

# 700 brakujących gwiazd: zagadka z lat 50tych

---

Karol Urbański

17 listopada 2021

Uniwersytet Jagielloński

*karol.j.urbanski@student.uj.edu.pl*

# Agenda

Projekt VASCO

Motywacja

Źródła danych

Co rozumiemy przez 'znikającą gwiazdę'

Sposób działania projektu

Wyniki po roku analizy danych

Przeprowadzone analizy

Możliwe wyjaśnienia

Wnioski

# Projekt VASCO

---

# Projekt VASCO: Vanishing & Appearing Sources during a Century of Observations



- Projekt finansowany przez SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) Institute
- Rozpoczęty w 2019 roku
- Porównuje klisze fotograficzne z lat 50-tych XX wieku ze współczesnymi przeglądami sfery niebieskiej
- Projekt 'nauki obywatelskiej'

# Projekt VASCO: Vanishing & Appearing Sources during a Century of Observations



- Projekt finansowany przez SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) Institute
- Rozpoczęty w 2019 roku
- Porównuje klisze fotograficzne z lat 50-tych XX wieku ze współczesnymi przeglądami sfery niebieskiej
- Projekt 'nauki obywatelskiej'

# Projekt VASCO: Vanishing & Appearing Sources during a Century of Observations



- Projekt finansowany przez SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) Institute
- Rozpoczęty w 2019 roku
- Porównuje klisze fotograficzne z lat 50-tych XX wieku ze współczesnymi przeglądami sfery niebieskiej
- Projekt 'nauki obywatelskiej'

# Projekt VASCO: Vanishing & Appearing Sources during a Century of Observations



- Projekt finansowany przez SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) Institute
- Rozpoczęty w 2019 roku
- Porównuje klisze fotograficzne z lat 50-tych XX wieku ze współczesnymi przeglądami sfery niebieskiej
- Projekt 'nauki obywatelskiej'

# Projekt VASCO: Vanishing & Appearing Sources during a Century of Observations



- Projekt finansowany przez SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) Institute
- Rozpoczęty w 2019 roku
- Porównuje klisze fotograficzne z lat 50-tych XX wieku ze współczesnymi przeglądami sfery niebieskiej
- Projekt 'nauki obywatelskiej'



## Motywacja za przeglądaniem starych klisz

- znikające źródła punktowe są interesujące z punktu widzenia astronomii, a użycie starych danych pozwala znaleźć ich więcej
- znikające źródła punktowe to kandydaci na efekt powstawania hipotetycznych (mega-)struktur
- pierwszy sztuczny satelita ziemski wystrzelony dopiero 4 października 1957 przez związek radziecki → brak artefaktów wywołanych satelitami

## Motywacja za przeglądaniem starych klisz

- znikające źródła punktowe są interesujące z punktu widzenia astronomii, a użycie starych danych pozwala znaleźć ich więcej
- znikające źródła punktowe to kandydaci na efekt powstawania hipotetycznych (mega-)struktur
- pierwszy sztuczny satelita ziemski wystrzelony dopiero 4 października 1957 przez związek radziecki → brak artefaktów wywołanych satelitami

## Motywacja za przeglądaniem starych klisz

- znikające źródła punktowe są interesujące z punktu widzenia astronomii, a użycie starych danych pozwala znaleźć ich więcej
- znikające źródła punktowe to kandydaci na efekt powstawania hipotetycznych (mega-)struktur
- pierwszy sztuczny satelita ziemski wystrzelony dopiero 4 października 1957 przez związek radziecki → brak artefaktów wywołanych satelitami

## Motywacja za przeglądaniem starych klisz

- znikające źródła punktowe są interesujące z punktu widzenia astronomii, a użycie starych danych pozwala znaleźć ich więcej
- znikające źródła punktowe to kandydaci na efekt powstawania hipotetycznych (mega-)struktur
- pierwszy sztuczny satelita ziemski wystrzelony dopiero 4 października 1957 przez związek radziecki → brak artefaktów wywołanych satelitami

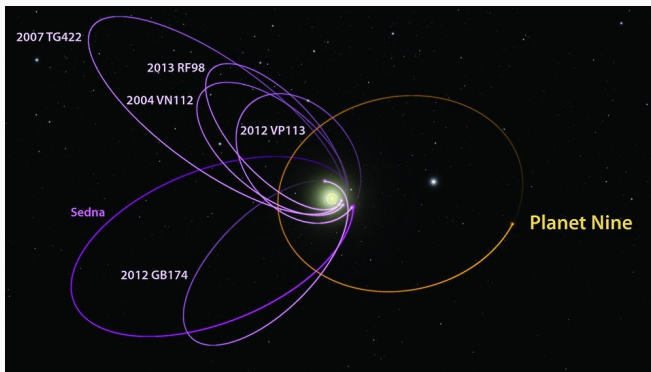
# Dygresja: możliwy kandydat na *Planet Nine*



