

GUZY NA GLOBUSIE

Katarzyna Mazur

Projekt edukacyjny z fizyki przygotowany w ramach programu
ERASMUS+ nr: 2015-1-PLO1-KA201-016801



Publikacja objęta międzynarodową licencją otwartą CC-BY-SA 4.0 umożliwiającą kopiowanie, rozpowszechnianie, remiksowanie, zmienianie i ulepszanie, również w celach komercyjnych, pod warunkiem oznaczenia autorstwa i udostępniania utworów zależnych na tych samych warunkach.



Publikacja została zrealizowana przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko jej autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za zamieszczoną w niej zawartość merytoryczną



Opis projektu:

Projekt Guzy na globusie to projekt interdyscyplinarny łączący zagadnienia z geografii i fizyki. Uczniowie dowiedzą się co się kryje pod pojęciem geoidy oraz zapoznają się z podstawami grawimetrii, czyli nauki zajmującej się pomiarami przyspieszenia grawitacyjnego.

Tradycyjnie na lekcjach pomiar ten samodzielnie dokonywany jest za pomocą wahadła matematycznego. Taki pomiar obarczony jest pewną niepewnością pomiarową. Obecnie pomiar przyspieszenia grawitacyjnego w skali całej Ziemi został dokonany poprzez misje satelitarne takie jak Grace (Gravity Recovery and Climate Experiment), czy Goce (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer). Misje te dostarczyły precyzyjnych danych do stworzenia mapy grawitacyjnej powierzchni Ziemi.

Celem projektu jest nabycie przez uczniów praktycznych umiejętności posługiwania się danymi pochodzącymi z pomiarów satelitarnych. Takie cele wpisują się więc w założenia podstawy programowej kształcenia ogólnego z fizyki i geografii w III i IV etapie edukacyjnym. Uczniowie zapoznają się z pojęciem przyspieszenia grawitacyjnego, elipsoidy, geoidy. W czasie realizacji projektu uczniowie będą musieli wyszukać niezbędne dane (które udostępnia m.in. Niemieckie Centrum Nauk o Ziemi z Poczdamu), dokonać ich analizy i interpretacji, przeprowadzić doświadczenia i obserwacje, a następnie sformułować wnioski i wykorzystać dane w praktyce.

Realizacja tematu ma następujące cele ogólne:

- rozbudzanie wśród uczniów ciekawości poznawczej
- wzmacnianie u uczniów wiary we własne siły, swoje możliwości
- zachęcenie uczniów do samodzielnego zdobywania wiedzy
- kształtowanie umiejętności poszukiwania różnych źródeł informacji i ich selekcji
- kształtowanie świadomości powiązania fizyki z innymi dziedzinami nauki
- kształtowanie umiejętności wykorzystania wiedzy o charakterze naukowym do identyfikowania i rozwiązywania problemów
- kształtowanie dociekliwości, wytrwałości i systematyczności
- kształtowanie umiejętności sprawnego posługiwania się nowoczesnymi technologiami informacyjno-komunikacyjnymi
- nabycie umiejętności opracowania wyników statystycznych
- wdrażanie umiejętności pracy w grupach oraz ukazanie pozytywnych aspektów takiej pracy.

W trakcie wykonywania projektu realizowane są następujące cele szczegółowe:

- wyznaczanie wartości przyspieszenia grawitacyjnego Ziemi
- zapoznanie z podstawami grawimetrii satelitarnej i wykorzystaniem satelitów do badania pola grawitacyjnego Ziemi

- przeprowadzenie analizy zmian wartości przyspieszenia grawitacyjnego na Ziemi z wykorzystaniem danych satelitarnych
- badanie czasowych zmian pola grawitacyjnego Ziemi (długookresowe zmiany poziomu oceanów, ruch prądów oceanicznych, zmiany gęstości płaszcza i litosfery)
- stworzenie modelu geoidy .

