

# 23강. 유체 II

1. 정상 흐름과 이상 유체 2. 연속 방정식 3. 베르누이 법칙 4. 베르누이 법칙의 적용

## 1. 정상 흐름과 이상 유체

### 이상 유체의 운동

실제 유체의 흐름은 복잡하다. 따라서 이러한 운동을 단순화하기 위해 이상 유체의 흐름을 다음과 같이 정의했다. 이상 유체는 정상 흐름(또는 층 흐름), 비압축성 흐름, 비점성 흐름, 비회전 흐름을 한다.

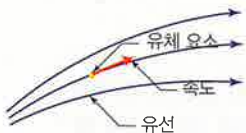
### 연기에서의 정상 흐름

처음에는 정상 흐름(층류)이지만 어느 높이에 이르면 소용돌이(난류)가 생겨 정상 흐름에서 막 흐름(난류)으로 바뀐다.

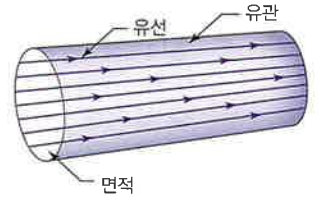


### 유체 요소의 속도

유체 요소가 유선을 따라 움직일 때 임의의 점에서 유체 요소의 속도는 유선의 접선 방향이다.



- (1) 정상 흐름 : 유체의 흐름이 시간에 따라 속력과 방향이 변하지 않을 때 이 흐름을 정상 흐름이라고 한다.
- ① 흐름선(유선) : 유체의 흐름을 나타내는 선이다.
  - ② 흐름관(유관) : 특정 면적을 지나는 흐름의 다발이다.
  - ③ 층류와 난류 : 유체가 흐르는 형태에 따라 층류와 난류로 구분한다.



층류(정상 흐름)	난류(막 흐름)
일정한 유체의 흐름으로, 한 지점을 통과한 유체의 모든 입자가 똑같은 경로로 이동하고 흐름선이 교차하지 않는다.	불규칙한 유체의 흐름으로, 소용돌이가 발생하거나 흐름선이 끊긴다.
	

- (2) 이상 유체 : 시간에 따라 일정한 흐름을 갖는 유체이다. 이상 유체는 비압축성, 비점성, 비회전, 정상 흐름 성질을 갖는다.
- ① 비압축성 : 밀도가 균일하다.
  - ② 비점성 : 고체의 운동에서 마찰이 운동에 저항하는 역할을 한다면, 유체에서는 마찰 대신 점성이라는 개념을 생각할 수 있다. 예를 들어 꿀은 물보다 흐름에 대한 저항이 더 크므로, 물보다 점성이 크다고 말한다. 이상 유체의 경우 점성에 의한 저항이 없어서 관 내부를 일정한 속력으로 움직일 수 있고, 에너지의 손실이 없다.
  - ③ 비회전 : 일정한 축을 중심으로 회전하는 유체를 회전성 유체라고 한다. 이상 유체의 경우 회전하지 않고 관의 경로를 따라 흐르게 된다.
  - ④ 정상 흐름(층류) : 정상 흐름에서는 유체 속 한 지점에서 속력의 방향과 크기가 시간에 따라 변하지 않는다. 잔잔히 흐르는 시냇물 중심부에서 물의 흐름은 정상 흐름이지만 급류에서는 그렇지 않다.

### 개념확인 1

층류와 난류 중 불규칙한 유체의 흐름으로, 소용돌이가 발생하거나 흐름선이 끊기는 것은 무엇인가?

( )

### 확인+1

이상 유체의 성질 중 점성이 없어 에너지 손실 없이 유체가 관 내부를 흐르거나 장애물 주위를 흐를 수 있다는 것을 설명하는 것은?

( )

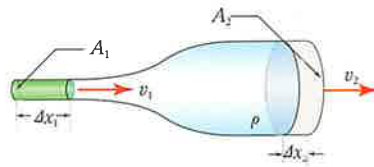
### 미니 사전

**점성 [粘 拂 다 性 성질]** 액체의 끈끈한 성질로, 점성이 있는 액체는 마찰에 의한 에너지 손실이 생긴다.

## 2. 연속 방정식

(1) 연속 방정식(유체 흐름의 질량 보존 법칙) : 밀도가  $\rho$  인 유체가 굵기가 변하는 관을 통과할 때, 같은 시간 동안 단면적  $A_1$  과  $A_2$  를 통과한 질량(또는 같은 시간 동안 통과한 유체의 부피)은 서로 같다.

$A_1, A_2$  : 관의 단면적  
 $v_1$  :  $A_1$  에서 유체의 속도  
 $v_2$  :  $A_2$  에서 유체의 속도  
 $\Delta x_1, \Delta x_2$  : 유체가 흐른 거리  
 $\Delta m_1 = \rho A_1 \Delta x_1, \Delta m_2 = \rho A_2 \Delta x_2$   
 $\Delta x_1 = v_1 \Delta t, \Delta x_2 = v_2 \Delta t$   
 $\Delta m_1 = \Delta m_2$  이므로,  $A_1 v_1 = A_2 v_2$  이다.



$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{일정}$   
(연속 방정식)

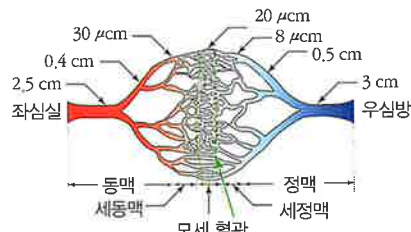
⇒ 관의 단면적과 유체의 속력이 반비례함을 나타내는 방정식을 연속 방정식이라고 한다.

### (2) 연속 방정식의 대표적인 예

- ① 노즐 : 상대적으로 호스보다 유체가 지나가는 단면적을 작게 하여 속력을 크게 한다. 이에 따라 호스 밖으로 나가는 유체는 더 큰 속도를 갖게 되고 이 때문에 더 멀리 나갈 수 있게 된다.
- ② 모세 혈관 : 우리 몸 안의 모세 혈관은 우리 몸 안에서 가장 단면적이 큰 혈관이다. 따라서 모세 혈관 내부의 피의 속력은 혈관 중 가장 느리다.
- ③ 수도꼭지 : 수도꼭지에서 물을 약하게 틀면 밑으로 갈수록 물줄기가 가늘어진다. 중력의 영향을 받아 물이 밑으로 갈수록 속력이 증가하기 때문에 단면적은 줄어들게 된다.



▲ 노즐의 원리



▲ 모세 혈관



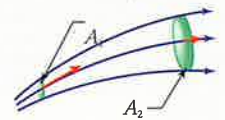
▲ 수도꼭지

### 연속 방정식

단위 시간당 지나가는 부피이다.

$R_V = Av = \text{일정}$   
[단위:  $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$R_V = \text{부피 흐름율}$   
 $A = \text{면적}$   
 $v = \text{유체의 속도}$



$A_1$  의 단위 시간당 부피 흐름율은  $A_2$  의 단위 시간당 부피 흐름율과 같다.

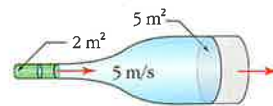
개념확인 2

이상 유체의 흐름에서 속력과 단면적의 곱은 일정하다는 것은 어떤 방정식으로 나타나는가?

( )

확인+2

그림은 이상 유체가 단면적이  $2 \text{ m}^2$  인 관을 통해서  $5 \text{ m/s}$  의 속력으로 흐르다가 단면적이  $5 \text{ m}^2$  인 관으로 빠져나올 때의 모습을 나타낸 것이다. 이상 유체가 빠져나올 때의 속력은 얼마인가?



( )

베르누이 법칙과 에너지 보존 법칙

베르누이 법칙은 역학적 에너지 보존 법칙의 응용이다. 즉, 유체의 퍼텐셜 에너지, 운동 에너지의 합이 항상 일정하다는 것을 의미한다.

유체에 작용하는 알짜일은 유체의 운동 에너지와 위치 에너지로 전환되고 이는 유관의 단면적과 높이가 상관없이 항상 보존된다. 이러한 에너지 보존 법칙을 유체의 물리량으로 정리한 것이 베르누이 법칙이다.

베르누이 법칙(유체가 정지해 있는 경우:  $v_1 = v_2 = 0$ )

$$P_1 + \rho gh_1 = P_2 + \rho gh_2 = \text{일정}$$

정지한 유체에서 높이에 따라  $P_1 - P_2 = \rho g(h_2 - h_1)$ 만큼 압력 차이가 발생한다.

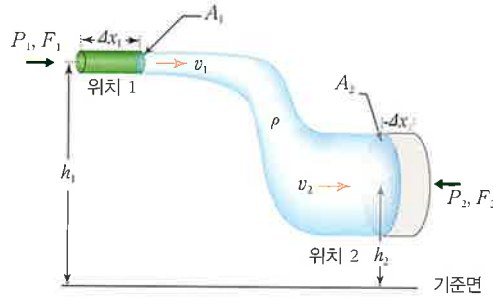
베르누이 법칙(유체가 흐를 때 높이 차이가 없는 경우:  $h_1 = h_2$ )

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = \text{일정}$$

$v_1 < v_2$ 이면  $P_1 > P_2$ 이므로 유체의 속력이 증가하면 유체의 압력이 낮아지고, 속력이 감소하면 유체의 압력이 높아진다.

