

실험 9. 단순조화 운동

실험 목표

- ✓ 단순조화 운동의 수학적 모델과 용수철의 움직임을 비교한다.
- ✓ 단순조화 운동의 진폭과 주기를 결정한다.
- ✓ 단순조화 운동의 주기에 어떤 요소들이 영향을 미치는지 확인한다.
- ✓ 단순조화 운동에 포함된 에너지를 확인한다.

배경이론

- ✓ (Young) Chapter 13.3 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 11.1 참고

단순조화 운동(Simple Harmonic Motion)

주기 운동에서 복원력 F_x 가 변위 x 에 정비례하는 경우, 그 운동을 단순조화 운동이라 한다. 단순조화 운동에서 각진동수, 진동수 및 주기는 진폭에 의존하지 않고, 질량 m 과 용수철 상수 k 에 따라서 변한다. 진폭 A 와 위상각 ϕ 는 물체의 초기 위치와 속력에 의해 결정된다.

$$F_x = -k\Delta x, \quad x = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

단순조화 운동에서 에너지

단순조화 운동에서 에너지는 보존된다. 전체 에너지는 용수철 상수 k 와 진폭 A 로 표현될 수 있다.

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k(\Delta x)^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \text{constant}$$

실험도구

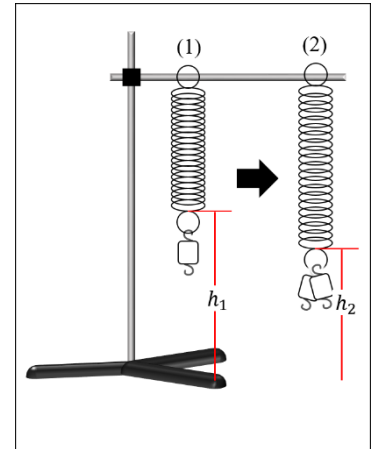
컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블,

모션 디텍터, 용수철, 50 g 분동추 4 개, 테이프, 스탠드.

실험과정

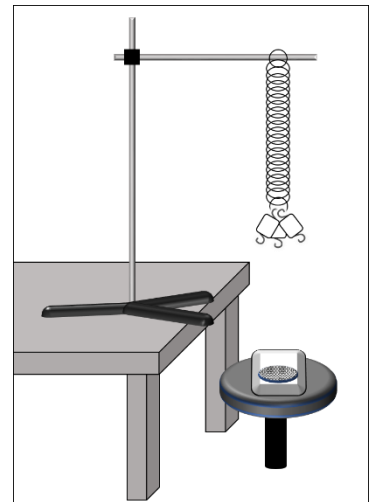
실험 1. 용수철 상수 측정

1. 용수철의 고리에 분동추를 1 개를 매단다. 바닥부터 용수철 고리까지의 길이를 측정하고, 분동추의 질량을 기록한다.
2. 용수철의 고리에 분동추를 2 개를 매단다. 바닥으로부터 용수철 고리까지의 길이와 분동추 질량을 기록한다. 이 때, 늘어난 길이는 $h_2 - h_1$ 이다.
3. 분동추를 추가하며 과정 2를 필요한 만큼 반복한다.
※ 분동추를 3 개 달았을 때 늘어난 길이는 $h_3 - h_2$ 이다.
4. 기록을 토대로 용수철상수를 계산한다.

