1. 길이 측정

1. 버니어 캘리퍼 (버니어 캘리퍼스)

어미자와 아들자를 이용하여 길이를 측정하는 도구.

- 아들자

길이는 39mm이고, 이를 20등분한 형태임.

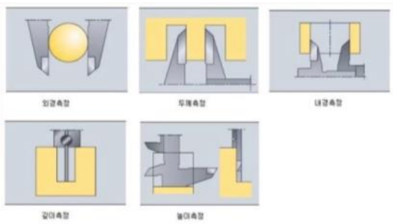
눈금 하나당 0.05mm로 계산함.

- 재는 방법

어떤 방식을 이용해서 재도 어미자와 아들자를 이용하는 방식임.

1) 물체를 끼운다.
2) 아들자의 0 눈금이 위치한 어미자의 눈금을 확인한다.
3) 어미자와 아들자의 눈금 위치가 처음으로 일치하는 부분을 확인한다. 그 부분에서의 아들자의 눈금을 확인한다.
4) 2번에서 확인한 어미자의 눈금은 적힌 숫자대로 한 칸에 1mm로 계산하고, 3번에서 확인한 아들자의 눈금은 한 칸에 0.05mm로 계산한다.
5) 둘을 더하면 결과를 얻을 수 있다. (단위가 0.05까지 계산되었기 때문에 유효숫자는 2개로 계산한다.)
6) 영점보정을 하여 실측값을 구한다.

메모 포함[이1]: 영점보정을 한 값.



2. 마이크로미터

0.01mm까지 눈금이 있지만 눈대중으로 보면 0.001mm까지 판단이 가능하기에,
마이크로미터(10^-6)까지 구분이 가능하여 이름이 마이크로미터임.

- 소매

큰 부분은 눈금 당 0.5mm으로 계산함.
왼쪽 오른쪽 번갈아 눈금이 되어있음. 차례대로 그냥 세면 됨.

작은 부분은 눈금 당 0.01mm로 계산함. (0.5를 50등분함. 원을 50등분한 형태로 되어있음.)

- 재는 방법

소매의 큰 부분과 작은 부분의 눈금을 각각 계산한 후 더하고 실측값을 구하면 됨.

2. 오차와 통계적 처리

1. 오차의 종류

계통오차가 없을 때는 측정 결과가 정확하다고 하고, 우연오차가 적을 때는 정밀하다고 함.

- 계통오차

해석가능한 오차.

환경오차: 알려진 외계의 영향으로 인해 발생. (ex. 습도, 온도 등에 의한 오차)
계기오차: 사용된 기계의 부정확성으로 인해 발생.
개인오차: 측정자의 선입견으로 인해 발생.
이론오차: 이론적 근사로 인해 발생.

- 과실오차

실험자의 부주의로 인한 오차.

- 우연오차

실험 측정 시, 측정값들의 변동으로 인한 오차.

제거 또는 보정이 불가능하지만 측정의 횟수를 늘려 오차의 분포를 살피면 최확치를 추정할 수 있음.

메모 포함[이2]: 가장 확실성 있는 값.

2. 대푯값

- 중앙값 (Median, Me)

값들을 나열했을 때 중앙에 있는 값

- 최빈값 (Mode, Mo)

빈도가 가장 높은 값

- 산술평균 (평균값) (Arithmetical mean)

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$

(x_i: 측정값, N: 측정 횟수)

- 가중평균 (Weight mean)

같은 측정값이 여러 번 반복될 때, 빈도를 가중치로 하여 계산한 평균.

$$\bar{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i f_i$$

(x_i: 측정값, N: 측정 횟수, f_i: 빈도수)

3. 측정값의 통계적 처리

오차나 편차가 작을수록 측정값은 참값 및 평균값에 가까움
상대오차나 평균 편차가 작을수록 측정의 정밀도가 높음.

메모 포함[이3]: 참값: 어떤 양의 실제 값.