### 3. 베르누이 법칙

(1) 베르누이 법칙(유체 흐름의 역학적 에너지 보존 법칙): 비압축성 유체가 흐름관을 따라 흐를 때 서로 다른 두 위치에서 유체의 압력과 속력 및 높이 사이의 관계를 나타내는 법칙이다.



베르누이 법칙:  

$$P + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{일정}$$

$F_1, F_2$ : 각 단면에 작용하는 힘,  $P_1, P_2$ : 각 단면의 압력  
 $A_1, A_2$ : 관의 단면적,  $v_1, v_2$ : 각 단면에서 유체의 속력  
 $h_1, h_2$ : 기준면으로 부터의 높이,  $\Delta x_1, \Delta x_2$ : 유체가 흐른 거리  
 $\rho$ : 유체의 밀도,  $g$ : 중력 가속도

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

(2) 베르누이 법칙의 유도 과정

일정한 시간( $\Delta t$ )동안 이상 유체가 위치 1과 위치 2에서 각각  $\Delta x_1$ 과  $\Delta x_2$ 만큼 흐른다고 하자.

① 유체에 작용하는 힘  $F_1$ 이 한 일은  $W_1 = F_1 \Delta x_1 = P_1 A_1 v_1 \Delta t = P_1 V_1$ 이고, 유체에 작용하는 힘  $F_2$ 이 한 일은  $W_2 = F_2 \Delta x_2 = P_2 A_2 v_2 \Delta t = P_2 V_2$ 이다. 이상 유체이므로 연속 방정식에 의해  $V_1 = V_2 = V$ 라고 한다면,  $\Delta t$  동안 유체에 한 알짜일은 다음과 같다.

$$\Delta W = W_1 - W_2 = (P_1 - P_2) \Delta V \quad (\Delta V: \text{부피 흐름량})$$

②  $\Delta t$  동안 흘러간 유체의 부피는  $\Delta V$ 이고 질량은  $\Delta m = \rho \Delta V$ 이다. 따라서  $\Delta t$  동안의 운동 에너지 ( $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ ) 변화량  $\Delta E_k$ 은 다음과 같다.

$$\Delta E_k = E_{k,2} - E_{k,1} = \frac{1}{2}\rho \Delta V v_2^2 - \frac{1}{2}\rho \Delta V v_1^2 = \frac{1}{2}\rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$$

③  $\Delta t$  동안 질량  $\Delta m$ 의 중력에 의한 위치 에너지 ( $E_p = mgh$ ) 변화량  $\Delta E_p$ 은 다음과 같다.

$$\Delta E_p = E_{p,2} - E_{p,1} = \Delta m g h_2 - \Delta m g h_1 = \Delta m g (h_2 - h_1) = \rho \Delta V g (h_2 - h_1)$$

④ 일 - 에너지 원리에서 힘이 한 알짜일은 다음과 같다.

$$\Delta W = \Delta E_k + \Delta E_p = \frac{1}{2}\rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) + \rho \Delta V g (h_2 - h_1) = (P_1 - P_2) \Delta V$$

$$\therefore P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = \text{일정}$$

개념확인3

이상 유체가 층 흐름을 할 때 에너지 보존 법칙을 적용하여 유체의 위치 에너지와 운동 에너지의 합이 항상 일정하다는 것을 의미하는 법칙은 무엇인가?

( ) 법칙

확인+3

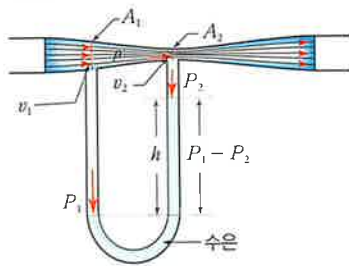
베르누이 법칙에서 유체가 같은 높이를 흐르는 경우 유체의 속력이 증가하면 유체의 압력이 ㉠( )지고, 반대로 속력이 감소하면 유체의 압력이 ㉡( )진다.

㉠( ), ㉡( )

### 4. 베르누이 법칙의 적용

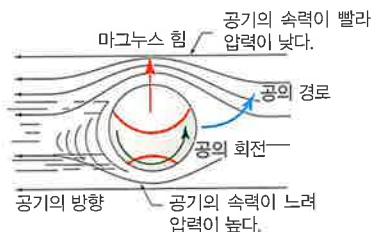
(1) 벤츄리관 : 관의 단면적이 클수록 유속이 느리고 단면적이 작을수록 유속이 빠른 성질을 이용하여 유량이나 유체의 속력을 측정하는 장치이다.

$A_1, A_2$  : 관의 단면적  
 $P_1 - P_2$  : 두 지점의 압력 차  
 $P_1, P_2$  : 두 단면적에 작용하는 압력  
 $v_1, v_2$  : 두 단면에서 유체의 속력  
 $h$  : 두 지점 간 수은 기둥의 높이 차  
 $\rho$  : 유체의 밀도  
 흐름량  $Q = A_1v_1 = A_2v_2$



▲ 벤츄리관

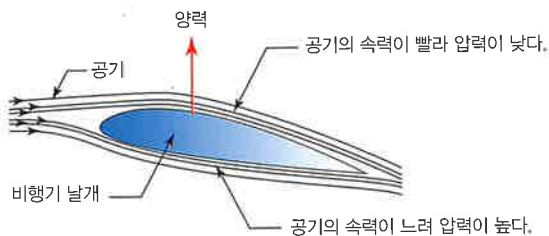
(2) 마그누스 힘 : 유체 속의 물체가 회전 운동을 하며 진행할 때, 회전축에 대해 수직인 방향으로 물체에 작용하는 힘이 발생하며, 이를 마그누스 힘이라고 한다.



점성이 있는 유체 속 마그누스 힘 ▶

- ① 공기의 흐름과 공의 회전 방향이 같을 때 : 공 표면의 마찰에 의해 공기의 속력이 증가하여 압력(기압)이 낮아진다.
  - ② 공기의 흐름과 공의 회전 방향이 반대일 때 : 공 표면의 마찰에 의해 공기의 속력이 감소하여 압력(기압)이 높아진다.
- ⇒ 공은 기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 힘을 받아 진행 방향이 휘어진다.

(3) 양력(비행기가 뜨는 힘) : 비행기는 진행 방향의 반대 방향으로 공기가 흐른다. 비행기의 날개가 위로 볼록하므로, 공기의 속력은 같은 시간 동안 더 긴 거리를 가는 날개 위쪽에서 더 빨라진다. 베르누이 법칙에 의해 속력이 더 느린 아래쪽의 압력이 위쪽보다 커지게 되고, 이때 압력 차이만큼 위쪽으로 작용하는 힘인 양력이 생기고, 이 힘으로 비행기가 뜬다.



▲ 비행기 날개에 나타나는 양력

개념확인 4

유체 속에 있는 물체와 유체 사이에 상대적인 속력이 있을 때, 물체의 회전에 의해 진행 방향에 수직으로 물체에 작용하는 힘이 발생하는데 이 힘을 무엇이라고 하는가?

( ) 힘

정답 및 해설 49쪽

확인+4

비행기에서 날개 윗면과 아랫면의 압력 차이에 의해 나타나는 힘을 무엇이라고 하는가?

( )

벤츄리관에서의 유량 식

유체가 같은 높이에 있으므로 베르누이의 법칙( $P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 = \text{일정}$ )과 연속 방정식( $A_1v_1 = A_2v_2$ )에 의해  $v_2 = \frac{A_1}{A_2}v_1$

$$\Rightarrow P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1\right)v_1^2$$

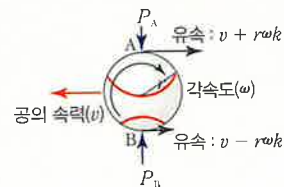
$$\Rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)A_2^2}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} \text{이다.}$$

따라서 유량  $Q = A_1v_1$ 이므로

$$Q = A_1A_2\sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

회전하는 공이 받는 압력

바람이 불지 않는 공기의 밀도를  $\rho$ , 공의 반지름을  $r$ , 공이 회전하는 각속도를  $\omega$ , 공이 날아가는 속력을  $v$ , 공의 점성 상수를  $k$  라고 할 때, A와 B 부분의 압력  $P_A, P_B$  라고 할 때 다음과 같이 베르누이 법칙을 적용하여 압력 차를 구할 수 있다.(A, B 사이의 높이 차는 무시할 수 있다.)



$$P_A + \frac{1}{2}\rho(v + r\omega)^2$$

$$= P_B + \frac{1}{2}\rho(v - r\omega)^2$$

$$\Rightarrow \Delta P = P_B - P_A = 2k\rho v r \omega$$

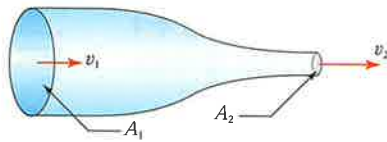


# 개념 다지기

**01** 이상 유체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

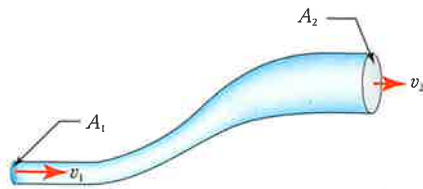
- ① 비압축성 유체이다.
- ② 두 흐름선이 서로 교차한다.
- ③ 일정한 흐름선을 형성하면서 흐른다.
- ④ 유체 속 한 지점에서의 속력이 일정하다.
- ⑤ 유체가 흐르는 관에서 작용하는 마찰은 없다.