Michael Rowan-Robinson (2021)

## A search for Planet 9 in the IRAS data

Analiza starych danych pozwoliła zidentyfikować kandydata na Planetę Dziewiątą, czekamy na obserwacje



# US Naval Observatory Catalogue (USNO-B1.0)/POSS

- obserwacje przeprowadzone w latach 1950-1951
- obserwacje w czerwieni i błękitnie, a dla niektórych obiektów także w podczerwieni
- limit obserwacyjny w czerwieni około 20 – 21 $m$
- miliard obiektów astronomicznych na całej sferze niebieskiej



Rysunek 1: NGC-6210 w czerwieni

# US Naval Observatory Catalogue (USNO-B1.0)/POSS

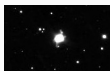
- obserwacje przeprowadzone w latach 1950-1951
- obserwacje w czerwieni i błękitnie, a dla niektórych obiektów także w podczerwieni
- limit obserwacyjny w czerwieni około 20 – 21 $m$
- miliard obiektów astronomicznych na całej sferze niebieskiej



Rysunek 1: NGC-6210 w czerwieni

# Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS) Catalogue

- obserwacje w czerwieni i błękicie, a dla niektórych obiektów także w podczerwieni
- limit obserwacyjny około  $24m$
- trzy miliardy obiektów astronomicznych na sferze niebieskiej ponad deklinacją  $-30^\circ$



Rysunek 2: NGC-6210 w czerwieni w katalogu Pan-STARRS



# Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System (Pan-STARRS) Catalogue

- obserwacje w czerwieni i błękicie, a dla niektórych obiektów także w podczerwieni
- limit obserwacyjny około  $24m$
- trzy miliardy obiektów astronomicznych na sferze niebieskiej ponad deklinacją  $-30^\circ$



**Rysunek 2:** NGC-6210 w czerwieni w katalogu Pan-STARRS

## Warunki do spełnienia, by źródło zostało uznane za warte uwagi

- źródło punktowe, bez oczywistej charakterystyki defektu kliszy (analiza maszynowa)
- widoczne w 1950, niewidoczne teraz (analiza maszynowa)
- brak sensownych kandydatów na ponowne wykrycie w niewielkim promieniu kątowym (analiza maszynowa)
- brak identyfikowalnych obiektów po potencjalnym ruchu w większym promieniu kątowym - analiza ludzka!

## Warunki do spełnienia, by źródło zostało uznane za warte uwagi

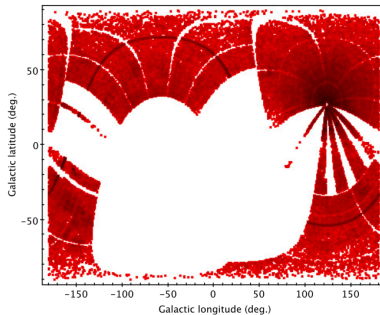
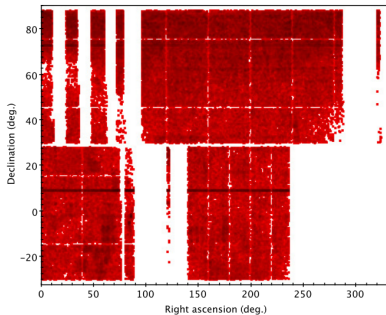
- źródło punktowe, bez oczywistej charakterystyki defektu kliszy (analiza maszynowa)
- widoczne w 1950, niewidoczne teraz (analiza maszynowa)
- brak sensownych kandydatów na ponowne wykrycie w niewielkim promieniu kątowym (analiza maszynowa)
- brak identyfikowalnych obiektów po potencjalnym ruchu w większym promieniu kątowym - analiza ludzka!

## Warunki do spełnienia, by źródło zostało uznane za warte uwagi

- źródło punktowe, bez oczywistej charakterystyki defektu kliszy (analiza maszynowa)
- widoczne w 1950, niewidoczne teraz (analiza maszynowa)
- brak sensownych kandydatów na ponowne wykrycie w niewielkim promieniu kątowym (analiza maszynowa)
- brak identyfikowalnych obiektów po potencjalnym ruchu w większym promieniu kątowym - analiza ludzka!

