

**NOWA OFERTA DYDAKTYCZNA
ZAKŁADU AERODYNAMIKI
OPRACOWANA W RAMACH
GRANTU DYDAKTYCZNEGO IDUB**

SEMINARIUM INFORMACYJNE 20-06-2022

PLAN PREZENTACJI

- 1. Motywacja i główne cele grantu.**
- 2. Nowe przedmioty w ofercie dydaktycznej ZA**
- 3. Dalsze działania**
- 4. Dyskusja**

MOTYWACJA

1. Modernizacja istniejących przedmiotów

- Aktualizacja treści kształcenia w zakresie nowoczesnych metod modelowania i symulacji komputerowych w mechanice płynów, i aerodynamice i aeroakustyce.
- Bliższe powiązanie wiedzy teoretycznej z umiejętnościami jej praktycznego zastosowania (szersze wykorzystanie przykładów i kontrprzykładów ilustrujących zakres stosowalności, ograniczenia i potencjalne błędy).
- Utrwalenie dobrych praktyk i doświadczenia zgromadzonego w trakcie pandemii w zdalnym nauczaniu przedmiotów.

MOTYWACJA CD.

2. Rozszerzenie oferty przedmiotów obieralnych

- Dążenie do bliższego powiązania oferty dydaktycznej ZA z bieżącą i przewidywaną aktywnością naukową.
- Zwiększenie możliwości realizacji ambitnych prac magisterskich, których wyniki mogą być publikowane.
- Lepsze przygotowanie do podjęcia po studiach kariery badawczej i studiów doktorskich (problem „wysokiego progu wejścia”).
- Dążenie do zainteresowania działalnością naukową i ofertą dydaktyczną ZA studentów, doktorantów i pracowników innych wydziałów PW.

PODSTAWOWE CELE PROJEKTU

- 1. Modernizacja pod względem treści i metod kształcenia przedmiotów z aktualnej oferty.**
- 2. Opracowanie (pełne materiały dydaktyczne plus kompletny opis formalny) ośmiu nowych przedmiotów obieralnych dla drugiego stopnia studiów.**

NOWE PRZEDMIOTY OBIERALNE

1. Introduction to modeling of multiphase flows (W+P, 3 ECTS, kier. T. Waclawczyk).
2. Zagadnienia optymalizacji w mechanice płynów (Optimization problems in fluid mechanics) (W+P, 4 ECTS, kier. J. Szumbariski, J. Gałeczki, K. Marchlewski, M. Rutkowski).
3. Technologie i algorytmy High Performance Computing (W+L, 3 ECTS, kier. St. Gepner, G. Gruszczyński).
4. Wprowadzenie do stabilności hydrodynamicznej (Introduction to hydrodynamic stability) (W+P, 3 ECTS, kier. J. Szumbariski, Ł. Klotz, St. Gepner, Nikesh).

NOWE PRZEDMIOTY OBIERALNE – CD.

5. Eksperyment w mechanice płynów i aerodynamice (W+L, 3 ECTS, kier. T. Bobiński, K. Gumowski, Ł. Klotz, M. Klamka, P. Baj).
6. Aerodynamika struktur urbanistycznych (W+L, 3 ECTS, kier. M. Poćwierz, K. Gumowski, B. Olszański, M. Remer)
7. Nanotechnology in space engineering (W+L, 3 ECTS, kier. N. Kiziłowa)
8. Fluid-structure interaction in nature and engineering (W+L, 3 ECTS, kier. N. Kiziłowa, J. Szumbariski)

Introduction to modeling of multiphase flows (3 ECTS)

Kierownik przedmiotu: dr inż. Tomasz Waćławczyk

Ogólne cele edukacyjne (learning objectives):

- Learning of foundations of the physical, mathematical and numerical modeling of multiphase flows.
- Getting familiar with available models for quantitative prediction of multiphase flows in different regimes: separated, dispersive and mixtures.
- Getting familiar with physical and mathematical foundations as well as phenomenology, advantages and limitations of the models supported in the commercial package ANSYS/Fluent.

