

굴절률 구배 및 확산 결정 레이저 편향 측정을 통한 염 용액 계수

I. 소개

확산은 원자나 분자가 무작위적으로 걸어가면서 시스템을 이끄는 과정입니다. 열역학적 평형. 예를 들어 용기에 물과 소금 용액이 혼합되어 있는 경우, 다음과 같이 열역학적 평형을 이룹니다. 는 소금 농도가 높은 영역에서 낮은 영역으로 확산되는 소금 분자의 확산 플럭스입니다. 소금 농도. 확산 속도는 확산 계수 D 에 의해 특징지어집니다. 생화학에서 천체 물리학에 이르는 광범위한 과정에서 중요한 역할을 합니다. 다음 실험에서 문제를 해결하기 위해 소금 분자의 확산을 연구합니다. 소금 분자는 소금 용액에서 확산적으로 이동합니다. 를 증류수가 있는 영역으로 향하게 하여 다양한 소금 농도의 전이 층을 만듭니다. 그리고 이 용액의 굴절률은 소금 농도에 따라 달라집니다. 따라서 확산을 연구할 수 있습니다. 광학 용이성을 통한 프로세스 experiments using laser beam 편향 방법.

II. 목표

1. 굴절률의 기울기를 측정하여 물속에서 용액의 확산 계수를 결정합니다.
2. 염 용액 농도 변화에 대한 확산 계수의 변화율을 결정합니다.

III. List of Materials

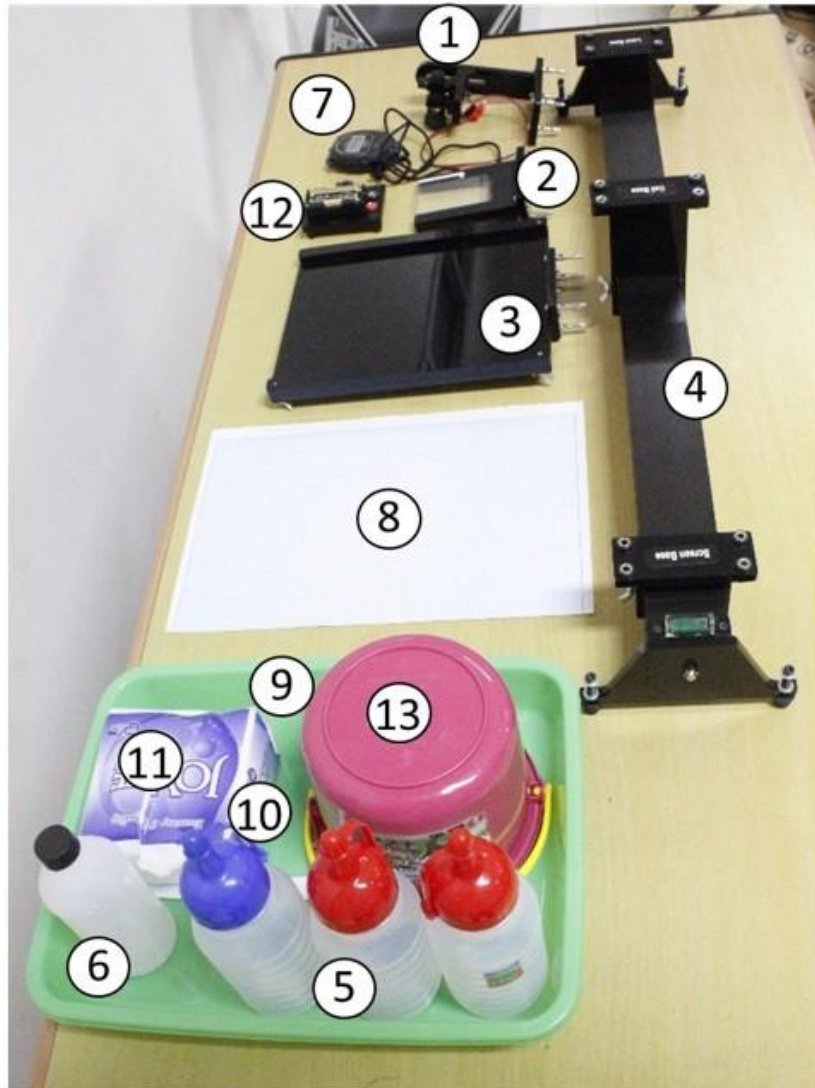


Figure 1. Materials for this experiment.

- 1Line Laser Module (Diode laser with ≈ 632 nm and cylindrical lens)
- 2Diffusion cell (6.5 cm x 0.8 cm x 9.5 cm) with holder)
- 3Screen with holder
- 4Optical rail with length scale
- 5Salt-water Solutions
- 6Distilled Water (Aquadest)
- 7Stopwatch
- 8Paper with scale (block millimeter paper)

- 9Pipette (dropper)
- 10Knife + Tissue for cleaner
- 11Tissue
- 12Battery
- 13Buckets as waste container of salt and water solution

The schematic diagram of the experimental set-up can be seen in Figure 2.



