



실험적 경쟁 2014년 5월 15일
0830 - 1330 시간

실험 문제

학생 코드

--	--	--	--

포함하여 총 14페이지로 구성되어 있습니다.

2014년 5월 15일(목) 먼저 다음 지침을

주의 깊게 읽어주세요:

1. 실험 문제의 경우 사용 가능한 시간은 5시간입니다.
2. 제공된 펜과 장비만 사용하세요.
3. 데이터와 결과를 입력해야 하는 답안지 세트가 있습니다.
4. 각 답안지 및 제출하는 추가 답안지의 상단에 있는 상자에 **학생 코드**를 적습니다.
5. 추가 필기 시트가 제공됩니다.
6. 추가 필기 시트를 사용하는 경우 **학생 코드**를 적어 두십시오.
문제 번호와 이 추가 필기 시트의 **페이지 번호**를 입력합니다.
7. 표시하고 싶지 않은 필기장을 추가로 사용하는 경우, 필기장 전체에 큰 'X'를 표시하세요.
8. 답안에는 주로 방정식, 숫자, 기호, 그래프, 그림을 사용하고 가능한 한 텍스트를 적게 사용해야 합니다.
문제에 정의된 기호를 사용하세요.
9. 실험이 끝나면 모든 시트를 다음 순서대로 정렬합니다:
 - a. 주요 답안지
 - b. 종고 필기 시트
 - c. 'X'로 표시된 쓰기 시트
 - d. 사용하지 않는 필기 시트
 - e. 문제지
10. 모든 서류를 봉투 안에 넣고 봉투는 책상 위에 놓아둡니다.
11. **실험에 사용된 종이나 재료는 교실 밖으로 반출할 수 없습니다.**

솔루션의 초음파 사운드 속도

1. 소개:

초음파 음파는 비파괴 검사, 소나, 의료 영상 등 산업 분야에서 다양하게 활용되고 있습니다. 음향 광학 효과는 초음파 연구에 광범위하게 사용됩니다. 음향 광학 장치는 이제 광선의 변조, 신호 처리 및 주파수 이동에 활용되고 있습니다. 레이저를 사용할 수 있게 되면서 음향 광학 효과를 쉽게 관찰할 수 있게 되었습니다. 또한 고주파 압전 트랜스듀서의 개발로 음향 광학 효과를 생성하는 데 활용할 수 있습니다.

이번 APhO2014 실험에서는 일부 솔루션에서 소리 이동의 속성을 조사하는 여정을 시작합니다:

- (i) 라만-나스 회절 체제에서 음향 광학 효과를 사용하여
- (ii) 정재파를 직접 시각화합니다.

또한 쉽게 구할 수 있는 간단하고 경제적인 아이템을 활용하면 매우 흥미로운 실험을 할 수 있다는 사실도 알게 될 것입니다.

2. 안전 예방 조치 및 일반적인 조언:

- (1) 레이저 빔을 직접 응시하지 마세요.
- (2) 압전 트랜스듀서는 유리 셀의 물 안에 단단히 넣은 후에만 전원을 켜야 합니다.
- (3) 압전 트랜스듀서의 전원이 켜져 경우 물이 채워진 유리 셀에 손을 담그지 마세요.
- (4) 특히 전원 콘센트에 물을 흘리지 않도록 주의하세요.
- (5) 유리 용기와 랩잭을 안전하게 취급하세요.
- (6) 실험을 위해 제공된 어떤 재료도 마시거나 섭취하지 마세요.
- (7) 레이저가 켜져 있을 때는 항상 레이저 보안경을 착용하세요.
- (8) 불필요한 배터리 소모를 방지하기 위해 레이저 포인터를 사용하지 않을 때는 전원을 끄세요.
- (9) 압전 트랜스듀서를 사용하지 않을 경우 물의 가열을 방지하기 위해 전원을 끄세요. 물속의 음속은 온도에 따라 달라집니다.
- (10) 문제지와 답안지를 보관할 수 플라스틱 폴더가 제공되어 시험지가 물에 젖지 않도록 보호합니다.
- (11) 작업 테이블의 공간이 제한되어 있으므로 사용하지 않는 장비는 상자에 바닥에 보관하세요.
- (12) 유리 셀은 세 개가 제공되며 실험에서 다음 실험으로 이동할 때 새 유리 셀을 사용할 수 있습니다.

