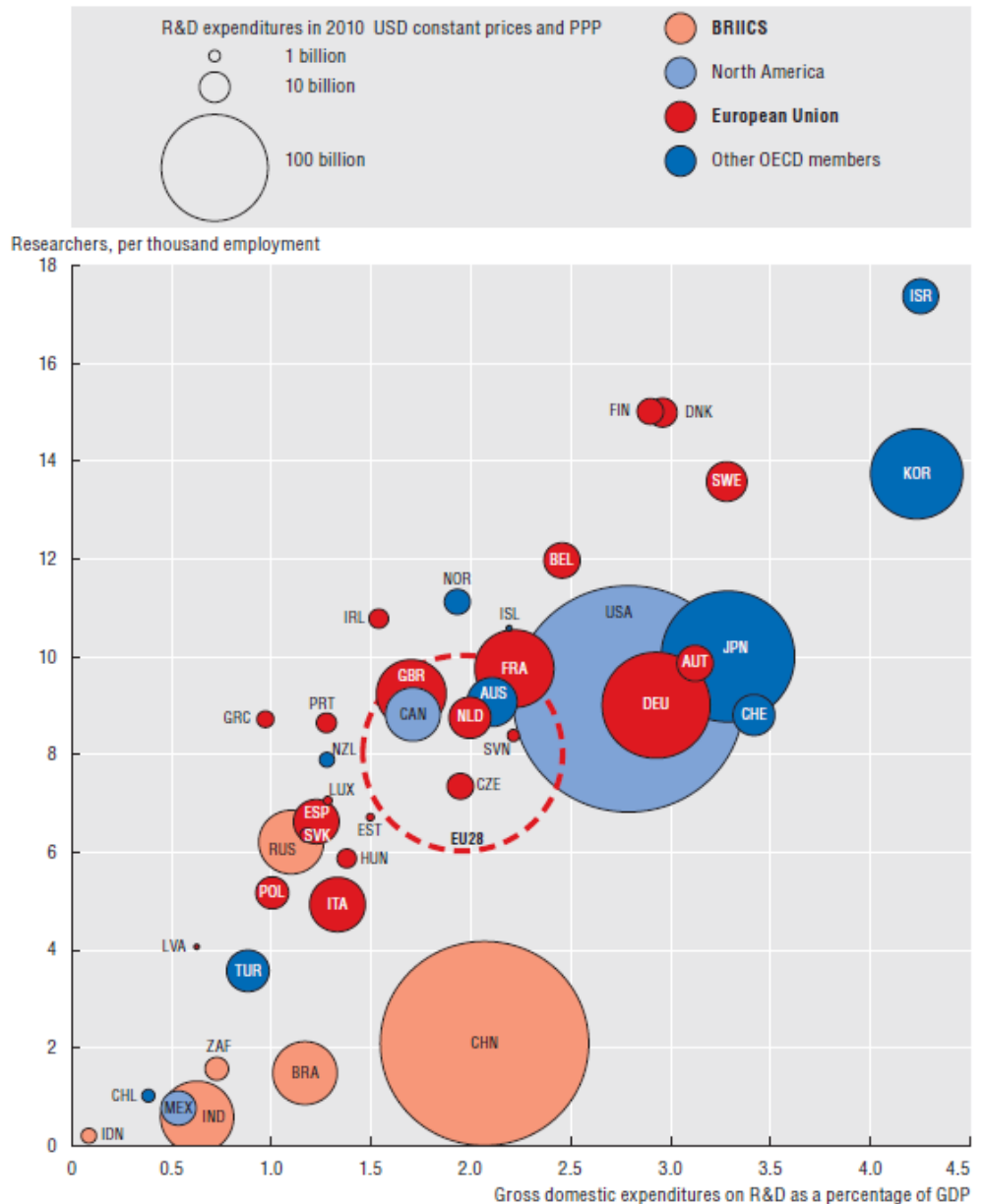
Cele polityczne		możliwości finansowe
Cele propagandowe		możliwości sukcesu
Cele praktyczne		możliwości techniczne
Cele naukowe		możliwości intelektualne

Analiza ryzyka

Możliwości finansowe: % Produktu Krajowego Brutto na B+R



10. R&D in OECD and key partner countries, 2015



Możliwości sukcesu:

2. Potencjał: *Space Science*

- Osoby z doktoratem z astrofizyki: 210
- Członkowie IAU: 161
- Stałe zatrudnienie (dr hab.): >120
- doktoranci: 150
- Pracownicy techniczni: 135 (~100 CBK PAN)
- Publikacje w czasopismach rec.: 350/yr
- Roczny budżet: 7.4 mln EUR

SCIENCE in POLAND 2007-2017

Research Field	Impact vs. World*	Percent of Top Papers**	Percent of Hot Papers***
	[%]	[%]	[%]
SPACE SCIENCE	+24	8.6	25.9
CLINICAL MEDICINE	0	2.6	6.1
PHYSICS	-11	3.0	6.0
MATHEMATICS	-22	1.2	2.9
COMPUTER SCIENCE	-23	0.6	0.0
AGRICULTURAL SCIENCES	-24	1.4	4.8
IMMUNOLOGY	-24	1.4	0.0
PHARMACOLOGY & TOXICOLOGY	-29	1.2	1.4
SOCIAL SCIENCES, GENERAL	-31	0.7	1.2
MOLECULAR BIOLOGY & GENETICS	-32	1.0	2.1
NEUROSCIENCE & BEHAVIOR	-37	0.4	0.0
CHEMISTRY	-40	0.7	0.6
ENGINEERING	-40	0.8	0.4
BIOLOGY & BIOCHEMISTRY	-41	0.5	0.0
PLANT & ANIMAL SCIENCE	-43	1.1	4.2
PSYCHIATRY/PSYCHOLOGY	-44	0.5	1.2
ENVIRONMENT/ECOLOGY	-46	1.2	0.9
GEOSCIENCES	-47	0.5	1.1
MATERIALS SCIENCE	-49	0.5	0.0
MICROBIOLOGY	-52	0.1	0.0
ECONOMICS & BUSINESS	-64	0.2	0.0

* Poland's relative citation impact compared to the world average in each field, in percentage terms (eg. Space Science: average citations of a paper with at least one author address in Poland = 21.82, average citations of all papers in this field: 17.53).

