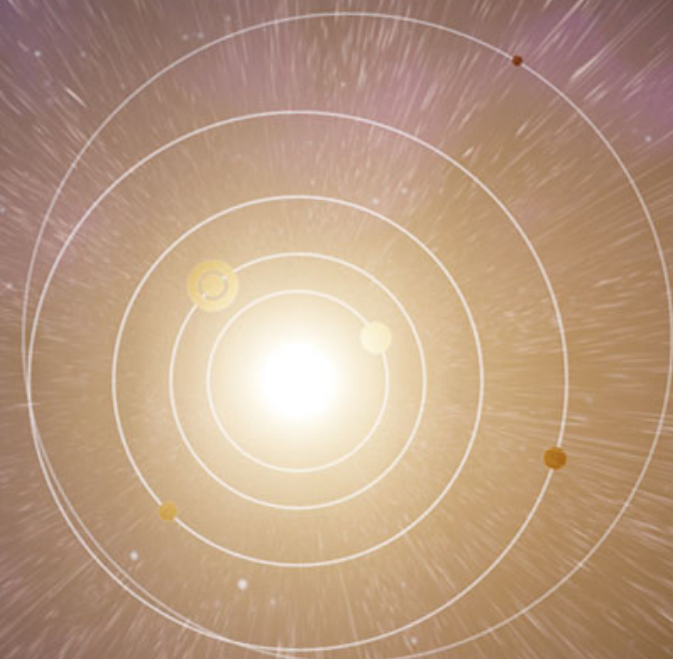




IMAP



Polski podbój heliosfery

źródło: NASA/Johns Hopkins APL/Princeton University/Steve Gribbeni

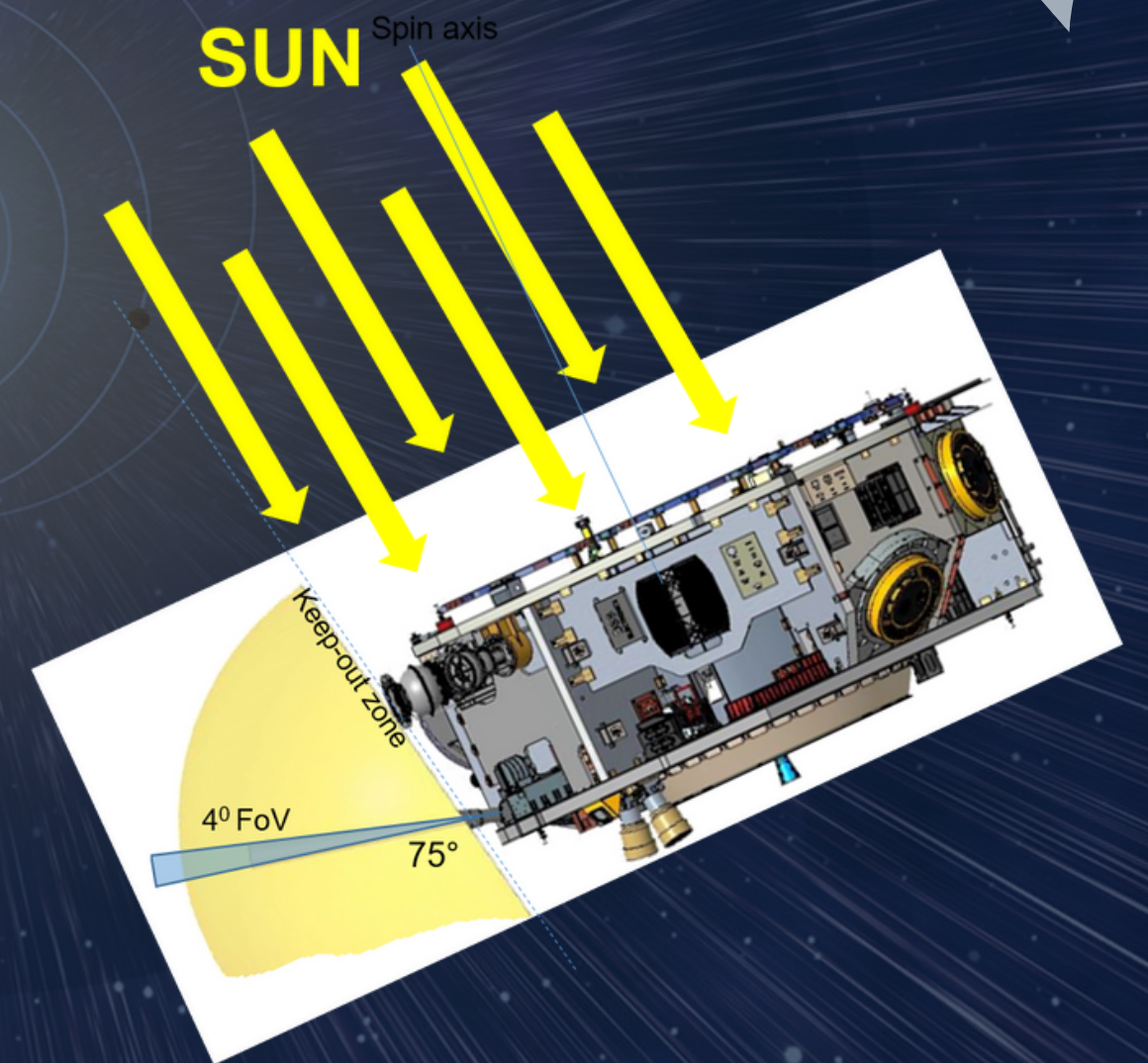


Czym będzie *IMAP* i *GLOWS* ?

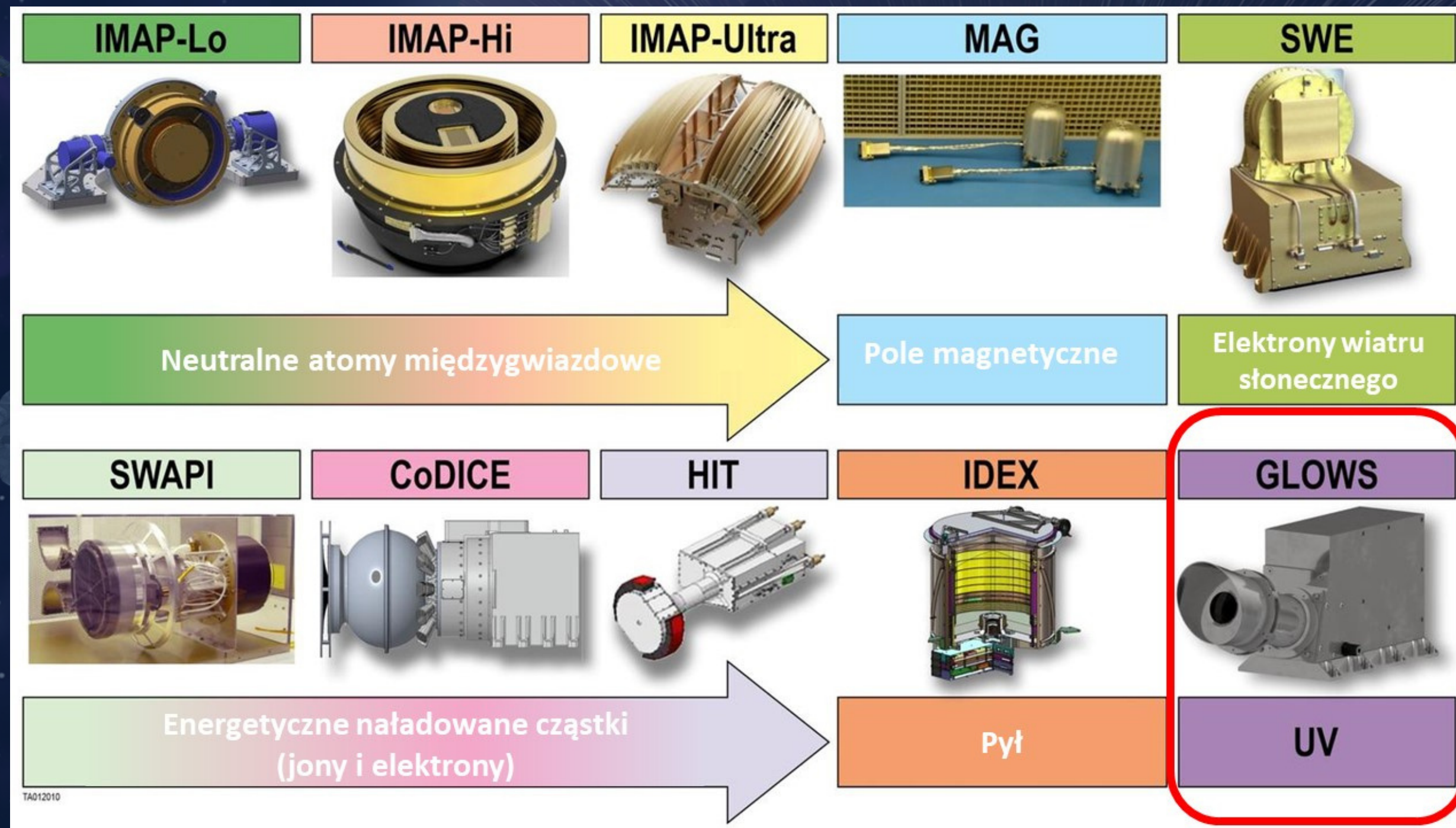
Nowa sonda NASA wystartuje w 2025 roku i będzie badać **wiatr słoneczny** oraz **heliosferę**.

Pozwoli lepiej poznać i zrozumieć najbliższe otoczenie Układu Słonecznego, interakcję z nim oraz zajrzeć na jego bardzo odległe granice.

Polski instrument - *GLOWS* (jako jeden z dziesięciu) będzie odpowiadać za badanie wiatru słonecznego i zmapowanie jego struktury 3D oraz oddziaływanie jego składników.



Czym będzie *IMAP* i *GLOWS* ?



źródło: <https://imap.princeton.edu/instruments>



Co to jest *wiatr słoneczny* i *heliosfera*?



źródło: NASA/GSFC

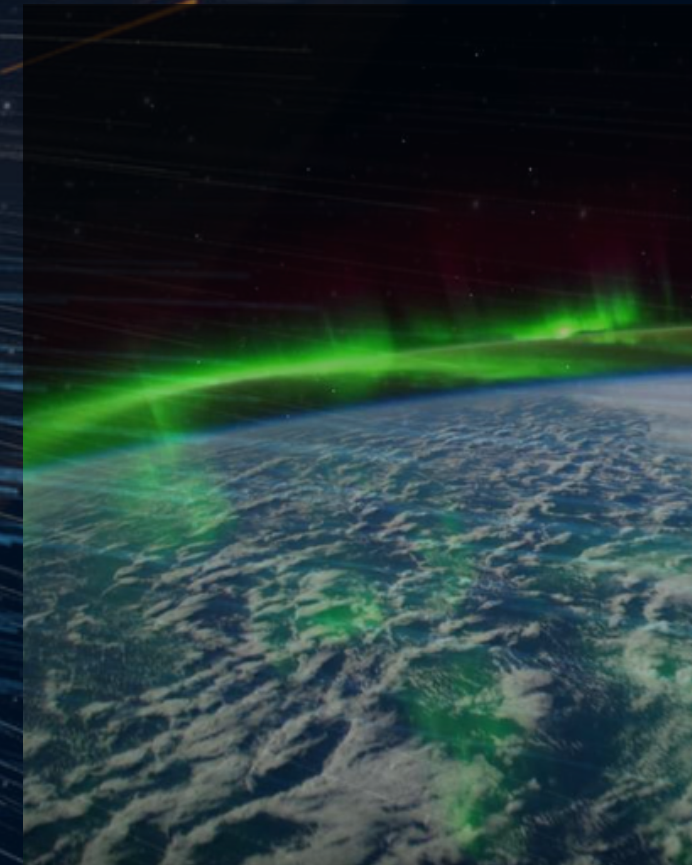


Co to jest **wiatr słoneczny**?

