

일반물리학및실험1 실험실습용 / 무단 전재 및 재배포 금지

9. 디스크와 링의 관성모멘트 측정



일반물리학및실험1 실험실습용 / 무단 전재 및 재배포 금지

장비 구성

- 회전스탠드
- 포토게이트 타이머시스템(SG-9630S)
- 관성모멘트 약세서리(디스크, 질량 고리)
- 추와 추걸이 세트
- 원판 1,350g / 링 1,200g / 추걸이 5.3g

실험 목표

디스크와 링의 회전운동을 통하여 각각의 관성모멘트를 측정하여 실험으로 구한 결과와 이론으로 계산한 결과를 비교 분석한다.

기본 이론

회전운동에서 링에 대한 이론적인 관성모멘트 값은 $I = \frac{1}{2} M(R_1^2 + R_2^2)$ 이다.

여기서 M 은 링의 질량, R_1 은 링의 내경, R_2 는 링의 외경이다. 원형디스크의 질량 중심에서 수평으로 회전운동 한다면 이론적인 관성 모멘트 값은 다음과 같다.

$$I = \frac{1}{2} MR^2 \quad (1) \quad \text{일반물리학및실험1 실험실습용 / 무단 전재 및 재배포 금지}$$

여기서 M 은 디스크의 질량이고 R 은 디스크의 반경이다. 또 한, 직경으로 회전하는 디스크의 관성모멘트는 다음과 같다.

$$I = \frac{1}{4} MR^2 \quad (2)$$

실험적인 값을 구하기 위해 링에 작용하는 토크와 각가속도가 측정되면 $\tau = I\alpha$ 에서 다음과 같은 식을 얻는다.

$$I = \frac{\tau}{\alpha} \quad (3)$$

여기서 α 는 각가속도이고 τ 는 토크이다. 토크 $\vec{\tau}$ 는 또 한 $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$ 이다. 여기서 F 는 가해진 힘이고, r 은 링의 중심으로부터 힘의 가해진 점까지의 거리이다. 토크의 크기는 $rF\sin\theta$ 로 나타낼 수 있다. 이 때, θ 는 \vec{r} 와 \vec{F} 의 사이각이다. 따라서 \vec{r} 과 \vec{F} 가 수직일 때, 토크의 크기는 최대가 된다.

이 실험의 경우에는 가해진 힘이 추가 매달린 줄에 작용하는 장력 T 와 같다. 줄에 매달린 질량 m 에 의해 당겨진다. τ 은 회전하는 물체 밑에 있는 3단 도르래의 반지름이다.

반지름은 작용하는 힘(장력)에 대해 수직이므로 $\tau = rT$ 이고, 매달린 질량 m 에 대한 뉴턴의 제 2법칙은

$$\Sigma F = mg - T = ma, \quad T = m(g - a) \quad (4)$$

이므로

$$\tau = rT = rm(g - a) \quad (5)$$

매달린 질량의 직선가속도 a 는 회전계의 접선가속도 a_T 와 같으므로 각가속도는 접선가속도와 다음과 같은 관계식을 가진다.

$$a = \frac{a_T}{r} \quad (6)$$

즉, 링의 관성모멘트는

$$I = \frac{\tau}{\alpha} = \frac{rm(g - a)}{\frac{a_T}{r}} = mr^2 \left(\frac{g}{a} - 1 \right) \quad (7)$$

위와 같이 물체의 관성모멘트는 회전계의 접선가속도를 통해 구할 수 있다.



실험 방법

- 1) 세팅되어 있는 기기의 포토게이트의 전원을 연결한 후 도르래에 추걸이를 연결한다.
일반물리학및실험1 실험실습용 / 무단 전재 및 재배포 금지
- 2) 포토게이트 타이머의 전원을 켜 후 맨 왼쪽의 버튼을 눌러 accel로 맞추고, 가운데 버튼을 눌러 Angular pulley가 표시되도록 한다.
- 3) 추걸이가 일정한 속도로 낙하하도록 무게를 조절하여 추를 올린다.
- 4) 아무것도 올리지 않은 상태, 디스크만 올린 상태, 링까지 올린 상태로 3번 실험과정을 반복한다.



일반물리학및실험1 실험실습용 / 무단 전재 및 재배포 금지

일반물리학및실험1 실험실습용 / 무단 전재 및 재배포 금지