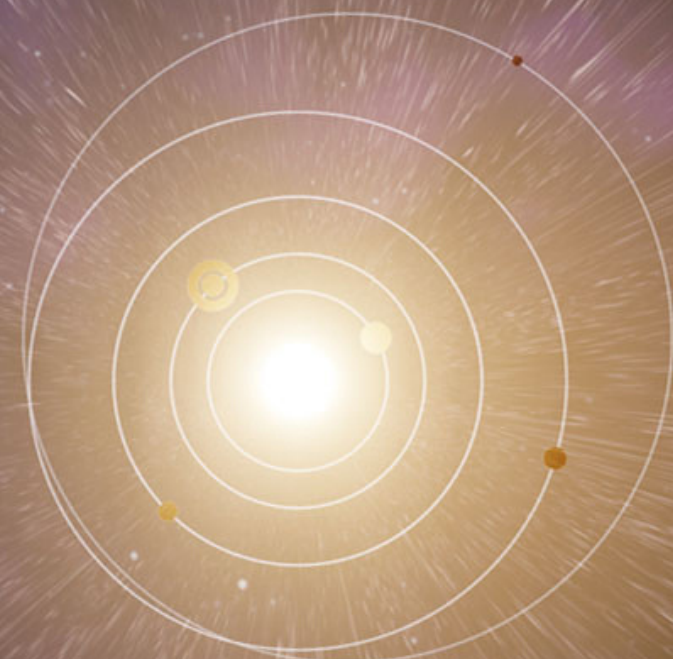
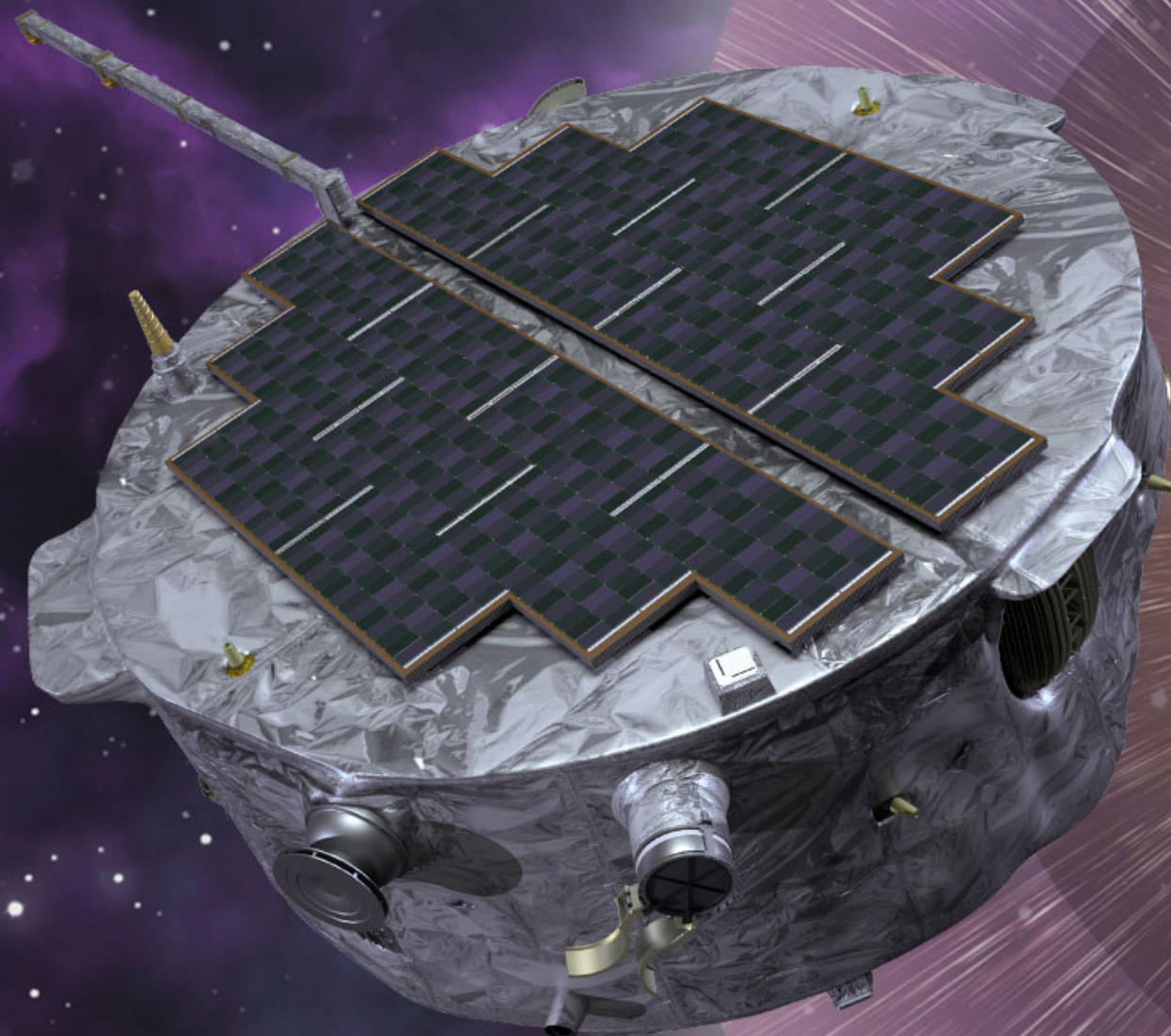




# IMAP



## Polski podbój heliosfery

autor:

**JAKUB JANOWSKI**

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

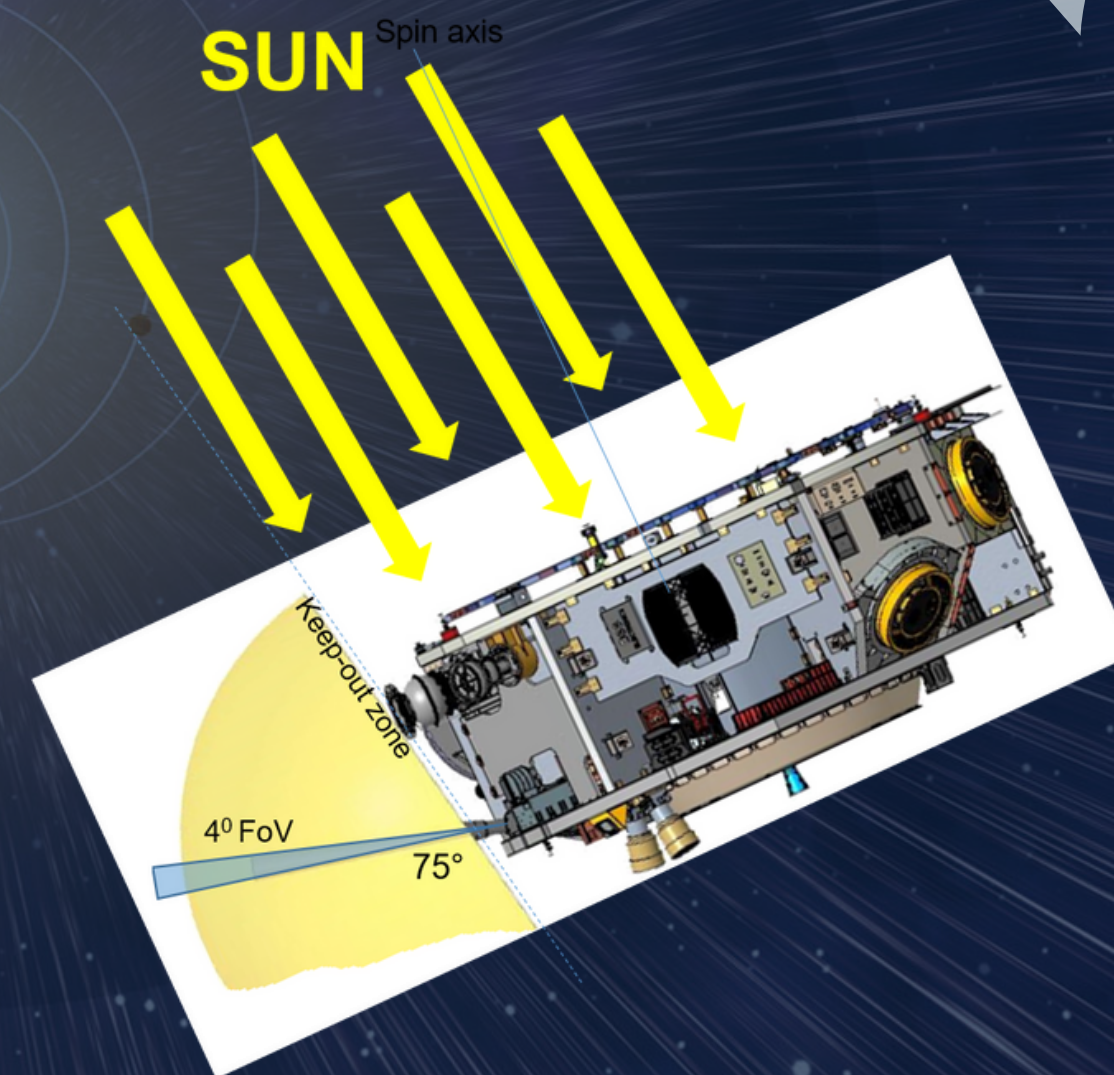


# Czym będzie *IMAP* i *GLOWS* ?

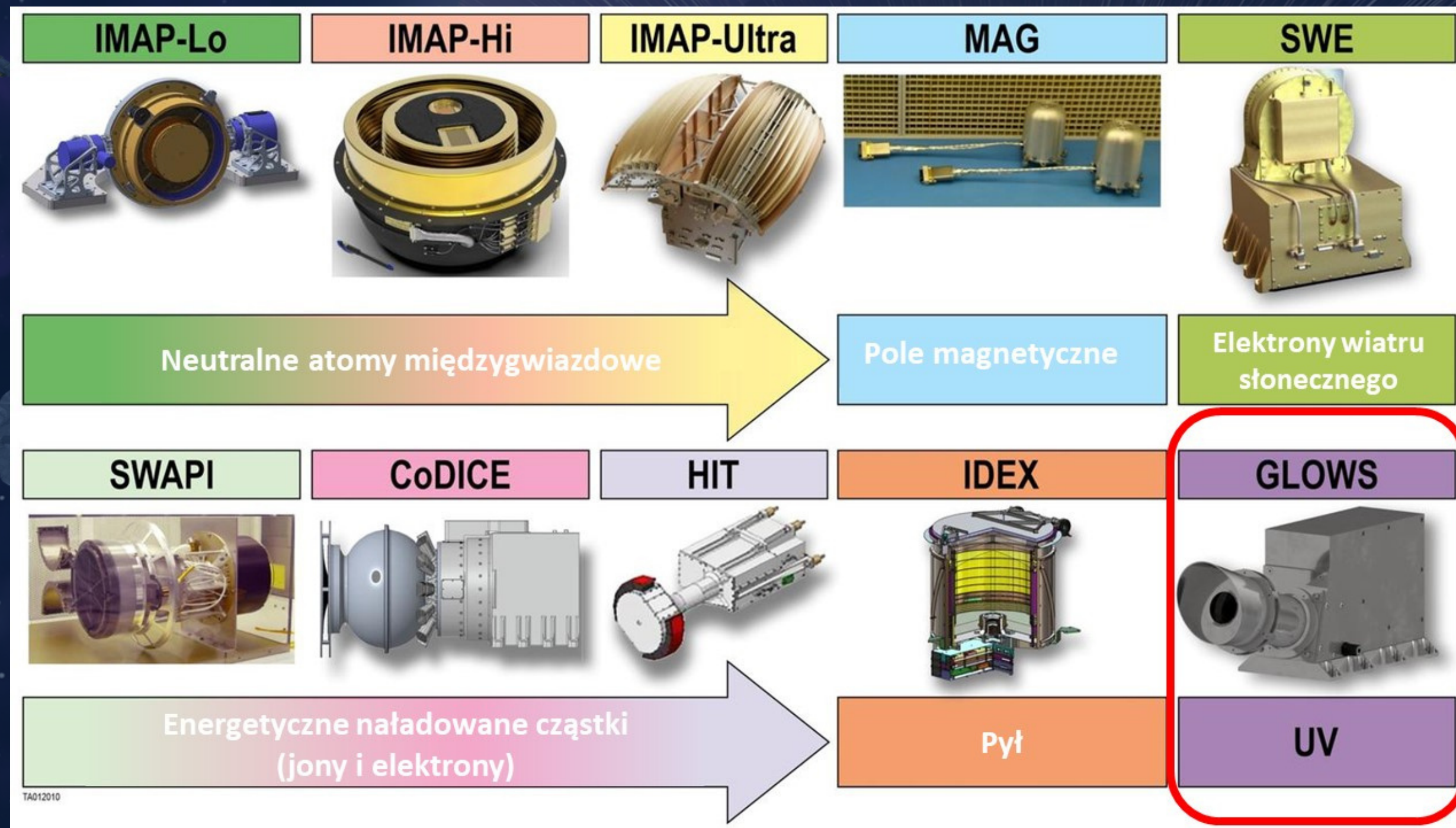
Nowa sonda NASA wystartuje w 2025 roku i będzie badać **wiatr słoneczny** oraz **heliosferę**.

