제 10 장 연습 / 예제문제

연습문제

10-1	10-6	10-11
10-2	10-7	10-12
10-3	10-8	10-13
10-4	10-9	10-14
10-5	10-10	10-15

홈페이지
예제문제

10-2
10-3
10-5
10-7
10-8
10-12
10-13
10-14

연습 10-1 길이가 5 m 이고 단면적이 0.1 m^2 인 금속막대에 5000 N 의 장력이 작용하여 이 막대기가 0.1 cm 늘어났다. 이 금속의 영률은 얼마인가?

풀이

영률 Y : 장력에 대한 고체의 탄성을 표현한 식(변형력/변형)이다.

$$Y = \frac{\left(F/A\right)}{\left(\Delta L/L\right)}$$

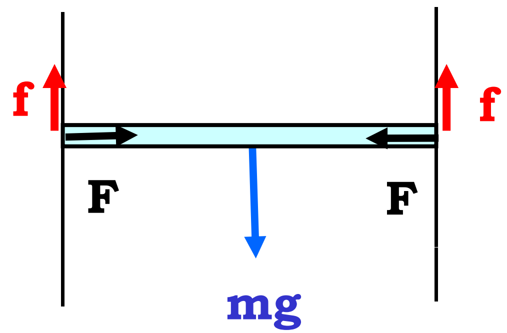
$$\frac{F}{A} = \left(\frac{5000N}{0.1m^2}\right) = 5\times10^4 \text{ N/m}^2 \qquad \frac{\Delta L}{L} = \left(\frac{0.1\times10^{-2}m}{5m}\right) = 2\times10^{-4}$$

$$Y = \frac{\left(F/A\right)}{\left(\Delta L/L\right)} = \frac{5\times10^4 N/m^2}{2\times10^{-4}} = 2.5\times10^8 N/m^2$$

연습 10-2 단면적이 $100cm^2$ 이고 길이가 인 5㎙ 의 구리막대가 두 수직 벽 사이에 0.05 ㎜ 압축되어 수평으로 고정되어 있다. 구리의 밀도는 8.96 g/㎤ 이고 영률은 $1.1\times10^{11} N/m^2$ 이다. 구리 막대가 미끄러지지 않으려면 구리면과 벽 사이의 정지 마찰계수는 얼마 이상이어야 하는가?

풀이

벽이 금속막대에 작용하는 힘은 수직항력 F 이며 이 것은 막대를 수축시키는 장력이 된다. 이러한 수직항력이 있으므로 마찰력은 윗방향으로 작용하게 된다..



영률의 식에서

$$Y = \frac{\left(F/A\right)}{\left(\Delta L/L\right)} \Rightarrow F = AY\left(\Delta L/L\right)$$

$$F = \left(1.0\times10^{-2}m^2\right)\left(1.1\times10^{11}N/m^2\right)\left(\frac{5\times10^{-5}m}{5m}\right) = 1.1\times10^5\ \text{N}$$

구리의 질량은 밀도와 부피를 통해 구할 수 있다 : $m = \rho_{cu}V$

평형상태가 되려면 아래쪽의 무게(mg) 와 윗쪽으로 작용하는 마찰력이 같아야 한다.

$$mg = 2f = 2\mu F \qquad \left(f = 2\mu F\right)$$

$$\therefore \mu = \frac{mg}{2F} = \frac{\rho_{cu}Vg}{2F} = \frac{\left(8.96\times10^3 kg/m^3\right)\times\left(5\times10^{-2}m^3\right)\times9.8\ \ m/s^2}{2\times\left(1.1\times10^4 N\right)} = 0.2$$

연습 10-3. 길이가 90cm 이고 평균 면적이 6.0cm^{2}인 다리뼈가 압축될 때의 영률이 $1.0 \times 10^{10} N/m^2$이고 다리뼈가 부러지지 않고 견딜 수 있는 최대 변형력은 $1.0 \times 10^{8} N/m^2$ 라고 하자. 다리뼈가 부러질 때까지는 탄성을 유지한다고 가정한다. 높은 곳에서 뛰어내릴 때 압축에 의해 다리뼈가 부러진다면 그때 다리뼈에 저장된 탄성에너지는 최소 얼마인가?

풀이

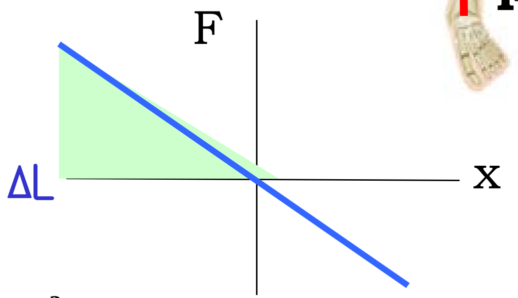
영률은 변형력/변형

$$Y = \frac{\left(F/A\right)}{\left(\Delta L/L\right)} \Rightarrow \Delta L = \frac{FL}{AY}$$

최대변형력 : $\dfrac{F}{A} = 1.0 \times 10^{8} / m^2$

$$\Delta L = \left(\frac{F}{A}\right)\frac{L}{Y} = \frac{\left(1.0 \times 10^{8} N/m^2\right) \times \left(9.0 \times 10^{-1} m\right)}{\left(1.0 \times 10^{10} N/m^2\right)} = 9.0 \times 10^{-3} m$$

$$F = \left(1.0 \times 10^{8} / m^2\right) \times A = 6.0 \times 10^{4} / m^2$$



탄성에너지는 ΔL 만큼 압축될 때까지 작용한 변형력에 의해 저장된 에너지이므로 그래프의 면적과 같다.

