

마이크 2개 또는 스피커 2개를 이용한 소리 속도 측정

김중복^{1*}, 김은택², 남기현², 권순신²

¹한국교원대학교 물리교육과, 충청북도 363-791

²노은고등학교, 대전광역시 305-325

Sound Speed Measurements Using 2 Microphones or 2 Speakers

Jung Bog Kim^{1*}, Euntaek Kim², Ki Hyun Nam² and Soon Sin Kwon²

¹Department of Physics Education, Korea National University of Education, Chung-buk, 363-791

²Noeun High School, Daejeon, 305-325

요약

두 개의 마이크를 이용하여 소리의 파장을 측정하여 소리의 속도를 측정할 수 있었으며, 또한, 2개의 스피커를 이용하여 정상파를 만들고 스피커는 고정하고 중간에 마이크를 이동하여 파장을 측정하는 방법과 마이크는 고정하고 한쪽 스피커를 이동하여 파장을 측정하는 방법을 이용하여 소리의 속도를 측정하였다. 세 경우 모두 같은 온도에서 같은 소리의 전파 속도를 얻을 수 있었다.

주제어 : 소리 속도, 정상파, 파장, 위상

서론

소리의 속도를 측정하는 방법은 대체로 정상파를 이용하는 방법이 주를 이룬다. 하지만 기존에 개발된 정상파 생성 방법은 밀폐된 용기를 비롯하여 복잡한 실험장치가 필요하며, 정상파에 대한 개념을 정확하게 하는데 문제가 있다. 즉, 정상파는 입사파와 함께 꼭 반사파가 있어야 만들어진다고 말하는 교사들을 많이 보게 된다. 정상파는 같은 파장을 갖는 두 개의 파동이 서로 반대 방향으로 진행하면서 중첩된 결과 생성이 된다는 것이 기본 개념이다. 관에서 형성된 정상파는 입사파가 반사되어 반대 방향으로 진행하게 되기 때문에 정상파가 가능한 것이다. 물론 관에서 정상파는 경계 조건도 만족시켜야 한다. 최근에 Berg와 Brill(2005)은 진행파를 대상으로 마이크 하나를 이용하여 소리의 속도를 측정하는 방법을 발표하였다. 이 방법은 오실로스코프를 잘 알고 자유롭게 사용할 수 있는 사람들에게

유익한 방법이다. 또한, 파동에서 어려운 개념 중의 하나인 위상에 대하여 확실하게 알고 있는 상태에서 가능하다. 최근에 강미선 등(2008)은 이 방법을 이용하여 교실의 온도에 따른 소리 속도의 변화를 측정하여 발표한 바 있다.

본 연구에서는 한 파장만큼 떨어진 2개의 마이크에서 측정된 신호들의 위상이 같을 것이라는 사실을 이용하여 소리의 파장을 측정하고 이로부터 소리의 속도를 측정하는 원리를 개발하였다. 2개의 마이크를 사용하여 스피커로부터 떨어진 거리 차이가 위상차와 어떠한 관계가 있는지를 학생들로 하여금 잘 알 수 있도록 도와줄 것이다. 또한, 앞서 기술한 바와 같이 관이 아니라 좀 더 기본적인 상황에서 정상파를 만들어 소리의 파장을 측정할 수 있는 장치를 구안하였다. 즉, 2개의 스피커를 서로 마주보게 설치하여 정상파를 만들고 이를 이용하여 파장을 측정할 수 있었다. 파장을 측정하기 위하여 두 가지 방법을 고안하였다. 스피커를 고정시키고 마이크를 이동시키는 방법과 마이크는 고정시키고 스피커 하나를 이동시키는 방법을 사용하여 파장을 측정하였다. 진동수는 알고 있기 때문에 진동수와 파장을 곱하여 소리의 속도를 구할 수 있다.

*교신저자: jbkim@knu.ac.kr.

•2007년 12월 13일 접수, 2008년 5월 20일 통과.

