

Astrolabium

Konkurs astronomiczny

Nasze aktywne Słońce



Szkoła podstawowa
Klasy 7-8
Doświadczenie konkursowe 3

Rok 2024

Słońce jako gwiazda

Słońce – jedna z kilkuset miliardów gwiazd w naszej Galaktyce, Drodze Mlecznej – jest ogromną i gorącą kulą gazu składającą się głównie z wodoru i helu, w której wnętrzu zachodzą reakcje termojądrowe. W ich wyniku wodór przekształca się w hel, uwalniając przy tym ogromne ilości energii. Ta energia w postaci promieniowania dociera po tysiącach lat do Ziemi jako światło i ciepło umożliwiając istnienie życia na naszej planecie. Bez Słońca nie byłoby obiegu wody w przyrodzie i fotosyntezy, a więc i życia w znanej nam formie.

Aktywność Słońca

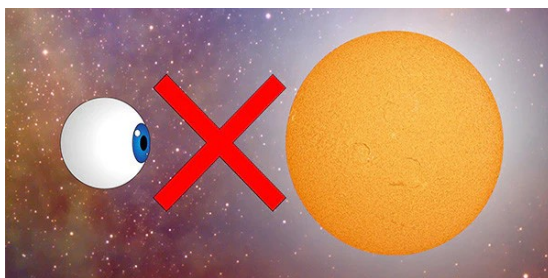
Słońce nie jest jednak całkowicie spokojną gwiazdą. Co około 11 lat jego aktywność wzrasta, a na powierzchni pojawiają się ciemniejsze obszary zwane plamami słonecznymi. Są one wynikiem zmian zachodzących w globalnej konfiguracji słonecznych pól magnetycznych. W okolicy plam często dochodzi do rozbłysków słonecznych, czyli gwałtownych procesów prowadzących do przemian energii magnetycznej w inne formy energii, w których uwalniane są bardzo duże ilości promieniowania elektromagnetycznego i naładowanych cząstek. Liczne plamy i rozbłyski to typowe oznaki podwyższonej aktywności Słońca.

Plamy słoneczne

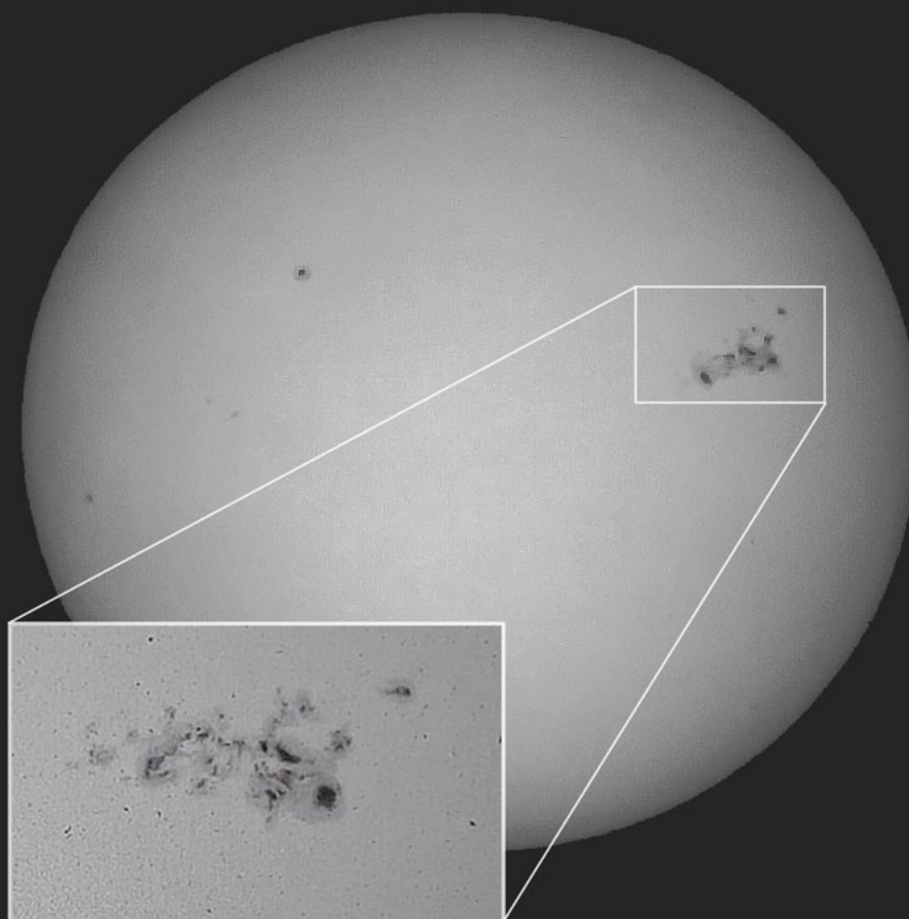
Temperatura powierzchni Słońca to około 5,5 tysiąca stopni Celsjusza. Plamy słoneczne to wizualnie ciemniejsze miejsca na powierzchni Słońca, które są nieco chłodniejsze niż reszta jego powierzchni. Nie oznacza to wcale, że są one zimne i czarne – przeciwnie, są także gorące i jasne, ale widzimy je jako ciemne przez kontrast z jaśniejszą powierzchnią Słońca, czyli fotosferą. W obszarze plamy pole magnetyczne Słońca jest lokalnie silniejsze, co sprawia, że energia i ciepło nie mogą łatwo się tam przemieszczać (silne pole magnetyczne tłumi przewodzenie cieplne i zaburza transport energii z wnętrza Słońca na jego powierzchnię).

