

기주공명 실험 장치를 이용한 소리굽쇠의 진동수 측정

1학년 2반

김태주(05) 윤솔(12) 정영훈(19) 천지향(20)

1. 실험목적 (Purpose)

파동의 정의와 성질을 탐구하고 정상파가 생성되는 원리를 파악한다.

공명현상을 이해하고 이를 이용해 기주공명 실험장치의 원리를 탐구한다.

공명실험을 통해 소리굽쇠의 고유 진동수를 측정한다.

2. 실험이론 (Experimental Theory)

ㄱ. 파동

1) 파동의 정의

파동이란 기본적으로 매질을 통해 운동이나 에너지가 전달되는 현상이다. 이때 매질이란, 에너지를 전달해주는 매개물질을 의미한다. 파동은 매질을 통하여 에너지를 전파하지만, 매개 물질을 직접 이동시키지는 않는다.

2) 파동의 분석

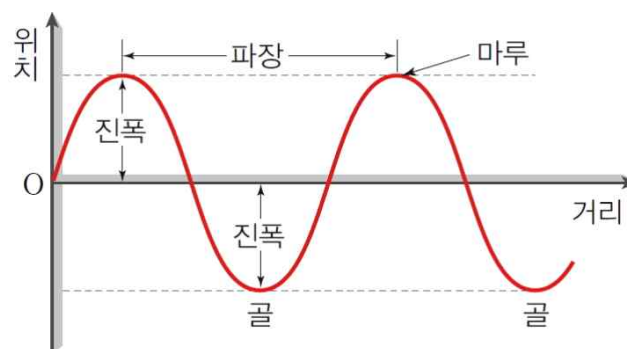


그림 1 파동 구조의 명칭

정지한 파동을 위치-거리 좌표계에 나타내었을 때, 위로 볼록한 부분을 마루, 아래로 볼록한 부분을 굴이라고 한다. 마루부터 굴까지 거리의 절반을 진폭이라고 부르며 한 마루로부터 다음 마루까지의 거리는 파장이라고 명칭한다.

3) 파동의 성질

장애물이 없을 때: 파동은 직진한다.

장애물이 있을 때: 파동은 반사된다.(그림2)

진행방향에 가는 틈을 만났을 때: 파동은 회절한다.(그림3)

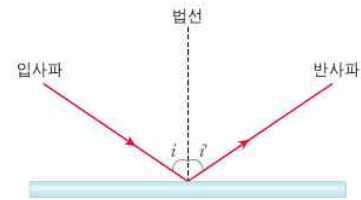


그림 2 파동의 반사

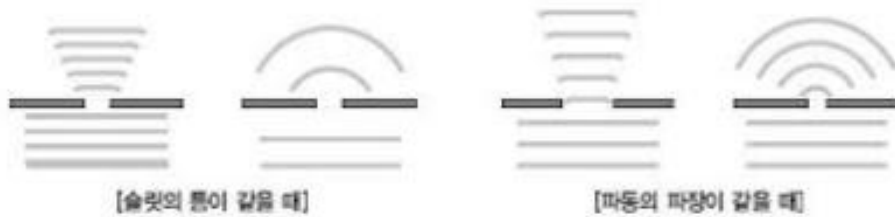


그림 3 파동의 회절

성질이 다른 매질을 만났을 때: 파동은 굴절한다.(그림 4)

두 파동이 서로 만났을 때: 간섭현상을 일으킨다. (그림 5)

