

Transkrypcja wystąpienia

ASTRONOMIA

Dr hab. Michał Michałowski, prof. UAM

Transkrypcja wystąpienia, które odbyło się podczas VI cyklu spotkań organizowanych w ramach projektu Kto pyta nie błądzi – Nauka dostarczy odpowiedzi. Wystąpienie miało miejsce 28 października 2025 roku.

Dr hab. Michał Michałowski: Dzień dobry wam wszystkim. Ja nazywam się Michał Michałowski, tak jak zostałem przedstawiony. Ja jestem pracownikiem Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu i zajmuję się astronomią. I to jest właśnie temat, na którym będę chciał z wami rozmawiać. Teraz czy te slajdy? To poproszę następny slajd. O, dobrze, dziękuję.

MIT 1

Czy Ziemia jest płaska?

Dr hab. Michał Michałowski: Więc zaczniemy od pierwszego mitu. To jest takie trochę pytanie dla was. Czy ziemia jest kulista? To może zrobimy tak. Kto uważa, że ziemia jest kulista, niech podniesie rękę. Ok, dziękuję. Poproszę następny slajd. Kto uważa, że ziemia jest płaska, czyli jest dyskiem? Dobrze, mamy też zwolenników płaskiej ziemi, bardzo dobrze. Liczę na to, że będziemy mogli o tym porozmawiać. Więc tutaj mamy takie dwa dominujące modele. Kulista ziemia albo płaska ziemia. Ja bym chciał od razu... Momencik, ja na początku powiem, a potem będą pytania. Chciałbym od razu zaznaczyć, że to nie jest tak, że na początku ludzie myśleli, że ziemia jest płaska, a potem doszli do wniosku, że ziemia jest kulista. My wiedzieliśmy, że ziemia jest kulista od co najmniej kilku tysięcy lat. Więc ludzie, którzy się zajmowali nauką, naukowcy, można powiedzieć astronomowie, wiedzieli, że ziemia jest kulista głównie z tego, że obserwowali gwiazdy. Większość ludzi, którzy żyli na Ziemi w tych starych czasach, może nie umieliby tak odpowiedzieć jak wy na to pytanie, ale to ze względu na to, że ten temat ich tak nie za bardzo dotyczył. To jaki jest kształt Ziemi dla średniego człowieka dwa tysiące lat temu, czy tysiąc lat temu, czy pięć tysięcy lat temu, to nie był temat, który ich zajmował, to nie miało na niego wpływ życie, nie miało na ich życie żadnego wpływu. No dobrze, ale to teraz tak, czy ktoś z Was jest w stanie powiedzieć, skąd wiemy, że ziemia jest kulista? Ale to zaraz, zaraz dojdziemy do płaskiej Ziemi. Tak, słucham? Tak, jest tu odpowiedź, że jak latamy do kosmosu, to widać i to jest w sumie dosyć dobra odpowiedź. To tutaj zdjęcie po lewej stronie to nie jest rysunek, to jest zdjęcie, więc jesteśmy w stanie wylecieć poza Ziemię, zrobić zdjęcie i wtedy wiemy, że Ziemia wygląda jak kula. Jednak to są dopiero ostatnie czasy i dla tych z Was, którzy są zwolennikami płaskiej Ziemi, jeśli ja dobrze się orientuję, to ludzie, którzy wierzą w płaską Ziemię, oni nie wierzą, że wylecieliśmy w kosmos i nie wierzą, że to jest zdjęcie, tylko powtarzają, że to jest grafika komputerowa. Ale prawdę mówiąc, nie spotkałem jeszcze takich ludzi, więc bardzo chętnie też z Wami porozmawiam. To teraz może zwolenników płaskiej Ziemi. Skąd, dlaczego uważacie, że Ziemia jest płaska? Nie ma żadnych argumentów, czy ktoś chce? Proszę pani, o tak. Bo jeżeli my na płaskiej powierzchni, to nie jest zły sposób myślenia, ponieważ jak tutaj patrzymy, no ta scena oczywiście jest płaska, jak wyjdziemy gdziekolwiek, patrzymy na ulicę, na pola, wszystko wygląda płasko, więc dlatego można przyjąć, że to jest pierwsza reakcja człowieka, jest taka, że Ziemia jest płaska, bo tak wygląda. I to nie jest prawdziwe, dlatego że to, co my widzimy tutaj, proszę zobaczyć, tutaj jest kula ziemiska, jak stoimy sobie gdzieś tutaj na przykład w tym miejscu, to widzimy bardzo mały kawałek tej kuli. Czyli możemy sobie wyobrazić ogromną piłkę i

tam jest malusieńka mrówka, ona widzi tylko bardzo mały kawałek tej kuli, więc ona nie jest w stanie stwierdzić, jak jest kształt tego obiektu, na którym stoi, i wygląda dla niej płasko, bo ona widzi tylko bardzo mały kawałek. Ale to nie jest błędne rozumowanie, tylko po prostu trzeba obejrzeć większą część i wtedy widzimy, że Ziemia jest kulą. Tam jest jeszcze jeden argument, dlaczego Ziemia jest płaska. Dobrze, rozumiem. To jest też argument, który słyszałem, to jest taki, ja to powtórzę, bo nie wiem, czy wszyscy słyszeli, że gdyby Ziemia była kulą, to wtedy woda by spływała na dół i by jakby spadała z ziemi. Jest to, powiedzmy, to jest sposób myślenia, który zakłada, że wszystko spada na dół, gdzie dół w takim modelu byłby tutaj, na dole. I nie jest to sposób, w który grawitacja działa. Grawitacja przyciąga wszystko do środka Ziemi, czyli woda, która jest tu, jest przyciągana w tą stronę do środka Ziemi, a woda, która jest tu, ona nie będzie spadała, ponieważ grawitacja przyciąga ją do środka Ziemi, czyli cała woda jest trzymana na powierzchni Ziemi. I tutaj na przykład w Australii to nie jest dół w żaden sposób, tylko po prostu oni, dla nich też grawitacja działa w kierunku środka Ziemi, a więc woda i ludzie żyjący tam w Australii są przyciągani w tym kierunku, więc nie wypadają z tej Ziemi. Jeszcze tam jeden argument, że Ziemia jest skalista. To jest prawda, jednak w obu tych modelach Ziemia by mogła być skalista. Czy Ziemia jest kulista, czy płaska, mogłaby być zrobiona ze skał. Jeszcze tam może jedno? Że jest lekko spłaszczona. Znaczy, zależy jak na to spojrzeć. Powiedzmy w tym modelu, który ja tu pokazuję jest zupełnie płaska. Patrzymy ogólnie na kształt Ziemi, czyli tutaj jest po prostu dyskiem, a tutaj jest kulą, więc nawet jeśli jest, no w sumie można powiedzieć, że kula jest lekko spłaszczona, jeśli obejrzymy tylko małe kawałki. To może jeszcze jedno ostatni argument na morze z tamtej strony, może tam. Idzie w dół. Właśnie kwestia jest taka, że idzie w dół po prostu głównie, jeśli patrzymy na morze, to widzimy morze, nie wiem, 2-3 kilometry i na tej skali tylko 2 kilometrów to jest bardzo mały obszar, nie widać tej krzywizny. Jednak jeśli weźmiemy bardzo dobry teleskop albo nawet dobry aparat fotograficzny, możemy zobaczyć oddalające się statki, których na początku widzimy cały, potem widzimy tylko połowę, potem już widać tylko szczyt albo maszt, więc jakby ten statek chowa się za krzywizną Ziemi, więc tak widać krzywiznę Ziemi w takiej sytuacji, no ale to jest trochę dalej niż tylko takie po prostu patrzenie na obiekty, które są blisko. Dobrze, to może jeszcze jedno pytanie, jedno tutaj szczególnie. Tak zgadza się, to znaczy o porach roku też faktycznie jeszcze powiem. Pory roku chyba już muszę skończyć, bo jeszcze mam trochę rzeczy do pokazania, ale może na końcu się uda, jeśli będziecie mieli na ten temat też, to będziemy mogli porozmawiać, jak będziemy mieć czas. Więc dobrze, poproszę następny slajd. Dla mnie głównym argumentem przeciwko idei płaskiej Ziemi jest to, że nie ma krawędzi. Tak właśnie mówią zwolennicy płaskiej Ziemi, ale spróbujmy się nad tym zastanowić. Jeśli gdzieś, jeśli Ziemia jest płaska, to musi mieć krawędź, musi mieć miejsce, w którym się kończy i dalej jest spadek