**02** 그림은 이상 유체가 넓은 관에서 좁은 관으로 흐르고 있는 모습을 나타낸 것이다.  $A_1 = 16 \text{ cm}^2$ ,  $A_2 = 4 \text{ cm}^2$ ,  $v_1 = 2 \text{ m/s}$  라면 단면  $A_2$ 에서의 속력  $v_2$  는 얼마인가?



- ① 2 m/s      ② 4 m/s      ③ 6 m/s      ④ 8 m/s      ⑤ 10 m/s

**03** 그림과 같은 관에 이상 유체가 흐르고 있다. 양쪽 관의 넓이의 비가 1 : 3 일 때, 단면  $A_1$  과  $A_2$  를 지나는 유체의 속력의 비  $v_1 : v_2$  는 얼마인가?

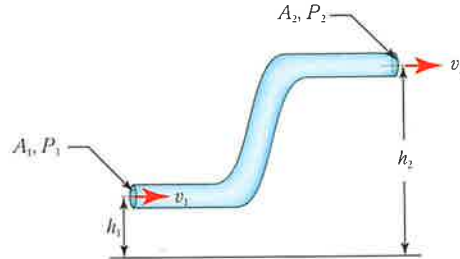


- ① 1 : 1      ② 2 : 1      ③ 3 : 1      ④ 4 : 1      ⑤ 5 : 1

**04** 다음의 실생활에서 일어나는 일들 중 베르누이 법칙과 관련이 없는 것은?

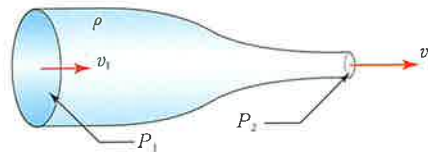
- ① 공기 중에서 회전하며 진행하는 공은 회전 방향으로 휜다.
- ② 비행기 날개 위쪽은 아래쪽보다 공기의 흐름이 빠르기 때문에 비행기가 뜰 수 있게 된다.
- ③ 도로를 질주하는 자동차들이 스쳐 지나갈 때 자동차들은 반대편에서 오는 자동차 쪽으로 약간 쏠리게 된다.
- ④ 탁구공을 가까이 매달고 그 사이에 입김을 불어 공기의 흐름을 빠르게 하면 탁구공이 서로 가까이 붙게 된다.
- ⑤ 유압식 브레이크는 브레이크 페달을 밟아 실린더 안의 압력이 커지면 이 압력이 네 바퀴에 고르게 힘을 작용한다.

**05** 그림과 같이 밀도가  $\rho$  인 이상 유체가 단면적이 같지만 높이가 변하는 관을 통과하고 있다. 두 단면에서의 압력의 차이  $P_1 - P_2$ 는 얼마인가? (단, 중력 가속도는  $g$  이다.)



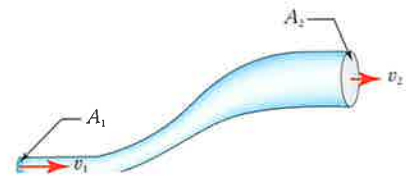
- ① 0      ②  $\rho g(h_1 - h_2)$       ③  $\rho g(h_2 - h_1)$       ④  $2\rho g(h_1 - h_2)$       ⑤  $2\rho g(h_2 - h_1)$

**06** 그림과 같이 밀도가  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  인 이상 유체가 높이가 같고 단면적이 변하는 관을 통과하고 있다. 굵은 관과 가는 관에서의 속력이 각각  $v_1 = 0.1 \text{ m/s}$ ,  $v_2 = 0.3 \text{ m/s}$  이고 압력이 각각  $P_1, P_2$  일 때 두 관에서의 압력의 차  $P_1 - P_2$ 는 얼마인가?



- ①  $10 \text{ N/m}^2$       ②  $20 \text{ N/m}^2$       ③  $30 \text{ N/m}^2$       ④  $40 \text{ N/m}^2$       ⑤  $50 \text{ N/m}^2$

**07** 그림은 단면적이 변하는 관을 통해 이상 유체가 흐르는 것을 나타낸 것이다. 관의 단면적은 각각  $A_1, A_2$  이고, 이 단면적을 통과하는 유체의 속력은 각각  $v_1, v_2$  이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



< 보기 >

- ㄱ. 같은 시간 동안  $A_1$  과  $A_2$  를 통과한 유체의 부피는 같다.
- ㄴ. 같은 시간 동안  $A_1$  과  $A_2$  를 통과한 유체의 질량은 같다.
- ㄷ.  $v_1$  이  $v_2$  보다 크다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

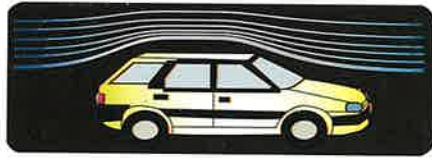
**08** 비행기가 날 수 있는 것은 비행기 날개에 작용하는 양력 때문이다. 이러한 양력은 어떠한 물리 법칙을 따른 것인가?

- ① 베르누이 법칙      ② 아르키메데스 법칙      ③ 뉴턴의 운동 법칙  
 ④ 파스칼 법칙      ⑤ 질량 보존 법칙

# 유형 익히기 & 하브루타

## [유형23-1] 정상 흐름과 이상 유체

그림 (가)는 자동차 주위를 지나는 유체의 흐름을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 연기의 흐름을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?



(가)



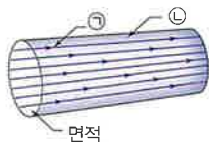
(나)

< 보기 >

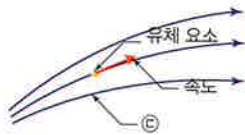
- ㄱ. (가)에서 흐름선은 교차한다.
- ㄴ. (가)는 층류이고, (나)는 난류이다.
- ㄷ. (나)에서 기체의 흐름은 정상 흐름에서 막 흐름으로 바뀐다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**01** 그림 (가)는 정상류에 대한 모습을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 유체 요소의 운동에 대한 모습을 나타낸 것이다.



(가)



(나)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. ㉠과 ㉡은 같은 것이다.
- ㄴ. ㉢은 유선의 다발이다.
- ㄷ. 유체 요소의 속도는 ㉣의 접선 방향이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

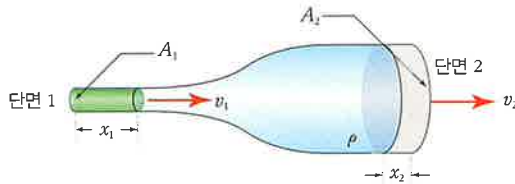
**02** 다음은 이상 유체의 성질에 대한 설명이다. ㉠, ㉢, ㉣에 들어갈 말을 바르게 짝지은 것은?

- ( ㉠ ) : 밀도의 변화가 없고, ( ㉡ )이 없어 유체가 관 내부를 흐를 때 에너지의 손실이 없다.
- 비( ㉢ ) : 고체의 운동에서 마찰이 운동에 저항하는 역할을 한다면, 유체에서는 마찰 대신 ( ㉣ )이라는 개념을 생각할 수 있다.
- 비회전 : 이상 유체의 경우 회전하지 않고 관의 경로를 따라 흐르게 된다.
- ( ㉣ ) : 유체 속 한지점에서 속력의 방향과 크기가 시간에 따라 변하지 않는다.

- |   | ㉠     | ㉡  | ㉢      |
|---|-------|----|--------|
| ① | 압축성   | 점성 | 정상 흐름  |
| ② | 비압축성  | 점성 | 정상 흐름  |
| ③ | 비압축성  | 점성 | 비정상 흐름 |
| ④ | 정상 흐름 | 점성 | 비정상 흐름 |
| ⑤ | 정상 흐름 | 유관 | 비정상 흐름 |

[유형23-2] 연속 방정식

그림과 같이 밀도가  $\rho$  인 이상 유체가 넓이가  $A_1$  인 단면 1에서  $v_1$ 의 속력으로 관을 따라 흘러서 넓이가  $A_2$ 인 단면 2에서는  $v_2$ 의 속력이 되었다. 관의 단면적은  $A_1 < A_2$ 이며,  $x_1, x_2$ 는 단면 1과 2로부터 단면적이 일정하게 각각 같은 시간 동안 유체가 통과한 거리이다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 유체는 같은 높이에서 흐른다.)