## Warunki do spełnienia, by źródło zostało uznane za warte uwagi

- źródło punktowe, bez oczywistej charakterystyki defektu kliszy (analiza maszynowa)
- widoczne w 1950, niewidoczne teraz (analiza maszynowa)
- brak sensownych kandydatów na ponowne wykrycie w niewielkim promieniu kątowym (analiza maszynowa)
- brak identyfikowalnych obiektów po potencjalnym ruchu w większym promieniu kątowym - analiza ludzka!



**Rysunek 3:** Umieszczenie 150000 kandydatów po analizie maszynowej na sferze niebieskiej oraz w galaktyce

CLICK anywhere to START!

The 2 main panels (or images) represent similar fields of the sky, but are sometimes slightly shifted left or right. Focus on the candidate object in the centre of the left image. Now use your eye to find the corresponding object in the right image. Do use the candidate location and the relative brightness of the other objects in the images as a reference.

Now click on the dark-coloured buttons numbered 1 to 5 according to what you think fits best. Use the tools on the main screen to help you.

If you spot something interesting in the images, do click on the 'inspect' button. A new window (tab) will open where you can find the different scans of the different color bands of this mission.

Then leave a comment. All comments of other users related to this unique mission are displayed after you submit your comment. Then you can return to the main screen.

Once you make your choice of options 1 to 5, click 'submit'. Then your choice will be recorded and you will be served a new mission.

Happy hunting!

CANCEL my previous choice, and re-enable the option buttons.

INSPECT the current mission in more detail, and give access to the comments.

Scoreboard of this session.

Missions solved: 0  
Missions proposed: 0  
Missions inspected: 0  
Missions in default: 0  
Missions w proper Rating: 0  
Missions w vanished central object: 0

01:29  
ACCURACY

Time it took you to achieve the MATCHING index of the threshold.

Achieved MATCHING index by manipulating the panels on screen.

Threshold for MATCHING index

MISSION  
61312

MISSION number. Set this field manually if you want to go to ascertain mission directly.

Panel 1: USNO Image

Panel 2: PanSTARRS Image  
[scale and move panel with cursor]

Focus on the central object in the left image. Now compare to the right image. Which option fits best?

1. The object is still there.
2. The image has a defect.
3. It has moved!
4. It has vanished!
5. Other.

Submit Restart Mission Inspect

Rysunek 4: Interfejs projektu nauki obywatelskiej VASCO

# Sposób działania VASCO

- Użytkownik otrzymuje do analizy obrazek z obydwu katalogów z potencjalnym kandydatem na znikającą gwiazdę
- Użytkownik sprawdza, czy obiekt centralny jest widoczny, korzystając z możliwości reskalowania/translacji obrazków
- Użytkownik odpowiada, jakiego typu jest kandydat: dalej tam jest, jest to defekt, ruszył się, czy też zniknął
- W stronę wbudowany jest moduł uczący się inteligencji maszynowej, uczy się on analizować obrazki korzystając z manipulacji użytkownika



# Sposób działania VASCO

- Użytkownik otrzymuje do analizy obrazy z obydwu katalogów z potencjalnym kandydatem na znikającą gwiazdę
- Użytkownik sprawdza, czy obiekt centralny jest widoczny, korzystając z możliwości reskalowania/translacji obrazków
- Użytkownik odpowiada, jakiego typu jest kandydat: dalej tam jest, jest to defekt, ruszył się, czy też zniknął
- W stronę wbudowany jest moduł uczący się inteligencji maszynowej, uczy się on analizować obrazki korzystając z manipulacji użytkownika

# Sposób działania VASCO

- Użytkownik otrzymuje do analizy obrazy z obydwu katalogów z potencjalnym kandydatem na znikającą gwiazdę
- Użytkownik sprawdza, czy obiekt centralny jest widoczny, korzystając z możliwości reskalowania/translacji obrazków
- Użytkownik odpowiada, jakiego typu jest kandydat: dalej tam jest, jest to defekt, ruszył się, czy też zniknął
- W stronę wbudowany jest moduł uczący się inteligencji maszynowej, uczy się on analizować obrazki korzystając z manipulacji użytkownika