w dół. Na Ziemi byliśmy już wszędzie, zobaczyliśmy wszystkie miejsca na Ziemi, takiej krawędzi nikt nigdy nie znalazł. I jak przygotowałem, pierwsza moja reakcja jest taka, że nikt nigdy nie pokazał, nikt nigdy nie pokazał czegoś, co wygląda jak krawędź, więc znaczy, że ona na pewno nie istnieje i wtedy się ze slajdami stało, ale mam nadzieję, że zaraz, czy to ja? O, dobrze. Teraz poproszę o następny slajd. Jak pracowałem nad tą prezentacją, to mój kolega zupełnie nie wiedział, że ja nad tym pracuję, przysłał mi taki filmik, na którym jest pokazana krawędź Ziemi. Na szczęście twórcy tej strony, to jest strona taka humorystyczna, więc jakby oni sami przyznają, że to jest żart, że to nie jest oryginalne nagranie, to jest film, który został stworzony przez sztuczny, jak ładne obrazy można stworzyć przez sztuczną inteligencję i tutaj jest pokazany ten brzeg, tylko pamiętajcie, że to jest animacja, to nie jest oryginalne nagranie i możemy stwierdzić, że to nie jest oryginalne nagranie także pod tym, co widać w tle. W tle widać gwiazdy, co jest możliwe w nocy, więc to nie ma problemu, ale tutaj pojawiają się takie większe obiekty, których nie widać gołym okiem. Zaraz tutaj zobaczymy na następnej scenie, o tutaj widać, tam jest galaktyka, ogromnej wielkości galaktyka, to jest galaktyka Andromedy, poproszę o następny slajd, która wygląda tak, to jest to zdjęcie i to zdjęcie galaktyki Andromedy i to zdjęcie zostało wykonane przez kosmiczny teleskop Hubble'a i nie wiem, czy wiecie, co to jest, ale to jest bardzo duży teleskop, który jest na orbicie okołozemskiej i dlatego, że on jest poza naszą atmosferą, jest w stanie wykonywać takie ładne obrazy, więc w tym nagraniu jest użyty ten obraz, tak jakby to widział ten kosmiczny teleskop Hubble'a, a to było jakby, jakby ktoś taką ręczną kamerą to nagrywał, gdyby ktoś ręczną kamerą nagrywał galaktykę Andromedy, to ona by wyglądała tak. Ona jest tu. Galaktyka Andromedy widać gołym okiem, może część z was miała okazję ją zobaczyć, ale to jest taka malutka chmurka, którą trzeba dobrze się wpatrzeć i zauważyć, że jest to taki obiekt, który jest trochę szerszy niż gwiazdy dookoła, więc w żaden sposób ten operator kamery na tym filmiku nie byłby w stanie zobaczyć takiego pięknego obrazu galaktyki Andromedy. To teraz, to jest, pokażę tutaj eksperyment, który jako pierwszy został użyty, żeby stwierdzić, że Ziemia jest kulista. To jest eksperyment, który wykonał pan, który się nazywał Aratostenes i to było 2200 lat temu, więc całkiem dawno i on zauważył, że pewnego dnia Słońce pada prostopadle do powierzchni Ziemi, więc oświetla dół bardzo głębokiej studni, więc jak on patrzył w dół na tą studnię, to widział, że Słońce oświetla dno tej studni, więc wiedział, że promienie słoneczne padają prostopadle i tego samego dnia innego roku, dacie, ale innego roku, kiedy wiedział, że układ Słońce-Ziemia jest bardzo podobny, w innym mieście zauważył, że taka sytuacja nie ma miejsca. Patrzył na studnię, Słońce nie oświetlało dno tej studni, a jak patrzył na jakąś wieżę, czy jakiś słup, to ten słup rzucał cień, w odróżnieniu od słupa, który byłby tutaj, który by cienia nie rzucał. Więc on był w stanie zmierzyć długość tego cienia i z długości tego cienia i wysokości tej wieży był w stanie obliczyć ten kąt padania

promieni słonecznych. Sam kąt by mu jeszcze nic nie dał, ale on jeszcze znał odległość pomiędzy tymi miastami, więc wiedział, że różnica kątowa pomiędzy tymi miastami została zmierzona, znał odległość po prostu tych dwóch miast, więc wtedy stwierdził, ok, jeśli ten kąt odpowiada takiej odległości, to wtedy można łatwo obliczyć, jaką odległość odpowiada 360 stopniom, czyli całej Ziemi dookoła. Więc był w stanie zmierzyć obwód Ziemi, czyli długość równika powiedzmy. I tak niestety nie jesteśmy w stanie tak dokładnie stwierdzić, ile mu wyszło, bo on używał jednostek, które teraz my już dokładnie nie wiemy, ile one wynoszą, więc tak mniej więcej wiemy, ale więc wiemy tyle, że w zależności jaką długość jednostki przyjmujemy, którą on używał, to albo był bardzo dokładny z błędem poniżej 1%, albo maksymalnie może się pomyliło 10%. Więc jak sobie na to spojrzycie w ten sposób, że ponad 2000 lat temu ktoś zmierzył wielkość Ziemi na podstawie długości cienia, no to jest dosyć precyzyjny pomiar, tak czy owak. Nawet jeśli się pomyliło 10%, to jest dosyć duży sukces. I teraz moje pytanie jest takie, czy ten eksperyment udowadnia, że Ziemia jest kulista? Słyszę tak, słyszę nie. Odpowiedź jest taka, że nie udowadnia, ponieważ ja na samym początku powiedziałem, że on przyjął, że Ziemia jest kulista, czyli on to najpierw założył. I tutaj taka oczywistość, jeśli planuje eksperyment i najpierw się coś założy, że jest prawdziwe, to ten eksperyment nie jest w stanie wykazać prawdziwości tego założenia, bo to założenie jest już na początku zrobione. My zakładamy, że Ziemia jest kulista. Więc po prostu Eratosthenes wiedział, że Ziemia jest kulista i on się nie interesował tym, żeby udowodnić, że jest lub nie jest, tylko chciał zmierzyć wielkość Ziemi. To był jego cel. On założył na początku, że Ziemia jest kulista. No więc możemy pójść krok dalej i zapytać, czy na płaskiej Ziemi ta różnica kątów też by miała miejsce. I to pokazuje ten rysunek. Tutaj mamy reprezentację płaskiej Ziemi, nie ma żadnych krzywizny. Tutaj mamy Słońce i faktycznie różnica w tych kątach, w tych dwóch różnych miastach mogłaby faktycznie mieć miejsce. Jeśli jedno miasto było dokładnie pod Słońcem, to wtedy ten tutaj wbity kij by nie rzucał żadnego cienia. Gdyby tu była studnia, to promienie słoneczne by wpadały do środka tej studni i oświetlały dno. Więc nie byłoby tu różnicy pomiędzy tym, tą sytuacją na kulistej Ziemi. Potem on się przeniósł do innego miasta i wtedy to inne miasto nie jest już dokładnie pod Słońcem i w takiej sytuacji promienie słoneczne padają pod innym kątem i taki wbity słup rzuca cień. Więc jakby ten sam eksperyment można by było przeprowadzić, dostać dokładnie te same, gdyby Ziemia była płaska. I co możemy z tego wyliczyć? Obliczamy oczywiście ten kąt i potem z odległości tych dwóch miast jesteśmy w stanie obliczyć, jak wysoko Słońce jest nad powierzchnią Ziemi. I w takiej sytuacji dostajemy odległość Słońca od Ziemi 5000 km. I czy wiecie, jaka jest prawdziwa odległość Ziemi od Słońca? Ile to mniej więcej? 6 albo 7 kilometrów. 6-7 tysięcy kilometrów. Jeszcze jakieś? 8 tysięcy kilometrów? Okej, jeszcze jakieś? 600 tysięcy kilometrów? 67 tysięcy kilometrów? Ta szóstka się pojawia bardzo często,

