

자이로스코프 실험

15/01/06

K1.5.80

도입

자이로스코프는 회전체가 회전축의 방향이 임의로 향할 수 있는 짐벌(gimbal)에 고정되어 있는 장치이다. 각운동량이 큰 회전체는 방향성을 유지하려는 성질이 커지기 때문에 고속으로 디스크를 회전시켜 일정한 방향을 향하도록 하여 미사일의 항로를 유지시키는데 이용했었다.

팽이가 기울어진 상태로 놓였을 때 회전축이 나뭇의 속도를 가지고 회전하는 것을 본 경험이 있을 것이다. 이러한 회전축의 운동을 세차운동이라고 한다. 실험을 통해서 토크가 작용할 때 세차운동의 속도를 예측해보고 실험과 비교해 본다.



[그림 1] 자이로스코프 모형

실험 목적

- 자이로스코프의 관성모멘트를 측정한다.
- 측정된 자이로스코프의 관성모멘트와 토크를 이용하여 세차운동의 각속도를 계산하고 실험을 통해 측정된 값과 비교한다.

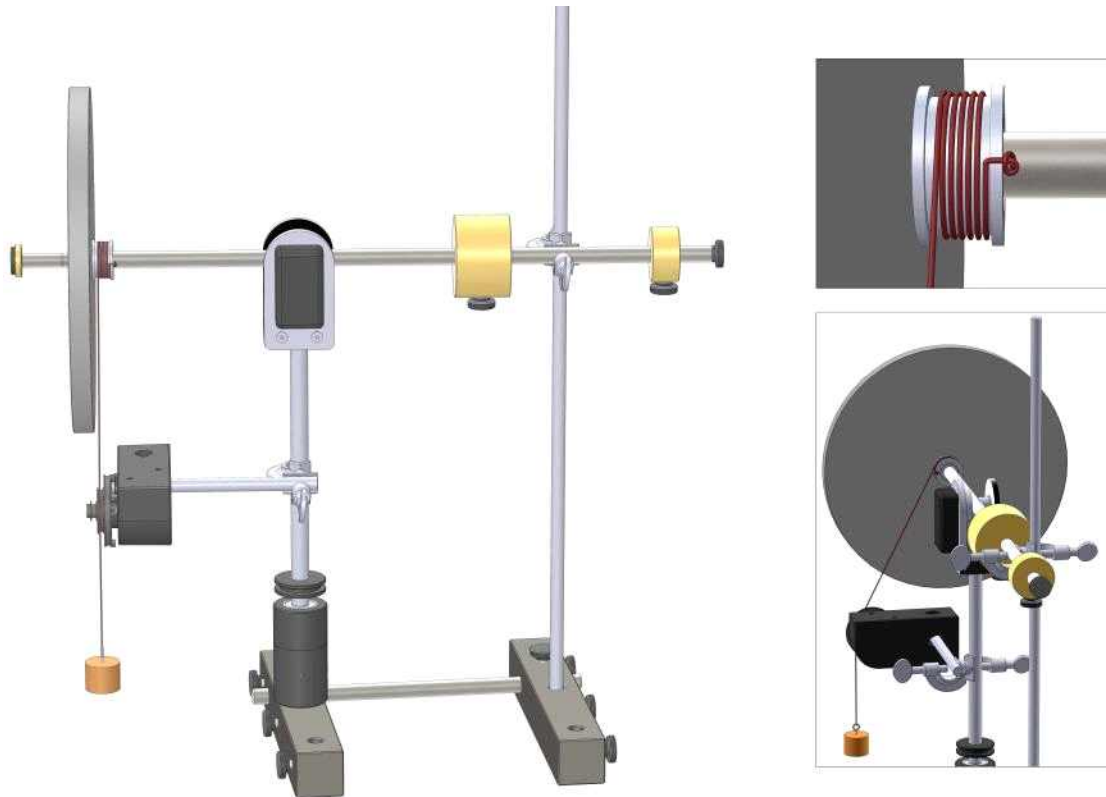
실험 준비물

- 버니어 데이터 수집 인터페이스
- 로거프로 3 한글 프로그램
- 버니어 포토게이트 센서
- 자이로스코프 모듈 (회전 축, 회전 디스크,)
- 자이로스코프 액세서리 키트 (실험용 실, 무게추(900g, 30g))
- 버니어 회전운동 센서
- H-스탠드 세트

