



Sound absorbtion and dispersion technology

Course description sheet

Basic information

Field of study Acoustic Engineering Major - Organisational unit Faculty of Mechanical Engineering and Robotics Study level First-cycle (engineer) programme Form of study Full-time studies Profile General academic		Didactic cycle 2025/2026 Course code RIAKS.II20.02614.25 Lecture languages Polish Mandatoriness Elective Block Core Modules Course related to scientific research Yes
Course coordinator	Adam Pilch	
Lecturer	Adam Pilch, Jarosław Rubacha, Artur Flach, Aleksandra Chojak, Bartłomiej Chojnacki	
Period Semester 6	Method of verification of the learning outcomes Completing the classes Activities and hours Lectures: 14 Laboratory classes: 14 Project classes: 24	Number of ECTS credits 4

Goals

C1	Przedmiot ma na celu dostarczenie studentom wiedzy i umiejętności dotyczących modelowania, pomiaru i zastosowania ustrojów pochłaniających i rozpraszających dźwięk wykorzystywanych w akustyce pomieszczeń.
----	--

Course's learning outcomes

Code	Outcomes in terms of	Learning outcomes prescribed to a field of study	Methods of verification
Knowledge - Student knows and understands:			
W1	Definiuje parametry akustyczne ustrojów rozpraszających	IAK1A_W05, IAK1A_W08, IAK1A_W19	Activity during classes, Report, Case study
W2	Analizuje parametry akustyczne ustrojów dźwiękochłonnych	IAK1A_W12	Activity during classes, Participation in a discussion, Report
W3	Zna modele opisujące pochłanianie dźwięku materiałów porowatych i włóknistych	IAK1A_W04, IAK1A_W06	Activity during classes, Participation in a discussion, Report
W4	Zna metody pomiaru wielkości opisujących pochłanianie i rozpraszanie dźwięku przez ustroje akustyczne	IAK1A_W06, IAK1A_W12	Activity during classes, Report, Involvement in teamwork
W5	Zna modele opisujące pochłanianie dźwięku ustrojów rezonansowych	IAK1A_W04, IAK1A_W06	Activity during classes, Participation in a discussion, Project
Skills - Student can:			
U1	Świadomie stosuje materiały i ustroje akustyczne w adaptacjach akustycznych pomieszczeń	IAK1A_U01, IAK1A_U20, IAK1A_U26	Activity during classes, Participation in a discussion, Report, Case study
U2	Projektuje ustroje rozpraszające o zadanych parametrach	IAK1A_U01, IAK1A_U09	Activity during classes, Project, Involvement in teamwork
U3	Umie wyznaczyć na podstawie modeli teoretycznych charakterystyki pochłaniania dźwięku dla ustrojów rezonansowych	IAK1A_U01, IAK1A_U08, IAK1A_U09, IAK1A_U11	Activity during classes, Project, Case study
U4	Umie wyznaczyć na podstawie modeli teoretycznych charakterystyki pochłaniania dźwięku dla materiałów porowatych i włóknistych.	IAK1A_U01, IAK1A_U09, IAK1A_U17	Activity during classes, Project, Involvement in teamwork
Social competences - Student is ready to:			
K1	Umie współpracować z innymi branżami (architekci, konstruktorzy) przy projektowaniu ustrojów akustycznych	IAK1A_K01	Activity during classes, Project, Involvement in teamwork

Student workload

Activity form	Average amount of hours* needed to complete each activity form
Lectures	14
Laboratory classes	14
Project classes	24

Preparation for classes	17
Examination or final test/colloquium	2
Contact hours	5
Preparation of project, presentation, essay, report	30
Student workload	Hours 106
Workload involving teacher	Hours 52