żebyś ja tu nie spadł. Dobra, to ja wam powiem. 12 kilometrów? Nie. A 112? Też nie. Więc prawdziwa odpowiedź jest taka, że odległość Ziemi od Słońca wynosi 150 milionów kilometrów. Więc oczywiście pomiar, że Ziemia jest tylko 5000 kilometrów nad Ziemią jest nieprawdziwy, ale teoretycznie powiedzmy, że w czasach Erotostenesa gdyby on obliczył coś takiego, nie byłby w stanie powiedzieć, że tu się coś nie zgadza, bo wtedy jeszcze odległość Słońca od Ziemi nie była zmierzona. Ale to jest 150 milionów kilometrów. Jeśli faktycznie by tak było, to Słońce by musiało mieć 50 kilometrów, czyli taka dosyć, no, astronomicznie rzecz biorąc mała kulka. I tutaj jakby jeśli sam eksperyment Erotostenesa faktycznie mógłby działać na płaskiej Ziemi, dlatego mówiłem, że ten eksperyment nie udowadnia, że Ziemia jest kulista. Jednak tutaj pojawia się problem. Ten eksperyment można powtórzyć dla różnych miast. Czyli tutaj były tylko dwa miasta, ale można ten sam eksperyment zrobić w Poznaniu. Wbić kij, zmierzyć długość cienia, zmierzyć długość kija, zmierzyć ten kąt. Potem można to samo powtórzyć gdzieś w Norwegii, można to samo powtórzyć gdzieś w Afryce, mieć szeroki zakres szerokości geograficznych. I wtedy problem się pojawia taki, że jeśli przyjmujemy, że Ziemia jest kulista, to wszystko jest w porządku. Jeśli przyjmujemy, że Ziemia jest płaska, to dla różnych par tych miast, czyli na przykład zrobimy Poznań, Bergen i Bergen Cape Town, dostajemy inne odległości Ziemi od Słońca. Czyli w zależności jakie pary użyjemy, dostajemy inne odległości Ziemi od Słońca, a przecież to Słońce w danym momencie nie może być jednocześnie w dwóch czy trzech różnych odległościach. Więc tego typu wyniki jak dostajemy w fizyce i ogólnie w badaniach naukowych oznaczają, że coś jest nie tak z modelem. Jeśli w zależności jakie miasta weźmiemy, dostajemy inne odległości Ziemi od Słońca, a ta odległość powinna być taka sama dla wszystkich obserwatorów, to znaczy, że model jest błędny. W ten sposób można stwierdzić, że model płaskiej Ziemi nie zgadza się z danymi. I to zostało akurat zrobione dosyć niedawno z inicjatywy jednego youtubera, który się zajmuje nosił swoich słuchaczy do tego właśnie, żeby przeprowadzili ten eksperyment. Czyli danego dnia dokładnie w południe mieli wbić coś w Ziemię, zmierzyć długość tego kija i zmierzyć długość cienia na różnych szerokościach geograficznych i potem mu wysyłali odpowiedzi. I tutaj są pokazane wyniki. Na tej osi tutaj jest szerokość geograficzna, czyli my jesteśmy w Polsce, mamy około 55 stopni szerokości północnej, czyli jesteśmy gdzieś tutaj, więc te pomiary mogłyby być z terenu Polski. Tutaj mamy równik, czyli 0 stopni, a tutaj mamy półkulę południową, czyli ujemne szerokości geograficzne. A tutaj na tej osi mamy jak wysoko, ile stopni nad horyzontem to słońce było w to południe, czyli tutaj około zwrotnika mamy 90 stopni, czyli słońce jest dokładnie nad nami, jest 90 stopni nad horyzontem, jest dokładnie nad nami, czyli w Zenicie. I oczywiście to słońce jest niżej, jeśli się odsuwamy od tego miejsca, czyli w Australii, kiedy wtedy akurat była zima, czyli ogólnie na półkuli południowej, to słońce podnosiło się tylko na około 25 do 40

stopni, czyli tak niezbyt wysoko, więc to jest normalne. Więc tu mamy pomiary i teraz tak jak się zwykle w nauce testuje hipotezy, skąd z tych pomiarów wiemy, czy Ziemia jest płaska czy kulista, po prostu trzeba dokonać obliczeń, jak powinny wyglądać te pomiary, gdyby Ziemia była kulista i jak powinny wyglądać te pomiary, gdyby Ziemia była płaska. I to jest pokazane tutaj. Ta czerwona ciągła linia pokazuje jak ten wykres powinien wyglądać, gdyby Ziemia była kulista. Czyli to są takie dwa proste odcinki. Gdyby Ziemia była płaska, to faktycznie te kąty też się zmieniają, więc tak jak mówiłem, eksperyment mógłby działać, ale ta zależność wysokości słońca od szerokości geograficznej jest inna, ona jest bardziej tu taka zakrzywiona i przede wszystkim tutaj na tych niskich szerokościach geograficznych ona nigdy nie schodzi do takich niskich wartości. I teraz porównujemy ten rysunek z modelem, z tym rysunek z danymi i widać, że tutaj tego wypłaszczenia nie ma, ta zależność jest jednak liniowa, czyli z tych danych wynika, że ten model kulistej Ziemi zgadza się z danymi, a model płaskiej Ziemi się nie zgadza. I w ten sposób możemy wykluczyć możliwość płaskiej Ziemi. Gdyby Ziemia była płaska, to działa inaczej niż obserwujemy, więc jesteśmy w stanie odrzucić tą hipotezę. I tutaj podaję linka do tego filmiku, gdzie ten eksperyment jest opisany. Tutaj zaznaczam, że to są bardzo proste pomiary, to nie są bardzo skomplikowane i droga aparatura po prostu trzeba iść w Ziemię i zmierzyć jego cień w danym momencie i mieć wielu znajomych rozsypanych po całej kuli ziemskiej, ale to nie są bardzo trudne pomiary, więc teraz już jesteśmy w stanie stwierdzić na podstawie bardzo prostych pomiarów, że Ziemia na pewno nie jest płaska. Dobrze. Jeśli Ziemia byłaby płaska, to mamy też kilka innych problemów. Tak jak już wcześniej powiedziałem, żeby te kąty mniej więcej się zgadzały, nie do końca, ale mniej więcej, to Słońce by musiało być około 5000 kilometrów nad powierzchnią Ziemi i problemem jest wtedy to, że różni obserwatorzy na Ziemi by mierzyli inne odległości do Słońca, czyli ten tutaj obserwator, który tu stoi, dla niego Słońce jest dosyć blisko, około tych 5000 kilometrów. Jeśli ktoś by stał tutaj na innej części Ziemi, to odległość do Słońca byłaby powiedzmy nawet dwa razy większa. Jeśli coś jest dwa razy dalej, to wtedy znaczy, że jego wielkość kątowa jest dwa razy mniejsza, czyli coś po prostu jest mniejsze, czyli różni obserwatorzy na Ziemi, niektórzy by widzieli Słońce duże na niebie, niektórzy obserwatorzy by widzieli Słońce małe na niebie, więc tego oczywiście nie obserwujemy, Słońce jest zawsze tak samo duże na niebie, więc ten model można i dlaczego tu kulistość Ziemi coś pomaga, oczywiście sama kulistość nie, to, że Ziemia tutaj jest kulista, nie ma tutaj znaczenia, ale chodzi o to, że jeśli przyjmujemy taki standardowy model, że Ziemia jest kulista i jak wygląda układ słoneczny, to Słońce jest 150 milionów kilometrów od, przesuniemy te 6000 kilometrów w jedną, w drugą stronę na powierzchni Ziemi, to to nie ma znaczenia, jeśli chodzi o odległość do Słońca, więc to jest 150 milionów kilometrów, to jest dużo więcej niż wielkość Ziemi i w związku z tym to