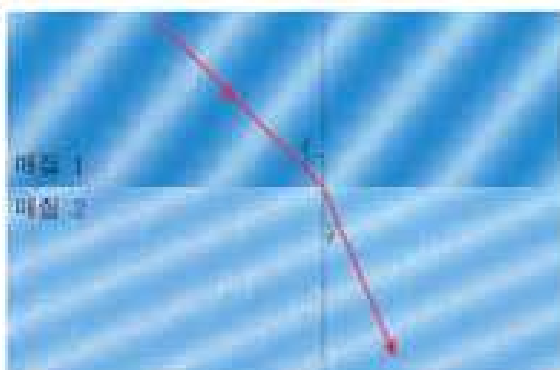


그림 4 파동의 굴절

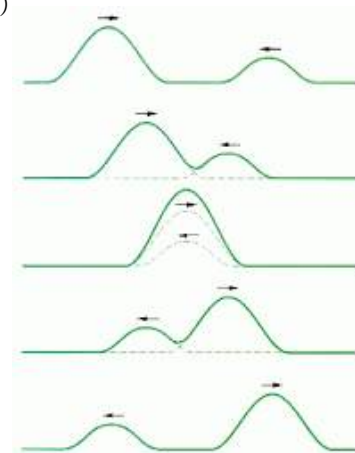


그림 5 파동의 간섭

ㄴ. 파동의 간섭

1) 정의

간섭이란 물리적으로 두 가지 이상의 파장이 첨가되어, 새로운 파장의 형태를 나타내는 것을 의미한다.

2) 종류

보강간섭

보강간섭은 같은 위상의 두 파동이 중첩될 때 일어나는 간섭이다. 마루와 마루 또는 골과 골이 만나서 합성파의 진폭이 2배로 커진다.

같은 진폭과 진동수를 가진 두 파동이 어느 순간 같은 영역을 통과할 때 나타나는 순간의 결과로서, 두 파동의 위상이 같아 마루와 마루가 만나고, 골이 골을 만나도록 중첩되는 순간 생기는 파동은 원래의 파동과 진동수는 같고 진폭이 2배이다. 이럴 때 파동은 위상이 같은 보강간섭을 한다고 말한다.

상쇄간섭

상쇄간섭은 반대 위상의 두 파동이 중첩될 때의 간섭이다. 마루와 골이 만나서 합성파의 진폭이 0이 되는 간섭으로 소멸간섭이라고도 한다.

같은 진폭과 진동수를 가진 두 파동이 어느 순간 같은 영역을 통과할 때 나타나는 순간의 결과로서, 두 파동의 위상이 180° 어긋나 있을 때 마루와 골이 중첩되는 순간 생기는 파동은 완전히 상쇄된다. 이럴 때 파동은 위상이 같은 상쇄간섭을 한다고 말한다.

ㄷ. 정상파

- 1) 정상파의 정의: 진폭, 파장, 진동수가 같은 두 파동이 서로 반대방향으로 진행하여 중첩하면 마치 파동이 전파되지 않고 제자리에서 진동하는 것처럼 보이는데, 이를 정상파라고 한다.

- 2) 정상파의 분석

배: 정상파에서 변위가 가장 큰 곳을 말한다.

마디: 정상파에서 진동하지 않는 곳을 말한다.

최대 진폭: 정상파의 최대 진폭은 중첩되기 전의 두 파동의 진폭의 합과 같다.

파장: 정상파의 파장은 각 파동의 파장과 같다.

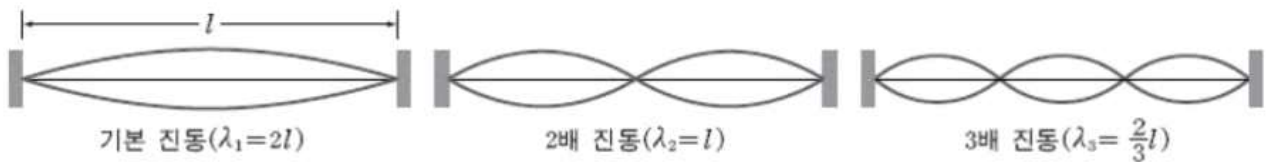


그림 6 정상파의 배와 마디

- 3) 정상파의 생성원인

같은 진동수와 파장, 진폭을 갖는 두 파동이 서로 마주보며 진행하여 중첩되면 마치 파동이 전파되지 않고 제자리에서 진동하는 것처럼 보이는데, 이를 정상파라고 한다.

- 4) 관에서의 정상파

관의 양 끝에서 반사된 두 파동이 중첩되어 정상파가 형성된다.

양쪽 끝이 열린 관에서의 정상파 : 열린 곳은 배가 된다.

한쪽 끝이 닫힌 관에서의 정상파 : 닫힌 곳은 마디, 열린 곳은 배가 된다.

