

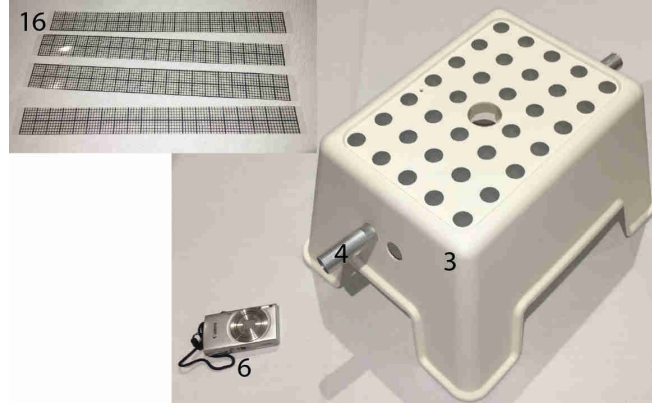
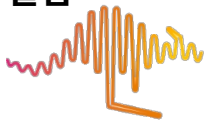
자성 활성 유체의 정적 응답(10점)

소개

페로유체는 운반 매질에 자철광($\text{Fe}_{(3)}\text{O}_4$) 나노 입자의 현탁액입니다. 이 유체는 여러 가지 흥미로운 특성을 나타내며, 특히 적용된 자기장에 대한 강한 반응을 보여 초상자석으로 묘사되기도 합니다. 이 실험에서는 정적 및 동적 테스트 방법을 모두 사용하고 다양한 실험 측정 및 추정 사용하여 강유체의 몇 가지 특성을 경험적으로 조사합니다. 실험은 크게 두 구성되어 있지만 순서대로 문제를 해결하는 것이 좋습니다.

장비 목록





1. 투명한 배지 아래에 페로유체가 담긴 작은 유리병. **어떤 이유로든 병을 열면 안 됩니다!**
2. 페로유체가 들어 있는 밀봉된 뚜껑이 있는 유리 접시. **어떤 이유로든 접시 뚜껑을 열 수 없습니다!**
3. 라이트 슈라우드와 스탠드 결합
4. 조절 가능한 자석 캐리어가 있는 튜브(처음에 스탠드를 통해 삽입됨)
5. 수평 조절을 위한 나일론 볼트가 있는 조절식 나무 받침대
6. 메모리 카드가 삽입된 카메라
7. 2× N52 자석, 14.2mm× 3.2mm
8. 1× N42 자석, 20.0mm× 5.0mm(그림에 표시되지 않음)
9. 램프 기둥으로 사용하기 위한 500mm 나사산 막대
10. 스탠드에 폴을 부착하기 위한 와셔 및 워 너트
11. 나사산 장착 구멍이 있는 배터리 구동식 램프
12. 라이트 가이드 및 차단기 제작용 알루미늄 호일
13. 필요에 따라 다양한 구성 요소를 부착할 수 있는 블러블랙
14. 녹색 땀기
15. 투명한 30cm 눈금자
16. 4× 투명 그리드 스트립
17. 2× 나무 스페이서
18. 종이 줄자

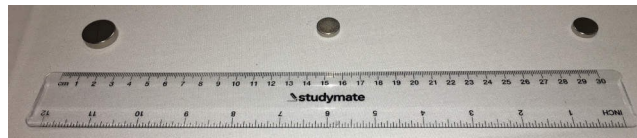
안전 및 기타 중요 참고 사항

이 실험에서는 고강도 자석을 사용하게 됩니다. 자석이 서로 끌어당기도록 방치하면 손가락이 끼이거나 충돌하여 부서질 수 있습니다. 자석을 항상 조심스럽게 다루고 서로 가까이 두지 않도록 주의하세요. **부러진 자석은 교체할 수 없습니다.**

이 실험에는 두 개의 밀폐된 액체 챔버가 있습니다. 실험 중에는 작은 유리병이나 뚜껑이 밀봉된 유리 접시 중 어느 쪽도 열 수 없습니다. **접시의 측면이 페로유체로 코팅되면 안이 잘 보이지 않으므로 불필요하게 접시를 기울이지 않도록 주의하세요.**

램프는 배터리로 작동합니다. 필요하다고 판단되는 경우, 실험 중 배터리가 필요할 때 램프용 배터리 1세트를 추가로 요청할 수 있습니다.

자석을 강유체에 약 10초 이상 가까이 대면 잔류 자화 및 주변 유체와의 상호 작용으로 인해 유체가 다르게 작동하게 됩니다. 실험은 여전히 수행할 수 있지만 올바른 효과를 보기가 더 어려울 수 있습니다.



자석을 보관할 때는 서로 부딪히지 않도록 충분히 멀리 떨어져 있어야 합니다. 적어도 위 그림에 표시된 만큼의 간격으로 배치해야 합니다.

파트 A: 정적 테스트(1.6점)

이 실험에서는 자기장에 대한 정적 응답을 측정하여 강유체 특성을 조사합니다.

자기 상호작용: 강유체에 가해지는 힘

작은 유리병에는 알 수 없는 유체로 둘러싸인 d의 부피가 들어 있습니다.

강유체는 섞이지 않습니다. 강유체의 밀도는 $1.21 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, 자기 감수성 $\chi = 2.64$ 입니다.

강유체는 자기장 **B**의 존재에 반응하고 부피당 유도 쌍극자 모멘트를 갖습니다. $m = \chi B$ μ_0 .