nie ma znaczenia, więc odległość każdego obserwatora na Ziemi do Słońca jest prawie dokładnie taka sama. Dalej, w modelu płaskiej Ziemi nie działają wschody i zachody Słońca, generalnie to w tym modelu się przyjmuje tak, że Słońce krąży nad tym dyskiem Ziemi i oświetla połowę Ziemi, czyli tutaj jest dzień na tej połowie, na tej połowie jest noc, to jeszcze mogłoby działać, to nie jest problem, ale w takiej sytuacji Słońce nigdy nie zachodzi pod ten dysk, a więc nigdy by nie było zachodu Słońca, Słońce nigdy by nie było dokładnie na linii horyzontu i nigdy by nie zeszło niżej, ponieważ to Słońce zawsze jest nad tym dyskiem, więc jeśli to by było prawdziwe, jeśli Ziemia byłaby płaska, to nie mieliby wschodów i zachodów Słońca, a jak wiadomo mamy. Można by było powiedzieć, że ok, to może to zmodyfikujemy, może Ziemia, może Słońce zachodzi pod ten dysk, wtedy jest noc i wtedy wychodzi z drugiej strony jest dzień, faktycznie to by mogło działać, ale to by znaczyło, że noc jest wszędzie na całej Ziemi, czyli w każdym punkcie Słońce zachodzi pod dysk i jest noc wszędzie, a jak wiemy nie jest to prawda, można się łatwo przekonać mając jakichś znajomych czy rodziny na innym kontynencie, można do nich zadzwonić, na przykład teraz byśmy zadzwonili do Australii i by nam powiedzieli, że u nich jest noc, może by nawet nie odebrali, bo by spali. Następny problem, który się pojawia w modelu płaskiej Ziemi, to jest zachowanie Księżyca. Jeśli przyjmiemy normalny standardowy model Układu Słonecznego, to występują zaćmienia Księżyca, wtedy kiedy Księżyc wchodzi w cień Ziemi, czyli Słońce oświetla Ziemię, Ziemia rzuca cień i jeśli ten Księżyc wejdzie w ten cień, to wtedy Słońce przestaje go oświetlać i w takiej sytuacji mamy zaćmienie Księżyca, kiedy on się staje dużo ciemniejszy. W modelu płaskiej Ziemi taka konfiguracja nie jest możliwa, nie powinno w ogóle występować coś takiego jak zaćmienie Księżyca, ponieważ w takiej sytuacji Słońce i Księżyc są nad tym dyskiem płaskim Ziemi, to Księżyc nigdy nie może być w cieniu Ziemi, bo cień Ziemi jest rzucany w dół, gdzie Księżyca nie ma, a nawet gdyby tam był, to by go nie było widać, więc nawet gdyby było to zaćmienie, to nie byłibyśmy w stanie obserwować, więc w płaskim modelu Ziemi nie powinno występować zaćmienie Księżyca, a one występują około raz na rok czy dwa, więc jesteśmy w stanie je obserwować. I Księżyc zachowuje się, zachowywałby się też dziwnie w modelu płaskiej Ziemi. Tutaj nie wiem dokładnie, jakie są opcje, czy w modelu płaskim, jeśli tak, to wtedy niektórzy obserwatorzy tutaj w różnych miejscach na Ziemi powinni widzieć tą płaską część Księżyca, powinni go widzieć z boku, więc powinien też wydawać się płaski, założę się, że żadne z Was nie widziało płaskiego Księżyca, no ale może, jeśli nawet w tym modelu przyjmiemy, że Ziemia jest płaska, ale Księżyc jest kulisty, więc zawsze widać okrągłą tarczę Księżyca, to wtedy to i tak by nie działało, bo wtedy różni obserwatorzy, patrząc z różnych stron na Ziemi, by widzieli inną stronę Księżyca, czyli tutaj pokażę, jak wygląda powierzchnia Księżyca, więc jeden obserwator by widział tą część Księżyca, tą część Księżyca, czyli każdy, w zależności, gdzie by byli

usytuowani, by widzieli inną część. Jednak tak nie jest, jeśli obserwują Państwo Księżyc czasami, to można czasami zobaczyć właśnie takie morza albo krater, łatwiej z lornetką albo z teleskopem, ale nawet gołym okiem widać takie struktury i one są zawsze takie same, obojętnie jaka pora roku, obojętnie jaki dzień, obojętnie gdzie jesteśmy na Ziemi, możemy jechać w inne miejsce, Księżyc zawsze tak samo wygląda. A w modelu płaskiej Ziemi, w zależności od tego, gdzie jesteśmy na Ziemi, i znowu tutaj rozwiązaniem może nie jest sam kształt Ziemi, że Ziemia jest kulista, tylko po prostu w modelu kulistej Ziemi Księżyc jest oddalony 384 tysiące kilometrów od Ziemi, to jest dużo więcej niż wielkość samej Ziemi, więc to, czy przejdziemy te kilka tysięcy kilometrów w jedną, w drugą stronę po Ziemi nie ma znaczenia i tak widzimy tą samą część Księżyca. A to, dlaczego nie widzimy tej tylnej części Księżyca jest spowodowane tym, że Księżyc jest w rezonansie grawitacyjnym z Ziemią, czyli jego okres, czyli czas obiegu dookoła Ziemi i czas obrotu dookoła własnej osi jest ten sam. Czyli ja tutaj to pokażę jakby to wyglądało, jak Wy byście byli Ziemią, a ja jestem Księżycem, to gdybym się nie obracał i tutaj obiegam dookoła Was, powiedzmy teraz patrzę dokładnie na Was, to w którymś momencie byście już widzieli mój bok, a jakbym przeszedł dalej to byście widzieli moje plecy. Ale wystarczy, że ja skoordynuję to w ten sposób, że idę w tamtym kierunku i w tym samym tempie się obracam i wtedy jestem w stanie iść tak, że Wy widzicie zawsze tylko mój przód i nigdy nie widzicie moich pleców. I tak właśnie Księżyc się obraca i dlatego widzimy tylko jedną jego stronę. I ostatni mój argument może właśnie tutaj trochę nawiązując do tego, co było na początku, gdyby Ziemia była płaska to by znaczyło, że bardzo dużo ludzi by musiało nas oszukiwać. Wtedy ten ten brzeg by gdzieś tam istniał na tej Antarktydzie, ale żeby się ludzie nie dowiedzieli o tym, to tam by musiało stać wojsko i pilnować tego brzegu. Więc to by musiał być spisek, w którym są w świecie. To by było bardzo trudne, bo wiemy, że rządy naszych krajów nie za bardzo się ze sobą dogadują. Tu by musiały się dogadawać perfekcyjnie. W tym spisku musieliby też uczestniczyć wszyscy fizycy, którzy robią te pomiary, więc by się zorientowali, że Ziemia nie jest kulista, tylko płaska, ale musieliby kłamać publiczności. Wszyscy geologowie, oczywiście, bo oni się zajmują Ziemią, więc oni by wiedzieli Ziemią, więc wiedzieliby, jaki jest kształt Ziemi, więc musieliby kłamać. Wszyscy ludzie pracujący w sektorze kosmicznym, bo wysyłają rakiety. Wszyscy ludzie związani z satelitami, łącznością komórkową, no i oczywiście wojsko. Więc to by była współpraca ogromnej liczby ludzi, żeby oszukać tę resztę ludzkości, jak jest kształt Ziemi. Byłoby takie, że to byłoby ogromne koszty, tych wszystkich ludzi by trzeba było opłacić, by trzeba było skonstruować procedury jak kłamać, w jakich sytuacjach, ustalić wersję, to byłby ogromny wysiłek, a nie byłoby żadnych zysków za bardzo. Co oni by zyskali na tym? Ja nie mówię, że politycy nie kłamią, bo kłamią oczywiście, że tak, ale zawsze po to, żeby osiągnąć jakieś, jakieś realne zyski. Tutaj by kłamali, ogromne koszty by to generowało i nie