** Number of Top Papers with Poland's affiliation to the total number of Top Papers.

** Number of Hot Papers with Poland's affiliation to the total number of Hot Papers.

Możliwości techniczne i intelektualne:

3. Osiągnięcia - wybrane

3.1 *HERSCHEL/HIFI*: Water in C-rich AGB stars

(Neufeld, D. A., ...Szczerba, R., Schmidt, M., et al., 2011, *ApJ*, 727, L28; *ApJ*, 767, L3)

- Zgodnie z teorią woda nie powinna być obserwowana w otoczkach gwiazd, w których stosunek O (oxygen) do C (carbon) jest mniejszy od 1. Wynika to z założenia, że praktycznie cały tlen powinien zostać zużyty do wytworzenia się stabilnej molekuly CO. Zaskoczeniem było odkrycie wody w otoczkach gwiazd z Asymptotic Giant Branch – AGB, bogatych w węgiel np: IRC+10 214 (CW Leonis)
- W trakcie 20 godzin obserwacji przyrządem HIFISTARS odkryto wodę praktycznie we wszystkich obiektach.
- Koledzy z zespołu satelity nieskromnie stwierdzili, że: **“Water was EVERYWHERE -- ALMOST!!”**



THE ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 727:L29 (6pp), 2011 February 1

NEUFELD ET AL.

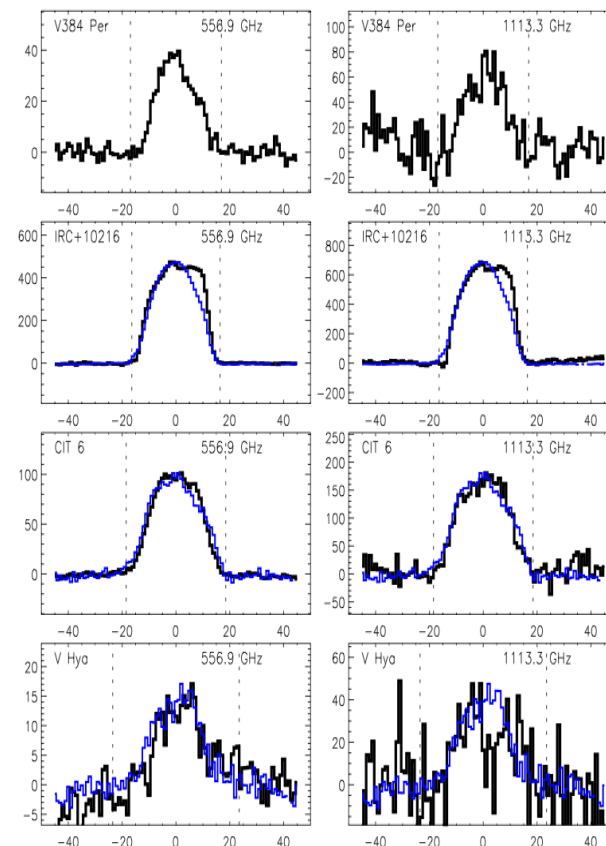
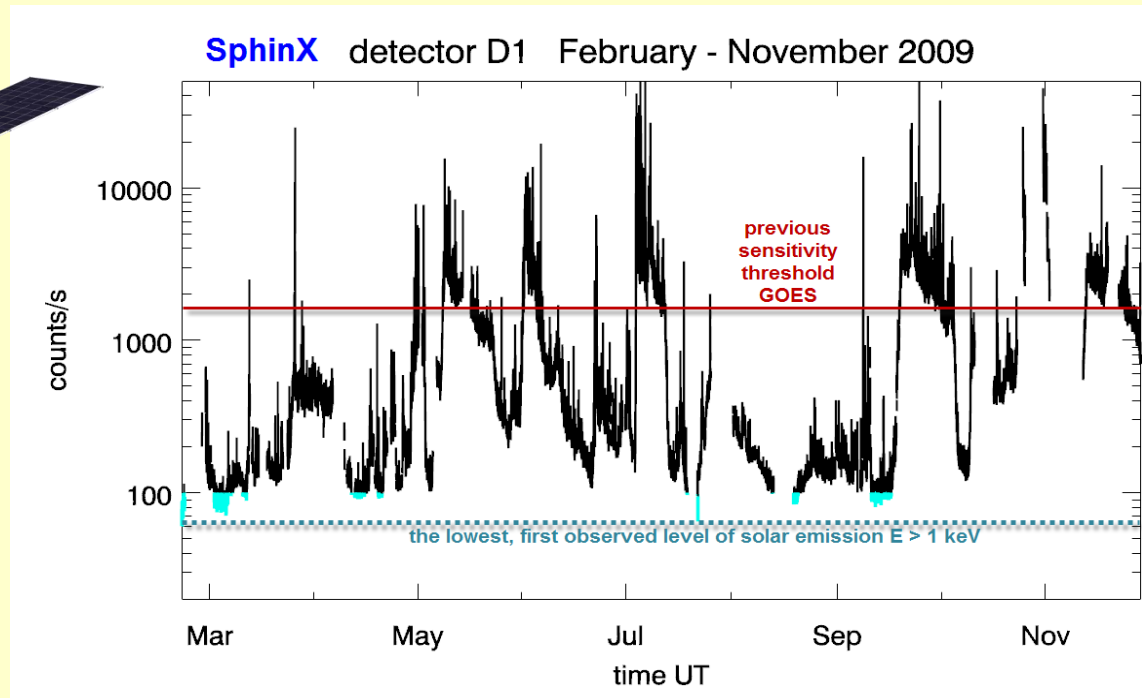
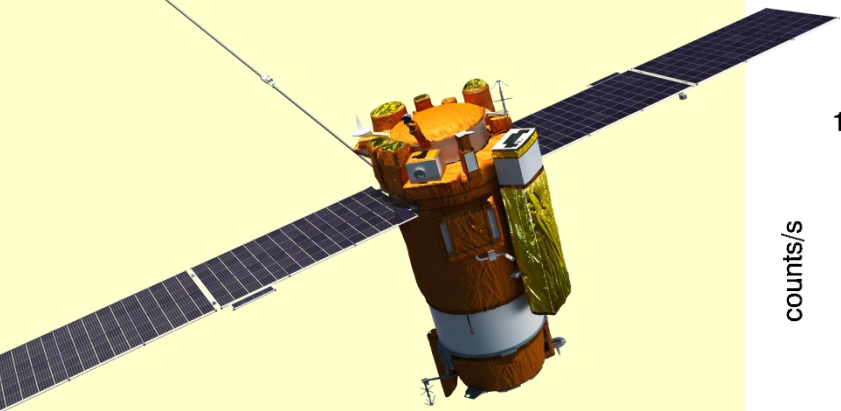


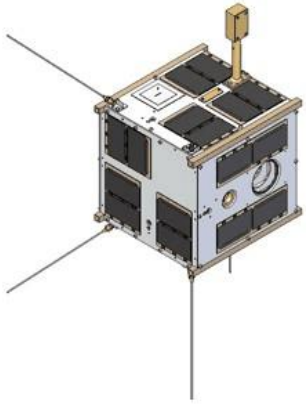
Figure 1. Black histogram: *Herschel*/HIFI spectra of the 1_{10-1_0} 556.936 GHz transition of ortho- H_2O (left) and the $1_{11-0_{00}}$ 1113.343 GHz transition of para- H_2O (right) observed toward V384 Per, IRC+10216, CIT6, and V Hya. Blue histogram: analogous spectra for CO $J = 10-9$, where available, scaled to the same peak antenna temperature. The spectra have been continuum subtracted and rebinned to a spectral resolution of 1 km s^{-1} . Doppler velocities are expressed in km s^{-1} relative to the systemic velocity of the source, and antenna temperatures (vertical axis) are shown in mK. Dotted lines indicate expansion velocities from the literature

