

주의 사항: 모든 측정값과 계산된 값은 적절한 자릿수가 포함된 국제표준계(SI) 표시해야 합니다. 불확도는 명시적으로 요청하는 경우에만 필요합니다.

1.0 소개

레이저 거리 측정기(LDM)를 사용한 실험



그림 1.1 첫 번째 실험 1.1과 1.2를 위한 장비.

A: 레이저 거리 측정기

B: 광섬유 케이블(약 1m) **C:** 구멍이 있는 접착식

검은색 펄트 패드 **D:** 줄자

E: 테이프

F: 가위

G: 블랙박스 뚜껑

레이저 거리 측정기(LDM, 그림 1.2 및 그림 1.3 참조)는 이미터와 리시버로 구성됩니다. 이미터는 변조된 레이저 빔, 즉 진폭이 매우 높은 주파수에서 변하는 레이저 빔을 방출하는 다이오드 레이저입니다. 레이저 빔이 물체에 닿으면 레이저 도트에서 모든 방향으로 빛이 반사됩니다. 이 빛 중 일부는 기기의 수신기로 되돌아갑니다.

바로 옆에 있습니다. 기기의 망원경 광학은 레이저 도트에 초점을 맞추고 레이저 도트에서 반사된 빛을 수신합니다. 기기의 전자장치는 방출된 빛 신호와 비교하여 수신된 빛 신호의 변조 시간 차이를 측정합니다. 변조의 지연 t 은 빛이 발광체에서 수신기로 이동하는 데 걸리는 시간입니다.

측정된 시간은 다음 값으로 변환됩니다.

$$y = \frac{1}{2}ct + k$$

이 값 y 이 계측기의 디스플레이에 표시됩니다. 여기서 $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$ 은 빛의 속도입니다. 상수 k 기 설정에 따라 다르며, 기기에서 다음 중 하나로 전환할 수 있습니다.

기기의 후방 또는 전방에서 거리를 측정합니다. 레이저 거리 측정기를 켜올 때 기본 설정은 후방에서 측정하는 것입니다. **이 설정은 모든 측정 중에 유지되어야 합니다.**

시차로 인해 LDM은 5cm보다 짧은 거리는 측정할 수 없습니다. 측정할 수 있는 최대 거리는 약 25m입니다. 기기의 모양은 후면이 전면과 레이저 빔에 수직이 되도록 되어 있습니다. 기기를 테이블 위에 놓았을 때 편광은 수직(디스플레이에 수직)입니다.

다이오드 레이저는 출력 1mW 미만, 파장 635nm의 클래스 2입니다. 측정에 대한 제조업체 불확도는 $\pm 2\text{mm}$ 입니다.

경고: 기기의 다이오드 레이저는 눈을 손상시킬 수 있습니다. 레이저 빔을 쳐다보거나 다른 사람의 눈에 비추지 마세요!

LDM 설정

위의 거리 계산 y 은 물론 빛이 c 의 속도로 있다고 가정합니다. 이 실험의 정확도 수준에서는 상압과 온도에서 건조한 대기 공기의 굴절률이 1.000 29~ 1.000 이므로 진공 상태의 빛과 공기 상태의 빛의 속도를 구분할 필요가 없습니다.



그림 1.2 레이블이 없는 6개의 버튼은 관련 없는 버튼입니다(면적 및 부피를 계산하는 데 사용됨). 관련 버튼은 다음과 같습니다:

- A:** 켜기/끄기
- B:** 계측기의 후면과 전면에서 측정 사이를 전환합니다.
- C:** 후면/정면에서 측정하기 위한 표시기
- D:** 레이저 켜기/측정 시작
- E:** 연속 측정
- F:** 연속 측정 표시기



그림 1.3 프런트 엔드에서 본 레이저 거리 측정기:

- A:** 수신기: 레이저 도트에 초점을 맞춘 망원경용 렌즈
- B:** 이미터: 레이저 빔을 쳐다보지 마세요!

1.1 레이저 거리 측정기로 측정

버튼 **D**를 누르면 측정을 수행합니다(그림 1.2 참조).

1.1	LDM을 사용하여 테이블 상단에서 바닥까지의 거리 H 를 측정합니다. 불확도 ΔH 를 적습니다. 이 측정을 수행하는 방법을 스케치로 표시합니다.	0.4
-----	--	-----

1.2 광섬유 케이블로 실험하기



그림 1.4 광케이블 다이어그램.

길이 약 1m, 지름 약 1mm의 광섬유 케이블이 제공됩니다.

2mm. 케이블은 두 가지 광학 재료로 구성됩니다. 코어(직경 약 1mm)는 굴절률이 높은 플라스틱으로 만들어졌습니다. 코어는 굴절률이 약간 낮은 플라스틱으로 만든 클래딩으로 둘러싸여 있으며, 이 클래딩은 검은색 플라스틱 보호 재킷으로 덮여 있습니다. 코어와 클래딩은 코어와 클래딩 사이의 경계가 전체 반사를 유발하여 입사각이 전체 반사에 대한 임계각보다 큰 한, 빛이 코어를 벗어나지 못하게 하기 때문에 케이블에 비추는 빛의 웨이브 가이드 역할을 합니다. 따라서 케이블이 너무 많이 구부러지지 않는 한, 케이블이 구부러지더라도 빛은 코어 광케이블을 따라 이동합니다.

이제 LDM이 연속 측정(E, 그림 1.2 참조)으로 설정되어 디스플레이에 y 표시가 초당 약 한 번 업데이트됩니다. 몇 분 후 LDM이 자동으로 절전 모드로 전환됩니다. 빨간색 시작 버튼을 누르면 다시 활성화할 수 있습니다.

직경 2mm의 구멍이 있는 작은 검은색 펠트 패드(다른 하나는 예비용)로 수신기의 렌즈를 조심스럽게 부드럽게 덮습니다(그림 1.3A 참조). 패드의 접착면이 렌즈에 부드럽게 눌러야 합니다. 길이 x 의 광케이블을 패드의 구멍에 삽입하여 렌즈에 닿도록 합니다,

그림 1.5를 참조하세요.