Plamy często występują w grupach. Gdy Słońce jest bardziej aktywne, pojawia się więcej plam i ich grup. Zdarza się, że grupy i plamy są tak liczne i duże, że można je zobaczyć nawet „gołym” okiem, bez instrumentów optycznych. Dzięki temu odkryto je na długo przed wynalezieniem teleskopu. Już starożytni astronomowie, głównie w Chinach i Grecji, obserwowali ciemne „kropki” na tarczy Słońca, prawdopodobnie podczas jego wschodów lub zachodów, gdy było ono nisko nad horyzontem i miało mniejszą jasność. Uwaga, ze względu na bezpieczeństwo nie próbuj samodzielnie powtarzać takich obserwacji!

UWAGA! Nigdy nie patrz na Słońce przez lupę, lornetkę, lunetę lub teleskop. Może to poważnie uszkodzić Twój wzrok i doprowadzić do ślepoty! Bezpieczne dla oczu obserwacje tarczy Słońca przez instrumenty powiększające możliwe są tylko przy zastosowaniu specjalnych filtrów słonecznych, które chronią nasz wzrok, osłabiając przechodzące przez nie światło Słońca nawet kilkaset tysięcy razy!



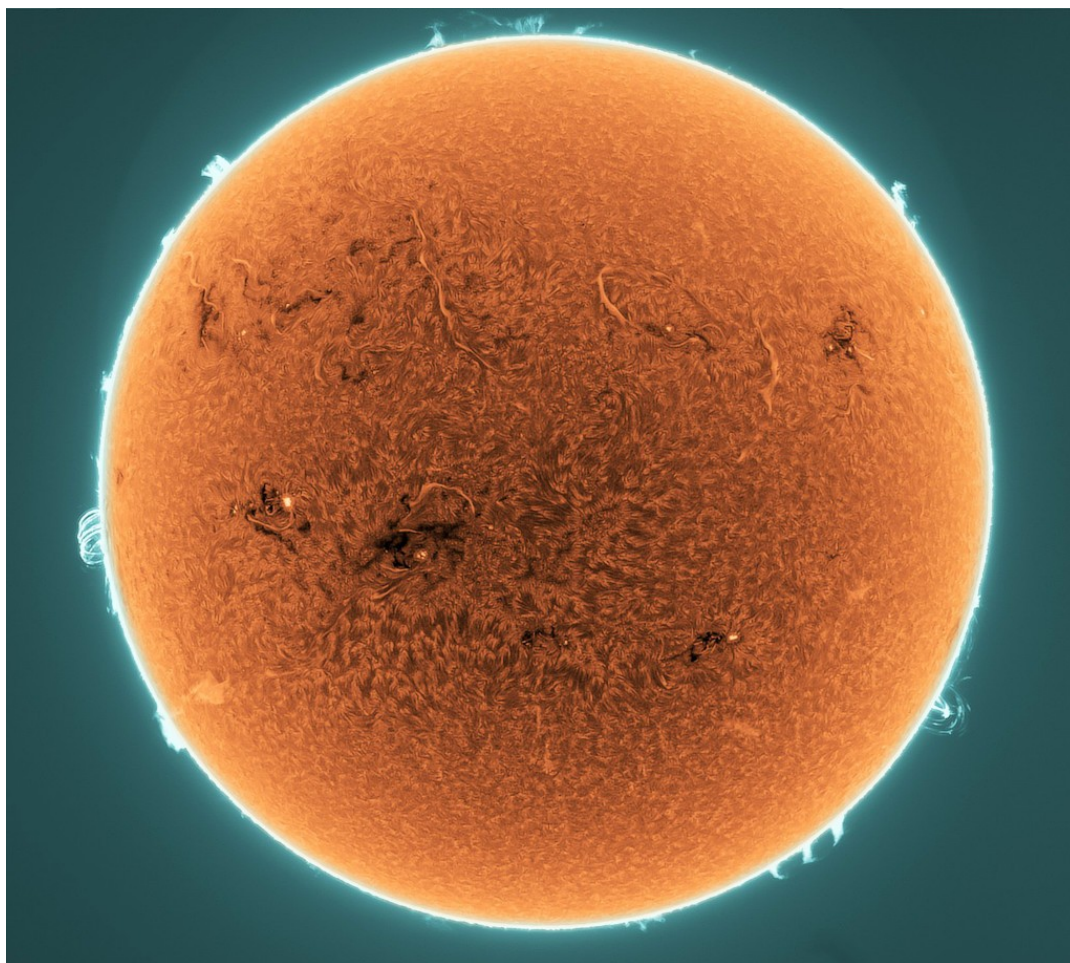
Słoneczny obszar aktywny AR3664 z 10 maja 2024 roku



