**Nazwa przedmiotu:**

Wybrane zagadnienia mechaniki ruchu obrotowego Ziemi

**Koordynator przedmiotu:**

prof dr hab. Aleksander Brzeziński

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Geodezja i Kartografia

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

GK.NMS327

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

Liczba godzin kontaktowych - 26, w tym:
obecność na wykładzie: 8 godzin
obecność na ćwiczeniach: 16 godzin
konsultacje: 2 godziny
Praca własna studenta:
rozwiązywanie zadań domowych: 15 godzin
utrwalenie teorii (praca z literaturą, materiałami z wykładu): 18 godzin
przygotowanie do zaliczenia: 15 godzin
razem: 74 godziny, co odpowiada: 3 punktom ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1 punkt ECTS - liczba godzin kontaktowych - 26, w tym:
obecność na wykładzie: 8 godzin
obecność na ćwiczeniach: 16 godzin
konsultacje: 2 godziny

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

1,9 punktu ECTS - 48 godzin, w tym:
obecność na ćwiczeniach: 16 godzin
konsultacje: 2 godziny
rozwiązywanie zadań domowych: 15 godzin
przygotowanie do zaliczenia: 15 godzin

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład: | 15h |
| Ćwiczenia: | 0h |
| Laboratorium: | 0h |
| Projekt: | 30h |
| Lekcje komputerowe: | 0h |

**Wymagania wstępne:**

analiza matematyczna, fizyka, astronomia geodezyjna na studium inżynierskim
Zakłada się, że słuchacze dysponują wiedzą z mechaniki w zakresie maturalnym, oraz znajomością algebry liniowej i teorii równań różniczkowych zwyczajnych na poziomie nauczania na pierwszym stopniu studiów większości wydziałów geodezyjnych w Polsce.

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Wykład stanowi systematyczne wprowadzenie do teorii ruchu obrotowego Ziemi z uwzględnienie współczesnych standardów i konwencji. Rozpoczyna się od ogólnych rozważań dotyczących kinematyki i dynamiki ruchu bryły sztywnej w przestrzeni, następnie wprowadzane są kolejne modyfikacje opisu uwzględniające parametry budowy Ziemi i zewnętrznych oddziaływań grawitacyjnych. Wyprowadzone są równania ruchu a następnie rozwiązania tych równań w postaci zamkniętej. W drugiej części wykładu wprowadzane są modyfikacje teorii wynikające z uwzględnienia deformacji Ziemi. Rozpoczyna się od ogólnego opisu dynamiki ruchu bryły odkształcalnej w przestrzeni, następnie przedstawiony jest model deformacji sprężystych i odpowiadające rozwiązanie równań ruchu. Ostatnia część wykładu jest poświęcona tematyce modelowania efektów atmosferycznych i oceanicznych w ruchu obrotowym Ziemi.