그림 1.5 (a) 펄트 패드 및 광섬유 케이블. (b) 광섬유 케이블 연결하기.

케이블의 다른 쪽 끝은 이미터에 대고 레이저 빔 중앙의 유리에 닿도록 잡아야 합니다. 이제 디스플레이에서 y -값을 읽습니다. 제공된 사용하여 광섬유 케이블을 다른 길이로 자릅니다 x

더 이상 케이블을 구할 수 없으므로 광섬유 케이블을 자르기 전에 매우 신중하게 생각하세요!!!

또한 전자 장치의 과도한 발열로 인해 연속 모드에서 잠시 후 LDM 디스플레이에 온도계 아이콘이 표시될 수 있습니다. 이 경우 잠시 동안 LDM을 꺼서 기기를 식히세요.

1.2a	x 및 y 의 해당 값을 측정합니다. 측정값이 포함된 표를 작성합니다. x 의 함수로서 y 를 나타내는 그래프를 그립니다.	1.8
1.2b	그래프를 사용하여 광섬유 케이블의 심이 만들어지는 재료의 굴절률 $n_{(co)}$ 를 구합니다. 케이블의 심에서 빛의 속도 $v_{(co)}$ 를 계산합니다.	1.2

1.3 수직에서 비스듬히 바라본 레이저 거리 측정기

이 실험의 이 부분에서는 그림 1.6에 표시된 장비가 필요합니다.

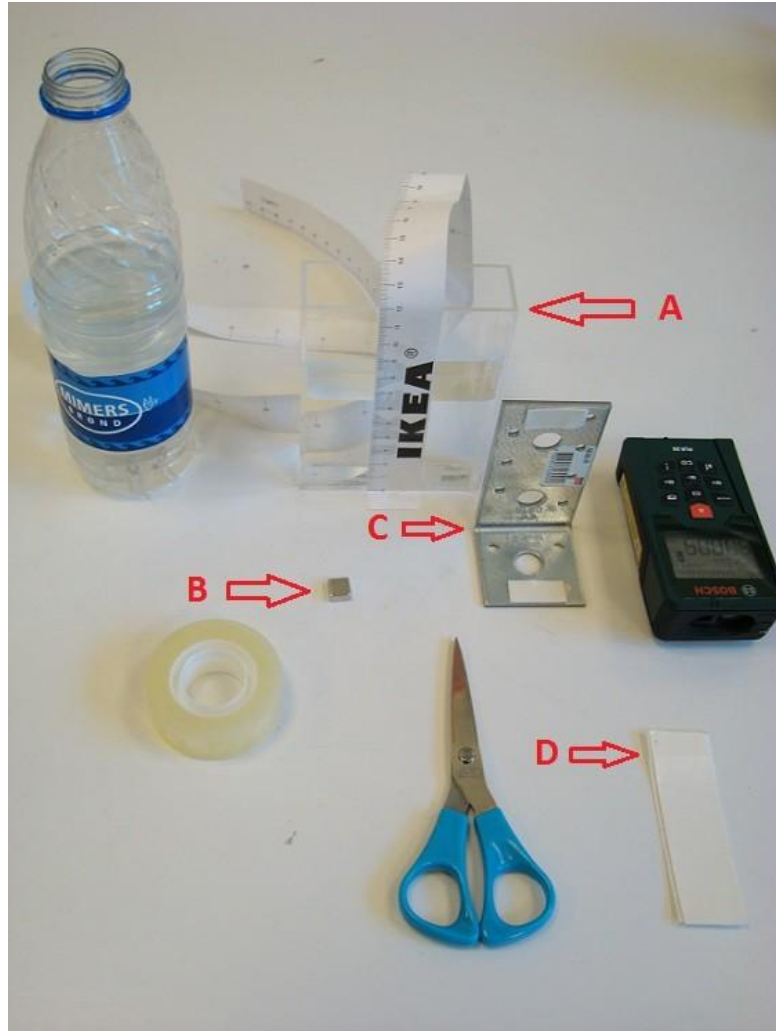


그림 1.6 실험 1.3의 장비는 그림에 나와 있습니다:

- A:** 물과 측정 테이프가 있는 광학 용기
- B:** 블랙박스 상단에 앵글 아이언을 고정하는 자석. (앵글 아이언 위에 자석이 있습니다).
- C:** 접착식 폼 패드가 있는 앵글 아이언
- D:** 접착식 폼 패드

렌즈에서 검은색 펠트 패드를 제거합니다. 이제 LDM을 다음과 같은 설정으로 배치해야 합니다: 앵글 아이언에 접착식 폼 패드 두 개를 놓습니다(그림 1.7의 **A** 참조).

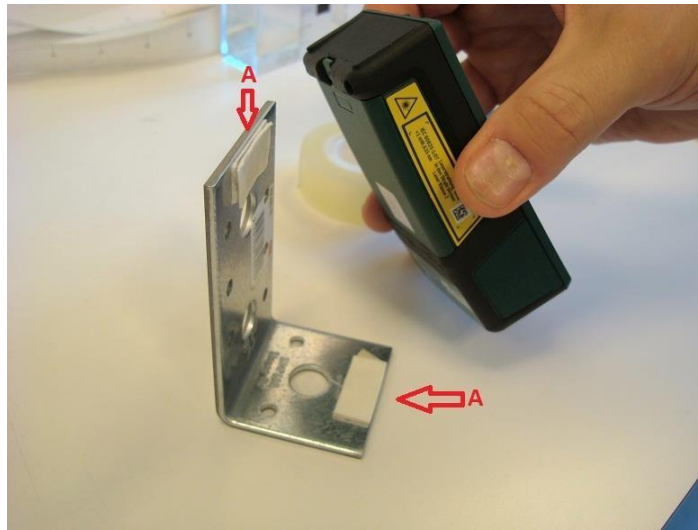


그림 1.7 두 개의 접착식 폼 패드를 앵글 아이언에 놓는 방법.