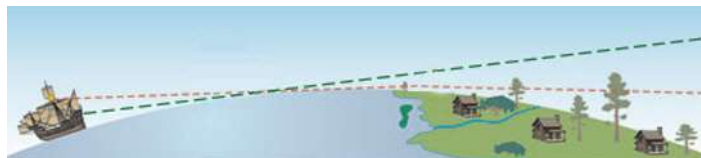
Karta pracy

ZADANIE 1. JAK ZMIERZYŁ OBWÓD ZIEMI ERATOSTENES?

W starożytni Sumerowie oraz Babilończycy uważali, że Ziemia jest płaska.



Rysunek 1. Wyobrażenie Ziemi

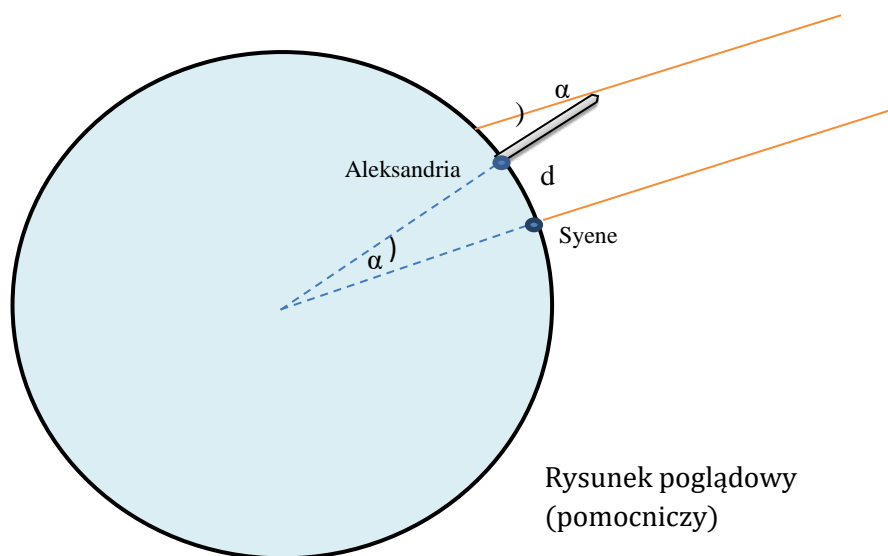


Rysunek 2. Dowód na kulistość Ziemi

Wybitny matematyk Tales z Miletu (VII – VI w. p.n.e.) uważał, że Ziemia jest płaska płytą pływającą po wodzie. Dopiero Pitagoras (VI – V w. p.n.e.) wysunął hipotezę, że nasza planeta ma kształt kulisty. Hipotezę swoją oparł na przekonaniu, że kula jest najdoskonalszą figurą. Pogląd o kulistości Ziemi popierał także Arystoteles (IV w. p.n.e.), ale w przeciwieństwie do Pitagorasa podał on rzeczowe argumenty. Jednym z nich była obserwacja statków. W trakcie oddalania się statku od portu najpierw znikał kadłub statku, a dopiero później maszt. Innym dowodem był kulisty kształt cienia rzucanego przez Ziemię w czasie zaćmienia Księżyca.

Jako pierwszy pomiaru Ziemi dokonał Eratostenes z Cyreny (III w. p.n.e.) mierząc obwód Ziemi. Eratostenes porównał długość cieni rzucanych w południe, w czasie letniego przesilenia, pomiędzy Syene, dzisiejszy Asuan w Egipcie ($24^{\circ}05'N, 32^{\circ}56'E$) i Aleksandrią ($31^{\circ}12'N, 29^{\circ}55'E$). Założył przy tym, że oba te miasta leżą na tym samym południku oraz, że Słońce jest tak odległe, że padające promienie światła są równoległe. W Syene promienie padały prostopadłe na powierzchnię Ziemi, natomiast w tym samym czasie, w oddalonej o 5000 stadionów Aleksandrii padały pod kątem $\alpha = 7,2^{\circ}$.