연구 방법 및 결과

2개의 마이크를 이용한 소리 속도 측정

그림 1은 2개의 마이크를 이용하여 소리의 파장을 측정하기 위한 개념도이다. 소리를 발생시키는 스피커와 소리를 전기 신호로 바꾸어 주는 마이크, 그리고 전기 신호를 우리 눈으로 관찰할 수 있도록 해주는 오실로스코프로 구성된다. 스피커는 일반적인 컴퓨터에서 사용하는 것을 사용할 수도 있고 따로 준비된 것을 사용할 수도 있다. 스피커에 약 4kHz 정도의 진동수를 갖는 전기 신호(함수 발생기나 soundwave와 같은 컴퓨터 프로그램을 이용하여 발생시킬 수 있음)를 가하면 4kHz의 진동수를 갖는 음파가 발생된다. 마이크는 흔하게 구할 수 있는 헤드셋(head set)용 마이크를 사용하거나 넥타이핀용 마이크를 사용할 수 있다. 마이크 2개를 준비하여 흔들리지 않도록 마운트를 제작하여 고정시킨다. 2개의 마이크를 사용하는 방법을 본 논문에서 새롭게 제안하는 것이다. 한쪽 마이크는 이동이 가능하여야 하고 가능한 위치 측정이 정확하여야 하므로 일직선 위에서 움직이도록 하고 자를 이용하여 위치를 측정할 수 있도록 한다.

그림 1과 같이 2개의 마이크를 스피커로부터 같은 거리만큼 떨어뜨려 놓고 신호를 측정하면, 두 신호는 위상이 같게 측정될 것이다. 위상이 같다는 의미는 두개의 마이크가 스피커로부터 같은 거리에 떨어져있기 때문에 공기 입자들의 운동 상태가 정확하게 같다는 것을 의미한다. 즉, 한쪽 마이크에 공기 밀도가 최고일 때 다른 쪽 마이크의 공기 밀도도 최고가 된다. 이제 하나의 마이크만 뒤쪽이나 앞쪽으로 이동하면서 신호를 관측하면, 두 신호사이에는 마이크의 위치에 따라 위상이 차이가 나게

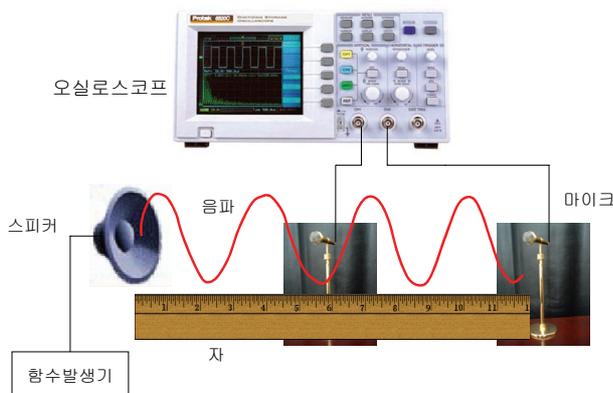
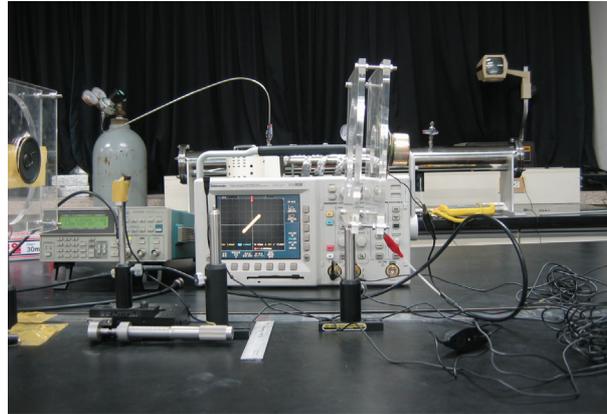


