



광학 측정

이 실험에서는 사용 가능한 장비를 사용하여 샘플의 광학적 특성을 달성 가능한 최고 정확도로 측정합니다.

참고: 테이블 아래에서 두 번째 실험에 사용할 큰 물병 2개를 찾을 수 있습니다.

- 마시지 마세요.

파트 A에서는 투명 디스크의 굴절률을 측정하기 위해 두 가지 방법을 사용합니다. 첫 번째 방법은 전통적인 방법이고 두 번째 방법은 독창적이며 더 높은 수준의 정확도를 가능하게 합니다.

파트 B에서는 레이저 파장 λ 과 회절 격자 d 의 격자 상수 사이의 비율을 측정하여 가능한 가장 높은 수준의 정확도를 달성하는 것을 목표로 합니다.

파트 C에서는 삼각형 프리즘의 굴절률을 다시 측정하여 최고 수준의 정확도에 도달하려고 시도합니다.

실험을 위해 시험장은 시험 시작 20분 후부터 100분 동안 어두워집니다(필요한 경우 테이블 램프를 사용할 수 있음). 파트 A의 측정은 어둠 속에서 수행하는 것이 더 편리하지만, 대부분의 측정은 밝은 곳에서도 수행할 수 있습니다.

칸막이 벽을 스크린으로 사용하고 칸막이 벽에 접착 테이프를 붙일 수 있습니다. 이 실험에서는 다이오드 레이저를 광원으로 사용합니다.

레이저 안전 지침:

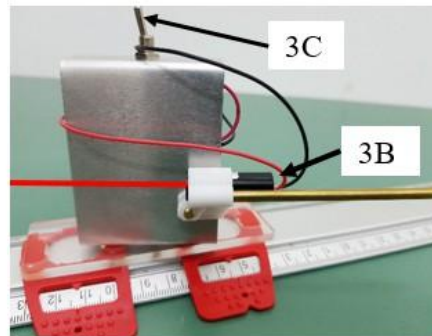
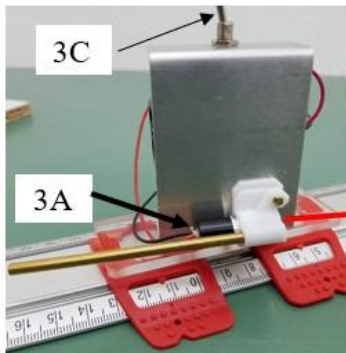
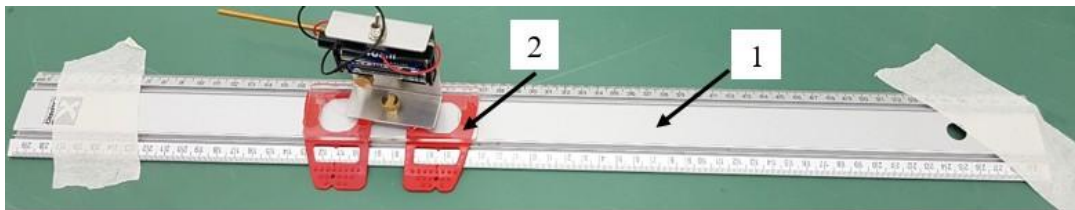
- 레이저 빔을 직접 쳐다보지 마세요!
- 모든 실험에서 레이저 빔은 수평을 유지합니다. 표면에서 레이저 빔의 위치를 측정할 때는 **항상 머리가 빔의 높이보다 위에 있는지 확인하세요.**
- 레이저 빔을 실험용 칸막이의 입구를 향해 조준하지 마세요.
- 측정을 수행하지 않을 때는 지정된 스위치를 사용하여 레이저를 끄세요.

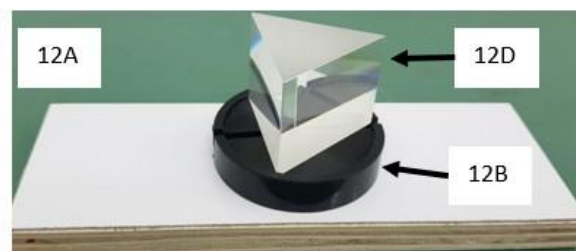
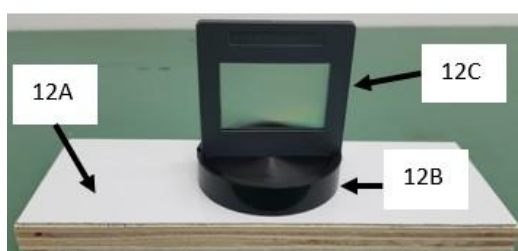
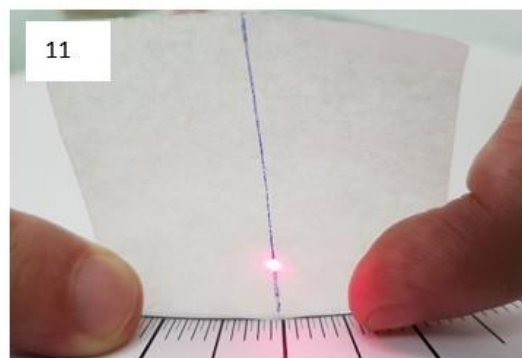
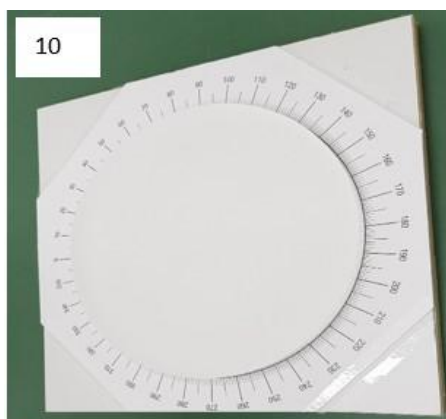
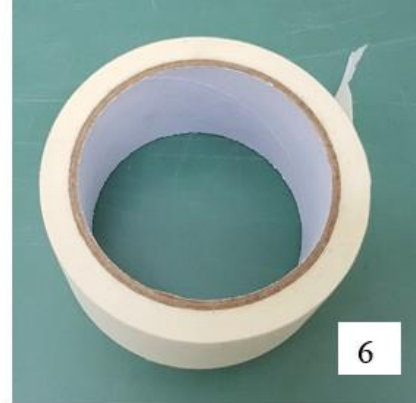
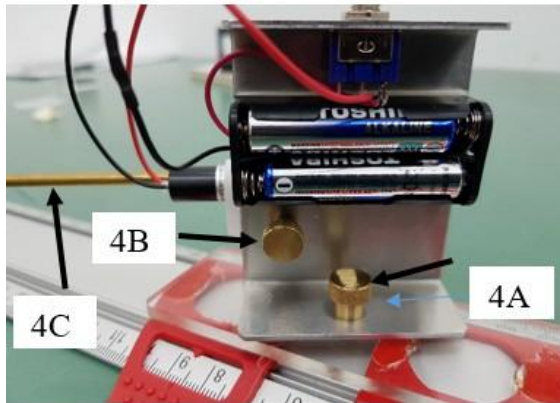
장비 목록

