

Słońce * Księżyc



**SPÓJRZMY W NIEBO
OKIEM NAUKOWCA
LUB ARTYSTY**


26 XI 2022

MATERIAŁY POKONFERENCYJNE

**Słońce, Księżyc – spójrzmy
w niebo okiem naukowca
lub artysty**

VI Pomorska Uczniowska Konferencja Naukowa
Zdolni z Pomorza

Samorząd Województwa Pomorskiego
Pomorska Biblioteka Pedagogiczna w Gdańsku



SŁOŃCE, KSIĘŻYC SPÓJRZMY W NIEBO OKIEM NAUKOWCA LUB ARTYSTY

Materiały z naukowej konferencji uczniowskiej
Gdańsk, 26 listopada 2022

2023

Konferencja zorganizowana przez Samorząd Województwa Pomorskiego we współpracy z Pomorską Biblioteką Pedagogiczną w Gdańsku i Politechniką Gdańską.

Materiał współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Pomorskiego na lata 2014–2020 – projekt *Zdolni z Pomorza*.

Egzemplarz bezpłatny

Komitet redakcyjny:

dr hab. Krzysztof Kornacki, prof. UG

dr inż. Bartłomiej Cieślak

dr inż. Tadeusz Miruszewski

dr Anna Niewulis

mgr Artur Eichmann

mgr Justyna Woron

Redakcja: Anna Zawistowska

Redakcja i korekta: Anna Zawistowska, Dorota Dela

Projekt okładki: Magdalena Jędrasik

Skład, łamanie, przygotowanie do druku:

Agencja Wydawnicza PAJ-Press, www.pajpress.com.pl

© Copyright by Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego
Departament Edukacji i Sportu, Gdańsk 2023

ISBN 978-83-965294-8-0

Spis treści

Słowo od Marszałka Województwa Pomorskiego 9

Wykład inauguracyjny

VI Pomorską Uczniowską Konferencję Naukową *Zdolni z Pomorza*

Przemysław Rudź

Od APOLLO do ARTEMIS, czyli powrót ludzkości na Księżyc 11

ROZDZIAŁ I BIOLOGIA

Wojciech Glac

Mózg w promieniach słońca 27

Zbigniew Trusewicz

Rośliny w bazie księżycowej 32

ROZDZIAŁ II CHEMIA

Jagoda Burzyńska

Chemiczne „oblicze” Słońca i Księżyca 45

Bartłomiej Cieślik

**Czy chemia wszechświata
różni się od chemii na planecie Ziemia?** 52

Dariusz Kierski

Reakcje zachodzące w Słońcu 59

Nazar Skorbach

Woda na Księżycu 68

Dominika Żwirek

Globalne ocieplenie – problem na skalę globu 74

ROZDZIAŁ III

FIZYKA

Kazimierz Buda, Tomasz Gąsiorowski, Paweł Kociński,
Mikołaj Marek, Amelia Rogaczewska, Jakub Walentukiewicz

**Różne rodzaje napędów raketowych i ich zastosowania
w powrocie człowieka na Księżyc** 80

Szymon Drywa

Plamy słoneczne nie tylko na zdjęciach 90

Maria Kuberska

**Błyski, grzmoty i ulewa
– czy burze słoneczne przypominają te na Ziemi?** 104

Piotr Kukowski, Weronika Rost

Jak powstał Księżyc? 108

Bogna Pazderska

Heweliusz i jego historia badań Księżyca 112

Kinga Wysocka

Życie gwiazd i wykorzystywanie ich energii 122

ROZDZIAŁ IV

MATEMATYKA

Hanna Guze, Sambor Guze

Geometria nieba, czyli co widzi matematyk i jak liczy odległości 134

Stanisław Rybak	
GPS (<i>Global Positioning System</i>)	142

ROZDZIAŁ V NAUKI HUMANISTYCZNE

Katarzyna Charzyńska	
Wpływ Słońca na historię mody	151

Adrianna Gąsior	
Wpływ Słońca i Księżyca na kształtowanie się systemów wierzeń ..	155

Krzysztof Kornacki	
Księżyc uparcie patrzy. Motyw księżyca z Mistrza i Małgorzaty oraz wybrane filmowe nawiązania	166

Hubert Lewkowicz, Piotr Zwierski	
Kto będzie czerpać korzyści z eksploracji Księżyca?	173

Zuzanna Matyla	
Słońce i Księżyc – boskie rodzeństwa, boskie przeciwieństwa ...	179

Magdalena Pryczkowska	
„Zbyt stary bóg”, czyli jak starożytni Egipcjanie postrzegali Słońce i Księżyc oraz co z tego wynikło	184

Agata Szczepańska	
Mitologia japońska w kontekście bóstw lunarnych	189

ROZDZIAŁ VI	
SESJA POSTEROWA	197

Szanowni Państwo!



Młodość to ciekawość, a ciekawość prowadzi do zmiany. Młodzi mieszkańcy naszego regionu są otwarci na otaczający świat, szukają odpowiedzi na trudne pytania, mają szerokie zainteresowania i pokazują dorosłym, jak wygląda naukowa pasja. Pomorskie Uczniowskie Konferencje Naukowe realizowane w ramach przedsięwzięcia „Zdolni z Pomorza” pomagają im właśnie rozwijać te zainteresowania.

Młodzi pasjonaci nauki po dwuletniej pandemicznej przerwie i spotkaniach online w ubiegłym roku mogli wreszcie spotkać się osobiście. Tym razem postanowili sięgnąć do gwiazd, dlatego tytuł VI Pomorskiej Uczniowskiej Konferencji Naukowej „Zdolni z Pomorza” brzmiał: „Słońce, Księżyc – spójrzmy w niebo okiem naukowca lub artysty”. Tym samym konferencja stała się doskonałym wstępem do Roku Mikołaja Kopernika, który

właśnie obchodzimy. W roku 2023 wspominamy wybitnego polskiego astronoma, matematyka, prawnika, lekarza i ekonomistę, twórcę teorii heliocentrycznej i autora dzieła „O obrotach sfer niebieskich” w pięćset pięćdziesiątą rocznicę jego urodzin i czterysta osiemdziesiątą rocznicę śmierci.

W uczniowskich obradach, tradycyjnie odbywających się w murach Politechniki Gdańskiej, uczestniczyło prawie 300 osób. Młodzież prezentowała swoje referaty, artykuły i plakaty naukowe, które dzięki niniejszej publikacji będą szerzej upowszechnione.

Podczas VI Pomorskiej Uczniowskiej Konferencji Naukowej uczniowie wygłosili w sumie 25 referatów. Dyskutowali też w ramach pięciu paneli: z biologii, chemii, fizyki, matematyki/informatyki oraz nauk humanistycznych. Oprócz prelekcji uczniowskich można było wysłuchać również wystąpień uznanych autorytetów w każdej z tych dziedzin.

Te naukowe spotkania zaskakują dojrzałością, profesjonalizmem i zaangażowaniem młodych naukowców. Wierzę, że dzięki wsparciu, jakie otrzymali w ramach przedsięwzięcia „Zdolni z Pomorza”, będą nadal rozwijać swoje talenty, pasje i naukowe zainteresowania, zmieniając na lepsze otaczającą rzeczywistość.



Mieczysław Struk
Marszałek Województwa Pomorskiego

Samorząd Województwa Pomorskiego od 2010 roku wspiera utalentowanych uczniów, a od 2016 roku realizuje wspólnie z pomorskimi powiatami i siedmioma uczelniami 26 projektów. Dzięki temu wszechstronne wsparcie mogą uzyskać uczniowie uzdolnieni z matematyki, fizyki, informatyki, biologii, chemii, a także w zakresie przedmiotów rozwijających kompetencje społeczne (takich jak język polski czy historia). Młodzi ludzie mogą brać udział m.in. w zajęciach pozalekcyjnych, spotkaniach akademickich, konkursach i obozach naukowych. Najlepsi zostają objęci indywidualną opieką mentorską. Projekty, które łączy nazwa „Zdolni z Pomorza”, współfinansowane są ze środków europejskich w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Pomorskiego 2014–2020.

Od APOLLO do ARTEMIS, czyli powrót ludzkości na Księżyc

Ponad pół wieku upłynęło od kiedy człowiek pierwszy raz w ramach programu APOLLO postawił stopę na innym niż Ziemia ciele niebieskim. W astronautyce był to czas wielkich wyzwań, często bezpardonowej rywalizacji, politycznych przesileń, niesamowitego postępu naukowo-technologicznego, spektakularnych sukcesów i takich że porażek. Kilkadziesiąt lat temu ton technologiom kosmicznym nadawały dwa największe mocarstwa powojennego porządku świata – Stany Zjednoczone i Związek Radziecki. Dziś własne programy kosmiczne realizują Europejska Agencja Kosmiczna (zrzeszająca państwa członkowskie), Rosja, Chiny, Indie, Iran, Izrael, Japonia, Korea Północna, Korea Południowa, Brazylia, Kanada i inne, w tym Polska. Są one siłą napędową szeroko pojętej branży technologii kosmicznych, dając atrakcyjne zatrudnienie naukowcom, inżynierom, laboratoriom, zespołom badawczym, firmom prywatnym i państwowym. Poza dalszym sondowaniem planet i ich księżyców, lotami ku Słońcu i mniejszym ciałom Układu Słonecznego, a także wysyłaniem kolejnych generacji teleskopów kosmicznych, planowane programy, w tym niedawno rozpoczęty ARTEMIS, obejmują również naturalnego satelitę naszej planety. W najbliższych dekadach stanie się on z pewnością obiektem naukowej, a zapewne i przemysłowej eksploracji, przy stałej obecności człowieka.

Tło historyczne programu APOLLO

Tłem historycznym i politycznym akceleratorem programu APOLLO (po dwóch wcześniejszych MERCURY i GEMINI) była oczywiście zimna wojna, której jedną z aren stała się przestrzeń kosmiczna. Związek Radziecki miał się czym pochwalić dumnym Amerykanom, którzy w pierwszych latach ery kosmicznej z trudem musieli przełykać kolejne gorzkie pigułki porażki. Po pierwszym sztucznym satelicie SPUTNIK 1 (1957), pionierskim locie orbitalnym Jurija Gagarina (1961), pierwszym

¹ Przemysław Rudź, Polska Agencja Kosmiczna.

wspólnym locie dwóch statków kosmicznych WOSTOK 3 i WOSTOK 4 (1962), Walentinie Tierieszkowej, pierwszej kobiecie wyniesionej w przestrzeń kosmiczną (1963), pierwszym locie załogi wieloosobowej w statku WOSCHOD 1 (1964), czy pierwszym spacerze poza statkiem kosmicznym Aleksieja Leonowa (1965), wydawało się, że Rosjanie posiadli patent na prymat w zdobywaniu kolejnych celów w bliższej i dalszej przestrzeni kosmicznej.

Tymczasem ambitny prezydent John F. Kennedy, w swoim słynnym przemówieniu w Rice University (1962), wskazał rodakom kierunek ku Srebrnemu Globowi, twierdząc, że (...) *zdecydowaliśmy się w ciągu nadchodzących dziesięciu lat polecieć na Księżyc i dokonać innych rzeczy nie dlatego, że są łatwe, ale właśnie dlatego, że są trudne* (...). Była to stanowcza deklaracja woli politycznej, która napędza wielką ludzką determinację. Przyniosła skutek w postaci asygnacji odpowiednich środków z budżetu, podpisania kontraktów z potentatami w branży budowy raket i elementów statków kosmicznych, a także zakrojonych na szeroką skalę działań propagandowych, wytworzenia wokół programu APOLLO aury narodowego wyzwania o priorytetowym znaczeniu. W efekcie już kilka lat później okazało się, że radzieckie sukcesy zaczynają ustępować amerykańskim. Punktem przełomowym stała się misja APOLLO 8 (1968), podczas której po raz pierwszy ludzie w całkowicie kontrolowany sposób opuścili orbitę wokółziemską, dotarli do Księżyca, a następnie przez około 20 godzin orbitowali wokół niego. W tym czasie wykonywali fotografie jego powierzchni z wysokości zaledwie 110 kilometrów, testowali zużycie zasobów statku kosmicznego, zapewniających załodze warunki do przetrwania misji, po czym bezpiecznie wrócili na Ziemię. Posiedliśmy w ten sposób technologię, która potrafi zabrać człowieka daleko poza jej najbliższe sąsiedztwo. Droga do załogowego lądowania na Księżycu stała otworem.

Problemy konkurencji i własne

Oczywiście w tym samym czasie w ZSRR również planowano lot załogowy na Księżyc. Radziecki program księżycowy nieustannie doświadczał jednak niepowodzeń, dodatkowo w bardzo smutnych okolicznościach. W styczniu 1966 roku umiera Siergiej Korolow, ojciec radzieckiej kosmonautyki, genialny konstruktor raket i wspinały organizator. Na domiar złego, nieustanne kłopoty z raketą nośną N-1 (mniejszy udźwig, liczne awarie i katastrofy) znacznie ograniczały i opóźniały postęp prac. Wystarczy wspomnieć, że udały się (tzn. start, lot ku Księżycowi i powrót w okolice Ziemi) tylko trzy na dziesięć próbnych misji, a i one ostatecznie zakończyły się niekontrolowanymi lądowaniami w oceanie lub rozbiciem się o powierzchnię Ziemi. Niepowodzenia własne, przy widocznych sukcesach Amerykanów, spowodowały, że ostatecznie zarzucono wyścig ku Księżycowi, skupiając się na innych celach.

Nie oznacza to jednak, że NASA nie borykała się z problemami. Otóż borykała się, a trzech astronautów misji APOLLO 1 (1967) przypłaciło księżycowe aspiracje utratą życia w wyniku pożaru w module dowodzenia. Amerykanie rzadko nagłaśniają swoje porażki, a jeśli już, to sposób, w jaki sobie z nimi radzą. Na tejże kanwie w 1995 roku świat poznał, w wysokobudżetowej formie fabularnej, mrożące krew w żyłach okoliczności misji APOLLO 13 (1970), której załoga po eksplozji zbiornika z ciekłym tlenem, zamiast lądować na Księżycu, cudem uratowała się i bezpiecznie wróciła na Ziemię. Generalnie trzeba jednak przyznać, że program amerykański był znacznie bardziej przewidywalny, nie sprawiał tylu niespodzianek, a kolejne udane misje potwierdziły technologiczną dominację Amerykanów. Przejęli oni na dobre palmę pierwszeństwa w podboju przestrzeni kosmicznej.

Rakieta nośna Saturn V

Studziesięciometrowej wysokości, potężna rakiet Saturn V, została zaprojektowana przez Wernera von Brauna, tego samego, który podczas II wojny światowej konstruował niemiecką Wunderwaffe, znaną pod symbolem V-1 i V-2. Przejęty po wojnie przez Amerykanów, wraz z najbliższymi współpracownikami mógł spożytkować swoją wiedzę, umiejętności i doświadczenie do celów pokojowych. Rakiet Saturn V mogła zabrać ze sobą ładunek o masie blisko 120 ton na niską orbitę wokółziemską. Pierwszy stopień rakiety miał średnicę 10 metrów i wysokość 42 metry. Zawierał około 650 ton paliwa składem zbliżonego do nafty oraz 1700 ton ciekłego tlenu jako utleniacza. Drugi, 25-metrowej wysokości stopień rakiety, pracował na ciekły tlen i wodór. Stopień trzeci, o wysokości 19 metrów i średnicy 6,5 metra, nadawał pojazdowi drugą prędkość kosmiczną i kierował w stronę Księżyca. Co ciekawe, każdy ze stopni wykonany został przez inną firmę (w kolejności: Boeing Company, North American Aviation i Douglas Aircraft Company), które współpracowały jednak blisko z projektantami z rządowego ośrodka Marshall Space Flight Center w Huntsville w Alabamie. Do czasu zakończenia programu APOLLO odbyło się 13 udanych startów rakiety. Ostatni raz użyto jej w 1973 roku, w celu wyniesienia na orbitę elementów amerykańskiej stacji kosmicznej SKYLAB.

Moduł załogowy CSM

Command/Service Module (CSM), czyli moduł załogowy, składał się z połączonych ze sobą dwóch głównych elementów – modułu dowodzenia CM i modułu serwisowego SM. Moduł dowodzenia był jedynym elementem, który wracał z astronautami na Ziemię. Miał stożkowaty kształt oraz specjalne osłony i zabezpieczenia, chroniące

go przed spłonieniem podczas przechodzenia przez atmosferę. W module dowodzenia astronauci przebywali przez dłuższy czas trwania misji. Na czas lądowania na powierzchni Księżyca i powrotu na orbitę dwójka z nich przechodziła do modułu księżycowego. Jeden z astronautów pozostawał wciąż na orbicie, aby nadzorować operacje związane z uwalnianiem i ponownym dokowaniem modułu księżycowego LM, a następnie uruchomieniem sekwencji operacji kierujących statek ku Ziemi. Moduł dowodzenia Columbia, który był domem dla astronautów misji APOLLO 11, znajduje się dziś w Smithsonian's National Air and Space Museum w Waszyngtonie. Cylindryczny moduł serwisowy zawierał paliwo i utleniacz, baterie oraz silnik, który pozwalał na dotarcie na orbitę wokółksiężycową i powrót. W trzecim stopniu rakiety Saturn V, poniżej modułu CSM, schowany był lądownik księżycowy. Po wyniesieniu statku na orbitę wokółziemską odpadały osłony lądownika, który wydostawał się w otwartą przestrzeń kosmiczną. Następnie moduł serwisowy wykonywał obrót o 180 stopni i łączył się z modułem księżycowym za pomocą specjalnej śluzy. Umożliwiała ona późniejsze przejście na jego pokład dwójki astronautów, którzy mieli lądować na powierzchni satelity. W tej nieco dziwacznej konfiguracji pojazd uruchamiał ciąg silników i kierował się w stronę Księżyca. Po wykonaniu zadania, moduł dowodzenia oddzielał się od modułu serwisowego, który spalał się w atmosferze.

Lądownik księżycowy LM

Lunar Module (LM), czyli lądownik księżycowy, zbudowany był z dwóch połączonych członów – zniżania i wznoszenia. Pierwszy z nich odpowiedzialny był za miękkie posadowienie lądownika na powierzchni Księżyca, drugi za dostarczenie załogi z powrotem na orbitę wokółksiężycową. Lądownik wyposażony był w zestaw instrumentów pomiarowych, umożliwiających precyzyjną nawigację astronomiczną podczas lądowania, a później startu w drogę powrotną z powierzchni. Określenie położenia i orientacji pojazdu podczas zniżania i dokowania do modułu CSM zapewniały też zaawansowane urządzenia radiolokacyjne. Sterowanie lądownikiem odbywało się manualnie za pomocą dźwostków, które pozwalały na precyzyjne poruszanie w pionie i poziomie, włączanie i wyłączanie aż 16 dysz ciągu. Dzięki temu można było na etapie lądowania wybrać najdogodniejsze ku temu miejsce. Bardzo istotnym wyposażeniem lądownika były sekcje regeneracji tlenu, kontroli ciśnienia, zarządzania wodą i ciepłem. Wraz z systemami przenośnego podtrzymania życia oraz elementami ochrony przeciwpożarowej, zapewniały możliwie komfortowe warunki we wnętrzu pojazdu. Po wykonaniu zaplanowanych zadań załoga zamykała się w członie wznoszenia i uruchamiała silniki startowe. Stojący na czterech „pajęcznych nogach” członek zniżania pełnił funkcję platformy startowej. Zapas paliwa pozwalał na kilkadziesiąt sekund pełnej mocy. Po dokowaniu na orbicie i przejściu astronautów

do modułu załogowego Columbia, moduł wznoszenia ponownie był od niego odłączony i pozostawiony na orbicie. Z czasem prawdopodobnie rozbił się o powierzchnię Księżyca, chociaż w przypadku APOLLO 11 nieznane jest miejsce jego upadku. Nawet te, wydawać by się mogło, bezużyteczne pojazdy, wykorzystywano z powodzeniem w ramach księżycowych eksperymentów sejsmicznych jako darmowe źródło wstrząsów. W jednym tylko przypadku lądownik księżycowy powrócił w okolice Ziemi. Podczas ratowania załogi APOLLO 13 był on jej domem, zastępującym uszkodzony moduł serwisowy.

ORZEŁ wylądował

Start APOLLO 11 nastąpił w dniu 16.07.1969, o godzinie 09.32 czasu lokalnego, z Przylądka Canaveral na Florydzie. Po przeszło czterech dniach lotu, 20.07.1969 astronauta dotarli w pobliże Księżyca, weszli na jego orbitę i zaczęli przygotowywać się do lądowania. W module załogowym Columbia pozostał Michael Collins, a w lądowniku EAGLE Neil Armstrong i Buzz Aldrin wyruszyli ku powierzchni. Pojazd osiadł miękko na obszarze księżycowego Morza Spokoju (*Mare Tranquillitatis*) o godzinie 16.17, a około 6 godzin później Neil Armstrong zakomunikował całemu światu, że wykonał swój pierwszy (...) *mały krok dla człowieka, wielki skok dla ludzkości* (...). Chwilę tę, dzięki przekazowi telewizyjnemu, oglądały z wypiekami na twarzy miliony ludzi na całym świecie. Chwilę po Armstrongu na powierzchnię Srebrnego Globu zszedł Aldrin i obaj rozpoczęli wypełniać zaplanowane wcześniej zadania. Najważniejszymi z nich były zebranie próbek skał i gruntu oraz rozstawienie urządzeń pomiarowych, celem wykonania eksperymentów z zakresu sejsmologii, fizyki cząstek wiatru słonecznego, a także dokładnych pomiarów odległości Ziemi od Księżyca i jego promienia. W międzyczasie starali się zarejestrować jak najwięcej filmów i fotografii powierzchni satelity, które dokumentowały historyczną misję.

Po blisko 22 godzinach ciężkiej pracy na powierzchni Księżyca, astronauta wrócili do lądownika, który zabrał ich na orbitę. Tam, po połączeniu z modułem CSM, wyruszyli w drogę do domu. Powrót na orbitę wokółksiężycową z dodatkowym ładunkiem w postaci próbek skał i gruntu implikował konieczność maksymalnego odciążenia modułu wznoszenia. W związku z tym astronauta pozostawili na powierzchni Srebrnego Globu niepotrzebne przedmioty i zabrane z Ziemi symbole. Były to buty, woreczki z fekaliami i skondensowany mocz, młotek geologiczny, aparat fotograficzny, kilkudniowy zapas jedzenia, płytką z wydrukowanym przesłaniem od ludzkości, złota gałązka oliwna jako symbol pokoju, krzemowy dysk z zapisem przesłania dobrej woli od kilkudziesięciu przywódców państw, członków Kongresu, a także amerykańska flaga. Ta ostatnia, jak na złość, przewróciła się podczas startu.

Po udanym wodowaniu w Oceanie Spokojnym i przymusowej kilkunastodniowej kwarantannie (obawiano się możliwości skażenia biologicznego), mogli cieszyć się wyjątkowym spotkaniem z rodzinami, wywiadami z żądnymi sensacji mediami, triumfalnymi przejazdami ulicami miast, honorami, odznaczeniami, i wszystkim tym, co na najbliższe lata wypełniło im codzienny grafik zajęć.

Zakończenie programu

Podczas sześciu udanych lotów wykonano wiele eksperymentów naukowych, rozstawiono czułą aparaturę na powierzchni satelity, a także pozyskano i dostarczono na Ziemię blisko 382 kg skał księżycowych, dzięki którym doskonale poznaliśmy skład chemiczny satelity, jego budowę geologiczną, warunki panujące teraz i w odległej przeszłości. Są to jedne z najcenniejszych kamieni na naszej planecie, choć z naukowego punktu widzenia trafniej byłoby stwierdzić, że są po prostu bezcenne. Kilka drobin księżycowej materii znajduje się w naszym kraju. Pierwszą z nich, przywiezioną przez załogę APOLLO 11, można do dziś podziwiać w ramach ekspozycji w Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym w Olsztynie. Inny fragment, pochodzący z misji APOLLO 17, jako dar Amerykanów dla narodu polskiego, otrzymał swego czasu przewodniczący Rady Państwa Henryk Jabłoński. Niestety, nie mamy dziś pojęcia, gdzie się ów wyjątkowy przedmiot znajduje. Trzeci księżycowy okruch, pochodzący również z misji APOLLO 11, kardynał Karol Wojtyła otrzymał w darze od papieża Pawła VI. Według niektórych doniesień dziś znajduje się on w drzwiczkach tabernakulum w kościele w Nowej Hucie, choć informacje o kosmicznym pochodzeniu kamienia wymagają potwierdzenia.

Ponoć podczas transmisji lądowania APOLLO 17 w telewizji rozdzwoniły się setki telefonów od zdenerwowanych widzów, którym uniemożliwiono obejrzenie ważnego meczu baseballowego. Słabnące zainteresowanie amerykańskich podatników kolejnymi misjami księżycowymi spowodowało, że ostatecznie anulowano loty APOLLO 18, APOLLO 19 i APOLLO 20. Ostatnim aktem programu była wspólna, radziecko-amerykańska misja SOJUZ-APOLLO (1975), gdzie wykorzystano moduł CSM, który połączył się ze statkiem SOJUZ 19. Ukazała ona realne możliwości współpracy naukowej ponad, wydawać by się mogło, niedającymi się pogodzić podziałami politycznymi. Był to wstęp do późniejszej współpracy w ramach lotów wahadłowców na stację MIR, a w kolejnych dekadach - realizacji planów budowy Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Całkowity koszt programu APOLLO wyniósł ponad 25 miliardów dolarów. Dwunastym i jak dotąd ostatnim człowiekiem, który stąpił po powierzchni Księżyca, był Eugene Cernan, dowódca misji APOLLO 17.

Program ARTEMIS, czyli wracamy na Księżyc

Siostra greckiego boga Apolla miała na imię Artemida i to ona dała nazwę nowemu programowi eksploracji Księżycy, którego załóżki sięgają jeszcze do czasów administracji Geорга W. Busha. W 2008 roku nowo wybrany prezydent Brack Obama wrócił do tematu i zlecił studium wykonalności ponownego lądowania na Srebrnym Globie, ustalając termin na 2020 rok. Analizy wykazały, że aktualne finansowanie amerykańskiego programu kosmicznego nie umożliwi realizacji tego celu. Mimo tego, dwa lata później Barack Obama ogłosił dofinansowanie programu budowy ciężkich rakiet, zdolnych do wynoszenia dużych ładunków na niską orbitę okołozemską, co umożliwić miało nie tylko powrót na Księżyc, ale również poważne traktowanie planów i koncepcji załogowych misji marsjańskich, których termin osadzono w połowie lat 30. XXI wieku. Ważnym dla naszych rozważań okazał się rok 2017, kiedy prezydent Donald Trump ogłosił ostatecznie plany powrotu człowieka na Księżyc, budowy infrastruktury umożliwiającej tam jego stałą obecność, a także wskazujące Czerwoną Planetę jako dalekosiężny cel tych starań.

Program ARTEMIS różni się będzie od APOLLO skalą i celami, które mają być zrealizowane przy zaangażowaniu podmiotów prywatnych i szeroko zakrojonej współpracy międzynarodowej. Nie jest to już rywalizacja zimnowojenna, wyścig technologiczny dla samego wyścigu, ale starannie przygotowana koncepcja wykraczająca daleko poza możliwości tylko jednego kraju, nawet pomimo tego, że jest on wciąż pierwszą gospodarką na świecie. Pierwsze moduły okołoksiężycowej stacji GATEWAY już powstają i będą sukcesywnie wynoszone w przestrzeń kosmiczną. Na powierzchni Księżycy, najprawdopodobniej w okolicach jego biegunów, gdzie spodziewamy się wydobywać wodę w postaci lodu, a także wykorzystywać stale dostępne światło słoneczne dla celów fotowoltaiki, będą budowane zręby stałych baz – habitatów, w których astronauta będą zamieszkiwali przez znacznie dłuższy czas w porównaniu do ostatnich misji programu APOLLO. Będą to pobyty kilku-miesięczne, w ramach których testowane będą technologie przetrwania w ekstremalnie trudnych warunkach, wykorzystywania naturalnych surowców dostępnych w okolicy baz, czy uprawy roślin. 10 stycznia 2020 roku NASA zaprezentowała absolwentów szkolenia astronautycznego, którzy będą stanowili załogi kolejnych misji programu Artemis. Są nimi: Matthew Dominick, Kayla Barron, Warren Hoburg, Bob Hines, Frank Rubio, Jasmin Moghbeli, Jessica Watkins, Raja Chari, Jonny Kim, Zena Cardman, Loral O'Hara z NASA oraz Joshua Kutryk i Jennifer Sidey-Gibbons z Kanadyjskiej Agencji Kosmicznej.

Rakieta SLS (Space Launch System)

Od czasów rakiety Saturn V, obok równolegle rozwijanych rakiet Falcon Heavy i Starship firmy SpaceX, czy będącej wciąż w fazie projektowej chińskiej rakiety Długi Marsz 9, jest to najpotężniejsza rakietą nośną, która będzie podstawą lotów na Księżyc, a później również w kierunku Marsa. Jej podstawowe dane techniczne przedstawiają się następująco:

- wysokość: 98 m, w wersji cargo 111 m,
- masa startowa: około 2 500 t,
- liczba członów: 2 + 2 boczne boostery,
- paliwo: ciekły wodór i ciekły tlen, boostery na paliwo stałe (na bazie sproszkowanego aluminium),
- udźwig: wersja cargo do 130 t,
- koszt pojedynczego startu: 500 mln \$.

Rakieta ta wykorzystuje silniki główne i boostery znane z programu STS (*Space Transportation System*), czyli legendarnych wahadłowców. Za budowę SLS odpowiedzialne są takie amerykańskie i międzynarodowe giganty technologii kosmicznych jak: Boeing, Northrop Grumman, United Launch Alliance i Aerojet Rocketdyne.

Załogowy statek kosmiczny ORION

Bezpieczeństwo załogi podczas startu, lotu i powrotu na Ziemię zapewnić ma kapsuła ORION (*Orion Multi-Purpose Crew Vehicle*). Jej głównym wykonawcą jest koncern Lockheed Martin Corp. Na mocy porozumienia z NASA, Europejska Agencja Kosmiczna dostarcza do niej moduł serwisowy, który zawiera systemy zasilania i podtrzymywania życia. Wykonawcą modułu jest europejskie konsorcjum lotnicze Airbus Defence and Space z siedzibą w Niemczech. Pierwsza misja orbitalna bezzałogowej wersji statku Orion odbyła się 5 grudnia 2014. Pierwsza misja z załogą na pokładzie jest planowana na 2024 rok w ramach Artemis 2. Moduł umieszczony będzie tuż poniżej kapsuły załogowej Oriona, dostarczy do niej napęd, zasilanie, kontrolę temperatury oraz wodę i powietrze dla czwórki przyszłych astronautów. Panele słoneczne o powierzchni 36 metrów kwadratowych zapewnią zasilanie, które na Ziemi wystarczyłoby dla dwóch gospodarstw domowych. Załogowa część ORIONA będzie jedynym elementem, który docelowo będzie wracał na Ziemię i wodował w oceanie. Pozostałe jej elementy pozostaną na orbicie lub w kontrolowany sposób spłoną w ziemskiej atmosferze.

Lądownik księżycowy STARSHIP

Projektantem i wykonawcą lądownika jest firma SpaceX. W misji Artemis 3, obecnie planowanej na 2025 rok, w kierunku Księżyca zostanie wysłany statek ORION, wyniesiony w przestrzeń kosmiczną dzięki rakiecie SLS. Następnie trafi on razem z czterema astronautami na orbitę okołoksiężycową, gdzie będzie na nich czekał wysłany wcześniej statek STARSHIP, do którego przejdzie dwoje członków tej misji. Wśród nich znajdzie się pierwsza kobieta w historii lądowań na Księżycu. Po wykonaniu zadania selenonauci wrócą do lądownika, którym odlecą w kierunku macierzystego statku orbitującego wokół Księżyca. Parametry tego pojazdu to:

- masa startowa: około 1320 t,
- wysokość: 50 m,
- średnica: 9 m,
- ładunek dostarczany na powierzchnię Księżyca: ponad 100 t.

Jak widać, będzie to pojazd zdolny do dostarczania na powierzchnię Srebrnego Globu dużych ładunków, które będą podstawą budowy stałych baz, w tym pomieszczeń mieszkalnych, laboratoriów, magazynów, lądowisk, systemów zasilania i podtrzymywania życia, a także pozostałej infrastruktury technicznej. SpaceX poinformowała, że bezzałogowy test lądownika przeprowadzi krótko po misji ARTEMIS 2, której start jest obecnie planowany na maj 2024 roku.

16 listopada 2022 roku – początek nowej ery

Historyczna misja ARTEMIS 1, po wielu problemach i opóźnieniach, ostatecznie wystartowała 16 listopada 2022 roku, a wodowała w Pacyfiku 11 grudnia 2022 roku. W czasie 25-dniowego orbitowania pomiędzy Ziemią i Księżycem wykonała wszystkie zaplanowane testy i procedury, włącznie z uwolnieniem szeregu nanosatelitów typu Cube-sat (znalazły się one na pokładzie misji jako tzw. *payload*), a także wejściem na specjalnie zaprojektowaną okołoksiężycową orbitę. Głównym celem misji było jednak sprawdzenie skuteczności osłony termicznej statku ORION, która chronić będzie go podczas powrotu na Ziemię z trajektorii księżycowej. Na kapsułę działać będzie bardzo duże obciążenie termiczne, wynikające ze znacznie większej prędkości powrotu, niż z lotów, w których wraca się z orbity okołozemskiej. Będzie to szczególnie istotne w sytuacji, gdy wewnątrz kapsuły będzie znajdowała się cała czteroosobowa załoga.

Piszącemu te słowa dane było przeżyć ten historyczny moment, ale nie z perspektywy Przylądka Canaveral na Florydzie, tylko z rejonu południowej Teneryfy, gdzie spędzał ostatnie dni urlopu. Miejsce to leży praktycznie na tej samej szerokości geograficznej co amerykański kosmodrom, zatem spodziewałem się, że kilkanaście minut po starcie będzie można dostrzec raketę, o ile na Wyspach Kanaryjskich nie wszędzie Słońce, którego blask uniemożliwi obserwację. Okazało się, że start nastąpił z odpowiednim zapasem czasu, a „kanaryjski” przelot nastąpił nieco ponad 20 minut przed wschodem. Pozwoliło to na dostrzeżenie dwóch jasnych punktów – oddzielnego stopnia 2 rakiety SLS z kapsułą ORION, a także głównego członu rakiety SLS z dopalającym się paliwem wodorowo-tlenowym. Widok w lornetce był zachwycający. Dopełnieniem tego astronautycznego spektaklu był Księżyc widoczny praktycznie w zenicie.

Polski wkład w programy APOLLO i ARTEMIS

Warto przypomnieć i podkreślić, że do sukcesów programu APOLLO znacznie przyczynili się nasi rodacy, którzy po II wojnie światowej znaleźli drugi dom za Oceanem. Ich nazwiska, jako zasłużonych dla badań i eksploracji kosmosu, zostały wprowadzone do amerykańskiej Space Walk of Fame. Werner Ryszard Kirchner opracował specjalne paliwo dla księżycowego lądownika Eagle. Mieczysław Bekker skonstruował znane wszystkim czterokołowe pojazdy księżycowe LRV (*Lunar Rover Vehicle*), wykorzystywane w kolejnych misjach APOLLO (15, 16, 17). Stanisław Stankiewicz prowadził badania nad prawidłowym składem powietrza w modułach załogowych misji, co miało bezpośredni wpływ na warunki lotu i biologiczny komfort astronautów. Eugeniusz Lachocki odpowiedzialny był za opracowanie wydajnych zasilaczy do urządzeń radiokomunikacyjnych i telewizyjnych. Dzięki nim załoga mogła utrzymywać stały kontakt z centrum lotów w Houston, oraz archiwizować swój pobyt na Księżycu. Kolejny z Polaków, **Wojciech Rostafiński, specjalista od silników rakietowych**, brał udział przy projektowaniu wysokowydajnych pomp paliwa dla rakiety nośnej Saturn V. Kazimierz Piwoński zaprojektował tzw. Rendezvous Radar, który służył do komunikacji lądownika księżycowego z modułem serwisowym podczas powrotu z powierzchni Księżyca. Innym ważnym polskim akcentem było wykorzystanie podczas misji kompaktowych, jak na tamte czasy, magnetofonowych rejestratorów szpulowych firmy Nagra, którą w latach 50. XX wieku w Szwajcarii założył polski emigrant Stefan Kudelski. Zminiaturyzowany model magnetofonu Nagra SN (tzw. czarna seria) był też, poza lotami kosmicznymi, wykorzystywany przez służby specjalne wielu krajów, które doceniały niezawodność i doskonałą jakość nagrywanego dzięki tej konstrukcji dźwięku.

Program ARTEMIS także zawiera istotne poloniki. Na pokładzie kapsuły załogowej ORION, w ramach misji ARTEMIS 1, znalazły się czujniki radiacji zaprojektowane w Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. Mają one postać pastylek wykonanych z fluorku litu z odpowiednimi domieszkami. Były one wykorzystane w celu określenia narażenia astronautów na wysokoenergetyczne i bardzo niebezpieczne dla zdrowia promieniowanie kosmiczne. W tym celu, w miejscach przeznaczonych normalnie dla załogi, zostały umieszczone dwa realistyczne modele ciała ludzkiego – fantomy astronautów o imionach Helga i Zohar. W eksperymencie o nazwie MARE, koordynowanym przez Niemiecką Agencję Kosmiczną (DLR), zaprojektowane w Krakowie detektory wystawione były na działanie promieniowania jonizującego, gromadziły i zapamiętywały informację o pochłoniętej dawce. Odczyt tej informacji następuje później w laboratorium i jest miarodajny nawet po wielu miesiącach. Z kolei firma Vigo Photonics z Ożarowa Mazowieckiego wyprodukowała detektory podczerwieni przeznaczone do monitorowania pracy kluczowych systemów środowiskowych wewnątrz kapsuły Orion. VIGO Photonics jest globalnym producentem najbardziej zaawansowanych fotonicznych detektorów średniej podczerwieni, modułów detekcyjnych oraz materiałów półprzewodnikowych. Wybrane przez NASA detektory podczerwieni zostały zamontowane w Laserowym Systemie Monitoringu Powietrza (ang. *Laser Air Monitor System* – LAMS). System ten umożliwia pomiar stężenia dwutlenku węgla, pary wodnej oraz tlenu wewnątrz kabiny załogowej oraz skafandrów kosmicznych. Polscy uczeni z Centrum Badań Kosmicznych PAN są też członkami zespołu monitorującego pracę Europejskiego Modułu Serwisowego, który powstał na bazie europejskiego bezzałogowego statku towarowego Automated Transfer Vehicle (ATV), realizującego wcześniej misję do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

W końcu nie sposób pominąć porozumienia ARTEMIS ACCORDS, które pełni uzupełniającą rolę w stosunku do głównego programu księżycowego. Polska przystąpiła do niego w 2021 roku podczas Międzynarodowego Kongresu Astronautycznego w Dubaju, a dokumenty w imieniu strony polskiej podpisał prezes Polskiej Agencji Kosmicznej prof. dr hab. Grzegorz Wrochna. ARTEMIS ACCORDS wybiega jednak dalej, bo poza załogową eksplorację Księżyca i Marsa. Poważnie bierze pod uwagę znacznie odleglejszą przyszłość, która ma się stać epoką pozyskiwania surowców mineralnych z planetoid i księżyców planet. Fakt zaproszenia naszego kraju do grona sygnatariuszy porozumienia świadczy o zaufaniu, jakim obdarza nas nasz strategiczny partner. Nie miałoby to miejsca, gdyby nie dostrzegano tam polskiego potencjału naukowego, przemysłowego, gospodarczego i społecznego, zaangażowania naszego kraju w kontakty międzynarodowe i determinacji, aby stać się poważnym i poważnym partnerem w aktywnościach związanych z pokojowym wykorzystaniem przestrzeni kosmicznej.

Stacja okołoksiężycowa GATEWAY

Stacja GATEWAY docelowo stać się ma odpowiednikiem MIĘDZYNARODOWEJ STACJI KOSMICZNEJ (ISS), która od blisko ćwierć wieku orbituje naszą planetę. Stacja okołoksiężycowa pomyślana jednak jest jako miejsce, z którego będą odbywać się wahadłowe loty na powierzchnię Księżyca, załogowe i bezzałogowe, dlatego też okrążyć będzie Srebrny Glob po nieco skomplikowanej orbicie biegunowej. Orbita taka zapewnia możliwość lądowania w dowolnie wybranym miejscu na powierzchni satelity, czego nie można powiedzieć o orbitach leżących w płaszczyźnie księżycowego równika lub nachylonych do niego pod niewielkim kątem. Orbita stacji GATEWAY będzie wydłużoną elipsą, której punkt przyksiężycowy przebiegać będzie w odległości około 1,5 tysiąca kilometrów od jego powierzchni, natomiast punkt odksiężycowy aż 70 tysięcy kilometrów od powierzchni Srebrnego Globu. Planuje się, że jej czteroosobowa załoga wykonywać będzie swoje zadania w ramach misji trwających od jednego do trzech miesięcy.

GATEWAY ma tworzyć siedem głównych modułów, które na chwilę obecną mają być wynikiem kooperacji międzynarodowej Stanów Zjednoczonych, Kanady, Europy, Rosji i Japonii. Pierwsze z nich już powstają w halach montażowych i w ciągu najbliższych 2–3 lat zostaną wyniesione w przestrzeń kosmiczną. Aktualne zawirowania polityczne stawiają pod znakiem zapytania udział Rosji w tym przedsięwzięciu. Kraj ten z jednej strony swoją barbarzyńską agresją na Ukrainę wyklucza się z grona państw cywilizowanych, ale z drugiej strony wciąż wysyła załogi na ISS, podtrzymując chociażby pozory dawnej pokojowej współpracy. Trudno w tym momencie szukać pewnych informacji, zwłaszcza, że sukcesywnie rozbudowywana jest chińska stacja orbitalna TIANGONG i kto wie, czy Rosjanie nie zostaną zaproszeni do jej współtworzenia. Zagadnienia te są czysto spekulatywne, a zweryfikuje je rzeczywistość.

GATEWAY będzie też miejscem, gdzie montowana ma być kolejna stacja kosmiczna, DEEP SPACE TRANSPORT, tym razem przeznaczona do podróży w kierunku Marsa. Warunki w okolicy Księżyca sprzyjają logistyce tego przedsięwzięcia, ułatwiając start, pokonanie przyciągania Srebrnego Globu i oddalenie się w kierunku Czerwonej Planety. Jeśli planiści dobrze ocenili terminy kolejnych etapów budowy obu stacji, do końca tego dziesięciolecia GATEWAY będzie już regularnie użytkowana w ramach kolejnych misji programu ARTEMIS, a jej marsjański odpowiednik, na zaawansowanym stadium budowy, oczekiwać będzie na przyłączenie kolejnych modułów

Podsumowanie

Po pionierskim okresie eksploracji kosmosu, wkraczamy w długofalowe wiązanie z nim ludzkiej aktywności. Wygląda to trochę na poszerzanie ogródka wokół naszego domu, którym jest Ziemia, albo stawianie nowych osiedli daleko na obrzeżach rozrastających się aglomeracji, przy czym te nowe osiedla chcemy budować na Księżycu, a potem na Marsie. Już dziś technologie kosmiczne przenikają nasze życie i spowszedniały tak, że czasem korzystamy z nich zupełnie nieświadomie. Nawigacja, telekomunikacja, Internet, obserwacja Ziemi i związane z nią prognozowanie pogody, monitorowanie klęsk żywiołowych i ekstremalnych zjawisk przyrodniczych, nowe wytrzymałe materiały, skuteczniejsze leki, postęp w miniaturyzacji i komputeryzacji, sztuczna inteligencja, zdalne sterowanie skomplikowanymi urządzeniami i wiele innych, wszystko to jest pokłosiem osiągnięć ery kosmicznej, która z hermetycznych laboratoriów rządowych trafiła pod strzechy. Program APOLLO był wytworem ludzkiego geniuszu, ale wpisywał się również w trudne powojenne czasy rywalizacji dwóch zwaśnionych systemów politycznych, społecznych i gospodarczych.

Tymczasem żyjemy w bardzo ciekawych czasach, których według starego chińskiego przysłowia życzy się wrogom. Program ARTEMIS, przy całych jego wspaniałych humanistycznych fundamentach, rozpoczyna się również w przygnębiającej sytuacji. Na Ukrainie trwa brutalna napastnicza wojna, wywołana przez ludzi żyjących i karmiących się anachronicznymi zimnowojennymi omamami, świat znowu stanął na krawędzi konfliktu nuklearnego, ustala się nowy porządek w zakresie sojuszy militarnych. Wiele realizowanych do tej pory kosmicznych projektów o wymiarze międzynarodowym, jak np. europejsko-rosyjski program badań Marsa, zostało zawieszonych lub skierowanych do ponownego opracowania, już bez udziału Moskwy. Wszystko to sprawia, że jednocząca ludzkość sfera badań przestrzeni kosmicznej, która od kilkudziesięciu lat ukazywała to, co w ludzkości najlepsze, znowu nabiera wyjątkowego znaczenia. Zupełnie jakby historia zatoczyła koło i szukała współczesnego odpowiednika przełomowej misji SOJUZ-APOLLO. To ona pokazała, że zamiast spiskować, lepiej współpracować, a zamiast niszczyć, lepiej tworzyć. Im szybciej się to stanie, tym lepiej – dla nas i naszych następców, a także w hołdzie tym, którzy byli tu przed nami, zostawiając z nadzieją swoje dziedzictwo, багаż trudnych doświadczeń z antywojennymi przestrogią na czele.

Młode pokolenie, które weźmie aktywny udział w kolejnych etapach ludzkiego sięgania gwiazd, a wydarzenia z baz księżycowych i marsjańskich będzie znała z regularnych relacji medialnych, a nie z literatury i filmów SF, może swoją determinacją do nauki i samodoskonalenia, szukania kontaktów ponad podziałami z rówieśnikami na całym świecie, znacząco wspomóc ten proces i stać się beneficjentem trwałego pokoju, który wreszcie zapanuje w naszej ziemskiej globalnej wiosce.

Słońce, Księżyc – spójrzmy w niebo
okiem naukowca lub artysty



Rozdział I

BIOLOGIA

Mózg w promieniach słońca

Czy mózg w promieniach słońca promienieje? To jasne jak słońce! Światło słoneczne umożliwia nie tylko funkcjonowanie zmysłu wzroku, ale odgrywa także kluczową rolę w regulacji zegara biologicznego, kontrolującego rytm okołodobowy. Światło słoneczne pełni również istotną rolę w procesach regulacji nastroju oraz funkcji poznawczych, wpływając pośrednio na funkcjonowanie w zasadzie niemal wszystkich struktur naszego mózgu. Światło jest więc w pewnym sensie niezbędne do prawidłowego funkcjonowania mózgu i umożliwia bezpośrednio lub pośrednio optymalne funkcjonowanie wszystkich mechanizmów neurobiologicznych. Niniejsza praca opisuje krótko wpływ światła na mózg, skupiając się przede wszystkim na jego roli regulacyjnej i mechanizmach neuronalnych, w których światło wpływa na funkcjonowanie procesów emocjonalnych i poznawczych.

Oprócz klasycznych fotoreceptorów wykazujących ekspresję opsyny – białka umożliwiającego widzenie – w siatkówce oka znajdują się światłoczułe komórki zwojowe, które produkują białko zwane melanopsyną. Białko to ma podobne właściwości do opsyny, lecz neurony zwojowe wzbudzone za pośrednictwem tego białka nie uczestniczą w mechanizmie widzenia. Ich rolą jest przekazywanie informacji o natężeniu światła nie do ciał kolankowatych bocznych wzgórza, jak czynią to czopki i pręciki za pośrednictwem nerwów wzrokowych, ale do podwzgórza, uzdeczki, jądra połączonego i kory czołowo-oczodołowej.

Leżące nad skrzyżowaniem nerwów wzrokowych jądro nadskrzyżowaniowe podwzgórza wytwarza własny rytm aktywności i spoczynku, trwający w przybliżeniu 24 godziny. Informacja o natężeniu światła docierająca z siatkówki dostosowuje ten rytm do rzeczywistego rytmu dnia i nocy, będąc jego swoistym synchronizatorem. Jądro nadskrzyżowaniowe podwzgórza bez korekty z siatkówki ma tendencję do niewielkiego skracania lub wydłużania czasu trwania doby mózgowej, powodując

¹ Dr Wojciech Glac, prof. UG, Katedra Fizjologii Zwierząt i Człowieka Uniwersytetu Gdańskiego.

u osób izolowanych doświadczalnie od światła słonecznego przesuwanie się rytmu dnia i nocy względem warunków panujących na zewnątrz.

Regulacja rytmu dnia i nocy jest skomplikowanym mechanizmem, w którym obok jądra nadskrzyżowaniowego, określanego jako główny zegar biologiczny (ang. *master clock*), które odpowiedzialne jest za aktywację procesów umożliwiających wzbudzenie i utrzymanie stanu czuwania, uczestniczy jądro brzuszno-boczne pola przedwzrokowego (działające antagonistycznie do jądra nadskrzyżowaniowego), a także jądra wzgórza, niektóre jądra podstawy oraz liczne jądra pnia mózgu. Te ostatnie są bezpośrednio odpowiedzialne za wzbudzenie m.in. kory mózgowej do poziomu umożliwiającego aktywny stan czuwania oraz funkcjonowanie procesów poznawczych. Należą do nich m.in. jądra cholinergiczne (z neuronami wydzielającymi jako neurotransmitter acetylocholinę), miejsce sinawe (z neuronami noradrenergicznymi) czy jądra szwu (z neuronami serotonergicznymi).

Neurony noradrenergiczne, serotonergiczne, a także neurony dopaminergiczne brzuszno-pola nakrywki w śródmózgowiu, odpowiedzialne są nie tylko za wzbudzanie kory mózgowej, ale uczestniczą w regulacji poszczególnych jej funkcji. Ich regulacyjny charakter nie ogranicza się wyłącznie do kory, ponieważ modulują one również procesy, w których uczestniczą struktury podkorowe, w tym struktury układu limbicznego – emocjonalnego. W największym skrócie można stwierdzić, że noradrenalina odpowiedzialna jest za nasilanie procesów emocjonalnych, skracanie czasu reakcji w odpowiedzi na emocjonujące zdarzenia oraz nasilenie procesów uwagi, natomiast serotonina może być uważana za neurotransmitter będący przeciw wagą dla noradrenaliny, ponieważ może zmniejszać reaktywność układu emocjonalnego, a także nasilać procesy kontroli emocji i zachowania realizowane z udziałem kory mózgowej, a zwłaszcza bocznej kory przedczołowej. Natomiast główną rolą dopaminy jest uczestniczenie w procesach motywacyjnych, poprzez nadawanie wagi, znaczenia poszczególnym obiektom, sytuacjom czy skojarzonym z danymi sytuacjami reakcjom behawioralnym. Niezależnie od odpowiedzialności za wyzwalanie motywacji, dopamina jest również niezbędna w procesie uczenia się, odpowiadając na efekt nagrody, będący sygnałem uruchamiającym m.in. kodowanie pamięci proceduralnej, pozwalającej na bardziej zautomatyzowane reagowanie na przyszłe sytuacje związane ze zdobywaniem korzyści lub unikaniem straty. Można więc stwierdzić, że wszystkie te trzy neurotransmitery są współodpowiedzialne za regulację zarówno reakcji napędowo-emocjonalnych, jak i reakcji poznawczych, a prawidłowe ich wydzielanie jest podstawą do właściwej wzajemnej regulacji procesów emocjonalnych, poznawczych i behawioralnych.

Nic więc dziwnego, że światło wpływając na aktywację tychże struktur, w których znajdują się neurony noradrenergiczne, serotonergiczne i dopaminergiczne, stanowi istotny czynnik mający wpływ na emocje i nastrój oraz procesy poznawcze. Światło

reguluje aktywność tychże struktur nie tylko za pośrednictwem głównego zegara, jakim jest jądro nadskrzyżowaniowe podwzgórza, ale również za pośrednictwem jąder uzdeczki – struktur podkorowych, położonych w sąsiedztwie wzgórza. Jądra uzdeczki uczestniczą w regulacji aktywności licznych jąder pnia mózgu, a ich działanie może mieć charakter zarówno pobudzający, jak i hamujący, który zależny jest m.in. od aktualnego stanu emocjonalnego.

Informacja o natężeniu światła docierająca do uzdeczki z komórek zwojowych siatkówki wydaje się uruchamiać procesy aktywacji jąder szwu, miejsca sinawego oraz brzuszego pola nakrywki, co wydaje się oczywiste ze względu na fakt, że aktywność tych szlaków jest niezbędna, aby organizm był w stanie świadomie i w sposób celowy reagować na zmiany w jego otoczeniu. Jednakże poza doraźnym działaniem pobudzającym wyzwalanym za pośrednictwem neuronów uzdeczki, szlak z uzdeczki do jąder pnia mózgu wydaje się pełnić rolę regulatorową w perspektywie nie tylko chwili czy następujących po sobie okresów snu i czuwania, ale również w sposób długofalowy. Nic więc dziwnego, że zmiany natężenia światła, do jakich dochodzi na przestrzeni roku, z miesiącami o długiej i krótkiej ekspozycji na światło słoneczne, prowadzą do zmian nastroju oraz zdolności do kontroli poznawczej nad emocjami. W efekcie prowadzi to do zwiększenia labilności emocjonalnej w okresie jesienno-zimowym i poprawy nastroju wraz z nastaniem dłuższych dni wiosną i latem. Światło oddziałujące na neurony pnia mózgu zaangażowane w modulację procesów emocjonalnych i poznawczych nie jest oczywiście jedynym czynnikiem regulującym nastroj, ale w przypadku, kiedy do sytuacji będących źródłem pobudzenia stresowego dochodzi w okresie obniżenia natężenia światła słonecznego, prowadzić one mogą do silniejszego pobudzenia emocjonalnego, silniejszego stresu i tym samym powodować one mogą bardziej trwale i bardziej znaczące zmiany zachowania i nastroju.

Ponieważ światłoczułe komórki zwojowe siatkówki reagują najsilniej na światło niebieskie, zauważalnym efektem jest ich wzrost aktywności podczas korzystania z urządzeń ekranowych, takich jak smartfony, tablety czy komputery. W wyniku silnej stymulacji światłoczułych komórek zwojowych siatkówki pod wpływem emitowanego światła o dużym natężeniu dochodzi do równie silnego pobudzenia wszystkich struktur otrzymujących impulsację z siatkówki, przy czym długotrwała aktywacja tychże szlaków może prowadzić do efektu osłabienia reaktywności opisanych powyżej systemów pnia mózgu związanych z regulacją aktywności kory mózgowej, procesów uwagi, a także nastroju. Pociągać może to za sobą takie niekorzystne efekty jak deficyty uwagi czy wzrost podatności na trwałe obniżenie nastroju i niekorzystny przebieg stresu. O ile więc krótkotrwała ekspozycja na niebieskie światło wydaje się mieć pożądany wpływ na funkcjonowanie mózgu, o tyle długotrwała stymulacja niebieskim światłem, zwłaszcza o dużym natężeniu, może skutkować zaburzeniami funkcji regulacyjnych mózgu.

Informacja ze światłoczułych komórek zwojowych wpływa również na aktywność neuronów jądra półleżącego oraz kory przedczołowej (kory oczodołowej), w których znajdują się m.in. zakończenia neuronów dopaminowych brzuszno-tyczkowego pola nakrywkowego śródmózgowia. Wszystkie te, a także inne struktury tworzą w mózgu układ nagrody, który jak wspomniano wcześniej, jest odpowiedzialny za nastrój, motywację oraz uczenie się. Można przypuszczać, co zresztą wydaje się zgodne z obserwacjami, że wraz ze zwiększeniem intensywności promieni słonecznych, za pośrednictwem neuronów zaangażowanych w przekazywanie sygnału z siatkówki do korowych i podkorowych struktur współtworzących układ nagrody, dochodzi do zwiększenia aktywności struktur uczestniczących w reakcjach napędowo-emocjonalnych, co skutkuje wzrostem motywacji i łatwiejszym wyzwaniem reakcji behawioralnych. Prawdopodobnie z tego właśnie powodu to, do czego trudno zmotywować się w porze jesienno-zimowej, wiosną staje się możliwe do wykonania. Zwiększona za pośrednictwem światła aktywność układu nagrody nadaje planowanym działaniom większą wartość, przez co możliwy staje się do osiągnięcia próg wyzwania tychże reakcji.

Zwiększenie aktywności struktur mózgowia zaangażowanych w motywację, ogólne pobudzenie oraz uwagę wraz ze zwiększeniem intensywności promieni słonecznych wydaje się naturalnym mechanizmem, którego zadaniem jest nie tylko aktywacja kory do poziomu umożliwiającego stan czuwania, ale również zwiększenie możliwości aktywnego reagowania na zmiany w otoczeniu. Innymi słowy, systemy regulatorowe zależne od informacji o natężeniu światła przekazywanych ze światłoczułych komórek zwojowych siatkówki mają za zadanie nie tylko dokonać zmiany fazy aktywności ze stanu snu do stanu czuwania, ale również – poprzez nasilenie procesów uwagi oraz motywacji – umożliwić lub znacząco ułatwić wyzwalenie celowych zachowań pozwalających na zaspakajanie różnorodnych potrzeb organizmu. Światło słoneczne, oddziałujące na mózg za pośrednictwem światłoczułych komórek zwojowych siatkówki, pełni rolę nie tylko wyzwalacza aktywności behawioralnej, ale również wpływa korzystnie na procesy regulacji nastroju oraz procesów poznawczych. Można więc śmiało zaryzykować ocenę, że systemy „zasilane” promieniami słońca za pośrednictwem światłoczułych komórek zwojowych siatkówki są nie mniej ważne od systemu neuronalnego odpowiedzialnego za percepcję wzrokową.

Bibliografia

1. ARANDA M.L., SCHMIDT T.M. Diversity of intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: circuits and functions. "Cellular and Molecular Life Sciences". 2021, vol. 78, s. 889–907. Tryb dostępu: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00018-020-03641-5>. Stan z dnia 14.03.2023.
2. DUDA M., DOMAGALIK A., ORLOWSKA-FEUER P., KRZYSZYŃSKA-KULETA O., BELDZIK E., SMYK M. K., STACHURSKA A., OGINSKA H., JECZMIEN-LAZUR J. S., FAFROWICZ M., MAREK T., LEWANDOWSKI M.H., SARNA M. Melanopsin: From a small molecule to brain functions. "Neuroscience & Biobehavioral Reviews". 2020, vol. 113, s. 190–203. Tryb dostępu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0149763419311169?via%3Dihub>. Stan z dnia 14.03.2023.
3. LAZZERINI O.L., PRUSKY G., HATTAR S. Mood, the Circadian System, and Melanopsin Retinal Ganglion Cells. "Annual Review Neuroscience". 2017, vol. 40, s. 539–556. Tryb dostępu: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-neuro-072116-031324>. Stan z dnia 14.03.2023.
4. LeGATES T.A., FERNANDEZ D.C., HATTAR S. Light as a central modulator of circadian rhythms, sleep and affect. "Nature Reviews Neuroscience". 2014, vol. 15, s. 443–54. Tryb dostępu: <https://www.nature.com/articles/nrn3743>. Stan z dnia 14.03.2023.
5. LUKAS R.J., ALLEN A.E., MILOSAVLJEVIC N., STOROCHI R., WOELDERST. Can We See with Melanopsin? "Annual Review of Vision Science". 2020, vol. 6, s. 453–468. Tryb dostępu: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-vision-030320-041239>. Stan z dnia 14.03.2023.
6. MARUANI M., GEOFFROY P.A. Multi-Level Processes and Retina-Brain Pathways of Photic Regulation of Mood. "Journal of Clinical Medicine". 2022, vol. 11, iss. 2, s. 448. Tryb dostępu: <https://www.mdpi.com/2077-0383/11/2/448>. Stan z dnia 14.03.2023.
7. MILOSAVLJEVIC N. How Does Light Regulate Mood and Behavioral State? "Clocks & Sleep". 2019, vol. 1(3), s. 319–331. Tryb dostępu: <https://www.mdpi.com/2624-5175/1/3/27>. Stan z dnia 14.03.2023.
8. PAUL K.N., SAAFIR T.B., TOSINI G. The role of retinal photoreceptors in the regulation of circadian rhythms. "Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders". 2009, vol. 10, iss. 4, s. 271–278. Tryb dostępu: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11154-009-9120-x>. Stan z dnia 14.03.2023.
9. ROECKLEIN K.A., WONG P.M., MILLER M.A., DONOFRY S.D., KAMARCK M.L., BRAINARD G.C. Melanopsin, photosensitive ganglion cells, and seasonal affective disorder. "Neuroscience & Biobehavioral Reviews". 2013, vol. 37, iss. 3, s. 229–239. Tryb dostępu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/am/pii/S0959652619318141>. Stan z dnia 14.03.2023.
10. WIRZ-JUSTICE A., SKENE D.J., MÜNCH M. The relevance of daylight for humans. "Biochemical Pharmacology". 2021, vol. 191. Tryb dostępu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006295220305402?via%3Dihub>. Stan z dnia 14.03.2023.
11. WONG N.A., BAHMANI H. A review of the current state of research on artificial blue light safety as it applies to digital devices. "Heliyon". 2022, vol. 8, iss. 8. Tryb dostępu: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022015705?via%3Dihub>. Stan z dnia 14.03.2023.

Rośliny w bazie księżycowej

Rośliny w przestrzeni kosmicznej były już wielokrotnie hodowane, jednakże odbywało się to na pokładzie stacji kosmicznych, takich jak radziecka stacja Salut [18] czy Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS) [10]. Pierwsze eksperymenty, prowadzone już w 1982 roku na pokładzie stacji Salut 7, skupiały się na wpływie pozaziemskich warunków na procesy metaboliczne roślin [14]. Wyniki tych badań pokazały, że spełniając określone warunki, takie jak odpowiednie oświetlenie, zastosowanie drobnoustrojów i odpowiedniego podłoża, jesteśmy w stanie zapewnić prawidłowy rozwój i wzrost roślin. Wraz z koncepcją budowy bazy księżycowej powróciły również plany hodowli roślin na powierzchni „Srebrnego Globu” tj. Księżyca. Jednak aby do tego doszło, trzeba uwzględnić wpływ czynników i ograniczeń, jakie w przestrzeni kosmicznej panują. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zagadnienia roślin w kontekście bazy księżycowej i wyzwań związanych z ich hodowlą.

