

1. 실험 목적

Borda 진자의 주기와 길이를 측정하여 그 지점의 중력가속도 g 를 구한다.

2. 실험 원리

1) 단진자의 경우

단진자는 질량이 무시되는 길이 l 인 끈에 크기가 무시되는 질량 m 인 추가 추 중심에서 진자 끝까지의 거리가 L 이 되도록 매달려 주기 운동하는 것이다. 즉, m 인 추가 되돌아가려는 힘인 복원력이 존재한다. 즉,

$$F = -mg \sin \theta = m \frac{d^2 S}{dt^2}$$

$\sin \theta$ 가 매우 작다면 θ 로 근사가 가능하다. 그러므로

$$\theta = \frac{S}{L} \quad [L = l + r \quad r : \text{추의 반지름}]$$

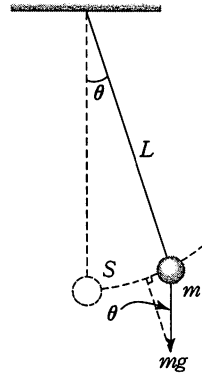


그림 1 단진자

$$\begin{aligned} \rightarrow -mg \frac{S}{L} &= -\frac{mg}{L} S = m \frac{d^2 S}{dt^2} \\ \therefore \frac{d^2 S}{dt^2} &= -\frac{g}{L} S = -\omega^2 S \\ \text{let, } \omega &= \sqrt{\frac{g}{L}} \end{aligned}$$

즉,

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (1)$$

그러므로 식 (1)에서부터 중력가속도는

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{g}{L}} = \frac{2\pi}{T} \text{에서} \\ \frac{g}{L} = \frac{4\pi^2}{T^2} \rightarrow \text{중력가속도 } g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \end{aligned}$$

2) 물리진자의 경우

물리진자는 질량 M인 강체가 임의의 회전축 O를 중심으로 연직선 내에서 진동하는 것이므로 운동방정식은

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -mg(l+r) \sin \theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{mg(l+r)\theta}{I} \rightarrow \theta = A \cos \frac{mg(l+r)}{I} t$$

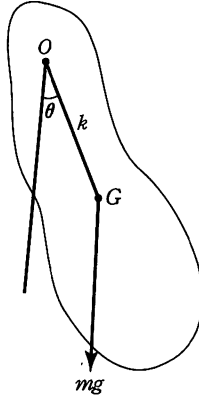


그림 2 물리진자

이고, 진자의 관성모멘트 $I = \frac{2}{5}mr^2 + m(l+r)^2$ 이므로

$$\begin{aligned} \therefore \omega^2 &= \frac{mg(l+r)}{I} \quad \text{즉, } \omega = \sqrt{\frac{mg(l+r)}{I}} = \frac{2\pi}{T} \\ \frac{mg(l+r)}{I} &= \frac{4\pi^2}{T^2} \\ g &= \frac{4\pi^2}{T^2} \frac{I}{m(l+r)} \end{aligned}$$

여기서 관성모멘트 I 를 대입하면,

$$g = \frac{4\pi^2}{m(l+r)T^2} \left(\frac{2}{5}mr^2 + m(l+r)^2 \right) = \frac{4\pi^2}{T^2} \left(\frac{2}{5} \frac{r^2}{(l+r)} + (l+r) \right)$$

가 된다.

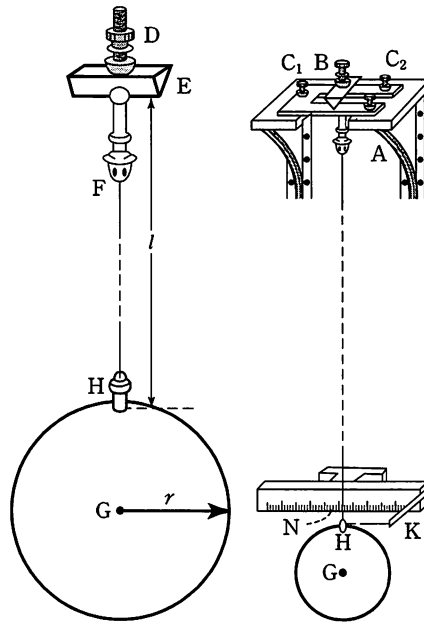


그림 3 Borda 진자

3. 실험기구 및 장치

- Borda 진자



- 초시계
- 미터자

4. 실험 방법

1) 예비실험

- (1) 진자 꼭지 위에서 1 m 되는 곳에 연직면과 5° 이내 진동하도록 실로 묶어 오른쪽으로 당긴다.
- (2) 성냥불로 철사 가까운 쪽의 실을 태워 진동시킴과 동시에 초시계를 누른다.
- (3) 10 회 진동 시간을 측정하여 주기 T 를 구한다.
- (4) 추를 제외하고 받침날을 흔들어 10 회 진동시간을 측정하여 주기 T' 을 계산한다.
- (5) T 와 T' 이 같다면 본 실험을 계속한다.
- (6) 만약 T 와 T' 이 같지 않다면, 받침날에 부착된 이동 나사추를 위 아래로 움직이면서 방법 (1)과 (2)를 반복한다. 또 이동나사로 T 와 T' 가 같아지지 않는다면, 철사를 조금씩 줄이거나 늘이면서 방법 (1)과 (2)를 반복한다.

2) 본실험

- (1) T 와 T' 이 같아지면 받침날에 철사가 달린 진자를 고정시킨다.

[주의] 고정이 끝난 후에는 받침날의 이동 나사를 움직이지 말아야 하며, 철사의 길이도 자르거나 늘이지 말아야 한다.

- (2) 예비 실험의 실험과정 (1)과 (2)를 하고, 매 10회마다 190회까지 시간을 계속 기록하여 100회 차 시간의 평균값으로 주기를 구한다. 예) 100회~0회, 110회~10회....
- (3) 그림과 같이, 받침날 끝부터 진자 바로 위까지 줄자로 길이 l 을 5회 측정하여 기록하고 평균값을 구한다.
- (4) 진자의 직경을 버니어 캘리퍼를 이용하여 5회 측정하여 반경 r 을 구한 후 평균을 구한다.
- (5) 중력가속도 g 를 계산한다.

5. 질문사항

- (1) 진자 꼭지 위에서 1 m되는 곳과 연직면과 5° 이내인 지점을 찾는 방법을 알아봅

시다.

- (2) T 와 T' 을 같게 하여 주기를 보정하는 이유는 무엇이라고 생각합니까?
- (3) 실험에서 오차에 가장 크게 영향을 미치는 측정값은 어느 것입니까? 그리고 그 이유는 무엇이라고 생각됩니까?
- (4) 진자의 길이 1 m에서 그 길이를 1 mm까지 측정했다면 중력가속도 g 값에 어떤 영향을 줄 것이라고 생각합니까?