

실험 문제 1

두 가지 실험 문제가 있습니다. 테이블에 있는 설정이 두 문제 모두에 사용됩니다. 전체 과제(1&2)를 완료하는 데 5시간이 주어집니다.

실험 문제 1: 시트의 탄력성

소개

스프링은 기계적 에너지를 저장하는 데 사용할 수 있는 탄성 재료로 만들어진 물체입니다. 가장 유명한 나선형 스프링은 스프링이 뒤로 밀리는 힘은 평형 길이로부터의 거리에 선형 비례한다는 후크의 법칙으로 잘 설명할 수 있습니다:

$F = -k\Delta x$, 여기서 k 는 스프링 상수, Δx 는 평형으로부터의 변위, F 는

힘 [그림 1(a) 참조]. 그러나 탄성 스프링은 일반적인 나선형 스프링과는 상당히 다른 모양을 가질 수 있으며, 더 큰 변형의 경우 일반적으로 후크의 법칙이 적용되지 않습니다. 이 문제에서는 그림 1(b)에 개략적으로 설명된 탄성 재료로 만든 스프링의 특성을 측정합니다.

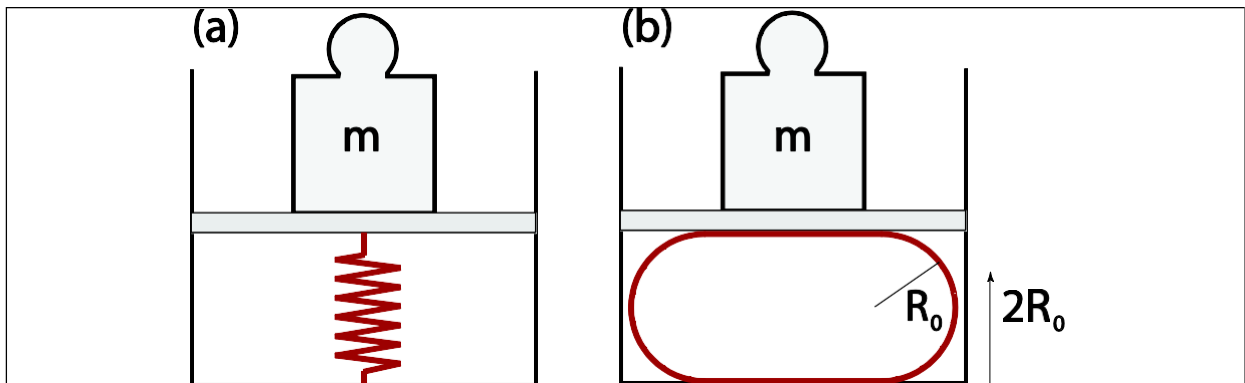


그림 1. (a) 나선형 스프링과 (b) 탄성 소재를 원통형으로 말아 만든 스프링의 그림. 후자의 스프링이 충분히 압축되면 그 모양은 반지름 R_0 의 반원 두 개가 있는 경기장으로 근사화할 수 있습니다(텍스트 참조).

투명 호일을 원통형 스프링에 말아 넣습니다.

탄성 소재(예: 투명 호일)를 가져다가 구부린다고 가정해 보겠습니다. 더 많이 구부릴수록 시트에 더 많은 탄성 에너지가 저장됩니다. 탄성 에너지는 시트의 곡률에 따라 달라집니다. 시트의 곡률이 큰 부분은 더 많은 에너지를 저장합니다(시트의 평평한 부분은 곡률이 0이므로 에너지를 저장하지 않습니다). 이 실험에 사용된 스프링은 직사각형 투명 호일을 원통형으로 말아 만든 것입니다(그림 2 참조). 실린더에 저장된 탄성 에너지는 다음과 같습니다.

$$E_{el} = \frac{\kappa}{2} \frac{1}{(R)^2} A$$

(1)

여기서 A 는 원통의 측면(밀면 제외)의 면적을 나타냅니다,

R_c 는 반지름을 나타내고

매개변수 κ 는 굽힘 강성이라고 하며, 소재의 탄성 특성과 시트의 두께에 따라 결정됩니다. 여기서는 시트의 늘어남을 무시합니다.