$$U = \frac{1}{2} F \Delta L = \frac{\left(6.0 \times 10^{4} N/m^2\right) \times \left(9.0 \times 10^{-3} m\right)}{2} = 2.7 \times 10^{2} J$$

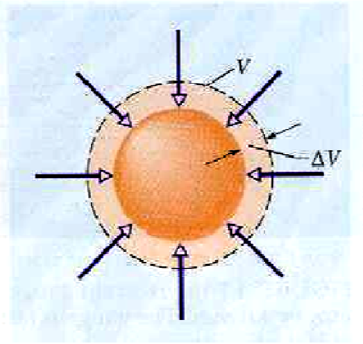
교과서 해답과 다른 답이다.교과서의 답과 같게 하려면 최대변형력을 단위면적당의 힘(압력)이 아닌 1.0 x 10 ^{8} N 으로 계산하면 교과서와 같은 답이 된다. 그러나 그럴 경우에는 다리뼈의 압축된 길이 ΔL 이 15m 나 되어 실제 경우와 맞지 않는다.

연습 10-4. 반지름이 50cm 인 구모양의 알루미늄이 있다. 이 구의 반지름을 48cm 으로 줄이려면 얼마의 압력이 필요한가?

풀이

알루미늄의 부피변형률은 $7.0\times10^{10}N\cdot m^2$ 이다. (표 10.1 참조)

압력에 의해 줄어드는 부피의 차(ΔV)를 구하면 부피 변형률의 식에서 압력을 구해낼 수 있다.



$$B\ (\text{bulk modulus}) = -\frac{F/A}{\Delta V/V} = \frac{p}{\Delta V/V}$$

부피탄성률

$$p = B\left(\frac{\Delta V}{V}\right) = \left(7.0\times10^{10}N\cdot m^2\right)\frac{\frac{4\pi}{3}\left(5\times10^{-1}\right)^3 - \frac{4\pi}{3}\left(4.8\times10^{-1}\right)^3}{\frac{4\pi}{3}\left(5\times10^{-1}\right)^3} = \frac{(7.0\times10^{10})\times\left(5^3-4.8^3\right)}{5^3} = 8.1\times10^9 N/m^2$$

연습 10-5 물에 떠 있는 나무토막의 2/3가 물에 잠겨 있다. 이 나무토막을 기름에 담그면 나무토막의 90%가 기름에 잠긴다. (가) 나무의 밀도를 구하여라. (나) 기름의 밀도를 구하여라.

풀이

나무의 무게 : W =mg= ρVg

부력은 유체에 잠긴 물체가 밀어낸 유체의 무게에 해당한다. $\rho_f Vg = B$

(가) 나무토막이 2/3가 물에 잠겨 있을 때의 나무토막이 받는 부력 : B_1

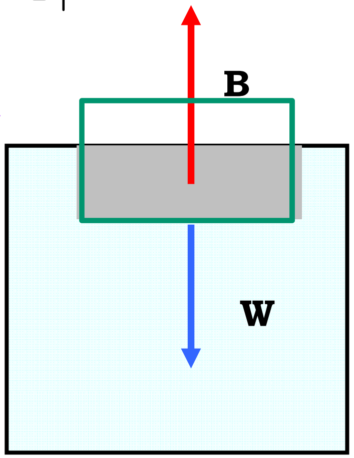
$$B_1 = \rho_w g V_{\text{물에잠긴나무의부피}}$$

$$W = \rho g V_{\text{나무부피}}$$

ρ_w : 물의 밀도

ρ_o : 기름밀도

ρ : 나무밀도



나무의 무게와 부력이 같아야 평형상태를 유지하므로

$$B = W \Rightarrow \rho_w g\left(\frac{2}{3}V_{\text{나무의부피}}\right) = \rho g V_{\text{나무부피}}$$