LDM은 그림 1.8과 같이 앵글 아이언에 조심스럽게 배치해야 합니다.

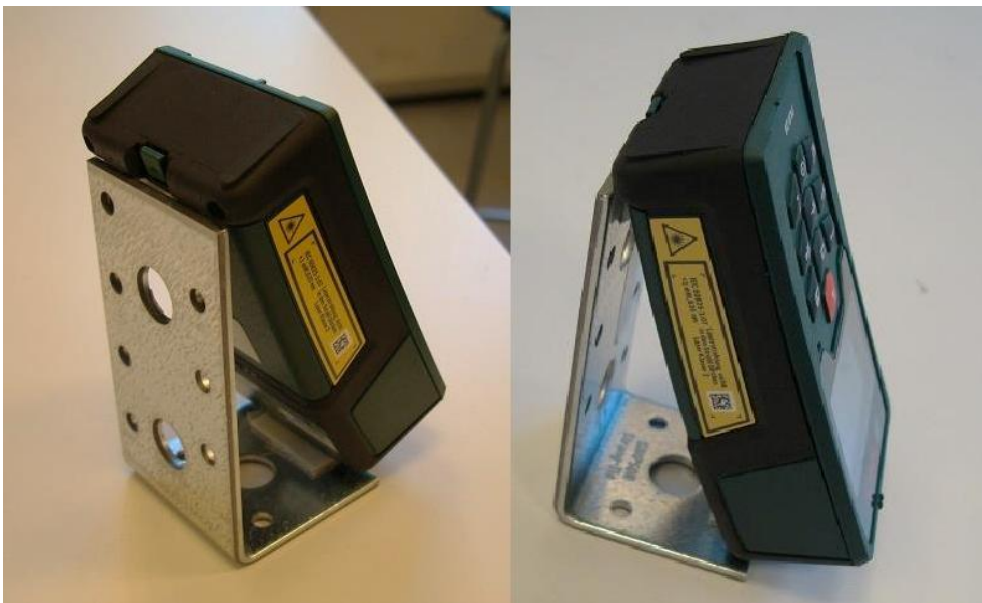


그림 1.8 레이저 거리 측정기를 앵글 아이언에 놓는 방법.

그림 1.9와 같이 LDM이 장착된 앵글 아이언을 블랙박스에 장착해야 합니다. 박스 안쪽 아래에 있는 자석을 사용하여 앵글 아이언을 박스에 고정합니다. (작은 자석이 앵글 아이언에 있습니다). 상자의 위쪽을 향한 측면이 약 4도 기울어져 있으므로 사진과 같이 정확하게 LDM을 장착하는 것이 중요합니다. 이제 레이저 빔이 방해받지 않고 비스듬히 아래쪽을 향해야 합니다.

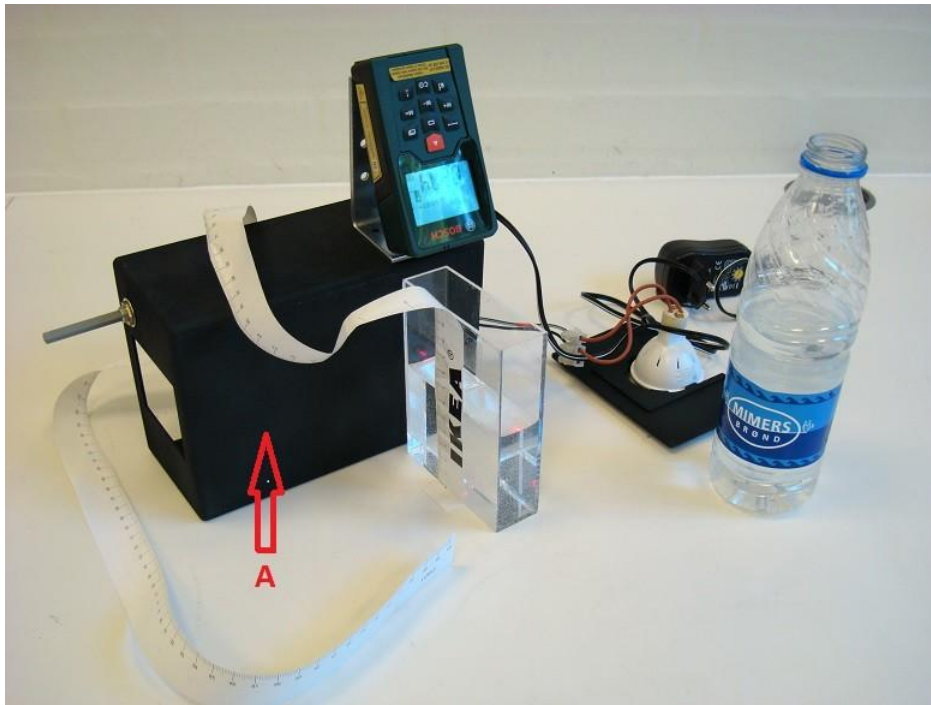


그림 1.9 실험 설정. (블랙박스는 지지대 역할만 합니다. 병 뒤에 장비는 사용하지 않습니다.)

A: 중요: 블랙박스 하단이 그림과 같이 앞쪽을 향해야 합니다. 위쪽을 향하는 면은 수평면을 기준으로 약 4도 기울어져 있습니다. θ_1 각도가 항상 같은지 확인하세요.

위에서 설명한 대로 LDM을 켜고 장착하면 레이저 빔이 수직 방향에 대해 θ_1 각도를 형성합니다. 이 각도는 이 실험 내내 동일해야 하며, 이제 이 각도를 결정해야 합니다. 여기서는 광학 용기가 필요하지 않으므로 여기까지만 사용합니다.