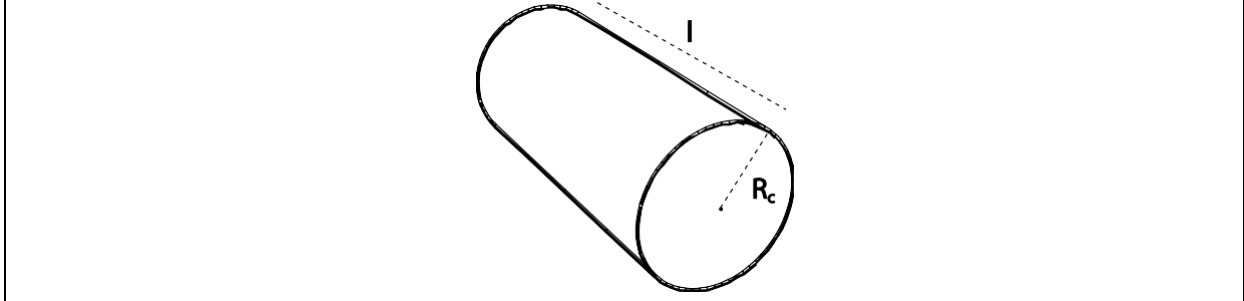


그림 2. 탄성 시트를 반지름 R_c , 길이 l 의 원통으로 감은 개략적인 그림.

이러한 원통이 그림 1(b)와 같이 압축되었다고 가정합니다. 프레스에 의해 가해지는 주어진 힘(F)에 대해 평형으로부터의 변위는 투명 호일의 탄성에 따라 달라집니다. 압축력의 일부 간격에 대해 압축된 투명 호일의 모양은 두 개의 직선과 두 개의 반원, 둘 다 반지름 R_0 의 단면을 가진 경기장 모양으로 근사화할 수 있습니다. 압축 시스템의 에너지는 다음과 같은 경우 최소임을 알 수 있습니다.

$R_0^2 = \frac{k\pi}{2F}$	(2)
---------------------------	-------

질량 m 을 측정하도록 보정된 측정되므로 $F = mg$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

실험 설정(첫 번째 문제)

다음 항목(1^{첫 번째} 문제에 사용할)이 책상 위에 놓여 있습니다:

1. (돌 블록과 함께) 누릅니다. 필요한 경우 별도의 지침을 참조하세요.
2. 저울(최대 5000g까지 질량 측정, TARA 기능 있음, 필요한 경우 별도 지침 참조)
3. 투명 호일(모든 호일의 크기는 21cm x 29.7cm, 파란색 호일의 두께는 200 μm , 무색 호일의 두께는 150 μm), 필요한 경우 여분의 호일을 요청해 주세요.
4. 접착(스카치) 테이프
5. 가위
6. 눈금이 있는 눈금자
7. 직사각형 나무 접시(접시는 저울 위에 놓고 호일은 접시 위에 놓습니다)

설정은 그림 3과 같이 사용해야 합니다. 프레스의 상판을 워 너트를 사용하여 위 움직일 수 있으며, 프레스에 가해지는 힘(질량)을 저울로 측정합니다. **중요:** 워 너트는 360도 회전할 때 2mm 움직입니다. (실험 1에서는 작은 알루미늄 막대를 사용하지 않습니다.)