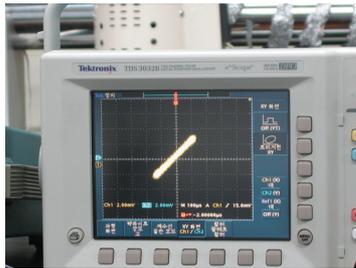
그림 1. 오실로스코프를 이용한 소리의 속도 측정 장치

된다. 움직이는 마이크가 고정된 마이크로부터 한 파장만큼 이동하게 되면, 다시 공기 입자들의 운동 상태가 같아지게 된다. 이때 고등학교 교육과정에서는 위상이 같다고 말하지만 위상이 360도 차이가 난다고 말하는 것이 정확하다. 두 마이크에서 측정된 전기 신호는 정확하게 같다. 물론 스피커로부터 더 멀리 떨어진 마이크의 전기 신호의 진폭은 좀 더 작을 것이다. 그 이유는 음파가 사방으로 퍼져 나가기 때문에 진폭이 점점 줄어들기 때문이다. 이제 두 마이크 사이의 거리를 측정함으로써 우리는 파장을 측정할 수 있게 된다. 두 진동 사이의 위상차를 민감하게 측정할 수 있는 방법이 리사주 도형을 이용하는 것이다. 우리는 리사주 도형을 이용하여 파장을 측정하였다. 리사주 모양의 신호를 얻기 위해서는 오실로스코프를 x-y 모드로 사용한다. 하나의 마이크 신호는 x축에, 또 다른 마이크의 신호는 y축에 입력시킴으로써 리사주 모양의 신호를 얻을 수 있다. x-y 모드가 여의치 않으면 y-t 모드에서 두 신호를 비교하면 쉽게 위상차를 알 수 있다.

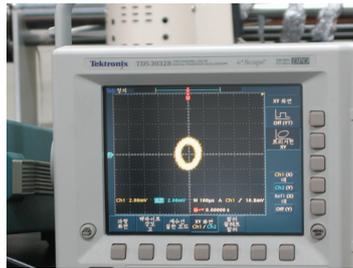
그림 2(a)는 두 개의 마이크를 이용하여 소리를 측정하기 위하여 구성한 실제 실험 장치이다. 그림 2(b)는 두 마이크가 한 위치에 있기 때문에 두 신호의 위상차이가 없는 것을 나타내고 이 경우에 리사주 모양은 45도 방향으로 선형의 모양을 보이게 된다. 두 마이크의 신호가 정확하게 같은 값을 가지고 시간에 따라 변하기 때문이다. 어느 순간에 마이크 하나에서 측정된 값이 최대이면 다른 마이크에서 측정된 값도 최대이기 때문에 x-y 그래프상에서 직선 형태로 나타나게 된다. 그림 2(c)는 하나의 마이크를 움직여 두 마이크의 신호 사이에 90도의 위상차가 날 때의 모습으로 리사주 모양이 원형이다. 이 경우는 뒤쪽 마이크는 앞쪽보다 1/4파장만큼 떨어져 있는 경우이다. 앞쪽 마이크의 신호가 최대인 순간에 뒤쪽 마이크의 신호는 0이 된다. 앞쪽이 0이면 뒤쪽은 최대가 되는데 상대적인 위치이기 때문에 최소가 될 수도 있다. 그림 2(d)는 1/2파장만큼 떨어진 경우로 두 마이크 신호는 180도의 위상차이가 난다. 이 경우에는 2-4분면에 직선 형태의 리사주 모양이 된다. 마이크를 좀더 멀리하여 3/4파장만큼 떨어지게 되면 다시 원형 모양의 리사주 모양이 생기고 좀더 멀리 가면 두 마이크 신호 사이에는 위상차가 360도가 되는, 다른 말로는 위상차가 없을 때와 같은 모양이 재현된다. 이때 두 마이크 사이의 거리가 파장이 된다. 이 경우에 1-3사분면에서 직선이지만 x축과 이루는 각도가 줄어드는데 이것은 뒤쪽 마이크 신호의 최대값이 앞쪽 마이크보다 작아지기 때문이다. 그것은 소리가 사방으로 퍼지기 때문에 나타



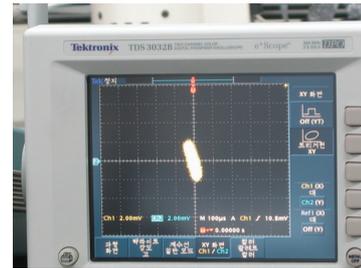
(a) 2개의 마이크를 이용한 실험 장치



(b) 마이크2의 위치: 246mm



(c) 마이크2의 위치: 267mm



(d) 마이크2의 위치: 287mm

그림 2. 2개의 마이크를 이용한 소리 속도 측정결과

나는 현상이다. 파장을 측정하는 데는 문제가 되지 않는다.

2개의 마이크를 스피커로부터 160mm 떨어진 위치에 놓고 신호를 측정하고, 한쪽 마이크만 이동하여 다시 동일 위상이 나타난 지점이 246mm 지점이었다. 따라서 파장은 $\lambda = 246\text{mm} - 160\text{mm} = 86\text{mm}$ 이고, 진동수는 4 kHz 이기 때문에, 속도는 $v = 344\text{m/s}$ 가 된다.