실험 과정

파트1. 회전판의 관성모멘트 측정

1. 랩퀘스트2 인터페이스의 전원을 켜고 USB 케이블을 이용해 컴퓨터에 연결한다. 컴퓨터의 Logger Pro 프로그램을 실행시킨다.
2. 회전운동 센서를 인터페이스의 디지털 채널에 연결한다.
3. 데이터 수집을 위해 다음과 같이 설정한다.
 - 1) 실험 ▶ 센서 설정 ▶ LabQuest 2:1 선택
 - 2) 회전운동센서 선택 ▶ X4 모드 선택
 - 3) 실험 ▶ 데이터 수집 선택
 - 4) 데이터 수집 시간을 30초로 설정



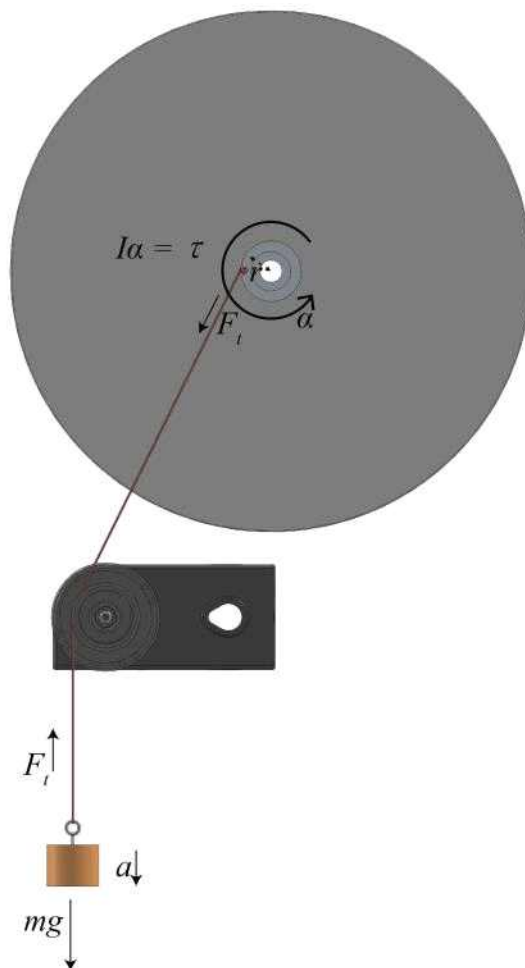
[그림 2] 회전디스크의 회전관성 측정

3. [그림 3]과 같이 실험 장치를 연결한다. 자이로스코프의 수평을 잘 맞추고 클램프를 이용하여 고정한다.
4. 실의 끝을 덩어리지게 매듭을 지어 회전디스크의 허브에 난 홈에 끼워 실을 감는다. 실의 다른 한쪽에 추를 매달고 회전운동센서에 설치한 3단 휠의 중간 단을 타고 실이 흘러내릴 수 있게 한다.

데이터 분석

1. $\tau = I\alpha$ 는 이므로 $I = \frac{\tau}{\alpha}$ 이다. 여기서 α 는 각가속도이며, 이것은 a/r 과 같고, τ 는 디스크에 감긴 줄에 매달린 추에 의해 유발된 토크이다.
2. $\tau = rF_t$. 여기에서 r 은 줄이 감겨진 축의 반지름이며 F_t 는 줄의 장력이다. 매달린 추에 뉴턴의 제2법칙을 적용하면, 다음 식과 같이 정리된다.

$$\sum F = mg - F_t = ma$$



[그림 3] 회전 디스크와 자유물체도

7. 줄의 장력을 얻으면, $F = m(g - a)$ 이다. 따라서 추(m)의 선 가속도가 결정되었으면, 회전 관성의 계산을 위해 토크와 각 가속도를 얻을 수 있다.
8. 각가속도를 구하고 회전디스크의 관성모멘트를 계산하라.

파트2. 세차 운동

1. 랩퀘스트2 인터페이스의 전원을 켜고 USB 케이블을 이용해 컴퓨터에 연결한다. 컴퓨터의 Logger Pro 프로그램을 실행시킨다.

2. 회전운동 센서와 고니오미터 센서를 인터페이스의 각 채널에 연결한다.

3. 데이터 수집을 위해 다음과 같이 설정한다.

- 1) 실험 ▶ 센서 설정 ▶ LabQuest 2:1 선택
- 2) 회전운동센서 선택 ▶ X4 모드 선택
- 3) 게이트 센서 설정
- 3) 실험 ▶ 데이터 수집 선택

3. 그림과 같이 실험 장치를 연결한다. 추가 추 없이 자이로스코프가 균형을 잡을 때까지 큰 평형추의 위치를 조절한다. 균형을 잘 맞추기 위해 작은 평형추를 사용한다.



그림 4 자이로 스코프 설치

4. 추가 추의 중량을 달고 그 질량을 표1.1에 기록한다. 추가 추를 축의 말단에 부착한다. 회전축으로부터 추가 추의 중심까지의 거리(d)는 0.2m이다.

