

# OBLICZA GRAWITACJI

Elżbieta Kuligowska

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 ma na celu ukazanie uczniom praktycznego zastosowania znajomości praw fizyki – w tym przypadku głównie 2 prawa dynamiki Newtona oraz prawa powszechnego ciążenia. W jego ramach ukazywana jest zarówno prostota, jak i użyteczność przedstawianych równań ruchu ciał na orbicie okołoziemskiej, okołosłonecznej i wokółgalaktycznej. Ze względu na specyfikę projektu uczniowie zapoznają się w nim również z prędkościami kosmicznymi – pierwszą (potrzebną do wyniesienia ciała na orbitę wokółziemską), drugą (jaką należy nadać ciału, by opuściło pole grawitacyjne Ziemi lub innego ciała niebieskiego), trzecią (niezbędną do opuszczenia całego Układu Słonecznego) i czwartą (umożliwiającą opuszczenie Drogi Mlecznej).

Celem projektu jest wielostopniowe opracowanie przez uczniów wybranej misji kosmicznej - we współpracy z nauczycielem i zgodnie z otrzymaną prezentacją i instrukcją). W kosmos/na orbitę okołoziemską wysyłane są odpowiednio:

- Satelita meteorologiczny
- Satelita monitorujący aktywność Słońca
- Załogowa, naukowa sonda księżycowa
- Załogowa misja marsjańska
- Sonda mająca dotrzeć do układu Proxima Centauri (system planetarny położony najbliżej względem Układu Słonecznego)
- Hipotetyczna sonda przyszłości, mająca za zadanie opuścić naszą Galaktykę i zaobserwować ją od zewnątrz, po czym przesłać zebrane dane z powrotem ku Ziemi.

Dla wszystkich powyższych przypadków nauczyciel dysponuje szczegółowym opisem, uwarunkowaniami, potrzebami i ewentualnymi problemami, na jakie można natrafić podczas planowania i realizacji danej misji. Jego zadaniem będzie krótkie wprowadzenie (tzw. brief) do danego zagadnienia, dotyczącego wszystkich lub jedynie części misji; na przykład kwestii wyboru prędkości początkowej i masy wysyłanego obiektu, jego wyposażenia służącego do komunikacji z Ziemią czy konieczności stworzenia warunków niezbędnych do podtrzymania życia jego załogi. Wprowadzenie to może być realizowane w wielu krokach, z przerwami, w określonych etapach planowania misji. Może zawierać przekazywanie podpowiedzi takich jak adresy pomocniczych stron WWW czy wzory fizyczne.

Wiedza przekazywana jest poprzez konkretne problemy, przed jakimi stali lub stoją konstruktorzy sond i rakiet kosmicznych. Lekcje polegają na pracy w niewielkich i zróżnicowanych pod względem płci, umiejętności i/lub zainteresowań grupach (przykładowo – na samym początku uczniowie sami deklarują się jako zainteresowani daną stroną omawianego później projektu, lub określają, jakie przedmioty szkolne lubią najbardziej (deklaracja może być publiczna lub anonimowa), deklarują też swój stopień zdolności matematycznych). Dzięki takiemu podejściu w każdej grupie nie tylko znajdzie się osoba bardziej zaawansowana w naukach ścisłych, ale i uczniowie mogący wspomóc zespół w działaniach dodatkowych (np. w zaprojektowaniu urządzeń informatycznych dla sondy lub w planowaniu całkowitego budżetu projektu ). Zadaniem grupy będzie m. in. zaplanowanie misji w czasie (potrzebna wiedza o klimacie i umiejętność czytania map pogodowych i prognoz pogody - okna pogodowe,

optymalny miesiąc w roku), wybór kosmodromu (znajomość warunków geograficznych i geopolitycznych, wiedza o warunkach pogodowych występujących w różnych miesiącach na danym obszarze), obliczenie prędkości początkowej, jaką trzeba nadać sondzie lub statkowi załogowemu, obliczenie energii potrzebnej do wyniesienia ponad Ziemię danej masy (masa jest także do oszacowania na podstawie planu samej misji – konieczne jest tu przykładowo oszacowanie masy samego statku, prowiantu, paliwa, aparatury), oszacowanie możliwych zagrożeń i pomysłów na ich eliminację (wiedza na temat funkcjonowania organizmu człowieka, wiedza na temat chorób wywoływanych przez promieniowanie kosmiczne i UV, ocena możliwości uszkodzenia aparatury przez m. in. meteory), zaplanowanie budżetu misji w oparciu o dane z sieci www.

