

# Moon illusion

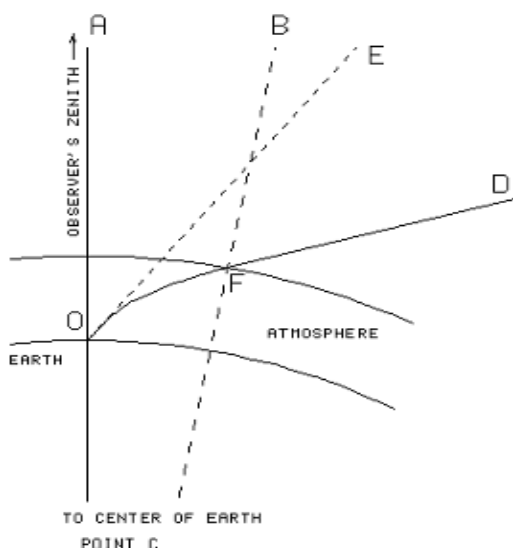
## czyli jak wielki jest Księżyc?

Katarzyna Mikulska

Seminarium wiosenne w Chorzowie, maj 2014

Gdy obserwujemy wschodzący lub zachodzący Księżyc, nieraz wydaje nam się on niezwykle duży, jednak kiedy już wzniesie się wysoko na niebo, wrażenie zanika. To zjawisko intrygowało ludzi już od wielu wieków i uzyskało miano iluzji księżycowej. Co więcej, okazuje się, że takiego samego wrażenia doświadczamy obserwując Słońce czy gwiazdozbiory. Warto jednak zadać sobie pytanie, dlaczego tak się dzieje?

Z wyjaśnieniem iluzji Księżyca próbowali się zmierzyć już starożytni Grecy. Arystoteles stwierdził, że złudzenie jest spowodowane wpływem atmosfery. Ta teoria nie jest jednak prawidłowa. Atmosfera wprawdzie wpływa na obraz Księżyca widziany z Ziemi, lecz w nieco inny sposób.



*Ilustracja 1: Zakrzywienie biegu promieni w atmosferze*

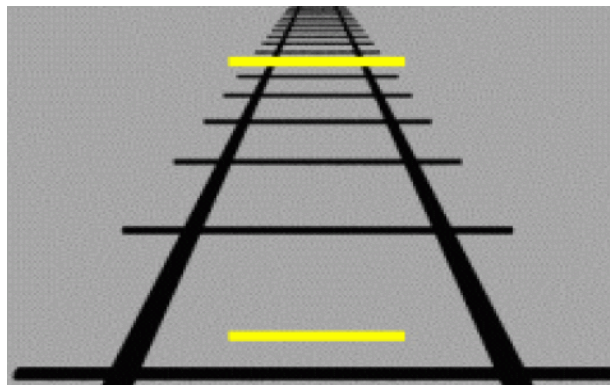
Rozważmy obiekt znajdujący się w punkcie D. Początkowo promienie świetlne biegną od obiektu po prostej linii DF, lecz później w atmosferze ulegają ugięciu i docierają do nas po linii zakrzywionej. My jednak oceniamy te promienie, jakby biegły przez cały czas po linii prostej, pod takim kątem, pod jakim do nas dotarły (linia OE). W związku z tym wydaje nam się, że obiekt znajduje się wyżej nad horyzontem, niż jest w rzeczywistości. Ponadto, im niżej obiekt znajduje się nad horyzontem, tym silniejszy jest ten efekt. Ponieważ promienie świetlne z dolnego krańca Księżyca ulegają większemu odchyleniu, niż z górnego krańca, kątowa odległość między nimi się zmniejsza.

Jak widać obecność atmosfery powoduje lekkie spłaszczenie obrazu Księżyca. Poza tym, wpływa również na zmianę jego koloru przy horyzoncie, natomiast w żadnym wypadku nie wpływa na jego powiększenie. O tym, że to wyjaśnienie iluzji nie jest prawidłowe można się również dość łatwo przekonać, mierząc rozmiar kątowy Księżyca o różnych porach, czy

choćby porównując fotografie. W rzeczywistości Księżyc nad horyzontem wcale nie jest większy, a ściślej mówiąc, jest wręcz odwrotnie. Kiedy Księżyc jest nad horyzontem, znajduje się w większej odległości od obserwatora, więc jego wielkość kątowna jest mniejsza. Ta różnica jest bardzo nieznaczna i wynosi około 1,5%.