1~9번 장비 조각은 문제의 모든 부분에 사용되며, 10~12번 장비 조각은 문제의 각 부분에 사용됩니다. 여러 개의 광학 장비가 주어지므로 표면이 더러워지지 않도록 장비의 수직면을 직접 만지지 않도록 합니다.

1. 자, 길이 60cm
2. 눈금자를 따라 이동할 수 있는 슬라이더
3. 슬라이더에 장착된 레이저 소스. 레이저는 두 가지 높이 또는 레벨로 설정할 수 있습니다: 파트 A의 경우 낮은 레벨 3A, 파트 B 및 C의 경우 높은 레벨 3B. 레이저의 온/오프 스위치는 그림에서 3C로 표시되어 있습니다.
4. 나사 4A와 4B의 장력은 회전 저항과 기기의 안정성을 제어합니다. 작은 금속 막대 4C를 사용하여 레이저의 방향을 변경합니다. 레이저의 높이를 변경하려면 4C를 180도 회전합니다. 빔 편광은 미리 조정되어 있으므로 빔 축을 중심으로 레이저를 회전하지 마세요.
5. 스크린: 칸막이 벽을 사용할 수 있으며, 벽이 서로 수직이라고 가정할 수 있습니다.
6. 테이블에 장비를 부착하는 데 사용할 수 있는 접착 테이프 롤
7. 유연한 측정 테이프
8. 다양한 눈금자
9. 테이블 램프

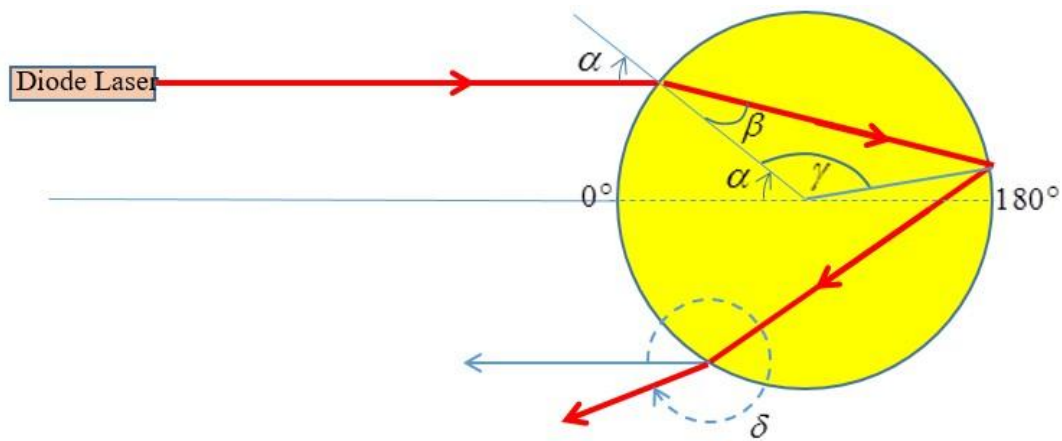
10. 직경 20.00cm의 둥근 투명 디스크를 각도기에 고정하고 나무 받침대에 붙입니다 (파트 A 용). 나무 받침대에 부착된 작은 나무 큐브 4개를 제거해야 합니다.
11. 디스크 측면에 임시로 (손으로) 부착할 수 있는 투명 스크린으로 사용할 수 있는 양피지로, 광택이 있는 디스크 표면을 더럽히지 않고 출구 지점을 측정할 수 있습니다(파트 A용). 그림과 같이 종이에 선을 그리면 빔 출구 지점을 더 정확하게 측정할 수 있습니다.
12. 회전 격자(12C) 또는 삼각 프리즘(12D)을 장착하기 위해 수직축을 따라 회전할 수 있는 나무 조각(12A)과 실린더 홀더(12B)가 있습니다.





파트 A: 디스크의 굴절률(5.5점)

이 부분에서는 투명한 디스크 내부에서 굴절 및 반사되는 광선의 경로를 관찰하여 투명 디스크의 굴절률을 측정합니다.