원통형 자석 축의 자기장은 대략 다음과 같습니다.

$$B_x = \frac{B}{2} \left(\frac{x+l}{\sqrt{(x+l)^2 + a^2}} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} \right), \quad (1)$$

는 자석의 표면으로부터의 거리, 두께, 반지름, 자석을 만드는 자성 물질의 특성인 잔류 자기장 세기입니다. 큰 자석(N42로 만든)의 경우 $B_r = 1.3 \text{ T}$, 작은 자석(N52로 만든)의 경우 $B_r = 1.4 \text{ T}$.

유체에서 (자석의 자화 방향을 따라) 방향의 부피당 힘은 다음과 같이 취할 수 있습니다.

$$f = \frac{\chi B_x}{2\mu_0} \frac{dB_x}{dx}. \quad (2)$$

전체 필드로 계산하는 것은 지루하므로 이 부분에서 강유체에 가해지는 힘에 대해 쌍극자 근사치를 사용할 수 있습니다. 이 근사치를 사용하면 부피당 힘은 x 방향의 부피당 힘은

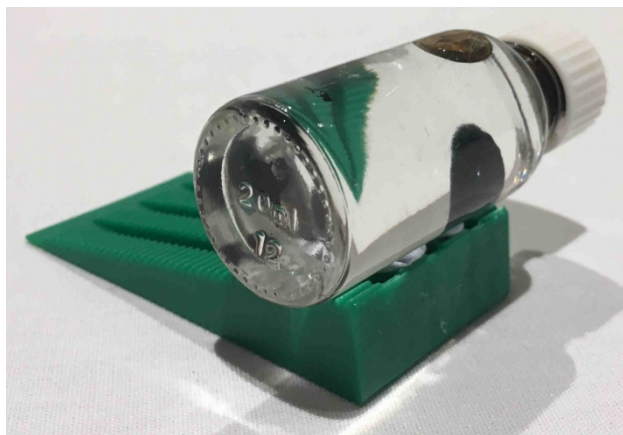
$$\frac{f}{V} = - \frac{3\chi B_z^2 a^4}{8\mu_0 x^7} \quad (3)$$

알루미늄 튜브를 관통하는 나사산 막대의 평평한 면이 아래쪽을 향하도록 스탠드를 설치합니다. 이를 위해 알루미늄 튜브를 돌릴 수 있습니다. 튜브를 돌릴 때 나사산 막대가 표면에 닿지 않도록 주의하세요.

블루블랙의 일부를 사용하여 작은 병을 썬기의 두꺼운 가장자리 상단에 옆으로 붙입니다.



부품 A를 위한 자석 캐리어의 위치



파트 A의 보틀 설정

- A.1** 강유체가 방금 있을 수 있는 큰 자석의 위치를 찾습니다. 0.8pt
 알 수 없는 투명한 유체에 매달린 후 x 거리를 답에 기록하세요.
 시트와 그 불확실성을 고려해야 합니다. 완벽한 균형을 잡는 것은 어려울 수 있으므로 유체를
 안정적으로 매달아 놓을 수 없는 경우 거리와 불확실성을 최대한 추정하세요.
 답안지의 상자에 거리를 측정하는 방법을 보여주는 다이어그램을 그립니다.
 때때로 페로유체가 자성 불륨과 별도의 떠다니는 불륨으로 '분리'되는 것처럼 보일 수 있습니다
 . 이는 보통 병에 소량의 공기가 들어 있기 때문입니다. 자석을 사용하여 페로유체 불륨의 위치
 를 조정하여 병에서 들어 올릴 수 있는 빈 공간을 찾을 수 있습니다.

- A.2** 거리 결과와 필요에 따라 다른 측정값을 사용하여 다음을 계산합니다. 페로
 유체와 투명 서라운드의 밀도 차이 0.8pt를 계산합니다.
 불확실성을 포함한 유동성을 포함합니다.

파트 B: 자기 상호작용: 강유체의 표면 장력(1.2점)

페로유체는 중력 포텐셜 에너지, 표면 장력과 관련된 표면 에너지, 자기 에너지의 세 가지 에너지의 영향을 받아 움직입니다.

자석 중 하나를 사용하여 자석을 병에 아주 가까이 가져가면 어떤 일이 일어나는지 관찰하세요. 유체에서 중력-모세관-자기파
 의 유효 주파수가 가상이 될 때 발생하는 정상 장 불안정성으로 인해 강유체에 스파이크가 나타납니다.

분산 관계는 다음과 같습니다.

$$m^2 = \frac{gk\Delta\rho}{\rho_1 + \rho_2} + \frac{\sigma k^3}{\rho_1 + \rho_2} - \frac{k^2 \mu_0 M_0^2}{1 + (1 + \chi)^{-1}} \quad (4)$$