1. Baza Księżycowa

Przygotowanie dogodnych warunków hodowli zapewnić ma stała baza księżycowa. Jej budowę na jednym z biegunów Srebrnego Globu rozważano już przy okazji pierwszego lądowania człowieka na Księżycu w roku 1969. Amerykańska Agencja Kosmiczna (NASA) od paru lat planuje powrócić do tej koncepcji, aby przetestować nowe technologie przed podbojem Marsa [4]. Księżyc stałby się miejscem pośrednim do eksploracji dalszych części kosmosu, umożliwiając poszerzenie wiedzy w dziedzinach takich jak planetologia czy geologia planetarna [4; 5]. Lokalizacja na powierzchni naturalnego ziemskiego satelity dałaby możliwość bardziej precyzyjnych obserwacji astronomicznych, a także badań promieniowania kosmicznego (np. rentgenowskiego i gamma) [4; 1]. Istnieją różne koncepcje wyglądu bazy lunarnej, techniki jej budowy i miejsca dla roślin na jej terenie.

¹ Zbigniew Trusewicz, Szkoła Podstawowa nr 6 im. Tadeusza Kościuszki w Wejherowie.

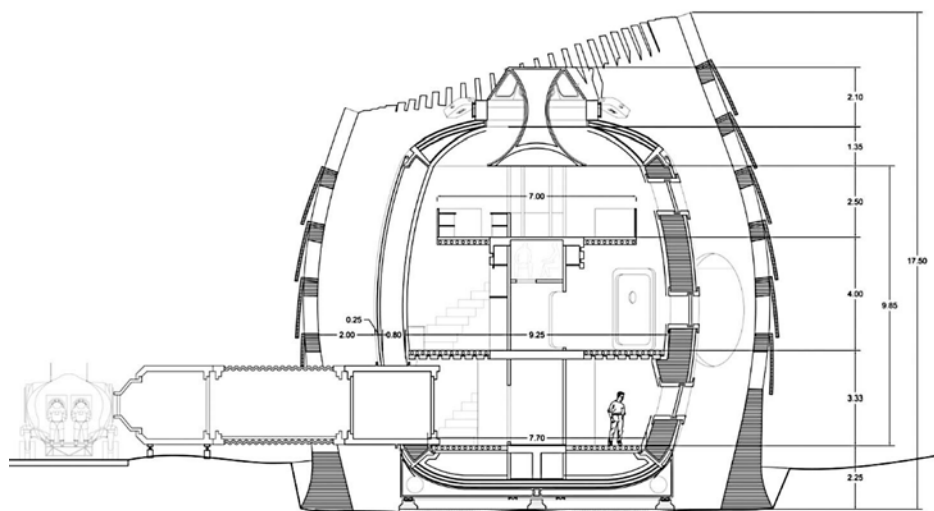
Jedną z propozycji jest projekt *Lunar Lantern* (rys. 1) stworzony przez firmę ICON, we współpracy z Bjarke Ingels Group oraz Space Exploration Architecture, w ramach Projektu Olympus [25]. Rozwiązaniem umożliwiającym stworzenie bazy jest technika druku trójwymiarowego. Baza powstałaby przy pomocy autonomicznych drukarek 3D [25; 15; 3]. Jest to projekt szczegółowo opracowany pod kątem zagadnień technicznych (rys. 2), takich jak odporność na skrajne temperatury, nieprzewidziana aktywność sejsmiczna czy duża dawka promieniowania kosmicznego [25; 12]. Ponadto przewiduje on specjalną tarczę do ochrony przed ewentualnymi meteorytami [25; 15; 12; 3]. Mimo zaawansowanych rozwiązań technicznych nie została uwzględniona w nim kwestia hodowli roślin.



Rys. 1. Wizualizacja projektu *Lunar Lantern*

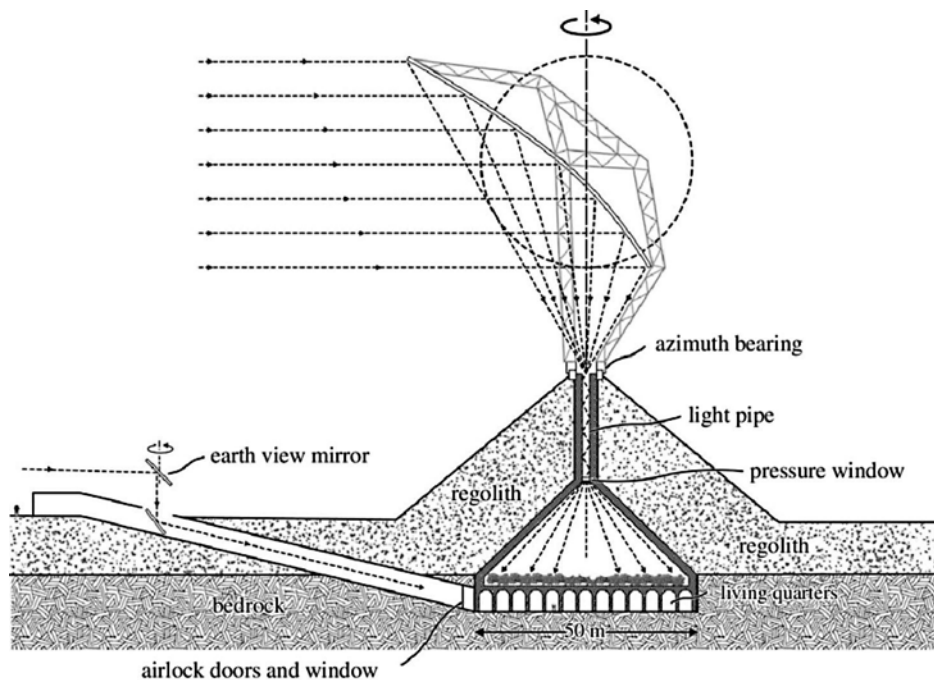
Źródło: <http://www.spacexarch.com/lunar-lantern>

Alternatywnym rozwiązaniem do koncepcji *Lunar Lantern* jest opracowany przez naukowców z Uniwersytetu Arizony projekt „Pantheon”. Jest to opracowanie koncepcyjne, skupiające się przede wszystkim na uprawie roślin (rys. 3). Kształt bazy nawiązuje do rozwiązań antycznej budowli rzymskiej – Panteonu. Zakłada dostarczenie światła słonecznego do uprawy o powierzchni około 2 000 m² poprzez systemy załamujące i skupiające światło. Cała baza znajdowałaby się pod powierzchnią Księżyca, co wyeliminowałoby szkodliwy wpływ promieniowania kosmicznego [24].



Rys. 2. Schemat konstrukcyjny bazy Lunar Lantern

Źródło: <http://www.spacexarch.com/lunar-lantern>



Rys. 3. Schemat konstrukcyjny bazy księżycowej Pantheon

Źródło: WOOLF Nick, ANGEL Roger. Pantheon habitat made from regolith with afocusing solar reflector. „Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences”. 2021, tom 279, nr 2188. ISSN 1364-503X

2. Rola roślin w bazie księżycowej

Pierwsze wzmianki o roślinach w przestrzeni kosmicznej przedstawił w 1926 roku Konstantin Tsiolkovsky. Opracował on „Plan eksploracji Wszechświata” – czyli plan podboju kosmosu podzielony na 16 etapów. Wysunął hipotezę, że możliwa byłaby uprawa roślin jadalnych na pokładzie statku, stacji kosmicznej lub bazy planetarnej [2]. Uprawa gwarantowałaby dostęp do podstawowych zasobów takich jak tlen czy świeża żywność. Uniezależnienie od dostaw z Ziemi zapewniłoby przeżycie podczas długotrwałej eksploracji kosmosu [23].

Hodowla roślin daje dostęp do czystej wody, która pobierana z podłoża przez korzenie wędruje w górę rośliny i w procesie transpiracji zostaje częściowo odparowana z powierzchni liści. Jest ona pozbawiona wielu zanieczyszczeń i może być wykorzystana jako źródło wody pitnej. Aby ją zebrać, wystarczy przyczepić do gałęzi z liśćmi szczelny, czysty worek plastikowy i poczekać aż zbierze się w nim woda [6].

Rośliny są pożądane na pokładzie bazy księżycowej także ze względów psychologicznych [12]. Kolor zielony (chlorofile roślinne) działa relaksująco na nasz mózg i zmniejsza czynniki stresowe [13; 16].

Rośliny mogą być również stosowane w celach leczniczych oraz podczas suplementacji niedoborów mikro- i makroelementów, wynikających z uciążliwych warunków nowego środowiska i spożywania żywności liofilizowanej [12; 2]. Są to na przykład witaminy A, C oraz B₁ i B₆ [2].

Obecne prace skupiają się na roli tzw. roślin pierwszego pokolenia, których głównym zadaniem będzie użyźnianie gleby, a ich pozostałości będą kompostowane i wykorzystywane jako nawóz [23].

3. Warunki dla roślin w kosmosie

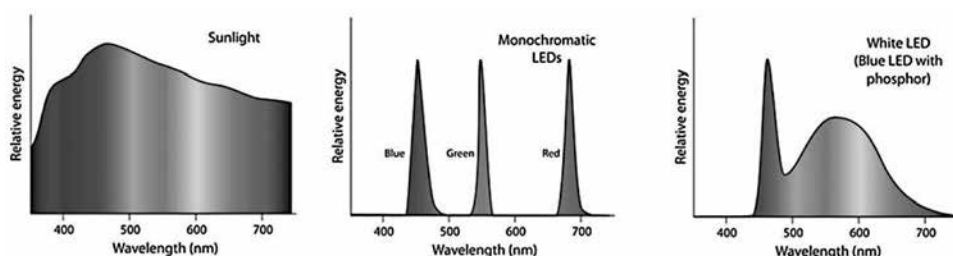
Rośliny na Księżycu będą musiały znosić panujące tam niekorzystne warunki, takie jak: intensywne zmiany w oświetleniu – silne światło słoneczne (promieniowanie UV) czy też jego długotrwały brak, warunki obniżonej grawitacji, czy też nieprzyjazne podłoże w postaci księżycowego regolitu, tj. warstwy okruszków skalnych, pokrywających jego powierzchnię. Istnieją jednak sposoby na wyeliminowanie lub redukcję nieprzyjaznych czynników [23].

3.1. Światło słoneczne

Światło ma kluczowe znaczenie dla roślin, ponieważ jest elementem niezbędnym do samodzielnego wytwarzania przez rośliny pokarmu w postaci cukrów, a tym samym umożliwia im przetrwanie. Ilość światła, jakość oraz jego kierunek są odbierane

w komórkach roślinnych przez kilka różnych systemów, które wspólnie regulują prawie wszystkie etapy rozwoju rośliny w celu utrzymania wydajności fotosyntezy.

Na pokładzie bazy księżycowej dla roślin będą panowały zdecydowanie odmienne warunki świetlne niż na Ziemi, ze względu na brak bezpośredniego dostępu światła słonecznego. Rozwiązaniem są sztuczne źródła światła takie jak diody elektroluminescencyjne (LED). Ze względu na wąski zakres spektralny pojedynczej diody (monochromatyzm) będzie trzeba używać wielu diod o różnej długości fal, by uzyskać poszerzony zakres spektralny potrzebny do hodowli roślin (rys. 4) [20].



Rys. 4. Zakresy spektralne dla światła słonecznego i alternatywnych źródeł światła

Źródło: TAN Nhut Duong, HOANG Tung Thanh. LEDs and Their Potential in Somatic Embryogenesis of *Panax vietnamensis* Ha et Grushv. W: GUPTA Snehashish Dutta [red.]. *Light Emitting Diodes for Agriculture - Smart Lighting*. Singapur: Springer Nature, 2017, s. 321-330. ISBN 978-981-10-5806-6

3.2. Grawitacja



Rys. 5. Zjawisko grawitropizmu u roślin [opracowanie własne]

Grawitacja jest jednym z czynników umożliwiających wzrost roślin. Zależy od niej kierunku wzrostu organów roślinnych (rys. 5). Taka zależność między grawitacją i wzrostem rośliny nosi nazwę grawitropizmu lub geotropizmu [11].

Grawitacja zapewnia niemal stały bodziec, który jest źródłem informacji przestrzennych o otoczeniu i dostarcza ważnych wskazówek dla orientacji wzrostu roślin. Przyciąganie ziemskie odgrywa szczególnie ważną rolę we wczesnych stadiach wzrostu sadzonek, stymulując negatywną reakcję grawitropową w pędzie, która to kieruje go w stronę źródła światła, oraz pozytywną reakcję grawitropową w korzeniu głównym,

która powoduje jej wrastanie w glebę, zapewniając wsparcie i pozyskiwanie składników odżywczych. Grawitacja wpływa również na kształt roślin w późniejszych stadiach rozwoju poprzez oddziaływanie na narządy boczne i struktury podporowe [11].

Na powierzchni Księżyca grawitacja jest około 6-krotnie mniejsza. Eksperymenty wykazały, że w środowisku mikrograwitacyjnym kierunek wzrostu jest nieuregulowany, a niektóre korzenie rozciągają się nawet w tym samym kierunku co pędy napowietrzne. Jednak sposób, w jaki grawitacja reguluje wzrost rośliny, pozostaje nieznanym. Zrozumienie tego mechanizmu nie tylko poprawi produkcję roślinną na Ziemi, ale także pomoże w uprawie roślin w kosmosie. Dlatego bardzo ważne jest przeprowadzanie kosmicznych eksperymentów, które wyjaśnią mechanizmy wzrostu i rozwoju roślin [22].

3.3. Podłoże

Transport dobrej jakości gleb z Ziemi na Księżyc może być technicznie trudny oraz ekonomicznie nieopłacalny. Dlatego też podjęto badania, mające na celu sprawdzenie możliwości hodowli roślin na skale księżycowej. Podłoże odpowiadające roślinom powinno zawierać rozmaite pierwiastki, takie jak tlen, wapń, magnez, żelazo, potas, siarkę czy fosfor. Regolit (skała księżycowa) zawiera dużą część tych pierwiastków. W badaniach na Ziemi wykorzystuje się anortozyty – skały o zbliżonym do regolitu składzie mineralnym. Dzięki tym badaniom wiemy, że rośliny nie potrafią samodzielnie pobierać ze skały niektórych potrzebnych pierwiastków.

Jednym z rozwiązań jest zastosowanie drobnoustrojów. Dzięki bakteriom z rodzajów *Thiobacillus* oraz *Pseudomonas* z anortozytu uwalniają się kationy potrzebne do wzrostu roślin. Ponadto grzyby z rodzaju *Cladosporium*, oprócz podobnego działania, zwiększają wchłanianie uwolnionych jonów do roślin. Krzemionkowa bakteria z rodzaju *Paenibacillus* spowodowała widoczną makroskopowo zmianę na powierzchni regolitu i to w bardzo krótkim czasie. W badaniach bakterie nie tylko stymulują wzrost, ale i przyspieszają kwitnienie, w stosunku do roślin uprawianych na sterylnym anortozycie [12].

4. Przykłady roślin pionierskich

Pojęcie rośliny pionierskiej na Księżycu dotyczy roślin, które nie tylko jako pierwsze znalazły się w przestrzeni kosmicznej, ale przede wszystkim będą w stanie funkcjonować na jego powierzchni. Głównym kryterium wyboru tej grupy roślin dla bazy lunarnej jest ich wielozadaniowość, tj. odporność na choroby, małe zapotrzebowanie na światło, zapewnienie odpowiednio wysokich plonów oraz stałego źródła makro- i mikroelementów [12]. Poniżej przedstawiono przykłady dwóch roślin oznaczanych jako nadające się do uprawy w regolicie księżycowym.



Rys. 6. Rzodkiewnik Pospolity (*Arabidopsis thaliana*) Źródło: STURM Johann Georg. Deutschlands Flora in Abbildungen. Berlin, 1796. ISBN 127789747.

4.1. *Arabidopsis thaliana* (rzodkiewnik pospolity)

Rzodkiewnik pospolity (rys. 6) jest gatunkiem pochodzącym z Eurazji i Afryki. To roślina spokrewniona z gorczycą oraz innymi znanymi roślinami warzywnymi z rodziny kapustowatych. Jest ona rośliną z w pełni wykształconym metabolizmem oraz dobrze scharakteryzowanym genomem. Umożliwiło to poznanie molekularnej reakcji rośliny na zmiany środowiska [8]. Co więcej, niewielki rozmiar (dorosły osobnik ma 5–30 cm wysokości) pozwala na hodowlę przy wykorzystaniu mniej niż 1 grama regolitu lub anortozytu, zapewniając jednocześnie materiał wystarczający do szczegółowych badań molekularnych [21].



Rys. 7. Aksamitka rozpierzchła (*Tagetes patula*) Źródło: CURTIS William. Flower-garden displayed. „The Botanical magazine”. 1792, tom 5, s. 150. ISSN 0951-2446.

4.2. *Tagetes patula* (aksamitka rozpierzchła)

Aksamitka rozpierzchła (rys. 7) spełnia wszystkie wymagania dotyczące roślin pionierskich na Księżycu. To mała roślina, około 6–30 cm wysokości, która może być uprawiana na większości gleb ogrodowych, a także regolicie i anortozycie. Kwitnie nieprzerwanie oraz szybko rośnie. Wykazuje odporność na choroby i szkodniki. Ma też wartości odżywcze poprzez dużą zawartość witamin, glikozydów, kwasów organicznych i barwników. Wykazuje działanie przeciwrzodowe oraz może być stosowana w celu zapobiegania zapaleniu wątroby i nerek [12].

Podsumowanie

Aby rośliny mogły funkcjonować w przestrzeni kosmicznej, należy przygotować odpowiednie dla nich warunki. Środowiskiem umożliwiającym kontrolę tych warunków będzie baza księżycowa. Istnieje kilka wariantów bazy lunarnej, np. *Lunar Lantern* czy *Pantheon*. Biorąc pod uwagę wielowymiarową rolę roślin, każdy projekt dotyczący roślin na Księżycu musi uwzględniać sposób i miejsce ich hodowli, wraz z pojawiającymi się ograniczeniami w przestrzeni kosmicznej. Właściwie każdy z czynników umożliwiających wzrost roślin na Ziemi musi zostać poddany analizie i testom w przestrzeni kosmicznej.

W ostatniej dekadzie prowadzono badania z udziałem roślin w kosmosie. W roku 2012 na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej udało się wyhodować kilka okazów słonecznika i kukurzy. W 2015 roku NASA donosiła o zakończonej sukcesem uprawie czerwonej sałaty rzymskiej. Natomiast w 2016 roku na pokładzie ISS zakwitła cynia. Eksperymenty te przyczyniają się do rozwoju technologii hodowli roślin związanych z misjami księżycowymi.

Odmienność środowiska na Ziemi i na Księżycu sprawia, że prawidłowy i efektywny wzrost roślin jest znacznie utrudniony. Jednak obecne badania wskazują, że możliwe jest zminimalizowanie lub eliminacja negatywnych czynników i stopniowe wprowadzanie wybranych gatunków w przestrzeni kosmicznej. Dwa gatunki najczęściej brane pod uwagę to rzodkiewnik pospolity oraz aksamitka rozpierzchła. Ich wielozadaniowość, jak na przykład: odporność na choroby i szkodniki, niskie wymagania uprawy oraz korzyści zdrowotne, sprawia, że plan hodowli roślin podczas długotrwałych misji na powierzchni Srebrnego Globu staje się coraz bardziej realny.

Bibliografia

1. BURNS Jack, DURIC Nebojsa, TAYLOR Jeffrey, JOHNSON Stewart. Observatories on the Moon. „Scientific American”. 1990, tom 262, nr 3, s. 42–49. ISSN 00368733.
2. CARILLO Petronia, MORRONE Biagio, FUSCO Giovanna Marta, PASCALE Stefania de, ROUPHAEL Youssef. Challenges for a Sustainable Food Production System on Board of the International Space Station: A Technical Review. „Agronomy”. 2020, tom 687. ISSN 2073-4395.
3. Construction System for the Moon. W: iconbuild.com [online] 29.11.2022. Tryb dostępu: <https://www.iconbuild.com/newsroom/icon-to-develop-lunar-surface-construction-system-with-57-2-million-nasa-award>. Dostęp z dnia 21.01.2023.
4. CRAWFORD Ian Andrew. Back to the Moon? „Astronomy & Geophysics”. 2003, tom 44, nr 2, s. 2.15–2.17. ISSN 1366-8781.
5. CRAWFORD Ian Andrew. The scientific case for renewed human activities on the Moon. „Space Policy”. 2004, tom 20, nr 2, s. 91–97. ISSN 0265-9646.

6. CURTIS William. Flower-garden displayed. „The Botanical magazine”. 1792, tom 5, s. 150. ISSN 0951-2446.
7. CZERWIŃSKI Witold. Fizjologia roślin. Warszawa: Państwowe Wydaw. Naukowe, 1978. ISBN 978-83-010-2427-7.
8. FERL Robert, PAUL Anna-Lisa. Lunar Plant Biology – A Review of the Apollo Era. „Astrobiology”. 2010, tom 10, nr 3, s. 261–274. ISSN 1531-1074.
9. LEWIN Sarah. A Garden Grows in Space: First Zinnias Bloom, to Astronaut’s Delight. W: Space.com [online] 19.01.2016. Tryb dostępu: <https://www.space.com/31658-zinnia-flowers-bloom-in-space-photo.html>. Dostęp z dnia 21.01.2023.
10. Growing Plants in Space. W: Nasa [online] 12.07.2021. Tryb dostępu: <https://www.nasa.gov/content/growing-plants-in-space>. Dostęp z dnia 21.01.2023.
11. HANGARTER Roger. Gravity, light and plant form. „Plant, cell & environment”. 1997, tom 20, str. 796–800. ISSN 0140-7791.
12. KOZYROVSKA N.O., LUTVYENENK T.L., KORNIICHUK O.S., KOVALCHUK M.V., VOZNYUK T.M., KONONUCHENKO O., ZAETZ I., ROGUTSKYY I.S., MYTROKHYN O.V., MASHKOVSKA S.P., FOING B.H., KORDYUM V.A. Growing pioneer plants for a lunar base. „Advances in space research”. 2006, tom 37, nr 1, s. 93–99. ISSN 0273-1177.
13. KWALLEK Nancy. Effects of nine monochromatic office interior colors on clerical tasks and worker mood. „Color Research & Application”. 1996, s. 448–458. Tryb dostępu: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(199612\)21:6<448::AID-COL7>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(199612)21:6<448::AID-COL7>3.0.CO;2-W). Stan z dnia 21.01.2023.
14. LEACH J.E., RYBA-WHITE M., SUN Q., WU C.J., HILAIRE E., GARTHER C., NEDUKHA O., KORDYUM E., KECK M., LEUNG H., GUIKEMA J.A. Plants, plant pathogens, and microgravity – a deadly trio. „Gravitational and Space Biology Bulletin”. 2001, vol. 14, iss. 2, s. 15–23. ISSN 1089-988X.
15. Lunar Lantern. W: Space Exploration Architecture [online]. Tryb dostępu: <http://www.spacex-arch.com/lunar-lantern>. Stan z dnia 21.01.2023.
16. PATTARATANAKUN Ake, RUENROM Guntalee. Colors and Intensities Combination on Purchasing Intention in Relaxing Services: A Virtual Reality Experimental Research. „Creative business and sustainability journal”. 2018, vol. 40, nr 2, iss 156, s. 179–208. Tryb dostępu: <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/CBSReview/article/view/142096>. Stan z dnia 21.01.2023.
17. Plants in Space: Photos by Gardening Astronauts. W: Space.com [online]. 08.01.2016. Tryb dostępu: <https://www.space.com/31690-plants-in-space-astronaut-photos.html>. Stan z dnia 21.01.2023.
18. ROACH Merry. Ale kosmos! Jak jeść, kochać się i korzystać z WC w stanie nieważkości. Kraków: Znak, 2011. ISBN 978-83-240-1625-9.
19. STURM Johann Georg. Deutschlands Flora in Abbildungen. Norynberia, 1796. W: Biodiversity Heritage Library [online]. 21.01.2014. Tryb dostępu: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.77305>. Stan z dnia 11.04.2023.
20. TAN Nhut Duong, HOANG Tung Thanh. LEDs and Their Potential in Somatic Embryogenesis of *Panax vietnamensis* Ha et Grushv. W: GUPTA Snehashish Dutta [red.]. Light Emitting Diodes for Agriculture – Smart Lighting. Singapur: Springer Nature, 2017, s. 321–330. ISBN 978-981-10-5806-6.
21. Scientists Grow Plants in Lunar Soil W: NASA [online]. 12.05.2022. Tryb dostępu: <https://www.nasa.gov/feature/biological-physical/scientists-grow-plants-in-soil-from-the-moon>. Stan z dnia 21.01.2023.

22. TAKAHASHI Hideyuki. How Do Plants Grow in Microgravity? W: Japan Aerospace Exploration Agency [online].
23. Tryb dostępu: https://global.jaxa.jp/article/special/kibo/takahashi_e.html. Stan z dnia 21.01.2023.
24. TIKHOMIROV Aleksey et al. Synthesis of biomass and utilization of plants wastes in a physical model of biological life-support system. „Acta Astronautica”. 2003, vol. 53, s. 249–257. ISSN 0094-5765. Tryb dostępu: [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(03\)80002-4](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(03)80002-4). Stan z dnia 11.04.2023.
25. WOOLF Nick, ANGEL Roger. Pantheon habitat made from regolith with afocusing solar reflector. „Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences”. 2021, vol. 279, nr 2188. ISSN 1364-503X. Tryb dostępu:
26. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2020.0142>. Stan z dnia 11.04.2023.
27. YASHAR Melodie et al. Project Olympus: Off-World Additive Construction for Lunar Surface Infrastructure. W: ResearchGate [online]. 07.2021. Tryb dostępu: https://www.researchgate.net/publication/353742380_Project_Olympus_Off-World_Additive_Construction_for_Lunar_Surface_Infrastructure. Stan z dnia 11.04.2024.

Słońce, Księżyc – spójrzmy w niebo
okiem naukowca lub artysty



Rozdział II

CHEMIA

Chemiczne „oblicze” Słońca i Księżyc

Wstęp

Układ Słoneczny jest obiektem zainteresowania i ciągłych badań prowadzonych przez naukowców. Słońce i Księżyc są jednymi z ważniejszych ciał niebieskich, na których skupia się nauka. Słońce to przecież jedyna gwiazda w Układzie Słonecznym i zarazem jego centralny element. Zależy od niego wiele procesów. Księżyc z kolei jest ciałem, które stale znajduje się w niedużym, jak na skalę kosmiczną, oddaleniu od Ziemi, przez co ma na nią bezpośredni wpływ, który manifestuje się np. poprzez pływy. Bardzo ciekawymi aspektami dotyczącymi zarówno Słońca, jak i Księżyc są te związane z szeroko pojętą chemią wymienionych obiektów. Przemiany jądrowe, skład chemiczny jedynej gwiazdy Układu Słonecznego i minerałów księżycowych to tylko niektóre z nich.

W tym artykule, ze względu na obszerność tematu związanego z chemią Słońca i Księżyc, poruszone zostaną jedynie najciekawsze z wielu istotnych aspektów. Przywołana zostanie także podstawowa wiedza, niezbędna do poprawnego zrozumienia przedstawionych zjawisk i ich wagi w kontekście przyszłości rozwoju ludzkości. Celem artykułu jest zachęcenie czytelników do dalszego samodzielnego zgłębiania niesamowitego świata chemii tytułowych obiektów kosmicznych.

Słońce z chemicznego punktu widzenia

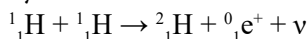
Słońce jest gwiazdą znajdującą się w centrum Układu Słonecznego i stanowi 99,87% jego masy. Skupia ją w swojej niemal idealnie kulistej formie [15]. Słońce jest zbudowane z plazmy, czyli gazu, który został zjonizowany [11]. Dokładny skład chemiczny naszej gwiazdy bywa tematem sporów prowadzonych przez badaczy. Większość jest jednak zgodna co do faktu, że najwięcej w Słońcu jest wodoru i helu, a procentowy

¹ Jagoda Burzyńska, Chrześcijańskie Autorskie Liceum Ogólnokształcące ChALO w Gdańsku.

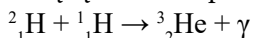
udział cięższych pierwiastków, takich jak: węgiel, azot, tlen, magnez, krzem i żelazo, jest znikomy [15; 16].

Głównym źródłem energii słonecznej są reakcje termojądrowe, a konkretnie te, które, następując po sobie, doprowadzają do syntezy jądra helu [7; 13; 6]. Za reakcje termojądrowe generalnie odpowiadają dwa cykle przemian: cykl proton-proton i **cykl CNO²**. Wśród reakcji zachodzących w Słońcu dominuje pierwszy z nich.

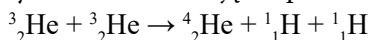
Cykl protonowy polega na kilku następujących po sobie procesach. Zaczyna się on od połączenia dwóch protonów w jądro deuteru. Dodatkowo, podczas tej przemiany dochodzi do emisji pozytonu i neutrina. Chemiczny zapis tego procesu to:



Po zetknięciu pozytonu z elektronem następuje zniszczenie tych cząstek i wydzielenie dużej ilości energii [17]. W następnej części cyklu jądro deuteru łączy się z kolejnym protonem, w wyniku czego powstaje jądro helu-3 i dochodzi do emisji promieniowania gamma. Przemianę tę można zapisać jako:

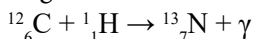


Kolejne etapy mogą potoczyć się według jednego z wielu schematów. Każdy z nich prowadzi do powstania cząstki alfa, czyli jądra helu-4. Przykładem jest bezpośrednio połączenie jąder helu-3 i wydzielenie dwóch jąder protu:

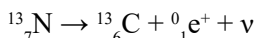


Podczas cyklu przemian proton-proton występują straty masy na rzecz energii cieplnej, ale także energii, która opuszcza układ w postaci neutrino [13].

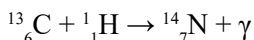
Innym cyklem przemian jądrowych, który jednak w przypadku Słońca jest źródłem znikomej ilości jego energii, a w gwiazdach bardzo „zimnych” nie występuje wcale, jest cykl CNO [3]. Rozpoczyna go interakcja zachodząca pomiędzy jądrem izotopu węgla ${}^{12}\text{C}$ i jądrem ${}^1\text{H}$ (protem), której produktem jest jądro azotu-13 i dochodzi do emisji promieniowania gamma.



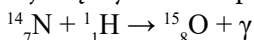
Następnie jądro azotu-13 zmienia się w jądro węgla-13, przy jednoczesnej emisji pozytonu i neutrino.



W kolejnym etapie powstałe wcześniej jądro izotopu ${}^{13}\text{C}$ łączy się z cząstką ${}^1\text{H}$, w wyniku czego otrzymane zostaje jądro azotu-14 i ponownie dochodzi do emisji promieniowania gamma.

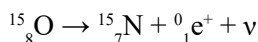


Następna przemiana zachodzi z udziałem ${}^{14}\text{N}$ i ${}^1\text{H}$, w której otrzymane zostaje jądro tlenu-15 i również obserwuje się wydzielenie promieniowania gamma.

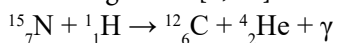


² **Cykl CNO** – cykl węglowo-azotowo-tlenowy.

Otrzymana cząstka rozpada się do jądra azotu-15 z wydzielaniem pozytonu i neutrina.



W ostatniej części całego cyklu przemian CNO jądro azotu-15 i proton wchodzi w interakcję, w wyniku czego powstają: jądro izotopu węgla ${}^{12}\text{C}$ i cząstka alfa. Dochodzi także do emisji promieniowania gamma [3; 17].



Fuzja jądrowa jest w centrum zainteresowania wielu naukowców, badaczy i inżynierów. Dzieje się tak, ponieważ możliwość przeprowadzania jej w odpowiednich reaktorach na Ziemi wydaje się być szansą na rewolucję w energetyce jądrowej. Trwają więc prace nad stworzeniem niezbędnych warunków, aby móc tę przemianę efektywnie wykonywać w celu zapewnienia produkcji energii. Elektrownie wykorzystujące fuzję mogą być znacznie bezpieczniejsze od elektrowni jądrowych, opierających się na rozszczepianiu jąder pierwiastków. Nie będą one też prawdopodobnie produkowały odpadów nuklearnych o dużej aktywności, czy będących długotrwałym zagrożeniem dla środowiska i organizmów w nim żyjących [2].

Minerały na Księżycu

Księżyc, jedyny naturalny satelita Ziemi, jest także ciekawym obiektem w kontekście chemicznym. Skały księżycowe zawierają liczne minerały; są zbudowane głównie z krzemianów, czyli plagioklazów, oliwinów i piroksenów. W artykule przedstawione zostały podstawowe informacje na temat niektórych odmian minerałów z wyżej wymienionych grup krzemianów [14].

W grupie oliwinów wyróżnić należy minerały układające się w **szereg izomorficzny**³ [9]. Kryształ oliwinu może być czystym fajalitem (**krzemianem żelaza**⁴) lub czystym forsterytem (**krzemianem magnezu**⁵), ale może też składać się z **ogniwi pośrednich**⁶ szeregu izomorficznego [9]. Oliwiny przyjmują różnorodne barwy – oliwkowozielone, ciemnozielone, żółtozielone, brunatnawe [9]. Na rysunku 1. przedstawiona jest skała zawierająca kryształy fajalitu, o intensywnym, brunatnym zabarwieniu. W tym miejscu trzeba zaznaczyć, że fotografie przedstawione w dalszej części artykułu ukazują wyłącznie minerały znalezione na Ziemi, warto więc

³ **Szereg izomorficzny** tworzą minerały, w których stosunek ilościowy składników może być różny, ale mają one taką samą postać krystalograficzną [18].

⁴ **Krzemian żelaza** – Fe_2SiO_4 [14].

⁵ **Krzemian magnezu** – Mg_2SiO_4 [14].

⁶ **Ogniwa pośrednie** to minerały szeregu izomorficznego, których składnikami są obydwa skrajne człony tego szeregu, jednak jeden z nich przeważa ilościowo nad drugim [18].

pamiętać, że ich odpowiedniki na Księżycu mogą nie występować w tak fantastycznych formach.



Rys. 1. Skała zawierająca w sobie brunatne kryształy fajalitu

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fayalite_crystal_group_-_Ochtendung,_Eifel,_Germany.jpg

W skałach księżycowych zawartość forsterytu jest większa niż zawartość fajalitu [9]. Niektóre ziemskie okazy oliwinów traktowane są jako kamienie ozdobne. Mają one jednak również zastosowanie praktyczne w produkcji materiałów ogniotrwałych [9].

Kolejną grupą minerałów, która jest na Księżycu całkiem powszechna, są plagioklasy. Przykładową ich odmianą jest anortyt – glinokrzemian wapnia [10] o wzorze chemicznym $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ [14]. Przykładowy anortyt został przedstawiony na rysunku 2. Jest on powszechnie obecnym składnikiem skał księżycowych. Kryształy anortytu przybierają barwę białą albo są szarawe. Ziemskie okazy tego minerału wykorzystywane są przy wyrobie ceramiki i szkła [1].



Rys. 2. Anortyt

Źródło: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mineral_exhibit_-_Anorthite_\(32131373936\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mineral_exhibit_-_Anorthite_(32131373936).jpg).



Rys. 3. Enstatyt

Źródło: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Enstatite-USGS-BYU492.jpg>

Ostatnią z grup minerałów o znaczącym udziale w skałach księżycowych są pirokseny. Przykładem jest enstatyt, krzemian magnezu o wzorze chemicznym $Mg_2[Si_2O_6]$ [14]. Przykład tego minerału można zobaczyć na rysunku 3. Kryształy enstatytu mogą zawierać do 10% krzemianu żelaza $Fe_2[Si_2O_6]$ [5].

Można zauważyć, że zarówno forsteryt, jak i enstatyt, są krzemianami magnezu. Różnią się one jednak wzorem chemicznym, bowiem forsteryt to Mg_2SiO_4 , natomiast wzór enstatytu to $Mg_2[Si_2O_6]$ [9; 5], lub inaczej $MgSiO_3$ [4]. Te dwa minerały odróżniają inny stosunek krzemu do tlenu w związkach je tworzących. Klasyfikują się przez to do innych typów krzemianów. Forsteryt, tak jak inne oliwiny, jest krzemianem wyspowym, ponieważ stosunek tlenu do krzemu w jego kryształach wynosi $O:Si = 4:1$. Enstatyt ma z kolei budowę krzemianu łańcuchowego, ponieważ stosunek tlenu do krzemu wynosi $O:Si = 3:1$. Taka klasyfikacja wynika z faktu, że **czworościany krzemowo-tlenowe**⁷, będące podstawową częścią budowy kryształów krzemianów, mogą łączyć się między sobą i przyjmować przez to różne ustawienia [8].

Podsumowanie

Chemizm Słońca i Księżyca to obszerny oraz fascynujący temat. Zgłębianie zagadnień związanych z tymi ciałami niebieskimi, także w kontekście chemii, może być ciekawym zajęciem dla osób zainteresowanych tematem. Celem artykułu było przybliżenie niektórych wiadomości i zachęcenie do dalszego poznawania chemicznego „oblicza” tych ważnych, z punktu widzenia człowieka, obiektów w Układzie Słonecznym. Ludzka dociekliwość umożliwiła ogromny rozwój cywilizacyjny, który mimo wielu złych stron spowodował, że licznym istotom ziemskim żyje się lepiej. Trzeba pamiętać, że nawet hobbyistyczne zainteresowanie nauką przyczynia się do fundamentalnych zmian, m.in. poprzez otwarcie drogi do dalszej, profesjonalnej pracy badawczej. W kontekście Słońca i Księżyca wiele zagadnień pozostaje jeszcze do odkrycia i zbadania, a mnogość potencjalnych zastosowań w służbie dobrobytu życia na Ziemi czeka na opracowanie. Trwające badania nad użyciem fuzji jądrowej w energetyce i możliwe korzyści z wykorzystania księżycowych minerałów to tylko przykłady tego, jak bardzo chemia obiektów niebieskich może pomóc ludzkości w rozwoju.

⁷ **Czworościany krzemowo-tlenowe** składają się z kationu krzemu Si^{4+} i znajdujących się na wierzchołkach anionów tlenu O^{2-} ułożonych w kształt czworościanu $(SiO_4)^{4-}$, który jest stabilny, a wiązania w nim są silne. Ładunki ujemne neutralizowane są poprzez utworzenie wiązań jonowych [8].

Bibliografia

1. Anorthite. W: *Encyclopaedia Britannica* [online]. Tryb dostępu: <https://www.britannica.com/science/anorthite>. Stan z dnia 17.10.2022.
2. BARBARINO Matteo. What is Nuclear Fusion?. W: *IAEA Interbational Atomic Energy Agency* [online]. 31.03.2022. Tryb dostępu: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-fusion>. Stan z dnia 17.10.2022.
3. CNO cycle. W: *Encyclopaedia Britannica* [online]. Tryb dostępu:
4. <https://www.britannica.com/science/CNO-cycle>. Stan z dnia 12.10.2022.
5. Enstatite. W: *Encyclopedia Britannica* [online]. Tryb dostępu: <https://www.britannica.com/science/enstatite>. Stan z dnia 17.10.2022.
6. Enstatyt. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/enstatyt;3898096.html>. Stan z dnia 17.10.2022.
7. Fusion reactions in stars. Nuclear fusion. W: *Encyclopaedia Britannica* [online]. Tryb dostępu: <https://www.britannica.com/science/nuclear-fusion/Fusion-reactions-in-stars>. Stan z dnia 12.10.2022.
8. Fuzja jądrowa. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/fuzja-jadrowa;3903410.html>. Stan z dnia 12.10.2022.
9. Krzemiany. W: *Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Muzeum PIG-PIB* [online]. Tryb dostępu: <https://www.pgi.gov.pl/muzeum/kopalnia-wiedzy-1/10596-krzemiany.html>. Stan z dnia 17.10.2022.
10. Oliwiny. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/encyklopedia/oliwiny.html>. Stan z dnia 17.10.2022.
11. Plagioklasy. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/plagioklasy;3957880.html>. Stan z dnia 17.10.2022.
12. Plasma. W: *NASA. The Heliopedia* [online]. Tryb dostępu: https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/the-heliopedia. Stan z dnia 17.10.2022.
13. Proton-proton chain. W: *Encyclopaedia Britannica* [online]. Tryb dostępu: <https://www.britannica.com/science/proton-proton-cycle>. Stan z dnia 12.10.2022.
14. Reakcja termojądrowa. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/reakcja-termojadrowa;3966423.html>. Stan z dnia 12.10.2022.
15. Significant Lunar Minerals. W: *NASA* [online]. Tryb dostępu: https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/significant_lunar_minerals.pdf. Stan z dnia 15.10.2022.
16. Słońce. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu:
17. <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/s%C5%82o%C5%84ce.html>. Stan z dnia 17.10.2022.
18. Solar atmosphere. Sun. W: *Encyclopaedia Britannica* [online]. Tryb dostępu: <https://www.britannica.com/place/Sun/Solar-atmosphere>. Stan z dnia 17.10.2022.
19. Source of stellar energy. Star. W: *Encyclopaedia Britannica* [online]. Tryb dostępu: <https://www.britannica.com/science/star-astronomy/Source-of-stellar-energy>. Stan z dnia 12.10.2022.
20. Szereg izomorficzny. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/szereg-izomorficzny;3982926.html>. Stan z dnia 03.01.2023.

Czy chemia wszechświata różni się od chemii na planecie Ziemia?

Ludzkość o wszechświecie wie już bardzo wiele. Wiemy, że Księżyc krąży wokół Ziemi, a Ziemia wokół Słońca. Wiemy, co jest głównym budulcem skorupy ziemskiej i atmosfery naszej planety, ale czy mamy wiedzę o tym, z jakich pierwiastków składa się powierzchnia Marsa lub Wenus? Czy planety inne niż Ziemia mają swoje gazowe powłoki jak atmosfera Ziemi? Czy wiemy, z czego się składają? Czy zdajemy sobie sprawę, że gwiazda, wokół której krąży Ziemia, też ma coś na kształt atmosfery? Wiemy, że głównym paliwem zasilającym Słońce jest wodór, który również występuje na Ziemi, ale czy to „ten sam wodór”? Naukowcy potrafią już wytłumaczyć, kiedy i mniej więcej jak powstają gwiazdy neutronowe, ale czy zastanawialiśmy się nad chemią, która stoi za tymi niezwykłymi zjawiskami? Z czego tak naprawdę zbudowane są gwiazdy? Jak powstają planety? Czemu Merkury, Wenus, Ziemia i Mars tak diametralnie różnią się od Jowisza, Saturna czy Neptuna? Niniejszy artykuł powstał, by spróbować w prosty sposób odpowiedzieć na część z powyżej zadanych pytań.

Ziemia w Układzie Słonecznym

W kontekście chemii planet najwięcej wiemy o planecie, na której żyjemy. Na Ziemi występuje znaczna większość spośród znanych pierwiastków z tablicy Mendelejewa. Do najbardziej popularnych z nich należą te, które wchodzą w skład skorupy ziemskiej i ewentualnie płaszczą ziemskiego. Skorupę ziemską można podzielić na dwie podstawowe warstwy, mianowicie *sial* i *sima*. Warto wiedzieć, że ich nazwy pochodzą od nazw lub akronimów pierwiastków, które występują w nich w największych ilościach. Nazwa Sial pochodzi od znacznej zawartości krzemu (Si) oraz glinu (Al), natomiast Sima od krzemu (Si) oraz magnezu (Mg). Zawartość tlenu krzemu w skorupie ziemskiej wynosi 48%, tlenu glinu 15%, tlenków żelaza i wapnia po 11%,

¹ Dr inż. Bartłomiej Cieślik, Katedra Chemii Analitycznej Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej.

natomiast tlenku magnezu 9%. Dawne nazwy płaszczka ziemskiego, będącego półpłynną i płynną wewnętrzną warstwą pod skorupą ziemską, *cofesima* i *nifesima*, również pochodzą od głównych pierwiastków tam się znajdujących. Są to zatem kobalt (Co), żelazo (Fe), krzem (Si), magnez (Mg) oraz nikiel (Ni) w drugiej wspomnianej warstwie [6]. Analizując podane składy procentowe, można by pomyśleć, że wspomnianych pierwiastków jest najwięcej. Warto jednak zwrócić uwagę, że wspomniane metale występują w skorupie ziemskiej w postaci tlenków. To jednocześnie oznacza, że tlen jest jednym z najbardziej popularnych pierwiastków na ziemi. Innym pierwiastkiem bardzo powszechnie występującym na naszej planecie jest wodór, który skutecznie wiąże się z tlenem, tworząc wszystkim nam znane cząsteczki wody. Trzeba sobie uzmysłwić, że niewiele pierwiastków występuje na Ziemi w stanie wolnym, tak jak czysty tlen czy azot tworzące atmosferę ziemską. Wodór, najlżejszy znany pierwiastek, będący w stanie wolnym silnie wybuchowym gazem (w obecności tlenu), również występuje na ziemi głównie w postaci związków chemicznych. Jest wiele związków organicznych, które zawierają znaczne ilości wodoru, na przykład węglowodany, które spożywamy, czy też węglowodory, będące produktami reakcji fermentacji. Ludzie w dużej mierze są zbudowani z wodoru, tlenu, węgla, azotu, siarki oraz domieszek mikro- i makroelementów, takich jak np. cynk (Zn), sód (Na), chlor (Cl), czy wspomniane już wcześniej magnez i wapń.

Na Ziemi najwięcej związanego w cząsteczkach wodoru występuje w postaci wody. Można by zatem pomyśleć, że jest go najwięcej na planecie, ze względu na to, że rzek, mórz i oceanów jest bardzo dużo, a na jedną cząsteczkę wody przypadają dwa wodory i jeden tlen, ale nie jest to takie oczywiste. Jest to bardzo niewielki pierwiastek, dlatego też masowo jego udział uznaje się za znikomy. Cząsteczki waży się inaczej niż jabłka, ziemniaki czy pomarańcze. Używa się np. tak zwanej liczby masowej, która mówi o tym, ile w cząsteczce znajduje się protonów i neutronów. One właśnie świadczą o masie danego pierwiastka. Elektrony, z racji znikomej masy w porównaniu do nukleonów (protonów i neutronów), w celu uproszczenia opisu można pominąć. Atom wodoru, składający się z jednego protonu, waży zatem 1 jednostkę (u). W uproszczeniu można więc uznać, że masa atomowa wynosi dla wodoru 1 gram na 1 mol cząsteczek, czyli 6 022 000 000 000 000 000 000 (6,022 miliona miliardów miliardów). Cząsteczki gazowego wodoru zawsze zawierają 2 atomy, więc ważą 2 razy więcej. Dla porównania jedna cząsteczka helu (He) waży np. około 4 jednostki (u), czyli 4 razy więcej niż wodór, a 2 razy więcej niż jego cząsteczki gazowe, bo składa się zwykle z dwóch protonów i dwóch neutronów. Porównując dalej, tlen waży 16 u (8 protonów i 8 neutronów), wapń waży 40 (20 protonów i 20 neutronów), natomiast złoto, znajdujące się na dole po prawej stronie układu okresowego, waży już 197 u i zawiera najczęściej 79 protonów i 118 neutronów. Najcięższy znany pierwiastek z tablicy Mendelejewa to oganeson ważący 294 u. Jest

on na końcu wspomnianej tablicy i zawiera 118 protonów i 176 neutronów. Nie występuje na Ziemi naturalnie i dotychczas wytworzono tylko 3–4 atomy tego pierwiastka w latach 2002–2005 [2,3]. Generalnie, im cięższe są pierwiastki, tym rzadziej występują na Ziemi. Przeważają jednak wcześniej wspomniane, niekoniecznie najlżejsze, tlen, krzem, glin, żelazo, magnez, wapń, sód oraz najlżejszy z popularnych wodor. Ich występowanie różni się w zależności od tego, którą warstwę naszej planety badamy. Na innych planetach Układu Słonecznego udziały pierwiastków mogą być jednak zupełnie inne.

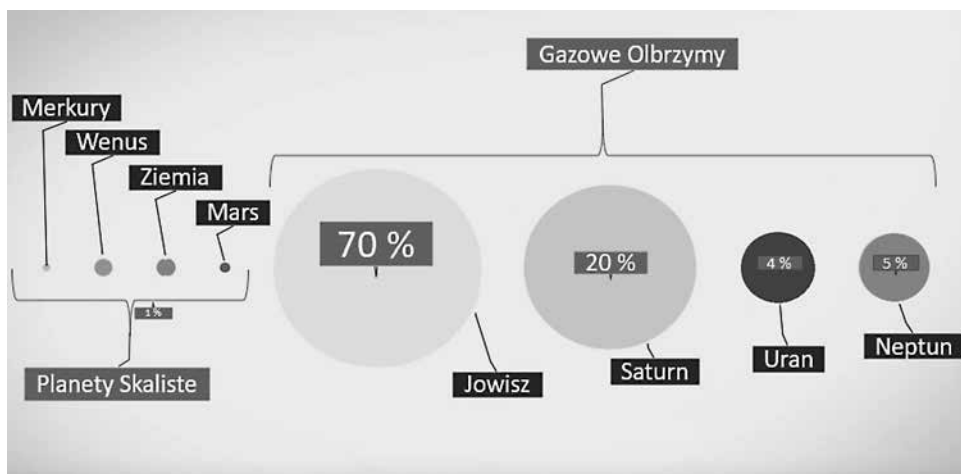
Inne planety Układu Słonecznego

Skład pierwiastkowy planet Układu Słonecznego w dużej mierze zależy od tego, jak daleko dana planeta znajduje się od Słońca. Merkury np. mimo tego, że jego nazwa oznacza w języku angielskim rtęć (Hg), wcale nie zawiera największych złóż tego pierwiastka. Jest to mała skalista planeta z dużym żelaznym jądrem, pozbawiona atmosfery. Podejrzewa się, że zewnętrzna gazowa powłoka została „zdmuchnięta” przez wiatr słoneczny [7]. Wielkość żelaznego jądra procentowo jest największa spośród wszystkich planet, co również powiązane jest z faktem, iż Merkury znajduje się najbliżej Słońca spośród wszystkich znanych nam ciał niebieskich Układu Słonecznego. Wiemy o tej planecie relatywnie niedużo ze względu na wspomnianą bliskość Słońca, które swoją jasnością utrudnia obserwacje teleskopowe. Nawet wysłanie tam sądy kosmicznej nie jest takie proste ze względu na ogromną grawitację sąsiadującej gwiazdy.

W kontekście nietrafionej nazwy podobna sytuacja ma miejsce z Uranem, który jest w zasadzie gazowym olbrzymem, więc nie podejrzewa się, żeby mógł zawierać znaczne ilości cennego uranu (U o masie 238 u, ilości protonów 92 i neutronów 146) wykorzystywanego jako radioaktywne paliwo w elektrowniach jądrowych na Ziemi. Atmosfera Urana składa się głównie z wodoru i helu. Jest tam też sporo azotu i węgla, które tworzą zamrożone złoża amoniaku i metanu. Planetę tę można zatem uznać za kulę zamrożonych ziemskich gazów [5]. Jest on zupełnie inny niż pozostałe dwa gazowe olbrzymy Układu Słonecznego, Jowisz i Saturn. Uran klasyfikuje się czasem jako lodowego olbrzyma, bo gazy tam się znajdujące są praktycznie zamrożone ze względu na fakt, iż jest to absolutnie najzimniejsza planeta Układu Słonecznego.

Wspomniane gazowe olbrzymy, Saturn i Jowisz, również składają się z lekkich pierwiastków, tym razem jednak występujących w postaci gazowej. Spowodowane jest to nieco wyższą temperaturą wspomnianych gazowych olbrzymów. Za Jowiszem (patrząc od zewnątrz Układu Słonecznego), składającym się głównie z helu i wodoru, im bliżej Słońca, tym mniejsze stają się planety i tym cięższe pierwiastki zawierają. Dlatego też wspomniane planety – Merkury i Ziemia, czy też pozostałe skaliste ciała

niebieskie jak Mars i Wenus, można uznać za małe, ciężkie i bogate w surowce takie jak żelazo, nikiel i inne metale uznawane za ciężkie. Skąd jednak bierze się to niezwykle zróżnicowanie pierwiastkowe planet? Żeby to wyjaśnić, należy zapoznać się z chemią gwiazd, z których najbliższą nam jest Słońce. Wielkości, podział oraz masy planet Układu Słonecznego przedstawiono na Rysunku 1.



Rys. 1. Wielkości poszczególnych planet Układu Słonecznego wraz z procentowym udziałem masy
Źródło: opracowanie własne

Jak działają gwiazdy

Gwiazdy są niezwykleymi tworamı wszechświata, które istnieją wyłącznie dlatego, że wytworzyły coś na kształt fizykochemicznej równowagi. Mało kto jednak zdaje sobie sprawę, że ich aktywność przez eony, od tak zwanego Wielkiego Wybuchu, jest odpowiedzialna za tworzenie pierwiastków, z których dziś zbudowana jest np. nasza planeta [3].

Same gwiazdy zbudowane są głównie z wodoru, lekkiego gazu występującego na Ziemi w stanie wolnym, właściwie wyłącznie w formie gazowej lub ewentualnie w związkach chemicznych, o czym wspomniano już wcześniej [3]. Na Ziemi jest on niezbędnym budulcem szerokiego spektrum związków organicznych oraz tak ważnej dla nas wody. Dla gwiazd stanowi on jednak paliwo i jest źródłem energii emitowanej przez świetliste kolosy. Wewnątrz gwiazd zachodzi reakcja jądrowa, polegająca w uproszczeniu na połączeniu 4 atomów wodoru do jednego atomu helu. W rzeczywistości są to dwie reakcje atomów wodoru, z produkcją deuteru w reakcji pośredniej, dające atom helu-3, który następnie reaguje z kolejnym atomem helu-3

tworząc atom helu-4 oraz dwa atomy wodoru. Reakcja ta może zachodzić jedynie w warunkach ogromnego ciśnienia i skrajnie wysokiej temperatury. Takie właśnie warunki występują we wnętrzu Słońca, głównie przez wzgląd na siłę grawitacji generowanej przez ogrom gwiazdy i zatrważające ilości jej paliwa. Reakcja, zachodząca głęboko wewnątrz gwiazd, wytwarza ogromną energię, która stara się niejako przeciwstawić sile grawitacji, która trzyma gwiazdę w całości. Gdyby nie siła grawitacji, wspomniana reakcja nie zachodziłaby, a nawet gdyby z jakichś „magicznych” względów zaczęła zachodzić, rozerwałaby każdą istniejącą gwiazdę na kawałki. Właśnie ze względu na ogromną masę, skutkującą potężną grawitacją gwiazd, wspomniane reakcje zachodzą tylko w ich wnętrzach, a nie np. na powierzchni naszej planety. Gdy wodorowe paliwo wypala się przez miliardy lat, reakcja zachodząca wewnątrz gwiazdy zmienia się. Hel, wytworzony z wypalonego już wodoru, zaczyna reagować dalej i wytwarzają się coraz cięższe pierwiastki, takie jak węgiel i tlen, które dalej podtrzymują egzoenergetyczny proces spalania, który znamy nawet na Ziemi. Finał tej reakcji może skończyć się różnie w zależności od wielkości gwiazdy [3; 4].

Małe i lekkie gwiazdy jak Słońce, w miarę jak reakcje jądrowe przyspieszają, zaczynają pęcznić, ponieważ ich przeciętnie silna grawitacja nie jest w stanie utrzymać wszystkiego w środku gwiazdy. Tak powstają tak zwane czerwone giganty. Gdy całe paliwo na Słońcu się wypali, gwiazda wybuchnie, pochłaniając właściwie cały Układ Słoneczny, w którego centrum pozostanie tylko rozgrzany biały karzeł. Takie wybuchy małych gwiazd wysyłają w kosmos ogromne ilości wspomnianego wcześniej węgla i tlenu oraz ewentualnie resztki wodoru i helu [3,4,9].

W przypadku znacznie bardziej masywnych gwiazd, wodór, hel i węgiel wytwarzane w ich wnętrzach mogą podlegać dalszym reakcjom. Ciśnienie z czasem robi się tak ogromne, że w miarę wypalania pokładów wodoru w końcu zaczynają powstawać coraz cięższe pierwiastki. W ten sposób przez wieki węgiel zamienia się w neon, neon w tlen w ciągu roku, ten w krzemionkę w ciągu kilku miesięcy, a następnie krzemionka w żelazo w dzień. Żelazo można uznać za nuklearny popiół. Fuzja jądra przestaje zachodzić i gwiazda zaczyna gasnąć i maleć, ponieważ ciepło nie jest już produkowane w tak ogromnych ilościach. Pokłady gorących pierwiastków nie są już wypychane na zewnątrz gwiazdy wraz z ogromną energią i temperaturą. Znowu zaczyna wygrywać grawitacja. Gdy kończy się paliwo w postaci wodoru i innych wspomnianych pierwiastków, gwiazda zaczyna się więc zapadać. Żelazne jądro gwiazdy zaczyna się ścisnąć i kompresować. Poziom kompresji dla porównania byłby taki, jakby zmniejszy gwiazdę z rozmiarów planety wielkości Ziemi do rozmiarów miasta. Taka kompresja jest niezwykle gwałtowna, ponieważ gwiazda kurczy się z prędkością 25% prędkości światła. Mogą to być zatem minuty lub godziny. Taka implozja uderza w samo żelazne jądro gwiazdy, które dosłownie wybucha, katapultując resztki gwiazdy w przestrzeń kosmiczną. W tym momencie wytwarzane są niemierzalne

ilości energii. Zjawisko to, zwane wybuchem supernowej, kompresujące gwiazdę do wielkości planetoidy o średnicy 25 km, wytwarza gwiazdę neutronową o masie miliona mas planety Ziemi. Gwiazda neutronowa nie zawiera już pierwiastków, bo wszystko jest tak upakowane, że w środku jest tylko masa neutronów. W 1 cm³ można by upakować masę prawie 8 miliardów ludzi. Temperatura takiej gwiazdy sięga około 1 000 000 °C. Dla porównania, na powierzchni Słońca rejestruje się temperatury rzędu 6000 °C [2]. Wiemy, że takie gwiazdy mają bardzo cieniutką atmosferę z pozostałości lekkich pierwiastków, cienką skorupę ze skompresowanego krystalicznego żelaznego jądra gwiazdy, a w środku już tylko neutrony [9]. Tam chemia zamienia się w fizykę. Naukowcy tak do końca nie wiedzą, co dzieje się w środku gwiazdy neutronowej i jakie właściwości ma materiał protonowo-neutronowy w środku, podobnie jak nie wiemy, co dzieje się w czarnych dziurach. W każdym razie tworzenie się gwiazd neutronowych to skondensowanie neutronów i protonów, które tworzą wszystkie inne pierwiastki [4; 2].

Co dalej ciekawe, gdy po eonach gwiazdnych wędrówek, przez przypadek dwie gwiazdy neutronowe zbliżą się do siebie, zaczynają bardzo silnie się przyciągać, tańcząc dookoła siebie. Ich grawitacje powodują, że prędzej czy później gwiazdy zderzają się ze sobą w rozbłysku niewyobrażalnej energii, a ich „wnętrzości” wylatują w przestrzeń kosmiczną. Energia, wytwarzana w tym wybuchu przyćmiewającym blask całych galaktyk, w mgnieniu oka wytwarza jeszcze cięższe pierwiastki takie jak bizmut, iryd, uran, złoto, czy platyna. Naukowcy podejrzewają, że te zderzenia gwiazd neutronowych odpowiadają za wytworzenie wszystkich ciężkich pierwiastków we wszechświecie. Pierwiastki wyrzucone w przestrzeń kosmiczną mieszają się w galaktyce, tworząc mgławicę, które z czasem mogą ponownie wytworzyć kolejne gwiazdy, wokół których często tworzą się jednocześnie planety. Złoża tych ciężkich i cennych metali na naszej planecie są więc pozostałościami po niezwykłym gwiazdowym spektaklu, kończącym się wybuchem i zapadnięciem się dwóch niewyobrażalnie masywnych ciał niebieskich i wytworzeniem czarnej dziury. By na naszej planecie pojawiły się więc pierwiastki takie jak metale szlachetne, supermasywne gwiazdy muszą umrzeć niejako dwa razy [3,4]. To dzięki tym gwiazdom i wybuchom, mającym miejsce przez eony funkcjonowania wszechświata, na naszej planecie możliwy jest rozwój technologii i życia. Nie moglibyśmy wytwarzać stali węglowej, gdyby nie żelazo i węgiel, półprzewodniki nigdy by nie powstały, gdyby nie krzem. Życie narodziłoby się, gdyby wodór nie połączył się z węglem i innymi pierwiastkami, takimi jak azot czy fosfor.

Podsumowanie

Wszechświat kryje przed nami jeszcze wiele tajemnic. Nowoczesna nauka powoli odkrywa je przed nami. Warto jednak zwrócić uwagę, że zgłębienie całej dostępnej wiedzy może nie być dla nas osiągalne. Im więcej będziemy jednak wiedzieć o otaczającym nas wszechświecie, tym skuteczniej będziemy wykorzystywać prawa nim rządzące. Poza tym fajnie jest zdawać sobie sprawę, że tak naprawdę cała technologia i życie na Ziemi jest chemią i fizyką pochodzącą z niezwykle gwiazdnego spektaklu, a my sami tak naprawdę jesteśmy tylko drobkami gwiazdnego pyłu, który przypadkiem nie został pochłonięty przez czarne dziury.

Bibliografia

1. BAKER Harry. Neutron star 'mountains' are actually microscopic bumps less than a millimeter tall. W: *Live Science* [online]. 21.07.2021. Tryb dostępu: <https://www.livescience.com/millimeter-tall-neutron-star-mountains.html>. Stan z dnia 14.04.2023.
2. BESKIN V.S. Radiopulsars. "УФН". 1999, Vol. 169, nr 11, s. 1173–1174.
3. DEGARASSE TYSON Neil, TREFIL James. *Pytania z Kosmosu kim jesteśmy, skąd się wzięliśmy i dokąd zmierzam*. Warszawa: Burda Media Polska Sp. z o.o., 2021. ISBN 978-83-8053-908-2.
4. JACKSON Ryan. *The 'ultimate guide to black holes' will spaghetti your brain* [film]. Tryb dostępu: <https://www.cnet.com/science/the-ultimate-guide-to-black-holes-will-spaghettify-your-brain/>. Stan z dnia 13.04.2023.
5. LUNINE J. I., The Atmospheres of Uranus and Neptune. „Annual Review of Astronomy and Astrophysics”, 1993, (Cz. 31), s. 217–263,. Tryb dostępu: <https://doi.org/10.1146/annurev.aa.31.090193.00124510>. Stan z dnia 13.04.2023.
6. MIZERSKI Władysław. *Geologia dynamiczna dla geografów*. Warszawa: PWN, 2000, s. 50. ISBN 83-01-13238-8.
7. RUSSELL Christopher.T., LUHMANN Janet G. Mercury magnetic field “Encyclopedia of Planetary Sciences”. Nowy Jork: Wyd. Chapman and Hall, 1997. Stan z dnia 19.03.2007.
8. STONE Alex. *The Top 6 Physics Stories*. Element 118 Debuts On the Periodic Table. W: “Discover Magazine”. 2006, vol. [3], s. 476–478. Tryb dostępu: <https://doi.org/10.1007/1-4020-4520-4>. Stan z dnia 13.04.2023.
9. ZEILIK Michael, GREGORY Stephen. *Introductory Astronomy & Astrophysics. Fourth edition*. Fresno, CA: Fort Wort, 1998, s. 321–322. ISBN 0030062284

Reakcje zachodzące w Słońcu

Warunek wystarczający mówienia o Słońcu

Istnienie Słońca uwarunkowane jest istnieniem Wszechświata, w którym takie obiekty jak gwiazdy mogą powstawać. Do tej pory nikt jeszcze nie uzyskał odpowiedzi na pytanie, dlaczego nasz Wszechświat w ogóle istnieje? Mamy wiele teorii na temat tego jak powstał, ale niemożliwym jest, aby którąkolwiek z nich sprawdzić. Na podstawie obserwacji i dzięki prawom fizyki opracowano „teorię początku Wszechświata”. Większość naukowców opowiada się za teorią Wielkiego Wybuchu, którego stanem wyjściowym była cała materia zawarta w objętości mniejszej niż główka od szpilki [3].

