## 실험 경연

**조립을 시작하기 전에**

**문제 전체를 끝까지 읽으시오!**

**먼저 다음을 읽으시오:**

1. 실험 문제 1에 주어진 시간은 **2시간 45분**이고, 실험 문제 2에 주어진 시간은 **2시간 15분**이다.
2. 주어진 펜과 장비만 쓰시오.
3. 주어진 종이는 한쪽 면만 쓰시오.
4. 자유롭게 쓸 수 있는 빈 종이 말고도 *답안지* 한 묶음이 있으며, 여기에는 얻은 결과를 **반드시** 요약해야 한다. 수치 결과는 알맞은 자릿수로 적어야 하며, 단위를 잊지 마시오.
5. "빈" 종이에는 모든 측정 결과와, 채점 과정에서 평가받고 싶은 문제 풀이에 중요하다고 여기는 것을 모두 적으시오. 그러나 주로 식, 수, 기호, 그래프, 그림을 쓰고 ***글은 될 수 있는 한 적게*** 쓰시오.
6. **반드시** 각 종이의 맨 위에 이름표에 적힌 학생 번호를 적어야 하며, "빈" 종이에는 덧붙여 학생 번호, 각 종이의 일련번호(**쪽 n.** 1부터 N까지), 그리고 평가받고 싶어 쓴 "빈" 종이의 전체 수(N)(전체 쪽수)를 적으시오.
7. 각 절마다 새 쪽에서 시작하시오. 각 절을 시작할 때 답하는 절의 번호를 적어 두면 좋다. 채점단에게 평가받고 싶지 않은 메모용 종이는 종이 전체에 크게 ×표를 하고 번호를 매기지 마시오.
8. 다 끝나면 모든 종이를 올바른 순서(답안지를 맨 앞에, 그다음 쓴 종이를 순서대로, 쓰지 않은 종이와 문제지는 맨 아래)로 정리해 주어진 봉투에 모두 넣고, 모든 것을 책상 위에 두고 나가시오. 방 밖으로 아무것도 가지고 나갈 수 없다.

## 실험 문제 1

## 간섭법으로 유리의 열팽창 계수와 굴절률의 온도 계수 재기 (10점)

**(1) 설명**

광학 기기는 높거나 낮은 온도에서 자주 쓰인다. 광학 기기를 여러 온도에서 쓰면, 광학 소자를 만든 물질의 열적 성질, 곧 열팽창과 온도에 따른 굴절률의 변화가 그 광학적 성질에 직접 영향을 준다. 이 성질들을 나타내려고 두 매개변수, 곧 선열팽창 계수 $\beta$와 굴절률의 온도 계수 $\gamma$를 각각 $\beta = \frac{1}{L}\frac{dL}{dT}$와 $\gamma = \frac{dn}{dT}$로 정의한다. 여기서 $L$은 물질의 길이, $T$는 온도, $n$은 굴절률이다. 이 실험의 목적은 주어진 유리 물질의 $\beta$와 $\gamma$를 재는 것이다.

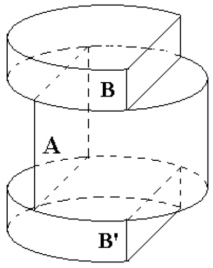



그림 1

**(2) 실험 장치, 기구, 재료**

**1. 시료**: 이 실험에 쓰는 원기둥 모양의 시료는 그림 1과 같이 균일하고 등방성인 유리로 만들어졌다. A는 축에 평행한 활꼴 부분을 잘라 낸 유리 원기둥으로, 윗면과 아랫면이 거의 평행하다. B와 B′는 같은 유리 물질로 만든 원판 두 개로, 각각에서도 축에 평행한 활꼴 부분을 잘라 냈다. 각 유리판의 윗면과 아랫면은 서로 평행하지 않다. 그림 1처럼 A, B, B′는 하나로 붙어 있다. 접착제의 굴절률은

유리와 같으며, 그 두께는 무시할 수 있다.