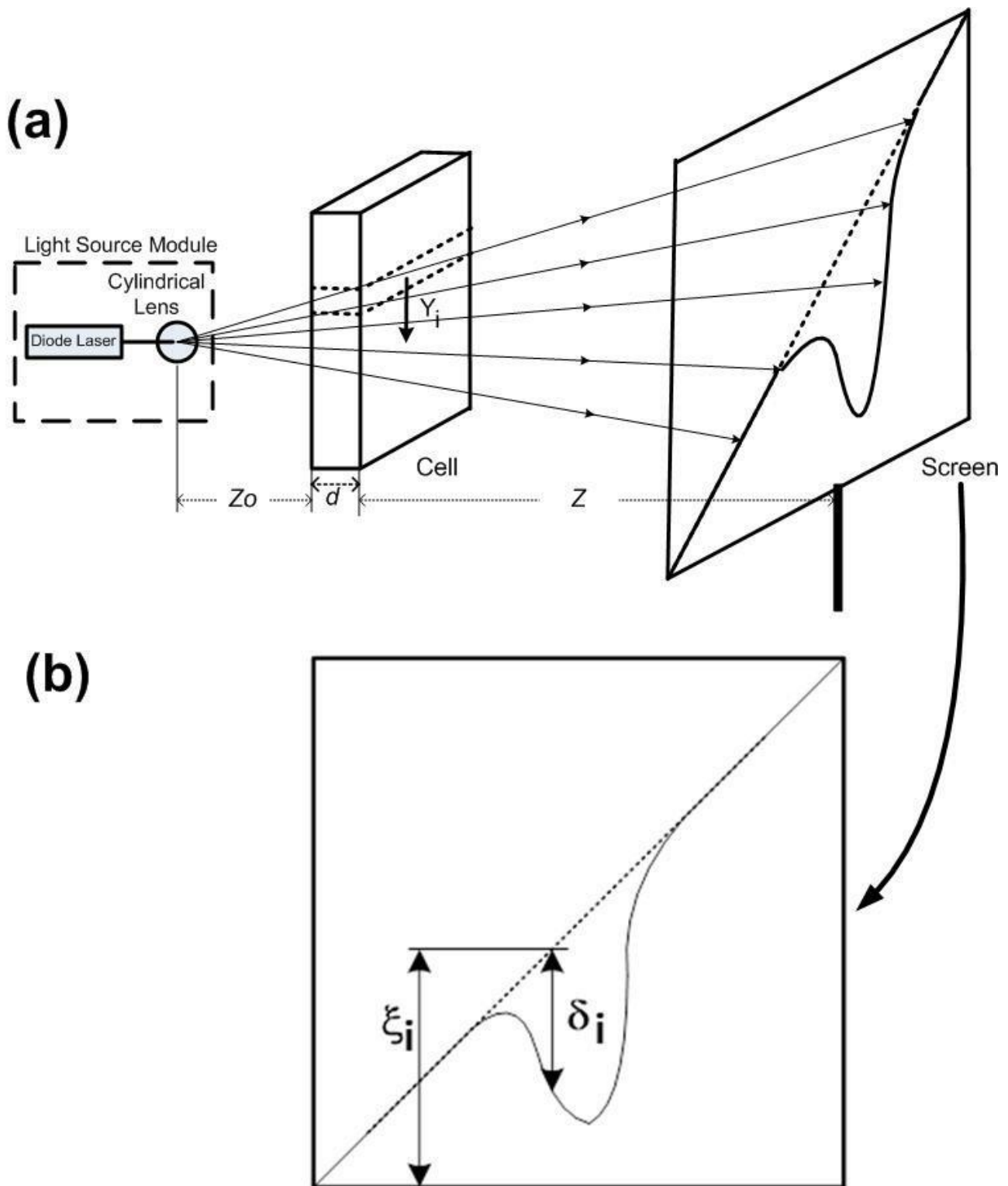


그림 2. (a) 실험의 개략도. 셀에는 증류수(아쿠아데스트)가 소금물 용액이 들어 있습니다. (b) 용액 1과 용액 2 사이에서 확산이 일어날 때 화면에 나타나는 편향된 레이저 빔인 일반적인 디플렉토그램.

유체 내 수직 위치의 함수로서 굴절을 기울기의 프로파일을 얻으려면 화면의 수직 위치(z)를 셀의 수직 높이(Y)와 연관시키고 수직 편향(δ)을 굴절을 기울기(dn/dY)와 연관시켜야 합니다. 실험 설정의 기하메트리(그림 2 참조) 보면 다음과 같습니다:

$$Y_i = \frac{\xi_i Z_0 Z_0}{\pi d Z} \quad (1)$$

여기서 그림 2(a)에 표시된 z_0 , Z 와 d 는 광원 모듈 사이의 거리를 나타냅니다.

와 확산 셀, 확산 셀과 스크린 사이의 거리, 확산 셀의

두께를 각각 측정합니다. z_0 측정을 위해 레이저 모듈 스탠드에 표시된 선은 원통형 렌즈의 위치를 나타냅니다.

셀의 두께(d)와 굴절을 구매가 모두 충분히 작아서

굴절은 셀 내에서 광선의 수직 변위를 무시할 수 있을 정도로 작게 만듭니다. 이 한계에서 각 광선은

거의 일정한 수직

이 높이로.

48 eight within eel and

2017년 7월 16일 - 24일

이를 보여줄 수 있습니다:

$$\left(\frac{dn}{dY} \right)_i = \frac{\delta_i}{Zd} \quad (2)$$

실험 절차:

- 화면에서 편향된 레이저 트레이스를 얻으려면(그림 2b에서와 같이) 그림 2(a)에 표시된 회로도를 따라 그림 1에 표시된 모든 구성 요소를 조립해야 합니다.

- 켜져 있고 레이저의 스폿과 화면의 투영이 확산 셀에 수직으로 닿았을 때 대각선 형태인지 확인합니다. 밝고 초점을 맞춘 선을 얻기 위해 레이저의 뒷면을 회전하여 Z_0 및 레이저의 초점 거리를 조정할 수 있습니다. 레이저를 전체적으로 회전하여 스크류의 대각선 방향을 수도 있습니다(상단의 스크류를 사용하여 레이저를 해제). 물이나 소금 용액이 없는 상태에서는 직선 대각선 레이저 빔을 볼 수 있습니다.
- 두 가지 용액이 확산적으로 혼합되면 편향된 레이저 트레이스가 나타납니다. 먼저 소금 용액을 흰색 선으로 표시된 한계까지 확산 셀 용기에 붓습니다. 피펫을 사용하여 용기에 물을 측면 채널을 따라 40방울 정도 천천히 떨어뜨린 후 스톱워치를 켜서 확산 시간을 측정할 수 있습니다.
프로파일로 설정합니다. Z_0 레이저의 높이가 이미 최적화되어 있으며, 디플렉트 레이저는 화면의 트레이스가 중앙에 있고 선명하며 덩의 깊이가 가능한 한 커집니다. 측정 오차를 최소화하려면 이 최적의 설정을 찾아야 합니다.
- 진화 이후
If e of 30 minutes, you must be 화면에 부착된 밀리미터 블록 용지에 레이저 그림니다.
i using a pencil. Note that 이 실험에서는 다음을 수행해야 합니다.
3 가지 차이에 대한 측정
ifferent salt solution concentrations (i.e. C_0 /150ml, $C_0 = 28\text{g}/150\text{ml}$
및 $C_0 = 33\text{g}/150\text{ml}$) so that you need to replace the millimeter block 자주. 나사를 돌려서
블록 용지는 화면 모서리에 부착된 scre 및 i c 에 부착해야 밀리미터 오센 또는 조입니다.
합니다.
Inserted to screen and it can be loc
- 이 밀리미터 블록 용지에 학생 코드 번호와 사용한 용액의 농도를 적으시기 바랍니다.

IV. 실험 및 작업

A: 소금물 용액의 굴절률 구배 측정(4.5점)

세 가지 소금 농도 모두에 대해 아래 단계를 수행해야 합니다. 오차 추정치는 필요.

A.1	실험을 수행하여 화면에서 편향된 레이저 흔적을 얻습니다. 연필을 사용하여 화면에 부착된 밀리미터 블록 용지에 레이저 트레이스를 복제하고 확산 시간(t)을 30분으로 설정합니다.	1.2pt.
A.2	확산 시간(t)이 경우 밀리미터 블록의 레이저 트레이스에서 Z, d, Z_0, ξ 및 δ_i ($i = 1, \dots, 20$ 은 서로 다른 수평 위치에 해당하는 데이터 포인트)를 측정합니다. 매개변수 Z, d, Z_0, ξ 및 δ_i 는 cm 단위로 표시됩니다. Z, d 및 Z_0 은 모든 측정에서 동일하다는 점에 유의하세요. 결과를 표 1에 기록합니다.	1.5pt.
	다음 기간 동안 Y_i 및 $(\frac{dn}{dY})$ (여기서 $i = 1, \dots, 20$ 은 데이터 포인트입니다)를 계산합니다.	