Na początku Wszechświat bardzo gwałtownie się rozszerzał. Około 90% pierwotnego składu pierwiastków stanowił wodór, blisko 10% przypadło w udziale helowi, a resztę stanowiły małe ilości innych pierwiastków [3]. Po dwóch minutach istnienia Wszechświat zwolnił tempo swojej ekspansji. Powodem powolnego rozwoju może być fakt, że swobodnie dryfujące atomy mogły oddziaływać na siebie tylko siłą wprost proporcjonalną do iloczynu swoich mas. W miarę upływu czasu powstawały skupiska materii, które zaczęły przyciągać jeszcze więcej atomów. Kiedy materii w jednym miejscu znajduje się na tyle dużo, by w środku skupiska zaczęły zachodzić reakcje jądrowe, można mówić o narodzinach gwiazdy.

Najbliższa gwiazda – Słońce, jest szczególnie ważna dla ludzi. Nie tylko teraz, ale taka też była w przeszłości. Ma swoje miejsce w wielu wierzeniach, ludzie na przestrzeni dziejów utożsamiali ją z różnymi bóstwami. Budowali ogromne struktury, by się bliżej niej znaleźć. Słońce jest też oczywiście nieocenione w swojej życiodajności. Wszystko co dzisiaj żyje na Ziemi albo żyło w przeszłości, możliwość taką zawdzięcza właśnie tej „ognistej kuli” (rys. 1). Słońce pomimo tego, że liczy sobie ok. 4,8 miliarda lat, cały czas bombarduje Ziemię promieniowaniem, którym, jeśli całkowicie zebrać z powierzchni zaledwie metra kwadratowego – np. za pomocą w 100% wydaj-

¹ Dariusz Kierski, Zespół Szkół Łączności w Gdańsku.

nego panelu fotowoltaicznego – można by zasilić przeciętne gospodarstwo domowe w Wielkiej Brytanii [5].

„Nauka” i nauka opisywania kosmosu



Rys. 1. Joseph von Fraunhofer

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Joseph_v_Fraunhofer.jpg

Astrofizyka jako dziedzina nauki narodziła się z astronomii, zaraz po tym jak zaczęto wykorzystywać spektroskopy do badania właściwości ciał niebieskich. W roku 1814 niemiecki fizyk Joseph von Fraunhofer (rys. 1), zainspirowany pracami Izaaka Newtona, zbadał zakres światła widzialnego. Widmo otrzymane przez niego miało „pewne kreski”. Linie, które otrzymał, dzisiaj nazywane są spektralnymi. Wtedy jednak były bardzo zaskakujące i jeszcze przez nikogo niewytłumaczone, zaczęły go więc zastanawiać. Dokładniejsze ich zbadanie umożliwił mu bardziej zaawansowany spektroskop, który zbudował kilka lat później. Efekt jego pracy został uwieczniony w 1987 roku na znaczku pocztowym (rys. 3) [5].



Rys. 2. Niels Bohr

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Niels_Bohr.jpg

Kluczem do rozwiązania zagadki i zrozumienia fenomenu linii spektralnych okazał się model atomu Bohra. Zakłada on, że elektron może znajdować się tylko na określonej orbicie. Zakłada też, że warunkiem przejścia z jednej orbity na drugą jest wyemitowanie lub pochłonięcie fotonu o częstotliwości odpowiadającej różnicy energii danych orbit. W konsekwencji pozwala to na badanie składu chemicznego gwiazd, gdyż każdy pierwiastek ma określone widmo emisyjne i absorpcyjne. Dzięki temu modelowi powstały narzędzia, aby wiarygodnie oznaczać skład chemiczny gwiazd [3].



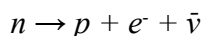
Rys. 3.. Znaczek pocztowy upamiętniający pracę Fraunhofera z 1987 roku

Źródło: JUDGE Philip, *The Sun: A Very Short Introduction*. OUP Oxford, Oxford 2020, ISBN 978-0198832690

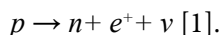
Fuzja jądrowa, czyli co w gwiazdach piszczy

Fuzja jądrowa (albo inaczej synteza jądrowa) to proces łączenia się ze sobą lekkich jąder atomowych w jedno cięższe. Jądro utworzone poprzez takie złączenie może być stabilne lub nie. Jeśli nie jest, jądro, rozpadając się, wysyła wiązki promieniowania. Znając początkową kompozycję chemiczną Wszechświata, warto zastanowić się nad tym, dlaczego w tablicy Mendelejewa widnieje tyle pierwiastków. Istnienie syntezy okazuje się pomocne w tłumaczeniu, dlaczego tak jest [1; 2; 11].

W wyniku fuzji obok nowych jąder mogą powstawać też wolne neutrony, protony, cząstki elementarne i cząstki alfa. Proces zamiany neutronu w proton nosi nazwę rozpadu. Neutron jest niestały i po średnio 17 minutach rozpada się na proton elektron i antyneutrino (cząstka elementarna o zerowym ładunku i zerowej masie spoczynkowej) według wzoru:



Procesem odwrotnym jest rozpad β^{-} , czyli proces zamiany protonu w neutron



Rozpadom beta towarzyszy zwykle emisja wysokoenergetycznego promieniowania elektromagnetycznego, zwanego promieniowaniem gamma (γ). Jest to samoczynna emisja fotonów, która następuje, gdy jądra znajdujące się w stanie wzbudzonym (posiadające nadmiar energii) przechodzą do niższych stanów energetycznych [1].

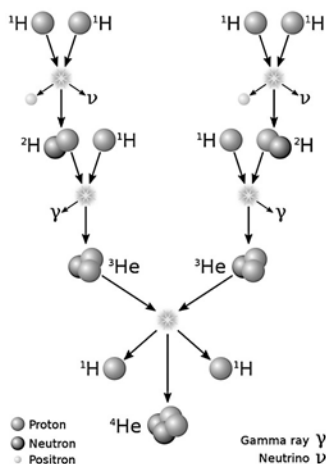
Fuzja jądrowa odbywa się w „łańcuchach reakcji” czyli tzw. cyklach. Reakcje mają swoją kolejność, a te w środowisku mogąym taką syntezę podtrzymać będą się regularnie powtarzać. „Najkrótszym” ze wszystkich zachodzących cykli jest cykl protonowy (lub inaczej proton-proton). W wyniku takiego ciągu reakcji otrzymujemy jądra „niewielkie” i „lekkie”. Są to jądra o małej liczbie masowej, zbudowane z względnie niewielu cząstek elementarnych np. jądro helu 4, składające się z dwóch protonów i neutronów. Cykl węglowo-azotowo-tlenowy (cykl CNO), dłuższy od protonowego,

pozwała na tworzenie jąder „cięższych” i bardziej skomplikowanych w swojej budowie, takich jak np. jądro tlenu 15 albo azotu 13.

Podczas wybuchu gwiazdy pod koniec jej życia, cięższe pierwiastki utworzone wskutek zachodzenia cykli protonowego i CNO zostają wydalone w przestrzeń kosmiczną. Z tych cięższych niż pierwotnie pierwiastków będą tworzyć się nowe gwiazdy, w środku których również będą zachodzić wspomniane cykle, z czasem wzbogacając w pierwiastki chemiczne przestrzeń kosmiczną dookoła nich [3].

Cykl protonowy

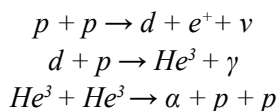
Cykl protonowy to cykl reakcji jądrowych, w których z czterech jąder wodoru powstaje stabilne jądro helu 4 (rys. 4). Podczas takich przemian uwalniana jest znaczna energia jądrowa, która jest głównym źródłem energii Słońca.



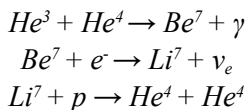
Rys. 4. Cykl protonowy

Zródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Cykl_protonowy

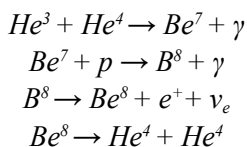
Dzieli się on na trzy zazębiające się łańcuchy reakcji: pp I, pp II, pp III. Pierwszy z nich jest najbardziej powszechny wewnątrz gwiazdy najbliższej Ziemi z racji jej rozmiarów i temperatury. Odpowiada on za ok. 70% [9; 11] energii wytworzonej w Słońcu, a przebiega w sposób następujący:



Drugim co do udziału w produkcji energii Słońca jest łańcuch pp II. Im więcej wewnątrz gwiazdy znajduje się jąder takich pierwiastków jak hel, beryl, bor albo lit, tym staje się on efektywniejszy [9].



W masywniejszych gwiazdach od Słońca bardziej powszechny jest też łańcuch pp III, który jednak, ze względu na temperaturę i rozmiar Słońca, odpowiada za jedyne 0,1% całkowitej wytworzonej energii [9].

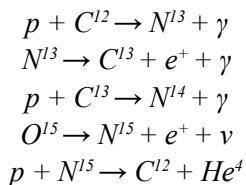


W Słońcu suma energii wytworzonej wskutek działania tych trzech cykli jest równa 26,74 MeV. Same reakcje zachodzą bardzo powoli jak na „skalę ludzką”. Czas trwania tych cykli jest rzędu 10^9 lat [1; 11].

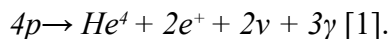
Cykl węglowo-azotowo-tlenowy

Cykl węglowo-azotowo-tlenowy zachodzi tylko w masywnych gwiazdach. Aby stał się na tyle prawdopodobny, by mieć znaczący wkład w energię produkowaną w jądrze, temperatura jądra gwiazdy musi wynosić około 20 milionów Kelvinów [1, 10].

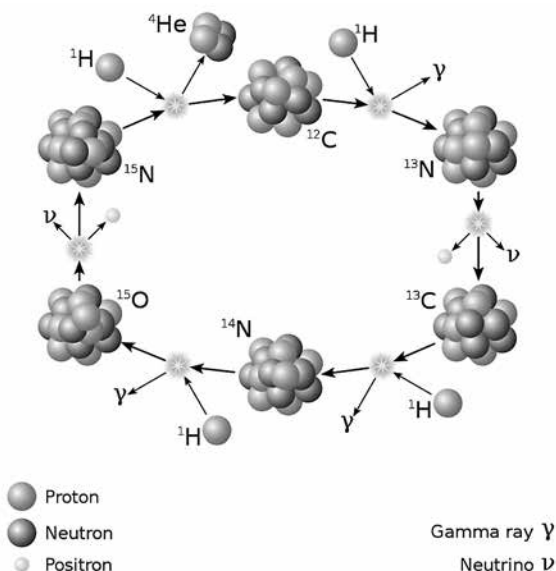
W tym cyklu również cztery protony zamieniają się w jądro helu-4, jednak do tej przemiany wykorzystywany jest węgiel (rys. 5). Jego rolę można porównać do roli katalizatora. Cykl ten nie może zachodzić w gwiazdach utworzonych na początku istnienia Wszechświata, gdyż węgiel uznawany jest za pierwiastek ciężki, który w przestrzeń kosmiczną może być wystrzelony tylko przy wybuchu gwiazd. Wspomniany cykl przebiega następująco:



Suma tych przemian jest równa:



Suma energii wydzielanej w jednym cyklu jest równa 26,73 MeV. Dobrą wizualizacją wydzielania energii przez reakcje termojądrowe jest wolno płonąca świeczka. Energia uwalniana jest stopniowo, powoli, niechaotycznie. Energia wytworzona w jądrze Słońca może przedostawać się przez kolejne jego warstwy nawet przez 50 milionów lat! Gdyby dzisiaj w Słońcu przestały zachodzić reakcje termojądrowe, „świeciłoby” ono jeszcze przez kilkadziesiąt milionów lat [5;10]!



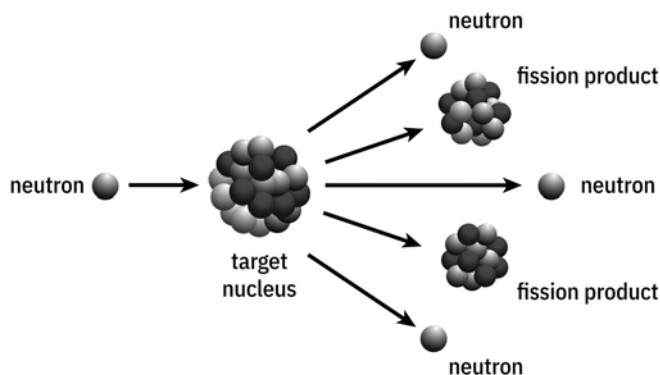
Rys. 5. Schemat cyklu CNO

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Cykl_węglowo-azotowo-tlenowy

Jak te informacje wykorzystują ludzie? – krótko o energetyce jądrowej

Istnieją dwa sposoby na „wydobycie” energii z jąder atomowych. Pierwszym ze sposobów jest rozszczepienie jądra atomowego (rys. 6). Proces rozszczepienia jąder ciężkich inicjowany jest poprzez bombardowanie jąder ciężkich neutronami termicznymi. Neutron dołącza się do jądra i sprawia, że staje się ono niestabilne, co w efekcie prowadzi do rozerwania jądra na dwa mniejsze. Podczas takiego procesu uwalniana jest energia oraz 2 lub 3 neutrony, które prowadzą do rozszczepienia ko-

lejných jądér. Takie rozwiązanie jest bardzo wydajne i dostarcza „najczystszej” jak dotąd energii [2; 6; 7]. Elektrownie jądrowe, nie emitując zanieczyszczeń do atmosfery, produkują małe ilości odpadów radioaktywnych. Są one trudniejsze w użyciu w porównaniu do odpadów produkowanych przez elektrownie tradycyjne, jednak część z nich można ponownie wykorzystać do zasilania reaktora [7; 8].



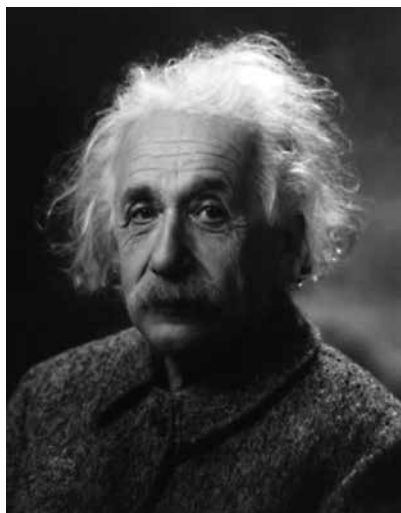
Rys. 6. Rozszczepienie jądra

Zródło: <https://www.atomicarchive.com/img/science/fission.svg>

W elektrowni jądrowej opartej na rozszczepieniu jąder atomowych, energia jest pozyskiwana za pomocą zamiany energii jądrowej na ciepłą, ciepłej na mechaniczną i docelowo – w elektryczną. Reakcje w reaktorach zachodzą lawinowo, samorzutnie i wymagają ścisłej kontroli. Czasami mogą zachodzić jednak zbyt intensywnie i w momencie, gdy nie zadziałają zabezpieczenia, skutki mogą być tragiczne, czego przykładem jest awaria reaktora w Czarnobylu. Poza awariami problemem mogą być też odpady radioaktywne, które, mimo tego że nie zanieczyszczają powietrza, w dalszym ciągu są niebezpieczne [1; 7; 8].

Drugim sposobem jest synteza jąder lekkich. W przeciwieństwie do reaktorów opartych na rozszczepianiu jąder atomowych, te oparte na ich łączeniu nie są jeszcze dopracowane, ani tym bardziej ekonomicznie atrakcyjne. Reaktory syntezy termojądrowej mają znaczącą przewagę nad pierwszymi, bo, będąc bardziej efektywnymi, są jednocześnie bezpieczniejsze i nie produkują żadnych zanieczyszczeń ani odpadów. Natura procesów zachodzących w takim reaktorze wyłącza też możliwość jego wybuchu albo innej katastrofalnej w skutkach awarii [1].

Można zadać sobie pytanie, skąd w ogóle wziął się pomysł na to, aby uzyskać energię z atomu? Zaskakujące, ale odpowiedź na to pytanie jest powszechnie znana, jednak mało kto zastanawia się nad jej znaczeniem. Albert Einstein (rys. 8) powiązał masę z energią słynnym wzorem. Ważną dla energetyki jądrowej obserwacją jest też



Rys. 8. Albert Einstein

Zródło: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Albert_Einstein_Head.jpg

to, że wszystkie jądra atomowe są nieco lżejsze niż suma ich składników [1; 4; 11]. Jako że masa jest proporcjonalna do energii, a pojedyncze nukleony i jądro, które końcowo tworzą, różnią się masami, nasuwa się wniosek, że ta właśnie różnica mas została zamieniona na energię. Tę dokładnie energię nazywamy „energią wiązania”, bo spaja ona nukleony ze sobą, czyniąc jądro stabilnym i stałym. Gdyby nie koncept energii wiązania i deficytu mas, współczesne elektrownie nie miałyby szans funkcjonować [11]. Badanie kosmosu okazuje się mieć daleko sięgające konsekwencje na Ziemi, z czego część jej mieszkańców nie zdaje sobie sprawy. To za pomocą takiej właśnie eksploracji i podążania za tym, co ekscytujące, ludzkość sama siebie wyposaża w narzędzia

otwierające drzwi do przyszłości, w której – być może – energia będzie całkowicie darmowa i której produkcja nie będzie obciążona żadnym ryzykiem.

Bibliografia

1. CRUSSARD Jean. *Energia termojądrowa*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1967.
2. CZERWIŃSKI Andrzej. *Energia jądrowa i promieniotwórczość*. Warszawa: Oficyna Edukacyjna Krzysztof Pazdro, 1998.
3. DeGRASSE Tyson Neil. *Astrofizyka dla zabieganych*. Kraków: Wydawnictwo Insignis, 2017. ISBN 978-83-6574-353-4.
4. HYTROŚ Piotr. Reakcja rozszczepienia i reaktor. W: *Narodowe Centrum Badań Jądrowych* [online]. 19.04.2013. Tryb dostępu: <http://atom.edu.pl/index.php/technologie/reakcja-rozszczepienia/61-technologie-dzip/og4/294-rozszczepienie-i-reaktor.html>. Stan z dnia 26.04.2023.
5. JUDGE Philip. *The Sun: A Very Short Introduction*. Oxford: OUP Oxford, 2020. ISBN 978-01-9883-269-0.
6. Nuclear Fuel Cycle. W: *Atomicarchive.com* [online]. Tryb dostępu: <https://www.atomicarchive.com/science/power/nuclear-fuel-cycle.html>. Stan z dnia 26.04.2023.
7. Nuclear Waste. W: *Atomicarchive.com* [online]. Tryb dostępu: <https://www.atomicarchive.com/science/power/nuclear-waste.html>. Stan z dnia 26.04.2023.
8. Postępowanie z odpadami promieniotwórczymi. W: *Serwis Rzeczypospolitej Polskiej* [online]. Tryb dostępu: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/postepowanie-z-odpadami-promieniotwórczymi>. Stan z dnia 26.04.2023.

9. SITEK Monika. Reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach – cykl protonowy. W: *Zintegrowana platforma edukacyjna* [online]. Tryb dostępu: <https://zpe.gov.pl/b/reakcje-termojadrowe-zachodzace-w-gwiazdach---cykl-protonowy/P16z2IJRV>. Stan z dnia 26.04.2023.
10. SITEK Monika. Reakcje termojądrowe zachodzące w gwiazdach – cykl węglowoazotowotlenowy. W: *Zintegrowana platforma edukacyjna* [online]. Tryb dostępu: <https://zpe.gov.pl/b/reakcje-termojadrowe-zachodzace-w-gwiazdach---cykl-weglowo-azotowo-tlenowy/PJg5oNqyF>. Stan z dnia 26.04.2023.
11. WESTRA Mark Tiele. Fusion in the Universe: the power of the Sun. "Science in School", 2006, iss. 3. Tryb dostępu: https://www.scienceinschool.org/wp-content/uploads/2014/11/issue3_fusion.pdf. Stan z dnia 26.04.2023.

Nazar Skorbach¹

Woda na Księżycu



Rys. 1. Księżyc widziany z Ziemi

Źródło: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Księżyc>

1. Powierzchnia Księżyca

Powierzchnia Księżyca jest bardzo zróżnicowana. Występują liczne pasma górskie o wysokości do 8 km i długości kilkuset kilometrów. Znaczną część Księżyca pokrywają tak zwane „morza”, będące w rzeczywistości rozległymi równinami bazaltowymi, pokrytymi pyłem. Cała powierzchnia Księżyca usiana jest kraterami uderzeniowymi. Tylko na widocznej z Ziemi stronie występuje ponad 300 tys. kraterów o średnicy przekraczającej kilometr [7; 6].

¹ Nazar Skorbach, III Liceum Ogólnokształcące im. Bohaterów Westerplatte w Gdańsku.

2. Jak wykryto istnienie wody na Księżycu?

Do poszukiwania wody na Księżycu lądownik uczestniczący w misjach Apollo, zaczynając od Apollo 11, która odbyła się w 1969 roku, użył kilku zaawansowanych urządzeń. Zainstalowano na pokładzie między innymi kamerę panoramiczną, z bardzo szerokim kątem widzenia, osiągającym dla niektórych typów urządzenia nawet 180 stopni, zestaw spektrometrów, których możliwości opisano w kolejnym akapicie, oraz radar umożliwiający zajrzenie tuż pod powierzchnię gruntu. To właśnie w danych widmowych spektrometru odkryto wyraźny sygnał wskazujący na obecność cząsteczek wody tuż pod warstwą wierzchniej skały księżycowej. Instrumenty sondy (LCROSS) były w stanie wykryć obecność wody występującej w składzie powierzchniowego regolitu (warstwa luźnej i zwietrzałej skały pokrywająca Ziemię i inne planety skaliste), o stężeniu od 0,1% do 0,5%. Są to pierwsze dowody na istnienie wody na Księżycu, zidentyfikowane z małej odległości i w wysokiej rozdzielczości [12].

Spektrometr wykorzystany w przypadku omawianej wcześniej sondy jest specjalistycznym urządzeniem umożliwiającym analizowanie składu pierwiastkowego substancji na podstawie zarejestrowanego widma. W tym przypadku wykorzystywany był spektrometr działający w zakresie światła widzialnego oraz bliskiego ultrafioletu (Visible Spectrometer – VSP). Przy użyciu wspomnianego aparatu realizowano obserwacje w zakresie długości fal 263–650 nm. Ponadto wykorzystano dwa spektrometry działające w bliskiej podczerwieni (Near Infrared Spectrometers – NSP1, NSP2) – które umożliwiały obserwacje w zakresie długości fal 1,2–2,4 μm [16].

Na podstawie analizy prowadzonych badań, od 2022 roku wiemy ze stuprocentową pewnością, że woda występuje na Księżycu. Naukowcy udowodnili wówczas ten fakt, używając największego podniebnego obserwatorium na świecie. Stratosferyczne Obserwatorium Astronomii Podczerwonej (SOFIA) znajduje się na Boeingu 747SP i pracuje na wysokości powyżej 12 tys. metrów. SOFIA (ang. Stratospheric Observatory For Infrared Astronomy), Stratosferyczne Obserwatorium Astronomii Podczerwonej, jest to powietrzne obserwatorium, będące wspólnym projektem NASA i niemieckiego Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), wyposażone w teleskop o średnicy zwierciadła wynoszącej 2,5 metra, pracujący w zakresie promieniowania podczerwonego [8; 15; 12].

3. Pochodzenie wody na Księżycu (hipotezy i badania)

Badacze szacują, że w ciągu miliardów lat na Księżyc mogło się dostać nawet 3 500 km sześciennych wody. Czyli tyle, ile znajduje się w amerykańskim jeziorze Huron, czwartym co do wielkości na świecie. Naukowcy podkreślają przy tym, że to tylko część wody, jaka znajduje się na Księżycu [15].

Uczeni mają pewne teorie dotyczące pochodzenia wody na Księżycu. Odpowiadając na to zagadnienie, należy wziąć pod uwagę, że wody na Księżycu jest naprawdę mało. Na przykład wyłącznie na terenach Sahary, uchodzącej za najbardziej suchy obszar na Ziemi, wody jest około 100 razy więcej. Z tego powodu ważne jest zrozumienie, skąd woda na Księżycu się wzięła i dlaczego tak długo się tam utrzymuje.

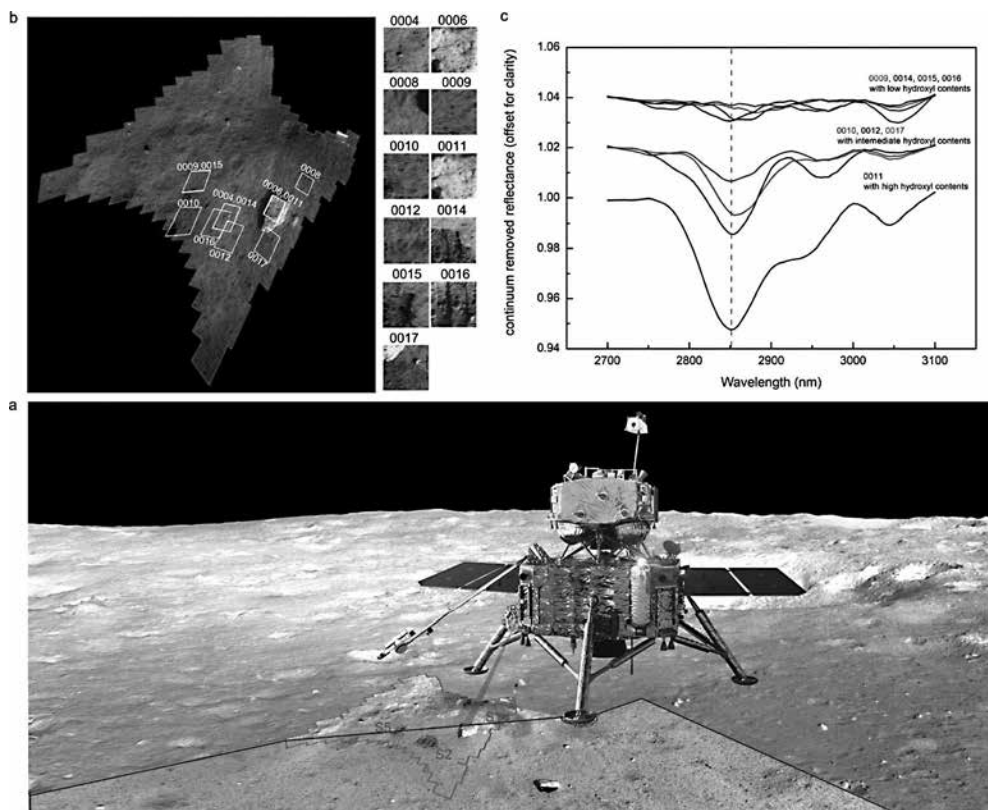
Zgodnie z jedną z głoszonych teorii, naładowane jony wodoru są przenoszone ze Słońca na Księżyc przez wiatr słoneczny. Tam mogą łączyć się z tlenem (tlen na Księżycu występuje np. w regolicie, czyli warstwie luźnych skał pokrywających jego powierzchnię) i tworzyć cząsteczki wody. Według innych koncepcji źródłem księżycowej wody są tak naprawdę komety, które w przeszłości licznie bombardowały omawianego satelitę. Modeli jest wiele, a większość z nich nie została definitywnie odrzucona [10].

Arlin Crotts ma inny pomysł. Astrofizyk z Columbia University od lat prowadzi badania, z których jednoznacznie wynika, że woda na Księżycu musi występować. Już kilka lat temu Crotts opublikował w „Astrophysical Journal” hipotezę o istnieniu wody na powierzchni Księżyca. Jego zdaniem woda księżycowa pochodzi z wnętrza globu. Poprzez szczeliny przemieszcza się w górę, ku powierzchni, wraz z uciekającym ciśnieniem. Jako argument potwierdzający wewnątrzksiężycowe pochodzenie wody, Crotts podaje przykład skał przywiezionych przez misje Apollo, w których właśnie odkryto wodę [10].

4. Skąd wzięła się woda na Księżycu? (wg nowoczesnych badań)

Chiński lądownik księżycowy Chang'e 5 w 2020 roku dostarczył informacje o tym, że w bazaltowym regolicie w miejscu jego lądowania znajduje się woda. W 2021 roku do takich samych wniosków doszli naukowcy analizujący próbki regolitu dostarczone na Ziemię. Do ustalenia pochodzenia wody znajdującej się w skałach księżycowych naukowcy wykorzystali zarówno dane z pomiarów widmowych wykonanych na powierzchni Księżyca, jak i dane pochodzące z badań laboratoryjnych. Analiza laboratoryjna dostarczyła nie tylko szacunkowych danych ilościowych, ale pozwoliła naukowcom określić pochodzenie wody. Okazuje się, że próbki z badanego miejsca zawierają obecność grup hydroksylowych (inaczej grup wodorotlenkowych – OH) apatytowi – minerałowi powszechnie występującemu w wielu rodzajach skał, także na Ziemi. To wskazuje, że przynajmniej w tym młodym morzu księżycowym, gdzie wylądowała misja Chang'e 5, woda pochodzi z samego Księżyca. Mniej wody, niż się spodziewano, jest przyniesione przez cząsteczki wiatru słonecznego. Należy podkreślić, o czym tak naprawdę mowa. Lądownik Chang'e 5 nie wylądował bynajmniej na bryle lodu księżycowego. Zamiast tego w badanym regolicie udało się

odkryć wodę pod postacią 30 grup hydroksylowych (jeden atom wodoru i jeden atom tlenu) w ilościach jak 1 cząsteczka do miliona cząsteczek (parts per milion – ppm). Warto podkreślić, że badania pokrywają się z obserwacjami z orbity i analizami wykonywanymi przez naziemne teleskopy [6; 1].



Rys. 2. Schematyczny diagram gromadzenia danych widmowych księżycowego spektrometru mineralogicznego (LMS) na powierzchni Księżyca oraz cech absorpcji 2700–3100 nm widm in situ Chang'E-5.

Źródło: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-30807-5>

Na rysunku 2A przedstawiono model lądowika z zaznaczonym na czerwono obszarem działania spektrometru LMS (lunar mineralogical spectrometer), który m.in. poszukiwał wody w księżycowych skałach. S1, S2 i S5 to miejsca, skąd pobrano materiał, który następnie wysłano na Ziemię. Na rysunku 2B przedstawioną mapę, na której wyszczególniono miejsca działania spektrometru. Na rysunku 2C przedstawiono widma absorpcyjne z badanych miejsc z zaznaczoną przerywaną linią absorpcyjną, oznaczającą występowanie grup hydroksylowych [3].

Jak tłumaczą badacze, grupy hydroksylowe są dla wody tym, czym dym jest dla ognia. W uproszczeniu, są po prostu dowodem obecności wody na Księżycu. Próbkę regolitu pobrano w momencie, kiedy na oświetlonej przez Słońce stronie Księżyca temperatura wynosiła ok. 93 stopnie Celsjusza, a więc powierzchnia była bardzo sucha. Mimo wysokich temperatur grupy hydroksylowe wciąż znajdowały się w regolicie [3;13;5].

Dla Chin nie jest to jeszcze koniec badania Księżyca. Przyszłe misje, takie jak na przykład Chang'e 7, która odbędzie się w 2026 roku, będą skoncentrowane na poszukiwaniu wody w zacienionych kraterach bieguna południowego – naukowcy hipotetyzują, że tam może znajdować się nawet lód wodny. Obecność lodu może w przyszłości umożliwić jego wykorzystanie do załogowych misji kosmicznych. Próbkę gruntu księżycowego po raz kolejny trafią także do ziemskich laboratoriów. Im więcej będziemy wiedzieli o wodzie na Księżycu, tym lepiej się przygotujemy do powrotu na Księżyc i długotrwałego pobytu naukowców na powierzchni naturalnego satelity Ziemi [3; 6].

Bibliografia

1. DŁUGOSZ Dawid. Chiński lądownik wykrył wodę bezpośrednio na Księżycu. To pierwsze takie odkrycie w historii. W: *Komputer Świat* [online]. 11.01.2022. Tryb dostępu: <https://www.komputerswiat.pl/aktualnosci/nauka-i-technika/chinski-ladownik-wykryl-wode-bezposrednio-na-ksiezycu-to-pierwsze-takie-odkrycie-w/2sbsnsl>. Stan z dnia 27.03.2022.
2. DMOWSKI Sławomir. Ziemia we wszechświecie. W: *Geografia Strona Przedmiotowa* [online]. Tryb dostępu: https://www.geografia24.eu/index.php?strona=351_2_ziemia_we_wszechwscie. Stan z dnia 28.03.2023.
3. GRABIAŃSKI Rafał. W próbkach chińskiej misji księżycowej Chang'e5 wykryto wodę. W: *Urania. Postępy Astronomii* [online]. 18.06.2022. Tryb dostępu: <https://www.uraniam.edu.pl/wiadomosci/w-probkach-chinskiej-misji-ksiezycowej-change-5-wykryto-wode>. Stan z dnia 27.03.2023.
4. HONNIBAL C.I., LUCEY P.G., LI S., SHENOY S., ORLANDO T.M., HIBBITTS C.A., HURLEY D.M., FARRELL W.M. Molecular water detected on the sunlit Moon by SOFIA. "Nature Astronomy".2023, vol. 5, s. 121-127. Tryb dostępu: 10.1038/s41550-020-01222-x. Stan z dnia 28.03.2023.
5. KLETETSCHKA Gunther, KLOKOČNÍK Jaroslav, HASSON Nicholas, KOSTELECKÝ Jan, BEZDĚK Aleš, KUROSH Karimi. Distribution of water phase near the poles of the Moon from gravity aspects. W: *Scientific Reports* [online]. 16.03.2022. Tryb dostępu: 10.1038/s41550-020-01222-x. Stan z dnia 27.03.2023.
6. KOSARZYCKI Radek. Chińczycy odkrywają pochodzenie wody na Księżycu. W: *Puls Kosmosu. Prawdopodobnie najlepszy portal o astronomii* [online].14.06.2022. Tryb dostępu: <https://www.pulskosmosu.pl/2022/06/14/woda-na-ksiezycu-pochodzenie-change-5/> Stan z dnia 27.03.2023.

7. KOSARZYCKI Radek. Chińczycy odkryli wodę na Księżycu. Tym razem nie z orbity, a bezpośrednio z powierzchni. W: *Spider's Web* [online]. 10.01.2022. Tryb dostępu: <https://spidersweb.pl/2022/01/woda-na-ksiezycu-chinczycy-odkryli-ja-z-powierzchni.html>. Stan z dnia 28.03.2023.
8. KOSARZYCKI Radek. Księżycowe plany Chin. W: *Puls Kosmosu. Prawdopodobnie najlepszy portal o astronomii* [online]. 19.07.2019. Tryb dostępu: <https://www.pulskosmosu.pl/2019/07/19/ksiezycowe-plany-chin/>. Stan z dnia 27.03.2023.
9. KOSARZYCKI Radek. Lunar Reconnaissance Orbiter bada ruchy wody na Księżycu, W: *Puls Kosmosu. Prawdopodobnie najlepszy portal o astronomii* [online]. 10.03.2019. Tryb dostępu: <https://www.pulskosmosu.pl/2019/03/10/lunar-reconnaissance-orbiter-bada-ruchy-wody-na-ksiezycu/>. Stan z dnia 27.03.2023.
10. KOWAL Aleksander. Skąd się wzięła woda na Księżycu. W: *WhatNext* [online]. 26.11.2020. Tryb dostępu: <https://whatnext.pl/skad-sie-wziela-woda-na-ksiezycu/>. Stan z dnia 27.03.2023
11. Księżyc. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Ksi%C4%99%C5%BCyc>. Stan z dnia 27.03.2023.
12. LACROSS. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia*. [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/LCROSS>. Stan z dnia 28.03.2023.
13. LIU Jianjun et al. Evidence of water on the lunar surface from Chang'E-5 in-situ spectra and returned samples. W: *Nature Communications* [online]. 14.07.2022. Tryb dostępu: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-30807-5>. Stan z dnia 27.03.2023
14. SALIK Magdalena. Woda na Księżycu pochodzi ze Słońca. To nie pomyłka, lecz fascynujące odkrycie uczonych z Chin. W: *National Geographic Polska* [online]. 10.03.2023. Tryb dostępu: <https://www.national-geographic.pl/artukul/woda-na-ksiezycu-pochodzi-ze-slonca-to-nie-pomyłka-lecz-fascynujace-odkrycie-uczonych-z-chin-230102013429>. Stan z dnia 28.03.2023.
15. SALIK Magdalena. Zaskakująca hipoteza: Księżyc od miliardów lat sekretnie podkrada wodę z Ziemi. W: *National Geographic Polska* [online]. 05.05.2022. Tryb dostępu: https://www.national-geographic.pl/artukul/zaskakujaca-hipoteza-ksiezyc-od-miliardow-lat-sekretnie-podkrada-wode-z-ziemi-2205050113267fbclid=IwAR0vyEQzgsY97T9xCl_WDxdQz-VUqFgXGWWpAbL-dQvApH0QKoCVdOBowfnE. Stan z dnia 28.03.2023.
16. Stratosferyczne Obserwatorium Astronomii Podczerwonej. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Stratosferyczne_Obserwatorium_Astronomii_Podczerwonej. Stan z dnia 28.03.2023.

Globalne ocieplenie – problem na skalę globu

Streszczenie

Powszechnie wiadomo, że działalność człowieka zmienia atmosferę w niespodziewany sposób, którego świat jeszcze nie widział. Ostatnie 7 lat były najgorętszymi latami w znanej nam historii. Faktem jest, że jeżeli ludzie nie zmienią podejścia do życia na Ziemi – za kilka lat niektóre rośliny mogą całkowicie zniknąć z powierzchni planety, coraz więcej terenów stanie się pustyniami, a lodowce polarne stopią się. Wielu naukowców szacuje, że za kilkadziesiąt lat życia na Ziemi może nie być wcale. Czym jest wzrost średniej temperatury Ziemi i dlaczego tak ważny temat jest bagatelizowany? Co można zrobić, aby ograniczyć efekty globalnego ocieplenia i przysłużyć się planecie?

Abstract

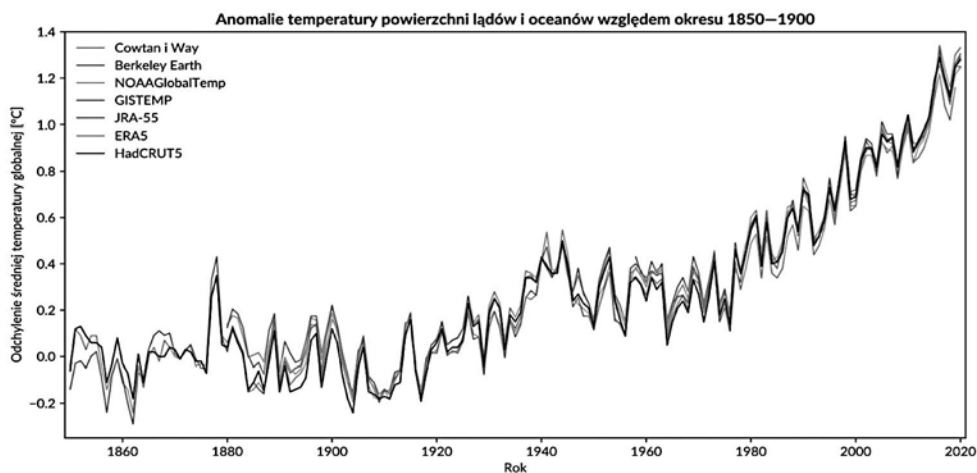
It is known that human activity unexpectedly changes the atmosphere, in a way the world hasn't seen yet. The last seven years were the hottest known to us in history. It is a fact that if people don't change their approach – within a few years some plants will completely disappear from the planet's surface, more and more lands will become deserts, and polar glaciers will melt. Scientists agree that there will be no life on Earth in a few years. What is an increase in the Earth's average temperature, and why do people belittle such an important matter? What can people do to limit global warming, and how can they contribute to the planet?

¹ Dominika Żwirek, III Liceum Ogólnokształcące im. Bohaterów Westerplatte w Gdańsku.

Co to jest globalne ocieplenie?

Już pod koniec XIX wieku naukowcy zaczęli rozważać kwestię możliwości zmiany klimatu przez człowieka na skutek emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Każda działalność człowieka zmienia atmosferę w zaskakujący sposób. Globalne ocieplenie jest niczym innym niż stale zwiększającą się średnią temperaturą powietrza na Ziemi. Świat nauki stale dostarcza ogrom informacji i przekazów dotyczących negatywnych skutków zwiększającej się średniej temperatury powietrza na świecie. Wiele publikacji naukowych, mediów społecznościowych i innych form przekazu (np. telewizja) nagłaśniają temat zmian klimatycznych, jednak to nie wystarcza. Z powodu dramatycznych, znanych nam już skutków, które będą podlegały wyłącznie pogłębieniu – akcje, które podejmują rządy, samorządy, czy chociażby inicjatywy oddolne w środowiskach lokalnych, to zdecydowanie za mało.

Globalne ocieplenie jest faktem i mimo że część społeczeństwa neguje wszelkie zmiany klimatyczne – co roku prowadzone są pomiary, dzięki którym dowiadujemy się, jak wzrosły średnie temperatury powietrza na Ziemi. Wykres widoczny poniżej pozwala zobrazować rosnące odchylenie średniej temperatury globalnej w stosunku do poszczególnych lat. Pomiary wykonywane były przez różne ośrodki środowiskowe.



Rys. 1. Anomalie temperatury powierzchni lądów i oceanów względem okresu 1850-2020 w szeregu analiz różnych ośrodków klimatologicznych

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Zmiany_%C5%9Bredniej_temperatury_globalnej.svg

Globalne ocieplenie a społeczeństwo

Na początku rozważań dotyczących globalnego ocieplenia i tego, co je powoduje, warto zrozumieć, że to głównie działalność człowieka, a w szczególności działalność przemysłowa, stale doprowadza do wzrostu średniej temperatury powietrza na Ziemi. Zostało to udowodnione przez Marka Lynasa, Benjamina Z. Houltona oraz Simona Perry'ego w ich badaniu [5], które miało na celu poddanie analizie ponad 88 tys. artykułów naukowych dotyczących zmiany klimatu. Wyniki publikacji naukowej nie były zaskoczeniem, a ostatecznym, klarownym potwierdzeniem dla całej ludzkości. *Rozważania o tym, czy ludzkość jest odpowiedzialna za zmianę klimatu, uznajemy za zamknięte. Musimy przyjąć do wiadomości fakt, że odpowiedź jest twierdząca. Nikt nie musi już spędzać swojego czasu na podobnym badaniu. Cała nasza energia musi skierować się na wypracowanie rozwiązań: jak mamy zamiar spowolnić i powstrzymać szkody, które wyrządziła ludzkość* – powiedział główny autor analizy, Mark Lynas.

Mechanizm globalnego ocieplenia jest już powszechnie rozumiany i wiadomo, kto odpowiada za omawiane zjawisko. Ludzie są świadomi tego, co zrobić, aby ograniczać i powstrzymywać emisję CO₂ do atmosfery, jednak dalej niewiele realnych działań jest podejmowanych. Udowodniono, że ludzie ze względu na charakterystykę genetyczną w specyficzny sposób postrzegają wszelkie zagrożenia i reagują dopiero na te, które bezpośrednio ich dotyczą. Jeżeli więc chodzi o globalne ocieplenie – Polacy nie odczuwają, że to nieszczęście dzieje się tu i teraz. Uważa się, że stale rosnący wzrost średniej temperatury Ziemi dotknie prędzej przyszłe pokolenia, niż obecnie żyjących, a nawet jeżeli miałyby dotknąć wspomnianych, to na początku odczuwają to mieszkańcy Afryki, Azji i państw wyspiarskich. Myśląc o globalnym ociepleniu, ludzi dotyka także paraliżujący strach, ponieważ powszechna jest świadomość, że wszelkie przewidywania naukowców dotyczące niezbyt kolorowej przyszłości planety są prawdziwe.

Można zauważyć, że z roku na rok zaniepokojenie stanem globu rośnie, jednak ankiety wykonywane przez wiele ośrodków i organizacji klimatologicznych wskazują, że mimo coraz większego zainteresowania planetą wiedza ludzi wcale się nie zmienia. Około 87 procent Polaków, którzy wzięli udział w ankiecie non-profitowego projektu „Ziemianie Atakują 2020” [7], określają swoją wiedzę z zakresu zmian środowiskowych jako „dużą” bądź „przeciętną”. Jednak przeprowadzenie krótkiego, dziesięciopunktowego testu o zmianach klimatycznych umożliwiło zaobserwowanie, że wiedza ankietowanych, mimo ich wcześniejszej deklaracji o „dużej” bądź „przeciętnej” wiedzy w tym zakresie – w rzeczywistości jest bardzo mała (20%), niska (43%) lub umiarkowana (20%).

W tym samym badaniu zapytano o największe wyzwania środowiskowe w oczach Polaków. Globalne ocieplenie i zmiany klimatu zaklasyfikowano na 7. miejscu, jeśli

chodzi o niepokojące zjawiska w środowisku naturalnym. W opinii autorki te alarmujące wyniki wynikają między innymi z tego, że z powodu geograficznego położenia Polski obserwowanie zjawisk globalnego ocieplenia i zmian klimatycznych jest utrudnione, ponieważ wszystkie te katastrofy dotyczą głównie państwa i wyspy Azji oraz Afryki.

Idąc dalej, należy zmierzyć się z faktem, że globalne ocieplenie zostało bardzo mocno upolitycznione. Dzieje się tak głównie dlatego, że przemysł paliw kopalnianych corocznie przeznaczają ogromne kwoty pieniężne na wspieranie kampanii politycznych. Wszelkie koligacje między przemysłem paliw kopalnianych a rządem powodują brak zainteresowania rządu sprawami związanymi z globalnym ociepleniem i niepożądanymi zmianami klimatycznymi.

„Walka” z globalnym ociepleniem

Jednostkom niezwykle trudno jest walczyć z tak szerokim i złożonym zjawiskiem jak globalne ocieplenie. W końcu co może zrobić jedna osoba czy dwie osoby? Powszechnie sądzi się, że niewiele. Tymczasem warto ograniczyć latanie samolotami lub wybierać loty bez przesiadek, bądź z jak najmniejszą ich liczbą, ponieważ lot z Gdańska do Sztokholmu i z powrotem emituje ok. 144 kg CO₂ na pasażera [6]. Podróż samolotem z Gdańska do Bostonu przez Warszawę i Nowy Jork powoduje emisję do atmosfery aż 440,6 kg CO₂ na pasażera. Fundamentalną kwestią jest także korzystanie z indywidualnego transportu drogowego, z czego należy jak najszybciej zrezygnować. „Samochody są odpowiedzialne za około 12% całkowitej emisji CO₂ w Unii Europejskiej” [3]. Aby ograniczyć ślad węglowy, warto więc postawić na bardziej ekologiczne rozwiązania, np. wybrać hybrydowy lub elektryczny samochód, korzystać z publicznej komunikacji miejskiej. Wbrew pozorom bardziej sensowne ekologicznie może na tę chwilę okazać się propagowanie zakupu samochodów hybrydowych, zużywających mniej paliwa, co nieodzownie powiązane jest ze zmniejszoną emisją CO₂. Niestety, koncepcja samochodów elektrycznych stanie się opłacalna środowiskowo dopiero w momencie produkcji przez ludzi energii elektrycznej w bardziej wydajny i ekologiczny sposób. Ograniczenie lub całkowite wykluczenie mięsa z diety jest kolejnym rozwiązaniem, które miałyby pozytywny wpływ na zmiany klimatyczne. Środowiskowy koszt spożywania produktów mięsnych jest bardzo wysoki. Hodowla bydła emituje do atmosfery około 18% wszystkich gazów cieplarnianych. Obecnie powstaje coraz więcej alternatyw dla produktów mięsnych, ale nawet zamienienie wołowiny i jagnięciny na drób i wieprzowinę może w znaczącym stopniu ograniczyć emisję CO₂ do atmosfery.

Bibliografia

1. ADAMCZYK Marcin. *Mity globalnego ocieplenia*. Warszawa: 3S Media Sp. z o.o., 2019. ISBN 978-83-61935-95-7.
2. BRANNEN Peter. *Końce świata. Niezwykłe opowieści o tym, jak wymarła nasza planeta*. Kraków: Wyd. Znak, 2022. ISBN 978-83-2406-42-7.
3. CO₂ emission performance standards for cars and vans. W: *European Commission* [online]. Tryb dostępu: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/co2-emission-performance-standards-cars-and-vans_en. Stan z dnia 04.01.2023.
4. GATES Bill. *Jak ocalić świat od katastrofy klimatycznej. Rozwiązania, które już mamy, zmiany jakich potrzebujemy*. Warszawa: Wydawnictwo Agora, 2021. ISBN 978-83-2684-12-00.
5. LYNAS Mark, HOULTON Benjamin Z., PERRY Simon. Greater than 99% consensus on human caused climate change in the peer-reviewed scientific literature. W: "Environmental Research Letters". 2021, vol. 16, nr 11. Tryb dostępu: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac2966>. Stan z dnia 30.03.2023.
7. State Action Plans and Assistance. W: *ICAO Environment* [online]. Tryb dostępu: https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ClimateChange_ActionPlan.aspx. Stan z dnia 04.01.2023.
8. Ziemia nie Atakuje 2020. W: *Ziemia nie Atakuje* [online]. Tryb dostępu: <https://ziemia nie atakuje.pl/>. Stan z dnia 04.01.2023

Słońce, Księżyc – spójrzmy w niebo
okiem naukowca lub artysty



Rozdział III

FIZYKA

Kazimierz Buda¹, Tomasz Gąsiorowski², Paweł Kociński³, Mikołaj Marek⁴,
Amelia Rogaczewska⁵, Jakub Walentukiewicz⁶

Różne rodzaje napędów raketowych i ich zastosowania w powrocie człowieka na Księżyc

Streszczenie

Aby dostać się na Księżyc, Marsa lub w dalsze rejony Wszechświata, największą trudnością do pokonania jest zawsze nasza Matka Ziemia i jej grawitacja. Rakiety to jak dotąd jedyne maszyny zdolne wynieść ładunki na odpowiednią wysokość. Sposoby ich napędu mogą być różne, mniej lub bardziej skomplikowane. Niektóre z nich są na razie mrzonkami przyszłości, niektóre zaś używane są dziś przez państwa i korporacje, a jeszcze inne możemy zbudować sami. Ta praca porusza tematykę *stricte* różnego rodzaju napędów raketowych, ich zalet, wad oraz sposobów eksploatacji podczas misji księżycowej.

Silniki z napędem elektrycznym

Charakterystycznymi cechami silników napędzanych elektrycznie jest wysoki impuls właściwy oraz niska siła ciągu. Silniki te wykorzystują zjawiska elektromagnetyczne i termodynamiczne do wyrzucania cząstek paliwa z bardzo dużą prędkością, dzięki czemu, w porównaniu z silnikami innych typów, zmniejsza się ilość paliwa potrzebnego do przeprowadzenia operacji. Silniki z napędem elektrycznym dzielimy na grupy wedle wykorzystanych zjawisk.

¹ Kazimierz Buda, V Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Gdańsku.

² Tomasz Gąsiorowski, V Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Gdańsku.

³ Paweł Kociński, V Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Gdańsku.

⁴ Mikołaj Marek, V Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Gdańsku.

⁵ Amelia Rogaczewska, V Liceum Ogólnokształcące im. Stefan Żeromskiego w Gdańsku.

⁶ Jakub Walentukiewicz, V Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego w Gdańsku.

Silniki *Resistojet* oraz *Arcjet* to silniki elektrotermiczne podgrzewające paliwo odpowiednio za pomocą rezystorów (pierwsze) i łuku elektrycznego (drugie). Najczęściej jako paliwo w tych konstrukcjach wykorzystuje się hydrazynę (N_2H_4). Uzyskanie odpowiedniej prędkości gazów wylotowych otrzymuje się poprzez zwiększenie ciśnienia w komorze przez podgrzanie. Ogranicza to prędkość wylotową gazów do niewielkiej wartości, a co za tym idzie, impuls właściwy też jest stosunkowo niski (poniżej 500 s w *Resistojet* oraz poniżej 700 s w *Arcjet*). Silniki tego typu w locie na Księżyc mogą zastąpić tradycyjne silniki zimnego gazu i służyć do drobnych korekcji orbity, czy przy dokowaniu.

Silniki jonowe za pomocą generatorów plazmy jonizują paliwo, zazwyczaj ksenon (Xe), a następnie rozpędzają jony dzięki wysokiej różnicy potencjałów (powyżej 10 kV) do olbrzymich prędkości. Charakteryzują się wysokim impulsem właściwym (2000–10 000 s) oraz wysoką sprawnością (od 60% do powyżej 80%).

Silniki Halla wykorzystują efekt Halla do generowania plazmy, a następnie różnicę potencjałów do nadania jonom prędkości. Mają z reguły mniejszy impuls właściwy od silników jonowych, ale większy ciąg. W dodatku są mniej złożone i potrzebują mniejszej mocy do operowania, co w misji księżycowej jest dużym plusem obniżającym koszty budowy silników oraz zmniejszającym zapotrzebowanie na energię elektryczną. W misjach załogowych potencjał silników Halla i jonowych jest znikomy. Jednak w ekspedycjach bezzałogowych lub gdy wymagane jest utrzymanie statku nad powierzchnią Księżyca przez długi czas, mogą być doskonałym rozwiązaniem.

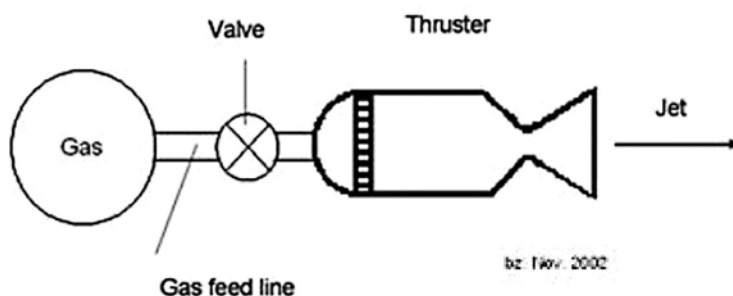
Silniki magnetoplazmodynamiczne za pomocą silnego łuku napięcia jonizują większość paliwa. Następnie za pomocą siły elektromagnetycznej nadają im prędkość. Aby wygenerować wysoki impuls właściwy i ciąg, operują na bardzo wysokiej mocy. Podkreślić należy, że ten rodzaj silnika elektrycznego spełnia kryteria napędu przyszłości o bardzo wysokim impulsie właściwym oraz ciągu umożliwiającym szybkie przemieszczenie statku na orbitę Księżyca. Ze względu na swoje cechy silniki elektryczne najprawdopodobniej będą wykorzystywane do korekty orbit w lotach księżycowych. Mały ciąg umożliwiający precyzyjne manewry oraz bardzo małe zapotrzebowanie na paliwo to główne cechy predestynujące je do tej roli. Dodatkowo, w silnikach z napędem elektrycznym zauważyć można przyszły potencjał wytwarzania ciągu, wyższy nawet od tego wytwarzanego przez maszyny chemiczne. Zalety te otwierają ludzkości możliwość wykorzystania silników z napędem elektrycznym jako głównych napędów w lotach na orbitę Księżyca.

Silniki z napędem fizycznym

Wśród silników raketowych napędzanych fizycznie możemy wyróżnić 2 podtypy: te napędzane wodą oraz napędzane zimnym gazem. Silniki napędzane wodą działają na podstawie trzeciej zasady dynamiki Newtona. Woda przechowywana w zbiorni-

kach rakiety jest wyrzeliwana z wykorzystaniem zjawiska różnicy ciśnień powietrza w rakiecie i na zewnątrz. Do tej pory żadna rakietka napędzana wodą nie została wyrzuciona w kosmos, co spowodowane jest słabymi osiągnięciami tego typu rakiet. Zbiornik na paliwo w tej rakiecie stanowi średnio 40% objętości całej rakiety, co jest bardzo nieefektywne. Rekord świata w wysokości osiągniętej przez raketę wodną należy do grupy studentów z University of Cape Town i wynosi 830 m n.p.m. Jak widać, nie jest to silnik, który potencjalnie może pomóc wrócić człowiekowi na Księżyc.

Inaczej sprawa wygląda, jeżeli chodzi o silniki napędzane zimnym gazem. Są to jedne z najprostszych i najtańszych silników raketowych, jakie można zbudować. Uproszczony schemat silnika zaprezentowano na rys. 1. Ten prosty silnik działa na zasadzie wyrzucania dużej ilości gazu, najczęściej azotu, przy pomocy wysokiego ciśnienia. Dodatkowo cechuje się tym, że przez długi czas może działać w przestrzeni kosmicznej w trybie impulsowym. Jednak w związku z małym ciągiem jaki może osiągnąć, rakietka z tym napędem póki co nie jest w stanie opuścić pola grawitacyjnego Ziemi i pokonać drogi na Księżyc. Jednak nie oznacza to, że silniki te są bezużyteczne. Obecnie używa się ich w systemach kontroli pozycji w małych satelitach oraz w skafandrach dla astronautów.



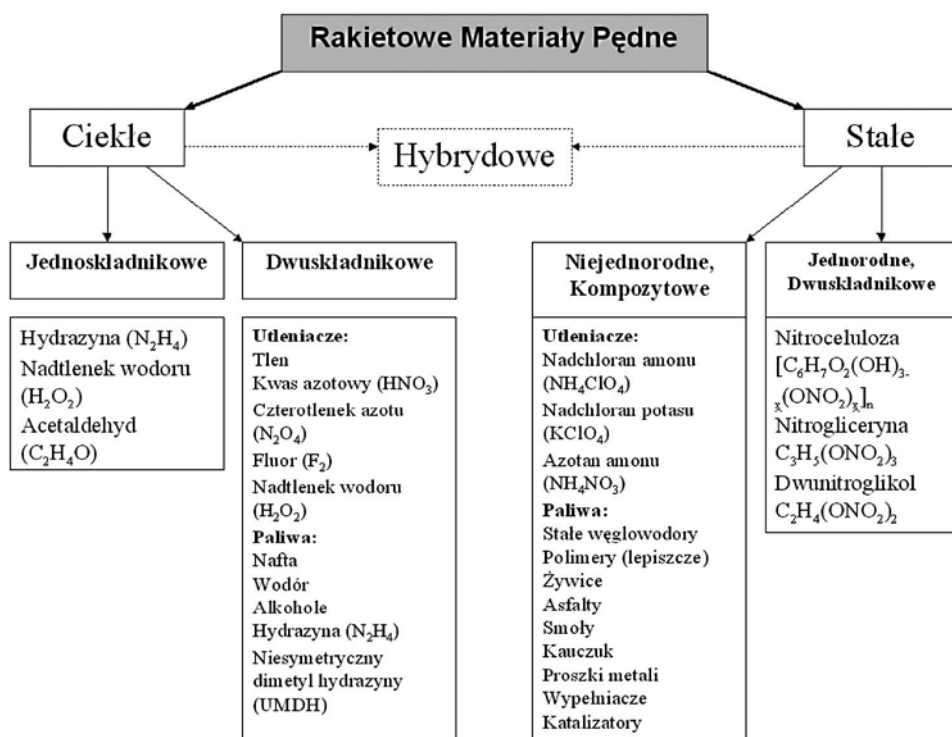
Rys. 1. Schemat budowy silnika na zimny gaz

Źródło: https://cdn.intechopen.com/pdfs/37528/InTech-Cold_gas_propulsion_system_an_ideal_choice_for_remote_sensing_small_satellites.pdf.

Podsumowując, należy stwierdzić, że silniki napędzane fizycznie nie są w stanie pomóc wrócić człowiekowi na Księżyc. Jednak silników napędzanych zimnym gazem nie należy definitywnie odrzucać, ponieważ są bardzo przydatne przy eksploatacji satelitów i w skafandrach dla astronautów.

Silniki z napędem chemicznym

Silniki z napędem chemicznym stanowią zdecydowaną większość wszystkich dostępnych na rynku napędów raketowych. Ich działanie polega na ogrzewaniu gazów powstających podczas reakcji paliwa (ciekły nitrometan, hydrazyna) z utleniaczem, którym jest tetroksen azotu (N_2O_4) w komorze pod wysokim ciśnieniem. W procesie tym zwiększa się objętość paliw i generuje się ciąg. Jednym ze sposobów opisanego zjawiska jest wykorzystanie równania gazów rzeczywistych Van der Waalsa, w którym pod uwagę bierze się wzajemne oddziaływanie cząsteczek na siebie. Temperatura, do jakiej ogrzewane są produkty, wynosi od 2 500°C do 4 100°C, czyli powyżej temperatury topnienia metali często stosowanych do budowy rakiet takich jak na przykład stal. W związku z tym przy wykorzystywaniu silników z napędem chemicznym wymagana jest bezwzględna i bardzo dokładna izolacja miejsc, w których zachodzi reakcja chemiczna i przez które w jej wyniku przemieszcza się rozgrzany gaz.



Rys. 2. Podział napędów chemicznych na grupy

Źródło: opracowanie własne

Silniki z napędem chemicznym należą do najliczniejszej grupy, z której obecnie korzystamy. Szeroki katalog rodzajowy tych silników zaprezentowano w Internecie na stronie <https://spacex.com.pl>.

Materiały pędne wykorzystywane w silnikach z napędem chemicznym dzielą się na grupy zaprezentowane na rys. 2. Silniki na ciekłe propelenty bazują na systemie, w którym paliwo doprowadzane jest do komory spalania, gdzie wtłaczany jest gaz pod wysokim ciśnieniem, który może zostać wygenerowany poprzez parowanie paliwa. W komorze miesza się on także z utleniaczem, by potem zostać wytłoczony przez dyszę silnika, którego moc zależy od prędkości przepływu gazu.

