

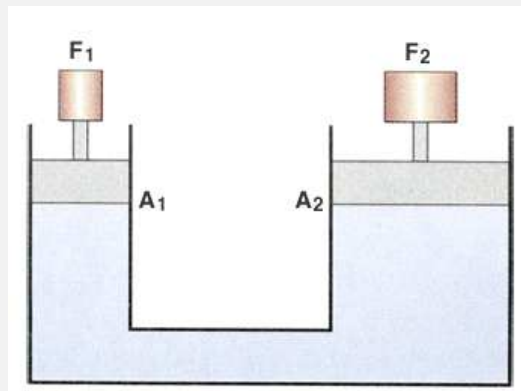
# 과학1강: 유체의 압력, 파스칼의 법칙, 일의 원리, 베르누이 법칙, 부력, 양력

## 교과서 확인하기

\*유체는 외부로부터 힘을 받을 때 연속적으로 변형되는 특징을 지니고 있기 때문에 고체처럼 한 점에 힘을 주었을 때 나타나는 현상을 볼 수 없다. 대신 유체에서는 압축에 의해 힘이 전달되기 때문에 유체의 특성을 서술할 때는 ‘압력’이라는 개념을 사용한다.

압력은 단면에 수직으로 작용하고 있는 힘과 그 힘을 받는 면적의 비로 나타낸다. 즉 압력을 P, 수직으로 작용하는 힘을 F, 힘을 받고 있는 면적을 A라고 할 때  $P = \frac{F}{A}$ 이다. 압력의 단위로는 Pa(파스칼)을 사용하고, 이는 N/m<sup>2</sup>과 같다. 프랑스의 과학자였던 파스칼은 유체 표면에서 압력이 가해질 때 유체의 모든 지점에 같은 크기의 압력이 전달된다는 것을 발견하였다. 이것을 파스칼의 법칙이라고 한다.

☞ 파스칼의 법칙에 의하면 ( )



<그림>

위의 <그림>과 같이 단면적이 각각 A<sub>1</sub>과 A<sub>2</sub>인 실린더 1, 2가 서로 관으로 연결되어 있고, 관은 액체로 채워져 있으며 두 실린더에는 움직일 수 있는 피스톤이 설치되어 있다. 실린더1의 피스톤에 힘 F<sub>1</sub>을 작용한다면 실린더1의 피스톤이 유체에 작용하는 압력은  $P = \frac{F_1}{A_1}$ 이 된다. 파스칼 법칙에 따라 압력은 유체 내의 어디나 같기 때문에 실린더2의 피스톤에도 같은 압력이 작용한다. 따라서 압력  $P = \frac{F_1}{A_1}$ 이 피스톤2의 단면적 모든 부분에 작용하기 때문에  $\frac{F_2}{A_2} = \frac{F_1}{A_1}$ 으로부터 실린더1에 작용한 힘F<sub>1</sub>은 실린더2에 작용하는 힘  $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$ 으로 나타낼 수 있다. 그리고 이 식으로부터 실린더2의 단면적 A<sub>2</sub>가 실린더1의 단면적 A<sub>1</sub>보다 더 크면 클수록 더 큰 힘을 얻게 됨을 알 수 있다.

☞ <그림>의 장치를 활용하면 (□작은 힘 □큰 힘)을 주어서 (□작은 힘 □큰 힘)을 얻을 수 있다.

일은 물체에 가해진 힘과 이동 거리의 곱으로 표현할 수 있다. 위 실험에서 작은 피스톤은 단면적이 작기 때문에 같은 부피의 유체를 밀어내기 위해서는 힘은 적게 들이지만 더 많은 거리를 이동해야 한다. 즉 작은 피스톤은 작은 힘으로 긴 거리를 이동하고 큰 피스톤은 큰 힘으로 짧은 거리를 이동하므로 두 피스톤이 유체에 작용한 일은 같게 된다.

㉠ 작은 피스톤은 단면적이 작으므로 같은 부피의 유체를 밀어내기 위해 힘은 더 적게 들이지만, ( )해야 하기 때문에 결과적으로 ( )

부력은 유체의 압력으로 인해 생겨나는 대표적인 힘이다. 아르키메데스는 <뜨는 물체에 관하여>라는 책에서 “액체에 잠긴 물체는 잠긴 부분의 부피에 해당하는 액체의 무게만큼 가벼워진다.”라고 말하였다. 이것을 아르키메데스 법칙이라고 한다. 부력은 단지 물과 같은 액체에서만 볼 수 있는 것이 아니라 기체에서도 나타난다. 다만 우리 몸이 물속에 들어갔을 때 느낄 수 있는 효과와는 달리, 대기 중에서 그 효과가 매우 작을 뿐 아니라 이미 대기 중에서의 생활에 익숙해 있기 때문에 우리가 느끼지 못할 뿐이다. 대기 중에서 부력과 관련된 현상은 놀이 공원에서 살 수 있는 헬륨 풍선이나 날아가는 \*열기구에서 잘 볼 수 있다.

㉠ 부력은 유체의 압력으로 인해 생겨나는 힘으로서 대기 중에서보다는 물속에서 크게 느낄 수 있다.

물속에 육면체 금속 덩이를 넣었다고 하자. 원래 물이 있던 자리에 금속 덩이가 들어오면, 물은 금속 덩이의 부피만큼 밀려나게 된다. 밀려난 물은 금속 덩이가 차지한 자리로 되돌아가려고 압력을 주게 되고, 이것이 부력을 발생시킨다. 금속 덩이의 모든 부분에 작용하는 이 압력을 전부 합하면 금속 덩이의 부피에 해당하는 물의 \*무게와 같다. 따라서 부력은 잠긴 부피에 해당하는 유체의 무게와 같다고 할 수 있다. 일상생활에서 경험하는 부력은 물체가 밀어낸 유체의 무게와 관련되어 있기 때문에 근본적으로는 중력과 관련된 현상이며, \*중력과 반대방향으로 작용하여 물체를 위로 미는 힘이라 이해할 수 있다.

㉠ 부력은 ( )이 제자리로 되돌아가기 위해 물체에 가하는 ( )으로서, 그 크기는 ( )와 같다.

수면 위에 정지한 물체가 있다면 이 물체에는 같은 크기의 부력과 중력이 작용하는 것으로 볼 수 있다. 부력과 중력은 서로 반대 방향으로 작용하는 힘이므로 물체에 작용하는 \*합력은 0이 된다. 그러므로 수면 위에 떠 있는 물체는 그 상태를 계속 유지할 수 있다.

[수능국어 필수 어휘]

- \* 유체: 액체와 기체를 합쳐 부르는 용어. 변형이 쉽고 흐르는 성질을 갖고 있으며 형상이 정해지지 않았다는 특징이 있다
- \* 수압: 물속에 있는 물체의 표면에 작용하는 압력
- \* 열기구: 안의 공기를 불로 데워, 비중이 가벼워지면서 하늘로 떠오르게 만든 기구
- \* 중력: 물체를 지구 중심으로 끌어당기는 힘 \* 무게: 중력의 크기
- \* 힘의 합력: 다른 말로 '알짜힘'이라고도 한다. 물체에 작용하는 모든 힘을 방향까지 고려하여 합한 것이다. 특별히 알짜힘, 즉 힘의 합력이 0인 경우를 일컬어 '힘의 평형을 이루었다'고 한다. 두 힘이 평형을 이루기 위해서는 같은 크기의 두 힘이 반대로 작용해야 한다. 알짜힘(힘의 합력)에 대한 자세한 설명은 2강을 참조한다.

[참고1] “중력과 무게”

높은 산에 올라가면 몸무게가 줄어든다.