$$\therefore \rho = \frac{2}{3}\rho_w = 0.665\times10^3 kg/m^3$$

(나) 나무토막의 90%가 기름에 잠겨 있을 때 나무토막이 받는 부력 : B_2

$$B_2 = \rho_0 g V_{\text{기름에잠긴나무의부피}} = \rho g V_{\text{나무부피}}$$

$$\rho_o g\left(\frac{9}{10}V_{\text{나무의부피}}\right) = \rho g V_{\text{나무부피}}$$

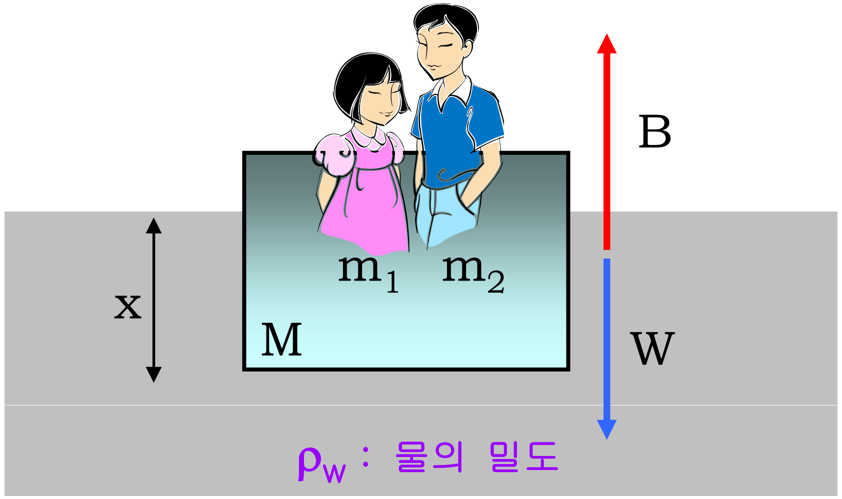
$$\therefore \rho_o = \frac{10}{9}\rho = \frac{10}{9}\times0.665\times10^3 = 0.739\times10^3\,\text{kg/m}^3$$

연습 10-6 직육면체 모양의 질량이 100kg 인 위면이 열려 있는 통이 있다. 통의 크기는 길이가 1.2m , 폭이 1.0m높이가 0.50m 이다. 이 통을 물에 띄운 후, 질량이 각각 60kg 과 40kg 인 두 사람이 통에 탄다면 이 통은 얼마나 물에 잠기겠는가?

풀이

아래로 작용하는 힘(W) :통의 무게와 두 사람의 무게를 합

통이 받는 부력(B) : 유체에 잠긴 통이 밀어낸 유체의 무게



$$W = (m_1 + m_2 + m_3)g$$

$$B = \rho_w gV = \rho_w g(Ax)$$

$$\left(A = (1.0m \times 1.2m),\ \ \rho_w = 1000kg/m^3\right)$$

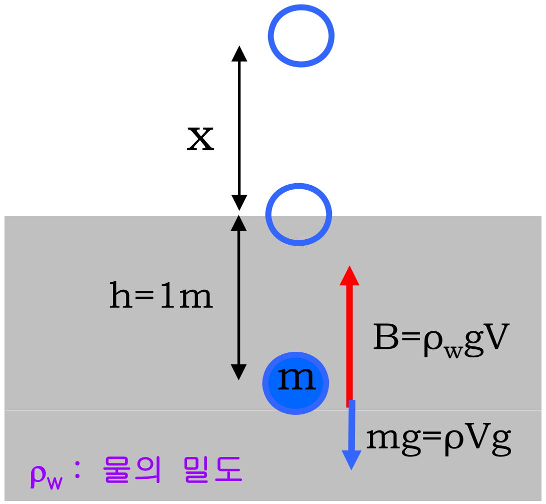
사람과 통의 무게의 합과 부력은 같아야 평형상태를 유지하므로

통의 무게(W) = 부력(B) $(m_1+m_2+M)g = \rho_w gV = \rho_w g(Ax)$

$$x = \frac{m_1+m_2+M}{\rho_w A} = \frac{200kg}{1000kg/m^3 \times (1.2\times 1.0)m^2} = 0.17m$$

연습 10-7 수면으로부터 1m 깊이에 공을 가만히 놓았다. 공의 밀도가 물의 밀도의 0.5배라면 공은 수면 위로 얼마나 높이 튀어 오르겠는가? 물의 저항력이나 물에 전달되는 에너지는 무시하라.

풀이



공의 밀도가 물의 밀도의 반이므로 부력은 공의 무게에 2 배이다.

$$B = \rho_w g V$$

$$mg = \rho g V = \frac{1}{2}\rho_w g V = \frac{1}{2}B \qquad \therefore B = 2mg$$

1m 깊이에 있는 공에 작용하는 힘은 부력과 중력이다. 공에 작용한 합력이 수면까지 한 일은 일-운동에너지의 정리에 의해

$$W = \Delta KE$$

$$(B - mg)\cdot h = \frac{1}{2}m\left(v^2 - v_0^2\right) \Rightarrow mg\cdot(1) = \frac{1}{2}mv^2$$

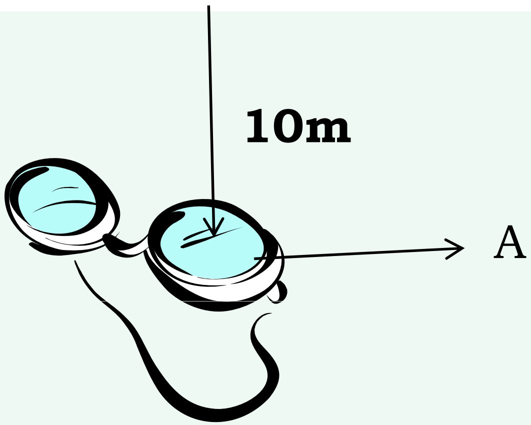
$$\therefore v = \sqrt{2g}$$

이고, 수면에서의 공의 운동에너지는 수면위로 더 높이 튀어 오르면서 위치에너지로 전환되므로 에너지 보존에 의해 수면 위로 튀어오른 최고 높이 x 를 구할 수 있다.

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgx \Rightarrow x = \frac{v^2}{2g} = \frac{2g}{2g} = 1 \qquad \therefore x = 1(m)$$

연습 10-8 스쿠버 다이버가 10m 깊이로 잠수했다. 다이버의 물안경의 지름이 20cm 이면 이 물안경에 작용하는 힘은 얼마인가?