Ograniczeniem tego typu napędu jest to, że nie jest on w stanie wygenerować dużej siły ciągu. Poza tym ściany silnika oraz zbiorników paliwowych muszą być wystarczająco trwałe, by wytrzymać wysokie ciśnienie, któremu są poddawane. Większość silników, by zwiększyć szybkość przepływu gazu przez dyszę, używa turbopomp do doprowadzania paliwa do komory spalania. Gazy powstające podczas reakcji w komorze spalania osiągają wysokie temperatury, więc dodatkowe chłodzenie silnika musi być wzięte pod uwagę przy jego budowie, aby nadmierne ciepło nie uszkodziło mechanizmu lub dyszy. Istotne jest też umożliwienie swobodnego i bezpiecznego zapłonu rozpoczynającego reakcję w silniku.

Stałe paliwa raketowe dzielą się na dwie najważniejsze grupy: niejednorodne i jednorodne. Mechanizm działania silników z takim typem napędu jest podobny do tych z napędem ciekłym – w komorze spalania powstaje gaz, który potem jest wtłaczany przez dyszę. Paliwa stałe różnią się jednak pod względem formy, w jakiej są spalane. Stałe propelenty w komorze spalania występują w postaci „ziarna”. Zawiera ono w sobie paliwo oraz utleniacz taki jak np. nadchloran amonu, zmieszane w odpowiednich proporcjach.

Mimo tego, że prędkość wylotu spalin wynosi do 2 700 m/s, to ten rodzaj napędu jest w większości przypadków niedrogi oraz bezpieczny, jak na standardy napędów raketowych. „Ziarno” ma dużą trwałość chemiczną, odporność mechaniczną, niską toksyczność, wysokie ciepło spalania, względnie małe masy molowe materiałów oraz niewielką podatność na detonację. Paliwa jednorodne również są paliwami stałymi, jednakże z powodu ich głównie militarnego zastosowania nie będą omawiane w tej pracy.

Gas-Gas rocket to kolejny rodzaj w jednej z podgrup silników napędzanych chemicznie. Jego działanie jest podobne do poprzednio zaprezentowanych napędów, należących do tej samej rodziny. Polega ono na mieszanii dwóch gazów, które następnie pod wpływem temperatury zwiększają swoją objętość oraz ciśnienie w komorze. Ten typ napędu został wykorzystany przez firmę SpaceX. W rakiecie *Starship* (HLS) zmieszany został tlen i metan. Zaletą takiego typu napędu jest jego mała masa molowa. Wykorzystanie go w napędzie raketowym znacznie zmniejsza oddziaływanie

smugi odrzutu na pylistą powierzchnię miejsca, w którym rakieta będzie lądowała. Zapobiega to zbyt dużej ilości pyłu dostającego się do wnętrza silnika, a tym samym minimalizuje prawdopodobieństwo jego uszkodzenia. Napęd w takiej formie ma jednak mniejszą wydajność w porównaniu do paliw płynnych oraz stałych.

Sposób działania rakiet zwanych *Tripellant rockets* dzieli się na dwa typy: spalanie jednoczesne i spalanie sekwencyjne. W spalaniu jednoczesnym do komory spalania doprowadzane jest paliwo, substancja utleniająca oraz energetycznie gęsty (wydzielający dużo energii podczas rozkładu) metal taki jak lit (Li) lub beryl (Be). Podczas spalania paliwa ciepło wydzielone działa jak katalizator przyspieszający reakcję z metalami, które podczas reakcji wydzielają jeszcze więcej energii potrzebnej do zasilenia rakiety. Zaletą tego typu napędu jest wysoki impuls właściwy (wytwarzane jest dużo energii przy małej utracie masy paliwa). Wadami jest przede wszystkim skomplikowany mechanizm doprowadzania metali do komory spalania oraz duże ciepło, co sprawia, iż trzeba wziąć pod uwagę użycie materiałów, które nie ulegną zniszczeniu lub zniekształceniu pod wpływem działania tak ogromnych temperatur. W spalaniu sekwencyjnym najczęściej używany jest wodór (często nazywany „paliwem bezemisyjnym”, gdyż przy jego użyciu nie powstają trujące związki, które mogłyby szkodzić środowisku), utleniacz oraz nafta.

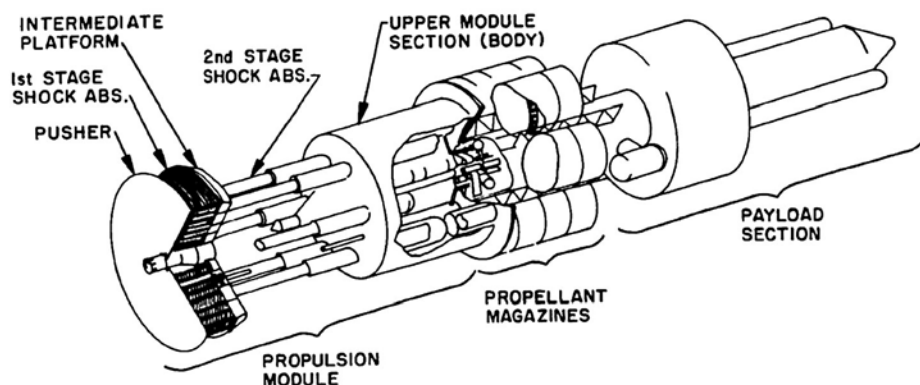
Spalanie nafty sprawdza się dobrze na niższych wysokościach, gdyż ma ona większą masę molową od wodoru, przechowywanego najczęściej w stanie ciekłym lub zbliżonym do ciekłego, tak by jego objętość w zbiorniku pozwalała na najwydajniejsze jego użycie. Zaletami tego typu napędu jest to, iż pomimo wielostopniowości zachodzące reakcje chemiczne zamknięte są w jednym silniku. Rozwiązanie takie umożliwia również większą kontrolę nad tym, jakiego typu paliwo zostanie użyte i w jakiej kolejności. Dużą wadę stanowi przechowywanie wodoru, który jako gaz jest mocno podatny na zmianę temperatury. Do tego trzeba też przewidzieć sposób przechowywania cięższej nafty. Taki system napędu wymaga skomplikowanej instalacji pomp i nie został jeszcze użyty w żadnej misji kosmicznej.

Silniki z napędem jądrowym

Historia silników jądrowych sięga lat czterdziestych i pięćdziesiątych XX wieku. W roku 1946 firmy: North American Aviation i Douglas Aircraft Company przedstawiły raport dotyczący pierwszych koncepcji wykorzystania silnika atomowego, a w roku 1958 powstał projekt Orion, zakładający wykorzystanie impulsowego napędu jądrowego w międzygwiazdowym statku kosmicznym. Ze względu na napęd silniki atomowe można podzielić na dwie główne grupy: silniki z impulsowym napędem jądrowym i silniki z termicznym napędem jądrowym.

Silniki z impulsowym napędem jądrowym

Jądrowy napęd impulsowy działa na zasadzie wystrzeliwania bomb nuklearnych poza statek, za metalową płytę zwaną popychaczem. Następnie bomba jest detonowana, a popychacz pochłania energię, napędzając raketę. Schemat budowy silnika zaprezentowano na rys. 3. Rakieta z tym napędem może teoretycznie rozpędzić się do 10% prędkości światła i dotrzeć do Alpha Centauri w okresie od 100 do 200 lat. Silniki takie nie są jednak pozbawione wad. Podstawową jest zużycie popychacza, który musiałby być często i regularnie wymieniany lub naprawiany. Drugim problemem jest osłona załogi przed promieniowaniem gamma i neutronowym, powstającym w wyniku wybuchu bomby. Obecnie nie ma możliwości przetestowania tego typu silników lub stworzenia działającego prototypu, gdyż doprowadziłyby to do skażenia i zanieczyszczenia radiologicznego Ziemi.



Rys. 3. Schemat budowy silnika z impulsowym napędem jądrowym

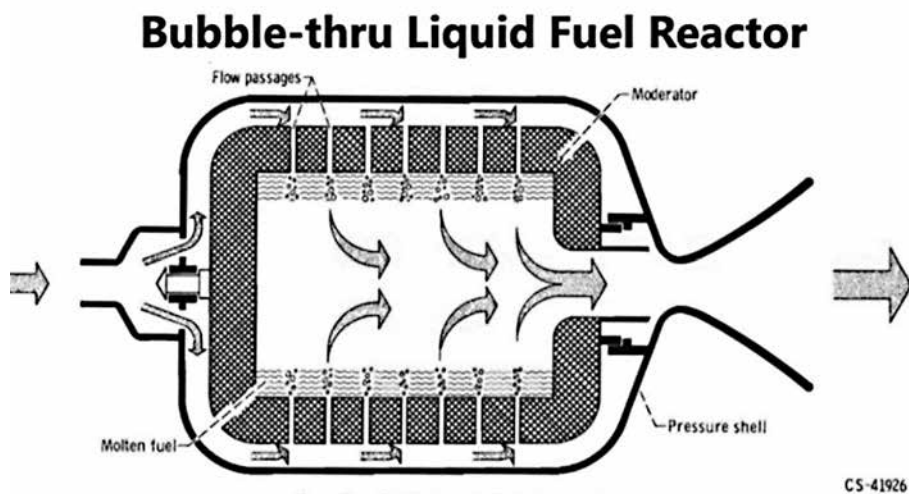
Źródło: <http://large.stanford.edu/courses/2021/ph241/chen1/>

Nuklearny ciepły silnik raketowy

Silnik ten działa na zasadzie podgrzewania wodoru do bardzo wysokich temperatur bez wywołania reakcji spalania. Wodór wciągany jest przez porowate kanały do obracającego się płynnego uranowego rdzenia. Następnie, pod wpływem temperatury, gwałtownie się rozszerza i, wylatując z dyszy, zapewnia ciąg. Schemat budowy silnika zaprezentowano na rys. 4. Zewnętrzne jądrowe źródło ciepła teoretycznie umożliwia wyższą efektywną prędkość wylotową gazów. Zakłada się, że w ten sposób można podwoić lub potroić pojemność w porównaniu z chemicznymi paliwami pędnymi, które wewnętrznie magazynują energię.

Główną zaletą tego typu napędu są bardzo wysokie osiągi w porównaniu z konwencjonalnymi silnikami na paliwo ciekłe spalające wodór i tlen. Gaz pędny ma znacznie większą energię niż cząsteczki paliwa, więc wyleci z dyszy szybciej, zapewniając pojazdowi wysokie i stałe przyspieszenie na długi czas. Wydajność tego silnika powoduje, że statki z takim napędem nie muszą poruszać się po trajektorii o najniższej energii, ale mogą lecieć bezpośrednio do celu. Pozwoli to znacznie skrócić podróż na Księżyc, Marsa, ale też na inne obiekty Układu Słonecznego. W przypadku tego rodzaju silników głównym problemem jest zaprojektowanie materiału zdolnego wytrzymać kontakt ze stopionym paliwem uranowym.

Prace nad eksperymentalną wersją tego silnika trwają. Prowadzone są badania obejmujące wykorzystanie go w przyszłych, zarówno bezzałogowych, jak i załogowych misjach kosmicznych. Chociaż zbudowano i przetestowano ponad dziesięć reaktorów jądrowych o różnej mocy, do 2021 r. nie latała żadna jądrowa rakieta termalna.



Rys. 4 Schemat budowy nuklearnego ciepłego silnika raketowego

Źródło: <https://www.uah.edu/news/news/bubble-through-nuclear-engine-might-be-a-future-nasa-workhorse>

Silniki nuklearne mają ogromny potencjał, który jako ludzkość dopiero odkrywamy. Z racji stosunkowo niskiego ciągu w porównaniu do silników konwencjonalnych, znajdują zastosowanie dopiero na orbicie oraz w podróży międzyplanetarnych (pod warunkiem, że nie będą generować zanieczyszczeń Ziemi), skracając zdecydowanie czas potrzebny do przebycia danej odległości.

Silniki z napędem termicznym

Napęd termiczny to silnik rakiety wykorzystujący paliwo, które jest podgrzewane zewnętrznie przed przejściem przez dyszę w celu wytworzenia ciągu. Teoretycznie, w zależności od użytego paliwa i specyfikacji projektu, rakiety termiczne mogą dawać wysokie osiągi. Zagadnieniu dotyczącemu różnych typów silników termicznych poświęcono wiele badań. Jednak poza prostym sterem strumieniowym na zimny gaz i raketą parową, żadne z rozwiązań nie przeszło etapu testów.

Rodzaje raket termicznych:

1. Rakiet parowa
2. Słoneczna rakiet termiczna
3. Laserowa rakiet termiczna
4. Mikrofalowa rakiet termiczna

Rakiet parowa to rakiet termiczna, która wykorzystuje wodę utrzymywaną w naczyniu ciśnieniowym o wysokiej temperaturze tak, że ciśnienie pary nasyconej jest znacznie wyższe niż ciśnienie otoczenia. Woda może ulatniać się jako para przez dyszę rakiety, aby wytworzyć ciąg. Rakiety parowe mogą w przyszłości posłużyć nam w podróżach międzyplanetarnych. Pomimo niskiej wydajności, wysokie frakcje masowe są łatwe do osiągnięcia. Woda również powinna być łatwo dostępna, np. przez oczyszczanie złóż lodu wokół Układu Słonecznego.

Słoneczna rakiet termiczna

Jest to teoretyczny układ napędowy statku kosmicznego, który wykorzystywałby energię słoneczną do bezpośredniego podgrzewania masy reakcyjnej, a zatem nie wymagałby generatora elektrycznego, jak rozwiązane jest to w większości innych form napędów raketowych. Rakiet musiałaby jedynie przewozić środki do przechwytywania energii słonecznej, takie jak koncentratory i lustra. Ogrzany materiał napędowy byłby podawany przez konwencjonalną dyszę raketową w celu wytworzenia ciągu. Ciąg silnika byłby bezpośrednio związany z powierzchnią kolektora słonecznego i lokalnym natężeniem promieniowania słonecznego. Zaletą rozwiązania jest to, iż słoneczny napęd cieplny zapewnia długotrwałość, niskie koszty i wydajniejsze wykorzystanie Słońca. Słoneczny napęd cieplny jest również dobrym kandydatem do zastosowania w holownikach międzyorbitalnych wielokrotnego użytku, ponieważ jest to wysokowydajny system o niskim ciągu, który można stosunkowo łatwo zatankować.

Podsumowanie

Wszystkie silniki przedstawione powyżej mają swoje określone zastosowanie, wady i zalety, które zostały zaprezentowane. Praca miała przybliżyć czytelnikowi główne cechy charakterystyczne różnego rodzaju napędów raketowych dostępnych obecnie na rynku oraz projekty rozwiązań dających nadzieję na stworzenie „paliwa idealnego”, pozwalającego w najbliższym czasie przeprowadzić lot na Księżyc.

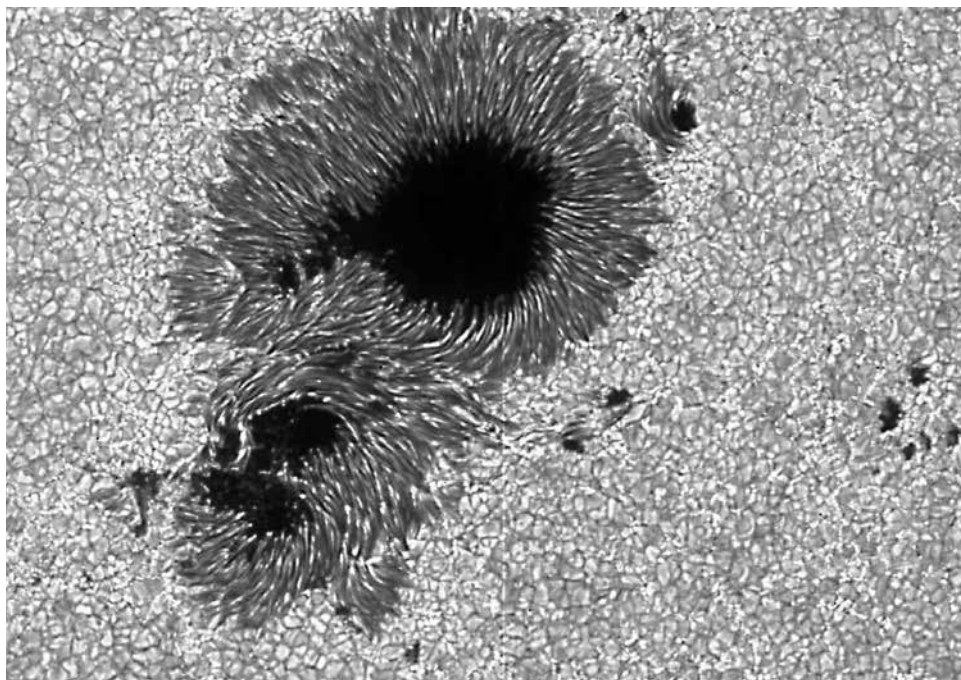
Bibliografia

1. ANIS Assad. Cold Gas Propulsion System –An Ideal Choice for Remote Sensing Small Satellites. W: *Remote Sensing Advanced Techniques and Platforms*. Londyn: Intechopen, 2012, s. 447-462. ISBN 978-953-51-0652-4. Tryb dostępu: <https://www.intechopen.com/chapters/37528>. Stan z dnia. 26.01.2023.
2. CARDIN Joseph M., ACOSTA Jesus. Desing andTest of an Ekonomical Cold Gas Propulsion System. W: *Small Satellite Conference*. [online]. 2000. Tryb dostępu: <https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2000/All2000/74/>. Stan z dnia 26.01.2023.
3. CHEN Tony. Project Orion. W: *Introduction to Nuclear Energy* [online]. 2021. Tryb dostępu: <http://large.stanford.edu/courses/2021/ph241/>. Stan z dnia 26.01.2023.
4. COSTA Fernando S., Fischer Gustavo A. A. Propulsion and Thermodynamic Parametres of van der Waals Gases in Rocket Nozzles. „International Jurnal of Aerospace Engineering”. [online]. 2019. Tryb dostępu: <https://www.hindawi.com/journals/ijae/2019/3139204/>. Stan z dnia 26.01.2023.
5. Flight of a Water Rocket. W: BENSON T. (red). *National Aeronautics and Space Administration* [online]. Tryb dostępu: <https://webarchive.library.unt.edu/eot2008/20080917134822/http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/rocket/rktbflight.html>. Stan z dnia 26.01.2023.
6. GOEBEL John, GOEBEL Dan M., KATZ Ira. *Fundamentals of electric propulsion : Ion and Hall Thrusters*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. ISBN 978-04-704-2927-3.
7. JONES Kenneth M. Development of CFD model for augmented core tripropellant rocket engine. W: *NASA/ASEE Summer faculty fellowship program* [online]. 1994. Tryb dostępu: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19950012573>. Stan z dnia 26.01.2023.
8. STEELE Jim. Bubble-through' nuclear engine might be a future NASA workhorse. W: *The University of Alabama in Huntsville. News* [online]. 08.03.2022. Tryb dostępu: <https://www.uah.edu/news/news/bubble-through-nuclear-engine-might-be-a-future-nasa-workhorse>. Stan z dnia: 26.01.2023.
9. SUTTON George P., BIBLARZ Oscar. *Rocket propulsion elements*.Hoboken, New Jersey: John Wiley&Sons, 2017. ISBN 978-11-187-5388-0.
10. TURNER Martin J.L. *Rocket and spacecraft propulsion. Principles, practices and new developments*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009. ISBN 978-66-118-7161-1.
11. Water Rockets. W: BENSON T. (red.). *National Aeronautics and Space Administration* [online]. Tryb dostępu: <https://cybercemetery.unt.edu/archive/oilspill/20130227033211/http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/rocket/rktbot.html>. Stan z dnia 26.01.2023.

Plamy słoneczne nie tylko na zdjęciach

Plamy słoneczne

Plamy słoneczne to struktury na powierzchni Słońca przybierające kształt kolistej. Obszary te mają niższą temperaturę od otaczającej je plazmy o około 1,3 tys. °C. W niektórych fazach rozwoju plam można dostrzec obszary ciemniejsze (umbrę), a także obszary jaśniejsze (penumbrę).



Rys. 1. Umbra i penumbra ukazane na powierzchni Słońca

Źródło: https://www.nasa.gov/mission_pages/hinode/solar_022.html

¹ Szymon Drywa, I Liceum Ogólnokształcące im. Hieronima Derdowskiego w Kartuzach.

Aktywność słoneczna

Aktywność słoneczna jest zjawiskiem cyklicznym, jego okresowość wynosi około 11,2 roku. W ciągu takiego cyklu Słońce przechodzi z niewielkiej aktywności, zwanej minimum słonecznym, do dużej aktywności, zwanej maksimum aktywności. Podczas maksimum słonecznego na gwieździe zachodzą interesujące zjawiska, takie jak:

- erupcje słoneczne;
- koronalne wyrzuty materii;
- większa intensywność występowania plam słonecznych.

Plamy słoneczne a pole magnetyczne

Amerykański astronom C.A. Young zauważył, że niektóre linie fal widmowych plam ulegają rozdzieleniu lub nawet rozszczepieniu. Dopiero 16 lat później G.E. Hale zasugerował, że powodem rozszczepienia linii widmowych fal elektromagnetycznych jest pole magnetyczne plam. Następnie P. Zeeman odkrył, że niektóre linie fal widmowych rozszczepiają się w polu magnetycznym (obecnie nazywa się to efektem Zeemana). Dzięki tym odkryciom wiadomo, że natężenie pola magnetycznego w plamach słonecznych jest nawet kilkaset razy większe, niż na obszarach pozbawionych plam. Plamy słoneczne najczęściej pojawiają się w parach, które są dwubiegunowe. W wyniku zmiany biegunowości plam z północnej na południową i odwrotnie, cykl zmienności magnetycznej jest dwa razy dłuższy od cyklu słonecznego i trwa 22 lata. Plamy słoneczne są doskonałym narzędziem do pomiaru aktywności słonecznej. Dzięki nim można opisać zmiany fotosfery oraz korony słonecznej na przestrzeni miesięcy, lat, dekad, a nawet setek lat (badanie przyrostów słoików drewna). W wyniku obserwacji rodzimej gwiazdy, jesteśmy w stanie przeprowadzać różnorakie badania i doświadczenia.

Dzięki tym obserwacjom można opracować procedury ochrony np. satelitów okrążających Ziemię i Słońce, gdyż podczas maksimum słonecznego satelity są narażone na tak zwane burze słoneczne, które je uszkadzają. Burze słoneczne wpływają także na magnetosferę Ziemi, w wyniku czego powstają burze geomagnetyczne.

Jedna z takich obserwacji związanych z aktywnością słoneczną i plamami na powierzchni Słońca zostanie przedstawiona w niniejszym artykule.

Badanie aktywności słonecznej

Celem doświadczenia jest ukazanie zmian aktywności słonecznej na podstawie zjawisk zachodzących w fotosferze Słońca.

Obserwacja

Obserwacje zostały wykonane w okresie 6 miesięcy od marca do sierpnia 2022 r. za pomocą teleskopu słonecznego LUNT LS60T H zintegrowanego z teleskopem Sky-Watcher (apr. 10cal) na montażu paralaktycznym. Rejestratorem obrazu była kamera Atik 460EX Color.

Jeśli nie było pochmurno, wykonywane były zdjęcia tarczy słonecznej, wykorzystywane później do obliczeń. Obserwacje były prowadzone w oparciu o sprzęt do obserwacji astronomicznych, zamontowany w kopule obserwacyjnej I Liceum Ogólnokształcącego w Kartuzach. Obserwacja była możliwa zdalnie w czasie dni wolnych od nauki w szkole za pomocą programu TeamViewer oraz panelu sterującego kopułą i sprzężonym z nim teleskopem.

Na rysunku 2 przedstawiono zdjęcie teleskopu użytego do przeprowadzenia pomiarów.



Rys. 2. Teleskop

Źródło: opracowanie własne

Miarą aktywności słonecznej jest liczba Wolfa, wprowadzona około 1850 r. przez R. Wolfa, która określa ilość plam słonecznych, a także grup plam. Interpretuje się ją jako astronomiczny wskaźnik aktywności słonecznej, obliczany na podstawie zliczeń plam i ich grup na tarczy Słońca wg wzoru:

$$R = k(10 \cdot g + p),$$

gdzie:

R – liczba Wolfa (średnia aktywność słoneczna)

k – statystyczny współczynnik korygujący (dzięki korekcie można uwzględniać warunki atmosferyczne, a także rodzaj teleskopu)

g – widzialna liczba grup plam, czyli obszary plam słonecznych

p – widzialna liczba ognisk plam (pojedyncze ogniska i pory)

Podczas przeprowadzania doświadczenia przyjęto współczynnik korekcyjny $k = 1$. Jest to wartość sugerowana przy prowadzeniu obserwacji za pomocą wspólnego sprzętu.

Do katalogowania grup plam użyto klasyfikacji z Zurychu:

Tab. 1. Klasyfikacja grup plam słonecznych

Typ	Opis	Ewolucja
A	Jednobiegunowe. Por lub mała grupa porów bez półcienia.	Pojedynczy por lub więcej porów pojawiających się bardzo blisko siebie, w dowolnym miejscu na powierzchni Słońca między 5° a 40° szerokości heliograficznej.
B	Dwubiegunowe. Większa grupa porów bez półcienia, zwykle rozciągnięta na kierunku wschód-zachód.	Jeden lub więcej porów pojawia się na wschód lub zachód od poprzedniej grupy (układ dwubiegunowy). Liczba porów wzrasta w rejonie miejsca, gdzie pojawił się pierwszy i drugi por.
C	Dwubiegunowe. Plama z półcieniem i z grupą porów.	Niektóre z porów na krańcach grupy inicjują powstanie półcienia. Najbardziej na zachód położony por często staje się plamą (plamą główną).
D	Dwubiegunowe. Dwie lub więcej plam z porami pomiędzy nimi. Rozpiętość grupy to mniej niż 10° heliograficznych.	Jedna lub więcej plam powstaje na krańcu przeciwnym do tego, na którym powstała pierwsza. Pomiędzy plamami powstają nowe pory; pory mogą powstawać także w obrębie plam.
E	Dwubiegunowe. Grupy plam i pośrednich porów. Rozpiętość grupy między 10° a 15° heliograficznych.	W strefie pośredniej tworzą się plamy, a rozpiętość grupy rośnie. Na krańcach grupy mogą powstawać nowe plamy. Rozpiętość przynajmniej 10°. Na tej samej szerokości, lecz na przeciwnej półkuli może pojawić się nowy układ.

F	Dwubiegunowe. Grupa plam i pośrednich porów. Plamy rozległe i złożone. Rozpiętość grupy przekracza 15° heliograficznych.	Grupa nadal rozrasta się w sposób nieregularny. Pojawiają się projekcje porów i jasne mostki. Plamy są nieregularne i gwałtownie zmieniają kształty. Dwubiegunowość zanika i pojawia się wielobiegunowość. To punkt szczytowy rozwoju. Rozpiętość grupy wynosi przynajmniej 15°.
G	Dwubiegunowe. Rozkład grupy – plamy krańcowe bez porów pośrednich. Rozpiętość grupy poniżej 10° heliograficznych.	Zaczyna się rozkład grupy. Znikają pory i plamy pośrednie, plamy krańcowe zaokrąglają się i powraca dwubiegunowość. Rozpiętość grupy około 10°.
H	Jednobiegunowe. Plama z półcieniem o rozpiętości ponad 2,5° heliograficznych.	Znikają pory i plamy na jednym z krańców, zanika dwubiegunowość; pozostaje jedna lub więcej plam z porami lub bez, skupionych w jednym miejscu. Rozpiętość grupy ponad 2,5°.
J	Jednobiegunowe. Plama z półcieniem o rozpiętości poniżej 2,5° heliograficznych.	Jedna lub dwie plamy, zwykle bez porów w pobliżu, o rozpiętości poniżej 2,5°.

Źródło: <http://hep.fuw.edu.pl/u/zarnicki/gloria/web/experiments/wolf/solar-activity-pl.pdf>

Tab. 2. Urywek skatalogowanych grup plam słonecznych

Miesiąc	marzec									
Dzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Typ	C	C	A	E	B	C	C	E	E	E
	C	C	D	A	E	E	E	B	B	A
	A	A	B	A	A	B	B	D	C	B
	H	H	H	D	A	A	B	B	B	E
	H	H	H	C	D	D	C	C	B	C
				H	B	A	B	H	H	H
				H	B	B		B		

Źródło: opracowanie własne

Tab. 3. Urywek skatalogowanych grup plam słonecznych

Miesiąc	sierpień										
Dzień	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Typ	D	J	H	C	A	D	D	A	D	D	D
	J	D	D	H	A	J	J	D	C	C	J
	A	J	D	D	D	C	C	A	H		
	A	J		D	H	D	D	C			
	A	H		D	C	H	H	E			
	H			J	D			H			
					D						

Źródło: opracowanie własne

Tabela 1 i Tabela 2 przedstawiają dane ukazujące klasyfikację poszczególnych grup do typów plam. Po określeniu typów plam należy je zliczyć, a także podać liczbę wszystkich widzialnych ognisk plam, co przedstawia Tabela 4 i Tabela 5.

Tab. 4. Urywek zliczonych widzialnych grup plam – g i widzialnych ognisk plam – p

Miesiąc	marzec									
Dzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
g	5	5	5	7	7	7	6	7	6	6
p	17	17	18	19	25	22	20	29	32	30

Źródło: opracowanie własne

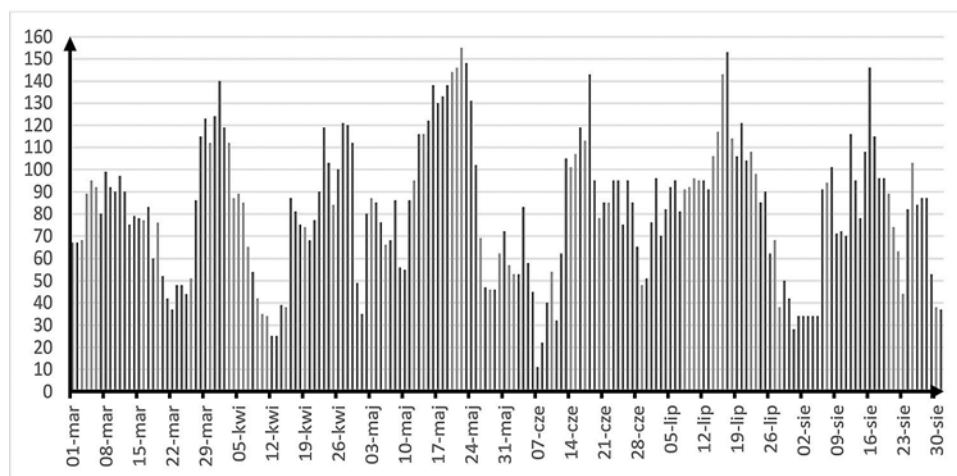
Tab. 5. Urywek zliczonych widzialnych grup plam – g i widzialnych ognisk plam – p

Miesiąc	sierpień										
Dzień	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
g	6	5	3	6	7	5	5	6	3	2	2
p	14	13	14	22	33	34	37	27	23	18	17

Źródło: opracowanie własne

Interpretacja i analiza danych

Zgromadzone dane pozwoliły określić liczbę Wolfa w poszczególnych dniach, a w wyniku analizy i interpretacji danych możliwe było wykonanie wykresu.



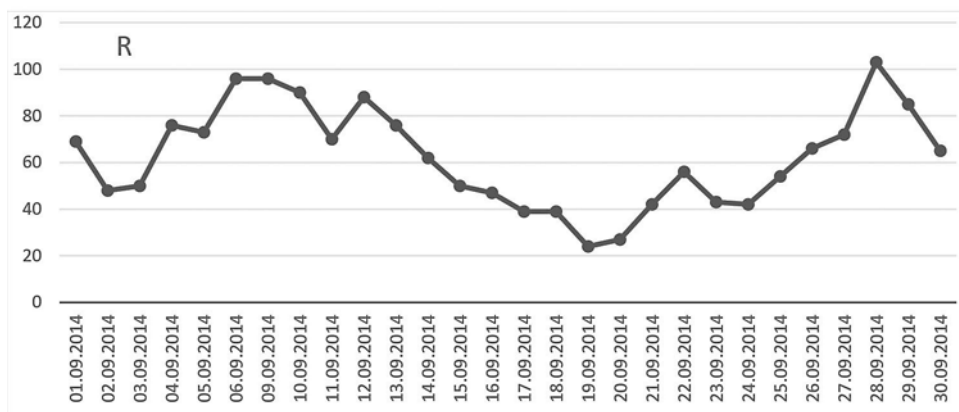
Rys. 3. Średnia aktywność słoneczna w poszczególnych dniach

Źródło: opracowanie własne

Obszary zaznaczone na wykresie kolumnowym odcieniem zielonym (3-6.03; 16.03; 19.03; 26.03; 30.03; 3-7.04; 9-11.04; 15.04; 19.04; 25.04; 3.05; 6.05; 12.05; 14.05; 20-22.05; 26.05; 28.05; 30.05; 1-2.06; 10.06; 14-15.06; 17.06; 20.06; 22.06; 29.06; 8-11.07; 14-16.07; 18.07; 23-24.07; 27-28.07; 7.08; 20-23.08; 25.08; 30.08) są to dni, w których obserwacja Słońca była utrudniona z powodu zachmurzonego nieba. Dane uzupełniające zostały wykorzystane ze strony: Space WeatherLive.com (<https://www.spaceweatherlive.com/pl/aktywnosc-sloneczna.html>).

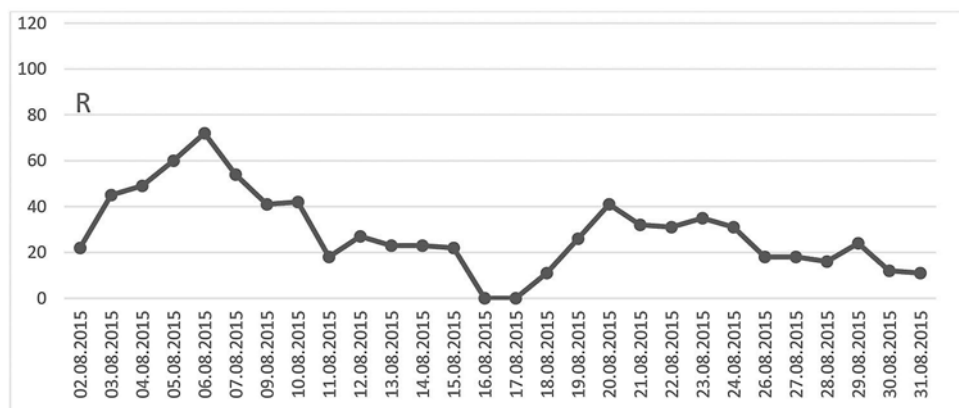
Porównanie innych obserwacji

Jakub Auguściak, absolwent I Liceum Ogólnokształcącego z Oddziałami Dwujęzycznymi w Kartuzach, prowadził obserwacje w latach 2014–2015, a wyniki zawarł w swojej pracy „Badanie aktywności Słońca, wyznaczenie rozmiarów plam słonecznych i protuberancji”. Na rysunku 4 i 5 przedstawiono średnią aktywność Słońca w tym czasie.



Rys. 4. Średnia aktywność słoneczna wrzesień 2014

Źródło: AUGUŚCIAK Jakub. Badanie aktywności Słońca, wyznaczenie rozmiarów plam słonecznych i protuberancji. I Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Hieronima Derdowskiego w Kartuzach, 2016.



Rys. 5. Średnia aktywność słoneczna sierpień 2015

Źródło: AUGUŚCIAK Jakub. Badanie aktywności Słońca, wyznaczenie rozmiarów plam słonecznych i protuberancji. I Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Hieronima Derdowskiego w Kartuzach, 2016.

Wnioski z obserwacji

Na rysunku 4 i 5 można zauważyć sporą różnicę aktywności słonecznej z tendencją do malenia, co zapowiada nam zbliżenie się do minimum cyklu słonecznego. Na rysunku 3 widać w przybliżeniu praktycznie dwukrotnie większe wartości niż na rysunku 5. Podczas badanego okresu nie wystąpił także żaden dzień bez plam słonecznych. W wyniku tego można wysunąć wnioski, że obecnie zbliżamy się do maksimum słonecznego, a okres od marca do sierpnia 2022 r. był okresem aktywniejszym niż wrzesień 2014 i sierpień 2015. W szczególności w sierpniu 2015 roku

pojawiły się dwa dni z wolną od plam tarczą słoneczną. Liczba Wolfa dla badanego okresu przyjmuje spore wartości, które w kolejnych miesiącach będą coraz wyższe. Na tarczy słonecznej będzie pojawiało się coraz więcej grup plam, a na Słońcu będzie dochodzić częściej do np. protuberancji lub koronalnych wyrzutów materii.

Rozmieszczenie grup plam słonecznych

W trakcie interpretowania i porządkowania danych zauważono, że plamy słoneczne zmieniają swoje położenie na powierzchni Słońca. Dzięki nałożeniu siatki heliograficznej możliwe było dokładne śledzenie zmian położenia plam wraz z upływem czasu.

Tab. 6. Urywek z tabeli pokazującej położenie grup plam słonecznych

Miesiąc	Marzec									
Dzień	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Szerokość heliograficzna	-16	-16	36	-25	48	48	52	39	42	44
	33	33	32	18	24	22	-22	52	54	55
	48	48	32	-13	16	15	-18	-20	-20	-20
	33	33	46	38	-17	-18	-32	-32	-32	-33
	34	34	-13	29	38	38	-18	-17	-27	-28
			-10	29	-16	-11	-13	-19	-21	-23

Źródło: opracowanie własne

Tab. 7. Urywek z tabeli pokazującej położenie grup plam słonecznych

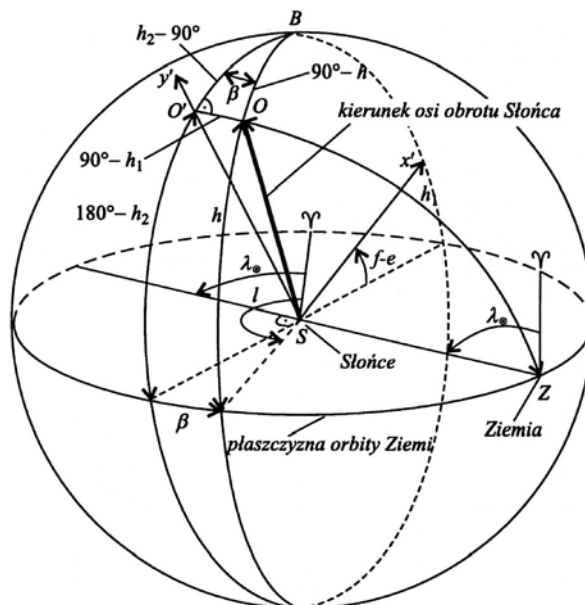
Miesiąc	Sierpień										
dzień	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Szerokość heliograficzna	37	36	37	37	39	39	41	43	45	-43	12
	34	34	-26	24	13	-30	-30	-32	-43	-41	-42
	30	14	-40	-28	-29	-39	-42	-43	-43		
	12	26	-11	-37	-38	-45	-44	-44	-32		
	-22	-26		-42	-46	-46	-43	16			
	-28	-37		-48	47						
	-38	-28									

Źródło: opracowanie własne

Do określenia położenia grup plam (średniej arytmetycznej jej długości) należy na każde zdjęcie Słońca nałożyć siatkę heliograficzną, co w bardzo dokładny sposób pozwoli określić położenie plam i grup plam, a dzięki temu wysnuć dalsze wnioski. W tabelce znak minus przed liczbą oznacza położenie plamy na półkuli południowej Słońca.

Wyjaśnienie zjawiska

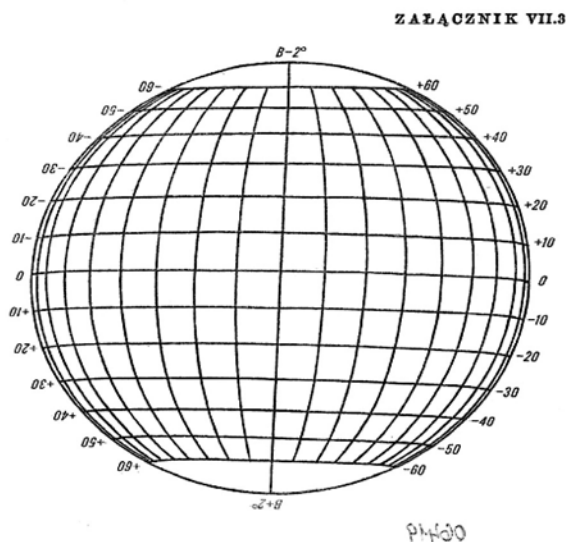
Powołując się na pracę absolwenta I Liceum Ogólnokształcącego z oddziałami dwujęzycznymi im. Hieronima Derdowskiego, Damiana Trybulla, pt. „Badanie ruchu obrotowego Słońca z wykorzystaniem położenia plam słonecznych”, stwierdzam, że **Słońce obraca się wokół własnej osi. Oś obrotu Słońca jest nachylona względem płaszczyzny ekliptyki**, zmieniając kierunek orientacji w układzie współrzędnych równikowych. Te istotne informacje wykorzystano w opracowaniu wyników obserwacji.



Rys. 6. Nachylenie osi obrotu Słońca względem płaszczyzny ekliptyki

Źródło: TRYBULL Damian *Badanie ruchu obrotowego Słońca z wykorzystaniem położenia plam słonecznych*

Wiedząc, iż oś obrotu Słońca jest nachylona pod różnym kątem względem płaszczyzny ekliptyki wraz z upływem czasu, można zastosować specjalne siatki heliograficzne, pokazane na rysunku 7.



Rys. 7. Siatka heliograficzna – marzec

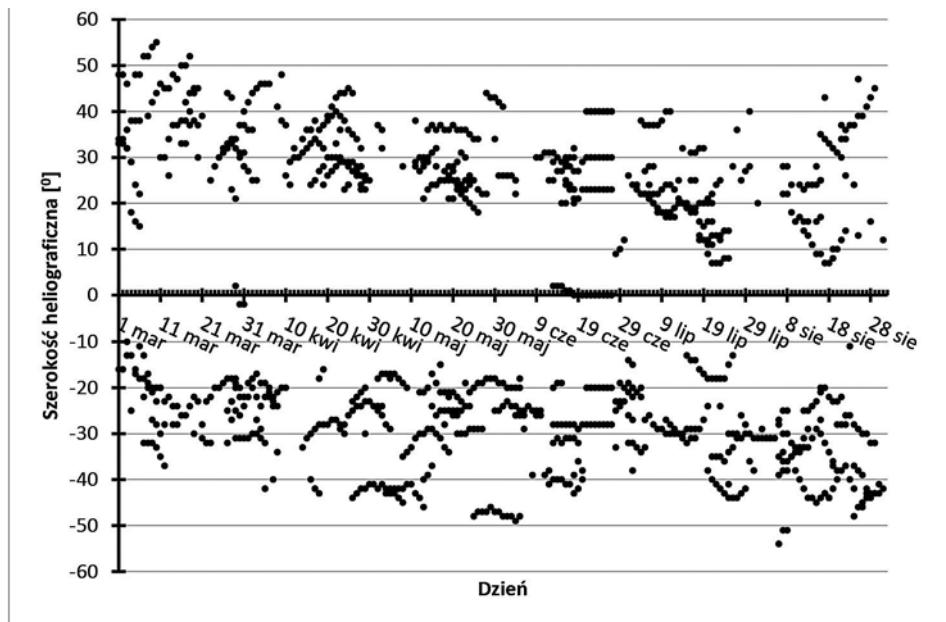
Źródło: KULIKOWSKI P.G., *Poradnik miłośnika astronomii*. Wydanie 2 zmienione. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1976.

Rysunek 7 ukazuje, jak wygląda obszar roboczy uzyskiwania danych o rozmieszczeniu. Po zebraniu informacji można było wykonać diagram Maundera, który ilustruje zależność położenia plam na tarczy słonecznej od czasu. Siatka heliograficzna jest półprzezroczysta, dlatego jest możliwe nakładanie na nią kolejnych zdjęć tarczy słonecznej. W załączniku znajdują się siatki heliograficzne dla następnych miesięcy.

Wnioski

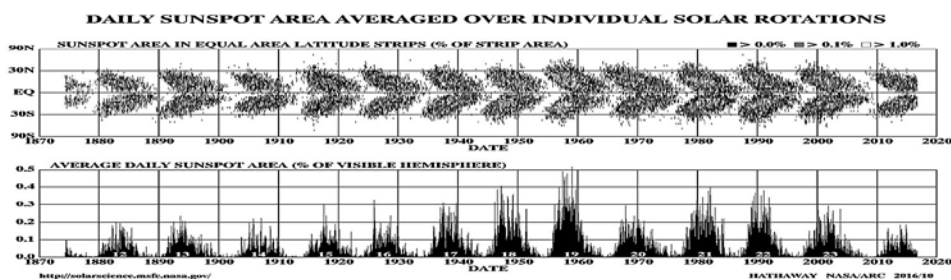
Na rysunku 8 można zauważyć, że najwięcej plam występuje wokół równoleżników 30N i 30S, co jest zgodne z prawem Spörera. Ich ilość utrzymuje się na wysokim średnim poziomie. Liczba Wolfa dla czasu, w którym prowadziłem obserwacje, waha się w przedziale od ponad 70 do ponad 90. Dzięki temu prawu jest możliwe określenie tendencji kierunku zmian położenia plam słonecznych w ciągu trwania cyklu słonecznego. Plamy na początku cyklu pojawiają się w okolicach 30° i 45° (po obu stronach równika). W kolejnych etapach plamy zbliżają się do 15° (maksimum słoneczne). Plam oraz grup plam będzie coraz więcej, a także będą pojawiać się coraz bliżej równika Słońca. Po zakończeniu maksimum słonecznego plamy słoneczne dalej zbliżają się do równika, aż osiągną pozycje około 7° szerokości heliograficznej. Następuje minimum słoneczne, a następnie cykl się powtarza i plamy pojawiają się

na wyższych szerokościach heliograficznych. Wykres na rysunku 8 potwierdza spełnienie prawa Spörera. Dzięki przeprowadzonym obserwacjom ustalono, iż zbliżamy się do maksimum słonecznego.



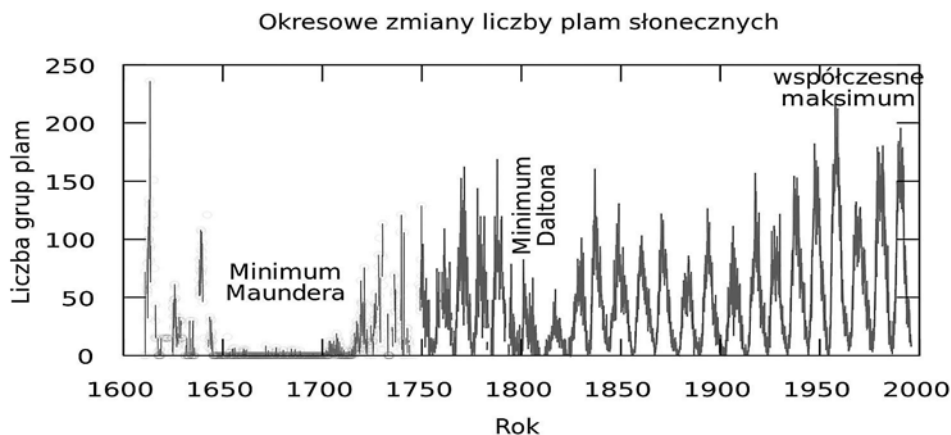
Rys. 8. Rozmieszczenie grup plam słonecznych

Źródło: opracowanie własne



Rys. 9. Wykres punktowy, ukazujący rozmieszczenie plam słonecznych na przestrzeni lat

Źródło: <https://solarscience.msfc.nasa.gov/images/bfly.gif>



Rys. 10. Wykres kolumnowy ukazujący średnią liczbę Wolfa

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Liczba_Wolfa

Wykresy przedstawione na rysunkach 9 i 10 prezentują kolejno rozmieszczenie plam słonecznych wraz z czasem (wykres motylkowy) i wykres aktywności słonecznej. Oba wykresy pokazują dużo większy zakres danych, niż badany w moich obserwacjach, które były ograniczone czasowo do 6 miesięcy.

Podsumowując, Słońce jest bardzo interesującym ciałem niebieskim. Dzięki zjawiskom zachodzącym w jego atmosferze, m.in. plamom słonecznym, dowiadujemy się coraz więcej o procesach zachodzących w atmosferach gwiazdowych, a tym samym o otaczającym ludzi Wszechświecie. Każda, nawet najprostsza obserwacja jest źródłem wiedzy oraz umiejętności przydatnych w kolejnych badaniach oraz podczas przygotowania przyszłych artykułów czy prac naukowych. Dopełnieniem badań byłoby powtórzenie obserwacji za rok w tym samym interwale czasowym. Dzięki temu można by przeprowadzić analizę porównawczą.

Bibliografia

1. AUGUŚCIAK Jakub. Badanie aktywności Słońca, wyznaczenie rozmiarów plam słonecznych i protuberancji. I Liceum Ogólnokształcące z Oddziałami Dwujęzycznymi im. Hieronima Derdowskiego w Kartuzach, 2016.
2. KULIKOWSKI P. G. *Poradnik miłośnika astronomii*. Wydanie 2 zmienione. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1976.
3. Liczba Wolfa. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Wolfa-liczba;3997661.html>. Stan z dnia 21.03.2023.

4. Plama słoneczna. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Plama_s%C5%82oneczna. Stan z dnia 23.03.2023.
5. Regiony występowania plam słonecznych. W: *SpaceWeatherLive.com* [online] 2022. Tryb dostępu: <https://www.spaceweatherlive.com/pl/aktywnosc-sloneczna/regiony-wystepowania-plam-slonecznych.html>.
6. RYBKA Eugeniusz. *Astronomia ogólna*. Wydanie 7 popr. i uzup. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1983. ISBN 83-01-02706-1.
7. SERRA-RICART Miquel, CASADO Juan Carlos, JIMÉNEZ Miguel Àngel Pío, STROUD Vanessa, MAJCHER Ariel (red.). Działanie Edukacyjne. Obliczanie aktywności słonecznej. Liczba Wolfa [online]. Tryb dostępu: <http://hep.fuw.edu.pl/u/zarnecki/gloria/web/experiments/wolf/solar-activity-pl.pdf>. Stan z dnia 21.03.2023.
8. TRYBULL Damian. Badanie ruchu obrotowego Słońca z wykorzystaniem położenia plam słonecznych. I Liceum Ogólnokształcące z oddziałami Dwujęzycznymi im. Hieronima Derdowskiego w Kartuzach, 2016.

Błyski, grzmoty i ulewa – czy burze słoneczne przypominają te na Ziemi?

Porównanie burzy geomagnetycznej z burzą, jaką można doświadczyć na Ziemi, nie jest zadaniem prostym. Pomimo istnienia analogii między tymi zjawiskami, różnice, jakie między nimi występują, uniemożliwiają jednoznaczne odpowiedzenie na pytanie, czy są one do siebie podobne. W poniższej pracy, po obszerniejszym przedstawieniu problematyki burz magnetycznych, zostanie przedstawione proponowane rozstrzygnięcie tego problemu. Warto już na samym początku wspomnieć, iż burza słoneczna to szybkie, nieregularne zaburzenia magnetycznego pola ziemskiego związane z aktywnością Słońca.

Burza słoneczna występuje przede wszystkim, gdy pole magnetyczne wiatru słonecznego jest skierowane na południe, przeciwieństwo do ziemskiego pola magnetycznego. Burza geomagnetyczna jest korelatywna z bardzo wydajną wymianą energii z wiatru słonecznego do środowiska kosmicznego otaczającego Ziemię.

Powstawanie burz słonecznych

Pogoda słoneczna

Głównym czynnikiem kształtującym pogodę kosmiczną jest zmienność struktur w koronie słonecznej. Koronalne wyrzuty masy i rozbłyski słoneczne uwalniają ogromne ilości materii i energii, tworząc ogromne fale uderzeniowe w wietrze słonecznym, które uderzają w magnetosfery planet.

¹ Kuberska Maria, III Liceum Ogólnokształcące im. Marynarki Wojennej RP w Gdyni.

Plamy słoneczne

11-letni cykl Słońca

Heinrich Schwabe jako pierwszy opublikował pracę dotyczącą okresowych zmian aktywności plam słonecznych, które możemy zdefiniować jako obszary fotosfery charakteryzujące się silnymi polami magnetycznymi i niższymi temperaturami niż otoczenie.

Liczba plam słonecznych jest powiązana z intensywnością wysyłania strumieni cząstek elementarnych i fal elektromagnetycznych ze Słońca na Ziemię. Warto dodać, iż zazwyczaj występują one parami, różniąc się między sobą biegunem magnetycznym.

Koronalny wyrzut masy

CME (ang. *Coronal Mass Ejection*) to emisja olbrzymiego obłoku plazmy, który po wyrzuceniu z korony słonecznej może osiągać od 200 do 2000 km/s (prędkość ta może przekraczać prędkość wiatru słonecznego). Transportowana z wiatrem słonecznym materia jest naładowana elektrycznie. Składa się przede wszystkim z elektronów i protonów z niewielkim dodatkiem jonów cięższych pierwiastków, jak hel, tlen i żelazo.

Burza słoneczna

Nazywana jest również burzą magnetyczną czy burzą geomagnetyczną. Dotyczy nagłej, intensywnej modyfikacji pola magnetycznego Ziemi spowodowanej przez gwałtowne zmiany parametrów fizycznych wiatru słonecznego. Są one korelatywne z koronalnymi wyrzutami masy powstającymi podczas rozbłysków i powodują zakłócenie zewnętrznej części ziemskiego pola magnetycznego, podlegającego złożonej **oscylacji**². Około miliard ton plazmy ze Słońca dociera wtedy do Ziemi w około kilka dni (podczas najbardziej intensywnych burz wystarczy 18 godzin).

Innym zaburzeniem, o którym warto wspomnieć jako o stwarzającym warunki do powstania burz geomagnetycznych, jest szybki strumień wiatru słonecznego. Uderza on w wiatr słoneczny, czego skutkiem jest utworzenie współobrotowych regionów interakcji. Burze spowodowane przez ten czynnik nie są tak intensywne jak te związane z koronalnym wyrzutem masy, jednakże energia, jaka została przez nie zdeponowana, pozostaje dłużej w magnetosferze Ziemi.

Skutki

Szybkie zmiany pola magnetycznego mogą powodować problemy z korzystaniem z urządzeń telekomunikacyjnych i elektronicznych. Nagłe zakłócenia jonosferyczne

² **Oscylacja** – cykliczna zmiana pewnej wielkości, względem innej zmiennej, zwykle czasowej lub przestrzennej.

i indukowanie napięcia elektrycznego może powodować zakłócenia sygnałów radiowych, pracy komputerów, satelitów i wielu innych urządzeń.

W wyniku silnych burz magnetycznych można zaobserwować powstawanie zórz polarnych na obszarach, na których zwykle ich nie ma. Niekiedy można je zobaczyć na szerokości geograficznej Teksasu!

Zagrożenie?

Burza geomagnetyczna dla większości ludzi nie wydaje się niebezpieczna. O ile nie jest ona wyjątkowo silna, jak burza magnetyczna z 1859 roku czy 1921 roku, ludzkość nie jest narażona na poważne problemy.

Mądra polityka energetyczna, sprawdzanie infrastruktury elektrycznej oraz dbanie o jej stan, zaopatrzenie jak największej liczby budynków w agregatory prądowców sprawi, że społeczeństwo będzie mogło zareagować odpowiednio w razie zagrożenia.

Kultura

Burze słoneczne nie są jednym z głównych motywów występujących w kulturze, jednakże pojawiają się one stosunkowo często. Przede wszystkim w gatunku *science-fiction* można zauważyć różne spojrzenie na to zjawisko. Są to zazwyczaj wyobrażenia bardzo mijające się z prawdą.

Znanym serialem, w którym pojawiają się nawiązania do burz słonecznych, jest „Stargate-SGC”, w którym niejednokrotnie dzięki rozbłyskom słonecznym bohaterowie przenoszą się w czasie. Dotychczas, na podstawie udostępnionych danych, nie udało się opracować takiego wehikułu czasu, więc pozostaje to jedynie fikcją.

Innym gatunkiem, który nawiązuje do burz geomagnetycznych, jest apokalipsa. Wykorzystuje ona informacje o zmianach pola magnetycznego Ziemi i możliwości zniszczenia sieci energetycznej, opowiadając, co stałoby się z ludzkością, gdyby niespodziewanie każdy mieszkaniec Ziemi został pozbawiony prądu.

Wizja takiego końca świata pozostaje mało prawdopodobna, lecz nie niemożliwa.

Porównanie

Na podstawie przedstawionych informacji można uznać, iż burze słoneczne nie przypominają tych, których można powszechnie doświadczyć na Ziemi. Pomimo że można zauważyć analogię między nimi – na przykład występowanie wiatru (w burzy geomagnetycznej to wiatr słoneczny), błysków (rozbłyski słoneczne), pozostawianie wolnych rodników (pozostawianie w jonosferze cząstek elementarnych), przepływ elektronów wewnątrz chmur tworzących pioruny (przepływ strumieni cząstek w ko-

ronie słonecznej, które są związane z koronalnymi wyrzutami masy), zjawiska te są na tyle różne, że nie można ich klasyfikować jako podobne.

Bibliografia

1. HOWARD Russell A. A Historical Perspective on Coronal Mass Ejections. W: Gopalswamy Nat-chimuthukonar (red.), Mewaldt Richard (red.), Torsti Jarmo (red.). *Solar Eruptions and Energetic Particles* [online]. 01.01.2006. ISBN 978-111-86-6620-3. Tryb dostępu : <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1029/GM165>.
2. HUDSON H. S., Cliver E. W. Observing coronal mass ejections without coronagraphs. „Jurnal of Geophysical Research”. 2002, vol. 106, nr A11, s. 25,199-25,213. Tryb dostępu: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2000JA904026>. Stan z dnia 27.04.2023.
3. Kida Krzysztof. *Kosmos. Koronalne wyrzuty masy*. t.79. Poznań: Amermedia Sp. z o.o., 2013. ISBN 978-83-252-2119-5.
4. MURSULA Kalevi, QUICK Timo, HOLAPPA Lauri. A centry of geomagnetic storms, CMES and HSS/SIRs. W: *Astrophysics Data System* [online]. 04.2021. Tryb dostępu: https://presentations.copernicus.org/EGU21/EGU21-13423_presentation.pdf. Stan z dnia 27.04.2023.
5. SCHWABE Heinrich. Sonnen-Beobachtungen im Jahre 1843. Von Herren Hofrath Schwabe in Dessau. „Astronomische Nachrichten”. 1844, vol. 21, iss. 15, s. 233. [online] Tryb dostępu: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asna.18440211505>. Stan z dnia 27.04.2023.

Jak powstał Księżyc?

Aby odpowiedzieć na to pytanie, warto wyjaśnić, czym jest Księżyc i ogólnie go scharakteryzować. Według Encyklopedii PWN Księżyc jest naturalnym satelitą Ziemi.

O Księżycu jako naturalnym satelicie Ziemi informuje również Zintegrowana Platforma Edukacyjna – według tego źródła obieg Księżyca wokół Ziemi to około 27,3 doby.

Księżyc można zobaczyć w nocy, ale zdarza się, że jest on widoczny również w czasie dnia. Księżyc jest bardzo jasnym obiektem i po Słońcu jest on najjaśniejszym ciałem niebieskim, jakie można zobaczyć z Ziemi. Ten naturalny satelita Ziemi krąży wokół naszej planety. Trzeba jednak zaznaczyć, że prawdziwy ruch Księżyca odbywa się z zachodu na wschód.

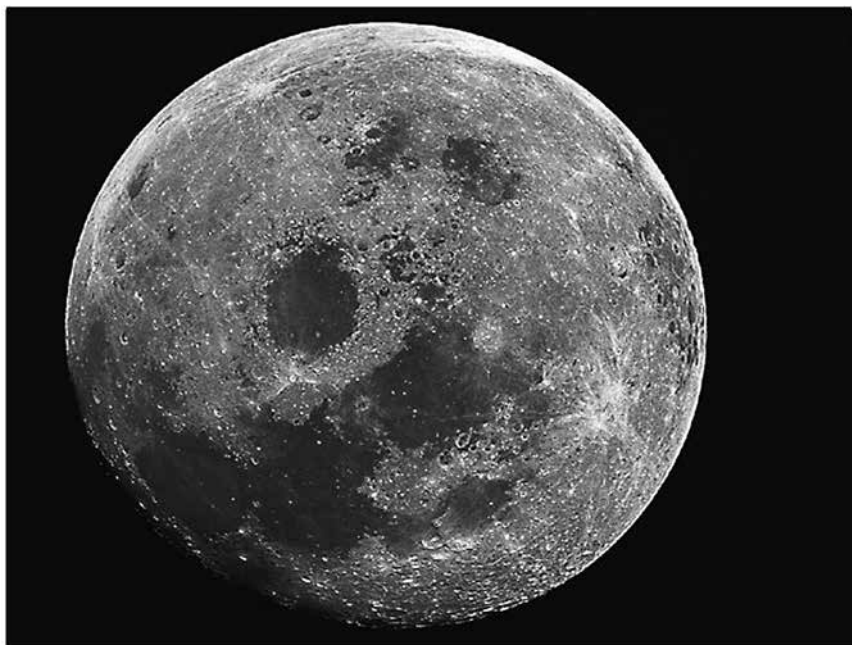
Księżyc jest zwrócony do Ziemi ciągle tą samą stroną, więc z powierzchni naszej planety możemy widzieć jedynie jedną półkulę. Na poniższej fotografii można zobaczyć około 60% tej strony Księżyca, która jest zwrócona w kierunku naszej planety.

Zintegrowana Platforma Edukacyjna podaje, że *Księżyc zmienia swój wygląd oraz położenie*. Maksymalnie dwa razy w ciągu roku Księżyc może w czasie pełni mieć czerwony kolor.

Z pewnością wiele osób zastanawiało się, jak powstał Księżyc. Według najczęściej akceptowanej hipotezy, powstanie Księżyca to efekt zderzenia „proto-Ziemi i planety wielkości obecnego Marsa (planetę tę nazywano Thea, na pamiątkę matki bogini Księżyca, Selene, w mitologii greckiej) [2]. To katastrofalne zdarzenie zniszczyło całkowicie powierzchnie obu tych ciał. Według fizyka Leszka Czechowskiego znaczna część masy tych dwóch ciał rozproszyła się w przestrzeni i „wskutek przyciągania grawitacyjnego złączyła się w nowe ciała niebieskie: Ziemię i Księżyc” [2].

¹ Piotr Kukowski, Szkoła Podstawowa nr 9 im. gen. Józefa Wybickiego w Wejherowie.

² Weronika Rost, Szkoła Podstawowa nr 9 im. gen. Józefa Wybickiego w Wejherowie.



