빛은 물질의 내부 구조를 드러낸다. 빛의 편광에는 매질의 비대칭성과 경계면의 기하가 함께 담긴다. — C. T. Dominguez, 2026. 의역: 빛은 물질의 내부 구조를 드러내며, 그 편광에는 매질의 비대칭성과 경계면의 기하가 함께 담긴다.

물리 실험 시험†

투명 매질에서 빛의 편광

설탕 용액에서 편광 방향의 회전과 유리판에서 반사에 의한 편광

시험 주제: 빛의 편광, 광회전 및 브루스터 조건.
권장 총점: 20점.
권장 시험 시간: 5시간.
허용 준비물: 볼펜, 연필, 지우개, 자, 모눈종이 및 프로그래밍 기능이 없는 공학용 계산기.

일반 지침

1. 측정에 앞서 문제지 전체를 읽고 두 실험에 사용할 시간을 배분하라.
2. 모든 판독값, 단위, 계기 측정 범위,
   불확도 및 관련된 정성적 관찰 내용을 기록하라.
3. 그래프에는 축의 명칭, 단위, 범례와
   실험 데이터를 적절히 표시해야 한다.
4. 각 부분에서 정한 각도 기준을 유지하라.
   일련의 측정 도중 영점을 임의로 다시 정하지 마라.
5. 각 측정 계열의 시작과 끝에 광선이 광학 소자와 광검출기의 중심에 정렬되어 있는지 확인하라. 길이나 구성이 서로 다른 조건에서 얻은 전류를 직접 비교하지 마라.
6. **시험의 두 부분 모두 레이저를 항상 오른쪽에 두고 장치를 조립하라.**
   광선은 오른쪽에서 왼쪽으로 진행하며, 실험자가 작업대 앞에 서 있는 위치를 기준으로 한다.
   이는 반사광이 실험자에게 직접 입사할 위험을 줄이기 위한 배치이며,
   반사 광선을 관리해야 할 의무가 없어지는 것은 아니다.
7. **레이저 사용에 관한 안전 지침을 엄격히 따르고,
   조립과 데이터 수집 내내 시험 운영진이 제공한
   보호안경(EPI)을 착용하라.**
8. 설탕 용액과 유리판을 주의하여 다뤄라.
   작업대에 액체를 흘리면 즉시 닦아라.

레이저 안전: 시험 운영진이 제공한 보호안경(EPI)은 반드시 착용해야 한다. 정렬과 측정 동안 보호안경을 올바르게 착용한 상태로 유지하라. 보호구를 착용했더라도 레이저 광선을 절대로 직접 보지 말고, 다른 사람을 향해 쏘지 마라. 눈높이에서 정반사가 일어나지 않게 하라. 보호안경은 우발적인 노출 위험을 줄이지만, 광선을 직접 보는 행위를 안전하게 해 주지는 않는다.

† 저자: Christian Tolentino Dominguez 박사, Mario César Soares Xavier 박사, Fagne Fernandes Silva Justino 석사 — 브라질 아라루나(PB), UEPB 물리학과.

목표와 배경

편광은 광파의 전기장이 진동하는 방향을 나타낸다. 편광된 빛이 물질과 상호작용하면, 진행 중에 편광 방향이 변하거나 경계면에서 서로 다른 방식으로 반사·투과될 수 있다. 이 시험에서는 이 두 현상을 실험으로 탐구한다.

시험 구성. 제시된 개념을 모두 미리 알고 있다고 가정하지 않는다. 각 단계의 본문은 개념을 간략히 소개하고, 작업대에서 관찰할 현상과 연결한 뒤 과제를 제시한다. 해당 측정을 하기 전에 각 기본 원리 설명을 읽어라. 이 시험은 평가뿐 아니라 실험 연구 절차의 학습과 훈련도 목적으로 한다.

답안 평가 방법. 채점은 종이로 제출한 답안만을 근거로 한다. 조립과 조정 지침은 실험 수행을 안내하며, 수행 자체에는 점수가 없다. 각 문항에서 요구하는 기록, 즉 명칭을 표시한 도식, 단위와 불확도를 포함한 판독값, 표, 계산, 그래프 또는 데이터에 근거한 설명을 제시하라. 계산에 수치를 대입한 과정을 보여라. 반복 계산은 완전한 예시 하나와 결과표로 충분하다. “올바르게 조립했다” 또는 “정렬이 잘되었다”와 같은 진술로는 이러한 근거를 대신할 수 없다. 측정값을 얻지 못했다면 어려웠던 점을 기록하고 확보한 데이터를 분석하라. 실험을 수행하는 동안 안전 수칙은 항상 지켜야 한다.