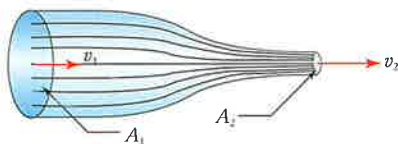


< 보기 >

- ㄱ. 같은 시간 동안 단면 1, 2를 통과하는 유체의 질량은 서로 같다.
- ㄴ.  $A_1 x_2 = A_2 x_1$
- ㄷ.  $v_1 < v_2$

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                      ④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**03** 그림은 이상 유체가 단면적이  $A_1$ 인 지점에서  $v_1$ 의 속력으로 관을 따라 흘러 단면적이  $A_2$ 인 지점에서 속력  $v_2$ 로 흐르는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 유체 흐름의 질량 보존 법칙을 따른다.
- ㄴ. 단면적의 비가  $A_1 : A_2 = 2 : 1$ 이면 속력의 비도  $v_1 : v_2 = 2 : 1$ 이다.
- ㄷ.  $A_1 v_1 = A_2 v_2$

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄱ, ㄷ                      ⑤ ㄴ, ㄷ

**04** 그림은 수도꼭지에서 물줄기가 흘러나오는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 물줄기의 흐름은 막 흐름이다.
- ㄴ.  $A_1$ 과  $A_2$ 에서의 부피 흐름율은 서로 같다.
- ㄷ.  $A_1$ 에서의 속력은  $A_2$ 에서의 속력보다 빠르다.

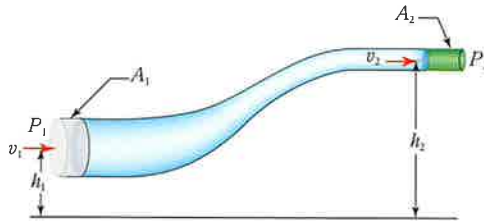
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



# 유형 익히기 & 하브루타

## [유형23-3] 베르누이 법칙

그림과 같은 관에 이상 유체가 흐르고 있다. 관의 단면적은  $A_1 = 8 \text{ cm}^2$ ,  $A_2 = 4 \text{ cm}^2$  이고,  $A_1$ 에서의 유체의 속력은  $v_1 = 2 \text{ m/s}$  이고,  $A_2$ 에서의 속력은  $v_2$  이다.  $h_2 - h_1 = 5 \text{ m}$  일 때, 다음 물음에 답하시오. (단, 유체의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$  이다.)



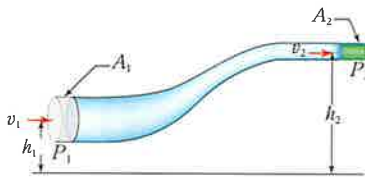
(1)  $v_2$ 의 값은 얼마인가?

- ① 1 m/s
- ② 2 m/s
- ③ 4 m/s
- ④ 8 m/s
- ⑤ 16 m/s

(2)  $P_1 = 0.9 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  일 때,  $P_2$ 의 값은 얼마인가?

- ①  $1.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- ②  $2.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- ③  $3.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- ④  $4.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
- ⑤  $5.4 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

**05** 그림과 같은 관에 비압축성 유체가 흐르고 있다. 단면적이  $A_1$ ,  $A_2$ 인 곳에서 유체의 속력은 각각  $v_1$ ,  $v_2$ , 압력은 각각  $P_1$ ,  $P_2$ , 높이는 각각  $h_1$ ,  $h_2$ 이다.



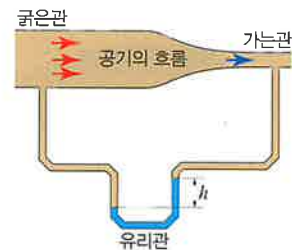
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 유체의 밀도는  $A_1$ 보다  $A_2$ 에서 더 크다.
- ㄴ. 같은 시간 동안  $A_1$ 과  $A_2$ 를 통과한 유체의 부피는 서로 같다.
- ㄷ.  $A_1 h_1 = A_2 h_2$ 가 성립한다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 그림은 이상 유체가 들어 있는 유리관이 연결된 굵기가 다른 관을 따라 공기가 흐르는 모습을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

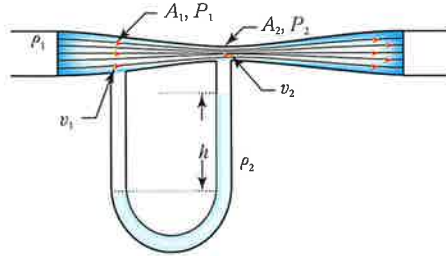
< 보기 >

- ㄱ. 같은 시간 동안 굵은 관의 단면을 흐르는 공기와 가는 관의 단면을 흐르는 공기의 양은 같다.
- ㄴ. 굵은 관에서의 기압이 가는 관에서의 기압보다 작다.
- ㄷ. 가는 관이 더 가늘어지면 높이 차이  $h$ 는 감소한다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

[유형23-4] 베르누이 법칙의 적용

그림은 벤츄리관을 나타낸 것으로 단면적의 비  $A_1 : A_2 = 5 : 1$ 이다. 밀도가  $\rho_1$ 인 기체를  $v_1$ 의 속력으로 불어 넣으면 관의 좁은 곳에서  $v_2$ 의 속력으로 변한다. 이때 U자관 속에서 밀도가  $\rho_2$ 인 액체는  $h$ 만큼의 좌우 높이차가 생긴다. 다음 물음에 답하시오. (단, 중력 가속도는  $g$ 이고,  $\rho_1$ 은  $\rho_2$ 에 비해 무시할 만큼 작다.)



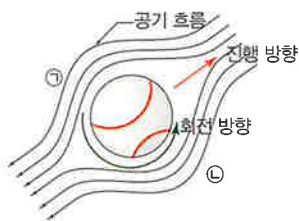
(1) 기체의 속력의 비  $v_1 : v_2$ 는?

- ① 1 : 1                      ② 1 : 2                      ③ 1 : 3                      ④ 1 : 4                      ⑤ 1 : 5

(2)  $P_1 - P_2$ 는 얼마인가?

- ①  $gh$                       ②  $\rho_1 gh$                       ③  $\rho_2 gh$                       ④  $(\rho_1 + \rho_2)gh$                       ⑤  $(\rho_1 - \rho_2)gh$

07 그림은 투수가 던진 야구공의 주변에 흐르는 공기 흐름을 나타낸 것이다.



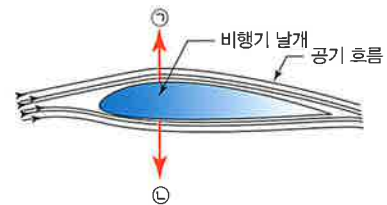
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

- ㄱ. ㉠ 부분의 압력이 ㉡ 부분의 압력보다 낮다.
- ㄴ. 공은 진행하다가 왼쪽으로 휘어진다.
- ㄷ. 공의 회전이 많아질수록 휘어짐의 정도가 더 작아진다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

08 그림은 비행기가 날아가는 동안 비행기 날개를 세로로 자른 단면과 비행기 날개의 주위 공기의 흐름을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

<보기>

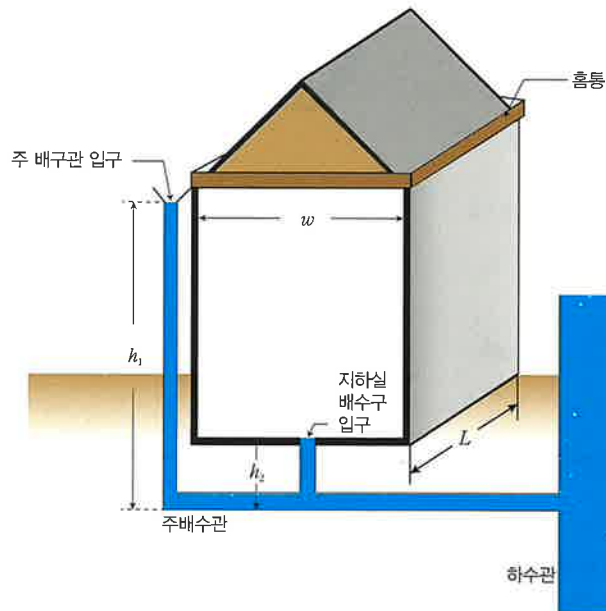
- ㄱ. 날개 위쪽과 아래쪽에서 공기의 속력이 같다.
- ㄴ. 베르누이 법칙에 의해 날개 위쪽과 아래쪽에 압력 차이가 발생한다.
- ㄷ. 양력의 방향은 ㉠이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

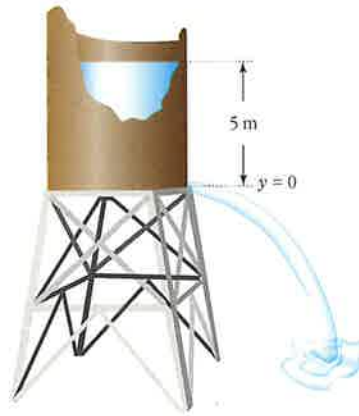


## 01

그림은 가정집의 빗물 배수 시설을 도식화하여 나타낸 것이다. 지붕에 떨어진 빗물은 지붕 주위에 있는 흠통으로 떨어져 흠통을 따라 주배수관으로 흘러들어가고, 결국 집 밖의 더 큰 하수관으로 흘러나간다. 흠통 입구의 높이  $h_1 = 11$  m, 지하실 바닥에 있는 배수구의 높이  $h_2 = 1$  m, 주배수관의 반지름  $r = 3$  cm, 집의 폭  $w = 30$  cm, 집의 앞뒤 길이  $L = 60$  cm, 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\pi = 3$  일 때, 강수량이 초당 몇 미터 이상이 되면 주배수관에서 물이 차올라 지하실 바닥으로 넘치는가? (단, 지붕에 떨어진 물은 모두 주배수관으로 들어가고, 바람이 불지 않아 빗방울은 수직으로 떨어진다.)