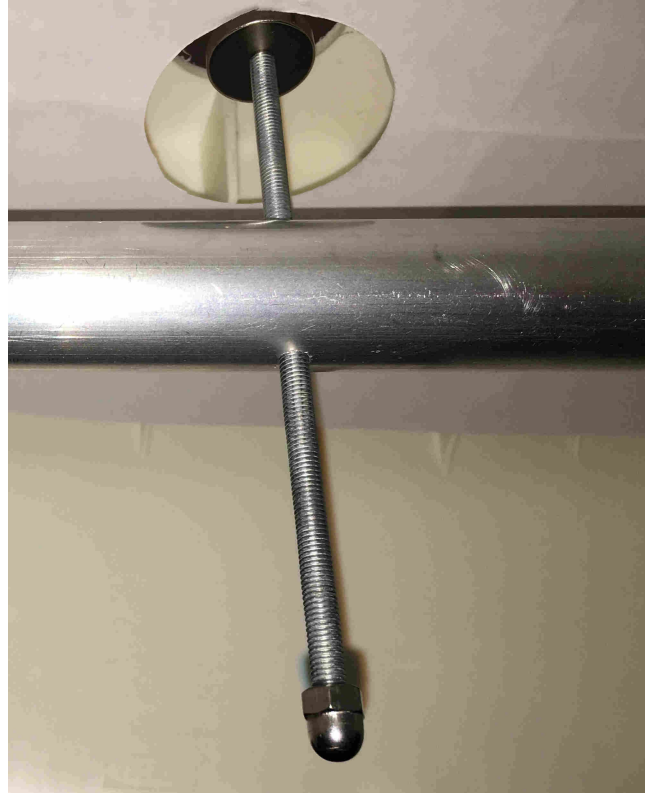
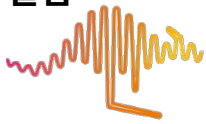
여기서 σ 은 강유체-투명 유체 계면에서 강유체의 표면 장력이고, $\rho_{(1)}$ 은 강유체의 밀도입니다.
 강유체, ρ 는 투명 유체의 밀도, $\Delta\rho = \rho - \rho_1$, M 는 강유체 내 자화, 그리고 χ 는
 k 는 파수입니다.

$m^2 = 0$ 및 $\partial_k \omega^2 = 0$ 조건을 적용하면 밀도 측면에서 표면 장력을 구할 수 있습니다.

차이와 불안정성이 시작되는 지점에서 유체 표면에 대한 섭동의 유효 파장입니다. 관계는 다음과 같습니다.

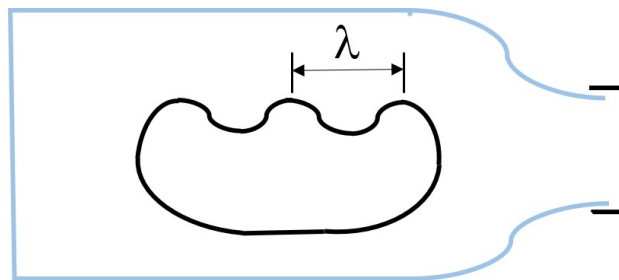
$$\sigma^g = \frac{\rho \lambda^2}{\Delta 4 \pi^2} \quad (5)$$

여기서 λ 는 자화 강도가 불안정 임계값에 도달했을 때 가장 가까운 이웃 스파이크의 중심 사이의 거리입니다.



자석과 캐리어가 파트 B를 위한 위치에 있습니다.

나사산 막대의 방향을 변경하여(막대 위치를 조정하면서 튜브를 돌리는 것이 가장 쉬운 방법입니다) 스탠드 상단의 구멍 바로 아래 및 구멍을 통해 자석을 올리고 내릴 수 있도록 합니다.



B.1

유리병을 사용하여 측정합니다. x 비관 인-
안정성이 발생하기 시작합니다(피크가 막 형성되기 시작함). 그라티툴을 사용하거나
그렇지 않으면, 유체에서 피크의 간격을 측정하십시오 λ . 이 위치에서
를 클릭하고 . 두 측정값 모두에서 불확실성을 추정하세요.

중요한 힌트: 자석으로 유리 벽에 액체를 강하게 붙이면 액체가 유리에 약간 달라붙어 측정이 더
어려워집니다. 이 경우 자석을 사용하여 액체를 끈적이는 부분에서 병의 다른 부분을 사용하여
측정할 수 있습니다.

0.6pt

- B.2** 따라서 투명한 유체 아래의 페로유체의 표면 장력과 그 불확실성을 구합니다.

0.6pt

파트 C: 광학 표면 특성화: 비스파이크 체제(4.1점)

자기장이 임계장 아래에 적용되면 유체 표면은 자기장과 중력 전위 사이의 균형에 따라 첫 번째 근사치로 변형됩니다. 다음 부분에서는 자석이 유체에서 충분히 떨어져 쌍극자장에 의해 잘 근사화되도록 합니다.

표면 변형은 유체 표면을 대략적인 구형으로 사용하여 광학적으로 조사할 수 있습니다. 여기서 α 은 재료에 따라 달라지는 상수 칼 거울. 변형 중심의 유효 곡률 반경은 거듭제곱 법칙을 따릅니다($R = \alpha x^n$)

유체의 표면과 거울 사이의 거리입니다.

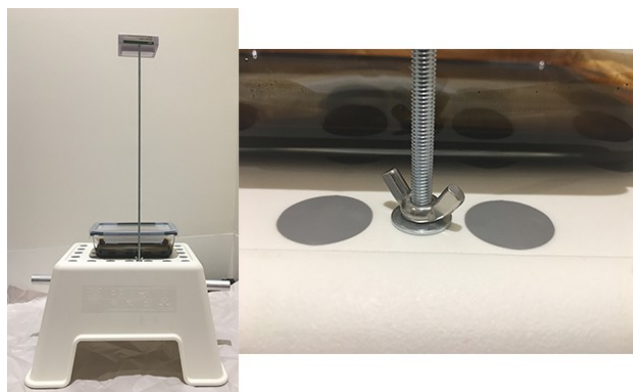
- C.1** 장비를 사용하여 한 턴 동안 x 의 변경 사항을 최대한 정확하게 찾아보세요. 불확실성 추정치를 포함하여 나사 막대 자석 캐리어의 크기를 측정합니다. 사용한 측정값을 기록하고 설정 다이어그램을 그립니다.

