

Ultradźwięki i ich zastosowania – wykład ZAGADNIENIA

1. *Wprowadzenie, warunki zaliczenia, literatura, historia ultradźwięków i ich szczególne właściwości. Równanie falowe i podstawowe parametry pola ultradźwiękowego. Energia i natężenie fali ultradźwiękowej. Rodzaje i podstawowe właściwości fal dźwiękowych i ultradźwiękowych.*
 - Historia ultradźwięków
 - Szczególne właściwości i skutki działania ultradźwięków
 - Równanie falowe
 - Równanie fali płaskiej
 - Parametry pola ultradźwiękowego
 - Długość fali
 - Energia i natężenie fali ultradźwiękowej
 - Rodzaje fal ultradźwiękowych (wg różnych podziałów: ze wzgl. na sposób wychylenia cząstek i na kształt czoła fali)

2. *Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej (ciecze, gazy, ciała stałe).*
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: ciecze – zależność od temperatury $c(T)$
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: ciecze – zależność od ciśnienia $c(P)$
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: ciecze w zbiornikach wodnych $c(T,s,h)$
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: ciecze - przykładowe wartości
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: gazy – zależność od temperatury $c(T)$
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: gazy – zależność od ciśnienia $c(P)$
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: gazy – wpływ pary wodnej
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: gazy – wpływ domieszek powietrza
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: gazy - przykładowe wartości
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: ciała stałe
 - Prędkość propagacji fali ultradźwiękowej: ciała stałe – przykładowe wartości
 - Prędkość dźwięku fali podłużnej dla różnych rodzajów ośrodków biologicznych ciała ludzkiego, wybranych ciał stałych, cieczy i gazów
 - Zestawienie prędkości dźwięku dla różnych rodzajów płynów ustrojowych i tkanek miękkich ssaków oraz dla wody destylowanej

3. *Ukośne i prostopadłe padanie fali ultradźwiękowej na granicę ośrodków. Przenikanie fali ultradźwiękowej przez środowiska warstwowe. Fale stojące.*
 - Ukośne padanie fali ultradźwiękowej na granicę dwóch ośrodków (różne ośrodki)
 - Ukośne padanie fali ultradźwiękowej na granicę dwóch ośrodków: kąty krytyczne, głowice skośne, powstawanie fal poprzecznych i powierzchniowych Rayleigha
 - Ukośne padanie fali ultradźwiękowej na granicę dwóch ośrodków: głowica z falą powierzchniową
 - Ukośne padanie fali ultradźwiękowej na granicę dwóch ośrodków: mody falowe
 - Prostopadłe padanie fali ultradźwiękowej na granicę środowisk: odbicie i przenikanie
 - Prostopadłe padanie fali ultradźwiękowej na granicę środowisk: energetyczne wsp. odbicia i przenikania, straty energii
 - Prostopadłe padanie fali ultradźwiękowej na granicę środowisk: amplitudowe wsp. odbicia i przenikania
 - Przenikanie fali ultradźwiękowej przez środowiska warstwowe: amplitudowe wsp. odbicia i przenikania, przenikanie przez płytkę z aluminium i z pleksi w wodzie

