

나선형 구조로 인한 회절¹

(총 점수: 10)

소개

"DN의 나선형 구조로 유명한 호놀룰루 프랭클린의 실험실에서 촬영한 DNA의 마법사(그림 1), 사진 51"은 회절을 이해합니다. **목적** 1952년 왓슨과 크릭이 이중 A를 발견하는 데 기초가 되었습니다. 이 실험은 기하학적 X-선 광선을 이용한 나선형 구조로 인해 아타에 도움이 될 것입니다.

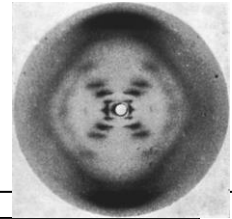


그림 1: 사진 51

회절을 사용하여 나선형 구조의 파라미터를 설정합니다.

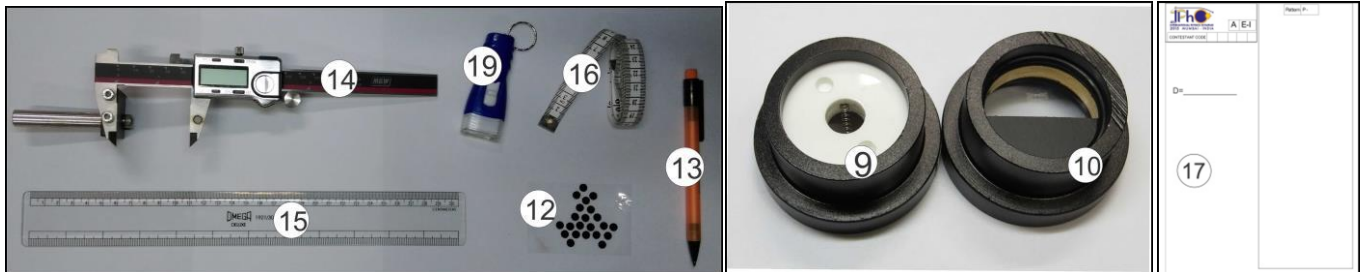
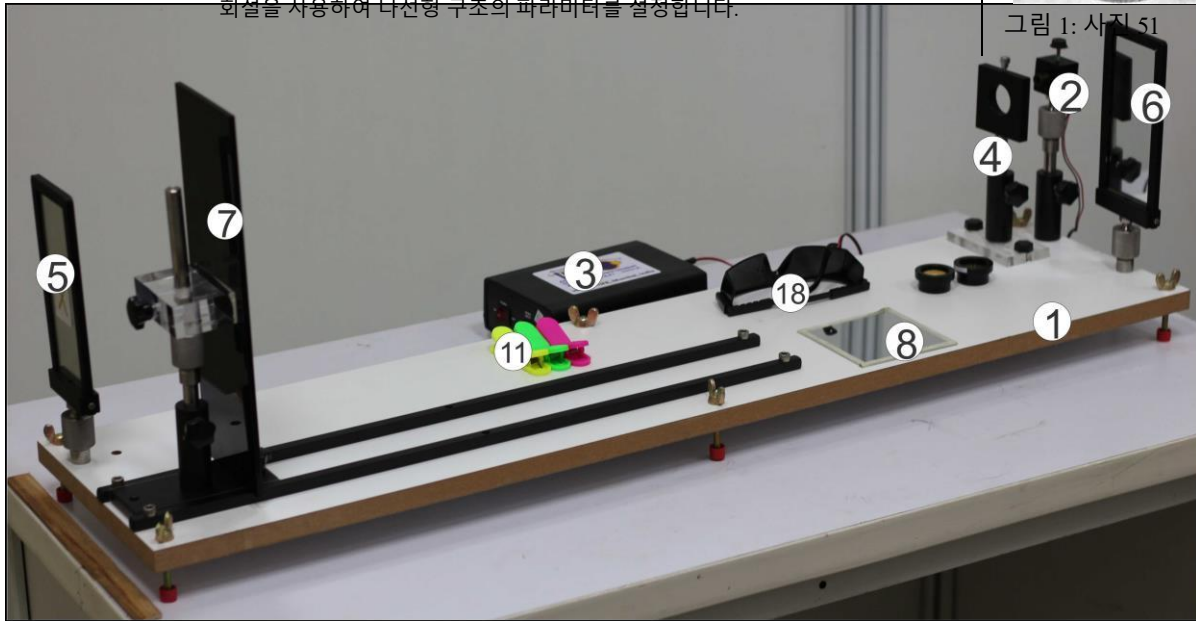


그림 2: E-I용 장치

장치 목록

[1]	목재 플랫폼	[11]	플라스틱 클립
[2]	마운트 및 베이스가 있는 레이저 소스	[12]	원형 검은색 스티커
[3]	레이저 소스를 위한 DC 조정 전원 공급 장치	[13]	기계식 연필
[4]	샘플 홀더와 베이스	[14]	마운트가 있는 디지털 캘리퍼스
[5]	왼쪽 반사경(전면 코팅 미러)	[15]	플라스틱 저울(30cm)
[6]	오른쪽 반사경(전면 코팅 미러)	[16]	줄자(1.5m)
[7]	마운트 및 베이스가 있는 스크린(10cm x 30cm)	[17]	패턴 마킹 시트
[8]	평면 거울(10cm x 10cm)	[18]	레이저 보안경
[9]	샘플 I(헬리컬 스프링)	[19]	배터리로 작동하는 손전등
[10]	샘플 II(유리판에 이중 나선형 패턴 인쇄)		

참고: [1], [3], [14], [15], [16], [18] 항목은 실험 E-II에서도 사용되었습니다.