Dość często jako wyjaśnienie występowania złudzenia Księżyca podawane są inne iluzje. Pierwszą z nich jest tzw. odległość pozorna, według której obiekt znajdujący się dalej wydaje się być większy. Złudzenie to dobrze obrazuje iluzja Ponza.

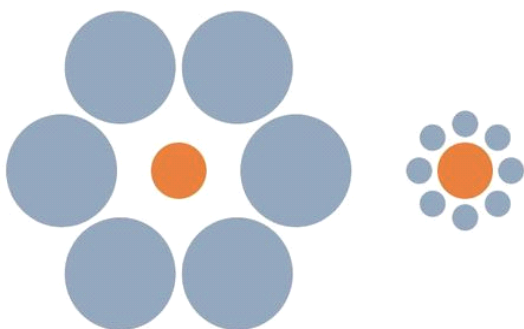
Kiedy narysujemy na kartce zbiegające się linie a na nich dwa obiekty tej samej wielkości, interpretujemy ten obraz jako trójwymiarowy. Z tego względu obiekt znajdujący się wyżej wydaje się być bardziej oddalony. Jednocześnie ma taki sam rozmiar kątowny, co obiekt niższy, więc wydaje nam się, że w rzeczywistości jest on większy.



*Ilustracja 2: Iluzja Ponza*

W przypadku Księżyca kluczową rolę odgrywałyby obiekty znajdujące się na Ziemi. Z codziennego doświadczenia wiemy, że niektóre z nich widzimy jako małe, ponieważ znajdują się bardzo daleko. Kiedy spojrzymy do góry w niebo, nie mamy żadnego punktu odniesienia, dlatego Księżyc znajdujący się wysoko na niebie powinien wydawać nam się bliższy, niż gdy jest nad horyzontem. W związku z tym mielibyśmy interpretować Księżyc nad horyzontem jako większy.

Druga teoria również zakłada, że Księżyc obserwowany jest z innymi elementami krajobrazu. Tym razem mamy do czynienia z względnością rozmiaru. Najlepiej ilustruje to iluzja Ebbinghausa.



*Ilustracja 3: Iluzja Ebbinghausa*

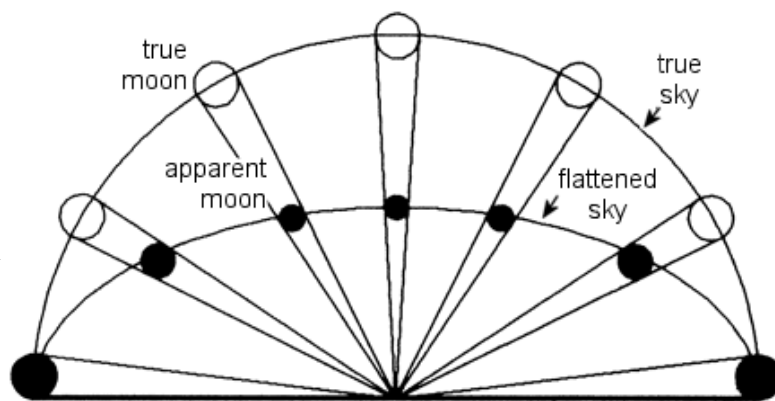
Takie same obiekty (tutaj pomarańczowe kółka) wydają się być mniejsze lub większe w zależności od tego, w jakim sąsiedztwie się znajdują. Przy dużych kołach środkowe, pomarańczowe kółko wydaje się małe, a przy małych kółkach – duże. Analogicznie Księżyc na tle wielkiego, pustego nieba miałby wydawać się mały, natomiast przy obiektach takich jak drzewa, domy, itd. nienaturalnie duży.

Argumentem przemawiającym za tą oraz poprzednią teorią jest fakt, że gdy spojrzymy na niski Księżyc przez okrągłą dziurę, np. w kartce, zakrywając obiekty dookoła i horyzont, iluzja znika. Przeciwnicy twierdzą jednak, że skoro odległe obiekty na Ziemi mogą być punktem odniesienia, który sprawia, że Księżyc wydaje się duży, tak samo kartka, przez którą patrzymy, może być punktem odniesienia sprawiającym, że Księżyc wydaje nam się mały. Te teorie mimo wszystko nie są zbyt wiarygodne, bo obydwie zakładają, że

obserwujemy Księżyc razem z innymi elementami krajobrazu, tymczasem ludzie doznają złudzenia Księżyca nawet, gdy na horyzoncie nie ma żadnych obiektów, np. nad morzem. Co więcej, piloci latający na dużych wysokościach również doznają tej iluzji, bez żadnych obiektów na pierwszym planie. Można stąd wysnuć wniosek, że iluzje Ponza i Ebbinghause mogą w pewien sposób wzmacniać złudzenie Księżyca, lecz na pewno nie są same za nie odpowiedzialne.