제I부에서는 **광학 활성 매질에서 빛의 편광면이 회전하는 현상**을 연구한다. 이는 특정 매질이 빛의 진행 중에 편광 방향을 회전시키는 성질이다. 적절한 미시 구조를 지닌 결정, 액체 및 용액에서 이러한 현상이 나타날 수 있다. 여기서는 구하기 쉽고 안전한 광학 활성 매질의 한 예로 설탕 수용액을 사용한다. 설탕 분자는 카이랄하므로 자신의 거울상과 겹쳐지지 않는다.[1] 관측되는 회전은 물질의 종류와 농도, 빛이 통과한 길이, 파장 및 온도에 따라 달라질 수 있다.

제II부에서는 공기–유리 경계면에서 편광된 빛의 반사를 연구한다. 입사면에 수직으로 편광된 성분과 평행하게 편광된 성분은 반사계수가 다르다. 평행한 성분의 경우, 이상적으로 반사가 사라지는 입사각인 브루스터각이 존재한다. 이 각도를 실험으로 측정하여 유리의 굴절률을 추정할 수 있다.[2]

기초 원리: 실험에 필요한 개념

이 절에서는 Q1과 Q2의 측정 결과를 해석하는 데 필요한 관계식만을 정리한다.

[1] 카이랄 분자와 그 거울상은 서로 다른 구조를 이루며, 이를 거울상 이성질체라 한다. 한쪽 거울상 이성질체가 더 많은 시료에서는 순 광회전이 나타날 수 있다.

[2] 매질의 굴절률은 $n = c/v$이다. 여기서 c는 진공에서 빛의 속력, v는 그 매질에서의 위상 속력이다.

편광과 말뤼스 법칙

빛은 횡파이므로 전기장 $\vec{E}$는 진행 방향 $\vec{k}$에 수직으로 진동한다. 선편광된 빛에서는 $\vec{E}$가 일정한 방향으로 진동한다. 편광자는 $\vec{E}$ 중 자신의 투과축에 평행한 성분을 주로 투과시킨다.

검광자를 회전시키면 포토다이오드로 측정한 전류는 위상이 이동된 말뤼스 법칙에 따라 변한다.

$$i(\theta_A) = a + b\cos^2(\theta_A - \phi)\,.$$

여기서 θ_A는 검광자의 각도 판독값, a는 신호의 최솟값, b는 진폭, ϕ는 곡선의 각도 위치이다. 이 모형은 $180°$마다 반복되므로, 모든 비교에서 같은 영점, 같은 각도 방향 및 곡선의 같은 가지를 유지해야 한다.

광회전

광학 활성 용액은 빛의 편광 방향을 회전시킨다. 실험에서 이 회전은 말뤼스 곡선의 수평 이동으로 나타난다. 빈 셀의 위상을 ϕ_{ref}, 길이 L인 용액의 위상을 ϕ_L라 하면 회전각은 다음과 같다.

$$\Delta\phi(L) = \phi_L - \phi_{\mathrm{ref}}.$$

진폭을 비교할 필요는 없다. 중요한 양은 두 곡선 사이의 각도 이동량과 그 부호 및 불확도이다.

이 시험에서는 다음 모형을 검증한다.

$$\Delta\phi(L) = \alpha(\lambda, T)\, L^n C,$$

여기서 C는 농도, n은 길이의 지수이며, $\alpha(\lambda, T)$는 사용한 파장과 온도에서 매질의 특성을 나타낸다. 측정하는 동안 C, λ와 T를 일정하게 유지해야 한다.

반사와 브루스터 조건

입사 광선과 표면의 법선이 입사면을 이룬다. s편광의 전기장은 입사면에 수직이고, p편광의 전기장은 입사면에 평행하다.