**02** 그림은 물탱크 바닥 부분에 아주 작은 구멍이 생겨 구멍에서 물이 나오는 모습을 나타낸 것이다. 물탱크 밑바닥으로부터 수면의 높이는 5 m 이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 구멍의 크기는 물의 단면적보다 매우 작고, 물의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$  이다.)

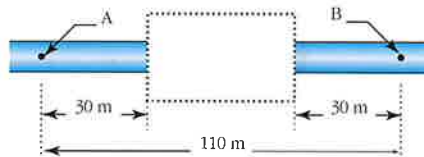


(1) 구멍에서 나오는 물의 속력을 구하시오.

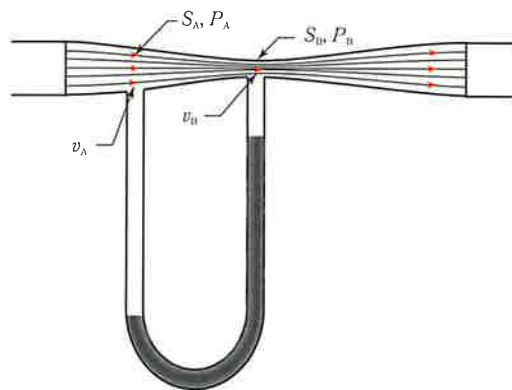
(2) 현재 구멍은 가만히 두고 물탱크를 아래쪽으로 더 길게 만들어 밑바닥에 또다른 구멍을 뚫어 물줄기의 속력이 현재 구멍에서 나오는 물의 속력의 2배가 되게 하려면 물탱크 바닥에서 아래쪽으로 얼마나 더 길게 물탱크를 만들어야 할까?



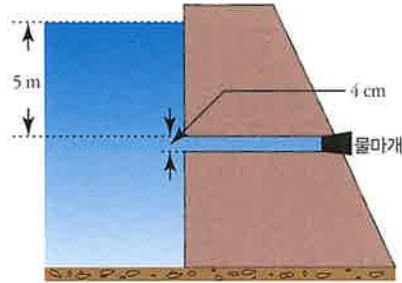
**03** 그림처럼 가운데 부분이 가려진 관이 있다. 가운데 부분에서는 관의 반지름이 얼마인지 알지 못한다. 이를 알아내기 위해 반지름이 2 cm 로 같은 관의 양쪽 부분에서 물이 흐르는 속력이 2.5 m/s 가 되도록 조절 한 다음에, 점 A에 물감을 풀어서 점 B에 도달하는 시간을 측정하였더니 124 s 가 걸렸다. 중간에서의 관의 평균 반지름은 얼마인가? (단, 물은 이상 유체이고,  $\sqrt{5} = 2.2$  로 계산한다.)



**04** 벤츄리관이라고 불리는 유속계는 관을 흐르는 유체의 속력을 측정하는 데 사용한다. 관 속에는 밀도가  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  인 물이 흐르고 굵은 관에서의 면적은  $S_A = 5 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ , 속력은  $v_A$ , 압력은  $P_A$ , 가는 관에서의 면적은  $S_B = 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$ , 속력은  $v_B$ , 압력은  $P_B$  이고, 두 관의 압력 차  $P_A - P_B = 1.8 \times 10^4 \text{ N/m}^2$  이다. 물의 부피 흐름율  $R (= S_A v_A = S_B v_B)$ 은 얼마인가?



**05** 그림처럼 물이 가득 차 있는 댐의 수면에서 깊이 5 m 되는 지점에 지름 4 cm 의 관이 댐을 가로질러 수평으로 설치되어 있고 물마개로 관의 끝이 막혀 있다. 다음 물음에 답하시오. (단,  $\pi = 3$ , 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 물의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  이고, 관의 단면적은 댐의 수면 면적에 비해 매우 작다.)



(1) 물마개와 관의 벽 사이의 마찰력을 구하시오.

(2) 물마개를 빼면 초당 얼마만큼의 물이 빠져나오는가?



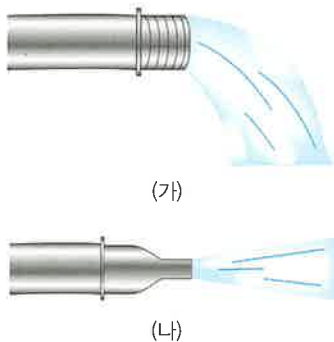
# 스스로 실력 높이기

A

01 이상 유체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 비압축성이므로 밀도가 균일한다.
- ② 점성이 없어 마찰에 의한 에너지 손실이 없다.
- ③ 유체가 흐를 때 어느 부분에서도 소용돌이가 발생하지 않는다.
- ④ 유체가 한 지점을 통과할 때 이 지점의 모든 입자들의 속력은 같다.
- ⑤ 유체가 통과하는 관의 지름에 관계없이 유체의 속력은 항상 일정하다.

02 그림 (가)는 호스에서 이상 유체의 성질을 가진 물을 분출시키는 모습을 나타낸 것이고, 그림 (나)는 호스의 입구를 좁게 하여 물을 분출시키는 모습을 나타낸 것이다.



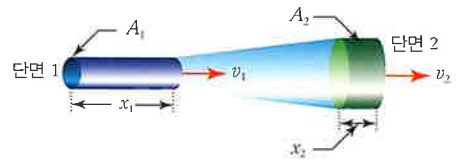
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, (가)와 (나)의 경우 호스의 높이는 같다.)

<보기>

- ㄱ. 호스의 단면적이 작아져 물의 속력이 증가한다.
- ㄴ. 호스의 입구에서 (가)와 (나)의 물의 퍼텐셜 에너지는 같다.
- ㄷ. 물의 점성에 의해 물의 속력이 증가한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

03 그림은 이상 유체가 단면적이  $A_1$  인 단면 1에서 관을 따라 속력  $v_1$ 으로 흘렀고, 단면적이  $A_2$ 인 단면 2에서는  $v_2$ 으로 흘렀다. 관의 단면적은  $A_1 < A_2$ 이며 같은 시간 동안 유체가 통과한 거리는 각각  $x_1$ ,  $x_2$ 이다. 단면적과 거리의 관계와 속력의 대소 관계를 바르게 짝지은 것은?

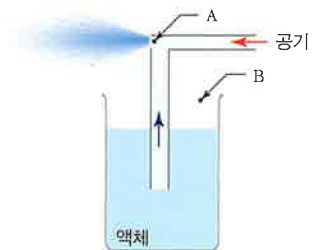


단면적과 거리의 관계

속력의 대소 관계

- |   |                   |             |
|---|-------------------|-------------|
| ① | $A_1x_1 = A_2x_2$ | $v_1 < v_2$ |
| ② | $A_1x_1 = A_2x_2$ | $v_1 > v_2$ |
| ③ | $A_1x_1 < A_2x_2$ | $v_1 = v_2$ |
| ④ | $A_1x_1 < A_2x_2$ | $v_1 < v_2$ |
| ⑤ | $A_1x_1 < A_2x_2$ | $v_1 > v_2$ |

04 그림은 공기를 불어 넣어 액체를 분사시키는 분무기를 나타낸 것이다.



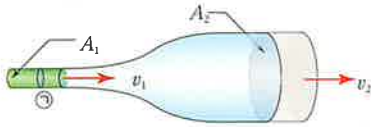
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A 지점은 분무기의 분사 지점이고, B 지점은 액체 위의 대기 중의 한 지점이다.)

<보기>

- ㄱ. A점이 B점보다 압력이 높다.
- ㄴ. 공기를 세게 불수록 A점에서 압력은 작아진다.
- ㄷ. 액체가 분무되는 원리는 베르누이 법칙으로 설명할 수 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**05** 그림은 단면적이 변하는 관을 따라 이상적인 액체가 흐르는 모습을 나타낸 것이다. 좁은 관에서의 단면적은  $A_1$ , 속력은  $v_1$ 이다. 넓은 관에서의 단면적은  $A_2$ , 속력은  $v_2$ 이다.