풀이



압력은 높이(깊이)에 비례한다.

$$P = P_0 + \rho g h$$

물안경에 작용하는 절대 압력은 대기압을 포함하므로

$$P = P_0 + \rho g h = 1.013\times10^5\,N/m^2 + (1000\text{kg/m}^3)\cdot(9.8\text{m/s}^2)\cdot(10\text{m}) = 19.9\times10^4\,N/m^2$$

이지만 여기서는 물에 의한 압력만을 구하면

$$P' = (1000\text{kg/m}^3)\cdot(9.8\text{m/s}^2)\cdot(10\text{m}) = 9.8\times10^4\,N/m^2$$

물에 의한 압력이 물안경에 작용하는 힘은

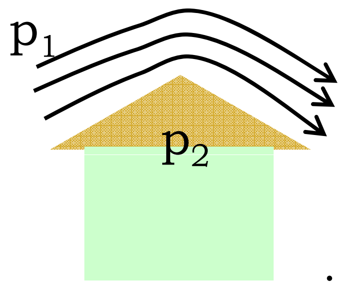
$$F = AP = \pi R^2 P = 3.14\times(0.1m)^2\times(9.8\times10^4\,N/m^2) = 3.1\times10^3\,N$$

연습 10-9 태풍이 불때 어떤집의 지붕 위에서 바람의 속력은 100km/h 였다. (가) 지붕의 안 과 밖의 압력차는 얼마인가? (나) 지붕의 면적이 100㎡ 일 때 바람이 지붕을 들어 올리는 힘은 얼마인가?

베르누이 방정식에 의하여

풀이

$$\boxed{p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 + \cancel{\rho g y_1} = p_2 + \tfrac{1}{2}\cancel{\rho v_2^2} + \cancel{\rho g y_2}}$$



$$(y_1 = y_2 \quad \text{and} \quad v_2 = 0)$$

100 km/h = 27.78 m/s

(가) $p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^{\,2} = p_2$

$$\therefore\ p_2 - p_1 = \tfrac{1}{2}\rho v_1^{\,2} = \tfrac{1}{2}(1.2\,kg/m^3)\times(27.78 m/s)^2 = 460\,pa$$

(나) $\boldsymbol{F = pA = \left(460\ \ N/m^2\right)\cdot 100m^2\ = 46000N}$

$$\boldsymbol{p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^{\,2} = p_2 \ \Rightarrow\ p_2 - p_1 = \tfrac{1}{2}\rho v_1^{\,2}}$$

$$\boldsymbol{\therefore\ p_2 > p_1}$$

유체의 속력이 큰 곳은 압력이 작다

(고압에서 저압의 방향으로 힘이 작용한다)

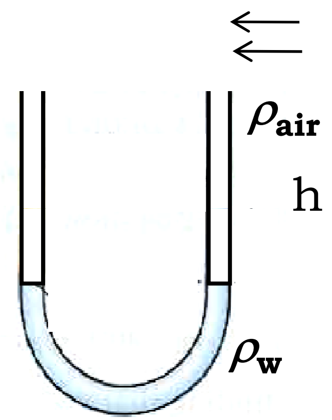
연습 10-10 물이 반 쯤 차 있는 U 자형 관의 한 쪽 관 위면에서 20m/s의 속력으로 공기를 입으로 불었다. 관 안의 물의 높이 차이를 구하여라.

풀이

베르누이 식을 사용하면

ρ_w : 물의 밀도 1g/cm^3

ρ_{air} : 공기의 밀도 0.0012 g/cm^3

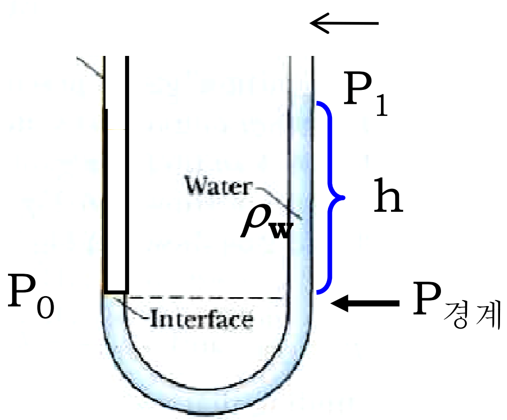


$$\boxed{p + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{일정}}$$

$$p_0 + 0 + 0 = p_1 + 0 + \tfrac{1}{2}\rho_{air} v^2 \quad \Rightarrow p_1 = p_0 - \frac{1}{2}\rho_{air} v^2$$

공기를 불어넣은 오른쪽 관의 압력이 작아지므로

물이 올라가게 된다.