Rys. 1. Księżyc

Źródło: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Ksiezyz;3928465.html>



Rys. 2. Księżyc zwrócony do Ziemi

Źródło: <https://zpe.gov.pl/a/ksiezyc---naturalny-satelita/D15KDWgZa>

Zbadano skład chemiczny oraz skład izotopowy skał ziemskich i skał księżycowych – wyniki tego badania przemawiają za słusznością powyższej hipotezy.

W wielu źródłach można znaleźć informację, według której powyżej opisane zdarzenie miało miejsce na początku istnienia Układu Słonecznego i wydarzyło się około 4,5 miliarda lat temu.

Jeżeli chodzi o powstanie Księżyca, to można przeczytać na ten temat najczęściej kilka teorii i są one następujące:

- 1) według teorii najwcześniejszej, Księżyc „oderwał się od Ziemi na skutek sił odśrodkowych, pozostawiając dziurę – Ocean Spokojny; jednak ten model wymagał zbyt dużej początkowej energii obrotu”;
- 2) według innej teorii, Księżyc powstał w innym miejscu Układu Słonecznego i przechwyciła go Ziemia;
- 3) kolejna teoria o powstaniu Księżyca głosi, że której Księżyc powstał z takiej samej chmury gazów oraz pyłów, z której powstała nasza planeta;
- 4) jednak za najpopularniejszą teorię powstania Księżyca uznaje się wśród naukowców tzw. teorię wielkiego zderzenia. Według tej teorii, niej Księżyc powstał w efekcie kolizji „między wczesną Ziemią a ciałem o rozmiarze Marsa nazywanym w tej teorii Theą” [7].

W jednym ze źródeł na temat kosmosu można przeczytać, że w teorii wielkiego zderzenia jest kilka słabych punktów. Z tego powodu naukowcy z izraelskiego Instytutu Nauki postawili nową hipotezę:

- 1) było wiele zderzeń (więcej niż jedno);
- 2) na początku nasza planeta miała wiele satelitów, które utworzyły później taki Księżyc, jaki znamy obecnie.

Powyższą hipotezę można uznać za nową teorię na temat powstania Księżyca [4].

Naukowcy twierdzą, że do powstania Księżyca nasza planeta musiała utracić dużo atmosfery – mogło to być nawet od 10 procent do 60 procent atmosfery Ziemi.

Według jednego z naukowców (głównego autora opracowania z Instytutu Kosmologii Obliczeniowej), naukowcy od długiego czasu zajmują się rozwiązaniem zagadki powstania Księżyca. Podczas rozwiązywania tej tajemnicy uczeni zauważyli również inne konsekwencje gigantycznych zderzeń z wczesną Ziemią [3].

Bibliografia

1. BIERNIKOWICZ Ryszard (red.). Czy wokół dużych planet powstają względnie duże księżyce? W: *Urania. Postępy Astronomii* [online]. 03.03.2022. Tryb dostępu: <https://www.uraniam.edu.pl/wiadomosci/czy-wokol-duzych-planet-powstaja-wzglesdnie-duze-ksiezyce>. Stan z dnia 27.09.2022.

2. CZECHOWSKI Leszek. *Planety widziane z bliska*. Warszawa: Wiedza Powszechna, 1985. ISBN 83-214-0461-8.
3. KOSTRZYCKI Radek. Aby mógł powstać Księżyc, Ziemia musiała stracić sporo atmosfery. W: *Puls Kosmosu. Prawdopodobnie najlepszy portal o astronomii* [online]. 30.09.2020. Tryb dostępu: <https://www.pulskosmosu.pl/2020/09/30/aby-mogl-powstac-ksiezyc-ziemia-musiala-stracic-sporo-atmosfery/>. Stan z dnia 29.09.2022.
4. KOŚCIELNIAK Piotr. Nowa teoria powstania Księżyca. W: „Rzeczpospolita” [online]. 2017, nr 7. Tryb dostępu: <https://www.rp.pl/kosmos/art2998581-nowa-teoria-powstania-ksiezyc>. Stan z dnia 29.09.2022
5. Księżyc. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/ksi%C4%99%C5%BCyc.html>. Stan z dnia 20.09.2022.
6. Księżyc – naturalny satelita. W: *Zintegrowana Platforma Edukacyjna* [online]. Tryb dostępu: <https://zpe.gov.pl/a/ksiezyc---naturalny-satelita/D15KDWgZa>. Stan z dnia 21.09.2022.
7. VOOSSEN Paul. Kawalki protoplanety, z której powstał Księżyc, mogą nadal znajdować się głęboko pod powierzchnią Ziemi. W: *Dziennik Naukowy* [online]. 31.03.2021. Tryb dostępu: <https://dzienniknaukowy.pl/kosmos/kawalki-protoplanety-z-ktorej-powstal-ksiezyc-moga-nadal-znajdowac-sie-gleboko-pod-powierzchnia-ziemi>. Stan z dnia 26.09.2022.

Heweliusz i jego historia badań Księżyca

Księżyc towarzyszył ludziom od zarania dziejów. Co myśleli o Księżycu pierwsi przedstawiciele naszego gatunku – *homo sapiens* – którzy ok. 300 000 lat temu zaczęli przemierzać naszą planetę? Tego dokładnie nie wiemy. Ale wiemy, że nawet najstarsze znalezione przez nas rzeźby, stworzone ręką ludzką ponad 12 000 lat temu, pokazują, że Księżyc był stałym elementem ich wierzeń. W większości kultur wiązał się z boginiami płodności, co zapewne było związane z długością jego miesiąca synodycznego (średni czas pomiędzy kolejnymi nowiami Księżyca, wynoszący ok. 29 dni 13 godzin). Księżyc w wierzeniach przewodził okresowej odnowie w świecie zwierzęcym, roślinnym i ludzkim oraz był mocno związany z kultem Wielkiej Matki. Fakt, że jest skierowany do nas zawsze jedną stroną (tzw. jasną, choć w praktyce ta strona naszego satelity jest równie często oświetlona, jak część niepatrząca na Ziemię) sprawiał, że często widziano w nim boga o dwóch twarzach, z których jedna jest bramą do nieba, a druga bramą piekieł [6].

Naukowa historia badania Księżyca to dopiero czasy Kopernika – który jako pierwszy umieścił go z dala od idealnego świata eterycznych sfer i Galileusza – który opisał jego powierzchnię jako pokrytą wzniesieniami i rozpadlinami. Czasy Galileusza to też czasy teleskopów, które posłużyły do tworzenia pierwszych dokładnych map naszego satelity.

Za pierwszą, kompletną i względnie dokładną mapę uznaje się miedzioryt z 1645 r., wykonany przez matematyka i kosmologa na dworze króla Hiszpanii Filipa IV, Flamanda Michaela Florentiusa van Langrena. Pokazywała ona kraterzy w taki sposób, jakby zostały one oświetlone porannym światłem Słońca [12].

Jednak dopiero gdański astronom, Jan Heweliusz, dostarczył obszerne i szczegółowe mapy Księżyca, które nie miały sobie równych w jego czasach. W swoim głównym dziele poświęconym Księżycowi – *Selenographii* z 1647 r. – umieścił 40 ry-

¹ Bogna Pazderska, Specjalista ds. naukowych w zakresie astronomii, Hevelianum.

cin, przedstawiających naszego satelitę w różnych jego fazach, począwszy od pierwszego widocznego sierpa, aż po ostatnią widoczną fazę tuż przed nowiem. Obrazy te uwzględniały librację Księżyca (tj. powolne jego wahania), które sprawiają, że w praktyce możemy obserwować aż 59% powierzchni naszego towarzysza. Czemu Heweliusz interesował właśnie Księżyc? Poza ogólną pasją zrozumienia niebios, głównym celem było praktyczne wyznaczenie długości geograficznej, czego sam nie ukrywał:

Pod koniec wyjaśniamy wszystkim miłośnikom gwiazd sposób postępowania się naszą „Selenografią”, wskazując przede wszystkim na nową i niezawodną metodę, przy pomocy której [...] można obliczyć w łatwy sposób długość geograficzną miejsc obserwacji (co, wyznając otwarcie, jest głównym celem naszego dzieła) [9].



Rys. 1. Mapa Księżyca Heweliusza, *Selenografia* (1647)

Źródło: https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Plik:Hevelius_Map_of_the_Moon_1647.jpg.

Brak znajomości długości geograficznej powodował w tych czasach liczne problemy, głównie związane z gubieniem się statków na morzu, co z kolei powodo-

wało śmierć wielu marynarzy. Problem był na tyle poważny, że wielkie mocarstwa w okresie od XVI do XIX wieku wyznaczyły olbrzymie nagrody za metody i narzędzia pozwalające rozwiązać ten problem. I choć prace Heweliusza nie stanowiły wystarczającej odpowiedzi, były one istotnym wkładem w te poszukiwania. Pokazywały też, że poza pasją poznawczą, w astronomii od zawsze obecny jest element praktyczny, który jest bardzo widoczny w obecnej misji powrotu na Księżyc – misji Artemis [10].

Misja Apollo, czyli pierwsza wizyta człowieka na Księżycu.

Minęło zaledwie 322 lata od czasu publikacji map Księżyca wykonanych przez Heweliusza do pierwszego lądowania na Księżycu. I choć jest to okres życia kilku ziemskich pokoleń, jest to jednak krótki czas z punktu widzenia historii naszej cywilizacji.

20 lipca 1969 roku pierwszy w historii przedstawiciel naszego gatunku postawił pierwszy mały krok na Srebrnym Globie. Astronautą, któremu przypadł ten zaszczyt, był dowódca misji Apollo 11, Neil Armstrong, a tuż za nim podążył pilot modułu księżycowego Edwin „Buzz” Aldrin. W ten sposób zrealizowali oni główny cel misji – lądowanie na Księżycu do końca dekady – wyznaczony przez amerykańskiego prezydenta Johna F. Kennedy’ego [1].

Nie ma bowiem co ukrywać, że podstawowy cel misji był polityczny i związany z kosmicznym pojedynkiem między dwoma mocarstwami: Stanami Zjednoczonymi i Związkiem Radzieckim. Z tego też powodu, gdy ognie zimnej wojny przygasły, program misji księżycowych ucięto, co sprawiło, że ledwie 12 osób chodziło kiedykolwiek po Księżycu. Ostatnią osobą przechadzającą się po naszym naturalnym satelicie był Eugene Cernan, dowódca misji Apollo 17 [2].

I choć wyścig kosmiczny był podstawowym motorem programu, to udało się zrealizować przy okazji pokaźny program naukowy. Najważniejsze badania dotyczyły geologii Księżyca – to dzięki przywiezionym na Ziemię skałom dziś wiemy, że łączy nas wspólne pochodzenie i kiedyś stanowiliśmy jedno większe ciało niebieskie. Badania sejsmiczne wykazały też liczne trzęsienia księżycowe (zarejestrowano ich kilka tysięcy, większość związaną z siłami pływowymi od naszej planety). Przywiezione na Księżyc zwierciadła do dziś służą do precyzyjnego, laserowego wyznaczania odległości do naszego satelity. Skały przywiezione z Księżyca (a jest ich ok. 382 kg) były wielokrotnie badane i do dziś stanowią źródło nowych odkryć [11].



Rys. 2. Zdjęcie modułu księżycowego wykonane przez Neila Armstronga podczas misji Apollo 11
Źródło: <https://www.nasa.gov/image-feature/lunar-module-at-tranquility-base>

Pierwszy krok i co dalej?

W XX wieku udało nam się na chwilę odwiedzić Księżyc. Było to zadziwiające osiągnięcie myśli i technologii ludzkiej, w szczególności patrząc na technologię i możliwości komputerów w latach 60. tego wieku. Jednak choć program rozbudził fantazje mieszkańców Ziemi o rychłej bazie na Księżycu, to w praktyce przez kolejne dziesięciolecia ludzkość nie zbliżyła się do Księżyca.

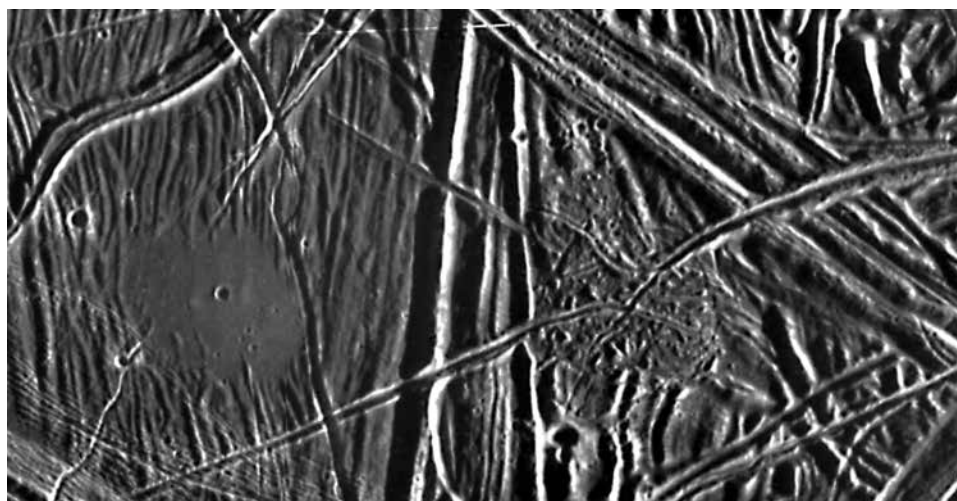
Dlaczego? Różne są tego powody – od politycznych, przez finansowe, po technologiczne. Z naukowego punktu widzenia do stałej obecności człowieka na Księżycu potrzeba jednak jednej rzeczy: zasobów do choć częściowej samowystarczalności.

Takim podstawowym zasobem jest stałe światło słoneczne (źródło energii elektrycznej, do którego wrócimy później) oraz przede wszystkim woda. Woda to podstawa życia na Ziemi, podstawa paliwa raketowego (tłenu i wodoru wchodzącego w skład wody – H_2O), a później źródło tlenu do oddychania, czy składnik procesu odzyskiwania metali z pyłu księżycowego. Nie bez przyczyny woda przez długi czas stanowiła złoty graal astronomii.

Woda w Układzie Słonecznym

Zacznijmy od pytania: czy woda była i jest obecna w Układzie Słonecznym, poza Ziemią? Dziś wiemy, że tak i to w olbrzymich ilościach, choć nasza planeta zostaje jedynym znanym nam miejscem, gdzie duże rezerwuary płynnej wody znajdują się na powierzchni [13].

Najbardziej znanym „wodnym” światem w Układzie jest księżyc Jowisza – **Europa**. Zgodnie z naszą wiedzą, pod grubą pokrywą lodową znajduje się tam ocean płynnej, słonej wody. Siły pływowe od rodzimej planety Europy, rozgrzewają jądro tego księżycyca na tyle, że woda utrzymuje się w stanie ciekłym. Zgodnie z ostatnimi badaniami, Europa ma też silną aktywność wulkaniczną, która jest nieprzerwanym od miliardów lat źródłem energii chemicznej. Cały ocean znajduje się na skalnym podłożu, który z kolei jest źródłem minerałów. Te właśnie 3 elementy: płynna woda, stałe źródło energii, podłoże będące źródłem skomplikowanych związków chemicznych sprawiają, że księżyc ten jest głównym „podejrzany” o ukrywanie życia w Układzie Słonecznym [14].



Rys. 3. Zbliżenie na powierzchnię Europy – lodowy księżyc Jowisza (zdjęcie z 1996 r.)

Źródło: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00589>

Oceany wielkości całego księżyca, ukryte pod skorupą lodową, znajdują się też na księżycu Saturna, Enceladusie. Jest to obiekt, który odbija większość padającego na niego światła słonecznego dzięki bardzo młodej powierzchni – zrobionej głównie z wodnego lodu. Powierzchnia ta jest cały czas odnawiana przez występujące tam gejzery, wyrzucające wodę z ukrytego w głębinach oceanu.

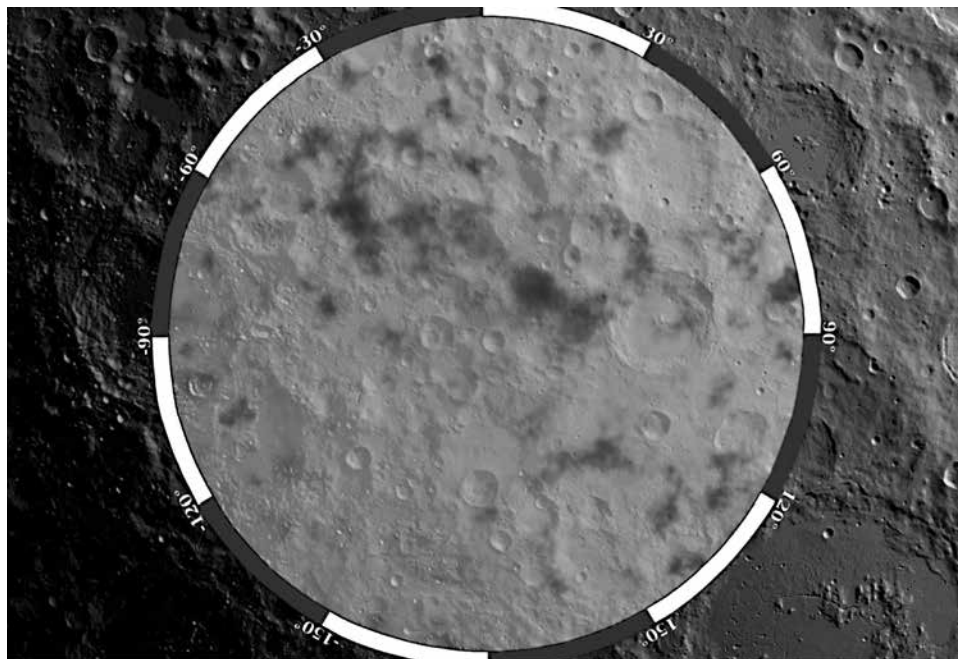
Ukryte oceany pod powierzchnią księżyców w Układzie Słonecznym podejrzewa się też na największym księżycu Jowisza – Ganimesie i nieco mniejszej Kalisto, największym księżycu Saturna – Tytanie i mniejszym Mimasie, największym księżycu Neptuna – Trytonie, czy na planetach karłowatych takich jak: Ceres czy Pluton. Zatem woda, nawet ta w postaci płynnej, jest w Układzie Słonecznym wszechobecna [13].

Woda na Księżycu

Gdzie w tym zestawieniu znajduje się Księżyc? Choć nazwy ciemniejszym obszarów na księżycu – „morza” i „oceany” – sugerują, że twórcy pierwszych map podejrzewali istnienie wody na powierzchni – nic bardziej mylnego. Już Galileusz zaobserwował, że nasz satelita nie ma żadnym chmur, a zatem zapewne nie ma deszczu i wody na swojej powierzchni. I tak, przez większość historii naszych badań nad Księżycem, podejrzewaliśmy, że jest to suchy, kosmiczny glob.

Misja Apollo była pierwszą wizytą człowieka na Księżycu i stanowiła pierwszą bezpośrednią możliwość poszukiwania śladów wody na Srebrnym Globie. Astronaucci przywieźli też na Ziemię potężną ilość materiału skalnego, ale jego badania nie wykazały obecności wody. Naukowcy uznali, że jest to suchy ład i przez lata obecność wody na Księżycu nie była traktowana poważnie.

Dopiero w XXI wieku okazało się, że Księżyc jest pełen lodu! Jego obecność zaczęto podejrzewać już w 1994 roku, ale ostateczne potwierdzenie miało miejsce dopiero w 2018 roku, dzięki misji **Moon Mineralogy Mapper** (M3), misji, która wykonała pierwsze wysokiej rozdzielczości mineralne mapy powierzchni Księżyca. Dziś wiemy, że ukrywa się on w dużej ilości głównie w okolicach biegunów, w miejscach, gdzie nigdy nie dociera światło słoneczne. Te obszary to jedne z najzimniejszych miejsc w całym Układzie Słonecznym. Obecność wodnego lodu jest możliwa głównie dzięki temu, że Księżyc nie doświadcza pór roku – ze względu na niewielkie nachylenie swojej osi obrotu – a zatem w okolicach bieguna dostęp do światła słonecznego jest zależny głównie od ukształtowania terenu. Skąd lód na Księżycu? Jest kilka jego źródeł, ale podstawowym są komety, które zapewne również na naszą planetę dostarczyły olbrzymiej ilości tej niezwyklej substancji [7].



Rys. 4. Obszary w okolicy bieguna południowego Księżyca, z możliwymi zbiorami wodnego lodu – pokazanymi na niebiesko. Mapa jest oparta o dane z satelity NASA: Lunar Reconnaissance Orbiter
Źródło: <https://svs.gsfc.nasa.gov/11756>

Obecność lodu, a zatem zamrożonej wody, zmieniła naszą optykę patrzenia na Księżyc i sprawiła, że nasz satelita stał się realnym miejscem do utworzenia stałej bazy dla ludzi. Choć zapewne na początku będą to kilkudniowe wizyty, a nie stała obecność (choćby przez to, że doba księżycowa to ok. 2 tygodnie dnia i 2 tygodnie nocy), będzie to pierwszy krok do zamieszkania na obcym globie. Woda jest bowiem podstawą życia pochodzenia ziemskiego, podstawowym materiałem do wytwarzania tlenu i paliwa raketowego. Nie jest to jedyny ważny zasób dostępny na Srebrnym Globie. Innym ważnym elementem jest stałe źródło energii elektrycznej (są miejsca na Księżycu oświetlone przez 90% czasu) oraz metale i minerały uwięzione w skałach – surowym regalicie księżycowym [4].

Główne elementy, które istotnie ograniczają nasze zdolności budowania baz na obcych globach, to koszt, logistyka i ryzyka związane z dostarczaniem surowców z Ziemi. Stała dostępność światła, woda i metale zawarte w skałach sprawiają, że światowe agencje kosmiczne spojrzały na Księżyc innym okiem. I tak idea powrotu na Księżyc nie po to, by go odwiedzić, ale po to by na nim pozostać, stała się wizją, która realizuje się na naszych oczach.

I tak, dochodzimy do misji Artemis...

Misja Artemis – czyli stała obecność człowieka na Księżycu

16 listopada 2022 wystartowała w kosmos najpotężniejsza rakieta stworzona przez człowieka (Space Launch System), wynosząc w stronę Księżyca statek kosmiczny Orion. Choć w statku tym podróżowały jedynie manekiny, to misja ta jest pierwszym testem przed powrotem człowieka na Księżyc. Planowany czas trwania misji to ok. 25 dni, a zatem na dzień dzisiejszy 9 grudnia 2022 roku czekamy na powrót Oriona z orbity Księżyca. Głównym celem misji jest sprawdzenie systemów na statku kosmicznym Orion w warunkach przestrzeni kosmicznej, a także w czasie powrotu na Ziemię, z myślą o przyszłej załogowej misji – Artemis II [3].



Rys. 5. Najpotężniejsza rakieta na świecie, Space Launch System (SLS), startuje z Centrum Lotów Kosmicznych NASA na Florydzie. Rozpoczyna tym samym swoją 25,5-dniową misję testowania technologii potrzebnej do lotu człowieka na Księżyc

Źródło: <https://www.iflscience.com/liftoff-artemis-i-is-on-its-way-to-the-moon-65087>

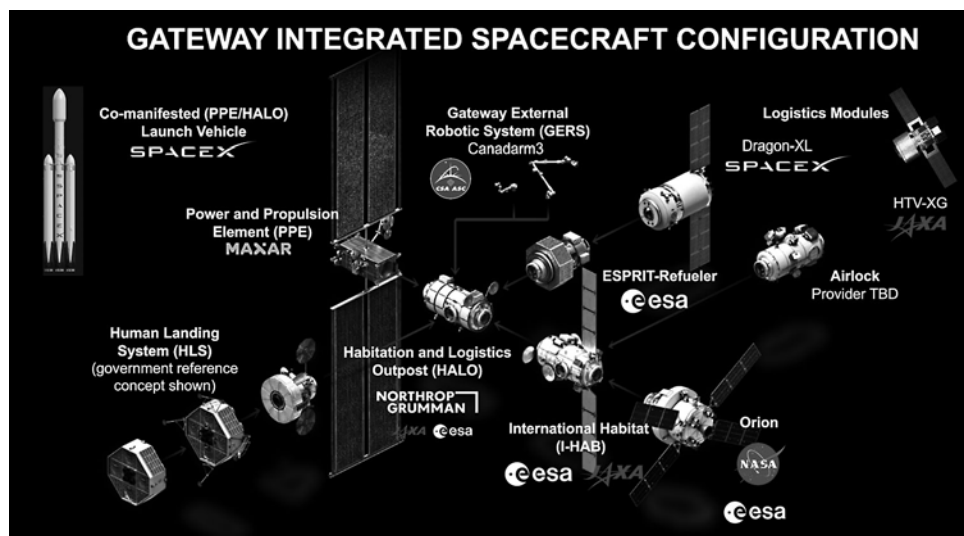
Jaki jest cel programu Artemis? Głównym jest powrót człowieka na Księżyc, w tym lądowanie na nim pierwszej kobiety i pierwszej niebiałej osoby. W ramach programu Artemis planowane są 3 główne misje: Artemis I – już trwa, Artemis II – lot załogowy na orbitę Księżyca i Artemis III – lądowanie na Księżycu.

Choć na pierwszy rzut oka może się wydawać, że program Artemis jest kopią misji Apollo, to jednak, jak się spojrzy głębiej, widać jak bardzo różnią się te 2 programy.

Główny cel misji to nauka, a nie polityczny podbój kosmosu. Co chcemy badać? Księżyc stanowi archiwum historii Układu Słonecznego. Na Ziemi mamy ruchy tektoniczne, erozję związaną z wiatrem i wodą, które usunęły najwcześniejszą geologiczną historię naszej planety. Za to Księżyc był od bardzo dawna geologicznie niezwykle stabilny, więc „pamięta” rzeczy, której naszej Ziemi umknęły. Zmiany w jasności i zachowaniu Słońca, intensywne bombardowanie komet i asteroid wewnętrznych części Układu Słonecznego i jego podróż przez Galaktykę, w tym w pobliżu wybuchających supernowych – to wszystko miało wpływ na naszą wspólną historię i w ten czy inny sposób jest „zapisane” na powierzchni, czy we wnętrzu Księżyca.

Chcemy na Księżycu pozostać i pracować, nie tylko go odwiedzić. Zatem ta misja stanowi wstęp do poznania, w jaki sposób używać zgromadzonych na Księżycu zasobów. Wytwarzanie tlenu do oddychania i paliwa do rakiet (tlenu i wodoru) z lodu zgromadzonego na biegunach, odzyskanie tlenu, metali i krzemu z minerałów księżycowych – to wszystko jeszcze przed nami. Gdy tego już się na Księżycu nauczymy, będziemy mogli użyć tej wiedzy jako platformy do naszej trwałej obecności w dalszych rejonach Układu Słonecznego, w tym na Marsie [2].

W ramach misji Artemis planowana jest też budowa pierwszej księżycowej stacji kosmicznej, Lunar Gateway, która ma stanowić nie tylko bazę wypadową na naszego satelitę, ale też w dalsze rejony Układu Słonecznego. Jej umieszczenie na orbicie jest planowane wstępnie na listopad 2024 roku [8].



Rys. 6. Pełny widok stacji kosmicznej Lunar Gateway, pokazujący elementy budowane przez prywatne firmy i organizacje kosmiczne

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_Gateway

Warto też podkreślić, że choć Artemis to flagowy program NASA, jest on budowany we współpracy z wieloma firmami (np. SpaceX), jak i światowymi agencjami kosmicznymi, w tym: europejską – ESA, kanadyjską – CSA i japońską – JAXA. I zarówno przy budowie tej stacji, jak i w samym programie Artemis pracuje wielu Polaków i wiele polskich firm.

Żyjemy w niezwykłym czasie, gdy osoby będące w szkole czy na studiach, w tym w Polsce, mają szereg możliwości, by pracować przy największych misjach eksploatacji Układu Słonecznego, badaniu Księżycu, a także przy przygotowaniu ludzkości do naszej stałej obecności na innych ciałach niebieskich. Mogą to zrobić zarówno

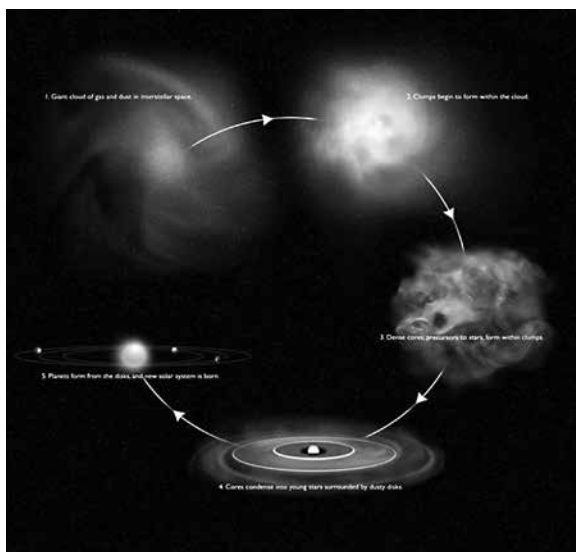
przez pracę w jednej z wielu agencji kosmicznych, firm – kontrahentów z sektora kosmicznego, czy innych prywatnych jednostkach, które, niezależnie od NASA, chcą m.in. wysłać ludzi na Księżyc. Najbliższe lata zapowiadają się jako wspaniały czas dla miłośników kosmosu, chcących połączyć pasję z życiem zawodowym.

Bibliografia

1. Apollo 11. W: NASA [online]. https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html. Stan z dnia 15.05.2023.
2. Apollo 17. W: NASA [online]. Tryb dostępu: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo17.html. Stan z dnia 15.05.2023.
3. Artemis I W: NASA [online]. Tryb dostępu: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-i/#top>. Stan z dnia 15.05.2023.
4. EUROPEAN Space Agency. ESA Space Resources Strategy [online]. Tryb dostępu: https://sci.esa.int/documents/34161/35992/1567260390250-ESA_Space_Resources_Strategy.pdf. Stan z dnia 15.05.2023.
5. EUROPEAN Space Agency. Future Moon exploration. W: *The European Space Agency* [online]. Tryb dostępu: https://www.esa.int/Education/Expedition_Home/Future_Moon_exploration. Stan z dnia 15.05.2023.
6. FILINGERI Lucia. The most ancient known representation of the Moon. „Paleolithic Art Magazine”. 2000. Tryb dostępu: <http://www.paleolithicartmagazine.org/pagina16.html>. Stan z dnia 09.05.2023.
7. GASPARINI Allison, WASSER Molly. Water on the Moon. W: *NASA Science Earth's Moon* [online]. Tryb dostępu: <https://moon.nasa.gov/inside-and-out/water-on-the-moon/>. Stan z dnia 15.05.2023.
8. Gateway. W: NASA. [online]. Tryb dostępu: <https://www.nasa.gov/gateway/overview>. Stan z dnia 15.05.2023.
9. HEWELIUSZ Jan. *Selenographia: sive Lunae Descriptio*. Gdańsk 1647.
10. HIGGITT Rebekah. Longitude. W: *Encyclopedia of the History of Science* [online]. Tryb dostępu: <https://ethos.lps.library.cmu.edu/article/id/451/>. Stan z dnia 09.05.2023.
11. JOLLIFF Bradley L., ROBINSON Mark S. The scientific legacy of the Apollo program. „Physics Today”. 2019, vol. 72, iss. 3, s. 44-50. Tryb dostępu: <https://pubs.aip.org/physicstoday/article/72/7/44/982029/The-scientific-legacy-of-the-Apollo-programThis?searchresult=1>. Stan z dnia 15.05.2023.
12. PELCZAR Maria (red.), WŁODARCZYK Jarosława (red.) *Jan Heweliusz*. Radom: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, 2011. ISBN 978-83-778-9032-5.
13. The Solar System and Beyond is Awash in Water. W: *Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology* [online]. 07.04.2025. Tryb dostępu: <https://www.jpl.nasa.gov/news/the-solar-system-and-beyond-is-awash-in-water>. Stan z dnia 15.05.2023.
14. WALL Mike. Jupiter's ocean moon Europa may have deep-sea volcanoes. W: *Space.com* [online]. Tryb dostępu: <https://www.space.com/jupiter-moon-europa-deep-sea-volcanoes>. Stan z dnia 15.05.2023

Życie gwiazd i wykorzystywanie ich energii

Streszczenie



Rys. 1. Schemat formacji gwiazd

Źródło: <https://astronomy.com/news/2012/03/astronomers-get-rare-peek-at-early-stage-of-star-formation>

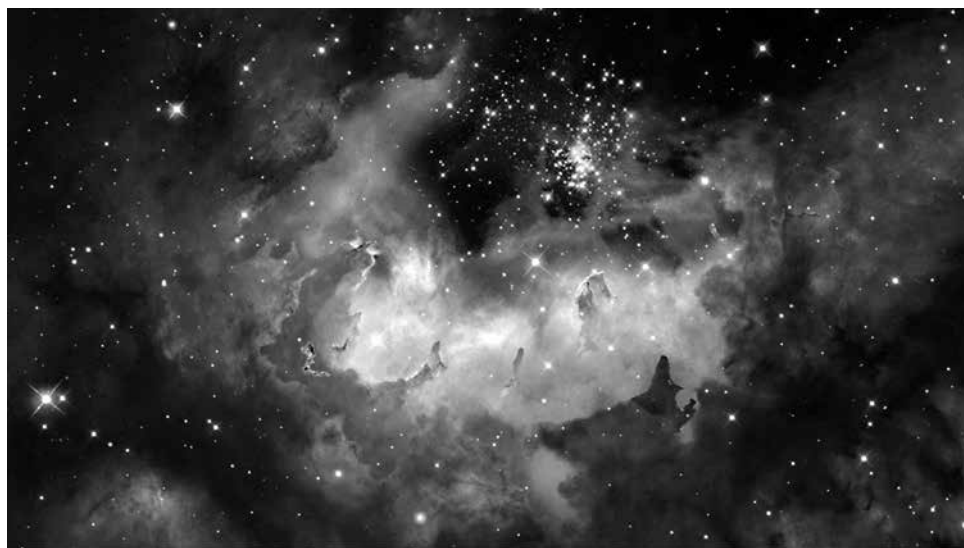
Wiele osób często ma pytania na temat, skąd się wzięły czarne dziury, czym jest gwiazda neutronowa, od czego zależy kolor gwiazdy, a odpowiedzi na te pytania można znaleźć, zagłębiając się w formację i cykl życia gwiazd. Wyjaśnię jak powstają gwiazdy, jak kończą swoje życie oraz co z nich potem powstaje. Pokażę również, jak studiowanie tematu gwiazd może wpłynąć na nasze codzienne życie, czyli – jak możemy pozyskać energię z reakcji zachodzących w jądrze Słońca.

Wszystko we wszechświecie krąży wokół własnej osi, wokół większego ciała, np. planety wokół gwiazdy, układy wokół centrum galaktyki, galaktyki wokół centrum masy mgławic galaktyk. Jest to spowodowane siłą grawitacji, która działa na wszystko, co znajduje się w kosmosie. Gwiazdy powstają w mgławici-

¹ Kinga Wysocka, III Liceum Ogólnokształcące im. Marynarki Wojennej RP w Gdyni.

cach. Przez siłę grawitacji przyciągają się cząsteczki gazu, które tworzą coraz większą formację i zaczynają krążyć wokół własnej osi. Wtedy siła grawitacji kompresuje środek formacji, tworząc jądro i powstaje protogwiazda, czyli w jądrze nie zachodzą jeszcze procesy termojądrowe. W płaszczyźnie obrotu zaczyna się tworzyć dysk akrecyjny oraz dysk protoplanetarny. Dysk akrecyjny bezpośrednio dostarcza więcej gazu do jądra protogwiazdy, a z kolei dysk protoplanetarny to miejsce, gdzie, gdy utworzy się już gwiazda, powstaną nowe planety.

Jednak coś musi zapoczątkować ten proces – może to być zderzenie dwóch obłoków molekularnych, wybuch supernowej albo bardzo silne wiatry słoneczne od młodych, masywnych gwiazd.



Rys. 2. Część Mgławicy Carina, w której powstają gwiazdy

Źródło: http://www.khadley.com/courses/astromony/ph_206/topics/starformation/index.html

Gdy powstanie już protogwiazda i dysk akrecyjny dostarcza coraz więcej gazu, w szczególności wodoru, z czasem grawitacja staje się coraz większa, a więc ciśnienie w jądrze rośnie, co zbliża protogwiazdę coraz bardziej do rozpoczęcia procesu termojądrowego. Jednak tuż przed tym powstaje gwiazda typu T-Tauri, która charakteryzuje się bardzo silnymi wiatrami gwiazdowymi oraz wyrzutami energii z biegunów gwiazdy. Jest to spowodowane momentem pędu. Jest on przedstawiany wzorem:

$$L = mVr$$

gdzie: L – moment pędu,

m – masa obiektu,

v – prędkość, z jaką się obraca się obiekt,

r – promień tego obiektu.

W momencie, gdy przez przyciąganie grawitacyjne w stronę jądra zmniejsza się promień, na którym rozmieszczona jest masa, musiałyby się drastycznie zwiększyć prędkość, co rozerwałoby gwiazdy. Dlatego, aby zmniejszyć moment pędu, gwiazda tworzy wyrzuty materii ze swoich biegunów, które jonizują cząsteczki gazu na ich drodze i sprawiają, że świecą. Takie obszary nazywamy obiektami Herbiga-Haro.



Rys. 3. Protogwiazda Sharpless 2-106

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Sharpless_2-106

Następnie, gdy dysk akrecyjny dostarczy do jądra protogwiazdy wystarczająco dużo wodoru, zaczyna się proces fuzji termojądrowej, która polega na łączeniu się lżejszych pierwiastków w cięższe.

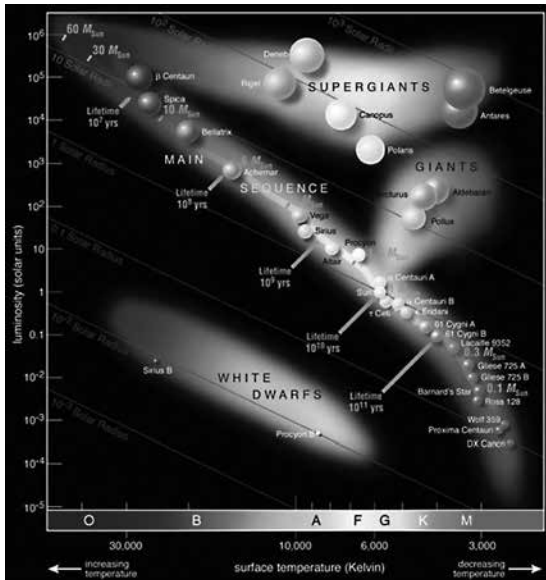
Przykładem zaobserwowanej protogwiazdy jest Sharpless 2-106. Jej wyrzuty materii mają długość ponad 2 lat świetlnych, a samej protogwiazdy nie widać przez gęsty dysk akrecyjny.

To, jak gwiazda będzie się rozwijać, zależy od jej masy, czyli od tego, gdzie się znajduje na diagramie Hertzsprung'a-Russell'a. Czy jest to gwiazda ciągu głównego, a więc potwierdza zasadę, że im cieplejsza, tym bardziej przesunięta w stronę spektrum zimniejszych kolorów oraz większa. Czy może należy do gwiazd karłowatych albo olbrzymów?

Ogólny podział gwiazd wygląda następująco:

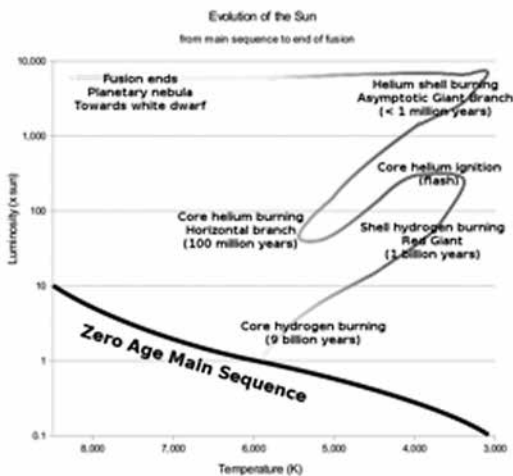
- niebieskie gwiazdy – duże, gorące, o masie nawet do 200 mas Słońca,
- żółte gwiazdy – średniej wielkości, ważą około jednej masy Słońca i jest to np. Słońce,
- czerwone gwiazdy – małe, chłodne, powyżej 0,1 masy Słońca,

- białe karły – małe, gorące, 0,2–1,3 mas Słońca,
- czerwone olbrzymy – chłodne, bardzo duże, 0,5–8 mas Słońca.



Rys. 4. Diagram Hertzsprung'a-Russell'a, który przedstawia zależność wielkości gwiazdy od jej koloru, czyli długości fali jej promieniowania

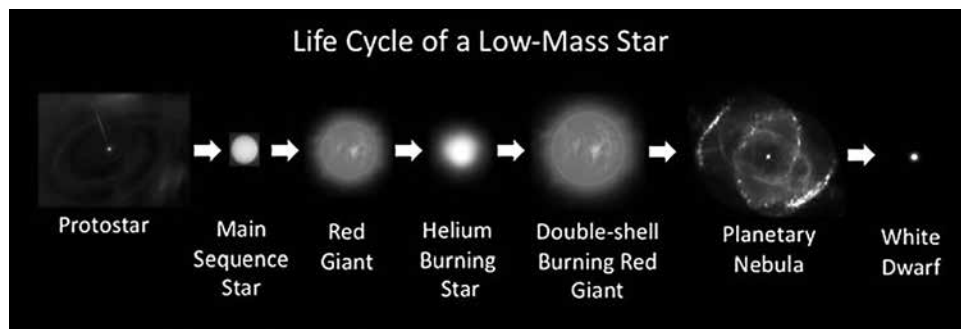
Źródło: <https://www.universetoday.com/39974/hertzsprung-russell-diagram/>



Rys. 5. Diagram cyklu życia mało masywnych gwiazd
Źródło: <https://courses.lumenlearning.com/suny-earthscience/chapter/stellar-life-cycle/>

W gwiazdach o małej i średniej masie po tym, jak w jądrze zaczął się proces fuzji, energia wydziela się najpierw w wyniku łączenia się ze sobą lżejszych izotopów wodoru w cięższe, a następnie deuteru w hel. Ten proces będzie trwał kilka milionów lat. Gwiazda będzie powoli spalała wodór wewnątrz swojego jądra, pozostając przy tym jednakowych rozmiarów i zachowując tę samą temperaturę. Potem, gdy prawie cały wodór zostanie spalony, zewnętrzne warstwy gwiazdy zaczną się rozszerzać, a jądro zmniejszać, aż do momentu, gdy zostanie bardzo mało wodoru, a jądro będzie wystarczająco gorące, aby zachodziły procesy łączenia się cięższych pierwiastków – po kolei węgla, a potem tlenu. W tym czasie gwiazda pulsuje, zmniejszając się i zwiększając, a na końcu zmniejszy się oraz stanie się niebieskawa. Jej jądro będzie wtedy składać się głównie z tlenu i węgla, z cienką otoczką helu i wodoru. Zostanie wtedy bardzo mało materiału do spalania, a więc jądro zacznie się zmniejszać, a resztki energii będą wypychać zewnętrzne warstwy. Powstanie mgławica planetarna, a w jej centrum zostanie jądro, które w końcu stanie się białym

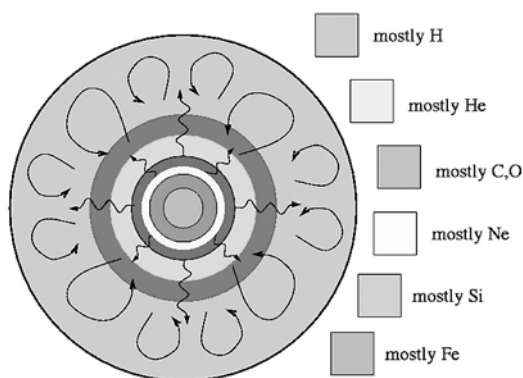
karłem, mniej więcej wielkości Ziemi. Z gazu w mgławicy planetarnej będą mogły powstać kolejne gwiazdy i proces będzie się powtarzał.



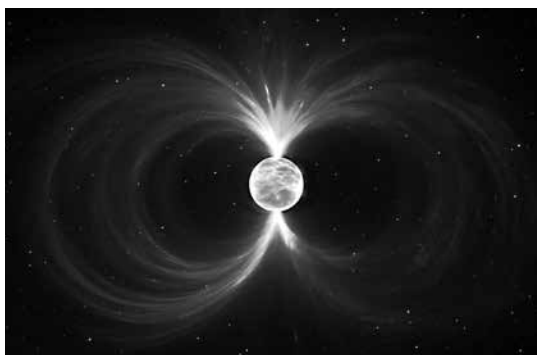
Rys. 6. Cykl życia mało masywnych gwiazd

Źródło: <https://nate-thegreat.weebly.com/blog/the-life-cycle-of-low-mass-stars>

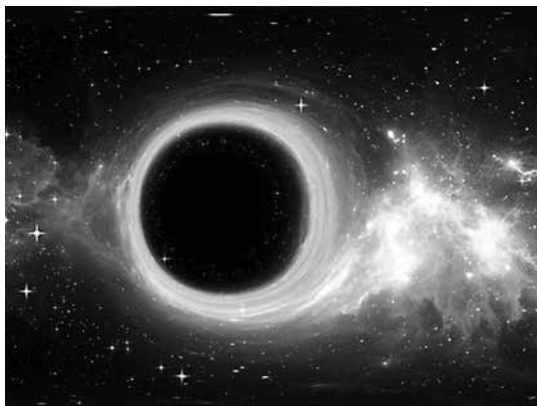
Cykl życia masywniejszych gwiazd jest jeszcze bardziej dynamiczny i trwa dużo krócej. Życie mało masywnej gwiazdy może trwać nawet kilka bilionów lat, a z kolei masywnych gwiazd kilka milionów, albo nawet kilkadziesiąt milionów, gdy gwiazda jest wystarczająco duża. Gdy gwiazda jest większa, działa na nią większa grawitacja. Oznacza to, że siła ją równoważąca, siła ciśnienia wynikająca z procesu fuzji termojądrowej, musi być również większa, a więc ciśnienie musi być większe, czyli temperatura w jądrze będzie wyższa. To spowoduje, że wodór będzie łączył się w hel dużo szybciej. Gdy zostanie go już bardzo mało, zewnętrzne warstwy gwiazdy rozszerzają się, a jądro się kurczy, tak samo jak w przypadku mało i średnio masywnych gwiazd. Jądro wtedy rozgrzeje się do takiego stopnia, że będą łączyły się ze sobą cięższe elementy – hel w węgiel, potem tlen, neon, krzem, aż do żelaza. Nie mogą łączyć się w jeszcze cięższe elementy, ponieważ takie reakcje nie wydzielająby energii, tylko ją pochłaniały. Dlatego, gdy w jądrze będą znajdować się już wszystkie warstwy pierwiastków od najcięższego żelaza w środku, do najbliższego wodoru na krawędzi, przestaje zachodzić proces fuzji termojądrowej. Wtedy nie ma już siły działającej na zewnątrz i siła grawitacji ścisza wszystko w sekundę. Obiekt tak duży, jak stąd do środka jądra Słońca, kompresuje się do czegoś wielkości mniej więcej jak stąd [tj. z Politechniki Gdańskiej] do Gdyni w mniej niż sekundę. Następuje wtedy wybuch supernowej, podczas którego mogą powstać cięższe pierwiastki. Supernowa jest tak jasna, że gdy patrzymy na nią przez teleskop, jest jaśniejsza od całej swojej galaktyki, a gdy jej wybuch następuje w naszej galaktyce, możemy ją zobaczyć gołym okiem. To, co zostaje w centrum wybuchu, także zależy od masy gwiazdy.



Rys. 7. Jądro masywnej gwiazdy

Źródło: <http://spiff.rit.edu/classes/phys230/lectures/sn/sn.html>

Rys. 8. Gwiazda neutronowa

Źródło: <https://stock.adobe.com/de/search?k=%22neutron+star%22>

Rys. 9. Ilustracja czarnej dziury

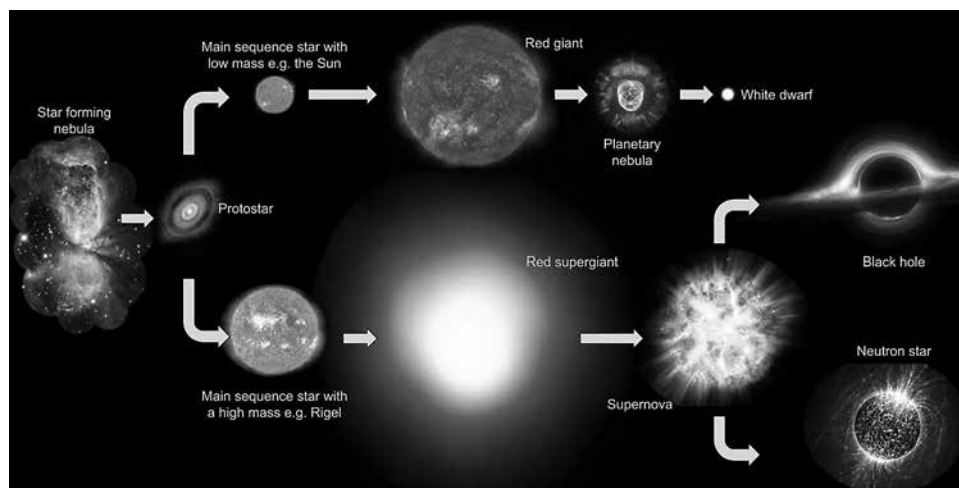
Źródło: <https://www.tudelft.nl/en/stories/articles/travelling-to-a-black-hole>

Po śmierci mało lub średnio masywnej gwiazdy, czyli o masie mniejszej niż 8 mas Słońca, zostaje biały karzeł, który nie ma wystarczającej masy, aby nastąpiło dalsze zmniejszenie. Jednak biały karzeł i tak jest bardzo gęsty – jedna łyżeczka białego karła waży około 15 ton, jest jakby z litego metalu. Masa graniczna białego karła wynosi 1,4 masy Słońca, ponieważ większa masa spowodowałaby dalsze zapadanie. Nazywamy to limitem Chandrasekhara.

Gdy jednak jądro gwiazdy waży więcej niż 1,4 masy Słońca, ale mniej niż 3 masy Słońca, będzie miała miejsce supernowa. W jej centrum ciśnienie będzie tak duże, że elektron i proton ścisną się ze sobą, tworząc neutron i wydzielając neutrino. Powstanie wtedy gwiazda neutronowa, której jedna łyżeczka waży 10 milionów ton. Ciekawostka – gdyby życie istniało na powierzchni takiej gwiazdy, byłoby w 2 wymiarach, z powodu tak silnej grawitacji.

Gdy jednak masa jądra gwiazdy przekracza 3 masy Słońca, w centrum wybuchu supernowej siła jest tak duża, że jest w stanie zgnieść ze sobą nawet neutrony. Wtedy powstaje osobliwość, czyli punkt o nieskończonej gęstości. Granicami czarnej dziury w sposób, jaki ją widzimy, jest horyzont zdarzeń, czyli bariera, której nawet fotony nie mogą przekroczyć, ponieważ

gravitacja jest tam tak potężna. Natomiast widoczna część dookoła czarnej dziury to dysk akrecyjny. Składa się on z obiektów, które właśnie połyka czarna dziura, a które uległy zjawisku spaghettifikacji, czyli wydłużeniu się przez siłę gravitacji. Efekt ten ma miejsce tylko wtedy, gdy czarna dziura jest wystarczająco masywna.



Rys. 10. Cykl życia gwiazd

Źródło: <http://www.alevelphysicsnotes.com/astrophysics/deadstars.php>

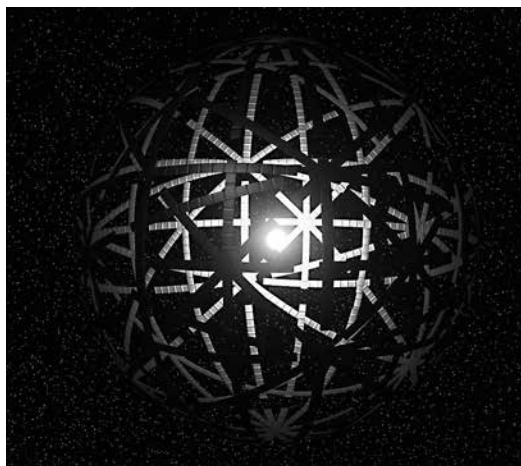
We wszechświecie zachodzą cały czas procesy, które wydzielają olbrzymie ilości energii. W porównaniu z tymi procesami ilość zużywanej przez ludzkość energii to tak, jak nic. Dlatego nie jest konieczna możliwość wykorzystania całej energii z np. wybuchu supernowej. Wystarczyłoby stworzenie wielkiej konstrukcji dookoła gwiazdy, która wykorzystywałaby jej energię. Nie mogłaby to jednak być konstrukcja połączona ze sobą, tak jak to jest na Ziemi, ponieważ najprawdopodobniej zapadłaby się pod ciężarem Słońca. Musiałaby to być sieć satelit, które zbierają energię z promieni słonecznych.

Stworzenie takiej struktury byłoby olbrzymim krokiem naprzód dla technologii, porównywalnym do odkrycia ognia przez ludzi pierwotnych. Pozwoliłoby to na terraformację planet, rozwiązanie problemu globalnego ocieplenia oraz osiągnięcie wszystkich 17 celów zrównoważonego rozwoju UN oraz zapoczątkowałoby podróże międzygwiazdne.

Jednak zbudowanie takiej sfery byłoby bardzo trudne. Gdyby każdy satelita miał 1 km kwadratowy, potrzebne by było 30 kwadrylionów, a do ich zbudowania 100 kwadrylionów ton materiału. Zrobienie tego przy wykorzystaniu zasobów Ziemi jest niemożliwe. Wykorzystując wszystkie złoża naturalne uranu na Ziemi, możliwe byłoby wyrzucenie w kosmos czegoś o rozmiarach podobnych do rozmiarów Mount

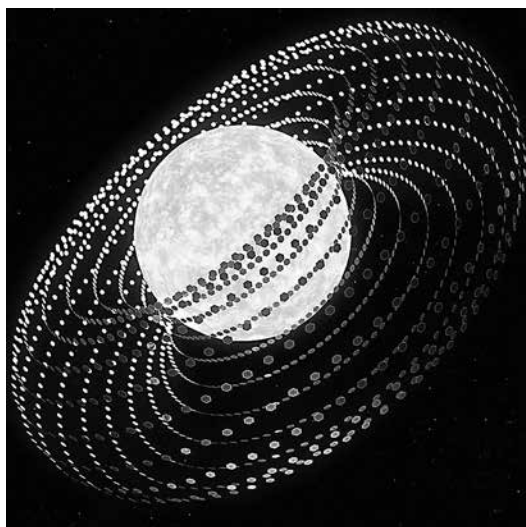
Everestu. Można by jednak wykorzystać do tego prawie wszystkie zasoby innej planety. Najlepszym kandydatem jest Merkury, ponieważ jest najbliżej Słońca, ma duże złoża metali, nie ma atmosfery, a przyciąganie na jego powierzchni jest ponad 3 razy mniejsze niż na Ziemi.

Problem stworzenia takiej konstrukcji można podzielić na trzy kategorie: materiały, projekt i energię. Materiały wzięlibyśmy z Merkurego, który byłby w pełni poświęcony do stworzenia tego projektu. Co do projektu, to na pewno wiemy, że musi



Rys. 11. Sfera Dysona jako konstrukcja

Źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Dyson_sphere



Rys. 12. Sfera Dysona jako sieć satelitów

Źródło: <https://www.worldatlas.com/space/what-is-a-dyson-sphere.html>

być to sieć satelitów, a nie połączona ze sobą konstrukcja. Satelity to mogą być panele słoneczne, ale trzeba by było bardzo dużej ilości energii, aby wystrzelić małą sieć takich satelitów. Zamiast tego mogłyby to być lustra, które skupiałyby promienie słoneczne w jednym miejscu na Ziemi, gdzie byłyby potężne panele słoneczne. Energia potrzebna do zbudowania takiej sieci satelitów jest porównywalna do energii uzyskiwanej ze sfery Dysona, a więc potrzeba sfery Dysona, aby stworzyć sferę Dysona.

A jednak jest rozwiązanie. Najpierw potrzeba by było kilku satelitów, z których wykorzystana energia byłaby przeznaczona na tworzenie kolejnych. Z jednego satelity byłyby dwa, potem cztery i tak dalej wykładniczo. Prace miałyby miejsce na Merkurym, gdzie panują śmiertelne warunki dla człowieka, ale założymy, że jest możliwość stworzenia małych hubów, w których można przeżyć. Jednak dostarczenie tam ludzi i utrzymanie ich tam przy życiu jest bardzo drogie i nieopłacalne, dlatego chcemy jak najbardziej zautomatyzować proces. Na miejscu byłaby tylko mała grupa nadzorująca pracę.

Na Merkurym byłyby potrzebne 4 rodzaje maszyn: panele słoneczne, maszyny rafineryjne, maszyny górnicze oraz system wystrzelenia satelity na orbitę Słońca. Panele słoneczne najpierw byłyby wystrzelone na orbitę, aby zacząć cały proces. Zasilająby maszyny górnicze, które wydobywałyby tuż spod powierzchni oraz z powierzchni materiały potrzebne do zbudowania lusterek i systemu rozkładania oraz wzmocnień. Potem elementy wydobyte byłyby dostarczane do maszyn rafineryjnych, które także byłyby zasilane panelami słonecznymi oraz tworzyłyby satelity. Gotowe satelity muszą być jeszcze dostarczone na orbitę Słońca. Używane do tego rakiety wykorzystywałyby za dużo energii, ponieważ jest jej bardzo trudno użyć ponownie. Zamiast tego można użyć wyrzutni wytwarzającej pole elektromagnetyczne, które nadałyby satelitom dużą prędkość, aby przezwyciężyć siłę grawitacji Merkurego i wejść na orbitę Słońca. Po wystrzeleniu satelity rozkładałyby się, tworząc olbrzymią powierzchnię lustrzaną. Wyprodukowanie 1 kilometra kwadratowego takich satelitów trwałoby około 10 lat. Jednak, aby wykorzystać całą tę energię, która jest skupiana na Ziemi, trzeba stworzyć ogromne panele słoneczne. Panele słoneczne składają się z ogniw fotowoltaicznych.



Rys. 13. Zdjęcie stosu ogniw fotowoltaicznych

Źródło: <https://www.weforum.org/agenda/2020/02/solar-energy-plant-power-renewables/>

Działanie takich ogniw polega na występowaniu efektu fotowoltaicznego na złączu dwóch półprzewodników – jeden jest typu p , a drugi n , dlatego nazywane są złączami p - n . Na obszarze typu p jest więcej dziur, czyli wolnych miejsc po elektronach, a na obszarze typu n jest więcej wolnych elektronów. Elektrony wędrują z obszaru typu n do p , a dziury z p do n , przez co powstaje pole elektryczne. Pole to przeciwdziała dalszej dyfuzji większościowej, jednocześnie wzmagając ruch elektronów i dziur do przeciwnych obszarów. W równowadze termodynamicznej pola te się znoszą, jednak gdy wytworzymy zewnętrzne pole elektryczne, przez złącze po-

płyń prąd. Gdy na ogniwo pada promieniowanie elektromagnetyczne w postaci promieni słonecznych, elektrony w ogniwach są bombardowane przez fotony, które też niosą ze sobą energię. Po zderzeniu, gdy elektron pochłania foton, to przejmuje jego energię, a tym samym przechodzi do stanu wzbudzenia. To sprawia, że opuszcza swoją orbitę i powstaje dziura. Przez pole elektryczne podąża w jednym kierunku, co powoduje, że elektrony podążają do obszaru p , a dziury do obszaru n . To powoduje różnice potencjałów i przepływ prądu. Łącząc ze sobą ogromną ilość takich ogniw, tworząc ogromne panele i potem łącząc ze sobą te ogromne panele, możemy być w stanie przekształcić energię słoneczną w energię elektryczną. Panele jednak muszą być bardzo wytrzymałe, ponieważ natężenie światła będzie bardzo duże. Kiedyś będzie to możliwe.

Stworzenie takiej struktury jest ogromnym krokiem dla cywilizacji oraz początkiem wielkiego rozwoju, można nawet powiedzieć, że granicą, którą każda cywilizacji musi pokonać, aby stać się międzygwiazdną cywilizacją. Można tego dokonać tylko wtedy, gdy skupimy się na szerszych perspektywach, które mają znaczenie na dłuższą metę, a nie na małych różnicach w poglądach lub drodze, jaką chcemy dojść do tego samego celu.

Bibliografia

1. BOYLE Rebecca. Sekretne życie Słońca. „Świat Nauki”. 2018, nr 7, s. 24–31. ISSN 0867-6380.
2. CHMIELNIAK Tadeusz. Energetyka słoneczna. W: CHMIELNIAK Tadeusz. *Technologie energetyczne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 437–472. ISBN 978-83-01-21719-8.
3. GATER Will, VAMPLEW Anton. *Astronomia : przewodnik*. Warszawa: Wydawnictwo Arkady, 2022. ISBN 978-83-213-5206-0.
4. GÓRALCZYK Izabela, TYTKO Ryszard. Słoneczne instalacje grzewcze odnawialne: odnawialne źródła energii. „Aura”, 2015, nr 9, s. 13–16. ISSN 0137-3668.
5. GÓRALCZYK Izabela, TYTKO Ryszard. Typowe elementy słonecznej instalacji grzewczej: odnawialne źródła energii. „Aura”, 2015, nr 10, s. 14–16. ISSN 0137-3668.
6. KWIATKIEWICZ Piotr. Od odkrycia zjawiska fotowoltaicznego po farmy solarne: zarys dziejów badań teoretycznych nad zjawiskiem fotowoltaicznym oraz jego praktycznym zastosowaniem: studium historyczne. W: Kwiatkiewicz Piotr (red.), SZCZERBOWSKI Radosław (red.), OSTANT Witold (red.), JAGUSIAK Bogusław (red.). *Ład energetyczny: idee i rzeczywistość*. Poznań: Fundacja na Rzecz Czystej Energii, 2019, s. 197–208. ISBN 978-83-64-54136-0.
7. SPARROW Giles. *Astronomia: 50 idei, które powinieneś znać*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2021. ISBN 978-83-01-21719-8.
8. ZNAJDEK Katarzyna, SKIBIŃSKI Maciej. *Postęp w fotowoltaice; struktura i wytwarzanie ogniwa PV projektowanie i zastosowanie systemów fotowoltaicznych klasyczne i nowatorskie ogniwa słoneczne w praktyce*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2021. ISBN 978-83-01-21666-5.