3: 장치

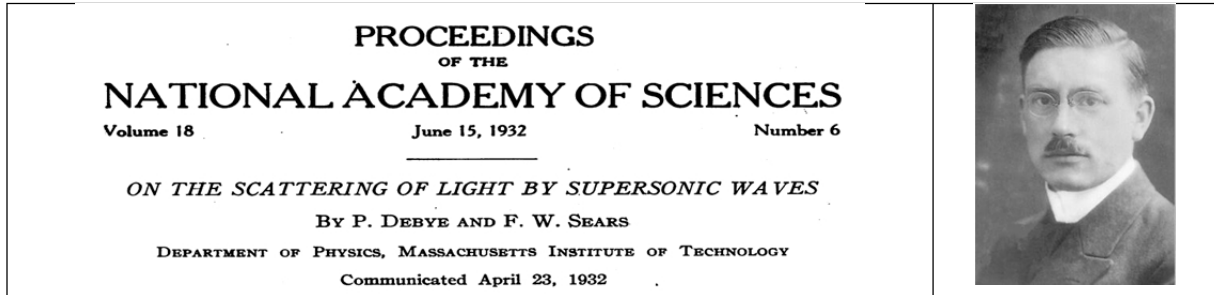


(A) 액체용 유리 셀×3 - 실험용
(B) (A)를 위한 알루미늄 플랫폼 - 선택 사항
(C) 압전 트랜스듀서
(D1) (C)용 홀더 (D2) 플레이트 - D1에 장착할 수 있습니다.
(E) 플라스틱 레이저 포인터 레이저를 계속 켜두는 재킷
(F) 답안지(또는 추가 답안지)를 표시 하기 위한 스크린 보드 프린지/패턴
(G) Lab Jacks×4 - 레이저 포인터 및 옵 티컬 장착용 구성 요소
(H) 거울×2
(I) 렌즈×2 (초점 거리 5.0) cm 및 15.0 cm)
(J) 미네랄 워터 1.5L×2 & 0.5L×2
(K) 소금(500g)
(L) 용액 한 병 실험 C를 위한 생수의 알 수 없는 염분 농도
(M) 라이트 콘 시럽 0.51L×3
(N) 디지털 저울
(O) 측정 용기 물
(P) 줄자
(Q) 눈금자
(R) 버니어 캘리퍼
(S) 보안경 - 레이저 고글
(T) 4L 플라스틱 용기 - 용 물 처리
(U) 티슈 롤×2
(V) 스푼
(W) 가위
(X) 스카치 테이프 및 스틱 테이프
(Y) 플라스틱 내부의 온도계 case

그림 1: 이 실험 문제에 필요한 장치 및 구성 요소의 이미지.

실험 A

회절법을 이용한 초음파의 주파수 측정



음파가 매질에서 이동할 때 압력 변동이 발생하여 매질의 굴절률이 변화합니다. 적절한 조건에서 음파는 재료에 움직이는 주기적 굴절률 격자를 생성하고 이 격자를 광학적으로 감지할 수 있습니다. 이를 음향 광학 효과라고 합니다. 1932년 데비와 시어스는 이 움직이는 주기적 격자에 의한 빛의 회절을 최초로 입증했습니다. 자세한 이론적 설명은 1935년 라만과 나스에 의해 공식화되었습니다.