¹ 프라빈 파탁(मुंबई HBCSE-TIFR), 차루트 카돌카르(गुवाहटी IIT), 마니쉬 카푸어(कानपुर 그리스도 교회 대학)가 이 문제의 주 저자였습니다. 학술 위원회, 학술 개발 그룹 및 국제 이사회의 공헌에 감사드립니다.

장치에 대한 설명

목재 플랫폼 [1]: 한 쌍의 가이드 레일, 레이저, 반사경, 스크린 및 샘플 마운트가 단단히 고정되어 있습니다.

마운트 및 베이스가 있는 레이저 소스 [2]: 파장 $\lambda=635\text{nm}$ ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)의 레이저 소스는 볼 조인트([그림 3의 [20])를 사용하여 베이스에 고정된 금속 마운트에 고정되어 X-Y-Z 방향으로 조정할 수 있습니다. 레이저 본체는 상단 잠금 장치를 사용하여 회전 및 고정할 수 있습니다.

나사를 조입니다. 전면 렌즈 캡(그림 3의 빨간색 화살표)을 돌려 빔 초점을 조정하여 선명하고 날카로운 회절 패턴을 얻을 수 있습니다.

DC 조정 전원 공급 장치 [3]: 전면 패널에는 강도 스위치(높음/낮음), 레이저 소스 커넥터용 소켓, USB 소켓 3개가 있습니다. 후면 패널에는 전원 스위치와 주 전원 소켓이 있습니다.

(그림 4의 삽입).

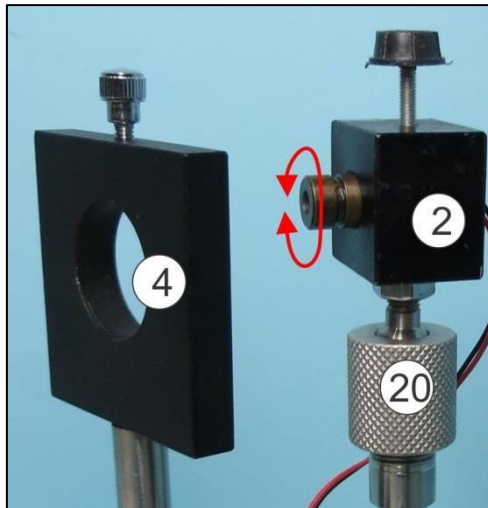


그림 3: 레이저 소스 및 샘플 홀더.
[20] 볼 조인트.



그림 4: DC 조정 전원 공급 장치

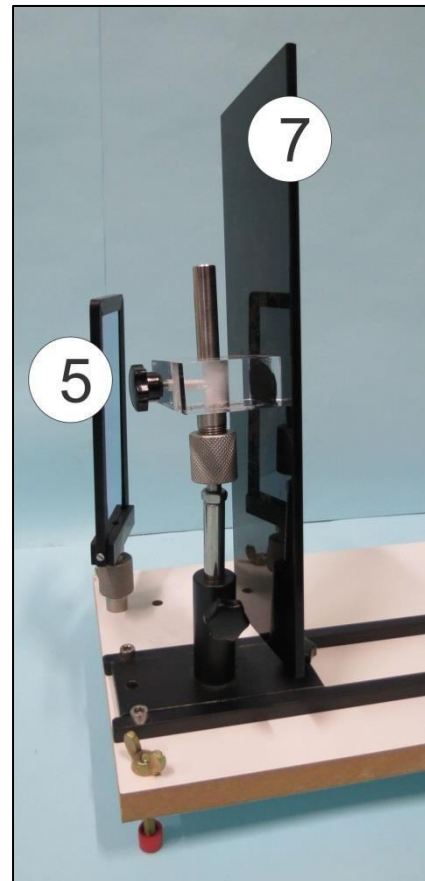


그림 5: 왼쪽 반사경 및 화면

베이스[4]가 있는 샘플 홀더: 상단 잠금 나사를 사용하여 시료를 고정합니다(그림 3). 샘플 홀더는 수평, 수직 및 회전으로 조정할 수 있습니다.

왼쪽 리플렉터 [5]: 이 리플렉터는 플랫폼에 고정되어 있습니다(그림 5). X로 표시된 쪽은 사용하지 마십시오. **오른쪽 반사경 [6]:** 이 리플렉터는 플랫폼에 고정되어 있으며 제거할 수 있습니다(실험 E-II에서는 제거됨). X로 표시된 면은 사용하지 마십시오.

스크린과 마운트 [7]: 스크린은 볼 조인트와 모든 방향으로 회전 조정이 가능한 베이스에 장착됩니다(그림 5). 필요에 따라 그림 2 또는 그림 6과 같이 스크린을 고정할 수 있습니다.

샘플 I [9]: 흰색 아크릴 판을 사용하여 원형 마운트에 고정된 나선형 스프링입니다.

샘플 II [10]: 원형 마운트에 고정된 유리판에 이중 나선형 패턴이 인쇄되어 있습니다.

마운트 [14]가 있는 디지털 캘리퍼: 디지털 캘리퍼는 마운트에 고정되어 있습니다(E-II에서는 마운트 필요). 커기/끄기 스위치, 판독값을 0으로 재설정하는 스위치, 밀리미터/인치 선택기(밀리미터 유지), 잠금 나사, 오른쪽 턱을 움직이기 위한 노브가 있습니다. 디지털 캘리퍼는 패턴 마킹 시트에서 측정하는 데 사용할 수 있습니다.

패턴 마킹 시트 [17]: 주어진 패턴 마킹 시트를 반으로 접을 수 있습니다.