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

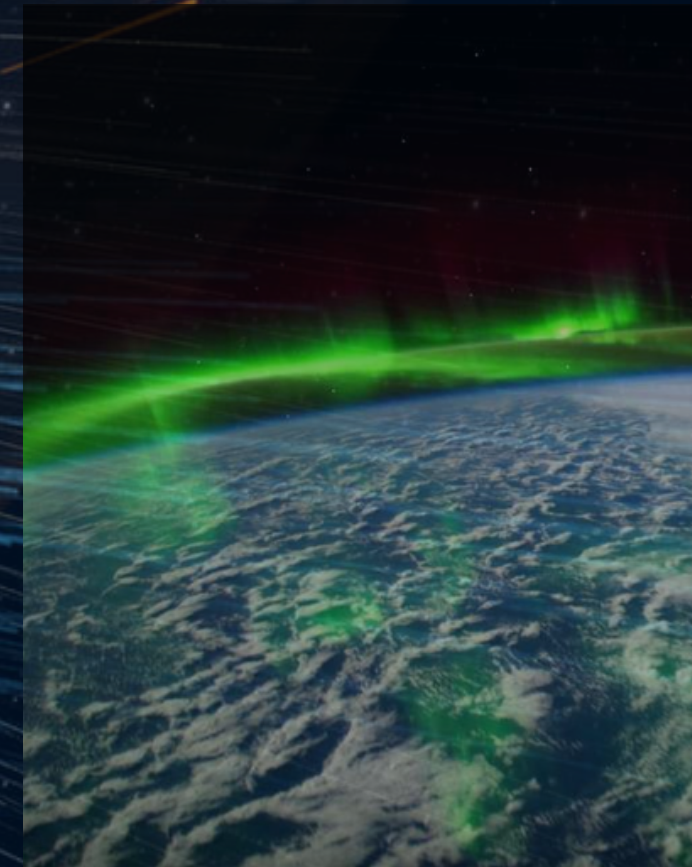


# Co to jest **wiatr słoneczny**?

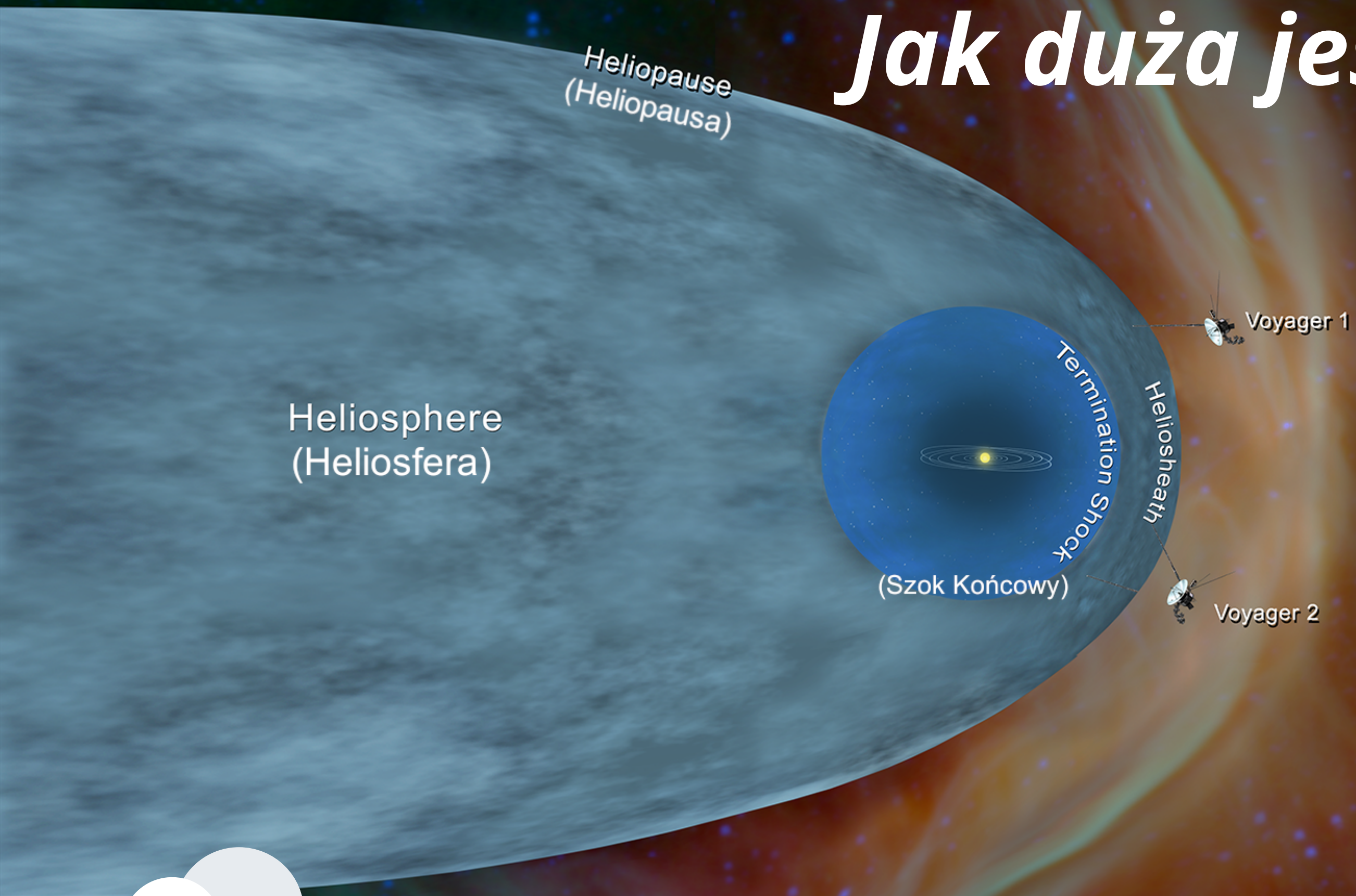
Słońce w ciągu każdej sekundy emituj (oprócz fotonów) strumień wysokoenergetycznych cząstek, głównie elektronów i protonów, a także cząstek alfa (jąder helu). To właśnie jest **wiatr słoneczny**.

Ziemskie pole magnetyczne chroni nas przed jego wpływem, ponieważ wypycha i częściowo "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