Franco Fantasia

© GRUPPO ASTROFILI PALIDORO

Rysunek 1. Duże plamy słoneczne i ich grupa z 10 maja 2024 r. na zbliżeniu. Źródło: NASA/Franco Fantasia & Giuseppe Conzo.



Rysunek 2. Słońce obserwowane 15 maja 2024 w paśmie emisji wodoru. Tarcza Słońca nie jest jednolita, widać na niej plamy i gaz o różnej temperaturze, który jest w ciągłym ruchu, a także liczne obszary aktywne i poskręcane włókna słoneczne. Ponad brzegiem tarczy Słońca widoczne są też wyrzuty rozgrzanego gazu nad jego powierzchnię. Źródło: APOD.pl¹, Steen Søndergaard.

Koronalne wyrzuty masy

Innym ważnym zjawiskiem wynikającym z aktywności Słońca i istnienia na nim obszarów aktywnych są koronalne wyrzuty masy (ang. *Coronal Mass Ejections*, CME), czyli silnie namagnesowane obłoki gorącej słonecznej plazmy wyrzucane w przestrzeń kosmiczną w czasie rozbłysków słonecznych. CME mogą osiągać prędkości nawet kilku milionów kilometrów na godzinę i, jeśli tylko są skierowane w stronę Ziemi, docierać do naszej planety w ciągu kilku dni.