실험의 개략도

정의 및 기호:

α	디스크와 들어오는 빔 사이의 입사 각도
$2\Delta\alpha$	입사각의 각도 확산, 즉 입사각의 값 범위의 크기입니다. α
β	디스크 내부의 굴절 각도
γ	$= 180^\circ - 2\beta$
n	디스크 재료의 굴절률
N	빔이 디스크에서 공중으로 나오기 전에 디스크의 경계에 닿는 횟수(스케치에서는 $N = 3$)입니다.
δ	들어오는 빔의 반대 방향과 나가는 빔의 방향 사이의 각도로, 시계 방향으로 측정합니다(스케치는 $N = 3$ 에 대해 δ 각도를 보여줍니다).
$2\Delta\delta$	각도 확산 δ

α, β 및 δ 각도가 있음을 보여줄 수 있습니다:

$$\delta = 2\alpha + (N - 1)(180^\circ - 2\beta). \quad (1)$$

이 도출하지 않고 사용할 수 있습니다.

접착 테이프를 사용하여 레이저 빔의 입사각을 제어하기 위해 테이블에 자를 부착하고 입사각을 쉽게 측정할 수 있는 방식으로 레이저를 조정합니다. 그런 다음 접착 테이프를 노출된 나무 바닥과 테이블의 모서리에 부착하여 디스크를 테이블에 부착합니다. 금속 막대 4C로 경사를 조정합니다. 레이저는 두 가지 높이로 설정할 수 있습니다.



Q1-5

영어(공식)

레이저는 입사 빔이 S 편광(반사가 더 높은 편광)이 되도록 미리 튜닝되어 있습니다(파트 A는 낮음, 파트 B와 C는 높음). 입사 빔의 편광을 변경하지 마십시오(빔 축을 중심으로 레이저를 회전하지 마십시오)!

A.1 슬라이더가 있는 눈금자, 디스크, 디스크가 있는 눈금자, 그리고 레이저 빔이 통과한 경로입니다. 입사각을 표시합니다. α $^{\circ} \leq \alpha \leq 75^{\circ}$ 사이에서 일련의 측정을 수행하고 다음을 작성합니다. 표 1에서, α , $\Delta\delta$ 를 아래로
참고: δ 를 측정할 때는 디스크에서 직접 $\delta/2$ 를 측정하는 것이 더 편리합니다. 1.0pt

A.2 이전 단계의 측정값을 사용하여 적절한 그래프를 그립니다, 에서 굴절률 n 과 오차추출할 수 있습니다. 만약 추가 수량을 계산해야 하는 경우 표 1의 빈 열에 계산된 숫자를 채우세요. n 및 Δn 를 찾습니다. 1.0pt

A.3 A1에서 수행한 측정값에 대해 α 의 함수로서 δ 의 그래프를 그립니다. 각 측정 지점에 막대를 사용하여 $\Delta\delta$ 및 $\Delta\alpha$ 의 값을 표시합니다. 광고 만들기 최소값을 정확하게 찾기 위한 추가 측정 δ , 그리고 해당 α . $\delta_{\text{분}}$ 및 $\alpha_{\text{분}}$ 으로 표시합니다. 최소 지점을 가장 정확하게 식별하기 위해 큐비클의 벽을 나가는 빔의 스크린으로 사용할 수 있습니다. 0.5pt

굴절률을 측정하는 두 번째 방법

이 섹션에서는 매우 정확한 결과를 얻을 수 있는 대체 방법을 개발합니다. 달성 가능한 가장 높은 정확도로 측정해야 하지만 오차 계산을 수행할 없습니다. 하지만 결과를 얻기 위해 사용한 방정식을 자세히 설명해야 합니다. 답안지에 적으세요.

A.4 A3에서 얻은 그래프의 동작을 기반으로 굴절률을 구할 최적의 각도로 구하기 위한 측정을 수행합니다. 개발한 방법을 사용하여 굴절률을 구하는 데 사용할 수 있는 방정식을 적으세요. 0.7pt

A.5 $N=3$ 의 경우 굴절률을 계산하는 데 필요한 측정을 수행합니다. 인덱스를 A4에서 개발된 방법을 사용하여 높은 정확도로 인덱싱합니다. 0.8pt

- 디스크와 빔 경로의 다이어그램을 그리고 측정한 수량을 직접 그래프에 표시합니다.
- 수행한 측정값을 문서화하세요.
- 측정값을 분석하고 굴절률을 계산합니다.

$dexn$ 에서 가장 높은 정확도를 달성할 수 있습니다. 디스크의 필요한 경우 추가로 제공되는 그래프 페이지.

A.6 $N=4$ 및 $N=5$ 에 대해 이전 작업에서 수행한 프로세스를 반복합니다.
(시스템 및 빔 경로를 그릴 필요가 없음).

1.5pt

- 수행한 측정값을 $N=4$.
- $N=4$ 에서 측정값을 분석하고 다음을 계산합니다.
굴절률 n 이 측정값을 달성 가능한 최고치로 사용하여
정확성.
- 수행한 측정값을 $N=5$.
- $N=5$ 에서 측정값을 분석하고 다음을 계산합니다.
굴절률 n 이 측정값을 달성 가능한 최고치로 사용하여
정확성.
- 를 사용하여 굴절률 값을 얻은 결과에서
 $N=3, N=4, N=5$ 에서 측정하여 평균값 $\langle n \rangle$ 을 계산합니다.
의 .

파트 B: 회절 격자의 매개변수(2.5점)

이 부분에서는 오류 계산을 수행할 필요가 없습니다.