플라스틱 클립을 사용하여 화면에 클립으로 고정합니다. 직사각

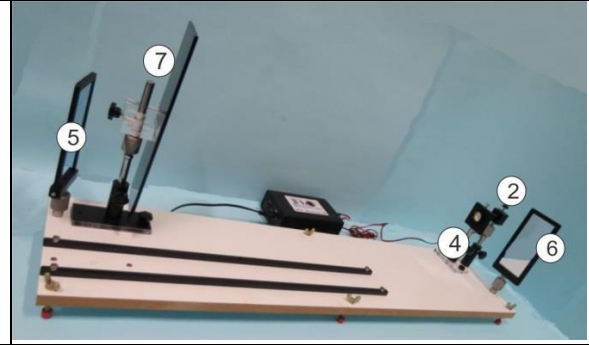


그림 6: 다음과 비교한 화면의 대체 위치
형 상자 안에 회절 패턴을 표시해야 합니다.
그림 2에 표시된

이론

파장 λ 레이저 빔이 직경 a 의 원통형 와이어에 정상적으로 와이어에 수직인 방향으로 회절됩니다. 화면에서 관찰되는 결과 강도 패턴은 그림 7에 나와 있습니다.

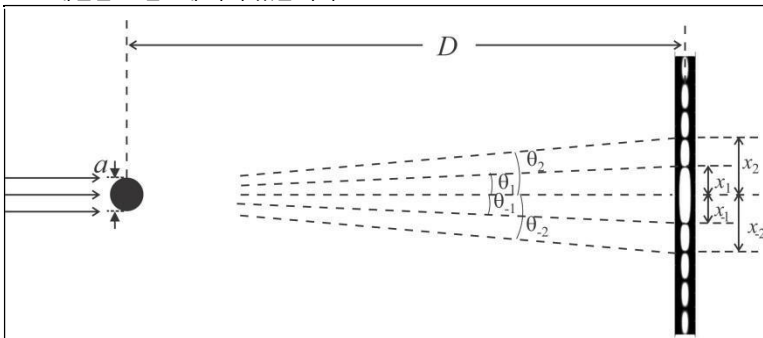


그림 7: 직경이 하나의 원통형 와이어로 인한 회절 패턴의 모식도 a

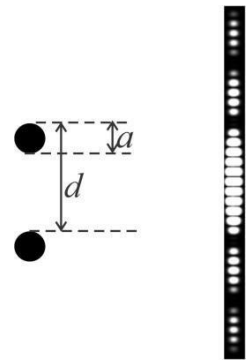


그림 8: 두 개의 원통형 와이어로
인한 회절 패턴의 개략도

입사 방향에 대한 각도 θ 의 함수로서의 강도 분포는 다음과 같이 주어집니다.

$$I(\theta) = I(0) \left[\frac{\text{sinc}(\beta)}{\beta} \right]^2 \quad \text{여기서 } \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

중앙 지점은 밝고 다른 각도에서 최소 β ($\beta \neq 0$)가 0이면 강도가 사라집니다. 따라서 강도 분포는 다음과 같이 주어지는 θ_n 각도에서 n^{th} 최소값을 갖습니다.

$$\theta_n = \pm n \frac{\lambda}{a} \quad n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

여기서 $\pm$ 는 중앙 지점 ($\theta=0$)의 양쪽을 의미합니다.

두 개의 평행한 동일한 와이어가 서로 d 거리를 유지했을 때 발생하는 회절 패턴(그림 8)은 두 가지 패턴(단일 와이어로 인한 회절과 두 개의 와이어로 인한 간섭)의 조합입니다. 결과적인 강도 분포는 다음과 같습니다.

$$I(\theta) = I(0) \cos^2 \delta \left[\frac{\text{sinc}(\beta)}{\beta} \right]^2$$

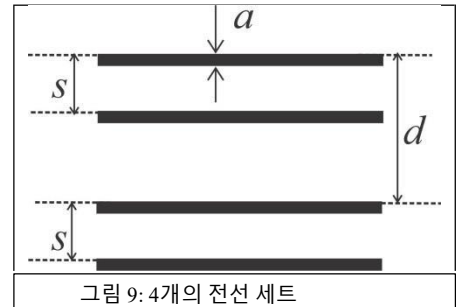
$$\text{여기서 } \delta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \quad \text{그리고 } \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

와이어에서 큰 거리 D 배치 된 화면의 경우 화면에서 최소값의 위치는 다음에서 관찰됩니다.

$$x_{\pm n} = \pm n \frac{\lambda D}{a} \quad \text{회절로 인해} \quad x_{\pm m} = \pm (m - \frac{1}{2}) \frac{\lambda D}{d}$$

(여기서 $m, n=1, 2, 3, 4, 5 \dots$)로 인한 간섭 때문입니다. 마찬가지로 4개의 동일한 와이어 세트(그림 9)의 경우, 순 강도

분포는 각 와이어의 회절과 와이어 쌍으로 인한 간섭의 조합이므로 ad 및 s 에 따라 달라집니다. 즉, 세 가지 다른 강도 패턴의 조합이 관찰됩니다.