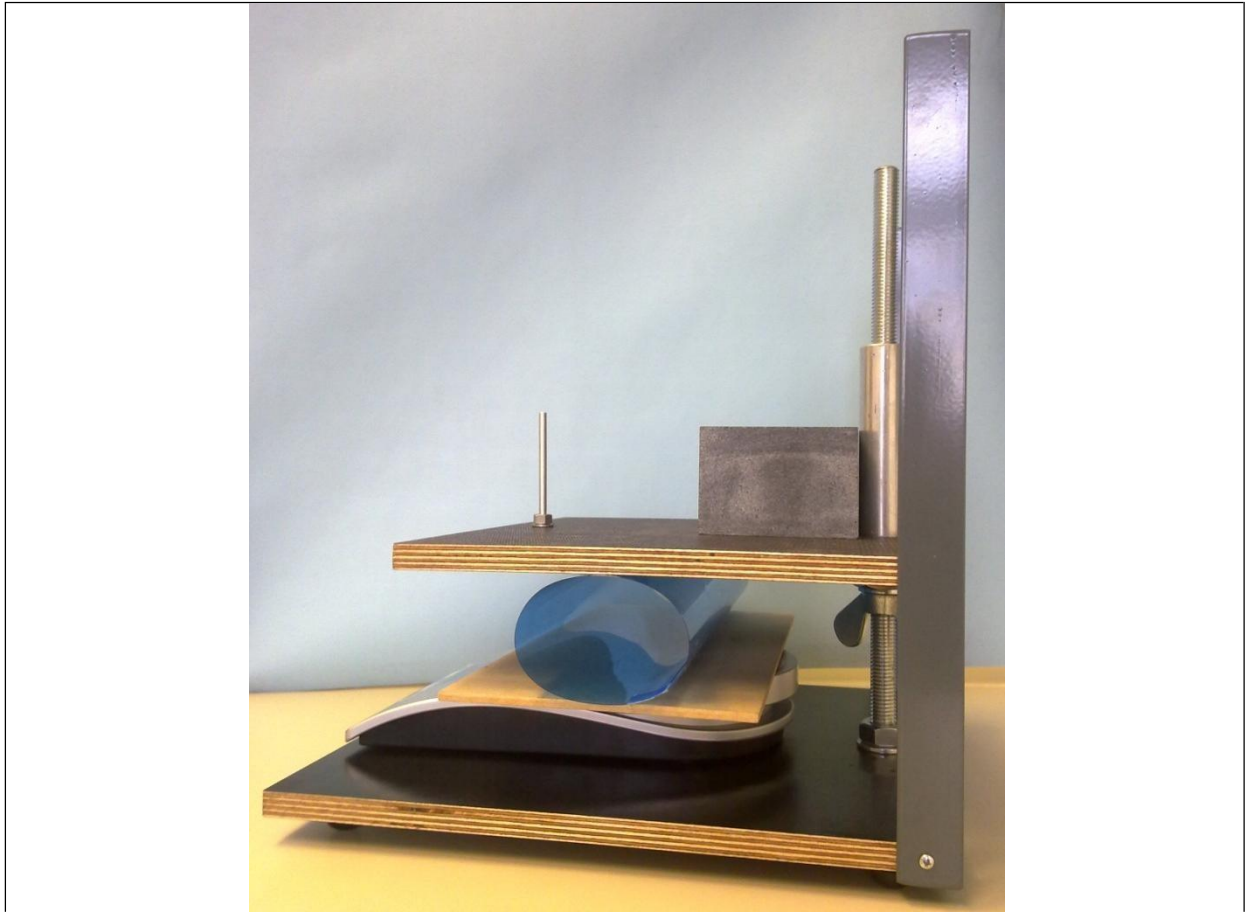


그림 3. 굽힘 강성을 측정하기 위한 설정 사진입니다.

작업

- 파란색 호일을 긴 쪽과 짧은 쪽을 따라 원통 모양으로 말아서 접착 테이프로 고정합니다. 시트의 겹침은 약 0.5cm가 되어야 합니다.

(a) 두 실린더 각각에 대한 프레스 판 사이의 간격에 대한 저울로 판독한 질량의 의존성을 측정합니다. (1.9 점)

(b) 측정값을 적절한 그래프에 표시합니다. 눈금자와 자를 기준으로 점을 통해 선을 그리고 원통의 굽힘 강성 κ 를 결정합니다. 근사 관계(경기장 근사)가 유지되는 영역을 표시합니다.

다음의 가치를 $\frac{R_0}{R_c}$ 그 아래에는 경기장 근사치가 유지됩니다. R_c 는 추정합니다.

비로드 실린더의 반경. (4.3 점)

결과의 오류 분석은 필요하지 않습니다.

- 무색 투명 호일 한 장의 굽힘 강성을 측정합니다. (2.8 점)
- 굽힘 강성 κ 는 등방성 재료의 탄성 영 계수 γ 와 투명 호일의 두께 d 에 따라 다음과 같이 달라집니다.

$\kappa = \frac{Yd^3}{12(1-\nu^2)},$	(3)
--------------------------------------	-----

여기서 ν 은 물질의 푸아송 비이며, 대부분의 물질의 경우 $\nu \approx 1/3$ 입니다. 이전 측정값에서 파란색과 무색 투명 호일의 영 계수를 구합니다. (1.0 점).

