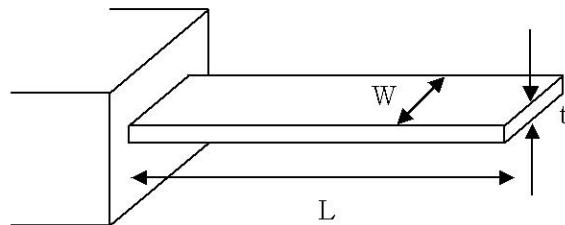


1. MEMS 공정으로 주어지는 다음과 같은 cantilever beam을 고려하자.



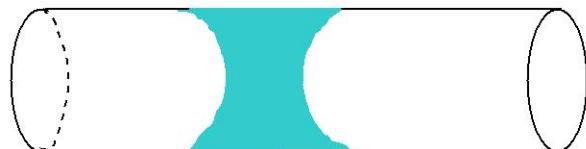
(1) 이러한 빔이 자중에 의해서 휘어지는 최대 변위( $\delta$ )는 다음과 같이 주어진다.

$$\delta = \frac{W_e L^3}{3EI}$$

여기서 E는 Young's modulus, I는 면적을 기준으로 한 관성모멘트이며 ( $=Wt^3/12$ ), 하중  $W_e$ 는 Mg로 주어진다. 여기서 M은 질량이고 g는 중력가속도이다. 스프링 상수와 동등한 개념으로 stiffness 상수 K를 load/deflection 즉 하중을 변위로 나눈 값으로 정의할 때 cantilever beam의 고유진동수( $\omega$ )를 구하는 식을 유도하라.

(2)의 결과를 이용하여 cantilever beam의 모든 길이가 100배씩 줄어든다고 할 때 고유진동수는 어떻게 변할지 예측하라.

2. 다음과 같이 지름이 r인 마이크로 모세관 안에 물방울이 하나 들어있다고 가정하자.



물방울이 벽면을 적시면서 생기는 라플라스 압력을

$$\Delta P = \frac{2(\gamma_{SG} - \gamma_{SL})}{r}$$

으로 주어지며 이때  $\gamma_{SG}$ 와  $\gamma_{SL}$ 는 고체와 기체, 고체와 액체 사이 계면에 작용하는 표면장력이다.

(1) Young의 법칙을 이용하여 라플라스 압력을 액체와 기체사이의 표면장력과 접촉각의 함수로 표현하라.

(2) 모세관이 유리로 되어 있다면 물방울과 이루는 접촉각은 0도라고 가정할 수 있다. 이때

모세관이 얼마나 작으면 중력에 의해서 제거할 수 없게 되는가? 물의 표면 장력은  $72 \text{ mJ/m}^2$  으로 계산하고 적절한 가정을 세워 풀라.

(3) 관의 지름이  $10 \text{ nm}$  ( $1\text{nm} \sim 10^{-9} \text{ m}$ )라고 할 때 물방울을 제거하려면 얼마나 큰 힘이 필요한가? 중력으로 제거한다면 필요한 중력 상수 값은? 그리고 이와 같은 중력 상수를 얻을 수 있는 방법은?

(4) 접촉각이 만약  $90^\circ$ 보다 크게 되면 어떤 일이 벌어질지 예측하라.

3. 수업 시간에 언급한 스케일링 개념에 대한 내용에서  $10 \text{ mg}$  의 모기가 물에 뜨기 위해선  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  의 발바닥 면적이 필요하고  $60 \text{ kg}$  의 사람이 물에 뜨기 위해선 대략  $8000 \times 8000 \text{ mm}^2$  의 발바닥 면적이 필요하다고 했다. 이 값들이 합리적인지 중력과 표면장력을 비교하여 검증하라. 만약 물의 부력을 고려한다면 이 값들이 어떻게 바뀌겠는가?