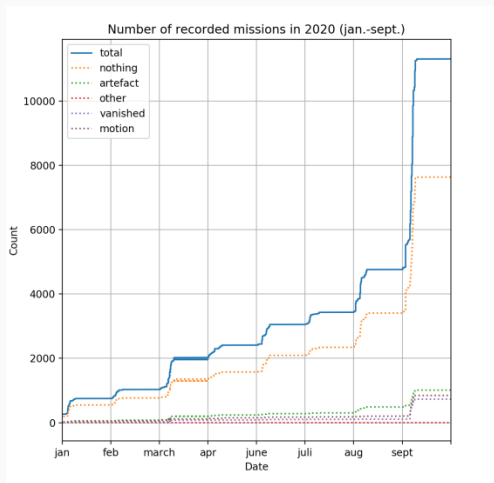
# Sposób działania VASCO

- Użytkownik otrzymuje do analizy obrazy z obydwu katalogów z potencjalnym kandydatem na znikającą gwiazdę
- Użytkownik sprawdza, czy obiekt centralny jest widoczny, korzystając z możliwości reskalowania/translacji obrazków
- Użytkownik odpowiada, jakiego typu jest kandydat: dalej tam jest, jest to defekt, ruszył się, czy też zniknął
- W stronę wbudowany jest moduł uczący się inteligencji maszynowej, uczy się on analizować obrazki korzystając z manipulacji użytkownika

## Wyniki po roku analizy danych

---

# Wyniki po 10 miesiącach działania projektu



## Możliwe wyjaśnienia

---

## Obiekt lokalny bądź bliski

- Obiekty są punktowe, zatem mało prawdopodobne jest, że są to asteroidy (czas naświetlania kliszy to około 50 minut)
- Większość wybranych 'ciekawych' obiektów jest wyjątkowo czerwona ( $b - r \geq 2$ ), sugerując pochodzenie poza Układem Słonecznym
- Wedle katalogu Gaia istnieje tylko 8 gwiazd o wystarczającej prędkości kątowej

## Obiekt lokalny bądź bliski

- Obiekty są punktowe, zatem mało prawdopodobne jest, że są to asteroidy (czas naświetlania kliszy to około 50 minut)
- Większość wybranych 'ciekawych' obiektów jest wyjątkowo czerwona ( $b - r \geq 2$ ), sugerując pochodzenie poza Układem Słonecznym
- Wedle katalogu Gaia istnieje tylko 8 gwiazd o wystarczającej prędkości kątovej



## Obiekt lokalny bądź bliski

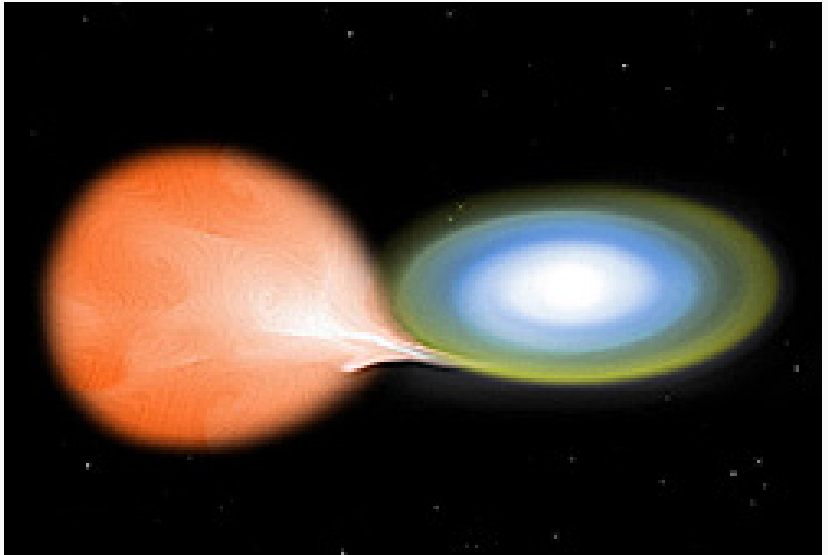
- Obiekty są punktowe, zatem mało prawdopodobne jest, że są to asteroidy (czas naświetlania kliszy to około 50 minut)
- Większość wybranych 'ciekawych' obiektów jest wyjątkowo czerwona ( $b - r \geq 2$ ), sugerując pochodzenie poza Układem Słonecznym
- Wedle katalogu Gaia istnieje tylko 8 gwiazd o wystarczającej prędkości kątowej

# Supernova



- Klisze z lat 50tych obejmują dość krótką epokę obserwacyjną, zatem nie mogą wytłumaczyć tak ogromnej ilości obiektów
- Dodatkowo, obserwowane supernowe musiałyby być znacząco przesunięte ku czerwieni

- Klisze z lat 50tych obejmują dość krótką epokę obserwacyjną, zatem nie mogą wytłumaczyć tak ogromnej ilości obiektów
- Dodatkowo, obserwowane supernowe musiałyby być znacząco przesunięte ku czerwieni



- Jest ich więcej niż supernowych w trakcie trwania epoki obserwacyjnej, ale...
- Dalej spodziewalibyśmy się co najwyżej kilkudziesięciu takich źródeł na kliszach, zatem nie jest to wystarczającym wytłumaczeniem dla 800 obiektów
- Analiza istniejących przeglądów sfery niebieskiej pozwoli odnaleźć ponownie powtarzające się eksplozje