**2. 가열기**: 이 실험에 쓰는 가열기는 그림 2에 개략적으로 나타냈다. 전기 오븐 오른쪽의 손잡이로 전기 오븐의 온도를 조절한다. 큰 알루미늄 원통의 가운데에는 축이 같은 관 모양의 시료 구멍이 뚫려 있다. 실험 시료는 이 구멍의 바닥에 놓을 수 있다. 또한 작은 알루미늄 원통이 있는데, 여기에는 반지름이 다른 관 모양의 구멍 두 개가 뚫려 있다. 작은 구멍으로는 빛이 지나가고, 큰 구멍에는 온도계의 탐침을 꽂을 수 있다. 시료를 가열하려면, 가열하기 전에 먼저 시료를 큰 알루미늄 원통의 구멍에 조심스럽게 미끄러뜨려 넣어야 한다(이때 시료가 깨지지 않도록 큰 알루미늄 원통을 조금 기울여야 한다). 그다음 작은 알루미늄 원통을 구멍 속에 이미 놓인 시료 위에 얹는다. 그런 다음 시료와 작은 원통이 든 큰 알루미늄 원통 전체를 전기 오븐 위의 강철 컵 안에 넣는다. (가열할 때 강철 컵에 물을 넣으면 안 되며, 강철 컵을 치우고 알루미늄 원통 전체를 오븐 위에 바로 놓아서도 안 된다.)

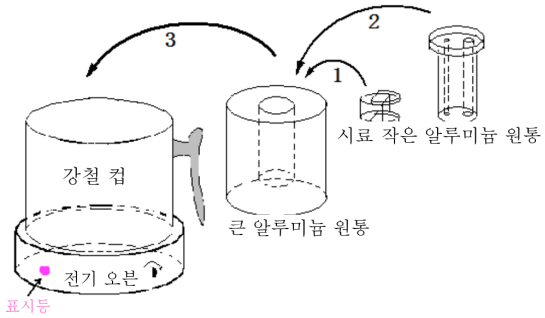



그림 2

**3. 광원 받침.** 그림 3과 같이, 연직 기둥과 받침틀로 이루어진 받침이 레이저 광원을 잡아 준다. 기둥과 받침틀은 C에서 함께 고정되어 있고, 받침틀에는 조정 나사 A와 B 두 개가 달려 있다. He-Ne 레이저와 그 전원은 그림 3처럼 기둥 위쪽에 고정되어 있다.

레이저 바로 아래에서 전원에는 비스듬한 브래킷이 붙어 있고, 그 위에 구멍이 뚫린 알루미늄 판이 놓여 있다. 알루미늄 판에는 모눈종이가 붙어 있어 관찰 화면으로 쓸 수 있다.

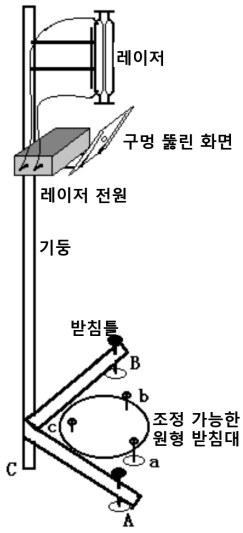



그림 3

**4. 시료 받침대**: 조정 나사 *a*, *b*, *c* 세 개가 달린 원형 받침대가 가열 오븐, 또는 시료와 작은 알루미늄 원통이 든 큰 알루미늄 원통을 받친다. 받침대는 그림 3처럼 실험대 위, 받침틀 가까이, 레이저 광원 바로 아래에 놓인다.

**5.** 디지털 온도계

**6.** 곧은 자

**7.** 대야(식힐 물이 들어 있음)

**8.** 수건 한 장

**9.** 모눈종이 한 장

**10.** 계산기

**11.** 펜과 연필

**【주의】**

a. 빛의 입사 방향과 반대 방향으로 레이저 광원을 절대 들여다보지 마시오. 그렇지 않으면 레이저 빛에 눈을 다칠 수 있다.

b. 시료의 광학면을 절대 만지지 마시오. 시료가 상하지 않도록 살살 다루시오.

**(3) 실험 내용**

**1. 질문에 답하기** (2.4점)

1.1 램프에서 나온 흰 자연광이 빨간 투명 종이를 지나 두께가 약 2 cm인 두꺼운 유리판에 부딪히면, 유리판의 윗면과 아랫면에서 반사된 빛살이 관찰 화면에서 만나 그림 4(a)처럼 간섭무늬가 없는 빛점이 화면에 생긴다. 그러나 레이저 빛살이 같은 유리판에 부딪히면, 반사된 빛살들이 같은 관찰 화면에서 만나 그림 4(b)처럼 간섭무늬가 있는 빛점이 생긴다. 이 두 현상이 다른 까닭은 무엇인가? (올바른 것을 고르시오)