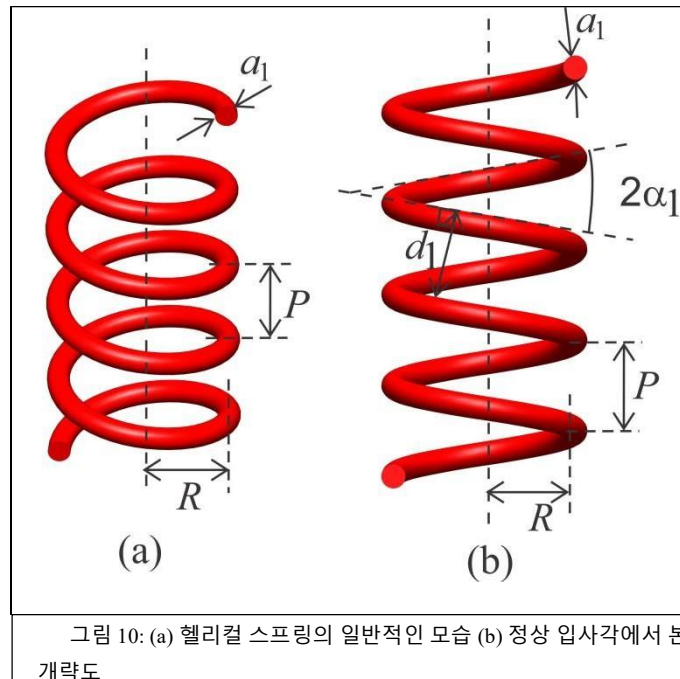
초기 조정

1. 레이저 소스를 켜고 레이저 스폿이 화면에 떨어지도록 양쪽 리플렉터를 조정합니다.
2. 플라스틱 저울을 사용하여 레이저 빔이 나무 플랫폼과 평행이 되도록 레이저 마운트와 반사경을 조정합니다.
3. 레이저 스폿이 화면 중앙 근처에 있는지 확인합니다.
4. 레이저 소스를 끕니다. 패턴 마킹 시트를 화면에 고정합니다.
5. 플라스틱 클립을 사용하여 주어진 평면 거울을 화면에 고정하고 레이저를 다시 켭니다.
6. 레이저 빔이 레이저 소스로 되돌아가는 경로를 따라가도록 화면을 조정합니다. 정렬이 완료되면 미러를 제거합니다.
7. 큐비클의 조명은 필요에 따라 켜고 끌 수 있습니다.

실험

파트 A: 헬리컬 스프링의 기하학적 파라미터 결정²

샘플 1은 그림 10(a) 같이 균일한 두께의 와이어 a_1 로 만들어진 반경 R 및 피치 P 의 나선형 스프링입니다. 정상 입사각에서 볼 때 투영은 동일한 두께의 두 세트의 평행 와이어가 거리 d_1 와 그 사이의 각도 $2\alpha_1$ 로 분리된 것과 동일합니다(그림 10(b)).



²참고: G. 브라운, D. 티어니, H. 슈미처, 물리 교사. **49**, 140 (2011).

- 스프링이 수직이 되도록 샘플 홀더에 샘플 I을 장착합니다.
- 패턴 마킹 시트에 명확하고 선명한 X자 회절 패턴을 얻습니다.
- 이를 위해 다음을 조정할 수 있습니다.
 - 레이저 빔 초점(렌즈 캡 회전)
 - 빔 방향(스프링의 두 바퀴만 비추도록 레이저 본체 회전)
 - 레이저 강도(전원 공급 장치의 높음/낮음 스위치)
 - 주변 조명(큐비클 조명 켜기 또는 끄기)

중앙 최대값이 매우 밝은 경우 패턴 표시 시트에 동그란 검은색 스티커를 붙여 산란을 줄일 수 있습니다.

작업	설명	마크
A1	강도 최소값의 적절한 위치(주어진 연필 [13]을 사용하여)에 표시하여 a_1 을 결정합니다. $d_{(1)}$ 패턴 표시 시트의 중앙 지점 양쪽에 표시합니다. 패턴에 라벨을 붙이세요. 시트를 P-1, P-2 등으로 표시합니다.	0.7
A2	디지털 캘리퍼스를 사용하여 적절한 거리를 측정하고 표 A1에 기록합니다. 결정 a_1 .	0.5
A3	적절한 그래프를 그려서 그래프 A1에 레이블을 지정하고 기울기에서 a_1 을 구합니다.	0.7
A4	적절한 거리를 측정하고 표 A2에 기록하여 d_1 을 결정합니다.	0.8
A5	적절한 그래프를 그려서 그래프 A2에 레이블을 붙이고 기울기에서 d_1 을 구합니다.	0.6
A6	X자 패턴에서 각도를 결정합니다 α_1 .	0.2
A7	$P_{\text{옵}} d_1$ 및 α_1 로 표현하고 P 을 계산합니다.	0.2
A8	RP 및 α_1 로 표현하고 R 을 계산합니다(a_1 무시).	0.2

파트 B: 이중 나선형 패턴의 기하학적 파라미터 결정

그림 11(a)는 이중 나선의 두 차례 회전을 보여줍니다. 그림 11(b)는 정상 입사각에서 보았을 때 이 이중 나선을 2차원 투영한 것입니다. 두께 a_2 의 각 나선은 각도 $2\alpha_2$ 와 회전 사이의 수직 거리 d_2 를 가집니다. 두 나선 사이의 간격은 s 입니다. 샘플 II는 유리판에 인쇄된 이중 나선형 패턴으로(그림 12), 회절 패턴은 다음과 유사합니다.

이중 나선. 이 부분에서는 샘플 II의 기하학적 매개 변수를 결정합니다.