* hour means 45 minutes

Program content

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
1.	1. Zjawisko pochłaniania dźwięku przez materiały i metody pomiaru Podstawy fizyczne pochłaniania dźwięku, współczynnik odbicia, impedancja, współczynnik pochłaniania dźwięku. Pomiar z wykorzystaniem rury impedancyjnej, w komorze pogłosowej, metoda impedancyjna. 2. Pochłanianie dźwięku przez materiały porowate i włókniste Wielkości opisujące zjawiska akustyczne w materiałach porowatych i włóknistych – definicja i pomiar, Modele pochłaniania dźwięku przez materiały włókniste, Rodzaje materiałów porowatych i włóknistych, Typowe charakterystyki pochłaniania dźwięku, Zastosowanie. 3. Ustroje rezonansowe Budowa i wielkości charakterystyczne ustrojów płytowych, perforowanych, szczelinowych i z mikroperforacją, Modele pochłaniania dźwięku przez ustroje rezonansowe, Przykłady rozwiązań komercyjnych, Zastosowanie. 4. Ustroje rozpraszające dźwięk Rozproszenie dźwięku – definicja i pomiar. Ogólne wytyczne do budowy ustrojów rozpraszających dźwięk. 5. Predykcja pochłaniania i rozpraszania dźwięku ustrojów rozpraszających Modele pochłaniania dźwięku przez ustroje rozpraszające. Modele rozpraszania dźwięku przez ustroje rozpraszające. Sekwencje pseudolosowe wykorzystywane w kształtowaniu ustrojów rozpraszających, Problemy projektowe i aplikacyjne. 6. Zastosowanie ustrojów akustycznych w kształtowaniu akustyki pomieszczeń Redukcja wad akustycznych małych pomieszczeń z wykorzystaniem ustrojów akustycznych. Optymalizacja ustrojów rozpraszających dla różnych funkcji w salach audytoryjnych.	W1, W2, W3, W4, W5	Lectures

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
2.	1. Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku metodą impedancyjną Przygotowanie stanowiska pomiarowego zgodnie z zaleceniami normy PN EN ISO 10534-2. Obróbka zarejestrowanych sygnałów. Analiza wpływu grubości materiału na własności akustyczne. 2. Pomiar oporności przepływu. Wpływ wykończenia ustroju akustycznego na jego współczynnik pochłaniania Przygotowanie stanowiska pomiarowego. Analiza wpływu wykończenia powierzchni ustroju porowatego/włóknistego na jego właściwości akustyczne. 3. Pomiar współczynnika pochłaniania dźwięku ustrojów akustycznych w skali 1:8 Przygotowanie stanowiska pomiarowego. Przeprowadzenie badań. Analiza niepewności pomiaru. 4. Wpływ rozmieszczenia ustrojów akustycznych na parametry akustyczne wnętrza Pomiar współczynnika pochłaniania ustroju akustycznego zgodnie z zaleceniami normatywnymi. Analiza wpływu powierzchni, położenia i konfiguracji ustroju akustycznego na wyznaczone właściwości akustyczne. 5. Pomiary parametrów akustycznych nadscenicznych paneli refleksyjnych Przygotowanie układu paneli do pomiarów i obliczenie ich parametrów charakterystycznych. Przygotowanie stanowiska pomiarowego. Pomiar parametrów akustycznych układu paneli. 6. Pomiar współczynnika rozproszenia dźwięku d Zapoznanie z wymaganiami normy ISO 17497-2, Obliczenie indywidualnej sekwencji ustroju rozpraszającego, Przygotowanie stanowiska pomiarowego, Wyznaczenie odpowiedzi impulsowych oraz obliczenie współczynnika rozpraszania dźwięku d, Dyskusja dot. otrzymanych wartości. 7. Pomiar współczynnika rozproszenia dźwięku s Zapoznanie z wymaganiami normy ISO 17497-1, Przygotowanie próbki do badań, Pomiar czasu pogłosu i obliczenie współczynnika rozpraszania dźwięku s, Dyskusja dot. otrzymanych wartości.	W2, W4, U1, U3, U4	Laboratory classes