1.3a	레이저 빔이 테이블 상단에 닿는 레이저 점까지의 거리 y_1 를 LDM으로 측정합니다. 그런 다음 레이저 빔이 바닥에 닿을 때까지 LDM으로 상자를 수평으로 이동합니다. 레이저 빔이 바닥에 닿는 레이저 점까지의 거리 y_2 를 측정합니다. 불확실성을 서술합니다.	0.2
1.3b	이 측정값 y_1, y_2 및 H (문제 1.1에서)만 사용하여 각도 $\theta_{(1)}$ 을 계산합니다. 불확실성 $\Delta\theta_1$ 을 결정합니다.	0.4

1.4 광학 용기로 실험하기

레이저 빔이 용기의 대략 중앙에 닿도록 광학 용기를 배치합니다(그림 1.10 참조). 용기에 물을 붓습니다. 물의 깊이는 x 입니다. LDM의 디스플레이에서 y 을 읽습니다.

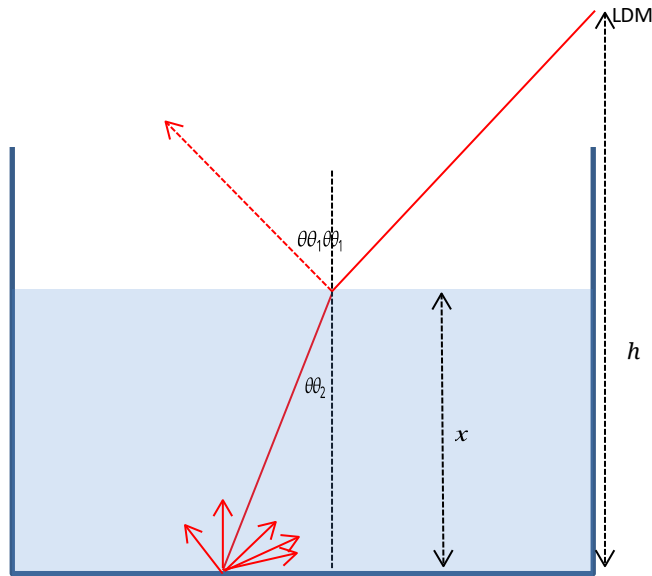


그림 1.10 수심이 있는 광학 용기의 레이저 빔 다이어그램 x

1.4a	x 및 y 의 해당 값을 측정합니다. 측정값이 포함된 표를 작성합니다. x 의 함수로 y 의 그래프를 그립니다.	1.6
1.4b	방정식을 사용하여 그래프가 보일 것으로 예상되는지 이론적으로 설명합니다.	1.2
1.4c	그래프를 사용하여 물의 굴절률 $n_{(w)}$ 을 구합니다.	1.2

2.0 소개

이 실험에 사용된 장비는 그림 2.1에 나와 있습니다.

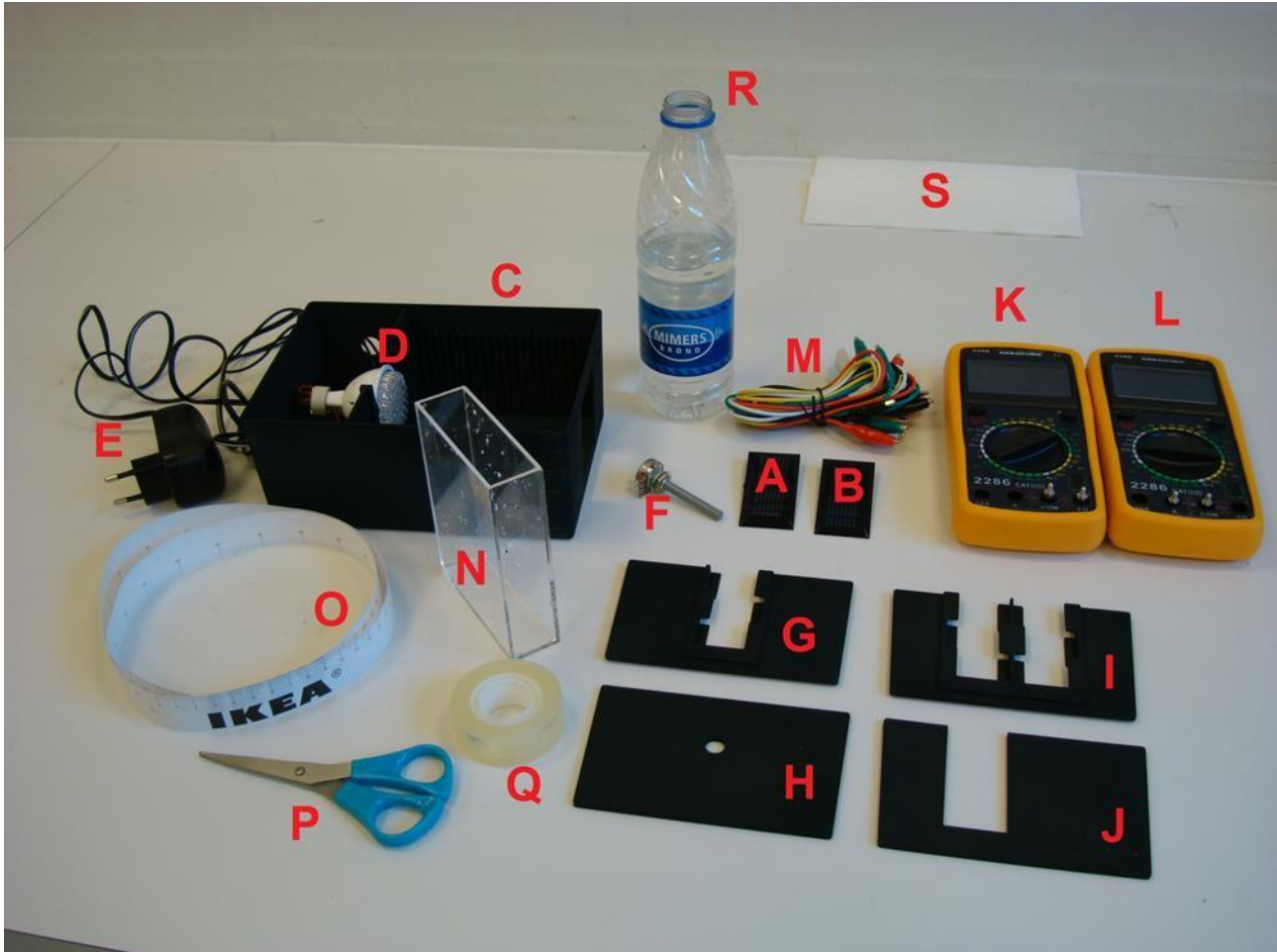


그림 2.1 실험 E2에 사용된 장비.