Szczegółowo

Wprowadzenie do modelowania przepływów wielofazowych; omówienie różnic pomiędzy przepływem jedno- dwufazowym w oparciu o liczby kryterialne; wyprowadzenie równania Young'a-Laplace'a (geometryczne oraz bazujące na definicji powierzchniowej energii swobodnej); omówienie rozwiązań szczególnych i zakresu stosowalności równania Y-L.

Omówienie reżimów przepływu wielofazowego oraz klasyfikacji na tej podstawie modeli matematycznych; wprowadzenie do modeli wielkoskalowych przepływów wielofazowych: wyprowadzenie modelu strumienia dryfu (*ang. drift flux model*); omówienie jego zastosowań.

Wprowadzenie do modeli średnioskalowych przepływów wielofazowych: wyprowadzenie modelu mieszaniny (*ang. mixture model*) oraz modelu dwuptynowego (*ang. two-fluid model*); zagadnienie domknięcia modeli matematycznych w oparciu o badania eksperymentalne: modele fenomenologiczne w symulacji komputerowej.

Wprowadzenie do modeli małoskalowych przepływów wielofazowych – modelowanie przepływu (turbulentnego) z fazą dyspersyjną; domknięcia modelu transportu cząstki punktowej; fizyczna interpretacja liczby Stokes'a. Omówienie głównych problemów numerycznych w modelowaniu przepływów dyspersyjnych (wprowadzenie schematu całkowania trajektorii cząstki).

Wprowadzenie do modeli małoskalowych przepływów dwufazowych – modelowanie przepływu cieczy lepkiej w reżimie rozdzielonym; modele numeryczne powierzchni rozdziału podlegającej deformacji i zmianą topologii. Omówienie głównych różnic pomiędzy przypadkiem jednofazowym, w szczególności trudności pojawiających się w numerycznym rozwiązaniu równań zachowania.

Wyprowadzenie równania transportu funkcji opisującej łączne prawdopodobieństwo znalezienia ostrej powierzchni rozdziału pomiędzy fazami. Przedstawienie jego związku z modelami pola fazowego (*ang. phase field model*) oraz zmodyfikowanym funkcjonalem Ginzburg'a-Landau'a. Interpretacji fizyczna modeli ostrej (Gibbs) i dyfuzyjnej (van der Waals) powierzchni rozdziału.

Wyprowadzenie z opisu statystycznego równania funkcji indykatorowej (*ang. phase indicator function*) wskazującej na położenie jednej z faz oraz równań metody poziomic (*ang. level-set method*). Interpretacja fizyczna znaczonej funkcji odległości od powierzchni rozdziału.

Definicja warunków brzegowych na ostrej powierzchni rozdziału, wyprowadzenie jednoptynowego modelu przepływu dwufazowego; domknięcie tensora kapilarnego w ostrym i dyfuzyjnym modelu powierzchni rozdziału. Zagadnienie ruchu linii kontaktu – paradoks Hugh-Sciriven'a w zagadnieniu zwilżania.

Omówienie zagadnienia modelowania napięcia powierzchniowego w ostrych i dyfuzyjnych modelach powierzchni rozdziału pomiędzy dwoma fazami, w szczególności metody: ciągłej siły powierzchniowej (*ang. Continuum Surface Force CSF*) model lub za pomocą gradientu potencjału chemicznego. Omówienie warunków koniecznych dla istnienia przepływu Marangoniego i jego modelowanie numeryczne.

Omówienia schematów i metod numerycznych stosowanych w modelowaniu przepływu rozdzielonego: metody objętości płynu (*ang. Volume of Fluid*), pola fazowego (*ang. Phase Field*) oraz poziomic (*ang. Level-set*).

Wprowadzenie do statystycznego modelowania przepływu dwufazowego w reżimie rozdzielonym; zachowanie powierzchni rozdziału w pobliżu parametrów krytycznych, uwzględnienie efektów nierównowagowych w przepływie rozdzielonym.