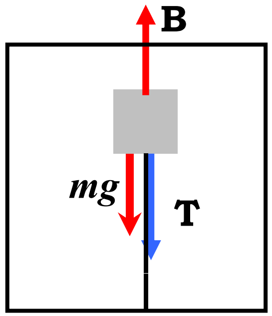
경계면($P_{경계}$)에 대해 압력은 같으므로

$$p_0 = p_1 + \rho_w g h \Rightarrow \cancel{p_0} = \cancel{p_0} - \frac{1}{2}\rho_{air} v^2 + \rho_w g h$$

$$h = \frac{\tfrac{1}{2}\rho_{air} v^2}{\rho_w g} = \frac{\tfrac{1}{2}(0.0012 g/cm^3)\cdot(2\times 10^3 cm)^2}{\left(1g/cm^3\right)\cdot\left(980cm/s^2\right)} = 2.5cm$$

연습 10-11 그릇에 물이 담겨 있다. 나무토막의 아래 끝을 실에 매고 다른 쪽 끝은 그릇 밑 바닥에 고정시켜 나무토막이 물 중간에 떠 있게 하였다. 이 때 실의 장력은 얼마가 되겠는가?

풀이



물에 잠긴 나무토막에 작용한 부력:

$$B = m_f g = \rho_w V g$$

그림과 같이 중력과 부력, 장력에 의한 알짜힘은

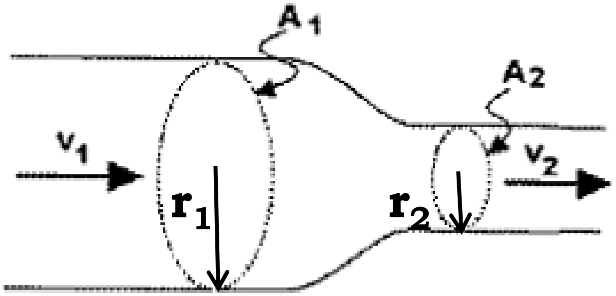
$$B - mg - T = ma = 0$$ 이므로

$$\therefore T = B - mg = (\rho_w V - m)g$$

연습 10-12 아래 그림과 같은 파이프에서 원모양의 단면적이 8.0 cm 이고 오른쪽 단면 적 A_2의 반지름이 4.0 cm 이다. 왼쪽 단면으로 부터 오른쪽 단면으로 1초에 부피 6.4 x 10^{-3} m^3 의 물이 흘러 간다면 1 초 동안 압력이 한 일은 얼마인가?

풀이

연속방정식: 부피흐름률



$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{6.4\times 10^{-3} m^3}{1s}$$

$$\Rightarrow v_1 = \frac{6.4\times 10^{-3} m^3}{\pi\left(8\times 10^{-2} m\right)^2 \times 1s} = 0.318 m/s$$

$$r_1 = 2r_2 \Rightarrow A_1 = 4A_2 \qquad \therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{4} \qquad (v_2 = 4v_1)$$

베르누이 방정식으로 부터

$\mathbf{A_2}$ 단면과 $\mathbf{A_1}$ 사이의 압력차는 파이프에서의 압력

$$p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2 \Rightarrow p_2 - p_1 = \tfrac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) = \tfrac{15}{2}\rho v_1^2$$

1초 동안 압력이 한 일

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{(\Delta P)V}{\Delta t} = \frac{(p_1 - p_2)V}{\Delta t} = \frac{15\rho v_1^2 V}{2} = \frac{15\times 10^3\left(kg/m^3\right)\times\left(0.318 m/s\right)^2\times\left(6.4\times 10^{-3} m^3\right)}{2} = 4.8(W)$$

연습 10-13 파이프에 조그만 구멍이 생겨서 물이 분수처럼 높이 1.2 m 까지 솟아 올랐다. 파이프 안의 물이 정지해 있다고 가정하고 파이프 안에서의 물의 압력을 구하여라

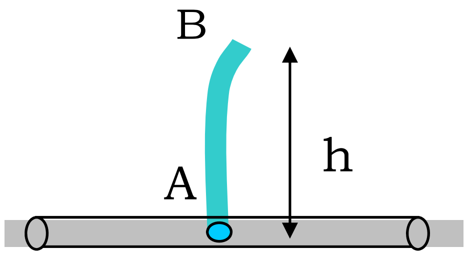
풀이

베르누이 방정식에 의하여

$$p + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{일정}$$

$$p + 0 + 0 = p_0 + \rho g h$$

(파이프안)　　(h 높이)



파이프 안의 압력에 의해 파이프 밖의 A 위치에서는 최대의 속도로 물이 분출되다가 위로 올라갈수록 물의 속력은 작아지면서 높이 h 만큼 올라가게 되면 물의 속력은 0 이 된다.

파이프 안의 계기 압력 (절대압력-대기압)은

$$\therefore p - p_0 = \rho g h = \left(1.0\times 10^3\right)\times 9.8\times 1.2 = 1.2\times 10^4 (N/m^2)$$

파이프 안의 절대압력은 대기압보다 1.2X 10^4 Pa 의 높은 압력을 갖는다

연습 10-14 관의 지름이 d 인 수도꼭지에서 물이 초기 속도 v로 끊임없이 흘러 나와서 아래로 떨어지고 있다. (물줄기의 지름은 d 이고 아래방향으로 흐름) 수도꼭지에서 h 만큼 떨어진 곳에서 물줄기의 지름은 얼마인가? (단 공기의 저항은 무시하고 물줄기는 끊어지거나 물방울로 되지 않는다고 가정함)