ㄹ. 공명현상

- 1) 공명의 정의: 특정 진동수에서 큰 진폭으로 진동하는 현상이다. 이 때의 특정 진동수를 공명 진동수라고 하며, 공명 진동수에서는 작은 힘의 작용에도 큰 진폭 및 에너지를 전달할 수 있다. 모든 물체는 각각의 고유한 진동수를 가지고 진동하며 이 때 물체의 진동수를 고유 진동수라고 한다. 물체는 여러 개의 고유 진동수를 가질 수 있으며 고유 진동수와 같은 진동수의 외력이 주기적으로 전달되어 진폭이 크게 증가하는 현상을 공명현상이라고 한다. 이때의 진동수는 공명 진동수가 된다.

2) 공명현상의 예시

1940년 11월 7일 미국 워싱턴 주 타코마 해협에 놓인 현수교가 무너진 적이 있다. 190km/h의 강풍 에도 견딜 수 있도록 설계 된 타코마 다리는 바람이 구조물의 고유 진동수와 일치하는 바람에 의해 붕괴되었다. 다리가 버틸 수 있는 바람의 풍속이 190km/h 에 불과했음에도 불구하고 약 70km/h의 바람에 의한 진동으로 인해 길이 840m의 거대 철 구조물이 붕괴 된 것 또한 공명 현상의 원리로 볼 수 있다.

음향학에서는 현악기 혹은 관악기에서 발생하는 음파가 특정 주파수를 이룰 때 나타나는 성질이나, 귀의 구조 분석을 통한 공명 주파수의 인식 과정을 모두 공명현상으로 나타낸다.

광학 공진기는 거울의 배열을 통해 빛을 증폭시키는 장치인데, 빛을 증폭시키기 위해 공명현상을 이용한다.

ㄱ. 기주공명 실험장치

길이가 1m인 유리관과 수조가 고무호스로 연결된 구조이다. 물을 채우고 수조를 위아래로 이동함에 따라 수조와 유리관의 물의 압력이 평형을 이루기 위해 물의 높이가 서로 같게 된다. 이 원리를 통해 물의 높이를 조절하면서 소리굽쇠를 때렸을 때 공명 현상이 일어나는 물의 높이를 측정할 수 있다. 이 높이를 공명점이라 하고 기주공명 장치에서 나타나는 공명점들은 한 쪽이 열린 관에서의 정상파와 같은 규칙을 가지고 있다. 이 실험장치는 어떤 물체의 파장을 구할 때 사용한다.



그림 8 기주공명 실험장치 모습

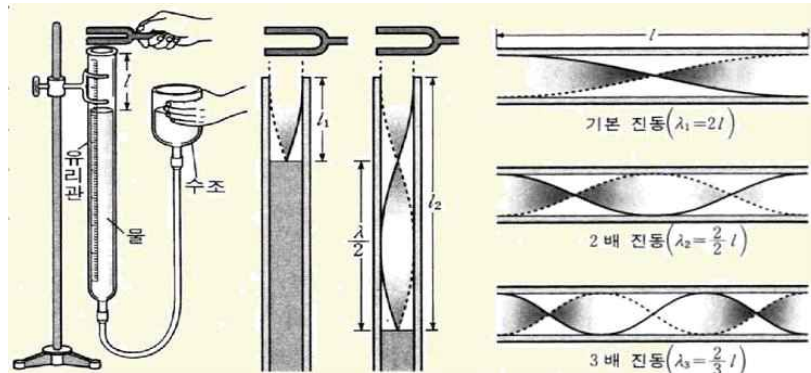


그림 7 기주공명 실험장치의 사용법과 생성된 정상파

실험 때 사용한 식

$$1. \lambda = 2(l_{n+1} - l_n), (l = \text{원으로부터 공명점까지의 거리})$$

$$2. v = \lambda \times f$$

3. 실험재료 (Materials)

381Hz짜리 소리굽쇠A, 진동수를 모르는 소리굽쇠B, 고무망치, 기주공명 실험장치, 음파발생기, 진동수측정기, 온도계, 구글 플레이스토어 앱 Spectroid, Advanced Spectrum Analyzer PRO

4. 실험방법 (Method)