- a) Zakładając, że antyczny stadion miał długość ok. 160 m oraz, że Ziemia jest kulą oblicz obwód Ziemi oraz jej promień.



b) Jak można by ulepszyć doświadczenie, aby wynik był bardziej dokładny?



Ostatecznym potwierdzeniem tezy na kulistość Ziemi była wyprawa Ferdynanda Magellana i Juana Sebastiana del Cano, która odbyła się w latach 1519 – 1522.



ZADANIE 2. JAK NEWTON ZMIENIŁ POGLĄDY NA KSZTAŁT ZIEMI?

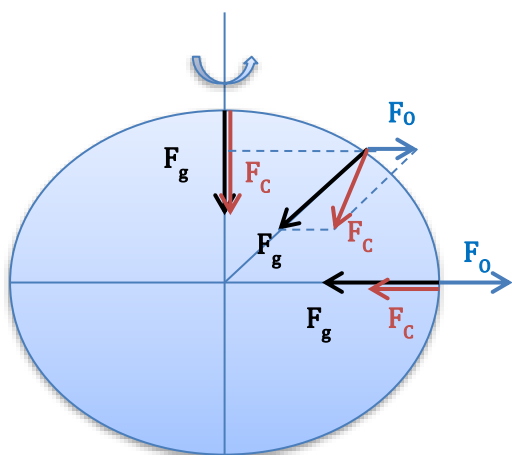
Obecnie wiemy, że Ziemia nie jest kulą. Izaak Newton (1643 – 1727) po sformułowaniu prawa powszechnej grawitacji doszedł do wniosku, że obracająca się dookoła własnej osi Ziemia powinna być spłaszczona przy biegunach. Zatem kształt Ziemi powinien przypominać elipsoidę obrotową, czyli bryłę powstałą poprzez obrót elipsy dookoła krótszej osi. Newton określił nawet stopień spłaszczenia Ziemi na 1:230. Wartość spłaszczenia (s) wyraził ułamkiem uzyskanym w następujący sposób:

$$s = \frac{R - r}{R}$$

gdzie: R – promień równikowy Ziemi, r – promień biegunowy Ziemi.

W przypadku spłaszczonej Ziemi długość stopnia szerokości geograficznej nie ma stałej wartości jak na kuli, ale rośnie od równika w kierunku biegunów.¹

Stopień spłaszczenia Ziemi łatwo obliczyć znając ciężar ciała zmierzony na biegunie i na równiku.



F_0 - siła odśrodkowa

F_g - siła grawitacji

F_c - siła ciężkości (ciężar)

„...Ruch pod wpływem ciężenia powszechnego rozważał Galileusz jeszcze w młodości na przykładzie wahadła matematycznego. Odkrył wtedy, że jego okres nie zależy od wychylenia, a jedynie od długości sznurka, na jakim jest zawieszone. Anegdota głosi, że miał na to wpaść podczas mszy w Pizie, kiedy obserwował gasnące wahnięcia dużego świecznika zwieszonego na sklepieniu katedry. Z braku zegara, do pomiaru czasu użył ponoć własnego pulsu. Później odwrócił zagadnienie, konstruując dla medyków przyrząd do mierzenia tętna. Był to niewielki ciężarek zawieszony na odpowiedniej długości łańcuszka. Badania nad zegarem wahadłowym prowadził Galileusz do końca swego życia, lecz pierwszą udaną konstrukcję zawdzięczamy Holendrowi Christianowi Huygensowi (1656).”

¹ http://delibra.bg.polsl.pl/Content/24660/BCPS_28181_1933_Zycie-Ziemi.pdf, str. 18

Rysunki

1. <https://gustavoarielschwartz.org/2012/11/20/la-mania-de-un-suelo-firme-bajo-los-pies/>
2. <http://www.wiking.edu.pl/article.php?id=948>
3. <https://mm.pwn.pl/ency/jpg/583/10/md0088.jpg>

<http://www.physicsclassroom.com/class/circles/Lesson-3/The-Value-of-g>