Wpływ aktywności słonecznej na Ziemię i cywilizację

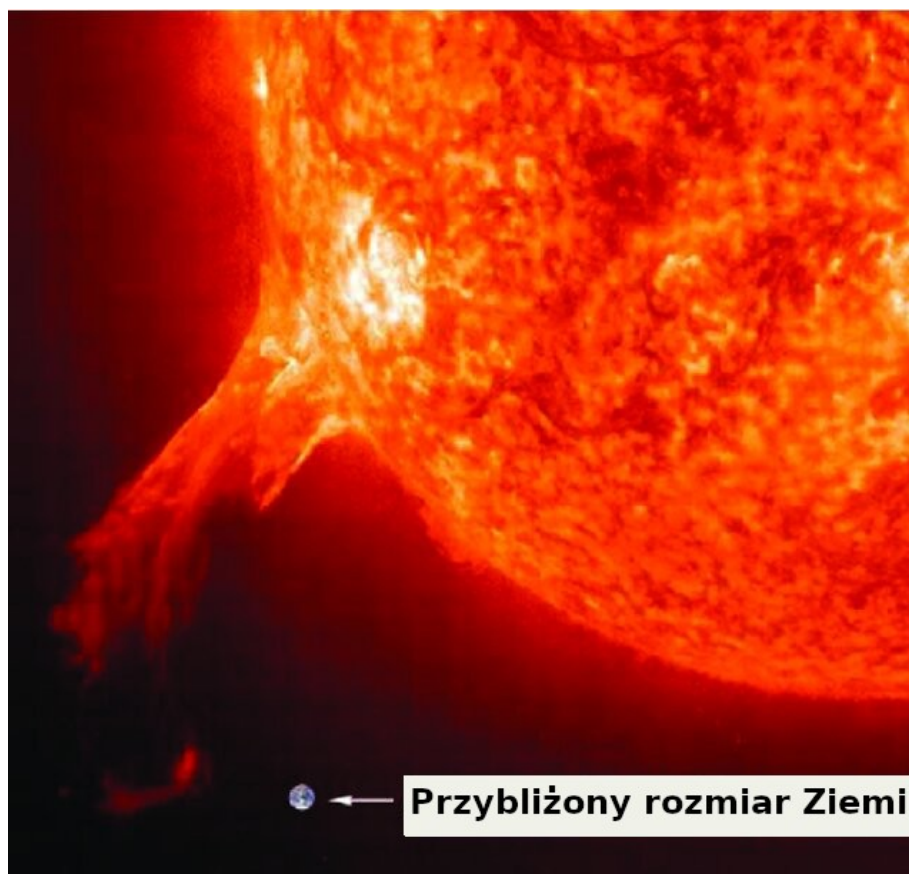
Rozbłyski i związane z nimi koronalne wyrzuty masy mogą mieć istotny wpływ na życie i technologie używane na Ziemi. Wyrzucane przez Słońce, naładowane elektrycznie

¹ <http://apod.pl/apod/ap240615.html>

cząstki wchodzi w interakcję z ziemskim polem magnetycznym, powodując tzw. burze geomagnetyczne. Te burze mogą z kolei wywoływać zjawisko zorzy polarnej, które powstaje, gdy naładowane cząstki zderzają się z molekułami ziemskiej atmosfery najczęściej ponad ziemskimi biegunami.

Silne burze geomagnetyczne mogą też zakłócać działanie satelitów komunikacyjnych, w tym systemów GPS. W skrajnych przypadkach powodują nawet uszkodzenia sieci energetycznych i elementów elektrowni, co skutkuje przerwami w dostawie prądu. W przeszłości zdarzały się już burze geomagnetyczne, które powodowały tzw. *blackout* (pełną przerwę w dostawie energii elektrycznej na dużym obszarze) trwający do kilku dni, najczęściej w Kanadzie.

Zdarza się, że słoneczne wyrzuty materii uszkadzają satelity pogodowe, telewizyjne i te zapewniające bezprzewodowy internet satelitarny lub powodują, że spadają one na niższe orbity. W 2022 roku [40 satelitów Starlink zostało w ten sposób zniszczonych](#) przez aktywność Słońca. Docierające do Ziemi koronalne wyrzuty masy mogą też prowadzić do zakłóceń w komunikacji radiowej, przez co odwoływane są loty samolotów cywilnych.



Rysunek 3. Porównanie wielkości koronalnego wyrzutu masy i Ziemi. Źródło: JPL/NASA.

Cząstki napływające ze Słońca stwarzają również zagrożenie dla zdrowia i życia astronautów. Z tego powodu, gdy wiadomo, że aktywność Słońca jest znacznie

podwyższona, astronauta przebywający na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej mogą chronić się w lepiej chronionych częściach Stacji, takich jak moduły z dodatkowymi osłonami. Co ciekawe, silna burza słoneczna z 1972 roku zbiegła się w czasie z programem księżycowym Apollo. Dwie misje załogowe szczęśliwie odbyły się jednak w kwietniu (Apollo 16) i grudniu (Apollo 17), podczas gdy Słońce było najbardziej aktywne w sierpniu 1972 r. W tym czasie astronauta byłiby narażeni na promieniowanie o mocy wystarczającej do wywołania choroby popromiennej.

25. cykl słoneczny

Aktywność Słońca wyraźnie rośnie w regularnych odstępach czasu, które trwają zwykle 11 lat. Cykl słoneczny to okres, w którym poziom aktywności Słońca zmienia się: od niskiej aktywności (tak zwanego minimum słonecznego) do wysokiej aktywności (maksimum słonecznego) i z powrotem do niskiej. W każdym z cykli obserwuje się zwykle zwiększoną liczbę plam, rozbłysków i koronalnych wyrzutów masy, czyli zjawisk związanych z aktywnością Słońca.