- 오차

측정값과 참값의 차이.

$$\varepsilon_i = x_i - X$$

(x_i: 측정값, X: 참값)

- 상대오차

서로 다른 측정값들의 측정 정밀도를 나타내기 위한 오차.
(같은 크기의 오차여도 측정값의 크기에 따라
정밀도에 대한 판단이 달라질 수 있음)

$$\varepsilon_i \times \frac{1}{X} \times 100$$

(ε_i: 오차, X: 참값)

- 편차

관측값과 평균값의 차이. 평균값에서 멀어진 정도.

$$\delta_i = x_i - \bar{x}$$

(x_i: 측정값, $\bar{x}$: 평균값)

- 평균 편차

편차 절댓값의 평균

$$\alpha = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} |\delta_i|$$

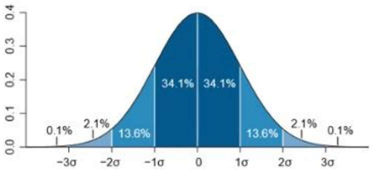
(N: 측정횟수, δ_i: 편차)

- 오차율

$$\text{오차} = \frac{\text{이론값} - \text{실험값}}{\text{이론값}} \times 100$$

4. 분산과 표준편차

측정값들은 참값 또는 평균값을 축으로 정규분포를 가짐.
$\pm\sigma$만큼의 거리 안에 측정값들의 약 68%가 분포함.



- 분산

데이터가 평균으로부터 얼마나 떨어져 있는지를 나타낸 수.

1) 참값이 주어진 경우의 분산

$$S = \frac{1}{N}\sum \varepsilon_i^2 = \frac{1}{N}\sum (x_i - X)^2$$

(N: 측정횟수, ε_i: 오차, x_i: 측정값, X: 참값)
(시그마는 i 부터 N 까지.)

2) 참값이 주어지지 않은 경우의 분산 -> 참값 대신 평균값 이용

$$S = \frac{1}{N}\sum \varepsilon_i^2 = \frac{1}{N-1}\sum \delta_i^2 = \frac{1}{N-1}\sum (x_i - \bar{x})^2$$

(N: 측정횟수, ε_i: 오차, x_i: 측정값, δ_i: 편차, $\bar{x}$: 평균값)
(시그마는 i 부터 N 까지.)

메모 포함[이4]: 모집단의 것을 구하는 경우에는 N으로 나누어 준다.

표본 집단의 것을 구하는 경우에는 N-1로 나누어 준다.
실험 데이터는 모집단이 아닌 표본 집단이므로 N이 아닌 N-1로 나눈다.

이거 맞지?

- 표준편차

분산의 양의 제곱근 (참값이 존재하는지 존재하지 않는지에 따라 다른 분산을 사용해야 함.)

5. 표준오차

평균값의 표준편차.

평균값의 불확실성을 나타냄.

참값이 $\bar{x} - \sigma_m$와 $\bar{x} + \sigma_m$ 사이에 존재할 확률이 68%임.

측정 횟수가 2 회 이상인 경우, 표준오차가 표준편차보다 항상 작기 때문에 참값을 더 정확도 있게 다룰 수 있음.(그 범위가 줄어든다는 의미인 듯?)

메모 포함[이5]: 측정 횟수가 1회이면 표준편차와 표준오차가 같음.
$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$

메모 포함[이6]: 결국 표준오차는 참값의 위치가 어디에 있는지를 찾기 위한 것인가?

표준편차를 쓸 수도 있었던 것..?

3. 유효숫자

메모 포함[이7]: 유효숫자는 실험에서 다루는 측정값에 사용한다.

pi값 등과 같은 측정값이 아닌 값들은 반올림하더라도 유효숫자 계산과는 아무 관련이 없다.

1. 유효숫자

측정도구에서 신뢰할 수 있는 숫자.

유효숫자가 많을수록 측정값의 정밀도가 높고, 적을수록 측정값의 정밀도가 낮음.

2. 유효숫자 세는 법

1) 0이 아닌 숫자는 모두 유효숫자

2) 0이 아닌 숫자들 사이의 0은 유효숫자

3) 0이 아닌 숫자 뒤에 있는 소수점 아래 0은 유효숫자
소수점 아래에서 첫 번째 어림잡은 수까지 유효숫자로 취급함
(ex. 7.4XXX를 7.45로 어림했다면, 이 수는 유효숫자가 3개임.)

4) 자연수의 끝자리 0들은 유효숫자인지 알 수 없음 -> 과학적 표기법을 사용해야 함.

메모 포함[이8]: 측정 시에 자연수 끝자리에 0들이 오지 않도록 과학적 표기법을 이용하여 유효숫자를 명시해 주어야 한다.

애초에 숫자 자연수 끝자리에 0들이 오는 측정값은 유효숫자를 셀 수 없기에, 측정 시에 어림한 것을 과학적 표기법으로 나타내 주어야 한다.