0.6pt

먼저 마그네틱 나사봉을 보정해야 합니다.

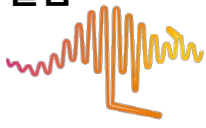
이제 페로유체가 담긴 유리 접시를 스탠드 위에 올려 스탠드 중앙의 구멍이 접시 중앙 아래에 오도록 합니다. 실험 중에는 어떤 경우에도 접시의 밀봉된 뚜껑을 열지 마세요. 작은 자석 중 하나를 막대 위에 올려놓습니다.

램프를 막대에 끼우고 와셔와 링 너트를 사용하여 나사산 막대를 스탠드의 구멍에 고정합니다(그림 참조).



- C.2** 곡률 반경 R 과 이미지 마그니피카-의 관계를 사용하여 구형 거울의 경우 $M, R = \frac{2l}{1-M}$ 여기서 l 은 물체까지의 거리입니다. 측정값을 측정한 다음 적절한 그래프를 그려 상수를 결정합니다. n 를 입력합니다. 답변의 불확실성을 추정합니다.

3.5pt



파트 D: 스파이크 표면 특성: 스파이크 형성 및 소멸(3.1점)

- D.1** 작은 자석과 큰 자석을 하나씩 쌓아놓고 불안정성 이론을 이용하면 다음과 같이 계산할 수 있습니다. $\frac{g\rho\lambda^2}{4\pi^2}$, 공기 계면에서 강유체의 표면 장력을 측정합니다. 0.5pt



- D.2** 자석이 표면에서 충분히 멀리 떨어져서 스파이크가 보이지 않도록 시작하세요. 움푹 들어간 곳. 자석을 유체에 더 가까이 가져가서 각 스파이크가 형성될 때마다 거리를 측정합니다. 다음과 같이 다른 데이터 세트를 가져옵니다. 자석을 그려서 각 스파이크가 사라진 위치를 기록합니다. 측정의 불확실성을 추정합니다. 1.0pt

- D.3** 자석 거리 대비 보이는 스파이크의 수를 그래프로 표시합니다. Fit 곡선을 그래프에 추가하여 자석이 어느 방향으로 움직이고 있는지 명확하게 표시합니다. 1.0pt

- D.4** 자석과 유체 표면의 거리가 변함에 따라 유체의 중력, 자기 및 표면 에너지가 변합니다. 정성적 스케치, 함수로서 유체 표면으로부터 자석의 거리, 표면 에너지와 자기 포텐셜 저장된 에너지의 관계를 나타냅니다. 이전 그래프에서 중요한 지점을 표시하고 전체적인 추세를 명확히 합니다. 데이터의 전체 범위를 사용할 필요는 없으며, 아이디어를 보여줄 수 있을 만큼만 사용하면 됩니다.

더 큰 필드의 경우 유리병에서 관찰된 것처럼 표면이 불안정해지고 스파이크가 형성됩니다.

자성 활성 유체의 파동 펄스(10점)

소개

이 문제에서는 강유체에서 파동 펄스의 특성을 조사합니다. 유체에서 생성될 수 있는 표면 파 펄스는 중력, 표면 장력 및 자기력의 상호 작용으로 인해 발생합니다.

파동 펄스의 경우 펄스의 단일 파장이나 주파수는 없지만 자기장이 없는 상태에서 펄스의 전파 속도는 다음과 같은 것으로 알려져 있습니다.

$$v(d) = n \sqrt{d}, \quad (1)$$

는 유체의 깊이이며 비례 상수입니다. 이 관계는 파동 진폭이 작은 경우에 적용됩니다. 파동 진폭이 크면 펄스로 인한 유체 깊이의 변화로 인해 전파 속도가 변화하여 비선형 효과가 발생합니다. 비선형 효과가 크지 않은 경우, 파동 펄스는 전파되는 동안 거의 프로파일을 유지합니다. 그러나 비선형 효과가 크면 펄스가 전파되면서 프로파일이 변경될 수 있으며 주 펄스 앞이나 뒤에서 리플이 발생하는 경우가 많습니다.

파트 A: 평면 펄스(1.3점)



(a)



(b)



(c)

필요한 설정 사진, (a) 나무 받침대 위에 페로유체가 있는 유리 접시, (b) 나무 받침대, 조명 덮개 및 스탠드 아래 유리 접시, (c) 조명 덮개 및 스탠드 위에 카메라가 있는 모습.

페로유체에서 평면파를 생성하려면 페로유체가 담긴 용기를 나무 받침대 위에 놓고 접시의 긴 면을 가장자리에 있는 장벽을 따라 놓습니다. 접시를 밀었을 때 한 방향으로만 움직이도록 하기 위한 장벽입니다. 받침대가 평평하고 수평인지 확인하세요. 펄스를 발생시키려면 접시를 약 2cm 거리에서 손으로 세게 밀어주세요. 펄스 생성의 일관성을 유지하기 위해 나무 받침대에 파란색 압정 및/또는 나무 스페이서를 사용하여 페로유체 용기의 시작 및 종료 위치를 표시할 수 있습니다. 보다 일관된 펄스를 생성할 수 있도록 최소 몇 번 이상 펄스 생성을 연습하는 것이 좋습니다.