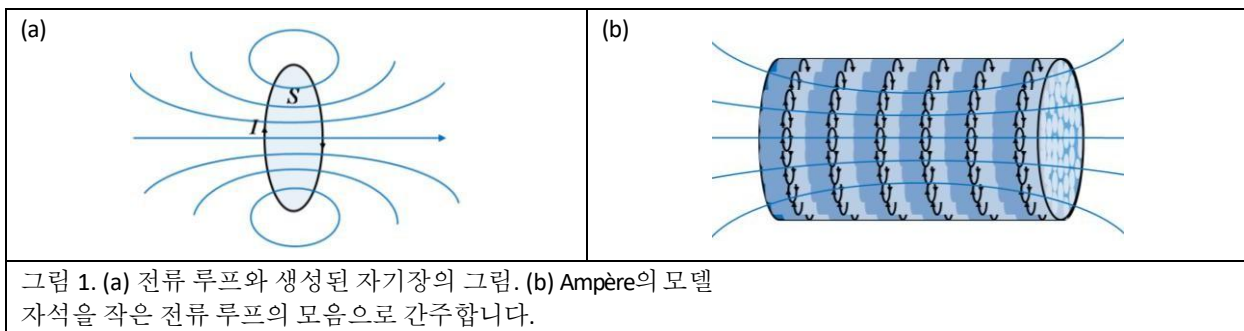
실험 문제 2

두 가지 실험 문제가 있습니다. 테이블에 있는 설정이 두 문제 모두에 사용됩니다. 전체 과제(1&2)를 완료하는데 5시간이 주어집니다.

실험 문제 2: 자석 사이의 힘, 안정성과 대칭의 개념

소개

면적 S 의 루프에서 순환하는 전류 I 는 $m = IS$ 의 자기 모멘트를 생성합니다[그림 1(a) 참조]. 영구 자석은 철(Fe)의 작은 자기 모멘트의 집합으로 생각할 수 있으며, 각 자기 모멘트는 전류 루프의 자기 모멘트와 유사합니다. 이 (암페어의) 자석 모델은 그림 1(b)에 나와 있습니다. 총 자기 모멘트는 모든 작은 자기 모멘트의 합이며, 남쪽에서 북극을 가리킵니다.



자석 사이의 힘

두 자석 사이의 힘을 계산하는 것은 이론적으로 그리 어렵지 않은 작업입니다. 두 자석의 극은 서로 밀어내고, 극과 극은 끌어당기는 것으로 알려져 있습니다. 두 전류 루프 사이의 힘은 세기, 모양 및 상호 거리에 따라 달라집니다. 루프 중 하나의 전류를 반대로 하면 두 루프 사이의 힘은 크기는 같지만 방향은 반대입니다.

이 문제에서는 두 자석, 즉 링 자석과 막대 자석 사이의 힘을 실험적으로 조사합니다. 우리는 두 자석의 대칭축이 일치하는 기하학적 구조에 관심이 있습니다(그림 2 참조). 막대 자석은 z 축을 따라 왼쪽에서 링 자석을 통과한 다음 오른쪽으로 이동할 수 있습니다(그림 2 참조). 다른 작업 중에서도 자석 사이의 힘을 z 의 함수로 측정하라는 요청을 받게 됩니다. 원점=0은 자석의 중심이 일치하는 경우에 해당합니다.

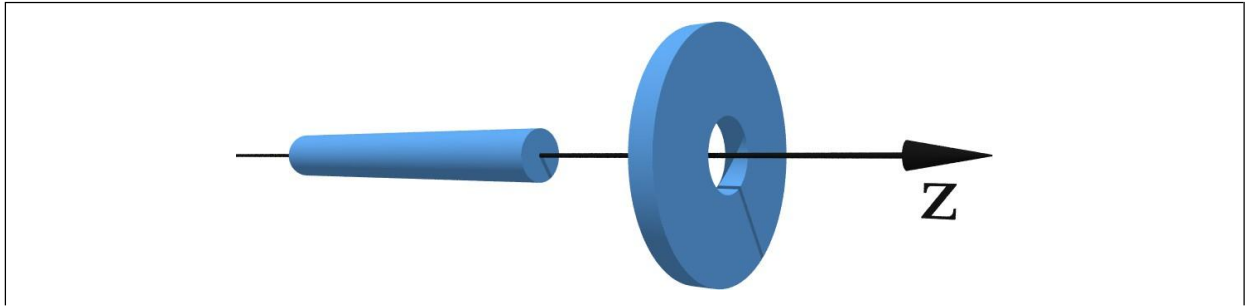


그림 2. 막대 자석과 링 자석이 정렬되어 있습니다. 막대 자석이 z 축을 따라 이동함에 따라 두 자석 사이의 힘은 달라집니다.

대칭축(z 축)을 따라 막대 자석이 움직이도록 하기 위해 링 자석은 z 축을 따라 좁은 구멍이 뚫린 투명한 원통에 단단히 매립됩니다. 따라서 막대 자석은 구멍을 통해 z 축을 따라 이동하도록 제한됩니다(그림 3 참조). 자석의 자화는 z 축을 따라 이루어집니다. 구멍은 자석의 방사형 안정성을 보장합니다.