3.2 SphinX – the solar soft-X-ray spectrophotometer, na satelicie CORONAS-Photon (Sylwester, J. et al., 2011, SoSyR,45,182)

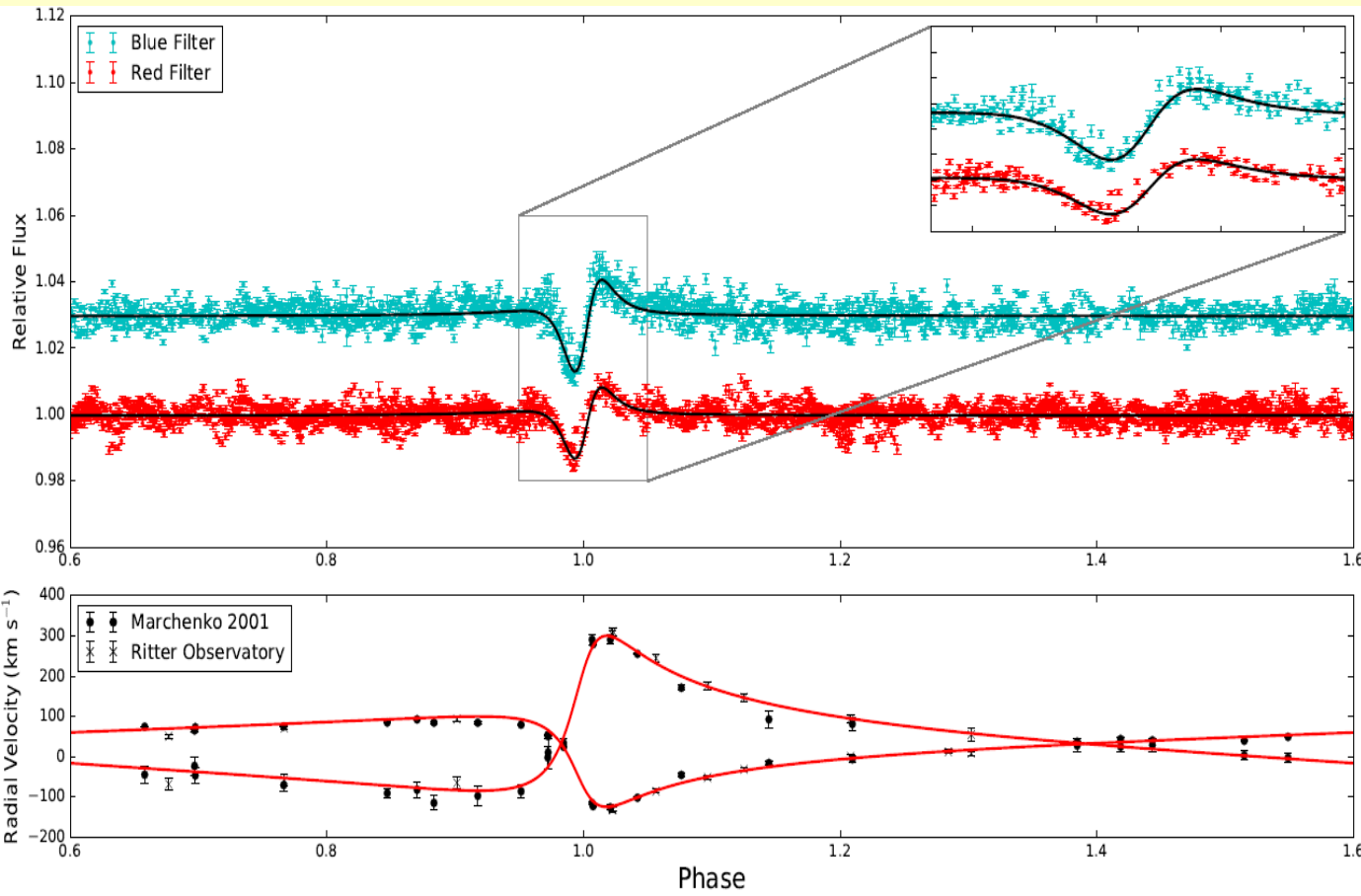
Detektory przyrządu SphinX były przystosowane do pomiarów widma promieniowania słonecznego w zakresie 1-15 keV. Po raz pierwszy obserwowano jasność Słońca w tym zakresie promieniowania podczas minimum aktywności. Po raz pierwszy wyznaczono wartość jasności w minimum dla zakresu energetycznego $E > 1$ keV.



Używając spektrometru typu Bragg'a wyznaczono absolutne obfitości potasu, chloru i argonu w rozbłyskach słonecznych.



3.3 BRITE (Lem, Heweliusz) – dwa nanosatelity do fotometrycznej obserwacji jasnych gwiazd (CAMK PAN i CBK PAN), projekt Austriacko-Kanadyjsko-Polski. (Pablo, H.,...Handler, G., ...Pigulski, A.,..., 2017, MNRAS, 467, 2494)



Układ typu heartbeat, czyli `uderzenie serca' o nazwie ι Ori. Masy składników: 23.2 i 13.4 Msun. Oscylacje składników są wymuszane oddziaływaniami pływowymi, okres oscylacji to harmoniki okresu orbitalnego.

Analiza Ryzyka:

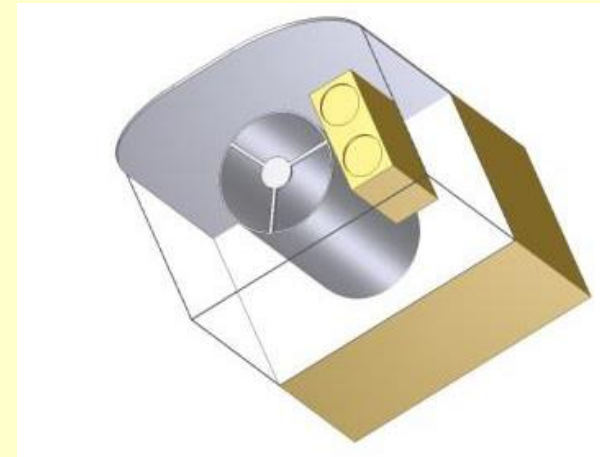
4. Projekt UVSat

UVSat - koncepcja polskiego satelity naukowego na LEO

(Studium Wykonalności powstało w 2016 na zlecenie Polskiej Agencji Kosmicznej)

Wykonawcy:

- Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
- Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika Polskiej Akademii Nauk (lider konsorcjum)
- Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk
- Creotech Instruments S.A.
- Hertz Systems Ltd, sp. z o.o.
- Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza
- Politechnika Śląska
- Solaris Optics S.A.
- SpaceCase, sp. z o.o.
- University of Toronto
- Uniwersytet Wrocławski

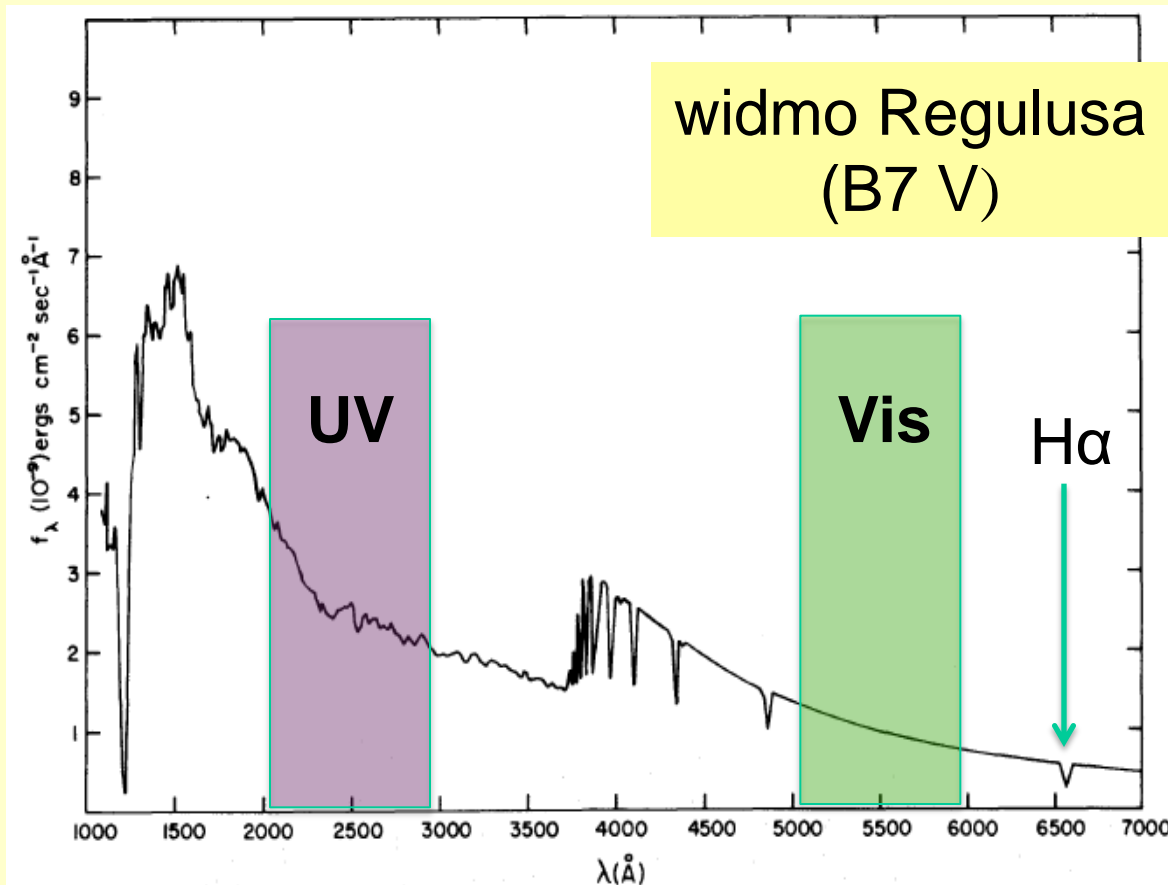


4.1 Cele naukowe

UVSat podstawowe założenia: fotometria

Koncepcja fotometryczna:

podwójny teleskop o dużym polu widzenia do obserwacji w ultrafiolecie (UV) i dziedzinie widzialnej (Vis) na pokładzie satelity na niskiej orbicie.

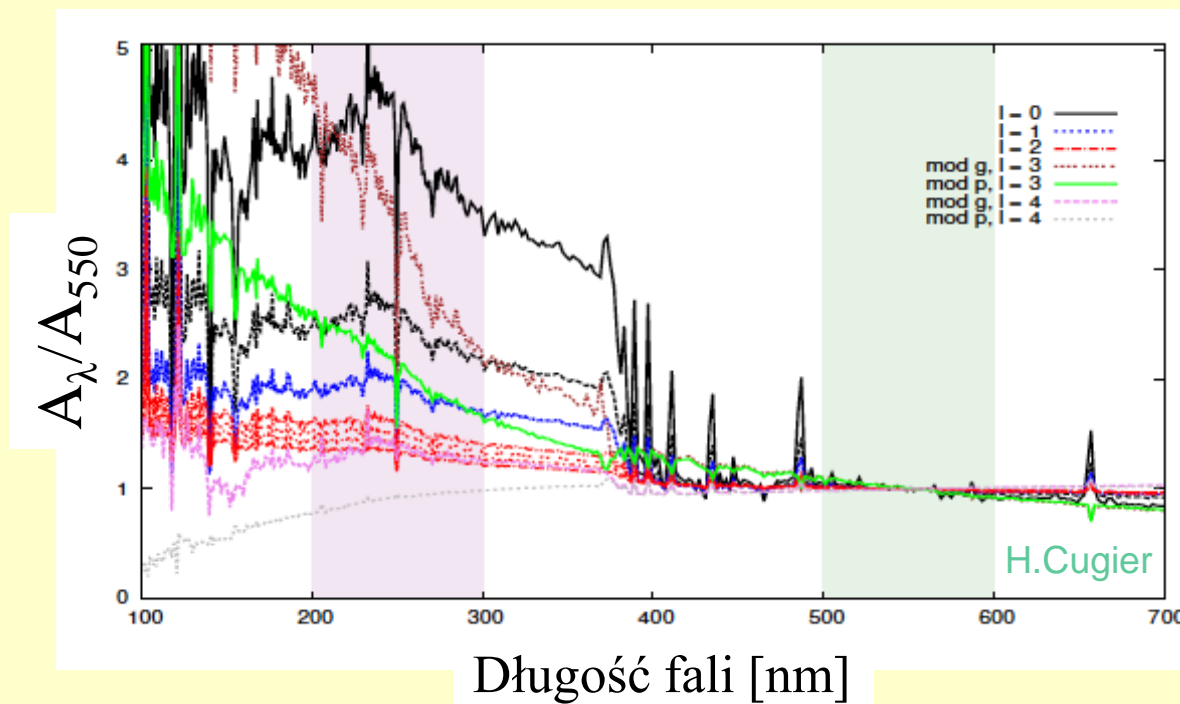


Najważniejsze cele naukowe

Masywne gorące gwiazdy (gwiazdy OB, Be, W-R, LBV).