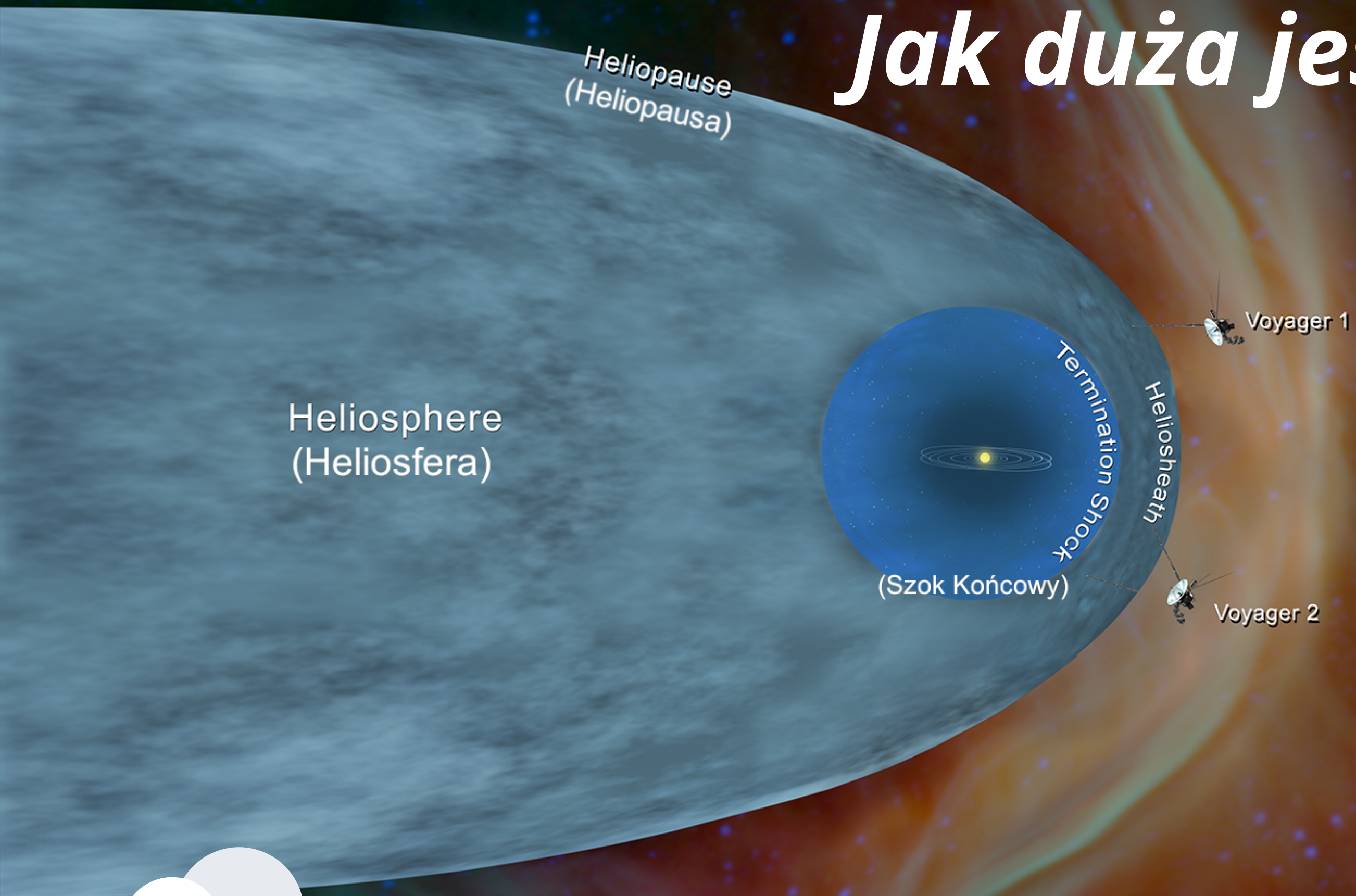
Słońce w ciągu każdej sekundy emituje oprócz fotonów strumień wysokoenergetycznych cząstek, głównie elektronów i protonów, a także cząstek alfa (jąder helu). To właśnie jest **wiatr słoneczny**.

Ziemskie pole magnetyczne chroni nas przed jego wpływem, ponieważ "wyłapuje" jego składniki i kieruje w kierunku biegunów tworząc zorze polarne.

Wiatr leci przez Układ Słoneczny i dolatuje bardzo daleko, do około 120 AU, gdzie przegrywa z cząstkami spoza układu tworząc nieregularną bańkę zwaną **heliosferą**.



Jak duża jest **heliosfera**?



źródło: NASA/JPL-Caltech



Jak duża jest *heliosfera*?

Heliosphere
(Heliosfera)

Heliopause
(Heliopausa)



Voyager 1

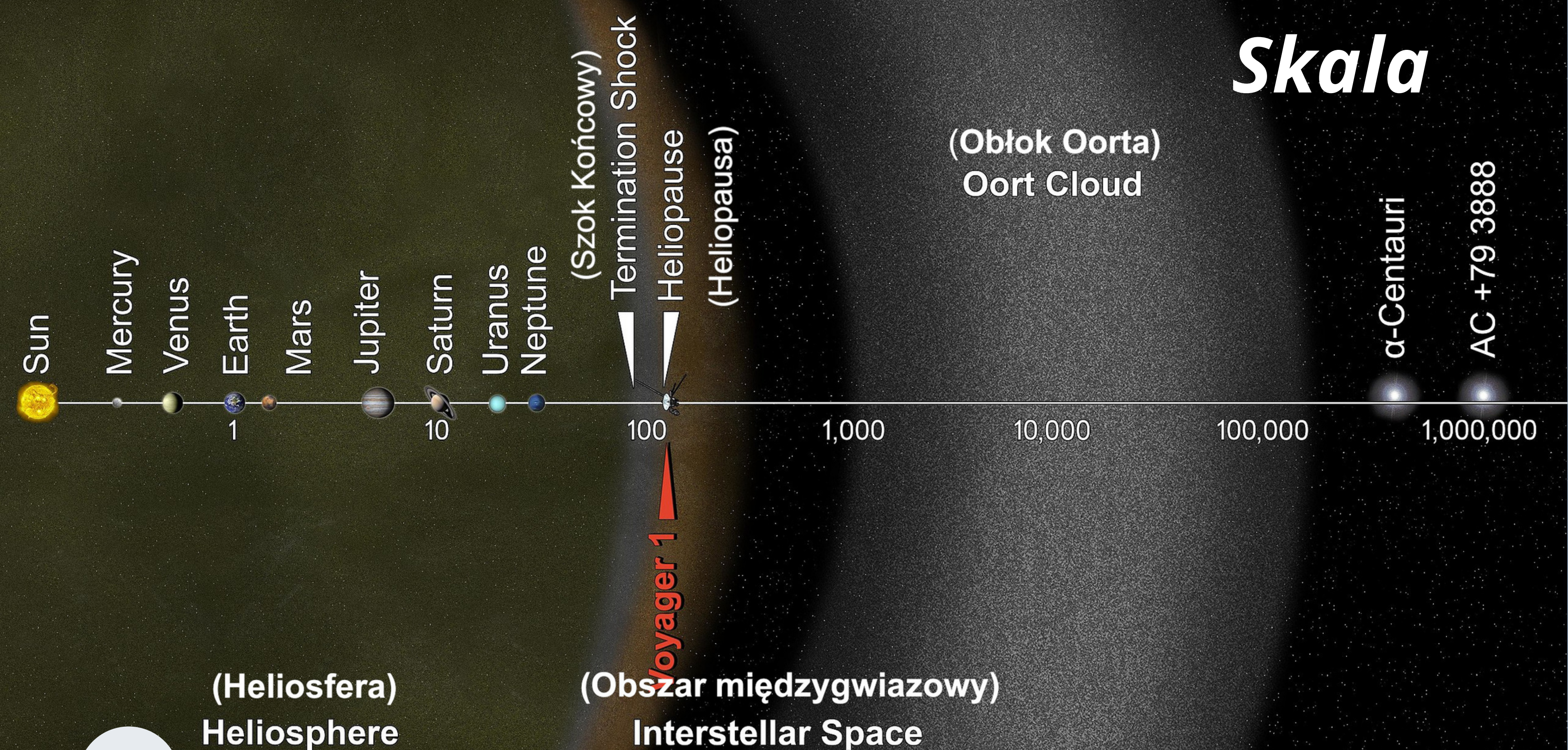
Voyager 2

**Odległość Słońce-Ziemia
1 AU (jednostka astronomiczna)**

Wielkość Heliosfery: 120AU do ~400-500AU?



Skala



źródło: NASA/JPL-Caltech



Struktura **heliosfery** jest podobna do wody z kranu w zlewie

Heliosphere
(Heliosfera)

Heliopause
(Heliopausa)



VS



źródło: wikipedia commons



Jak to działa?

Istnieje pewna granica, gdzie wiatr słoneczny nagle zwalnia, podobnie jak lejąca się woda z kranu w zlewie. Dla wiatru słonecznego tę granicę stanowi interakcja z ośrodkiem międzygwiazdowym (strumieniem cząstek spoza Układu Słonecznego), a dla wody interakcja z powietrzem. Ta granica to **szok końcowy**.

Różnica polega na tym, że wiatr słoneczny nadal jest szybki za szokiem końcowym i dopiero tam, gdzie ośrodek międzygwiazdowy wygrywa w bilansie sił kończy się heliosfera (ten rejon pomiędzy to z ang. "heliosheath"). Za to granica bańki to **heliopauza**.



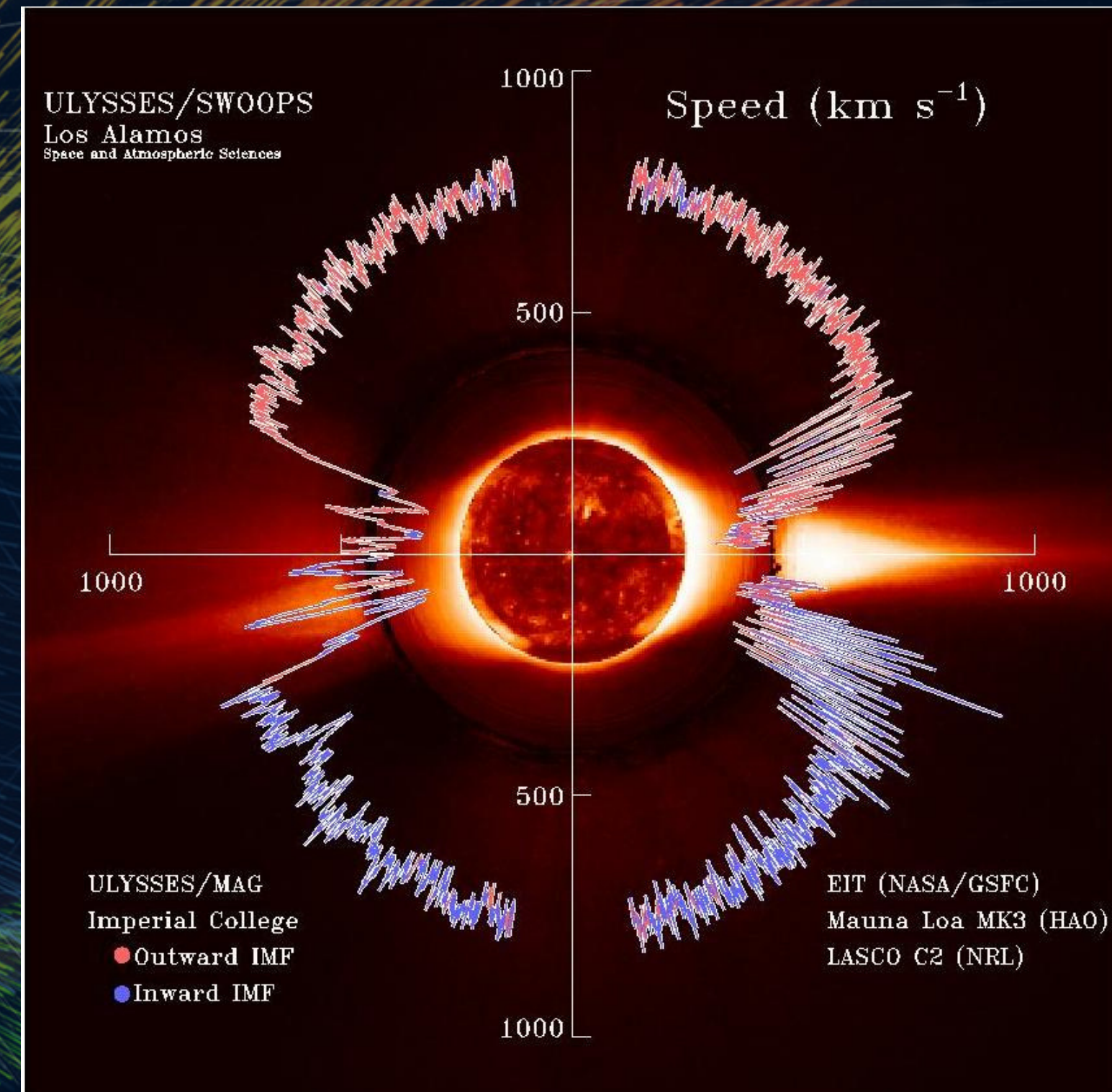
*Jak dokładniej 'wieje' **wiatr słoneczny** ?*



Jak dokładniej 'wieje' **wiatr słoneczny** ?

Wiatr słoneczny nie jest izotropowy!

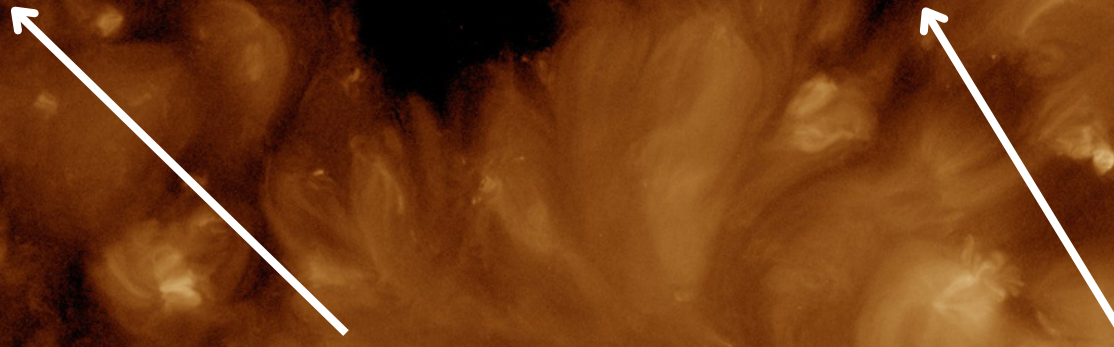
**Można wyróżnić wiatr wolny i szybki.
Ich powstawanie jest inne i mają też
różne własności, co kształtuje
strukturę ogólną wiatru słonecznego
oraz pogodę kosmiczną.**



Jak dokładniej 'wieje' **wiatr słoneczny** ?