5. 회전 디스크를 회전시킨 뒤 정지상태로 자이로스코프를 놓으면 복잡한 장동운동을 하게 된다. 세차운동속도에 맞추어 약간의 초기 각속도를 주면 자연스러운 세차운동을 하게 된다. 몇 번 반복해서 초기 각속도를 어느 정도로 해야 할지를 예측할 수 있도록 한다.

6. 세차 운동을 하지 못하도록 자이로스코프를 고정하면서 디스크의 속도를 측정한다.

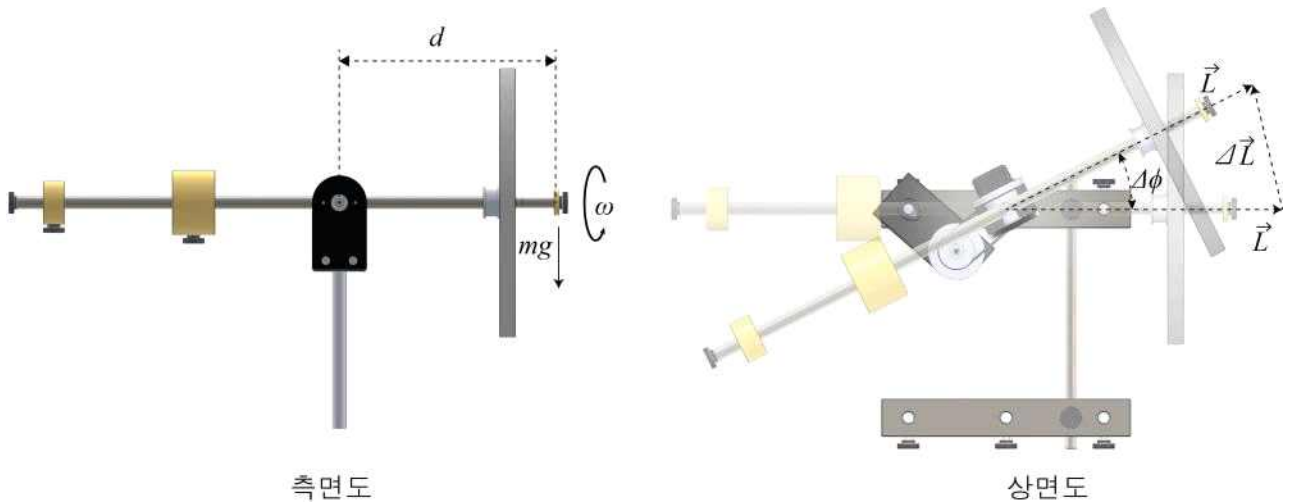
7. 자이로스코프가 자연스러운 세차 운동을 하게하고 즉시 데이터 수집버튼을 눌러 자이로스코프의 세차운동 데이터를 수집한다. 세차운동을 1회전 하게한다.

8. 세차운동 후의 디스크의 각속도를 측정한다. 세차운동 중에 디스크의 각속도를 얻기 위해 전후 데이터를 사용한다.

9. 수집된 세차운동 데이터에 직선 추세선을 적용하여 평균 속도를 얻는다.

데이터 분석

1. 추를 축의 말단에 걸어서 자이로스코프에 토크를 가한다. 이 토크는 자이로스코프에 특정 각속도 Ω 에서의 세차 운동을 유발 시킨다.
2. 자이로스코프가 수평 위치에서 최초로 균형을 잡는다고 가정한다. 각속도(ω)로 디스크를 돌린 다음, 질량이 m 인 추를 회전축으로부터 d 만큼의 거리에서 자이로스코프 축의 말단에 부착한다. 이것은 $\tau = mgd$ 의 토크가 회전축에 작용한다. 또한 토크는 dL/dt 와 같으며, 여기서 L 은 디스크의 각운동량이다. [그림 4]에 나와 있는 것처럼, 각에 소량의 변화가 있을 경우, $\Delta\phi$, 각운동량의 변화량 $\Delta L = L\Delta\phi$ 이다.



[그림 5] 수평 자이로스코프에 토크 적용

3. 세차운동 각속도 Ω 는 $d\phi/dt$ 이므로, 세차 속도는 $mgd = L\Omega$ 이며, 세차 비율은 $\Omega = \frac{mgd}{I\omega}$ 이다.
4. I 는 디스크의 회전 관성이며, ω 는 디스크의 각속도이다.
5. 실험에서 측정된 회전원판의 관성모멘트를 이용하여 세차운동 비율을 계산하고 측정된 속도와 비교하라.

$$\Omega = \frac{mgd}{I\omega} = \underline{\hspace{2cm}}$$

측정된 세차운동 속도 :