**Nazwa przedmiotu:**

Geofizyka

**Koordynator przedmiotu:**

dr hab. Michał Kruczyk

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Geodezja i Kartografia

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

GK.SMK121

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2022/2023

**Liczba punktów ECTS:**

3

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

1) Liczba godzin kontaktowych 75, w tym:
a) obecność na wykładach - 15 godzin,
b) udział w ćwiczeniach - 15 godzin,
c) konsultacje - 2 godziny,
d) zaliczenie - 1 godzina
2) Praca własna studenta - 42 godziny, w tym:
a) przygotowanie do egzaminu - 15 godzin,
b) rozwiązywanie zadań domowych - 12 godzin,
c) praca z literaturą, przygotowanie do ćwiczeń - 15 godzin,
razem: 75 godzin - 3 punkty ECTS.

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

1,3 punktu ECTS - liczba godzin kontaktowych 34, w tym:
a) wykłady - 15 godzin,
b) ćwiczenia - 15 godzin,
c) konsultacje - 2 godziny,
d) zaliczenie - 1 godzina.

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

1,7 punktu ECTS - 44 godziny, w tym:
a) udział w ćwiczeniach - 15 godzin,
b) konsultacje - 2 godziny,
c) rozwiązywanie zadań domowych - 12 godzin,
d) praca z literaturą, przygotowanie do ćwiczeń - 15 godzin.

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

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

**Wymagania wstępne:**

fizyka na kursie inżynierskim,
analiza matematyczna na poziomie matury

**Limit liczby studentów:**

brak

**Cel przedmiotu:**

Zapoznanie ze zjawiskami i procesami zachodzącymi we wnętrzu Ziemi, w hydrosferze i atmosferze oraz własnościami pola magnetycznego Ziemi, zwłaszcza mającymi wpływ na pomiary geodezyjne. Wprowadzenie szeregu pojęć występujących w geodezji: izostazja (wypiętrzenie postglacjalne), model ruchu płyt kontynentalnych, model ‘inverted barometer’ itp. Opis pola magnetycznego: pole geomagnetyczne, biegun i współrzędne geomagnetyczne, anomalie geomagnetyczne. Poznanie niektórych metod geofizyki poszukiwawczej (np. sondowania sejsmiczne, anomalie magnetyczne). Zrozumienie związku parametrów fizycznych wody morskiej i globalnej cyrkulacji oceanów. Poznanie budowy, cyrkulacji, związków fizycznych między podstawowymi parametrami atmosfery, zasady budowania modeli atmosfery i jonosfery. Elementarna wiedza o meteorologii. Rozróżnianie najważniejsze rodzajów i parametrów promieniowania elektromagnetycznego. Poznanie elementów optyki geometrycznej (równanie promienia), współczynnik refrakcji.
Celem przedmiotu jest także przekazanie wiedzy na temat praktycznych zastosowań pomiarów geofizycznych (geofizyka poszukiwawcza), wykorzystania zjawisk fizycznych w technologiach pomiarowych oraz wpływu rozmaitych efektów na pomiary i użytkowanie systemów pomiarowych.
Lepsze zrozumienie fizyki nowoczesnych technologii pomiarowych (GNSS, sejsmologia, pomiary magnetyczne, teledetekcja) pomaga dostosować wiedzę absolwentów do wymagań społeczno-gospodarczych oraz potrzeb rynku pracy.