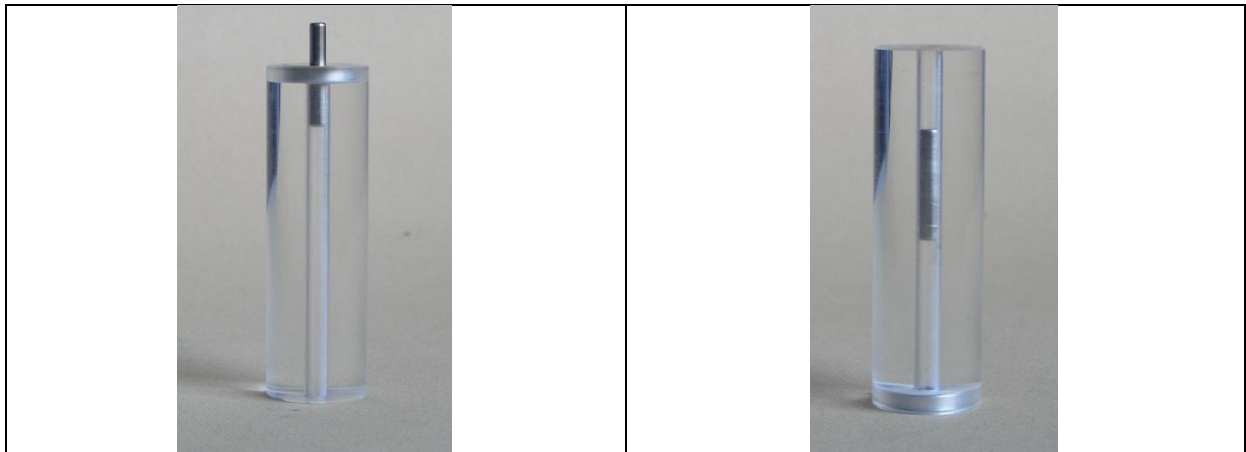


그림 3. 두 개의 자석과 투명한 속이 빈 원통의 사진, 막대 자석이 통과하는 모습
실린더의 구멍.

실험 설정(두 번째 문제)

다음 항목(2^{번째} 문제에 사용할)이 책상 위에 놓여 있습니다:

1. (돌 블록과 함께) 누릅니다. 필요한 경우 별도의 지침을 참조하세요.
2. 저울(최대 5000g까지 질량 측정, TARA 기능 있음, 필요한 경우 별도 지침 참조)
3. 측면에 링 자석이 내장된 투명한 속이 빈 원통입니다.
4. 막대 자석 1개.
5. 좁은 나무 막대기 1개(막대 자석을 실린더 밖으로 밀어내는 데 사용할 수 있음).

그림 4와 같은 설정을 사용하여 자석 사이의 힘을 측정합니다. 첫 번째 실험 문제와 비교하여 프레스의 상판을 거꾸로 뒤집어 놓아야 합니다. 좁은 알루미늄 막대는 속이 빈 실린더를 통해 막대 자석을 누르는 데 사용됩니다. 저울은 힘(질량)을 측정합니다. 프레스의 상판은 윈 너트를 사용하여 아래쪽과 위쪽으로 움직일 수 있습니다.

중요: 윈 너트는 360도 회전할 때 2mm 움직입니다.

