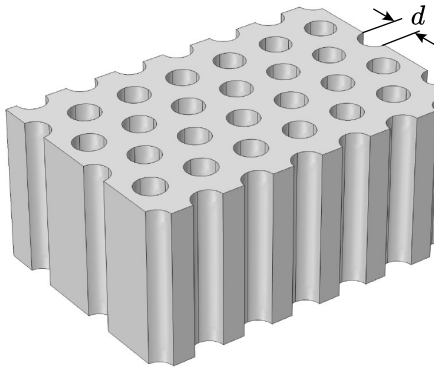
일반 안내 사용하는 모든 실험 장치 구성을 자세한 그림으로 그리시오. 오차는 A 부분에서만 추정하시오. 방법에 따라서는 주어진 장비를 모두 사용하지 않고도 과제를 해결할 수 있다.

다공성 막

양극 산화 알루미늄(anodic aluminum oxide) 막을 연구한다. 이 막은 투명하며, 두께가 h이고 그림과 같이 지름 d인 원통형 채널들이 나 있다. 목표는 매개변수 h, d와 다공도 p(막에서 채널이 차지하는 부피 비율)를 구하는 것이다. 막은 광학적으로 균질하다고 가정하고, **막의 표면을 만지지 마시오!**



A 확산, 5점

장비 막 창이 있는 기밀 용기와 클램프가 달린 연결관 *2개(창의 지름 $d_w = 13\,\mathrm{mm}$)*, 이산화탄소*(CO_2, 몰질량 $44\,\mathrm{g/mol}$)* 농도 센서*(측정 상한 0.5%)* 장착; 보조 배터리; 배터리 블록이 달린 팬 *2개(작동시키려면 마지막 배터리를 끼울 것)*; 접착 패드. **장치의 전기 연결부를 분해하지 마시오.**

채널의 한쪽 끝에서 CO_2 농도(단위 부피당 분자 수)를 c, 다른 쪽 끝에서의 농도를 c_0라 하면, 채널 안 CO_2 흐름의 밀도는 $j = D(c - c_0)/h$이다. 여기서 D는 확산 계수이다. 채널이 평균 자유 행로보다 좁으므로 확산 속도는 채널의 지름으로 정해진다: $D \approx vd/3$. 여기서 v는 CO_2 분자의 제곱평균제곱근 속력이다. 실온은 $T = (295 \pm 5)\,\mathrm{K}$이다.

과제 $c - c_0$가 시간에 따라 어떻게 변하는지 함수 관계를 제안하고, 이를 실험으로 조사하여 그 관계의 매개변수를 구하고 오차를 추정하시오.

CO_2 센서 사용법 이 센서는 전체 공기 분자 수에 대한 CO_2 분자 수의 비를 측정한다. USB로 보조 배터리에 연결하면 센서가 켜진다. 시작하는 데 몇 분이 걸린다. 센서를 끄면 **모든 데이터가 사라진다**.

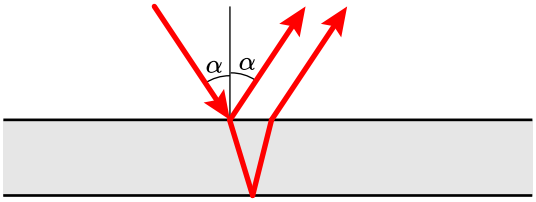
SELECT 버튼을 1초 동안 누르면 센서가 기록 모드(R)와 기록 열람 모드(D) 사이에서 전환된다. 기록 모드에서는 20초마다 기록이 하나씩 추가된다. 메모리에는 마지막 200개의 기록만 남는다. 기록 열람 모드로 바꾸면 새 기록은 더해지지 않지만 타이머는 계속 간다. 이 모드에서는 UP과 DOWN 버튼으로 기록을 넘겨 볼 수 있다. 기록 모드로 돌아가면 새 데이터의 기록이 다시 시작된다.

리셋 버튼 RST는 모든 기록을 **지우고** 타이머를 초기화한다. LEFT와 RIGHT 버튼은 쓰지 않는다.

B 간섭, 6점

장비 광학대; 지지대에 세운 막*(A 부분의 것과 같음)*; 레이저, $\lambda = 660\,\mathrm{nm}$; 편광판 *2개(편광판의 축은 선으로 표시되어 있고 틀의 가장자리와 45°를 이룸)*; 광다이오드*(단락 전류가 빛의 세기에 비례함)*; 멀티미터; 전선; 클립; 자 *2개*; 접착 패드; 흰 종이.

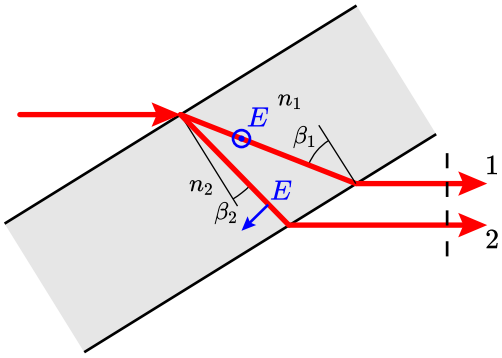
막의 위쪽과 아래쪽 면에서 반사된 광선들의 간섭 때문에, 반사광의 세기는 입사각 α에 따라 달라진다.



과제 막의 두께 h를 구하시오. 막의 굴절률은 $n_o = 1.50$이라고 가정하시오. C 부분에서 설명하는 복굴절을 피하려면 입사광은 입사면(그림의 평면)에 수직으로 편광되어 있어야 한다. 간섭의 대비가 너무 약하면 막의 다른 쪽 면을 써 보시오.