**Treści kształcenia:**

Wykłady:
1. Zakres zagadnień geofizyki, związki z geodezją planetarną. Ziemia jako planeta: cechy szczególne, miejsce w Układzie Słonecznym.
2. Ogólne informacje na temat budowy Ziemi. Zjawisko izostazji, pionowe ruchy skorupy ziemskiej wypiętrzanie poglacjalne. Hipoteza Wegnera a współczesna teoria tektoniki płyt. Typy styku płyt kontynentalnych. Strefy subdukcji, obszary ryftowe. Modele płyt kontynentalnych i ich ruchu. Punkty gorąca. Współczesny model budowy wnętrza Ziemi (przebieg gęstości, temperatury, przyspieszenia i ciśnienia).
3. Trzęsienia Ziemi – rozmieszczenie geograficzne i przyczyny. Typy fal sejsmicznych i ich prędkości. Elementy sejsmologii: ognisko, hipocentrum i epicentrum trzęsienia, wyznaczanie trajektorii promienia sejsmicznego we wnętrzu Ziemi, hodograf. Odbicie i załamanie fal sejsmicznych. Strefa cienia i odkrycie jądra Ziemi. Stałe sprężystości Ziemi – tensor naprężeń, stałe Lamego i inne parametry sprężystości. Skala Richtera i Mercallego. Wykorzystanie fal sejsmicznych w badaniach wnętrza Ziemi (sondaże sejsmiczne, tomografia).
4. Zjawiska elektromagnetyczne: równania Maxwella, siła Lorenza itp. (przypomnienie). Struktura pola magnetycznego Ziemi. Współrzędne kartezjańskie i krzywoliniowe w opisie pola magnetycznego Ziemi. Zmiany wiekowe. Odziaływania pola magnetycznego z materią (ferromagnetyki). Paleomagnetyzm, inwersje pola. Geneza pola magnetycznego Ziemi (teoria samowzbudnego geodynamo). Pole magnetyczne zewnętrzne i wewnętrzne. Rozkład pola magnetycznego na składowe dipolowe i niedipolowe. Anomalie magnetyczne. Zmienne pole magnetyczne. Jonosfera (warstwy, zmienność dobowa i roczna, profil Chapmana, TEC, częstotliwość plazmowa). Magnetosfera, pasy promieniowania uwięzionego. Burze magnetyczne. Aktywność Słońca - zjawiska magnetyczne (magnetohydrodynamika), cykl aktywności.
5. Cykl wodny (analiza ilościowa). Własności fizyczne oceanu światowego (temperatura, zasolenie). Pionowy profil temperatury (termoklina) i zasolenia w oceanie. Zasolenie a gęstość wody morskiej, cyrkulacja termohalinowa. Elementy optyki i akustyki morza; zawartość tlenu. Dynamika oceanów - siły powierzchniowe, siła Coriolisa. Prądy morskie i ich znaczenie dla klimatu, globalna cyrkulacja oceanów. Typy prądów morskich: dryfowe, głębokowodne; transport Ekmana, upwelling. Falowanie – rodzaje fal (fala głębokowodna i płytkowodna) i ich własności. Szczególne odmiany fal (np. sejsze, spiętrzenia dryfowe). Elementy dynamiki płynów: wektorowe pole przepływu i jego parametry, równania Naviera-Stokesa, równania ciągłości i stanu.
6. Budowa i skład atmosfery ziemskiej. Przebieg temperatury i ciśnienia w profilu pionowym. Termodynamika a cyrkulacja atmosfery, insolacja powierzchni ziemi. Globalne komórki cyrkulacyjne. Wiatr geostroficzny, cyklostroficzny i quasigeostroficzny. Cyklony. Strefy aktywności atmosfery, a pogoda (fronty atmosferyczne). Front polarny i niestabilność baroklinowa, fale planetarne Rossby’ego, prądy strumieniowe. Szczególe przypadki cyrkulacji lokalnej: monsuny, bryza, wiatry fenowe, fale grawitacyjne. Przepływ powietrza nad gruntem – warstwa graniczna. Para wodna w atmosferze. Typy chmur i opady. Komórka burzowa, tornada, zjawiska elektryczne w atmosferze. Wybrane techniki pomiarów meteorologicznych. Elementy numerycznego prognozowania pogody (równania). Wody gruntowe: prawo Darcy’ego, infiltracja, powodzie. Czynniki klimatu.
7. Falowo-korpuskularny charakter promieniowania elektromagnetycznego. Charakterystyka wybranych zakresów promieniowania (IR, UV, EUV). Dyfrakcja, siatka dyfrakcyjna (stała siatki). Polaryzacja światła. Promieniowanie termiczne. Widmo Słońca a okna atmosferyczne. Rozpraszanie promieniowania elektromagnetycznego w atmosferze (Rayleigha, Mie i Ramana), ekstynkcja, głębokość optyczna. Dyspersja. Promieniowanie nietermiczne, emisja wymuszona (lasery). Elementy spektroskopii: widma emisjne i absorbcyjne. Teoria budowy atomu a widma (struktura subtelna i nadsubtelna). Oddziaływanie promieniowania z materią, powstawanie koloru obiektów. Własności absorbcyjne, dyspersyjne i transmisyjne różnych materiałów. Układy optyczne (typy teleskopów). Zdolność rozdzielcza i inne parametry układu optycznego.