- Jest ich więcej niż supernowych w trakcie trwania epoki obserwacyjnej, ale...
- Dalej spodziewalibyśmy się co najwyżej kilkudziesięciu takich źródeł na kliszach, zatem nie jest to wystarczającym wytłumaczeniem dla 800 obiektów
- Analiza istniejących przeglądów sfery niebieskiej pozwoli odnaleźć ponownie powtarzające się eksplozje

- Jest ich więcej niż supernowych w trakcie trwania epoki obserwacyjnej, ale...
- Dalej spodziewalibyśmy się co najwyżej kilkudziesięciu takich źródeł na kliszach, zatem nie jest to wystarczającym wytłumaczeniem dla 800 obiektów
- Analiza istniejących przeglądów sfery niebieskiej pozwoli odnaleźć ponownie powtarzające się eksplozje



- Aktywnych czerwonych karłów jest w naszym kosmicznym otoczeniu sporo
- Rozbłysk czerwonego karła może w skrajnych przypadkach zwiększyć jego jasność aż do  $10m$ , i pasowałby do obiektu widocznego w czerwieni
- Jednak ponownie jak w przypadku nowych, zniknięć jest dalej za dużo

- Aktywnych czerwonych karłów jest w naszym kosmicznym otoczeniu sporo
- Rozbłysk czerwonego karła może w skrajnych przypadkach zwiększyć jego jasność aż do  $10m$ , i pasowałby do obiektu widocznego w czerwieni
- Jednak ponownie jak w przypadku nowych, zniknięć jest dalej za dużo

- Aktywnych czerwonych karłów jest w naszym kosmicznym otoczeniu sporo
- Rozbłysk czerwonego karła może w skrajnych przypadkach zwiększyć jego jasność aż do  $10m$ , i pasowałby do obiektu widocznego w czerwieni
- Jednak ponownie jak w przypadku nowych, zniknięć jest dalej za dużo

- Mechanizm kolapsu bez wyjaśnienia
- Tłumaczyłby nagłe zniknięcie źródła punktowego
- Mechanizm jest jednak dalej niepewny, a spodziewana ilość w naszym otoczeniu to co najwyżej kilka w przeciągu stu lat

# Nieudana supernowa

- Mechanizm kolapsu bez wyjaśnienia
- Tłumaczyłby nagłe zniknięcie źródła punktowego
- Mechanizm jest jednak dalej niepewny, a spodziewana ilość w naszym otoczeniu to co najwyżej kilka w przeciągu stu lat

# Nieudana supernowa

- Mechanizm kolapsu bez wyjaśnienia
- Tłumaczyłby nagłe zniknięcie źródła punktowego
- Mechanizm jest jednak dalej niepewny, a spodziewana ilość w naszym otoczeniu to co najwyżej kilka w przeciągu stu lat

- Gwiazdy zmienne mogą potencjalnie być wyjaśnieniem
- Jednak znakomita większość tych obiektów nie pojawia się w żadnych późniejszych przeglądach
- Cykl zmienności gwiazdy musiałby być zatem ogromny, na poziomie wielu dekad
- Ogromna musiałaby być także zmienność w jasności

- Gwiazdy zmienne mogą potencjalnie być wyjaśnieniem
- Jednak znakomita większość tych obiektów nie pojawia się w żadnych późniejszych przeglądach
- Cykl zmienności gwiazdy musiałby być zatem ogromny, na poziomie wielu dekad
- Ogromna musiałaby być także zmienność w jasności