그런 다음 스탠드를 접시 위에 설치해야 합니다. 램프는 유체의 펄스를 관찰할 수 있도록 적절한 조명을 제공하는 데 사용해야 합니다. 평면파 펄스를 생성하고 스탠드를 통해 육안으로 관찰할 수 있는지 확인합니다. 이 작업을 수행할 수 있으면 카메라를 스탠드에 놓고 펄스 동영상을 촬영합니다. 유용한 동영상을 만들려면 조명과 펄스 진폭을 조정해야 할 수 있습니다. 조명을 조정하려면 블루택을 사용하여 조명을 적절한 위치에 배치하고 알루미늄 호일을 사용하여 빛을 차단하거나 방향을 전환할 수 있습니다.

조명을 조정할 때는 광원에서 카메라로 직접 들어오는 빛을 최소화하는 방법과 용기 뚜껑에서 반사되는 빛을 최소화하는 방법을 고려하는 것이 중요합니다. 참고: 안전상의 이유로 컨테이너에서 뚜껑을 제거해서는 안 됩니다. 다양한 상황에서 유용하게 사용할 수 있는 두 가지 옵션은 스탠드의 모든 방향에서 빛을 매우 확산시키거나 용기의 유리 측면을 통해 빛을 유체에 직접 비추는 것입니다.

동영상을 제작하고 재생하는 방법은 부록 A의 카메라 설명을 참조하세요. 카메라의 기본 자동 설정은 필요한 동영상을 만드는 데 적합하다는 점에 유의하세요. 관찰한 효과를 명확하게 기록하는 데 어려움이 경우 파동 펄스를 더 명확하게 관찰할 수 있도록 조명을 조정해야 합니다.

A.1 설정 다이어그램을 그려서 특히 조명을 어떻게 배치하고
로 조명을 연출한 방법을 보여줍니다. 0.3pt

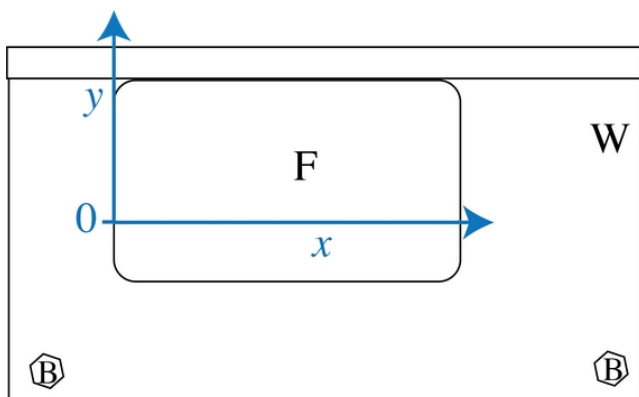
A.2 비디오에서 측정 및 계산을 수행하여 강유체에서 0.
파동의 속도를 구합니다. 측정을 수행할 때 다이어그램도 스케치하세요.
동영상의 주요 프레임을 표시하고, 중요한 기능을 표시하고, 결정한 사항을 표시합니다. 0.8pt

A.3 측정의 불확실성을 추정하고, 측정에 사용한 0.
물래를 표시하여 추정합니다. 0.2pt

파트 B: 다양한 깊이의 유체에서 파동 펄스(3.4점)

나일론 볼트를 나무 받침대 모서리에 있는 구멍에 삽입합니다. 볼트를 조정하여 컨테이너의 유체 깊이가 하부로부터의 거리에 따라 선형적으로 변하도록 플랫폼을 설정할 수 있습니다. 가장자리(y -방향)에 따라 달라지며, 수직 방향(x -방향)에 따라 달라지지 않습니다. $y=0$ 을

여기서 유체의 깊이는 $d=0$ 이므로 xy 평면은 유체 표면의 평면이 됩니다.



나무 받침대 W에 페로 유체 F가있는 유리 접시를 설치하여 깊이가 달라지도록 y -방향.

유체의 파동 속도는 깊이에 따라 달라지기 때문에 컨테이너의 한쪽 끝에서 평면 펄스가 발생하면 전파되면서 곡선이 됩니다.

나무 받침대 위에 유리 접시를 페로플루이드와 함께 놓으면 다음과 같은 특징을 가장 잘 나타낼 수 있습니다.

- B.1** i. 설정할 때 페로유체가 있는 컨테이너의 다이어그램을 그립니다. 마크 미-불확실성이 있는 모든 거리에 대한 보장은 다음과 같이 중요합니다.
컨테이너의 y 함수로 깊이를 알 수 있습니다.
ii. $d(y)$ 에 대한 식을 작성합니다. 0.3pt

- B.2** 컨테이너에서 평면파 펄스를 생성하고 관찰한 펄스 0.3pt를 정성적으로 스케치합니다. 펄스가 가장 빠르게 이동하는 영역을 스케치에 표시합니다.
를 문자 A로, 문자 B로 가장 느리게 이동하는 위치를 표시합니다.
참고: 펄스를 명확하게 관찰하려면 조명의 위치를 조정해야 합니다. 조명을 조정하려면 블루택을 사용하여 조명을 적절한 위치에 배치하고 알루미늄 호일을 사용하여 빛 차단기 또는 빛 반사판을 만들어 빛을 더 향하게 할 수 있습니다.

강유체의 깊이에 따른 펄스 속도의 변화입니다.