마이크를 하나만 사용해서도 이 원리를 적용할 수 있다. 함수 발생기에서 나오는 신호를 x축에 넣게 되면 이 신호가 기준이 되어, 어떤 곳에서 이 신호와 위상차이가 안 나는 곳을 마이크 하나를 사용하여 찾을 수 있다. 즉, 리사주 모양이 그림 2(b)와 같은 곳을 찾을 수 있게 된다. 이곳을 표시한 후에 마이크를 앞쪽이나 뒤쪽으로 이동하면서 리사주 모양을 관찰하면 정확하게 같은 순서로 그림 2와 같은 모양들을 볼 수 있다. 이 원리가 바로 Berg와 Grill(2005) 논문이다. 최근에 김경대 등(2008)은 이 원리를 이용하여 온도에 따른 소리 속도의 변화를 측정하였다.

2개의 스피커에 의해 발생된 정상파를 이용한 소리의 파장 측정

정상파를 이용하여 소리의 파장을 측정하는 방법들이 많이 발표되고 있지만, 대부분의 방법이 복잡한 실험 장치를 필요로 하는데 본 연구에서는 보다 간단한 방법으로 측정하는 법을 2가지를 고안하였다. 스피커 두개를 마주보게 하여 30cm 쯤 떨어뜨려 놓고 같은 함수 발생기에서 나온 신호를 병렬로 나누어 두개의 스피커를 작동시킨다. 이렇게 하면 두 스피커에서 발생된 음파가 같은 진동수를 가지고 서로 반대 방향으로 진행하면서 겹치게 된다. 두 파동이 중첩되는 지역에는 정상파가 만들어진다. 이렇게 하면 항상 정상파가 만들어진다는 점을 강조하고 싶다. 개관이나 폐관에서는 경계 조건을 만족시켜야만 정상파가 만들어지지만 이 경우에는 진동수에 관계없이 두 스피커의 거리에 관계없이 항상 정상파가 만들어진다. 그러나 이 경우에는 배와 마디의 위치가 변하게 된다.

정상파에서 파장을 측정하는 방법 중 첫 번째 방법은 그림 3과 같이 2개의 스피커를 이용하여 정상파를 형성하고 마이크를 이동시켜 배와 인접한 배 사이의 거리를 측정한다. 신호가 가장 크게 나온 지점을 표시한다. 이곳이 배에 해당한다. 마이크를 이동시켜 가면서 다시 첫 번째로 신호가 크게 나오는 지점을 표시하고 두 지점 사이의 간격을 측정한다. 다시 배가 되