반사광에 의한 전류 i_s와 i_p는 입사각 θ_i에 따라 달라진다. 브루스터각 근처에서는 p성분의 반사가 최소가 된다. 다음 비는

$$q(\theta_i) = \frac{i_s}{i_p}$$

그 부근에서 커지지만, i_p가 양수이며 불확도를 고려해도 영과 구별될 때만 계산해야 한다. θ_B는 i_p의 최솟값과 신뢰할 수 있는 비가 가장 큰 영역을 비교하여 구한다.

공기에서 유리로 입사할 때에는

$$\tan\theta_B = \frac{n_{\mathrm{vidrio}}}{n_{\mathrm{aire}}}, \qquad n_{\mathrm{vidrio}} = n_{\mathrm{aire}}\tan\theta_B.$$

각도는 법선을 기준으로 측정한다. 이 시험에서는 $n_{\mathrm{aire}} = 1{,}000$을 채택하며, $\theta_B - u_\theta$와 $\theta_B + u_\theta$에서 식을 계산하여 굴절률의 불확도를 구한다.

멀티미터의 계기 오차 한계

Q1과 Q2의 전류 측정에는 제조사 설명서 3.2절에 제시된 멀티미터 **DT8380B**의 사양을 사용하라. 아래 표에는 이 실험에서 사용하는 **직류 전류** 측정 범위가 포르투갈어로 제시되어 있다.

측정범위	분해능 D	명시된 정확도
200 µA	100 nA	±(1,0 % 판독값 + 2D)
2000 µA	1 µA	±(1,0 % 판독값 + 2D)
20 mA	10 µA	±(1,0 % 판독값 + 2D)
200 mA	100 µA	±(1,2 % 판독값 + 2D)

D는 사용한 측정 범위의 분해능이다.[3] 설명서의 +2는 표시된 마지막 자리의 두 눈금, 즉 2D를 뜻하며, 판독값의 2퍼센트를 뜻하지 않는다. 표시 전류가 i일 때 계기 오차 한계는 다음과 같다.

$$\Delta i_{\text{inst}} = a_{\text{inst}}\,|i| + 2D, \qquad a_{\text{inst}} = \begin{cases} 0{,}010, & 200\,\mu\text{A},\ 2000\,\mu\text{A} \text{ 및 } 20\,\text{mA} \text{ 측정 범위에서;} \\ 0{,}012, & 200\,\text{mA} \text{ 측정 범위에서.} \end{cases}$$

계수 a_{inst}는 표의 백분율을 소수로 나타낸 값이다. i와 D에는 같은 단위를 사용하라. 가장 작은 측정 범위에서는 $D = 100\,\text{nA} = 0{,}1\,\mu\text{A}$이다. 여기서 Δi_{inst}는 설명서의 정확도 사양에 명시된 오차 한계이며, 반복 판독값의 표준편차가 아니다.[4]

DT8380B의 예. 20 mA 측정 범위에서 4,58 mA가 표시되었다면 $a_{\text{inst}} = 0{,}010$이며, $D = 0{,}01\,\text{mA}$ 이고,

$$\begin{aligned} \Delta i_{\text{inst}} &= 0{,}010 \times 4{,}58\,\text{mA} + 2 \times 0{,}01\,\text{mA} \\ &= 0{,}0458\,\text{mA} + 0{,}0200\,\text{mA} = 0{,}0658\,\text{mA}. \end{aligned}$$

이 한계를 분해능의 소수 자리까지 올림하면 판독값을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$i = (4{,}58 \pm 0{,}07)\,\text{mA},$$

여기서는 **계기에 의한 기여만을 고려하였다.**

반복 판독값 x_k를 N개 얻었을 때, 표본 표준편차 s와 **평균의 표준편차** $s_{\bar{x}}$는 다음과 같다. 평균의 표준편차는 여기서 평균의 통계적 불확도 u_{estat}로도 사용한다.

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} x_k, \qquad s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{k=1}^{N}(x_k - \bar{x})^2}, \qquad s_{\bar{x}} = u_{\text{estat}} = \frac{s}{\sqrt{N}}.$$

반복 측정에 적용. Q1–A.1과 Q2–A.1에서 해당 범위의 a_{inst}와 D를 사용하여 각 판독값의 Δi_{inst}를 계산하라. 세 번의 측정으로 이루어진 각 계열에 대해 평균, 표본 표준편차 및 평균의 표준편차를 따로 제시하라. 이때 $N = 3$이며 $u_{\text{estat}} = s/\sqrt{3}$이다.
Δi_{inst}를 $\sqrt{3}$으로 나누지 마라. 반복 판독한다고 해서 계기 오차 한계가 자동으로 줄어들지는 않는다. 표시값이 영이어도 식에 따르면 $\Delta i_{\text{inst}} = 2D$이다.