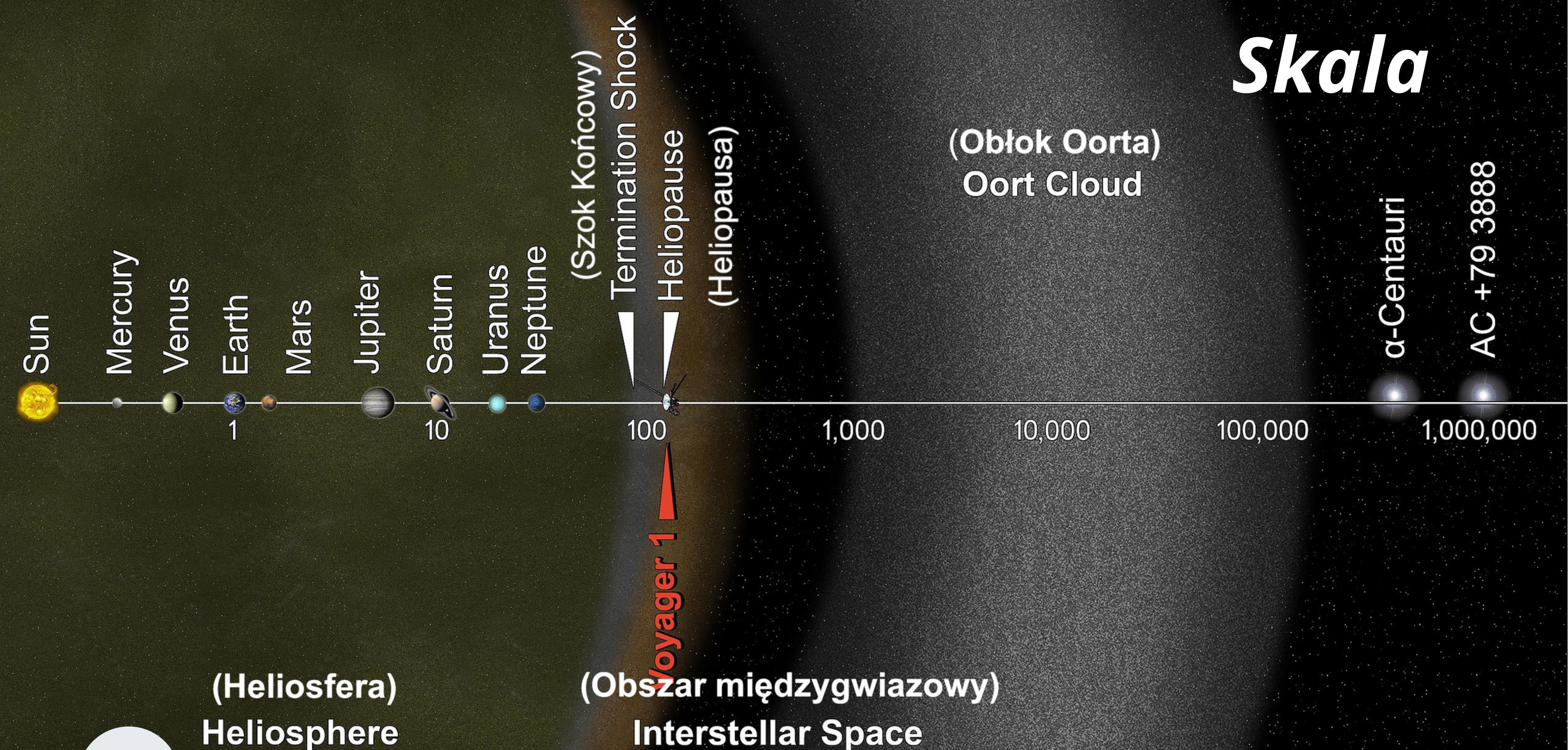
Voyager 2

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

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



# Skala



źródło: NASA/JPL-Caltech





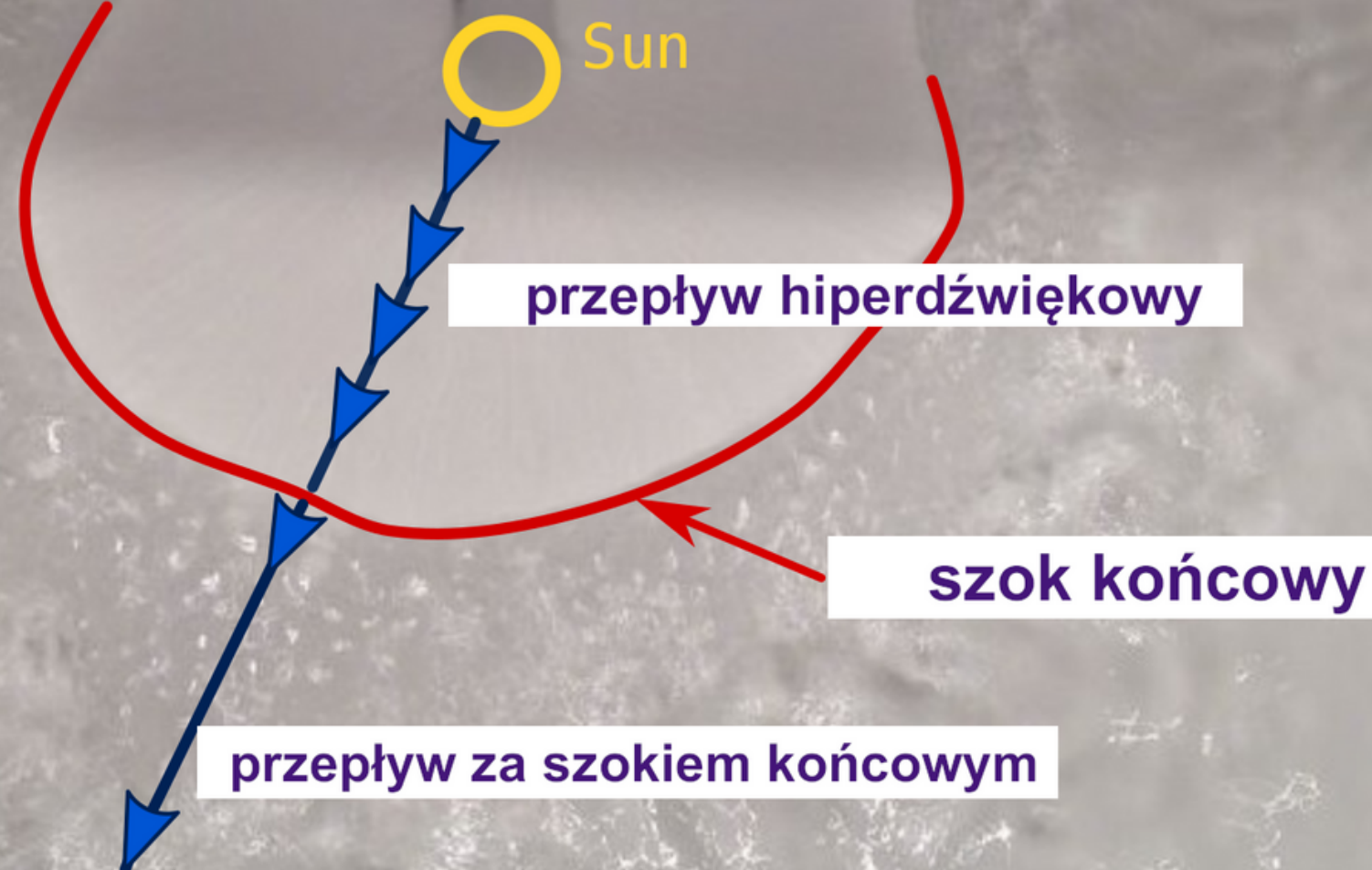
# Struktura **heliosfery** jest podobna do wody z kranu w zlewie

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!**

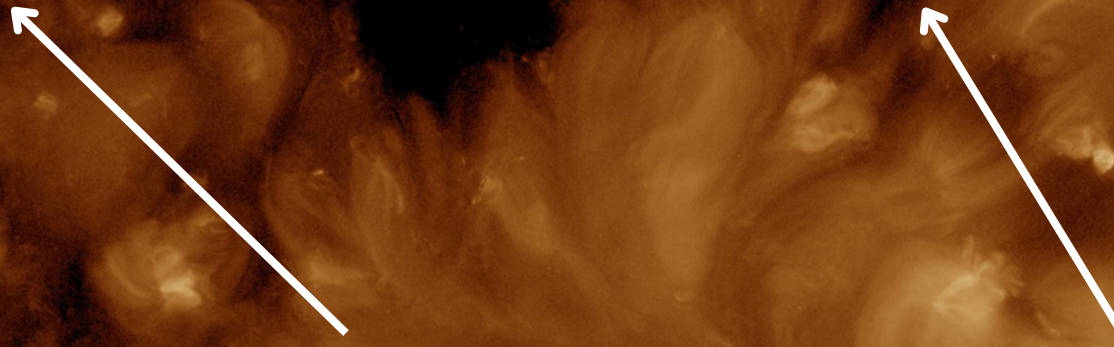
**Można wyróżnić wiatr wolny i szybki.  
Ich powstawanie jest inne i mają też  
różne właściwości, co kształtuje  
strukturę ogólną wiatru słonecznego  
oraz pogodę kosmiczą.**



# 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.

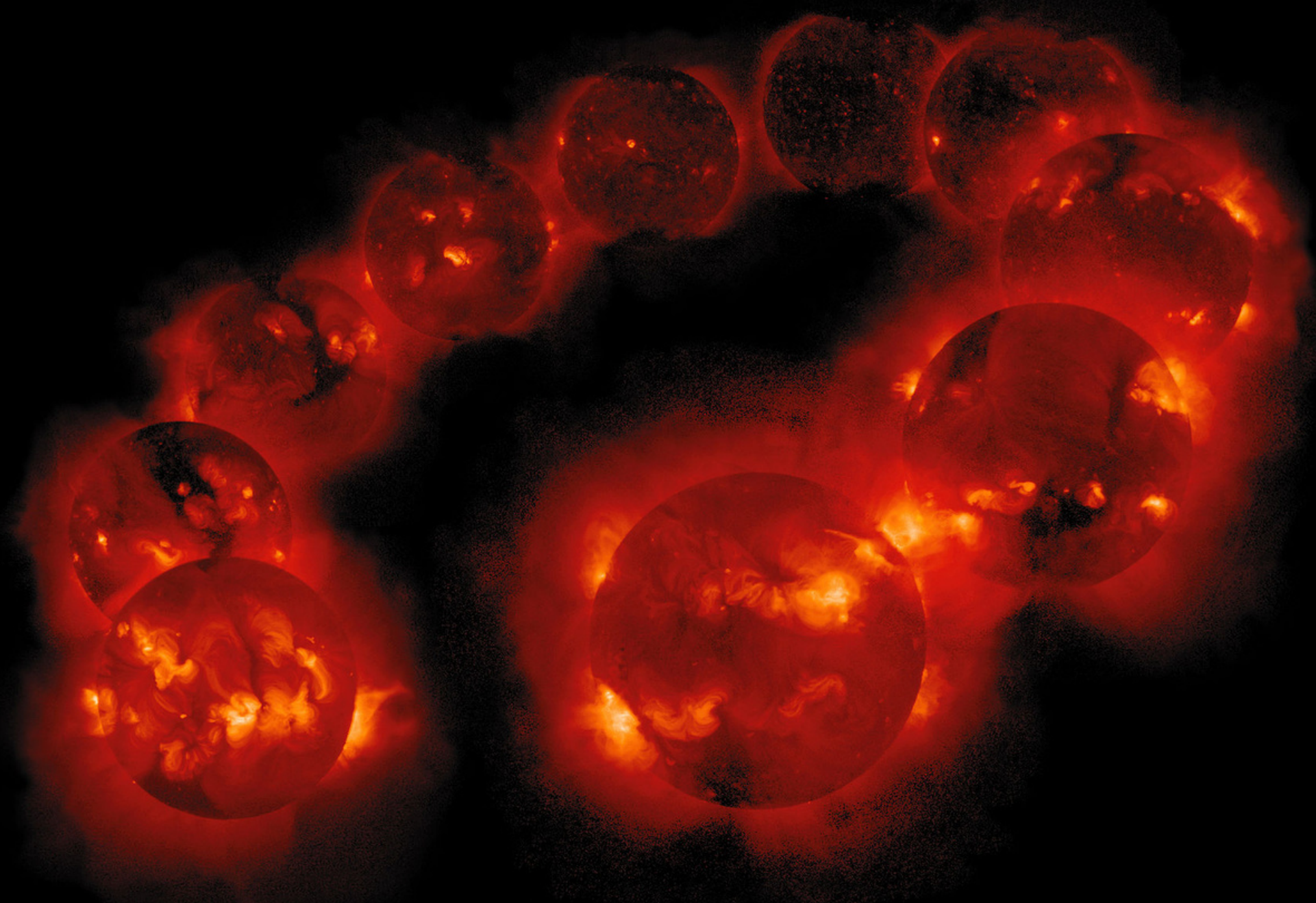
# *Jak dokładniej 'wieje' **wiatr słoneczny** ?*