Kolejną, najbardziej powszechną teorią, jest model płaskiego nieba. Zgodnie z tą teorią, postrzegamy niebo nie jako sklepienie półkoliste, lecz spłaszczone i właśnie tego płaskiego sklepienia używamy jako punkt odniesienia przy ocenie odległości obiektów zbyt dalekich dla widzenia stereoskopowego.

Taki model postrzegania nieba jest ukazany na ilustracji obok. Na zewnątrz znajduje się sklepienie w kształcie półkuli, a wewnątrz sklepienie w takim kształcie, w jakim je postrzegamy. Zarówno Księżyc wysoki, jak i niski umieszczamy na spłaszczonym sklepieniu, przez co oceniamy Księżyc nad horyzontem jako bardziej odległy. Jednocześnie wiemy, że Księżyc ma przez cały czas niemal identyczny rozmiar kątowy. Podobnie jak w przypadku iluzji Ponza, mamy do czynienia



Ilustracja 4: Model spłaszczonego nieba

z oceną rzeczywistego rozmiaru dwóch obiektów w różnych odległościach. Oceniamy Księżyc nad horyzontem jako bardziej odległy, więc również większy.

Ta teoria jest o tyle bogatsza od poprzednich, że wyjaśnia złudzenie również wtedy, gdy na horyzoncie nie ma żadnych obiektów. Jest więc bardziej spójna z tym, co obserwujemy. Mimo to, może również prowadzić do sprzecznych wniosków. Wystarczy rozważyć ją z nieco innej strony. Wiemy przecież, że Księżyc nie zmienia swoich rzeczywistych rozmiarów. Jednocześnie umieszczamy go na spłaszczonym niebie, więc gdy jest wysoko, zdaje się być bliżej. Gdy porównujemy dwa obiekty o takim samym rzeczywistym rozmiarze, znajdujące się w różnych odległościach od nas, ten, który jest bliżej, powinien mieć większy rozmiar kątowy a ten bardziej odległy - mniejszy. Idąc tym tokiem rozumowania dochodzimy do wniosku, że Księżyc nad horyzontem powinien wydawać się mniejszy. Dochodzimy więc do sprzeczności. Warto dodać, że dzieci, które nie zawsze są świadome, że Księżyc nie zmienia rzeczywistych rozmiarów, doznają iluzji księżycowej w większym stopniu.

W tym momencie pojawia się także pytanie, czy oceniamy wielkość kątową czy rzeczywistą Księżyca. Zarówno teoria wykorzystująca iluzję Ponza, jak i teoria spłaszczonego nieba biorą pod uwagę ocenę jego rozmiaru rzeczywistego. Tymczasem wielu ludzi uważa, że to rozmiar kątowy gra tutaj kluczową rolę.

Naprzeciw temu wychodzi teoria ogłoszona w 2013 roku przez Josepha Antonidesa

i Toshiro Kubotę. Zgodnie z tą teorią, nasz mózg ocenia odległość na dwa sposoby. Pierwszym z nich jest widzenie stereoskopowe, czyli porównywanie obrazu z każdego oka. Jeżeli obrazy te się nie różnią, to znaczy, że obiekt jest bardzo daleko. Drugi sposób wiąże się z naszym postrzeganiem świata, zgodnie z którym niebo jest oddalone od nas o pewną konkretną, skończoną odległość, natomiast Księżyc i Słońce znajdują się przed nim. Gdy porównamy te dwa sposoby postrzegania odległości Księżyca, dochodzimy do sprzeczności. Nasz obraz świata mówi, że Księżyc jest bliżej niż niebo, zaś wzrok podpowiada, że wcale tak nie jest.

Panowie Kubota i Antonides twierdzą, że mózg radzi sobie z tą sprzecznością właśnie poprzez zniekształcenie obrazu Księżyca, co skutkuje powiększeniem jego wielkości kątowej. Stopień tego zniekształcenia zależy od tego jak daleko wydaje się być Księżyc. I tu, w przeciwieństwie do teorii spłaszczonego nieba, zakładają oni, że niebo i Księżyc wydają się bliższe przy horyzoncie. Wysoko na niebie nie mamy wskazówek dotyczących odległości, co według nich powoduje ocenienie odległości jako większej i osłabienie zniekształcenia.

