



1102

직육면체 공명상자 안에서 음향 정상파에 의한 미세 입자의 자기 결합 현상 탐구

작품요약설명

- 직육면체 공명 상자에서 미세 입자를 넣고 특정 진동수의 음파를 가하면 직육면체의 가로, 세로, 높이에 따른 2차원 또는 3차원 정상파가 만들어 지고 정상파의 음압 마디 부분에 미세 입자가 모이는 현상을 관찰하고 이론 및 시뮬레이션을 이용해 해석함.
- 2차원 직육면체 상자 안에서 진동수와 음원의 위상에 따른 2차원 정상파의 다양한 패턴을 재현함.
- 3차원 정육면체 상자의 중앙부에 음향 정상파를 이용해 미세 입자를 공중 부양 시켜 모으는데 성공함.

- 출 품 자: 김○○, 손○○, 이○○
(청주고등학교)
- 지도교사: 정도일(청주고등학교)



연구내용

I. 탐구동기 및 목적



직육면체 공명 상자에서 2차원 공명이 일어난다는 내용과 콘트관에서 정상파에 의해 미세 입자가 모인다는 아이디어를 융합하여 직육면체 공명상자에서 2차원 음향 정상파를 이용해 미세 입자를 모으게 할 수 있을지 궁금하여 탐구를 시작하였다.

II. 탐구 내용

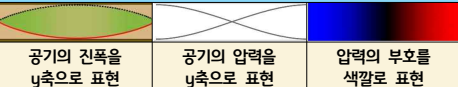
기본 탐구 1 2차원 정상파 가시화 방법 탐구



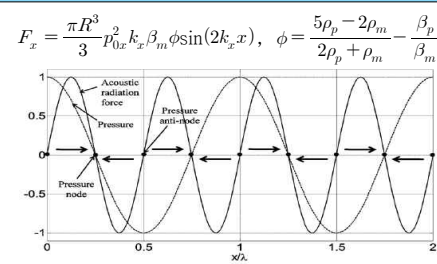
- 스피커의 개수, 스피커의 위상 고려
- 상자의 크기, 미세 입자의 크기 조작
- 스피커와 상자를 연결하는 방법 다양한 시도
- 상자의 자체 진동 고려

이론 탐구 음향 방사력에 의한 미세 입자 자기 결합 원리 탐구

양쪽이 닫힌 관에서의 음향 정상파 표현 방법



Gor'kov 포텐셜에 의해 구형의 물체가 받는 음향 방사력

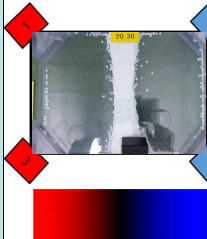


기본 탐구 2 2차원 정상파에 의한 자기 결합 패턴 탐구

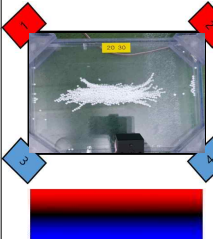
축 방향 모드 정상파 기본 진동에 의한 미세 입자 모임 패턴

$$f = \frac{v}{2L}, L_x = 30\text{cm}, L_y = 20\text{cm}, v = 340\text{m/s}$$

$$f=580\text{Hz}$$



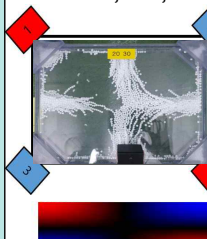
$$f=870\text{Hz}$$



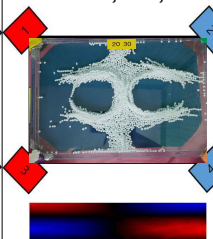
대각선 방향 모드 정상파 진동에 의한 미세 입자 모임 패턴

$$f_{m,n} = \frac{v}{2} \sqrt{\left(\frac{m}{L_x}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_y}\right)^2}, L_x = 30\text{cm}, L_y = 20\text{cm}$$

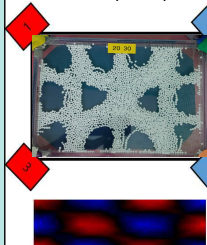
$$f=1050\text{Hz}, m=1, n=1$$



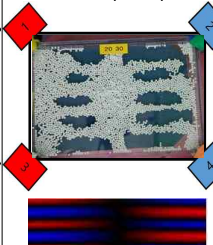
$$f=1770\text{Hz}, m=1, n=2$$



$$f=2370\text{Hz}, m=3, n=2$$



$$f=3600\text{Hz}, m=1, n=4$$



심화 탐구 1 3차원 음향 정상파에 의한 미세 입자의 공중 부양 및 모임 현상 탐구



- 가로, 세로, 높이 20cm의 정육면체 아크릴 상자
- 가로, 세로, 높이 세 방향의 스피커 3개 부착
- 각각의 스피커에 투입되는 음파의 진동수, 위상 조절
- 높이 방향 863Hz, 가로, 세로 방향 857Hz의 음파를 가했을 때 미세 입자가 공중 부양하여 중앙부에 모임
- 특정 진동수에서 맥놀이 현상 및 미세 입자의 요동 관찰

심화 탐구 2 실제 실내 공간에서 음향 정상파에 의한 미세 입자의 모임 현상 탐구



- 가로, 세로, 높이 약 2.4m의 기숙사 샤워실
- 대형 스피커와 앰프로 40~200Hz의 음파 투입
- 공기 중에 먼지를 털고 프로젝터의 밝은 조명을 이용해 관찰
- 먼지가 모이는 것을 관찰하지 못함
- 70Hz에서 벽 쪽의 소리는 크게, 중앙부의 소리는 작게 들려 정상파가 만들어진 것을 확인
- 정상파가 만들어 졌지만 진동수가 낮아 음향 방사력의 크기가 작아 먼지가 모이지 않았을 것으로 추측

III. 결론 및 활용방안

- 직육면체 공명 상자 안에서 정상파의 음향 방사력에 의해 미세 입자가 모이는 현상을 이용하여 2차원 정상파 가시화 장치와 고안하고, 정상파가 만들어지는 조건을 탐구하여 다양한 2차원 정상파의 패턴을 직접 재현하였다.
- 3차원 정육면체 공명 상자에서 정상파의 음향 방사력을 이용해 미세 입자를 공중 부양 및 중앙부에 모으는데 성공하였다.
- 실제 실내 공간에서는 공명 진동수가 낮아 미세 입자를 모으지 못했지만, 반대로 생각하면 크기가 작은 공간에서 진동수가 높은 초음파를 이용하면 작은 음압으로도 큰 음향 방사력을 얻을 수 있을 것이기 때문에 미세 입자를 다루는 공정이나 생물체 내의 세포 조작 기술로 활용될 수 있을 것이다.