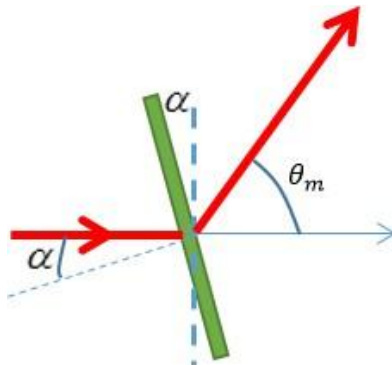
이 부분에서는 비율을 찾을 수 있는데, 여기서 λ 은 레이저의 파장이고 d 은 격자 상수(인접한 슬릿 사이의 거리)입니다.

레이저 빔이 회절 격자를 통과할 때 빔의 입사 방향과 최대 강도(m)가 얻어지는 방향 사이의 각도 θ_m 는 다음과 같이 주어집니다:

$$d \cdot (\sin \alpha + \sin(\theta_m - \alpha)) = m\lambda \quad (2)$$

어디

m	회절 순서
α	빔과 격자 사이의 입사각
θ_m	빔의 원래 방향과 최대 주문 m 이 얻어지는 방향 사이의 각도입니다.
d	격자 상수 - 격자에서 인접한 슬릿의 중심 사이의 거리입니다.





Q1-7

영어(공식)

회절 차수가 높을수록 파장 간 분리가 더 잘 이루어집니다. 따라서 높은 회절 순서를 사용하여 정확하게 측정하면 λ/d 값의 상대적 오차를 줄일 수 있습니다.

나사 4B를 풀고 레이저의 높이(수직 레벨)를 변경하여 빔 방향에 수직인 수평축을 중심으로 레이저를 180도 디그리 회전시켜(전선에 주의) 3B에 표시된 상태가 되도록 합니다. 금속 막대 4C를 사용하여 레이저를 미세 조정하여 회절 사용한 측정을 위한 장치의 높이와 정렬되도록 합니다. 레이저 빔이 화면에 수직이 되도록 정렬합니다. 회절 격자를 지정된 홀더 12B의 슬롯에 놓습니다. 회절 격자의 방향은 격자의 한쪽에 부착된 스티커로 표시되어 있습니다. 스티커가 부착된 격자의 레이저를 향하고 스티커가 상단에 있는지 확인합니다. 각 격자에는 스티커에 적힌 고유 ID가 있습니다. **답안지의 해당 칸에 격자의 ID를 기입합니다.**

이 파트에서는 파트 A의 두 번째 섹션에서 사용한 것과 유사한 아이디어를 사용하는 것이 유용할 수 있습니다.

B.1

- 답안지에 설정 다이어그램을 그립니다. 다이어그램에 다음을 표시합니다.

테이

- 블 위의 레이저, 회절 격자, 레이저 빔의 흔적을 0.7pt 표시합니다.
- $m=1$ 에 대한 측정을 수행합니다. 측정된 값을 기록합니다. 비율을 추출합니다.
- $m=2$ 측정된 값을 기록합니다. 비율을 추출합니다.

B.2

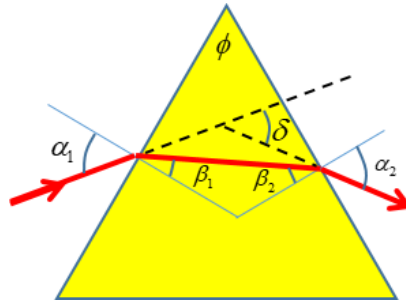
더 높은 회절 순서를 사용하여 λ/d 비율을 구합니다 ($m > 2$).

1.8pt

- 답안지에 $m=3$ 에 대한 두 가지 설정 다이어그램을 그립니다.
 $m = 4$. 다이어그램에 레이저, 회절 격자, 트레이스를 표시합니다.
레이저 빔의 크기, 화면에 닿는 지점, 측정된 양을 확인할 수 있습니다.
- 각 주문에 대해 측정을 수행합니다 $m=3, 4$. 다음 사항을 기록합니다.
측정된 값입니다. 각 m 에 대해 측정된 비율추출합니다.

파트 C: 삼각형 프리즘의 굴절률(2.0점)

대략 정삼각형의 프리즘이 주어집니다. 프리즘의 세 면은 평면이며 고도로 연마되어 있습니다. 프리즘의 각도는 60° 에서 벗어날 수 있지만 0.7° 을 넘지 않아야 합니다. 프리즘의 각도를 측정할 필요는 없습니다. 이 섹션의 목표는 프리즘이 만들어지는 재료의 굴절률을 측정하는 것입니다. 굴절률의 오차를 줄이기 위해 소각 근사치($\sin x \approx x$, $\cos x \approx 1 - x^2/2$ 을 라디안으로 측정할 때)를 사용하여 프리즘 각도의 작은 편차를 보정할 수 있습니다. 이 섹션에서는 **오차 계산을 수행해야 합니다.** 그림은 광선이 프리즘의 한 면을 통해 들어왔다가 다음 면을 통해 나가는 광선의 예를 보여줍니다.



슬라이드 눈금자를 테이블의 적절한 위치에 놓으면 레이저로 측정의 정확도를 수 있습니다.
프리즘을 지정된 홀더 12B에 놓습니다.

C.1 대칭의 경우 $\alpha_1 = \alpha_2$, 등변의 경우 다음 관계가 성립합니다.

0.4pt

프리즘: $n = 2\sin(\delta_{\text{sym}}/2 + 30^\circ)$.

- 프리즘의 굴절률을 가장 정확하게 구할 수 있는 방법을 개발하세요.
- 답안지에 굴절률을 구하는 데 사용하는 공식을 자세히 설명합니다.

C.2

1.6pt

- 답안지에 측정한 수량과 그 수치를 값(오차 포함)을 기록합니다.
- 레이저 파장에 대한 프리즘의 굴절률과 해당 값의 오차를 계산합니다.