Wiatr wolny powstaje z wyrzutów koronalnych i ich magnetycznych zaburzeń. Jest on wolniejszy (około 400km/s) i chłodniejszy oraz bardziej gęsty. Skupia się głównie w okolicach równika słonecznego, a przy maskimum **cyklu słonecznego** opanowuje większość Słońca.

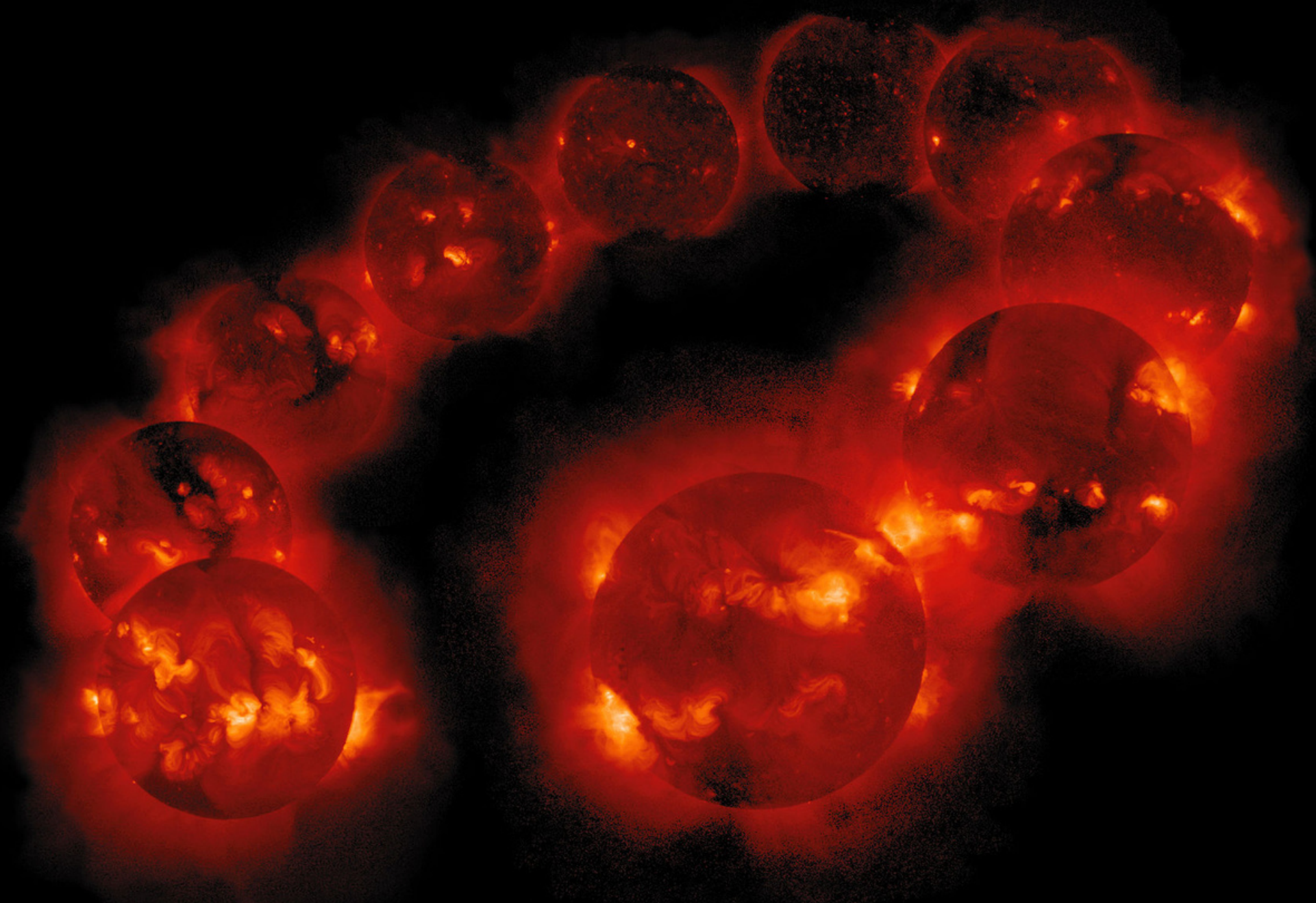
Jak dokładniej 'wieje' **wiatr słoneczny** ?



Wiatr szybki powstaje z dziur koronalnych, gdzie występuje większe pole magnetyczne, a także te obszary są chłodniejsze i mniej zagęszczone. Przez to jest on szybszy (około 700km/s) i gorętszy oraz mniej gęsty. Skupia się głównie w okolicach biegunów słonecznych.



Wiatr słoneczny zależy od cyklu słonecznego

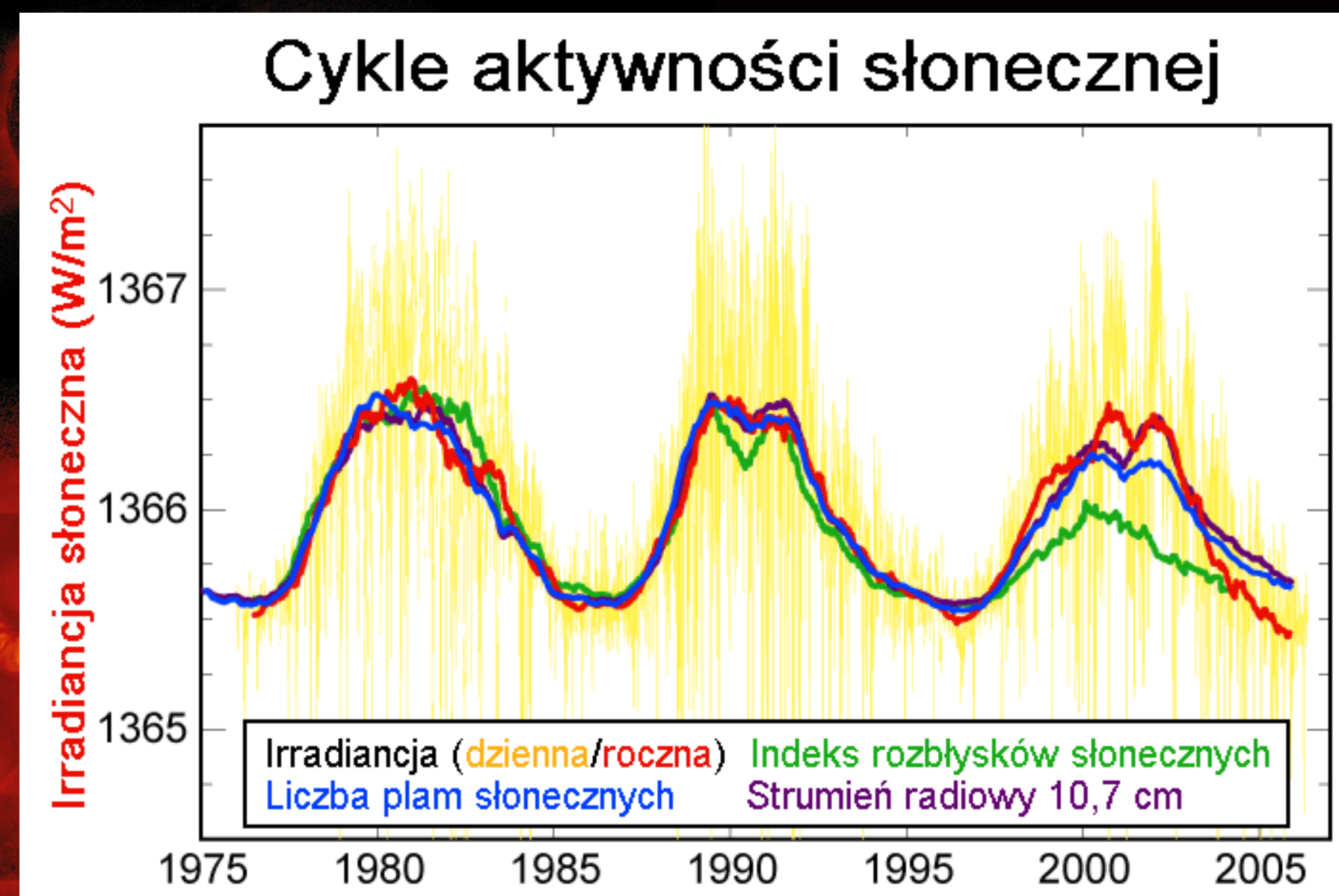


źródło: <http://solar.physics.montana.edu/>



Wiatr słoneczny zależy od cyklu słonecznego

Cykl słoneczny to oscylacje aktywności słońca, które zmieniają strukturę wiatru słonecznego w czasie. Co mniej więcej 11 lat występuje maksimum, w którym Słońce emituje więcej światła w zakresie UV i promienowania, na powierzchni występuje więcej plam słonecznych i wyrzutów koronalnych



Jak GLOWS będzie badał wiatr słoneczny?