No.	Program content	Course's learning outcomes	Activities
3.	1. Odpowiedź impulsowa układu – projekt aplikacji (Matlab) Generacja sygnałów pozwalających na wyznaczenie odpowiedzi impulsowej układu, Obsługa kart wyjścia/wejścia, rejestracja odtworzonego sygnału, Obliczanie odpowiedzi impulsowej. 2. Modelowanie ustroju warstwowego z wełny mineralnej (Matlab) Obliczenie impedancji, współczynnika odbicia i współczynnika pochłaniania na podstawie modeli teoretycznych (Delany Bazley), Analiza wpływu montażu, grubości i oporności przepływu wełny na jej własności akustyczne, Porównanie uzyskanych wyników z wielkościami z pomiaru laboratoryjnego. 3. Modelowanie pogłosowego współczynnika pochłaniania dźwięku (Matlab) Model Parisa dla próbki o nieskończonych wymiarach, Model Thomassona i Jeonga dla próbki o ograniczonych wymiarach, Porównanie uzyskanych wyników z wielkościami z pomiaru w komorze pogłosowej. 4. Modelowanie współczynnika pochłaniania dźwięku ustroju rezonansowego (perforowanego) Obliczenie oporności przepływu, masy powietrza, impedancji i współczynnika pochłaniania ustroju, Analiza wpływu montażu, udziału perforacji, promienia otworów (szerokości szczelin) na właściwości akustyczne ustroju, Uśrednianie wyników do pasm 1/3 oktaawowych. 5. Projekt układu nadscenicznych paneli refleksyjnych Dobór geometrii i wzajemnego ułożenia paneli w zależności do zadanych parametrów akustycznych, Obróbka danych pomiarowych z laboratorium i porównanie z wartościami predykowanymi, Dyskusja dot. otrzymanych wartości. 6. Modelowanie numeryczne ustrojów rozpraszających dźwięk (Matlab) Modelowanie za pomocą wzorów uproszczonych (Kuttruff) i dokładnych (Fresnel). 7. Wyznaczanie współczynnika rozpraszania dźwięku na podstawie pomiarów (Matlab) obróbka danych pomiarowych (przebiegów czasowych ciśnienia akustycznego) obliczenia współczynników d i d_n, porównanie uzyskanych wyników z wielkościami uzyskanymi z modeli teoretycznych. 8. Dokumentacja techniczna ustroju rozpraszającego dźwięk (AutoCAD) Dobór materiałów konstrukcyjnych, Określenie sposobu montażu i wykończenia ustroju, Przygotowanie dokumentacji technicznej.	U2, K1	Project classes

Extended information/Additional elements

Teaching methods and techniques :

Gamification, Problem Based Learning, Group work, Case study, Discussion, Lecture

Activities	Methods of verification	Credit conditions
Lectures	Activity during classes, Participation in a discussion, Case study	
Lab. classes	Activity during classes, Participation in a discussion, Report, Case study, Involvement in teamwork	Udział we wszystkich ćwiczeniach laboratoryjnych, zaliczenie wymaganych sprawozdań z pomiarów.
Project classes	Activity during classes, Project, Involvement in teamwork	Udział i realizacja zadanych ćwiczeń projektowych.

Rules of participation in given classes, indicating whether student presence at the lecture is obligatory

Lectures: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego. Laboratory classes: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych. Project classes: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

Literature

Obligatory

1. Cox T.: Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application, Taylor & Francis, 2009
2. Allard J., Propagation of Sound in Porous Media: Modelling Sound Absorbing Materiale, John Wiley & Sons 2009
3. Kuttruff H., Room acoustics, Taylor & Francis, London 2009

Optional

1. Kulowski A., Akustyka Sal, Wydawnictwo PG, Gdańsk 2011
2. Makarewicz R., Wstęp do akustyki teoretycznej, Wydawnictwo UAM, Poznań 2005

Scientific research and publications

Research

1. Badania związane z pomiarami akustycznymi

Publications

1. A. Pilch, "Sources of measurement uncertainty in determination of the directional diffusion coefficient value," Applied Acoustics, vol. 129, pp. 268-276, 2018.
2. J. Smardzewski, T. Kamiński, A. Pilch et.al. "Sound absorption of wood-based materials," Holzforschung, vol. 69, no. 4, pp. 431-439, 2015.
3. T. Kamiński, A. Pilch et. al., "The comprehensive research of the road acoustic screen with absorbing and diffusing surface," Archives of Acoustics, vol. 40, no. 1, 2015.
4. J. Smardzewski, T. Kamiński, A. Pilch et al., "Experimental study of wood acoustic absorption characteristics," Holzforschung, vol. 68, no. 4, 2014.
5. A. Pilch, A. Karlińska, A. Snakowska, T. Kamiński, "The application of double-layer curtains for shaping acoustics of concert halls," Acta Physica Polonica A, vol. 125, no. 4 A, 2014.