Masywne układy podwójne

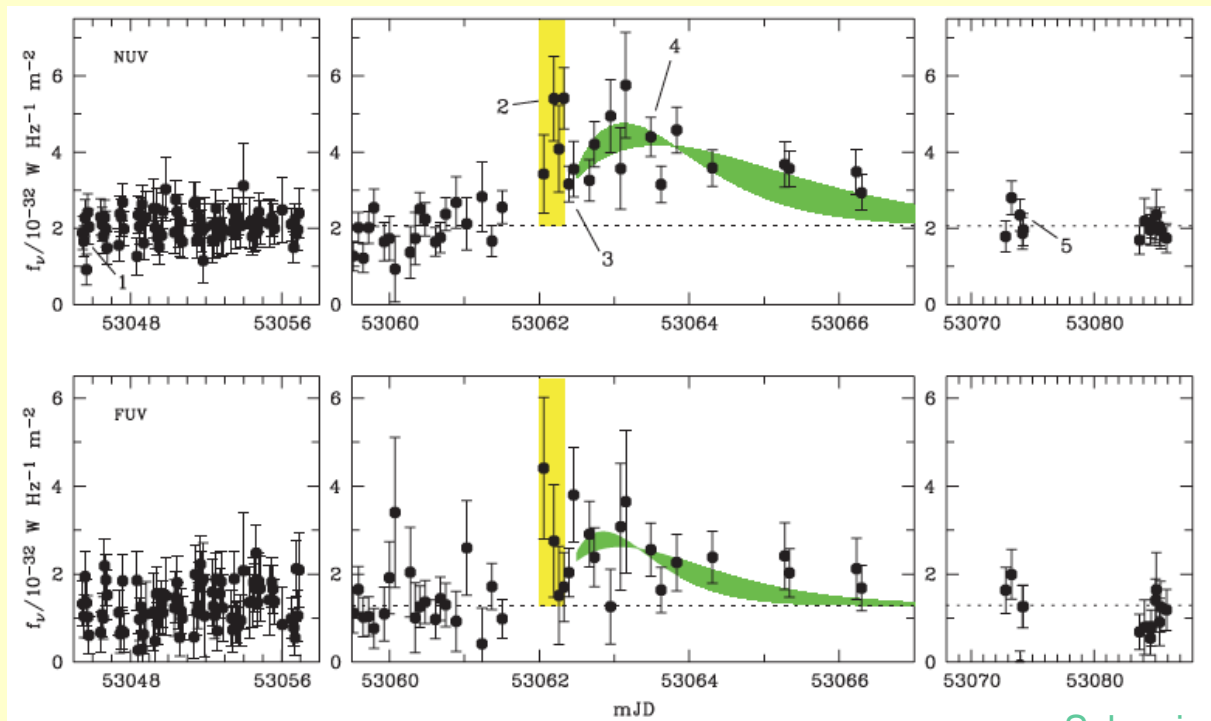
(asterosejsmologia, struktura wewnętrzna i ewolucja gwiazd, mechanizmy utraty masy, oddziaływanie z polem magnetycznym, efekty pływowe, rotacja, ewolucja momentu pędu)



Najważniejsze cele naukowe

Wczesne etapy wybuchu supernowych

Super jasne supernowe (mechanizmy wybuchu supernowych, własności obiektów wybuchających jako supernowe, *shock breakout flare*, ograniczenia na modele wybuchów)



Inne cele naukowe

Obiekty młode:

gwiazdy Be, gwiazdy w fazie przed ciągiem głównym.

Gwiazdy pulsujące:

gwiazdy typu δ Sct i γ Dor, szybko oscylujące gwiazdy typu Ap, cefeidy i gwiazdy typu RR Lyrae, pulsujące (pre)białe karły i gorące podkarły.

Układy podwójne:

algole, małomasywne układy rentgenowskie, gwiazdy symbiotyczne (w tym nowe symbiotyczne), zmienne kataklizmiczne, gwiazdy nowe, dwuokresowe gwiazdy zmienne.

Inne zjawiska/obiekty:

gwiazdy chemicznie osobliwe, tranzyty planetarne, obiekty pasa Kuipera, komety.

Pola w płaszczyźnie Galaktyki: obiekty młode, krótsze czasy ekspozycji

Pola poza płaszczyzną Galaktyki: obiekty pozagalaktyczne i zaawansowane ewolucyjnie, dłuższe czasy ekspozycji

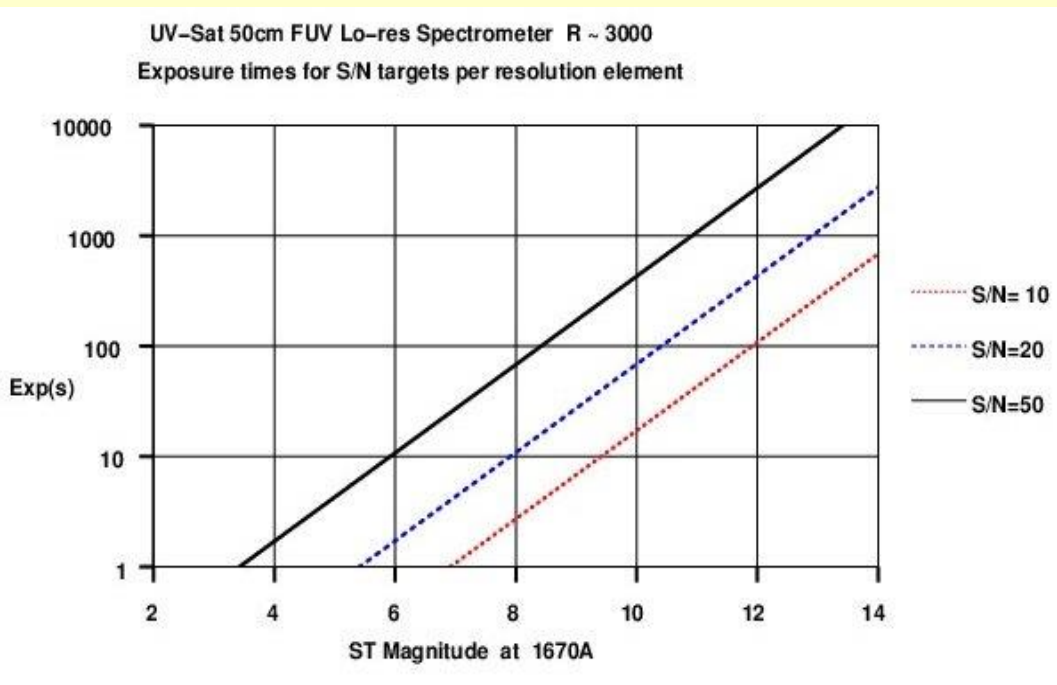
Sesje obserwacyjne: 1 – 6 miesięcy, jednoczesne obserwacje dwóch pól.