첫 번째 근사치로, 처음에 x 방향으로 이동하는 펄스는 다음과 같이 유지된다고 가정합니다.
 x 방향으로만 이동합니다. 참고: (x, y) 는 시점의 좌표 t 는 점의 좌표입니다.
시간에 펄스에 t

- B.3** i. $t=0$ 일 때 $x=0$ 인 평면 펄스의 경우 x 사이의 관계를 구합니다, 0.3pt
 y 및 t
ii. B2의 다이어그램에 문자 V를 표시하고, 설정한 대로 유체가 있는 유리 접시 내에서 이 근사값이 더 유효한 위치를 표시하세요.

- B.4** 특히 조명 위치와 방향을 표시하여 설정 다이어그램을 그립니다. 조명
의 1.2pt.
데이터를 수집하여 n 를 찾아 답안지의 표에 기록합니다. 에스티 포함
모든 데이터에 대해 불확실성의 짝을 찾습니다. 측정을 수행할 때는 동영상의 주요 프레임에 대한 다이어그램을 스케치하여 중요한 특징을 표시하고 측정값을 표시하세요.

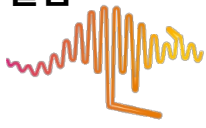
- B.5** i. 그래픽 방법을 사용하여 n 의 값을 계산합니다. 다음에 대한 오차 막대를 포함합니다. 1.3pt
각 측정값. 계산에 사용한 공식의 세부 정보를 제공하세요 v , 그 공식의 추정 불확실성 v , d 및 그 추정 불확실성 d . 모든 광도
B4의 표에 그래프에 대한 계산된 값을 추가합니다.
ii. 데이터에서 상태 조건은 xy 및 t 확인할 수 있습니다.
를 B3에서 연산하여 관측된 파동 펄스를 설명합니다.

파트 C: 파동 및 자기 효과(1.8점)

경고: 자석이 충돌하면 파손될 수 있습니다. 파손된 자석은 위험하며, 파손된 자석은 교체되지 않습니다.

문제 1에서 관찰했듯이, 자기장이 존재할 때 강유체는 가장 강한 자기장의 영역으로 이동합니다. 이 파트의 목표는 파동의 자기 효과의 상호 작용을 정 성적으로 조사하는 것입니다.

평면 펄스를 생성할 때와 같이 강유체의 깊이가 일정하도록 강유체 용기를 설정합니다. 다음으로 아래 그림과 같이 작은 자석 두 개를 아래에 놓습니다. 자석의 극이 정렬되어 있어야 채널의 채널에서 옆으로 밀었을 때 서로 밀어낼 수 있습니다.

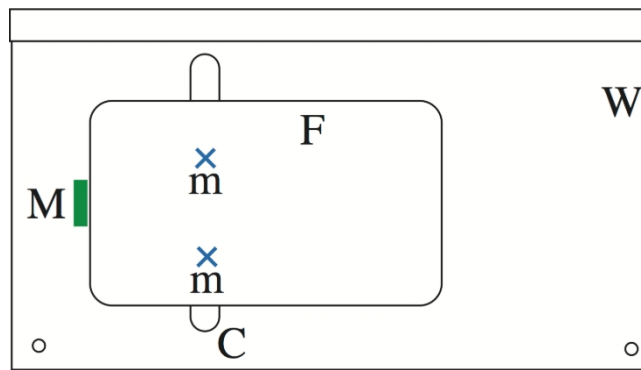


나무 판에 붙입니다. 페로유체가 제자리에 있는 상태에서 서로 밀어내지 않고 최대한 가깝게 배치해야 합니다.

자석을 제자리에 안전하게 배치하는 방법은 자석을 채널에 넣은 다음 철유체가 담긴 유리 접시를 트랙 위에 놓는 것입니다. 트랙에 나무 스페이서를 사용하여 자석을 배치할 수 있습니다. 그런 다음 두 번째 자석을 접시 옆에서 시작하여 스페이서를 사용하여 페로유체 아래의 채널을 따라 밀어 넣어 제자리에 놓을 수 있습니다.

다음 세 가지 방법을 사용하여 웨이브 펄스를 생성합니다:

- 대형 N42 자석을 철유체 근처에서 빠르게 빼내어 자기적으로 작동합니다,
- 용기를 나무 받침대 위에 기계적으로 밀어 넣습니다.
- 용기가 제자리에 고정된 상태로 나무 받침대를 기계적으로 넣습니다.



큰 자석 M을 빠르게 제거하여 강유체를 통과하는 펄스를 생성하기 전에 큰 자석 M을 배치할 위치를 보여주는 다이어그램으로, 여기서 F는 강유체가 담긴 유리 접시, m은 작은 자석, W는 나무 받침대, C는 채널입니다.

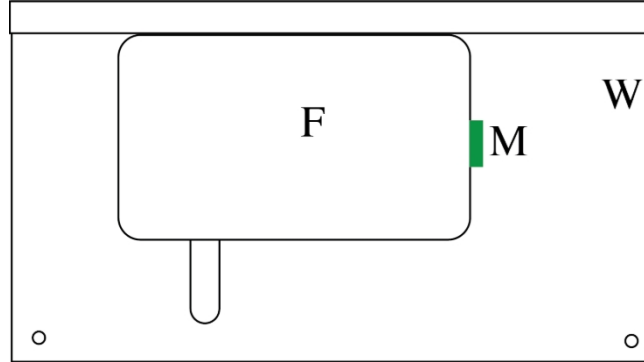
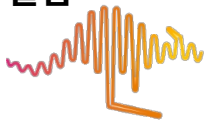
C.1 세 가지 주행 유형 모두에 대한 파동 펄스의 정성적 관찰을 스케치하십시오. 1.8pt 다이어그램이 아래 자석의 존재가 어떻게 나타나는지 명확하게 보여 주도록 하십시오.