Obecnie trwa 25. cykl słoneczny, który rozpoczął się w 2019 roku. Maksimum aktywności Słońca związane z tym cyklem miało miejsce z końcem 2024 roku, ale Słońce jest nadal bardzo aktywne, zatem i w najbliższych miesiącach, a być może i latach, możemy się spodziewać kolejnych zórz polarnych. Część z nich może być widoczna w Polsce. Naukowcy, w tym astronomowie z Obserwatorium Astronomicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie we współpracy ze specjalistami z NASA, uważnie śledzą zmienną w czasie aktywność Słońca, aby móc coraz lepiej przewidywać występowanie największych rozbłysków słonecznych. Badają też czasy ich przybywania w okolice Ziemi oraz możliwy wpływ na ziemską technologię i bezpieczeństwo lotów kosmicznych.

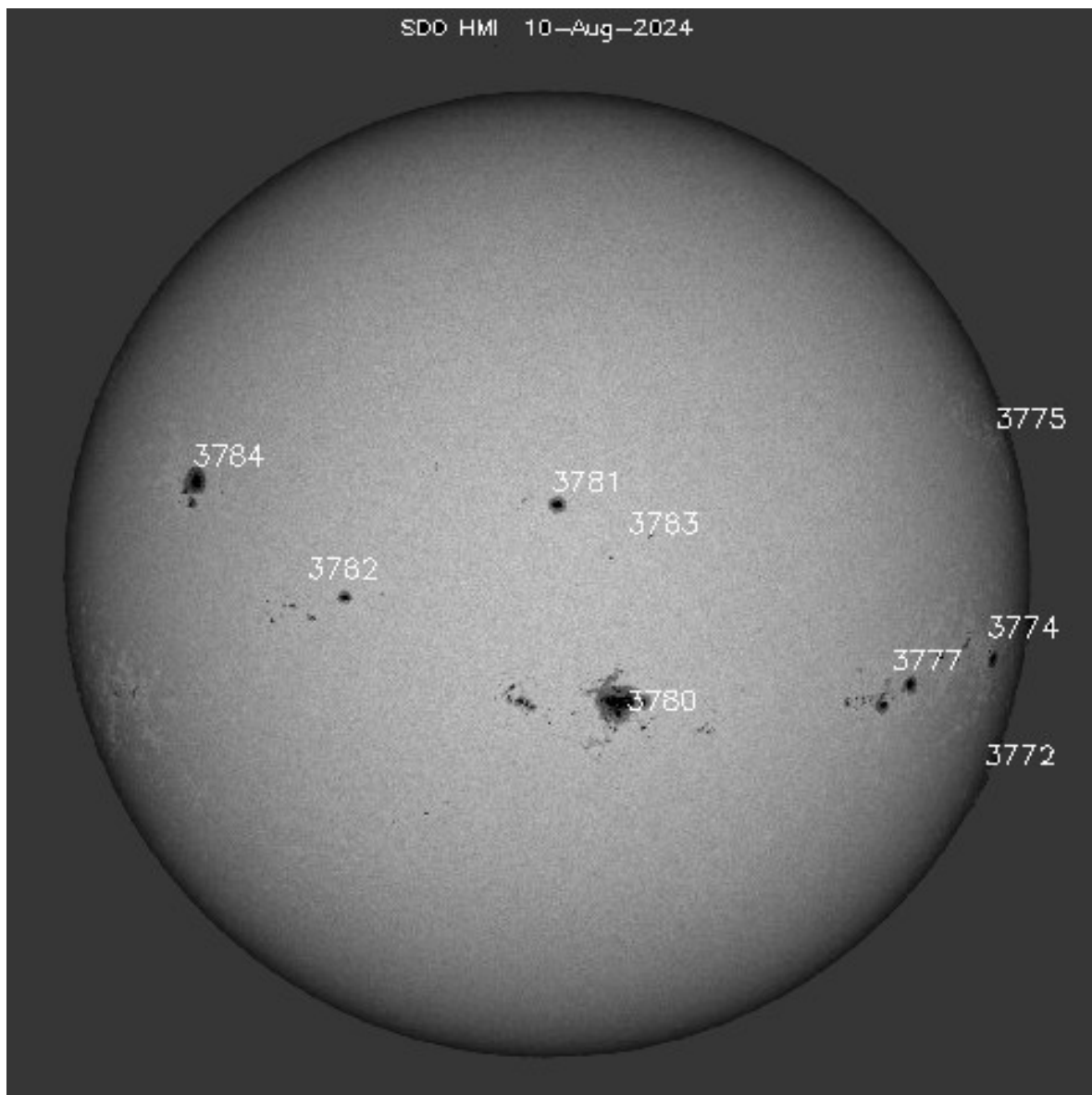
2. Cel doświadczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z tematyką aktywności Słońca. Uczniowie dowiadują się, czym są rozbłyski, plamy słoneczne i koronalne wyrzuty masy. Porównują wielkość największej zaobserwowanej plamy słonecznej z rozmiarem Ziemi. Na przykładzie prostych obliczeń zapoznają się z różnicą wielkości między Ziemią a Słońcem. Analizują proste wykresy zmienności aktywności Słońca w czasie.