[3] 분해능은 판독값에서 구별할 수 있는 최소 변화량이며, 디지털 멀티미터에서는 사용 범위의 마지막 표시 자릿수의 간격에 해당한다. 이것만으로 명시된 전체 오차 한계를 나타내지는 않는다.

[4] 오차 한계는 사양에서 허용하는 오차 구간을 한정한다. 이것만으로 평균의 통계적 불확도 또는 표준편차에 해당하는 표준불확도가 되지는 않는다.

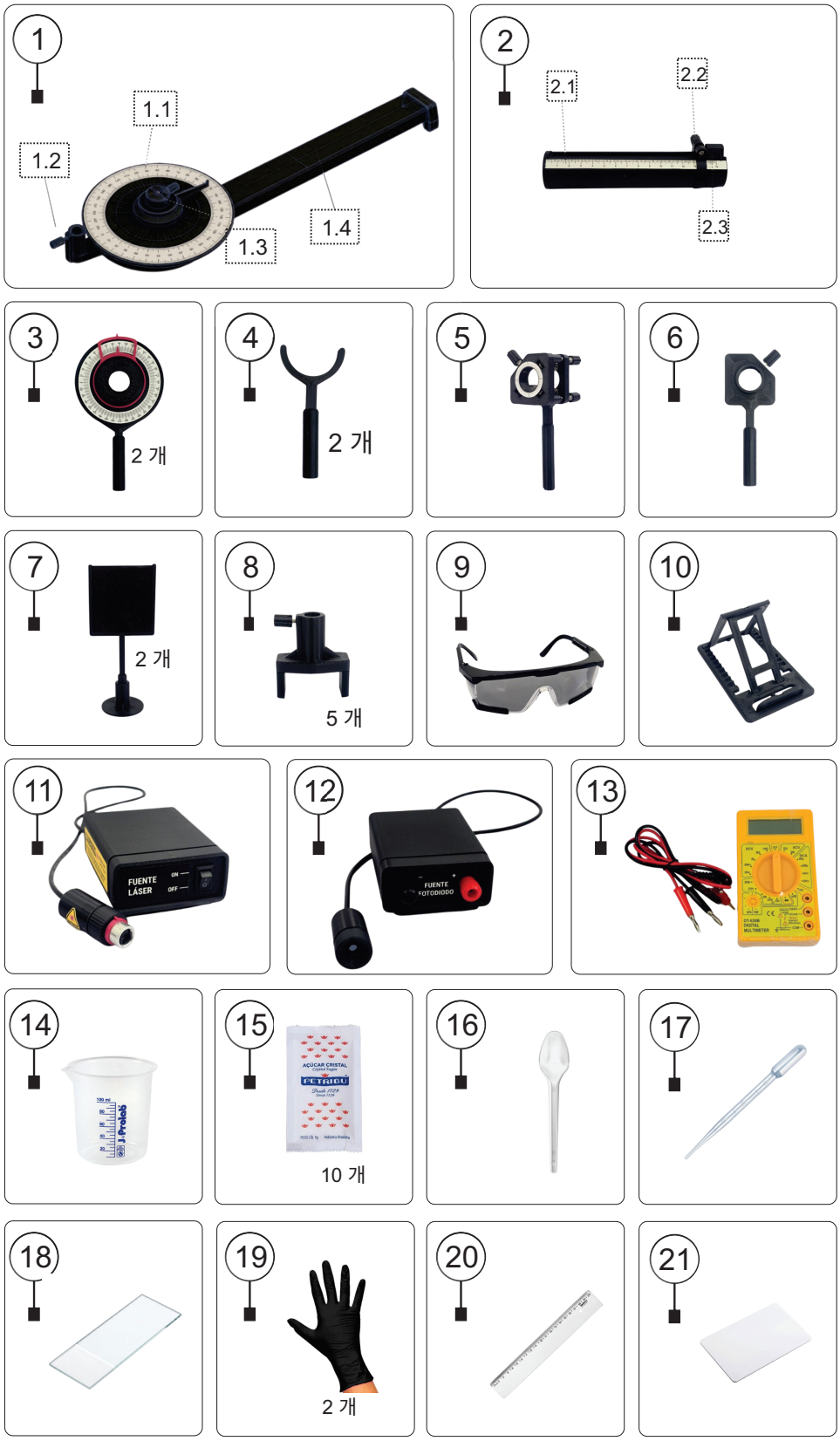
장치 확인과 구성품 식별

아래 사진은 장치에 포함된 재료의 전체 모습이다. 다음 쪽의 도식에는 각 구성품이 표시되어 있다. 조립에 앞서 물품을 확인하고, 빠진 물품이나 손상이 있으면 운영진에게 알려라. 목록의 번호는 도식의 번호에만 대응한다.



실험 장치에 제공된 구성품의 전체 모습.

장치 구성품 식별도


1
1.1
1.2
1.3
1.4
2
2.1
2.2
2.3
3
2 개
4
2 개
5
6
7
2 개
8
5 개
9
10
11
FUENTE LÁSER
ON
OFF
12
FUENTE FOTODIODO
13
14
15
AÇÚCAR CRISTAL
PETRIBU
10 개
16
17
18
19
2 개
20
21

항목	명칭	수량
1	시료 거치대가 달린 광학 레일·고니오미터 세트	1
1.1	고니오미터의 각도 눈금	—
1.2	포토다이오드 거치대	—
1.3	시료 거치대	—
1.4	금속 레일	—
2	길이 조절식 셀	1
2.1	외부 밀리미터 눈금	—
2.2	밀봉 고리	—
2.3	원통형 피스톤	—
3	각도 눈금이 있는 편광자	2
4	셀 거치대	2
5	조정 나사가 있는 레이저 거치대	1
6	포토다이오드 거치대	1
7	레이저 반사광 차단판	2
8	거치대 지지봉의 받침대	5
9	보호안경	1
10	멀티미터 거치대	1