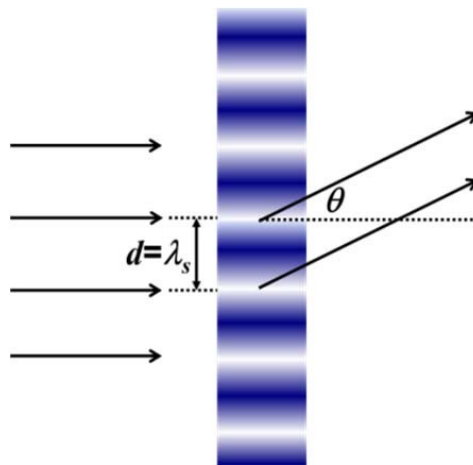


그림 2: 초음파에 의한 액체 내 주기적 굴절률 격자 이동

그림 2와 같이 광선은 움직이는 주기적 격자에 의해 회절됩니다. 회절된 빛은 격자 방정식을 따릅니다.

$$d \sin(\vartheta) = i \lambda_{\text{medium}} \quad (1)$$

여기서 d 는 격자 요소, θ 는 회절 각도, i 는 회절 순서, 그리고 $\lambda_{\text{(매질)}}$ 은 매체에 포함된 빛의 파장입니다.

라만과 나스에 따르면 격자 요소 d 는 그림 2와 같이 매질에서 초음파의 파장 $\lambda_{(s)}$ 와 같습니다.

이 실험에서는 회절 방법을 사용하여 알려진 미네랄 워터의 음속 값을 사용하여 압전 변환기(C)에서 생성된 초음파의 주파수를 측정합니다. 그림 3은 온도에 따른 미네랄 워터의 음속을 보여줍니다.

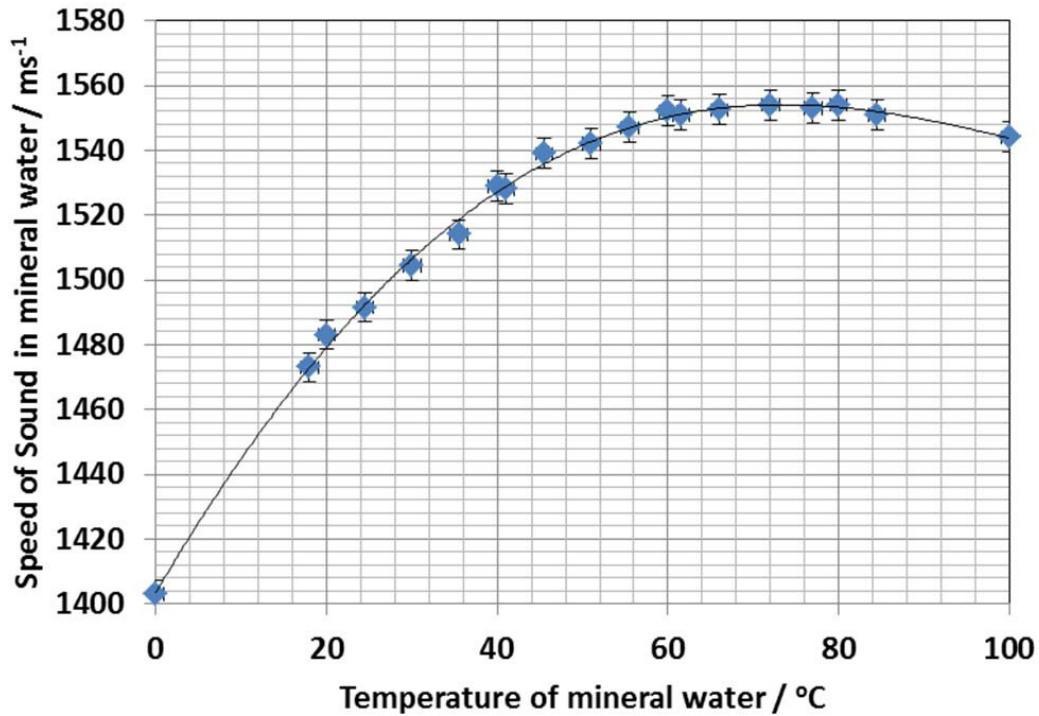
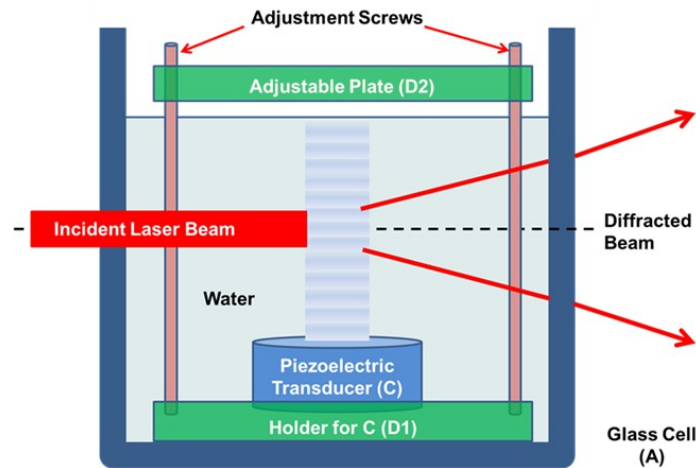