3. Opis wykonania doświadczenia

1. Przejdź na stronę: <https://puzzlefactory.pl/pl/puzzle/graj/edukacja/605790-plamy-s%C5%82oneczne#6x8> i ułóż znajdujące się na niej puzzle przedstawiające słoneczny obszar aktywny – grupę plam o oznaczeniu AR 3664 z 13 maja 2024 (autorem zdjęcia jest [Marco Meniero](#), pochodzi ono z serwisu APOD.pl). Ta duża grupa wywołała liczne zorze polarne na Ziemi. Ta sama grupa pokazana jest na Rysunku 1, w dniach 10-13 maja przesunęła się jednak na obserwowanej tarczy Słońca, ponieważ samo Słońce, podobnie jak Ziemia, wiruje, czyli obraca się wokół własnej osi, dzięki czemu co dnia widzimy inną jego stronę.

2. Grupy plam to plamy słoneczne leżące blisko siebie. Większe i bardziej rozwinięte plamy często mają ciemniejsze centrum (tzw. *umbra*) otoczone jaśniejszym obszarem (*penumbra*). Spójrz na znajdujący się poniżej obraz Słońca (Rysunek 4). Zarejestrowała go 10 sierpnia 2024 roku należąca do NASA sonda SDO. Kilka dni później do Ziemi dotarły naładowane cząstki wywołując zorze polarne widoczne z różnych miejsc w Polsce. Zobacz, gdzie na tarczy Słońca znajdują się ciemniejsze miejsca związane z tworzącymi się wówczas obszarami aktywnymi (plamy słoneczne). Przejdź na stronę *Schematu klasyfikacji plam* (www.mimuw.edu.pl/~szczuka/DM/zad2/node6.html) i zapoznaj się z różnymi typami plam i ich grup. Obejrzyj ponownie obraz Słońca i zaznacz widoczne na nim plamy oraz grupy. Policz je i spróbuj przypisać im kodowe opisy zgodnie z instrukcją na stronie.



Rysunek 4. Plamy i ich grupy, 10 sierpnia 2024 r. (NOAA)

3. Pomiar i obliczenie rzeczywistego rozmiaru plamy: za pomocą linijki zmierz i zapisz średnicę w milimetrach największej widocznej na Rysunku 4 plamy. W ten sam sposób zmierz średnicę Słońca na tym samym zdjęciu. Korzystając z poniższej zależności oblicz rzeczywisty rozmiar plamy:

$$\text{rzeczywista średnica plamy} = \frac{\text{średnica plamy na zdjęciu w mm}}{\text{średnica Słońca na zdjęciu w mm}} \times 1392700 \text{ km}$$

gdzie wartość 1 392 700 km to rzeczywista średnica Słońca.