5) 공식에 있는 숫자들이나 원주율 같은 정의된 값들은 유효숫자와 관련이 없음.

3. 과학적 표기법

특정 수들(400, 3000이런 수들.)은 표현법에 따라 유효숫자를 알 수 없는데,
이를 해결하기 위해 사용하는 표기법.

$a \times 10^n$ 꼴 $(1 \leq a < 10)$

표기에 따라 유효숫자 개수가 달라질 수 있다.
(ex. 1.960과 1.96은 다름.)

4. 유효숫자 연산 규칙

메모 포함[이9]: 절대적인 유효숫자 계산법은 없음.
실험의 정밀도를 높이기 위해 약속하는 정도.
이 물리1및실험(실험) 교과에서는 이 연산 규칙을 따르는 것으로 약속함.

1) 물리량을 곱하거나 나눌 때에는, 결과값의 유효숫자 개수가 원래 물리량들의 최소 유효숫자 개수보다 클 수 없음.
2) 물리량을 더하거나 뺄 때에는, 원래 물리량들 중에서 소수점 이하 자릿수가 가장 작은 것과 결과값의 소수점 이하 자릿수를 맞춰줘야 함. (반올림함.) (ex. 4.05 + 3.4 = 7.5 이렇게 맞춰줘야 함.)

(제곱근 등 함수 계산들은 곱셈과 나눗셈처럼 계산함.)

4. 자유낙하 운동

1. 자유낙하 운동

물체가 정지 상태에서 중력만 받으며 낙하하는 운동.

메모 포함[이10]: 이론에서와 정의가 다르다. 주의

2. 중력

지구가 물체를 잡아당기는 힘

$$\vec{g} = \frac{M_E}{r^2}G$$

($\vec{g}$: 중력가속도, M_E: 지구 질량

G: 만유인력 상수)

중력을 F = m$\vec{g}$ 라고 한다면 만유인력 공식을 이용해서
오른쪽과 같은 식을 얻을 수 있음.

오른쪽과 같은 식이 성립하기 위해서는 몇 가지 가정이 필요함.
1) 지구의 물질 분포가 균일함
2) 지구의 질량 중심은 지구의 중심과 일치함
3) 지구 반경(반지름) 6400km에 비해 물체와 지구 표면 사이의 거리가 무시할 수 있을 정도로 작음
(물체와 지구 표면 사이의 거리를 h라 했을 때 '6400km + h ≈ 6400km'으로 취급할 수 있는 경우.)

이론적으로는 오른쪽의 식의 $\vec{g}$는 고정값이기 때문에 지구는 일정한 가속도로 물체를 잡아당김.

실제로는 중력가속도 $\vec{g}$ = 9.81m/s^2 값은 평균을 낸 것임.
고도가 낮을수록, 기압이 낮을수록, 고위도로 갈수록 중력가속도는 (중력의 크기 또한) 커짐.

3. 만유인력의 법칙

질량이 있는 두 물체끼리는 서로 잡아당긴다는 법칙.

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2}G$$

(G: 만유인력 상수)

4. 자유 낙하 운동의 그래프

1) s-t 그래프

기울기: 속도

s = 1/2 x g x t^2인데 g값은 상수이므로 그래프는 t에 대한 이차함수로 그려짐.

2) v-t 그래프

넓이: 이동거리 (정적분 값이 변위)

기울기: 가속도

v = gt인데 g값은 상수이므로 그래프는 t에 대한 일차함수로 그려짐.

3) a-t 그래프

넓이: 속도 변화량

g가 일정하므로 그래프는 상수함수로 그려짐.

5. 자유낙하 실험. 중력가속도 측정하기

- 실험 준비물

포토게이트
빔 발생기와 빔 감지기가 있음. 빔이 차단되는 간격을 측정함.

피켓펜스
피켓펜스의 검은 부분은 빔을 차단시키고 하얀 부분은 빔을 통과시킴.

사이언스워크샵 인터페이스
컴퓨터가 알아들을 수 있도록 측정값을 변환함.

- 실험 목적

지구 표면에서 낙하하는 물체의 가속도를 측정하고 이론값과 비교하는 것.

- 실험 과정

피켓펜스의 검은 부분이 포토게이트의 빔을 차단하면 신호가 사이언스 워크샵 인터페이스로 전달됨.

이 신호를 s-t 그래프로 나타내고 물체의 위치, 속도, 가속도를 측정함.