**Treści kształcenia:**

Wykaz zagadnień
1. Informacje ogólne - krótki rys historyczny, aktualny stan wiedzy i obserwacje, układy współrzędnych i parametryzacja, zasady modelowania rotacji Ziemi, parametry modeli.
2. Kinematyka ruchu bryły sztywnej w przestrzeni - ruch postępowy (translacja) i ruch wokół środka mas (ruch obrotowy, rotacja), wektor rotacji.
3. Dynamika ruchu obrotowego bryły sztywnej - tensor bezwładności, moment sił zewnętrznych, moment pędu, prawo zachowania momentu pędu, energia kinetyczna.
4. Ruch obrotowy Ziemi sztywnej - równania dynamiczne Eulera i ich rozwiązania swobodne oraz wymuszone, opis geometryczny rozwiązań.
5. Parametryzacja ruchu obrotowego Ziemi - układy współrzędnych, osie (bieguny): rotacji, momentu pędu i figury dynamicznej Ziemi, związki kinematyczne, ruchy biegunów i nutacje Ziemi sztywnej.
6. Zasady dynamiki analitycznej w zastosowaniu do opisu ruchu obrotowego Ziemi sztywnej w przestrzeni - współrzędne uogólnione, kąty Eulera, równania Lagrange'a, teoria Woolarda.
7. Dynamika ruchu bryły odkształcalnej w przestrzeni - dekompozycja na translację, rotację i deformację; pęd, moment pędu, moment sił, równania ruchu, energia kinetyczna; układ osi Tisseranda.
8. Ruch obrotowy Ziemi odkształcalnej – opis perturbacyjny, równania Eulera-Liouville’a, deformacje pływowe i rotacyjne, oś figury dynamicznej Ziemi.
9. Model Ziemi sprężystej - liczby Love’a, ruchy biegunów: rozwiązania swobodne i wymuszone, okres Chandlera, interpretacja geometryczna rozwiązań; precesja-nutacja; zmiany długości doby l.o.d. i czasu uniwersalnego UT1, oddziaływania pływów strefowych i odpowiadające rozwiązanie.
10. Perturbacje atmosferyczne w r. o. Ziemi i ich modelowanie - funkcja pobudzająca, metoda momentu sił a metoda momentu pędu, deformacje obciążeniowe, funkcje efektywnego momentu pędu atmosfery, ich wyznaczanie i interpretacja, modele reakcji oceanu na zmiany ciśnienia atmosferycznego; perturbacje oceaniczne i hydrologiczne.
11. Wybrane współczesne problemy teorii ruchu obrotowego Ziemi - relacje wiążące współrzędne wektora rotacji z wyznaczanymi z obserwacji współrzędnymi bieguna CIP (ang. Celestial Intermediate Pole); modelowanie, obserwacje i poszukiwanie mechanizmu pobudzającego swobodną oscylację Chandlera.

**Metody oceny:**

Zaliczenie ćwiczeń: obowiązek uczestniczenia w zajęciach; dopuszczalne jest nieusprawiedliwiona nieobecność na 2 godz. ćwiczeń; podstawą zaliczenia jest aktywny udział w zajęciach, dodatkowe punkty otrzymuje się za udział w przygotowaniu referatu.
Zaliczenie wykładu: sprawdzian pisemny w ostatnim tygodniu zajęć.
Ocena końcowa: średnia ocen z ćwiczeń i zaliczenia wykładu, pod warunkiem uzyskania oceny pozytywnej ze sprawdzianu.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Brzeziński A. (2005). Modelowanie precesji-nutacji jako ważny element badań globalnej dynamiki Ziemi, Osiągnięcia Nauki i Techniki – Kierunki Rozwoju i Metody, Konwersatorium Politechniki Warszawskiej, red. merytoryczny S. Janeczko, wkładka nr 4 do Miesięcznika Politechniki Warszawskiej nr 3/2005.
Brzeziński A. (2012). Wprowadzenie do teorii ruchu obrotowego Ziemi, skrypt opracowany w ramach zadania 23 Programu Rozwojowego PW „Opracowanie programów oraz materiałów dydaktycznych i naukowych dla studiów doktoranckich z zakresu technik satelitarnych”, 90 str., Wydz. Geodezji i Kartografii PW.
Moritz, H. and I. I. Mueller (1987). Earth Rotation: Theory and Observation, Ungar Publishing Company, New York.
Munk, W. H. and G. J. MacDonald (1960). Rotation of the Earth: A Geophysical Discussion, Cambridge University Press (reprint 1975).
Rubinowicz, W. and W. Królikowski (1978). Mechanika Teoretyczna, Wyd. piąte poprawione i uzupełnione, PWN, Warszawa.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt GK.NMS327\_W1:**

Zna podstawowe zagadnienia dotyczące modelowania ruchu obrotowego Ziemi.

Weryfikacja:

aktywność na ćwiczeniach, sprawdzian zaliczeniowy z wykładu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W02, K\_W11, K\_W12

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_W01, T2A\_W02, T2A\_W02, T2A\_W01, T2A\_W02, T2A\_W03

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt GK.NMS327\_U1:**

Umie korzystać ze standardów definiowanych przez Międzynarodową Unię Astronomiczną (IAU) i Międzynarodową Służbę Ruchu Obrotowego Ziemi i Układów Odniesienia (IERS) oraz pozyskiwać odpowiednie dane za pośrednictwem Internetu.

Weryfikacja:

aktywne uczestnictwo w ćwiczeniach, sprawdzian zaliczeniowy z wykładu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U01, K\_U11, K\_U14

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U01, T2A\_U09, T2A\_U10, T2A\_U11, T2A\_U08