UVSat podstawowe założenia: spektroskopia

Proponujemy dwa pasma dla spektroskopii:

NUV	200 – 320 nm	konieczne detektory krzemowe
FUV	115 – 200 nm	detektory ze wzmacniaczem obrazu.

Oznacza to, że albo potrzebne są dwa spektrografy, albo wybieramy tylko jedno pasmo. Konsensus: krótsze długości fal, FUV, są bardziej przydatne - więcej interesujących linii widmowych. Teleskop ~ 50 cm, R ~ 3000.



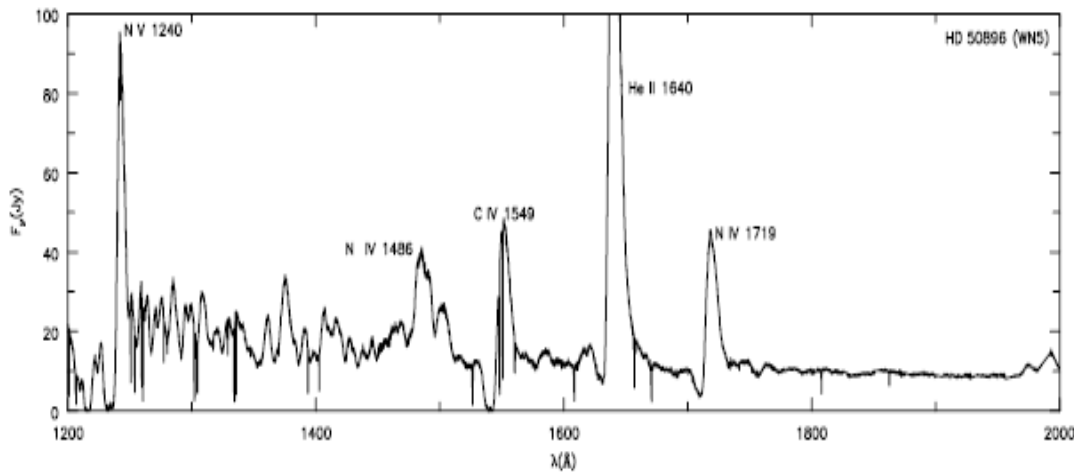
Symulacja pokazuje, że obserwacja 1200 sekundowa da S/N ~ 50 dla obiektu 11 mag, przy rozdzielczość R ~ 3000.

Najważniejsze cele naukowe

- spektroskopia aktywnych jądr galaktyk linia: CIV λ 154.9 nm;
- spektroskopia komet w liniach i pasmach emisyjnych: H, CO, OH itd.: 121.6 nm, 135-175 nm, 193 nm, 199 nm, 206 nm, 216 nm, 309 nm;
- widma absorpcji międzygwiazdowej linie: Mg I, Mg II (około 280 nm), CO;
- wiatry i wypływy w szerokim zakresie obiektów w liniach: O VI λ 103 nm, Ly α λ 121.6 nm, CIV λ 154.9 nm, He λ 164.0 nm;
- masywne gorące gwiazdy: wiatry i dyski, astrosejsmologia;
- gwiazdy podwójne: gorące składniki, przepływy, czarne dziury, koalescencja gwiazd.
- komety, małe ciała układu słonecznego

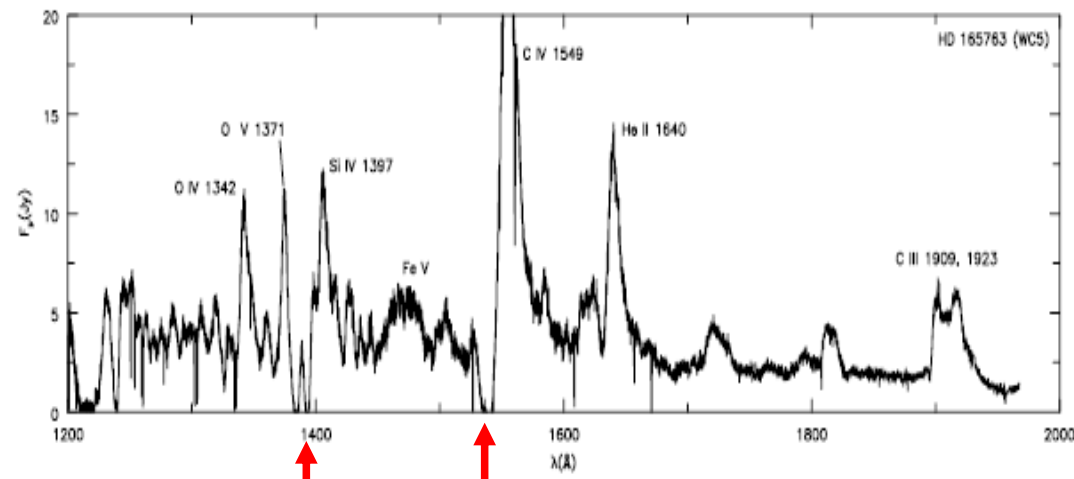
Umieszczenie satelity na orbicie umożliwia obserwacje w długości fali poniżej 320 nm (UV), pozwala również na długie serie obserwacji bez cyklu dobowego, bez chmur i zakłóceń atmosferycznych. Równoczesna fotometria lub/i spektroskopia tego samego obiektu dawałaby unikatowe możliwości naukowe!

Widma masywnych gorących gwiazd typu Wolf-Rayet



Typ WN5 : obfite linie azotu

Takie gwiazdy obserwowane są fotometrycznie przez BRITE Constellation.



Typ WC5 : obfite linie węgla, tlenu

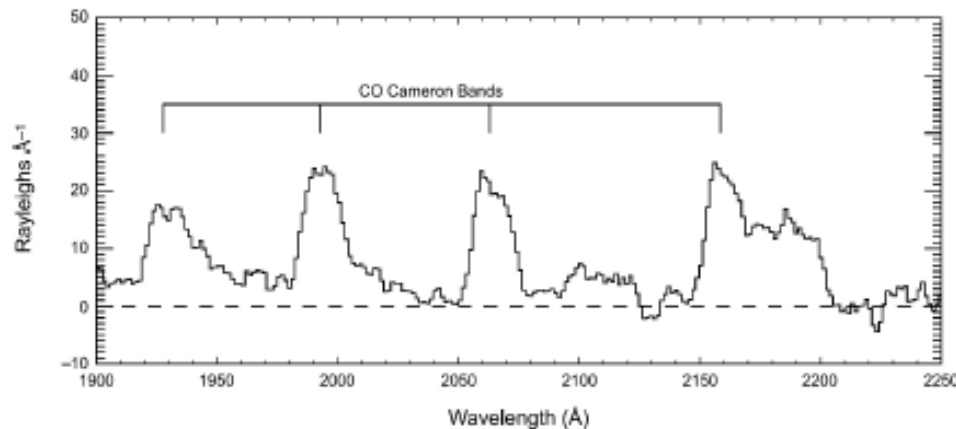
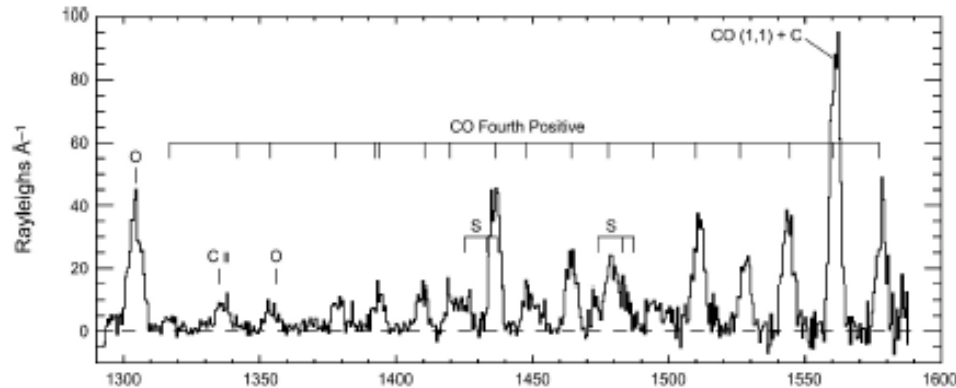
Bardzo aktywne w ultrafiolecie.