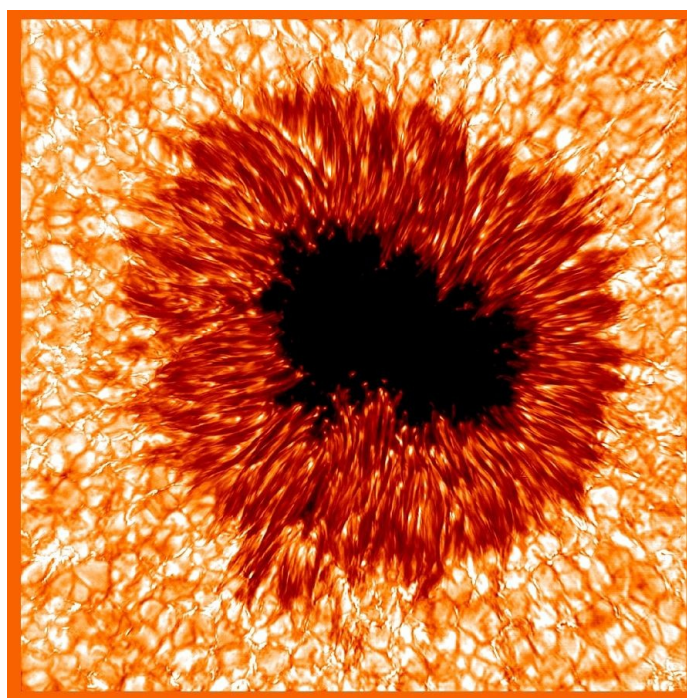
Uwaga, jeśli największa według Ciebie plama znacznie odbiega kształtem od koła, zmierz jej rozmiar w najszerszym oraz najwęższym miejscu, a następnie uśrednij (zsumuj, po czym podziel przez dwa) otrzymane w ten sposób wyniki.

4. Porównanie rozmiaru największej plamy ze średnicą Ziemi i Księżyca: korzystając z książek lub źródeł internetowych sprawdź wartość średnicy kuli ziemskiej w kilometrach. Zanotuj ją. Aby dowiedzieć się, ile razy największa plama słoneczna na zdjęciu z 10 sierpnia 2024 r. (której rzeczywista średnica wyznaczona została w punkcie 3) jest większa od Ziemi, wyznacz wartość S według wzoru:

$$S = \frac{\text{rzeczywista średnica plamy w km}}{\text{średnica Ziemi w km}}$$

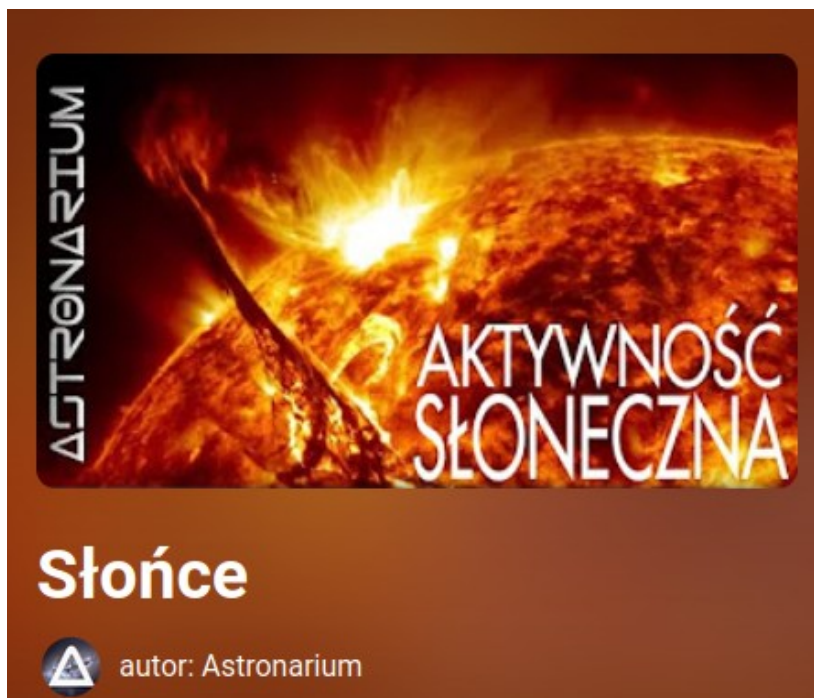
Zinterpretuj, ile razy ta konkretna plama słoneczna była większa od Ziemi. Ile naszych planet zmieściłoby się wewnątrz tej plamy? Pytanie to ma „głębszy” sens, bo plamy słoneczne w rzeczywistości nie są płaskie – mają strukturę trójwymiarową i stanowią wyraźne zagłębienia na tarczy Słońca.