장비 목록(그림 2.1 참조):

A: 태양 전지 B:

태양 전지

C: 광원, 태양전지 등을 장착할 수 있는 슬롯이 있는 박스입니다. D: 홀더 내 LED
광원

E: 광원 D용 전원 공급 장치 F: 가변 저항기

G: 박스 C에 단일 태양 전지를 장착하기 위한 홀더 H: 박스 C에
사용하기 위한 원형 조리개

I: 상자 C에 태양 전지 2개를 장착하기 위한 홀더

J: 박스 C에 사용하는 차폐판 **K:** 디지털 멀티미터

L: 디지털 멀티미터

M: 미니 악어 클립이 달린 전선 **N:** 광학

용기(대형 큐벳) **O:** 측정 테이프

P: 가위 **Q:**

테이프

R: 광학 용기를 채우기 위한 물 **N**

S: 과도한 물기를 닦아내기 위한 종이 냅킨

T: 광학 용기 N의 물용 플라스틱 컵(그림 2.1에 표시되지 않음) **U:** 플라스틱 피펫(그림 2.1에 표시되지 않음)

V: 상자 C의 뚜껑(그림 2.1에 표시되지 않음)

데이터 시트: 기본 상수 표

진공 상태에서의 빛의 속도	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
기본 요금	$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
볼츠만의 상수	$k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

태양전지는 입사된 빛의 전자기 에너지 일부를 태양전지 내부에서 전하를 분리하여 전기 에너지로 변환합니다. 이러한 방식으로 전류를 생성할 수 있습니다. 실험 E2는 제공된 장비를 사용하여 태양 전지를 조사하는 실험입니다. 이 장비는 광원과 태양전지의 홀더가 있는 상자와 다양한 판, 뚜껑으로 구성되어 있습니다. 가변 저항기는 상자에 장착해야 합니다(그림 2.2 참조). 저항기의 세 단자 중 하나는 제거되었으므로 나머지 두 단자만 사용해야 합니다. 또한 미니 악어 클립이 달린 전선과 뒷면에 단자가 있는 두 개의 태양 전지(일련 번호와 문자 A 또는 B가 표시되어 있음)도 함께 제공됩니다. 두 개의 태양 전지는 비슷하지만 약간 다를 수 있습니다. 두 멀티미터에는 각각 전류계와 전압계로 지정된 용도의 단자가 장착되어 있습니다(그림 2.3 참조). 마지막으로 이 실험에서는 물병에 담긴 식수와 함께 광학 용기를 사용합니다.

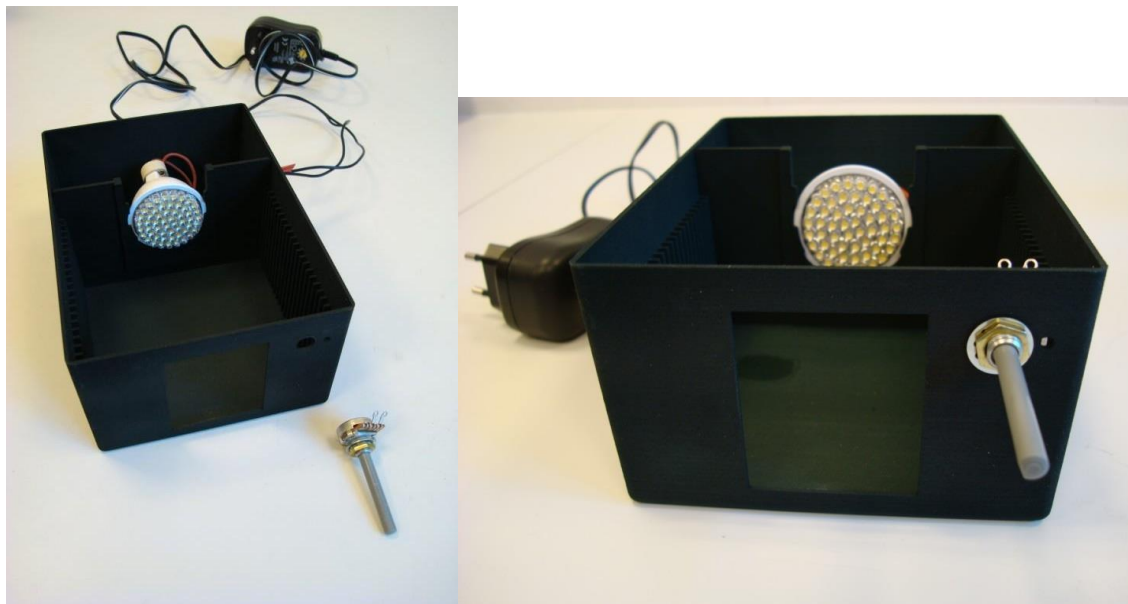


그림 2.2 (a) 장착용 광원과 저항기가 있는 박스. (b) 상자에 장착된 저항기. 저항기의 작은 핀이 샤프트 오른쪽 구멍에 끼워져 있는 것을 확인할 수 있습니다.



그림 2.3 전류계(왼쪽)와 전압계(오른쪽)로 각각 사용할 수 있는 단자가 장착된 멀티미터. 왼쪽 상단의 "전원"을 누르면 계측기가 켜집니다. 일정 유휴 시간이 지나면 기기가 자동으로 꺼집니다. 직류와 전압(=)은 물론 교류를 측정할 수 있습니다. 전류 및 전압(~). 전압계의 내부 저항은 측정 범위에 관계없이 10MΩ입니다. 전류계의 전위차는 측정 범위에 관계없이 최대 판독값에서 200mV입니다. 오버플로우가 발생하면 디스플레이에 "1"이 표시되며 더 높은 측정 범위를 선택해야 합니다. 측정을 정지하려는 경우를 제외하고는 "HOLD" 버튼(오른쪽 상단 모서리)을 누르지 마세요.