Silne linie absorpcyjne z wiatru

Spektroskopia komet

Spektroskopowe obserwacje w zakresie FUV pozwalają na detekcję:

- Linii wodoru Lyman α dla 121.6 nm,
- *Fourth Positive Group* pas CO pomiędzy 132 a 175 nm,
- Wzbronionych pasm CO tzw.: *Cameron system* pomiędzy 191 a 222 nm.



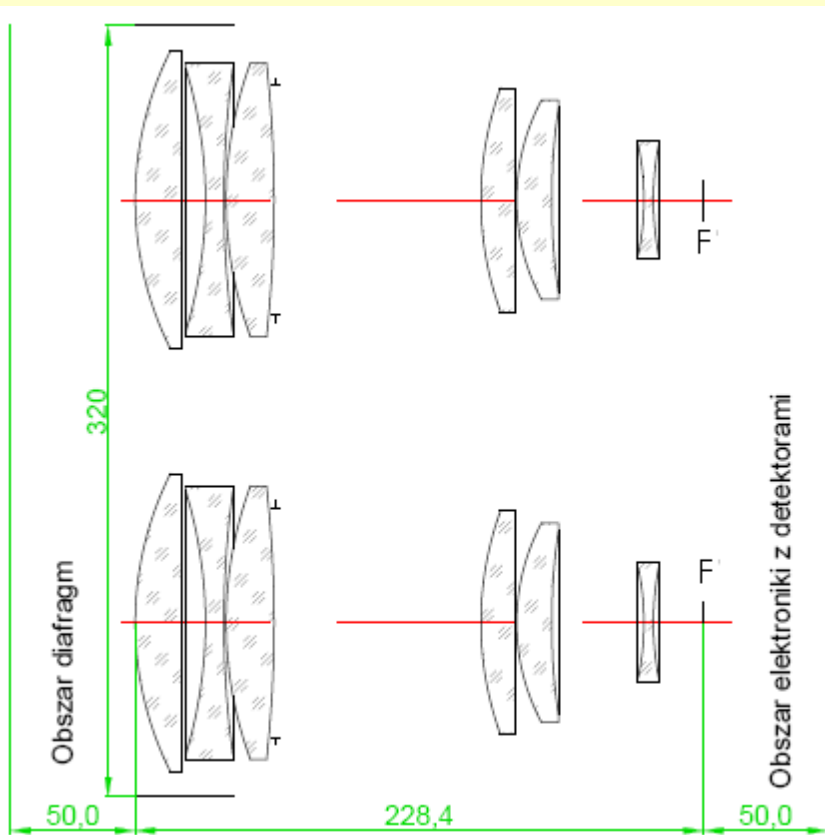
Widmo UV z HST komety
C/1996 B2 - Hyakutake

4.2 Wstępna specyfikacja techniczna

Instrument fotometryczny: założenia

1. Pasmo spektralne:
pasmo UV długość centralna 250 ± 10 nm, szerokość pasma 60-100 nm
pasmo VIS długość centralna 550 ± 10 nm, szerokość pasma 60-100 nm
2. Pole widzenia FOV: $10^0 \times 10^0$
3. Rozdzielczość przestrzenna 10 - 20 sekund kątowych
4. Średnica apertury : 5 –12 cm
5. Szerokość połówkowa dla obrazów obiektów punktowych 6 pikseli

Instrument fotometryczny - założenia



Parametry obiektywu :

$f=148,9$ mm, $\Phi=100$, $f/ 1,5$

Wymiary modułu obiektywów wraz z detektorami i elektroniką oraz diafragmami/przesłonami (baffles)

330 x 320 x 160 mm

Masa 8 kg, pobierana moc ok. 8W

Opcja: gdy zostaną zastosowane zwierciadła przed detektorami , dla eliminacji ``aliasingu`` masa wzrośnie do 9 kg