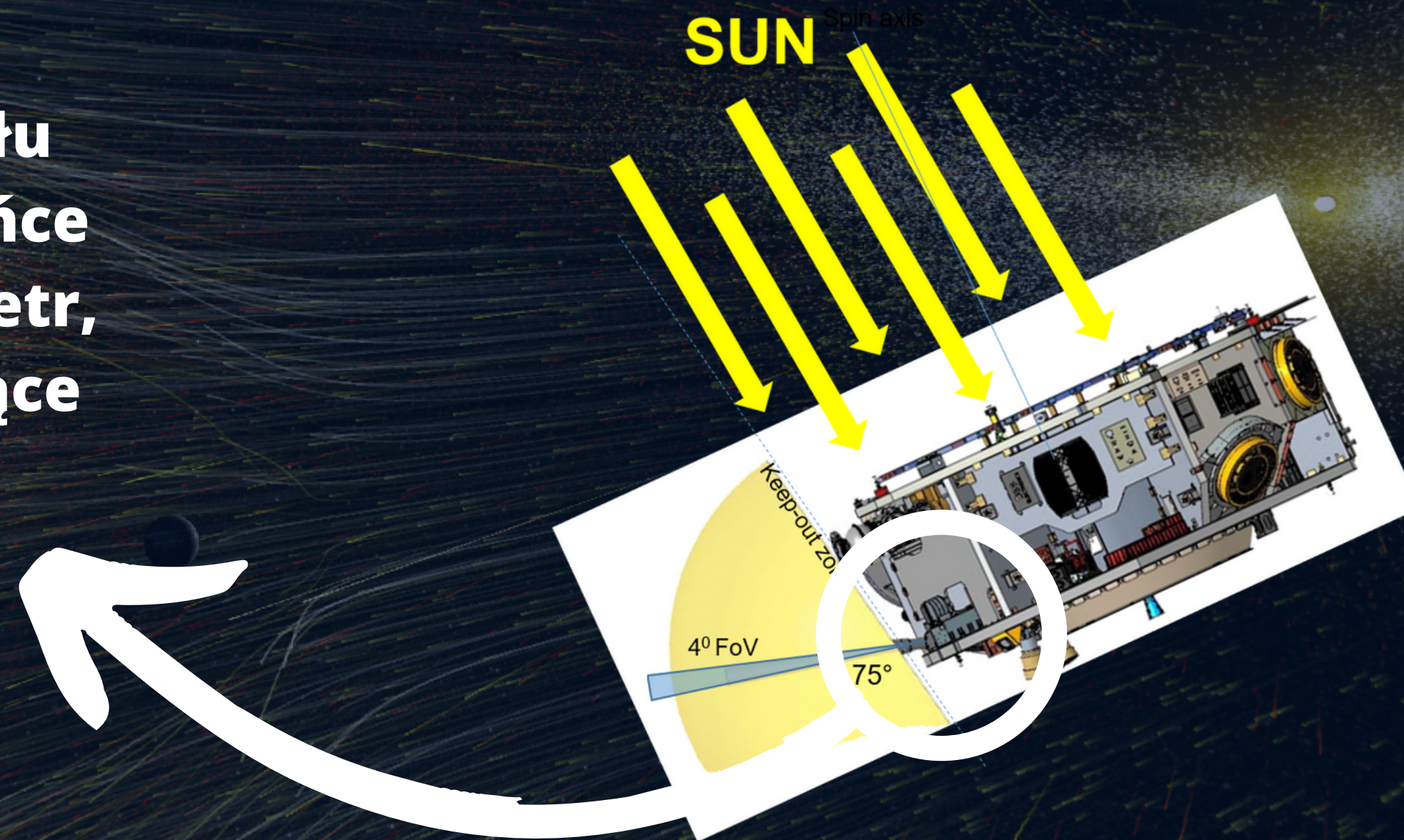


źródło: NASA/GSFC

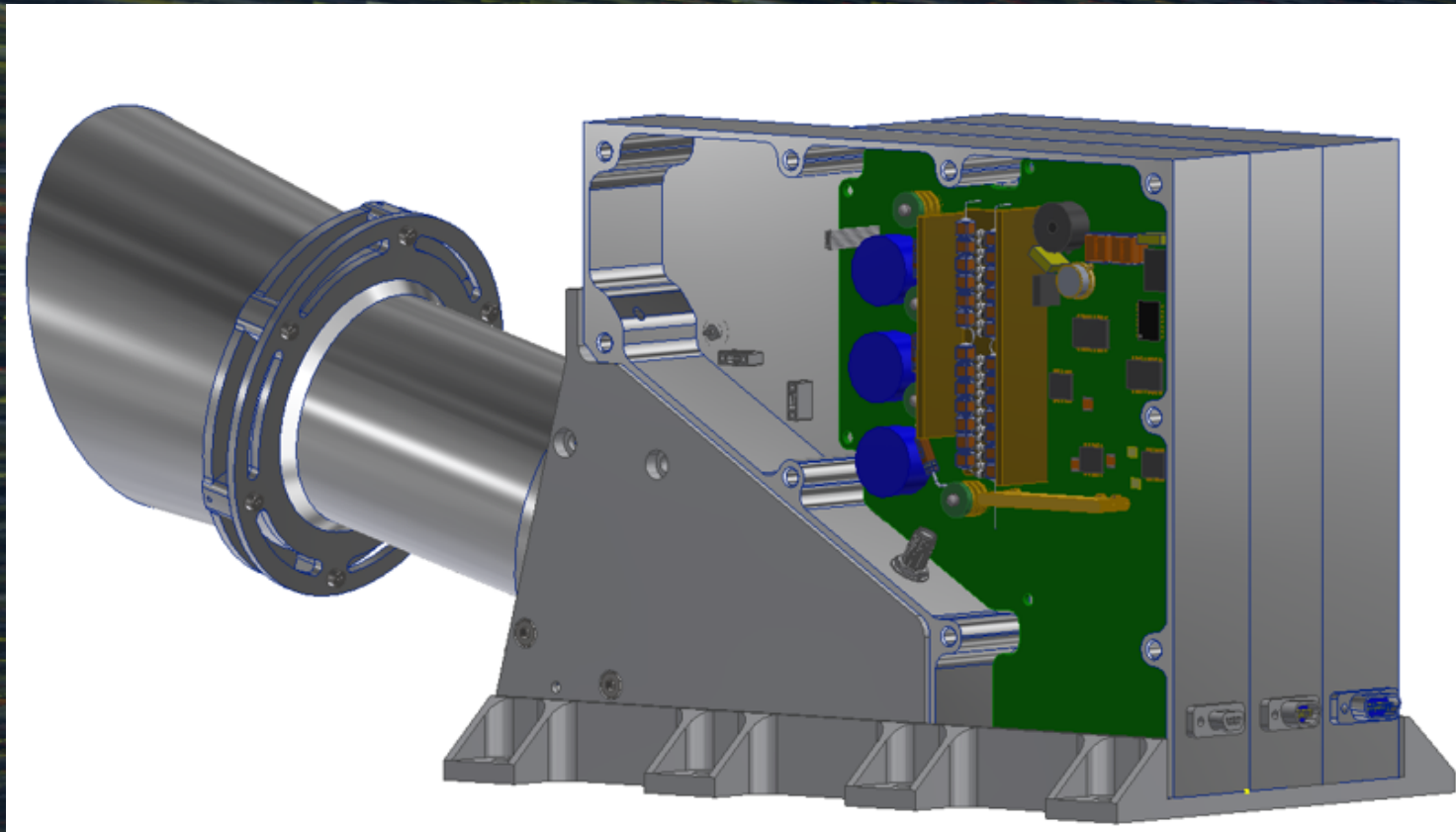


GLOWS w przybliżeniu - budowa

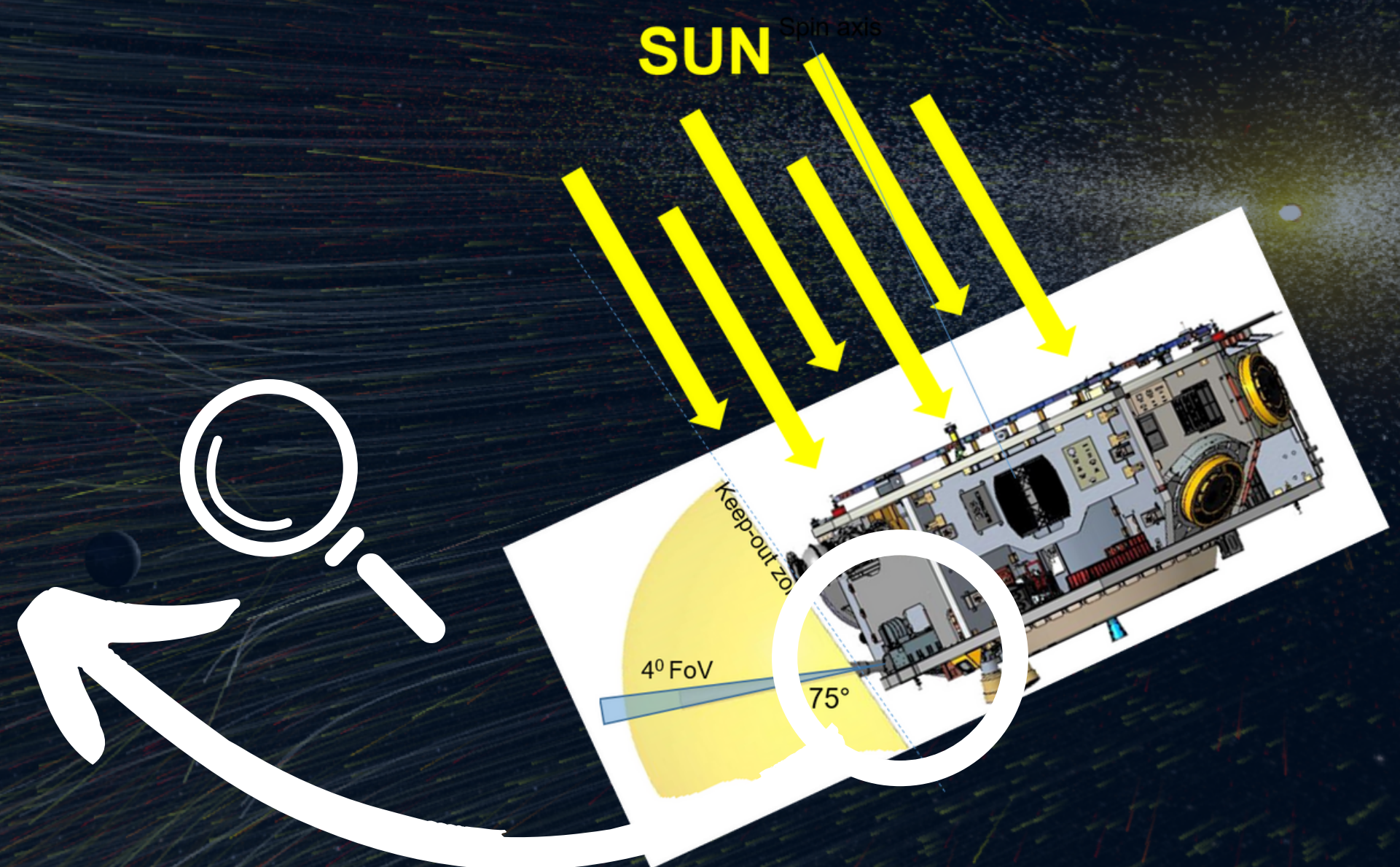
GLOWS będzie się znajdował u dołu sondy IMAP i będzie patrzył na Słońce pod kątem około 75°. Jest to fotometr, czyli urządzenie zliczające wpadające do niego fotony.



GLOWS w przybliżeniu - budowa



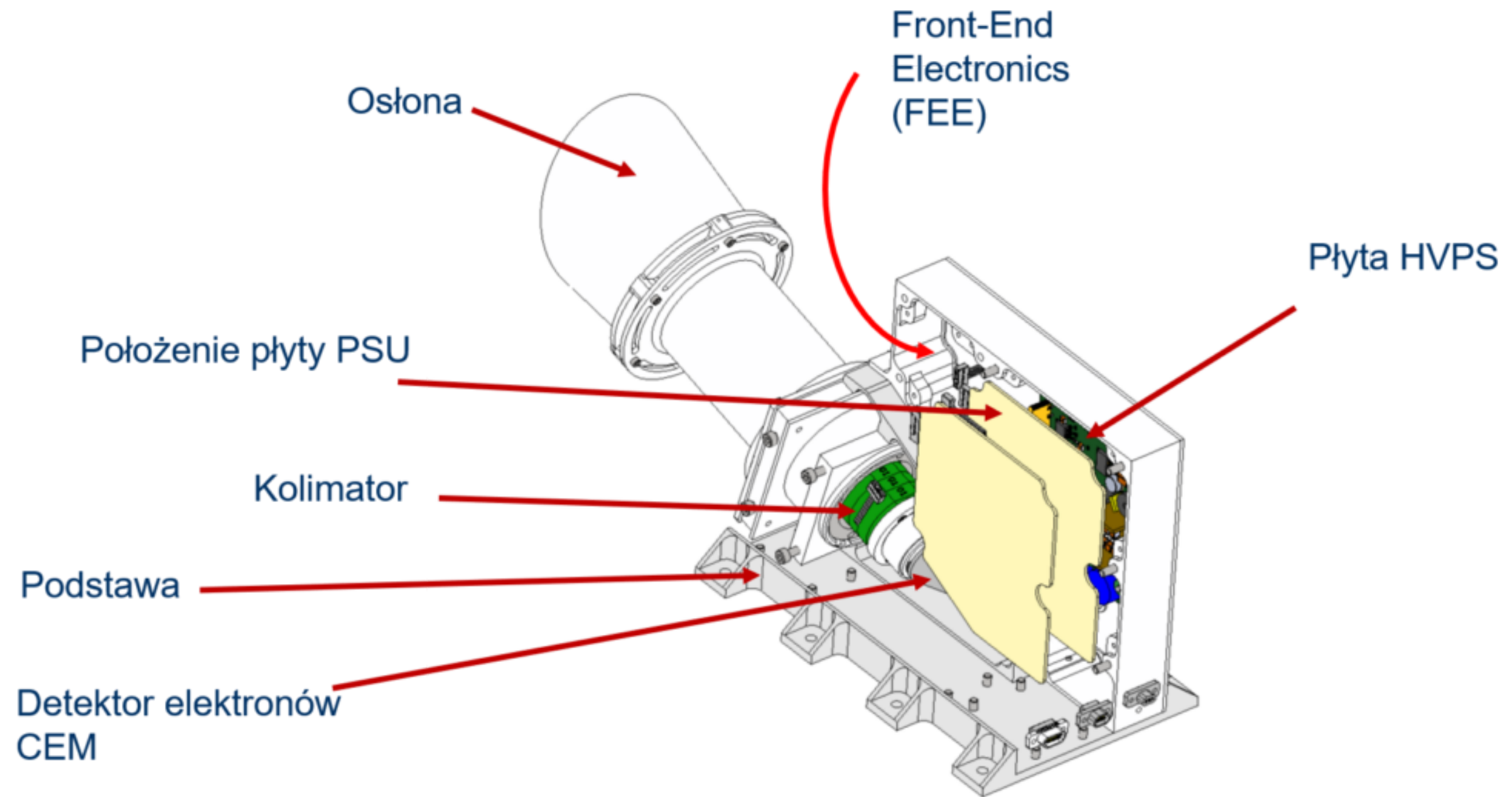
~50cm



GLOWS w przybliżeniu - budowa

Co oznacza ten schemat?