비데만-프란츠 법칙

금속에서 열은 주로 전자에 의해 전도됩니다. 이러한 이유로 열전도율과 전기 전도율은 서로 관련이 있습니다. 이를 비데만-프란츠 법칙이라고 합니다.

이 실험의 목표는 여러 금속의 열적 및 전기적 특성을 상당히 높은 정확도로 측정하는 것입니다. 파트 A에서는 구리, 황동, 알루미늄의 전기 전도도를 측정합니다. 파트 B에서는 구리의 열전도도를 측정합니다. 파트 C에서는 구리의 비열 용량을 측정합니다. 파트 D에서는 황동과 알루미늄의 열전도도를 측정합니다. 마지막으로 파트 E에서는 우리가 연구한 금속에 대한 이러한 물리적 특성 간의 보편적인 관계를 확인합니다.

이 실험에서는 오류 계산을 수행하지 않아도 됩니다.

파트 B와 D에서는 **15분 정도**의 대기 시간이 있다는 점에 유의하세요. 이에 따라 시간을 계획하세요.

안전 지침

220V/25A 외부 전원 콘센트에 전선이나 승인되지 않은 기기를 직접 연결하지 마세요. 외부 전원 콘센트에는 개조 없이 제공된 전원만 연결할 수 있습니다.

장비 목록



그림 1

1. 구리 중공 원통형 튜브, 길이 200.0mm, 내부 구멍 직경 6.0mm, 외부 직경 **20.0mm**
2. 황동 중공 원통형 튜브, 길이 200.0mm, 내부 구멍 직경 6.0mm, 외부 직경 **19.0mm**
3. 알루미늄 중공 원통형 튜브, 길이 200.0mm, 내부 구멍 직경 6.0mm, 외부 직경 **20.0mm**

4. 질량 1.2그램의 작은 영구 자석입니다.
5. 물 저장소 - 원래 이스라엘 페이스트리의 일종인 "자크 넌"이라는 현지 요리를 만들기 위해 특별히 고안된 냄비입니다. 냄비 덮개에는 내부에 열교환기가 있고 상단에 나사가 있습니다. 물통을 채울 수 있는 4리터의 물(2리터 병 2개)이 제공됩니다.
6. 로드 #1 - 케이블 소켓에 온도 센서가 연결되어 있고 빨간색 전선에 히터가 내장된 직경 20.0mm의 구리 막대(그림 2.a). 빨간색 전선은 회로를 통해 DC 전원 공급 장치(아래 15번 항목)에 연결됩니다. 막대는 검은색 단열 폼으로 덮여 있습니다.
7. 로드 #2 - 케이블 소켓에 온도 센서가 연결되어 있고 빨간색 전선에 히터가 내장된 직경 20.0mm의 복합 로드입니다(그림 2.b). 빨간색 전선은 회로를 통해 DC 전원 공급 장치(아래 15번 항목)에 연결됩니다. 막대는 검은색 단열 폼으로 덮여 있습니다.
8. 단열 중단 캡.
9. 디지털 판독 박스용 12V DC 전원 공급 장치.
10. 디지털 판독 상자. 이 상자에는 8개의 온도계 판독값과 시간이 표시됩니다(아래 지침 참조). 이 상자는 스톱워치로도 사용됩니다.
11. 막대의 온도계를 디지털 판독 상자에 연결하는 온도계 케이블입니다.
12. 전압계 - 전압계 기능 선택기를 20V DC로 설정해야 합니다(그림 3).
13. 전류계 - 전류계 기능 선택기를 10암페어 DC로 설정해야 합니다(그림 3).
14. 전선.
15. 바나나 플러그에 연결된 히터용 9V DC 전원 공급 장치.

경고: 1. 제공된 전원(표준 AC 플러그 포함)만 외부 전원 콘센트에 연결해야 합니다. 콘센트에 절연 전선이나 기타 장비를 연결하는 것은 엄격히 금지되어 있으며 심각한 부상을 초래할 수 있습니다.

2. 막대를 물에 담그지 마세요.

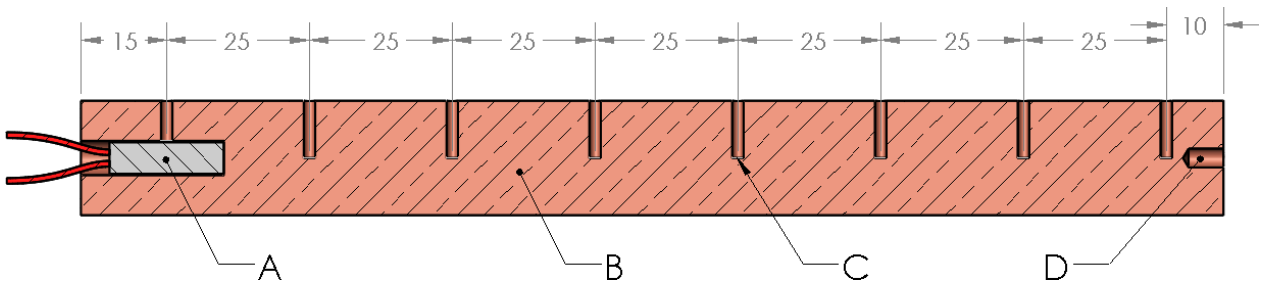


그림 2.a - 로드 #1의 회로도.

거리는 0.1mm의 정확도로 mm 단위로 표시됩니다.

(A) 빨간색 전선에 연결된 히터. (B) 구리 막대. (C) 8개의 온도 센서, 각각 화살표가 가리키는 것과 같은 노치로 표시됩니다.