byłoby żadnych zysków, ani pieniężnych, ani też... Nie mieliby przez to, że okłamali nas, jeśli chodzi o kształt ziemi, żadnej kontroli nad nami albo nie zmienialiby myślenia. Tutaj jest koniec tego tematu, więc może tutaj kilka argumentów na płaską ziemię, bo widzę, że tam z tyłu ktoś chce coś powiedzieć, więc... Aha. Znaczący, jeśli chodzi o... Jeśli chodzi o kształt ziemi, to dlatego ja w całym wykładzie mówiłem model kulistej ziemi, model nigdy nie jest idealnie dokładny. I teraz tak, prawda, góry, chociaż nie wiem, dlaczego akurat Mongolia, bo Mount Everest jest wyżej, czyli Mount Everest wystaje wyżej nad powierzchnią ziemi, jednak to, ile on wystaje, nie ma znaczenia. To jest bardzo mała odległość. Promień ziemi wynosi 6300 kilometrów, a Mount Everest wystaje tylko na 8 kilometrów, więc jakby te 8 kilometrów nie ma znaczenia. Jak patrzymy na zdjęcia ziemi, to jednak to jest idealna kula. Te góry wystają bardzo minimalnie, więc to jakby można przyjąć, że wszystko na ziemi zachowuje się tak, jakby ziemia była idealną kulą i te różnice związane z płaszczaniem ziemi, z górami nie mają znaczenia. No to jest tylko 20% różnicy, a tutaj to nawet nie mówimy o atmosferze, tylko o kształcie ziemi. Więc ja wiem, że jakby atmosfera nie jest równomierna na ziemi, to się zgadza, ale jakby atmosfera, to nieregularności w atmosferze nam nie mówią o kształcie ziemi. Czy jeszcze jakieś argumenty tu, proszę, w środku? Nie, nie, nie, nie, ale tak nie jest, nie możemy tego przyjąć, bo zmienia się kąt padania, jeśli słońce świeci nam dokładnie nad nami, to jest 90 stopni i ogrzewa mniejszą powierzchnię, ta sama ilość promieni słonecznych ogrzewają mniejszą powierzchnię. Jak słońce padają pod wysokim kątem, pod niskim kątem, to wtedy ta sama ilość promieni słonecznych ogrzewa większą powierzchnię, więc jest zimniej. Dlatego na Antarktydzie, gdzie słońce może świecić przez 3 miesiące albo i dłużej, i tak jest zimno, bo to nie chodzi o to, jak długo słońce świeci, tylko pod jakim kątem. Jeszcze raz mnie nie słyszałem, ale co, nie może się zmieniać? Kąt, no jeśli Ziemia byłaby płaska, to kąt by się zmieniał, bo tutaj tak jak, może wróć, no chociażby, ale no, jeśli Ziemia byłaby płaska, no już, to jakby obserwator, który jest dokładnie tu, by miał słońce nad sobą, ale obserwator, który byłby tu, miałby to słońce pod innym kątem, więc i w jednym, i w drugim modelu, i w płaskiej Ziemi, i w kulistej Ziemi, ten kąt padania promieni słonecznych jest różny, w zależności od tego, jak jest pora dnia, i pora roku, czy coś o płaskiej Ziemi, może zaraz, no jeszcze trochę mamy czasu, tak, tutaj, znaczący tutaj z przodu, nie widzę, nie widzę, tu, proszę, tak, to, to jest sensowny sposób myślenia, który, który ja tutaj może pokażę, jakby to, muszę wrócić do jakiejś, właśnie, jest grawitacja, tylko musimy wiedzieć, jak ta grawitacja działa. Już pokazuję Ziemię, hop, hop, hop, no, a nie, tu jest ten filmik, dobra, niech będzie to, więc argument jest taki, teraz ktoś stoi tu, i nie spada, ale ktoś stoi tu, i spada w dół, i ta woda wypływa, taki jest argument, i to, to, to ma sens, dlatego, że to jest rysunek, który przedstawia jakąś sytuację, i wszyscy wiemy, że dół jest tutaj, więc jakby takie nasze intuicyjne myślenie jest takie, że grawitacja działa w dół,

grawitacja nas przeciąga w dół, więc jak ktoś będzie stał tu, to spadnie, a jak będzie na tej dolnej części Ziemi, no, to już w ogóle nie będzie w stanie na niej żyć. Ale ten sposób myślenia jest błędny, bo on wynika z takiego naszego przeświadczenia, że grawitacja działa w dół, a tak naprawdę grawitacja nie działa w dół, grawitacja działa w kierunku środka Ziemi, czyli grawitacja mnie zawsze ciągnie w środku, w kierunku środka Ziemi, i my po prostu nazywamy ten kierunek dołem, jednak, czyli jak staniemy tu, to środek Ziemi jest tu, więc grawitacja nas przeciąga w tą stronę, ale jak staniemy tu, to grawitacja nie działa w dół na tym obrazku, tylko działa do środka Ziemi, czyli w tą stronę, czyli człowiek stojący tu jest przeciągany w tą stronę, a więc nie spadnie. I teraz na tej dolnej części Ziemi jest tak samo, to nie jest tak, że grawitacja będzie działała w dół, tylko na tym obrazku właśnie będzie działała w górę, to jest, grawitacja będzie go ciągnęła w środku Ziemi. Więc nie ma problemu modelu kulistym, nikt nie będzie spadał, wody też nie będą wypływały, spływały z tej Ziemi, bo są utrzymywane, są ciągnięte w kierunku środka Ziemi. To może dalszą dyskusję na temat płaskiej Ziemi zostawimy jeszcze na koniec, żebym też inne tematy był w stanie krótko opisać i wtedy będziemy dyskutować, albo ewentualnie po tym jeszcze w przerwie.

MIT 2

Czy czarna dziura wciąga materię dookoła niej?

Dr hab. Michał Michałowski: Więc tu jedziemy, bo teraz bym chciał zmienić temat, zanim dojdę do tego slajdami, to może zrobimy jeszcze szybkie głosowanie, kto uważa, że czarne dziury są niebezpieczne. Okej, dużo. Kto uważa, że czarne dziury nie są niebezpieczne. Z tyłu uważa, że są niebezpieczne, nie są niebezpieczne, dobrze, okej. I tutaj przejdziemy do tego. Dobra, mamy czarne dziury. Więc to jest tak, pytanie o czarne dziury można faktycznie przeprowadzić w ten sposób, zadać pytanie, czy czarne dziury wciąga materię dookoła niej i wtedy albo są, albo nie są niebezpieczne. Czarne dziura to jest taki obiekt, z którego żeby uciec, by trzeba było mieć prędkość większą niż prędkość światła. A jak wiemy z teorii Einsteina, nic nie może się poruszać z prędkością większą niż światło, więc dlatego nie można uciec z czarnej dziury. I teraz co wiemy o czarnych dziurach? Faktycznie tutaj jest pokazane na tym rysunku, to jest symulacja, więc to nie są prawdziwe. Czarnych dziur nie widać, bo nawet światło nie jest w stanie się z niej dostać, ale bardzo często czarne dziury mają taki właśnie pierścień, taki dysk materii dookoła niej. I ta materia bardzo szybko się kręci dookoła tej czarnej dziury, rozgrzewa się i wysyła dużo promieniowania. I to jest jeden ze sposobów wykrywania czarnych dziur. Tak jak mówiłem, nie

widzimy samej czarnej dziury, ale widzimy tą materię dookoła niej. I teraz jeśli część tej materii tutaj wybije się z tego rytmu i zostanie skierowana w kierunku czarnej dziury, to faktycznie zostanie przez nią wciągnięta. Więc to jest prawda, to nie jest, że czarna dziura nie wciąga materii, tak wciąga, część materii wciąga. Skalę, jaką się przedstawia w niektórych filmach albo w niektórych popularnych przedstawieniach, nie jest, to wciąganie nie jest takie mocne. I tutaj wam dam analogię, tutaj mamy czarną dziurę, która ta materia krąży dookoła niej, część z niej faktycznie wpada do tej czarnej dziury. I teraz jeśli byśmy wzięli nasz układ słoneczny, tutaj mamy Słońce, planety krążące dookoła niej, jeśli ja byłbym w stanie teraz zmienić to Słońce w czarną dziurę o tej samej masie, umieścić dokładnie w tym samym miejscu, tak, ale to by zajęło kilka miliardów lat, więc powiedzmy w skali czasowej naszego życia to by nie miało znaczenia. Więc czy, moje pytanie jest takie, że jakby ta czarna dziura była w środku układu słonecznego, nie byłoby Słońca, to czy by zmienił się ruch? To kto mówi, że tak, niech podniesie rękę. Kto mówi, że ruch planet by się nie zmienił w takiej sytuacji, jeśli bym zamienił Słońce na czarną dziurę? Chyba nikt, a nie, tam są trzy osoby. No więc ta druga odpowiedź jest prawdziwa, nic by się nie zmieniło, jeśli chodzi o ruch planet, bo ruch planet zależy tylko od jednej rzeczy, od siły grawitacji. Siła grawitacji determinuje, jak to wszystko się tu porusza. A siła grawitacji zależy od dwóch rzeczy, od tego obiektu, który nas przyciąga, a powiedziałem, że zmieniam Słońce na czarną dziurę o tej samej masie, więc masa się nie zmienia. A drugim elementem od odległości, czyli te nasze planety nie zmieniłyby odległości od tego centralnego obiektu, bo umieściłem je dokładnie w tym samym miejscu co Słońce, a więc odległość też by się nie zmieniła, więc siła grawitacji by się nie zmieniła. Więc w takim nowym układzie słonecznym, gdzie by była czarna dziura w środku, taki sam jak wcześniej, nie byłoby żadnej różnicy. Jedyna różnica by była taka, że oczywiście by było ciemno i zimno, więc to byłby problem, ale jeśli chodzi o ruch planet, to nie byłoby tu problemu. Więc wracając do tego pytania na początku, jeśli uznajemy, że Słońce jest dla nas bezpieczne, nie wpadnie w Słońce, to równie dobrze też ono nie wpadnie w czarną dziurę, więc czarne dziury nie są niebezpieczne pod tym kątem. Jeśli nie boimy się tego, że przyleci jakaś gwiazda i spali Ziemię, to tak samo nie powinniśmy się bać czarnej dziury, bo to jest dokładnie ten sam efekt, tu nie ma żadnej różnicy. Dobrze, zostały mi jeszcze dwa tematy, więc może ja skończę tutaj. Tutaj mówię, że ten mit jest obalony, to nie jest dokładnie tak, że czarne dziury nie są niebezpieczne, bo jak się jest bardzo blisko, to faktycznie jest, ale z praktycznego punktu widzenia naszej Ziemi, to one są tak samo niebezpieczne jak gwiazdy.