Słońce, Księżyc – spójrzmy w niebo
okiem naukowca lub artysty



Rozdział IV

MATEMATYKA

Geometria nieba, czyli co widzi matematyk i jak liczy odległości

Wstęp

Zacniemy od zdefiniowania podstawowych dwóch słów składających się na główny tytuł tego artykułu. Jak dobrze wiadomo, geometria [gr. *gē* 'ziemia', *metréō* 'mierzę'] jest dziedziną matematyki, która zajmuje się badaniem figur, czyli fragmentów rozmaitych przestrzeni (*Encyklopedia PWN*). W zależności jaką z nich mamy na myśli, to mówimy o różnych rodzajach geometrii. Za ojca tej dziedziny matematyki uważa się Euklidesa. W swoim dziele „Elementy”, datowanym na 300 r. p.n.e., zawarł dedukcyjny wykład geometrii, w którym opisał teorie poznane do III wieku p.n.e. zgodnie z tradycyjnymi regułami logiki na podstawie przyjętych pojęć i aksjomatów (w liczbie pięciu). Uznaje się, że do III w. p.n.e. wielki wkład w rozwój geometrii mieli mieszkańcy Mezopotamii, Egiptu, ale przede wszystkim matematycy starogrecy. Dali oni podwaliny między innymi pod trygonometrię i geometrię sferyczną.

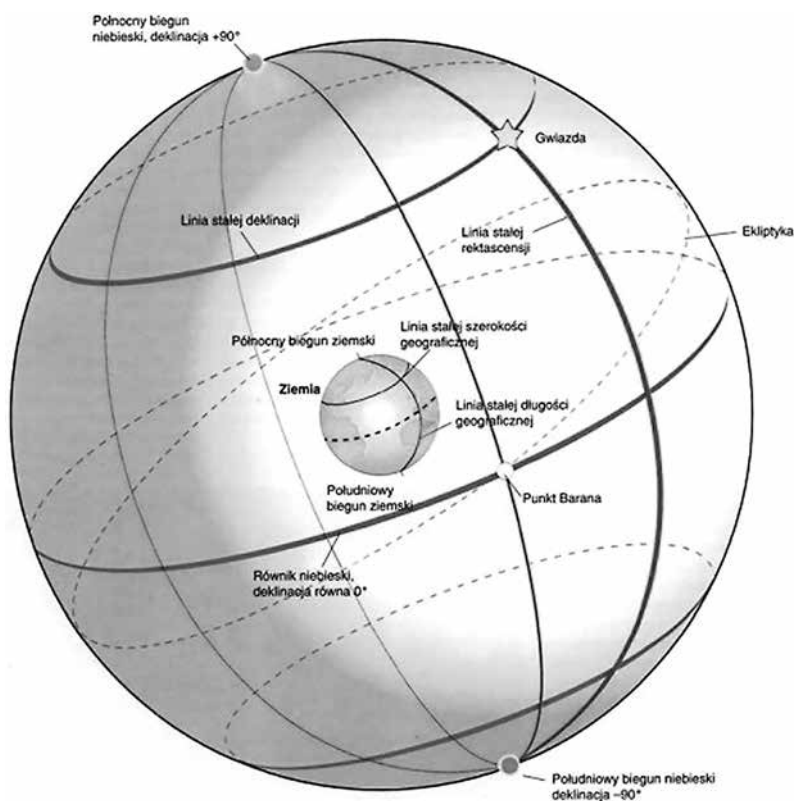
Pojęciami geometrii, które będziemy wykorzystywać w dalszej części tego artykułu, są figura geometryczna oraz bryła. Pierwsze pojęcie oznacza dowolny zbiór punktów na płaszczyźnie lub w przestrzeni, np. linia, trójkąt, sfera, kula (*Encyklopedia PWN*). Bryła to dowolny obszar przestrzenny wraz z powierzchnią ograniczającą (*Encyklopedia PWN*). Reprezentantem tak zdefiniowanego obszaru jest na przykład sfera. I tu dochodzimy do drugiego słowa tytułu: „niebo”. Dla matematyka lub astronoma jest to potoczna nazwa sfery niebieskiej. Tę definiujemy jako twór geometryczny, sferę o dowolnym promieniu, w której środku znajduje się obserwator (*Encyklopedia PWN*). Ważnym elementem każdej sfery, czy to ziemskiej, czy niebieskiej, są koła wielkie, czyli części wspólne kuli i przechodzącej przez jej środek płaszczyzny

¹ Hanna Guze, Politechnika Gdańska, Centrum Matematyki.

² Sambor Guze, Uniwersytet Morski w Gdyni, Wydział Nawigacyjny.

(*Encyklopedia PWN*). Przykład sfery niebieskiej wraz z opisem jej elementów ukazany jest na rys. 1. Odpowiednikami równoleżników i południków ziemskich na sferze niebieskiej są deklinacja oraz rektascensja. Czyli są to linie pozwalające na określenie położenia obiektów na sferze niebieskiej. Co ważniejsze, ich położenie zazwyczaj pozostaje stałe wobec gwiazd. Mamy już słownik pojęć, to przejdźmy do wskazania elementów sfery niebieskiej. Są to:

- północny i południowy biegun niebieski (odpowiednio deklinacja $+90^\circ$ oraz -90°);
- linia stałej deklinacji;
- linia stałej rektascensji;
- równik niebieski (deklinacja 0°);
- ekliptyka – wielkie koło na sferze niebieskiej, wzdłuż którego obserwuje się roczny ruch Słońca;
- punkt Barana – punkt przecięcia się ekliptyki z równikiem niebieskim, w którym znajduje się Słońce w chwili równonocy wiosennej.



Rys. 1. Sfera niebieska

Źródło: <https://odkrywcyplanet.pl/zenit-i-nadir/>

Patrząc w niebo, wszyscy widzimy ciała niebieskie, to znaczy obiekty znajdujące się w przestrzeni Wszechświata. Zaliczamy do nich: Słońce, planety i ich księżyce, planetoidy, komety, meteoroidy, gwiazdy, mgławice i in. One z kolei tworzą gwiazdozbiory, czyli obszary sfery niebieskiej o umownie wyznaczonych granicach (*Encyklopedia PWN*). Te obiekty astronomiczne możemy przedstawić na płaszczyźnie. Przykładem takiego odwzorowania ciał niebieskich widzianych na sklepieniu sfery niebieskiej jest mapa nieba. Dla nieba nad Gdańskiem w dniu 24.11.2022 r. o godzinie 20:45 pokazana jest ona na rys. 2.



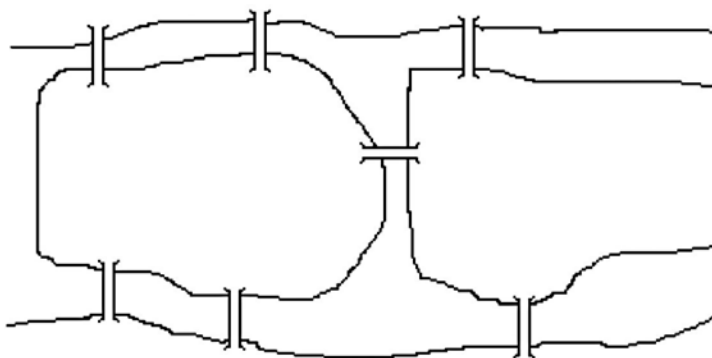
Rys. 2. Mapa nieba nad Gdańskiem w dniu 24.11.2022 r., godzina 20:45

Źródło: <https://www.heavens-above.com>

Mapa nieba oparta jest o współrzędne astronomiczne ciał niebieskich wyrażonych za pomocą zdefiniowanych wyżej deklinacji i rektascensji w układzie równikowo-południkowym. To właśnie na nich możliwe jest pokazywanie określonych gwiazd czy gwiazdozbiorów.

Figury, bryły a może jednak grafy

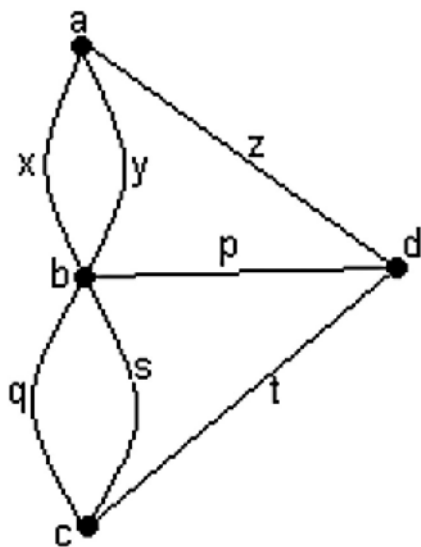
Dzięki odwzorowaniu położenia ciał niebieskich na mapach nieba jesteśmy w stanie „wirtualnie” łączyć obiekty na niebie w określone zbiory i kształty. Nie można jednak przy tym zapominać, że te obiekty są tylko pozornie płaskie, co wynika z rzutu części sfery niebieskiej na płaszczyznę. Czyli z jednej strony widzimy figury płaskie, ale w rzeczywistości są one umieszczone w przestrzeni trójwymiarowej i przy wykorzystaniu dodatkowych ciał niebieskich w ich oparciu moglibyśmy tworzyć bryły. Jednak można też powiedzieć, że widzimy grafy. Są to obiekty matematyczne, zwykle oznaczane jako $G=(V,E)$, które składają się z niepustego zbioru wierzchołków V oraz zbioru połączeń między nimi (krawędzi) E , który jest zbiorem dwuelementowym podzbiorów V . Początki teorii grafów, bo tak nazywa się dział matematyki zajmujący się grafami, sięgają 1736 roku. Wówczas szwajcarski matematyk Leonhard Euler rozwiązał tzw. problem mostów królewieckich. Polegał on na znalezieniu takiego spaceru po mapie przedstawionej na rys. 3, który przechodzi przez każdy z siedmiu mostów dokładnie raz i kończy na tej części lądu, na której się zaczął.



Rys. 3. Schematyczna mapa mostów w Królewcu

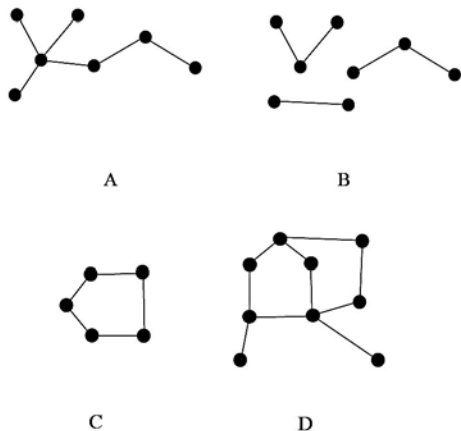
Źródło: opracowanie własne

Do rozwiązania tego problemu Euler posłużył się grafem, który pokazany jest na rys. 4. Wierzchołki $V=\{a, b, c, d\}$ odpowiadają częściom lądu, a krawędzie $E = \{p, q, s, t, x, y, z\}$ reprezentują odpowiednie mosty. Spacerem w grafie jest naprzemienny ciąg wierzchołków i krawędzi, w którym te ostatnie się nie powtarzają i łączą wierzchołki,



Rys. 4. Graf mostów w Królewcu

Źródło: opracowanie własne

Rys. 5. Przykłady grafów: drzewo (A), las (B), cykl C_5 (C), dowolny graf (D)

Źródło: opracowanie własne.

między którymi leżą w tym ciągu (Wilson, 2000).

Euler wskazał, że tak nie da się zrealizować spaceru po Królewcu i dodatkowo udowodnił twierdzenie, które mówi, kiedy to będzie możliwe, a kiedy nie dla dowolnych grafów (Wilson, 2000).

Dla potrzeb tego artykułu nie będziemy opisywać szczegółowo poszczególnych rodzin grafów, a skupimy się na drzewach, lasach, grafach cyklicznych oraz dowolnych (tzw. prostych, czyli bez krawędzi wielokrotnych). Przykłady wskazanych typów grafów prezentuje rys. 5.

Dla wyjaśnienia, grafy cykliczne o n wierzchołkach charakteryzują się tym, iż wierzchołek początkowy jest także wierzchołkiem końcowym spaceru w grafie. Oznaczamy je symbolem C_n . Drzewa z kolei są grafami acyklicznymi, tzn. nie zawierają cykli (przykład na rys. 5A). Las, tak jak w przyrodzie, zawiera wiele drzew.

Weźmy teraz pod uwagę dwa wybrane gwiazdozbiory ukazane na rys. 6.

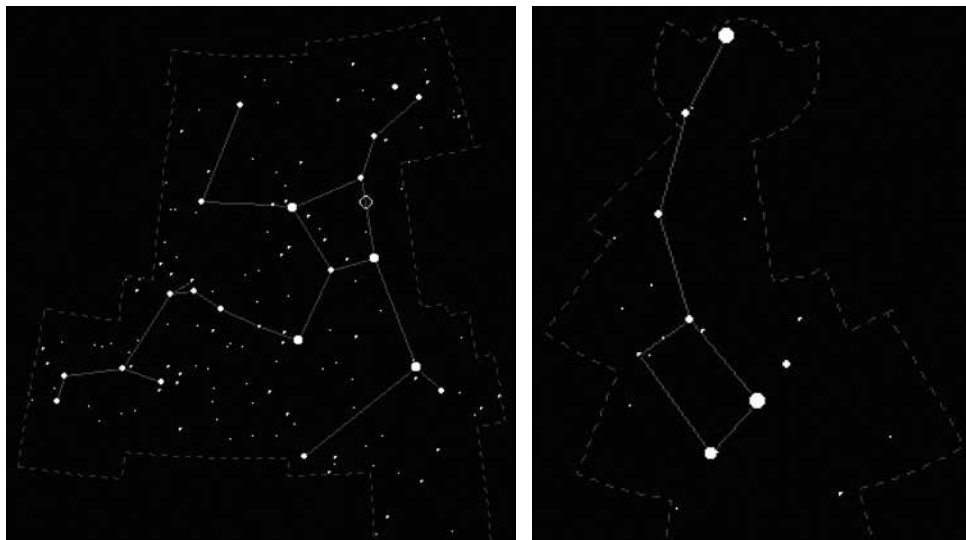
Jeżeli patrzymy na nie zgodnie z definicjami geometrii, to widzimy odpowiednio:

- czworokąt oraz 3 proste (lub odcinki) – rys. 6A;
- czworokąt oraz 22 proste (lub odcinki) – rys. 6B.

Z kolei, gdy rozpatrywać będziemy te gwiazdozbiory w oparciu o teorię grafów, to widzimy:

- dowolny graf o 7 wierzchołkach oraz 7 krawędziach – rys. 6A;
- dowolny graf o 22 wierzchołkach oraz 22 krawędziach – rys. 6B.

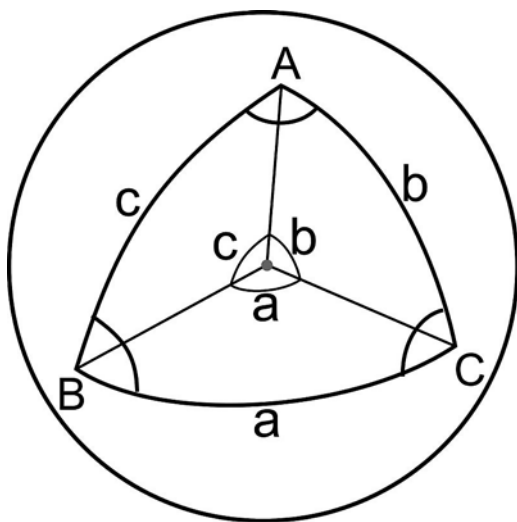
Taka jest różnica w tym, co widzą matematycy zajmujący się różnymi dziedzinami matematyki.



Rys. 6. Gwiazdozbiory (od lewej): Herkules, Mała Niedźwiedzica

Źródło: <http://astro.jasiu.pl>

Trygonometria płaska a trygonometria sferyczna

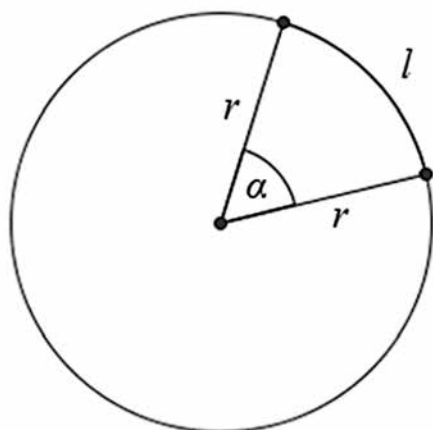


Rys. 7. Przykładowy trójkąt sferyczny

Źródło: opracowanie własne na podstawie rysunku autorstwa Petera Mercatora

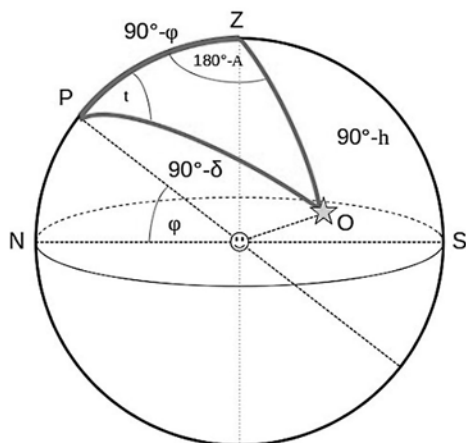
Jednym z twórców trygonometrii sferycznej jest Menelaos z Aleksandrii, który w swoim dziele „Sphaerica” zdefiniował trójkąt sferyczny jako figurę mającą trzy wierzchołki, której bokami są odcinki kół wielkich. Pokazał również jak wykorzystać geometrię sferyczną dla potrzeb astronomii. Przykładowy trójkąt sferyczny prezentuje rys. 7.

Aby zobrazować różnicę między trygonometrią płaską a sferyczną na rys. 7, kolorem czerwonym wykreślono trójkąt płaski. Jak widać, sposób pomiaru długości boków obu trójkątów jest inny, co pokazuje rys. 8.



Rys. 8. Miara odległości w trygonometrii płaskiej i sferycznej

Źródło: opracowanie własne na podstawie <https://www.matemaks.pl/okrag-i-kolo.html>



Rys. 9. Przykładowy trójkąt paralaktyczny

Źródło: <https://astronet.pl/autorskie/oa/astrologia-sferyczna-5-trojkat-paralaktyczny/>

W trójkącie płaskim miara długości (odległości) wyrażona jest metrycznie (np. w km) za pomocą wzoru:

$$d = 2 \cdot r \cdot \sin(\alpha)$$

Natomiast w trójkącie sferycznym miara ta wyrażona jest kątoowo, co odpowiada wzorowi:

$$l = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

Szczególnym przypadkiem trójkąta sferycznego jest trójkąt paralaktyczny. Jest on oparty o trzy punkty sfery niebieskiej (oznaczone na rys. 9):

- zenit (Z),
- północny biegun niebieski (P),
- docelowy obiekt na niebie (O), np. Gwiazda Polarna.

Można przyjąć, że matematycy tak liczą (mierzą) odległości obiektów sfery niebieskiej.

Podsumowanie

Najważniejszym celem tego artykułu jest przybliżenie pojęć matematycznych, które mogą być wykorzystane przy opisywaniu położenia ciał niebieskich na niebie. Trzeba mieć na uwadze, że gwiazdozbiory są „rysowane” tylko i wyłącznie na mapach nieba. Matematycznie ich wygląd może być uznany za rzut układu ciał niebieskich na sferę niebieską. W rzeczywistości leżą one w różnych odległościach od obserwatora na Ziemi i nie są ze sobą fizycznie połączone. Jedną z możliwości opisywania wyglądu gwiazdozbiorów jest graf, w którym ciała niebieskie tworzą zbiór jego wierzchołków, a wirtualne połączenia – zbiór krawędzi.

Bibliografia

1. EUKLIDES. *Elementy. Teoria proporcji i podobieństwa*. Wyd. 2. Kraków: Copernicus Center Press, 2017. ISBN 978-83-788-6327-4.
2. Geometria. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/szukaj/geometria.html>. Stan z dnia 24.11.2022.
3. SMOLAREK Leszek. *Trygonometria sferyczna dla navigatorów*. Gdynia: Wydawnictwo Akademii Morskiej, 2010. ISBN 978-83-742-1078-2.
4. WILSON Robin James. *Wprowadzenie do teorii grafów*. Wyd. 2. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000. ISBN 83-01-12641-8.

GPS (Global Positioning System)

Krótką historia GPS

Zanim powstał GPS amerykańska armia stworzyła Transit, system który miał za zadanie pomagać marynarce wojennej w nawigacji morskiej [11]. Całość składała się z **10 satelitów**², które okrążyły Ziemię w czasie 106 minut. System pozwalał na określenie odległości z dokładnością do 200 metrów przy odświeżaniu danych co 15 minut. Niedokładność i brak ciągłego pozycjonowania nakłonił armię amerykańską do rozpoczęcia prac nad nowym systemem – *Global Positioning System* [5]. Nowy system miał wyeliminować wady poprzednika, czyli zwiększyć dokładność pozycjonowania oraz pozwalać na ciągłe określenie lokalizacji. Do prac przystąpiono w 1972 roku, jednakże pierwsze testy odbyły się w 1974, a pełną sprawność uzyskano dopiero w 1995 roku.

Dlaczego rozwiązanie wojskowe trafiło do cywili?

W czasach zimnej wojny samolot koreańskich linii lotniczych lecący na trasie Anchorage – Seul, w wyniku błędów nawigacyjnych wleciał na terytorium Związku Radzieckiego i został zestrzelony [9]. W katastrofie zginęło 269 osób w tym 62 obywatele Ameryki. Po tym wydarzeniu Stany Zjednoczone udostępniły GPS do zastosowań cywilnych.

Podstawowe parametry systemu GPS

System GPS składa się z trzech segmentów. Pierwszy to segment kosmiczny, zawierający 31 satelitów orbitujących wokół Ziemi. Kolejne dwa to: segment naziemny, składający się szeregu stacji kontrolnych i monitorujących na Ziemi oraz segment użytkownika, zawierający odbiorniki sygnału [5].

¹ Stanisław Rybak, Zespół Szkół Łączności w Gdańsku im. Obrońców Poczty Polskiej.

² W tym 5 użytkowych i 5 zapasowych.



Rys. 1. Lot koreańskich linii lotniczych 1 września 1983 roku.
Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Katastrofa_lotu_Korean_Air_007

do zmniejszenia błędów powstających w wyniku zakłóceń lub wykrywania zagrożeń. Na częstotliwości 3 (1381,05 MHz) monitorowane są zmiany, które mogłyby świadczyć o wybuchu jądrowym. Na częstotliwość 4 (1397,913 MHz) możliwe są badania pod kątem dodatkowego uodpornienia na zakłócenia jonosferyczne. Natomiast fale o częstotliwości 5 (1176,45 MHz) nadawane są w wydzielonym paśmie na arenie międzynarodowej i są głównie wykorzystywane w żegludze powietrznej podczas startów i lądowań samolotów. Tylko ściśle określone informacje mogą być tam nadawane. Częstotliwość ta zwiększa dokładność pozycjonowania, jaką gwarantują częstotliwości 1 i 2, co jest szczególnie potrzebne podczas trudnych warunków pogodowych takich jak mgła.

Satelity są w ciągłym ruchu, zatem aby system działał poprawnie, istotnym elementem jest czas. Każdy satelita jest wyposażony w **zegar atomowy**³, dzięki czemu jego sygnał jest dokładnie zsynchronizowany z całym systemem.

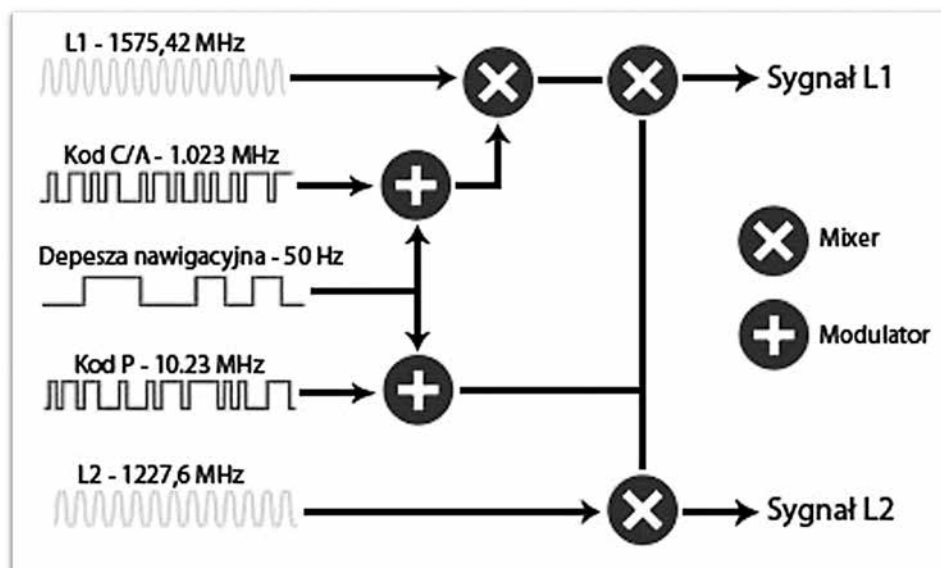
Sygnał emitowany przez satelity GPS ma postać fali nośnej, którą koduje się m.in.:

- kodem *C/A*, taktowanym częstotliwością 1,023 MHz, odpowiedzialnym za identyfikację satelity,
- kodem *P*, taktowanym częstotliwością 10,23 MHz, korygującym zakłócenia atmosferyczne.

³ Ze względu na różnice w działaniu zegarów na Ziemi i w kosmosie wynoszące 8 μ s, należy korygować ich prace.

Na kody nakładana jest depeza nawigacyjna zawierająca między innymi **dane efemerydalne**⁴ [3], informację o parametrach zegara satelity oraz model poprawki jonosferycznej.

Schemat kodowania sygnałów $L1$ i $L2$ przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat kodowania sygnałów $L1$ i $L2$

Źródło: <https://technologiagps.org.pl/dzialanie-gps.html>

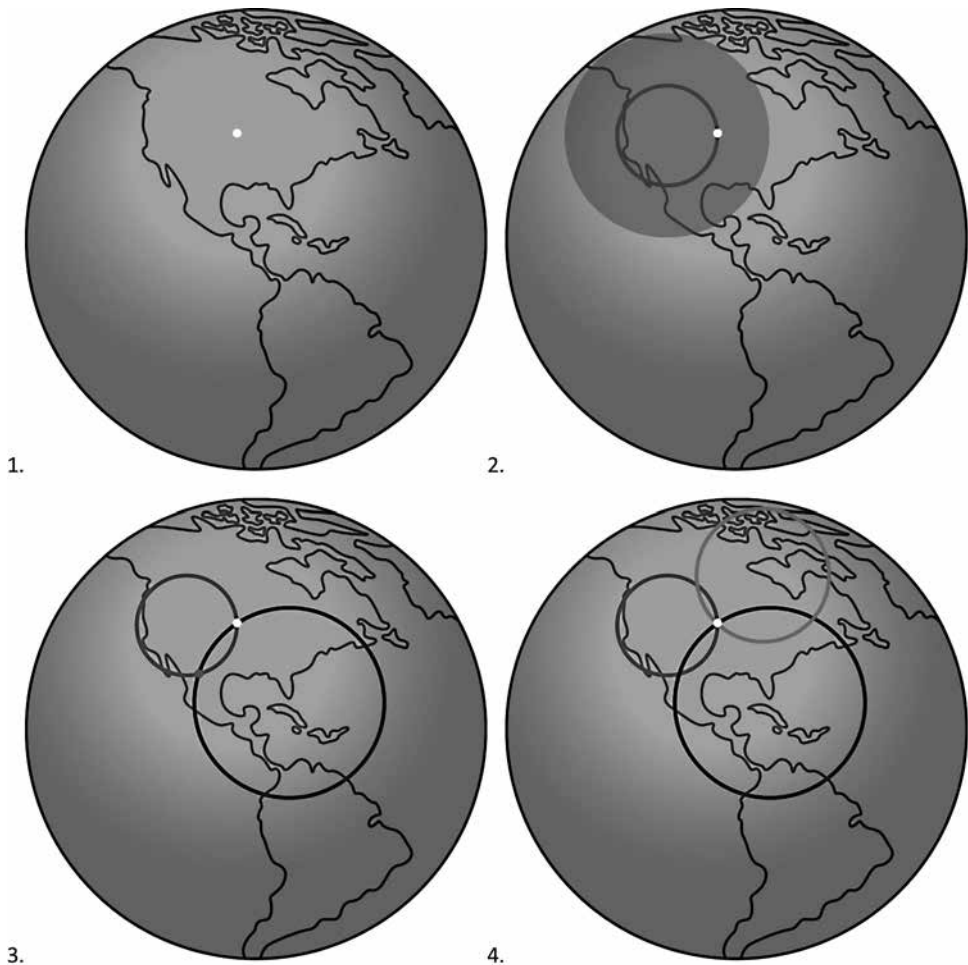
Przekaz sygnału odbywa się jednokierunkowo. Odbiorca otrzymuje zakodowany sygnał (od każdego satelity inaczej) z informacją o położeniu satelity i czasie jego zegarów atomowych. Odbiornik przy pomocy tych informacji jest w stanie określić czas, z jakim sygnał dotarł do niego, drogę jaką pokonał oraz swoją pozycję względem satelitów. Odbiornik do poprawnego określenia lokalizacji potrzebuje informacji od czterech satelitów, trzy z nich odpowiadają za określenie położenia, a czwarty za synchronizację zegarów.

1. Położenie odbiorcy.
2. Fioletowe koło oznacza obszar, na jakim można odebrać sygnał z satelity. Fioletowy okrąg oznacza pozycję, w jakiej możemy się znajdować, odbierając

⁴ **Efemerydy** – dane określające pozorne położenie ciał niebieskich. Zawierają informacje o wchochach, zachodach, zaćmieniach i czasie występowania tych zjawisk.

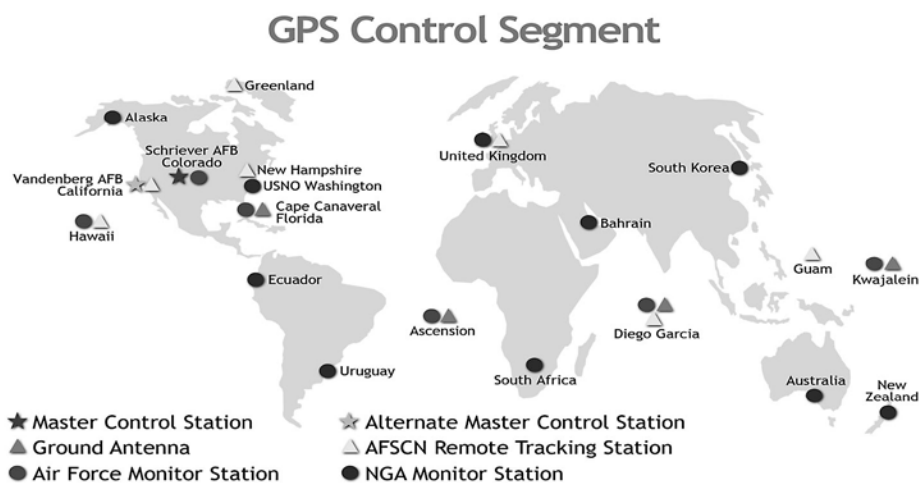
sygnał z jednego satelity (informacje o czasie i miejscu satelity, jakie otrzymujemy, są takie same na całym zaznaczonym okręgu).

3. Biały i czerwony punkt znajdują się na przecięciach okręgów (okręgi symbolizują sygnał dwóch satelitów), są to dwa możliwe miejsca, w których się znajdujemy (informacje, jakie otrzymujemy o czasie i miejscu satelity, są takie same w obu punktach).
4. Dołożenie sygnału z trzeciego satelity pozwala wyeliminować możliwości błędnego wskazania pozycji. Dołożenie 4 sygnału pozwala synchronizować zegary odbiorcy z nadawcą.



Rys. 3. Pozycjonowanie w przestrzeni

Źródło: opracowanie własne



Rys. 4. Stacje naziemne systemu GPS

Źródło: <https://www.gps.gov/systems/gps/control/L-All/>

Zarządzaniem systemem GPS zajmują się stacje naziemne. Informują one o zmianach atmosferycznych i efemerydach. Informacje są wysyłane co 48 godzin i retransmitowane.

System naziemny składa się z 12 stacji nadzoru, które ulokowane są równomiernie na równiku. Ich zadaniem jest ciągła obserwacja każdego satelity oraz stałe utrzymywanie sprawności całego systemu. Główna stacja nadzoru mieści się w bazie sił lotniczych Schriever AFB w Colorado Springs, USA. Sześć stacji zarządzanych jest przez *National Geospatial-Intelligence Agency*, inne stacje nadzoru prowadzone są przez Siły Lotnicze USA. Zadaniem wszystkich stacji jest ciągle monitorowanie ruchu satelitów [7].

W sytuacjach, w których wymagana jest szczególna dokładność pozycjonowania, wykorzystuje się DGPS (*Differential Global Positioning System*). System ten pozwala na uzyskanie większej dokładności niż przy standardowym pomiarze jednym odbiornikiem. Aby to wykonać, potrzebuje poza zwykłym sygnałem GPS sygnał z lokalnej stacji bazowej, która poprawia synchronizację zegara i pozwala zmniejszyć błąd występujący z tego powodu. DGPS jest wykorzystywany między innymi podczas lądowań samolotów oraz **dynamicznego pozycjonowania statków**⁵.

⁵ **Dynamiczne pozycjonowanie statków** – jego zadaniem jest utrzymanie statku w miejscu za pomocą silników (wykorzystywany jest w miejscach, w których ze względu na głębokość dna niemożliwe jest użycie kotwicy)[12]. Dzięki wykorzystaniu technologii DGPS system jest w stanie utrzymać statek w miejscu z dokładnością do metra.

System GPS jest darmowy i korzystać może z niego każdy, kto posiada odpowiedni odbiornik GPS. Takie odbiorniki są produkowane przez niezależne firmy komercyjne.

Alternatywy

Systemy globalne

GLONASS – rosyjski systemem nawigacji [6]. Obecnie na orbicie znajduje się 26 satelitów, z tego 24 operacyjne. Satelity GLONASS transmitują informacje, używając tego samego kodu na 15 różnych częstotliwościach (**FDMA**⁶); osiągnięto to za pomocą **antypody**⁷ [1].

Galileo – europejski system składającym się z **22 operacyjnych satelitów**⁸ (docelowo 24 operacyjnych i 6 zapasowych⁹) [4]. Pełna gotowość była planowana na 2022 rok, jednak w 2017 roku w Galileo wystąpił błąd fabryczny zegarów atomowych i część satelitów znajdujących się już na orbicie została uszkodzona. Z tych samych zegarów korzystali Chińczycy i Hindusi; po wewnętrznych audytach stwierdzono, że zegary działają poprawnie, jednak po miesiącu wykryto, że jeden z satelitów jest uszkodzony. Po zajęciu wprowadzono wyższą kontrolę jakości. Sam incydent doprowadził do przesunięcia pełnej gotowości systemu.

BeiDou 3 jest trzecią odsłoną chińskiego systemem nawigacyjnego składającego się z 35 satelitów [2]. Początkowo miał on służyć tylko do zastosowań militarnych. Jednakże po niesatysfakcjonującym rozwoju projektu Galileo, rozpoczęto prace nad udostępnieniem BeiDou dla cywili.

Systemy regionalne

QZSS (*Quasi-Zenith Satellite System*) – japoński regionalny system satelitarny, który wspomaga GPS na obszarze Japonii, w celu poprawienia jego dokładności [10]. Docelowo ma posiadać 7 satelitów (posiada 5) i ma być niezależny.

NavIC (*Indian Regional Navigation Satellite System*) – indyjski system nawigacji składający się z 7 satelitów. Obejmuje swoim obszarem Indie i obszar w promieniu 1500 metrów wokół [8]. Powstał po tym, jak odrzucono prośbę Indii o udostępnienie kodu M w wojnie z Pakistanem o Dżammu i Kaszmir.

⁶ **FDMA** – Frequency-Division Multiple Access, zwielokrotnienie dostępu poprzez podział na częstotliwości.

⁷ **Antypody** – miejsce dokładnie po drugiej stronie planety. To wyklucza nadawanie różnych informacji na tej samej częstotliwości.

⁸ Stan na 11.12.2022.

⁹ Każdy Satelita ma swoje imię, Polski nazywa się Zofia.

Bibliografia

1. Antypody. W: *Wikipedia. Wolna Encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Antypody>. Stan z dnia 11.12.2022.
2. BeiDou. W: *Wikipedia. The Free Encyclopedia* [online]. Tryb dostępu <https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou>. Stan z dnia 11.12.2022.
3. Efemerydy (astronomia). W: *Wikipedia. Wolna Encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Efemerydy_\(astronomia\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Efemerydy_(astronomia)). Stan z dnia 11.12.2022.
4. Galileo. W: *The European Space Agency* [online]. Tryb dostępu: <https://www.esa.int/>. Stan z dnia 11.12.2022
5. Global Positioning System. W: *Wikipedia. Wolna Encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System. Stan z dnia 11.12.2022.
6. GLONASS. W: *Wikipedia. Wolna Encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/GLONASS>. Stan z dnia 11.12.2022.
7. GPS. W: *GPS: The Global Positioning System* [online]. Tryb dostępu: <https://www.gps.gov/>. Stan z dnia 11.12.2022.
8. Indian Regional Navigation Satellite System. W: *Wikipedia. The Free Encyclopedia* [online]. Tryb dostępu: https://en.wikipedia.org/wiki/Indian_Regional_Navigation_Satellite_System. Stan z dnia 11.12.2022.
9. Katastrofa lotu Korean Air 007. W: *Wikipedia. Wolna Encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Katastrofa_lotu_Korean_Air_007. Stan z dnia 11.12.2022.
10. QZSS. W: *Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)* [online]. Tryb dostępu: https://qzss.go.jp/en/overview/services/sv02_why.html. Stan z dnia 11.12.2022.
11. Transit. W: *Wikipedia. Wolna Encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Transit>. Stan z dnia 11.12.2022.
12. LUBAŃSKI Grzegorz. AZORIAN – tajemnicza misja amerykańskiego wywiadu. W: *Polskie Radio Rzeszów*. Tryb dostępu: <https://radio.rzeszow.pl/audycje/tejemnicza-misj>. Stan z dnia 19.01.2023.

Słońce, Księżyc – spójrzmy w niebo
okiem naukowca lub artysty



Rozdział V

NAUKI HUMANISTYCZNE

Wpływ Słońca na historię mody

Ziemia jako planeta towarzyszy słońcu od 4,543 miliardów lat. Zawdzięcza mu przede wszystkim stworzenie korzystnych warunków do rozwoju życia, a pośrednio – ogromny sukces, jakim jest rozwój cywilizacji. Oprócz fundamentalnych korzyści płynących z sąsiedztwa centralnej gwiazdy Układu Słonecznego, w historii gatunku ludzkiego można zaobserwować też pomniejsze dobre strony tej „współpracy”. Motyw słońca pojawia się w wierzeniach, dziełach sztuki, trendach społecznych. Słońce warunkuje też sposób życia ludzi, w zależności od położenia geograficznego ich miejsca zamieszkania.

Wpływ Słońca na modę ujawnia się poprzez pewien powtarzający się i spopularyzowany sposób ubierania się. Jest on jednoznaczny z wyrażaniem własnej osoby, jej indywidualności. Najłatwiej jest to zaobserwować na płaszczyźnie geograficznej. Nie do końca z własnego wyboru, lecz z przymusu przystosowania się do panujących warunków, Słońce pięknie zróżnicowało nam „szafę świata” na tę zimową i letnią, która, w zależności od konkretnego miejsca na mapie, również się różni. Największy kontrast możemy dostrzec w przykładowym podziale na półkulę północną i południową. W miejscach najmniejszego „kontakty” Ziemi ze Słońcem dominuje odzież zabudowana, odkrywająca jak najmniejszą ilość ciała. Materiały, które wykorzystywane są do jej produkcji, zwykle dobrze izolują przed zimnem grubą warstwą ocieplenia – w kontraście do drugiej półkuli, gdzie Słońce atakuje od rana do wieczora. By prawidłowo funkcjonować, należało stworzyć optymalny strój. W zależności od miejsca, będą to skąpe bądź zabudowane lekkie konstrukcje z oddychających materiałów.

Właśnie tkaniny czy surowce służące do tworzenia odzieży będą odgrywały znaczącą rolę. W miejscach o skrajnie chłodnym klimacie – przykładowo na Grenlandii, która zamieszkiwana jest między innymi przez Inuitów [1] – panuje zwykle określony sposób ubierania się, złożony z anoraka (kurtka z kapturem uszyta ze skóry ka-

¹ Katarzyna Charzyńska, III Liceum Ogólnokształcące w Sopocie im. Agnieszki Osieckiej.

ribu), spodni – niezależnie od płci, skórzanych długich skarpet oraz zakrywających je butów. Wszystkie te części garderoby były specjalnie przemyślane pod względem ocieplania ciała i uzależnione od zmian pogody – np. futra foki używano podczas mokrych pór roku, obuwie pokrywano od strony podeszwy futrem, co miało zapobiegać ślizganiu się na lodzie.

Inaczej jest oczywiście z plemionami afrykańskimi, które na co dzień borykać się muszą z upalnymi temperaturami. Z tego powodu przeważa tutaj proste, luźne oraz swobodne szycie, jak i barwne stroje, często eksponujące różne części ciała. Zarówno u panów jak i pań pojawiają się nakrycia głowy: turban (popularny ostatnimi czasy także w Europie) czy tagelmust – zasłona na twarz chroniąca przed słońcem, spotykana w plemieniu Tuagerów [2].

Niezależnie od tego, jak różnią się stroje z różnych części świata, łączy je umiejętność wykorzystywania lokalnych produktów. W okresie, kiedy handel nie był tak rozpowszechniony, ludzie uczyli się być samowystarczalni. W zależności od tego, co było dostępne i łatwe do zdobycia, takie materiały cieszyły się największą popularnością. W głównej mierze miał na to wpływ klimat i oczywiście Słońce, które umożliwia uprawę pewnych roślin czy hodowlę zwierząt. Świat wykorzystywał ten fakt jako przewagę, a teraz właśnie takie oryginalne i niepowtarzalne materiały, hafty czy wzory cieszą się największą popularnością i są wyjątkowo rozchwytywane przez koneserów. Jako przykład możemy podać peruwiańskie swetry wykonane z wełny alpaki, bieliznę z włókien bambusowych uprawianych w Chinach czy Korei bądź plecaki z włókien konopi odmiany himalajskiej prosto z Nepalu. A to wszystko dzięki zróżnicowanym warunkom atmosferycznym i różnorodności potrzeb mieszkańców.

Modę można porównać do pewnego rodzaju „zarazy”, która bardzo szybko rozprzestrzenia się niezależnie od granic czy różnic kulturowych. Wynikają z tego czasem dość zabawne sprzeczności, które możemy obserwować w życiu codziennym. Jako że przyglądamy się dzisiaj wpływowi Słońca na tę właśnie sferę życia, jako przykład można podać okulary alpinistyczne. W swoim oryginalnym przeznaczeniu miały chronić przed mocnym słońcem, które odbija się od szczytów górskich i razi wspinaczy. Trend ten znalazł jednak swoje miejsce także na ulicach miast od pasm górskich znacznie oddalonych. I tak dzisiaj da się zauważyć młode osoby przechadzające się ulicami Trójmiasta czy Nowego Jorku w takich okularach. Podobnym zjawiskiem stały się sandały, czyli popularne letnie obuwie od wielu lat przechodzące różnego typu modyfikacje. Dzisiaj stereotypowy wizerunek sandała ze skarpetką, kojarzony z niekorzystnym i lekko prześmiewczym ukazywaniem Polaków na świecie, podbija serca projektantów. Obuwie letnie z przeróżnymi skarpetkami, pełnymi wzorów czy szalonych kolorów, można dostrzec na pokazach mody w Paryżu i Mediolanie, między innymi na wybiegach takich projektantów jak Fendi czy Chanel.

Słońce przyczyniło się również do jednego z najbardziej niekorzystnych zjawisk w społeczeństwie, jakim są prześladowania na tle rasowym i „trend na śnieżnobiałą skórę” [4]. W XIX wieku świat oszalał na tle podziałów i hierarchiczności społeczeństwa. Coraz mocniej zaczęto zauważać i akcentować pochodzenie. W tym wieku – wieku kolonizacji, zaczęto utożsamiać ciemną skórę z pracą fizyczną i ubóstwem. Skutkowało to znacznym rozwojem sektora kosmetyków wybielających, ale także ponowną popularyzacją akcesoriów chroniących przed słońcem, takich jak wynalazione już w VI wieku japońskie parasole przeciwsłoneczne, wykonane z papieru i bambusa.

Do dzisiejszego pojmowania mody i stylu możemy zaliczyć także odpowiednio dobrany makijaż, który jest uzupełnieniem kreacji, bądź jego niekonwencjonalną wersją, którą można uznać za samodzielną stylizację. Tutaj również motyw słońca stał się bardzo popularny i przybiera różne formy w zależności od interpretacji. Zadbana, nawilżona i pełna blasku skóra to już prawie alegoria wakacji. Coraz częstszą opcją stają się makijaże w kolorach złota i odcieni żółci. Z połyskującymi detalami, nawiązującymi swoim kształtem właśnie do promieni słońca, które kojarzone są z optymizmem i radością, jaką budzi w ludziach obcowanie ze Słońcem. Modę samą w sobie można zaobserwować w dosłownych makijażach odwzorowujących słońce czy bóstwa z nimi powiązane, które stwarzają wizualną całość, ale także efektowną charakterystykę czy kostium.

Niezwykłą kopalnią inspiracji dla artystów i projektantów jest właśnie Słońce, a przynajmniej skutki jego działania. Wymieńmy tytułem przykładu hiszpańskiego malarza Salvadora Dalego, mistrza surrealizmu żyjącego w XX wieku, którego najsłynniejszym dziełem są „Ciekące zegary” („Trwałość pamięci”). Inspiracją do tego obrazu był ser rozpluwający się pod wpływem promieni słońca. Teraz jego prace są natchnieniem dla współczesnych projektantów, czego owocem jest – przykładowo – zegarek Cartier Crash, którego cena zaczyna się od 125 tysięcy złotych. Kolejnym przykładem pośredniego wpływu słońca na współczesną modę jest pokaz czołowego domu mody Dolce & Gabbana, inspirowanego Sycylią [2], która jest domem rodzinnym jednego z projektantów, ale także symbolem Słońca i wszystkiego, co z nim związane. Nawiązanie do słońca można odnaleźć także w symbolu wyspy Trinacria (Sycylia) – aktualnie wyobrażającym trzy krańce wyspy. Kiedyś jednak symbol ten widniał na azjatyckich monetach i miał odnosić się do boga Słońca w swoich trzech postaciach: wiosny, lata i zimy.

Nawiązując do myśli przewodniej mojego artykułu, wpływ Słońca i jego motyw można odnaleźć w wielu sferach ludzkiej działalności. Wpływa ono zarówno na gospodarcze, jak i społeczne aspekty życia człowieka. Wpływ ten ukazuje się nam zazwyczaj w oczywisty sposób jako codzienna garderoba, ale i w pośredni, poprzez detale delikatnie zaznaczające swoją obecność w życiu codziennym. Słońce jest nie-

skończoną kopalnią inspiracji, jak i motorem napędowym do życia pełnego barw i energii z niego płynących.

Bibliografia

1. Inuici. W *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Inuici>. Stan z dnia 27.12.2022.
2. SOCZEWKA Ewa. Dolce & Gabbana modne współprace inspirowane Sycylią. W [online] <https://www.niemieckinasycylii.com/dolce-gabbana-modne-wspolprace-inspirowane-sycylia/>. Stan z dnia 27.12.2022.
3. Stroje mieszkańców Afryki. W: [online] <http://miedzykulturowa.org.pl/wp/wp-content/uploads/2010/11/Strojemieszkancowafrykimaterialy.pdf>. Stan z dnia 27.12.2022.
4. ZAMĘCKA Paulina. Echa kolonializmu – fenomen chemicznego wybielania się kobiet z tzw. Trzeciego Świata. 2014, nr 4 (14). W *Tematy z szewskiej. Rasa* [online]. Tryb dostępu: <https://wn-hip.uni.wroc.pl/Katedra-Etnologii-i-Antropologii-Kulturowej/Badania/Czasopisma-wydawane-przez-Katedre/Tematy-z-Szewskiej/Rasa-4-14-2014>. Stan z dnia 27.12.2022.

Wpływ Słońca i Księżyca na kształtowanie się systemów wierzeń

Analizując dzieje naszego gatunku, nie można pominąć ogromnego wpływu religii. Jest ona jednocześnie tak delikatna, bo bazująca na emocjach, trudna do zuniwersalizowania, a zarazem potężna i konkretna. Wiara jest czymś, co w sercu każdego z nas wygląda inaczej, ma inny kształt, kolor, jest inaczej odbierana i inaczej ukształtowana. Nawet w obrębie tego samego systemu religijnego mamy zupełnie różne postrzegania i poglądy na jego temat.

1. Definicja

Zacznijmy od definicji:

Religia [to] system wierzeń i praktyk określający relację między różnie pojmowaną sferą sacrum (świętością) i sferą boską a społeczeństwem, grupą lub jednostką. Manifestuje się ona w wymiarze doktrynalnym (doktryna, wierzenia), w czynnościach religijnych (np. kult, rytuały), w sferze społeczno-organizacyjnej (wspólnota religijna, np. Kościół) i w sferze duchowości indywidualnej (m.in. mistyka).

Powyższa definicja określa, czym charakteryzuje się religia. Podkreślono w niej relacje między dwiema strefami – *sacrum* i *profanum*, a zatem strefą świętości i świeckości. Zarazem zaznaczono, iż jest to system wierzeń, czyli zbiór pewnych przyjętych przez jednostkę lub grupę twierdzeń, które opierają się na przeświadczeniach, na ufności w ich prawdziwość. Wynika zatem z tego jasno, że religia jest czymś wymykającym się racjonalnemu (tu: oddzielnemu od emocji), naukowe-

¹ Adrianna Gąsior, V Liceum Ogólnokształcące w Gdańsku im. Stefana Żeromskiego.

mu (a więc potwierdzonemu za pomocą opracowanej metody naukowej²) rozumowaniu. Zgadza się to ze słowami Tertuliana: *credo quia absurdum est* - „wierzę bo to absurdalne”. Jest również nierozzerwalnie związana z praktykami religijnymi – kultem, obrzędami. To właśnie one, za pośrednictwem odkryć archeologicznych, pozwalają nam określić przybliżony czas powstania pierwszych systemów wierzeń.

2. Najstarszy znaleziony dowód prereligii

Pierwszym odkrytym przez nas obrzędem prehistorycznego człowieka było znalezienie pochowanych zwłok neandertalczyka w jaskini nieopodal La Chapelle-aux-Saints we Francji [6]. Ciało zostało ułożone w pozycji skurczonej, co przez część historyków uznawane jest za powrót do pozycji embrionalnej, jako nierozzerwalne połączenie narodzin ze śmiercią. Nie jest to jednak niczym potwierdzone, nie ma więc wartości dowodu. Co jednak jest tu istotne, zmarły okrażony był kamiennym kręgiem, był również dobrze zaopatrzony w jedzenie. Może to więc świadczyć o przekonaniu homo neandertalczyka o śmierci jako etapie przejściowym. Możliwe, że chciano – analogicznie do tego jak dużo później robili to starożytni Egipcjanie – wyposażać zmarłego w przedmioty, które mogą być mu przydatne po śmierci.



Rys. 1. Kości neandertalczyka

Źródło: <https://www.worldhistory.org/uploads/images/6853.jpg?v=1618510504>



Rys. 2. Czaszka neandertalczyka

Źródło: <https://boneclones.com/product/homo-neanderthalensis-la-chapelle-skull-BH-009-2>

² Wśród filozofów, teologów i religioznawców zajmujących się metodologią jako nauką, istnieje spór o to, czy religia posiada swoją metodę naukową (istnieją bowiem dowody na istnienie np. boga chrześcijańskiego opracowane m.in. przez św. Tomasza, św. Anzelmą z Canterbury i Rene Descartes’a). Osobiście wychodzę jednak z założenia, że religia nie posiada swojej metody naukowej i na tej tezie oparta będzie niniejsza praca.

3. Mechanizm kształtowania się mistycznego myślenia

Jak jednak do tego doszło? Jak człowiek stworzył bogów? Drugie pytanie jest zarówno zagadnieniem niniejszych rozważań, jak i tytułem książki Jerzego Cepika, na którą się powołałam [3]. Wpierw jednak przeanalizujemy proces myślowy hominidów. Powstanie załączków systemów religijnych – pramitologii – musiało narodzić się z potrzeby. Definicja religii podana przez PWN pośrednio ujawnia nam istotę tej potrzeby:

zespół wierzeń dotyczących istnienia Boga lub bogów, pochodzenia i celu życia człowieka, powstania świata oraz w związane z nimi obrzędy, zasady moralne i formy organizacyjne.

Zatem, przyjmując, że prareligia powstała jako odpowiedź na zbyt trudne dla człekokształtnych pytania, musiała ona, zgodnie z powyższą definicją, powstać na skutek rozważań na temat pochodzenia i celu życia człowieka, istnienia sił wyższych oraz powstania świata. Któres z tych pytań musiało być pierwsze.

Jerzy Cepik w swojej książce opisuje dokładny mechanizm rodzenia się kultu. Przede wszystkim nazywa hominida człowiekiem, przedstawia z jego perspektywy przerażający i niebezpieczny świat w jakim się narodził. Żyje wśród groźnych zwierząt, przerażających wichrów, tajemniczych światła, niezbadanych faktur, cieczy, jest przerażony i złęczony widząc nieznanne mu gromy uderzające tuż obok jego legowiska, czując „nieznany ogień spływający z niebios”.

(...) wszystko to czeka na objaśnienia, wszystko zmusza człowieka, by przystąpił do tworzenia podwalin pramitologii. Gdy zabija, jest jeszcze zwierzęciem. Kiedy obserwuje ruchy zwierząt, wspaniały pęd konia, urok nocnego nieba, staje się powoli człowiekiem. (...) Udowodni, że potrafi myśleć praktycznie, a zatem logicznie, i abstrakcyjnie, czyli mistycznie.

Jerzy Cepik zauważa tu dwa bardzo ważne elementy. Przede wszystkim możemy z łatwością wyczytać, jaką definicję człowieka przyjmuje autor. Zgadza się on bowiem z twierdzeniem, iż to intelekt i zdolność abstrakcyjnego myślenia konstituuje nas jako ludzi. Co jednak ważniejsze w kontekście niniejszej pracy, wychodzi on z założenia, że mistycyzm narodził się z obserwacji. Na podstawie wielu źródeł można stwierdzić, iż człowiek zaczął śledzić i dostrzegać pewne cykliczne elementy przyrody, zauważać zależności [3; 13]. Z części zebranych informacji udało mu się wyciągnąć wnioski, formułując pierwsze prawa i reguły rządzące światem – i to Krzysztof Rochowicz w swoim artykule pt. „Światła kosmosu” nazywa narodzinami wiedzy. A późniejszą chęć do przewidywania i sprawdzania postawionych hipotez – narodzinami nauki [13].

4. Szukanie odpowiedzi na niebie

Część z tych pytań musiała być jednak zbyt trudna dla rozwijającego się dopiero umysłu człokształtnego. Krzysztof Rochowicz udowadnia czytelnikowi, że odpowiedzi szukano wówczas w niebie. Zdolna do refleksji istota, patrząc nocą na rozpościerającą się nad nim nieskończoność światła, musiała w pewnym momencie rozważać zagadnienia, na które mogła odpowiedzieć jedynie religia. Chodzi bowiem o pytania o pochodzenie człowieka, o śmierć, o świat i jego powstanie, o nadrzędność kierującą mechanizmami przyrody.

Praczułowiek znalazł odpowiedzi, których szukał na niebie w postaci Słońca i Księżyca. Okazało się bowiem, że wszystko co czcił, co zaobserwował, co w jakiś (póki co bardzo prosty) sposób aksjologicznie uznał za dobre bądź złe ma swoje odzwierciedlenie we wspomnianych ciałach niebieskich.

5. Kult solarny

Kult solarny (*heliolatria*), a więc opierający się na Słońcu, uznawał je za prasiłę twórczą³ [5]. Nierozzerwalnie łączone było z ogniem – jego ziemskim odpowiednikiem. Zarówno ogień, jak i Słońce dawało potrzebne ciepło, rozjaśniało niosący niebezpieczeństwo mrok. Słońce było więc łączone z życiem – było źródłem życia. Życia i śmierci – mogło bowiem, tak samo jak ogień, parzyć i zabijać. W konsekwencji Słońce utożsamiane było ze znakiem nieskończoności, jako źródło energii i mocy twórczej, jako męski Stwórca.

5.1. Kult solarny w egipskim politeizmie

W politeizmie egipskim za najważniejszego boga uważano boga słońca **Ra/Re**⁴. Był on uznawany za stwórcę świata i panującego w nim ładu, za władcę ludzi. Wierzano, że objawia się aż w 72 różnych postaciach. Utożsamiano go także z innymi bogami Egiptu: Amonem jako Amon-Re, Horachte jako Re-Horachte, Ozyrysem jako Ozyrys-Re. Starożytni Egipcjanie wierzyli, że Ra, tak jak faraon, rządził kiedyś na ziemi. Każdego dnia opuszczał swoją świątynię i wędrował przez 12 godzin dnia przez 12 prowincji. Jednak gdy tylko zbliżał się do ludzi – spalał ich, co skłoniło boga do opuszczenia ziemi i wędrowania za dnia po niebie w Barce Milionów Lat [12].

³ **Kult solarny** – nie należy jednak uznawać Słońca za pierwsze *arche* – prasuubstancję – świata. Jońscy filozofowie przyrody w istocie definiowali *arche* jako prazuasadę, aczkolwiek *arche* było zarazem fizycznym składnikiem świata, jego częstką, prasuubstancją, czego nie możemy powiedzieć o Słońcu na tym etapie rozwoju kultu solarnego.

⁴ **Ra/Re** – hieroglify nie posiadały samogłosek, zatem nie wiadomo, czy egipskiego boga słońca nazywano Ra czy Re, podobny problem napotyamy, odczytując wiele innych słów i znaków.

Był przedstawiany z czerwono-żółtym dyskiem nad sokolą (lub jastrzębią) głową. Dysk ma symbolizować tarczę słoneczną, a okalająca go kobra nawiązuje do symbolu bogini **Wadzet**⁵. Najczęściej jest prezentowany jako siedzący na tronie. Tors boga jest nagi lub pokryty koszulą z różnokolorowych lub niebiesko-zielonych piór, co świadczy o niebiańskiej sferze jego poczynañ. W dłoniach trzyma dwa, charakterystyczne dla bóstw męskich, atuty: laskę mocy – *uas* i symbol życia oraz płodności – *anch*.



Rys. 3. Bóg Ra

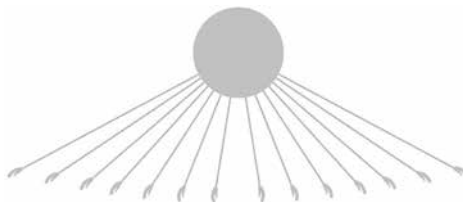
Źródło: <https://h-ria.pl/bog-ra/>



Rys. 4. Bóg Ra

Źródło: https://www.storicang.it/a/il-dio-ra-e-il-suo-viaggio-nel-mondo-dei-morti_15406

Mówi się również o egipskim bogu Atonie – bogu promieniowania żaru tarczy słonecznej. Uznawany był za emanację boga Ra. Za czasów królowej Hatszepsut uważany był za stwórcę ziemi i wszelkiego istnienia. Przejściowo był uznawany za jedyne bóstwo, w ramach kultu nazywanego atonizmem.



Rys. 5. Symbol boga Atona

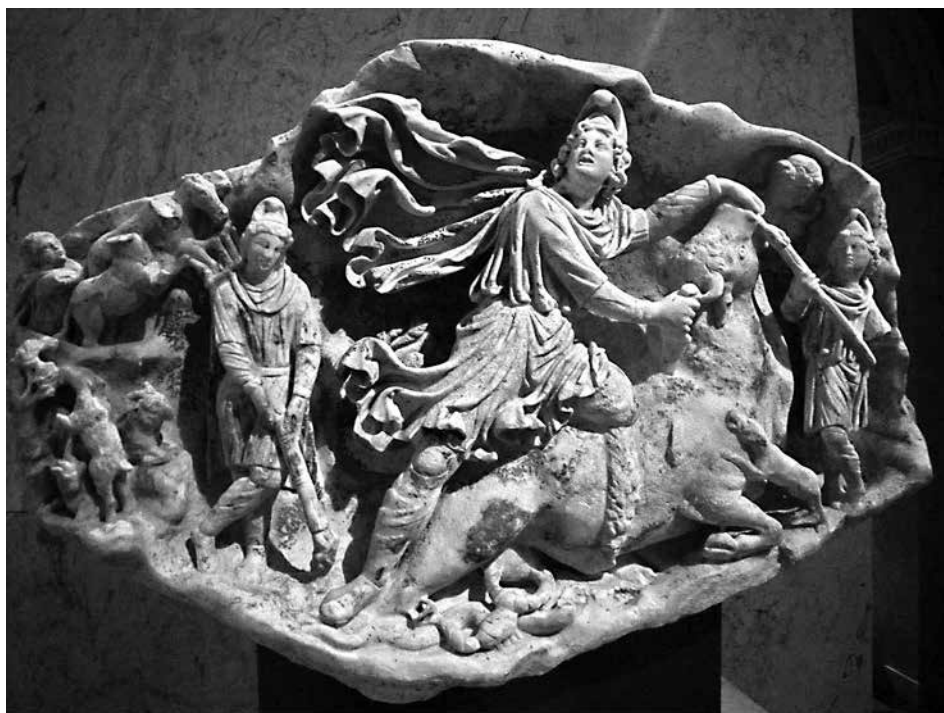
Źródło: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Aton#/media/Plik:Aten.svg>

⁵ **Wadzet** lub **Uadzet** – bogini opiekunka faraonów, jej zwierzęce wcielenie to kobra.

5.2. Mitraizm

Mitraizm jest kultem boga Mitry, który obejmował Persję, Iran, Indie, Grecję oraz Rzym.

Mitra był bogiem solarnym z **mitologii indoirañskiej**⁶. Był opisywany jako czuwający nad umowami Pan Zobowiązań, jako personifikacja lojalności i władca ładu. Mitra kontrolował zmiany kosmiczne, czuwał nad porządkiem społecznym, był sprawiedliwym sędzią w zaświatach i bronił królewskiego majestatu. Łączono go nierozzerwalnie ze Słońcem, gdyż tak jak ono kontrolował układy i zasady rządzące światem.



Rys. 6. Bóg Mitra

Źródło: Autorstwa CristianChirita - Praca własna, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9615081>

Podstawowymi misteriami były rytuały przejścia, które polegały na wejściu do grotty lub piwnicy i zgodzie na to, by z uprzednio wydrążonej nad głową inicjowanej dziury leciała nań krew zabitego byka. Następnie przez tydzień po rytuale osoba ta miała być karmiona mlekiem na znak nowonarodzenia.