**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**

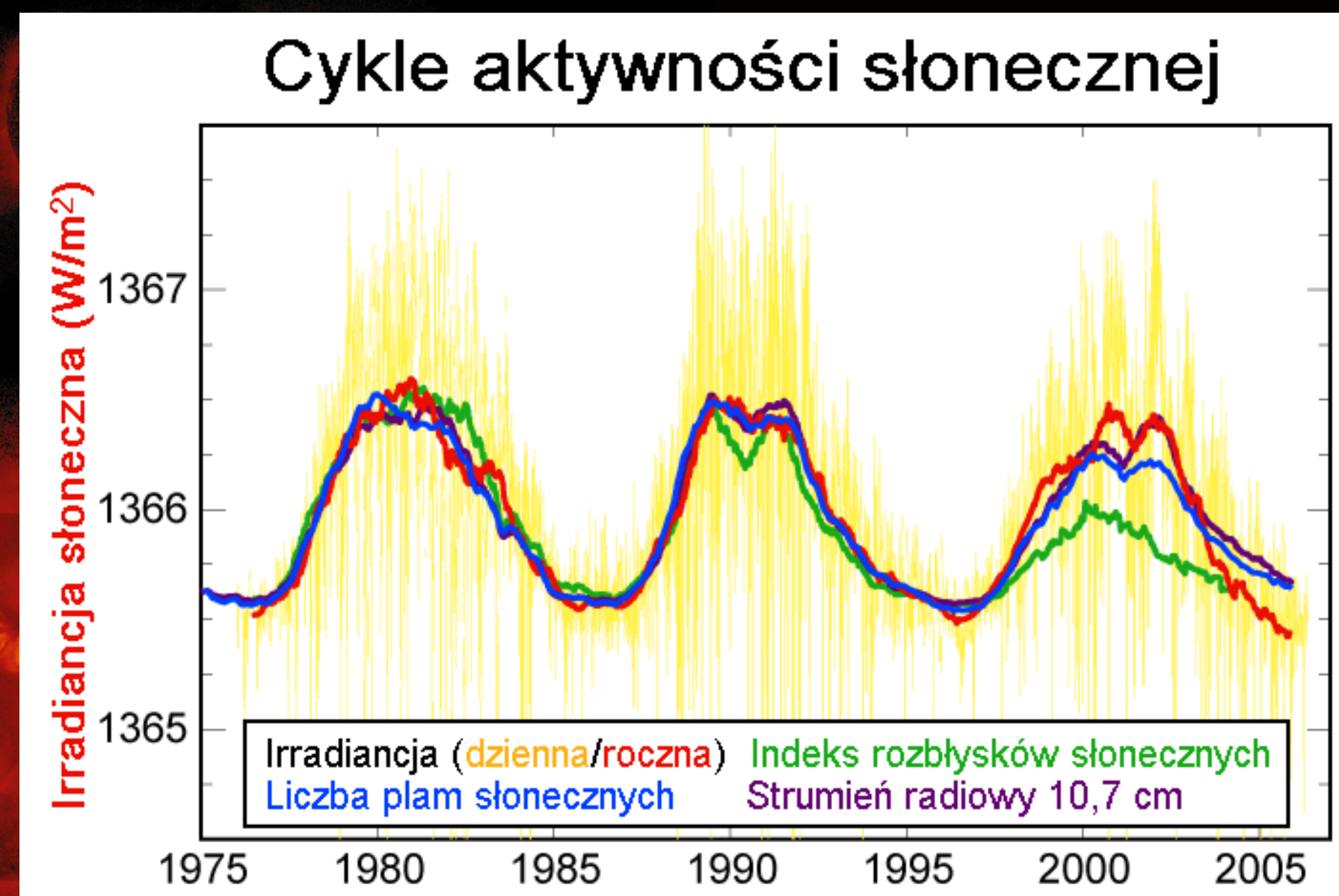


źródło: <http://solar.physics.montana.edu/>



# 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?*

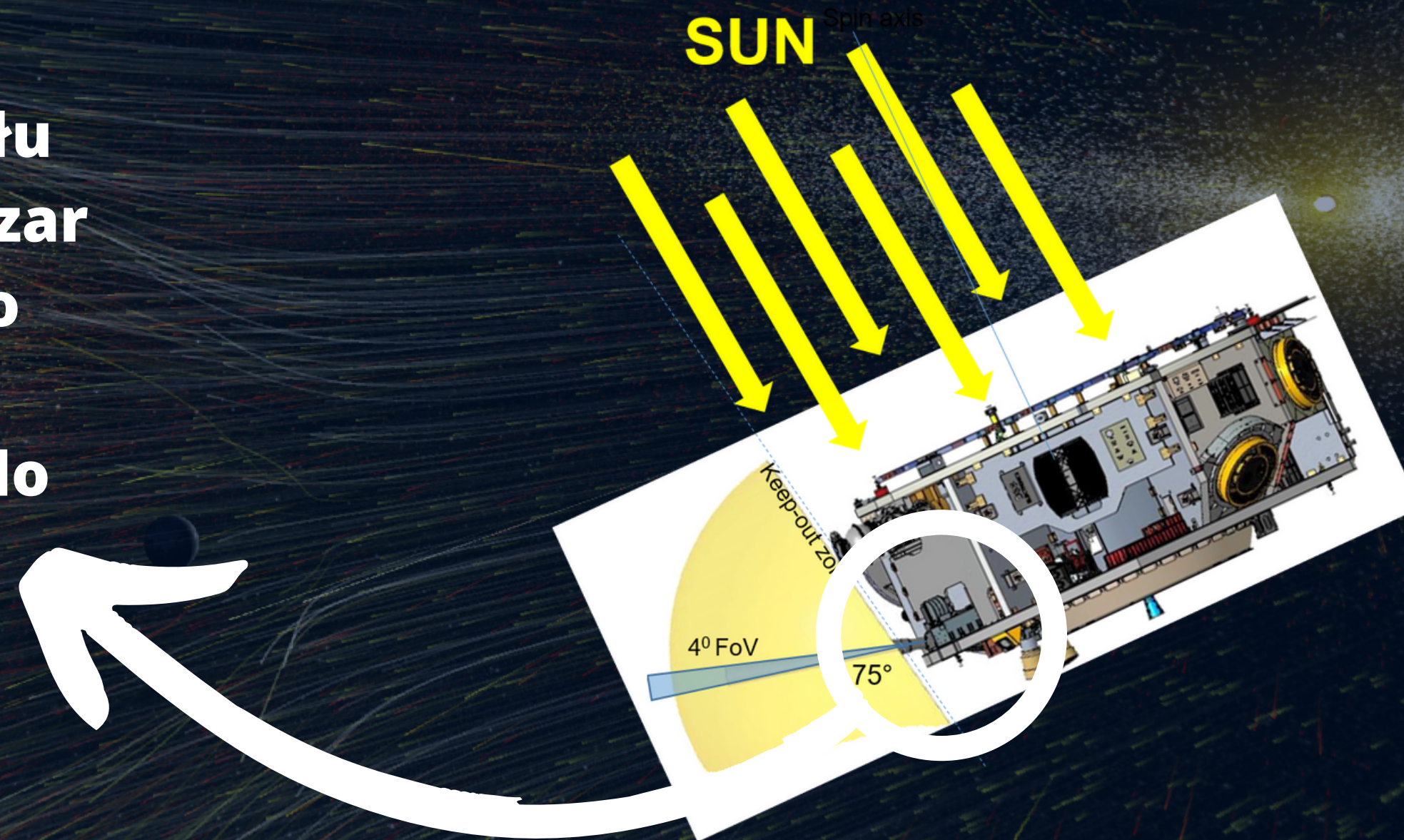


źródło: NASA/GSFC

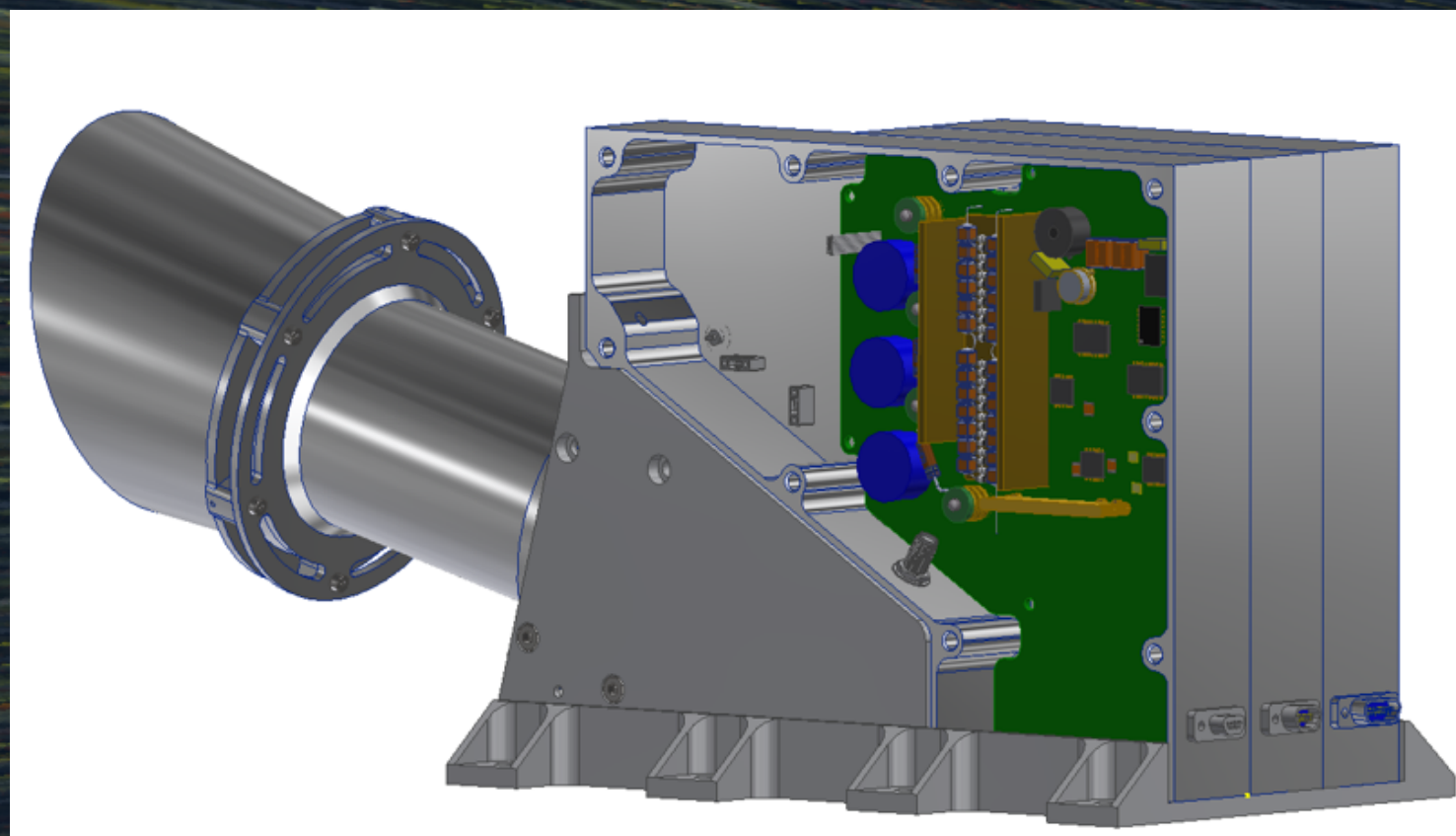


# ***GLOWS w przybliżeniu - budowa***

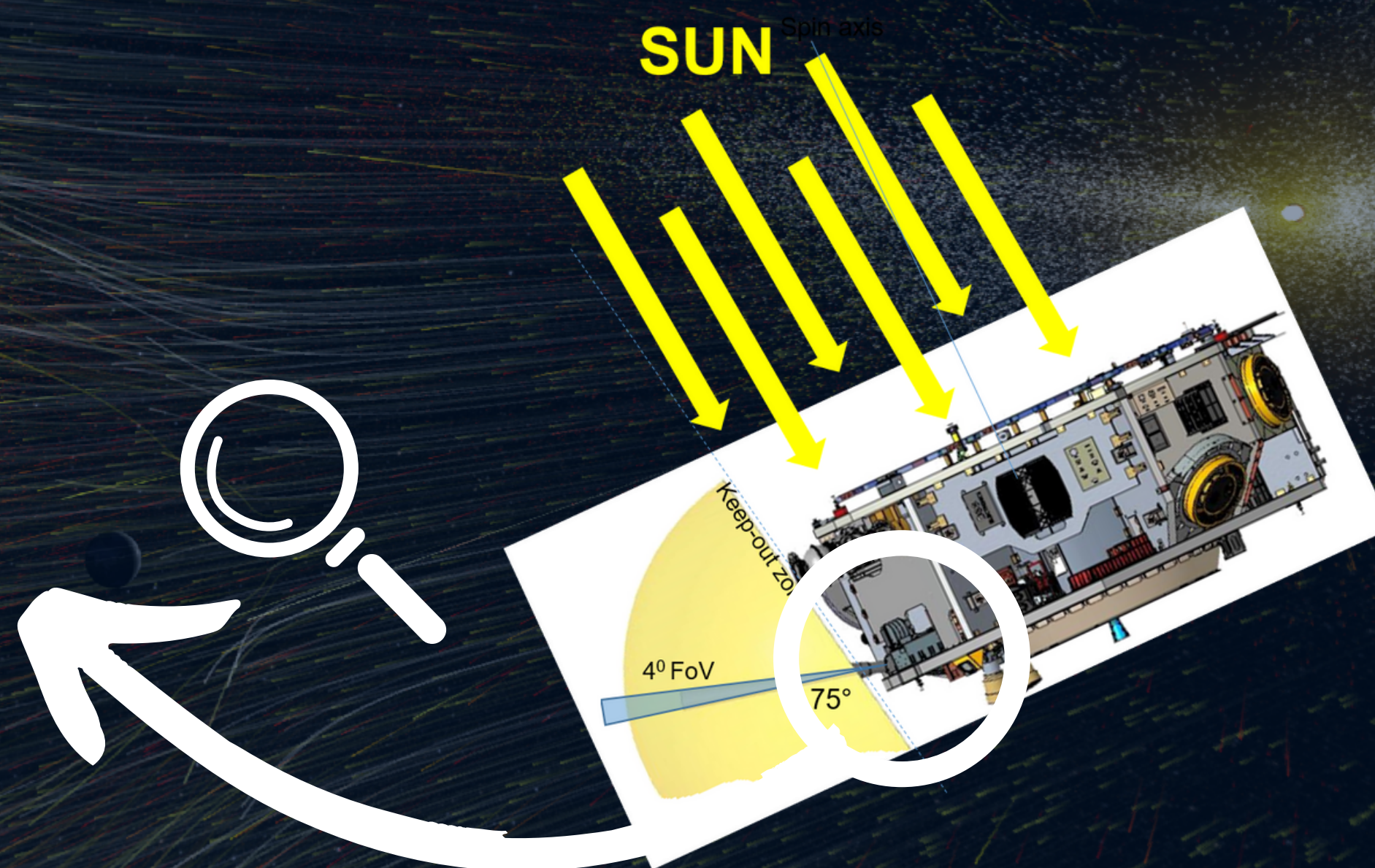
**GLOWS będzie się znajdował u dołu sondy IMAP i będzie patrzył na obszar położony pod kątem około 75° do Słońca. Jest to fotometr, czyli urządzenie zliczające wpadające do niego fotony.**