11	전원 장치 및 레이저 광원	1세트
12	포토다이오드 전원 및 센서	1세트
13	측정 리드선이 달린 멀티미터	1세트
14	눈금 비커	1
15	설탕 봉지	10
16	플라스틱 숟가락	1
17	눈금 이송 피펫	1
18	유리판	1
19	수술용 장갑	2
20	밀리미터 눈금 자	1
21	레이저 광선 확인용 흰 판지	1

수량은 그림에 보인 물품과 도식의 표기를 따른다. 수량 칸의 줄표는 세트 1 또는 2에 속하는 부분을 뜻하며, 별도 물품을 뜻하지 않는다.

Q1 — 설탕 용액에서 편광 방향의 회전 (10점)

모든 측정 계열에서 레이저를 오른쪽에 두고 첫 편광자를 고정하라. 데이터를 기록하기 전에 광선을 셀, 검광자 및 포토다이오드의 중심에 맞추고 각도 분해능을 구하라. 이러한 조정은 실험 수행 절차이며 배점이 있는 문항은 아니다.

A부 — 빈 셀을 이용한 기준 곡선 (4,0점)

빈 셀을 설치하고 눈금의 영점을 고정한 채 검광자만 회전시켜라.

A.1 **2,0점**

기본 원리. 빈 셀에서 측정한 기준 곡선에는 셀을 구성하는 광학 창의 영향도 포함되어 있다. 이 곡선은 이후 용액을 넣고 수행하는 모든 측정에서 비교의 기준이 된다.

과제. 검광자의 각도 위치 θ_A를 바꾸면서 이에 따른 기준 전류 i_{ref}를 측정하라. 측정한 θ_A와 i_{ref}를 표로 정리하고, 단위와 적용되는 계기 불확도를 함께 기입하라. 이 측정값을 사용하여 θ_A에 따른 i_{ref}의 그래프를 그려라. 그래프에는 축의 명칭을 명확히 표시하고, 필요한 경우 불확도도 함께 나타내라.

A.2 **2,0점**

기본 원리. 기준 곡선의 각도 위치는 위상이 이동된 말뤼스 법칙의 위상 매개변수 ϕ_{ref}(편광 방향)로 나타낼 수 있다.