그림 3: 온도에 따른 미네랄 워터의 음속.

압전 변환기(C)는 1.5L의 생수가 채워진 유리 셀(A)에 놓인 홀더(D1)의 원형 슬롯에 위치합니다. 트랜스듀서의 전원을 켜면 그림과 같이 수직으로 움직이는 주기적 굴절을 격자가 물 속에 만들어집니다.

4(a). 실험 A의 경우, 플레이트(D2)는 물이 튀는 것을 방지하기 위해서만 사용되므로 수위보다 위에 위치하도록 하세요. 격자에 수직으로 입사하는 레이저 빔은 회절 프린지를 형성합니다. 격자에서 충분히 먼 거리에서는 그림 4(b)에 설명된 대로 측정 및 분석을 위해 스크린(F)에 명확하게 구분 가능한 프린지가 형성될 수 있습니다.

(a) Diffraction Method



(b) Layout of the Experiment A.

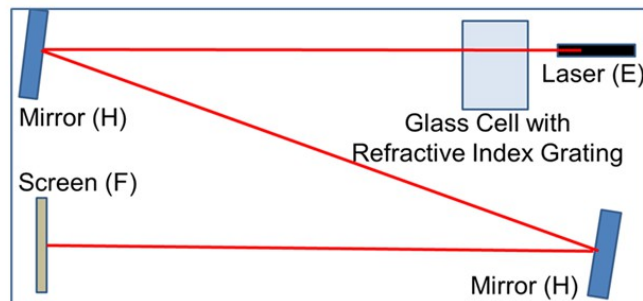


그림 4: (a) 움직이는 주기적 굴절률 격자를 설치하기 위한 설정의 모식도(축척되지 않음). (b) 실험 설정을 위한 제안된 레이아웃.

생수에서 압전 변환기에 의해 생성된 초음파의 주파수를 계산하려면 먼저 물속의 소리의 파장 $\lambda_{(s)}$ 를 결정해야 합니다. 방정식 (1)과 모든 관련 파라미터를 보여주는 그림 5를 사용하여 문제 A1에 답하세요.

A1.	λ_s에 대한 식은 소각 근사에 따른 방정식 (2)에 나와 있습니다. $\lambda_s = A(m-1) \frac{n_{\text{공기}}(\lambda_{\text{공기}})}{(D)_{(m)}} \quad (2)$ $b, g, L, n_w, n_g, n_{\text{air}}$의 관점에서 A에 대한 식을 유도합니다. 여기서 $\lambda_{(s)}$는 물속에서 초음파의 파장입니다, b는 격자 중앙에서 유리 셀의 내벽까지의 거리입니다, g는 유리 셀의 벽 두께입니다, m은 화면에서 계산된 회절 프린지의 총 개수입니다, n_w, n_g 및 n_{air}는 각각 물, 유리 및 공기의 굴절률입니다, L은 유리 용기의 벽에서 스크린까지의 거리입니다, $\lambda_{\text{공기}}$는 공기 중 레이저 빛의 파장입니다. $D_{(m)}$은 화면에서 m 회절 프린지의 확산입니다.	1.5
-----	--	-----

