

실험 7-1. 물리진자

1. 목적

회전 운동과 연관되어 주기 운동을 하는 물체의 운동을 관찰하고 진동 주기를 측정하여 중력가속도 g 를 구해본다.

2. 이론

실제의 진자는 단진자와는 달리 복잡한 질량분포를 갖게 되는데 이를 물리진자라고 부른다. 그림 1은 한쪽으로 각도 θ 만큼 기울어져 있는 물리진자의 모습이다.

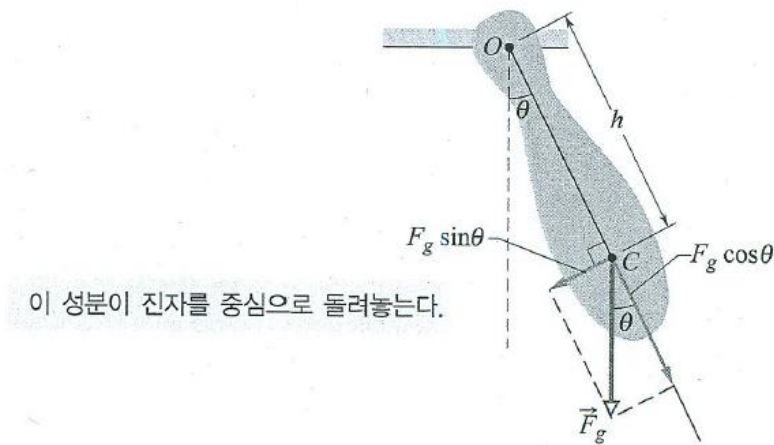


그림1. 물리진자

중력 \vec{F}_g 는 매단 점 O에서 거리 h 만큼 떨어진 질량중심 C에 작용한다. 모양은 서로 다르지만 단진자와 물리진자 간의 큰 차이점은 한 가지뿐이다. 물리진자의 경우 복원력 $F_g \sin \theta$ 에 대한 모멘트팔은 단진자처럼 실의 길이 L 이 아니라 매단 점에서 질량중심까지의 거리 h 라는 점이다. 다른 모든 점에 있어서는 단진자의 운동을 분석한 것과 같은 방법을 이용하면 된다. 따라서 물리진자의 경우에도 각 진폭 θ_m 이 작을 경우 어림잡아 단순조화운동으로 다룰 수 있다. 이 때, 물리진자의 주기 T 는 다음과 같다.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgh}} \quad (1)$$