A.3	diffusion (t) of 30 minutes. Note that Z , d and Z_0 are the same for all measurement. Record the results in Table 2. Plot ($\frac{dn}{dY_i}$) vs. Y_i for $t = 30$ minutes.	1.5 pt.
A.4	문제 A3에서 얻은 ($\frac{dn}{dY_i}$) 최대값의 Y_i 를 구합니다. 할당 이 Y_i 를 h 로	0.3 pt.



B: 확산 계수 결정(4.2점)

문제 A.3에서 찾은 곡선은 다음 방정식을 사용하여 맞출 수 있습니다:

$$\left(\frac{dn}{dY}\right)_i = \left(-\frac{dn}{dC}\right)\left(\frac{dC}{dY}\right)_i \quad (3)$$

$$\left(\frac{dC}{dY}\right)_i \approx \frac{C_o}{2\sqrt{\pi Dt}} e^{-\frac{(h-Y(i))^2}{4Dt}} \quad (4)$$

여기서 C , C_o , D , t , h 는 농도, 초기 염 용액 농도, 확산 계수를 나타냅니다, 확산 지속 시간, 최대 굴절률 구배(dn/dY)에서의 $Y(i)$ 를 각각 나타냅니다. 참고 (dn/dC) 가 일정하다는 것을 알 수 있습니다. 확산 계수는 방정식 (3) 및 (4) 사용하여 $(dn/dY)_i$ 와 Y_i 사이의 선형 관계를 형성함으로써 구할 수 있습니다.

B.1	식 (3,4)를 바탕으로, 의존성이 다음과 같은 함수 $f\left(\left(\frac{dn}{dY}\right)_i\right)$ 와 $g(Y)$ 를 구합니다. $f\left(\left(\frac{dn}{dY}\right)_i\right)$ 와 $g(Y)$ 사이 $\frac{d}{dY}$ would be "linear".	0.9pt.
B.2	표를 만드십시오(Table 3 in the answer sheet) 예) 과제 A에서 가져온 데이터 집합에 대해 B1의 선형 방정식의 점, 회측, 종축을 사용하여 이 표를 플롯합니다.	1.8pt.
B.3	t 데이터 집합에 대해 B2에서 얻은 선형 플롯에서 확산 계수 D 를 구합니다(=). 선형 의존성은 데이터의 하위 범위에 대해서만 유지될 수 있다는 점에 유의하세요.	1.5pt.

C. 비선형 확산(1.3점)

C.1	위의 분석은 D 가 C 와 독립적이라는 가정을 기반으로 한 것입니다. 이것이 사실이 아니라면 소위 비선형 확산이 발생합니다. 그러나 최대값에 가까운 $\frac{dn}{dY}$ 확산 계수를 사용하여 이를 일반 확산으로 간주할 수 있습니다. 농도의 국부적 값에 해당합니다. 소금 용액 농도 변화에 따른 확산 계수의 변화율을 그래픽으로 결정합니다. 파트 B의 데이터를 사용합니다.	1.3pt.
-----	--	--------

지진 및 화산 감지를 위한 평행 쌍극자선 자기 트랩

A. 소개

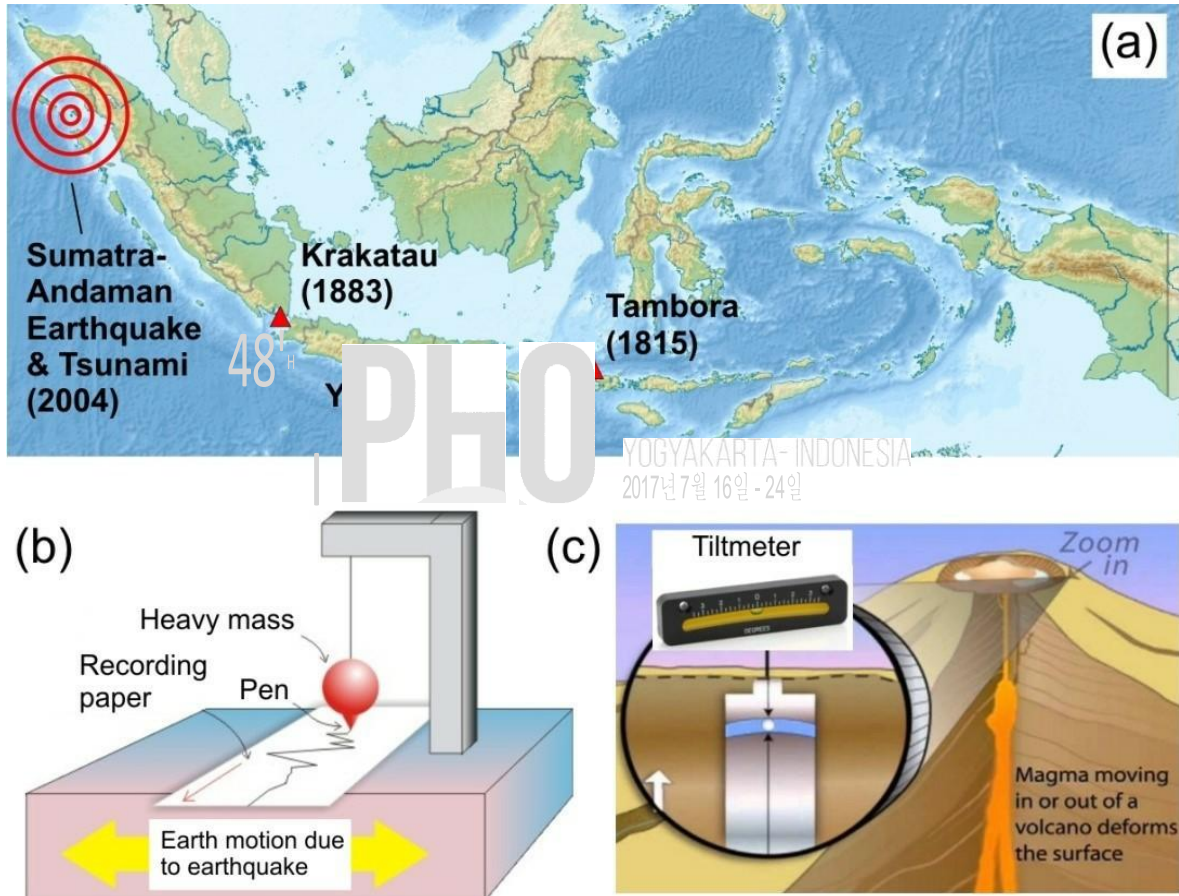


그림. 1 (a) 인도네시아의 잘 알려진 재난을 보여주는 지도. (b) 지진을 감지하는 기본 지진계. (c) 화산을 모니터링하는 기울기계.