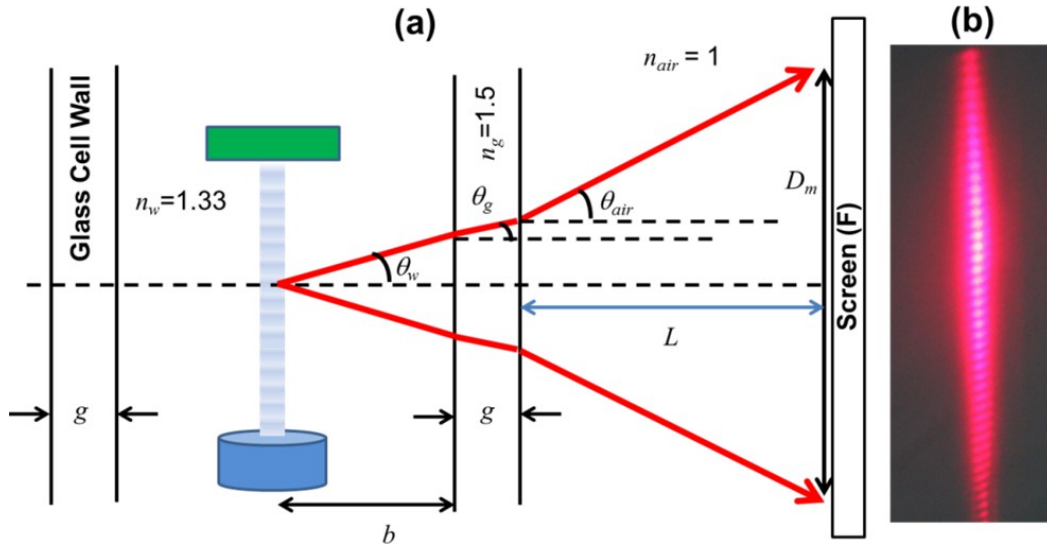


그림 5: (a) 관련 파라미터가 표시된 회절 광선 경로의 모식도. (b) 화면에 보이는 프린지 패턴의 예시.

이제 그림 4와 5에 표시된 도식에서 힌트를 얻어 **실험을 설정합니다**. 가능한 한 많은 프린지를 생성하기 위해 노력하십시오. 이 부분에서는 회절 프린지를 기록하기 위해 답안지 A2를 화면(F)에 장착해야 합니다. 레이저 빔 프로파일이 완벽하게 대칭이 아닐 수 있으므로 가능한 최상의 프린지를 얻기 위해 레이저를 회전시켜야 합니다. 작업을 깔끔하고 깨끗하게 유지하세요. 물속의 음속은 물의 온도에 따라 달라지므로 실험하는 동안 온도를 모니터링해야 합니다. 문제지와 답안지를 보관할 수 있는 플라스틱 폴더가 제공되어 종이가 물에 흠리지 않도록 보호합니다.

A2.	측정한 모든 프린지 패턴을 답안지 A2에 표시하십시오. 측정한 프린지의 개수, m , 프린지의 퍼짐 D_m 를 명확하게 적으세요. 생수의 온도를 기록합니다. 계산에 필요한 관련 실험 매개 변수도 답안지 A3에 기록해 두는 것을 잊지 마세요.	2.5
-----	---	-----

참고: 프린지 마킹을 완료한 후에는 데이터 분석 및 계산 작업을 하는 동안 압전 트랜스듀서(C)와 레이저 포인터(E)를 끄시기 바랍니다.

다음 질문에 사용할 수 있습니다:

n_w = 물의 굴절률 = 1.333 ± 0.007 $n_{\text{공기}}$ = 공기의 굴절률 =

1.000 ± 0.0003 n_g = 유리의 굴절률 = 1.50 ± 0.05

$\lambda_{\text{공기}}$ = 공기 중 레이저 빛의 파장 = $660 \pm 3 \text{ nm}$ 생수의 음속을 결정하기

위한 그림 3.

