



KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu		Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Wybrane zagadnienia fizyki organizmu człowieka		
			w j. angielskim	Lectures in the Physics of the Human Body		
Rodzaj zajęć	specjalnościowe					
Kierownik przedmiotu	Dr hab inż Teodor Buchner, prof PW		Prowadzący zajęcia	Dr hab inż Teodor Buchner prof PW, dr inż Mateusz Ozimek, dr inż Mateusz Soliński, dr Małgorzata Andrzejewska Ozimek		
Jednostka realizująca	Centrum Studiów Zaawansowanych PW	Dyscyplina/y naukowa/e	Fizyka, bioinżynieria, biotechnologia, informatyka techniczna, elektronika, chemia, inżynieria chemiczna			
Poziom kształcenia	kształcenie doktorantów	Semestr studiów	zimowy 2026			
Język zajęć	polski					
Forma zaliczenia	ZAL	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	30	Sumaryczna liczba ECTS	2	
Minimalna liczba uczestników	10	Maksymalna liczba uczestników	24	Dostępność dla studentów I lub II stopnia	Tak	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	2				
	łącznie w semestrze	30				

1. Wymagania wstępne

Podstawy fizyki, Analiza matematyczna, analiza sygnału

2. Cele przedmiotu

Celem przedmiotu jest zapoznanie słuchaczy z wybranymi aspektami fizycznymi anatomii i fizjologii człowieka od poziomu subkomórkowego przez poziom tkankowego, do poziomu całego organizmu i jego reakcji na takie stany jak wysiłek fizyczny, stres, choroba i śmierć. Dla każdego z tych poziomów wprowadzamy fizyczny język opisu, żeby pokazać ciekawe tematy badawcze i współczesne wyzwania nauki. Kończymy przedmiot przeglądem aktualnych technik monitorowania zmiennych fizjologicznych pozwalających na ocenę stanu organizmu żywego, a także krótkim przeglądem wykorzystywanych w tych procesach technik analizy sygnału czy oceny dynamiki. Szczególnym tematem z zakresu techniki pomiarowej jest zastosowanie światła w diagnostyce i terapii. Zajęcia kończą się sesją prezentacji studentów dotyczących wybranych przez nich tematów z zakresu przedmiotu.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

- Organizm żywy jako układ daleki od równowagi termodynamicznej: przepływ energii, produkcja entropii i mechanizmy podtrzymywania homeostazy. Metabolizm jako proces dyssypacji energii i utrzymywania gradientów fizykochemicznych. Samoorganizacja i emergencja struktur biologicznych jako konsekwencja praw termodynamiki nierównowagowej. (2h) (MO)
- Fizyka statystyczna procesów biologicznych: fluktuacje i procesy stochastyczne w organizmie człowieka. Losowość na poziomie molekularnym i komórkowym jako element stabilności i adaptacyjności układów żywych. Dyfuzja, transport masy i energii, prawa skali oraz organizacja hierarchiczna organizmu. (2h) (MO)
- Losowość i przyczynowość w mechanizmach ewolucyjnych – enzymy biologiczne jako klasa enzymów chemicznych, losowe mutacje jako czynnik sprawczy w syntezie nowych enzymów i konkurencja gatunków jako mechanizm selekcji. Wygrywa organizm, który najlepiej wykorzysta strumień energii, materii i dostępne



Szkoła Doktorska

Politechnika Warszawska

oddziaływania fizyczne. Ryzyko adaptacji: mutacje letalne u ludzi i bakterii. Rola symbiontów jako szybko adaptujących biosensorów. Stres oksydacyjny jako regulator tempa adaptacji. (2h) (TB)	
4.	Regulacja przepływu krwi jako zarządzanie budżetem energetycznym: od autoregulacji naczyniowej do autonomicznego układu nerwowego. Anatomia i fizjologia autonomicznego układu nerwowego. (2h) (TB)
5.	Dynamika nieliniowa i teoria układów złożonych w fizjologii człowieka: atraktory, bifurkacje, chaos deterministyczny oraz przejścia fazowe w procesach biologicznych. Organizm jako sieć sprzężonych oscylatorów biologicznych. Zmienność rytmu serca, rytmów oddechowych i aktywności neuronalnej jako wskaźnik adaptacyjności organizmu. Oscylacje biologiczne i synchronizacja rytmów fizjologicznych. (2h) (MO)
6.	Fizjologiczno-anatomiczne uwarunkowania procesu oddychania i krążenia (2h) (TB)
7.	Biofizyka wysiłku fizycznego i adaptacji treningowej: mechanika mięśni, energetyka wysiłku oraz fizyczne ograniczenia wydolności człowieka. Transport tlenu i ciepła, ekonomia ruchu, zmęczenie oraz adaptacja organizmu do obciążeń treningowych jako proces reorganizacji układu złożonego. (2h) (MO)
8.	Termodynamika człowieka i fizyczne podstawy termoregulacji: wymiana ciepła z otoczeniem, przewodnictwo, konwekcja, promieniowanie i parowanie. Bilans cieplny organizmu podczas wysiłku i w warunkach środowiskowych skrajnych. Fizyczne mechanizmy adaptacji do zimna i gorąca. (2h) (MO)
9.	Fizjologia stresu: reakcja fizjologiczna organizmu na stresor; zmiany właściwości fizycznych ciała w trakcie reakcji stresowej; magazynowanie energii w trakcie relaksu i uwalnianie jej podczas stresu; transport informacji o stresie w sieci układów człowieka (2h) (MS).
10.	Choroba i śmierć z perspektywy termodynamicznej (2h) (MS)
11.	Monitorowanie stanu funkcjonalnego organizmu – cele i metody. Monitorowanie EKG, HRV, oddechu, ciśnienia, sensory biomarkerów biochemicznych. Obszary medycyny psychologii i nauk humanistycznych w których mogą być przydatne opisane pomiary (2h) (TB,MS)
12.	Ludzkie ciało a fale elektromagnetyczne: jak ciało reaguje na różne długości fali i co można za ich pomocą zmierzyć; zjawiska fizyczne towarzyszące technikom obrazowania w medycynie; zastosowanie światła widzialnego (fotopletyzmografia) w pomiarach fali tętna; zastosowanie fal elektromagnetycznych w diagnostyce i terapii (2h) (MS, TB)
13.	Analiza sygnałów biologicznych i modele AI: metody analizy sygnałów fizjologicznych (EKG, EEG, HRV, inne), analiza spektralna i nieliniowa, modele uczenia maszynowego w monitorowaniu stanu funkcjonalnego organizmu oraz nowoczesne metody cyfrowej fizjologii i systemów wearable. (4h) (MO, TB, MS)
Laboratorium	