인도네시아는 열대 지방에 약 17,000개의 섬으로 세계에서 가장 큰 군도로, 흔히 '적도의 보석'이라고 불립니다. 하지만 안타깝게도 지진이나 화산 폭발과 같은 자연재해의 위협이 많은 곳이기도 합니다. 수마트라-안다만 지진과 쓰나미(2004), 크라카타우(1883), 탐보라(1815) 화산 폭발과 같은 거대한 재난(그림 1 a)은 세계 기록 역사상 가장 치명적인 재해 중 하나입니다. 지진을 감지하기 위해 일반적으로 진자 기반 시스템인 지진계를 사용하여 지반의 변위 또는 가속도를 측정합니다(그림 1 b). 화산을 모니터링하기 위해 기울기계를 사용하여 지하 마그마의 움직임으로 인한 지반 경사 변화를 감지합니다(그림 1 c). 이 문제에서는 지진을 감지하고 화산을 모니터링하기 위한 새로운 종류의 자기 트랩 및 센서인 평행 쌍극자선(PDL) 트랩 시스템의 물리학과 응용에 대해 살펴봅니다.

평행 쌍극자선 시스템은 두 개의 선형 자기 쌍극자 분포의 배열입니다.

쌍극자 선) 그림 2와 같습니다. 최근 인도네시아의 두 물리학자가 이 시스템에서 매우 흥미로운 효과를 발견했습니다. 쌍극자의 길이가 특정 임계 길이보다 길면 가장자리에서 자기장이 강해져 그림 2a와 같이 "낙타등 전위"가 발생한다는 것입니다.* 이 "낙타등 효과"는 이 시스템이 **평행 쌍극자선(PDL) 트랩**이라는 새로운 유형의 자기 트랩으로 사용될 수 있기 때문에 매우 중요합니다. 실험적으로 한 쌍의 직경 자석, 즉 그림 2c와 같이 북극과 남극이 평평한 면이 아닌 곡면에 자화되어 있는 원통형 자석을 사용하여 이 PDL 트랩을 구현할 수 있습니다.

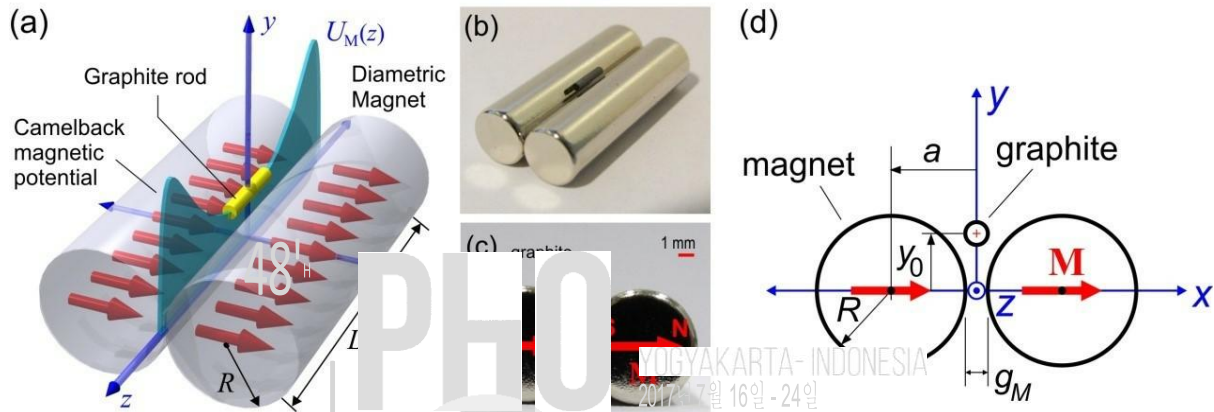


그림 2. (a) z 방향을 따라 낙타 등 전위를 갖는 평행 쌍극자 선 트랩 모델. (b) "직경" 자석을 사용한 실험 설정. (c) 단면도. (d) PDL 트랩의 개략도. [* 구나완과 바이러스, j. Appl. Phys. 121, 133902 (2017)].

흑연 막대(일반 연필심)를 트랩에 떨어뜨리면 공중에 떠오르거나 안정된 상태로 갇히게 됩니다. 이는 흑연이 X 방향에서는 양쪽에서 자석에 의해 반발하고 수직(y) 방향에서는 자기 반발력이 중력과 균형을 이루면서 높이 y_0 에서 공중에 떠 있기 때문에 발생합니다(그림 2d). 세로 방향(z)에서는 카멜백 전위가 흑연을 안정적으로 유지합니다.

자기 트랩의 카멜백 전위는 1차원 발진기 역할을 합니다. 흑연 막대에 z 축을 따라 약간의 섭동을 주면 그림 3a와 같이 감쇠된 진동을 나타냅니다. 이 PDL 트랩은 민감한 지진계로 사용할 수 있습니다. 지반이 흔들리면 흑연 막대는 안정적으로 유지되는 경향이 있으며 상대적인 변위(그림 3b)가 "지진" 신호입니다. 마찬가지로 민감한 기울기계로도 사용할 수 있습니다. 트랩을 약간 기울이면 흑연 막대가 마찰 없이 크게 움직입니다.

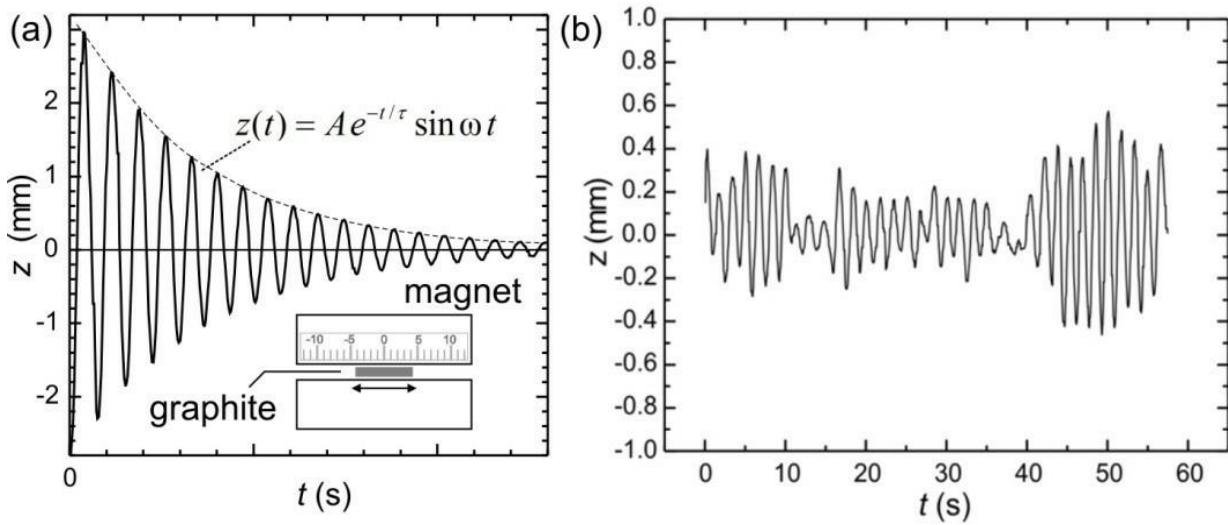


그림 3: (a) 카멜백 전위에 따른 흑연 막대의 감쇠 진동. (b) 지진계 적용:

Ground vibration dePDL 트랩에 의한 감지.