강유체는 펄스의 파면에 영향을 미칩니다. 관찰한 모든 유형의 파동 현상을 식별하십시오. 관찰된 펄스 전파의 어떤 특징을 일으키는 영향을 해당 번호로 표시합니다.

1. 반영
2. 굴절
3. 도플러 효과
4. 비트
5. 회절
6. 간섭
 - (a) 스탠딩 웨이브
 - (b) 두 개의 슬릿 또는 소스에서
 - (c) 회절 격자에서
 - (d) 기타

파트 D: 강한 자기장 내에서 강유체의 내부 특성(3.5점)

이 파트에서는 자석이 강유체에서 펄스 전파에 미치는 영향을 정량화하는 것이 목표입니다.



D1에서 웨이브 펄스를 구동하기 위한 자석의 위치를 보여주는 다이어그램입니다.

평면 펄스를 생성할 때와 같이 페로유체의 깊이가 일정하도록 페로유체 컨테이너를 설정합니다.

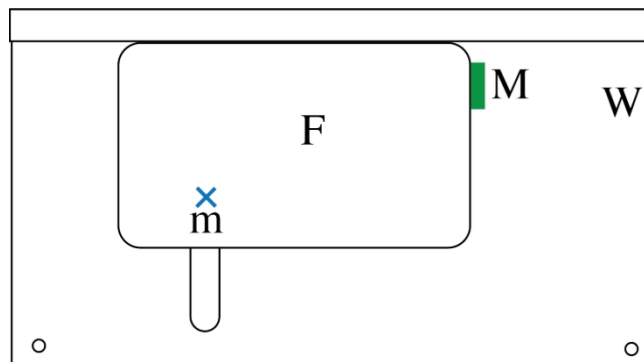
C1에서와 같이 **대형** N42 자석을 사용하여 자기적으로 펄스를 생성하고 조명을 조정하여 자기적으로 구동되는 펄스를 선명하게 관찰합니다.

D.1 강유체에서 자기 구동 펄스를 정성적으로 스케치합니다.

0.2pt

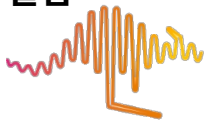
D.2 불확실성이 있는 펄스의 속도를 결정합니다. 조명 위치와 방향을 포함하여 0.8pt의 스케치와 다이어그램을 작성하고 모든 데이터와 용도를 기록하세요.
물래를 사용합니다. 측정을 수행할 때는 동영상의 주요 프레임 다이어그램을 스케치하여 중요한 특징을 표시하고 측정한 모든 사항을 표시하세요.

이제 작은 자석 하나를 나무 받침대의 채널에 넣은 다음 접시와 페로유체를 자석 위에 놓습니다. 나무 스페이서를 사용하여 트랙과 유리 접시 아래에서 자석을 밀어서 위치를 조정할 수 있습니다.



강유체가 담긴 유리 접시 아래 작은 자석의 위치는 X로 표시되어 있고, 접시 바깥쪽에 있다가 빠르게 파동 펄스를 생성하는 큰 자석의 위치는 M으로 표시되어 있습니다.

위 그림에 표시된 위치의 큰 자석에서 시작하여 자기적으로 파동 펄스를 생성하고 강한 자기장이 있는 영역을 포함하여 강유체를 통과하는 파동 펄스를 관찰합니다.



D.3 파동 펄스의 정성적 관찰을 스케치합니다. 다이어그램 유체
아래 자석의 존재가 파동에 어떤 영향을 미치는지 0.4pt로 명확하게 보여줍니다.
앞.

D.4 설정 다이어그램을 그려서 유체 아래에 0.3pt 자석의 존재가 파동 펄스의 전파 시간에 미치는 영향을 확 유체
인합니다.
아래의 0.3pt 자석이 파동 펄스의 전파 시간에 미치는 영향을 결정합니다. 명확하게 표시

자석과 빛의 위치가 달라집니다.
D.5 불확실성 추정치를 사용하여 측정하고 기록하여 다음을 결정합니다. 자석
이 있는 영역을 가로지르는 펄스의 1.0pt 이동 시간을 결정합니다. 측정을 수행할 때 비디오의 주요 프레
임에 대한 다이어그램을 스케치하여 임포-
텐트 기능을 사용하고 표시합니다.

D.6 자석 위의 강유체의 추가 깊이가 파동 펄스 속도의 차이를 설명할 수 있습니까? 파동
펄스의 속도가 0.8포인트 차이 나는 것을 설명할 수 있나요? 답을 뒷받침하는 계산을 보여주세요.

부록 A: Canon IXUS-185 사용 방법

카메라를 켜거나 끄려면 카메라 상단의 '켜기/끄기'라고 표시된 버튼(O)을 누릅니다. 시간이 지나면 카메라가 자동으로 꺼집니다.