8. Promieniowanie termiczne powierzchni Ziemi i atmosfery. Odbicie promieniowania od powierzchni Ziemi. Albedo. Bilans energetyczny atmosfery. Efekt cieplarniany – elementy termodynamiki atmosfery. Historia Ziemi i zmiany globalne systemu ziemskiego.
Ćwiczenia:
Ćwiczenia mają charakter zajęć audytoryjnych (głównie zadania obliczeniowe i wyprowadzanie wzorów):
1. Model „inverted barometer” reakcji oceanu na zmiany ciśnienia atmosferycznego, wyznaczenie zmiany powierzchni oceanu przy założeniu równowagi hydrostatycznej. Przeprowadzenie analizy ilościowej modeli izostazji Airy’ego i Pratta – obliczenia grubości skorupy ziemskiej (zadanie). Izostazja a pomiary grawimetryczne, wyznaczenia sejsmiczne i satelitarne.
2. Rodzaje fal sejsmicznych, droga i prędkość fal we wnętrzu Ziemi. Elementy sejsmologii: analiza sejsmogramu, wyznaczanie trajektorii promienia sejsmicznego we wnętrzu Ziemi, równanie promienia (wyprowadzenie), wzór Bendorfa, hodograf (interpretacja), wyznaczanie epicentrum i głębokości ogniska (metoda Oldhama), konstrukcja i działanie sejsmografu (pokaz), skala Richtera (ujęcie klasyczne, moment sejsmiczny, metoda graficzna).
3. Parametry opisu pola w układzie kartezjańskim i sferycznym (deklinacja i inklinacja magnetyczna). Natężenie i indukcja pola magnetycznego, jednostki. Deklinacja magnetyczna i pomiary magnetyczne w Polsce; osnowa magnetyczna. Pole magnetyczne zewnętrzne i wewnętrzne - opis Gaussa i Szmidta (wyprowadzenie). Wyznaczanie współczynników pola magnetycznego Ziemi w opisie Gaussa. Obliczanie lokalnych parametrów pola magnetycznego na bazie współczynników Gaussa (zadanie). Pole magnetyczne Ziemi a biegun i równik geomagnetyczny. Obliczanie współrzędnych bieguna geomagnetycznego Ziemi i współrzędnych geomagnetycznych stacji pomiarowej (zadanie). Techniki pomiarów magnetycznych. Stałe i zmienne pole magnetyczne. Składowe zmiennego pola magnetycznego (zmiany spokojne, zaburzone i nieregularne) - magnetogram.
4. Temperatura i zasolenie a gęstość wody morskiej (przykłady stratyfikacji i cyrkulacji głębokowodnej). Obliczanie prędkości dźwięku w wodzie morskiej (zadanie). Typy falowania i ich opis matematyczny (zadanie). Analiza fali płytkowodnej: tsunami, zjawiska pływowe. Dynamiczna teoria pływów oceanicznych (siła pływotwórcza, fale Kelvina itp.).
5. Elementy fizyki atmosfery – budowa warstwowa, kryteria podziału. Podstawowe zależności między parametrami atmosfery: równanie stanu powietrza suchego. Model atmosfery hydrostatycznej (wyprowadzenie), inne modele. Wzory barometryczne (zadanie). Modele globalnej cyrkulacji atmosfery ziemskiej (siła Coriolisa, wyprowadzenie zależności geostroficznej). Zależności między parametrami wilgotności (zadanie). Mapy meteorologiczne i inne metody prezentacji danych (analiza na przykładach).
6. Elementy teorii promieniowania: prawo Kirchoffa, prawo Wiena, teoria Rayleigha–Jeansa, prawo Plancka (zadanie). Prawo Stefana-Boltzmana. Elementy fizyki statystycznej: rozkład Boltzmana i Maxwella, rozkłady nieklasyczne (Fermiego-Diraca, Bosego-Einsteina). Natężenie i kształt linii widmowych (poszerzenie Dopplera, efekt Zeemana, prawa jonizacji). Atomy wieloelektronowe, zakaz Pauliego, reguły wyboru. Widma cząsteczkowe (widma pasmowe, składowe wibracyjne i rotacyjne). Odbicie i załamanie promieniowania w ośrodku. Zasada Fermata. Zasada Huygensa. Elementy optyki geometrycznej: równanie promienia, całka refrakcji. Refraktywność powietrza: wpływ na różne techniki pomiarowe i zakresy widmowe (zestawienie).