이제 우리는 이제

physics and application of 태그 JY(S'@@)Vo 섹션.

섹션 A: 기본 특성

- (1) 자석의 자화 M (2.5pt) 결정
- (2) 자기 부상 및 자기 민감도 χ (1.0pt)
- (3) 낙타 등 전위 진동 및 자기 민감도 χ (1.0pt)
- (4) 발진기 품질 Q 및 공기 점도 μ_a 측정(3.0pt)

섹션 B: 애플리케이션

- (5) PDL 트랩 지진계(0.5포인트)
- (6) PDL 트랩 틸트미터(2.0포인트)

B. 장치

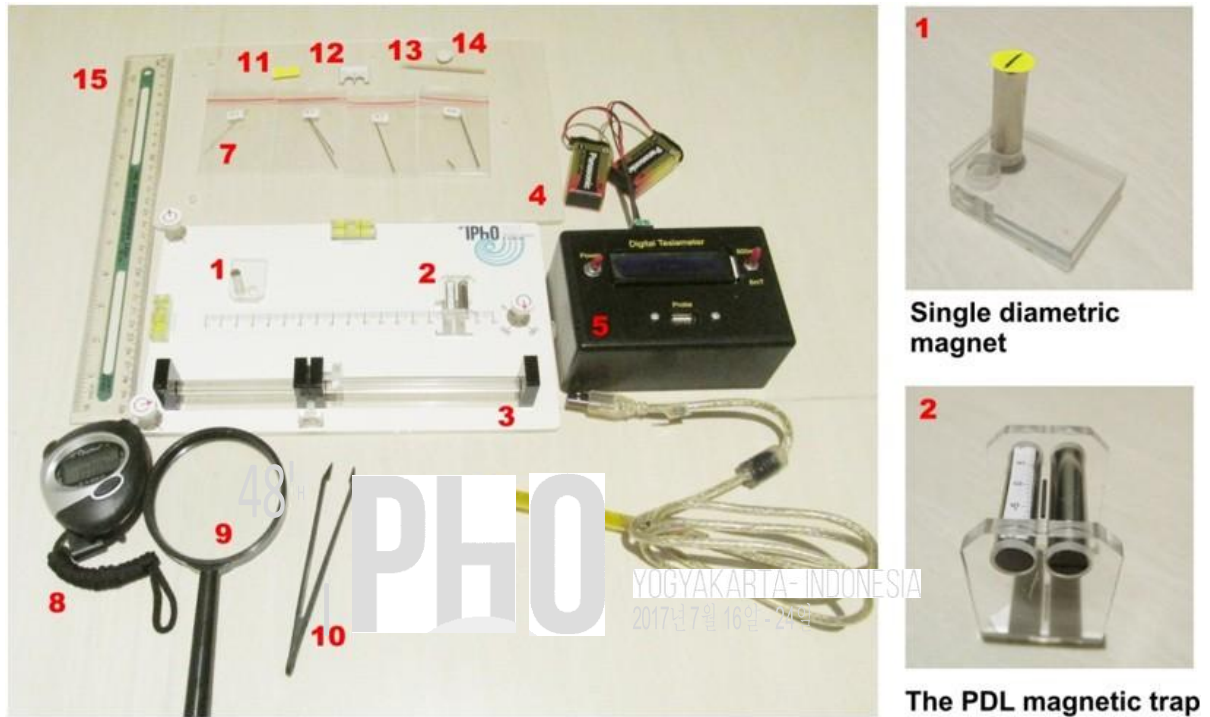


그림 4. 실험 설정.

1. 단일 직경 자석 어셈블리. 자화를 표시하는 노란색 스티커가 부착되어 있습니다.
2. 공중부양 흑연으로 표시된 PDL 마그네틱 트랩 어셈블리. 어셈블리에서 자석을 제거하지 마세요.
3. 나사 3개가 있는 상단 플랫폼
4. 하단 플랫폼
5. 자기장을 측정하는 테슬라 미터. 테슬라 미터의 전원을 켜기 위한 배터리와 홀 프로브를 테슬라 미터에 연결하기 위한 케이블이 제공됩니다.
6. 테슬라 미터의 홀 센서 프로브
7. 흑연심(연필심)은 4가지 직경 크기 HB/0.3, HB/0.5, HB/0.7, HB/0.9가 있습니다. 정확한 지름은 상수와 데이터를 참조하세요. 필요에 따라 흑연 막대를 특정 길이로 잘라야 할 수도 있습니다.
8. 스톱워치
9. 돋보기
10. 핀셋, 정전기 방지

11. 단일 자석의 자화 방향(남북극)을 표시하는 둥근 노란색 스티커 -
12. 흑연 공중부양 높이 측정을 위한 "인서트-자"
13. 흑연 막대 주위를 이동하는 이쑤시개
14. 자석 어셈블리를 플랫폼에 붙이기 위한 실리 퍼티
15. 눈금자

지침 및 경고:

1. 단일 자석과 PDL 트랩(이중 자석) 어셈블리를 서로 멀리 떨어진 곳에 보관하세요.
서로 부딪혀서 깨질 수도 있습니다!
2. 배터리를 절약하기 위해 사용하지 않을 때는 테슬라 미터를 끄세요!
3. 분리해 주세요 , 11-14 carefully from bottom 플랫폼 (항목 4)을 분리한 다음 상단 플랫폼 (항목 3)을 하단에 놓습니다. tplatform.
4. 세 개의 s crews to adjust the level of the top platform.

상수 및 데이터:

직경 자석의 반경 직경 자석의 길이
PDL 트랩의 간격

$$\begin{aligned} R &= 3.2\text{mm} \\ L &= 25.4\text{ mm} \\ g_M &= 1.5\text{mm} \end{aligned}$$

흑연의 질량 밀도
흑연 막대 "HB/0.3" 직경 흑연 막대
"HB/0.5" 직경 흑연 막대 "HB/0.7"
직경 흑연 막대 "HB/0.9" 직경

$$\begin{aligned} \rho &= 1680\text{ kg/m}^3 \\ &= 0.38\text{ mm } D= \\ &0.56\text{ mm } D= \\ &0.70\text{ mm } D= \\ &0.90\text{ mm} \end{aligned}$$

실내 온도
진공 볼츠만 상수에서의 자기 투과성
중력 가속도

$$\begin{aligned} T &= 298\text{ K} \\ \mu_0 &= 1.257 \times 10^{-6} \text{Him} \\ k_B &= 1.38064852 \times 10^{-23} \text{m}^2\text{kg/s}^2\text{K} \\ g &= 9.8\text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