Zagadnienia optymalizacji w mechanice płynów (4 ECTS)

Kierownik przedmiotu: prof. dr hab. inż. Jacek Szumbariski

Ogólne cele kształcenia:

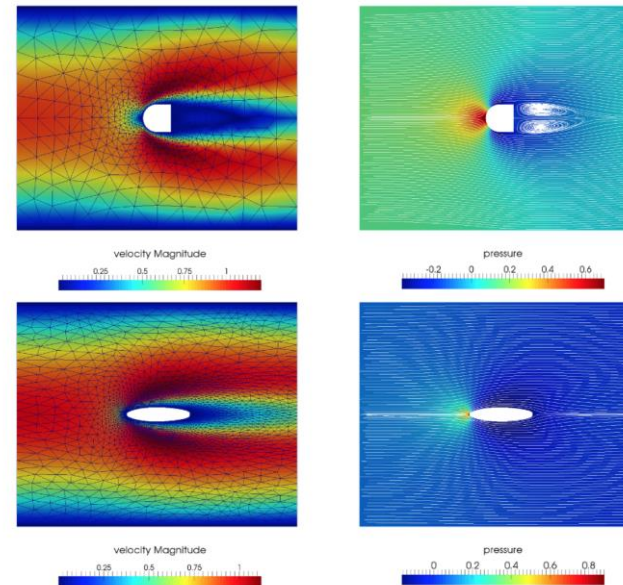
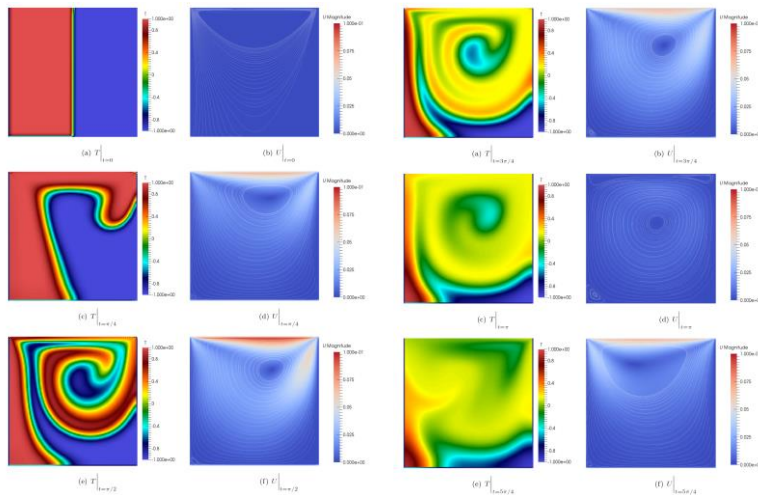
- Ugruntowanie wiedzy w zakresie formułowania problemów brzegowych i początkowo-brzegowych w mechanice płynów nieściśliwych.
- Zapoznanie z matematycznymi podstawami zagadnień optymalizacji i optymalnego sterowania w mechanice płynów.
- Zapoznanie z wybranymi zagadnieniami optymalnego sterowania procesami przepływowymi i procesami transportu w przepływach wewnętrznych o ustalonej geometrii (analiza przypadków: optymalne mieszanie, optymalne dozowanie, redukcja oporu i/lub strat hydraulicznych, przepływ w systemie przewodów z zadanymi przebiegami wydatków).

Zagadnienia optymalizacji w mechanice płynów - cd.

- Zapoznanie z podstawami różniczkowego rachunku kształtu (shape calculus).
- Zapoznanie z wybranymi zagadnieniami statycznej i dynamicznej optymalizacji kształtu (sterowanie poprzez zmienną w czasie deformację obszaru przepływu, non-cylindrical shape calculus).
- Uzyskanie podstawowych kompetencji w zakresie analizy numerycznej wybranych zagadnień optymalizacyjnych realizowanych w formie projektu zespołowego (z wykorzystaniem narzędzi i bibliotek open-source).

Potencjalne zastosowania:

- Optymalizacja geometryczna w projektowaniu maszyn (statki powietrzne, pojazdy, etc.) i urządzeń (np. wymienniki ciepła).
- Optymalne sterowanie niestacjonarnymi procesami przepływowymi, sprzężonymi procesami transportu masy/ciepła (np. zagadnienia optymalnego mieszania).
- Sterowanie (pasywne i aktywne) opływem powierzchni nośnych (w tym przejścia laminarno-turbulentnego)
- Optymalizacja w problemach FSI (fluid-structure interaction).