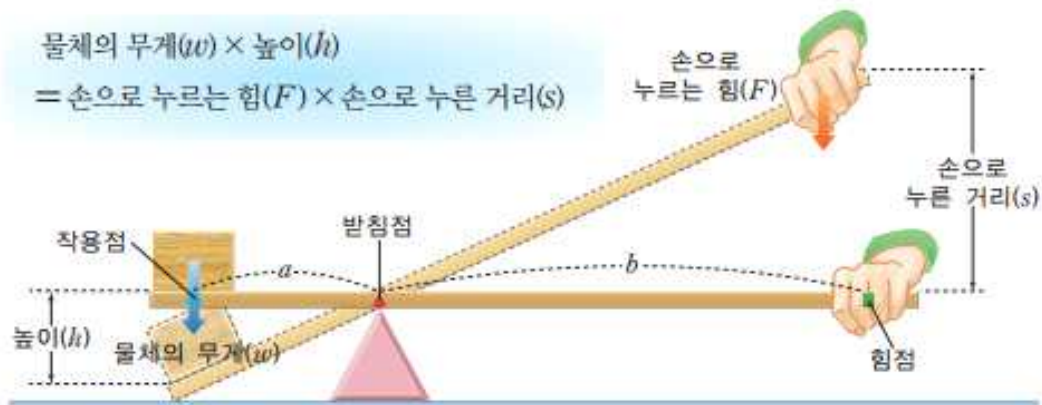
왜 그럴까? 산에 오르느라 운동을 열심히 해서 살이 빠져서 그런 거라고 생각할 수도 있겠지만 그보다 더 큰 이유는 높이가 아주 높은 산은 높이가 낮은 다른 곳보다 지구 중심에서 멀리 떨어져 있기 때문이다. 지구 중심에서 멀리 떨어져 있을수록 지구가 당기는 힘이 약해져서 저울로 무게를 재면 몸무게도 약간 줄어든 것처럼 보이는 것이다.

즉 ‘무게’는 지구가 물체를 잡아당기는 힘인 중력의 크기를 의미한다고 볼 수 있다.



[참고2] “지레의 원리”

위에서 두 피스톤이 한 일은 지레의 원리로 설명할 수 있다. 지레에는 힘이 직접 작용하는 **힘점**, 지레의 한 부분을 움직이지 않도록 고정시켜 주는 **받침점**, 힘이 물체에 작용하는 **작용점**이 있다. 지레를 이용하여 일을 할 때 받침점으로부터 힘점까지의 거리가 멀수록 작은 힘으로 물체를 들어 올릴 수 있지만 지레의 이동 거리는 길어진다. 이와 같은 지레의 원리를 식으로 나타내면 다음과 같다.





## 핵심원리 뽑기

핵심1	<b>파스칼의 법칙</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유체 표면에서 압력이 가해질 때 유체의 모든 지점에 같은 크기의 ( ) 이 전달된다.</li> <li>실린더2의 단면적 <math>A_2</math>가 실린더1의 단면적 <math>A_1</math>보다 더 크면 클수록 가해준 힘에 비해 더 큰 힘을 얻게 된다.</li> </ul> $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$
핵심2	<b>일의 원리</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>도구를 이용하면 더 ( )으로 일을 할 수 있지만 도구를 이용할 때나 이용하지 않을 때나 힘이 한 ( )의 양은 같다.</li> </ul>
핵심3	<b>부력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>물체가 유체 속에 있을 때 위로 뜨게 하는 힘</li> </ul>
핵심4	<b>무게(중력)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>물체를 지구중심으로부터 끌어당기는 힘</li> </ul>



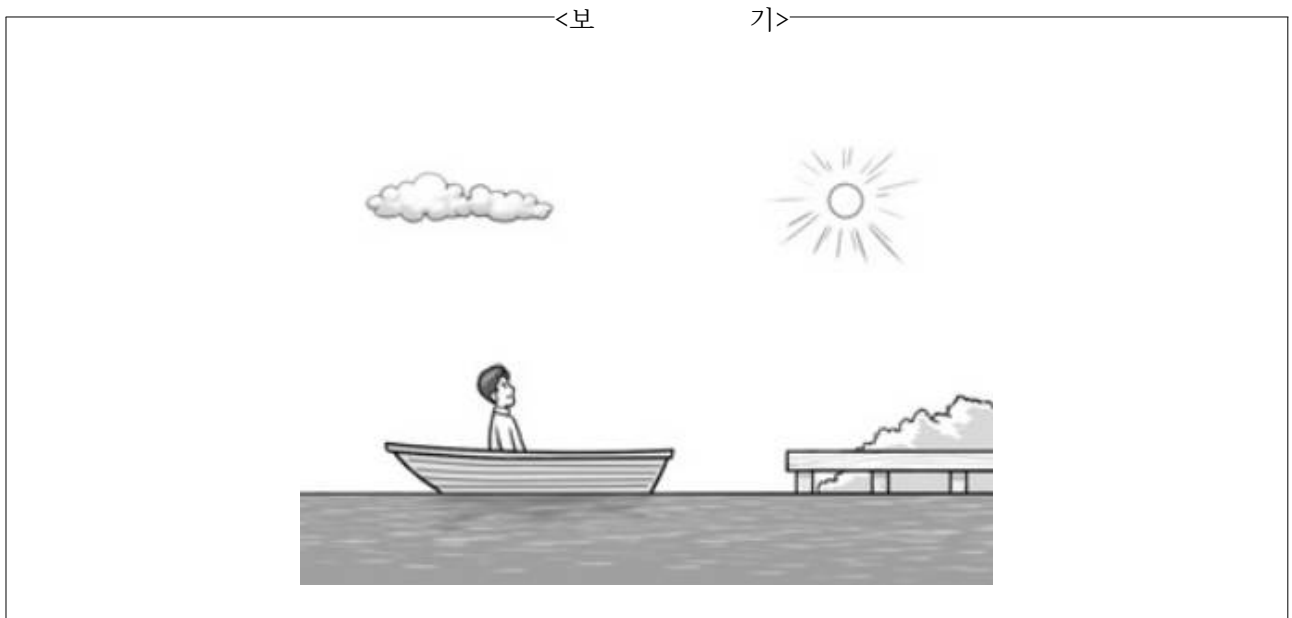
## 핵심 확인하기

- ① 유체의 압력은 부력을 발생시키는 요인으로 작용한다. <O/X>
- ②  $A_1$ 에  $F_1$ 보다 더 큰 힘을 가해도  $A_2$ 가 유체로부터 받는 힘의 크기에는 변함이 없다. <O/X>
- ③ 부력은 공기 중에서도 작용하지만 물속에서 작용하는 부력만큼 잘 느낄 수는 없다. <O/X>
- ④  $F_1$ 에 같은 크기의 힘을 가한다고 가정했을 때  $A_1$ 과  $A_2$ 의 비율이 1:10이라면 1:5일 때보다 두 배의 일을 할 수 있다. <O/X>
- ⑤ 파스칼의 법칙에 의하면, 물체에 수직으로 작용하는 힘이 일정하다면, 단면적이 큰 물체일수록 물체에 가해지는 압력은 작아진다. <O/X>



문제로 확인하기

■ <보기>와 같이 철수가 탄 배가 잔잔한 호수에 정지해 있다. 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 있는 대로 고른 것은?



- ㄱ. 더 작은 크기의 배라면 지금보다 더 큰 부력이 작용한다.
- ㄴ. 철수가 배를 누르는 힘은 물이 배에 작용하는 부력과 평형을 이룬다.
- ㄷ. 철수와 배에 작용하는 중력의 크기의 합은 물이 배에 작용하는 부력의 크기와 같다.

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

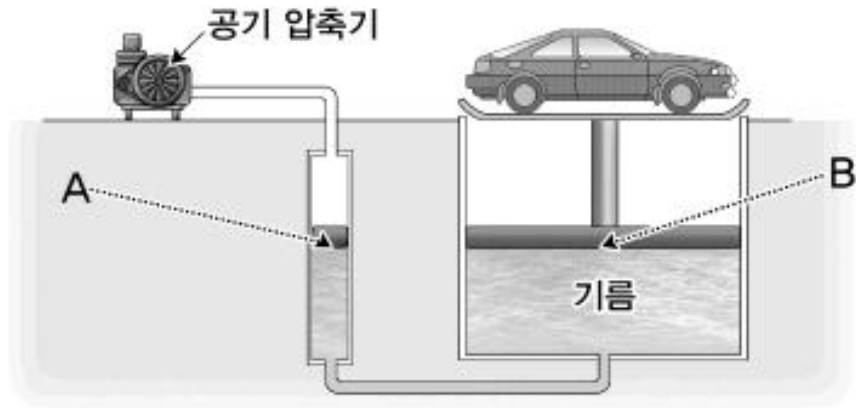
↳ 교과서 본문 다시 보기

-- 밀려난 물은 금속 덩이가 차지한 자리로 되돌아가려고 압력을 주게 되고, 이것이 부력을 발생시킨다. 금속 덩이의 모든 부분에 작용하는 이 압력을 전부 합하면 금속 덩이의 부피에 해당하는 물의 무게와 같다. 따라서 부력은 잠긴 부피에 해당하는 유체의 무게와 같다고 할 수 있다. 일상생활에서 경험하는 부력은 물체가 밀어낸 유체의 무게와 관련되어 있기 때문에 근본적으로는 중력과 관련된 현상이며, 중력과 반대방향으로 작용하여 물체를 위로 미는 힘이라 이해할 수 있다.