카메라의 초점을 맞추려면 카메라 상단의 버튼(S)을 반쯤 누릅니다. 사진을 찍으려면 카메라

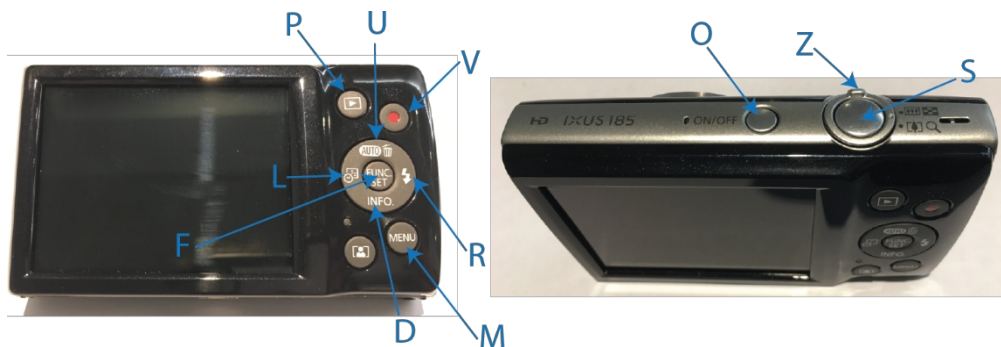
상단의 버튼(S)을 누릅니다.

동영상을 찍으려면 빨간색 점(V)이 표시된 버튼을 눌러 녹화를 시작합니다. 다시 누르면 녹화가 중지됩니다. 기본 HD 동영상은 초당 25프레임으로 녹화됩니다.

촬영한 사진 또는 동영상을 보려면 검토 버튼(P)을 누릅니다. 카메라 뒷면의 링 버튼에 있는 오른쪽(R) 및 왼쪽(L) 버튼을 사용하여 사진 및 동영상을 탐색할 수 있습니다.

- 카메라 상단의 링(Z)을 사용하여 사진을 확대하거나 축소할 수 있습니다. 참고: 동영상 촬영 후에는 확대할 수 없습니다.
- 동영상을 재생하려면 카메라 뒷면의 링 버튼 가운데에 있는 "FUNC. 설정" 버튼(F)을 카메라 링 버튼 가운데에 있는 버튼을 두 번 누릅니다.
- 동영상을 일시 중지하려면 동영상이 재생되는 동안 카메라 뒷면의 링 버튼 가운데에 있는 "FUNC. 설정" 버튼(F)을 누르면 동영상이 재생되는 동안 카메라 뒷면의 링 버튼 가운데에 있습니다.
- 동영상이 일시 정지되면 화면 하단에 옵션이 표시됩니다. 왼쪽에서 오른쪽으로 옵션이 표시됩니다: 종료, 재생, 슬로우 모션, 뒤로 건너뛰기, 이전 프레임, 다음 프레임, 앞으로 건너뛰기입니다. 카메라 뒷면의 링 버튼에 있는 오른쪽(R) 및 왼쪽(L) 버튼을 사용하여 옵션을 탐색하고, 'FUNC. 설정' 버튼(F)을 사용하여 카메라 뒷면의 링 버튼 가운데에 있는 버튼으로 동영상 재생 볼륨을 변경할 수 있습니다.

확대 또는 축소하려면 링(Z)을 왼쪽으로 밀면 축소되고 오른쪽으로 밀면 확대됩니다.

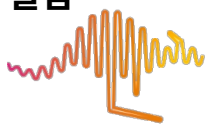


카메라 설정 메뉴로 들어가려면 "MENU"라고 표시된 버튼(M)을 누른 다음 오른쪽 링 버튼을 사용합니다.

(R)을 탭하여 카메라 설정 메뉴로 들어갑니다. 첫 번째 옵션은 카메라 소리를 음소거하는 것입니다.

- 카메라 뒷면의 링 버튼에 있는 오른쪽(R), 왼쪽(L), 위(U), 아래(D) 버튼을 사용하여 메뉴를 탐색할 수 있습니다.
- 카메라 뒷면의 링 버튼 중앙에 있는 "FUNC. 설정" 버튼(F)을 사용하여 카메라 뒷면의 링 버튼 중앙에 있는 옵션을 선택합니다.
- 메뉴를 종료하거나 메뉴를 다시 이동하려면 '메뉴' 버튼(M)을 사용합니다.

실험

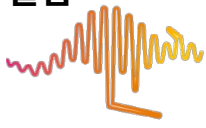


Asian
Physics
Olympiad
Adelaide 2019

Q2-8

영어(공식)

카메라의 언어를 변경하려면 먼저 카메라 설정 메뉴로 들어갑니다(위 참조). 카메라 뒷면에 있는 '정보'라고 표시된 오른쪽 아래 버튼(D)을 눌러 여러 페이지 목록을 아래로 스크롤합니다.



을 탭하여 '언어'를 찾습니다. 그런 다음 카메라 뒷면의 오른쪽 링 버튼(R)을 눌러 언어 옵션 목록으로 들어갑니다. 카메라 뒷면의 링 버튼에 있는 오른쪽(R), 왼쪽(L), 위(U), 아래(D) 버튼을 사용하여 원하는 언어로 이동합니다. 카메라 뒷면의 "FUNC. 설정" 버튼(F)을 사용하여 카메라 뒷면의 링 버튼 가운데에 있는 버튼을 눌러 언어를 선택합니다.

참고: 기본 자동 설정이 동영상에 적합하므로 선택적으로 언어를 변경하는 것을 제외하고는 카메라의 설정을 변경할 필요가 없습니다. 설정의 조명을 조정하면 더 많은 이점을 얻을 수 있습니다.