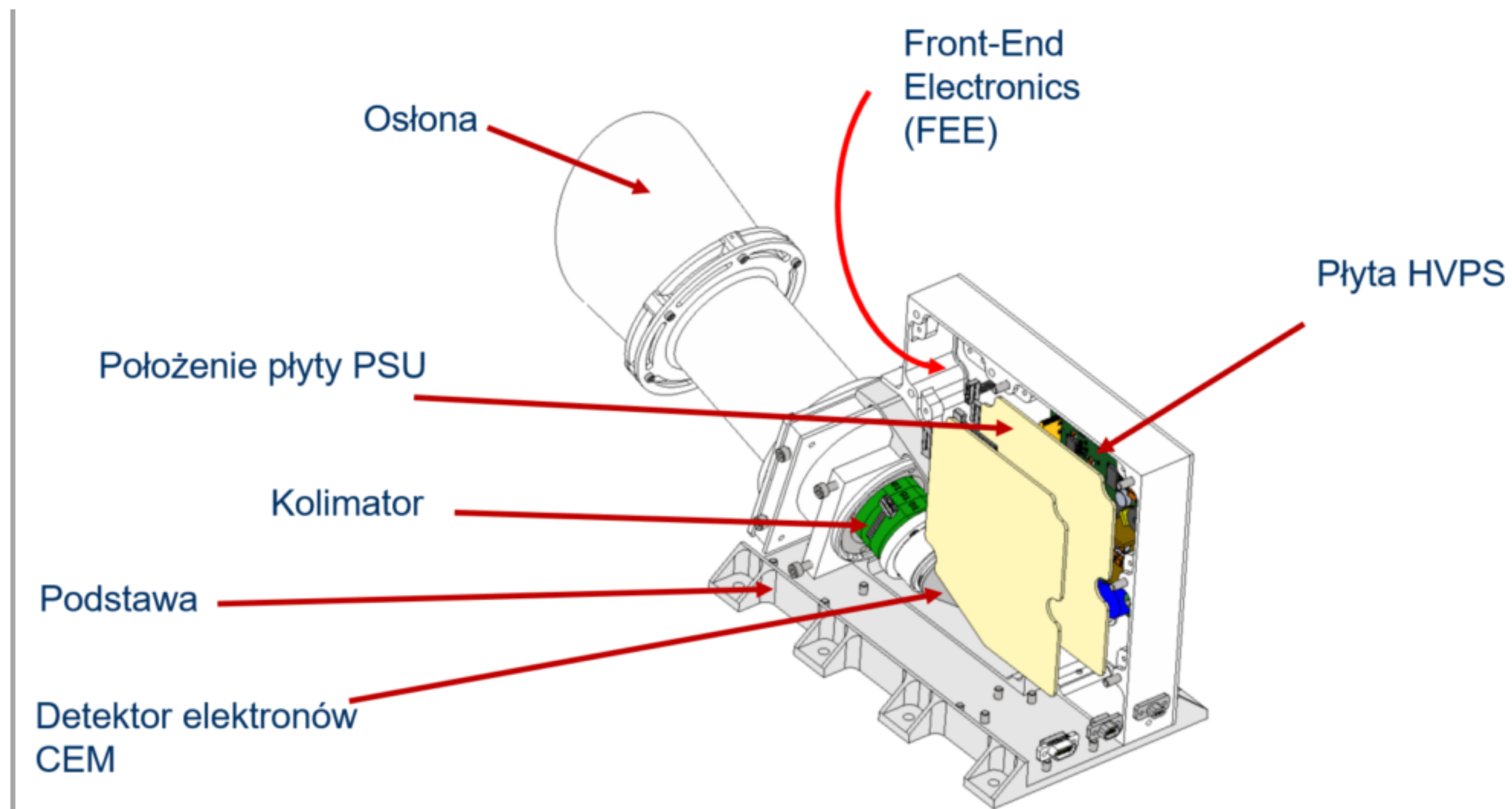
Zasada działania jest dość prosta: fotony będą wlatywać tubą w głąb urządzenia, a osłona ma na celu ograniczenie fotonów z różnych kątów. (1/4)



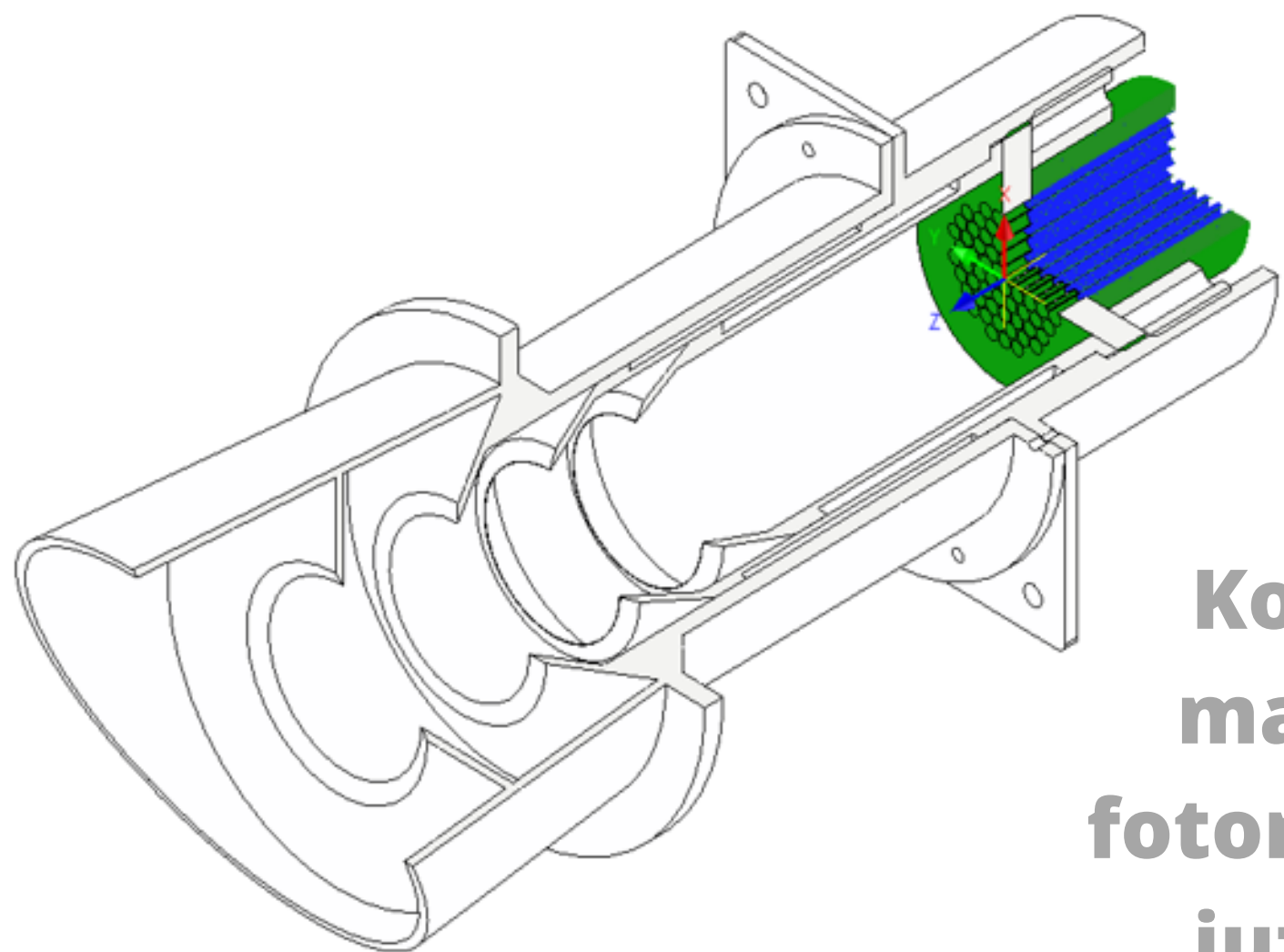
GLOWS w przybliżeniu - budowa

Co oznacza ten schemat?

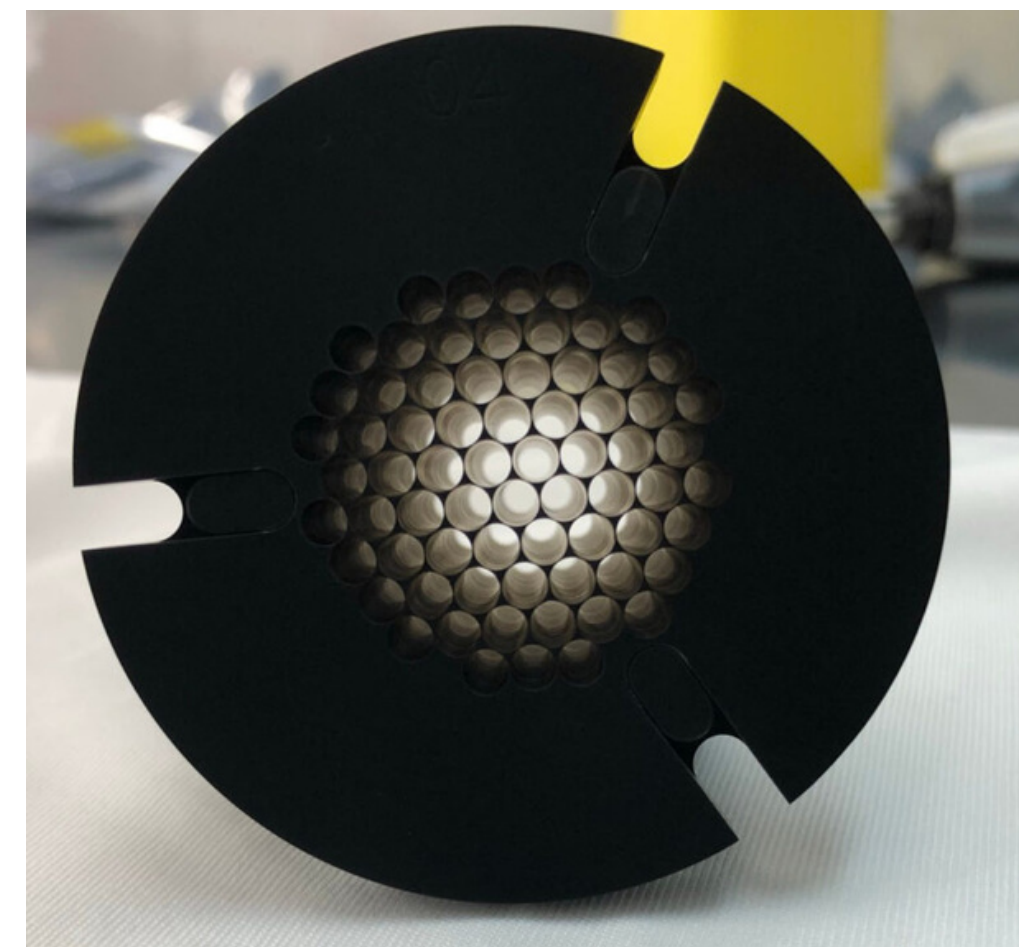
Następnie wstępnie uformowana wiązka fotonów przechodzi przez kolimator - przepuści on tylko fotony lecące w osi kolimatora. (2/4)



GLOWS w przybliżeniu - budowa



Kolimator wygląda jak maszynka do mięsa dla fotonów - na wyjściu mamy już równoległą wiązkę

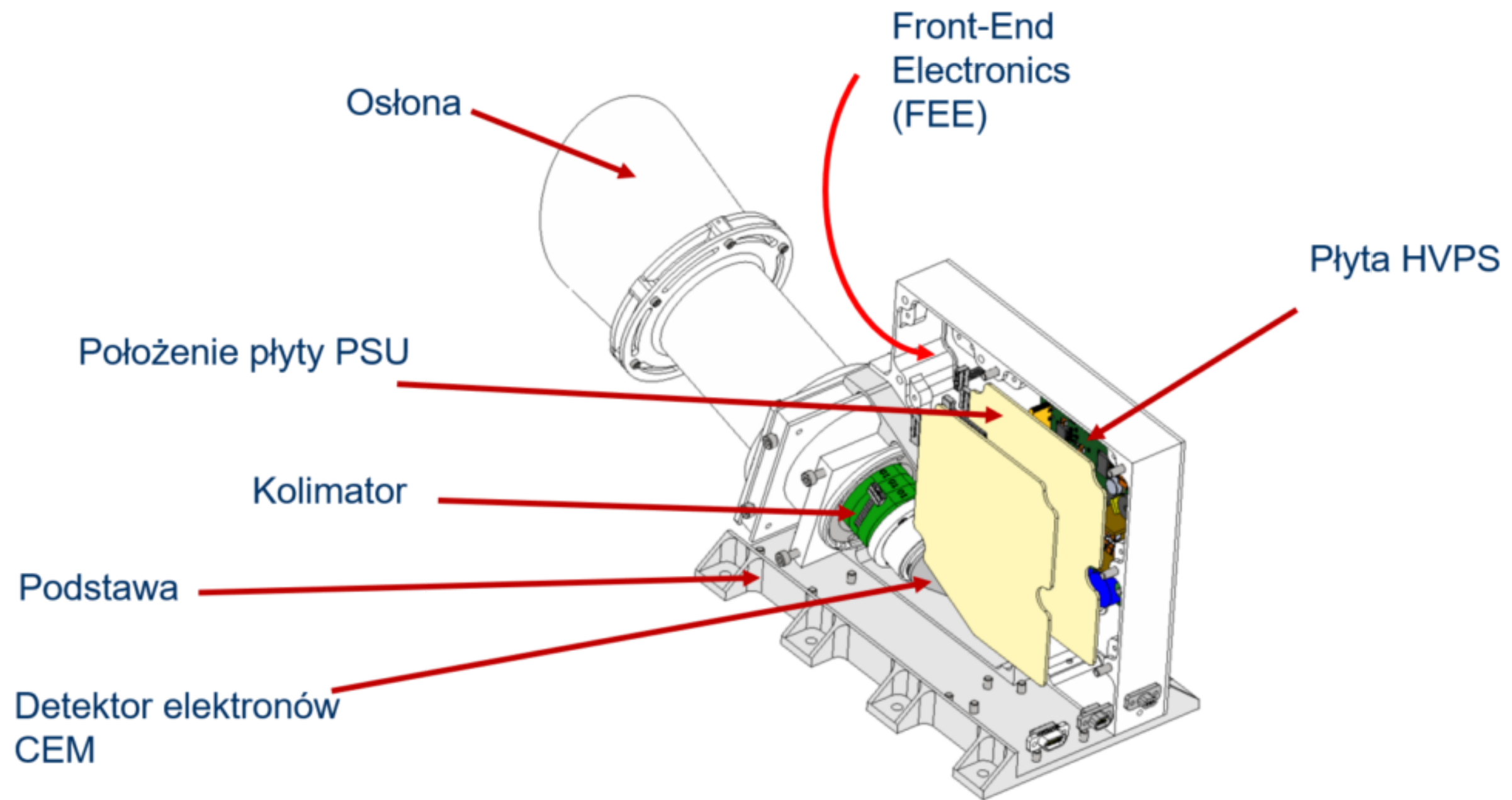


GLOWS w przybliżeniu - budowa

Co oznacza ten schemat?