MIT 3

Czy tęcza ma siedem kolorów?

Dr hab. Michał Michałowski: Dobrze, więc następny temat, trochę mniej, jeszcze jakby temat, pytania będą na końcu, więc możemy wracać do tych tematów, które już omówiliśmy. Teraz taki temat trochę astronomiczno-geofizyczny, czyli tęcza, ile mamy kolory tęczy? Siedem, sześć, czy ktoś ma jakieś inne propozycje oprócz sześć i siedem? Osiem, cztery, dziesięć, sto, dobra, to zrobimy głosowanie. Mamy cztery, sześć, siedem, dziesięć i sto. Kto uważa, że cztery? Nie, nikt, ale słyszałem, sześć kto uważa? Okej, kto siedem? Większość siedem. Kto uważa, że... co tam było jeszcze, sto. Kto uważa, że sto? Sto, więc teraz tak, żadna z tych odpowiedzi nie jest prawdziwa, ale gratuluję tym, co wybrali sto, bo to jest najbliższe. Więc tak, faktycznie tęczę zwykle się przedstawia w ten sposób, gdzie ma chyba zwykle siedem, ale nie jestem tego taki pewien, albo sześć, albo siedem takich łuków, każdy z nich ma inny kolor i są tak dokładnie podzielone. To jest, tak się zwykle przedstawia na rysunkach. I teraz jest tak, no każdy z nas pewnie widział tęczę i wie, że tak dokładnie to tak nie wygląda, tęcza nie ma takich oddzielonych pasów, tutaj jest, te kolory się rozmywają, nachodzą na siebie, to nie jest tak, że mamy niebieski, a potem zaraz zielony, tylko to jest niebieski, potem jest jasno niebieski, potem jest niebieskawo zielony, potem jest zielono niebieskawy, potem jest jasno zielony, potem jest zielonkawy, więc tak to przechodzi jedno w drugie. Jest to spowodowane tym, że tęcza tak naprawdę to są promienie słoneczne, które są rozczepiane przez krople wody i w takim sytuacji to, co my tu widzimy, to jest po prostu promieniowanie od Słońca. I ze Słońcem możemy zrobić podobnie, po prostu skierować nasz teleskop na Słońce, przyczepić do niego instrument, który się nazywa spektrograf, który rozdziela te promieniowania słoneczne, ile jest czerwonego, ile jest niebieskiego, ile jest zielonego w danym obiekcie. Jak to zrobimy ze Słońcem, to wtedy dostaniemy coś takiego, to się nazywa widmo albo spektrum Słońca. Te ciemne miejsca to są miejsca, w którym mamy jakieś związki chemiczne albo pierwiastki, które pochłaniają to promieniowanie akurat w tym, tego koloru i dlatego Słońce dokładnie w tej długości fali wygląda czarno. Ale jak oprócz tych czarnych kresek tutaj, jak patrzymy, to też tutaj nie ma 7 kolorów, czy 8, czy nawet 100. Te kolory przechodzą jedne w drugich, w jedne w drugie. I kwestia jest taka, że jeśli byśmy stwierdzili, że może jest 100 kolorów, podzieliby, podzieliby, jeśli podzielimy całą tę przestrzeń na 100 części, to każda z tych części będzie miała inny kolor. Ale ja mogę stwierdzić, że Słońce ma milion kolorów, mogę podzielić tę przestrzeń na milion, milion odcinków i każdy z tych odcinków będzie miał inny kolor. Mogę miliard odcinków tutaj wyrysować i każdy z tych miliarda odcinków będzie miał troszeczkę inny kolor. Więc z tego wynika, że

prawidłowa odpowiedź jest taka, że tęcza ma nieskończenie wiele kolorów. Po prostu każda, każdy następny kolor, choćby nie wiem jak bardzo był podobny, jednak będzie troszeczkę inny od poprzedniego, możemy to podzielić na nieskończoną ilość elementów i tak każdy z tych elementów będzie miał inny kolor. Więc prawidłowa odpowiedź, tęcza ma nieskończenie wiele kolorów. Więc mi do siedmiokolorowej tęczy mam nadzieję, że jest obalony. To na pewno nie jest, nie jest prawda.

MIT 4

Czy nad równikiem mamy do czynienia z najdłuższym i najkrótszym dniem w roku?

Dr hab. Michał Michałowski: To teraz kolejne pytanie, wiemy, że na, tutaj w Polsce mamy najdłuższy dzień w lato i najkrótszy dzień już za kilka miesięcy w zimę. I teraz moje pytanie jest takie, jak to wygląda na równiku? Kiedy oni mają najkrótszy, kiedy mają... Czyli tak, to tu też zrobmy głosowanie. Kto uważa, że na równiku najdłuższy dzień jest w dniu równonocy wiosennej w marcu, kiedy słońce jest dokładnie nad równikiem? Kto wtedy uważa, że wtedy jest najdłuższy dzień na równiku? Kto jest jedno, tam jest jeszcze jedno, gdzieś dwie osoby, może trzy. Dobra, kto uważa, że najdłuższy dzień na równiku jest w czasie przesilenia letniego, czyli w czerwcu, kiedy słońce jest nad zwrotnikiem raka? Tutaj tak, może 10 osób i tam z tyłu też, dobrze. Kto uważa, że najdłuższy dzień na równiku jest we wrześniu, kiedy słońce znowu jest nad równikiem? Tutaj dwie osoby, tam jeszcze kilka osób, dobra. I kto uważa, że najdłuższy dzień na równiku jest przesilenie zimowe w grudniu, kiedy słońce jest nad zwrotnikiem koziorożca na półkuli południowej? Mniej, ale chyba jeszcze tak, tam są jeszcze trzy osoby, dobrze. Okej, to teraz prawidłowa odpowiedź jest taka, że żadna z tych odpowiedzi nie jest prawdziwa. Na równiku dzień jest zawsze tak 12 godzin. Oni nie mają różnicy pomiędzy długości dnia i nocy. Można to wytłumaczyć po prostu patrząc na to, jak to wygląda geometrycznie. Tutaj mamy ziemię, tutaj jest równik i teraz patrzymy na kąt padania promieni słonecznych, czyli tutaj akurat w tej sytuacji w lato, promienie słoneczne padają w prostopadle na zwrotnik Raka. To jest to pytanie, które się pojawiło na początku, że słońce grzeje inaczej, bo tutaj te promienie się rozkładają na mniejszą powierzchnię, dlatego tu jest ciepło, a tu się rozkładają na większą powierzchnię, dlatego tu jest zimno. Dlatego my mamy, akurat tu jest Ameryka, ale tutaj jest Europa, my mamy wtedy lato, a oni mają wtedy zimę. Ta sytuacja i teraz jak patrzymy, jak to wygląda na orbicie, tutaj mamy słońce, tutaj mamy ziemię w tych czterech punktach, czyli tutaj mamy zimę, u nas

