**Nazwa przedmiotu:**

Metody wyznaczania orbit satelitarnych

**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.NMS325

**Semestr nominalny:**

3 / rok ak. 2023/2024

**Liczba punktów ECTS:**

4

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

1) Liczba godzin kontaktowych - 35, w tym:
a) obecność na wykładzie -16 godzin,
b) obecność na ćwiczeniach -16 godzin,
c) konsultacje - 3 godziny.
2) Praca własna studenta - 62 godziny, w tym:
a) rozwiązywanie zadań domowych - 17 godzin,
b) utrwalenie teorii (praca z literaturą, materiałami z wykładu) - 25 godzin,
c) przygotowanie do zaliczenia - 20 godzin,
razem: 97 godzin, co odpowiada: 4 punktom ECTS.

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

1,4 punktu - liczba godzin kontaktowych - 34, w tym:
a) obecność na wykładzie -16 godzin,
b) obecność na ćwiczeniach - 16 godzin,
c) konsultacje - 2 godziny.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2,2 punktu ECTS - 56 godzin, w tym:
a) obecność na ćwiczeniach: 16 godzin,
b) konsultacje: 3 godziny,
c) rozwiązywanie zadań domowych: 17 godzin,
d) przygotowanie do zaliczenia: 20 godzin.

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

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

**Wymagania wstępne:**

analiza matematyczna, fizyka i geodezja satelitarna na kursie inżynierskim

**Limit liczby studentów:**

-

**Cel przedmiotu:**

Podstawowym tematem wykładu jest modelowanie i wyznaczanie orbit ciał układu niebieskiego ze szczególnym uwzględnieniem orbit sztucznych satelitów Ziemi (SSZ). Szczegółowo omawiane jest zagadnienie dwóch ciał i orbita keplerowska, jak również modelownie perturbacji SSZ z naciskiem na analizę odpowiadającym im efektów w ruchu orbitalnym. Wykład obejmuje część teoretyczną i zagadnienia praktyczne polegające na wykonaniu obliczeń z wykorzystaniem pakietu programów orbitalnych dołączonego do podręcznika (Beutler, 2005). Część praktyczna obejmuje też wizytę w Obserwatorium Astrogeodynamicznym CBK PAN w Borówcu k. Poznania połączoną z wykładem przygotowanym przez pracowników Obserwatorium.