수면 위에 떠 있는 물체가 있다면 이 물체에는 같은 크기의 부력과 중력이 작용하는 것으로 볼 수 있다. 부력과 중력은 서로 반대 방향으로 작용하는 힘이므로 물체에 작용하는 합력은 0이 된다. 그러므로 수면 위에 떠 있는 물체는 그 상태를 계속 유지할 수 있다.



**절대필수 자료**  
-파스칼의 법칙



▲ 파스칼의 원리를 이용한 공기 압축기

↳ 교과서 본문 다시 보기

프랑스의 과학자였던 파스칼은 유체 표면에서 압력이 가해질 때 유체의 모든 지점에 같은 크기의 압력이 전달된다는 것을 발견하였다. 이것을 파스칼의 법칙이라고 한다.

실린더1에 작용한 힘  $F_1$ 은 실린더2에서는 힘  $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$ 으로 나타난다. 이 식으로부터 실린더2의 단면적  $A_2$ 가 실린더1의 단면적  $A_1$ 보다 더 크면 클수록 더 큰 힘을 얻게 됨을 알 수 있다.

작은 피스톤은 단면적이 작기 때문에 같은 부피의 유체를 밀어내기 위해서는 힘은 적게 들지만 더 많은 거리를 이동해야 한다. 일은 물체에 가해진 힘과 이동 거리의 곱으로 표현이 되는데, 작은 피스톤은 작은 힘으로 긴 거리를 이동하는 데 비해 큰 피스톤은 큰 힘으로 짧은 거리를 이동하므로 두 피스톤이 유체에 작용한 일은 같게 된다. 이는 마치 지레에서 받침점을 무거운 물체 쪽에 가까이 두면 적은 힘으로 무거운 물체를 들 수 있지만, 같은 높이만큼 물체를 들어올리기 위해서 더 많은 거리를 눌러주어야 하는 것과 같은 원리이다.

**1. 공기 압축기의 기능은?**

☞ A에 힘을 가하는 역할을 함

2. '교과서 확인하기' 1~2문단에서 '기름'에 해당하는 말이 무엇인지 찾아 써 보자.



3. A와 B에 작용하는 압력의 크기는?

$A > B$         $A < B$         $A = B$

4. 다른 조건은 변함없다고 가정했을 때, B가 더 큰 힘을 받을 수 있는 방법은?

B의 단면적을 (작게 한다. 크게 한다.)

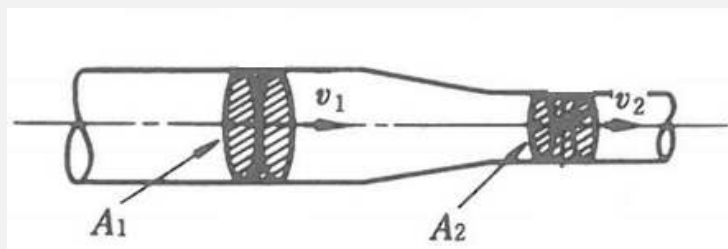
5. A에 압력을 가했을 때, 표면이 이동하는 거리는?

$A > B$         $A < B$         $A = B$

## 교과서 확인하기 (2)

유체의 연속방정식은 유체의 질량이 보존되어야 한다는 것을 의미한다. 즉 유체가 관을 따라 흐를 때, 주어진 시간 동안 이동한 유체의 질량이 어느 지점에서나 항상 같아야 한다는 것을 뜻한다. 예를 들어 <그림1>과 같이 굵기가 변하는 관을 통해 유체가 통과한다고 하자. 질량이 보존되어야 하기 때문에 같은 시간 동안 단면적  $A_1$ 과  $A_2$ 를 통과한 질량은 서로 같아야 한다. 그러기 위해서는 좁은 관을 통과할 때는 넓은 관을 통과할 때보다 속도( $v$ )가 빨라야 할 것이다. 이러한 원리를 고려했을 때,  $V_1A_1 = V_2A_2$ 라는 식을 도출할 수 있다.

✎ 연속방정식에 의하면 유체가 관을 따라 흐를 때 어느 지점에서나 질량이 항상 같아야 하므로 좁은 관을 통과할 때는 넓은 관을 통과할 때보다 속도가 빠르다.



<그림1>

한편 베르누이는 비압축적이고 \*점성을 가지지 않은 유체가 같은 경로를 이동할 때 빠르게 움직이는 유체가 천천히 흐르는 유체보다 작은 압력을 준다는 사실을 발견했다. 이를 베르누이 법칙이라고 한다.

헤어 드라이어를 위로 곧게 향하게 한 후 작동시킨다고 가정해 보자. 헤어 드라이어가 작동하면 주둥이 가까이에 공기가 흐르는 경로에 탁구공을 위치시키고 손을 뗀다. 이 때 탁구공은 공기의 흐름 경로 가운데에 머물러 있는 것을 관찰할 수 있게 된다. 이는 공 주위에서 빠르게 흐르는 공기가 방 안의 정지된 공기보다 압력이 낮기 때문에 나타난 현상이다. 즉 정지된 공기의 압력이 더 크기 때문에 이 공기가 빠르게 움직이는 공기를 밀어서 공을 제자리에 머물게 만든 것이다.



✎ 탁구공이 공기의 흐름 경로 가운데 머물러 있게 된 것은 정지된 공기의 압력이 흐르는 공기의 압력보다 더 (□작기 □크기) 때문이다.



<그림2>

베르누이의 법칙이 적용된 대표적인 예 중의 하나가 양력을 얻기 좋은 항공기의 날개 모양이다. <그림2>와 같이 날개 앞에서 인접한 공기 입자가 동시에 출발하여 날개 뒤에서 동시에 만난다고 한다면, 날개 위를 지나가는 공기의 흐름은 날개 아래를 지나간 공기의 흐름보다 빨라야 한다. 날개 위를 통과하는 공기의 속력이  $V_2$ , 날개 아래를 통과하는 공기의 속력이  $V_1$ 이라면, 베르누이의 법칙에 따라 날개 아

래와 위 사이의 압력 차이( $P_1 - P_2$ )는  $V_2^2 - v_1^2$ 에 비례한다. 따라서 지상을 달리는 비행기의 속력이 커지면 커질수록 압력의 차이는 더욱 커지게 되고, 만일 이 압력의 차이에 의한 양력이 비행기의 중력보다



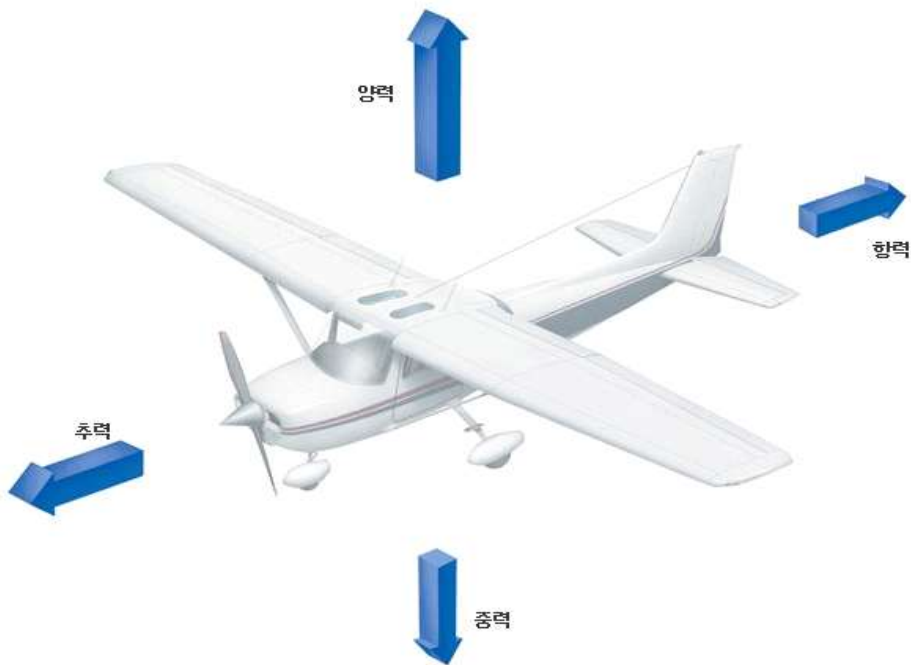
커진다면 비행기는 위로 뜰 수 있게 된다.