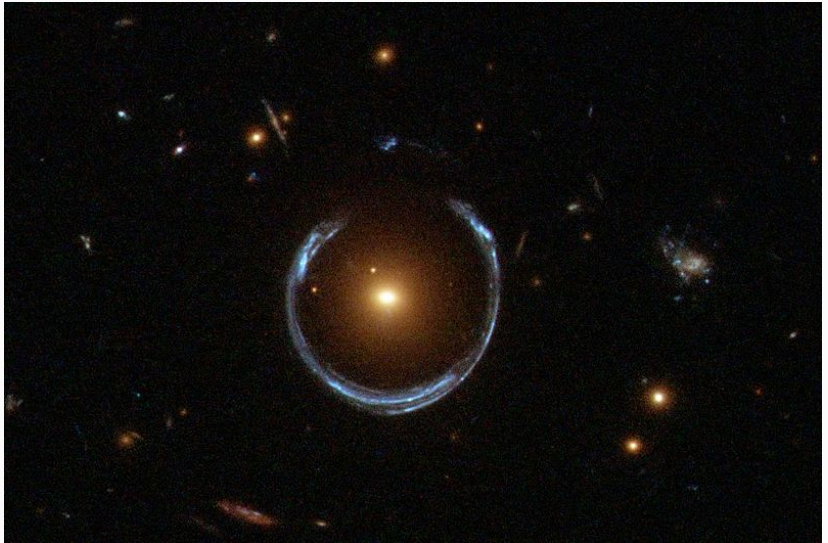


- Gwiazdy zmienne mogą potencjalnie być wyjaśnieniem
- Jednak znakomita większość tych obiektów nie pojawia się w żadnych późniejszych przeglądach
- Cykl zmienności gwiazdy musiałby być zatem ogromny, na poziomie wielu dekad
- Ogromna musiałaby być także zmienność w jasności

- Gwiazdy zmienne mogą potencjalnie być wyjaśnieniem
- Jednak znakomita większość tych obiektów nie pojawia się w żadnych późniejszych przeglądach
- Cykl zmienności gwiazdy musiałby być zatem ogromny, na poziomie wielu dekad
- Ogromna musiałaby być także zmienność w jasności

- W teorii mogłoby tłumaczyć znikanie źródeł
- Ponownie jednak 700 źródeł widocznych 70 lat temu a nie dzisiaj to za dużo

- W teorii mogłoby tłumaczyć znikanie źródeł
- Ponownie jednak 700 źródeł widocznych 70 lat temu a nie dzisiaj to za dużo



## Dziewięć obiektów na jednej kliszy: poszlaka?

- Jedna z klisz fotograficznych zawiera aż 9 źródeł, które zniknęły
- Najbardziej atrakcyjnym wyjaśnieniem dla takiej gęstości jest zanieczyszczenie otoczenia kliszy czymś radioaktywnym
- Kodak w 1945 roku w ten sposób dowiedział się o teście Trinity przed zrzućeniem bomby atomowej na Hiroszimę

## Dziewięć obiektów na jednej kliszy: poszlaka?

- Jedna z klisz fotograficznych zawiera aż 9 źródeł, które zniknęły
- Najbardziej atrakcyjnym wyjaśnieniem dla takiej gęstości jest zanieczyszczenie otoczenia kliszy czymś radioaktywnym
- Kodak w 1945 roku w ten sposób dowiedział się o teście Trinity przed zrzućeniem bomby atomowej na Hiroszimę

## Dziewięć obiektów na jednej kliszy: poszlaka?

- Jedna z klisz fotograficznych zawiera aż 9 źródeł, które zniknęły
- Najbardziej atrakcyjnym wyjaśnieniem dla takiej gęstości jest zanieczyszczenie otoczenia kliszy czymś radioaktywnym
- Kodak w 1945 roku w ten sposób dowiedział się o teście Trinity przed zrzućeniem bomby atomowej na Hiroszimę

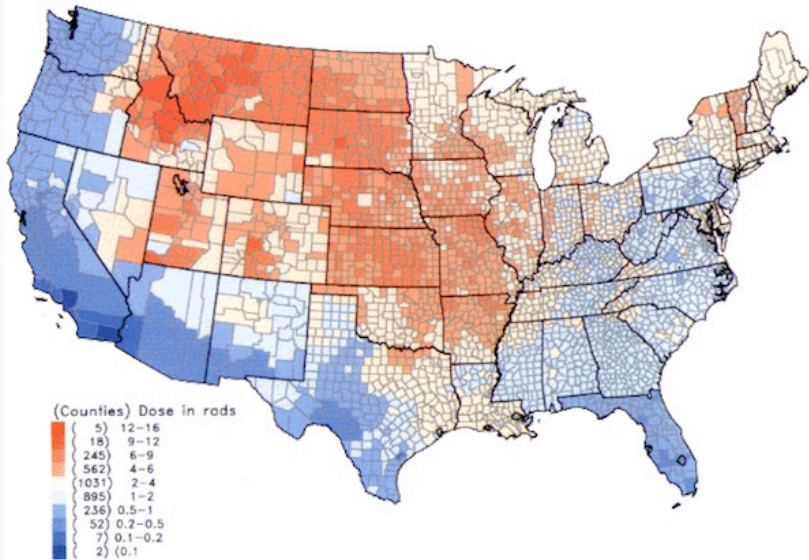




Rysunek 5: Zanieczyszczony w 1945 roku film Kodak



Rysunek 6: Test Trinity, Newada, 16 lipca 1945



Rysunek 7: Mapa zanieczyszczeń radioaktywnych wykrywalnych w latach 50tych

# Fast Radio Bursts, Gamma Ray Bursts



- W całym Wszechświecie jest ich dużo, zatem pod względem ilościowym atrakcyjne wyjaśnienie
- Jednak same GRB są zwykle zbyt krótkie, by wyglądać tak 'gwiazdowo' na kliszy
- Mechanizm FRB niedostatecznie poznany