⁶ **Mitologia indoirañska** – mitologia irańska i perska.

Albrecht Dieterich, badacz mitraizmu, na podstawie papirusów twierdzi, że inicjowany w trakcie trwania obrzędu doświadcza podróży przez świat żywiołów aż do centrum Kosmosu. Na samym końcu ma on dostąpić objawienia samego Mitry. Na swojej drodze ku wizji, inicjowany napotyka boga solarnego Heliosa, który płodzi go na nowo. Natomiast w etapie kończącym cały proces, gdy dostępuje on objawienia, inicjowany wita Mitrę słowami uznającymi go za Władcę Kosmicznego oraz podporządkowuje się drodze, którą zaplanował.

6. Kult lunarny

Uznaje się, że ukształtował się w okresie matriarchatu, który – jak uważa część historyków – rozpoczął się po rewolucji neolitycznej. Spadło wówczas znaczenie mężczyzny jako łowcy-żywiciela, a wzrosło znaczenie kobiet jako żywicieli. Stąd, jak można przypuszczać, bierze się sposób przedstawiania Księżycy (najczęściej) w formie żeńskiej [4].

Prawdopodobnym powodem obrania Księżycy za źródło refleksji religijnej jest jego stały i cykliczny rytm „rodzenia się” i „umierania”. Istnieje możliwość, że twierdzono, iż podlega on tym samym zasadom, które kierują ludźmi. Stąd łączono go z dwoistością życia i śmierci oraz światem pozagrobowym. Z czasem zaczęto utożsamiać Księżyc z wszelkimi rytmami i cyklami przyrody, takimi jak: przyplawy, deszcze, roślinność, wegetacja czy urodzaj. Dopatrywano się go również w cyklu menstruacyjnym, co świadczy o powiązaniu owego ciała niebieskiego z płodnością. Żeńskie boginie lunarne były łączone z symbolami dziewictwa i rozrodczości, natomiast męscy bogowie lunarni z potencją i płodnością.

Równie istotne jest postrzeganie czasu w oparciu o fazy Księżycy. Kalendarz Księżycowy wciąż jest używany przez niektóre ludy zbieracko-łowieckie. Germanie liczyli czas według nocy, co ostało się częściowo w kulturze europejskiej. Przykładowo, wiele świąt chrześcijańskich większy nacisk kładzie na noc niż na dzień, należą do nich: Boże Narodzenie, Wielkanoc, Zielone Świątki.

6.1. Sumeryjski bóg Nannar

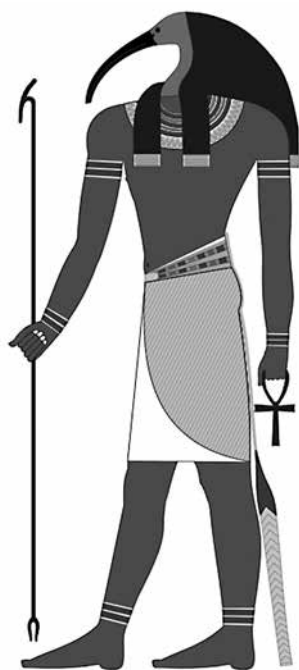
Nannar – zwany też Nanna lub Sin – był sumeryjskim bogiem Księżycy. Co ciekawe, jego imię zapisywane było również za pomocą liczby 30 – od 30 dni miesiąca w Kalendarzu Księżycowym. Był odpowiedzialny za rządzenie biegiem ludzkiego życia. Nannar był ojcem mezopotamskiego boga Utu – boga słońca oraz bogini Isztar – bogini wojny i miłości. Kult Nanny był popularny wśród kupców, którzy podróżowali częściej nocą – w świetle Księżycy, niż w upalnym Słońcu za dnia. Symbolem tego bóstwa był sierp wschodzącego słońca w pozycji poziomej lub barka, którą podróżował po nocnym niebie. Utożsamiane z nim zwierzęta to byk i lew-smok [10].



Rys. 7. Kult boga Nannara

Źródło: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Khashkhamer_seal_moon_worship.jpg

6.2. Bóstwa lunarne w mitologii egipskiej



Rys. 8. Egipski bóg Thot

Źródło: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thoth.svg>

W mitologii egipskiej nie ma bóstwa, które byłoby bezpośrednio Księżycem. Nie oznacza to jednak, że brak w niej bóstw lunarnych.

Tot to egipski bóg Księżyca, patron mądrości oraz ludzi, nauki i sztuki. Przypisuje się mu opracowanie egipskiego pisma hieroglificznego, kalendarza, arytmetyki, geometrii, muzyki, liczby oraz rysunków. Jego zwierzęcym wcieleniem był ibis lub pawian. Jako Pan Księżyca na nocnym niebie zastępował nieobecne Słońce i przy Atumie-Re pełnił ważną funkcję, nadzorując porządek cyklu astralnego. Dlatego też był uznawany za sędziego. Jak już zostało wspomniane, na podstawie faz Księżyca układano kalendarz, zatem nie powinno dziwić nazywanie Thotha „Panem Rachunków” lub „Rachmistrzem Lat”. Przedstawia się go również jako maga oraz lekarza bogów i ludzi.

Mitologia przedstawia Tota jako sprawiedliwego i litościwego. Leczył Seta i Horusa z ran, które sami sobie zadali, a następnie pośredniczył w rozjemstwie między nimi. Wskrzesił Ozyrysa i nauczył

Izydę jak wpływać na niefortunne wydarzenia. W zaświatach skazywał tych, którzy krzywdzili zwierzęta, a także był pomocnikiem Ozyrysa w tzw. ważeniu serc, czyli ceremonii sądzenia zmarłych.

Wśród egipskich bóstw lunarnych znajduje się również Chonsu – tebański bóg Księżycy. Funkcje i atrybuty przejął od Thotha. U schyłku Nowego Państwa uzyskał status boga uzdrowiciela. Był przedstawiany w postaci ludzkiej – jako mężczyzna lub chłopiec – oraz jako człowiek z głową sokoła lub ibisa.



Rys. 9. Tebański bóg Księżycy – Chonsu

Źródło: Autorstwa Neithsabes - travail personnel / Casio EX-S500, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3371521>

7. Słońce i Księżyc – wzajemne zależności

Człowiek prehistoryczny patrzył na świat kontrastami. Tak jak obserwował cykle i powtarzające się reguły, tak zauważał – często z ową cyklicznością związane – przeciwieństwa. Prehistoryczny człowiek dostrzegał różnicę między życiem a śmiercią, między sytością a głodem, ciepłem a zimnem, aż w końcu między dniem a nocą, czyli Słońcem i Księżycem. Pojawiła się w nim myśl, która rozwinęła się później w filozofii, zauważył, że jedno i drugie jest od siebie w jakiś sposób zależne, są ze sobą skorelowane. Jakiś czas później filozofia wytłumaczy nam, że jedno i drugie nie istnieje bez siebie, że konstytuują siebie nawzajem. Ta jednak myśl spowodowała, że **bóstwa uraniczne**⁷ są ze sobą powiązane gęstą siecią. Jak więc powiązywano Słońce i Księżyc w różnych mitologiach?

⁷ **Bóstwa uraniczne** – bóstwa przyrody nieożywionej, władające niebem.

Częstym motywem jest uznanie Słońca i Księżycy za oczy boga Nieba, co zauważymy w mitologii japońskiej oraz egipskiej. Nad Nilem powstał ciekawy mit dotyczący wspomnianych oczu, mit o oku Horusa. Mianowicie, Horus był egipskim bogiem nieba, a za jego prawe oko służyło Słońce – odpowiadające za aktywność i przyszłość, a za lewe Księżyc – odpowiadający za przeszłość i pasywność. Zatem jedno i drugie dawało pełnię spojrzenia, pełny ogląd – wszechwiedzę. Oczy te miały pomagać zagubionym, dając im inspirację oraz szczęście, które nie było darem, ale odbiciem ich wnętrza. Oczy Horusa pozwalały żyć świadomie: w szczęściu i spokoju. Lewe (Księżyc) **oko Horusa** zostało wyłupione w walce z Setem, który – jak głosi legenda – rozbił je na kawałki. Oko jednak magicznie się zrosło i zostało uzdrowione przez boginię Hathor, dzięki czemu Horus odzyskał wzrok. Oko jednak postanowił oddać swojemu ojcu – Ozyrysowi, który został zabity przez Seta i panuje w Krainie Umarłych. Podarunek przywrócił Ozyrysowi wzrok. Oko stało się amuletem, zapewniało życie, chroniło przed niebezpieczeństwami, było symbolem powracania do zdrowia i stawania się całością⁸.

Często Słońce i Księżyc przedstawia się w relacji rodzinnej np. ojciec i syn, jak w przypadku Nannara i jego syna – boga słońca – Utu. Bywają również przedstawieni jako małżeństwo (np. Mama Quilla – Księżyc oraz Inti – Słońce z mitologii Inków) lub rodzeństwo (np. Selene i Helios z mitologii greckiej) – często bliźnięta.

Zakończenie

Położenie Ziemi we Wszechświecie ma niewyobrażalny wpływ na życie naszego gatunku. Patrząc w niebo, obserwując Słońce, Księżyc i gwiazdy, człowiek prehistoryczny utorował sobie i wszystkim kolejnym drogę do fascynującego dzisiaj i bezbrzeżnego, bliżej nieokreślonego jutra. Dzięki niebu nie tylko powstała religia, ale przede wszystkim zdolność logicznego i abstrakcyjnego myślenia. Czy zwykła obserwacja cykli przyrody wystarczyłaby, by człowiek wzbogacił się o refleksję, by wykształcił w sobie chęć do poznania genezy własnego istnienia i ziemi, po której stąpa? I nawet jeśli ówczesne wierzenia dalekie były od prawdy, to stanowiły ciąg przyczynowo-skutkowy, udowodniły, że człowiek – tak(!) już człowiek – zdolny jest do spójności wyводу, a także do wiary, a więc nadziei, zaufania – do uczuć. W jednym jednak człowiek prehistoryczny się nie pomylił – „w dużej mierze pochodzimy bowiem z gwiazd...”[13].

⁸ **Oko Horusa** – dlatego w oku Horusa zapisywano również ułamki.

Bibliografia

1. Bóstwa lunarne. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/B%C3%B3stwa_lunarne. Stan z dnia 15.10.2022.
2. Bóstwa uraniczne. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/B%C3%B3stwa_uraniczne. Stan z dnia 15.10.2022.
3. CEPIK Jerzy. *Jak człowiek stworzył bogów*. Warszawa: Nasza Księgarnia, 1985.
4. Kult lunarny. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia*. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Kult_lunarny. Stan z dnia 22.05.2023
5. Kult solarny. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Kult_solarny. Stan z dnia 15.10.2022.
6. La Chapelle-aux Saints. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/La_Chapelle-aux_Saints_1. Stan z dnia 15.10.2022.
7. Matriarchat. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Matriarchat>. Stan z dnia 15.10.2022.
8. Mitra. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Mitra_\(mitologia\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Mitra_(mitologia)). Stan z dnia 15.10.2022
9. Mitraizm. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mitraizm>. Stan z dnia 15.10.2022.
10. Nanna (bóg). W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Nanna_\(b%C3%B3g\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Nanna_(b%C3%B3g)). Stan z dnia 15.10.2022.
11. Oko Horusa. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: https://pl.wikipedia.org/wiki/Oko_Horusa. Stan z dnia 15.10.2022.
12. Ra (bóg). W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Ra_\(b%C3%B3g\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Ra_(b%C3%B3g)). Stan z dnia 15.10.2022.
13. RACHOWICZ Krzysztof. Światła Kosmosu. W: Mizolek Jerzy (red.), Gancarski Jan (red.), Guz-Iwaniec Anna (red.), *Światło w dziejach człowieka, sztuce, religii, nauce i technice*. T. 1. Krosno: Muzeum Podkarpackie, 2017, s. 29-45. ISBN 978-83-943-1738-6.
14. Religia. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Religia>. Stan z dnia 05.10.2022.
15. Religia. W: *Słownik języka polskiego PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://sjp.pwn.pl/slowniki/religia.html>. Stan z dnia 15.10.2022.
16. Thot. W: *Wikipedia. Wolna encyklopedia* [online]. Tryb dostępu: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Thot>. Stan z dnia 15.10.2022.

Księżyc uparcie patrzy. Motyw księżycyca z *Mistrza i Małgorzaty* oraz wybrane filmowe nawiązania

Człowiek od tysiącleci patrzy na **Księżyc**² – z tych obserwacji wyrosły najpierw mitologii religie (o których tak kompetentnie mówili uczestnicy szóstej edycji konferencji *Zdolni z Pomorza*), potem naukowe dociekania, w końcu – rzeczywiste eksploracje Księżycy (z tą najsłynniejszą z lipca 1969 roku). Czasem jednak, gdy patrzymy w niebo mamy chyba wrażenie, że to nie my patrzymy na Księżyc, ale to on – patrzy na nas. Jakby chciał nam coś powiedzieć, a może nawet do czegoś skłonić, namówić. Takie wrażenie mieli bohaterowie jednej z najwybitniejszych książek XX wieku *Mistrza i Małgorzaty* autorstwa Michaiła Bułhakow. Takie też wrażenie mieć będą protagoniści dwóch filmów, które nawiązywały do tego literackiego pierwowzoru. Temu motywowi – przypatrującego się intensywnie księżycyca, zaglądnącego (uprzedźmy wnioski) głęboko do sumień - poświęcony będzie niniejszy tekst.

Michaił Bułhakow (1891–1940), lekarz z wykształcenia, a pisarz z pasji, nie był ulubieńcem komunistycznej władzy w ZSRR. Jego dzieła były wielokrotnie cenzurowane. Ale i on dokonywał autocenzury - tak było w przypadku najsłynniejszej jego powieści, którą przerabiał aż do śmierci (wcześniej zniszczywszy część rękopisów, jak fikcyjny Mistrz w powieści). Cytelowany przez Bułhakowa tekst wydany został w Związku Radzieckim i tak dopiero w ćwierć wieku później, zresztą także w wersji okrojonej. Każdy kto zna powieść nie znajdzie w tym fakcie nic dziwnego – jej fabuła była w Związku Sowieckim ideologicznie bardzo niepoprawna [6]. Kraj programowo ateistyczny i materialistyczny nie mógł zaakceptować opowieści, w której wiodącą rolę odgrywa diabeł (Woland) wprowadzający, wraz ze swoją świtą,

¹ Dr hab. Krzysztof Kornacki, prof. UG, Zakład Filmu i Mediów Wydziału Filologicznego Uniwersytetu Gdańskiego.

² **Księżyc** - określenia wielką literą używam jedynie dla opisu terminu astronomicznego. W dalszej części – ze względu na symboliczny charakter tego ciała niebieskiego używałem będę małej litery.

chaos w – wydawałoby się – tak dobrze zorganizowane i świeckie życie moskiewskiej metropolii. Gdyby chociaż owi fantastyczni bohaterowie zostali złapani, pokonani, pogiębieni czy potępieni, można by wysnuć z opowieści dydaktyczno-ideologiczny morał o wyższości materializmu nad irracjonalnością i fanatyzmem. Tymczasem diabeł i jego kompania dzielą i rządzą w świecie przedstawionym.

W książce obecne są trzy główne wątki: 1) wspomniany diabelski; 2) miłosny (zakochani w sobie pisarz i Małgorzata mieszkają w Moskwie lat trzydziestych XX wieku); 3) wątek przeszły (religijny) – opowieść o sędziu Poncjusza Piłata nad Jezui Ha-Nocrim [2]. Wszystkie trzy wątki wzajemnie się przenikają – diabelska świta przybyła by pomóc Mistrzowi w jego kryzysie twórczym (pisał książkę o Piłacie i Jezui, ale jej nie skończył); diabelski orszak ma tu wyraźną faustyczną genezę, jest ową siłą, co czyni dobro, choć zła pragnie. W wydobywaniu pisarza z literackiej katatonii pomaga także Małgorzata, gotowa zostać czarownicą, by razem z diabłami przywrócić Mistrza do życia; a potem wszyscy oni uwalniają Piłata z bezruchu, w którym trwa przez dwa tysiąclecia (wciąż pamiętając o spotkaniu z filozofem, Jeszua).

W *Encyklopedii Internautica* znalazłem cytat, który bardzo trafnie opisuje ideowe założenia mojego tekstu: „Czytając *Mistrza i Małgorzatę* należy zdawać sobie sprawę, jak ważną rolę odgrywają w powieści pozornie mało ważne szczegóły. Nie jest bowiem bez znaczenia na przykład to, czy akcję oświetla światło słoneczne, czy blask księżycyca. Słoneczny skwar towarzyszy rzekomo niezbitym argumentom Berlioza i małodusznej trzeźwości Piłata. Oczywista jasność jest u Bułhakowa tożsama z naoczną trywialnością, zwodniczo sugeruje, że w świecie nie ma żadnych tajemnic. Księżyc symbolizuje natomiast tajemnicę, obecność głębszych sensów skrytych za zasłoną dnia. Nie jest rzeczą przypadku, że Mistrz zwraca się ku księżycowi, kiedy mówi do Iwana Bezdomnego: «Musimy spojrzeć prawdzie w oczy». Paradoksalnie w ciemnościach wszystko jest bardziej jasne, noc staje się porą naprawiania błędów dnia. Zmierzch stanowi ważną porę rozrachunków, innymi słowy: jest chwilą prawdy. Dlatego o zmierzchu właśnie ogarnia Piłata niepokój i niepewność, czy ciśnięty na pusty tron płaszcz Jezui nie jest przypadkiem czymś więcej niż tylko płaszczem.»[6].

Jaką tajemnicę symbolizuje księżyc? Jakiej prawdzie musimy spojrzeć w oczy? Symbolika Księżycyca (jak zresztą każda symbolika ciał niebieskich czy innych elementów obserwowanych przez człowieka w kosmosie) jest niezwykle bogata. Można by z pewnym przekąsem napisać, że z grona wszystkich znaczeń danego symbolu odbiorca zawsze znajdzie coś, co potwierdzi lub zilustruje jego tezę. Mimo tego sięgnę do opracowania [3], które znaczenia tego symbolu proponuje, jednocześnie ekspozując te, które bliskie są mojemu rozumieniu:

- „symbolika księżycyca jest bliska symbolice nocy i znaczy osamotnienie i wyobcowanie”;

- tak bliskie nam ciało niebieskie może także identyfikować „zło, śmierć, magię, zapowiedź katastrofy (gdy przybiera czerwoną barwę)”;
- to także „emblem niewyraźnie widzianych przedmiotów, snu, marzeń sennych, wyobraźni, fantazji i myśli twórczej”;
- księżyc może być także „znakiem sentymentalnej miłości, zauroczenia (uznaje się więc go za opiekuna zakochanych)”;
- „odbijający światło słoneczne, niekiedy widziany w lustrze księżyc symbolizuje odbicie, refleks, złudny wizerunek, nierzeczywisty kształt”;
- „samotny księżyc wśród wielu gwiazd to symbol władzy ogólnej, rodzicielskiej, panowania”;
- „w chrześcijaństwie uznaje się, że odbija światło Chrystusa.”

Nie sposób nie zauważyć, że spośród tych zapisów jedynie chyba tylko przedostatni nie można wprost identyfikować z powieścią Bułhakowa. Chociaż... Jeśli potraktujemy zarówno pojęcie władzy, jak i rodzicielstwa szerzej, to czy podczas lektury książki nie mamy poczucia, że za opisywanym światem stoi niewypowiedziana siła, życzliwa i osobowa? W końcu Piłat marzy o pójściu na promieniu księżycowym tam, gdzie poszedł Jezua... Odwołując się do pozostałych znaczeń symbolu warto skonstatować, że: bardzo wiele najistotniejszych w powieści wydarzeń dzieje się w nocy; osamotnienie to podstawowy stan, jaki – boleśnie – odczuwa Mistrz; motyw magii jest oczywisty; ale również śmierć stanie się udziałem kochanków (choć jako narodziny do doskonalszego życia); trudno też zaprzeczyć, że oniryzm jest podstawową formą świata przedstawionego, oraz – już na poziomie zewnątrztekstowym – poetyką, którą posługuje się autor książki; o tytułowej („sentymentalnej”) miłości także nie trzeba czytelników przekonywać; i zgodnie z wcześniej cytowaną wypowiedzią Mistrza trzeba przenikać tajemnice, bowiem „w pełnym słońcu” prawda się ukrywa.

Szczególnie ważny jest zapis dotyczący chrystologicznej symboliki księżyca. Rzadko się raczej o tym wspomina, ale w chrześcijaństwie uznaje się, że księżyc odbija światło Chrystusa, przy czym oczywiście nie o ciało niebieskie w tym przypadku chodzi, ale o człowieka, który może – jak księżyc światło słoneczne – przyjąć Bożą łaskę [1]. To ostatecznie centralne i najważniejsze znaczenie symbolu księżyca w powieści. W jego stronę idzie Jaszua Ha-nocri (nawet jeśli nie zbieżny z postacią ewangelicznego Jezusa – bardziej apokryficzny, jak cała powieść – to jednak wystarczająco bliski prototypowej postaci). O tym „księżycowym raj” marzy Piłat: „Łoże znajdowało się w półmroku, kolumna osłaniała je przed księżycem, ale od wiodących na taras schodów do posłania ciągnęło się księżycowe pasmo, procurator, skoro tylko stracił kontakt z otaczającą go rzeczywistością, zaraz ruszył po owej jaśniejszej ścieżce i poszedł nią ku górze, wprost w księżyc. Aż się roześmiał przez sen, uszczęśliwiony, że tak piękne i niepowtarzalne było wszystko na tej przejrzystej niebieskiej drodze. Szedł, towarzyszył mu Banga [pies], a obok kroczył wędrowny filozof [Jezua]”

[2]. Ostatecznie w zakończeniu powieści, po dwóch tysiącach lat, jego marzenie się spełni - uwolniony przez Mistrza pójdzie po smudze księżycyca na spotkanie z Filozofem. Księżyc, jako odbicie Chrystusa, daje więc człowiekowi nadzieję na nowe życie...

* * *

Nie jest niczym dziwnym, że tak znakomita, ale też tajemnicza i (politycznie) niepokorna powieść zainteresowała innych twórców [5]. W tym – polskich reżyserów. Warto wspomnieć o dwóch najważniejszych odwołaniach do motywu Księżycyca w polskiej sztuce filmowej³. Oba dotyczą wybitnych twórców i/lub filmów. Pierwszy jest autorstwa Andrzeja Wajdy, już jego tytuł – *Piłat i inni* (1971) – wyraźnie sugeruje wspomniane konotacje; i rzeczywiście – film adaptuje wątek Piłata i Jezui z powieści Bułhakowa. Ale to ekscentryczna adaptacja, w której przeszłość jest umowna i przenika się z terażniejszością niemieckich miast (na ich tle zainscenizowano akcję). Dodajmy, że taki film nie mógł powstać w tym czasie w nominalnie ateistycznej Polsce, w związku z tym nakręcono go w Niemczech za pieniądze jednej z niemieckich telewizji. W filmie Wajdy odnajdziemy ekranizację zacytowanej powyżej sceny snu Piłata i marzenia o rozmowie z Jezusą [7]. Przebudzenie Piłata jest jednak bolesne. W powieści pozostawiono taki zapis: „surowy procurator Judei z radości śmiał się i płakał przez sen. Wszystko to było bardzo piękne, ale tym żałośniejsze było przebudzenie hegemonu. Banga zawył do księżycyca i urwała się przed procuratorem śliska, jak gdyby wymoszczona oliwą błękitna droga. Otworzył oczy i odruchowo chwycił obroźę Bangi, a potem jego zbołałe źrenice zaczęły szukać księżycyca i spostrzegł, że księżyc odplynął nieco na bok i stał się srebrzysty” [2]. W adaptacji Wajdy owo „żałosne” przebudzenie nabrało ekspresji za sprawą gry Jana Kreczmara, znakomitego polskiego aktora (to była zresztą jedna z jego ostatnich ról, zmarł w 1972 roku), który łatwo przechodzi od zauroczenia (bo jeszcze resztki snu rządzą jego wyobraźnią), a gwałtowną, gorzką deziluzją [7]. W przeciwieństwie do powieści jest to deziluzja całkowita, bowiem nie ma w tym filmie zakończenia charakterystycznego dla *Mistrza i Małgorzaty*. Bo nie ma Mistrza, nie ma Małgorzaty, diabelskiej świty i Moskwy. Ale nie tylko z powodów fabularnych zakończenie jest tak bolesne i pozbawione nadziei – to także stała cecha kina Andrzeja Wajdy, który w swoich filmach optymizm (egzystencjalny, historiozoficzny) dawkował niezwykle oszczędnie (a nawet tam, gdzie powinno być go dużo – jak np. w *Człowieku z żelaza*, filmie o triumfie Solidarności – zakończenie podszyte jest zwątpieniem). Taka była wizja świata i człowieka preferowana przez Wajdę...

³ Trzecim jest nagradzany ostatnio długometrażowy film Mariusza Wilczyńskiego *Zabij to i wyjedź z tego miasta* (2019); nie ma w nim jednak księżycyca. Oczywiście nie wspominam o bezpośrednich i wiernych adaptacjach powieści. Interesują mnie twórcze nawiązania i przetworzenia.

Kolejne nawiązanie, dużo bardziej wyrafinowane i nie będące bezpośrednią adaptacją wątku (wątków) powieści Bułhakowa znaleźć możemy w jednym z arcydzieł kina polskiego, filmie *Ucieczka z kina „Wolność”* (1990) w reżyserii Wojciecha Marczewskiego. Jego akcja dzieje się pod koniec lat 80. XX wieku w jednym z większych miast Polski (anonimowym, choć zdjęcia kręcono w Łodzi). System komunistyczny chyli się ku upadkowi. Może dlatego dochodzi do buntu postaci filmowych; powtórzyć – postaci filmowych, nie aktorów [4]. Odmawiają oni dalszego udziału w filmie. Ta niezwykła – wprost z fantastyki – okoliczność ściąga do kina „Wolność” tłumy (nad którymi władza, nie mająca pojęcia co z robić z buntem fikcyjnej materii, musi jakoś zapanować). Wśród tych, którzy odwiedzają kino, jest także główny bohater filmu, cenzor. Jak wiadomo w PRL istniał Główny Urząd Kontroli Prasy, Publikacji i Widowisk (czyli państwowa cenzura) i jego lokalne ośrodki - szefem takiego ośrodka jest nasz bohater. Jeszcze się usprawiedliwia, wymyśla alibi (że cenzurowanie wolności słowa to taka gra pomiędzy twórcą a władzą), ale nawet jego organizm (w stanie przedchorobowym) wysyła mu sygnały, że tej aktywności nie da się już etycznie usprawiedliwić. Bohater męczy się coraz bardziej w swojej funkcji. Irracjonalny bunt postaci filmowych dodatkowo przyspiesza wewnętrzną przemianę.

Jak wspominałem, zależności między powieścią Bułhakowa a filmem Marczewskiego nie są tak ostentacyjne; choć jednocześnie czytelne – to trzy najbardziej wyraziste tropy. Pierwszy, to motyw niepowstrzymanej, zaraźliwej „epidemii śpiewu” – podobnie jak w *Mistrzu i Małgorzacie* (tam państwowi urzędnicy), tak również postaci w *Ucieczce z kina „Wolność”* mają niekontrolowany przymus śpiewania. Jakby sztuka uwalniała się spod ich kontroli, spod nadzoru (podobnie jak postaci na ekranie). Można zresztą w tych wątkach „ucieczki sztuki” dojrzeć analogię na poziomie statusu świata przedstawionego - tak jak w powieści Bułhakowa rzeczywistość przenika się z fikcją (wątek książki Mistrza o Piłacie), tak i w filmie obie sfery płynnie się przenikają. Drugim ważnym sygnałem analogii jest imię bohaterki, która lituje się nad cenzorem – to Małgorzata (co zresztą prowadzi do paradoksalnego pytania, czy cenzor może być Mistrzem; literalnie oczywiście nie, ale warto przypomnieć, że w młodości był obiecującym poetą; podobnie więc jak tytułowy bohater powieści sprzeniewierzył się w którymś momencie swojemu talentowi). Trzecim motywem jest obecność księżycy. Bohater widzi go trzykrotnie – za pierwszym razem w scenie w toalecie: księżyc widać w lustrze, tak jak i naszego bohatera [4]. Ma on poczucie, że coś (ktoś?) na niego patrzy. Gdy się odwraca i spogląda na księżyc, postanawia zamknąć okno; to jednak na powrót się otwiera i opisywane ciało niebieskie po raz kolejny „zagląda” cenzorowi w oczy (ze zdenerwowania bohater bezwiednie zgniata w rękę szklankę i rani się – podkreśla to siłą wpływu „wzroku” księżycy). W ten sposób realizowany jest w filmie wspomniany postulat Mistrza z powieści: „Musimy spojrzeć prawdzie w oczy”. Warto jeszcze raz przypomnieć inscenizację tej sceny –

bohater patrzy w lustro, które jest czytelnym symbolem samopoznania; „spojrzenie” księżycyca (także widoczne w lustrze) zaprasza go więc do wewnętrznego rozliczenia.

Po raz drugi księżyc „patrzy” na bohatera, gdy wychodzi z sali kinowej, w której zbuntowały się filmowe postaci. Widać, że ledwo trzyma się na nogach, podchodzi do okna i spostrzega interesujące nas ciało niebieskie. Gwałtownie się cofa, duszno mu, podchodzi do okien z drugiej strony korytarza chcąc je – dla zaczerpnięcia świeżego powietrza – otworzyć. I tu zaskoczenie – księżyc, choć to fizycznie niemożliwie, jest także z tej strony. Jakby go osaczał, uparcie nachodził. Dodajmy, że w ścieżce dźwiękowej podczas aktu patrzenia bohatera na księżyc pojawia się audiowizualny szum, z którego jednak da się wyłowić słowa: „Oczy, oczy...”. Po tej przygodzie bohater mdleje i budzi się w szpitalu. Ostatni raz spogląda na księżyc ze swojego mieszkania, siedząc apatycznie blisko okna, zamyślony, a jednocześnie pogodzony z faktem, że satelita Ziemi go „prześladuje”, czegoś od niego chce.

Do czego księżyc namawia cenzora? Cenzora, którego możemy w jakimś stopniu porównać do prokuratora, bo tak jak on jest przedstawicielem strony oskarżającej i domagającej się kary – w tym przypadku ocenzurowania lub całkowitego usunięcia z przestrzeni publicznej artystycznego utworu (niejako „skazania go na więzienie”). Księżyc namawia do samopoznania w aspekcie moralnego rozliczenia z sobą (bo to, co dręczy cenzora, to wyrzuty sumienia). Księżyc daje naszemu bohaterowi szansę na etyczną przemianę. A jeśli się pamięta, że w powieści Bułhakowa ciało niebieskie tak silnie kojarzone jest z chrześcijaństwem, to księżyc zaprasza niejako do powrotu w kierunku nierelatywnych wartości. Jeśli nawet nie odwołujących się wprost do Dekalogu, to przynajmniej do antycznego jeszcze pochodzenia (ale zaadaptowanej przez chrystianizm) triady: prawdy – dobra – piękna. I bohater wchodzi na te drogi etycznego odkupienia. Podkreślmy, że dopiero wchodzi i przemieszcza się na niej ledwie kilka, kilkanaście kroków. A dosłownie – przechodzi na drugą stronę ekranu, do zbuntowanych aktorów i artystów zamieszkujących dachy, wolnych. Ale tu właśnie spotyka jedną ze swoich ofiar – aktora, którego rolę wyciął z filmu. Bohater nie jest w stanie w pełni skonfrontować się ze swoim sumieniem i z ludźmi, którym wyrządził krzywdę. Wraca więc do rzeczywistości, do swojego mieszkania, zasuwa kotary – i będzie pewnie trwał w tej „nocy ciemnej”, aż domyśli do końca wyrządzone zło [4]. I wtedy być może znajdzie siłę, by przeprosić i zadośćuczynić. Bo taki jest warunek prawdziwej ekspiacji i przemiany etycznej.

Tak oto w dwóch ważnych filmach polskich twórców, księżyc – w twórczym opracowaniu – zmusza bohaterów do namysłu nad swoją etyczną kondycją i zostawia ich w momencie zwątpienia lub braku nadziei. Od momentu, kiedy obejrzałem oba filmy – w których zwizualizowano to uparte spojrzenie księżycyca (w sztuce obrazu, jaką jest kino jest ono fizycznie odczuwalne i bardziej napastliwe, niż w zapisie literackim) – patrząc na tego bliskiego sąsiada Ziemi odczuwam delikatny dyskomfort

i nie wypowiedziane wprost, ale wiszące w powietrzu pytanie: „Jesteś człowiekiem przyzwoitym?”

Bibliografia

1. BORKOWICZ Jacek. Księżyc i teologiczne spory. „Przewodnik Katolicki”2019, nr 29. Tryb dostępu: <https://www.przewodnik-katolicki.pl/Archiwum/2019/Przewodnik-Katolicki-29-2019/Historia/Ksiezyc-i-teologiczne-spory>. Stan z dnia 16.06.2023
2. BUŁHAKOW Michał. *Mistrz i Małgorzata*. Wydanie 14. Warszawa: Czytelnik, 1997. ISBN 80-07-02544-3.
3. KULESZEWICZ Radosław (oprac.). *Słownik symboli literackich*. Białystok: Printex, 2003. ISBN 83-86-025575-1.
4. MARCZEWSKI Wojciech (reż.). *Ucieczka z kina „Wolność”* [film]. Warszawa, 2009.
5. Master and Margarita. W: Internet Movie Database [online]. Tryb dostępu: https://www.imdb.com/find/?q=master%20and%20margarita&ref_=nv_sr_sm. Stan z dnia 20.11.2022.
6. Michał Bułhakow. W: *Encyklopedia Interia* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.interia.pl/literatura-swiatowa/news-michal-bulhakow,nId,2361587>. Stan z dnia 16.06.2023.
7. WAJDA Andrzej (reż.). *Piłat i inni* [film]. Warszawa, 2018.
8. Wałarow Aleksiej. *Michaił Bułhakow : biografia mistrza*. Warszawa: Świat Książki, 2017. ISBN 978-83-8031-522-8.

Kto będzie czerpać korzyści z eksploracji Księżyca?

W niniejszym artykule omówiono Traktat o Przestrzeni Kosmicznej, Układ Księżycowy oraz Porozumienie Artemis Accords, czyli porozumienia określające ramy współpracy w zakresie eksploracji i wykorzystania Księżyca, zwłaszcza wydobycia surowców mineralnych.

55 lat Traktatu o Przestrzeni Kosmicznej

27 stycznia 1967 roku Stany Zjednoczone, Wielka Brytania i Związek Radziecki podpisały „Układ o zasadach działalności państw w zakresie badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi”. Ten akt prawny zapoczątkował rozwój międzynarodowego prawa kosmicznego. Do umowy przystąpiło łącznie 105 państw, choć w 24 z nich Traktat nie został dotąd ratyfikowany [11, s. 3].

Układ, zwany w skrócie „Traktatem o przestrzeni kosmicznej” reguluje najbardziej podstawowe prawa jeśli chodzi o wykorzystywanie przestrzeni kosmicznej i obecnych w niej ciał niebieskich przez społeczność międzynarodową. Art. 1 Układu stwierdza m.in., że *przestrzeń kosmiczna, łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi, jest wolna dla badań i użytkowania przez wszystkie państwa bez jakiegokolwiek dyskryminacji, na zasadzie równości i zgodnie z prawem międzynarodowym*, „dostęp do wszystkich obszarów ciał niebieskich jest wolny” oraz że *„badanie i użytkowanie przestrzeni kosmicznej, łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi, prowadzone lub wykonywane są dla dobra i w interesie wszystkich krajów, niezależnie od stopnia ich rozwoju gospodarczego czy naukowego i stanowi dorobek całej ludzkości*

¹ Hubert Lewkowicz, Szkoła Podstawowa nr 6 z Oddziałami Integracyjnymi im. Władysława Gębika w Kwidzynie.

² Piotr Zwierski, Szkoła Podstawowa nr 6 z Oddziałami Integracyjnymi im. Władysława Gębika w Kwidzynie.

[12]. Jednakże Traktat o Przestrzeni Kosmicznej pozostawił istotne niedopowiedzenia [2]. Dziś coraz większym problemem staje się niejasność, jaką Układ z 1967 roku stworzył jeśli chodzi o wykorzystywanie kosmicznych bogactw [10]. Art. 2 Traktatu o Przestrzeni Kosmicznej mówi jedynie, że: *przestrzeń kosmiczna, łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi, nie podlega zawłaszczeniu przez państwa ani poprzez ogłoszenie suwerenności, ani w drodze użytkowania lub okupacji, ani w jakikolwiek inny sposób*. Oznacza to, że żadne państwo nie może poddawać kosmosu swojej suwerenności i jurysdykcji [4, s. 99–100; 12].

Znaczenie Układu jest duże, gdyż coraz więcej państw i firm prywatnych aktywnie eksploatuje przestrzeń kosmiczną. Fundamentalną rolę ma też Art. 3 Układu, podkreślający, że *Państwa Strony Układu prowadzą działalność w zakresie badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej, łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi, zgodnie z prawem międzynarodowym, łącznie z Kartą Narodów Zjednoczonych w interesie utrzymania międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa oraz rozwoju współpracy i porozumienia między narodami* [12].

Kolejne umowy dotyczące prawa kosmicznego

Traktat o Przestrzeni Kosmicznej pociągnął za sobą powstanie kolejnych układów międzynarodowych poświęconych temu zagadnieniu, takich jak:

- Umowa o ratowaniu kosmonautów, powrocie kosmonautów i zwrocie obiektów wypuszczonych w przestrzeń kosmiczną z 22 kwietnia 1968 roku,
- Konwencja o rejestracji obiektów wypuszczonych w przestrzeń kosmiczną z 14 stycznia 1975 roku,
- Układ normujący działalność państw na Księżycu i innych ciałach niebieskich z 18 grudnia 1979 roku.

Ostatnim z traktatów dotyczących prawa kosmicznego, wypracowanych w ramach ONZ, jest układ normujący działalność Państw na Księżycu i innych ciałach niebieskich z 1979 roku (tzw. Układ Księżycowy). Odgrywa on jednak marginalną rolę, ponieważ tylko 18 państw jest stronami tej umowy. Nawet kilka krajów bez programów kosmicznych podpisało się pod nim, ponieważ obawiały się, że w dłuższej perspektywie zapisy umowy mogą zostać wykorzystane przez silniejsze narody z dostępem do zasobów kosmicznych [4, s. 103].

Normy zawarte w traktacie są najbardziej szczegółowymi z zakresu prawa kosmicznego. Główną z nich jest zasada wykorzystywania Księżyca wyłącznie w sposób pokojowy. Traktat podkreśla zakaz jakiegokolwiek użycia siły, zakaz dokonania wrogiego ataku na Księżyc, zakaz wykorzystywania Księżyca do dokonania ataku na Ziemię. Zabroniono również umieszczania na Księżycu broni jądrowej oraz innych broni masowego rażenia. Zakazane zostało również zakładanie na Srebrnym

Globie baz wojskowych, fortyfikacji [7]. W Art. 4 Traktatu podkreślono, że badanie i wykorzystywanie Księżyca ma być domeną całej ludzkości i być prowadzone dla dobra i w interesie wszystkich. Państwa mają prawo zbierania i zabierania z Księżyca próbek minerałów i innych substancji, a także wykorzystywania podczas badań naukowych w rozsądnych ilościach, dla potrzeb misji, minerałów i innych substancji Księżyca [4, s. 104].

Zgodnie z Art. 7 Traktatu, badanie i wykorzystywanie Księżyca musi się odbywać bez naruszenia równowagi jego środowiska. W celu przeprowadzania badań i wykorzystywania Księżyca, państwa mogą prowadzić działalność wszędzie – na jego powierzchni oraz pod powierzchnią, a w szczególności mogą przeprowadzać lądowanie obiektów kosmicznych na Księżycu i wysłać je z Księżyca oraz umieszczać i swobodnie przemieszczać pojazdy, sprzęt, urządzenia, stacje, instalacje kosmiczne oraz personel. Działania te nie mogą jednakże przeszkadzać działalności innych państw obecnych na Księżycu [4, s. 104]. Zgodnie z Art. 11 Traktatu, Księżyc i jego zasoby naturalne stanowią wspólne dziedzictwo ludzkości. Nie może on podlegać zawłaszczeniu, a jego powierzchnia ani zasoby nie mogą stać się własnością państw, międzynarodowych organizacji międzyrządowych lub pozarządowych, organizacji krajowych, jednostek pozarządowych oraz osób fizycznych. Umieszczenie na powierzchni Księżyca lub pod jego powierzchnią personelu, pojazdów, sprzętu nie skutkuje bowiem powstaniem prawa własności w odniesieniu do tej powierzchni Księżyca [4, s. 103–104].

Traktat nakłada na państwa zobowiązanie do ustanowienia międzynarodowego reżimu normującego eksploatację zasobów naturalnych na Księżycu. Jego celami mają być uporządkowanie i zapewnienie wydajności naturalnych zasobów Księżyca, racjonalne zarządzanie tymi zasobami, rozwijanie możliwości wykorzystywania tych zasobów oraz sprawiedliwe rozdzielanie korzyści pomiędzy wszystkie strony Układu [6, s. 18–20; 7].

Porozumienia Artemis – w stronę nowych zasad cywilnej eksploracji i wykorzystania przestrzeni kosmicznej

Porozumienia Artemis (Artemis Accords) są zbiorem zasad cywilnej eksploracji i wykorzystania przestrzeni kosmicznej, które zostały ogłoszone w maju 2020 roku przez NASA z poparciem Departamentu Stanu USA [8]. Porozumienia Artemis umacniają i wdrażają Traktat z 1967 roku o zasadach rządzących działalnością państw w zakresie eksploracji i użytkowania przestrzeni kosmicznej, w tym Księżyca i innych ciał niebieskich [5].

13 października 2020 roku Porozumienie podpisały USA oraz 7 innych państw: Australia, Japonia, Kanada, Zjednoczone Emiraty Arabskie oraz Luksemburg, Wiel-

ka Brytania i Włochy. W listopadzie dołączyła Ukraina, a w grudniu Brazylia. Polska przystąpiła do Porozumienia w październiku 2021 roku. Ma to umożliwić Polsce szeroki i skoordynowany udział w wielostronnych programach NASA, ze szczególnym uwzględnieniem eksploracji Księżyca, Marsa i innych ciał niebieskich. Obecnie jest 21 sygnatariuszy Porozumień Artemis, którzy zobowiązują się do zachowania kosmicznego dziedzictwa i wydobycia surowców na kosmicznych obiektach z poszanowaniem Traktatu o przestrzeni kosmicznej [5].

Do porozumienia nie dołączyło jak dotąd kilka państw z najbardziej zaawansowanymi programami kosmicznymi (m.in. Chiny, Rosja i Indie). Brak zgody na podpisanie porozumienia dotyczy głównie trzech kwestii. Pierwszą z nich jest instytucja stref bezpieczeństwa. Porozumienie dopuszcza bowiem tworzenie ich na obszarach ciał niebieskich, gdzie prowadzona jest działalność wydobywcza lub badawcza. Pozostali sygnatariusze mają obowiązek koordynacji swoich działań w takiej strefie z państwami, które już je prowadzą, aby uniknąć ich zakłócania. Drugim przedmiotem kontrowersji jest możliwość przywłaszczania surowców wydobywanych w kosmosie. Trzecim źródłem sporów jest pominięcie w porozumieniu kwestii kontroli działań podmiotów prywatnych w kosmosie [5].

Warto dodać, że Porozumienia Artemis mogą pozytywnie wpływać na kształtowanie nowych zasad eksploatacji kosmosu. Porozumienia potwierdzają, że wydobycie i wykorzystanie zasobów kosmicznych będzie prowadzone pod auspicjami Układu o Przestrzeni Kosmicznej. Opracowane zasady będą miały kluczowe znaczenie dla wspierania bezpiecznej i zrównoważonej eksploracji kosmosu. Obniży to ekonomiczne i prawne ryzyko związane z taką działalnością.

Sprzedaż działek na Księżycu

W 1980 roku Dennis M. Hope wykorzystał lukę prawną w Traktacie o Przestrzeni Kosmicznej z 1967 roku. Powołał się na zapis Art. 2 mówiący, że „żaden naród nie może sobie z góry przywłaszczyć żadnego ciała niebieskiego ani sprawować nad nim kontroli”. Opracował „deklarację własności” i wystosował pismo do ONZ informując, że bierze w posiadanie cały Księżyc i będzie handlował działkami. Nie otrzymał odpowiedzi, więc uznał, że to działanie jest zgodne z prawem. Zarejestrował firmę „Księżycowa Ambasada”, wydał akty prawne ustanawiające własność terenów na wybranych ciałach niebieskich Układu Słonecznego [1]. Rozpoczął sprzedaż działek na Księżycu, Marsie, Wenus, księżycu Io. Interes Dennisa M. Hope rozwijał się błyskawicznie. Klienci otrzymali akty własności oraz mapę z zaznaczoną działką, oczywiście z widokiem na Ziemię. Pan Hope sprzedał miliony akrów ziemi na Księżycu. Zakupu dokonało ponad 6 milionów osób ze wielu krajów [9].

Sprzedaż działek na Księżycu jest ciekawym casusem. Sama sprzedaż jest zgodna z prawem amerykańskim, ale zakup działki księżycowej np. przez obywatela USA jest transakcją niezgodną z prawem. Z punktu widzenia polskiego prawa, transakcja sprzedaży musi się zakończyć wydaniem dobra lub faktycznym wejściem w jego posiadanie. Księżycowej działki nie można przejąć fizycznie na własność, zatem taka transakcja jest nieważna [1].

Działki w Kosmosie, także na Księżycu, nie mają wartości handlowej. Osoba prywatna nie może nabyć żadnych praw do kawałka Księżyca, Wenus czy Drogi Mlecznej. Jednak bez względu na stan prawny wciąż nie brakuje „atrakcyjnych” propozycji inwestowania na Księżycu.

Podsumowanie

13 grudnia 1972 roku astronauta Apollo 17 – Eugene Cernan i Harrison Schmitt zostawili na Srebrnym Globie pojazd LRV z plakietką: „Tu ludzie zakończyli pierwszą fazę eksploracji Księżyca, grudzień, A.D. 1972. Oby duch pokoju, w którym tutaj przybyliśmy, znalazł odzwierciedlenie w życiu całego rodzaju ludzkiego” [3]. Po odsłonięciu plakietki E. Cernan oświadczył: „To nasza pamiątka, którą zostawiliśmy tutaj, dopóki ktoś taki jak my, ktoś spośród was, tam na Ziemi, będących obietnicą przyszłości, nie powróci tutaj, by ją odczytać oraz kontynuować dzieło twórców programu Apollo – podbój Księżyca” [3]. Mija 50 lat od tego wydarzenia. To wszystko, co jeszcze kilkadziesiąt lat temu wydawało się niemożliwe, dziś powoli staje się rzeczywistością i jak ważne są dziś słowa E. Cernana. By uniknąć problemów i konfliktów, świat musi porozumieć się w sprawach eksploracji i wykorzystania zasobów Księżyca. Zaplanowany jest powrót człowieka na Srebrny Glob, zatem umowy te muszą być doprecyzowane nim do tego dojdzie. Pozostało kilka lat na uzgodnienie przepisów prawa i porozumienie. Rozpoczęcie eksploatacji złóż na Księżycu przed uzyskaniem kompromisu może przynieść negatywne skutki w przyszłości. Istniejące umowy nie są wystarczająco silne, aby zapobiec niewłaściwemu zachowaniu i niebezpiecznej eksploatacji przestrzeni kosmicznej przez prywatne firmy, a nawet rządy krajowe. Niektórzy uważają, że potencjalne zagrożenia związane z eksploracją kosmosu wymaga międzynarodowego, ujednoczonego podejścia, podobnego do walki ze zmianą klimatu.

Bibliografia

1. KRAJEWSKI Paweł. Prawo kosmiczne a sprzedaż działek w Układzie Słonecznym. W: Polskie Towarzystwo Miłośników Astronomii [online]. Tryb dostępu: http://www.lodz.ptma.pl/niebo/2014/prawo_kosmiczne_pkraj.html. Stan z dnia 14.10.2022.
2. KULIGOWSKA, Elżbieta. Prawo kosmiczne nie zmieniane od 1967 roku!. W: Urania. Postępy Astronomii [online]. Tryb dostępu: <https://www.uraniam.edu.pl/wiadomosci/prawo-kosmiczne-nie-bylo-zmieniane-od-1967-roku>. Stan z dnia 14.10.2022.
3. MICHAŁOWSKI Michał. Od pierwszej sondy po program Apollo – amerykańska droga na Księżyc. W: We Need More Space [online]. Tryb dostępu: <https://weneedmore.space/od-pierwszej-sondy-po-program-apollo-amerykanska-droga-na-ksiezyc/>. Stan z dnia 14.10.2022.
4. NIEWĘGŁOWSKI, Krzysztof. Zagadnienie wykorzystania i ochrony przestrzeni kosmicznej w dokumentach ONZ. „Studenckie Zeszyty Naukowe” 2019, vol. XXII, nr 41, s. 97–108. Tryb dostępu: <https://journals.umcs.pl/szn/article/download/8971/6570>. Stan z dnia 14.10.2022.
5. PIOTROWSKI Mateusz, ZARĘBA Szymon. Porozumienie Artemis – w kierunku nowych zasad eksploatacji kosmosu. „Biuletyn PISM”. 2021, nr 47 (2245). Tryb dostępu: https://www.pism.pl/publikacje/Porozumienie_Artemis__w_kierunku_nowych_zasad_eksploatacji_kosmosu. Stan z dnia 14.10.2022.
6. SZPAK Agnieszka. Prawo kosmiczne w pigułce. „Edukacja Prawnicza”. 2011, nr 1, s. 18–20. ISSN 1231-0336.
7. SZLAWSKI Wojciech. Układ księżycowy – ostatni traktat dotyczący prawa kosmicznego. W: Kosmonauta.net [online]. 28.09.2011. Tryb dostępu: <https://kosmonauta.net/2011/09/uklad-ksiezycowy/>. Stan z dnia 14.10.2022.
8. The Artemis Accords. Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, comets, and asteroids for peaceful purposes. W: “NASA” [online] <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/img/Artemis-Accords-signed-13Oct2020.pdf>. Stan z dnia 14.10.2022.
9. TOOSI Nahal. Who owns the moon?. W: Politico [online]. 13.06.2019. Tryb dostępu: <https://www.politico.com/agenda/story/2019/06/13/space-travel-moon-resources-000899/>. Stan z dnia 14.10.2022.
10. ZIEMNICKI Paweł. 50 lat Traktatu o Przestrzeni Kosmicznej. W: Space24 [online]. Tryb dostępu: <https://space24.pl/50-lat-traktatu-o-przestrzeni-kosmicznej>. Stan z dnia 14.10.2022.
11. Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies. W: United Nations Treaties and Principles On Outer Space. New York: United Nations Publication, 2002, s. 3–8. ISBN 92-1-1000900-6. Tryb dostępu: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11E.pdf>. Stan z dnia 14.10.2022.
12. Układ o zasadach działalności państw w zakresie badań i użytkowania przestrzeni kosmicznej łącznie z Księżycem i innymi ciałami niebieskimi, sporządzony w Moskwie, Londynie i Waszyngtonie dnia 27 stycznia 1967 r. Dz.U. 1968 nr 14 poz. 82.

Słońce i Księżyc – boskie rodzeństwa, boskie przeciwieństwa

Wprowadzenie

Słońce i Księżyc, Apollo i Artemida – bliźnięta na nieboskłonie i w greckiej mitologii. W moim artykule przedstawię podobieństwa i różnice dotyczące zarówno greckich bogów, jak i – w mniejszym stopniu – ciał niebieskich. Apollo zawsze na pierwszym planie, jak nasza gwiazda w centrum Układu Słonecznego i Artemida, zawsze w cieniu brata, tak jak Księżyc jest w cieniu Słońca i tylko odbija jego światło. Od wieków oba ciała niebieskie fascynują ludzkość, człowiek chce ku nim polecieć i z bliska zobaczyć w czym są podobne, a czym się różnią. Skupiłam się na greckiej mitologii, bo to fascynujące, jak do postaci Apollo i Artemidy z wierzeń Greków nawiązuje nasze współczesne postrzeganie obu ciał niebieskich. A odniesienie do nich znajdziemy od literatury, przez malarstwo, rzeźbę, nazwy instytucji kultury, film aż po... programy lotów kosmicznych.

Kiedy z Chaosu wyłonili się Uranos (Niebo) i Gaja (Ziemia), powstały również pomniejsze bóstwa związane z przyrodą i zjawiskami atmosferycznymi. Początkowo wierzono, że Słońcem i Księżycem opiekowali się Helios i Selene. Wraz z rozwojem wierzeń ludzi ich miejsce zajęli jednak Artemida i Apollo.

Słońce – jest to centralna gwiazda w Układzie Słonecznym. Krążą wokół niej planety, planety karłowate i najmniejsze ciała Układu Słonecznego. Jest zbudowane z gorącej plazmy, kształtowane przez pole magnetyczne. Metaforycznie jest to symbol wszelkiego światła – tak jak Apollo – bóg piękna, światła, sztuki, muzyki, lecznictwa, łucznictwa, zaraz i opiekun Muz. To on jest bezpośrednio utożsamiany ze Słońcem.

Księżyc to naturalny satelita Ziemi. Odbija światło Słońca. To jedyne ciało niebieskie odwiedzone przez ludzi, znajdują się na nim „morza księżycowe” – ciemne, duże obszary. Metaforycznie symbol ciemności – zupełnie jak Artemida. Bogini łowów,

¹ Zuzanna Matyla, Szkoła Podstawowa w Liczu.

zwierząt, lasów, roślinności, płodności, Księżycy, śmierci i rybaków (ze względu na przy pływy i odpływy, oddziałujące na Ziemię i oceany potężną siłą grawitacji; mają związek z pełnią i nowiem Srebrnego Globu).

Bliźnięta, które bardzo różnią się od siebie

Apollo i Artemida to jedni z najbardziej znanych bogów greckich. Są dziećmi Zeusa – króla bogów – i Leto, wspaniałej łuczniczki. Zasiadali na Olimpie m.in. z Herme-sem, Herą czy Posejdonem. Mimo że byli bliźniaczym rodzeństwem, to bardzo się od siebie różnili. Apollo – zawsze w centrum uwagi, jaśniejący, promieniujący, rozświecał każde miejsce, w którym się zjawiał. Za to Artemida – samotniczka, uwielbiała towarzystwo łowczyń, mimo mniejszej porywczosci niż u Apolla, postrzegana była za bardziej okrutną. Łowczyni była zwykle w cieniu Apolla, „odbijała jego światło” tak jak Księżyc odbija światło słoneczne. Bóg Słońca był wiecznym kawalerem, a jego siostra przysięgła wieczne dziewictwo – tego samego wymagała od swoich łowczyń. Artemida pozostała dziewicą i nie związała się z żadnym mężczyzną, z kolei jej brat również nie był żonaty, ale w przeciwieństwie do siostry miał mnóstwo dzieci. Najślynniejsze z nich to Asklepios – bóg lekarzy pochodzący ze związku z Koronis, Jamos – jasnovidz, syn, którego dała mu Ewadne oraz Aristajos posiadający moc wieszczenia i uzdrawiania, którego Apollinowi urodziła Kyrene.

Również same ich narodziny zapowiedziały ich charakter i uosobienie. Artemida urodziła się pierwsza, niezauważona, od razu zaczęła pomagać matce Leto. Z kolei przed urodzinami Apolla, na wyspie Delos zjawilo się mnóstwo bogiń, które tuż po jego pojawieniu się na świecie zaczęły się nim zachwycać. Umyły noworodka w strumieniu, a Temida nakarmiła go ambrozją i nektarem. Artemida skromniejsza, jakby w cieniu – tak jak Księżyc, Apollo – wszechobecny, promienisty, jaśniejący jak Słońce.

Artemida i Apollo przypominali siebie w niesamowitej urodzie, talencie łuczniczym, funkcjach pełnionych na nieboskłonie – powożenie rydwanami Księżycy i Słońca. Mimo różnic bardzo się kochali i pomagali sobie nawzajem, stali za sobą murem, zwłaszcza gdy chodziło o obronę honoru ich matki – Leto. Możemy to zobaczyć na przykład w starciu bogów z Gigantami (*Gigantomachii*), gdzie rodzeństwo pomagało sobie w walce i powaliło giganta Tytosa próbującego porwać Leto, co obrazuje fragment fryzu ze Skarbca Syfnijszyków w Delfach (ok. 525 r. p.n.e.).

Bóg Słońca był ukazywany jako piękny, młody i androgeniczny młodzieniec ze złotymi lokami i wieńcem na głowie. Artemida zwykle pojawiała się w postaci młodej dziewczyny o srebrnych oczach i rudych włosach które przeplecione były lśniącym diademem w kształcie półksiężycy. Oboje mieli ze sobą wszędzie łuk i kołczan, a Apollo oprócz tego swój atrybut – lirę.



Rys. 1. Dekoracja skarbcza Syfnijszczyków w Delfach

Źródło: <https://hellenika.wordpress.com/2009/01/25/dekoracja-skarbcza-syfnijszczykow-w-delfach/>

Lot na Księżyc na cześć... „Boga Słońca”

Boskie rodzeństwo jest bardzo charakterystyczne i niezwykle rozpoznawalne. Występuje na wielu obrazach, w wielu światowych dziełach literatury, również we współczesnej popkulturze. Kojarzone przez wieki związki Apolla i Artemidy z symboliką – odpowiednio – Słońca i Księżyc, znalazło odzwierciedlenie w misjach kosmicznych Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA). Program Apollo, dotyczący lądowania człowieka na Księżycu, rozpoczął się już w 1961 roku. W jego trakcie człowiek po raz pierwszy postawił stopę na Księżycu, a był nim Neil Armstrong w 1969 roku podczas misji Apollo 11. W popkulturze zaś najbardziej znana jest misja Apollo 13, rozsławiona przez film o takim tytule z Tomem Hanksem w roli kapitana Jamesa Lovella. Opowiadał o dramatycznych wydarzeniach podczas powrotu kosmonautów – Lovella, Swigerta i Haise’a – na Ziemię w uszkodzonym module dowodzenia.

Ogólna liczba edycji programu nazwanego na cześć greckiego boga Słońca wynosiła siedemnaście. Co ciekawe, w 2019 roku NASA wznowiła program lotów na Księżyc mający na celu powrót człowieka na „Srebrny Glob” i nazwała go „Artemis”, na cześć bliźniaczej siostry Apolla. Pierwszy start „Artemis 1” – bezzałogowy – odbył się 16 listopada 2022 roku. Według tego programu w 2025 roku na Księżycu ma stanąć pierwsza kobieta, co jest symbolicznym nawiązaniem do płci bogini.



Rys. 2. Logo misji Apollo 13

Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Apollo_13

W literaturze o Apollu możemy przeczytać w „Hymnie do Apollina” Homera i w wielu książkach młodzieżowych, np. w serii książek „Percy Jackson i Bogowie Olimpijscy” autorstwa Ricka Riordana. Pojawia się tam też jego siostra, Artemida, występująca również w „Odysei” Homera. Oddzielny „Mit o Artemidzie i Akteonie” w swoich „Metamorfozach” opisywał rzymski poeta Publiusz Owidiusz Nazo.

Jeżeli chodzi o najsłynniejsze dzieła malarzy dotyczące Apollina są to: „Uczta Bogów” Giovanniego Belliniego, „Śmierć Hiacynta” Giovanniego Tiepola, czy „Apollo i Dafne” Antonio Pallaiuola. Rzeźby w których się pojawia: „Apollo i Dafne” Giovanniego Lorenza Berniniego i tzw. „Apollo Belwederski”, którego autorstwo przypisywano Leocharesowi. Artemidę z kolei przedstawiono w: kopii rzeźby Leocharesa „Artemida z Luwru”, na obrazie „Diana i Kallisto” Tycjana, czy obrazie o tym samym tytule Paula Rubensa.

Oboje są patronami wielu różnych dziedzin. Apollo, powszechnie kojarzony z wyroczniami i przepowiadaniem przyszłości miał swoje największe sanktuarium na wyspie Delos, gdzie Leto urodziła Artemidę i Apollina. Bóg utożsamiany m.in. ze Słońcem miał zdolność wróżenia, odpowiadał na pytania pielgrzymów w Delfach za pośrednictwem swoich kapłanek. Wyrocznię delficką uważano wówczas za centrum świata, punkt, w którym miały zetknąć się dwa ptaki, wylatujące z dwóch przeciwnych krańców świata. Ośrodki jego kultu znajdowały się w wielu miejscach, m.in. na jońskim wybrzeżu Azji Mniejszej, na Peloponezie, w Arkadii czy w Atenach. Wszędzie tam na cześć Apollina organizowane były przeróżne święta. Ulubionym terenem łowieckim Artemidy była Arkadia, gdzie jej kult był najbardziej rozpowszechniony.

We współczesnej popkulturze zdecydowanie częściej wspominany jest Bóg Słońca. Często pojawia się na nazwach placówek kulturalnych i artystycznych (np. kino-

teatr „Apollo” w Poznaniu, Teatr „Apollo” w Paryżu, czy „Apollo Theater” w Nowym Jorku, Londynie oraz Glasgow).

Słońce – Apollo – mężczyzna; Księżyc – Artemida – kobieta

Artemida i Apollo to dwa bóstwa uosabiające księżyc i słońce, które wpływają na człowieka od początku dziejów ludzkości. Tak jak czcili je pierwsi ludzie, poprzez Inków, Majów, Azteków czy omawianych przez nas dokładniej Greków, aż przez średniowiecze, renesans, barok, oświecenie, symbol Słońca i Księżyca zawsze utożsamiany jest z pewnymi przeciwieństwami. Słońce, tak jak Apollo mężczyzna, to źródło światła, ciepła i życia na Ziemi we wszystkich kulturach świata. Światło słoneczne wpływa pozytywnie na człowieka i symbolizuje odradzanie się. Z kolei jego przeciwieństwo, ale zarazem siostra na nieboskłonie, Artemida – Księżyc – kobieta, odbijająca światło gwiazdy brata jest jego dopełnieniem, symbolem kobiecości, płodności, narodzin i natury. W niektórych mitologiach była czczona jako stworzycielka wszelkiego życia na Ziemi. Światło Księżyca i związana z nim cykliczność też kojarzona jest z pierwszymi systemami obliczania czasu. To, że rytm faz Księżyca odpowiada niemal dokładnie żeńskim cyklom menstruacyjnym sprawił, że kojarzono go z aspektem żeńskim, a także ziemią i przyrodą. Tak jak postrzegano Artemidę.

Motyw wiecznego połączenia i przeciwieństw Apollo i Artemidy – boskiego rodzeństwa na nieboskłonie, jest niepowtarzalnym elementem kultury, nauki, sztuki, rytmu życia ludzkiego, natury i postrzegania przemijania.