5. 포사체 운동

1. 포사체 운동

포물선 운동을 말함.

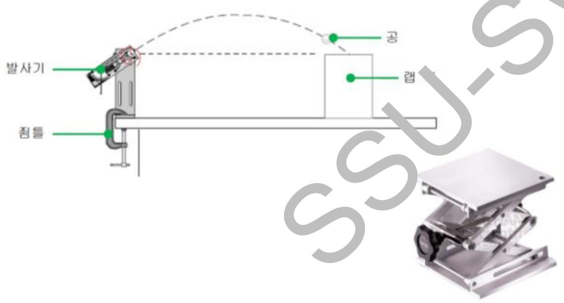
x 축 방향으로는 등속도운동을 하고 y 축 방향으로는 등가속도 운동을 함.

2. 포사체 운동 실험

- 실험 목적

발사 각도에 따라 공이 이동하는 거리를 측정하여 포사체 운동 이론을 검증하는 것.

- 실험 준비물



발시기: 공을 발사하는 장치. 용수철이 들어가 있음. 각도 또한 조절할 수 있게 되어있음.
죔틀: 발사기를 고정하는 장치.
랩 잭: 도착점의 높이를 조절하는 장치.

- 실험과정

1) 도착점과 출발점의 높이가 같은 경우
2) 도착점이 출발점보다 높이가 낮은 경우

6. 힘의 평형

1. 실험 목적

힘의 합성대를 이용하여 물체에 동시에 작용하는 힘들의 합성을 이해하고 그 물체가 평형 상태에 있는 조건을 탐구하고 분석하는 것.

2. 실험 장비

- **합성대**
- **추**
- **수준기**

합성대가 수평을 이루는지 확인.

7. 역학적 에너지 보존

1. 실험 목적

실에 매달린 추의 위치에너지와 운동에너지의 변화를 측정하여 추가 가지는 역학적 에너지가 보존됨을 확인.

7. 선운동량 보존

1. 목적

두 물체가 충돌할 때 충돌 전후에 (선)운동량이 보존되는지 관찰하고 확인한다.

8. 줄위의파동실험

1. 기본개념

파동 : 에너지가 퍼져 나가는 형태

매질이 아니라 에너지 (운동량) 가 퍼져 나가는 것.

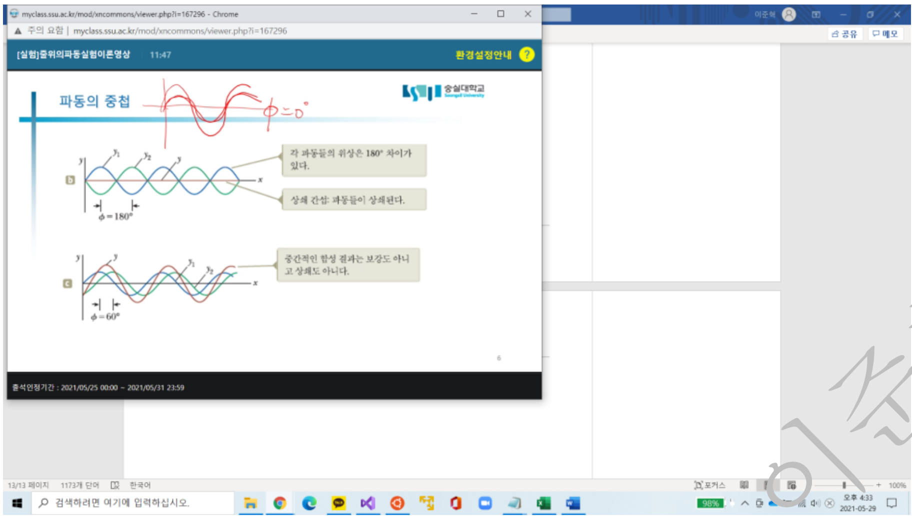
분류 1. 매질 필요 여부
역학적 파동 : 매질 필요 -> 물결파, 음파
전자기적 파동 : 매질 필요 X -> 빛, 전파, x레이