Technologie i algorytmy HPC (3 ECTS)

HPC – wszechobecne w modelowaniu komputerowym ... (truizm)

Wykład

Wprowadzenie do zagadnienia obliczeń HPC, podstawowe pojęcia związane z tematyką i omówienie architektury współczesnego procesora. Zagadnienie dostępu do pamięci i ograniczenia wynikające z architektury komputera.

Omówienie pojęcia wektoryzacji w kontekście przetwarzania danych.

Wprowadzenie do wielowątkowości. Omówienie różnicy między procesem a wątkiem. Ilustracja pojęć na prostych przykładach zadań obliczeniowych. Zagadnienie wyścigu danych, operacje atomowe i mutexy. Wykorzystanie standardowej implementacji języka C++ oraz biblioteki TBB.

Wprowadzenie do przetwarzania równoległego z wykorzystaniem standardu MPI. Prezentacji zasad i schematów komunikacji. Przedstawienie prostych przykładów.

Elementy zarządzania infrastrukturą HPC oraz wprowadzenie systemu kolejkowego SLURM.

Obliczenia z wykorzystaniem GPU. Przedstawienie architektury NVIDIA CUDA. Przedstawienie prostego programu oraz wprowadzenie bibliotek programistycznych.

Technologie i algorytmy HPC – cd.

Laboratorium

Zapoznanie z mechanizmami pomiaru wydajności programów.

Przedstawienie efektu niehomogeniczności pamięci na prędkość wykonania zadań oraz zagadnienia związane z wektoryzacją.

Programowanie przy użyciu paradygmatu wielowątkowego oraz pomiar prędkości wykonania zadań o różnym stopniu zrównoleglenia. Przygotowanie wyników pomiaru efektywności równoległej.

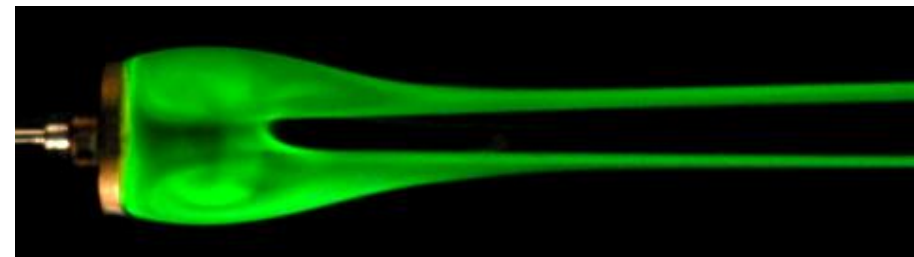
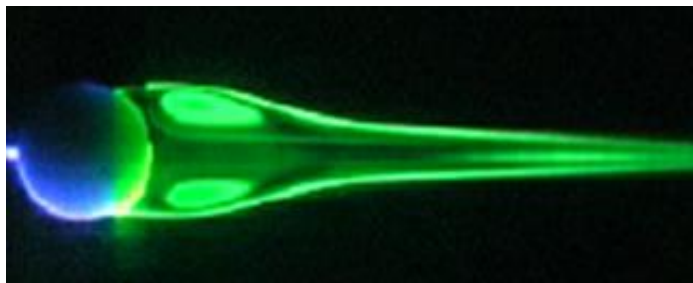
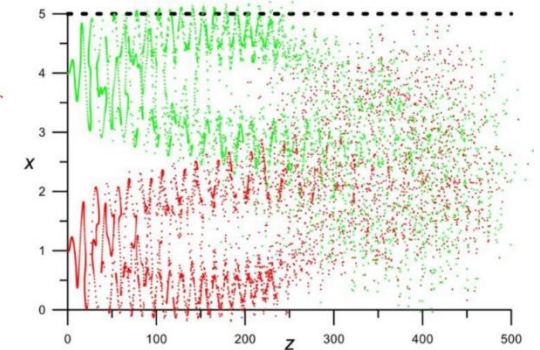
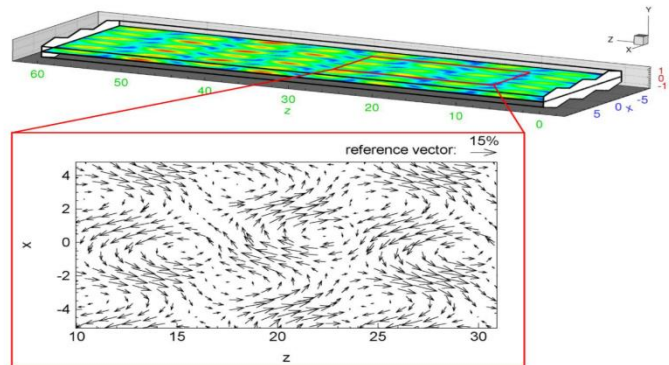
Wprowadzenie biblioteki TBB oraz przykłady zastosowania.