C 복굴절, 7점

장비 *B 부분과 같음.*



막의 굴절률은 빛의 편광과 진행 방향에 따라 달라진다. 이 막은 두 굴절률 n_o와 n_e로 기술할 수 있다; $|n_e - n_o| \ll n_o$. 레이저 빔이 막에 들어가면 편광과 속도가 서로 다른 두 빔으로 갈라진다. 빔 1은 입사면에 수직으로 편광되어 있으며, 굴절률은 $n_1 = n_o$로 β_1에 의존하지 않는다. 빔 2는 입사면에 나란하게 편광되어 있으며, 굴절률 n_2는 β_2에 의존한다:

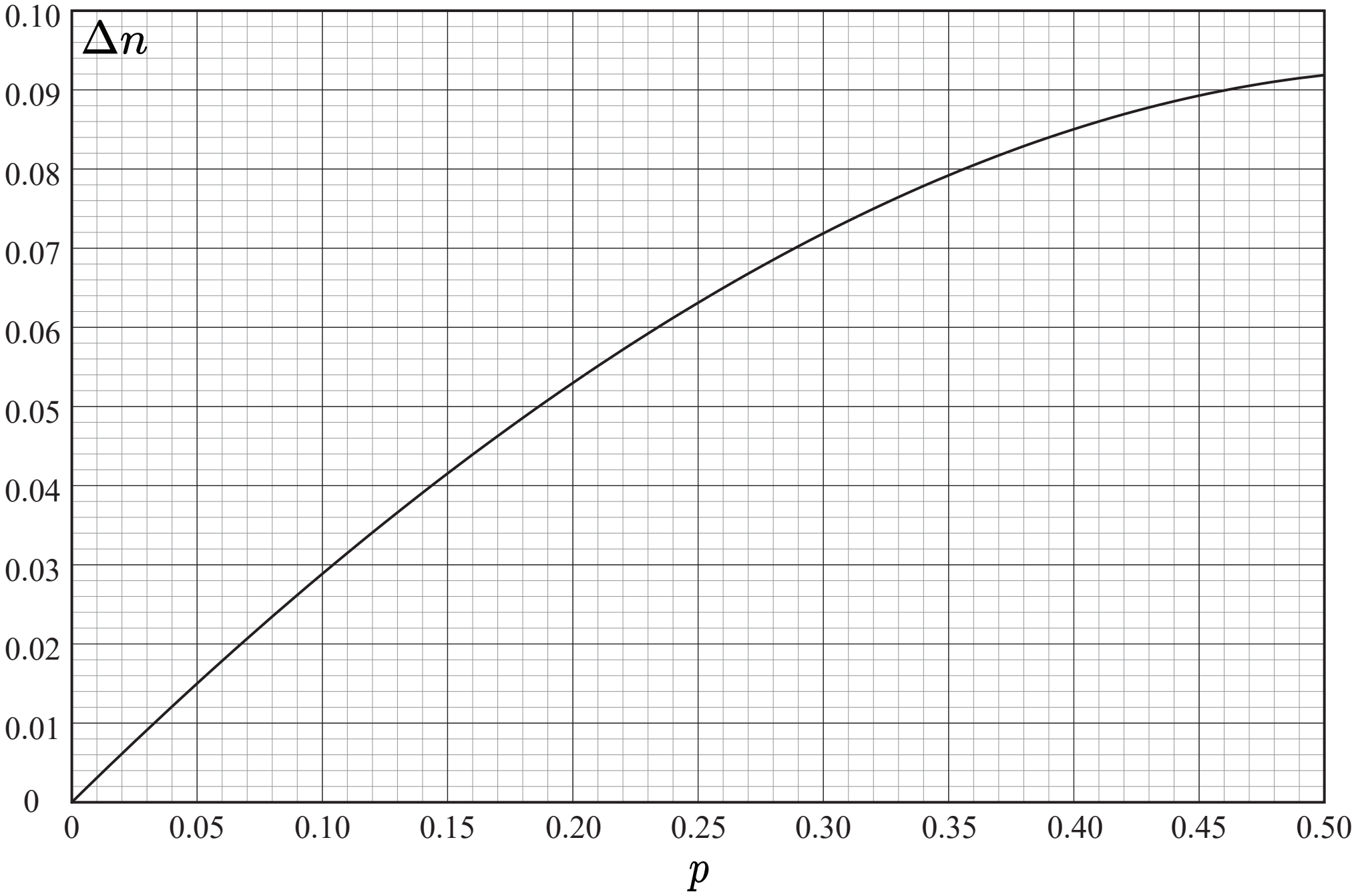
$$\frac{1}{n_2^2} = \frac{\cos^2\beta_2}{n_o^2} + \frac{\sin^2\beta_2}{n_e^2}.$$

두 빔 사이의 광로차가 $\delta = h(n_1\cos\beta_1 - n_2\cos\beta_2)$임을 보일 수 있다.

과제 막의 굴절률 차이 $\Delta n = |n_e - n_o|$를 구하시오. 주어진 $\Delta n(p)$ 그래프를 이용하여 다공도 p를 구하시오.

D 코다, 2점

과제 앞 부분의 결과를 이용하고 필요하면 추가 측정을 하여 지름 d를 추정하시오.


Δn
0.10
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
0
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
p