✎ 양력이 발생하는 이유는 날개 위를 지나가는 공기와 아래를 지나가는 공기의 ( ) 차에 의해 ( )의 차이가 발생하기 때문이다.

[수능국어 필수 어휘]

\* 점성: 액체의 끈끈한 성질

### [참고1] “비행기에 작용하는 힘”



비행에 관련된 네 가지 힘이 비행기를 밀고 당긴다. 양력은 중력에 서로 반대 방향으로 작용하고, 추진력은 저항력과 서로 반대 방향으로 힘이 작용한다.

- **중력**은 물체를 아래로 끌어당기는 힘으로, 이 때문에 물체는 무게를 지니게 된다. 모든 물질은 무게를 지닌다. 무게는 물체가 얼마나 무겁고 가벼운가를 뜻한다. 중력이 없다면 비행기는 착륙할 수 없을 것이다.
- **양력**은 비행기가 공기 중에 떠 있도록 지탱하는 힘을 말한다. 날개는 비행기에 작용하는 대부분의 양력을 만들어 낸다.
- **추진력**은 비행기를 앞으로 나갈 수 있게 하는 힘으로써 주로 엔진의 프로펠러에 의해 생겨난다.
- **저항력**은 공기와의 마찰과 기압의 차이에 의해 발생한다. 차창 밖으로 손을 내밀면 손이 뒤로 밀리는 것을 느낄 수 있는데, 이것이 저항력이다. 저항력은 비행기의 속도를 늦추고 비행기가 착륙할 수 있도록 해준다.

이 네 가지 힘 각각이 비행기에 작용하여 비행기를 각기 다른 방식으로 움직이게 만든다. 양력은 중력과 서로 반대 방향으로 작용하고, 추진력은 저항력의 반대 방향으로 작용한다. 이 힘들이 균형을 이루면 비행기는 수평 방향으로 비행한다. 양력과 추진력이 무게와 저항력보다 더 강하면 비행기가 위로 떠오른다. 무게와 저항력이 양력과 추진력보다 더 크면 비행기는 아래로 내려간다. 비행기는 비행에 관련된 이 네 가지 힘이 작용으로 날 수 있는 것이다.



## 핵심원리 뽑기

핵심1	<b>유체의 연속방정식</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유체가 관을 따라 흐를 때, 주어진 시간 동안 이동한 유체의 ( )이 어느 지점에서나 항상 같아야 한다.</li> <li>( ) 관을 통과할 때는 ( ) 관을 통과할 때보다 속도(<math>v</math>)가 빨라야 한다.</li> </ul>
핵심2	<b>베르누이 법칙</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>빠르게 움직이는 유체가 천천히 흐르는 유체보다 ( ) 압력을 준다.</li> </ul>
핵심3	<b>양력</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>물체의 윗면과 아랫면을 지나는 유체의 ( )에 따라 ( )의 차이가 발생할 때 물체를 위로 떠오르게 하는 힘</li> </ul>



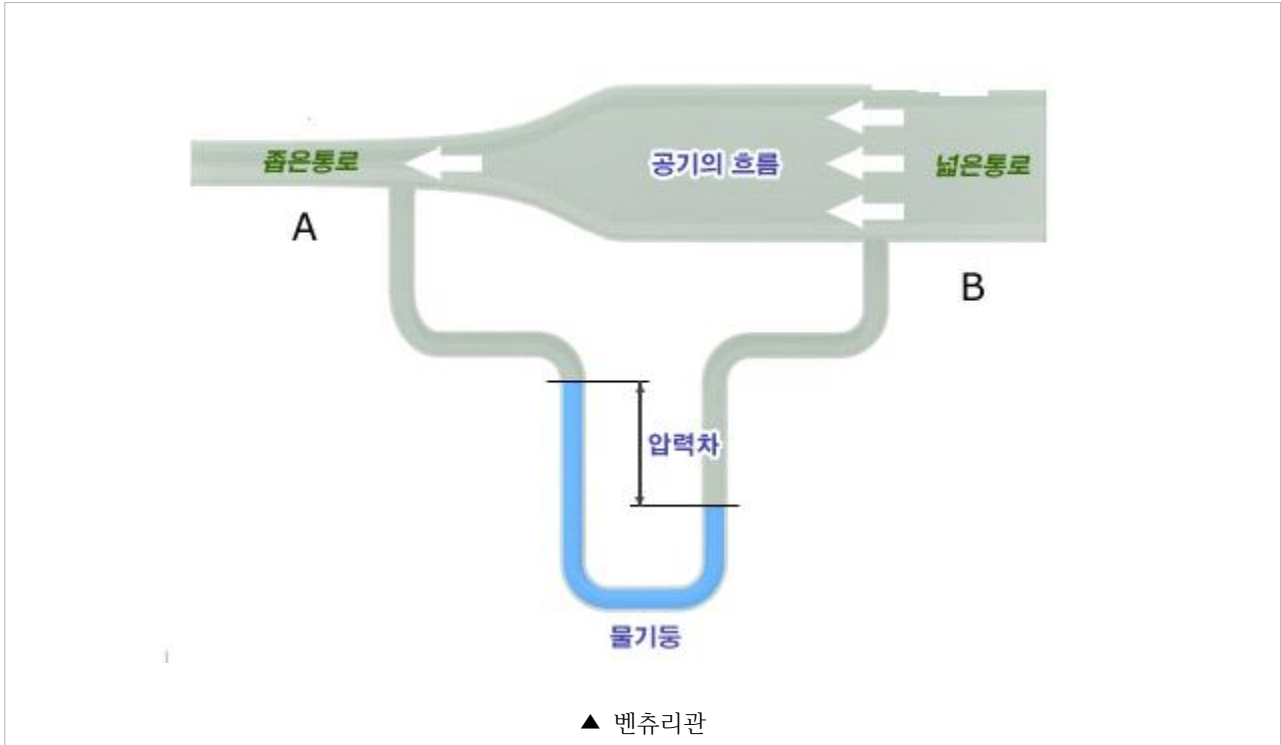
## 핵심 확인하기

- 양력이 발생하면 비행기는 위로 떠오를 수 있다. <O/X>
- 베르누이의 원리는 유체가 고정되어 있을 때 생겨나는 현상을 설명해준다. <O/X>
- 항공기의 날개 윗면과 아랫면의 모양이 다른 것은 공기의 속도 차를 발생시킨다. <O/X>
- 비행기의 날개에 양력이 생기려면 날개 위와 아래에서 압력의 차이가 발생해야 한다. <O/X>
- 탁구공 실험에서 탁구공이 머물러 있는 것은 공기의 압력 차 때문에 생겨나는 현상이다. <O/X>



## 절대필수 자료

-베르누이 법칙



### ↳ 교과서 본문 다시 보기

유체의 연속방정식은 유체의 질량이 보존되어야 한다는 것을 의미한다. 즉 유체가 관을 따라 흐를 때, 주어진 시간 동안 이동한 유체의 질량이 어느 지점에서나 항상 같아야 한다는 것을 뜻한다. 예를 들어 <그림1>과 같이 굵기가 변하는 관을 통해 유체가 통과한다고 하자. 질량이 보존되어야 하기 때문에 같은 시간 동안 단면적  $A_1$ 과  $A_2$ 를 통과한 질량은 서로 같아야 한다. 그러기 위해서는 좁은 관을 통과할 때는 넓은 관을 통과할 때보다 속도( $v$ )가 빨라야 할 것이다. 이러한 원리를 고려했을 때,  $V_1A_1 = V_2A_2$  라는 식을 도출할 수 있다. --

한편 베르누이는 비압축적이고 점성을 가지지 않은 유체가 같은 경로를 이동할 때 빠르게 움직이는 유체가 천천히 흐르는 유체보다 작은 압력을 준다는 사실을 발견했다. 이를 베르누이 법칙이라고 한다.

1. 속력이 더 빠른 곳은?

A       B

2. 압력이 더 큰 곳은?