Wprowadzenie programowania wieloprocessorowego z wykorzystaniem standardu MPI. Przedstawienie podstawowych zagadnień wymiany danych.

Praca na współdzielonym serwerze HPC, wykorzystanie systemu kolejkowego do wykonania przygotowanych wcześniej programów równoległych.

Programowanie i prowadzenie obliczeń z zastosowaniem przetwarzania na GPU.

Wprowadzenie do stabilności hydrodynamicznej (3 ECTS)



Wprowadzenie do stabilności hydrodynamicznej – cd.

Cele kształcenia:

- Przedstawienie celu i zasad prowadzenia analizy stabilności w mechanice płynów.
- Przedstawienie mechanizmów/scenariuszy/kryteriów niestabilności przepływów.
- Zapoznanie z podstawami teoretycznymi liniowej analizy stabilności przepływów równoległych, analiza czasowa i przestrzenna.
- Zapoznanie z metodami badania stabilności metodą modów normalnych na przykładzie przepływów w kanałach z pofalowanymi ścianami. Zastosowanie naturalnej niestabilności do intensyfikacji procesów transportu.
- Przedstawienie wybranych metod numerycznych badania stabilności przepływów równoległych.

Wprowadzenie do stabilności hydrodynamicznej – c.d.

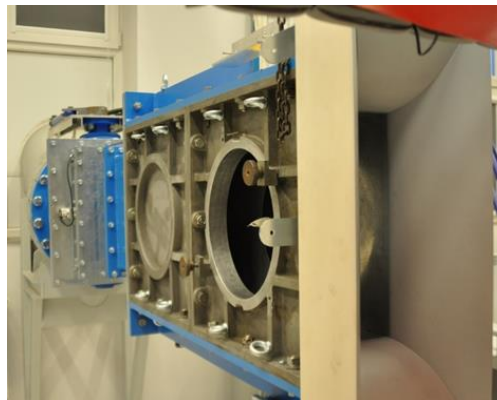
- Zapoznanie z metodyką badania zjawiska przejściowego wzmocnienia zaburzeń w zakresie podkrytycznym, znaczenie tego zjawiska dla scenariuszy przejścia do turbulencji (scenariusze typu by-pass).
- Przedstawienie koncepcji niestabilności konwekcyjnej i globalnej, zapoznanie z modelowaniem dynamiki pakietów falowych.
- Opanowanie umiejętności przeprowadzania analizy stabilności dla wybranych przypadków przepływu, w wykorzystaniu samodzielnie opracowanych narzędzi numerycznych.

Zastosowania: aerodynamika lotnicza (warstwa przyścienna), maszyny przepływowe, hydromechanika, procesy transportu masy i ciepła (intensyfikacja mieszania), zastosowania biomedyczne

Eksperyment w mechanice płynów i aerodynamice (3 ECTS)

Ogólne cele kształcenia:

- Nauczenie podstaw wykorzystania nowoczesnej infrastruktury badawczej laboratorium aerodynamiki.
- Zapoznanie z możliwościami prowadzenia badań metodami nieinwazyjnymi.
- Poznanie technik prowadzenia pomiarów w nowoczesnym laboratorium aerodynamiki.



Szczegółowo...

Wykłady

Wprowadzenie do zagadnienia pomiarów oraz projektowaniu eksperymentu. Analiza błędów pomiarowych.