# ***GLOWS w przybliżeniu - budowa***



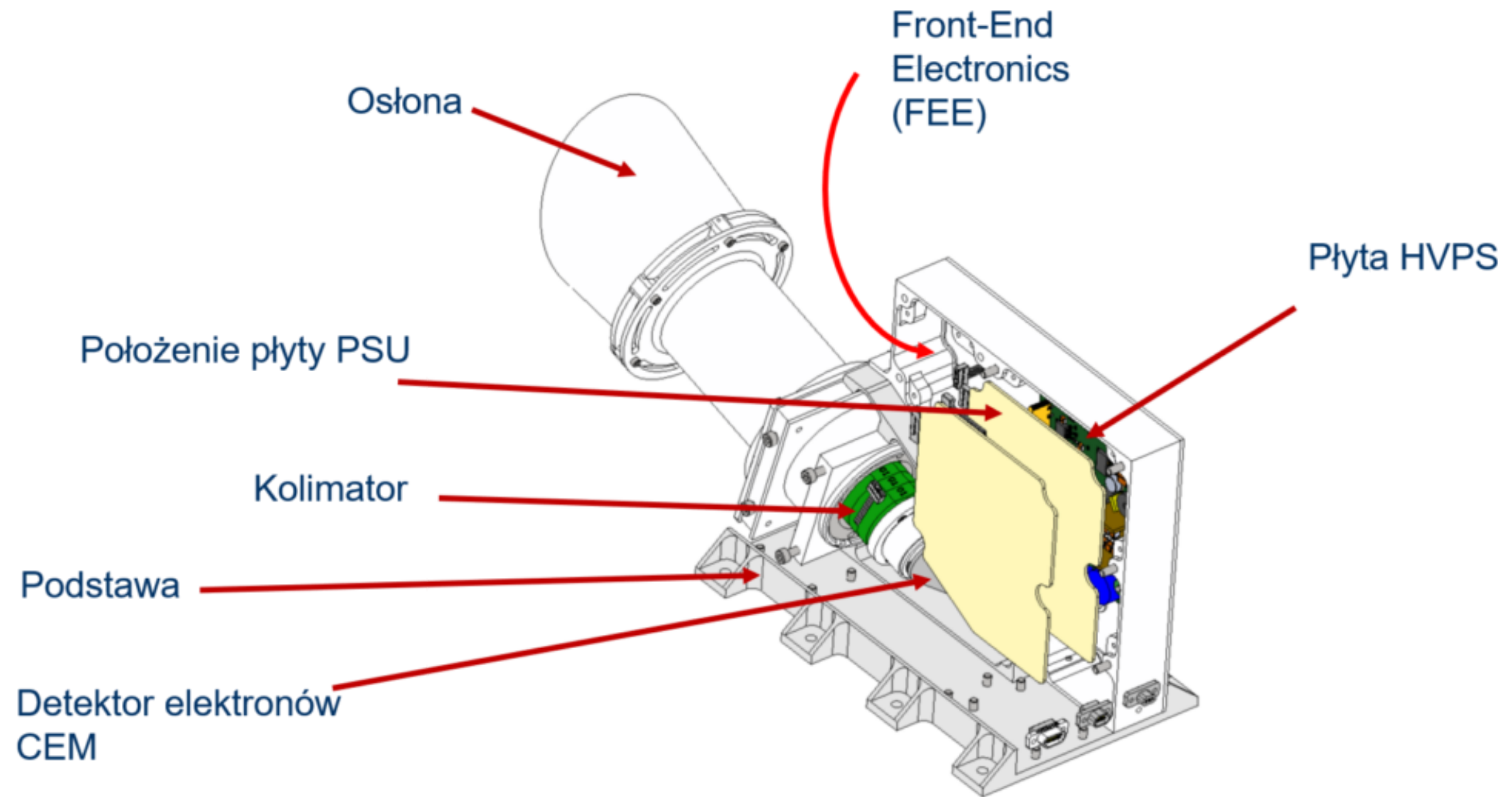
~50cm



# *GLOWS w przybliżeniu - budowa*

**Co oznacza ten schemat?**

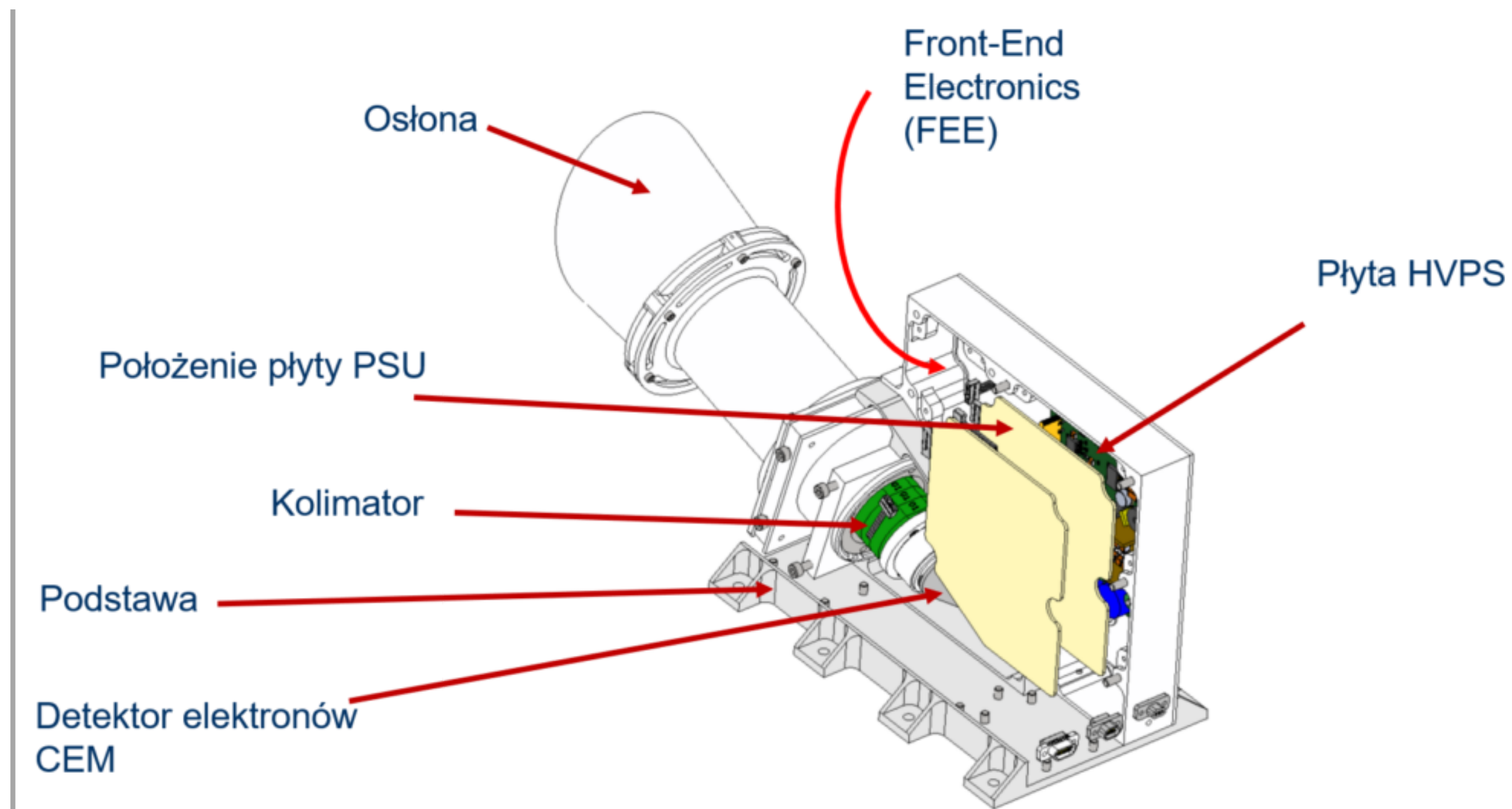
**Zasada działania jest dość prosta: fotony będą wlatywać tubą w głąb urządzenia, a osłona ma na celu ograniczenie fotonów z różnych kątów. (1/4)**



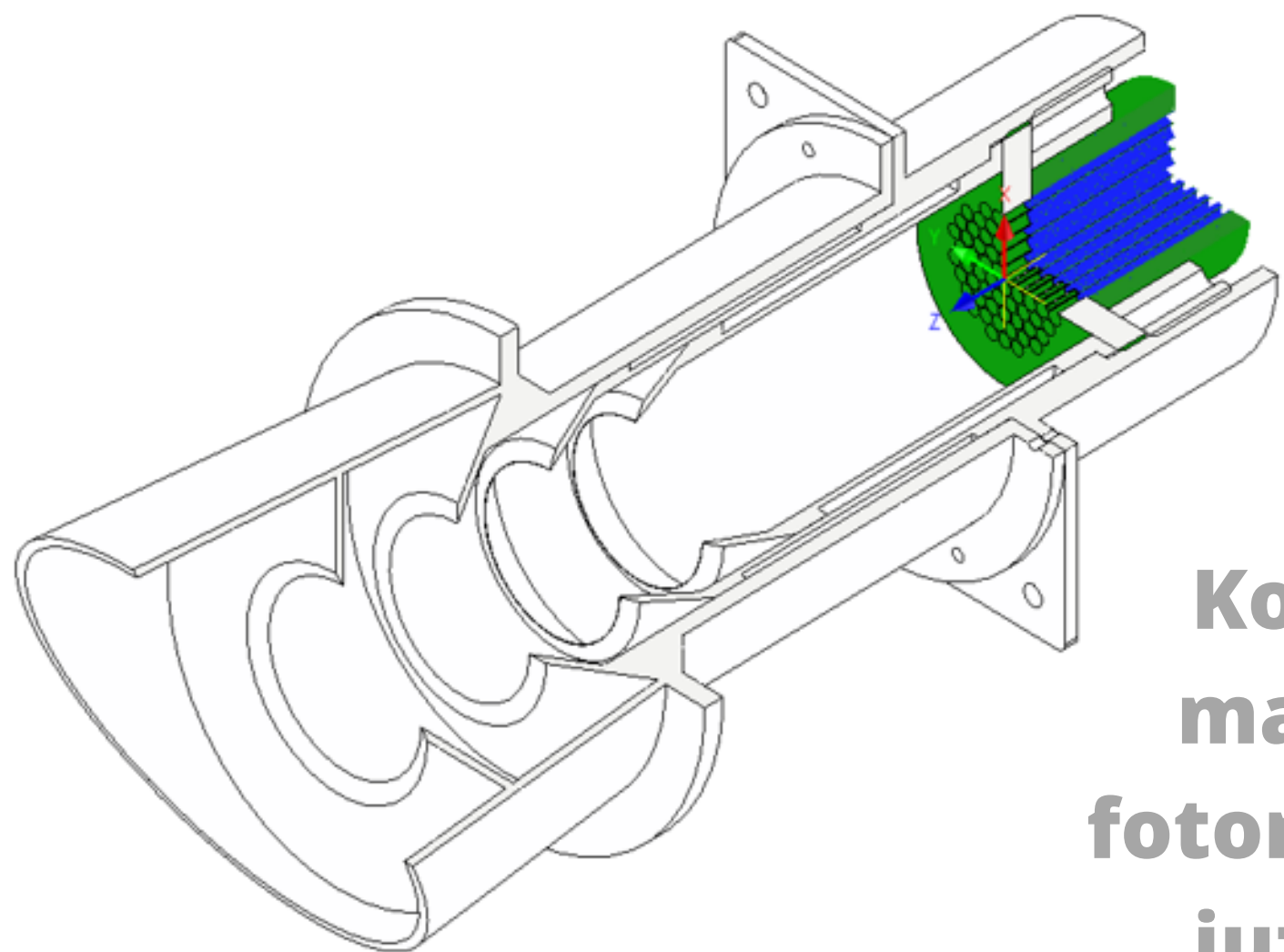
# ***GLOWS w przybliżeniu - budowa***

**Co oznacza ten schemat?**

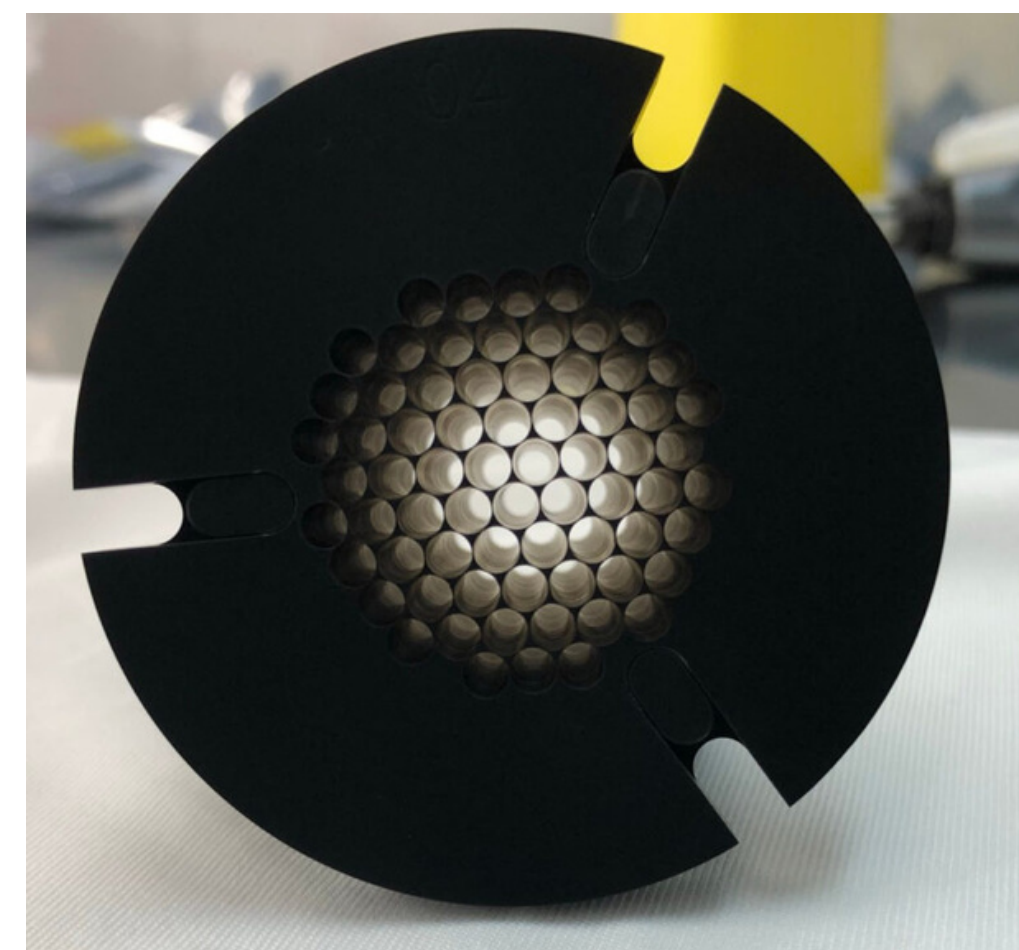
**Następnie wstępnie uformowana wiązka fotonów przechodzi przez kolimator - przepuści on tylko fotony lecące w osi kolimatora. (2/4)**