Uformowana wiązka przechodzi przez filtr (tylko fotony o konkretnej długości fali nas interesują) a następnie do detektora.

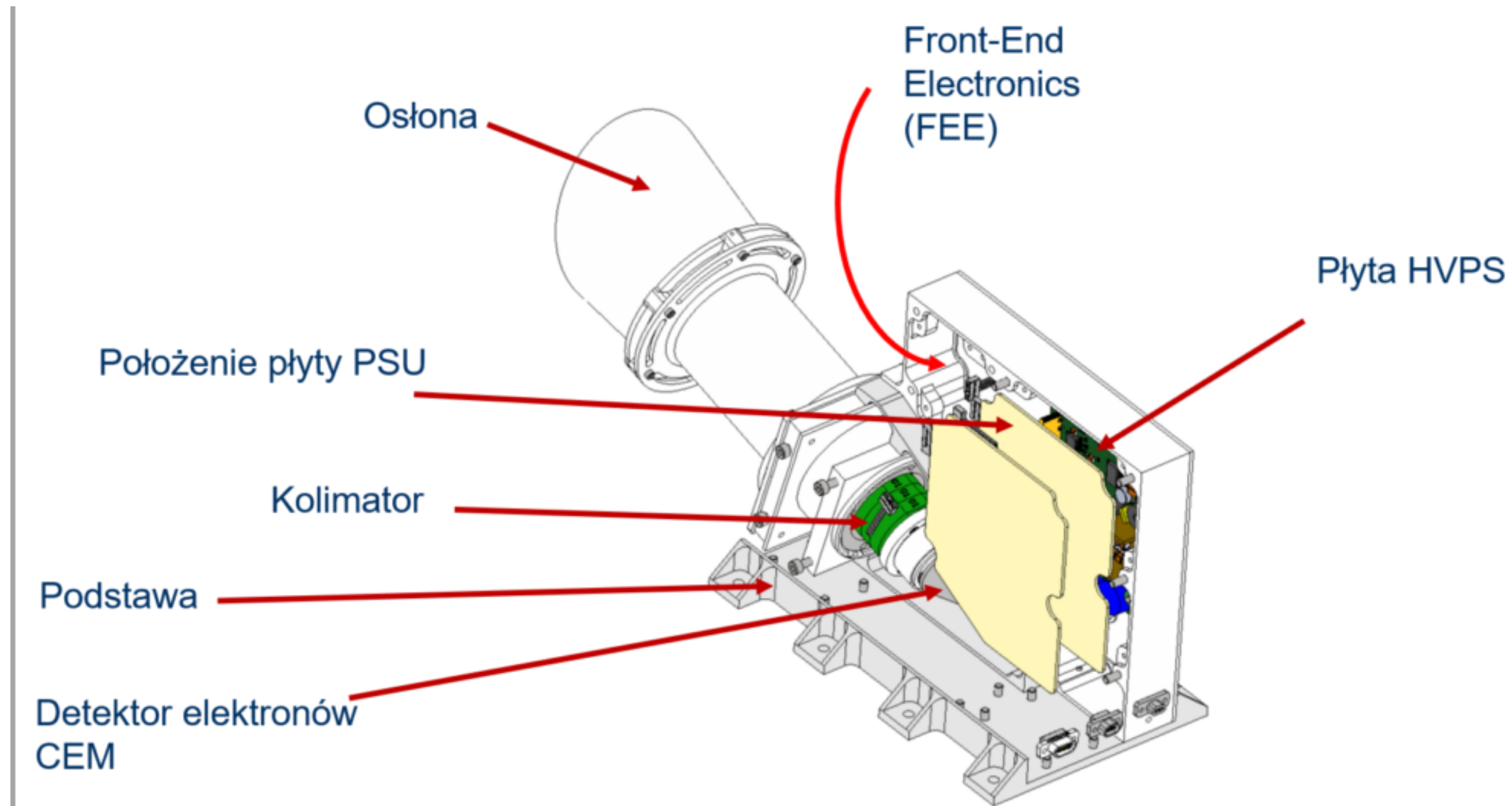
(3/4)



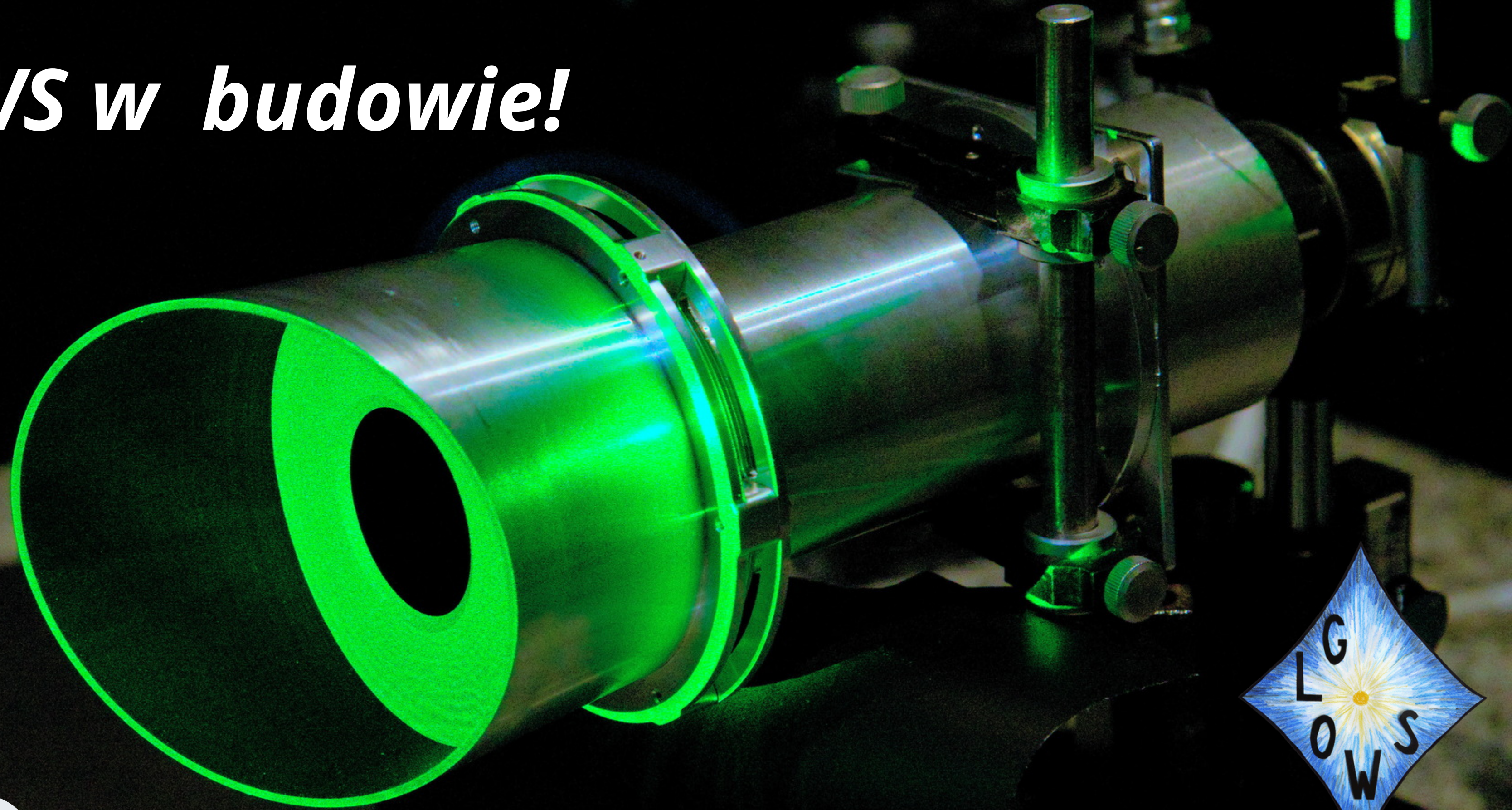
GLOWS w przybliżeniu - budowa

Co oznacza ten schemat?

**Reszta to elektronika
pozwalająca przetwarzać i
zapisywać uzyskane dane
(4/4)**



GLOWS w budowie!



GLOWS w budowie!

**Całość
została
zbudowana
od zera przez
Polaków z
CBK!**



Jakie fotony będzie mierzyć GLOWS??

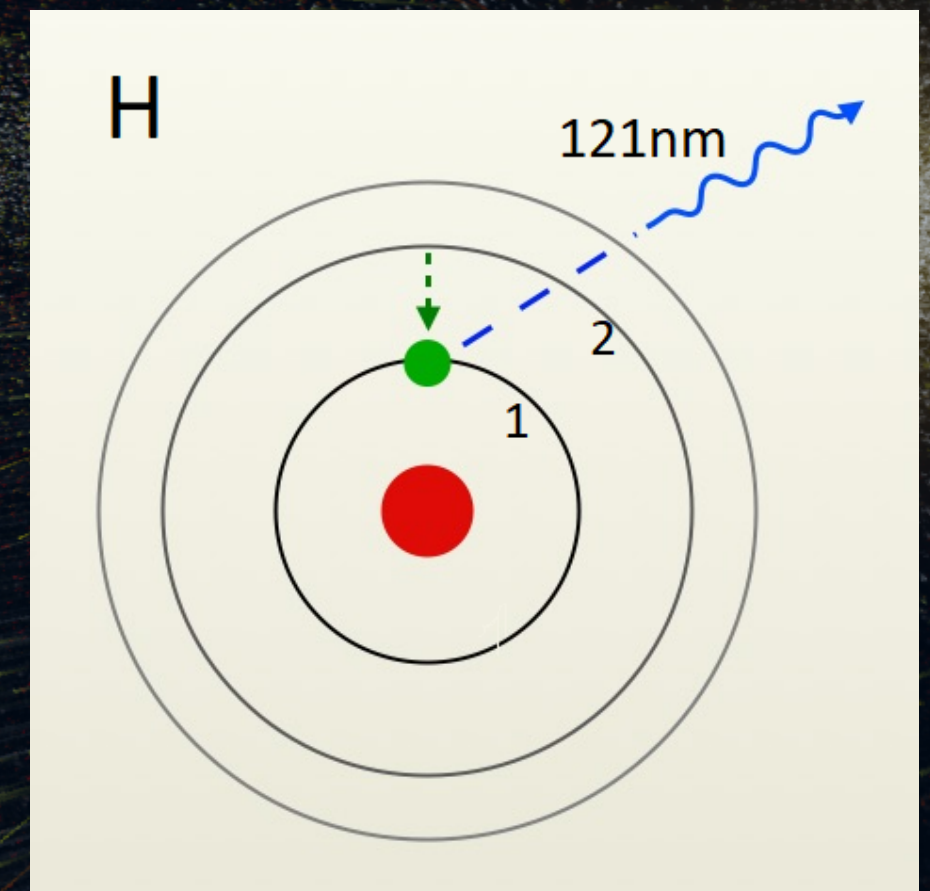


Jakie fotony będzie mierzyć GLOWS??

Przecież w wietrze słonecznym nie ma fotonów.

→ GLOWS będzie badał wiatr słoneczny **pośrednio**.