$\boxed{\text{풀이}}$ 연속방정식과 베르누이 방정식에 의하여

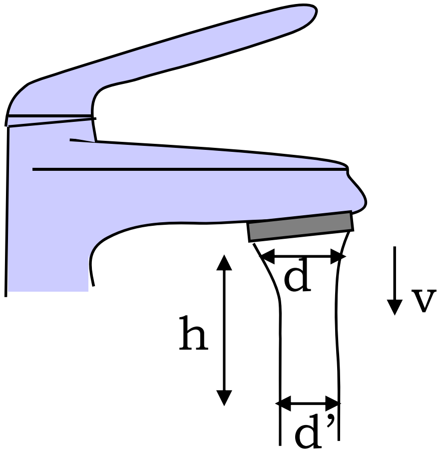
$$\boxed{A_1 v_1 = A_2 v_2}$$

$$\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 v = \pi\left(\frac{d'}{2}\right)^2 v' \quad \Rightarrow \quad d' = \left(\frac{v}{v'}\right)^{\frac{1}{2}} d \quad \text{(1)}$$

$$\boxed{p + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{일정}}$$

$$\cancel{p_0} + \tfrac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \cancel{p_0} + \tfrac{1}{2}\rho v'^2$$

$$\Rightarrow \quad v' = \sqrt{\left(v^2 + 2gh\right)} \quad \text{(2)}$$



(2) 식을 (1) 식에 대입하여 정리하면

$$d'^2 = \frac{v d^2}{\left(v^2 + 2gh\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{d^2}{\left(1 + \frac{2gh}{v^2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\therefore \ d' = \left(1 + \frac{2gh}{v^2}\right)^{-\frac{1}{4}} d$$

연습 10-15 그림과 같이 단면적이 각각 A_1, A_2 이고 두 수직관에서 액체의 높이 차이가 h일 때 유속 v_1을 A_1, A_2, h 로 나타내어라

풀이 연속방정식과 베르누이 방정식에 의하여

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 ,$$

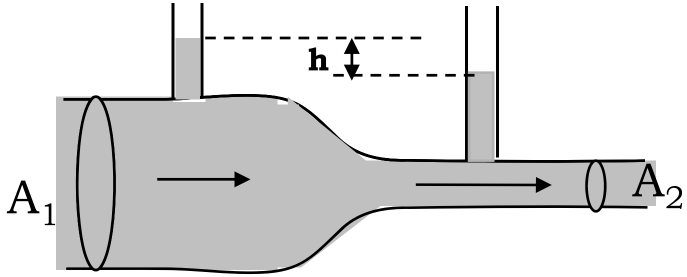
$$v_2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) v_1 \qquad (1)$$

$$p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$(\, p_1 = p_0 + \rho g h, p_2 = p_0, y_2 = y_2 = 0)$$

$$p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1{}^2 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2{}^2$$

$$p_1 - p_2 = \rho g h = \tfrac{1}{2}\rho\left(v_2{}^2 - v_1{}^2\right)$$



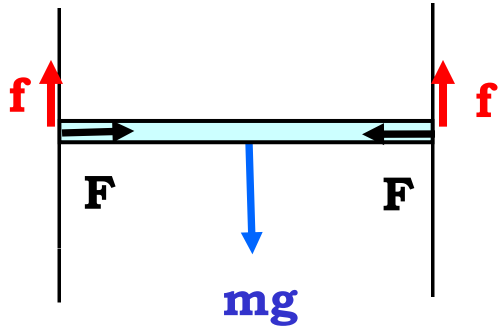
(2) 식을 (1) 식에 대입하여 정리하면

$$\tfrac{1}{2}\left\{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right\}\rho v_1{}^2 = \rho g h \Rightarrow \therefore v_1 = \sqrt{\frac{2\rho g h}{\rho\left(\frac{A_1{}^2}{A_2{}^2} - 1\right)}} = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1{}^2}{A_2{}^2} - 1\right)}}$$

예제 10-2 단면적이 $1.0\times10^{-2}m^2$ 이고 영률이 $2.0\times10^{11}N/m^2$ 인 4.0m 의 금속막대가 두 수직 벽 사이에 0.020 mm 압축되어 수평으로 고정되어 있다. 막대와 벽 사이의 정지 마찰 계수가 0.70 이라면 미끄러지지 않는 금속 막대의 최대 질량은 얼마인가?

풀이

벽이 금속막대에 작용하는 힘은 수직항력으로 윗방향으로 마찰력을 제공한다.



영률의 식에서

$$Y=\frac{\left(F/A\right)}{\left(\Delta L/L\right)}\Rightarrow F=AY\left(\Delta L/L\right)$$

$$F=\left(1.0\times10^{-2}m^2\right)\left(2.0\times10^{11}N/m^2\right)\left(\frac{0.02\times10^{-3}m}{4.0m}\right)=1.0\times10^{4}\text{ N}$$

평형상태가 되려면 아래쪽의 무게(mg) 와 윗쪽으로 작용하는 마찰력이 같아야 한다.