6. A. Pilch, T. Kamisiński, M. Zastawnik, "Comparison of pressure and intensity methods in evaluating the directional diffusion coefficient," *Acta Physica Polonica A*, vol. 123, no. 6, pp. 1054–1058, 2013.
7. T. Kamisiński, K. Brawata, A. Pilch, J. Rubacha, M. Zastawnik, "Test Signal Selection for Determining the Sound Scattering Coefficient in a Reverberation Chamber," *Archives of Acoustics*, vol. 37, no. 4, pp. 405–409, 2012.
8. T. Kamisiński, K. Brawata, A. Pilch, J. Rubacha, M. Zastawnik, "Sound Diffusers with Fabric Covering," *Archives of Acoustics*, vol. 37, no. 3, pp. 317–322, 2012.
9. J. Rubacha, A. Pilch, M. Zastawnik, "Measurements of the sound absorption coefficient of auditorium seats for various geometries of the samples," *Archives of Acoustics*, vol. 37, no. 4, 2012.
10. A. Pilch, T. Kamisiński, "The Effect of Geometrical and Material Modification of Sound Diffusers on Their Acoustic Parameters," *Archives of Acoustics*, vol. i, no. 4, pp. 955–966, 2011.

Learning outcomes prescribed to a field of study

Code	Content
IAK1A_K01	umie efektywnie pracować w zespole, korzystać efektywnie z wyników pracy innych jego członków, skutecznie przekazywać wyniki swojej pracy, potrafi też w razie potrzeby przejmować zadania innych członków zespołu
IAK1A_U01	umie posługiwać się regułami ścisłego, logicznego myślenia w analizie procesów fizycznych i technicznych
IAK1A_U08	potrafi — przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań związanych z modelowaniem i projektowaniem układów, urządzeń i oprogramowania akustycznego — integrować pochodzącą z różnych źródeł wiedzę z dziedziny akustyki, elektroniki, informatyki, mechaniki i innych dyscyplin
IAK1A_U09	potrafi posłużyć się właściwie dobranymi środowiskami programistycznymi oraz narzędziami komputerowo wspomaganego projektowania do symulacji, projektowania i weryfikacji układów elektronicznych, mechanicznych i akustycznych a także do projektowania algorytmów przetwarzania sygnałów
IAK1A_U11	potrafi opracować dokumentację dotyczącą realizacji zadania inżynierskiego, sporządzić odpowiednie rysunki, schematy i przygotować tekst zawierający omówienie wyników realizacji tego zadania
IAK1A_U17	umie przeprowadzić pomiary akustyczne i wibracyjne przy pomocy odpowiednich urządzeń i właściwych technik pomiaru oraz prawidłowo udokumentować ich wyniki
IAK1A_U20	potrafi przeprowadzić analizę akustyczną pomieszczenia, ocenić konieczność zastosowania adaptacji akustycznej wnętrza, jak również ją zaprojektować zgodnie z zaleceniami literaturowymi
IAK1A_U26	potrafi wykorzystać znajomość źródeł hałasu i drgań oraz ich charakterystyk dla skutecznego obniżania zagrożeń wibroakustycznych lub znajomość budowy, charakterystyki i techniki gry na instrumentach muzycznych oraz składu, układu i charakterystyki zespołów wykonawczych do realizacji ich nagrań i nagłośnienia
IAK1A_W04	ma wiedzę w zakresie fizyki klasycznej oraz podstaw fizyki współczesnej, w szczególności - podstawową wiedzę na temat ogólnych zasad fizyki, wielkości fizycznych, oddziaływań fundamentalnych - uporządkowaną wiedzę z mechaniki punktu materialnego i bryły sztywnej, ruchu drgającego i falowego, termodynamiki, fizyki statystycznej, elektryczności, magnetyzmu, optyki
IAK1A_W05	ma wiedzę na temat zasad przeprowadzania i opracowania wyników pomiarów fizycznych, rodzajów niepewności pomiarowych i sposobów ich wyznaczania
IAK1A_W06	ma wiedzę w zakresie podstaw akustyki - zna podstawowe pojęcia pola akustycznego i zależności między nimi - zna podstawowe prawa wyprowadzone z zasad zachowania - zna podstawowe modele pól i układów akustycznych - zna analogie mechano-akusto-elektryczne
IAK1A_W08	ma podstawową wiedzę w zakresie metrologii, zna i rozumie metody i techniki pomiaru i estymacji podstawowych wielkości elektrycznych, akustycznych i mechanicznych
IAK1A_W12	zna prawa i zasady rządzące propagacją dźwięku w przestrzeni zamkniętej oraz zna zasady kształtowania parametrów akustycznych wnętrza
IAK1A_W19	zna elementy toru elektroakustycznego, rodzaje występujących w nim urządzeń i ich przeznaczenie, charakteryzujące je parametry i sposoby ich pomiaru