**Metody oceny:**

ćwiczenia: zadania domowe i aktywność przy tablicy
dopuszczalna jest tylko jedna nieobecność nieusprawiedliwiona na ćwiczeniach
wykład: sprawdzian pisemny
Ocena jest wystawiana na podstawie łącznej liczny punktów uzyskanych na ćwiczeń i z egzaminu.
Oceny wpisywane są według zasady: 5,0 – pięć (4,76 – 5,0); 4,5 – cztery i pół (4,26-4,74), 4,0 –cztery (3,76-4,25), 3,5-trzy i pół (3,26-3,75), 3,0-trzy (3,0-3,25).

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Barlik Marcin (1986). Wybrane zagadnienie z geofizyki, Wydawnictwa PW, Warszawa.
2. Bilski Edmund (1971). Geofizyka, Wydawnictwa PW, Warszawa
3. Stenz Edward, Maria Mackiewicz (1964). Geofizyka ogólna, PWN, Warszawa.
4. Lowrie W. (2007). Fundamentals of Geophysics. Cambridge University Press
5. Kożuchowski K. (red.) (2005). Meteorologia i klimatologia. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa
6. Lambeck Kurt (1988). Geophysical Geodesy, Oxford University Press
7. Alyn C. Duxbury, Alison B. Duxbury, Keith A. Sverdrup (2002). Oceany świata. PWN. Warszawa
8. Stanley Steven M. (2005). Historia Ziemi, PWN, Warszawa
9. Woś Alojzy (2006). Meteorologia dla geografów, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań
10. Tamulewicz J. (1997). Pogoda i klimat Ziemi. Wielka Encyklopedia Geografii Powszechnej Świata. Wydawnictwo Kurpisz SA, Poznań
11. Tamulewicz J. (2001). Wody i klimat Ziemi. Wielka Encyklopedia Geografii Powszechnej Świata. Wydawnictwo Kurpisz SA, Poznań
12. Andrews D.G. (2000). An Introduction to Atmospheric Physics, Cambridge University Press, Cambridge
13. Encyklopedia fizyki współczesnej (1983): Opracowanie zbiorowe, PWN, Warszawa
14. Iribarne J.V., Cho H.-R (1988). Fizyka atmosfery. PWN, Warszawa
15. Mizerski W. (2010). Geologia dynamiczna. PWN, Warszawa
16. van Andel, Tjerd (2001). Nowe spojrzenie na starą planetę. PWN, Warszawa
17. Teisseyre Roman (redaktor monografii) (1983). Fizyka i ewolucja wnętrza Ziemi. PWN, Warszawa
18. Bujakiewicz-Grabowska E., Mikulski Z. (2013). Hydrologia ogólna, PWN, Warszawa
19. Klejnowski R. Atlas pogody, Wydawnistwo Pascal
20. Jones, Barrie W. (2007). Discovering the Solar System. Wiley
21. Dera Jerzy (2003). Fizyka morza. PWN, Warszawa
22. Goody R.M., J.C.G. Walker (1978). O atmosferach. PWN, Warszawa
23. Clark S.P. Jr. (1979). Budowa Ziemi. PWN, Warszawa
24. J. Leiwa-Kopystyński, R. Teisseyre (1984). Budowa wnętrza Ziemi. PWN, Warszawa
25. Trzeciak S. (2004). Meteorologia morska z oceanografią. PWN. Warszawa
26. Kossakowska-Cezak U., Bujakiewicz-Grabowska E. (2009). Podstawy hydrometeorologii. PWN, Warszawa
27. McIlven, R. (2010). Fundamentals of Weather and Climate. Second Edition, Oxford University Pess
28. Hackel Hans (2009). Pogoda i klimat. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa
29. Czechowski L. (1994). Tektonika płyt i konwekcja w płaszczu Ziemi. PWN, Warszawa
30. Telford W. M. et al. (1990). Applied Geophysics. Second Edition. Cambridge Univ. Press
31. Grotzinger J., Jordan T. (2014). Undersrtanding Earth. Seventh Edition. W.H. Freeman and Co.
32. Hecht E., A.Zajac: “Optics”. Addison-Wesley Publ. Co.
33. Tipler P.A, Llewellyn R.A.: “Fizyka współczesna” PWN 2011