참고: 오차 분석의 경우 계산을 단순화하기 위해 n_w , n_g , n_{air} 및 λ_{air} 의 불확실성을 무시할 수 있습니다.

A3.	답안지 A3에 모든 관련 매개 변수를 측정하고 기록하고 생수에서 소리의 파장 λ_s 를 계산하세요.	1.0
A4.	생수에서 주파수인 f_s 를 계산하고 기록합니다.	0.5
A5.	오차 분석을 수행하여 f_s 의 불확실성을 추정합니다.	1.0

실험 B

측정 의 측정 빈도 의 의 초음파 초음파 사용 투 영 방법

실험 B에서는 투영법이라는 다른 방법을 사용하여 생수 속 초음파의 주파수를 직접 시각화하여 측정합니다. 이를 위해 초음파 반사판으로 조정 가능한 플레이트(D2)를 사용하여 미네랄 워터에 정상파 패턴을 설정합니다. 압전 변환기와 조절 가능한 반사판에서 나오는 이동파가 서로 반대 방향으로 움직이면서 정상파 패턴을 생성합니다. 그림 6은 투영 방식 설정의 개략도를 보여줍니다. 회로도과 같이 레이저(E)와 유리 셀(A)의 벽 사이에 렌즈(L)가 삽입되어 있습니다. 그런 다음 글래스 셀의 정상파 패턴이 배율 $M = D_B/p$ 로 스크린에 투사됩니다.

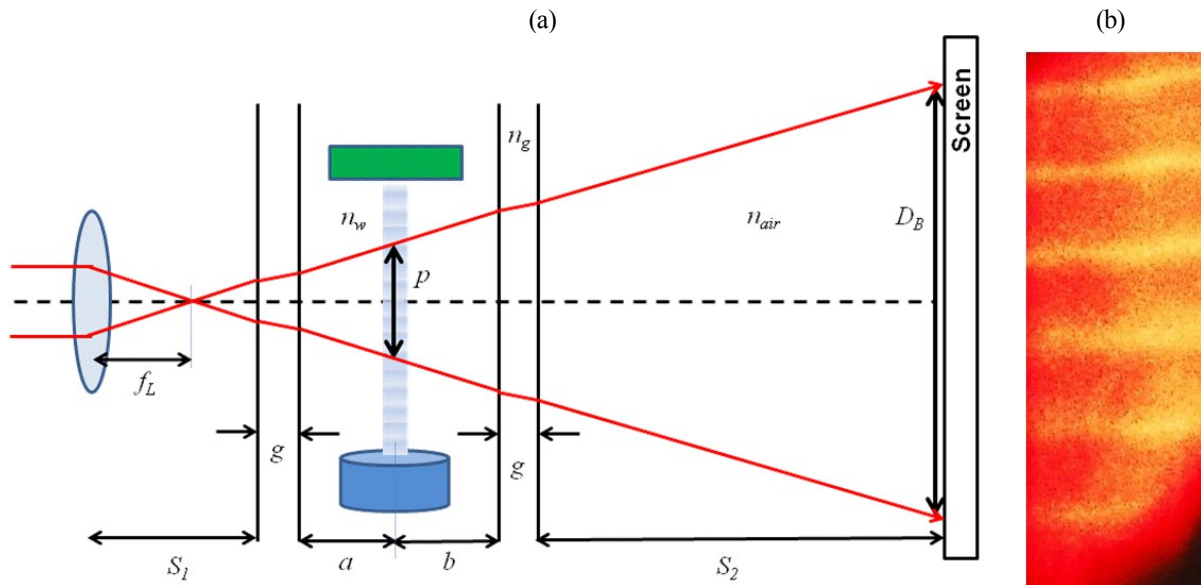


그림 6: (a) 관련 파라미터가 표시된 투사 방법의 모식도. (b) 스크린에 투사된 정재파 패턴의 예시.