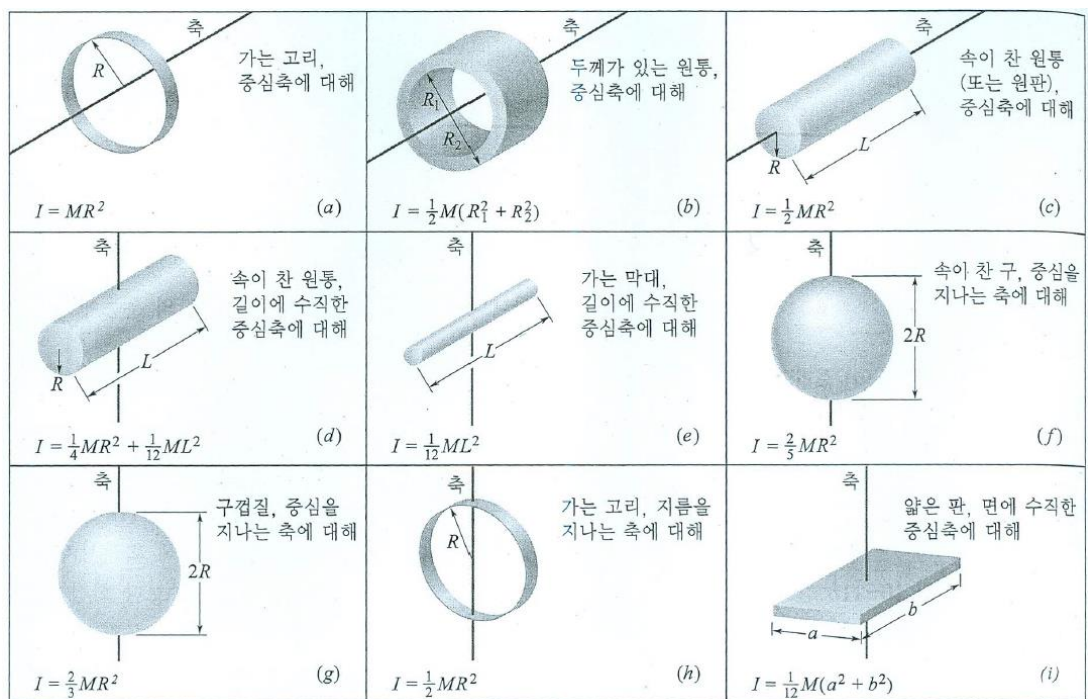


그림2. 여러 물체의 회전관성모멘트

그림 2는 흔히 볼 수 있는 물체 9개의 회전관성모멘트이다. 사각판형 강체의 질량 중심에 대한 관성 모멘트는 그림 2(i)에서 $I = (1/12)M(a^2 + b^2)$ 이다. 이 때, $a \ll b(=L)$ 인 경우에는 근사적으로 그림 2(e)와 같이 $I = (1/12)ML^2$ 가 된다.

그런데 모든 물체는 질량 중심이 아닌 임의의 축을 중심으로 회전시킬 수 있기 때문에 무수히 많은 관성 모멘트를 가질 수 있다. 그림 3과 같이 질량 M 인 물체가 임의의 축을 중심으로 회전 할 때 관성모멘트 I' 은 평행축 정리를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I' = I + Mh^2 \quad (2)$$

따라서 길이 L 인 막대형 물리 진자의 주기 T 는 식 (1),(2)로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L^2 + 12h^2}{12gh}} \quad (3)$$

3. 기구와 장치

기구와 장치	Equipment	수량	비고
로터리모션센서	rotary motion sensor	1	
850 인터페이스	850 Interface	1	
막대 진자	pendulum(rod)	1	
미터자	1m	1	

4. 실험방법

- | | |
|------------|--|
| 주 의
사 항 | - 물리진자가 운동할 때 전선이 진자의 운동을 방해하지 않도록 유의한다. |
| | - 물리진자가 충분히 진동할 때까지 기록을 계속한다. |

(1) 로터리 모션센서와 물리진자를 다음 그림3 과 같이 설치한다.



그림3. 물리진자 설치

(2) PASCO Capstone에서 로터리모션센서를 연결하고 그림4와 같이 설정한다.

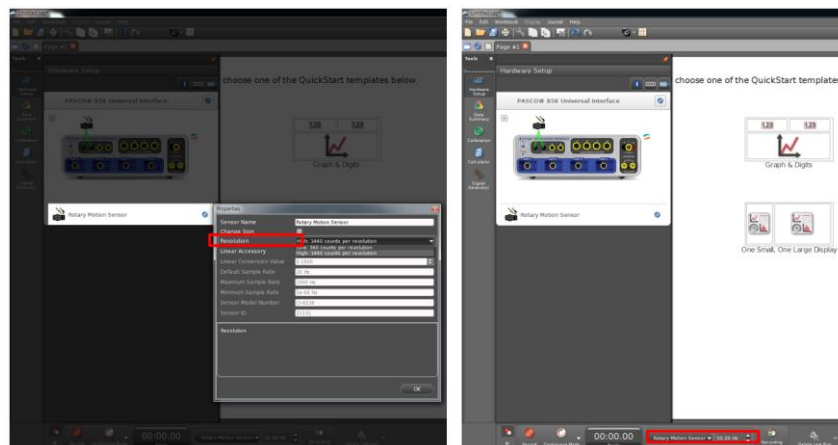


그림 4. 데이터스튜디오 설정

(Resolution: High, Sample rate: 50Hz)

- (3) PASCO Capstone의 Record 버튼을 누른 후 물리진자를 진동시켜 결과를 기록한다. 이 때, 물리진자의 진동각도는 5~10도가 적당하다. (진동이 거의 멈출 때까지 기록을 유지해야 한다.)
- (4) 회전축과 물리진자의 무게중심 사이의 거리를 바꿔가며 측정을 반복한 후 결과를 기록한다.
- (5) 물리진자가 5도(약 0.087rad)이내에서 진동할 때 10회(이상) 진동의 평균 주기를 표로 기록한다.
- (6) 기록과 실험을 마치면 실험도구를 정리한다.