$$(f=2\mu F)$$

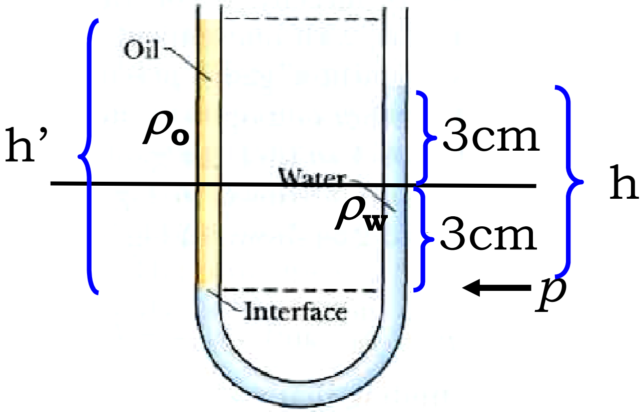
$$mg=2f=2\mu F$$

$$\therefore m=\frac{2\mu F}{g}=\frac{2\times0.7\times\left(1.0\times10^{4}N\right)}{10\ m/s^2}=1.4\times10^{3}kg$$

예제 10-5 U 자형 관에 물이 일부분 채워져 있다. 오른쪽 연결관 속의 물이 3cm 올라갈 때까지 밀도 0.75 g/cm³ 인 기름을 왼쪽 연결관에 붓는 다면 기름기둥의 길이는 얼마인가?

풀이

왼쪽에 기름을 넣어 오른쪽 물 기둥이 3cm 올라가게 되면 질량과 부피는 보존되므로 왼쪽 기둥에서 물의 높이는 3cm 내려가게 된다. 그러므로 오른쪽기둥의 물높이 는 경계면에서 6cm 이다.



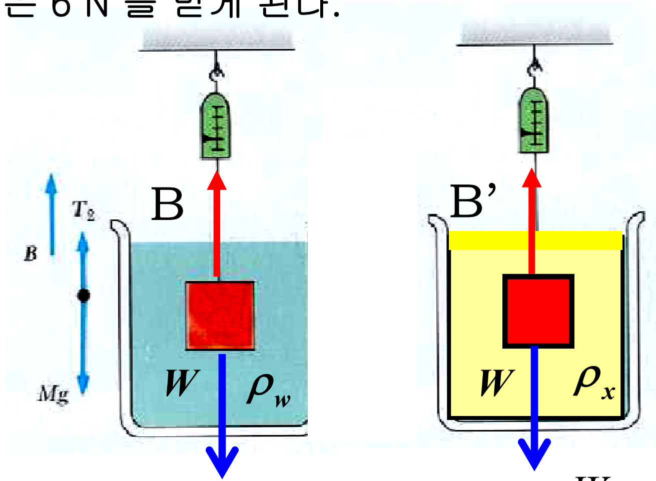
$$p = \cancel{p_0} + \rho_o g h' = \cancel{p_0} + \rho_w g h \qquad (h = 6cm)$$

$$h' = \frac{\rho_w \cancel{g} h}{\rho_o \cancel{g}} = \frac{1\,g/cm^3 \cdot (6cm)}{0.75\,g/cm^3} = 8\,cm$$

예제 10-7 어떤 물체가 스프링 저울에 매달려 있다. 이 저울은 물체가 공기 중에 있을 때는 30 N 을 가리키고 물속에 잠겨 있을 때는 20N , 어떤 액체 속에 잠겨 있을 때는 24 N 을 가리킨다, 이 액체의 밀도는 물의 밀도의 몇배인가?

유체내에서의 무게는 부력만큼 줄어 들게 되므로 물속에서는 10 N 의 부력을 받게 되며 미지의 액체 내에서의 부력은 6 N 을 받게 된다.

풀이



물속에서의 무게 =

실제 무게 – 유체내의 부력

$$W - B = 20N$$
$$\Rightarrow \quad B = W - 20N = 10N \quad (W = 30N)$$
$$B = \rho_w Vg = 10N$$

$$W - B' = 24N$$
$$\Rightarrow \quad B' = W - 24N = 6N \quad (W = 30N)$$
$$B' = \rho_x Vg = 6N$$

부력의 비를 구하면

미지의 액체의 밀도를

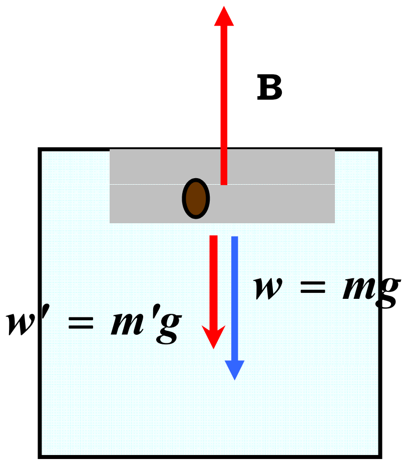
구할 수 있다.

$$\frac{B'}{B} = \frac{\rho_x V\cancel{g}}{\rho_w V\cancel{g}} = \frac{6}{10}$$
$$\therefore \quad \rho_x = 0.6\,\rho_w = 0.6 \times (1\ g/cm^3) = 0.6\ g/cm^3$$

예제 10-8 1000 cm^3 의 체적과 100g 의 질량을 갖는 주석 깡통이 있다. 이 깡통이 물속으로 가라 앉지 않고 납으로 만든 탄알 몇 그램을 실어 나를 수 있는가?

풀이

주석깡통이 가라 앉지 않고 뜨려면 주석깡통의 무게와 탄알들의 무게를 지탱할 수 있을 만큼의 부력을 받아야 한다. 즉 받을 수 있는 최대 부력 보다 탄알과 주석깡통의 무게의 합이 같거나 작으면 된다.