Bibliografia

1. GRIMAL Pierre. *Słownik mitologii greckiej i rzymskiej*. Wydanie 3. Warszawa: Zakład Narodowy im. Ossolińskich Wydawnictwo, 1997. ISBN 83-04-04389-0.
2. KOPALIŃSKI Władysław. *Słownik symboli*. Warszawa: Wiedza Powszechna, 1990. ISBN 83-214-0746-3.
3. O'CONNEL Mark, AIREY Raja. *Znaki i symbole: ilustrowana encyklopedia: opracowanie i analiza słownika znaków wizualnych, które kształtują nasz sposób myślenia i nasze reakcje na otaczający nas świat*. Warszawa: Dom Wydawniczy Bellona, 2007. ISBN 978-83-1110636-9.
4. RUDZKA Zyta, CHEREZIŃSKA Elżbieta, FIEDORCZUK Julia, LIS Renata, ZBROJA Aleksandra, JELONEK Agnieszka, PLEBANEK Grażyna, BONI Katarzyna, SADURSKA Barbara, ZIELIŃSKA Aleksandra, RUDNIAŃSKA Joanna, MUREK Weronika, SŁOWIK Dominika. *Ziarno granaru; mitologia według kobiet*. Warszawa: Wydawnictwo Agora, 2022. ISBN 978-83-268-3920-7.
5. STAFFORD Emma J. *Grecja: życie, legendy i sztuka*. Warszawa: „G+J RBA”. ISBN 83-89-01959-0.
6. STABRYŁA Stanisław. *Mitologia dla dorosłych: bogowie, herosi, ludzie*. Kraków; Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe. ISBN 83-01-11613-7.

„Zbyt stary bóg”, czyli jak starożytni Egipcjanie postrzegali Słońce i Księżyc oraz co z tego wynikło

Mój artykuł poświęcony będzie kultowi boga Słońca i boga Księżyca w starożytnym Egipcie. Ponieważ jednak historia starożytnego Egiptu jest bardzo skomplikowana, a wierzenia jego mieszkańców zmieniały się bardzo często, postanowiłam odwołać się do najbardziej znanych wersji mitów oraz faktów związanych z tymi bogami.

Jak wiadomo, Słońce od zawsze miało ogromny wpływ na ludzi i ich kulturę. Starożytny Egipt jest tego świetnym przykładem, ponieważ właśnie tutaj najważniejszym i pierwszym ze wszystkich bogów był bóg Słońca. Według egipskiego mitu o stworzeniu świata, bóg Słońca Ra narodził się z własnej myśli i wyłonił się z praoceanu. To on stworzył innych bogów, co bardzo dobrze pokazuje, jak był potężny. Co więcej, Ra stworzył też ludzi. Tak o tym napisał Jaroslav Černý: *Wszędzie przyjmowano, że u boku bogów przebywających na ziemi istnieli ludzie, ale brak jest szczegółów dotyczących stworzenia człowieka. Ludzie zostali naturalnie stworzeni przez bogów, jak wszystkie inne rzeczy, czasami byli nawet nazywani „trzodą boga” lub „trzodą Ra”. To ostatnie określenie wprowadzało ludzi w ścisły związek z Ra, stąd ich stworzenie przez Ra musiało być powszechnie przyjęte. [...] Gdzie indziej [mit – przyp. M.P.] mówi, że ludzie „wyszli z jego oka”, podczas gdy zwierzęta i inne rzeczy zostały tylko przez niego „zrobione”.*

Ra dbał o wszystko co stworzył. Świadczy o tym mit o długiej drodze, którą odbywało codziennie Słońce. Egipcjanie wierzyli, że Ra codziennie rano wsiadał do swojej łodzi słonecznej wraz z innymi bogami i razem przemierzali nieboskłon, zapewniając tym samym porządek na świecie. O zachodzie przesiadali się do nocnej łodzi

¹ Magdalena Pryczkowska, Szkoła Podstawowa im. Karola Wojtyły w Rotmance.

i znów odbywali dwunastogodzinną wędrówkę po niebie. W czasie drogi musieli mierzyć się z różnymi trudnościami; czasami łódź musiała być ciągnięta po piasku, niekiedy Słońce napotykało na wielkie węże, które nie były wobec niego agresywne oraz na spętanych łańcuchami zmarłych. Największą przeszkodą był jednak Apopis, ogromny wąż, który każdej nocy próbował pożreć Ra, aby Słońce nie mogło ponownie się narodzić. Każdej nocy jednak załodze udawało się pokonać węża. Niestety, nie został on nigdy całkowicie zniszczony, więc codziennie walka zaczynała się od nowa. Dlatego też Egipcjanie nigdy nie byli pewni, czy Słońce pojawi się nazajutrz, a każdy wschód Słońca witali z ulgą.

Ludzie, wdzięczni za stworzenie i troskę, jaką obdarzył ich Ra, tworzyli na jego cześć świątynie i budowle, malowali obrazy i rzeźbili posągi. Jednym z przykładów może być świątynia w Abu Simbel, poświęcona w całości Amonowi-Ra oraz innym bóstwom solarnym. Przed wejściem do budowli znajdują się cztery dwudziestometrowe posągi faraona Ramzesa II, pomiędzy którymi wyryty w ścianie został wizerunek boga-słońca. Pierwszą świątynią wybudowaną na cześć Ra była świątynia w Abusir, zbudowana na rozkaz faraona Userkafa, założyciela V dynastii (ok. XXV/XXVI–XXII w. p.n.e.). Ona, jak i większość miejsc kultu boga-słońca, została zbudowana w taki sposób, aby wpuszczać do środka dużo światła, które miało symbolizować obecność Amona-Ra. W świątyniach tego rodzaju schody symbolizowały połączenie między ziemią a niebem, w którym mieszkał bóg. Solarny charakter miały również żółte ściany, bowiem żółty kolor symbolizował złoto, które w egipskich wyobrażeniach było metalem słonecznym.

Za czasów V dynastii zbudowano sześć świątyń solarnych. Aż do 2022 roku odnaleziono były tylko dwie z nich. Ale w tym roku zespół architektów z Polski i Włoch odnalazł ruiny trzeciej budowli tego typu. Była ona zbudowana w okolicach nekropolii Abusir, gdzie znajduje się również czternaście piramid nazwanych Piramidami Synów Słońca. Badacze odkryli tę świątynię pod inną świątynią, wybudowaną w obrębie grobowca dla faraona Niuserre. Najprawdopodobniej świątynia solarna została zburzona właśnie przez tego władcę, po to, by na jej miejscu mogła stanąć jego świątynia.

Przez dwa tysiące lat istnienia kultury starożytnego Egiptu faraonowie tytułowali się bogami, jednak za czasów V dynastii królowie egipscy zaczęli nazywać się „synami Ra”, co podkreślało ich przywiązanie do boga Słońca. To właśnie za czasów panowania V dynastii zaczęto budować miejsca w całości poświęcone kultowi boga Słońca, między innymi wspomniane wcześniej świątynie solarne. Późniejsi faraonowie na ścianach swoich grobowców oraz przedstawiających ich rzeźbach i pomnikach często przedstawiani byli z atrybutami Ra – laską mocy *uas* w jednej ręce oraz symbolem życia *anch* w drugiej.

Głównym miejscem, w którym czczono Ra, było miasto Heliopolis. Według Egipcjan, to tutaj Ra wyłonił się z praocceanu. Jak podają autorzy książki *Starożytni Egipcjanie* „Tamtejsze świątynie bóstw słonecznych były najważniejszymi instytucjami religijnymi w kraju, a za Nowego Państwa obszar ich – 80 hektarów – przewyższał znacznie obszar okręgu świątynnego Amona w Karnaku oraz Ptaha w Memfis”. Z tego właśnie miasta kult boga Słońca rozprzestrzenił się na dalsze części Egiptu.

Jednak czy ludzie zawsze byli wierni Ra? Jak opowiada jedna z wersji mitu o oku Ra – niekoniecznie. Kiedy bóg Słońca rządził już bardzo długo, Egipcjanie zaczęli przeciwko niemu spiskować, mówiąc, że jest już zbyt starym bogiem. Gdy Amon-Ra dowiedział się o tym, postanowił ich ukarać. Zesłał więc na ziemię swoje oko w postaci Hathor, bogini magii, która – chociaż zazwyczaj była spokojną i uczciwą kobietą – przemieniła się w lwicę o imieniu Sechmet (Hathor przemieniała się w Sechmet zawsze wtedy, kiedy Ra musiał pozbyć się swoich wrogów). Sechmet weszła na pustynię, na której ukrywali się Egipcjanie i zaczęła pożerać wszystkich ludzi, którzy znaleźli się na jej drodze. Wieczorem wróciła do Ra, jednak zdążyła zasmakować w ludzkiej krwi, dlatego następnego dnia chciała kontynuować swoją „ucztę”. Amon-Ra nie chciał, aby ludzkość zniknęła całkowicie, ponieważ była ona przecież jego dziełem. Dlatego w nocy kazał wylać na ziemię mieszanekę piwa jęczmiennego i czerwonej ochry, która wyglądała jak krew. Rankiem zaskoczona tym widokiem Sechmet posmakowała trochę cieczy, a potem zaczęła ją zlizywać tak długo, aż upiła się do nieprzytomności. W ten sposób Amon-Ra uratował ludzkość. Po tych wydarzeniach przestał jednak schodzić na ziemię, a Egipcjan obserwował już tylko z nieba.

Skoro Ra był pierwszym z bogów, stworzył wszystkie żywe istoty i cały świat, pilnował porządku w świecie i zależało od niego wiele, wiele spraw, to rzeczywiście musiał być bardzo potężny. Czy jednak był on jedynym bogiem o tak ogromnej mocy? Jak się okazuje – nie. Świadczy o tym mit o podstępie Izydy. Według niego, Ra miał bardzo dużo imion, które znali wszyscy, oraz jedno imię, którego nie chciał nikomu zdradzać. Imię to bardzo pragnęła poznać Izyda, bogini magii. Uznała, że dzięki temu stanie się równie potężna jak sam bóg-słońce. Obmyśliła więc plan. Śledziła Amona-Ra, dopóki ten nie zasnął. Kiedy Ra już spał, z jego ust wypłynęła stróżka śliny. Izyda zebrała ją i wymieszała z grudką ziemi. W ten sposób stworzyła niebezpiecznego węża. Bogini umieściła węża na drodze, którą chadzał Ra. Bóg został pokąsany przez węża, ale ponieważ to nie on go stworzył, nie był w stanie go pokonać. Ra czuł, jak jad wypełnia jego ciało, jednak nie mógł nic z tym zrobić, co bardzo go zaskoczyło. W międzyczasie, kiedy zwijał się z bólu, zgromadzili się wokół niego inni bogowie, jednak żaden z nich nie mógł pomóc Ra. W końcu przyszła również Izyda, która zaproponowała, że wyleczy Ra, jeżeli ten zdradzi jej swoje tajemne imię. Ra, nie mając wyboru, zdradził jej swoje imię, czyniąc ją tym samym równie potężną co on.

Nie możemy mówić o bogu Słońca, nie wiedząc, jak on wyglądał. Egipcjanie wyobrażali go sobie różnie, w zależności od pory dnia: o wschodzie Słońca przedstawiano go jako boga-skarabeusza Chepri, toczącego kulkę gnoju lub jako dziecko. W południe zmieniał się w boga Ra, posiadającego nad głową czerwony dysk otoczony przez kobrę. W rękach trzymał laskę mocy oraz symbol życia i płodności o nazwie *anch*. Zazwyczaj przedstawiany był od pasa w górę nagi, chociaż zdarzało się, że pokazywano go w koszuli zrobionej z różnokolorowych piór. Natomiast wieczorem wyglądał jak starzec lub bóg Atum z głową barana. Najczęściej jednak utrwalano jego formę w zenicie i to ona właśnie zapisała się na wieki w kulturze i świadomości ludzi.

Egipcjanie porównywali Ra do faraona, a skoro jest faraon, to musiał być też jego wierny wezyr. Takim wezyrem, czyli osobą zarządzającą królewskim dworem, w mitologii egipskiej był bóg Księżyca – Tot. Pomagał on Amonowi-Ra, zastępując go na nocnym niebie, chociaż pełnił również wiele innych funkcji. Tot, jako patron nie tylko Księżyca, ale również skrybów, zapisywał wszystkie rozkazy bogów. Uznawano go za wynalazcę arytmetyki, geometrii, liczb i muzyki. Aby móc przekazywać swoją wiedzę innym, wymyślił pismo – hieroglify, dzięki czemu nazywano go Panem Świętych Słów. Egipcjanie przypisywali mu także stworzenie kalendarza, gdyż w tamtych czasach w Egipcie czas odliczano na podstawie faz Księżyca. Tot posiadał wiedzę z różnych dziedzin, również tych zakazanych. Napisał on bowiem tzw. *Księgę Tota*, w której zapisane były zaklęcia, dzięki którym można było przejąć władzę nad bogami. Według wierzeń, *Księga* została zakopana w jednym z grobowców w mieście Memfis. Ludzie wyobrażali sobie Tota jako ibisa, mężczyznę z głową pawia lub ibisa, a niekiedy jako pawiana.

Kiedy czytamy o wyobrażeniach starożytnych Egipcjan o jakimkolwiek bogu, może uderzyć nas, że występuje on pod wieloma imionami. Tak jest również zarówno w przypadku boga Słońca, jak i boga Księżyca. Ten pierwszy na przykład jest znany jako Re i Ra, utożsamiany z Horusem i Atumem lub Ozyrysem, a także wręcz łączony z innymi bóstwami – wtedy mówimy o Amon-Re czy Atum-Re. Te wszystkie „przeobrażenia” egipskich bóstw wynikały z potrzeb ludzi żyjących w danym czasie w Egipcie, a bóstwa łatwo im się poddawały, co pozwala postawić kolejne pytanie: kto tak naprawdę stworzył kogo – bogowie Egipcjan, czy Egipcjanie – bogów?

Bibliografia

1. BAUSSIER Sylvie. *Mitologie*. Ożarów Mazowiecki: Wydawnictwo Olesiejuk, 2008. ISBN 978-83-7423-965-3
2. ČERNÝ Jaroslav. *Religie starożytnych Egipcjan*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1974.

3. ĆWIEK Andrzej, DOLIŃSKA Monika, GÓRAJEC Piotr, KOLIŃSKA Ksenia, KOWALSKA Agnieszka, RZEUSKA Teodozja. *Starożytni Egipcjanie*. T. 2. Warszawa: Przedsiębiorstwo Wydawnicze „Rzeczpospolita” S.A., 2007. ISBN 978-83-8984-003-5.
4. Re. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Re;3966389.html>. Stan z dnia 15.10.2022.
5. Tot. W: *Encyklopedia PWN* [online]. Tryb dostępu: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/Tot;3988309.html>. Stan z dnia 15.10.2022.

Mitologia japońska w kontekście bóstw lunarnych

Księżyc i Słońce są identyczne dla każdego mieszkańca Ziemi, lecz ich postrzeganie może być odmienne z uwagi na kulturę i wierzenia. Przykuwają uwagę ludzkości na przestrzeni wieków. Wynikiem tych obserwacji były różne wyobrażenia, historie opowiadane, a później też zapisywane. Analizując **mitologię**² różnych krajów, można natknąć się na bóstwa lunarne. Istnieje wiele nawiązań do magii księżycowej oraz kultu słonecznego. Zastanawiające jest, że podejście do tych obserwacji może być inne w krajach Zachodu i Wschodu, ze względu na odmiennosc kultur i inny nośnik emocji. Jak wiadomo, reakcja emocjonalna jest odpowiedzią ciała na bodźce zewnętrzne oraz myśli. Zatem spojrzenie w kosmos Japończyka czy Europejczyka z tego punktu widzenia może się różnić.

Kraj Wchodzącego Słońca jest tajemniczy i egzotyczny, dlatego, omawiając temat bóstw lunarnych, warto skupić się na niezwyklej mitologii japońskiej.

Wiedza o kosmosie może być potoczna lub gromadzona przez specjalistów, w tym astronomów, mitografów lub kulturoznawców. „Oczywistością jest istnienie potocznej wiedzy o księżycu, obejmującej zarówno sprawdzalne empiryczne fakty, jak i wyobrażenia, wierzenia, lęki, przesady oraz mity. Prawdopodobne wydaje się przypuszczenie, iż ta potoczna wiedza zmieniała się wraz z ewolucją kultury (czy też: każdej z kultur). Zarazem: nie jest wykluczone, iż część lunarnych wyobrażeń, przypisywanej ludziom z odległej przeszłości, nie jest obca części mieszkańców dzisiejszego, ponowoczesnego świata” [7].

¹ Agata Szczepańska, Szkoła Podstawowa nr 1 im. Mariusza Zaruskiego w Gdańsku.

² **Mitologia** – zbiór mitów opowiadanych w danej społeczności lub literacko uporządkowany zbiór opowieści o bóstwach i istotach nadprzyrodzonych, a także nauka zajmująca się zbieraniem, analizą, klasyfikacją i interpretacją mitów.

Wyobrażenia o kosmosie pojawiają się od stuleci w sztuce, szczególnie często możemy natknąć się na obrazy Słońca i Księżycy w literaturze, zwłaszcza w poezji, na przykład **haiku**³. Wątki lunarne można rozważać, stawiając na przeciwległych biegunach literatury Wschodu i Zachodu. Artykuł ten nawiązuje do mitologii i kultury japońskiej w kontekście bóstw lunarnych, ponieważ jest to niezwykle interesujące podejście i często zupełnie nieznane.

Japonia dla Europejczyków to jedno z najbardziej inspirujących i wartych odkrywania miejsc na świecie. Kryje w sobie mnóstwo tajemnic, a podejście do życia ludzi zamieszkujących tę część globu, jest odmienne niż w innych rejonach świata.

W pradawnych wierzeniach plemion na terenach Japonii bóstwa lunarne uważano za stwórców świata. Obrzędy ku czci tych bogów często były związane z cyklicznością Księżycy i Słońca, z ich umieraniem i odradzaniem się. Magia Księżycy i jego fazy zawsze miały wpływ na wierzenia Japończyków. Dużą rolę odgrywała tu religia. „Oryginalną i niepowtarzalną religią narodu japońskiego jest sintoizm. Po japońsku termin ten brzmi *shintō* i dokładnie oznacza <<drogę bogów>>. Jednak termin ten wprowadzono dopiero po pojawieniu się w Japonii innej religii – buddyzmu, który został przyjęty z bliskiej Korei” [4]. Zanim Japończycy przyjęli buddyzm, najpierw żyli zgodnie z naturą i jej rytmem. Sintoizm to religia, która stworzyła ogromną ilość bogów, nazywanych w języku japońskim *kami*. „Gdy w połowie XIX w. podróżnicy europejscy i amerykańscy zwrócili uwagę na dalekie Wyspy Japońskie, nie przypuszczali, że kryją one tak bogatą mitologię. Fascynujące są szczególnie mity kosmologiczne, które wyjaśniają choćby powstanie czterech głównych wysp tworzących archipelag zamieszkiwany przez Japończyków” [4]. Według wierzeń sintoistycznych, świat istniał od zawsze. A jak powstało niebo i ziemia? „Istniejący świat dryfował niczym bezkształtna oleista masa, bardziej przypominająca jajo, do momentu, aż najlżejsza jego część oddzieliła się, a po uniesieniu w górę stała się niebem. Następnie część cięższa stała się ziemią” [4].

Na początku japońskiego świata istniały bóstwa noszące imiona Izanagi i Izanami, do których należało dzieło tworzenia i to oni rozpoczęli proces kształtowania ziemi. Izanagi jest tym, który powołał do życia boginię słońca Amaterasu Ōmikami i boga księżycy Tsukiyomi No Mikoto. Istotne jest tutaj zwrócenie uwagi na ważną cechę kultów japońskich. W całej mitologii podkreślana jest konieczność przestrzegania czystości rytualnej i właśnie dlatego po wydobyciu się z Krainy Ciemności Izanagi dokonał **ablucji**⁴. Jak pisze Wiesław Kotański – „przypuszczalnie chodzi tu o kąpiel w zwykłej morskiej wodzie, która usunie ze skóry zanieczyszczenia. Ponieważ jednak kąpiel bóstwa stanie się dla wiernych prawozorem oczyszczenia, obowiązującym po wszelkim skalaniu ciała, zarówno fizycznym, jak i moralnym, odpowiedni termin

³ **Haiku** – japońska forma poetycka reprezentatywna dla okresu Edo (1603–1868).

⁴ **Ablucja** – (łac. *ablutio* – obmycie) – występujące w różnych systemach religijnych rzeczywiste lub symboliczne obmycie rytualne ciała lub jego części (najczęściej rąk), przedmiotów kultowych lub narzędzi ofiarniczych.

misogi – opłukanie ciała – przybierze z czasem znaczenie rytualne święte ablucje” [6]. W trakcie tego rytuału, podczas obmycia lewego oka Izanagi, narodziła się bogini Słońca, a prawego – bóg Księżycza.



Rys. 1. Amaterasu opuszcza jaskinię

Źródło: [https://www.japanese-finearts.com/item/list2/A1-97-135/Toyokuni%20III%20\(Kunisada\)/Origin%20of%20Iwato%20Kagura%20Dance](https://www.japanese-finearts.com/item/list2/A1-97-135/Toyokuni%20III%20(Kunisada)/Origin%20of%20Iwato%20Kagura%20Dance)



Rys. 2. Tsukiyomi No Mikoto

Źródło: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Shinto-Tsukuyomi-no-Mikoto-Old-Artwork.png>

Charakterystyczną cechą japońskiego społeczeństwa w okresie klasycznym była aproba wcielenia kobiety w rolę władczyni. W pierwszej oficjalnej historii Japonii na szczycie **panteonu**⁵ ustawiono bóstwo kobiece, stąd teoria, że rodzina cesarska pochodzi od bogini Słońca Amaterasu. Zatem, to główna postać panteonu sintoistycznego. Jej pełne imię oznacza „Świecąca na niebie” lub „Wszystko oświecająca”. „Czołówka panteonu wraz z pomocnikami o ponadludzkich atrybutach, zwanymi *amatsu-kami*, czyli „niebiańskimi bogami”, zstąpiła z niebios na ziemię w granicach dawnej Japonii, lecz okazało się, że tereny te są już zamieszkałe. Zajmowały je ziemskie bóstwa – *kunitsu-kami*, których przywódca, obok licznych innych przydomków, znany jest pod imieniem Ōkuninushi [10]. Aby uznać zwierzchnictwo Amaterasu, przywódca

⁵ **Panteon** – w religiach politeistycznych – ogół bóstw.

ziemskich bóstw zażądał budowy największej świątyni w kraju. I tak też się stało, sanktuarium stoi do dzisiaj w miejscowości Izumo, prefekturze Shimane. **Chram**⁶ ten jest skarbem narodowym, aktywnie odwiedzanym i utrzymywanym w idealnym stanie. Japończycy nigdy nie zapomnieli o swojej mitologii, cały czas jest obecna w ich życiu, nadal dominują tutaj wierzenia w prastarej, surowej postaci. Ich akcenty możemy zobaczyć chociażby w filmach animowanych produkcji studia Ghibli Hayao Miyazaki. Życie duchowe ma tutaj ogromne znaczenie.



Rys. 3. Świątynia Izumo-Taisha

Źródło: <https://www.istockphoto.com/pl/zdjęcie/C4%99cie/%C5%9Bwi%C4%85tynia-izumo-taisha-gm1139034786-304315400>

Magia księżycowa i związany z nim kult, uważany jest za najstarszy na ziemi. Ogromny wpływ na wierzenia ludzi w kontekście księżyca miała jego cykliczność. Noc i księżyc były we władaniu Tsukiyomi, brata Amaterasu. Jak wyjaśnić zatem w kontekście mitologii japońskiej, dlaczego Słońce i Księżyc nie spotykają się? Według jednej z wersji mitu, Tsukiyomi został wysłany przez Amaterasu w celu obserwacji, jak wypełnia swoje obowiązki bogini pożywienia Ukemochi. Bóg Księżyca niewłaściwie ocenił sytuację, źle zrozumiał zachowanie Ukemochi i dlatego ją zabił. Tym samym rozgniewał Amaterasu. Niezadowolona bogini Słońca nie chciała już mieć z nim kontaktu i dlatego Słońce i Księżyc nigdy się nie spotykają. W ten sposób Japończycy wyjaśnili sobie, dlaczego nie zobaczymy ich razem na niebie. Wiesław

⁶ **Chram** – miejsce kultu w japońskiej religii shintō.

Kotański w swojej książce „Japońskie opowieści o bogach” dokonał próby wytłumaczenia co oznacza imię Tsukiyomi, które jego zdaniem oznacza ducha przywołującego Księżyc. Imię to oznacza władcę, który co noc nawołuje Księżyc do wędrówki po niebie [6].

Jak pisze Jolanta Tubielewicz w książce „Od mitu do historii”, badania etnografów i etnologów wskazują na istnienie kultu lunarnego w Japonii. Kolejnym tego przykładem może być mit o zesłaniu na ziemię wody nieśmiertelności, a pomysłodawcą tego był bóg Księżycyca – Tsukiyomi. Jego wysłannik, który miał przekazać ludziom wodę nieśmiertelności, nie wywiązał się z powierzonego zadania i zasnął. Wówczas podstępny wąż wypił wodę i stał się nieśmiertelny. Wskutek tego ludzie żyją krótko, ale bóstwo Księżycyca ulitowało się nad nimi, wręczając im *wakamizu* – wodę młodości – w ten sposób przedłuża ich młodość. Posłaniec boga został skazany na wygnanie i do dzisiaj dźwiga cedry na Księżycu. Mit ten funkcjonuje w Japonii podczas festiwalu *wakamizu matsuri* – młodej wody. Witając Nowy Rok, Japończycy podtrzymują tradycję kąpieli w pierwszej wodzie. Do najsłynniejszych należy Święto Czerpania Wody – *Omizutori Matsuri*, odbywające się w marcu na terenie kompleksu świątynnego Tōdaiji w Narze. Nocą, 12 marca, budynek *Nigatsudō* spektakularnie rozświetlają pochodnie. Po tym niezwykłym przedstawieniu procesja kapłanów udaje się do świętej studni *Wakasa*, znajdującej się obok *Nigatsudō*, by tam ceremonialnie czerpać pierwszą wodę. Przypomnijmy więc, że ten mit lunarny zawiera takie elementy jak: Księżyc, woda, wąż, nieśmiertelność, bóstwo Księżycyca obdarowujące wodą nieśmiertelności [9].



Rys. 4. Japońskie kobiety podczas tsukimi

Źródło: <https://bestlivingjapa.wpenginpowered.com/wp-content/uploads/2021/09/Screen-Shot-2021-09-18-at-14.27.08-600x445.png>

Wszyscy, którzy interesują się Japonią zauważają, że mieszkańcy tego ponad stumilionowego kraju mają mnóstwo intrygujących tradycji. Jedną z najbardziej znanych jest zwyczaj podziwiania kwitnących kwiatów wiśni – *hanami*. Nie każdy jednak wie, że istnieje zwyczaj podziwiania Księżycyca – *tsukimi*. Japończycy od prawieków z dużą uwagą i skupieniem wczuwają się w rytmiczną stronę natury, obserwując niebo. W dzień Słońce, nocą Księżyc. Zharmonizowanie rozwiązań przestrzennych z krajo-

brazem w celu podziwiania widoków i zjawisk to jedna z głównych cech tradycyjnej architektury japońskiej. Japończycy potrafią wykorzystać estetyczne walory swoje-

go kraju. *Tsukimi* to nazwa składająca się z dwóch znaków: 「月」 księżyc – *tsuki*, 「見」 oglądać – *miru*. Ogromnie zabiegane i zapracowane społeczeństwo, które od najmłodszych lat uczone jest pracowitości, potrafi zatrzymać się w swoim życiu i przeżywać metafizycznie piękno wędrującego po niebie Księżyca. Ustanawia też specjalne święto pod taką tradycję. Jest ono magiczne i romantyczne zarazem. W dawnych czasach, na dworze cesarskim w okresie pełni Księżyca spotykano się w specjalnych pawilonach, posilając się ryżowymi ciastkami, wyglądem przypominającymi Księżyc w pełni. W dzisiejszych czasach to święto jest nie mniej ważne, gdyż nawet doczekało się swojego znaku emoji – 🌕, który stał się bardzo popularny. Emoji zawiera trawę pampasową, *mochi* i Księżyc.

Po zakończonym festiwalu oglądania Księżyca wszyscy wierni zabierają ze sobą trawy pampasowe – *susuki* używane do dekoracji świątyni. Wierzą, że jedno źdźbło przyniesie im zdrowie i spokój przez cały kolejny rok. Na ołtarzu ustawionych jest 13 ryżowych ciastek *mochi* symbolizujących 13 miesięcy dawnego japońskiego kalendarza księżycowego. Stąd emoji graficznie przedstawia wszystkie te elementy.

W co jeszcze wierzą mieszkańcy Japonii i jak postrzegają pełnię? Zgromadzeni podczas święta ludzie widzą na powierzchni księżyca królika ubijającego ryżowe



Rys. 5. Japończycy podczas festiwalu oglądania księżyca
Źródło: https://jasdfw.org/wp-content/uploads/2019/09/Otsukimi2019_TurkStudio_TS2_5195-4-768x513.jpg

ciastka *mochi*. Natomiast w innych krajach na jego powierzchni dopatrują się rysów twarzy, ale wyobraźnia Japończyka dyktuje całkiem inny obraz. Związane jest to z legendą o księżycowym króliku opowiadaną od czasów **Heian**⁷ (VIII–XII w.n.e.). Niezwykle jest to, że Księżyc istnieje w świadomości wszystkich ludzi na świecie, a w ten sposób postrzegany jest wyłącznie przez mieszkańców wysp na zachodnim Pacyfiku.

Ważną rolę w mitologii japońskiej zajmują mity związane z kultem przyrody, a wśród nich mit solarny. Można przypuszczać, iż Japończyk podziwia wschód Słońca trochę inaczej, bo widzi w nim coś, czego my Europejczycy nie możemy zobaczyć. Oto bogini Słońca *Amaterasu*, jedna z najważniejszych postaci mitu o powstaniu Japonii, wsuwa się powoli na nieboskłon. Stąd czerwone słońce na białym tle, pierw-

⁷ **Heian** – jeden z okresów, na które historycy tradycyjnie dzielą dzieje Japonii, trwający od 794 do 1185 roku, najdłuższy (prawie 400 lat) czas względnego spokoju wewnętrznego.

wzór flagi państwa, które w ojczystym języku nazywane jest Krajem Wschodzącego Słońca.

Podsumowując, należy przyznać, że mentalność społeczeństwa japońskiego i jego religijne zapatrywania wywodzą się z odległej przeszłości. Specyficzne cechy kultury japońskiej są warte poznania z całym spektrum przekonań na temat otaczającego świata i kosmosu. Wszechobecne podkreślanie walorów estetycznych ma tutaj ogromne znaczenie, ale co istotne, dotyczy wartości wychodzącej daleko poza typowe, szablonowe piękno.

Bibliografia

1. ARUTJUNOW Sergej, SWIETŁOW Georgij. *Starzy i nowi bogowie Japonii*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1973.
2. BRONA Grzegorz. *Człowiek istota kosmiczna*. Kraków: Społeczny Instytut Wydawniczy Znak, 2019. ISBN 978-83-240-5632-3.
3. CLARK Stuart. *Ale kosmos!* Łódź: Wydawnictwo JK, 2019. ISBN 978-83-66380-07-3.
4. DEMUSIAK Katarzyna. *Ludy starożytnej Japonii*. Warszawa: Przedsiębiorstwo Wydawnicze „Rzeczpospolita” S.A., 2007. ISBN 978-83-89840-15-8.
5. JOFAN Natalia. *Dawna Kultura Japonii*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy, 1977.
6. KOTAŃSKI Wiesław. *Japońskie opowieści o bogach*. Warszawa: Iskry, 1983. ISBN 83-207-0196-1
7. STALA Marian. *Fragmenty Lunarne*. Kraków: Wydawnictwo Universitas, 2021. ISBN 978-83-242-3624-4. ISBN 978-83-242-6612-8.
8. TUBIELEWICZ Jolanta. *Mitologia Japonii*. Warszawa: Wydawnictwo Artystyczne i Filmowe, 1977.
9. TUBIELEWICZ Jolanta. *Od mitu do historii. Wykłady o Japonii*. Warszawa: Wydawnictwo Trio, 2006. ISBN 978-83-7436-011-1.
10. YAZAWA Yutaka. *Okagesama: japoński przepis na dobre życie*. Warszawa: Grupa Wydawnicza Foksal sp. z o.o. 2018. ISBN 978-83-280-5943-6.



Rozdział VI

SESJA POSTEROWA

Jak pozyskać prąd ze Słońca ?

Piotr Bielirski, SP w Nowej Karczmie

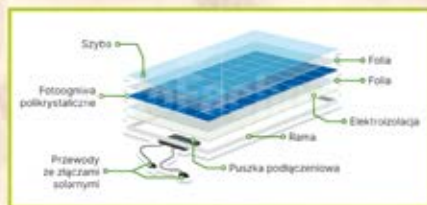


Ogniwa fotowoltaiczne.
Źródło : zasoby własne.

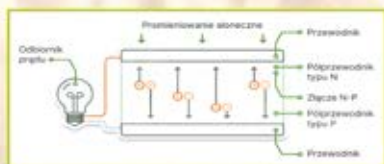
Energia słoneczna powstaje na skutek reakcji fuzji jądrowych zachodzących we wnętrzu Słońca. Do Ziemi dociera w postaci promieniowania słonecznego, które można wykorzystać na kilka sposobów. Może być przetworzona w procesie konwersji fotowoltaicznej, fototermicznej lub fotochemicznej.

Jak zbudowane są ogniwa fotowoltaiczne ?

Składają się z dwóch warstw półprzewodnika. Znajdująca się na górze pierwsza z nich stanowi cienką i przezroczystą powłokę. Nad nią umieszcza się elektrodę ujemną i powłokę antyrefleksyjną. Spód stanowi elektroda dodatnia. Druga, dolna warstwa jest grubsza. Obie warstwy oddzielone są odpowiednią barierą potencjałów, opartą o złącza p-n, czyli półprzewodników niesamoistnych.



Rys. 1 Schemat budowy ogniwa fotowoltaicznego



Rys. 3 Zasada działania ogniwa fotowoltaicznego.

Ogniwa fotowoltaiczne, z których zbudowane są panele fotowoltaiczne, zamieniają energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Kiedy foton (najmniejsza jednostka światła) pada na płytkę krzemową, z której zbudowane jest ogniwo fotowoltaiczne, zostaje pochłonięty i wybija elektron ze swojej pozycji, zmuszając go do ruchu. Ten uporządkowany ruch elektronów to właśnie przepływ prądu elektrycznego.

Nasłonecznienie w Polsce

Nasłonecznienie jest w zasadzie jednakowe dla całego obszaru Polski i wynosi ok. 1600 godzin, co daje 66 dni słonecznych w roku. Większość z tych dni przypada na czas od kwietnia do sierpnia. Produkcja energii możliwa jest jednak jak widać na rys. 4 cały rok, o ile powierzchnia ogniw nie jest przykryta śniegiem lub lodem.



Rys. 4 Produkcja energii w miesiącach letnich i zimowych
Źródło : zasoby własne.



Sieć energetyczna w Polsce nie jest przystosowana do ilości produkowanego przez Słońce prądu. Jeżeli mamy zbyt mały pobór prądu w stosunku do produkcji falownik wyłącza fotowoltaikę. Zastosowanie transformatorów z automatyczną regulacją prądu na wyjściu rozwiązuje ten problem.

Rys. 5 Wyłączenia ogniw spowodowane nadwyżką produkcji prądu. Źródło : zasoby własne.

Wady i zalety wykorzystywania energii słonecznej.

ZALETY

- nieograniczone zasoby tej energii – można ją pozyskać nawet wtedy, gdy pada deszcz lub jest spore zachmurzenie;
- brak konieczności zużywania paliwa i transportu energii;
- możliwość bezpośredniej konwersji na różne formy energii (energia ciepła, elektryczna);
- odpowiednio zamontowane panele są w dużej mierze bezobsługowe i bezawaryjne;
- uniwersalność tej technologii sprawia, że może być zainstalowana niemal w każdym miejscu po dobraniu odpowiednich modułów;
- instalacje fotowoltaiczne mają znikomy, negatywny wpływ na środowisko naturalne z powodu braku zanieczyszczeń odpadami, produktami spalania.

WADY

- cykliczność oraz nierównomierność w wykorzystaniu (dostępna energia jest zależna od pory dnia i roku);
- wartość natężenia jest zależna od kąta padania promieni słonecznych;
- stosunkowo wysoki koszt urządzeń;
- dość niska sprawność modułów fotowoltaicznych;
- zależność promieniowania słonecznego od zanieczyszczenia atmosfery, zachmurzenia nieba.



Bibliograf:

1. <https://www.esoleo.pl/baza-wiedzy/poradnik-fotowoltaika-esoleo/fotowoltaika/co-to-jest-energia-sloneczna/>
2. <https://tekstafachowcy.pl/blog/fotowoltaika/ogniwa-fotowoltaiczne-budowa-opracowanie-zasada-dzialania/>
3. <https://efixpowergroup.pl/naslonecznienie-w-polsce-a-fotowoltaika/>



Mitologiczne Słońce i Księżyc

Ewa Furmańska

2 Liceum Ogólnokształcące im. Adama Mickiewicza w Gdyni

Politeizm - znany nam temat, między innymi z lekcji historii. **Wiara w wielu bogów**, na przykład takich jak uosobienia Słońca, czy Księżycy - często powtarzała się w wielu religiach.



EGIPCJANIE



Uważali, że Ra - **bóg Słońca**. Jego głowę zdobi dysk słoneczny. Tworzył pary z wieloma bogami. Był słońcem, które świeciło w południe, właścicielem barki, którą wszyscy bogowie płyną po niebie (czyli wewnątrz bogini Nut) każdego dnia ze wschodu na zachód z krainy życia do krainy umarłych. Płynęli, aby odrodzić siebie i świat dnia następnego, podtrzymać porządek kosmosu uosobiony w postaci bogini Maat. [1]

Thoth - egipski **bóg Księżycy**, patron mądrości. Zaliczano go do bogów-stwórców i uważano za wynalazcę egipskiego pisma - hieroglifów, kalendarza, a także arytmetyki, geometrii, muzyki, liczb i rysunków. [2]



SŁOWIANIE



Według nich, **Księżyc** - jedyny naturalny satelita Ziemi, niezmiennie fascynujący ludzkość od najdawniejszych czasów. O ile w Europie, zwłaszcza zachodniej, Księżyc nie stanowił istotnego elementu sfery wierzeń, to jednak zachował się dość mocno w mentalności ludowej i magicznych obrzędach.

Słońce w swej codziennej wędrówce pozostaje niezmiennie - **każdego ranka wstaje**, przemieszcza się po nieboskłonie i **wieczorem znika** za horyzontem, by bez końca powtarzać swoją podróż. Symbolizuje tym samym niezmienny porządek sfery zaświatawej. W przeciwieństwie do niego, **Księżyc** zmienia swą formę, **rośnie i kurczy się**, cyklicznie znika z nieboskłonu na pewien czas. Przedstawia w ten sposób chaos, zmienność materialnej rzeczywistości, pewien cykl ludzkiego życia, ale i całego świata, wszystkiego, co żyje. [3]

AZTEKOWIE

Zgodnie z wierzeniami Azteków, byli oni **narodem wybranym**. Ciężki na nich obowiązek pełnienia odpowiedzialnej **misji** związanej z **karmieniem słońca**, by miało siły wędrować po niebie. Słońce karmione musiało być ludzką krwią i bijącymi jeszcze sercami. Był to zaszczytny i ciężki obowiązek, związany z wcześniejszym poświęceniem się bogów. [4]

Księżyc i Słońce były kiedyś równie jasne. Obawiając się, że ziemia spłonie w świetle dwóch luminarzy, jeden z bogów **rzucił królika** w twarz drugiemu, a ten uderzył w ciemność, aby stać się dzisiejszym Księżycem. Odtąd można odróżnić postać królika na powierzchni Księżycy. Podczas pełni księżycy "Królik na Księżycu" staje się łatwo widoczny. [5]



BABIŁOŃCZYCY



W tradycji antycznej Chaldejczycy (tak nazywano mieszkańców Babilonii) często byli uznawani za mistrzów wiedzy tajemnej, których zwłaszcza w **astrologii** i **matematyce**. Rzeczywiście, obie te dziedziny były w starożytnej Mezopotamii dość rozwinięte, o czym świadczą liczne gliniane tabliczki zapisane pismem klinowym, zawierające przykłady niekiedy skomplikowanych obliczeń matematycznych oraz raporty z systematycznych obserwacji ciał niebieskich. **Bóg księżycy Sin** i **bóg słońca Szamasz** zostali skojarzeni z liczbą trzy, gdyż $3 \times 3 = 9$, co znów po przemnożeniu przez 3 daje 27 - a to jest liczba dni upływających od pierwszej do ostatniej widoczności księżycy w cyklu synodycznym.

Zatem Sin i Szamasz spotykają się po 27 dniach oddalenia.

Bibliografia

1. Bogowie egipsi [opracowania.biz]. Tryb dostępu: www.opracowania.biz/artykuly/bogowie_egipski_25454.html

2. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Thot>

3. Księżyc - Słowiański Bęstarusz [słowianskobęstarusz.pl]. Tryb dostępu: <https://blog.slowianskobęstarusz.pl/zycie-slowian/wie/kosciol>

4. https://pl.wikipedia.org/wiki/Wierzenia_Azteków#Wierzenia_bogowie_Azteków

5. <https://pl.wikipedia.org/wiki/Mercurius>

6. <http://archeologia.com.pl/wiedza-tajemna-w-starożytnej-mezopotamii/bogowie-slonca-i-ksiezycy>



ZŁOTY KSIĘZYC

Grzegorz Górski, Podstawa Ekologiczna Szkoła Społeczna w Rumi

Jedyny naturalny satelita Ziemi, który towarzyszy Ziemi od 4,5 miliardów lat. Najjaśniejszy obok Słońca obiekt na niebie.

Jedynie poza Ziemią ciało niebieskie, na którym przebywał człowiek.

MINERAŁY I METALE RZADKIE KSIĘŻYCA

Alternatywa dla Ziemi, gorączka złota czy wyścig zbrojeń?

Co może być wydobywane na Księżycu?:

1. Metale Ziemi Rzadkich (Rare Earth Metals, REM) - budulec wojenny, High-Tech, grupa 17 unikalnych pierwiastków, posiadających wspólne cechy (np. lit – metalurgia, technika laserowa i mikrofalowa, światłowodowy).
2. Tlen, do oddychania, a również woda = wodór i tlen => paliwo rakietowe. Na Księżycu występuje dużo tlenu, ale nie jest on w postaci gazowej, tylko w warstwie skał i drobnego pyłu. Księżyc jest zdominowany przez minerały, takie jak tlenki krzemu, glinu, żelaza i magnezu. Wszystkie te minerały zawierają tlen, ale nie w takiej postaci, do jakiej mają dostęp nasze płuca.
3. Kosmiczny milioner szuka: złota, platyny, srebra? Też. Szuka helu-3, gazu szlachetnego, drugiego najczęściej występującego pierwiastka we wszechświecie (za wodorem), ale nie na Ziemi. Hel jest m.in. używany jako chłodziwo w urządzeniach wykorzystujących zjawisko rezonansu magnetycznego (np. w tomografach MRI), do zapewnienia obrotnej atmosfery ochronnej przy produkcji sprzętu komputerowego. Roczne wykorzystanie wynosi ok. 100 mln m³ / rok. Hel-3 to w przyszłości potencjalnie i bezpieczne, bo pozbawione radioaktywnych odpadów paliwo dla reaktorów. Obecnie jedynym dającym się wykorzystywać na skalę przemysłową źródłem helu jest gaz ziemny. Mimo, że jego udział % w gazie ziemnym jest bardzo mały (powyżej 0,3%). Znajdujące się pod powierzchnią Ziemi zapasy helu pochodzą z trwającego miliony lat radioaktywnego rozkładu uranu i toru, dlatego zasoby te są nieodnawialne.

MOŻLIWOŚCI JUTRA CZY ZA 100 LAT?



Rys. 2 Układ Słoneczny

Średnia odległość Księżyca od Ziemi = 384,4 tys. km.

Wydobycie i transport na Ziemię ☹️ oplatnością dzisiaj. Ale jutro, kto wie?

Pierwsze lądowanie człowieka na Księżycu odbyło się w 1969 roku, a ostatnie w 1972 roku.

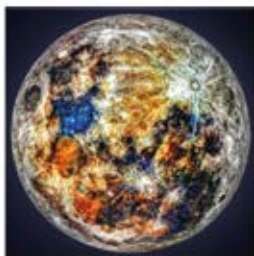
Mieczysław Bekker - polski konstruktor pojazdów księżycowych. Jego łaźki sprawdzał się tak dobrze, że był używany w trzech kolejnych misjach Apollo: 15 (1971 r.), 16 i 17.



Fot. 2 Łazki Bekkera

Plany, plany...

Narodowa Agencja Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA) & Europejska Agencja Kosmiczna (ESA):
 ARTEMIS I – 2022, misja bezzałogowa; ARTEMIS II – 2024, misja załogowa;
 projekt Chang i księżycowa baza Chin – 2027;
 Rosja – projekt Luna 25;
 Polska Agencja Kosmiczna – TWÓJ łaźki księżycowy



Fot. 1 Księżyc

WYDOBYCIE A PRAWO MIĘDZYNARODOWE

Do kogo należy kosmos? Do **NAS WSZYSTKICH**. Mówi o tym Traktat o przestrzeni kosmicznej.

Przestrzeń kosmiczna jest dobrem wspólnym całej ludzkości.

W kosmosie nie można umieszczać broni masowej rażenia ani wojsk, testować broni czy budować fortyfikacji.

Traktat zabrania też traktowania powierzchni innych ciał niebieskich jako terytorium jakiegokolwiek państwa.

Nie kupujemy działek na Księżycu!
 Księżyc ani jakakolwiek jego część nie może stać się własnością kogokolwiek.



Rys. 1 Nieruchomości księżycowe

CZY KSIĘZYC SIĘ ZMNIĘJSZY?

NIE, zrównowazona eksploracja nie zmniejszy masy Księżyca.

ALE, pozostają kwestie etyczne „nie popuszczać”, „nie zmonopolizowania”, „nie wyeksploatowania” Księżyca dla kolejnych pokoleń.



Rys. 3 Księżycowa kopalnia

Przyciąganie grawitacyjne Ziemi i Księżyca stabilizuje nachylenie osi obrotu Ziemi, dając Ziemi przewidywalny, dość stały klimat i pory roku.

Gdyby nie było Księżyca, Ziemia poddana byłaby oddziaływaniu innych planet, podczas ich orbitowania wokół Słońca. Gdyby blisko był Jowisz, ciągnąłby Ziemię w swoim kierunku, gdyby Mars był blisko, ciągnąłby ją ku sobie. Na Ziemi działaby zatem siły przyciągania różne się w czasie, a jej oś obrotu kołysałaby się.

Gdyby Księżyc zabrał, stabilność osi obrotu Ziemi by zniknęła. Co oznaczałoby brak przewidywalności temperatur, utratę regularności pór roku, ze wszelkimi tego konsekwencjami.

Bibliografia:

1. <https://www.edukacja.prawnicza.pl/prawo-kosmiczne-w-gesule/>
2. <https://www.focus.pl/multimedia/kogo-należy-kosmos>
3. <https://www.focus.pl/artykuly/jakie-prawo-obowiazuje-w-kos>
4. <https://geoportal24.pl/aktualnosci/nowe-prawo-kosmiczne/>
5. <https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologiczny/organizacje-dzialajace-w-obsczarze-badan-i-ekspozycji-kosmicznej>
6. <https://ipolonia.edu.pl/pozazdem-na-ksiezyc-historia-mieczyslaw-bekker/>
7. <https://www.komputermat.pl/artykuly/miodykryzys-dla-nasa-uraca-na-ksiezyc-wystepuje-lam-naczynia-cenny-pierwiastek-323855>
8. <https://www.sciencemag.com.org/article/2014/moon-2-pl>
9. <https://www.swiatobrazu.pl/ksiezyc-andrew-mccarthy-kolorowy-ksiezyc.html>
10. <https://www.urania.edu.pl/ksiezyc/ksiezyc.html>



PROGRAM ARTEMIS

SPACE LAUNCH SYSTEM (SLS)



RAKIETA SLS:

Jest to superciężka rakieta zbudowana przez NASA, która będzie wykorzystywana do załogowych lotów na Księżyc realizowanych w ramach programu Artemis. Jest ona w stanie wynieść 95 ton ładunku na orbitę okołoziemską oraz około 26 ton w kierunku Księżyca. Kolejna próba startu tej rakiety jest zaplanowana na 14 listopada 2022r., jednakże ta data może ulec zmianie.



STATEK ORION :

Statek Orion składa się z systemu ratunkowego (ang. Launch Abort System), pojazdu ratunkowego (moduł załogowy+ system ratunkowy, ang. Launch Abort Vehicle), modułu załogowego (ang. Crew Module), modułu serwisowego (ang. Service Module) i łącznika (ang. Spacecraft Adapter).

INTERIM CRYOGENIC PROPULSION STAGE:

Jest to górny stopień rakiety. Posiada tylko jeden silnik, typu RL-10, o sile ciągu równej 110kN. Silnik ten jest zasilany przez ciekły wodór i ciekły tlen.

LAUNCH VEHICLE STAGE ADAPTER:

Górny stopień rakiety nośnej. Posiada tylko jeden silnik, typu RL-10, o sile ciągu równej 110kN. Silnik ten jest zasilany na ciekły wodór i ciekły tlen.

GLÓWNY CZŁON:

W tej części rakiety, mającej wysokość 64,6 m, znajduje się ponad 2 774 707 kg paliwa, które napędza silniki RS-25 na czas 8 minut. Główny człon jest częścią rakiety, która jest nie odzyskiwana.

DWIE RAKIETY POMOCNICZE:

Produkują łącznie siłę ciągu o wartości 3,6 mln. funtów, co stanowi 75% całej siły ciągu podczas pierwszych 2 minut lotu rakiety. Ich zadaniem jest przyspieszenie rakiety SLS podczas pierwszej fazy lotu. Działają one razem z głównymi silnikami.

SILNIKI RS25D:

Rakieta SLS posiada 4 takie silniki zasilane na ciekły wodór i ciekły tlen. Są to silniki z wahadłowców kosmических, które zostały zmodyfikowane do potrzeb rakiety SLS.

BIBLIOGRAFIA:

- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>
- <https://www.nasa.gov/press/2022/october/nasa-launches-first-artemis-1-test-flight>

Agnieszka Grużewska



Lądowniki Projektu Chang'e

Piotr Kalisz — Zespół Szkół Łączności Gdańsk

Chang'e to Chiński projekt ogłoszony w 2003 r., mający na celu badania księżyca. Projekt miał przeprowadzić 6 akcji do 2020 r. Niestety dzisiaj projektowi brakuje ostatniej misji do zakończenia. Dzięki temu projektowi na księżycu wyładowały już 3 lądowniki i to na nich chciałbym się skupić.

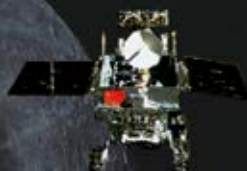
Change'3

Celem akcji było wyładowanie lądownika wraz z łazikiem Yutu na księżycu na obszarze zwanym Mare Imbrium leżącym na wschód od Sinus Iridum. Łazik Yutu odkrył nowy, nieznan wcześniej, rodzaj skały bazaltowej. Cała misja miała trwać minimum 3 miesiące i urządzenia przetrwały ponad rok (od 1 grudnia 2013 do 14 stycznia 2015).



Change' 4

Chang'e 4 to już 2 misja z łazikiem w projekcie Change. Celem misji są badania dotyczące niewidocznej części księżyca. Głównym obiektem badań jest powierzchnia srebrnego globu. Sonda ma pobrać 2 kg materiału i wrócić na ziemię. Misja rozpoczęła się 7 grudnia 2018 r., lecz łazik wyładował bezpiecznie 3 stycznia 2019 r., urządzenia miały działać ponad obecnie wciąż mają się dobrze i kontynuują badania. Do tego czasu Yutu-2, bo tak nazywa się łazik uczestniczący w misji, przejechał 1,3 km oraz rozwiązał wiele tajemnic związanych z otoczeniem. Pobli on również rekord związany z długością pobytu na księżycu (Yutu-2 jest na księżycu ponad 3 lata i 10 miesięcy)



Change' 5

Najnowszą akcją przeprowadzoną przez projekt Change jest Chang'e 5. Misja ta obejmowała zebranie 2 kilogramów skał z księżyca z czego 500 gram zostało zebranych 2 metry pod powierzchnią księżyca a 1,5 kilograma z powierzchni srebrnego globu. Po zebraniu surowców sonda wróciła zgodnie z planem. Trwanie misji to ponad 1 rok i 11 miesięcy. Lecz sonda przebywała na naturalnej satelicie ziemi tylko 2 dni. Lądownik pozostawił po sobie pierwszą Chińską flagę na księżycu.



Źródła

https://pl.wikipedia.org/wiki/Program_Chang'e2%80%99e

https://pl.wikipedia.org/wiki/Chang'e2%80%99e_3

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Yutu>

<https://solarsystem.nasa.gov/missions/yutu/i-n-deptv>

https://pl.wikipedia.org/wiki/Chang'e2%80%99e_4

https://pl.wikipedia.org/wiki/Yutu_2

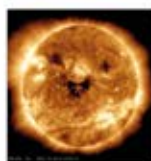
https://pl.wikipedia.org/wiki/Chang'e2%80%99e_5



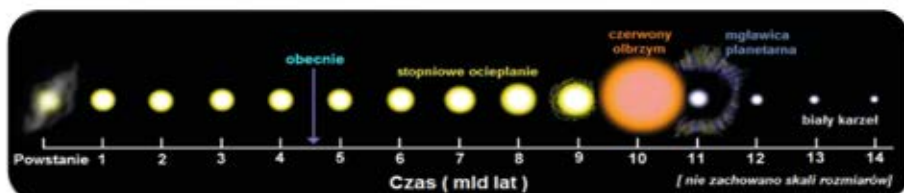
CYKL ŻYCIA SŁOŃCA

Patryk Niewulis

Zespół Szkół Łączności im. Obrońców Poczty Polskiej



Zdjęcie Słońca/NASA



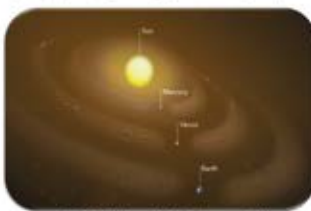
Rys. 1. Cykl życia Słońca [1]



Rys. 2. Obłok międzygwiazdowy [2]

Pierwsze początki

Słońce uformowało się około 4,6 mld lat temu na skutek zapadania grawitacyjnego obszaru w dużym obłoku międzygwiazdowym (rys. 2). Większość materii zgromadziła się w centrum, a reszta utworzyła orbitujący wokół niego spłaszczony dysk, z którego ukształtowały się planety Układu Słonecznego (rys. 3). Centralna część będąc coraz gęstsza i gorętsza, stała się początkiem procesu syntezy termojądrowej.



Rys. 3. Słońce w układzie Słonecznym [3]

Obecnie

Po trwającym kilkadziesiąt milionów lat okresie kurczenia się obłoku międzygwiazdowego, Słońce znalazło się na ciągu głównym. Przez ten czas Słońce zwiększyło swój promień od 8 do 12%, oraz jasność o około 27%. W jądrze młodego Słońca zawartość wodoru wynosiła ok. 73%, obecnie stanowi tylko 40%. Aktualnie Słońce jest żółtym karłem, przedstawicielem i populacją gwiazd.

Za około 5 miliardów lat

Gdy zapasy wodoru wyczerpią się Słońce zmieni się w czerwonego olbrzyma (rys. 4) i najprawdopodobniej pochłonie trzy najbliższe sobie planety.



Rys. 4. Czerwony olbrzym [4]



Rys. 5. Mgławica międzyplanetarna [5]

Za około 6 miliardów lat

Pod koniec etapu procesu syntezy jądrowej Słońce odrzuci zewnętrzne warstwy zamieniając się obłok gazu i pyłu z gorącym jądrem powstałym po błyku helowym, zawierającym głównie tlen i węgiel (rys. 5).

Za około 7 miliardów lat

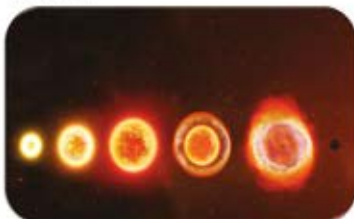
Mgławica międzyplanetarna (rys. 5) zapadając się pod własnym ciężarem przestoczy się w białego karła (rys. 6). Na tym etapie życia Słońce będzie traciło swoją masę, wobec czego krążące wokół niego obiekty mogą ulec w otwartej przestrzeni kosmicznej.



Rys. 6. Biały karzeł [6]

Nieunikniona przyszłość

Według hipotez Słońce przez wiele miliardów lat będzie stygło, aż stanie się nieemitującym promieniowanie czarnym karłem (rys. 7). Tego typu gwiazdy nie zaobserwowano, gdyż najprawdopodobniej jeszcze nie istnieje. Czas stygnięcia białego karła do stanu czarnego karła szacowany jest na więcej niż obecny wiek Wszechświata.



Rys. 7. Ewolucja Słońca w czarnego karła [7]

Bibliografia:

- [1] <https://vites.google.com/itka/ukladsloneczny/1/monca/ewolucja-sloneca-1>
- [2] <https://apod.nasa.gov/apod/ap090222.html>
- [3] <https://solarsystem.nasa.gov/news/874/what-scientists-found-after-sifting-through-dust-in-the-solar-system/>
- [4] <https://www.urania.edu.pl/wiadomosci/gwiazda-daje-zyciodajne-liczenie-martawemu-towarzyszowi-4188.html>
- [5] <https://hubbleite.org/resource-gallery/learning-resources/hubble-heritage>
- [6] <https://www.space.com/21702-sirius-brightest-star.html>
- [7] <https://www.scribd.com/article/466137165/The-Sun-s-Evolution-to-A-Black-Dwarf>



Loty na Księżyc i plany powrotu na Srebrny Glob

Rafał Zas, Zespół Szkół Łączności im. obrońców Poczty Polskiej w Gdańsku

Zaloga
David S. Scott - dowódca
James B. Irwin - pilot lądowiska
Edward M. Weir - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 18 godzin i 40 minut

2001, 2004, 2005

Zaloga
Eugene S. Cernan - dowódca
Harrison W. Schmitt - pilot lądowiska
Michael C. Smith - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 22 godziny i 5 minut

1969, 1970

2001, 2004, 2005

2001, 2004, 2005

1969, 1970

1969, 1970

Apollo 15
(26 lipiec - 7 sierpień 1971)

Zaloga
Alan S. Shepard Jr. - dowódca
Edgar D. Mitchell - pilot lądowiska
Stuart A. Roosa - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 9 godzin i 35 minut

1969, 1970

Apollo 17
(7-19 grudnia 1972)

Zaloga
Eugene A. Cernan - dowódca
Harrison W. Schmitt - pilot lądowiska
Michael C. Smith - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 22 godziny i 5 minut

1969, 1970

Apollo 12
(14-24 listopada 1969)

Zaloga
Charles Conrad Jr. - dowódca
Alan L. Bean - pilot lądowiska
Richard F. Gordon Jr. - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 7 godzin i 27 minut

1969, 1970

Apollo 14
(31 stycznia - 9 lutego 1971)

Zaloga
Alan S. Shepard Jr. - dowódca
Edgar D. Mitchell - pilot lądowiska
Stuart A. Roosa - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 9 godzin i 35 minut

1969, 1970

Apollo 11
Pierwszy lot na Księżycu człowieka na Księżycu
(16-24 lipiec 1969)

Zaloga
Neil Armstrong - dowódca
Eugene S. Cernan - pilot lądowiska
Michael Collins - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 21 godzin i 12 minut

1969, 1970

Apollo 16
(16-17 kwietnia 1972)

Zaloga
Thomas W. Young - dowódca
Charles M. Duke Jr. - pilot lądowiska
Thomas E. Mattingly Jr. - pilot modułu dowodzenia

1 Czas na powierzchni: 29 godzin i 11 minut

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

1969, 1970

Niebezpieczny incydent i powrót na Ziemię

Między Apollo 13 wystartowała 11 kwietnia 1970 roku. W składzie na tej misji: James A. Lovell Jr. - pilot modułu dowodzenia, John S. Swigert Jr. - pilot lądowiska, Fred W. Haise Jr. - Miśka był 13-tym misją na powierzchni Księżyca, w czasie w czasie 2-tych dniach doświadczenia z białym proszkiem podczas przelotu.

Do katastrofy doszło kiedy załoga była blisko Księżyca nad Ziemię. Podczas nubiowego przelotu nad Ziemią, awaria silnika spowodowała uszkodzenie silnika, co spowodowało niebezpieczny wypadek. Wypadek ten spowodował uszkodzenie silnika.

Bez tlenku potrzebny do oddychania i inny woda, astronautom udało się przetrwać dzięki zaopatrzeniu zapasowe do powrotu. Załoga przetrwała dzięki do zapasów i awaryjnego systemu, który włączył się automatycznie. Dzięki temu udało się przetrwać i bezpiecznie wrócić na Ziemię.

Do katastrofy doszło kiedy załoga była blisko Księżyca nad Ziemię. Podczas nubiowego przelotu nad Ziemią, awaria silnika spowodowała uszkodzenie silnika, co spowodowało niebezpieczny wypadek. Wypadek ten spowodował uszkodzenie silnika.

Program Artemis czyli powrót człowieka na Księżyc

Program Artemis to program eksploracji Księżyca organizowany przez NASA w partnership z ESA, JAXA, CSA oraz ISRO. Jego celem jest powrót człowieka na Księżyc i ustanowienie stałej obecności człowieka na jego powierzchni w celu wsparcia przyszłych misji na Marsie.

Artemis ma być pierwszym krokiem na kierunku powrotu człowieka na Księżyc. Misja Artemis 1, która została wystrzelona 28 listopada 2021 roku, ma być pierwszym krokiem w kierunku powrotu człowieka na Księżyc. Misja Artemis 2, która została wystrzelona 15 czerwca 2024 roku, ma być pierwszym krokiem w kierunku powrotu człowieka na Księżyc.

206

Patronat honorowy:

Patronat medialny:



Partnerzy projektu „Zdolni z Pomorza”:



Partnerzy konferencji:



Organizatorzy:

Pomorska Biblioteka Pedagogiczna
im. Gdańskiej Macierzy Szkolnej w Gdańsku



Instytucja Samorządu
Województwa Pomorskiego