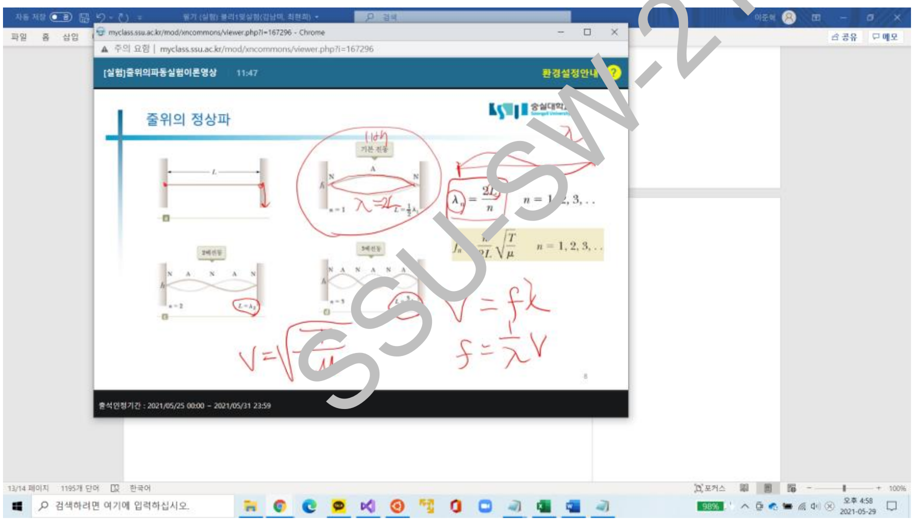
분류 2. 진행방향
횡파(고저파) : 진동방향과 이동방향이 수직 -> 전자파, 물결파, 지진파 s
종파(소밀파) : 진동방향과 이동방향이 평행 -> 음파, 지진파 p

마루
골
파장 : 마루 ~ 마루 거리
진폭
주기 : 한 번 이동하는 데 걸리는 시간
진동수 : 1 초 동안 이동하는 횟수

고정단에서 반사 -> 뒤집혀서 나옴 (180 도 위상차)
자유단에서 반사 -> 뒤집히지 않고 그대로 반사됨 (위상차 발생 X)