jest zima, tutaj jest u nas wiosna, tutaj u nas jest lato i jesień. My oczywiście tutaj w tej sytuacji mamy lato, dlatego że słońce pada bardziej na półkulę północną. I dlaczego mamy dłuższy dzień? To można zobaczyć patrząc na nasz równoleżnik, czyli to są te linie, które są, to są te okręgi, które są równoległe do równika, który jest tutaj. I patrzymy, jak duża część tego równoleżnika jest oświetlona przez słońce. I tutaj widać, że na półkuli północnej, albo nawet jakbyśmy wyrysowali tutaj, gdzie mniej więcej Polska jest, to większość tego równoleżnika jest oświetlona przez słońce i tylko mała część jest w cieniu. Czyli jak ziemia się obraca, to przez większość, część czasu Poznań jest oświetlony przez słońce i potem przejdzie, wychodzi i dlatego mamy długi dzień i krótką noc. No i w ziemię jest oczywiście odwrotnie. Mamy tutaj bardzo krótki dzień, bo nasz równoleżnik jest w większości, jest w małej części tylko oświetlony przez słońce i w większej części jest w cieniu. Dlatego w zimę mamy krótkie dni i długie noce. I teraz patrzymy, jak to dzieje się na równiku. Myślę, że to widać, że równik, obojętnie gdzie jesteśmy, jest zawsze w połowie oświetlony przez słońce. Czyli na tym równiku, na tym, w tej sytuacji równik, my widzimy go tylko tą tylną część, która jest w cieniu, połowa jest w cieniu, druga połowa jest oświetlona z drugiej strony. Tutaj jest odwrotnie, widzimy tą połowę, która jest oświetlona, druga połowa jest z drugiej strony. No i tutaj też widać, że jest dokładnie połowa oświetlona, a połowa w cieniu, połowa oświetlona i połowa w cieniu. Więc na równiku, obojętnie jaka jest pora roku, połowa tego równika jest w słońcu, połowa jest w cieniu, a więc długość dnia wynosi dokładnie 12 godzin i długość nocy jest też 12 godzin. Czyli na równiku nie ma nocy. Jest cieplej i zimniej w porach roku, ale długość dnia jest taka sama ze względu na ten układ geometryczny. Więc mit o różnicach długości dnia wszędzie na Ziemi został obalony. Równik jest jedynym miejscem na Ziemi, gdzie długość roku. I tu mam jeszcze kilka końcowych spraw.

Tak jeszcze jeden quiz o grawitacji. Które z tych zdań jest prawdziwe według was? Może też głosowanie zrobimy. Kto uważa, że zdanie numer jeden jest prawdziwe, że w kosmosie nie ma grawitacji? Tutaj trzy osoby może, okej, cztery. Kto uważa, że na orbicie Ziemi nie działa grawitacja? Jeszcze tu kilka osób, mniej wydaje mi się, dobra. Kto uważa, że na orbicie Ziemi grawitacja jest słabsza, niż na powierzchni Ziemi? Tu parę osób, tu w środku, tu, tak. Czyli jakieś dziesięć osób, dobrze. I kto uważa, że stan nieważkości, tutaj nie wiem, czy wszyscy państwo wiedzą, stan nieważkości to jest ten stan, jak widzimy w filmach astronautów, oni tak latają, że nic nich nie ciągnie w dół. Czy ten stan nieważkości występuje, kiedy nie działa grawitacja? Kto uważa, że to zdanie jest prawdziwe? Tutaj z przodu trochę, tak gdzieś 20 osób chyba. Dobrze, więc od razu powiem odpowiedź, jedno zdanie jest prawdziwe, tutaj akurat nie robiłem żadnych, jest tylko nr 3, ale ta różnica jest bardzo mała, czyli astronauta na, np. na Międzynarodowej Stacji

Kosmicznej jest 400 km nad powierzchnią Ziemi, więc jego odległość do środka Ziemi jest większa, niż mnie na powierzchni Ziemi, więc jego siła grawitacji jest o 12% mniejsza, czyli jakbyśmy to tak przełożyli, każdy z was może sobie to obliczyć, np. dla mnie, jeśli ja bym był na Stacji Kosmicznej, to mój ciężar byłby zmniejszony o około 7 kg mniej, czyli bym poczuł, no pewnie bym zwrócił uwagę, że nagle jest lżejsze o 7 gramów, znaczy to nie chodzi o masę, ale czułbym tak, jakbym 7 kg mniej ważył, no ale to nie jest tak, że tej grawitacji nie działa, że ta grawitacja nie działa. Pierwsze zdanie jest oczywiście nieprawdziwe, bo zależy jak zdefiniujemy kosmos, ja definiuję kosmos tak, że Ziemia jest częścią kosmosu, ale nawet jeśli zdefiniujemy, że kosmos to jest wszechświat, który jest poza Ziemią, to i tak oczywiście, że grawitacja działa, ponieważ ruch planet jest determinowany przez siły grawitacji, ruch gwiazd w galaktyce, ruch galaktyk, więc grawitacja to jest najsilniejsza siła w kosmosie. Na orbicie Ziemi oczywiście grawitacja działa, tak jak mówiłem jest tylko 12% słabsza i czy stan nieważkości występuje, kiedy nie działa grawitacja, to jest trochę bardziej skomplikowane, faktycznie jakby grawitacja nie działała, to byłby stan nieważkości, ale to co widzimy, jak ci astronauta latają w tych statkach kosmicznych, to nie jest wywołane tym, że siła grawitacji nie działa. Jest to spowodowane czymś innym, jak to wygląda, to mamy powierzchnię Ziemi, tutaj mamy statek kosmiczny, który krąży dookoła Ziemi i na człowieka w tej stacji kosmicznej działa siła grawitacji. Ona jest trochę słabsza, ale cały czas jest, jednak działa też na niego druga siła, którą nazywamy siłą odśrodkową, która jest związana z tym ruchem dookoła Ziemi. Co to jest siła odśrodkowa, to na pewno wszyscy wiecie, bo wystarczy usiąść na karuzeli i dobrze ją rozkręcić i wtedy się pojawia taka siła, która nas wypycha na zewnątrz tej karuzeli. I to jest właśnie siła odśrodkowa. Czyli tutaj w tej sytuacji ten astronauta, na niego działa siła grawitacji w kierunku środka Ziemi i siła odśrodkowa w drugą stronę i te dwie siły są równe. Więc to nie jest tak, że grawitacja tam nie działa, ona działa prawie tak samo mocno jak na powierzchni Ziemi, tylko po prostu jest ta druga siła odśrodkowa, która równoważy tą siłę grawitacji, a więc sumarycznie nie mamy żadnej siły, która na nas działa i dlatego jest w stanie ważkości. I z tego to wynika.

PYTANIA DODATKOWE

Dr hab. Michał Michałowski: Więc tutaj kończę tylko odpowiadając na trzy pytania, które zostały przesłane do nas przed tym wydarzeniem. Pierwsze pytanie było takie, czy będę mógł kiedyś polecieć w kosmos? No to myślę, że to zależy od tego, w jakim wieku jesteście. W waszym wieku prawdopodobnie tak, ja bym powiedział, bo rozwijamy przemysł kosmiczny, coraz więcej ludzi lata w kosmos i trzeba sobie uświadomić, że 150 lat temu nikt nie latał samolotem, potem zaczęły latać pojedyncze osoby, potem było to kilkaset osób, wojsko na

początku, a teraz pewnie każdy z was kiedyś był w samolocie. Więc ten, nie, no okej, ale możecie być, na pewno będziecie w samolocie w przeciągu iluś lat. Jest to możliwe. I z przemysłem, z lataniem w kosmos myślę, że będzie tak samo. No nawet 60, 70 lat temu nikt nie latał w kosmos, potem były to pojedyncze osoby, teraz to jest powiedzmy kilkaset osób, ale może za 10, 20, 50 lat będzie to dosyć popularne i będziemy mieli turystykę kosmiczną, że każdy będzie mógł kupić bilet i polecieć w kosmos, żeby zobaczyć jak tam jest.

Drugie pytanie, dlaczego rakiety lecą do góry, a nie po skosie i czemu nie mogę wylatywać z Polski? Pierwsza część tego pytania, odpowiedź jest taka, że rakiety lecą i do góry, i po skosie. Tutaj mamy tą sytuację narysowaną. Na samym początku rakietę leci do góry z dwóch powodów. Po pierwsze jest to łatwiej, żeby rakietę jest ustawiona pionowo i leci do góry. Gdybyśmy ją chcieli ustawić pod kątem, to by było technicznie to trochę trudniejsze, więc dlatego się strzela rakietami do góry. I też chodzi o to, żeby ta rakietę jak najszybciej opuściła to silne przeciąganie ziemi. Więc jakby leci do góry, żeby jak najszybciej się wyrwać z tego pola, żeby mniej paliwa była potrzebna na ten lot. Ale potem, jeśli chcemy umieścić tą rakietę na orbicie okołoziemskiej, to ta rakietę musi skrócić i lecieć już właśnie po ukosie, żeby w danym momencie się spotkać z tą orbitą i latać już dookoła ziemi. Więc po ukosie. Dlaczego nie mogę wylatywać z Polski? Polacy mogą. Nie ma powodów, dla którego byśmy absolutnie nie mogli strzelać rakiet z Polski. Tylko jest to po prostu mniej optymalne. Bo prędkość obrotowa ziemi na równiku jest większa niż w Polsce. Tam po prostu ta prędkość liniowa jest większa. Więc jak strzelamy z okolic równika, to jest łatwiej pod tym względem, że te rakiety już na samym początku, zanim w ogóle wystartują, już mają większą prędkość niż z Polski. A z Polski by było lepiej niż z biegunów, bo tam to w ogóle by nie miały prędkości. Więc jest trochę łatwiej po prostu technicznie to zrobić z okolic równika. No i druga kwestia jest tak, że wybieramy takie miejsca, że jak coś nie pójdzie, to ta rakietę wpadnie do oceanu. I Polski, no to jakby coś nam nie poszło, no to ktoś by mógł tym dostać w głowę. Albo w Polsce, albo zależy, w którą stronę byśmy strzelali, tam są kraje i są miasta, więc nie chcielibyśmy strzelać naszymi rakietami ludziom po głowach.