경고: 측정 전류로 인해 태양전지가 손상될 수 있으므로 멀티미터를 태양전지의 저항계로 사용하지 마세요. 멀티미터의 측정 범위를 변경할 때는 다이얼을 조심스럽게 돌리세요. 불안정하여 파손될 수 있습니다. 측정할 때 소수점 아래에 숫자가 있는지 확인하세요. 다이얼이 완전히 제자리에 있지 않으면 디스플레이에 숫자가 있어도 멀티미터가 측정되지 않습니다.

주의: 전원 공급 장치의 전압을 변경하지 마세요. 실험 내내 12V를 유지해야 합니다. (광원용 전원 공급장치는 테이블의 콘센트(230V~)에 연결해야 합니다.)

공지사항: 불확실성 고려 사항은 명시적으로 언급된 경우에만 예상됩니다. 주의: 모든 측정 및 계산된 값은

반드시 국제표준계(SI) 단위로 제공해야 합니다.

주의 사항: 이 실험의 모든 전류 및 전압 측정 시 LED 광원은 켜져 있어야 합니다.

2.1 광원까지의 거리에 따른 태양 전지 전류의 의존성

이 문제에서는 전류계로 회로에 있을 때 태양 전지에서 생성되는 전류(I)를 측정하고 광원까지의 거리(r)에 따라 전류가 어떻게 달라지는지 결정해야 합니다. 빛은 개별 광 다이오드 내부에서 생성되므로 그림 2.4에 표시된 대로 r 을 측정해야 합니다.

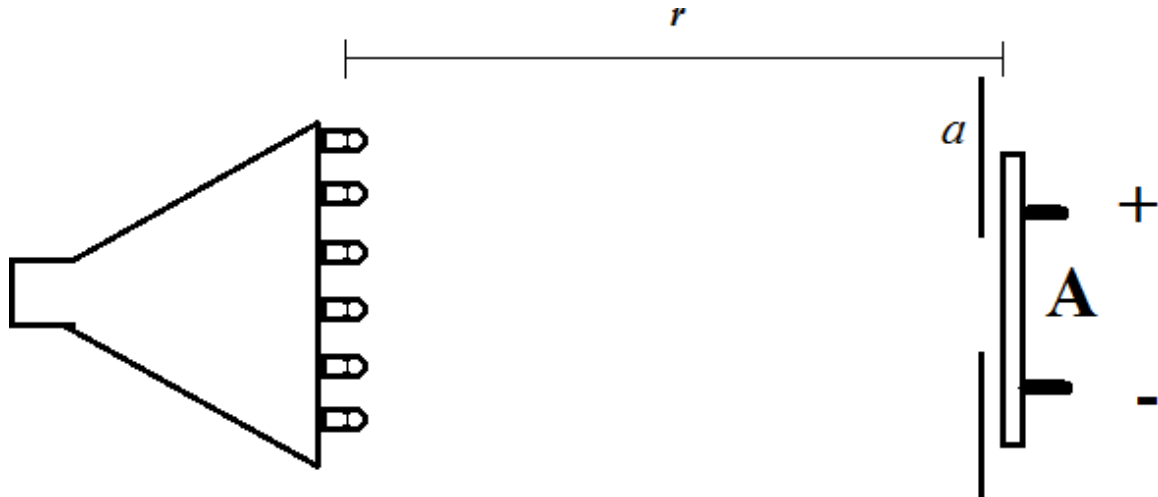


그림 2.4 문제 2.1에 대한 설정의 윗면도. 광 다이오드 내부에서 태양 전지 표면까지의 거리를 측정한 것으로, 태양 전지 A 바로 앞의 조리개 a에 주목하십시오.

이 실험에서 전류계의 측정 범위를 변경하지 마십시오. 전류계의 내부 저항은 측정 범위에 따라 달라지며 태양 전지에서 끌어낼 수 있는 전류에 영향을 미칩니다. 광원과 태양 전지 A의 일련 번호를 답안지에 기재하십시오. 광원을 U자형 홀더에 장착합니다(광원은 홀더에 꼭 맞아야 하므로 장착할 때 인내심을 가지고 장착하십시오. 단일 홀더에 태양 전지 A를 장착하고 태양 바로 앞의 원형 조리개와 함께 놓습니다. 광원까지의 거리 r 함수로서 현재 다음과 같습니다. 너무 작지 않은 경우 r 으로 근사화할 수 있습니다.

$$I(r) = \frac{I_a}{1 + \frac{r^2}{a^2}}$$

여기서 I_a 및 a 는 상수입니다.

2.1a	I 를 r 의 함수로 측정하고 측정값의 표를 설정합니다.	1.0
2.1b	적절한 그래픽 방법을 사용하여 I_a 와 a 의 값을 구합니다.	1.0

2.2 태양 전지의 특징

원형 조리개를 제거합니다. 그림 2.2와 같이 상자에 가변 저항을 장착합니다. 광원을 저항기에서 가장 멀리 떨어진 슬롯 번호 0에. 슬롯 번호 10의 원형 조리개가 없는 단일 홀더에 태양 전지 A를 장착합니다. 그림 2.5와 같이 회로를 구성하여 태양 전지의 특성, 즉 태양 전지의 단자 전압 U 를 태양 전지, 저항, 전류계로 구성된 회로에서 전류 I 의 함수로서 측정할 수 있도록 합니다.

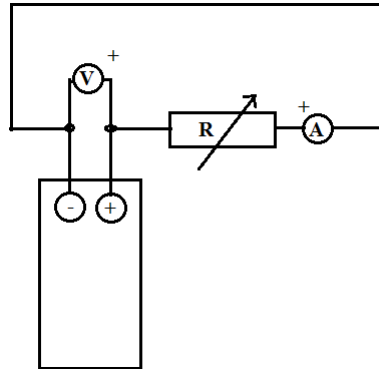


그림 2.5 질문 2.2의 특성을 측정하기 위한 전기 다이어그램.