- Przenikanie fali ultradźwiękowej przez środowiska warstwowe: przenikanie fali kolejno przez 3 środowiska
 - Fale stojące: interferencja, przeszkoda doskonale sztywna, przeszkoda doskonale podatna
4. *Fale ultradźwiękowe w ośrodkach ograniczonych.*
- Fale ultradźwiękowe w środowiskach ograniczonych: fale powierzchniowe Rayleigha
 - Drgania brył
 - Drgania podłużne prętów
 - Fale w prętach o przekroju kołowym: podłużne / dylatacyjne
 - Drgania prętów: podłużne, skrętne, giętne
 - Drgania brył płaskich (membrany, płyty)
 - Drgania membran
 - Drgania płyt
 - Drgania powierzchni przetwornika ultradźwiękowego
 - Drgania przetworników ultradźwiękowych
 - Fale ultradźwiękowe w płytach: fale płytowe
 - Fale ultradźwiękowe poprzeczne w płytach
 - Fale ultradźwiękowe Lamba w płytach: sposób wzbudzania, podstawowe postacie, prędkości fazowe
5. *Tłumienie fal ultradźwiękowych. Pole ultradźwiękowe promieniowane przez przetwornik.*
- Tłumienie fal ultradźwiękowych: wzór ogólny, jednostki, przyczyny
 - Tłumienie w ciałach stałych, w materiałach krystalicznych (aluminium, topiony kwarc)
 - Tłumienie w cieczach i w gazach
 - Tłumienie w strukturach biologicznych
 - Pole ultradźwiękowe promieniowane przez przetwornik: pole bliskie i dalekie, charakterystyka kierunkowości, wsp. kierunkowości, zysk kierunkowości
6. *Systematyka zjawisk ultradźwiękowych. Ciśnienie promieniowania. Kawitacja ultradźwiękowa.*
- Systematyka zjawisk ultradźwiękowych wg Spenglera
 - Ciśnienie promieniowania
 - Kawitacja ultradźwiękowa: zjawisko, pęcherzyki gazu w cieczy, promień rezonansowy, fazy kawitacji, progi kawitacji, widmo kawitacji, sposób drgań i implozji pęcherzyków
 - Zachowanie się pęcherzyków powietrza w polu fali ultradźwiękowej (bieżącej i stojącej)
7. *Materiały elektro-mechanicznie aktywne. Przetworniki piezomagnetyczne i piezoelektryczne. Analiza pracy przetwornika piezoelektrycznego.*
- Materiały elektromechanicznie aktywne: piezoelektryczne, piezomagnetyczne, elektrostrykcyjne, magnetostrykcyjne, zjawiska, przykłady materiałów
 - Przetworniki piezoelektryczne i piezomagnetyczne (podobieństwa i różnice, wzory na częstotliwość rezonansową)
 - Podstawowe materiały piezoelektryczne (podział i charakterystyka)
 - Ceramika polikrystaliczna, właściwości ceramiki polikrystalicznej
 - Analiza pracy przetwornika piezoelektrycznego: analiza ogólna, równanie stanu, równanie stanu dla przetwornika drgań grubościowych, układ zastępczy bez obciążenia, z obciążeniem, z jedną powierzchnią unieruchomioną lub swobodną
 - Schemat zastępczy przetwornika w rezonansie
 - Analiza drgań grubościowych przetwornika

8. *Energia elektryczna i mechaniczna, promieniowanie energii przez przetwornik, sprawność przetwornika. Charakterystyki amplitudowo-fazowa admitancji i impedancji przetworników.*
- Energia elektryczna i mechaniczna w przetworniku
 - Promieniowanie, moc i natężenie
 - Amplituda drgań przetwornika (bez warstwy sprzęgającej, z warstwą sprzęgającej)
 - Dobroć przetwornika
 - Konstrukcje głowic o małej i dużej dobroci
 - Sprawność przetworników piezoelektrycznych
 - Charakterystyka amplitudowo-fazowa admitancji przetwornika piezoelektrycznego
 - Schemat zastępczy w rezonansie i sprawność przetworników piezoelektrycznych
 - Charakterystyka amplitudowo-fazowa impedancji przetwornika piezomagnetycznego
9. *Przepływowe źródła ultradźwięków.*
- Ogólna definicja i charakterystyka przepływowych źródeł ultradźwięków
 - Podstawowe rodzaje źródeł ultradźwięków
 - Piszczalki ultradźwiękowe
 - Piszczalka Galtona
 - Generator Hartmanna: zasada działania, charakterystyka
 - Generator Hartmanna: natężenie, moc
 - Generator Hartmanna z tubą
 - Syreny ultradźwiękowe
 - Osiowa syrena ultradźwiękowa z tubą wykładniczą
 - Promieniowa syrena ultradźwiękowa
 - Syrena ultradźwiękowa: efektywne rozwiązania
 - Piszczalki cieczowe
 - Piszczalki cieczowe: wytwarzanie emulsji
 - Syreny cieczowe
10. *Podstawowe konstrukcje przetworników ultradźwiękowych.*
- Przetworniki do pracy falą impulsową i ciągłą
 - Przetworniki kompozytowe: struktura, geometria, wygląd, mody poprzeczne i periodyczne
 - Przetworniki elektrostatyczne
 - Hydrofony
 - Przetworniki złożone (typu *sandwich*): konstrukcja, charakterystyka
 - Przetworniki złożone (typu *sandwich*): układ o stałych rozłożonych i skupionych
 - Przetworniki z płytą promieniującą
 - Źródła parametryczne
 - Sonary parametryczne
 - Przetworniki międzypalczaste
 - Generacja ultradźwięków za pomocą lasera
11. *Ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwiękowej.*
- Statyczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków: przetworniki wklęsłe, soczewki akustyczne
 - Zwierciadła wklęsłe ze skośnym odbiciem i bez skośnego odbicia
 - Ultradźwiękowy koncentrator dwustożkowy
 - Ultradźwiękowy koncentrator stożkowo-paraboidalny
 - Ultradźwiękowy koncentrator sferyczny z otworem