Istotną częścią proponowanych zajęć będzie prezentacja wyników. Musi ona uwzględniać wszystkie wyżej wymienione cechy misji, które należy ukazać w formie eleganckiego, naukowego planu w prezentacji multimedialnej oraz krótkiego raportu - dokumentu PDF gotowego do druku. Prezentacja powinna zawierać szkic trajektorii lotu sondy/statku i ramy czasowe trwania misji. Dla bardziej zaawansowanych grup przewidziana jest także opcja stworzenia prostej strony WWW misji w technologii HTML, PHP lub podobnej, łącznie z gotowymi rozwiązaniami typu strona CMS. Kluczowe w tej części jest jednak umiejętnie, jak najbardziej profesjonalnie zaprezentowanie wyników całej grupy przez wybranego przedstawiciela, który staje się wówczas jej rzecznikiem prasowym. Podczas prezentacji reszta uczniów z innych grup jest zachęcana do zadawania związanych z tematem pytań i wyrażania wątpliwości, po czym w razie potrzeby cała klasa szuka rozwiązania danego problemu. Dzięki temu uczniowie ćwiczą nie tylko tworzenie i przedstawianie prezentacji multimedialnych, ale i same wystąpienia publiczne oraz zasady właściwego zachowywania się podczas nich (jak zadawać zrozumiałe pytania z szacunkiem do prezentującego?). Sama prezentacja jak i strona i inne dokumenty muszą uwzględniać prawa autorskie – można w nich wykorzystywać zdjęcia Public Domain i np., agencji NASA, ale już nie dane ściągane z prywatnych stron i blogów, o ile są one zastrzeżone przez autora.

Podczas zajęć przekazywana jest w przystępnej formie – z pomocą nauczyciela – ważna wiedza fizyczna, w tym: różne typy orbit, ruch po okręgu i jego geometria, Prawa Ruchu Newtona i (jeśli pozwala na to czas i poziom grupy) Prawa Keplera, związki pomiędzy masą, energią a ruchem, równoważenie się siły grawitacji z siłą odśrodkową. Dodatkowo uczniowie w ramach elementów optyki (widmo elektromagnetyczne) uczą się rozpoznawać różne rodzaje promieniowania i zakresy fal EM oraz ich praktyczne zastosowanie w komunikacji – w tym przypadku komunikacji satelity/sondy/statku kosmicznego z Ziemią. Duży nacisk położony jest na tylko częściową przepuszczalność atmosfery dla tych falach i tak zwane okna atmosferyczne.

Z matematycznego punktu widzenia podopieczni uczą się sprawnego przekształcanie równań i ich układów – z różnie oznaczonymi niewiadomymi, będącymi szukanymi wartościami fizycznymi. Ze względu na duże odległości i czas wielkości liczbowe muszą być także prezentowane w formie potęgowej, dzięki czemu wykorzystanie potęg staje się zrozumiałe i bardziej naturalne.

Związek ćwiczenia z biologią opiera się głównie na analizie możliwości przetrwania organizmu ludzkiego poza Ziemią oraz możliwych zagrożeniach podczas lotów kosmicznych (w tym radzeniu sobie ze stresem), poruszona powinna być też jednak ekologia (Ziemia jako jedyna znana planeta, na której na 100% istnieje życie, kwestia konieczności uniknięcia skażenia innych planet i ciał

Układu Słonecznego bakteriami z ziemi – np. kwarantanna) i astrobiologia (Proxima Centauri jako prawdopodobny najbliższy nam układ planet skalistych).