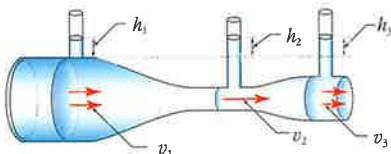


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 >
- ㄱ. ㉠지점을 1초 동안 통과하는 액체의 부피는  $A_1v_1$ 이다.
  - ㄴ. 1초 동안 단면적  $A_1$ 과  $A_2$ 를 통과하는 액체의 질량은 같다.
  - ㄷ.  $A_1v_2 = A_2v_1$ 이 성립한다.

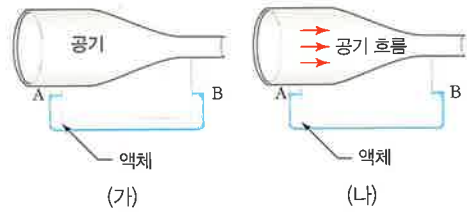
- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**06** 그림은 관의 지름이 4 : 1 : 2로 변하는 관을 따라 이상 유체가 흐르고 있는 모습을 나타낸 것이다. 유체의 높이  $h_1, h_2, h_3$ 와 속력  $v_1, v_2, v_3$ 의 관계를 바르게 짝지은 것은?



- |   | 높이                | 속력                |
|---|-------------------|-------------------|
| ① | $h_1 > h_2 > h_3$ | $v_1 > v_2 > v_3$ |
| ② | $h_1 > h_2 > h_3$ | $v_1 > v_3 > v_2$ |
| ③ | $h_1 > h_3 > h_2$ | $v_1 > v_2 > v_3$ |
| ④ | $h_1 > h_3 > h_2$ | $v_2 > v_3 > v_1$ |
| ⑤ | $h_1 > h_3 > h_2$ | $v_3 > v_2 > v_1$ |

**07** 그림 (가)는 굵기가 변하는 관에 연결된 아래의 관에 액체가 들어있는 것을 나타낸 것으로 관 속의 공기는 정지해 있다. 그림 (나)는 굵기가 변하는 관 속에 공기가 흐르는 것을 나타낸 것이다.

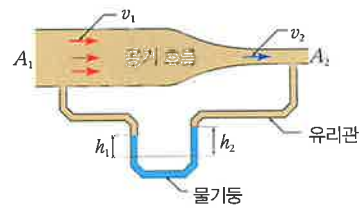


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 >
- ㄱ. (가)에서 수면 A와 B의 높이는 같다.
  - ㄴ. (나)의 A에서 공기 압력은 B에서 공기 압력보다 작다.
  - ㄷ. (나)의 A에서 수면은 (가)에서보다 올라간다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ
- ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**08** 그림은 굵기가 변하는 관을 따라 공기가 연속적으로 흐르는 상태를 나타낸 것이다. 이때 굵은 관에서의 단면적과 공기의 속력은 각각  $A_1, v_1$ 이고, 가는 관에서의 단면적과 공기의 속력은 각각  $A_2, v_2$ 이다.



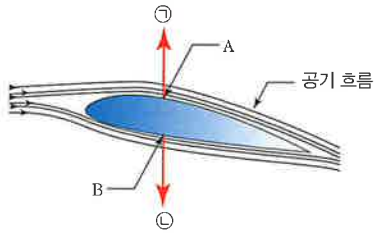
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기와 물은 이상 유체이다.)

- < 보기 >
- ㄱ.  $v_1$ 이  $v_2$ 보다 느리다.
  - ㄴ.  $h_1$ 이  $h_2$ 보다 더 높다.
  - ㄷ. 공기의 압력은 가는 관에서 더 크다.
- ① ㄱ
  - ② ㄴ
  - ③ ㄱ, ㄴ
  - ④ ㄴ, ㄷ
  - ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ



# 스스로 실력 높이기

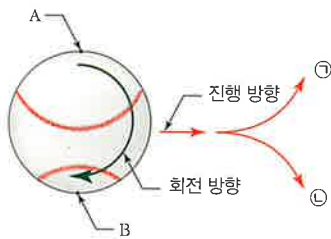
**09** 그림은 비행기 날개의 단면을 나타낸 것으로 비행기는 공기 중에서 왼쪽으로 이동하고 있다. 점 A는 날개 위의 한 지점이고, B는 날개 아래의 한 지점이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 공기의 속력은 A가 B보다 빠르다.
  - ㄴ. 날개에 작용하는 압력은 A가 B보다 크다.
  - ㄷ. 날개가 공기로부터 받는 힘의 방향은 ㉠이다.
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**10** 그림은 야구공이 회전하면서 오른쪽으로 날아가는 모습을 나타낸 것이다.

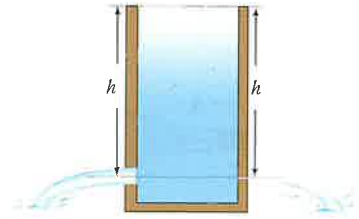


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 공에 대한 공기의 속력은 A가 B보다 빠르다.
  - ㄴ. 공기가 공에 작용하는 압력은 A가 B보다 크다.
  - ㄷ. 공은 ㉠ 방향으로 휘어지는 운동을 한다.
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

## B

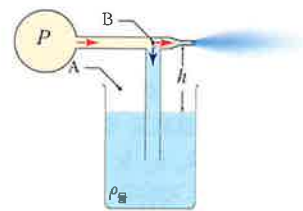
**11** 그림은 큰 물통 양쪽에 높이가  $h$ 로 같고 단면적이 다른 구멍이 뚫려 있는 것을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 공기의 저항은 무시하고, 구멍의 크기는 물통의 단면적에 비해 매우 작다.)

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 양쪽 구멍에서 나오는 물의 속력은 같다.
  - ㄴ. 물이 땅에 떨어진 곳의 위치는 양쪽이 같다.
  - ㄷ. 땅에 떨어지기 직전 양쪽의 물은 같은 에너지를 갖는다.
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

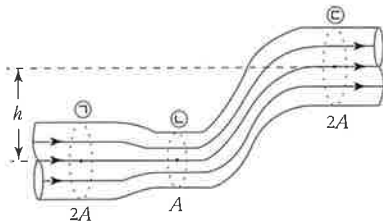
**12** 그림은 물을 분사하는 분무기를 나타낸 것이다. 이때 공기의 밀도를  $\rho$ , 물의 밀도를  $\rho_{\text{물}}$ , 대기압을  $P_0$ , 공기가 들어있는 부분(공기통)에서의 압력을  $P$ , 액체로부터 가는 관까지의 높이를  $h$ , 점 B에서의 최소 속력은  $v$ 이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A 지점은 액체 위 대기 중의 한 지점이다.)

- 〈 보기 〉
- ㄱ. 점 A와 B 사이의 압력 차는  $\rho gh$ 이다.
  - ㄴ. 분무기가 분사되기 위해서는  $P$ 가  $P_0 - \rho_{\text{물}}gh$ 보다 커야 한다.
  - ㄷ.  $P = P_0 - \rho_{\text{물}}gh + \frac{1}{2}\rho v^2$ 이다.
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**13** 밀도가  $\rho$  인 물이 그림과 같이 단면적이 변하는 관을 흐르고 있다. 관 내부의 세 점 ㉠, ㉡, ㉢ 에서 단면적은 각각  $2A$ ,  $A$ ,  $2A$  이고, ㉠ 과 ㉢ 의 높이차는  $h$  이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는  $g$  이다.)

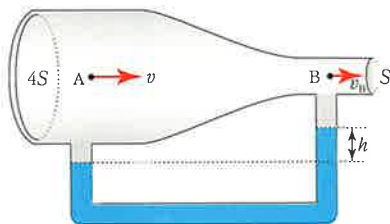
[수능 기출 유형]

< 보기 >

- ㄱ. 물의 압력은 ㉠ 이 ㉡ 보다 작다.
- ㄴ. 물의 속력은 ㉠ 과 ㉢ 이 같다.
- ㄷ. ㉠ 과 ㉢ 의 압력 차이는  $\rho gh$  이다.

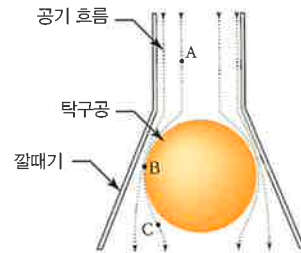
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**14** 그림과 같이 단면적이  $4S$  인 굵은 관과 단면적이  $S$  인 가는 관을 연결한 후 관 속에 기체를 흐르게 하였다. 점 A 에서 기체의 속력이  $v$  일 때 관 아랫부분에 연결된 유리관 속 액체 기둥의 높이 차가  $h$  였다. A 에서 기체의 속력이  $2v$  가 되면 점 B 에서 기체의 속력  $v_b$  과 유리관 속 액체 기둥의 높이차  $H$  를 바르게 짝지은 것은?