C. 실험 및 질문

섹션 A. PDL 트랩의 기본 특성

[1] 자석의 자화(M) 측정 2.5pt)

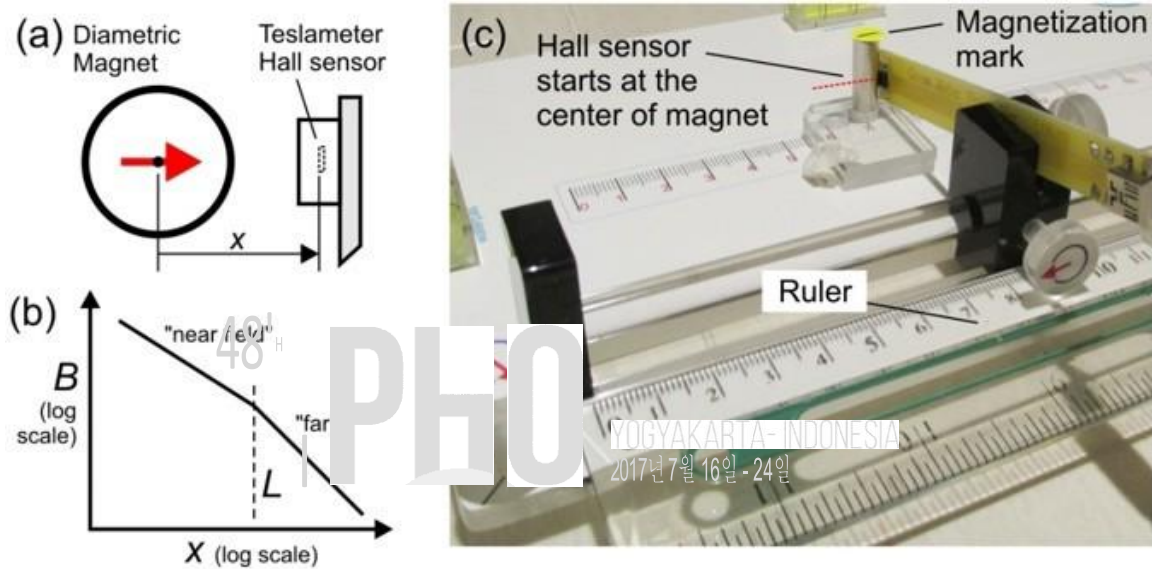


그림 5. (a) 자기장 측정. (b) 자기장 프로파일 (c) 설정.

마그네틱 트랩의 강도는 자석의 총 자기 모멘트 M 에 따라 달라지며, 단위 자기 쌍극자인 자화 M 과 자성 물질의 특성에 따라 달라집니다. 원통형 자석의 경우:

$$M = \frac{\mu_0}{\pi R L} \quad (1)$$

여기서 R 은 반지름이고 L 은 자석의 길이입니다(상수 및 데이터 참조). M 의 값은 다음과 같습니다.

이 실험에서는 모든 자석에 대해 동일하게 고려합니다. 자기장 프로파일을 연구하고 PDL 트랩에 사용된 직경 자석의 M 을 결정합니다.

그림 5c와 같이 단일 직경 자석 어셈블리를 가져와 실험을 설정합니다. 홀(자기장) 센서를 향하도록 자화(그림 6a와 같이)를 정렬합니다. 테슬라 미터를 사용하여 x 축을 따라 자기장의 세기를 측정합니다. 근거리 자기장 프로파일 B 또는 "쌍극자 선" 한계는 약 $x \leq 16\text{mm}$ 입니다:

$$B(l)(x) = \frac{\mu_0}{2\pi x^2 L} \quad (2)$$

x 축은 그림 6a와 같이 직경 자석의 자화 축을 따르며, x 는 직경 자석의 중심에서 센서 칩 내부의 홀 프로브 센서까지의 거리를 나타냅니다. 그림 6b에 표시된 오프셋 문제를 참조하십시오.

"영역에서만 측정을 수행합니다:

A.1	근처에 자석이 없는 상태에서 테슬라미터의 제로 오프셋(B_0)을 기록합니다. 빼기 값으로 후속 현장 측정을 수행합니다.	0.1pt.
A.2	근거리 자기장 영역에서 자기장 B 대 x 를 측정하세요($7 \leq x \leq 16\text{mm}$)! 여기서 x 는 자석의 중심에서 측정한 위치입니다. 결과를 기록하고 . 아래의 "힌트 및 방향"을 따르세요.	1.15pt.
A.3	실험 데이터를 사용하여 지수 p 의 값을 결정합니다.	0.75pt.
A.4	자석의 자화 M 을 결정합니다.	0.5pt.

힌트 및 방향:

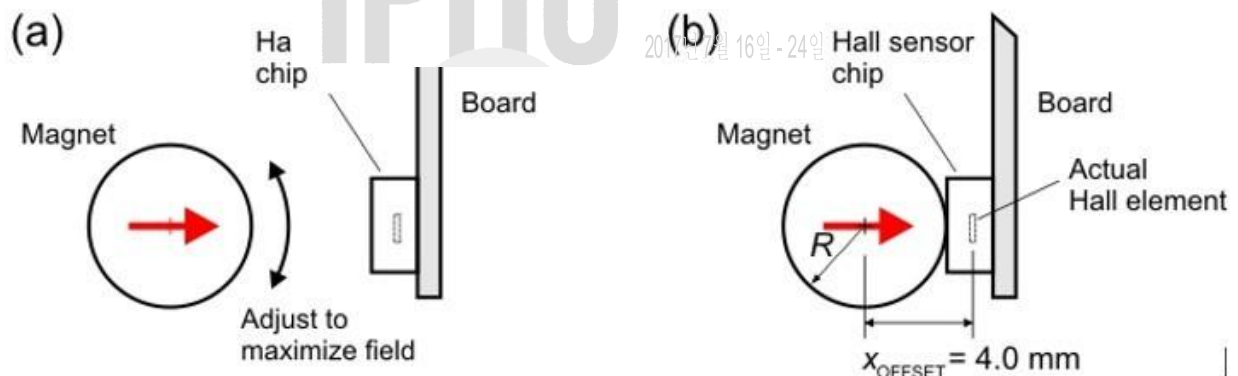


그림 6. 자기장 측정 (a) 조정 (b) 오프셋 문제

1. **배터리를 절약하기 위해 사용하지 않을 때는 테슬라 미터를 끄세요!**
2. 테슬라미터의 경우, 각 데이터 포인트에 대해 약 -2초 정도 기다렸다가 판독합니다.
3. x 는 자석의 중심에서 측정한 값입니다. 자석 반경은 $R=3..$
4. 그림 5c의 권장 측정 설정을 사용합니다.
5. 그림 6a를 참조하여 자석의 자화가 홀 센서를 향하도록 자석의 회전을 조정하여 자기장을 최대화합니다. 노란색 원형 스티커를 사용하여 자석에 자화 방향을 표시할 수 있습니다.
6. 홀 센서가 자석에 닿을 때 자석의 중심과 실제 홀 센서 요소 사이의 실제 거리는 다음과 같이 주어진 오프셋 값입니다: $x_{\text{OFFSET}} = 4 \text{ mm}$
7. 홀 센서로 $x = 5\text{mm}$ 에서 측정을 시작하세요! 센서가 포화 상태이거나 터치 중에 프로브가 구부러진 경우 센서가 자석에 닿으면($x=4\text{mm}$) 데이터를 사용하지 마세요.