Omówienie budowy kamer szybkich, możliwości i cele obróbki obrazu w zastosowaniu do pomiaru w mechanice płynów.

Wprowadzenie do metody *PIV*. Omówienie elementów toru pomiarowego. Ilustracja pojęć na prostych przykładach etapu przetwarzania zarejestrowanych danych. Zagadnienie jednoznaczności korelacji oraz wymogi stawiane w pomiarze *PIV*. Szczegółowe omówienie metod postprocesingu w *PIV* na przykładzie komercyjnego pakietu *Davis* oraz w przy zastosowaniu biblioteki w *matlab*. Zaprezentowanie przykładowych efektów pomiarów.

Wprowadzenie do metody *LDA*. Omówienie zasady działania ze szczególnym porównaniem do metody klasycznej tj. *CTA*.

Wprowadzenie do środowiska *LabView* z wprowadzeniem do cyfrowej komunikacji z czujnikami.

Laboratorium

Wprowadzenie do nowoczesnych metod badawczych oraz przygotowanie pomiaru z wykorzystaniem kamery szybkiej. Przeprowadzenie nagrania z wykorzystaniem kamery szybkiej spadającej piłki, spadającej kropli oraz wykonanie analizy obrazu w środowisku *Matlab* do wyznaczenia parametrów ruchu obiektów.

Przeprowadzenie pomiaru metodą *PIV* w kanale wodnym ukierunkowane na wykazanie różnic jakości uzyskanych wyników wynikających z zastosowanego algorytmu obliczeń. Wyznaczenie uwarunkowań eksperymentu w odniesieniu do jakości rejestrowanych obrazów. Przeprowadzenie procesu badania zbieżności zarejestrowanych danych.

Przeprowadzenie badania skuteczności działania dyfuzora o płaskich ścianach oraz ścianach krzywoliniowych metodą *PIV* przez analizę pola prędkości.

Zaprojektowanie toru pomiarowego, postawienie wymogów i budowa analogowego toru pomiarowego do pomiaru ciśnienia i temperatury powietrza w kanale z turbiną powietrzną. Przeprowadzenie testów z wykorzystaniem multimetru i oscyloskopu.

Zastosowanie cyfrowej akwizycji sygnału i wykonanie programu do kontroli i prezentacji paramentów działania turbiny powietrznej.

Aerodynamika struktur urbanistycznych (3 ECTS)

Wykład:

1. Wprowadzenie w tematykę ogólnie pojętej mechaniki płynów z szczególnym uwzględnieniem problematyki aerodynamiki środowiskowej.
2. Zagadnienia dotyczące wiatru w poziomie przechodnia i komfortu wiatrowego.
3. Ogólne obciążenia wiatrem i wywołane nim reakcje budynku z przedstawieniem przykładowego obliczenia obciążenia budynku wg. Normy Polskiej i Eurokodu.
4. Metody eksperymentalne w aerodynamice struktur urbanistycznych – modelowanie wiatru w tunelu środowiskowym, techniki pomiarowe wykorzystywane do określania komfortu wiatrowego w poziomie przechodnia i obciążenia budynku wiatrem.
5. Elementy obliczeniowej inżynierii wiatrowej - główne równania i modele turbulencji wykorzystywane do symulacji numerycznych oraz podstawowe wytyczne, które musi spełniać model obliczeniowy.

Aerodynamika struktur urbanistycznych – cd.

Zajęcia w laboratorium aerodynamicznym

1. Zastosowanie technik erozyjnych (wizualizacji olejowej i saltacji piaskowej) do określenia struktur przepływowych i współczynnika wzmocnienia prędkości dla zaproponowanego układu urbanistycznego.
2. Pomiar rozkładu ciśnień i wyznaczenie obciążeń dla wskazanego w danym układzie urbanistycznym budynku.
3. Analiza wyników otrzymanych z eksperymentów.