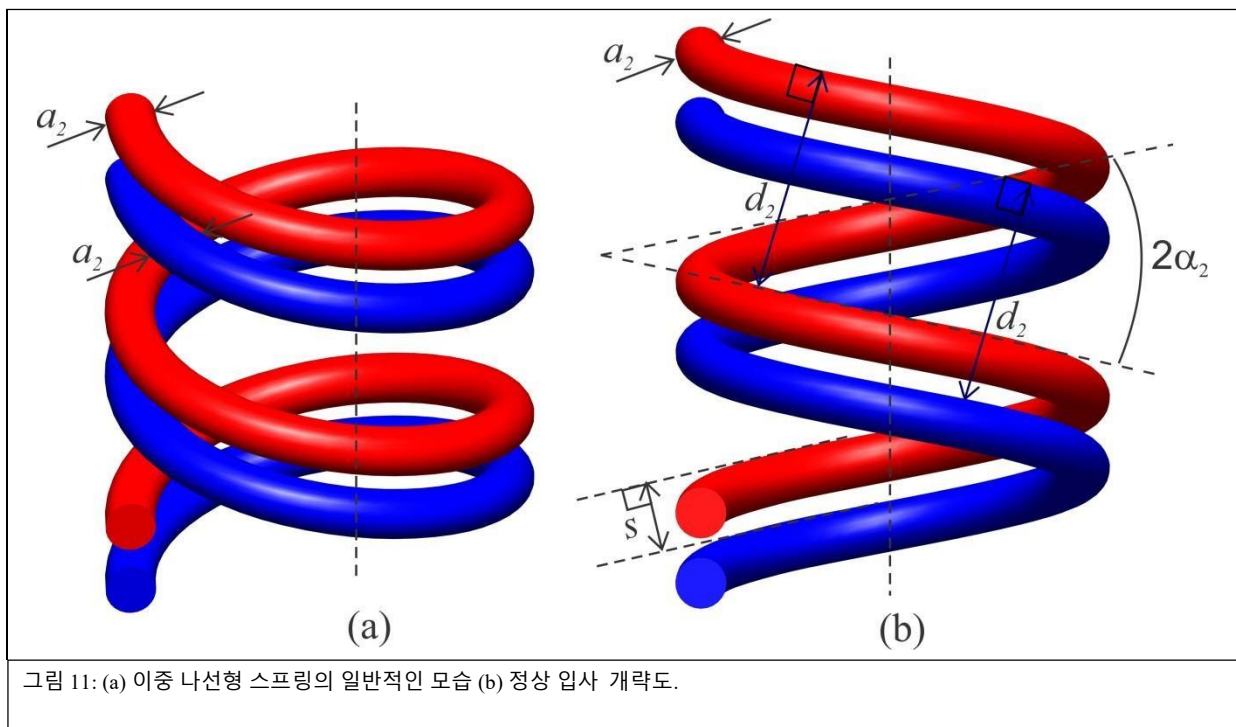


그림 11: (a) 이중 나선형 스프링의 일반적인 모습 (b) 정상 입사 개략도.

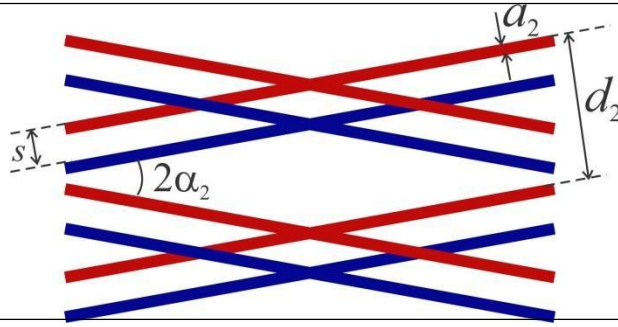


그림 12: 샘플 II의 이중 나선형 패턴

- 샘플 홀더에 샘플 II를 장착합니다.
- 화면에 새 패턴 표시 시트를 부착합니다.
- 화면에서 선명하고 또렷한 X자 회절 패턴을 얻을 수 있습니다.

작업	설명	마크
B1	중앙 지점의 양쪽에 최소값의 적절한 위치를 표시하여 다음을 결정합니다. a_2, s 및 d_2 . 패턴 마킹 시트를 두 개 이상 사용할 수 있습니다.	1.1
B2	적절한 거리를 측정하고 표 B1에 기록하여 a_2 를 결정합니다.	0.5
B3	적절한 그래프를 그려서 그래프 B1에 레이블을 지정하고 기울기에서 a_2 를 구합니다.	0.5
B4	적절한 거리를 측정하고 표 B2에 기록하여 s 를 결정합니다.	1.2
B5	적절한 그래프를 그려서 그래프 B2에 레이블을 지정하고 기울기를 통해 s 를 결정합니다.	0.5
B6	적절한 거리를 측정하고 표 B3에 기록하여 d_2 를 결정합니다.	1.6
B7	적절한 그래프를 그려서 그래프 B3에 레이블을 지정하고 기울기에서 d_2 를 구합니다.	0.5
B8	X자 패턴에서 각도를 결정합니다 α_2 .	0.2

물 위의 표면장력파에 의한 회절¹

소개

액체 표면에서 파동의 형성과 전파는 중요하고 잘 연구된 현상입니다. 이러한 파동의 경우 진동하는 액체에 대한 복원력은 부분적으로는 중력에 기인하고 부분적으로는 표면 장력에 기인합니다. 임계 파장보다 훨씬 작은 파장인 λ_c 의 경우 중력의 영향은 다음과 같습니다.

무시할 수 있으며 표면 장력 효과만 고려해야 합니다 ($\lambda_c = 2\pi\sqrt{\frac{\sigma}{\rho g}}$, 여기서 σ 는 표면입니다).

장력, ρ 는 액체의 밀도, g 는 중력에 의한 가속도).

이 파트에서는 λ_c 보다 파장이 작은 액체 표면의 표면장력파에 대해 공부합니다. 표면장력은 액체 표면이 늘어난 막처럼 행동하는 액체의 특성입니다. 액체 표면이 교란되면 교란은 막에서와 파동으로 전파됩니다. 전기 구동 진동기는 수면에 파동을 생성하는데 사용됩니다. 레이저 빔이 이러한 표면 파동에 직각으로 입사하면 반사 격자 역할을 하여 잘 정의된 회절 패턴을 생성합니다.