W ramach podstawy programowej dla przedmiotu geografia uczniowie wybierają samodzielnie miejsce startu rakiety: kosmodrom położony w miejscu, w którym w zadanym miesiącu w roku panują odpowiednie warunki pogodowe (największa ilość dni bezchmurnych i bezwietrznych, brak burz) oraz warunki geopolityczne (brak zagrożenia terroryzmem czy konfliktem zbrojnym, doświadczenie danego kraju (danej agencji kosmicznej) w realizacji lotów i misji określonego typu.)

Projekt lekcji umożliwia także uczniom zapoznanie się z zasadami wyszukiwania informacji w światowych bazach danych (dane pogodowe, klimatyczne, ostrzeżenia meteorologiczne)) i ocenę wiarygodności naukowych serwisów WWW, a także sztuką tworzenia prezentacji multimedialnych i dokumentów do druku. W ten sposób pośrednio wiąże się z podstawą programową dla przedmiotu informatyka.

Realizacja projektu stawia przed sobą następujące cele ogólne:

- Poznanie i umiejętność rozróżniania podstawowych pojęć fizycznych i swobodne posługiwanie się nimi,
- Zrozumienie sensu i celowości rozwiązywania równań i ich układów
- Zrozumienie idei publikowania danych statystycznych
- Upowszechnianie wiedzy o kosmosie i najbliższym otoczeniu Ziemi
- Kształtowanie świadomości powiązania fizyki kosmicznej z innymi dziedzinami nauki,
- Rozwój samodzielnego myślenia, odpowiedzialnego planowania, sztuki improwizacji np. przy wyszukiwaniu danych w sieci
- Kształtowanie dokładności, cierpliwości, potrzeby sprawdzania wyników z własnych obliczeń
- Nauka samodzielnego wyciągania wniosków bez podpowiedzi nauczyciela
- Nauka krytycznego wyrażania opinii w zgodzie z tzw. normami społecznymi
- Kształtowanie umiejętności prezentowania wyników własnej pracy zgodnie z poszanowaniem praw autorskich
- Kształtowanie owocnej pracy w silnie zróżnicowanych grupach

## Scenariusz lekcji

### Przebieg lekcji 1 – pierwsza część projektu

1. Podział klasy na grupy. Grupa powinna składać się z co najmniej trzech osób. Podział może mieć miejsce według preferencji nauczyciela lub w zgodzie z zadeklarowanymi przez uczniów zainteresowaniami, predyspozycjami i możliwościami. Wówczas ważne będzie na przykład, by w każdej grupie znalazła się jedna osoba lepiej obeznana z fizyką, jedna zainteresowana geografią lub biologią, jedna mająca umiejętność sprawnego wyszukiwania informacji w sieci WWW i jedna, która zostanie szefem grupy (planowanej misji). Ta część zajęć nie powinna trwać dłużej niż 5 minut.
2. Krótki wstęp ze strony nauczyciela – nakreślenie problemu lotów kosmicznych i różnych typów orbit. Wskazane jest wspomnienie się filmami edukacyjnymi dostępnymi w sieci – np. wykład autorstwa naukowców z Politechniki Wrocławskiej „Fizyka I odc. 49 - Satelity: orbity i energia” (<https://www.youtube.com/watch?v=HnWh35ffQ5o>), „Przenoszenie satelity i praca” (Filoma.org, <https://www.youtube.com/watch?v=Q0Aap-sMhM0>). Ta część nie powinna zająć więcej niż 10 minut.
3. Rozdanie grupom (np. drogą losową) tematów i planów poszczególnych misji.
4. Praca w grupach – uczniowie starają się nakreślić kształt orbity danej sondy, oszacować potrzebną na potrzeby misji masę (bazując na logice, celu misji, znanych z sieci WWW, przykładowych mas aparatury badawczej, rozmiarach satelity itp.). Na tym etapie ćwiczenia planowany jest również budżet misji i jej plan – poszczególne etapy wdrażania. Ma miejsce wybór czasu i miejsca startu rakiety wynoszącej satelitę/sondę, planowany jest średni czas lotu i trajektoria. Czas trwania – do pół godziny. Na tym etapie należy wspomagać się komputerem lub telefonem z dostępem do zasobów WWW.
5. Podczas etapu 4 nauczyciel, obserwując pracę grup, na bieżąco reaguje i wygłasza krótkie, kilkuminutowe prezentacje pomocnicze – na przykład pokazuje (korzystając z załączonej prezentacji), w jakich krajach znajdują się kosmodromy, która prędkość kosmiczna związana jest z opuszczeniem Ziemi, itp.
6. Na końcu ma miejsce kilkuminutowe podsumowanie. Każda z grup prezentuje krótko zarys trajektorii, masę i inne charakterystyki oraz budżet sondy/satelity, wybrany czas i miejsce startu rakiety. O ile jest to możliwe, grupy powinny też na tym etapie przedstawić równania, za pomocą których ich zadaniem obliczana będzie prędkość początkowa satelity, jego energia na orbicie, wykonana podczas jego wynoszenia praca. Nauczyciel weryfikuje przedstawione pomysły i w razie potrzeby je koryguje.