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

Przedmiot łączy elementy geofizyki (ważnej nie tylko poznawczo przy precyzyjnych pomiarach geodezyjnych i geodezji wyższej, ale i dla uzyskania uprawnień zawodowych
np. w zakresie pola magnetycznego Ziemi) oraz fizyki (w zakresie głównie procesów związanych z oddziaływaniem pola elektromagnetycznego z materią).

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt GK.SMK121\_W1:**

Ma wiedzę o podstawowych zjawiskach i procesach zachodzących we wnętrzu Ziemi, w hydrosferze i atmosferze oraz własnościach pola magnetycznego Ziemi. Rozumie szereg pojęć występujących później w geodezji: model ruchu płyt kontynentalnych, model ‘inverted barometer’, liczby Love’a, pływy, obciążenia atmosferyczne i oceaniczne, harmoniki sferyczne. Zna elementy optyki geometrycznej (równanie promienia) itp.

Weryfikacja:

zadania domowe, egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:**

**Powiązane efekty obszarowe:**

**Efekt GK.SMK121\_W2:**

Osoba ma podstawową ( i pogłębioną) wiedzę z zakresu ruchu płyt litosferycznych i tektoniki płyt.

Weryfikacja:

zadania domowe, egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:**

**Powiązane efekty obszarowe:**

**Efekt GK.SMK121\_W3:**

Osoba ma podstawową wiedzę z zakresu pola magnetycznego Ziemi: pole geomagnetyczne, parametry opisy pola w układzie kartezjańskim i sferycznym (deklinacja i inklinacja magnetyczna), biegun geomagnetyczny i współrzędne geomagnetyczne.

Weryfikacja:

zadanie domowe, egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:**

**Powiązane efekty obszarowe:**

**Efekt GK.SMK121\_W4 :**

Osoba zna budowę atmosfery i zasady budowy modeli atmosfery używanych w geodezji i meteorologii.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:**

**Powiązane efekty obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt GK.SMK121\_U1:**

Osoba umie analizować i opracowywać rozwiązania zadań geodezyjnych z wykorzystaniem wiedzy o środowisku przyrodniczym: litosferze, hydrosferze i atmosferze.

Weryfikacja:

egzamin, zadania domowe

**Powiązane efekty kierunkowe:**

**Powiązane efekty obszarowe:**