I ostatnie pytanie, jaka jest różnica pomiędzy asteroidami i kometami? I czy jak nas uderzy, to wszyscy zginiemy? Czy jesteśmy w stanie ją zniszczyć? Pierwsza część. Asteroidy i komety to są w sumie dosyć podobne ciała niebieskie. To są takie skały wielkości od kilkudziesięciu metrów do kilkuset kilometrów. I tutaj mamy zdjęcia, to nie są jakieś obrazki, to są oryginalne zdjęcia asteroidy i komety. Różnica jest taka, że asteroida to jest po prostu kamień, to jest po prostu zbita skała. A kometa to jest takie bardziej luźna grupa skał, kamieni, piasku, lodu, organicznych materiałów. I wtedy jak ta kometa zbliża się w pobliże słońca, ten lód się rozgrzewa i zaczyna parować. I wtedy ten wyparowany lód i te związki

organiczne to jest ten piękny ogon, który widzimy przy kometach. Więc to są trochę inne obiekty, ale dosyć podobne. Druga część pytania, no ja jestem dosyć optymistyczny pod tym względem, bo nas wszystkich mogłaby zabić naprawdę duża asteroida. Ona by musiała być duża. A takie my wszystkie znamy. Obserwujemy niebo, monitorujemy tego typu obiekty, więc jesteśmy w stanie wykryć. Jeśli faktycznie znajdzie się taka, która miałaby uderzyć w Ziemię, to będziemy to wiedzieć dużo wcześniej i może nie będziemy w stanie jej zniszczyć, ale będziemy w stanie strzelić w nią, tak żeby ona zmieniła trochę swój tor lotu i ominęła Ziemię. Więc myślę, że będziemy w stanie się uratować w ten sposób. Z tymi mniejszymi jest gorzej, bo jak są małe asteroidy, małe kamienie, to nie znamy ich wszystkich, więc może się okazać, że będzie jakaś, no ale wtedy to nie mówimy o jakimś globalnym zniszczeniu całej ludzkości, tylko powiemy na przykład kilka budynków się zniszczy przez uderzenie takiej asteroidy. Więc ja tutaj bym był raczej optymistyczny.

I to jest tyle, co ja tu przygotowałem, więc teraz możemy przejść do pytań. Możemy wrócić do któregoś z tych tematów, które omawiałem, ale też do jakichś innych, jeśli Państwo chcą, więc słucham. Tam z tyłu. Może właśnie mikrofony, bo ja wtedy będę lepiej słyszał. Bo Ziemia się kręci, tak? To czemu nie można, żeby helikopterem wlecieć do góry i poczekać, aż taby Ameryka do ciebie przyleci? Chodzi o to, że jeśli polecimy, helikopter stojący na Ziemi porusza się razem z obracającą się Ziemią. Nie pamiętam, w którym to kierunku, ale założmy, że w tą stronę, czyli jeśli ja jestem helikopterem i Ziemia się obraca, więc jakby ja razem z Ziemią się poruszam w tym kierunku. Jeśli podskoczę do góry, albo helikopter poleci do góry, to tą prędkość w prawą stronę nie wytracam, ja cały czas będę miał tą prędkość. Czyli podskoczę do góry, więc będę się poruszał do góry, ale też cały czas będę się poruszał w prawo, więc Ziemia się obróci w prawo, więc spadnę dokładnie w tym samym miejscu. I tak samo z helikopterem. Ten helikopter nie wytraci tej prędkości w prawo, tylko poleci do góry i będzie cały czas się poruszał w prawo z tą samą prędkością, co Ziemia, więc nie da się poczekać, bo on wylądować dokładnie w tym samym miejscu, w którym był. Ja mam pytanie. Pana zdaniem Ziemia jest okrągła. Jak ona się kręci, to ludzie czemu nie spadają? To jest to, co mówiłem wtedy, że grawitacja nie przyciąga, nie ma czegoś takiego jak na dole, na powierzchni Ziemi. Australia nie jest na dole, tylko jest po drugiej stronie Ziemi i oni są przyciągani do środka Ziemi. Tak działa grawitacja, czyli jeśli to by była Ziemia, mało kulista, ale niech będzie, jeśli ktoś by stał po tej stronie, to siła grawitacji by nie działała na niego w dół, bo dlaczego by miała działać, tam na dół nic nie ma, co by tam go miało przyciągać. Siła grawitacji by go ciągnęła właśnie w górę na tym obrazku, czyli do środka tego obiektu, w stronę środka tego obiektu. Dlatego ludzie żyjący na półkuli południowej są ciągnięci do środka Ziemi, a więc nie spadają. Jest szansa na to,

żeby Ziemia straciła ten swój zakres ruchu, jak się porusza wokół Słońca i po prostu wypadła, żeby kula ziemską tak po prostu dryfowała w galaktyce? Ziemia ma dużą masę, więc żeby zrobić coś takiego, bo była potrzebna bardzo duża ilość energii, więc z tego co wiem, to co mamy w Układzie Słonecznym, czyli Słońce, nie jest w stanie tego zrobić, planety, nawet największe, które mamy w Układzie Słonecznym są za daleko, nie są w stanie tego zrobić. Faktycznie byłoby to możliwe, gdyby przyleciało coś bardzo dużego poza Układ Słoneczny, czyli jakby przyleciała taka, no nie wiem, gwiazda powiedzmy, albo duża planeta. Byłoby to możliwe, tylko że takie rzeczy, no monitorujemy gwiazdy już od kilku tysięcy lat i nigdy czegoś takiego się nie zdarzyło. Wiemy o ruchach gwiazd tych najbliższych bardzo dużo, więc z pozycji i z prędkości tych gwiazd wiemy, że takie zdarzenie się nigdy nie zdarzyło w ciągu całego istnienia Ziemi. Tak, tak, tak, no jakbyśmy wypadli z orbity dookoła słonecznej, no to w którymś momencie byśmy stracili źródło ciepła i światła, więc Ziemia by zamarzła, więc na pewno byśmy wszyscy zginęli, ale jest to praktycznie niemożliwe zdarzenie. Jest to tak rzadkie zdarzenie, że możemy być spokojni o to. Nie mamy, znaczy tak, nigdy nie widzieliśmy czegoś takiego, ale znamy planety, które nie krążą dookoła żadnych gwiazd, czyli bardzo dalekie planety, jesteśmy w stanie zaobserwować, że są po prostu, nie mają swoich gwiazd, po prostu sobie latają w przestrzeni kosmicznej, a planety raczej się nie tworzą takie same z siebie, one zawsze się tworzą razem ze swoimi gwiazdami, no więc teoria jest taka, że właśnie to są takie planety, które zostały wybite z ich układu słonecznego i teraz już nie krążą dookoła żadnej gwiazdy. Więc to jest możliwe, biorąc pod uwagę, że mamy miliardy gwiazd i miliardy, setki miliardy planet, to takie sytuacje się zdarzają, ale dla jednej pojedynczej planety, którą my jesteśmy zainteresowani najbardziej, to jest bardzo małe, bardzo małe ryzyko. A mam takie pytanie, czy się jakimś bardzo, bardzo nie krąży gwiazda neutronowa? Tak, takie sytuacje się zdarzają, mamy obserwacje takich zdarzeń, więc wiemy, że takie rzeczy się zdarzają. Wtedy następuje zderzenie i praktycznie można powiedzieć, że czarna dziura wchłania wtedy gwiazdę neutronową, czyli powstaje większa czarna dziura o większej masie.

---KONIEC---



Zabrania się powielania, kopiowania, przedruku treści zawartych w dokumencie, zarówno w całości, jak i w części, bez zgody autora.