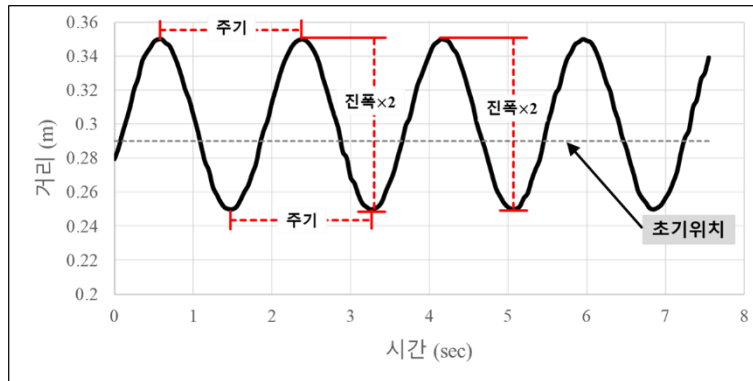


실험 2

1. 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.
2. 오른쪽의 그림과 같이 스탠드에 용수철을 테이프를 이용하여 고정한다. 용수철 끝에는 50 g 분동추 2 개를 매단다.
※ 분동추는 한 줄로 매달지 않고, 그림과 같이 매단다.
3. 모션 디텍터는 분동추와 70 cm 이상 떨어진 곳에 설치한다.
4. [실험설정] → [입력설정]에서 [측정간격]을 0.05초로 바꾼다.
5. [차트 만들기] → [종합차트만들기]를 눌러서 거리-시간 그래프를 만든다.
6. 매달아 놓은 분동추가 정지상태(평형상태)일 때 [실험시작]을 눌러 평형점에서 움직이지 않는 분동추의 위치를 측정한다. 데이터를 적당히 모았을 때 [실험중지]를 누르고, 이동 거리의 평균 값을 분동추의 초기위치로 기록한다.
7. 분동추를 약 5 cm 정도 아래로 당긴 뒤, 분동추를 놓는다. 분동추가 안정적으로 진동할 때 [실험시작]을 눌러 분동추의 운동을 기록한다. 분동추가 6회이상 왕복하면 [실험중지]를 누른다.
※ 반드시 아래로 당겨야 한다. 또한, 너무 많이 당겨서 운동시킬 경우 모션 디텍터를 파손할 우려가 있다.



8. SIN 형태의 거리-시간 그래프를 확인한다. 매끄러운 곡선을 얻지 못한 경우에는 과정 7을 다시 수행한다.



9. 주기와 진폭을 서로 다른 5 부분에서 구하고, 그 평균값을 기록한다.

10. 분동추 3개와 4 개로 과정 6-9을 반복한다.

실험 3

1. ‘실험 2’에서 분동추 4 개로 얻은 실험결과를 미분할 것이다. [분석도구]의 [미분]을 수행한다. ([기준 데이터]는 ‘시간’, [분석할 데이터]는 ‘거리’)
2. 거리-시간 그래프와 속도-시간 그래프를 이용하여 ‘최고점’, ‘중간점’, ‘최저점’, ‘임의의 지점’을 찾는다. 실험 결과에 속도와 늘어난 길이를 기록하고 운동에너지와 탄성 위치에너지, 총에너지를 계산하여 기록한다.

실험 결과

실험 1; 용수철 상수 측정

분동추의 개수	분동추의 질량 [kg]	용수철 고리의 높이 h [m]	늘어난 길이 [m]
1			
2			
3			
4			
용수철 상수(평균) [N/m]			

실험 2

분동추의 개수	질량 [kg]	초기 위치 [m]	주기 [s]	진폭 [m]
2 개				
3 개				
4 개				

실험 3; 분동추 4 개

추의 위치	속도 [m/s]	늘어난 길이 [m]	운동 에너지 [J]	탄성 위치에 너지 [J]	총 에너지 [J]
최고점					
최저점					
중간점					
임의의 지점					

결과 분석

- ✓ '실험 2'에서 구한 주기를 이용하여 용수철 상수를 구하라. '실험 1'의 용수철 상수를 이론값으로 두고 오차율을 비교하는 표를 구성하라.

결론

고찰

참고자료

실험 10. 진자의 주기운동

실험 목표

- ✓ 실의 길이에 따른 주기의 변화를 확인한다.
- ✓ 진폭에 따른 주기의 변화를 확인한다.
- ✓ 진자의 등시성을 확인한다.