- |   |       |      |
|---|-------|------|
|   | $v_b$ | $H$  |
| ① | $2v$  | $2h$ |
| ② | $4v$  | $4h$ |
| ③ | $4v$  | $8h$ |
| ④ | $8v$  | $4h$ |
| ⑤ | $8v$  | $8h$ |

**15** 그림은 칼때기 속에 탁구공을 넣고 칼때기 속으로 공기를 불어 넣을 때 탁구공이 떨어지지 않고 정지해 있는 모습을 나타낸 것이다.



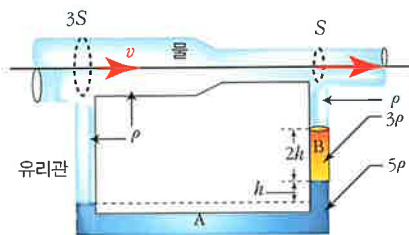
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 공기의 속력은 A 에서가 C 에서보다 크다.
- ㄴ. 공기의 압력은 B 에서가 C 에서보다 작다.
- ㄷ. 공기가 탁구공에 작용하는 합력의 방향은 위쪽이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**16** 그림은 단면적이 각각  $3S$ ,  $S$  인 관 속에서 물이 흐를 때, 관의 아랫 부분과 유리관이 연결된 모습을 나타낸 것이다. 유리관 속에서 액체 A 의 높이차는  $h$  이고, 액체 B 의 높이는  $2h$  이다. 액체 A, B, 물의 밀도는 각각  $5\rho$ ,  $3\rho$ ,  $\rho$  이다. 단면적이  $3S$  인 곳에서 물의 속력이  $v$  일 때, 단면적이  $3S$  인 곳과  $S$  인 곳의 압력 차  $P_1 - P_2$  와  $v^2$  을 바르게 짝지은 것은? (단, 중력 가속도는  $g$  이다.)

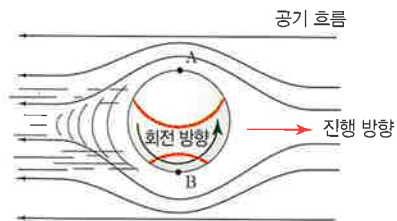


- |   |             |       |
|---|-------------|-------|
|   | $P_1 - P_2$ | $v^2$ |
| ① | $8\rho gh$  | $2gh$ |
| ② | $8\rho gh$  | $4gh$ |
| ③ | $8\rho gh$  | $8gh$ |
| ④ | $16\rho gh$ | $2gh$ |
| ⑤ | $16\rho gh$ | $4gh$ |



# 스스로 실력 높이기

**17** 그림은 야구공의 진행 방향과 공 주변의 공기 흐름을 나타낸 것이다.



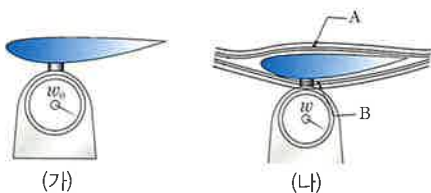
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 공의 중심에 대한 공기의 속력은 A가 B보다 작다.
- ㄴ. 공기의 압력은 A가 B보다 낮다.
- ㄷ. 공에 작용하는 마그누스 힘의 방향은 공의 진행 방향의 아래쪽이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**18** 그림 (가)는 모형 날개를 저울 위에 올려놓았더니 저울의 눈금이  $w_0$ 가 된 모습을 그림 (나)는 (가)의 모형 날개 주위로 공기가 흐를 때 저울의 눈금이  $w$ 가 되는 모습을 나타낸 것이다. A, B에서의 압력을 각각  $P_A, P_B$ 이라고 할 때, 저울의 눈금과 압력의 비교를 바르게 짝지은 것은?



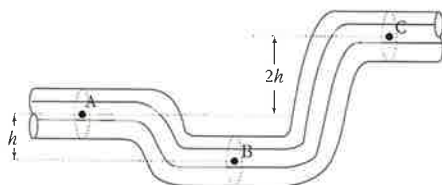
저울의 눈금

압력

- |   |           |             |
|---|-----------|-------------|
| ① | $w < w_0$ | $P_A > P_B$ |
| ② | $w < w_0$ | $P_A < P_B$ |
| ③ | $w > w_0$ | $P_A > P_B$ |
| ④ | $w > w_0$ | $P_A < P_B$ |
| ⑤ | $w > w_0$ | $P_A = P_B$ |

C

**19** 이상 유체가 그림과 같이 단면적이 일정한 관 속을 흐르고 있다. 관 속의 세 점 A, B, C에서 A와 B의 높이 차는  $h$ 이고, A와 C의 높이 차는  $2h$ 이다.



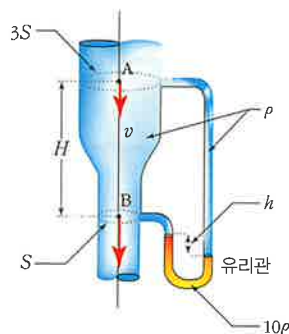
A와 B에서의 압력 차이가  $P_0$ 일 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

< 보기 >

- ㄱ. 유체의 속력은 C가 가장 빠르다.
- ㄴ. 유체의 압력은 A 위치보다 C 위치에서 더 작다.
- ㄷ. B와 C에서의 압력 차는  $2P_0$ 이다.

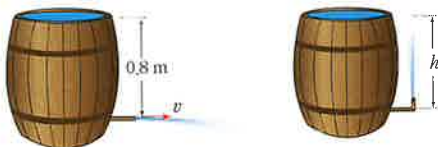
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**20** 그림은 굵기가 변하는 관 속에서 물이 아래로 흐르고 있는 모습을 나타낸 것이다. 점 A, B에서 단면적은 각각  $3S, S$ 이고 두 지점의 높이 차는  $H$ 이다. A에서 물의 속력이  $v$ 일 때, 관 오른쪽에 연결된 유리관 속 액체 기둥의 높이 차는  $h$ 이다. 물과 액체의 밀도가 각각  $\rho, 10\rho$ 일 때,  $h$ 는 얼마이겠는가? (단, 중력 가속도는  $g$ 이다.)



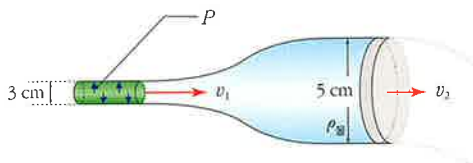
- ①  $\frac{v^2}{9g}$                       ②  $\frac{2v^2}{9g}$                       ③  $\frac{4v^2}{9g}$
- ④  $\frac{5v^2}{9g}$                       ⑤  $\frac{7v^2}{9g}$

**21** 그림은 빗물이 가득 찬 물통의 물 표면에서부터 0.8 m 아래 바닥 근처에 배출구가 달려 있는 모습이다. 그림 (가)는 배출구가 수평을 향하도록 열려 있는 모습을, 그림 (나)는 배출구가 위로 향해 열려 있는 모습을 나타낸 것이다. 그림 (가)에서 물이 나오는 속도  $v$  와 그림 (나)에서 물이 배출되었을 때 물의 최고 높이  $h$  를 바르게 짝지은 것은? (단, 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$  이고, 배출구의 단면은 물통의 단면에 비해 무시할 수 있을 정도로 작다.)



- |   |        |       |        |       |
|---|--------|-------|--------|-------|
|   | 그림 (가) | $v$   | 그림 (나) | $h$   |
| ① |        | 2 m/s |        | 0.2 m |
| ② |        | 2 m/s |        | 0.4 m |
| ③ |        | 4 m/s |        | 0.4 m |
| ④ |        | 4 m/s |        | 0.8 m |
| ⑤ |        | 8 m/s |        | 0.2 m |

**22** 그림은 수평으로 설치된 관을 통해 물이 속도  $v_1 = 15 \text{ m/s}$  로 흘러들어가서 대기 중으로 속도  $v_2$  로 나오는 모습을 나타낸 것이다. 왼쪽과 오른쪽 관의 지름이 각각 3 cm, 5 cm 일 때, 10 분 동안 흘러나오는 물의 양  $V$  와 지름 3 cm 인 왼쪽 관의 압력  $P$  를 바르게 짝지은 것은? (단,  $\pi = 3.14$ ,  $\rho_{\text{물}} = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $P_{\text{대기압}} = 1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  이다.)



- |   |                   |                                  |
|---|-------------------|----------------------------------|
|   | $V$               | $P$                              |
| ① | $5.4 \text{ m}^3$ | $1.01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ |
| ② | $5.4 \text{ m}^3$ | $1.01 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ |
| ③ | $6.4 \text{ m}^3$ | $2.02 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ |
| ④ | $6.4 \text{ m}^3$ | $3.08 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ |
| ⑤ | $6.4 \text{ m}^3$ | $6.16 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ |

**23** 그림은 강한 바람이 나오는 헤어드라이어 위에 탁구공을 놓았을 때, 탁구공이 왼쪽으로 운동하는 모습을 나타낸 것이다.

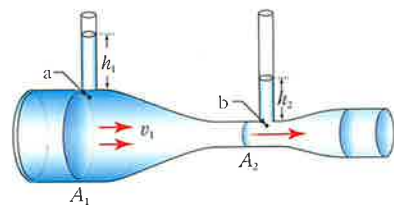


탁구공을 헤어드라이어 위에 놓는 순간에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- < 보기 —
- ㄱ. 탁구공에 작용하는 중력은 0 이다.
  - ㄴ. 공기의 속력은 B 지점이 A 지점보다 빠르다.
  - ㄷ. 탁구공에 작용하는 압력은 A 지점이 B 지점보다 낮다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ  
 ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**24** 그림과 같은 관 속으로 물이 흐르고 있다.  $A_1 = 2A_2$  이며, 연직관의 물의 높이는  $h_1 = 20 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 5 \text{ cm}$  이다. 이때 관 속 a 지점의 속도  $v_1$  은 얼마인가? (단, 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$  이다.)