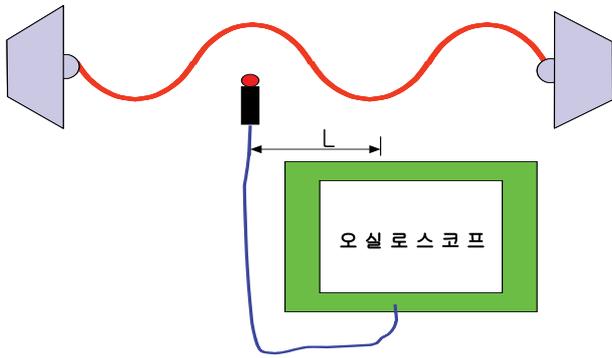


그림 3. 마이크를 이동시키는 방법 통한 파장 측정

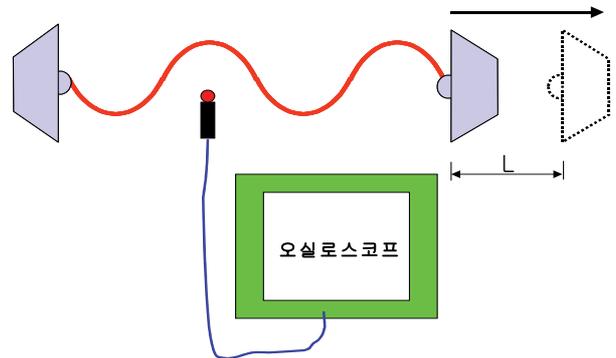


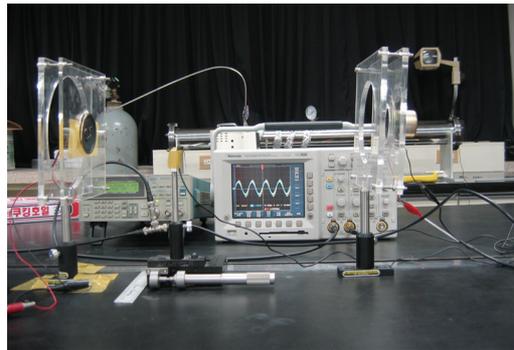
그림 4. 스피커를 이동시키는 방법을 통한 파장 측정

는 지점이다. 측정된 길이는 반파장에 해당하므로 파장은 이 값의 2배를 하여야 한다. 본 연구에서 고안한 두 번째 방법은 그림 4와 같은 방법을 이용하여 파장을 측정할 수 있다. 마이크는 배의 위치에 고정시키고, 스피커를 이동시키는 방법이다. 이 경우에는 스피커가 이동함에 따라 실험을 하는 것으로 다시 배가 되려면 한 파장만큼 이동시켜야 한다. 즉, 측정된 간격 L 이 파장이 된다. 그림 3의 경우보다 2배 만큼 더 이동시켜야 다시 배가 나타난다. 이와 같이 되는 이유는 반대 방향으로 진행하는 파동을 발생시키기 위하여 2개의 스피커를 사용하였기 때문이다. 만약에 일반적인 방법과 같이 하나의 스피커만 사용하고

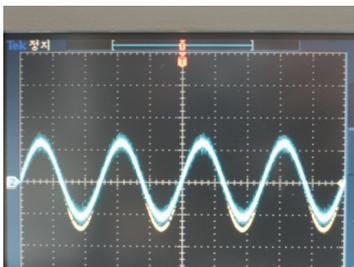
반대쪽에 파동을 반사시키는 벽을 설치하게 되면, 벽을 반 파장 만큼 움직이면 다시 배가 나타날 것이다. 벽이 반 파장 이동하면, 실제 소리는 한 파장만큼 진행한 결과를 초래하기 때문이다. 파원을 하나 쓰느냐와 2개 쓰느냐에 따라 다른 결과가 얻어지는 흥미 있는 현상이다.

1) 마이크 이동에 의한 파장 측정

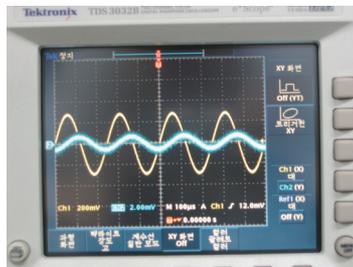
스피커 두개를 마주 보도록 설치하고 같은 진동수의 음파를 발생시키도록 함수 발생기에서 신호를 보낸다. 이렇게 되면, 두



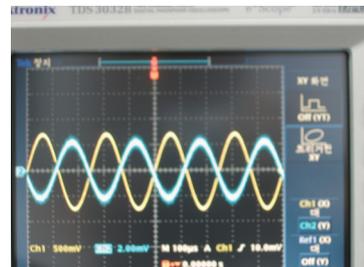
(a) 마이크 이동 실험 장치



(b) 마이크 위치: 150mm



(c) 마이크 위치: 173mm



(d) 마이크 위치: 193mm

그림5. 마이크 이동에 의한 파장 측정

스피커 사이에는 정상파가 생기게 된다. 그림 5(a)와 같이 마이크를 두 스피커 사이에서 이동시키면서 신호를 관측하면 그림 5(b)와 같이 배가 되는 마이크의 위치(150mm)를 찾을 수 있다. 이때, 오실로스코프의 신호는 그림 5(b)와 같다. 기준 신호는 스피커에 가해지는 전기 신호를 나타낸다. 이 지점을 표시하고, 마이크를 한쪽 방향으로 이동하면 그림 5(c)와 같이 거의 신호가 안 잡히는 마디 지점(173mm)을 찾을 수 있다. 계속하여 마이크를 같은 방향으로 이동시키면, 그림 5(d)와 같이 다시 배가 나타나는 지점(193mm)이 나타난다. 앞서 표시한 마이크의 위치와 현재 마이크의 위치 사이의 거리를 측정한다. 진동수가 4.0 kHz 일 때, 이와 같은 방법으로 측정한 거리가 4.3cm(=19.3cm-15.0cm)이었다. 이 값은 반 파장에 해당하므로 따라서 파장은 8.6cm이고 소리의 전파 속도는 344 m/s이다. 이는 앞서 리사주 모양을 이용하여 측정한 결과와 동일하다. 또한, 이론 값 $v = 331 + 0.6t = 346 \text{ m/s}$ (공기의 온도: 24.8°C)과 거의 동일하다.