배경이론

- ✓ (Young) Chapter 13.2 - 13.5 참고
- ✓ (Giancoil) Chapter 11.1 - 11.2 참고

단진자

단진자는 질량이 없고 길이가 L 인 줄과 그 끝에 매달린 질점 m 으로 구성된다. 만일 진폭이 충분히 작을 경우($\theta < 10^\circ$) 단진자의 운동은 근사적으로 단순조화 운동이다. 근사해를 통해 구한 주기는 다음과 같다.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

여기서 g 는 중력 가속도이다.

실험도구

컴퓨터, 인터페이스, 인터페이스 연결케이블, 센서 연결케이블,
포토게이트, 진자, 실, 가위, 각도기, 자, 스탠드 세트.

실험과정

1. '실험 1'에서는 실의 길이를 달리하며 주기를 측정할 것이다.

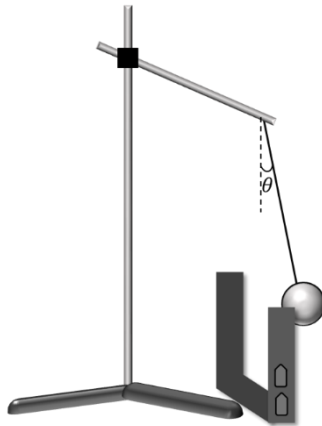
질문! 실의 길이는 어떻게 해야 할까? 스탠드의 높이와 실험 목적을 고려하여 6 개의 실 길이를 결정한다.

2. '실험 2'에서는 진폭을 달리하며 주기를 측정할 것이다. 기준(5°)의 주기가 길어야 큰 유효숫

자를 사용할 수 있으므로 가장 긴 실을 이용하는 것이 좋다.

실험 1

1. 인터페이스를 연결한 후 Excel 프로그램을 실행한다.
2. 포토게이트를 인터페이스에 연결한다.
3. 그림과 같이 스탠드의 쇠막대에 실을 연결하고, 그 끝에 진자를 매단다. 테이블 위에 포토게이트를 설치하고, 진자가 움직일 때 포토게이트 사이를 지날 수 있도록 위치를 조절한다



4. 실의 길이를 결정한대로 조절한다.
5. 각도기를 활용하여 $\theta = 5^\circ$ 가 되도록 진자를 들어올린다. [실험시작]을 누르고, 진자를 잡은 손을 놓아 진자를 운동시킨다. 11개 이상의 데이터를 측정하면 [실험중지]를 누른다.
6. 첫 값을 제외한 뒤 연속되는 두 시간 측정값의 합이 진자의 주기이다. 측정한 5 개 주기의 평균을 구하여 실험 결과에 기입한다.
7. 실의 길이를 달리하여 과정 5~6을 반복한다.

실험 2

1. ‘실험 1’에서 실험한 실의 길이 중 가장 긴 것을 선택한다.
2. 각도기를 $\theta = 5^\circ$ 가 되도록 진자를 들어올린다. [실험시작]을 누르고, 진자를 잡은 손을 놓아 진자를 운동시킨다. 11개 이상의 데이터를 측정하면 [실험중지]를 누른다.
3. 측정한 5개 주기의 평균을 구하여 실험 결과에 기입한다.
4. 각도를 10° , 15° , 20° , 25° , 30° 로 바꿔서 과정 2~3을 반복한다.

실험 결과

- ✓ 실험 과정에서 어떤 값들을 측정했는지 표로 정리하라.

결과 분석

- ✓ 주기와 실의 길이의 관계를 확인한다. ‘주기-실의 길이 그래프’와 ‘주기- $\sqrt{\text{실의 길이}}$ 그래프’를 그려서 비교하라. 어떤 그래프가 1차 함수 형태인가? 1차 함수의 기울기를 이용하여 중력 가속도를 구하라.
 - 진폭과 주기의 관계는 어떻게 그래프를 그려야 하는가?

결론

고찰

참고자료