Rozpatrując przedstawione teorie warto zwrócić uwagę, że niektóre z nich zakładają postrzeganie Księżyca nad horyzontem jako bardziej odległego, a inne – wręcz odwrotnie. Pojawia się więc pytanie, który Księżyc wydaje się bliższy – wysoki, czy niski. Badania pokazują, że gdybyśmy spytali przeciętnego obserwatora, który Księżyc wygląda na bliższy, najpierw nieświadomie założąby, że wielkość kątowa przy horyzoncie jest większa. W związku z tym Księżyc nad horyzontem zdaje się być bliżej. Warto zwrócić uwagę, że obserwator ten ocenił odległość świadomie, a podstawą do tej oceny była nieświadoma ocena wielkości kątowej już zniekształconej przez iluzję Księżyca. Teorie zawierające rozważania na temat oceny odległości, rozmiaru kątowego i rzeczywistego Księżyca wzbudzają jak widać wiele kontrowersji.

Innym wytłumaczeniem iluzji Księżyca może być model postrzegania świata zaproponowany przez Arnolda Trehuba. Z jego teorii wynika, że poprzez ewolucję wykształciliśmy proces, który miałyby zapewnić nam informacje dobrej jakości o przedmiotach znajdujących się na naszej wysokości. Są one w naszym zasięgu, więc mogą być dla nas przydatne. Te które są wysoko nad nami, u góry, są nieosiągalne i stąd miałyby wynikać zaniedbanie przy ocenie odległości czy wielkości tych obiektów, więc również i Księżyca. W przypadku takiego wyjaśnienia to wielkość Księżyca wysokiego oceniamy nieprawidłowo. Na podstawie tej teorii można postawić hipotezę, że to nie Księżyc nad horyzontem wydaje nam się duży, lecz że to ten wysoki jest nienaturalnie mały. Warto jednak w tym miejscu powrócić na chwilę do doświadczenia z kartką papieru. Gdy patrzymy na niski Księżyc zakrywając horyzont i obiekty dookoła, jest on mały, mimo że znajduje się na naszej wysokości.

Jedną z nowszych propozycji wyjaśnienia iluzji księżycowej, która również skłaniałaby do potwierdzenia tej hipotezy jest występowanie mikropsji i makropsji. Mikropsja to postrzeganie przedmiotów jako pomniejszych i oddalonych, a makropsja to efekt odwrotny. Zjawiska te są związane z dostosowaniem oka do odległości obserwowanego przedmiotu – akomodacją. Polega ona na zmianie kształtu soczewki w zależności od dystansu, na jakim obserwowany przedmiot się znajduje. Kiedy jednak skupimy swój wzrok na mniejszej odległości, przedmiot w oddali wydaje nam się mniejszy i bardziej odległy. Mamy wtedy do czynienia z mikropsją. Podobnie gdy skupimy wzrok na większej

odległości, przedmiot wydaje nam się duży.

W przypadku Księżyca oko dostosowywałoby się do dużej odległości przy horyzoncie ze względu na znajdujące się tam różne odległe obiekty, czy chociażby ze względu na to, że sam horyzont zdaje się być daleko. Gdy Księżyc jest wysoko nad nami, nie mamy żadnych wskazówek co do odległości, więc oko skupiałoby się na dystansie ok 1-2 metrów. Mielibyśmy wówczas do czynienia z mikropsją- Księżyc wysoki wydawałby nam się mniejszy niż ten nad horyzontem, i jest to zgodne z tym co obserwujemy na co dzień.

Również w przypadku tego rozwiązania zagadki iluzji księżycowej pojawia się pewien problem. Badania pokazują, że mikropsja i makropsja powodują zmianę widzianego przez nas rozmiaru kąowego obiektów o mniej niż 10%. Tymczasem niektórzy ludzie oceniają Księżyc nad horyzontem nawet jako dwukrotnie większy. Mikropsja nie jest więc wystarczająco silna, by spowodować złudzenie księżycowe.

Zagadka iluzji Księżyca wciąż nie jest rozwiązana. W rzeczywistości złudzenie Księżyca może być nałożeniem się kilku zjawisk. Wciąż jednak wzbudza wiele zainteresowania i kontrowersji.

Źródła:

Ilustracja 1: <http://www.lhup.edu/>

Ilustracja 2 i 3: <http://odkrywcy.pl/>

Ilustracja 4: <http://www.nasa.gov/>