1. 실험 장치에 물을 채운다.
2. 소리굽쇠A를 올려서 실린더 입구에 가까이한다.
3. 물의 높이를 위에서부터 내리며 소리의 크기 변화율이 큰 지점들을 측정한다.
4. 측정값을 통해 파원의 위치를 고려한 소리굽쇠A의 파장의 길이와 소리의 속도를 계산한다.
5. 실내의 온도를 측정하고 온도를 통해 소리의 속도를 계산해서 위와 비교한다.
6. 소리굽쇠B에 대하여 (2)~(3)의 과정을 반복한다.
7. 소리굽쇠B의 파장의 길이를 계산한다.
8. 소리의 파장과 진동수 간의 관계를 통해 소리굽쇠B의 고유 진동수를 계산한다.
9. 소리굽쇠A의 진동수를 앱을 통해 측정한다.
10. 측정한 진동수의 음파를 앱을 통해 발생시켜 (2)~(3)의 과정을 반복한다.
11. 소리굽쇠B에 대해 (8)~(9)의 과정을 반복한다.
12. 소리굽쇠를 통한 측정값과 음파 발생기를 통한 측정값을 비교한다.

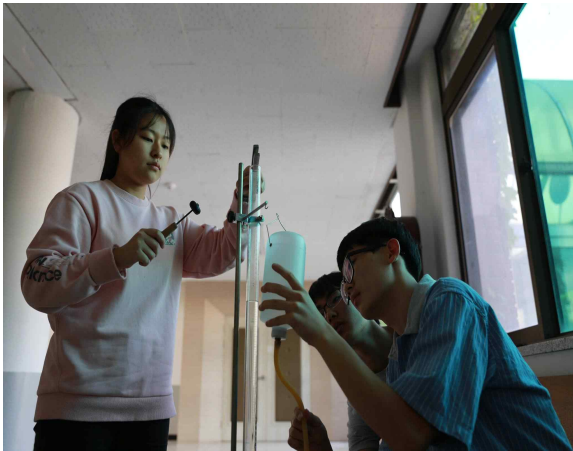


그림 9 기주공명 실험사진

5. 실험결과 (Result)

	실험	기계	측정 1	측정 2
소리굽쇠A(Hz)	381	381	387	382
첫 번째 지점(cm)[측정]	21	20.5	20	20.7
두 번째 지점(cm)[측정]	66.5	65.5	65	65.4
실린더 입구에서 파원까지의 거리(cm)[계산]	1.45	2	2.5	1.65

소리굽쇠B(Hz)	실험		측정 1	측정 2
	372.80		366	371
첫 번째 지점(cm)[측정]	21.5		21.5	21
두 번째 지점(cm)[측정]	68		68	67
실린더 입구에서 파원까지의 거리(cm)[계산]	1.75		1.75	2