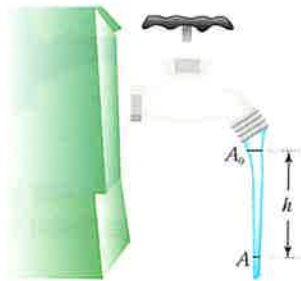
- ① 1 m/s                ② 2 m/s                ③ 3 m/s  
 ④ 4 m/s                ⑤ 5 m/s



# 스스로 실력 높이기

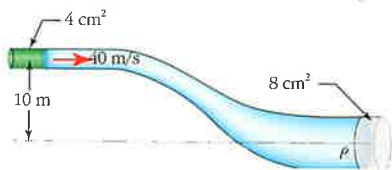
## 심화

**25** 그림은 수도꼭지에서 흘러나오는 물줄기를 나타낸 것이다. 물줄기의 수평 단면적이 변화하는 것은 중력이 물줄기의 속력을 증가시키기 때문이다.  $A_0 = 5 \text{ cm}^2$ ,  $A = 4 \text{ cm}^2$ ,  $h = 18 \text{ mm}$  라고 가정할 때 수도꼭지에서 흘러나오는 물의 부피 흐름율을 구하시오. (단, 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 이다.)



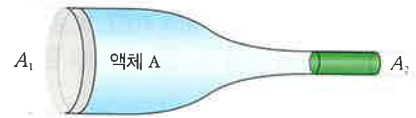
- ①  $100 \text{ cm}^3/\text{s}$
- ②  $200 \text{ cm}^3/\text{s}$
- ③  $300 \text{ cm}^3/\text{s}$
- ④  $400 \text{ cm}^3/\text{s}$
- ⑤  $500 \text{ cm}^3/\text{s}$

**26** 그림은 단면적  $4 \text{ cm}^2$ 의 관을 통해 물이  $40 \text{ m/s}$ 의 속력으로 움직이고 있는 모습을 나타낸 것이다. 관의 단면적이  $8 \text{ cm}^2$ 까지 서서히 증가하는 동안 관의 높이는  $10 \text{ m}$  감소한다. 높은 위치에서 물의 압력이  $1.0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 일 때 낮은 위치에서 물의 속력과 압력을 바르게 짝지은 것은? (단, 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , 물의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 이다.)



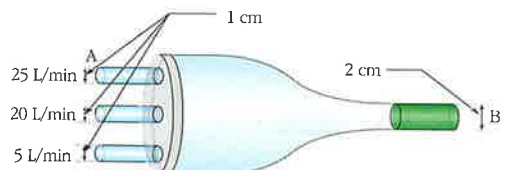
- |   | 속력               | 압력                             |
|---|------------------|--------------------------------|
| ① | $10 \text{ m/s}$ | $4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  |
| ② | $10 \text{ m/s}$ | $8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  |
| ③ | $20 \text{ m/s}$ | $4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  |
| ④ | $20 \text{ m/s}$ | $8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  |
| ⑤ | $20 \text{ m/s}$ | $16 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ |

**27** 그림처럼 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 인 액체 A가 단면적이  $A_1 = 1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 에서  $A_2 = 0.5A_1$ 로 점점 가늘어지는 관을 통해 수평으로 흐르고 있다. 관 양쪽의 압력 차이는  $6.0 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ 이다. 액체 A의 부피 흐름율을 구하시오.



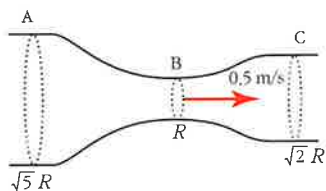
- ①  $1.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ②  $2.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ③  $3.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ④  $4.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- ⑤  $5.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

**28** 그림은 안지름  $2 \text{ cm}$ 의 관이 안지름이  $1 \text{ cm}$ 인 세 개의 관에 연결되어 있다. 작은 관에 흐르는 물의 흐름율을 각각  $25 \text{ L/min}$ ,  $20 \text{ L/min}$ ,  $5 \text{ L/min}$ 이라고 할 때, B관의 물 흐름율 R과  $\frac{\text{B관의 속력}}{\text{A관의 속력}}$ 을 바르게 짝지은 것은?



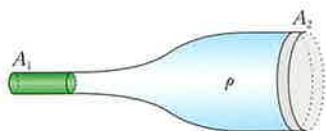
- |   | R                  | $\frac{\text{B관과 A관의 속력 비율}}$ |
|---|--------------------|-------------------------------|
| ① | $25 \text{ L/min}$ | 0.5                           |
| ② | $25 \text{ L/min}$ | 1.0                           |
| ③ | $50 \text{ L/min}$ | 0.5                           |
| ④ | $50 \text{ L/min}$ | 1.0                           |
| ⑤ | $50 \text{ L/min}$ | 1.5                           |

**29** 그림과 같이 반지름이  $\sqrt{5}R$  인 A 지점에서 반지름이  $R$  인 B 지점을 지나 반지름이  $\sqrt{2}R$  인 C 지점으로 물이 흐른다. B 지점에서 물의 속력은  $0.5 \text{ m/s}$  이다. 이때  $0.4 \text{ m}^3$ 의 물이 A 지점에서 C 지점으로 이동하였을 때 한 일은 얼마인가? (단, 물의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 이다.)



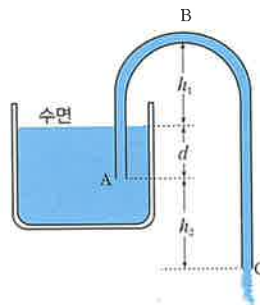
- ① 2.5J                      ② 4.5J                      ③ 6.5J  
 ④ 8.5J                      ⑤ 10.5J

**30** 그림은 밀도  $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$ 인 액체가 수평으로 놓인 관을 따라 흐르는 모습을 나타낸 것이다. 관의 단면적은 각각  $A_1 = 4 \text{ m}^2$ ,  $A_2 = 5 \text{ m}^2$ 이고,  $A_1$ 과  $A_2$ 에서의 압력 차이는  $4050 \text{ N/m}^2$ 이다. 부피 흐름을  $R$ 은 얼마인가?



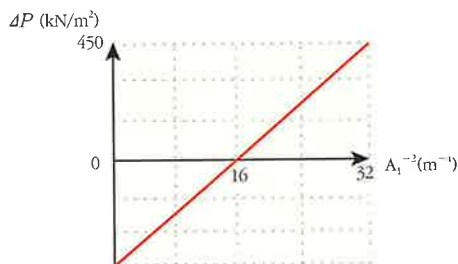
- ①  $10 \text{ m}^3/\text{s}$                       ②  $20 \text{ m}^3/\text{s}$                       ③  $30 \text{ m}^3/\text{s}$   
 ④  $40 \text{ m}^3/\text{s}$                       ⑤  $50 \text{ m}^3/\text{s}$

**31** 그림은 통에 담긴 액체를 U자 형 유리관으로 빨아내는 모습을 나타낸 것이다. 유리관을 액체로 한번 채우기만 하면 통 안에 있는 액체의 높이가 관의 입구 A와 같아질 때까지 액체가 계속해서 흘러나간다. 액체의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $h_1 = 30 \text{ cm}$ ,  $d = 12 \text{ cm}$ ,  $h_2 = 40 \text{ cm}$ 이다. 이때 C에서 액체가 나오는 속력  $v_C$ 는 얼마인가? (단, 액체의 점성은 무시하고, 관 입구의 면적은 통의 면적에 비해 무시할 만큼 작다. 중력 가속도  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 이다.)



- ①  $1.1 \text{ m/s}$                       ②  $2.2 \text{ m/s}$                       ③  $3.2 \text{ m/s}$   
 ④  $4.2 \text{ m/s}$                       ⑤  $5.2 \text{ m/s}$

**32** 단면적  $A_1$ 의 관으로부터 단면적  $A_2$ 의 관으로 물이 흐른다. 그래프는 어떤 부피 흐름율에 대해  $P_2 - P_1$ 을  $A_1^{-2}$ 의 함수로 나타낸 것이다.  $A_2$ 는 불변이고, 유체는 정상 흐름이라고 할 때 부피 흐름율은 얼마인가? (단, 유체의 밀도  $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 이고, 유체가 흐르는 높이는 같다.)



- ①  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$                       ②  $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$                       ③  $5.5 \text{ m}^3/\text{s}$   
 ④  $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$                       ⑤  $9.5 \text{ m}^3/\text{s}$