A       B



## 기출 확인하기(1)

어떤 물체가 물이나 공기와 같은 유체 속에서 자유 낙하할 때 물체에는 중력, 부력, 항력이 작용한다. 중력은 물체의 질량에 중력 가속도를 곱한 값으로 물체가 낙하하는 동안 일정하다. 부력은 어떤 물체에 의해서 배제된 부피만큼의 유체의 무게에 해당하는 힘으로, 항상 중력의 반대 방향으로 작용한다. 빗방울에 작용하는 부력의 크기는 빗방울의 부피에 해당하는 공기의 무게이다. 공기의 밀도는 물의 밀도의 1,000분의 1 수준이므로, 빗방울이 공기 중에서 떨어질 때 부력이 빗방울의 낙하 운동에 영향을 주는 정도는 미미하다. 그러나 스티로폼 입자와 같이 밀도가 매우 작은 물체가 낙하할 경우에는 부력이 물체의 낙하 속도에 큰 영향을 미친다.

물체가 유체 내에 정지해 있을 때와는 달리, 유체 속에서 운동하는 경우에는 물체의 운동에 저항하는 힘인 항력이 발생하는데, 이 힘은 물체의 운동 방향과 반대로 작용한다. 항력은 유체 속에서 운동하는 물체의 속도가 커질수록 이에 상응하여 커진다. 항력은 마찰 항력과 압력 항력의 합이다. 마찰 항력은 유체의 점성 때문에 물체의 표면에 가해지는 항력으로, 유체의 점성이 크거나 물체의 표면적이 클수록 커진다. 압력 항력은 물체가 이동할 때 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의해 생기는 항력으로, 물체의 운동 방향에서 바라본 물체의 단면적이 클수록 커진다.

안개비의 빗방울이나 미세 먼지와 같이 작은 물체가 낙하하는 경우에는 물체의 전후방에 생기는 압력 차가 매우 작아 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지한다. 빗방울의 크기가 커지면 전체 항력 중 압력 항력이 차지하는 비율이 점점 커진다. 반면 스카이다이버와 같이 큰 물체가 빠른 속도로 떨어질 때에는 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의한 압력 항력이 매우 크므로 마찰 항력이 전체 항력에 기여하는 비중은 무시할 만하다.

빗방울이 낙하할 때 처음에는 중력 때문에 빗방울의 낙하 속도가 점점 증가하지만, 이에 따라 항력도 커지게 되어 마침내 항력과 부력의 합이 중력의 크기와 같아지게 된다. 이때 물체의 가속도가 0이 되므로 빗방울의 속도는 일정해지는데, 이렇게 일정해진 속도를 종단 속도라 한다. 유체 속에서 상승하거나 지면과 수평으로 이동하는 물체의 경우에도 종단 속도가 나타나는 것은 이동 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형에 의한 것이다.

**1. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?**

- ① 스카이다이버가 낙하 운동할 때에는 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지하게 된다.
- ② 물체가 유체 속에서 운동할 때 물체 전후방에 생기는 압력 차는 그 물체의 속도를 증가시킨다.
- ③ 낙하하는 물체의 속도가 종단 속도에 이르게 되면 그 물체의 가속도는 중력 가속도와 같아진다.
- ④ 균일한 밀도의 액체 속에서 낙하하는 동전에 작용하는 부력은 항력의 크기에 상관없이 일정한 크기를 유지한다.
- ⑤ 균일한 밀도의 액체 속에 완전히 잠겨 있는 쇠 막대에 작용하는 부력은 서 있을 때보다 누워 있을 때가 더 크다.

**2. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은?**

<보 기>

크기와 모양은 같으나 밀도가 서로 다른 구 모양의 물체 A와 B를 공기 중에 고정하였다. 이때 물체 A와 B의 밀도는 공기보다 작으며, 물체 B의 밀도는 물체 A보다 더 크다. 물체 A와 B를 놓아 주었더니 두 물체 모두 속도가 증가하며 상승하다가, 각각 어느 정도 시간이 지난 후 각각 다른 일정한 속도를 유지한 채 계속 상승하였다. (단, 두 물체는 공기나 다른 기체 중에서 크기와 밀도가 유지되도록 제작되었고, 물체 운동에 영향을 줄 수 있는 기체의 흐름과 같은 외적 요인들이 모두 제거되었다고 가정함.)

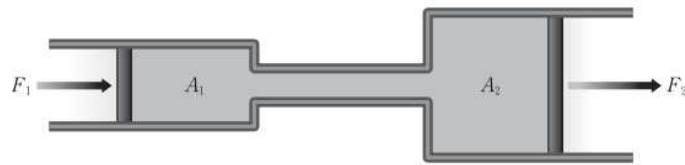
- ① A와 B가 고정되어 있을 때에는 A에 작용하는 항력이 B에 작용하는 항력보다 더 작겠군.
- ② A와 B가 각각 일정한 속도를 유지할 때 A에 작용하고 있는 항력은 B에 작용하고 있는 항력보다 더 작겠군.
- ③ A에 작용하는 부력과 중력의 크기 차이는 A의 속도가 증가하고 있을 때보다 A가 고정되어 있을 때 더 크겠군.
- ④ A와 B 모두 일정한 속도에 도달하기 전에 속도가 증가하는 것으로 보아 A와 B에 작용하는 항력이 점점 감소하기 때문에 일정한 속도에 도달하는 것이겠군.
- ⑤ 공기보다 밀도가 더 큰 기체 내에서 B가 상승하여 일정한 속도를 유지할 때 B에 작용하는 항력은 공기 중에서 상승하여 일정한 속도를 유지할 때 작용하는 항력보다 더 크겠군.



## 기출 확인하기(2)

고체의 표면에 힘이 작용할 때 압력은 그 힘이 작용한 원래 방향으로만 고체를 통해 전달된다. 의자에 앉으면 체중은 의자의 다리들로 전달되고 그 압력이 바닥으로 전달된다. 그러나 유체에서는 힘이 일으키는 압력이 유체를 통해 전달되어 모든 면에 미친다. 예를 들어 치약 튜브의 옆면을 누르면 치약이 주둥이에서 빠져 나온다. 유체의 이러한 성질은 ‘파스칼의 원리’ 때문인데, 이 원리는 다양한 분야에 활용되고 있다.

파스칼의 원리는 “갇힌 유체에 가해지는 압력은 유체의 모든 부분과 용기의 벽에 약해지지 않고 전달된다.”로 정의된다. 이때 압력이란 단위 면적에 가해지는 힘을 말한다. 그러므로 압력의 단위인 파스칼(Pa)은 힘의 단위인 뉴턴(N)을 면적의 제곱 단위인 제곱미터(m<sup>2</sup>)로 나눈 것에 해당한다. 이는 동일한 크기의 힘이라도 좁은 면적에 가해지면 압력이 증가한다는 의미이다. 역으로 어떤 작은 정사각형의 면에 가해진 압력에 그 정사각형의 면적을 곱해 주면 그 면에 가해지는 힘을 구할 수 있다.



<그림>

유체의 이러한 성질은 수력학 시스템에서 널리 이용된다. <그림>처럼 작은 피스톤과 실린더가 관을 통해 더 큰 피스톤과 실린더에 연결되어 있다고 해 보자. 중력 효과와 유체의 압축으로 인한 힘의 손실은 무시할 수 있다고 하자. 두 실린더와 연결관 안에 유체가 있을 때 왼쪽의 피스톤에  $F_1$ 의 힘이 가해지면 피스톤의 단면적이  $A_1$ 일 때 유체에 미치는 압력은  $\frac{F_1}{A_1}$ 이 된다. 파스칼의 원리에 의해 연결관과 더 큰 실린더 안의 유체까지 모든 유체에는 같은 압력이 미치고 그 유체를 둘러싸고 있는 벽에도 같은 압력이 미친다. 그러므로 더 큰 실린더의 피스톤에 미치는 압력은  $\frac{F_1}{A_1}$ 이고 이것이 피스톤의 단면적에 미치므로 피스톤이 유체로부터 받는 힘  $F_2$ 는  $\frac{F_1}{A_1} \times A_2$ , 즉  $\frac{A_2}{A_1} F_1$ 이다. 이 힘은  $A_2$ 가  $A_1$ 보다 크므로  $F_1$ 보다 크다. 즉 피스톤의 단면적 비율만큼 작은 힘을 주어서 큰 힘을 얻을 수 있는데 만약  $A_1:A_2=1:10$ 이면 10배의 힘을 얻을 수 있다.