**Treści kształcenia:**

Wykaz zagadnień
1. Wstęp historyczny.
2. Globalne układy odniesienia ziemski i niebieski oraz modelowanie ruchu obrotowego Ziemi
2.1. podstawy teoretyczne, przegląd obserwacji od astrometrii optycznej do technik geodezji satelitarnej i kosmicznej;
2.2. systemy i układy ITRS/ITRF, ICRS/ICRF, macierz transformacji wyrażona przez parametry ruchu obrotowego Ziemi EOP;
2.3. kinematyka ruchu bryły sztywnej w przestrzeni, definicja wektora rotacji;
2.4. dynamika rotacji bryły sztywnej – tensor bezwładności, moment pędu, prawo zachowania momentu pędu zapisane w układzie inercjalnym i obracającym się, energia kinetyczna rotacji;
2.5. równania ruchu obrotowego Ziemi sztywnej – rezonans Eulera-Chandlera i rozwiązanie swobodne, modelowanie oddziaływania grawitacyjnego Księżyca i Słońca i odpowiadające rozwiązanie w ruchu bieguna.
3. Modelowanie ruchu orbitalnego
3.1. prawa mechaniki nieba, zagadnienie dwóch ciał i orbita keplerowska, prawo powszechnego ciążenia Newtona i wyprowadzenie na jego podstawie praw Keplera;
3.2. całka momentu pędu i całka energii w ruchu orbitalnym oraz ich konsekwencje,
3.3. ruch orbitalny – całkowanie równań ruchu, wyznaczanie kształtu orbity, określenie chwilowego położenia satelity na orbicie, całkowanie równań ruchu w notacji wektorowej, podsumowanie.
4. Ruch perturbowany satelitów
4.1. ogólny przegląd perturbacji w ruchu sztucznych satelitów Ziemi z podziałem na grawitacyjne i niegrawitacyjne, elementy oskulacyjne i średnie, równania Lagrange’a i opis Gaussa przyspieszeń grawitacyjnych;
4.2. perturbacje związane z niecentralnymi składowymi potencjału grawitacyjnego Ziemi, efekt spłaszczenia dynamicznego opisanego przez parametr Stokesa J2 oraz inne składowe harmoniczne, perturbacje wyrażone poprzez elementy orbitalne;
4.3. pozostałe perturbacje grawitacyjne: oddziaływanie bezpośrednie Księżyca i Słońca, oddziaływanie pływów Ziemi stałej i pływów oceanicznych;
4.4. perturbacje niegrawitacyjne: opór atmosfery, ciśnienie światła słonecznego, efekt bezpośredni i pośredni (albedo), efekty relatywistyczne;
4.5. porównanie wielkości poszczególnych typów perturbacji dla różnych grup satelitów.
5. Wyznaczanie orbit satelitów
5.1. procedura całkowania orbity bez perturbacji (keplerowskiej);
5.2. całkowanie orbity zaburzonej: metoda analityczna i metoda numeryczna, algorytm Cowella i Encke’go, precyzyjne całkowanie orbity z wykorzystaniem obserwacji GPS na pokładzie satelity, aproksymacja wielomianowa, metoda krótkich łuków.
6. Orbity satelitów i konstelacje: satelity LEO, MEO i geosynchroniczne (geostacjonarne i IGSO), satelity zsynchronizowane ze Słońcem, misje grawimetryczne, orbity transferowe i punkty Lagrange’a.
7. Obserwacje laserowe satelitów (Satellite Laser Ranging – SLR) i radiointerferomatria bardzo długich baz (Very Long Baseline Interferometry – VLBI): zasada działania, udział w realizacji i podtrzymywaniu globalnych układów odniesienia, wyznaczanie parametrów geodynamicznych.

**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 na ostatnich zajęciach.
Ocena końcowa: średnia ocen z ćwiczeń i zaliczenia wykładu, pod warunkiem uzyskania oceny pozytywnej ze sprawdzianu.

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

Seeber Günter (2003). Satellite Geodesy, 2nd completely revised and extended edition, de Gruyter, Berlin, New York.
Beutler Gerhard (2005). Methods of Celestial Mechanics, 2 volumes with CD-ROM, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
IERS Conventions 2010, IERS Technical Note 36, G. Petit and B. Luzum (eds.), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Germany.
Śledziński Janusz (1978). Geodezja Satelitarna, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa.
Źródła internetowe.

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

brak

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt GK.NMS325\_W1:**

Zna podstawowe zagadnienia dotyczące modelowania orbit ciał Układu Słonecznego oraz sztucznych satelitów Ziemi.

Weryfikacja:

aktywne uczestnictwo w ćwiczeniach, sprawdzian z wykładu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_W09, K\_W11, K\_W12

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

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt GK.NMS325\_U1:**

Umiejętność korzystania ze standardów definiowanych przez Międzynarodową Unię Astronomiczną (IAU) i Międzynarodową Służbę Ruchu Obrotowego Ziemi i Układów Odniesienia (IERS). Pozyskiwanie danych z Internetu oraz wykonywanie prostych obliczeń orbitalnych.

Weryfikacja:

aktywne uczestnictwo w ćwiczeniach, sprawdzian z wykładu

**Powiązane efekty kierunkowe:** K\_U08, K\_U14, K\_U15

**Powiązane efekty obszarowe:** T2A\_U05, T2A\_U12, T2A\_U17, T2A\_U18, T2A\_U08, T2A\_U08, T2A\_U09