표면장력파는 전파될 때 감쇠(진폭이 점차 감소)됩니다. 이러한 감쇠는 액체의 점성, 즉 액체의 인접한 층이 서로 상대적인 운동을 반대하는 특성으로 인해 발생합니다.

목표

물에 대한 표면장력파의 회절을 사용하여 주어진 물 샘플의 표면장력과 점도를 측정합니다.

장치 목록

	[1]	빛 미터 (연결된 에 light 센서 assembly)
	[2]	버니어에 장착된 광 센서 어셈블리 스크린 베이스에 캘리퍼 배치
	[3]	태블릿 컴퓨터(사인파 발생기로 사용)
	[4]	디지털 멀티미터
	[5]	진동기 컨트롤 박스
	[6]	목재 플랫폼
	[7]	움직이는 광 센서 어셈블리용 트랙
	[8]	DC 조정 전원 공급 장치
	[9]	육각 키, 줄자 및 플라스틱 저울
그림 1: 목재 플랫폼 유닛		
	[10]	진동기 위치 마커가 있는 저울 및 라이다
	[11]	진동기 어셈블리
	[12]	물 트레이
	[13]	플라스틱 커버
	[14]	진동기 높이 조절용 어셈블리
	[15]	레이저 소스 2 (파장, $\lambda_L = 635\text{nm}$, $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)

¹ 이 문제의 주 저자는 Shirish Pathare(뭄바이, HBCSE)와 KGM Nair(첸나이, CMI)입니다. 학술 위원회, 학술 개발 그룹 및 국제 이사회의 공헌에 감사드립니다.

	[16]	실험용 물 샘플
	[17]	500ml 계량 실린더

그림 2: 진동기/레이저 소스 장치

장치에 대한 설명

a) 사인파 발생기로서의 태블릿 컴퓨터

	[18]: 전원 스위치
	[19]: 볼륨 높이기
	[20]: 볼륨 낮추기
	[21]: 충전 포트
	[22]: 진동기 제어에서 나오는 케이블의 오디오 커넥터 핀용 소켓 box[5]

그림 3: 태블릿의 스위치 및 소켓

참고

- 태블릿을 항상 충전 상태로 유지하세요.

- 전원 스위치를 한 번 가볍게 누르면 초기 화면이 표시됩니다.
- '볼륨 크게' 버튼[19]을 사용하여 출력 볼륨을 최대로 유지합니다.

	아이콘[23]을 터치하고 밀어서 잠금 해제	아이콘 [24]을 탭하여 사인파 발생기를 시작합니다.

그림 4: 태블릿의 초기 화면

	[25]: 파형 선택기(항상 "SIN"으로 유지)
	[26]: 진폭 슬라이더
	[27]: 주파수 슬라이더
	[28]: 주파수 값 필드 [Hz]
	[29]: 애플리케이션 상태 표시기/스위치 "꺼짐" - 사인파 발생기가 꺼짐 "켜짐" - 사인파 발생기가 켜짐

그림 5: 사인파 발생기 애플리케이션

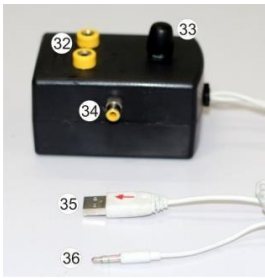
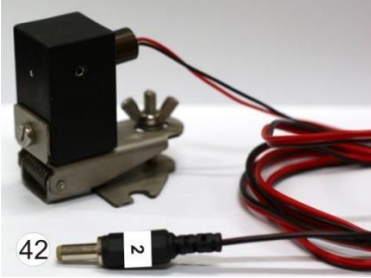
	빈도를 변경하려면
	• 주파수 값 필드 [28](그림 5)를 탭하여 숫자 패드를 표시합니다. • 백스페이스 버튼 [30]을 사용하여 주파수 값을 지웁니다. • 필요한 주파수를 입력하고 '완료' 버튼[31]을 누릅니다.

그림 6: 주파수 값을 입력하는 숫자 패드가 표시된 화면

진폭을 변경하려면

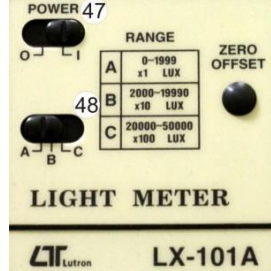
- 태블릿 화면의 진폭 슬라이더 [26] 또는 진동기 컨트롤 박스 [5]의 가변 노브 [33]를 사용하여 출력 진폭을 변경합니다.

b) 진동기 컨트롤 박스, 디지털 멀티미터, DC 조정 전원 공급 장치 및 그 연결부

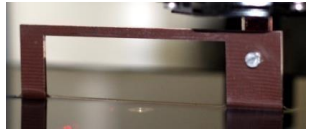
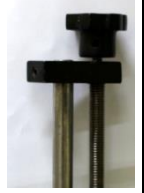
		
[32]: 케이블 연결용 소켓 멀티미터에서	[37]: 진동기 스트립	그림 10: 레이저 소스 2[15](장착됨) 커넥터[42]가 있는 금속 블록에)
[33]: 다양한 진폭을 위한 노브 사인파의	[38]: 에서 케이블의 핀 진동기 어셈블리	
[34]: 케이블 핀용 소켓 진동기 어셈블리에서	그림 8: 진동기 어셈블리[11]	
[35]: DC 조정 전원 공급 장치에 연결할 USB 핀	[39]: AC/DC 셀렉터 스위치	[43]: 강도 스위치("높음" 위치 유지)
[36]: 연결할 오디오 핀 태블릿으로	[40]: 범위 선택기 노브	[44]: 의 USB 핀용 USB 소켓 진동기 컨트롤 박스
	[41]: 입력 소켓	[45]: 레이저 커넥터용 소켓 소스 2
그림 7: 진동기 컨트롤 박스[5]	그림 9: 디지털 멀티미터[4]	그림 11: DC 조정 전원 공급 장치[8]