주석깡통의 무게 : W (주석깡통의 질량 : m)

탄알의 무게 : W' (탄알의 질량 : m')

주석깡통이 물속에서 받는 부력 : B

$$W + W' \le B$$

$$B = \rho_w V g$$

$$w' = mg, \quad \rho_w = 1 g / cm^3$$

$$W + W' \le B \Rightarrow \quad mg + m' g \le \rho_w V g$$

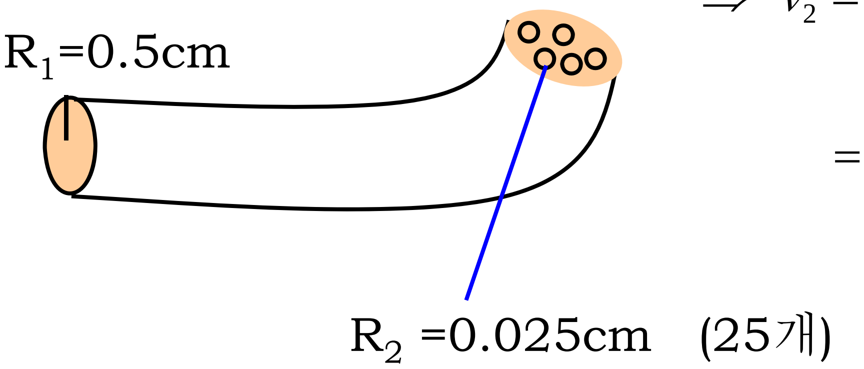
$$\therefore \mathrm{m}' \le (\rho_w V - \mathrm{m}) = (1000 - 100)\,\mathrm{gram}$$

$$m' \le 900 \ \ gram$$

예제 10-12 지름이 1.0 cm 인 호스로 만든 잔디 물뿌리개가 있다. 호수의 한 쪽 끝은 막혀 있고 그 주위에 지금이 0.050cm 인 25개의 구멍이 이다 물이 호스안에서 2.0 m/s 로 흐른다면 구멍을 빠져 나가는 물의 속도는 얼마인가?

풀이 연속방정식에 의하여

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \qquad \boldsymbol{v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1}$$



$$\Rightarrow \quad v_2 = \frac{\left(\pi R_1^{\ 2}\right)}{25 \times \left(\pi R_2^{\ 2}\right)} v_1$$

$$= \frac{\left(0.5 \times 10^{-2}\, m\right)^2}{25 \times \left(0.025 \times 10^{-2}\, m\right)^2} \times 2.0\,(m/s) = 32 \ \ (m/s)$$

예제 10-13 물이 단면적 $3.0\times10^{-5}m^2$ 인 수도꼭지로 부터 5.0m/s 의 속도로 아래 방향으로 흐른다. 수도꼭지로 부터 0.50 m 아래에서 물줄기의 단면적은 얼마인가?

풀이 연속방정식과 베르누이 방정식에 의하여

$$A_1v_1 = A_2v_2\ ,$$

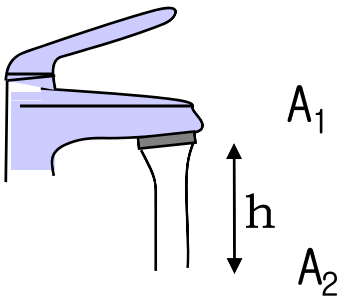
$$A_2 = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)A_1 \qquad (1)$$

$$p_1 + \tfrac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \tfrac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$\left(p_1 = p_2 = p_0,\ y_1 = h,\ y_2 = 0\right)$$

$$\tfrac{1}{2}\rho v_1{}^2 + \rho g h = \tfrac{1}{2}\rho v_2{}^2$$

$$v_2 = \sqrt{v_1{}^2 + 2gh} \qquad (2)$$



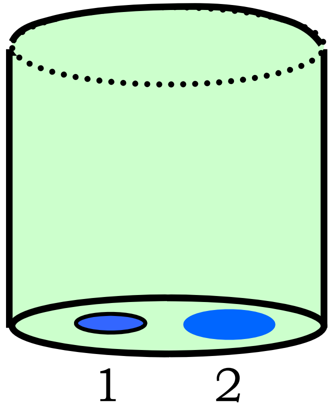
(2) 식을 (1) 식에 대입하여 정리하고 높이와 속력을 대입하면

$$A_2 = \frac{v_1}{\sqrt{v_1{}^2 + 2gh}}A_1 = \frac{5.0\cdot\left(3.0\times10^{-5}\right)}{\sqrt{5.0^2 + 2\cdot10\cdot0.5}}(\mathrm{m}^2)$$

$$= 2.5\times10^{-5}(\mathrm{m}^2)$$

예제 10-14 물이 가득찬 튼 탱크의 바닥에 두개의 구멍이 있다. 큰 구멍의 반지름이 작은 구멍의 2배일 때 큰 구멍을 빠져 나가는 물의 정상흐름 속도는 작은 구멍을 빠져 나가는 물의 정상 흐름 속도의 몇 배 인가?.

풀이



$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2$$

$$(\boldsymbol{p_1 = p_2,\ y_1 = y_2})$$

$$\therefore \boldsymbol{v_1 = v_2} \quad \text{(같다)}$$

같은 높이에서 나오는 분출속도는 구멍의 크기와 상관이 없다.