Zajęcia w laboratorium metod obliczeniowych

1. Dla studentów posiadających doświadczenie ze środowiskiem ANSYS/Fluent: modelowanie geometryczne zadanej struktury urbanistycznej, generacja siatki obliczeniowej, przeprowadzenie obliczeń ruchu powietrza przy różnych kierunkach wiatru.
2. Dla studentów bez w/w doświadczenia: wprowadzenie do modelowania przepływów w programie ANSYS/Fluent, przeprowadzenie obliczeń ruchu powietrza z zadanej strukturze urbanistycznej na podstawie dostarczonej geometrii i siatki obliczeniowej.

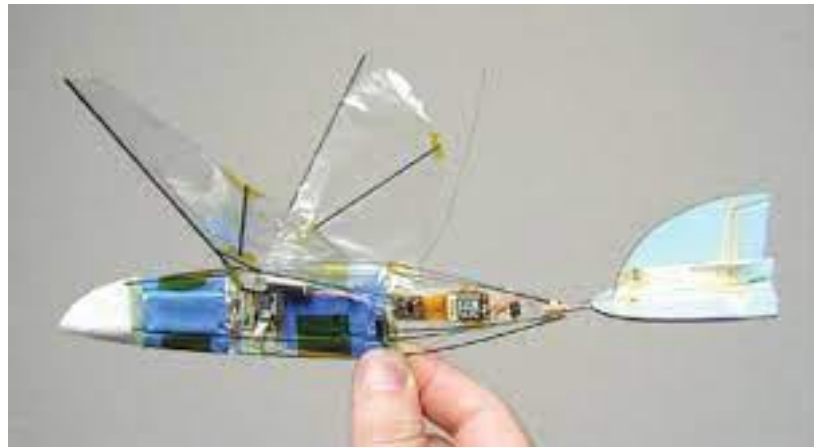
Porównanie wyników obliczeń z eksperymentem, dyskusja, przygotowanie raportu.

Fluid-Structure Interactions in Nature and Engineering

Objectives of the course

- C1.** Learning the basic knowledge and skills in mechanics of fluid interactions with a deformable solid.
- C2.** Getting familiar with mathematical and computer modeling of fluid-solid surface interactions in external flows
- C3.** Getting familiar with mathematical and computer modeling of internal flows in deformable pipes and channels.

Applications are countless ...



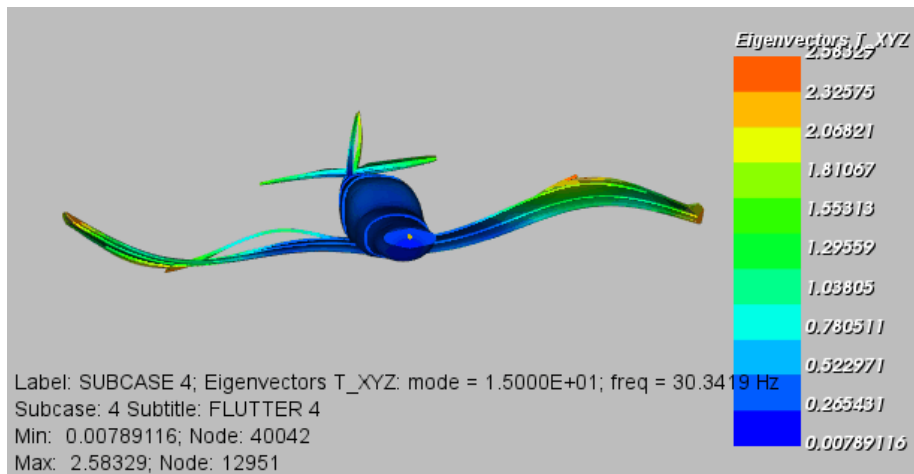
flapping-wing vehicles



Off-shore wind turbines



High buildings



Aeroelastic flutter



Wind-induced vibrations

Fluid-Structure Interactions in Nature and Engineering -cd.

Lectures

Solid structures and fluid rheology: from macro- to nanoscale.

Convective and absolute flow instabilities over flexible walls.

Flows in deformable pipes and channels: experimental data and theoretical models.

Wave excitation on flexible walls, coherent structures and Reynolds number effects.

Passive, active and reactive flow methods for controlling transitional and turbulent flows confined by walls.

Coatings compatible: walkway control; separation control.

Micro and nano-structured surfaces for flow stabilization.

+ practical training in FSI computations with ANSYS tools.