유압식 브레이크 시스템이나 지게차와 같이 작은 힘을 주어 큰 힘을 내게 하는 장치들은 바로 이런 원리를 이용하는 것이다. 이런 장치들은 설계에 따라 힘을 주는 방향을 달리할 수도 있고 중력을 이용할 수도 있는데, 기본적인 원리는 도르레나 지레와 같다. 작은 피스톤은 단면적이 작기 때문에 같은 부피의 유체를 밀어내기 위해서는 힘은 적게 들이지만 더 많은 거리를 이동해야 한다. 일은 물체에 가해진 힘과 이동 거리의 곱으로 표현이 되는데, 작은 피스톤은 작은 힘으로 긴 거리를 이동하는 데 비해 큰 피스톤은 큰 힘으로 짧은 거리를 이동하므로 두 피스톤이 유체에 작용한 일은 같게 된다. 이는 마치 지레에서 받침점을 무거운 물체 쪽에 가까이 두면 적은 힘으로 무거

운 물체를 들 수 있지만, 같은 높이만큼 물체를 들어올리기 위해서 더 많은 거리를 눌러주어야 하는 것과 같은 원리이다.

1. <그림>에 대한 이해로 적절하지 않은 것은?

- ①  $A_1$ 과  $A_2$ 의 차이가 클수록 더 큰 힘을 얻을 수 있다.
- ②  $F_1$ 과  $F_2$ 의 값이 다른 이유는  $A_1$ 과  $A_2$ 의 차이 때문이다.
- ③  $F_1$ 이  $A_2$ 에 전달되려면 연결된 실린더의 내부는 밀폐되어야 한다.
- ④  $A_1$ 에  $F_1$ 보다 더 큰 힘을 가해도  $A_2$ 가 유체로부터 받는 힘의 크기에는 변함이 없다.
- ⑤ 작은 피스톤을 밀어 큰 피스톤을 움직일 때와 큰 피스톤을 밀어 작은 피스톤을 움직일 때 작용한 일은 같다.

2. <보기>는 파스칼의 원리를 활용하여 만든 '자동차 승강기'의 구조를 단순화하여 나타낸 그림이다. 이에 대한 설명으로 적절하지 않은 것은?

<보 기>

- A의 단면적은 B의 단면적의 1/20이라고 가정함
- 양 쪽 통은 기름으로 채워져 있고 관으로 연결되어 있음
- 공기압축기는 A에 힘을 가하는 역할을 함

- ① A에 가한 힘은 기름을 통해 B로 전달된다.
- ② B의 단면적이 A의 30배라면 현재보다 더 큰 힘을 얻을 수 있다.
- ③ A에 일정 크기의 힘을 가하면 B에는 A보다 더 큰 압력이 작용한다.
- ④ A에 압력을 가한 후 B의 표면보다 A의 표면이 이동하는 거리가 더 크다.
- ⑤ B의 단면적이 A의 단면적보다 훨씬 넓기 때문에 작은 힘으로도 큰 힘을 얻을 수 있다.



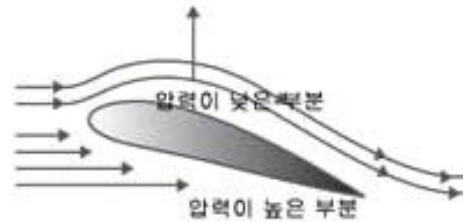


### 기출 확인하기(3)

바람이 많이 부는 날 창문과 방문이 모두 열려 있으면 문이 천천히 닫히기 시작하다가 점점 빨리 움직여 결국 큰 소리를 내며 닫힌다. 이러한 현상은 왜 일어나는 것일까? 연속의 원리와 베르누이의 원리를 이해하면 의문을 해결할 수 있다.

연속의 원리는 유체가 흐르는 관의 굵기가 일정하지 않다고 하더라도, 일정 시간에 각 단면을 흐르는 유량은 변함이 없다는 것이다. 가령 입구가 출구보다 작은 파이프 안에 물이 흘러가는 상황을 가정해 보자. 이 때 물의 밀도는 일정하고, 넓은 부분에서 단위 시간당 흘러나오는 물의 양은 좁은 부분으로 흘러 들어가는 물의 양과 항상 같아야 한다. 따라서 넓은 부분은 면적이 크므로 나오는 물의 속도는 느릴 것이고, 반대로 좁은 부분은 면적이 작으므로 속도가 빨라야만 나가는 물과 들어오는 물의 양이 같아질 것이다.

베르누이의 원리는 유체가 흐를 때 속도가 빨라지면 유체의 압력이 작아진다는 것이다. 가령 유체가 굵기가 일정하지 않은 파이프 안을 흐른다고 가정했을 때 좁은 부분을 통과할 때는 속도가 빨라지고 넓은 부분을 통과할 때는 속도가 느려지게 된다. 이 때 베르누이의 원리에 의하면, 속도가 빨라지면 압력이 작아지고 속도가 느려지면 압력이 증가하게 된다. 비행기의 유선형 날개 구조는 베르누이의 원리를 활용한



대표적 사례라 할 수 있다. 비행기의 날개는 위로 등글게 휘어진 모양을 하고 있다. 휘어진 위쪽 부분에서는 공기가 빠르게 흐르고 평평한 아래 부분에서는 느리게 흐른다. 공기가 느리게 흐르는 아래쪽에서는 위쪽보다 압력이 크게 작용하여 비행기를 위로 떠오르게 하는 힘, 즉 양력을 형성하게 되는 것이다.

이제 다시 바람이 방문을 통해 나감에 따라 방문이 닫히는 상황을 생각해 보자. 창문으로 들어온 바람은 방문을 통해 나가게 되는데, 베르누이의 원리에 의하면 이때 공기가 거의 정지해 있는 방문 안쪽보다 공기가 흘러 나가는 방문 바깥쪽의 압력이 작아진다. 압력이란 단위 면적당 작용하는 힘인데, 방문 안쪽보다 바깥쪽의 공기 압력이 작으면 어떻게 될까? 당연히 압력이 큰 쪽에서 작은 쪽으로, 즉 방문이 닫히는 방향으로 힘이 작용하게 된다. 이때 입구가 좁아질수록 흐르는 바람의 속도가 빨라진다는 연속의 원리를 적용하면 좁아진 문틈으로 나가는 바람의 속도는 점점 더 빨라지게 된다는 사실을 추리할 수 있다. 그러면 방문은 점점 더 큰 속도로 움직이다가 결국 광 소리를 내며 닫히게 된다.

### 1. 위 글을 읽고 알 수 있는 사실은?

- ① 연속의 원리는 베르누이의 원리가 성립하기 위한 전제 조건이 된다.
- ② 고정된 상태의 유체를 통해서도 연속의 원리나 베르누이의 원리를 설명할 수 있다.
- ③ 바람이 불어 문이 닫히고 있는 상황에서 시간이 지날수록 방문 안팎의 압력 차는 커진다.
- ④ 베르누이의 원리를 통해 바람이 불 때 방문이 닫히는 속도가 변화하는 상황을 설명할 수 있다.
- ⑤ 비행기가 부상할 수 있는 것은 날개 위쪽과 아래쪽에 주어지는 압력의 크기가 시간이 지나면서 변화하기 때문이다.

### 2. <보기>를 ㉠에 대한 보충 설명이라 했을 때, <보기>를 참고하여 위 글을 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보                      기>

대기나 물과 같은 유체에는 모든 방향으로 작용하는 힘인 '정압'과 흐르는 방향으로 작용하는 힘인 '동압'이 언제나 같이 작용하고 있다. 여기서 정압은 유체가 주변의 물체에 가하는 힘으로 작용하며, 동압은 유체를 흐르게 하는 원동력이 된다. 이 두 가지 압력을 합한 값은 유체가 흘러가는 속도가 변화하더라도 언제나 일정하다.

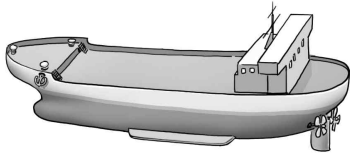
- ① 바람이 불기 전 방문 안 쪽에서는 동압보다 정압이 크게 작용하겠군.
- ② 비행 중 비행기의 날개의 윗부분에서는 아랫부분보다 동압이 크게 작용하겠군.
- ③ 바람이 불면서 열려 있던 문이 완전히 닫히는 과정에서 동압과 정압은 모두 변한다고 봐야겠군.
- ④ 비행기가 부상하는 상태에서는 날개의 아랫부분에 작용하던 동압의 방향이 반대로 바뀌게 되겠군.
- ⑤ 출구의 크기가 같은 두 개의 배수관이 있다고 가정했을 때 입구의 크기가 큰 쪽이 작은 쪽보다 동압의 크기가 변화하는 비율이 좀 더 크겠군.