# ***GLOWS w przybliżeniu - budowa***



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

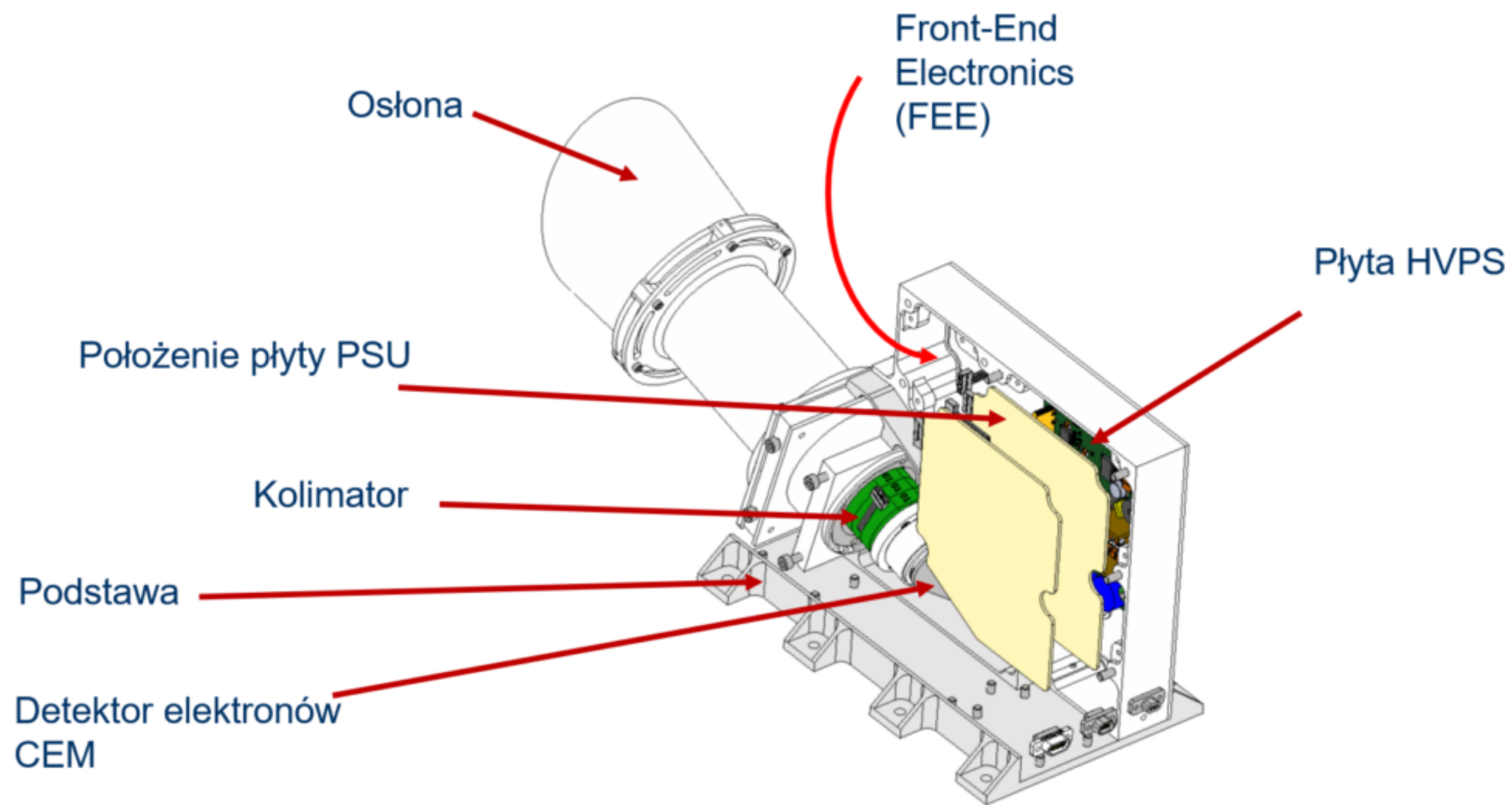


# ***GLOWS w przybliżeniu - budowa***

**Co oznacza ten schemat?**

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

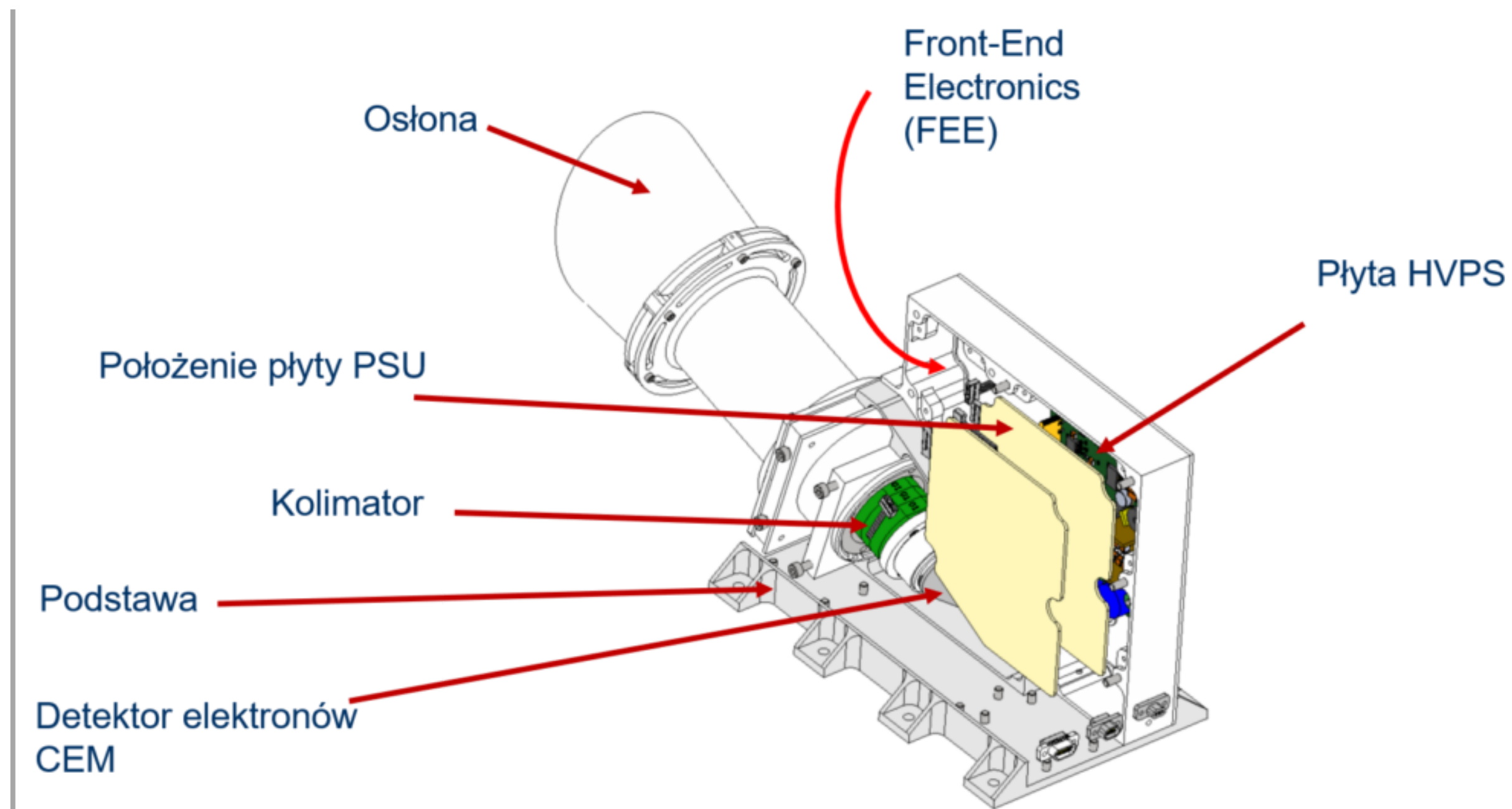
**(3/4)**



# ***GLOWS w przybliżeniu - budowa***

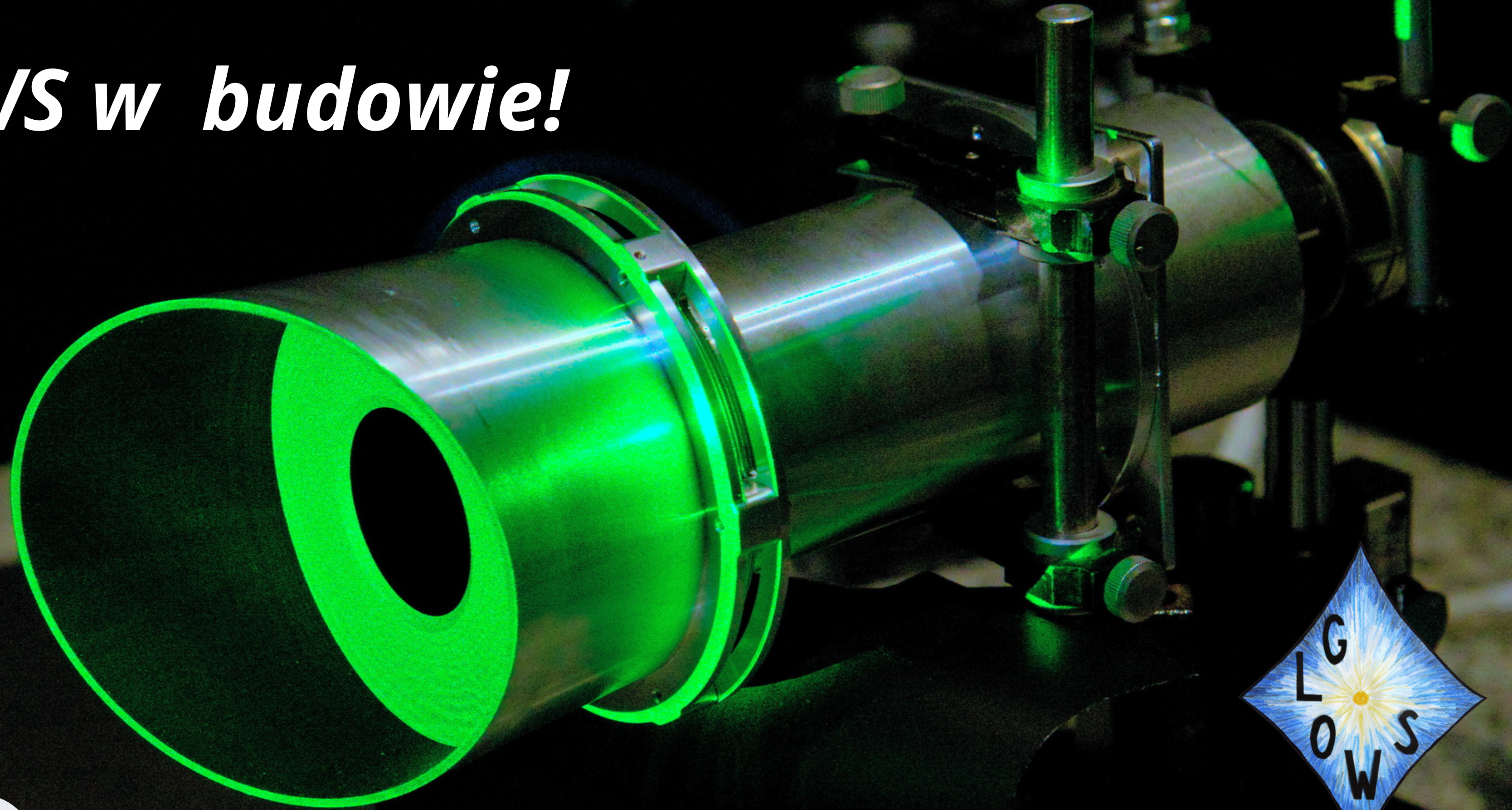
**Co oznacza ten schemat?**

**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 PAN!**



# *Jakie fotony będzie mierzyć GLOWS??*

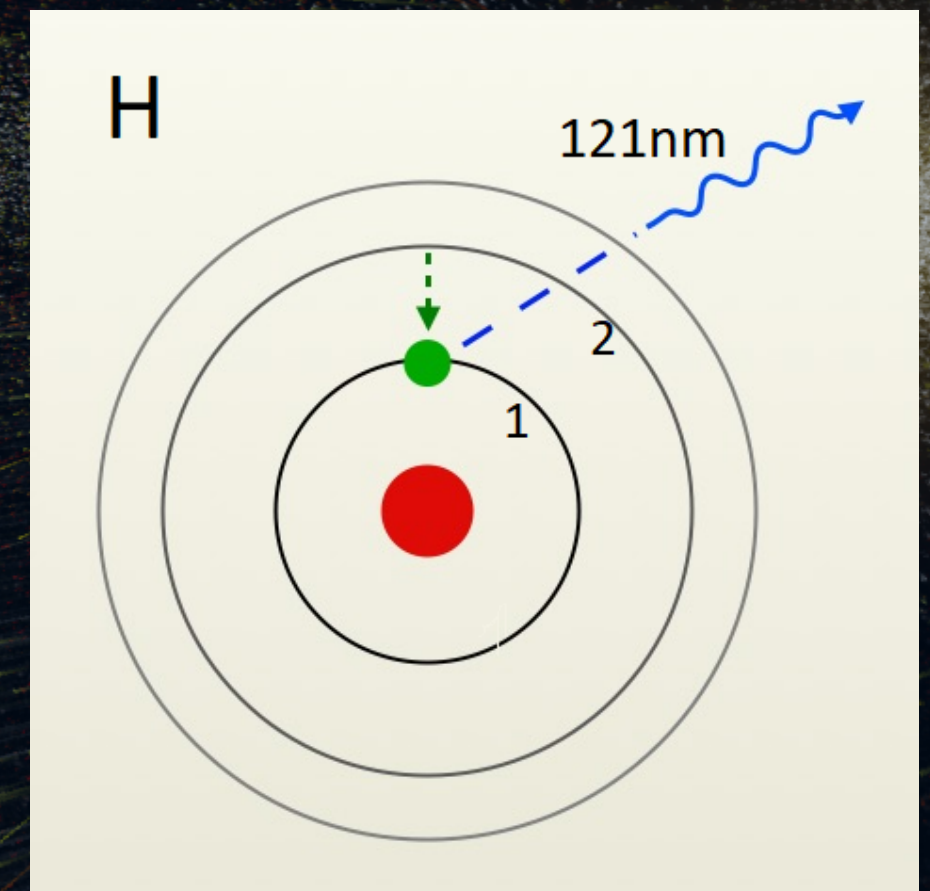


# Jakie fotony będzie mierzyć GLOWS??

Przecież w wietrze słonecznym nie ma fotonów.