			
[36]→ [22]	[38]→ [34]	[41]↔ [32]	[35]→ [44] 및 [42]→ [45]
그림 12: 태블릿, 진동기 컨트롤 박스 및 DC 조정 전원 공급 장치 간 연결			

c) 광 센서 어셈블리 및 조도계

			
[46]: 광 센서의 원형 조리개	[47]: 조도계의 전원 스위치	버니어 캘리퍼의 한쪽 턱	육각 키를 사용하여 나사를
[47]: 조도계의 전원 스위치	[48]: A, B, C - 조도계의 감도 범위	라이트 센서 슬롯에 장착할 수 있습니다.	조입니다.
그림 13: 광 센서 어셈블리 및 조도계		그림 14: 광 센서 어셈블리 부착	

초기 조정

				
그림 15: 오른쪽 제거 리플렉터	그림 16: 베이스 나사 접촉 나무 스트립	그림 17: 높이 조절을 위한 진동 스트립과 검은색 노브의 올바른 위치		

1. 레이저 1 커넥터를 분리하고 레이저 2 커넥터를 DC 조정 전원 공급장치의 소켓에 삽입합니다. 참고: 레이저 2는 이미 특정 입사각에 맞게 조정되어 있습니다. 레이저 소스를 만지지 마세요!
2. 나무 플랫폼 아래의 볼트를 돌려 E-I에 사용된 오른쪽 반사경을 제거합니다(그림 15).
3. E-I에 사용된 스크린을 제거하고 광센서 어셈블리를 스크린 베이스에 삽입합니다. 스크린 베이스를 트랙의 가이드 레일 사이에 놓습니다.
4. 목재 플랫폼 [6]의 베이스 나사가 작업대에 부착된 목재 스트립에 닿도록 배치합니다(그림 16).
5. 진동기/레이저 소스 장치의 플라스틱 커버의 측면 덮개를 올립니다. 측정 실린더 [17]를 사용하여 물 샘플 500ml를 트레이 [12]에 정확히 붓습니다.
6. 레이저를 켭니다. 광센서에서 반사된 레이저 스폿을 찾습니다. 트랙을 따라 광센서 어셈블리를 앞뒤로 움직일 때 레이저 스폿이 수직이 아닌 비스듬히 수직으로 움직여야 합니다. 나무 플랫폼을 약간 측면으로 조정하고 광 센서 어셈블리를 수직으로 움직이면 조리개에 레이저 스폿을 정확히 맞출 수 있습니다. 레이저 스폿의 중심이 조리개 중심과 일치하면 조도계가 표시하는 강도가 최대가 됩니다.
7. 진동 스트립이 이미 올바른 수직 위치에 배치되어 있습니다. 높이 조절 어셈블리 [14]의 검은색 노브를 변경하지 마세요(그림 17).
8. 진동기 어셈블리는 수평으로 앞뒤로 움직일 수 있습니다. 진동기 위치 마커는 눈금[10]에서 어셈블리의 위치를 나타냅니다.
9. 데이터를 기록하는 동안에는 기류로부터 수면을 보호하기 위해 플라스틱 커버의 덮개를 내린 상태로 유지하세요.

실험

파트 C: 레이저 빔과 수면 사이의 각도 θ 측정

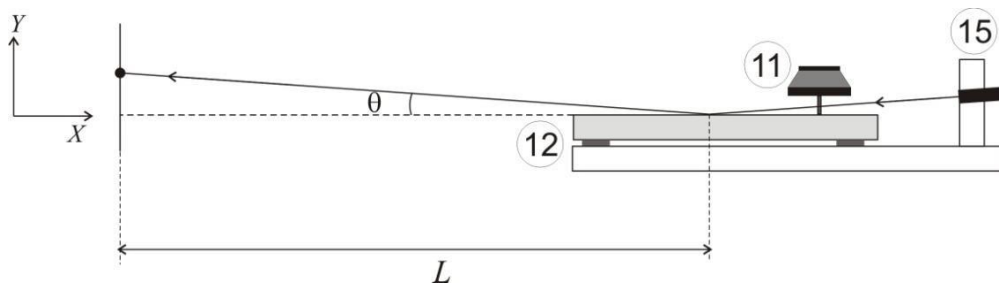


그림 18: 각도 θ 측정

작업	설명	마크
C1	광 센서 어셈블리를 트랙을 따라 적절한 단계로 이동합니다. 어셈블리의 x 변위와 레이저 스폿의 해당 y 변위를 기록합니다. 판독값을 다음 위치에 기록합니다. 표 C1. (조도계에서 적절한 범위를 선택합니다.)	1.0
C2	적절한 그래프를 플롯하고(그래프 C1이라고 레이블을 지정) 기울기로부터 각도 θ 를 도 단위로 결정합니다.	0.6

파트 D: 주어진 물 시료의 표면 장력 σ 측정

회절 이론을 통해 다음과 같은 사실을 알 수 있습니다.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda_L} \sin\theta \sin\gamma \quad (1)$$

여기서 $k = \frac{2\pi}{\lambda_w}$ 는 표면장력파의 파수입니다,
w

λ_w 및 $\lambda_{(L)}$ 은 각각 표면장력파 및 레이저의 파장을 나타냅니다.

각도 γ 는 중앙 최대값과 1차 최대값 사이의 각도 거리입니다(그림 19).