- W całym Wszechświecie jest ich dużo, zatem pod względem ilościowym atrakcyjne wyjaśnienie
- Jednak same GRB są zwykle zbyt krótkie, by wyglądać tak 'gwiazdowo' na kliszy
- Mechanizm FRB niedostatecznie poznany

- W całym Wszechświecie jest ich dużo, zatem pod względem ilościowym atrakcyjne wyjaśnienie
- Jednak same GRB są zwykle zbyt krótkie, by wyglądać tak 'gwiazdowo' na kliszy
- Mechanizm FRB niedostatecznie poznany



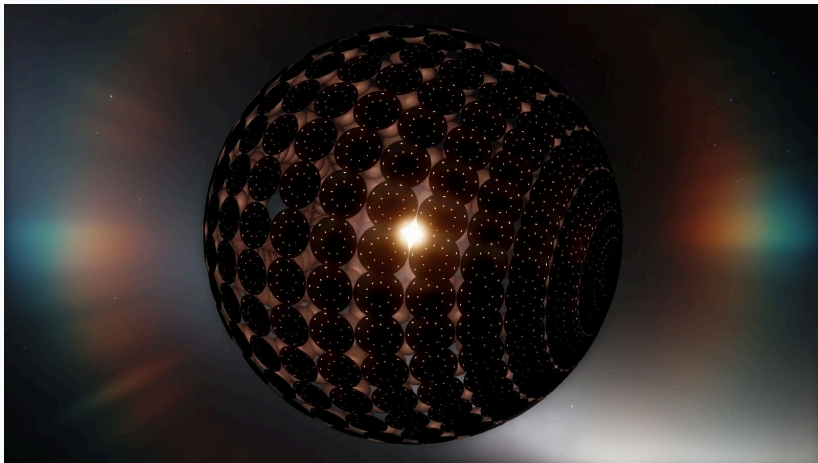


- SETI szuka dobrych kandydatów do obserwacji w celu znalezienia efektów istnienia cywilizacji pozaziemskiej
- Czego szukają?
  - 'Beacon' sygnałowy na określonej długości fali
  - Megastruktury przesłaniające gwiazdy

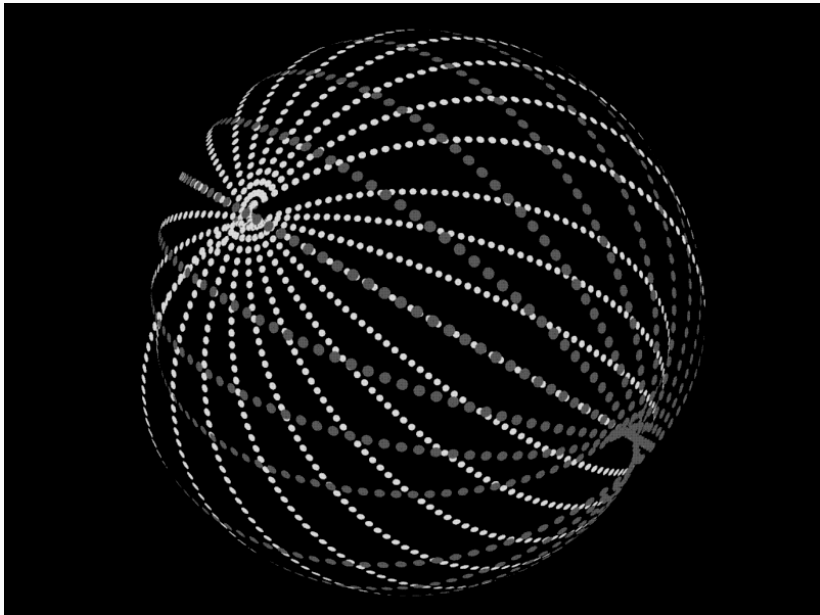
- SETI szuka dobrych kandydatów do obserwacji w celu znalezienia efektów istnienia cywilizacji pozaziemskiej
- Czego szukają?
  - 'Beacon' sygnałowy na określonej długości fali
  - Megastruktury przesłaniające gwiazdy

- SETI szuka dobrych kandydatów do obserwacji w celu znalezienia efektów istnienia cywilizacji pozaziemskiej
- Czego szukają?
  - 'Beacon' sygnałowy na określonej długości fali
  - Megastruktury przestaniające gwiazdy