[2] 자기 부상 효과 및 자기 감수성(χ) (1포인트) (1포인트)

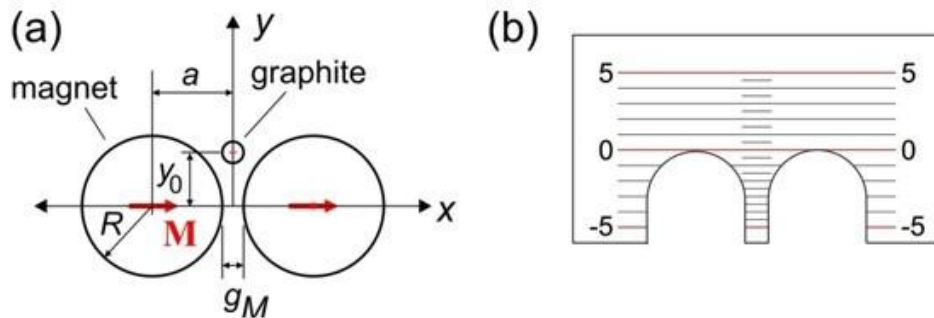


그림 7. (a) PDL 트랩의 자기 부상 효과. (b) 부상 높이 y_0 를 측정하기 위한 눈금자 삽입하기

PDL 트랩은 자기 부상 효과도 보여줍니다. 흑연은 트랩의 중앙에서 공중에 떠 있습니다.

높이 y_0 에서 그림과 같이 자성 수에 따라 달라집니다. Rigid. 7(a). The graphite is magnetized in response to an applied field. it is magnetic susceptibility and the rod 위치 y_0 자기 민감도는 다음과 같이 설명합니다. $\mu = (1 + \chi)\mu_0$ 여기서 μ 는 PDL 트랩의 흑연 다음과 같이 주어집니다: μ 는 magnetic permeability of the material. Th

$$F_m(y) = - \frac{\mu_0 M^2 \chi V_r R^4}{2} f\left(\frac{y_0}{a}\right) \quad (3)$$

$F_m(y_0)$ 이 양수인 경우 힘은 위쪽으로 향하고

공식을 사용합니다. 여기서 V_r 는 흑연 막대의 부피, M 은 자석의 체적 자화량입니다.

(문제 1에서 얻은) a 는 다음과 같이 주어진 자석 중심의 위치입니다: $a = R + g_M/2$ (그림 7a 참조) 여기서 g_M 은 자석 사이의 간격입니다: $g_M = 1.5\text{mm}$. $f(u)$ 는 다음과 같이 주어진 이 트랩의 자기 반발력에 대한 무차원 함수입니다:

$$f(u) = \frac{4U(3-U^2)(1-U^2)}{U^2(1+U^2)^5} \quad (4)$$

A.5	흑연 막대 HB/0.5와 길이=부드럽게 놓습니다. 막대의 공중부양 높이 y_0 를 측정합니다(그림 7a 참조)! 힌트: 그림 7b와 같이 제공된 삽입용 자를 사용합니다. 자석의 자를 눌러 흑연 막대의 위치를 읽습니다.	0.1pt.
A.6	파트 A.5의 결과를 사용하여 흑연 막대의 자기 감수성 χ 를 구합니다.	0.8
A.7	흑연은 어떤 종류의 자성 물질입니까? (i) 강자성, (ii) 상자성, 또는 (iii) 반자성 중 하나를 고르세요?	0.1pt.

[3] 카멜백 전위 진동 및 자기 감수성(χ) (1포인트)

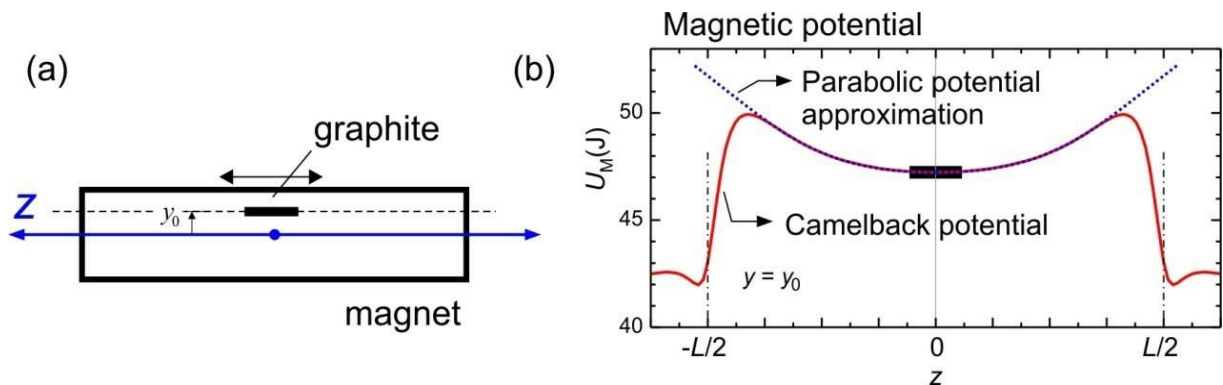


그림 8. (a) 높이 y_0 에서의 흑연 진동. (b) PDL 트랩의 카멜백 전위와 포물선형 전위

우리는 χ 독립적으로 결정할 것입니다. χ 는 진폭(예: $A < 4\text{mm}$)으로 제한합니다. 진동 주기를 결정합니다. (진동은 댐핑으로 인해 시간이 지남에 따라 감소하므로 이 댐핑 효과는 무시하세요).

$$U_M = \frac{(1)k_z}{2z} \quad (5)$$

여기서 k_z 는 전위의 스프링 상수이고 z 는 막대의 질량 중심 변위입니다. 이 스프링 상수 k_z 는 (질문 1의) 자석 자화 M 과 χ 에 따라 달라집니다.

$$k_z = -C_1 \mu_0 \chi M^2 V_r \quad (6)$$

여기서 μ_0 는 자기 투과도, V_r 은 흑연 막대의 부피, $C_1 = 198.6 / \text{m}^2$ 는 이 자기 트랩 설정의 상수입니다.

마그네틱 트랩의 중앙에 흑연 막대를 놓습니다. 트랩의 중앙에 유지되도록 나사 플랫폼 레벨을 조정합니다. 이쑤시개로 막대를 움직여 카멜백 전위를 따라 진동을 유도합니다.