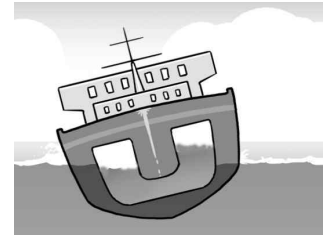
#### 기출 확인하기(4)

배가 심하게 흔들리면 많은 어려움을 겪게 된다. 현재 배의 흔들림을 줄이기 위해 많이 쓰이고 있는 장치는 ‘빌지킬’, ‘안티롤링 탱크’, ‘핀 안정기’ 등 세 가지이다.

‘빌지킬’은 흔들림을 줄이기 위해 가장 많이 쓰이는 장치로 군함뿐만 아니라 많은 배들이 사용하고 있다. 빌지킬은 물에 잠기는 배의 측면에 붙이는 얇은 판을 가리킨다. 빌지킬을 갖춘 배는 얇은 판이 배 양쪽에 하나씩 두 개가 설치되어 있다. 빌지킬이 있으면 배가 왼쪽으로 기울기 시작할 때 왼쪽에 있는 빌지킬로 인해 물과 접촉해서 생기는 마찰 저항이 증가하게 되고, 그로 인해 배는 원 위치로 되돌아가게 되므로 배의 흔들림은 줄어들게 된다.

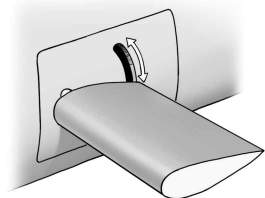


빌지킬이 배의 크기와 관계없이 두루 사용되는 장치라면 ‘안티롤링 탱크’는 큰 배들이 주로 사용하는 장치이다. 안티롤링 탱크는 커다란 U자형 관을 배 안쪽에 설치하고 그 안에 물을 채워둠으로써 흔들림을 줄여주는 장치이다. 일반적으로 배가 왼쪽으로 기울면 U자형 관 안에 있는 물도 왼쪽으로 이동하기 시작한다. 하지만 U자형 관을 통해 물이 이동하는 데는 시간이 걸리기 때문에 배의 기울어진 방향과 U자형 관 안의 물의 위치가 항상 일치하진 않는다. 배가 왼쪽으로 기울면 물은 오른쪽에 있고, 배가 오른쪽으로 기울면 물이 왼쪽에 있게 된다. 이렇게 되면 배가 기울어지는 방향과 반대쪽에 있는 물의 무게가 배를 눌러줌으로써 원 위치로 돌리는 역할을 수행한다. 하지만 물이 이동하는 시간 차이를 이용하는 것은 한계가 있어서 배가 기울어지는 방향과 U자형 관 안에 있는 물이 같은 방향에 있게 되면 오히려 배가 뒤집어질 수도 있다. 이런 문제를 없애기 위해서 최근에 설치되는 안티롤링 탱크는 펌프를 이용하여 U자형 관 안에 있는 물의 양과 움직임을 인위적으로 맞추어 배가 흔들리는 것을 줄이고 있다.



빌지킬과 안티롤링 탱크가 오랫동안 사용되어 온 장치라면 최근에 개발된 장치는 ‘핀 안정기’이다. 배 양쪽에 비행기 날개 모양으로 달려있는 장치가 핀 안정기이다. 물체가 움직일 때 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 수직으로 작용하는 힘을 양력이라 부르는데 핀 안정기는 날개의 움직임에 의해 발생하는 양력을 이용한다.

그림에서 보듯 핀 안정기의 앞쪽은 배에 고정되어 있지만 뒤쪽은 위아래로 움직일 수 있다. 배의 앞쪽에서 바람 불 때 배가 왼쪽으로 기울면 왼쪽 핀 안정기의 뒤쪽은 아래로 움직이고, 오른쪽 핀 안정기의 뒤쪽은 위로 움직인다. 그러면 왼쪽 핀 안정기 아래쪽의 물의 흐름은 느려지고 위쪽은 빨라지면서 핀 안정기 아래쪽의 압력이 위쪽보다 높아진다. 이 압력차로 인해 왼쪽 핀 안정기에서는 위로 양력이 작용하고, 반대로 오른쪽 핀 안정기에서는 양력이 아래쪽으로 작용하여 배의 흔들림을 줄일 수 있다.



**1. 위 글의 내용과 일치하지 않는 것은?**

- ① 빌지킬은 양력을, 핀 안정기는 마찰 저항을 이용한다.
- ② 빌지킬은 가장 많이 사용되는 흔들림 방지 장치이다.
- ③ 안티롤링 탱크는 규모가 큰 배들이 사용하는 장치이다.
- ④ 흔들림 방지 장치 중에 핀 안정기는 최근에 개발된 것이다.
- ⑤ 안티롤링 탱크는 U자형 관 안의 물이 이동하는 시간을 이용한다.

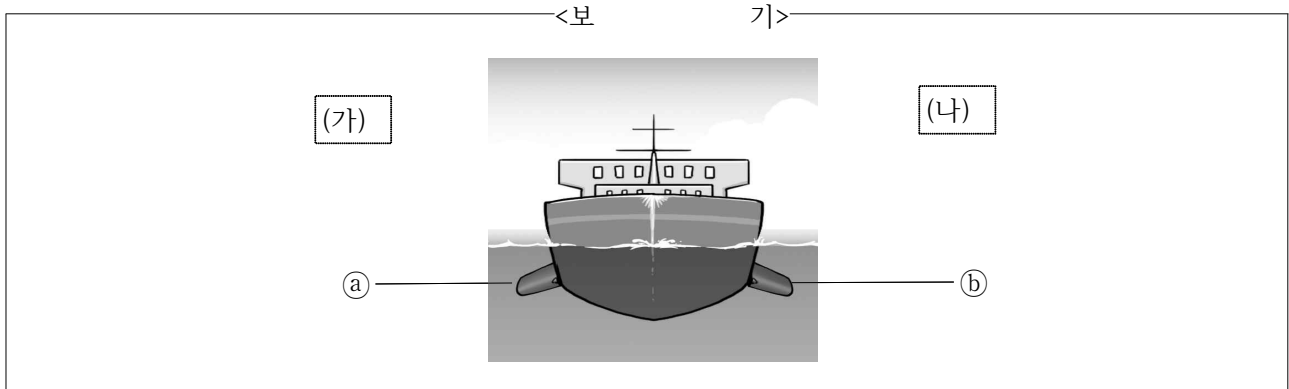
**2. 위 글을 읽은 사람이 <보기>에 대해 보인 반응으로 가장 적절한 것은?**

<보 기>

파도의 움직임에 따라 배의 흔들림이 시작되자 선장은 선원을 모두 갑판 위로 모이도록 했다. 선장은 선원들에게 배가 오른쪽으로 기울기 시작하면 모두 왼쪽으로 이동하고, 왼쪽으로 기울기 시작하면 오른쪽으로 이동하도록 지시했다.

- ① 빌지킬이 있었다면 선원들의 움직임은 아무런 효과가 없었겠군.
- ② 선원들의 움직임이 양력을 발생시켜 배의 흔들림이 줄어들었겠군.
- ③ 핀 안정기의 역할을 했던 선원들로 인해 배의 속도가 빨라졌겠군.
- ④ 선원들을 양쪽으로 동시에 고르게 분산시켰다면 배가 뒤집어질 수 있었겠군.
- ⑤ 선원들이 U자형 관 안의 물과 같은 역할을 하기 때문에 배의 흔들림이 줄어들었겠군.

**3. <보기>의 ㉠와 ㉡는 배의 앞쪽에서 바라본 핀 안정기를 그린 것이다. 배가 (가) 방향으로 기울 때 원 위치로 되돌리기 위한 핀 안정기의 움직임으로 가장 적절한 것은?**



- ① ㉠와 ㉡의 뒤쪽은 모두 위로 움직인다.
- ② ㉠와 ㉡의 뒤쪽은 모두 아래로 움직인다.
- ③ ㉠의 뒤쪽은 아래로 움직이고, ㉡의 뒤쪽은 위로 움직인다.
- ④ ㉠의 뒤쪽은 위로 움직이고, ㉡의 뒤쪽은 아래로 움직인다.
- ⑤ ㉠의 뒤쪽은 위와 아래로 계속 움직이고, ㉡의 뒤쪽은 움직이지 않는다.