- Zwiększenie natężenia dźwięku przetworników piezoelektrycznych (stosowane w inhalatorach)
- Dynamiczne ogniskowanie i koncentracja energii ultradźwięków (matryce przetwornikowe)
- Transformatory akustyczne: charakterystyka, konstrukcja, łączenie, typowe kształty - cechy

12. *Czynne zastosowania ultradźwięków: ciała stałe.*

- Podstawowe parametry zastosowań czynnych
- rodzaje zastosowań
- zgrzewanie ultradźwiękowe (charakterystyka, parametry, drgania wzdłużne, drgania giętne, drgania skrętne, zachodzące procesy, zalety)
- Lutowanie ultradźwiękowe (potrzeba stosowania, charakterystyka, zjawiska, proces, przykłady zastosowań, metody)
- Drażnienie ultradźwiękowe (zastosowanie, przetworniki, istota obróbki, narzędzia, mieszanina ścierna)
- Ultradźwiękowe cięcie skał

13. *Czynne zastosowania ultradźwięków: ciecze, ośrodki biologiczne, gazy.*

- Ciecze: oczyszczanie ultradźwiękowe
- Inne czynne zastosowania w cieczach (homogenizacja, emulsyfikacja, dyspersja, mielenie wodne i mikrokruszenie, koagulacja cząstek)
- Pianizacja
- Postarzanie alkoholi
- Czynne oddziaływanie ultradźwięków na ośrodki biologiczne (mechanizmy, zjawiska, charakterystyka)
- Zjawiska biologiczne związane z oddziaływaniem ultradźwięków
- Działanie na człowieka
- Podstawy terapii ultradźwiękowej
- Fonoforeza i elektrofonoforeza
- Liposukcja ultradźwiękowa
- Ultradźwiękowy nóż chirurgiczny (neurochirurgia, laparoscopia, kości)
- Hipertermia ultradźwiękowa
- HIFU
- Litotrypsja ultradźwiękowa (fizyczne podstawy dezintegracji, ureterorenoscopia URS, litotrypsja falami uderzeniowymi generowanymi pozaustrojowo ESWL)
- Aerosoloterapia ultradźwiękowa
- Gazy: kondensacja mgły, smogu, pyłów, zanieczyszczeń
- Depianizacja przemysłowa
- Lewitacja ultradźwiękowa

14. *Bierne zastosowania ultradźwięków.*

- Defektoskopia (zasady wykrywania wad, przykłady penetracji falami normalnymi i skośnymi, badania zanurzeniowe, zastosowania)
- Mikroskopia ultradźwiękowa SAM (metoda transmisyjna i odbiciowa, zastosowania)
- Ultrasonografia (dynamiczne sposoby ogniskowania i sterowania wiązką, zasady skanowania,
- Ultrasonografia 2D, 3D, 4D,
- Dopplerowskie metody pomiarowe przepływu krwi (falą ciągłą, impulsową, zalety, wady, charakterystyka metod, wzór na obliczanie prędkości przepływu, zasady pomiaru)

- Kolorowe obrazowanie przepływu krwi za pomocą USG,
- Ultradźwiękowe metody pomiaru przepływu cieczy
- Czujniki ultradźwiękowe, sposób działania, zastosowania
- Unimorfy i bimorfy
- Silniki ultradźwiękowe (soniczne) i mikromaszyny ultradźwiękowe (bimorfy, fala powierzchniowa, zastosowania)