A. 레이저 빛살이 빨간 빛살보다 세다
B. 레이저 빛살이 빨간 빛살보다 더 평행하다
C. 레이저 빛살이 빨간 빛살보다 결맞음이 더 좋다
D. 레이저 빛살의 파장이 빨간 빛살의 파장보다 짧다

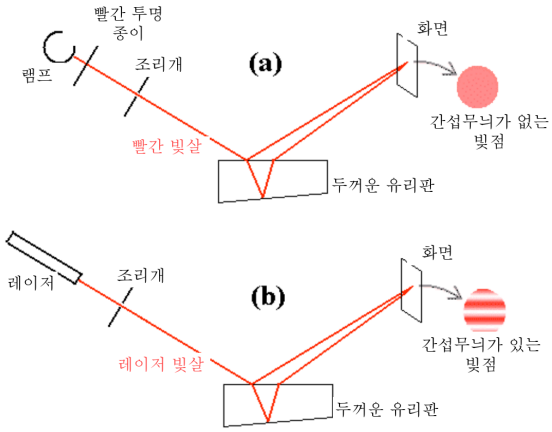



그림 4

1.2 a 그림 5처럼 레이저 빛살이 시료의 영역 *a*, *b*, *c*에 각각 거의 수직으로 부딪히면, 반사광의 주된 빛점은 몇 개 관찰되는가(다중 반사는 생각하지 않아도 된다)? 이 반사 빛점들의 모양이 입사광의 모양과 반드시 같은가?

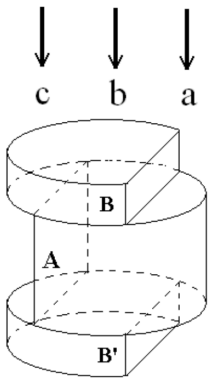



그림 5

1.2 b 반사광의 어떤 빛점의 모양이 입사광의 모양과 다르다면, 그 까닭을 설명하시오.

**2. <u>실험</u>**: 유리의 $\beta$와 $\gamma$ 재기 **(7.6점)**

레이저 빛의 파장 $\lambda = 632.8$ nm, 유리 원기둥 A의 높이 $L = 10.12 \pm 0.05$ mm, 그리고 이 파장과 주어진 측정 온도 범위에 해당하는 유리의 평균 굴절률 $n = 1.515$를 써서, 40°C에서 90°C까지의 온도 범위에서 유리 시료의 열팽창 계수 $\beta$와 굴절률의 온도 계수 $\gamma$를 재시오. (이 온도 범위에서 $\beta$와 $\gamma$는 일정하다고 보아도 된다.)

2.1 실험을 설계하고, 실험의 빛살 경로도를 그리고, 측정에 관련된 공식을 유도하시오. (3.2점)

2.2 실험을 수행하고, 열팽창 계수 $\beta$와 $\gamma$에 대한 측정 데이터를 기록하시오. (1.6점)

2.3 주어진 유리 물질의 $\beta$와 $\gamma$를 계산하고 그 불확도를 어림하시오. (2.6점)

2.4 최종 실험 결과를 적으시오. (0.2점)

**【주의】**

1. 시료를 큰 알루미늄 원통의 시료 구멍에 넣을 때, 시료가 깨지지 않도록 큰 알루미늄 원통을 조금 기울이고, 시료를 시료 구멍 바닥 쪽으로 조심스럽고

천천히 미끄러뜨리시오.

2. 실험 과정에서 온도는 계속 올려도 된다. 시간을 충분히 확보하려면 온도가 올라가는 동안 데이터를 재는 것이 좋다. 시료를 가열하려면 먼저 전기 오븐의 손잡이를 최대로 돌려도 된다. 온도가 90°C 가까이(약 85°C)에 이르면 곧바로 손잡이를 최소로 돌려 가열을 멈추시오. 가열하는 동안 오븐 왼쪽의 표시등이 꺼졌다가 다시 켜질 수 있다. 이것은 오븐이 스스로 온도를 자동 조절하고 있다는 뜻이다. 신경 쓰지 마시오.
3. 큰 알루미늄 원통의 구멍 속 시료가 충분히 가열되면 저절로 식는 데는 아주 오래 걸린다. 빨리 식히려면, 작은 알루미늄 원통이 든 큰 알루미늄 원통을 담은 뜨거운 강철 컵을 물이 든 대야에 넣어도 된다. 잠시(적어도 5분) 식힌 뒤, 수건으로 큰 알루미늄 원통을 조심스럽게 감싸 식힐 물에 바로 넣으면 더 빨리 식는다. 손을 데지 않도록 조심하시오. 식힌 뒤에는 수건으로 큰 알루미늄 원통의 물기를 닦고 강철 컵에 다시 넣으면 다시 가열할 수 있다. 합선을 막으려면 전기 오븐에 물을 절대 붓지 마시오.
4. 실험을 마치면 과열을 막도록 전기 오븐을 곧바로 끄시오.

**경고: 실험할 때 조심하시오! 시료나 기구가 망가지면 예비품이 넉넉하지 않으므로 실험을 계속하기 어려울 수 있다!**