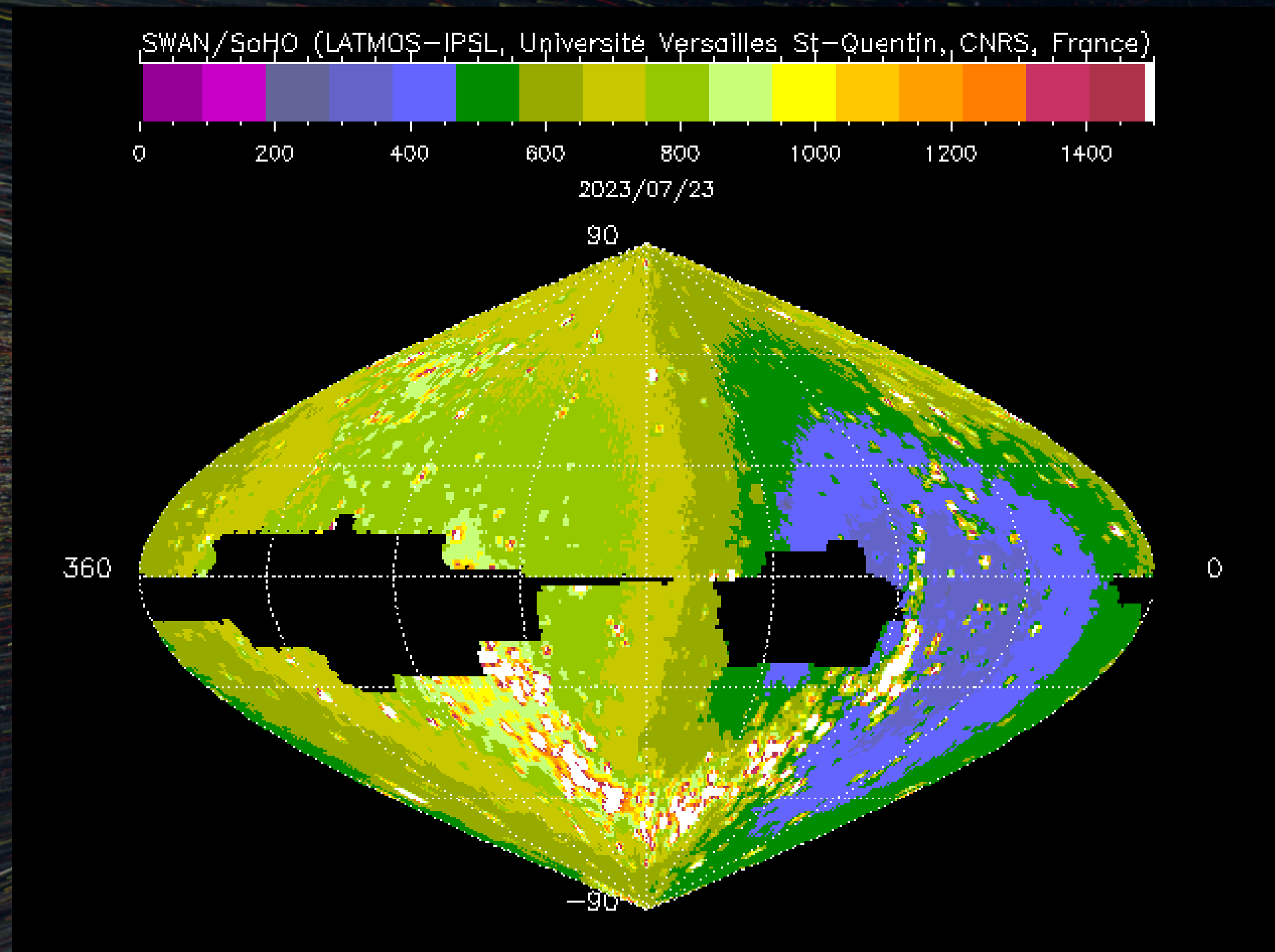
Napływające z ośrodka międzygwiazdowego atomy, m.in. wodór (H), oddziałują z wiatrem słonecznym i fotonami ze Słońca. Np. fotony wzbudzają go, a następnie po kilku nanosekundach wodór emituje foton o konkretnej długości fali - 121nm. Jest to tzw. seria Lymana emitowana w zakresie UV. To zjawisko tworzy 'poświatę' wokół Słońca i to ją będzie badać GLOWS.



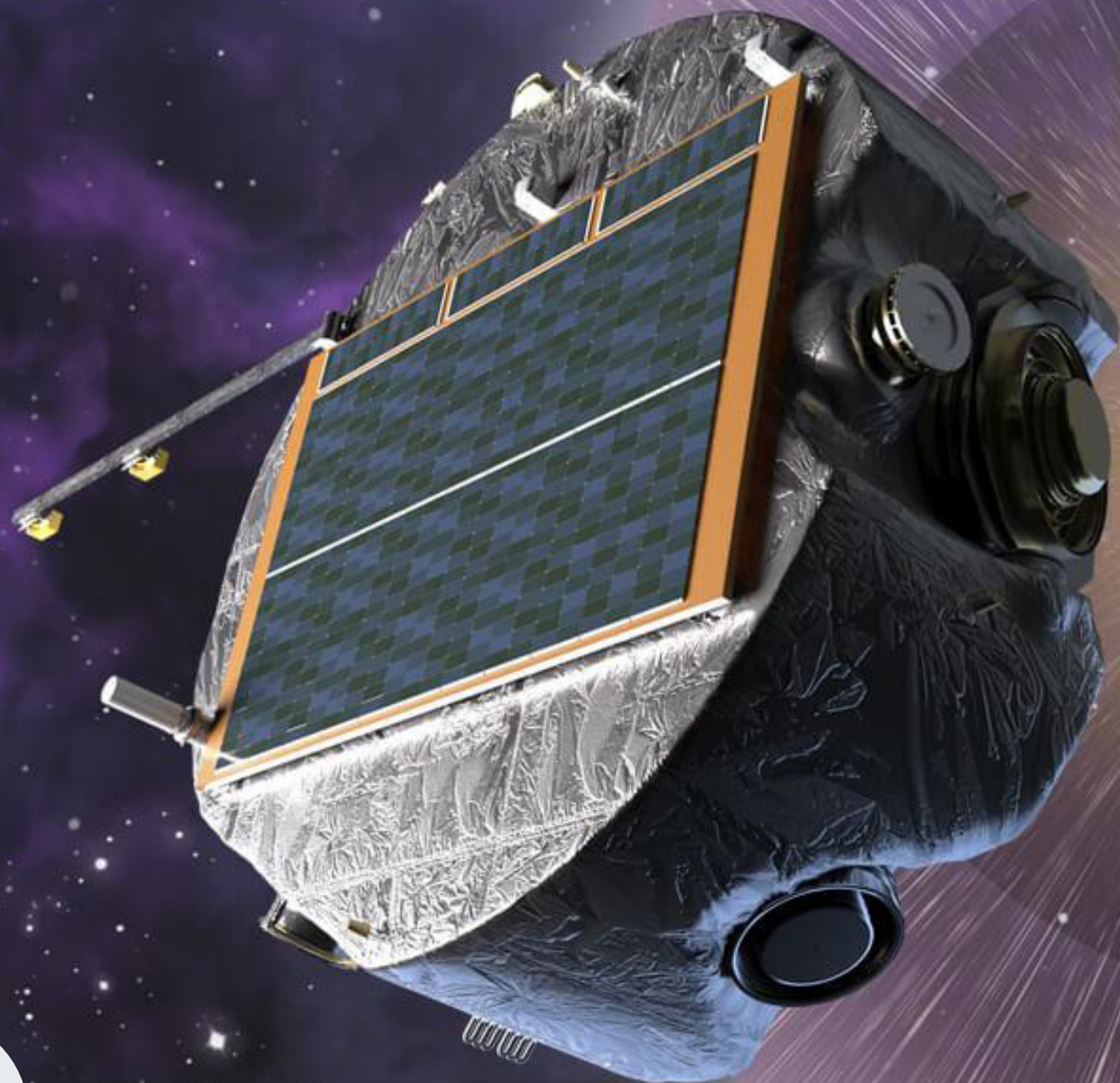
Jakie fotony będzie mierzyć GLOWS??

**GLOWS udoskonali
istniejące pomiary, dzięki
większej rozdzielczości
spektralnej i czułości
eliminując część tła.**

**Po lewej mapa wykonana
przez satelitę SoHO/SWAN**



Gdzie poleci IMAP?



źródło: NASA/Johns Hopkins APL/Princeton University/Steve Gribbeni



Miejsce w układzie słonecznym

L3

L4

L1

Punkt Lagrange'a #1

L2

L5

źródło: <https://medium.com/mathphy-exclusive/the-upcoming-space-missions-around-the-lagrange-points-9d2cd331d4b9n>



Miejsce w układzie słonecznym

Punkty Lagrange'a są bardzo użyteczne w astronomii i dla misji kosmicznych. Są to punkty równowagi i stabilności grawitacyjnej między dwoma ciałami - tu Słońcem i Ziemią.

Sonda będzie prawie stacjonarna w tym punkcie i będzie okrążać Słońce jak my - w rok.

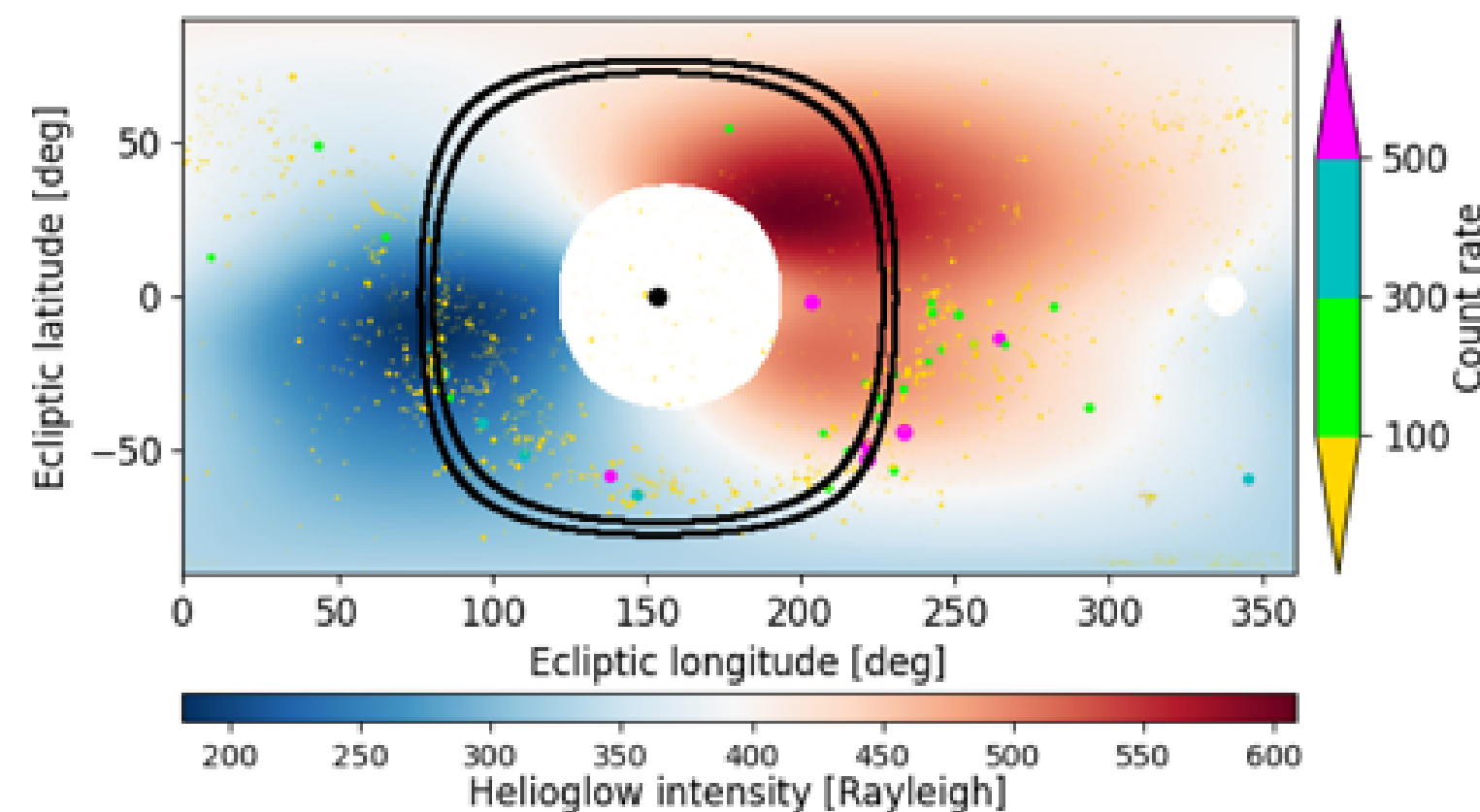
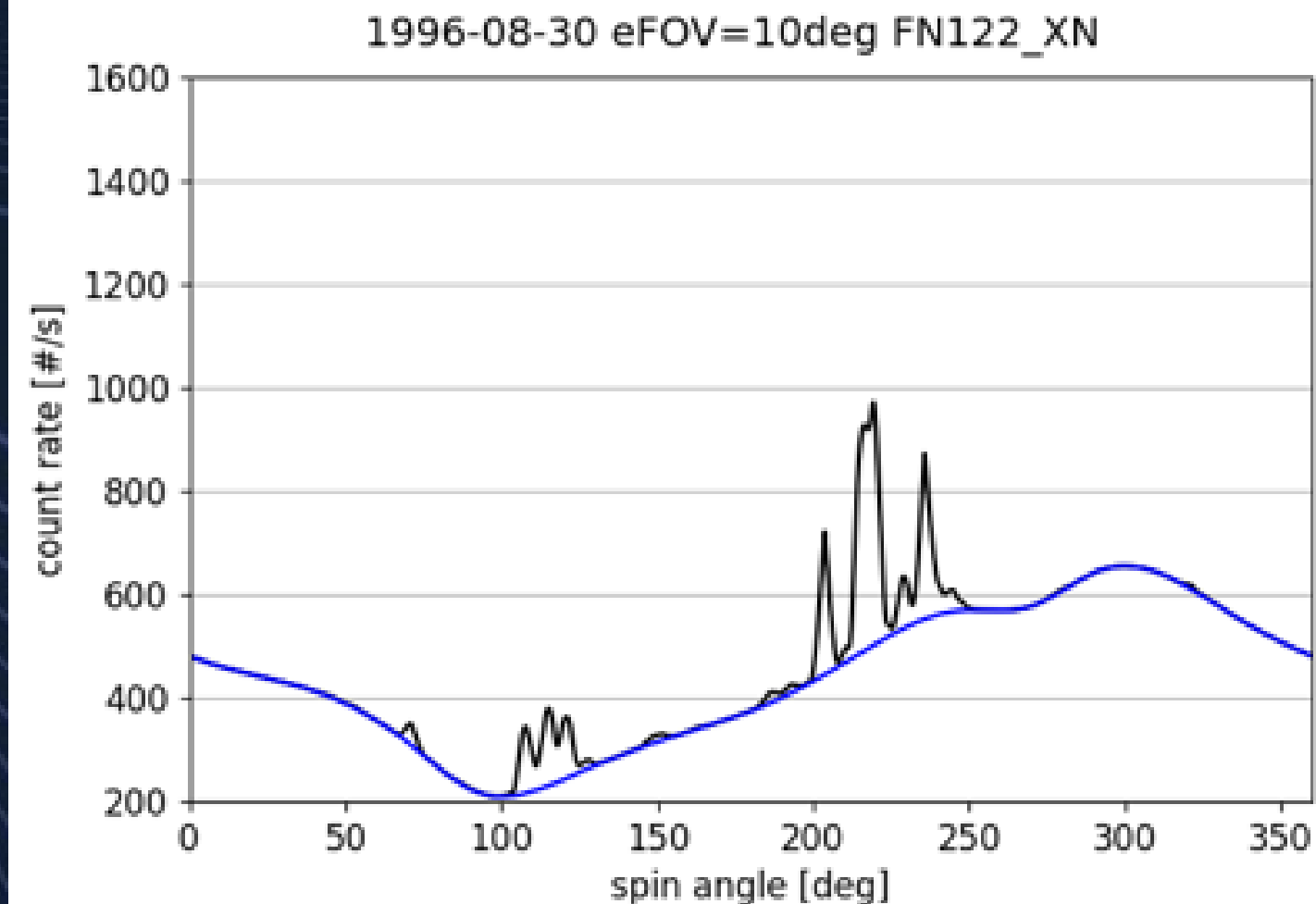
Punkt Lagrange'a #1