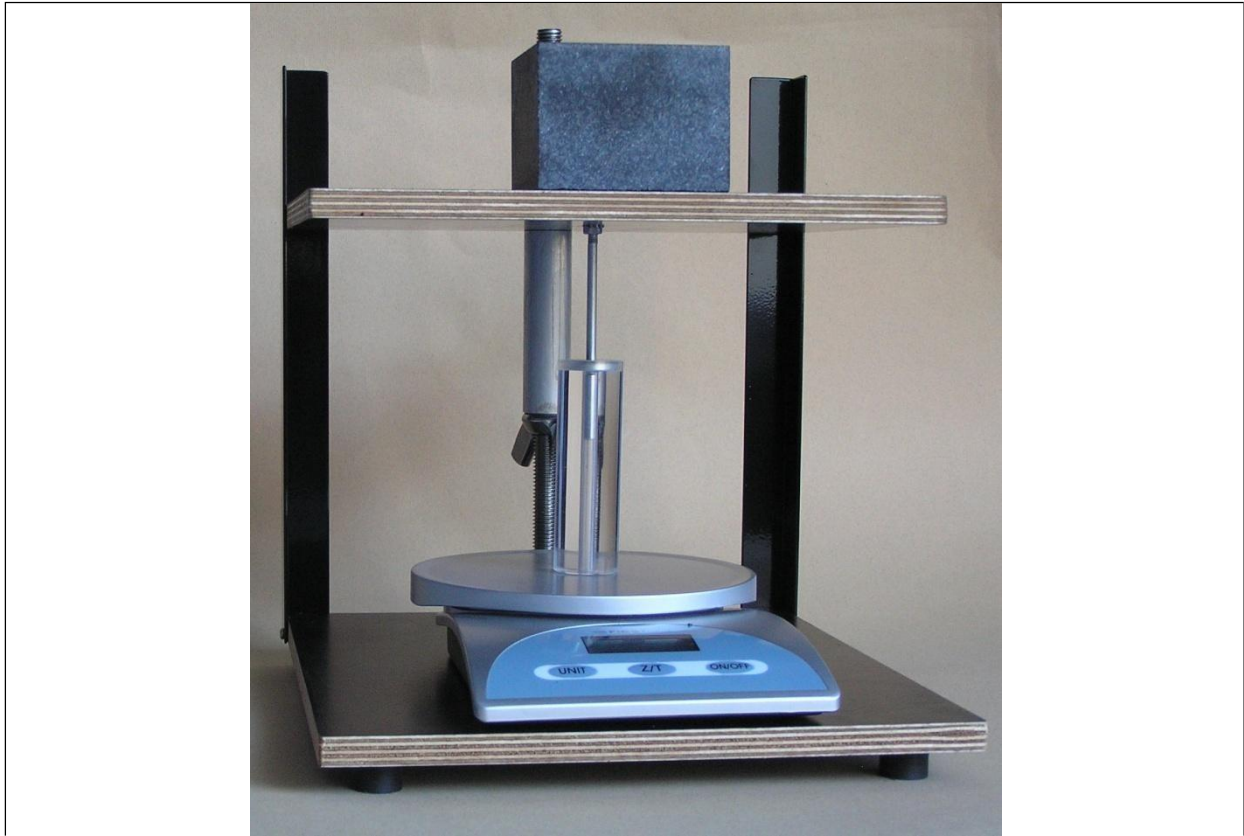


그림 4. 자석 사이의 힘을 측정하는 데 사용해야 하는 설정 사진 및 방법.

작업

- 그림 2 와 같이 z 축이 수평으로 놓여 있다고 가정하고 두 자석 사이의 모든 평형 위치를 정성적으로 결정하고 답안지에 그립니다. 평형 위치를 안정(S)/불안정(U)으로 표시하고 답안지에 안정된 위치 하나에 표시된 대로 같은 극을 음영으로 표시합니다. 이 과제는 손과 나무 막대기를 사용하여 수행할 수 있습니다. (2.5 점)
- 실험 설정을 사용하여 z 좌표의 함수로서 두 자석 사이의 힘을 측정합니다. z 축의 양수 방향이 투명한 원통을 가리키도록 합니다(방향을 가리키면 힘은 양수입니다). 다음과 같은 구성의 경우 자모멘트가 평행한 경우 자력을 $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ 로 나타내고, 평행이 아닌 경우 자력을 $F_{\uparrow\downarrow}(z)$ 로 나타냅니다.
중요: 막대 자석의 질량을 무시하고(즉, 중력을 무시) 자석 사이의 힘의 대칭을 활용하여 곡선의 다른 부분을 측정합니다. 힘의 대칭을 발견하면 답안지에 적습니다. 측정값을 답안지에 적고 모든 표 옆에 각 표에 해당하는 자석의 구성을 개략적으로 그립니다(예시가 제공됨). (3.0 점)
- 작업 2의 측정값을 사용하여 밀리미터 용지를 사용하여 다음을 자세히 표시합니다.
기능적 종속성 $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ $z > 0$. 커브의 모양을 개략적으로 플롯합니다.
 $F_{\uparrow\uparrow}(z)$ 및 $F_{\uparrow\downarrow}(z)$ (양수 및 음수 z 축을 따라). 각 도식 그래프에서

안정된 평형점의 위치를 나타내고 해당 자석의 구성을 스케치합니다(과제 1에서와 같이). (4.0 점)

4. 막대 자석의 질량을 무시하지 않는다면, z 축이 수직으로 위치할 때 질적으로 새로운 안정된 평형 위치가 만들어지나요? 그렇다면 과제 1에서와 같이 답안지에 표시하십시오. (0.5 점)