파동의 중첩, 위상차





L -> 길이

f -> 진동수

n -> 배의 개수

T -> 장력

뮤 -> 줄의 밀도

v = f 람다, v 값은 루트 뮤분의 T

9. 조화진동 실험

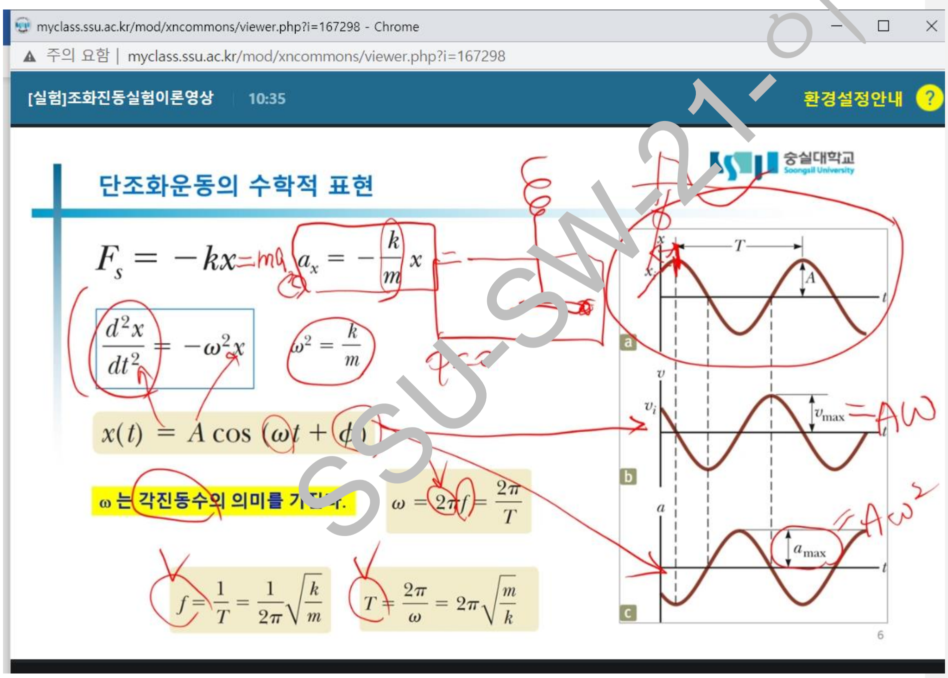
주기운동 : 물체가 규칙적으로 반복하는 운동

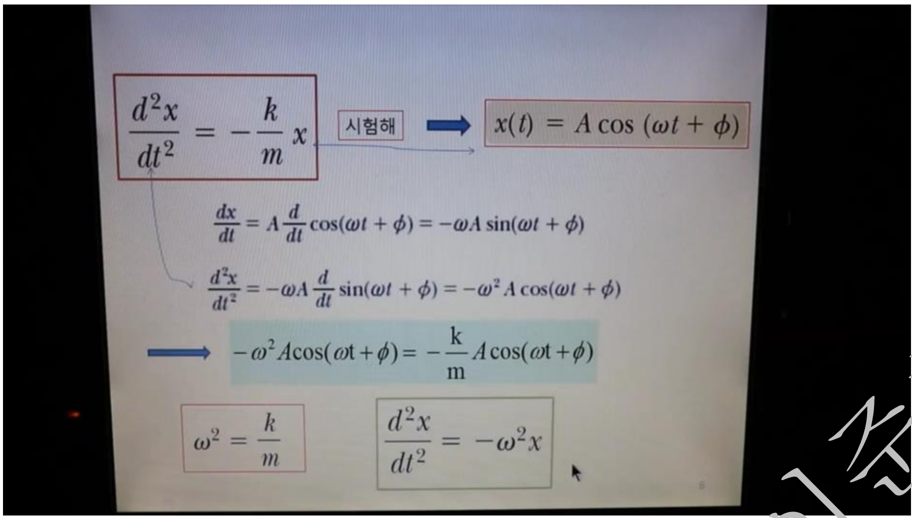
단조화운동(단조화진동) : 물체에 작용하는 '힘'이 어떤 평형위치를 기준으로 '변위'에 비례하는 주기운동

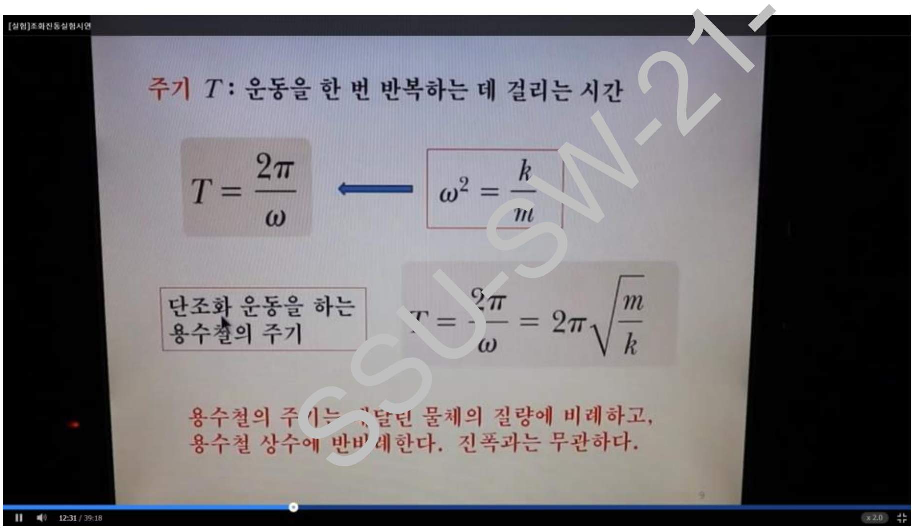
평형위치 : 용수철이 변형되지 않았을 때의 위치

수평 용수철의 복원력 : F = -kx. 항상 변위에 반대 방향으로, 평형위치를 향한다. -> 변위와 비례한다.

수직 용수철의 복원력 : 수평 용수철처럼 F = -kx 로 정의할 수 있다.




$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m}x$
시험해
$x(t) = A\cos(\omega t + \phi)$
$\frac{dx}{dt} = A\frac{d}{dt}\cos(\omega t + \phi) = -\omega A\sin(\omega t + \phi)$
$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega A\frac{d}{dt}\sin(\omega t + \phi) = -\omega^2 A\cos(\omega t + \phi)$
$-\omega^2 A\cos(\omega t + \phi) = -\frac{k}{m}A\cos(\omega t + \phi)$
$\omega^2 = \frac{k}{m}$
$\frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 x$


주기 T : 운동을 한 번 반복하는 데 걸리는 시간
$T = \frac{2\pi}{\omega}$
$\omega^2 = \frac{k}{m}$
단조화 운동을 하는 용수철의 주기
$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
용수철의 주기는 매달린 물체의 질량에 비례하고, 용수철 상수에 반비례한다. 진폭과는 무관하다.