

1. 실험 목적

용수철에 대한 후크의 법칙과 용수철에 매달린 추의 질량과 진동주기와의 관계를 알아본다.

2. 장치 및 기구

스탠드, 용수철, 미터자, 추, 초시계, 저울

3. 이론

용수철에 탄성한계 내에서 용수철에 가해진 힘 F 는 용수철의 변위에 비례한다. 즉

$$F = Cx \quad (1)$$

로 나타나며, 여기서 C 는 용수철의 힘상수로서 용수철을 단위길이 당 늘이는데 필요한 힘의 크기가 된다. 그림 1에서 용수철 끝에 매단 질량 M 은 위치 O 까지 늘어나 있다. 이것을 위치 O' 까지 거리 x 만큼 늘였다 하자. 이때 용수철을 늘이는데 필요한 힘은 C_x 이다.

늘였던 용수철이 제자리로 돌아가려는 복원력은 계의 질량에 가속도 a 를 일으킬 것

이다.

즉 뉴턴의 운동 제 2법칙에 의하여

$$-Cx = M'a$$

또는

$$a = -\frac{Cx}{M'} \quad (2)$$

로 놓을 수 있다. 힘 Cx 는 변위 x 에 대하여 반대방향이므로 음의 부호를 붙인다. 질량 M' 은 매단 추의 질량 M 에다 용수철의 질량 M_s 가 운동에 미치는 영향만큼을 더해 준 것이다.

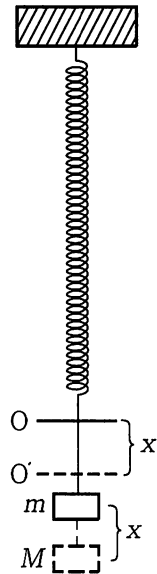


그림 1

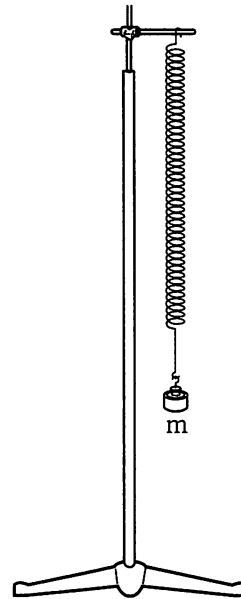


그림 2

이 계는 식 (1)에서 가속도 a 가 $a = d^2x/dt^2$ 임을 고려하면, 식 (2)는

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{C}{M'}x = 0$$

임을 쉽게 알 수 있다. 이것은 조화운동(simple harmonic motion)의 방정식이며, 이 방정식의 일반해는

$$x = x_m \cos (wt + \delta) \quad (3)$$

로 주어질 수 있으며, 각진동수 ω 는 $\omega^2 = C/M'$ 이므로

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{C} \right) M' \quad (4)$$

이다. 즉 조화운동의 주기 T 의 제곱은 질량 M' 에 비례한다.

4. 실험 방법

1) 실험 I

- (1) 그림 2에서처럼 미터자가 부착된 스탠드에 용수철을 연직방향으로 장치하고, 추 걸이를 매단다.
- (2) 이때의 용수철의 끝점의 위치를 0으로 하고, 추걸이에 추 M 을 첨가하여 가면서 M 의 증가에 따른 용수철의 늘어난 길이 x 를 측정한다.
- (3) M 값의 변화에 따른 x 값의 변화를 그래프에 그리고 최적직선을 그어서 그 기울기를 구한다.
- (4) 기울기는 $Mg = Cx$ 에서 g/C 가 되며, 여기에 중력가속도 g 를 기울기값으로 나누어주면 용수철상수 C 를 구할 수 있다.

2) 실험 II

- (1) 그림 2와 같이, 용수철의 탄성한계에 미치는 힘에 해당되는 추의 1/10정도 질량을 갖는 추를 매달아 아래 방향으로 끌어당겨 진동을 시작시킨다.
- (2) 추가 100회 진동하는 데 걸리는 시간 t 를 측정하여 주기 $T(=t/100)$ 를 구한다.
- (3) 추의 질량을 증가시켜 과정(2)와 같은 방법으로 추의 질량 m 의 변화에 따른 진동주기를 구한다.
- (4) 질량 M 의 변화에 따른 T^2 의 그래프를 그려 최적직선을 그리고, 그 직선의 기울기를 구한다.
- (5) 식 (4)에서 $M' = M + f M_s$ 라 놓으면, 식 (4)는

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{C}(M + f M_s) \quad (5)$$

가 되고, 여기서의 직선의 기울기는 $4\pi^2/C$ 이며, 이 직선의 T^2 축 절편은 $M_s \times 4\pi^2 f/C$ 이므로 이 값으로부터 용수철의 질량 M_s 가 조화운동에 미치는 영향 인자값 f 를 구한다.