(D) 물통 덮개에 나사 구멍이 있습니다.

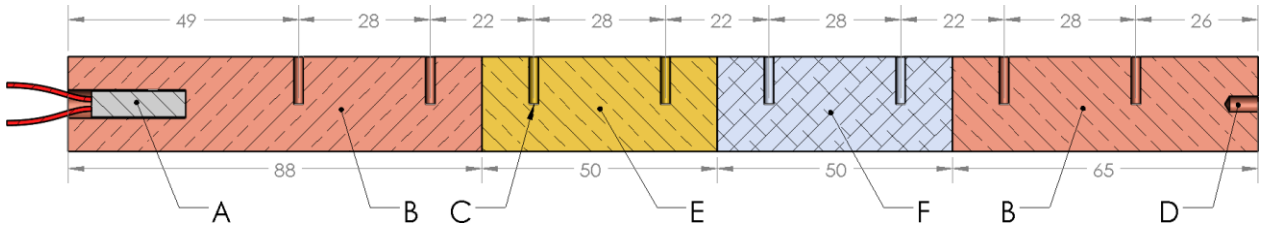


그림 2.b - 로드 #2의 회로도.

거리는 0.1mm의 정확도로 mm 단위로 표시됩니다.

(A) 빨간색 전선에 연결된 히터. (B) 구리 막대. (C) 8개의 온도 센서, 각각 화살표가 가리키는 것과 같은 노치로 표시됩니다.

(D) 물통 덮개에 나사 구멍이 있습니다.

(E) 황동 막대. (F) 알루미늄 막대.



그림 3 - 전류계 및 전압계

(1) - 실험에 사용된 10A용 노브 셀렉터의 위치입니다. (2) 전류계에 사용되는 입력 단자.

(3) - 실험에 사용된 20V용 노브 셀렉터의 위치입니다. (4) 전압계에 사용되는 입력 단자.

디지털 판독 상자 사용

디지털 판독 상자를 12V DC 전원 공급 장치에 연결합니다.

디지털 판독 박스에는 스톱위치와 온도 판독이라는 두 가지 작동 모드가 있습니다. 센서의 케이블을 박스에 연결하면 박스가 자동으로 온도 판독 모드로 전환됩니다. 센서 케이블을 분리하면 상자가 자동으로 스톱위치 모드로 변경되고 화면에 "타이머 모드"라는 문구가 표시됩니다.

온도 모드에서 :

- 시간을 초기화하려면 빨간색 버튼을 3초간 길게 누릅니다.
- 빨간색 버튼을 짧게 누르면 읽기 표시가 유지됩니다(상자가 마지막 재설정 후 시간을 카운트하고 있지만 표시되지는 않음).
- 빨간색 버튼을 다시 누르면 실시간 온도 및 시간 표시가 다시 시작됩니다. 스톱위치

모드에서:

- 빨간색 버튼을 누르면 스톱위치가 시작됩니다.
- 다시 누르면 스톱위치가 중지됩니다.

- 추가 시간을 누르면 스톱워치가 다시 0으로 초기화됩니다.

처음 사용하기 전에 각 막대에 대해 판독 상자를 보정해야 합니다. 실험에 사용된 온도계는 정확히 동일하지 않습니다. 따라서 막대가 열 평형 상태에 있는 동안 모든 센서에서 동일한 판독 값을 얻도록 보정해야 합니다. 이렇게 하려면 먼저 온도계 케이블의 한쪽 끝을 막대에 연결합니다. 그런 다음 온도계 케이블의 다른 쪽 끝을 상자에 연결하면서 빨간색 버튼을 길게 누릅니다. 박스를 전원 또는 센서 케이블에서 분리해도 보정이 지워지지 않습니다.

경고: 로드를 저장소에 연결하거나 히터를 전원 공급 장치에 연결하기 전에 보정을 수행하세요. 이렇게 하면 보정하는 동안 막대의 온도가 균일하게 유지됩니다.

판독 상자에 문제가 발생하면 판독 상자를 전원 공급 장치에서 분리했다가 다시 연결하면 도움이 될 수 있습니다. 박스는 마지막 캘리브레이션을 기억합니다.

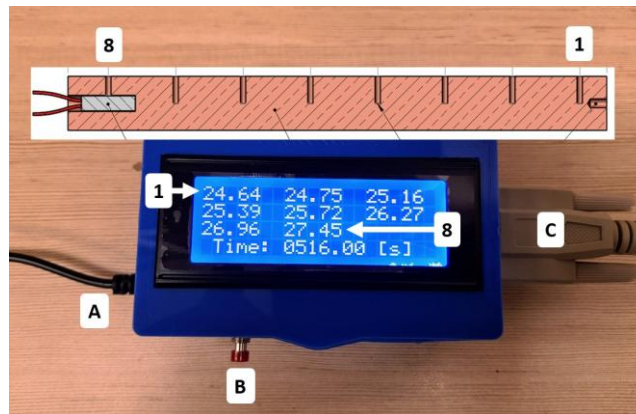


그림 4 - 판독 상자

(A) 12V DC 전원 공급 케이블. (B) 다기능 빨간색 버튼.

(C) 온도계 케이블. (1-8) 섭씨 단위로 표시된 온도계의 열별 판독값(가로 순서로 표시됨).