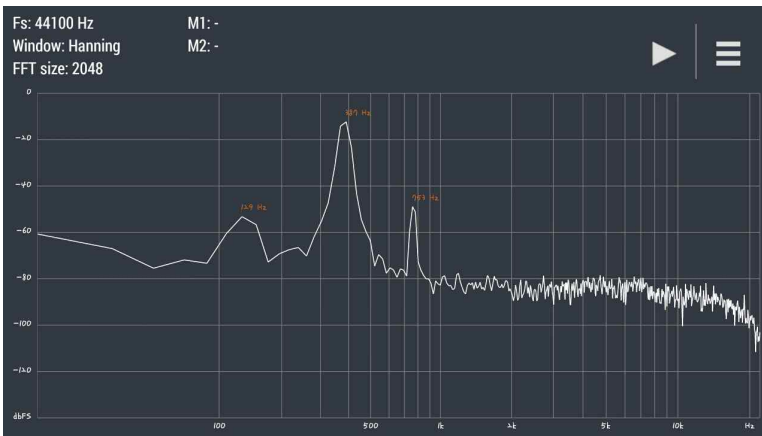


그림 10 앱1을 통한 소리굽쇠A 진동수

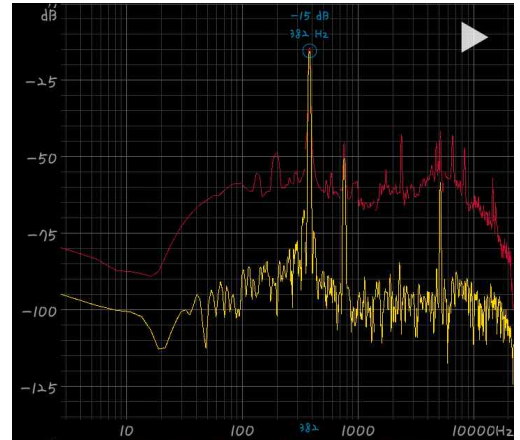


그림 11 앱2를 통한 소리굽쇠A 진동수

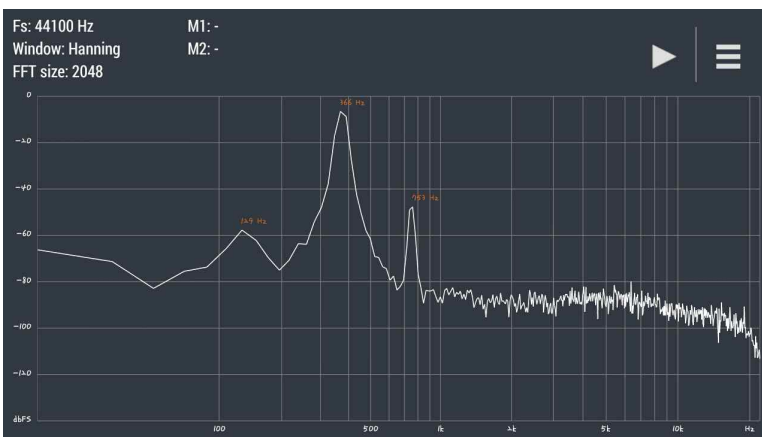


그림 12 앱1을 통한 소리굽쇠B 진동수

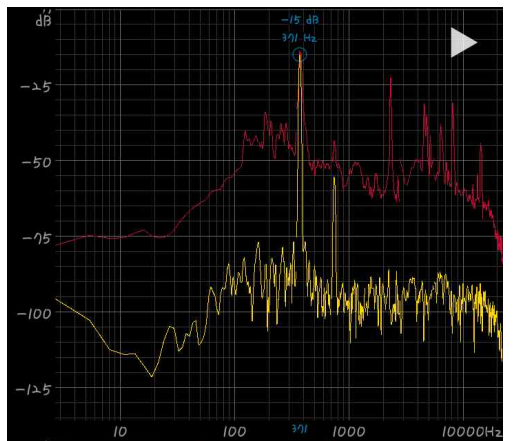


그림 13 앱2를 통한 소리굽쇠B 진동수

험실의 온도 = 20°C

$$\text{소리굽쇠 A의 파장길이} = (66.5 - 21) \times 2 = 0.91(m)$$

$$\text{실험실에서 이론적 음속} = 331 + 0.6 \times 20 = 343(m/s)$$

$$\text{소리굽쇠 A를 통한 소리의 속도} = 381 \times 0.91 = 346.71(m/s)$$

$$\text{소리굽쇠 B의 파장길이} = (68 - 21.5) \times 2 = 0.93(m)$$

$$\text{소리굽쇠 B의 예상 진동수} = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{346.71}{0.93} = 372.80$$

$$\text{앱 1과의 오차율} = \frac{372.80 - 366}{372.80} \times 100 \approx 1.82$$

$$\text{앱 2와의 오차율} = \frac{372.80 - 371}{372.80} \times 100 \approx 0.48$$

6. 결론 및 고찰 (Conclusion and Discussion)

소리굽쇠A의 진동수와 주기공명 장치를 통해 얻은 파장을 이용하여 실험환경에서의 음속을 구하였다. 소리굽쇠B에 대해서도 주기공명 장치를 사용하여 파장을 측정하였다. 소리굽쇠B의 진동수를 구하기 위하여 앞서 구한 음속과 파장을 식2에 대입하여 진동수를 구하였다.

결과 값을 검토하기 위하여, 스마트폰의 진동수 측정 앱 두 개를 이용하여 소리굽쇠B의 진동수를 측정하였다.

소리굽쇠B의 진동수의 실험값과 측정값을 비교한 결과, 앱1과의 오차는 1.89Hz, 오차율은 약 1.82% 이고, 앱2와의 오차는 3.11Hz, 오차율은 약 0.48% 차이가 있었다. 오차 원인은 음속의 오차, 앱의 부정확한 진동수 측정과 실린더 입구에서 파원까지의 거리가 일정하지 않았기 때문이다.

이러한 오차를 줄이기 위해서 실험실의 환경을 정확히 파악하고, 여러 가지 어플을 사용하는 것과 파원으로부터 공명점까지의 거리를 정확히 측정하는 것이 바람직하다.

7. 참고문헌 (References)

네이버 지식백과, 위키백과, 블로그, google 이미지