2. 빗면 위의 자기 제동

들어가며

자석이 구리나 알루미늄 같은 비자성 도체 가까이에서 움직이면 자기 제동력이라는 소산력을 받는다. 이 실험에서는 이 힘의 성질을 조사한다.

자기 제동력은 다음에 달려 있다:

- 자석의 세기(자기 모멘트 μ로 정해진다);
- 도체의 전도도(σ_C);
- 자석과 도체의 크기와 기하;
- 자석과 도체 면 사이의 거리(d); 그리고
- 도체에 대한 자석의 속도(v).

이 실험에서는 자기 제동력이 속도(v)와 도체-자석 거리(d)에 어떻게 의존하는지 조사한다. 이 힘은 경험적으로 다음과 같이 쓸 수 있다:

$$F_{MB} = -k_0 \, d^{p} v^{n} \qquad (1)$$

여기서

k_0 는 μ, σ_C, 그리고 도체와 자석의 기하에 따른 임의 상수로, 이 실험에서는 고정되어 있다.

d 는 자석 중심에서 도체 면까지의 거리

v 는 자석의 속도

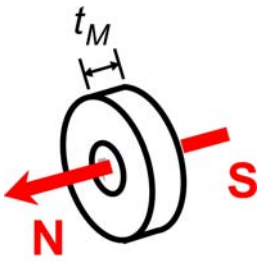
p와 n은 이 실험에서 구할 거듭제곱 지수

실험

이 실험에서는 오차 분석이 필요하다.

장치

(1) 도넛 모양의 네오디뮴 철 붕소 자석.
두께: $t_M = (6.3 \pm 0.1)$ mm
바깥지름: $d_M = (25.4 \pm 0.1)$ mm
극은 그림처럼 평평한 면에 있다:



Magnetic poles

(2) 알루미늄 막대(2개)
(3) 자석이 굴러갈 직선 궤도가 있는 빗면용 아크릴판
(4) 플라스틱 받침대
(5) 디지털 스톱워치
(6) 자
(7) 모눈종이(10장)

추가 정보:

그 지역의 중력 가속도: $\boldsymbol{g = 9.8\ m/s^2}$
자석의 질량: $\boldsymbol{m = (21.5 \pm 0.5)\ g}$
남북 방향은 책상에 표시되어 있다.
스톱워치의 사용 설명서를 읽어도 된다

이 문제는 두 절로 나뉜다:
(A) 장치 꾸미기와 소개
(B) 자기 제동력 조사

참고:
실험하기 전에 빗면이 깨끗한지 확인하시오

질문

여러분의 작업을 분명히 이해할 수 있도록 답에 그림을 충분히 넣으시오

(A) 장치 꾸미기

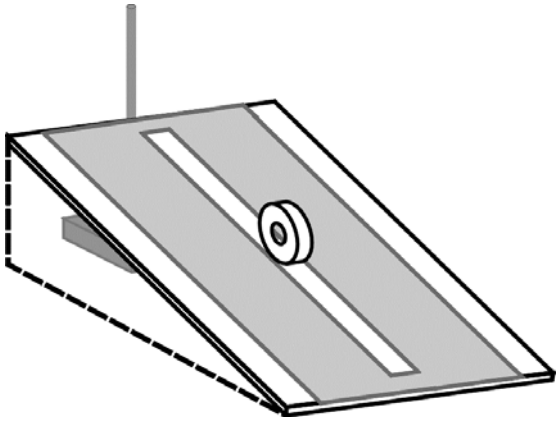


그림 1. 알루미늄 막대 없이 꾸민 빗면 장치

그림처럼 자석을 궤도를 따라 굴려 내리시오. 너무 빨리 구르지 않도록 빗면 각을 알맞게 작게 고르시오.

[1] 자석이 매우 세므로 지구 자기장과의 상호작용 때문에 상당한 돌림힘을 받을 수 있다. 이 돌림힘은 자석이 굴러 내려갈 때 자석을 비틀어 궤도와 상당한 마찰을 일으킬 수 있다. 이 돌림힘을 줄이려면 어떻게 하겠는가? 그림을 써서 설명하시오.