4. Efekty uczenia się			
Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SZD	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	Absolwent zna i rozumie rolę fizyki w opisie anatomii i fizjologii człowieka oraz jego procesów życiowych	SD_W1, SD_W2, SD_W3	Ocena prezentacji
W02	Absolwent zna przykłady czynności lub stanów życiowych, takich jak stres, choroba czy wysiłek fizyczny, które wymagają zaangażowania całego organizmu i adaptacji do czynności lub stanu	SD_W1, SD_W2, SD_W3	Ocena prezentacji
W03	Absolwent zna systemy pomiarowe oceny stanu organizmu i rozumie potrzebę ich użycia w celu monitorowania stanu organizmu	SD_W1, SD_W2, SD_W3	Ocena prezentacji
Umiejętności			
U01	Absolwent umie zidentyfikować kluczowe zmienne fizjologiczne, które należy mierzyć w celu monitorowania zdolności organizmu do realizacji	SD_U1, SD_U2, SD_U4	Ocena prezentacji



Szkoła Doktorska

Politechnika Warszawska

	wysokopoziomowych czynności życiowych lub stopnia adaptacji do nich		
U02	Absolwent umie zaprojektować adekwatną metodę techniczną oceny wybranych zmiennych fizjologicznych w celu monitorowania zdolności organizmu do realizacji wysokopoziomowych czynności życiowych lub stopnia adaptacji do nich i skonstruować protokół badania	SD_U1, SD_U2, SD_U4, SD_U7	Ocena prezentacji
U03	Absolwent umie dobrać metodę analizy sygnału i ekstrakcji użytecznej informacji adekwatną do użycia w danym systemie pomiarowym	SD_U1, SD_U2, SD_U4, SD_U7	Ocena prezentacji
Kompetencje społeczne			
K01	Absolwent umie zrealizować badanie literaturowe niezbędne do przygotowania prezentacji, odnosząc się krytycznie do zakresu wiedzy oraz identyfikując poznawcze i praktyczne problemy naukowe.	SD_K1, SD_K2	Ocena prezentacji
K02	Absolwent umie na podstawie zgromadzonych danych zaproponować kreatywną własną metodę pomiarową i scenariusz jej użycia, wraz z uzasadnieniem potrzeby podjęcia tematu.	SD_K1, SD_K4	Ocena prezentacji
K03	Absolwent umie zbudować konsekwentną perspektywę badań i rozwoju niezbędnych do pełnej realizacji przedstawionych zamierzeń badawczych i/lub ich urynkowania	SD_K2, SD_K3, SD_K4, SD_K5	Ocena prezentacji

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

Ocena prezentacji pokazującej kompletny scenariusz wymyślonego przez siebie pomiaru/monitorowania wybranej zmiennej fizjologicznej, pokazujący przyczyny wyboru właśnie tej zmiennej, krytyczne parametry techniczne charakteryzujące proces pomiaru, dostępność rynkową adekwatnych metod pomiarowych, spodziewane wyniki w wyniku zastosowania protokołu badania oraz przewidywaną odpowiedź w przypadku fizjologicznej i patologicznej reakcji organizmu. Prezentacja powinna przedstawiać motywację oraz odnosić się do tego, jaki istotny problem współczesnego człowieka zostanie rozwiązany przez opisany w prezentacji pomiar. Kończy się ona wskazaniem perspektywy rozwoju, niezbędnych do przeprowadzenia badań oraz szkicem modelu biznesowego lub dalszych badań poznawczych.

6. Literatura

Literatura podstawowa:

- [1] L. Glass, There is a theory of heart
- [2] Karemaker, J. M. (2017). An introduction into autonomic nervous function. *Physiological Measurement*, 38(5), R89–R118. doi:10.1088/1361-6579/aa6782
- [3] Robert M. Sapolsky, Dlaczego zebry nie mają wrzodów? Psychofizjologia stresu
- [4] A. Bogdan, A. Marszałek, J. Bugajska, M. Młynarczyk, Oddziaływanie środowiska termicznego na organizm człowieka, CIOP-PIB (2012).

Literatura uzupełniająca:

- [1] A.T. Winfree, From Clocks to Chaos, Geometry of biological time



Szkoła Doktorska

Politechnika Warszawska

7. Nakład pracy studenta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**		
Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	30
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	6 (2h dla każdego prowadzącego)
3	Godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	10
4	godziny pracy samodzielnej studenta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	10
Sumaryczny nakład pracy studenta		56
Liczba punktów ECTS		2

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy studenta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)

8. Informacje dodatkowe	
Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich	1
Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym	0