파동의 진동 주파수(f)는 다음과 같이 파수 k 와 관련이 있습니다.

$$\omega = \sqrt{\frac{\sigma k^3}{\rho}} \quad (2)$$

여기서 $\omega = 2\pi f$, ρ 는 물의 밀도, q 는 정수입니다.

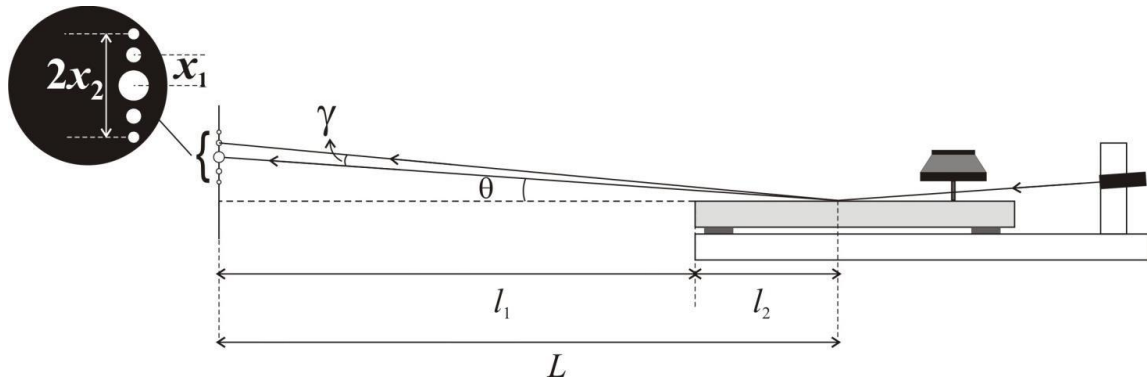


그림 19: 장치의 개략도

- 그림 1에 표시된 위치에 조도 센서 어셈블리(스크린 베이스의 조임 볼트를 사용)를 고정합니다. 조도계에서 적절한 범위를 선택합니다.

작업	설명	마크
D1	광 센서 조리개와 물 트레이의 바깥쪽 가장자리 사이의 길이 l_1 을 측정합니다. 레이저가 수면에 닿는 선이 보일 것입니다. 이 선의 중앙이 바로 레이저. 가장자리로부터 이 점의 거리인 L 을 측정합니다. L 을 구하여 답안지에 기록합니다.	0.3

- 진동기 위치 마커를 수평 눈금[10]의 7.0cm 표시로 설정합니다.
- 사인파 주파수를 60Hz로 설정하고 회절 패턴의 1차 및 2차 최대값이 선명하게 보이도록 진폭을 조정합니다(그림 19 삽입).

작업	설명	마크
D2	중앙 최대값 위와 아래 두 번째 최대값 사이의 거리를 측정합니다. 따라서 x_1 을 계산합니다. 관찰한 내용을 표 D1에 기록합니다. 적절한 단계로 주파수를 증가시키면서 이 과정을 반복합니다.	2.8
D3	기울기가 q 의 값을 나타내는 적절한 그래프에 적합한 변수를 . 표 D2에 변수 값을 입력합니다. 그래프를 플롯하여 q 를 찾습니다(그래프 D1이라고 레이블을 지정합니다). 방정식을 적습니다. 2를 적절한 정수 값인 q 로 대체합니다.	0.9
D4	방정식 2에서 기울기가 σ 의 값을 나타내는 적절한 그래프에 적합한 변수를 찾습니다. 표 D3에 변수 값을 입력합니다. 그래프를 플롯하여 σ 를 결정합니다(그래프에 그래프 D2). ($\rho=1000 \text{ kg.m}^{-3}$).	1.2

파트 E: 감쇠 상수 δ 및 액체의 점도 η 의 결정

표면장력파는 물의 점성으로 인해 감쇠됩니다. 파동 진폭 h 는 진동기로부터 측정된 거리 s 에 따라 기하급수적으로 감소합니다,

$$h = h_0 e^{(-\delta s)} \quad (3)$$

여기서 h_0 은 진동기 위치에서의 진폭이고 δ 는 감쇠 상수입니다.

실험적으로 진폭 $h_{(0)}$ 은 진동기 어셈블리에 적용된 전압 (V_{rms})과 다음과 같이 연관될 수 있습니다,

$$h_0 \propto (V_{\text{rms}})^{(0.4)} \quad (4)$$

감쇠 상수는 다음과 같이 액체의 점도와 관련이 있습니다.

$$\delta = \frac{\pi \eta f}{3 \sigma} \quad (5)$$

여기서 액체의 점성입니다.

1. 진동기 위치 마커를 8.0cm로 설정합니다.
2. 주파수를 100Hz로 조정합니다.
3. 버니어 사용하여 광 센서를 조정하여 회절 패턴의 1차 최대값이 조리개에 떨어지도록 합니다.
4. 조도계의 판독값이 A 범위에서 100이 되도록 사인파의 진폭(V_{rms})을 조정합니다. 조도계 판독값에 해당하는 V_{rms} 를 기록해 둡니다.
5. 진동기를 레이저의 입사 지점에서 0.5cm 단계로 멀리 이동하고 조정합니다.
 V_{rms} 를 입력하면 조도계 수치가 100이 됩니다. 해당 V_{rms} 를 기록합니다.

작업	설명	마크
E1	표 E1에 모든 단계에 대한 데이터를 기록합니다.	1.9
E2	적절한 그래프를 플롯하고(그래프 E1이라고 표시) 기울기로부터 감쇠 상수 δ 를 구합니다.	1.0
E3	주어진 물 샘플의 점도 η 를 계산합니다.	0.3