A.8	"HB/0.5" 흑연 및 $l = 8\text{mm}$ 에 대한 진동을 수행합니다. 작은 진동 진폭(예: $A < 4\text{mm}$)으로 제한합니다. 진동 주기를 결정합니다. (진동은 댐핑으로 인해 시간이 지남에 따라 감소하므로 이 댐핑 효과는 무시하세요).	0.2pt.
A.9	이 진동을 사용하여 흑연의 자기 감수성(χ)을 계산합니다.	0.8pt.

[4] 발진기 품질 계수 @) 및 공기 점도 추정치(3pt)

흑연 막대의 진동이 공기 마찰로 인해 감쇠되는 것을 관찰하고 흑연 막대의 크기(직경과 길이)에 따라 마찰이 어떻게 달라지는지 이해하고 공기 점도 μ_a 를 추정하고자 합니다. 막대의 움직임은 다음과 같이 감쇠 진동으로 모델링할 수 있습니다: $z(t) = Ae^{-t/\tau} \sin(\omega t)$ 다음과 같습니다.

그림 3(a)에서 A는 초기 진폭 $\omega = 2\pi f$ 는 각 주파수, t 는 시간입니다. 그리고 진폭은 시간이 지남에 따라 $\exp(-t/\tau)$ 의 배수만큼 감소하며, 여기서 τ 는 감쇠 시간 상수입니다. 이 로 정의된 오실레이터 "품질 계수"를 결정합니다: $Q = \omega\tau/2$. $Q > 0.5$ 인 경우 진동이 과소 감쇠되고, $Q = 0.5$ 는 임계 감쇠, $Q < 0.5$ 는 과잉 감쇠입니다. 이 품질 계수는 지진계 또는 틸트계 센서로 PDL 트랩을 설계하는 데 중요합니다.

실린더 막대를 긴 타원체로 근사화하여 감쇠 시간 상수 τ 를 계산할 수 있습니다. 스토크스 항력을 계산합니다. 감쇠 시간 상수는 다음과 같이 주어집니다:

$$\tau = \frac{2\rho r^2}{\mu_a} \quad (7)$$

여기서 ρ , 그리고 μ_a 는 흑연 막대의 질량 밀도, radius and length이고 μ_a 는 흑연 막대의 공기 점도입니다. 우리는 이 모델을 사용하여 μ_a 를 추정합니다.

A.10	진동 τ 의 감쇠 시간 상수를 결정해야 합니다. 스케치 방법 사용하면 간단한 방법으로 τ 를 측정할 수 있습니다.	O.S.P.T.
A.11	다양한 직경과 고정 길이를 가진 막대 그룹으로 진동 감쇠 실험을 수행합니다. 각 막대에 대한 감쇠 시간 상수 τ 를 결정합니다.	1.5pt.
A.12	공기 점도 μ_a 를 결정합니다.	1.0pt.

섹션 B. 센서 애플리케이션

[5] PDL 트랩 지진계(0.5포인트)

이 PDL 마그네틱 트랩을 사용하여 지진계를 설계한다고 가정해 보겠습니다. 지진계 애플리케이션의 경우 매우 높은 감도 또는 매우 낮은 가속도 "노이즈 플로어", 즉 감지할 수 있는 가장 낮은 가속도를 원합니다. 이 가속도 노이즈 플로어는 ($m/(s^2Hz^{0.5})$) 단위로 표시됩니다.)

$$a_n = \sqrt{\frac{4k_B T \omega}{Q m_R}} \quad (8)$$

여기서 k_B 는 볼츠만 상수, T 는 온도(상수 및 데이터 참조), m_R 은 막대의 질량이며, 모두 SI 단위입니다. 문제 4에서 여러분은 여러 흑연 직경의 τ 를 측정했습니다. 가장 좋은 지진계라고 생각되는 것을 하나 고르세요.

B.1	어떤 직경의 막대를 선택하시나요?	0.2pt.
B.2	선택한 막대에 대한 지진계 가속도 노이즈 플로어(a_n)를 계산합니다.	0.3pt.

[6] PDL 트랩 틸트미터(2포인트)

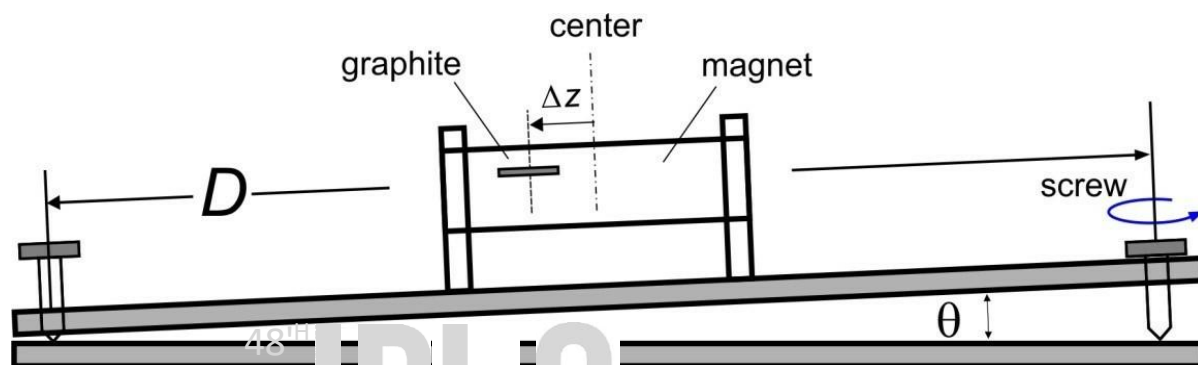


Figure 9. PDL trap system as tiltmeter

우리는 PDL 랩을 매우 센스로 조사할 것입니다. 우리는 기울기계 화산. 변경 사항은 모니터링하기 위해 나사를 돌려 지면 경사를 시뮬레이션하고, 여기서 S 는 단위 회전당 높이의 변화를 나타내는 나사산 크기 S 를 결정하고자 합니다. 트랩에서 흑연 막대의 변위를 측정하면 경사도(기울기)를 정확하게 측정할 수 있음을 보여줍니다.

이 실험에서는 연필 막대 HB/0.5와 길이 $l = 8\text{mm}$ 를 사용합니다. 중앙 위치에서 시작합니다. 카멜백 전위를 문제 3에서와 같이 고조파 전위로 근사화할 수 있다고 가정합니다:

B.3	변위 Δz 와 나사산 크기 S 및 회전 수(N) 사이의 관계를 이론적으로 도출합니다.	0.5pt.
B.4	나사를 천천히 돌려서 막대 변위 Δz 대 나사 회전 수(N) 결정합니다. 나사산 크기 S 를 결정합니다.	1.25 pt.
B.5	지면 기울기가 변하면 그래파이트 막대가 가능한 한 빨리 평형을 이루도록(매우 긴 진동을 지속하는 대신) 하여 쉽게 관독할 수 있도록 해야 합니다. 기울기계의 이상적인 Q 계수는 무엇인가요?	0.25pt.