그림 6에 표시된 매개변수 측면에서 화면(F)의 영역 p 의 배율(M)은 방정식 (3)에 의해 주어집니다.

$$M = \frac{l_{nair}^{(S_1-f(L))} + \frac{2g}{(n)} + \frac{(a+b)}{n_w} + \frac{S_2}{nair}}{l_{nair}^{(S_1-f(L))} + \frac{g}{n_g} + \frac{a}{n_w}} \quad (3)$$

여기

S_1 은 렌즈 중심에서 유리 셀의 외벽까지의 거리입니다,

S_2 은 유리 셀의 외벽에서 스크린까지의 거리(F)입니다,

$f(L)$ 은 렌즈의 초점 거리입니다,

a 는 격자 중앙에서 유리 셀의 왼쪽 내벽까지의 거리입니다,

b 는 격자 중앙에서 유리 셀의 오른쪽 내벽까지의 거리입니다,

g 는 유리 셀의 벽 두께입니다,

$n_{(w)}$ 는 물의 굴절률입니다,

$n_{(g)}$ 은 유리의 굴절률입니다.

$n_{(공기)}$ 은 공기의 굴절률입니다.

투영된 패턴의 밝고 어두운 영역은 정재파 패턴의 노드 및 반노드와 관련이 있습니다.

B1.	화면의 길이 D_B 내에서 계산된 밝은 영역의 수가 m_B 라고 가정합니다. 방정식 (3)을 사용하여 측정 주어진 매개변수의 관점에서 λ_s 에 대한 식을 작성합니다.	1.0
------------	--	-----

이제 그림 6에 표시된 회로도에서 힌트를 얻어 실험을 설정합니다. 이 부분에서는 투영된 정상파 패턴을 기록하기 위해 답안지 B2를 화면(F)에 장착해야 합니다.

실험 절차에 대한 몇 가지 권장 사항은 다음과 :

- 투사 방식에 맞는 정지 초음파를 얻으려면 조절판(D2)을 물속에 담그세요.
- 그림 6(b)와 같이 안정적이고 뚜렷한 패턴을 얻기 위해 수평 조절 나사를 조심스럽게 조정합니다.
- 초점 거리가 5.0cm와 15.0cm인 렌즈 두 개가 제공됩니다. 실험 B에는 이 렌즈 중 하나만 사용합니다.

B2.	투영된 정상파 패턴을 답안지 B2에 표시하십시오. 계산된 밝은 영역의 수 m_B 와 그에 해당하는 확산 $D_{(B)}$ 를 명확하게 적으십시오. 미네랄 워터의 온도를 기록합니다. 계산에 필요한 관련 실험 매개 변수도 답안지 B3에 기록해 두는 것을 잊지 마세요.	2.0
------------	--	-----

B3.	답안지 B3에 모든 관련 매개 변수를 측정하고 기록합니다. 미네랄 워터에서 소리의 파장 λ_s 를 계산합니다.	1.5
------------	--	-----

B4.	생수에서 주파수인 f_s 를 계산하고 기록합니다.	0.5
------------	-------------------------------	-----

다음 부분의 오차 분석에서는 계산을 단순화하기 위해 n_w , n_g , n_{air} 및 f_L 의 불확실성을 무시해도 됩니다.

B5.	오차 분석을 수행하여 f_s 의 불확실성을 추정합니다.	1.0
------------	----------------------------------	-----

실험 C

용액의 염분 농도를 확인하려면 다음과 같이 하세요.

이 실험에서는 생수에 알 수 없는 양의 소금이 녹아 있는 소금 용액이 들어 있는 "농도 알 수 없음"이라고 표시된 병(L)이 제공됩니다. 실험 C의 목적은 소금 용액의 농도를 알아내는 것입니다.

이 방법의 접근 방식은 유리 셀(A)에 1.5 리터의 생수에 알려진 양의 소금을 녹인 후 실험 A 또는 실험 B에서 결정한 초음파의 주파수를 사용하여 알려진 소금 농도의 물속에서 음속을 측정하는 것입니다. 실험 A와 실험 B에서 설명한 두 방법 중 하나만 사용하여 소금 용액에서 음속을 측정합니다.