### Przebieg lekcji 2 – druga część projektu

1. Podsumowanie dotychczasowej pracy grup. Określenie braków planowanych misji i kolejnych zadań dla poszczególnych grup (d05 minut).
2. Krótki wstęp ze strony nauczyciela – przypomnienie wzorów, według których liczona jest praca i energia oraz prędkości kosmiczne obiektów znajdujących się poza ziemią – z pomocą załączonej prezentacji (5 minut)

Dalsza praca w grupach – wykonywanie konkretnych obliczeń, w razie potrzeby konsultacja przedstawiciela grup z nauczycielem, określanie konkretnych celów misji oraz wyposażenia sond kosmicznych – aparatura, skład załogi (z uwzględnieniem równości płci), w przypadku misji załogowych – pomysły na wyeliminowanie zagrożeń, sposób komunikacji z Ziemią (zakres(y) fal EM); przygotowywanie krótkiej prezentacji i planu misji w postaci pliku pdf. (15-20 minut). Na tym etapie należy wspomagać się komputerem lub telefonem z dostępem do zasobów WWW.

3. Prezentacja poszczególnych misji w formie prezentacji multimedialnych i/lub występów przy klasycznej tablicy, omówienie rezultatów pracy, zadawanie pytań przez uczniów należących do innych grup - według wybranej przez nauczyciela kolejności (15-20 minut)

## Karta Pracy

<b>Nazwa misji</b>	
<b>Członkowie zespołu</b> Koordynator Rzecznik prasowy      	        
<b>Podstawowe cele misji</b>	   
<b>Czas trwania misji [miesiące, dni, sekundy]</b>	 
<b>Czas startu rakiety</b>	 
<b>Miejsce startu rakiety</b>	  
<b>Typ rakiety/innego statku kosmicznego</b>	  
<b>Masa satelity/sondy [kg]</b>	 
<b>Ilość członków załogi</b> (jeśli dotyczy) Skład załogi – najważniejszy personel:	    
<b>Aparatura badawcza</b>	    
<b>Sposób komunikacji z Ziemią</b> (zakres(y) fal EM)	    
<b>Typ docelowej orbity</b>	 
<b>Prędkość początkowa sondy [m/s]</b>	 
<b>Praca niezbędna do wyniesienia satelity</b>	 
<b>Mijane po drodze obiekty kosmiczne</b>	  
<b>Dalsze losy satelity po zaprzestaniu jego eksploatacji</b>	   

<b>Uwagi</b> (np. ochrona obcych planet przed ziemskimi organizmami, dołączenie do sondy informacji przeznaczonych dla przyszłych pokoleń lub dla innych cywilizacji kosmicznych, kwestia deorbitacji satelitów okołoziemskich - ekologia)	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....