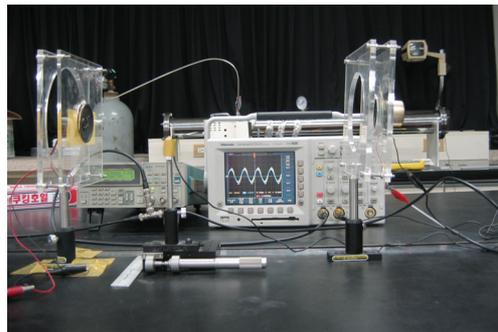
2) 스피커 이동 방법에 의한 파장 측정

그림 4와 같이 마이크는 어떤 배의 위치(150mm 지점)에 고

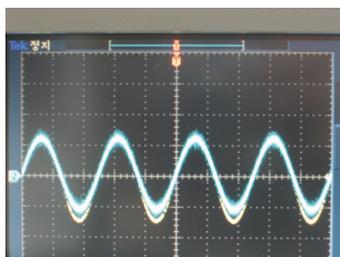
정시키고 이번에는 한쪽 스피커를 이동시킨다. 이 경우에도 그림 6과 같이 역시 어느 지점에서 신호가 거의 안 잡히는 마디가 나타나는 지점을 지나고, 다시 배가 나타나는 지점을 찾을 수 있다. 배의 신호가 나타나는 인접한 두 지점 사이의 거리를 측정한 결과 8.6cm(496mm-410mm)이었다. 이 거리는 앞서 설명한 것처럼 바로 파장에 해당하므로 또 다시 상온에서 소리의 전파 속도가 나오게 된다.

결론

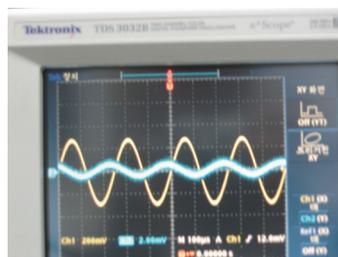
본 연구에서는 소리의 속도를 측정하기 위하여 총 3가지 방법을 제안하였으며 모두 같은 결과를 얻을 수 있었다. 첫 번째는 2개의 마이크를 이용하여 한 파장만큼 떨어진 마이크에는 같은 위상의 전기 신호가 발생된다는 원리를 이용하였고, 두 번째와 세 번째 방법은 2개의 스피커를 이용하여 정상파를 만들고 마이크를 이동하는 방법과 스피커를 이동시키는 방법으로 파장을 측정하여 소리 속도를 구할 수 있었다. 3 경우 모두에서 리사주 모양을 이용하지 않아도 파장을 측정할 수 있기 때문에 고등학교나 대학교 일반물리 수준의 학생들에게 유용한 수업 자료가 될 것으로 기대한다.



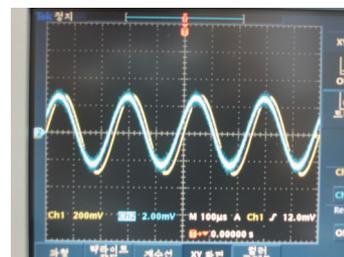
(a) 스피커 이동 실험 장치



(b) 스피커2의 위치: 410mm



(c) 스피커2의 위치: 460mm



(d) 스피커2의 위치: 496mm

그림 6. 스피커 이동에 의한 파장 측정 결과

ABSTRACT

We have proposed three methods to measure sound speed, which are measurements of a wavelength (1)using two microphones, (2) moving a microphone between two speakers for standing wave, and (3) moving a speaker for generating a standing wave. We are able to show the same speed in all three cases at the same room temperature.

Keywords: sound speed, standing wave, wavelength, phase

참고문헌

- 강미선, 안효정, 염혜지, 김경대 (2008) 리사주 도형을 이용하여 공기 중에서 진행되는 소리의 속력 측정하기. 현장과학 교육학회지 2(1): 46-51.
- Berg RE and Brill DR (2005) Speed of Sound Using Lissajous Figures. Phys. Teach. 43: 36-39.