음속 대 소금 용액 C_s 의 농도 그래프를 그려야 합니다(여기서 C_s 물에 녹은 소금의 질량을 물과 소금의 합한 질량으로 나눈 값입니다). 이것이 보정 곡선이 됩니다.

그런 다음 '알 수 없는 농도'라고 표시된 생수(L)에 알 수 없는 양의 소금이 녹아 있는 용액에서 음속을 측정하고 보정 곡선을 사용하여 알 수 없는 용액의 소금 농도를 결정합니다.

소금 용액의 굴절률은 소금이 첨가됨에 따라 무시할 수 있을 정도로 변화하고 그 값은 여전히 1.333 ± 0.007 로 취할 수 있다고 가정합니다.

실험 C의 경우, 각기 다른 소금 농도에 해당하는 측정을 한 번만 수행합니다.

압전 트랜스듀서와 레이저 사용하지 않을 때는 반드시 전원을 꺼야 합니다.

관찰된 패턴을 기록하려면 답안지 C1을 화면(F)에 장착해야 합니다.

C1.	사용된 각 알려진 소금 농도에 대해 관찰된 패턴을 답안지 C1에 표시하십시오. 기록된 각 패턴에 해당 소금 농도를 표시합니다. 계산에 필요한 관련 실험 매개 변수를 답안지 C2에 기록하는 것을 잊지 마세요. 마킹을 위해 추가 시트가 필요한 경우 필기 시트를 사용하세요.	1.0
C2.	답안지에 모든 관련 매개 변수를 측정하여 기록하고 알려진 각 소금 농도에서 음속인 v_s를 계산합니다.	2.0

C3.	용액의 음속 $v_{(s)}$ 을 용액의 소금 농도 C_s 에 대해 플롯합니다. 각 데이터 포인트에 대해 실험 A 또는 실험 B에서 얻은 오차 비율과 동일하다고 가정하여 오차 막대를 포함시킵니다.	1.0
-----	---	-----

이제 실험을 수행하여 "알 수 없는 농도"(L)로 표시된 용액의 알 수 없는 염 농도인 $C_{(s)}$ 를 구합니다.

C4.	소금 농도를 알 수 없는 용액에 대해 관찰한 패턴을 답안지 C4에 표시하십시오. 용액의 온도를 기록합니다. 답안지 C4에 관련 실험 매개 변수를 기록하고 이 해법에서 음속 v_s 를 계산합니다.	0.8
-----	---	-----

C5.	미지 용액의 염 농도를 구하십시오. 답안지 C5에 불확실성과 함께 답을 적으십시오.	0.2
-----	--	-----

실험 D

옥수수 시럽 용액의 음속 측정

이 실험에서는 옥수수 시럽 용액(M)이 제공되며, 이를 새 유리 셀(A) 중 하나에 부어야 합니다.

옥수수 시럽 용액의 음속은 **실험 A에 설명된 회절법을 사용하여** 측정합니다. 그러나 음속을 계산하려면 먼저 옥수수 시럽의 굴절률을 알아야 합니다.

제공된 자료를 사용하여 옥수수 시럽의 굴절률을 측정하는 실험을 설계하고 수행합니다.

D1.	설계한 실험의 라벨이 붙은 스케치를 그립니다. 이 실험을 수행하고 관련 매개 변수가 필요한 사항을 기록하고 옥수수 시럽의 굴절률을 계산합니다.	1.5
------------	---	-----

이제 옥수수 시럽의 음속을 구하기 위해 실험 A의 회절 방법에 대한 실험을 설정합니다.

D2.	답안지 D2의 테두리에 표시합니다. 속도를 계산하는 데 필요한 모든 관련 매개변수를 측정하고 기록합니다, 옥수수 시럽 용액에서 소리의 크기입니다.	1.0
------------	---	-----

실험 D에는 오류 분석이 필요하지 않습니다.

---논문 끝---