Nanotechnology in space engineering (3 ECTS)

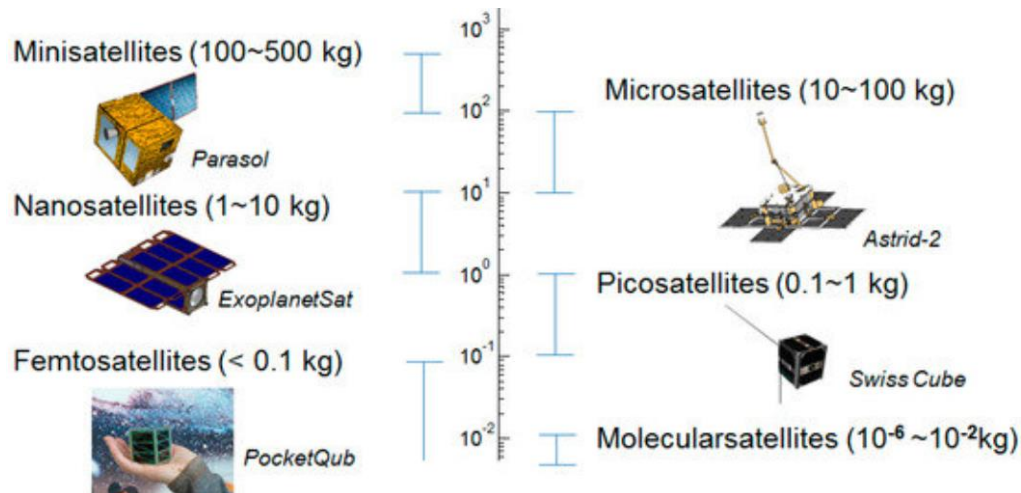
Main objectives of the course:

- C1.** Learning the basics of nanomechanics, nanofluidics and nanotribology.
- C2.** Getting familiar with micro / nano-structured materials for aviation engineering.
- C3.** Getting familiar with space satellites and principles of motion: from macro- to nano-avionics.

Why such course?

Nanotechnology in space engineering - cont.

Modern micro- and nano- technology in the Aerospace Engineering are aimed at small and cheap space research stations launched by the rockets as constellations, including:



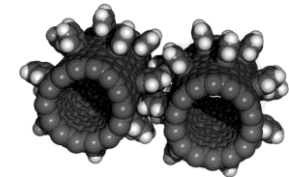
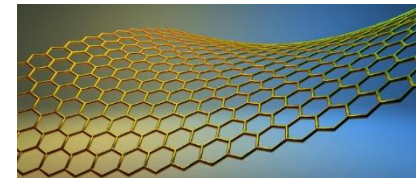
On Jan 1, 2022:

- Nanosats launched: 1802
- CubeSats launched: 1663
- Interplanetary CubeSats: 2
- Most nanosats on a rocket: 120
- Countries with nanosats: 76
- Companies involved: 558
- Forecast: ~2500 nanosats to launch in 6 yrs

Nanotechnology in aerospace engineering – cont.

This course focuses at specific topics and components, namely:

- Comprehensive knowledge in modern micro/nano avionics and air vehicles,
- Micro/nano structured/reinforced materials,
- Micro/nanofluidic systems,
- Micro/nanotribology, strength and fracture,
- Alternative green propulsion systems,
- Alternative energy sources and accumulators,
- Networking principles and collision safety.



The course provides necessary background in nanomechanics, nanomaterials, nanotribology, and nanoengineering.

Co dalej?

- Informacja o nowych przedmiotach na stronach WWW Zakładu Aerodynamiki (do połowy lipca br.).
- Otwarcie przedmiotów do zapisów (z podziałem na semestry).
- Kontynuowanie akcji informacyjnej (powtórne spotkanie ze studentami we wrześniu).

Dalsze plany

Rozszerzenie oferty dydaktycznej ZA o kolejne przedmioty:

- Metody analizy danych i uczenia maszynowego w modelowaniu przepływów.
- Nowy przedmiot o zjawiskach falowych w cieczech i gazach.
- Zaawansowany kurs metody Lattice Boltzmann.

Dziękuję za uwagę.