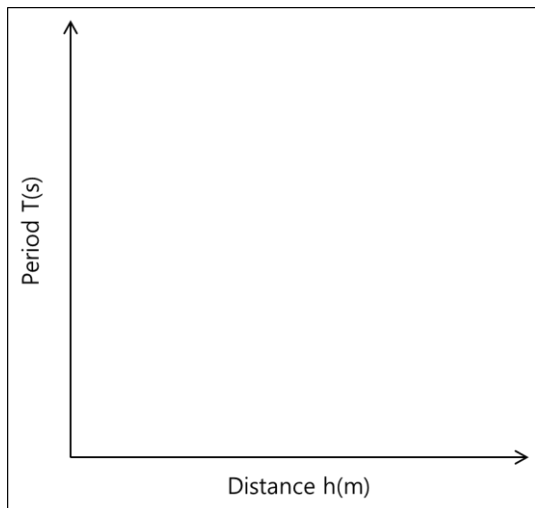
5. 물리진자 실험 DATA SHEET

막대 길이(m) :



Distance h (m) vs period (s)

Distance h (m)	Period (s)			Gravitational acceleration (m/s^2)	
	exp	theory	error (%)	exp	error (%)



6. 질문

- (1) 단진자와 물리진자는 어떻게 다른가?
- (2) 물리진자의 질량중심과 회전축 사이의 거리 (h)와 주기(s) 사이의 관계는 어떻게 되는가?
- (3) 주기가 최소가 되는 물리진자의 질량중심과 회전축 사이의 거리 (h)는 어느 지점인가?

7. 참고문헌

Halliday, Resnick, Walker, (2014), PRINCIPLES OF PHYSICS, WILEY

실험 7-2. 자유낙하 운동 실험

1. 목적

컴퓨터 인터페이스를 이용한 자유낙하 운동 실험을 통해서 중력가속도 값을 구해본다.

2. 이론

정지 상태에서 시작한 운동 방정식은 $x = \frac{at^2}{2}$ (x : 이동거리, a : 가속도, t : 경과시간)이다.

3. 기구와 장치

기구와 장치	Equipment	수량	비고
850 인터페이스	850 Interface	1	
자유낙하 보조기구	Free fall adapter	1	
미터자	1m	1	

4. 실험 방법

- (1) 그림1과 같이 free fall adapter를 설치하고, 직경 15mm 쇠구슬을 설치한다.
- (2) 쇠구슬을 떨어뜨릴 높이 d 를 약 2m로 하여 정확한 높이를 측정해서 표1에 기입한다.
- (3) 컴퓨터 인터페이스를 이용하여 측정시간 t_1 을 표1에 기입한다.
- (5회 반복)
- (4) 높이(d)를 다양하게 변화시키며 (3)의 과정을 반복한다.
- (5) 직경이 다른 쇠구슬로 (1)~(4)의 과정을 반복한다.

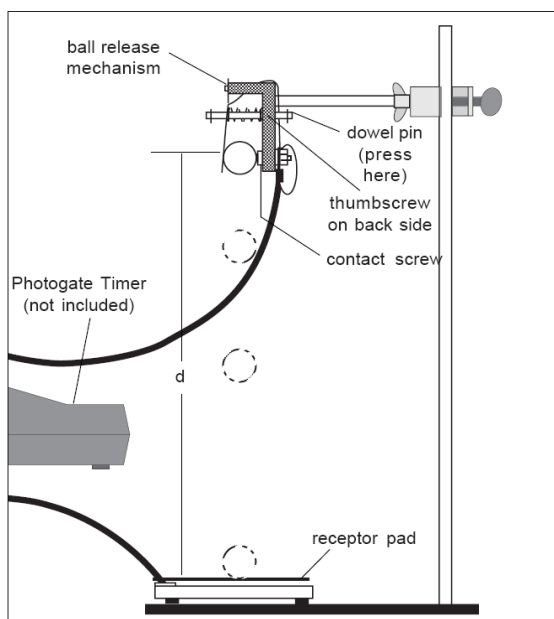


그림 1

5. 실험 결과

1) 구슬 1

$d(m)$	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_{avg}	t_{avg}^2

2) 구슬 2

$d(m)$	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_{avg}	t_{avg}^2

6. 질문

- 가속도는 일정한가?
(일정하다면 그때 물체가 떨어진 거리는 경과 시간에 제곱에 비례한다)
- 가속도가 일정하다면 가속도의 값은 얼마인가?
- 모든 물체에 대해서 일정한가? 물체의 크기가 질량에 따라서 변하지 않는가?
- 또는 물체의 특성에 따라서 변하지 않는가?
- 만약 변한다면 시간에 따라서 가속도가 어떻게 변하는가?