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

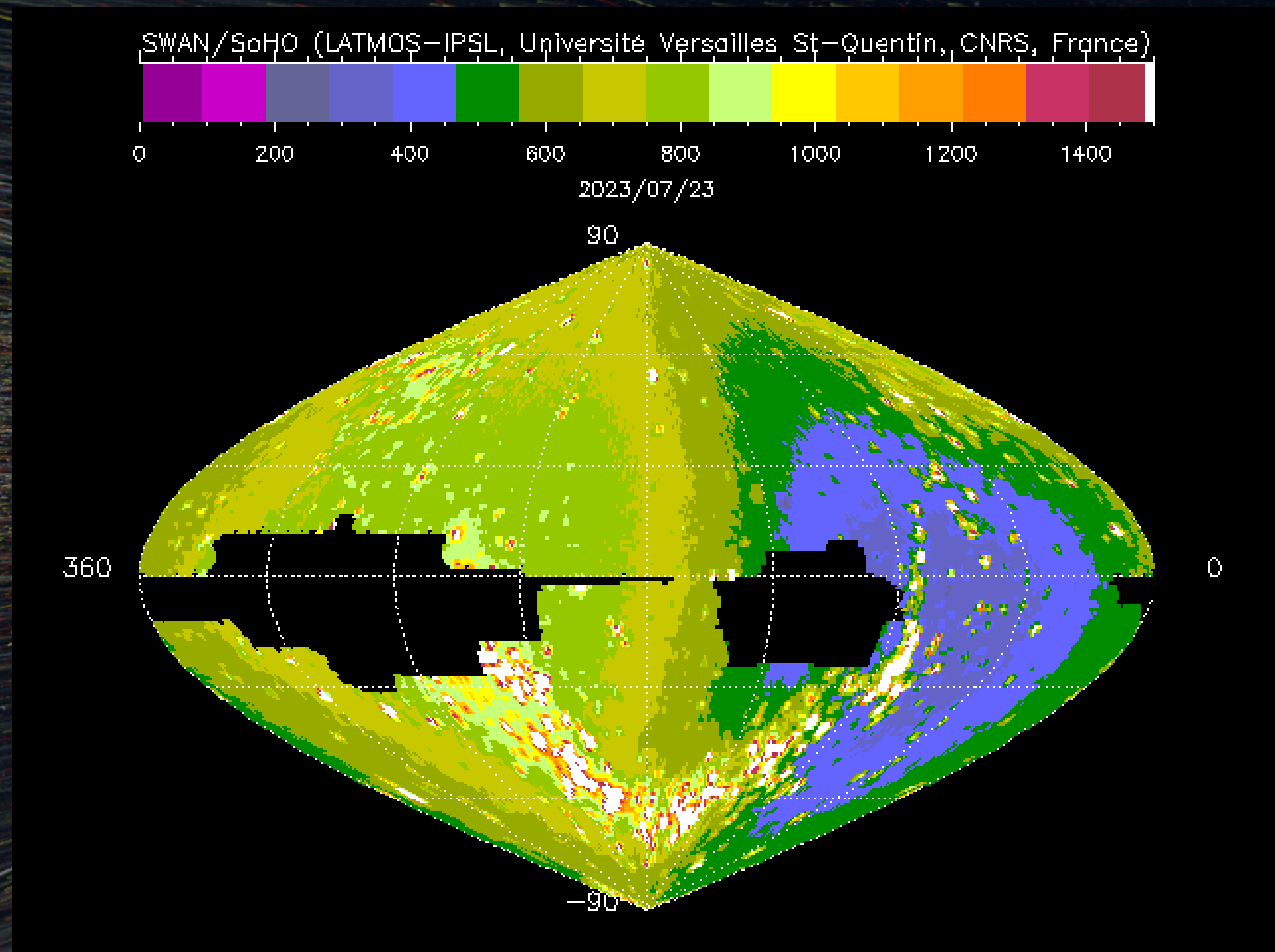
Napływające z ośrodka międzygwiazdowego atomy, m.in. wodór (H), oddziałują z wiatrem słonecznym i fotonami ze Słońca. Np. fotony wzbudzają go, a następnie po kilku nanosekundach wodór emituje foton o konkretnej długości fali - 121nm. Jest to tzw. seria Lymana emitowana w zakresie UV. To zjawisko tworzy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

L3

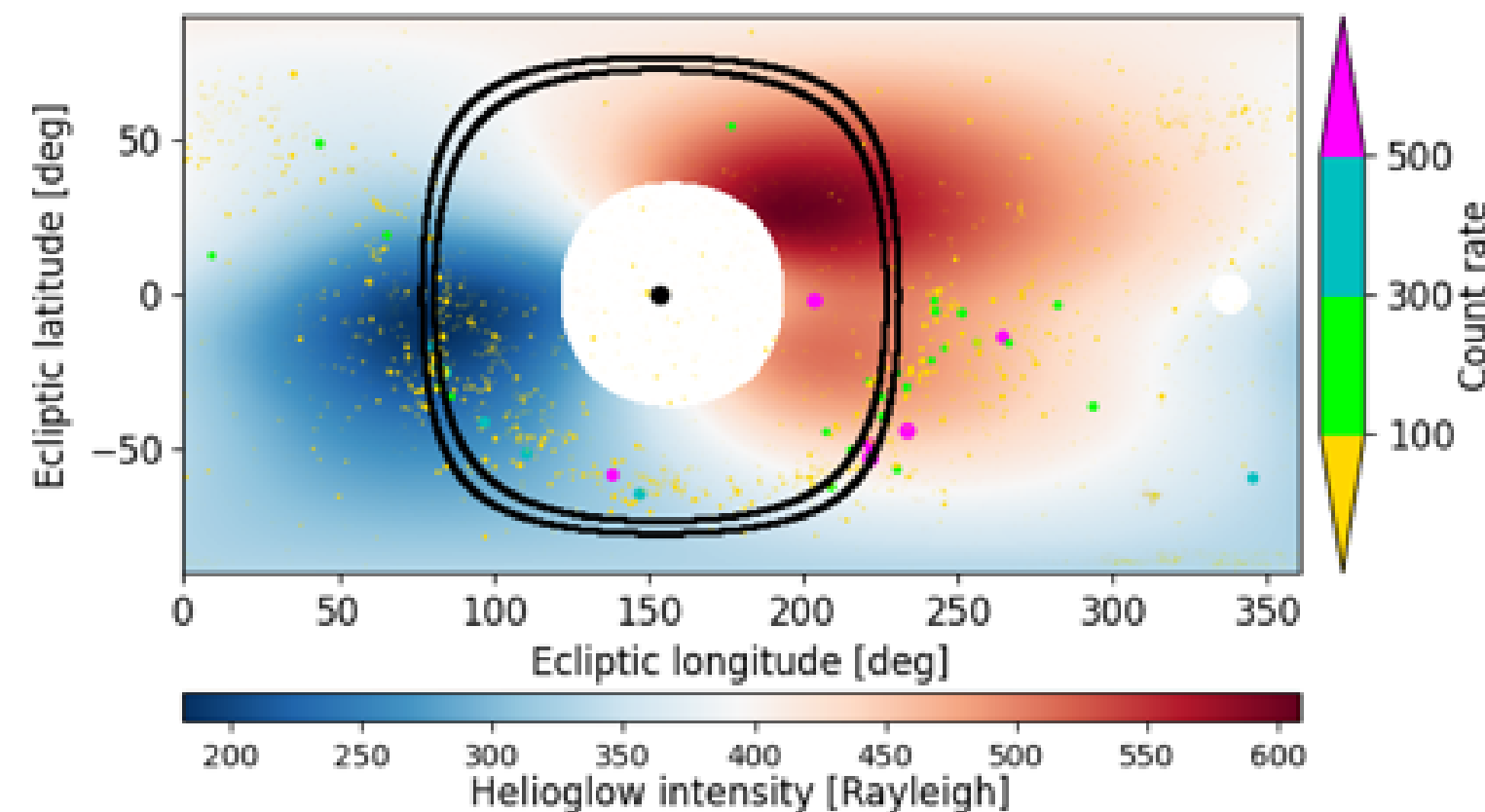
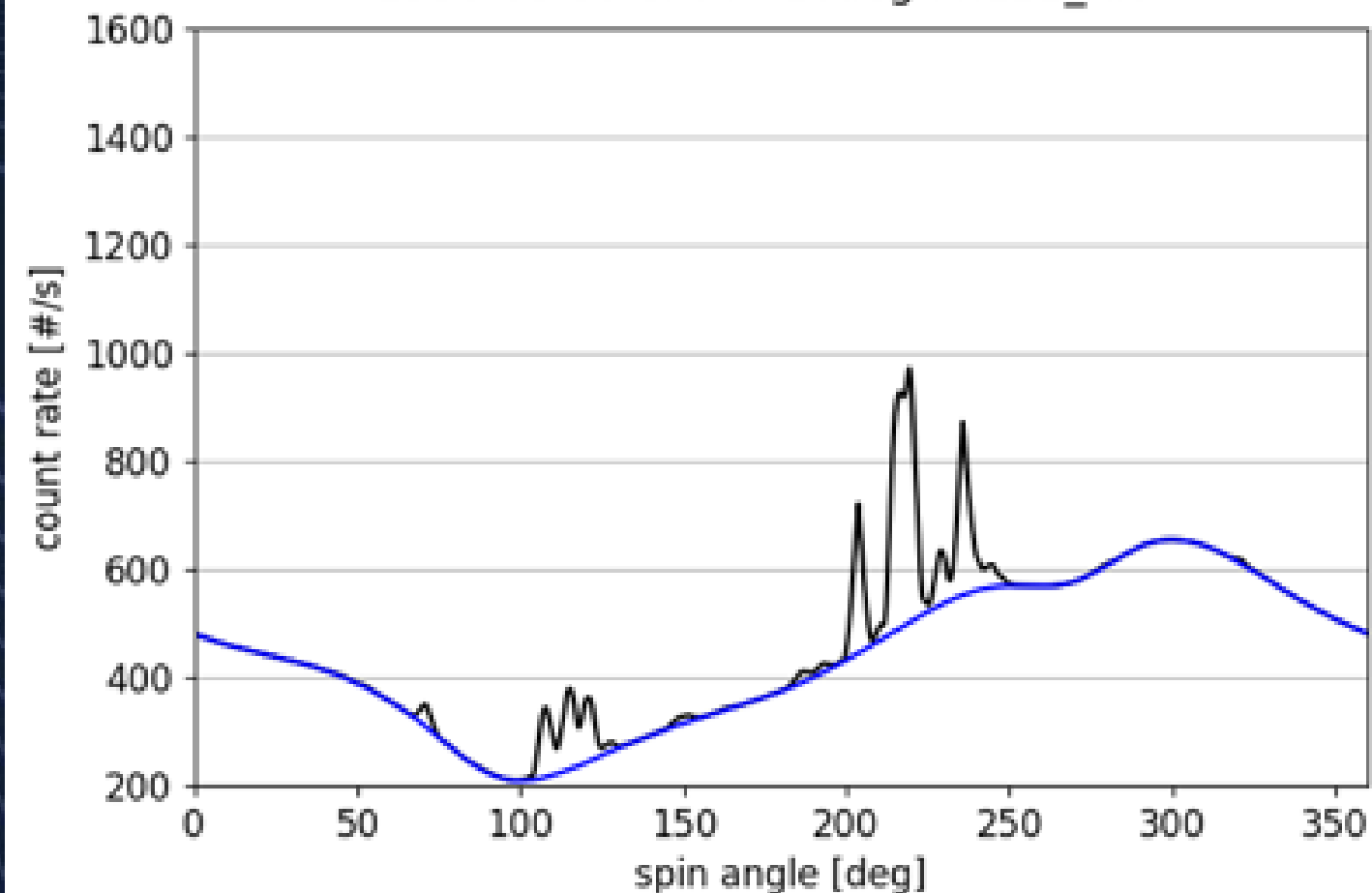
Na schemacie dolnym widać okrąg pod kątem  $\sim 75^\circ$  wokół Słońca, czyli obszar monitorowania GLOWS oraz zasymulowaną poświatę w tle.