2.2a	U 와 I 의 해당 측정값을 표로 만듭니다.	0.6
2.2b	전류에 따른 전압 그래프	0.8

2.3 태양 전지의 이론적 특성

이 실험의 태양 전지의 경우 전압에 따른 전류는 다음 방정식에 의해 주어집니다.

$$I = I_{\text{최대}} - I_0 \left(\exp\left(\frac{eU}{\eta k_B T}\right) - 1 \right)$$

여기서 매개변수 $I_{\text{최대}}$, I_0 및 η 는 주어진 조명에서 일정합니다. 온도를 $T = 300 \text{ K}$ 로 가정하고 기본 상수 e 및 k_B 는 각각 기본 전하와 볼츠만 상수입니다.

2.3a	문제 2.2b의 그래프를 사용하여 $I_{\text{최대}}$ 를 구하십시오.	0.4
------	---	-----

매개변수 η 는 1에서 4 사이의 간격에 있다고 가정할 수 있습니다. 전위차 U 의 일부 값의 경우 다음과 같이 공식을 근사화할 수 있습니다.

$$I \approx I_{\text{최대}} - I_0 \exp\left(\frac{eU}{\eta k_B T}\right)$$

2.3b	언급된 근사치가 좋은 U 값의 범위를 추정합니다. 태양 전지의 I_0 및 η 값을 그래픽으로 결정합니다.	1.2
------	---	-----

2.4 태양 전지의 최대 전력

2.4a	태양 전지가 외부 회로에 전달할 수 있는 최대 전력은 다음과 같이 표시됩니다. $P_{\text{최대}}$. 몇 가지 적절한 측정을 통해 태양 전지의 $P_{\text{최대}}$ 를 구하십시오. (문제 2.2의 이전 측정값 중 일부를 사용할 수 있습니다).	0.5
2.4b	최적의 부하 저항 R_{opt} , 즉 태양 전지가 최대 전력을 R_{opt} 에 전달할 때의 총 외부 저항을 추정합니다. 결과를 불확실성과 함께 서술하고 적절한 계산을 통해 방법을 설명하세요.	0.5

2.5 태양 전지 비교

슬롯 15번의 이중 홀더에 두 태양 전지(A 및 B)를 모두 장착합니다(그림 2.6 참조).

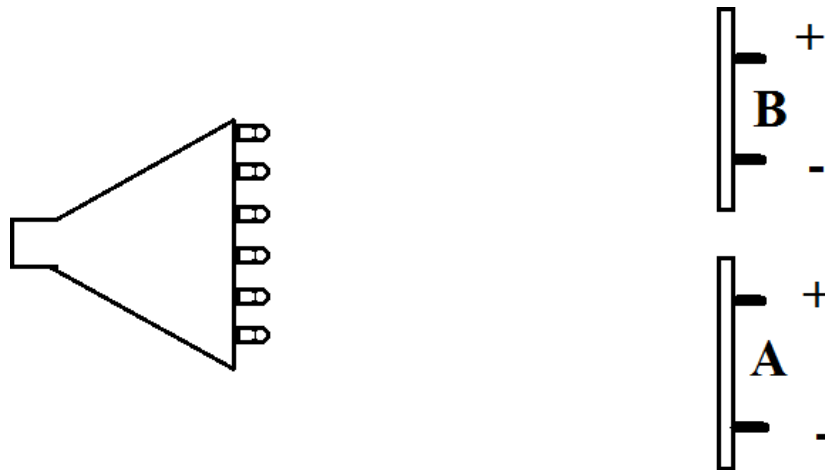


그림 2.6 질문 2.5의 광원 및 태양 전지의 평면도.

2.5a	주어진 조명에 대해 측정합니다: - 태양 전지 A에서 측정할 수 있는 최대 전위차 U_A 입니다. - 태양 전지 A를 통해 측정할 수 있는 최대 전류 I_A . 태양 전지 B에 대해서도 동일하게 수행합니다.	0.5
2.5b	태양전지와 계량기의 배선을 보여주는 회로의 전기 다이어그램을 그립니다.	0.3

2.6 태양 전지의 커플 링

두 개의 태양 전지는 그림 2.7과 같이 두 가지 방법으로 직렬로 연결할 수 있습니다. 병렬로 연결하는 두 가지 방법도 있습니다(그림에 표시되지 않음).

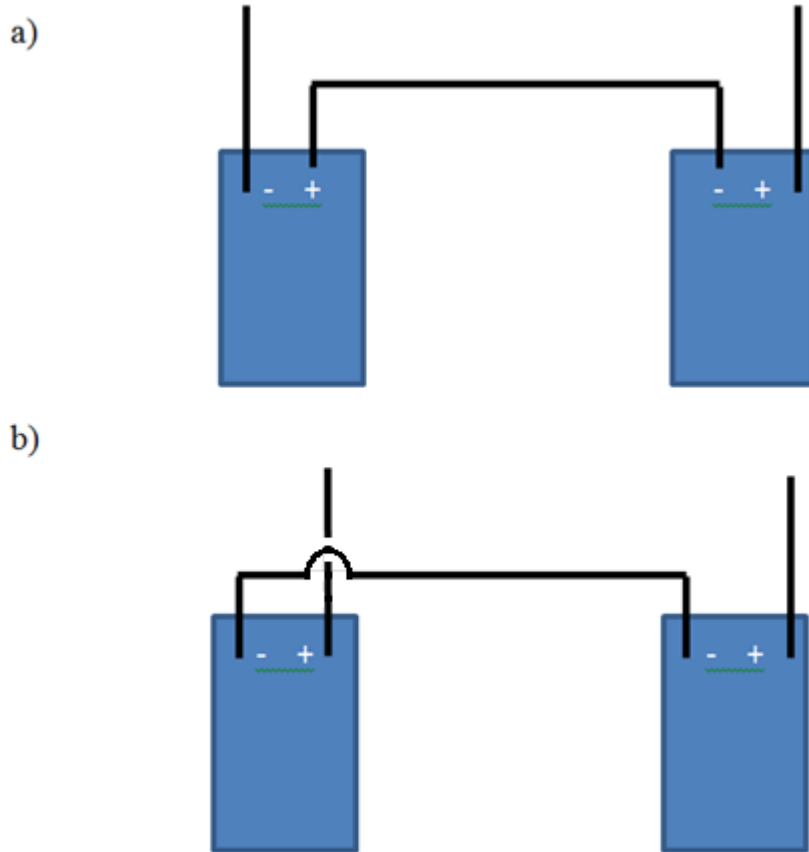


그림 2.7 문제 2.6의 태양 전지를 직렬로 연결하는 두 가지 방법. 병렬로 연결하는 두 가지 방법은 표시되지 않았습니다.