파트 A: 구리, 알루미늄 및 황동의 전기 전도도(1.5점)

이론

영구 자석이 속이 빈 원통형 전도성 튜브 안에 떨어지면 와전류가 유도되어 소산력을 경험합니다. 따라서 자석은 말단 속도에 도달합니다. 이 지오메트리의 경우 종단 속도는 다음과 같이 표현할 수 있습니다:

$$v_{terminal} = \frac{(8\pi mg) \left(\frac{a^2}{2} \right)}{\mu_0 (\pi \tau_m^2 M) \sigma w f(a^d)} \quad (1)$$

여기서 m 는 자석의 질량, σ 는 튜브 재료의 전기 전도도, a 는 튜브의 내부 반경, τ_m 와 d 는 각각 자석의 반경과 높이, M 는 자석의 잔류 자화, w 는 튜브 벽의 두께, $f(a^d)$ 는 스케일링 함수입니다. 우리의 경우 $a \approx \tau_m, d = 2\tau_m \approx 2a$ 및 $f(2) \approx 1.75$ 입니다. 따라서 자석이 통과하는 데 걸리는 시간은 다음과 같습니다.



Q2-5

영어(공식)

로 근사치를 구할 수 있습니다:

$$t = 0.22 \frac{\pi \tau_m^{(2)} ((\mu)_0 (M))^{(2)} w L_0 \sigma}{mg} \quad (2)$$

여기서 $L_0 = 0.2\text{m}$ 는 튜브의 길이이며, 자석이 방출되는 즉시 중단 속도에 도달한다고 가정합니다.

계산에 필요한 튜브와 자석의 특성은 다음과 같습니다:

$\mu_0 M = 0.65 \text{ T}$, $w_{\text{알루미늄}} = w_{\text{구리}} = 7.0 \times 10^{-3} \text{ m}$, $w_{\text{황동}} = 6.5 \times 10^{-3} \text{ m}$, $m = 1.2 \times 10^{-3} \text{ kg}$, $\tau_m = 3.0 \times 10^{-3} \text{ m}$,
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

실험

- A.1** 스톱워치 모드에서 디지털 판독 상자를 사용하여 알루미늄과 황동으로 된 속이 빈 튜브를 통과하는 데 걸리는 시간을 측정합니다. 1.0pt
자석이 알루미늄, 구리, 황동으로 만든 속이 빈 튜브를 통과하는 데 걸리는 시간을 측정합니다.

- A.2** 사용 의 방정식 방정식을 사용합니다, find 전도성 0.5pt
의 전기

파트 B: 구리의 열 전도성(3.0점)

이 섹션의 목표는 정상 상태에 가까운 구리의 열전도도를 측정하는 것입니다.

이론

열전도율 n 은 $P(x) = -nA \frac{\Delta T(x)}{\Delta x}$ 방정식으로 정의됩니다. 이 방정식은 국부 온도 구배와 재료의 단면을 통해 흐르는 국부 전력 사이의 선형 관계를 설명합니다. 여기서 $P(x)$ 는 x 위치의 단면을 통해 흐르는 전력이고 A 는 막대의 단면적이며 $\Delta T(x)/\Delta x$ 는 x 위치의 온도 구배입니다.

실험

디지털 판독 상자를 외부 콘센트에 연결하고 로드 #1을 보정합니다. 냄비에 4리터(2병)의 물을 부어 열교환기가 완전히 잠기도록 하고 뚜껑을 닫습니다.

- B.1** 테이블 위에 놓았을 때 막대 #1의 초기 온도를 적습니다. 0.1pt

로드에서 판독 케이블을 분리합니다. 절연 캡을 제거하고 1번 막대를 냄비 덮개에 나사로 고정합니다. 그림 5와 같이 케이블을 판독 상자에 다시 연결합니다. 너무 많은 토크를 가하지 않도록 주의하세요.



그림 5



B.2 히터에 전원을 공급하고 그 전력을 측정할 수 있는 회로를 그립니다.

0.5pt

의 전력을 측정할 수 있는 회로를 그립니다. 회로에는 다음이 포함되어야 합니다: 9V 전원, 히터 (이미 연결되어 있음), 전압계, 전류계 및 전선입니다. 전선을 스위치로 사용하여 회로를 열고 닫으십시오.

열전도율은 막대의 한쪽에 열을 가하고 다른 쪽은 물통의 온도를 거의 일정하게 유지하면서 막대의 열전도를 측정합니다. 모든 온도계가 정상 상태에 가까워지는 것을 목표로 합니다. 섹션 B2의 회로를 연결하고 히터에 전원을 공급합니다.

B.3 적절한 측정을 수행하여 적용된 전력 P 을 계산합니다.
히터를 켜고 답안지에 적습니다.

0.1pt

전원을 공급하는 동안 15분간 기다리세요(이 시간을 실험 계획에 사용할 수 있습니다).

B.4 제공된 표에 8개의 온도계 모두의 온도를 다음과 같이 기록합니다.

0.5pt

B.5 그래프 용지 한 장에 다음의 함수에 따른 온도 그래프 세 개를 그립니다.
된 각 시간에 대해 1.0pt 위치. 이 그래프는 파트

측정

B.6 그래프를 사용하여 데이터를 사용하여 구리의 열전도율 n_0 을 추출합니다.
부터 약 17.소요됩니다. 이 부분의 열 손실은 무시하세요. Est-
막대의 평균 온도 변화율 $\Delta T / \Delta t$, 대략적인 시간에 짝을 이룹니다. —
약 17.5분

0.5pt

B.7 실제와 비교하여 n_0 의 값이 더 높거나 낮거나 같을 것으로 예상하십니까?
의 값? n

0.3pt

파트 C: 구리의 열 손실 및 열용량 추정(4.0점)

이론

열 용량 C 은 다음 방정식 중 하나로 정의됩니다:

$$\Delta Q = C \Delta T, \quad \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \left(\frac{\Delta T}{\Delta t} \right). \quad (3)$$

여기서 $\Delta Q / \Delta t$ 는 재료에 전달되는 순열량이고 $\Delta T / \Delta t$ 는 온도 변화율입니다. 비열 c_p 은 단위 질량당 열용량입니다. 구리 막대의 질량은 다음과 같이 고려해야 합니다.