Instrument spektroskopowy - założenia

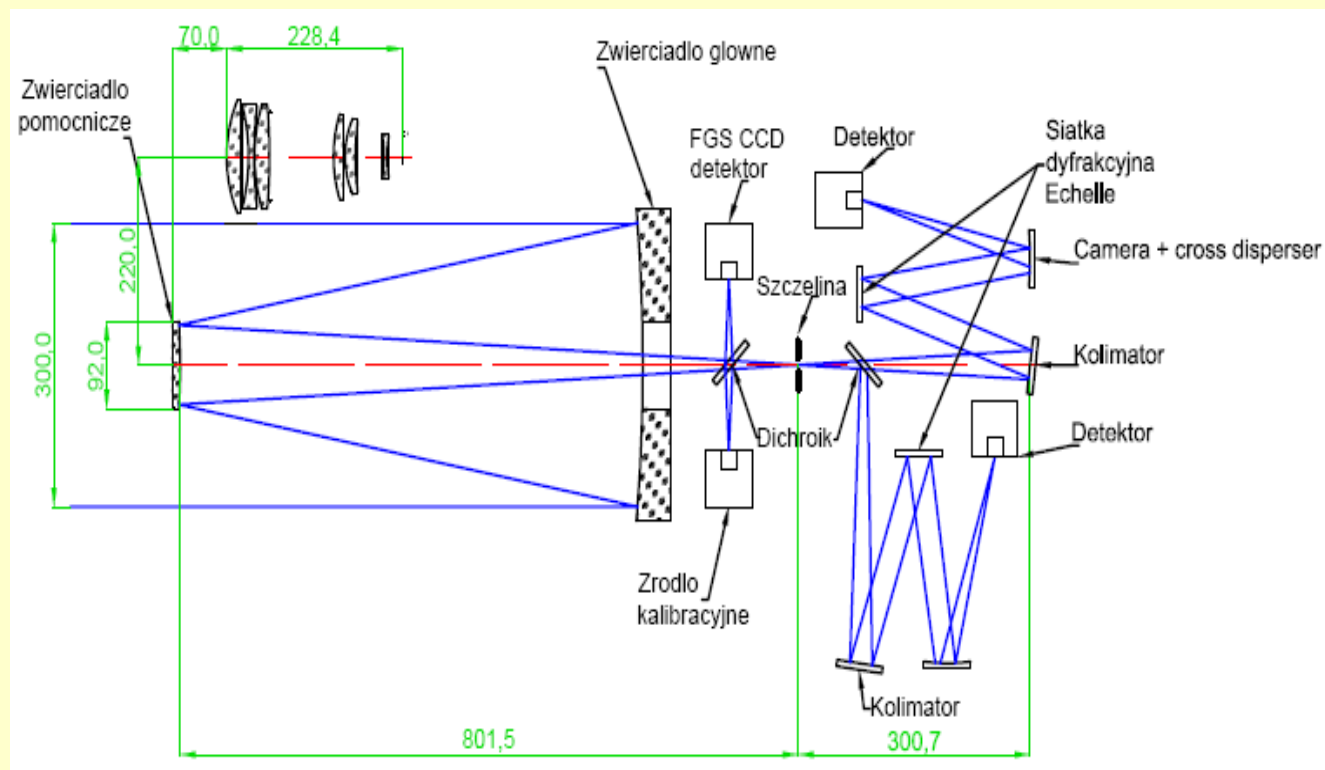
1. Pasma spektralne:
pasmo FUV szerokość pasma 100 - 200 nm (po analizie 115-220 nm)
pasmo NUV szerokość pasma 200 - 300 nm
2. Pole widzenia FOV: 30 minut kątowych
3. Rozdzielczość przestrzenna 1 – 2 sekund kątowych
4. Rozdzielczość spektralna : $R= 20000\text{--}30000$ HiRes; $1000\text{--}3000$ LoRes
5. Średnica apertury teleskopu: 20 – 50 cm
6. Średnica wiązki w spektrometrze: 25 mm
7. Wydajność optyczna teleskopu 0,8 i spektrografu 0,7 (siatki dyfrakcyjnej)

Analizowany teleskop - rozwiązanie Ritchey–Chrétien,

dla określenia zdolności rozdzielczych wykorzystywano siatki dyfrakcyjne Echelle

Instrument spektralny lub/i fotometryczny

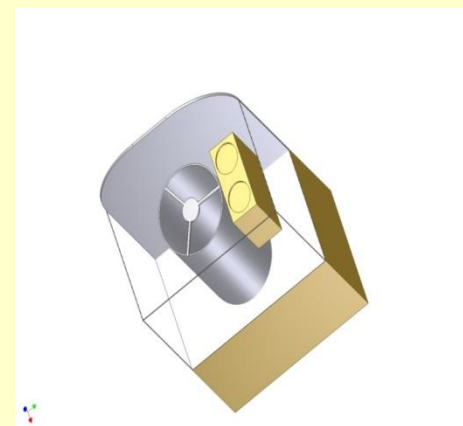
Propozycja rozwiązania układu optycznego

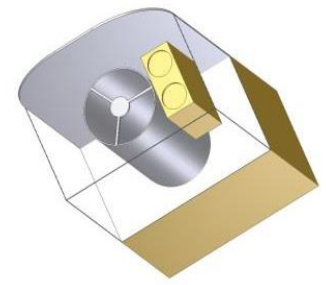


Wymiar satelity 1200 x 800 x 500 mm

Osłona przeciw słoneczna dodatkowe 300 mm

Masa instrumentu 65-70 kg

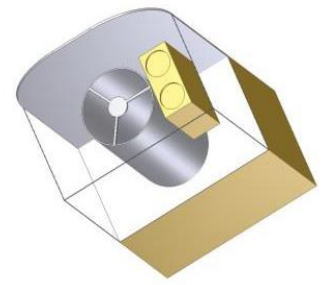




UVSat jako naukowy projekt strategiczny

Cele polityczne	➔	możliwości finansowe
Cele propagandowe	➔	możliwości sukcesu
Cele praktyczne	➔	możliwości techniczne
Cele naukowe	➔	możliwości intelektualne

Analiza ryzyka



Do tej pory:

Pismo do Prezesa PAK prof. M. Banaszkiwicz w sprawie studium: 29.10.2015;

Przyjęcie studium wykonalności przez PAK – 09.11.2016;

Spotkanie z min. P. Dardzińskim – 5.01.2017 i dwa następne (!);

Pisma/apelle do MNiSW z dnia: 4.07; 20.10 i 27.11.2017;

Platforma satelitarna HyperSat – NCBiR: CBK, Creotech;

Ustanowienie *Polskiego Konsorcjum ``UVSat`` 06.18*: CAMK, CBK, Creotech;

Wniosek o PMDIB: *Polski system satelitarny UV – UVSat*, 13.06.2018 ;

Prace nad KPK 2019-21 w ramach Rady PAK – zatwierdzony 12.2018;

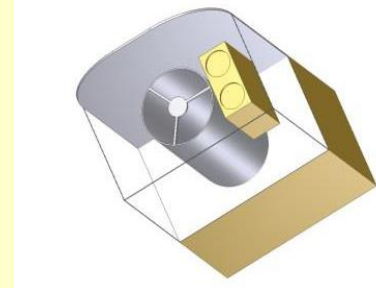
Spotkanie z min. W. Maksymowiczem: 09.09 oraz 24.09.2019;

Astronarium: Polskie satelity 9.11.2019!!!

Decyzja o wpisanie na PMDIB pod koniec 2019;

Ewentualne finansowanie instrumentu naukowego w ramach:

Program Operacyjny Inteligentny Rozwój – Konkurs 3/4.2/2019



5. Podsumowanie:

Polska Strategia Kosmiczna potrzebuje:

Krajowego Programu Kosmicznego który potrzebuje:

- 1. Misji zaproponowanych i wykonywanych przez polskie instytucje i firmy – finansowanych z polskich źródeł;**
- 2. Zarówno misji naukowych jak i utylitarnych;**
- 3. Wypracowania polskich specjalności na europejskim rynku kosmicznym;**
4. Sprawnie działającej i zarządzanej agencji rządowej: Polskiej Agencji Kosmicznej
- 5. Wspierania polskich firm Hi-Tech z branży kosmicznej przez resorty;**
- 6. Rozbudowy zaplecza techniczno-laboratoryjnego;**
7. Uczestnictwa w wielkich projektach europejskich;

Podjęcie ryzyka realizacji polskiej misji naukowej UVSat

Decyzji politycznej = finansowania instrumentu astronomicznego!