과제. A.1의 데이터를 다음 모형에 맞추고

$$i_{\mathrm{ref}}(\theta_A) = a_{\mathrm{ref}} + b_{\mathrm{ref}} \cos^2(\theta_A - \phi_{\mathrm{ref}})$$

그리고 ϕ_{ref}와 그 불확도를 구하라. 곡선 맞춤에 사용한 방법을 밝히고, 맞춤으로 얻은 각 매개변수의 값을 해당 단위와 함께 제시하라.

B부 — 설탕 용액을 통과하는 빛의 편광 회전 (6,0점)

빛의 편광이 회전하면 세기 곡선이 수평으로 이동한다. 이 부분에서는 기준점을 고르고, 빛이 시료 내부에서 통과한 길이 L에 따라 그 점이 어떻게 이동하는지 확인해야 한다.

B.1 **2,0점**

기본 원리. 서로 다른 측정 계열의 결과를 비교하려면,
각 계열에서 장치의 기하 조건과 각도 기준이 변하지 않고 동일하게 유지되어야 한다.

과제. 녹이기 전의 물 1밀리리터당 설탕 $0{,}40\,\mathrm{g}$을 넣어 용액을 준비하라.
셀의 길이 범위 안에서 서로 다른 길이 $L_1, \ldots, L_n$을 적어도 세 가지 선택하라.
세기 곡선에서 비교에 사용할 기준점을 하나 정하라.
곡선이 이동한 양 $\Delta\phi$에 따른 길이 L의 측정값을 표로 정리하라.

B.2 **2,0점**

기본 원리. 광회전은 용액을 넣어 측정한 각 곡선을 기준 곡선에 일치시키는 데 필요한 수평 이동량으로 구한다.

과제. L_k에 따른 $\Delta\phi(L_k)$의 그래프를 해당 오차 막대와 함께 제시하라.

B.3 **2,0점**

기본 원리. 검증할 관계식은 다음과 같다.

$$\Delta\phi(L) = \alpha(\lambda, T)\, L^n C,$$

여기서 $\alpha(\lambda, T)$는 매질의 특성을 나타내는 계수로, 파장 λ와 온도 T에 따라 달라진다.
길이의 지수는 n이며, C는 용액의 농도를 나타낸다.
실험을 수행하는 동안 λ, T와 C는 일정한 값으로 취급해야 한다.

과제. B2 그래프에서 관측한 경향을 바탕으로 적절한 곡선 맞춤을 제안하라.
그 맞춤으로부터 길이의 지수 n과 계수 α를 구하라.

Q2 — 유리판에서 반사에 의한 편광 (10점)

배점이 없는 조정 절차

레이저를 오른쪽에 두고 장치를 조립하라. 유리판 없이 광선이 직접 입사하도록 레일, 고니오미터 중심 및 포토다이오드를 정렬하라. 판의 법선이 $\theta_i = 0°$이 되게 설치하고 각도 분해능을 구하라. Q2 전체에서 이 기준을 유지하라.

A부 — 반사광의 세기 (6,0점)

각도를 바꾸며 측정하기 전에 s편광과 p편광의 실험상 방향을 찾아 반사광 세기의 균형을 맞춰라. 균형을 맞춘 뒤에는 레이저의 방향과 설정한 각도 기준을 유지하라.

A.1 **2,0점**

기본 원리. 유리판을 $\theta_i \approx 70°$에 놓고 편광자를 회전시키면서 반사광의 세기를 관찰한다.
세기가 최대인 방향 α_s는 s편광을 정하는 실험상의 기준 방향이다.
세기가 최소인 방향은 α_p로 정한다. 이 방향과 α_s의 각도 차이가
불확도를 고려했을 때 $90°$와 일치하면, 이를 p편광의 실험상 기준으로 삼는다.

과제. 편광자를 $180°$에 걸쳐 회전시키면서 α_s와 α_p를 구하라.
각 방향의 불확도와 해당 반사광 세기도 기록하고, $|\alpha_p - \alpha_s|$가 $90°$와 일치하는지 확인하라.
일치하지 않으면 레이저를 끈 뒤, 레이저 몸체를 긴 축 주위로 조금 회전시켜라.
광선이 올바르게 정렬되어 있는지 다시 확인하고 같은 측정을 반복하라.
시험한 레이저 방향, α_s, α_p, 전류 및 두 방향의 각도 차이를 표로 제시하라.