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

L5

źródło: GLOWS/CBK

1996-08-30 eFOV=10deg FN122\_XN

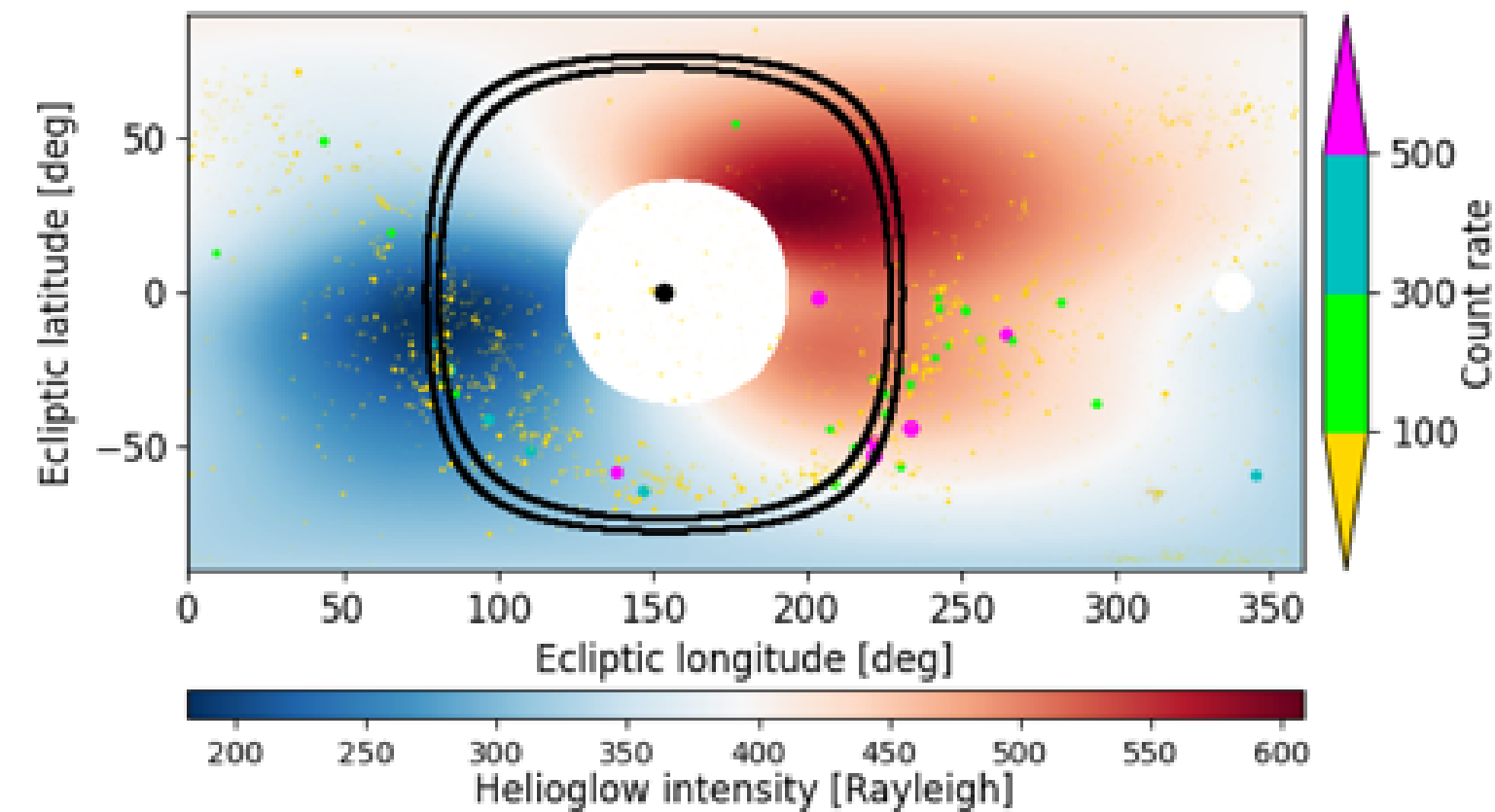
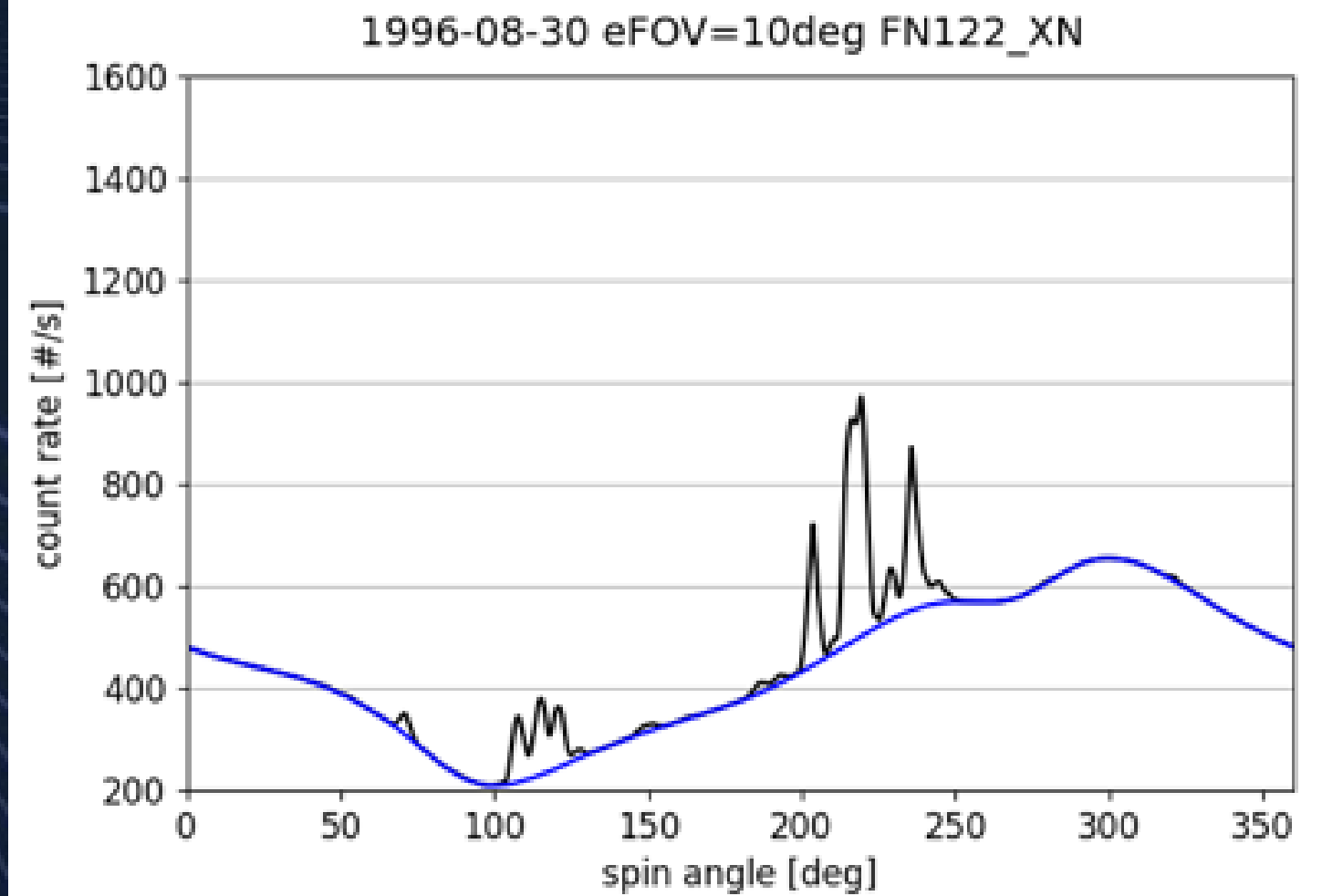


# Obserwacje poświaty

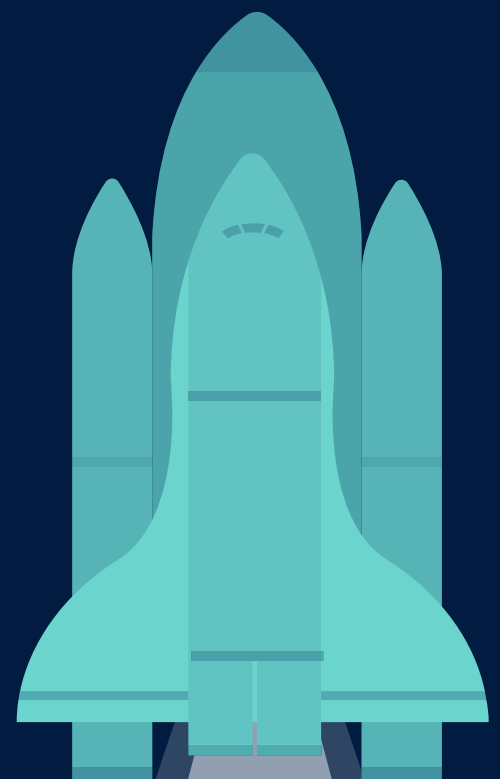
L3

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.

L5



# Do zobaczenia na orbicie!



**PRINCETON UNIVERSITY**

**Goddard SPACE FLIGHT CENTER**

**Los Alamos NATIONAL LABORATORY**  
EST. 1943

**u<sup>b</sup> UNIVERSITÄT BERN**

**CU LASP**  
Laboratory for Atmospheric and Space Physics  
University of Colorado Boulder

**NOAA**  
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

**CBK PAN**

**Smithsonian Astrophysical Observatory**

**THE UNIVERSITY OF ARIZONA**

**MIT Caltech**

**AEROSPACE**

**APL** **JOHNS HOPKINS APPLIED PHYSICS LABORATORY**

**NH** **University of New Hampshire**

**SwRI**

**Imperial College London**

**UAH**  
THE UNIVERSITY OF ALABAMA IN HUNTSVILLE

**UNIVERSITÄT BONN**

**UCLA**

**名古屋大学 NAGOYA UNIVERSITY**

**JPL**  
Jet Propulsion Laboratory  
California Institute of Technology

**THE UNIVERSITY OF CHICAGO**

**Berkeley**  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

**UNIVERSITY OF DELAWARE**

<https://glows.cbk.waw.pl/>

autor:  
**JAKUB JANOWSKI**



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.