0.58kg.



실험

히터 끕니다. 회로를 분리하고 나사를 풀고 1번 막대를 테이블 위에 놓습니다. 실험을 시작할 때와 마찬가지로 절연 종단 캡을 막대 위에 놓습니다. 히터 회로를 다시 연결하고 막대를 디지털 판독 상자에 다시 연결합니다.

경고: 온도를 모니터링하지 않고 이 부분의 히터를 장시간 켜두지 마세요.

냉각, 가열, 다시 냉각의 순서를 사용하여 재료의 열 손실과 열 용량을 모두 추출할 수 있습니다. 가열 단계는 평균 온도를 대략 다음과 같이 변화시켜야 합니다.

2.5° C. 이 단계에서 필요한 정확도는 총 10-15분 길이의 냉각-가열-냉각 시퀀스를 통해 달성할 수 있습니다.

여기서는 파트 B의 정상 상태에 가깝게 측정된 평균 온도에 가깝게 작업하는 것을 목표로 합니다.

막대에 저장된 모든 열 에너지를 설명하려면 막대의 평균 온도를 추적해야 합니다. 막대 중앙의 온도는 평균 온도를 대략적으로 측정할 수 있는 좋은 척도입니다.

C.1 냉각-가열-냉각 순서를 수행한 후 측정값을 표 C1에 기록하여 평균 온도를 구합니다.

1.0pt

C.2 그래프 용지에 평균 온도와 시간을 비교하여 플롯합니다.

1.0pt

C.3 그래프를 사용하여 비열 c_p 과 단위 시간당 열 손실을 계산합니다. $P_{\text{손실}}$ 과 파트 B의 평균 온도 주변에서 다음을 사용하여 방법을 설명하십시오. 다이어그램과 방정식.

1.0pt

파트 B에서 추출한 열전도도의 정확도를 향상시키기 위해 고려해야 할 두 가지 주요 메커니즘이 있습니다.

- 단열재를 통한 방사형 열 전달로 인해 열 손실이 발생합니다.
- 측정 시 시스템이 정상 상태에 도달하지 못했습니다.

일차 근사를 위해 이러한 메커니즘으로 인해 막대를 따라 흐르는 전력 흐름의 단위 길이당 변화, $\Delta P(x)/\Delta x$ 가 일정하다고 가정할 수 있습니다.

C.4 찾은 열전도율을 먼저 순서대로 정정하는 방정식을 적습니다. 두 가지 메커니즘을 모두 고려하면서 파트 B에서, $n_0, P, c_p, m, P_{\text{손실}}$ 을 사용합니다. ΔT 에서 열전도율의 보정된 값을 나타내는 $n_{\text{(구리)}}$ 를 입력합니다. 를 클릭하고 그 값을

1.0pt

파트 D: 황동 및 알루미늄의 열 전도성(1.0점)

절연 막대 #2를 디지털 판독 상자에 연결하고 파트 B의 시작 부분에 설명된 대로 이 막대의 온도계를 보정합니다(빨간색 버튼을 누른 상태에서 온도계 케이블을 사용하여 절연 막대 #2를 판독 상자에 연결합니다).

D.1 테이블 위에 놓았을 때 막대의 초기 온도를 기록합니다.

0.1pt



Q2-9

영어(공식)

그림 4와 같이 케이블을 분리하고 막대 2번을 냄비 덮개에 나사로 고정합니다. 케이블을 판독 상자에 다시 연결합니다. 가열하는 동안 파트 B에서 사용한 절차를 반복하여 정상 상태에 가까워지도록 합니다. 측정하기 전에 히터에 최소 **15분** 동안 전원을 공급합니다.

이 부분에서 필요한 정확도를 위해 막대가 안정된 상태라고 가정할 수 있습니다. 또한 단위 길이당 열 손실이 막대를 따라 일정하다고 가정할 수 있습니다.

D.2 막대 #2의 온도계 8개 모두의 온도 판독값을 적습니다.

0.2pt

를 기록하고 각 섹션에 대해 $\Delta T / \Delta x$ 를 적습니다.

일차 근사치를 구하려면 과제 C.4에서와 동일한 가정, 즉 $\Delta P(x)/\Delta x$ 를 사용할 수 있습니다.는 상수입니다.

D.3 이전 측정값을 사용하여 $n_{\text{활동}}$ 및 $n_{\text{(알루미늄)}}$ 을 표현하고 평가합니다. 숫자 값입니다.

0.7pt

파트 E: 비데만-프란츠 법칙(0.5점)

비데만-프란츠 법칙에 따르면 열 수송이 전도 전자에 의해 지배되는 금속에서 열 및 전기 전도도의 비율은 절대 온도에 선형적으로 의존합니다. 또한 이 법칙에 따르면 이러한 의존성의 기울기 $L = \frac{\kappa}{\sigma T}$ ("로렌츠 수"라고 함)는 대부분의 금속에서 동일하며 자연의 보편 상수에만 의존한다고 합니다. 실제로 상온에서 금속의 경우 이 법칙은 약 **10%**의 정확도로 유지됩니다.

E.1 열 및 전기 전도도(n, σ)에 대한 결과를 표에 적습니다.

0.5pt

E1. 각 자료에 대해 L 값을 계산하여 동일한 표 E1에 표시합니다, 열전도율이 온도에 따라 달라지지 않는다고 가정하면서 첫 번째 순서로 열전도율을 계산합니다.