A.2 **2,0점**

기본 원리. 균형 조정은 두 편광을 비교할 광원의 방향을 하나로 고정하는 과정이다.
유리판을 $\theta_i = 70°$에 놓고, 편광자를 α_s와 α_p 방향에 각각 고정하여 전류를 측정한다.
두 편광의 세기를 비교할 때에는 이렇게 얻은 전류 $i_{s,70}$와 $i_{p,70}$를 사용한다.

과제. 편광자를 α_s와 α_p 사이에서 번갈아 놓으며 $i_{s,70}$와 $i_{p,70}$를 기록하라. 필요하면 레이저를 끄고 몸체를 조금 돌린 뒤 α_s와 α_p를 다시 정하지 않은 채 판독을 반복하라. 다음을 계산하고

$$\varepsilon_{\mathrm{bal}} = \frac{|i_{s,70} - i_{p,70}|}{(i_{s,70} + i_{p,70})/2}$$

$\varepsilon_{\mathrm{bal}} \le 0{,}10$이 될 때까지 광원을 조정하라. 각 시도의 판독값, 레이저의 최종 방향 및 백분율 차이 $100\varepsilon_{\mathrm{bal}}$ %를 제시하라.

p편광 전류의 최솟값 양쪽을 포함하도록 여러 입사각을 고르되, 최솟값 근처에서는 각도 간격을 줄여라. 각 각도에서 포토다이오드를 정반사 방향에 놓고, 레이저의 방향을 바꾸지 않은 채 전류 i_s와 i_p를 측정하라.

A.3 **1,0점**

기본 원리. 두 편광에서 얻은 세기 곡선은 같은 각도 눈금을 사용하여 그려야 한다.
그래야 동일한 각도에서 두 곡선을 서로 직접 비교할 수 있다.

과제. θ_i, i_s, i_p의 측정값을 표로 정리하고, 각각의 단위와 불확도를 함께 기입하라.
같은 모눈종이의 한 그래프에 $i_s(\theta_i)$와 $i_p(\theta_i)$의 두 곡선을 함께 그려라.
서로 다른 기호나 선 모양을 사용하고, 각 곡선을 구별할 수 있도록 범례를 표시하라.

A.4 **1,0점**

기본 원리. 반사 전류의 비 $q = i_s/i_p$를 구하려면 분모인 i_p가 양수여야 한다.
또한 그 불확도를 고려하더라도 분모의 값이 영과 구별되어야 한다.

과제. 각 유효한 각도에 대해 q를 계산하여 표에 추가하고, $q(\theta_i)$의 그래프를 그려라.
분모가 양수가 아닌 점, 또는 불확도 범위에서 영과 구별되지 않는 점에서는
q를 계산하지 말고 그래프에도 표시하지 마라.

B부 — 브루스터각과 굴절률 (4,0점)

B.1 **2,0점**

기본 원리. 브루스터각은 i_p가 최솟값을 갖는 입사각에 해당한다.
이는 신뢰할 수 있는 반사 전류 비 q가 가장 큰 영역과도 대응한다.

과제. i_p의 최솟값을 신뢰할 수 있는 비가 가장 큰 영역과 비교하여 θ_B를 구하라.
각도의 위치와 불확도를 결정한 과정을 설명하라.
각도 분해능과 최솟값 부근의 측정점으로부터 $\theta_B^{\text{exp}} \pm u_\theta$를 계산해 제시하라.

B.2 **1,0점**

기본 원리. 공기에서 유리로 입사할 때에는 $n_{\text{vidrio}} = n_{\text{aire}} \tan\theta_B$이다.

과제. $n_{\text{aire}} = 1{,}000$을 채택하여 n_{vidrio}와 그 불확도를 계산하라.

B.3 **1,0점**

기본 원리. 명목값 $n = 1{,}50$은 측정 결과와 비교할 때의
기준으로만 사용한다.

과제. θ_B^{exp}와 θ_B^{teo} 사이의 백분율 편차를 계산하라. 각도 분해능, θ_B^{exp}, u_θ, θ_B^{teo}, n_{vidrio}, 해당 불확도의
한계 및 백분율 편차를 포함한 최종 표를 제시하라.