- SETI szuka dobrych kandydatów do obserwacji w celu znalezienia efektów istnienia cywilizacji pozaziemskiej
- Czego szukają?
  - 'Beacon' sygnałowy na określonej długości fali
  - Megastruktury przesłaniające gwiazdy



Rysunek 8: Koncepcja artystyczna sfery Dysona



Rysunek 9: Bardziej realistyczna koncepcja: rój Dysona

# Wnioski

---

- Do analizy pozostało jeszcze wiele potencjalnych obiektów
- Możliwych wyjaśnień jest aż nadto
- Analiza danych nowoczesnymi metodami może prowadzić do znalezienia ciekawych obiektów do badań
- Współczesne metody analizy obejmują zarówno naukę obywatelską, jak i metody uczenia maszynowego w synergii
- Przy przygotowywaniu tego typu projektów podejście 'popularnonaukowe' może zwiększyć partycypację obywatelską






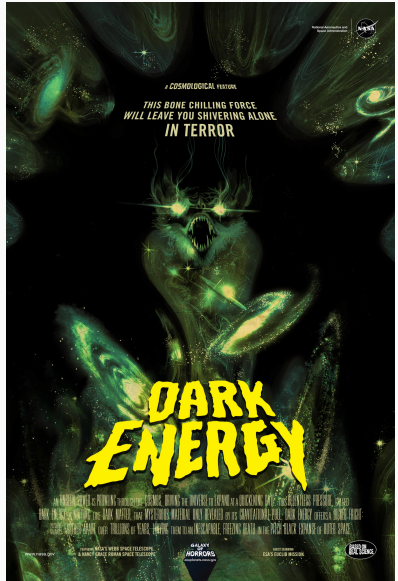
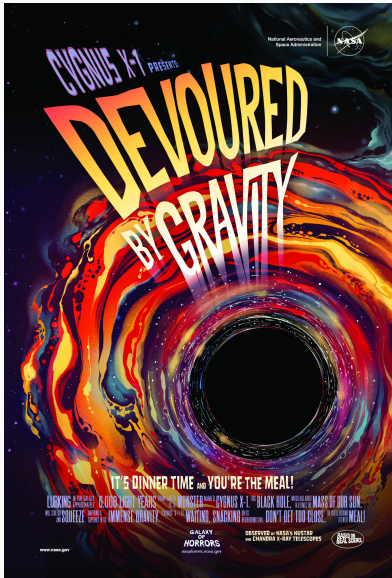
- Do analizy pozostało jeszcze wiele potencjalnych obiektów
- Możliwych wyjaśnień jest aż nadto
- Analiza danych nowoczesnymi metodami może prowadzić do znalezienia ciekawych obiektów do badań
- Współczesne metody analizy obejmują zarówno naukę obywatelską, jak i metody uczenia maszynowego w synergii
- Przy przygotowywaniu tego typu projektów podejście 'popularnonaukowe' może zwiększyć partycypację obywatelską

- Do analizy pozostało jeszcze wiele potencjalnych obiektów
- Możliwych wyjaśnień jest aż nadto
- Analiza danych nowoczesnymi metodami może prowadzić do znalezienia ciekawych obiektów do badań
- Współczesne metody analizy obejmują zarówno naukę obywatelską, jak i metody uczenia maszynowego w synergii
- Przy przygotowywaniu tego typu projektów podejście 'popularnonaukowe' może zwiększyć partycypację obywatelską

- Do analizy pozostało jeszcze wiele potencjalnych obiektów
- Możliwych wyjaśnień jest aż nadto
- Analiza danych nowoczesnymi metodami może prowadzić do znalezienia ciekawych obiektów do badań
- Współczesne metody analizy obejmują zarówno naukę obywatelską, jak i metody uczenia maszynowego w synergii
- Przy przygotowywaniu tego typu projektów podejście 'popularnonaukowe' może zwiększyć partycypację obywatelską

- Do analizy pozostało jeszcze wiele potencjalnych obiektów
- Możliwych wyjaśnień jest aż nadto
- Analiza danych nowoczesnymi metodami może prowadzić do znalezienia ciekawych obiektów do badań
- Współczesne metody analizy obejmują zarówno naukę obywatelską, jak i metody uczenia maszynowego w synergii
- Przy przygotowywaniu tego typu projektów podejście 'popularnonaukowe' może zwiększyć partycypację obywatelską

-  Beatriz Villaroel et al (2020)  
**Launching the VASCO citizen science project**
-  Beatriz Villaroel et al (2020)  
**The VASCO project: 100 red transients and their follow up**
-  Beatriz Villaroel et al (2021)  
**Exploring nine simultaneously occurring transients on April 12th 1950**



Dziękuję za uwagę!