Rysunek 5. Zbliżenie na strukturę 3D plamy słonecznej (National Solar Observatory)



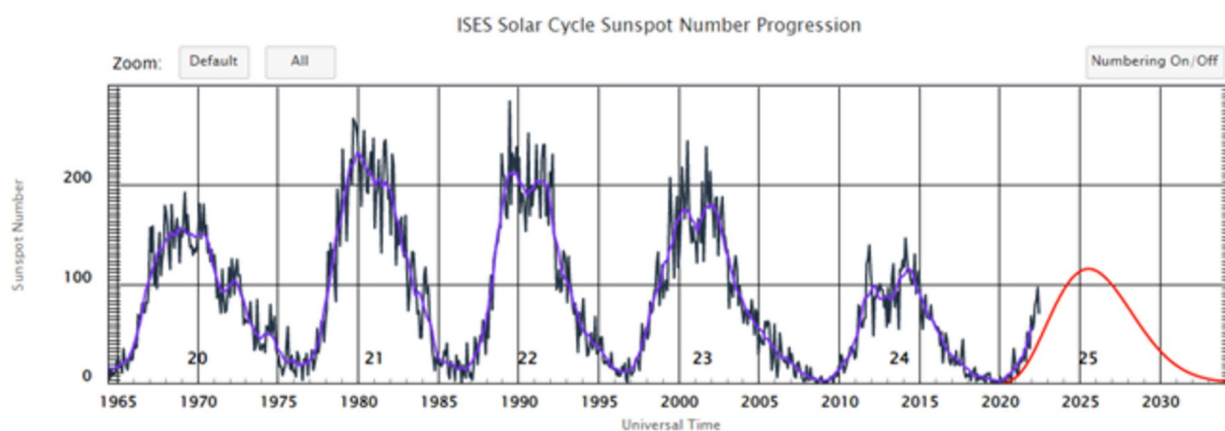
Obliczenia powtórz dla średnicy Księżyca, którą również znajdziesz we właściwym źródle.

5. Obejrzyj film „[Astronarium](#)” [Odcinek 6: Aktywność słoneczna](#), aby usystematyzować informacje o Słońcu i jego aktywności, które wynosisz z tego Doświadczenia.



Do przemyślenia i sprawdzenia

1. Czy plamy i koronalne wyrzuty masy są duże w porównaniu z Ziemią?
2. Korzystając z danych wyznaczonych w punktach 3 i 4 oblicz, ile planet o średnicy Ziemi zmieściłoby się na odcinku, który odpowiada rzeczywistej średnicy Słońca. Czy potrafisz również obliczyć, ile planet – kulek wielkości Ziemi zmieściłoby się w wydrążonej kuli o rozmiarach Słońca? Jeśli nie, sprawdź te dane w Internecie.
3. Spójrz na Rysunek 3 i zastanów się, dlaczego koronalne wyrzuty masy nie są w stanie spalić Ziemi, choć są tak wielkie w porównaniu z nią. Czy rysunek wiernie zachowuje wszystkie rozmiary i odległości?
4. Liczba plam słonecznych wzrasta i maleje w cyklach trwających około 11 lat. Na kolejnej stronie zamieszczamy wykres wartości tej liczby dla poszczególnych miesięcy różnych lat, czyli rzeczywiste dane pomiarowe dla kilku cykli aktywności Słońca. Na osi poziomej podane są lata, a na pionowej – liczba obserwowanych plam. Kolorem czerwonym oznaczono przewidywania modelu aktywności Słońca dla obecnie trwającego cyklu 25. Z wykresu odczytaj, kiedy według tego modelu Słońce będzie (lub już było) najbardziej aktywne w 25 cyklu.



Rysunek 6. Zmienna liczba plam słonecznych w czasie wyznaczona dla ostatnich dekad.

5*2. **Ćwiczenie dodatkowe.** Cząstki dopływające do Ziemi ze Słońca mogą uszkodzić, zniszczyć lub tymczasowo wyłączyć nasze urządzenia i technologie. Zastanów się, których z nich (np. Internet, telefonia komórkowa, energia elektryczna, telewizja, radio, nawigacja GPS, satelitarne dane pogodowe) Twojej rodzinie brakowałoby najbardziej. Zastanów się, jak moglibyście poradzić sobie ze skutkami ich tymczasowego wyłączenia (gdyby miało ono trwać do dwóch dni oraz dłużej niż tydzień). Jak Polska jako kraj powinna przygotować się na ewentualne następstwa takich zdarzeń?

² Zadanie dodatkowe – dla chętnych.