용어 풀이

검광자
시료 또는 경계면 뒤에 놓아 출사광의 편광 방향이나 상태를 조사하는 편광자.

브루스터각, θ_B
투명 매질 사이의 경계면에서 p성분의 반사율이 최소가 되며, 이상적으로 영이 되는 입사각.

광학 활성
선편광된 빛이 매질을 통과하는 동안 그 편광 방향을 회전시키는 매질의 성질.

시료 길이, L
다른 실험 조건을 일정하게 유지했을 때 광선이 용액 내부에서 이동한 기하학적 길이. Q1에서는 학생이 셀의 길이 한계 안에서 자유롭게 고른 길이를 $L_1, \ldots, L_n$으로 나타내며, n은 선택한 길이의 개수이다. 굴절률이 n_{medio}인 균일한 매질에서 이에 대응하는 광로 길이는

$$n_{\text{medio}} L.$$

배경 전류, i_{fondo}
유효한 광 신호가 없을 때 측정과 같은 조건 및 같은 측정 범위에서 검출계에 기록되는 전류. 검출기의 암전류, 전자 회로의 기여 및 잔류 주변광이 포함될 수 있다.

평균의 표준편차
반복 판독값 N개의 평균이 보이는 통계적 산포의 추정값으로, $s_{\bar{x}} = s/\sqrt{N}$으로 계산한다. 여기서 s는 표본 표준편차이다.

투과축
편광자에서 전기장 성분이 우선적으로 투과하는 방향.

거울상 이성질체
서로 겹쳐지지 않는 거울상을 이루는 분자 구조.

레이저
세기가 크고 지향성이 있으며, 거의 단색이고 결맞음성이 높은 광선을 내는 광원.

말뤼스 법칙
검광자가 투과시키는 빛의 세기를, 투과축과 입사 편광 사이 각도의 코사인 제곱에 따른 함수로 나타내는 관계식.

계기 오차 한계
계기의 정확도 사양으로부터 계산한 오차의 한계. 이것만으로 표준편차나 평균의 통계적 불확도가 되지는 않는다.

선편광
전기장이 일정한 횡방향을 따라 진동하는 빛.

비편광
전기장의 진동이 시간에 따라 특정한 횡방향을 선호하지 않는 빛.

셀 조정 손잡이
밀봉 고리의 나사를 조여 누출을 막는 수동 부품. 길이 L를 읽는 눈금 커서가 아니다.

카이랄 분자
회전이나 평행이동으로 자신의 거울상과 겹칠 수 없는 구조를 가진 분자.

정규화
계열의 값을 기준값으로 나누는 것. Q1에서는 보정 전류 $i_{\mathrm{máx},k}^{\mathrm{corr}}$를 쓴다.

이는 선택한 계열 k의 등간격 측정점 중 최댓값으로, 곡선 전체의 최댓값과 다를 수 있다. Q2에서는 필요하면 배경 전류를 뺀 두 편광의 반사 전류 비를 구하고, 각 곡선을 자신의 최댓값으로 정규화하지 않는다. 이 비는 반사율의 직접 측정값이 아니다.

입사면
입사 광선과 입사점에서 표면에 세운 법선이 이루는 평면.

p편광
전기장이 입사면에 평행하게 진동하는 편광.

s편광
전기장이 입사면에 수직으로 진동하는 편광.

원편광
전기장 벡터의 끝이 진행 방향 주위를 회전하면서 크기는 거의 일정하게 유지되는 상태.

반사율
정해진 편광과 기하 조건에서 입사 광파워에 대한 반사 광파워의 비.

광회전
광학 활성 매질을 통과하는 동안 편광 방향이 회전하는 현상. 이 시험에서는 설탕 용액을 사용한다.

고니오미터의 장치 영점
유리판이 없을 때 직접 입사하는 광선을 기준으로 레일 축, 고니오미터 회전 중심 및 포토다이오드 중심이 정렬된 고정 기계적 기준. 유리판을 설치하고 그 법선을 광선과 나란히 맞추면 이 기준은 $\theta_i = 0°$에 해당한다. 전류 판독값을 기준으로 영점을 다시 정하면 안 된다.