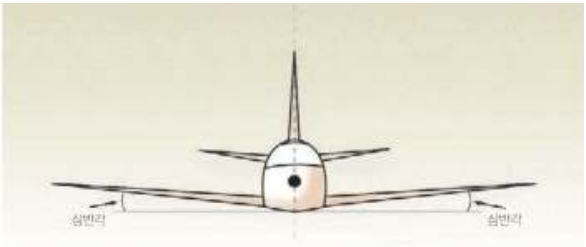


## 기출 확인하기(5)

비행에서의 안정성이란 말 그대로 \*기체가 안정된 자세를 유지하는 특성을 말한다. 따라서 안정성은 여객기나 수송기가 갖추어야 할 매우 중요한 조건이기도 하다. 이때 ㉠옆놀이에 대한 안정성은 비행에서의 안정성을 결정하는 가장 중요한 요소로 작용한다.

옆놀이는 기체와 나란한 축을 중심으로 회전하는 움직임을 말한다. 옆놀이는 비행기가 잘못 만들어졌거나 사고로 좌우 날개의 무게에 차이가 나는 경우에도 발생할 수 있지만, 비행 도중 이동 방향을 바꿀 때는 일부러 옆놀이를 발생시키기도 한다. 가령 날개 뒤에 달린 \*에일러론을 작동시켜 왼쪽 날개에 작용하는 \*양력을 낮추고 오른쪽 날개에 작용하는 양력을 높이면 좌우 날개의 양력이 달라져 왼쪽으로 옆놀이를 일으키게 된다. 이 때 승강기를 올리면 비행기는 왼쪽으로 선회할 수 있다. 또한 비행 도중 바람이 불어오는 방향에 의해 두 날개에 작용하는 양력이 달라지기도 하는데 이러한 경우에도 옆놀이가 발생한다.

(A) [옆놀이가 발생한 후 수평으로 돌아오려는 힘이 강하게 작용할수록 옆놀이에 대한 안정성이 크다고 할 수 있다. 그래서 안정성이 크게 요구되는 비행기에서는 옆놀이가 일어났을 때 수평으로 빨리 돌아오게 하기 위한 방법으로 상반각을 준다. 양력은 날개가 수평면과 가까운 각도를 유지할수록 크게 작용한다. 따라서 상반각을 주면 옆놀이가 일어났을 때 아래로 내려간 쪽의 날개가 위로 올라간 반대쪽 날개보다 더 큰 양력을 받아 저절로 위로 올라가면서 균형을 찾게 되는 것이다. 이때 상반각을 너무 많이 주면 비행기가 좌우로 옆놀이를 반복하거나, 기체 전체에 주어지는 양력이 감소할 수도 있으므로 상반각은 수평면과 15~20° 정도를 유지하는 것이 적절하다.]



그러나 안정성이 모든 비행기에 중요한 요소인 것은 아니다. 가령 전투기의 경우 공중전을 치르려면 자유롭게 자세를 바꾸는 능력이 중요하기 때문에 저절로 수평으로 돌아오는 힘이 약하다. 즉 기울었을 때 특별한 조치를 취하지 않는다면 여객기나 수송기에 비해 긴 시간동안 기울어진 채로 날아갈 수 있는 것이다. 전투기가 고익기의 형태를 취하고 있는 여객기나 수송기와 달리 \*저익기의 형태를 갖는 것이 많은 것도 이 때문이다. 저익기의 형태를 취하게 되면 날개를 기체의 무게중심과 같거나 아래에 있게 하여 기동성을 높일 수 있다.

\*기체(機體): 비행기의 몸체

\*에일러론(Aileron): 비행기 날개의 뒷부분에 달린 보조 날개를 이름

\*양력(揚力): 기체의 진행방향과 수직으로 작용하여 기체를 위로 상승시키는 힘

\*저익기(低翼機): 주 날개가 몸체의 아래쪽의 부착되어 있는 비행기. 고익기는 이와 반대로 주 날개가 몸체의 위쪽에 부착되어 있는 비행기를 이름

1. 밑글의 내용과 일치하지 않는 것은?

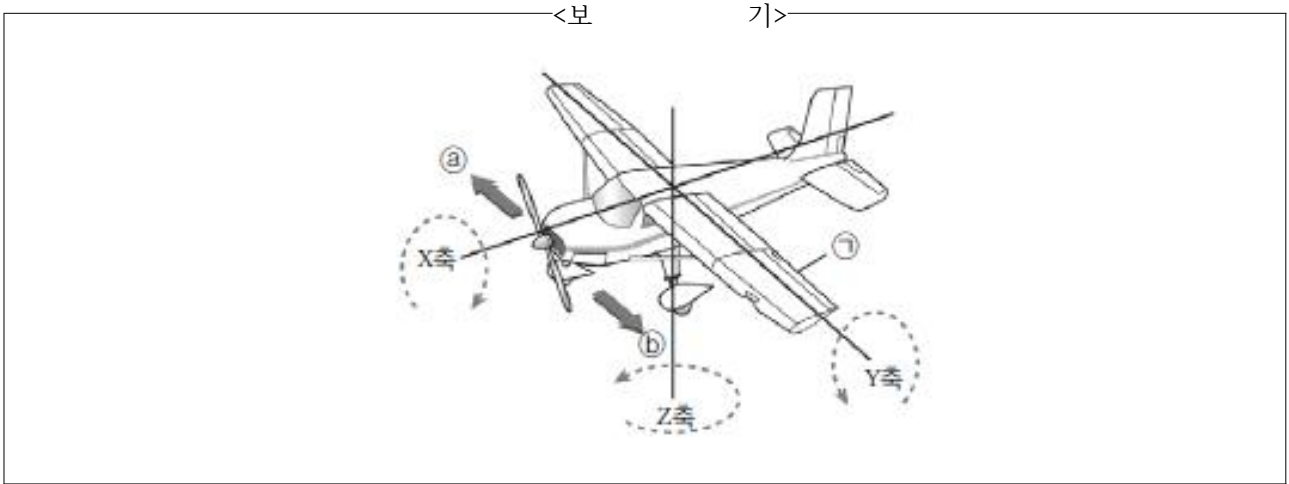
- ① 옆놀이에 대한 안정성은 비행의 안정성에 영향을 미친다.
- ② 옆놀이의 횡수가 잦을수록 옆놀이에 대한 안정성이 감소한다.
- ③ 비행 목적에 따라 무게중심에 대한 날개의 위치를 조정하기도 한다.
- ④ 전투기의 경우 옆놀이에 대한 안정성이 방해요소로 작용할 수도 있다.
- ⑤ 상반각을 주면 옆놀이 발생 후 양쪽 날개에 주어지는 양력의 크기를 다르게 할 수 있다.

2. (A)를 참조했을 때 다음 (                    ) 안에 넣을 말로 가장 적절한 것은?

날개에 상반각을 주지 않은 비행기에서 옆놀이가 발생한다면, (                    )

- ① 상반각을 주었을 때보다 옆놀이가 자주 발생하여 비행의 안정성이 감소할 것이다.
- ② 한쪽 날개가 수평면 아래로 내려가게 되어 상반각을 주었을 때보다 기체의 기울어짐이 심해질 것이다.
- ③ 기체 전체에 주어지는 양력이 감소하여 상반각을 주었을 때만큼 높은 위치에서 비행할 수 없게 될 것이다.
- ④ 내려간 쪽의 날개가 상반각을 주었을 때보다 수평면과 큰 각도로 벌어지게 되어 반대쪽 날개가 더 큰 양력을 받을 것이다.
- ⑤ 양쪽 날개에 같은 크기의 양력이 작용하여, 내려간 쪽의 날개가 상반각을 주었을 때만큼 신속하게 수평으로 돌아올 수 없을 것이다.

3. 위 글을 읽은 후 <보기>를 이해한 반응으로 적절한 것은?



- ① ①을 작동하여 비행의 안정성을 높일 수 있겠군.
- ② 여객이나 수송보다는 전투 목적으로 사용하기에 적합하겠군.
- ③ a쪽으로 선회할 경우 b쪽 날개보다 a쪽 날개에 큰 양력이 작용하도록 해야겠군.
- ④ 상반각을 주면 기체가 a쪽으로 기울었을 때 a쪽 날개에 더 큰 양력이 주어지겠군.
- ⑤ 양 쪽 날개 중 어느 한 쪽이 파손되었을 때 비행기는 Y축을 중심으로 회전하게 되겠군.