[1.0 pt]

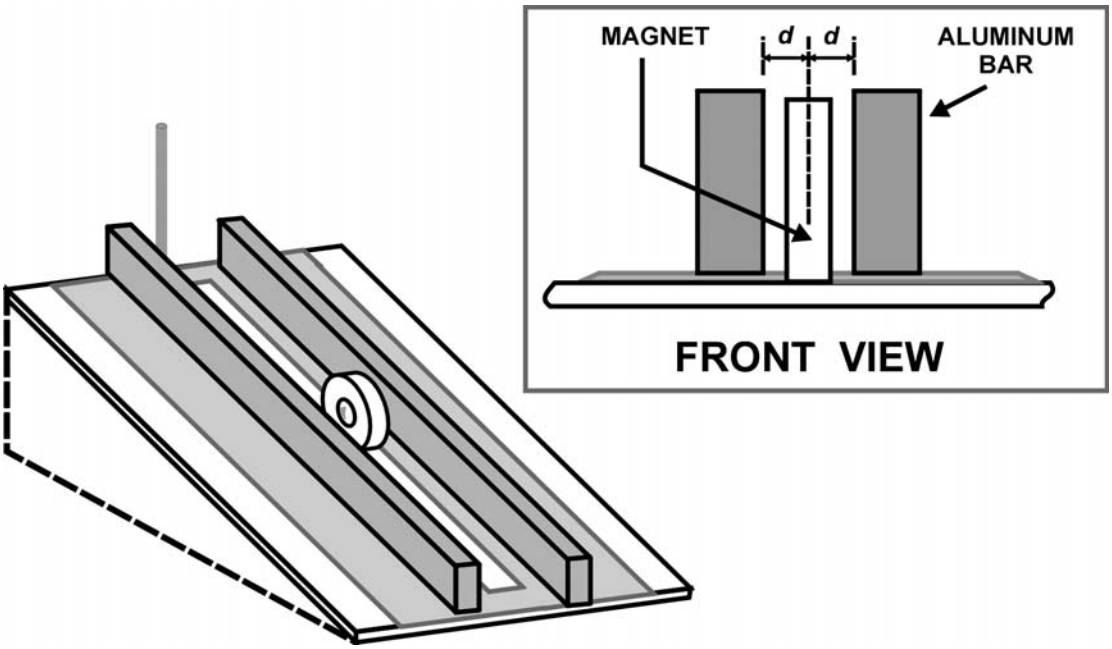


그림 2. 알루미늄 막대를 넣은 완전한 장치

그림 2처럼 두 알루미늄 막대를 거리 약 d=5 mm로 놓으시오. 거리 d는 그림 2의 작은 그림에 나타낸 것처럼 자석의 중심까지의 거리임을 기억하시오.

다시 자석을 놓아 굴러가게 하시오. 자기 제동력 때문에 자석이 앞의 관찰보다 훨씬 천천히 굴러 내려가는 것을 볼 수 있을 것이다.

[2]. 자기 제동의 메커니즘을 설명하는 자기력선과 힘의 그림을 그리시오.

[1.0 pt]

(B) 자기 제동력 조사

실험 장치는 그림 2와 같으며, 도체-자석 거리도 약 d = 5 mm(양쪽에서 자석과 도체 사이 틈이 약 2 mm)로 같다.

[1] 거리 d를 고정하고, 자기 제동력이 속도(v)에 어떻게 의존하는지 조사하시오. 식 1에서 속도 의존 인자의 지수 n을 구하시오. 결과를 설명하는 알맞은 그래프를 제시하시오.

[4.0 pt]

이제 도체-자석 거리(d)를 왼쪽과 오른쪽 모두에서 바꾸시오. 빗면 각은 알맞게 작은 값으로 고정하시오.

[2] 자기 제동력이 도체-자석 거리(d)에 어떻게 의존하는지 조사하시오. 식 1에서 거리 의존 인자의 지수 p를 구하시오. 결과를 설명하는 알맞은 그래프를 제시하시오.

[4.0 pt]