2.6	태양 전지 중 하나를 차폐판(그림 2.1의 J)으로 차폐할 때 두 태양 전지의 네 가지 배열 중 외부 회로에서 가능한 가장 높은 전력을 산출하는 것을 결정합니다. 힌트: 각 구성에서 측정된 최대 전압과 최대 전류에서 최대 전력을 계산하면 최대 전력을 꽤 잘 예측할 수 있습니다. 해당 전기 다이어그램을 그립니다.	1.0
-----	---	-----

2.7 광학 용기(대형 큐벳)가 태양전지 전류에 미치는 영향

광원을 상자에 장착하고 원형 조리개가 바로 앞에 있는 단일 홀더에 태양전지 A를 태양전지와 광원 사이에 약 50mm가 되도록 배치합니다. 그림 2.8과 같이 원형 조리개 바로 앞에 빈 광학 용기를 놓습니다.

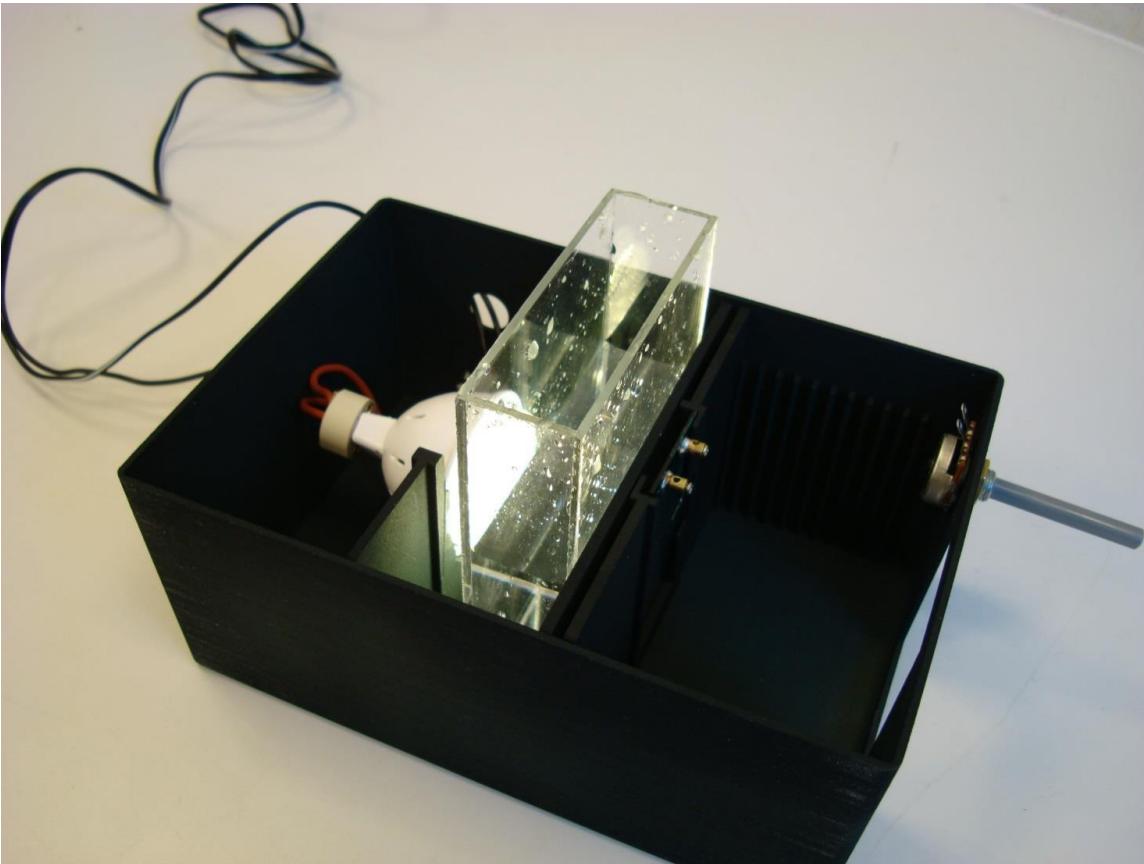


그림 2.8 질문 2.7의 실험 설정.

2.7a	이제 전류 I 를 용기에 담긴 물의 높이 h 의 함수로 측정합니다(그림 참조). 2.8. 측정값을 만들고 그래프를 그립니다.	1.0
2.7b	그래프가 왜 보이는지 스케치와 기호로만 설명하세요.	1.0

광원을 상자에 장착하고 태양 전지 A를 태양 전지와 광원 사이의 거리가 최대가 되도록 단일 홀더에 놓습니다. 원형 조리개를 태양전지 바로 앞에 놓습니다.

2.7c	이 설정을 하려면 다음을 수행합니다: - 광원과 태양 전지 사이의 거리 r_1 와 전류 I_1 를 측정합니다. - 원형 조리개 바로 앞에 빈 용기를 놓고 전류를 측정 I_2 . - 용기에 물을 거의 꼭대기까지 채우고 전류를 측정합니다 I_3 .	0.6
2.7d	2.7c에서 측정한 값을 사용하여 물의 굴절률 n_w 의 값을 구합니다. 적절한 방정식을 사용하여 방법을 설명합니다. 추가 측정값을 포함할 수 있습니다.	1.6