Obserwacje poświaty

Na schemacie dolnym widać okrąg pod kątem $\sim 75^\circ$ wokół Słońca, czyli obszar monitorowania GLOWS oraz zasymulowaną poświatę w tle.

Na górze widać wartości intensywności tej poświaty w zależności od kąta na okręgu. Widać również 'piki' od gwiazd, które również znajdują się w tle.

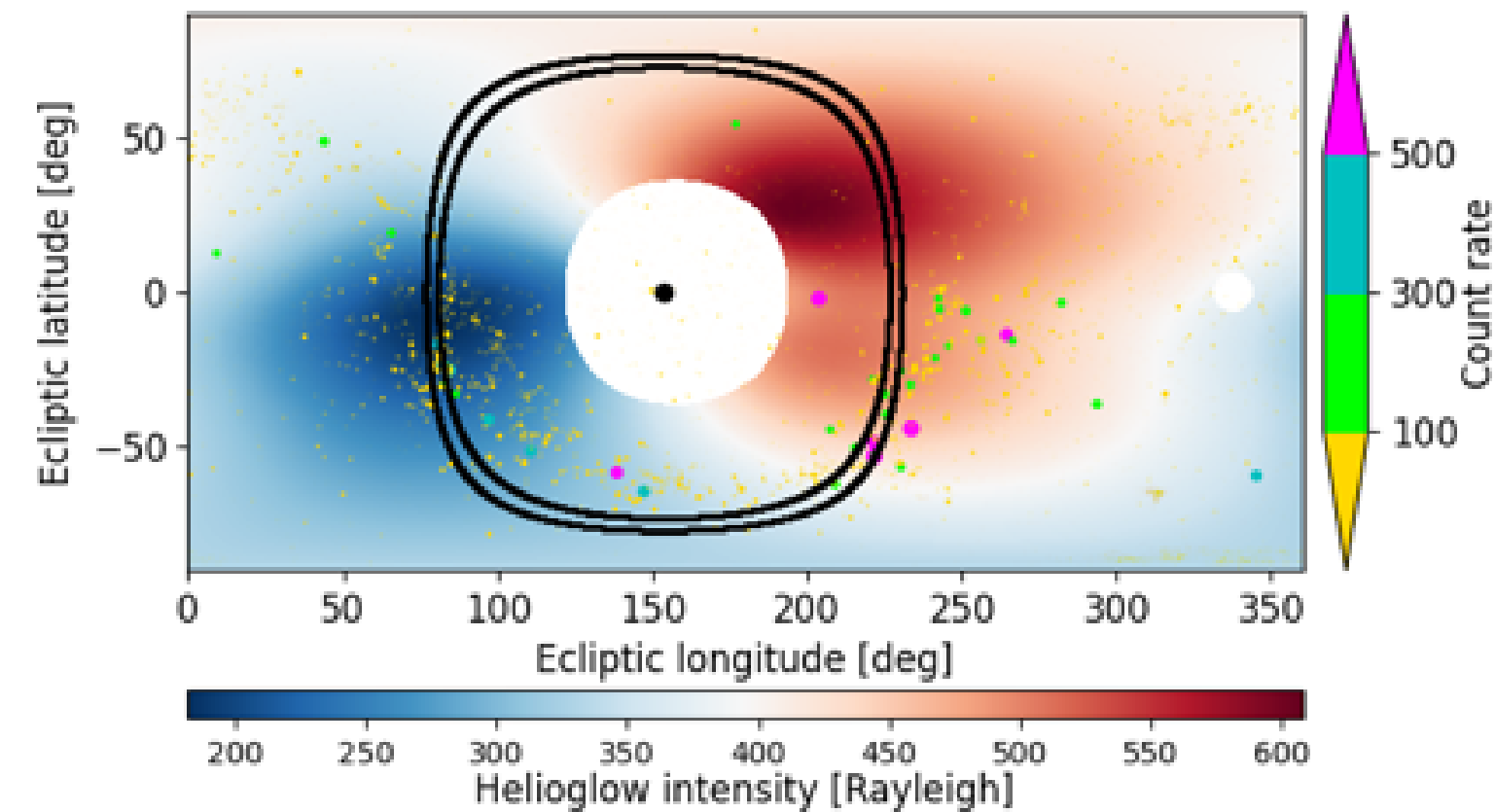
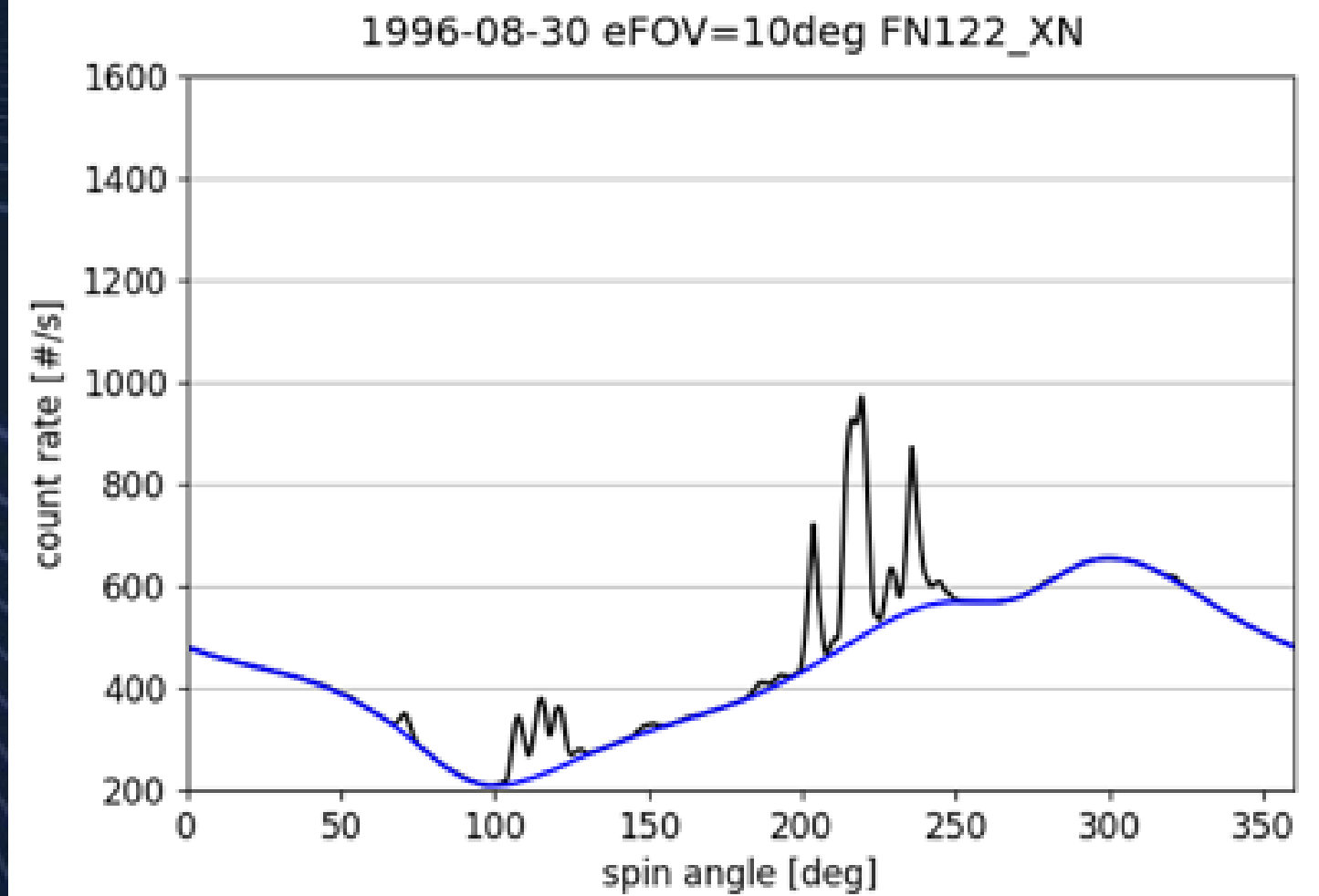


Obserwacje poświaty

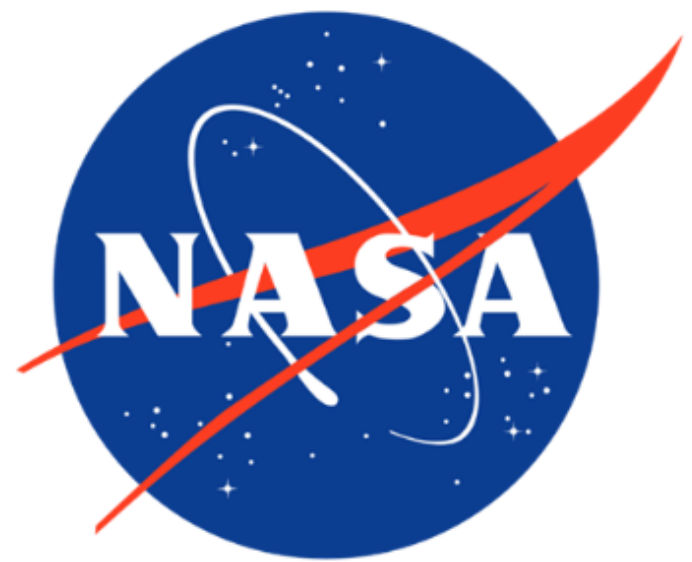
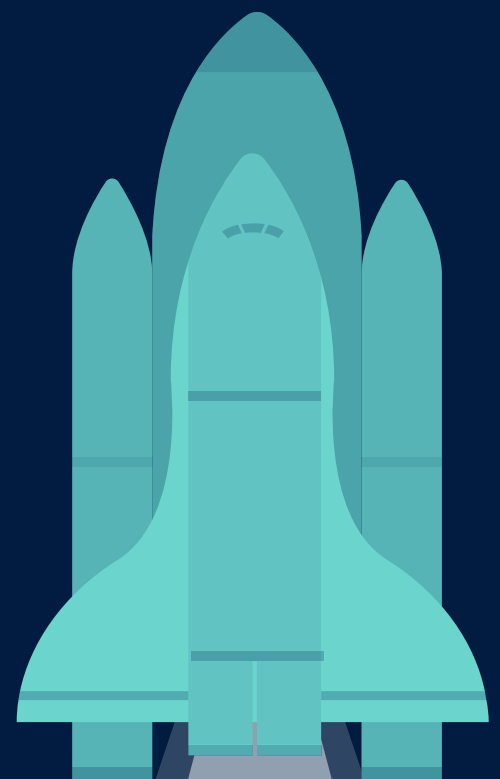
Satelita będzie wykonywał pomiary codziennie obracając się wokół własnej osi (okrąg) i w miarę obrotu wokół Słońca w ciągu roku stworzy mapę 3D jej struktury, a przez to pośrednio wiatru słonecznego.

L3

L5



Do zobaczenia na orbicie!



Realizacja eksperymentu GLOWS w ramach misji kosmicznej NASA Interstellar Mapping and Acceleration Probe (IMAP) jest finansowana ze środków budżetu państwa na podstawie umowy z Ministerstwem Edukacji i Nauki.

