

[1~2] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(2016학년도 대학수학능력시험 B형)

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 가속

도가 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 쇠막대에 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.

1	2
④	⑤

어떤 물체가 물이나 공기와 같은 <유체 속에서> <자유 낙하할 때> 물체에는 중력, 부력, 항력이 작용한다.

유체가 뭔지 몰라도, 그냥 '물이나 공기'라고 생각하시면 됩니다. 유체라는 공간적 배경에서, 자유 낙하를 하는 상황에 작용하는 힘에 대해 얘기합니다.

중력은 물체의 질량↑에 중력 가속도를 곱한 값으로 물체가 낙하하는 동안 **일정**하다.

저는 이 지문의 핵심이 **일정vs변화(커진다or작아진다), 정지vs운동(낙하or상승)**이라고 생각합니다. 중력은 질량의 크기에 영향을 받으며, 낙하할 때 일정하게 유지됩니다. 뒤의 문제를 풀 때까지 이 구도를 가져갈 겁니다.

부력은 <어떤 물체에 의해서 배제된 부피(=물체의 부피)만큼의> 유체의 무게에 해당하는 힘으로, **항상 중력의 반대 방향으로 작용한다.** (빗방울에 작용하는 부력의 크기는 빗방울의 부피에 해당하는 공기의 무게이다.)

부력을 '어떤 물체에 의해서 배제된 부피만큼의 유체의 무게'로 정의합니다. 사실 유체에서 '물체에 의해 배제된 부피'라 함은, 그냥 물체의 부피를 말하는 것입니다. 따라서 우리는 이를 '**물체의 부피만큼의 유체의 무게**'로 이해할 수 있습니다. '부피'라는 어휘를 정확히 모르거나, 저렇게 꼬아서 설명하는 문장에 약한 학생들은 받아들이기가 힘들었을 겁니다. 부피는 어떤 물건이 차지하는 공간의 크기인데, 지문의 정의에 따르면 부력은 (유체에서) 물체가 차지하는 공간만큼의 원래 유체의 무게라는 겁니다. 뒤의 예시는 사실 안 써도 무방한 문장인데, 이런 그림이 잘 그려지지 않았을까봐 물체(빗방울)과 유체(공기)의 예를 들어준 것입니다.

부력이 어떤 방향으로 작용하는지도 체크해둡시다. 이런 디테일이 중요한 포인트가 됩니다.

공기의 밀도는 물(빗방울이니까, 여기서 '물체')의 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.)

'밀도'를 정의도 안 주고 바로 던져버립니다. 앞에서는 부력에 영향을 주는 요인이 부피와 무게밖에 제시가 안되었는데도요. 간단히 보자면 물체의 밀도에 비해 유체의 밀도가 작을수록 부력의 영향이 적다는 식으로 정리하셨어도 좋습니다.

그러나 엄밀히 말하자면, 부피가 같을 때 밀도가 증가하면 무게는 증가합니다(밀도가 일정할 때 부피가 커져도 무게는 증가합니다). **그리고**, 이건 지문에 없어도 알아야 한다고 평가원이 생각한 것 같습니다.

사실은 이걸 과학적 배경지식이 아니라, 어휘력을 기반으로 사고를 잇는다면 판단 가능했다고 생각합니다. '밀도'는 '빽빽한 정도'입니다. 같은 크기(부피)일 때 물체 안쪽의 빽빽한 정도(밀도)가 늘어나면, 무게는 증가합니다. 마찬가지로, 빽빽한 정도가 그대로인데 부피가 늘어나면 무게가 증가할 것입니다. 이는 어휘력 기반으로 추론이 가능한 내용이고(사실 중학교 교과 내용이기도 합니다), 19 수능 우주론 지문에서도 필요한 개념이었습니다. 이 책을 통해서, 인문이든 과학이든, 이런 측면도 부족함 없이 대비해봅시다.

다시 지문을 봅시다. 공기(유체)의 밀도는 물(빗방울, 여기서 물체)의 밀도보다 작기 때문에, 같은 부피라면 공기(유체)의 무게가 훨씬 작습니다. 부력은 '물체의 부피만큼의 유체의 무게'이기 때문에, 이 경우에는 부력도 작겠쥬. 반대로, 물체(스티로폼)의 밀도가 작다면 부력의 영향은 빗방울에 비해 커지겠쥬.

위의 내용을 혼자서 한 번에 받아들이신 분들이라면 상관없지만, 그게 아니라면 부피와 밀도, 그리고 질량의 관계를 혼자서 한번 고민해보는 시간을 갖기를 바랍니다. 우리의 목표는 **고민할 수 있는 것**은 시험장 밖에서 다 끝내고 들어가기입니다. 이런 고민을 한 경험이 수능장에서 큰 힘으로 작용할 것입니다.

물체가 유체 내에 정지해 있을 때와는 달리, 유체 속에서 운동하는 경우에는 물체의 운동에 저항하는 힘인 항력이 발생하는데, 이 힘은 물체의 운동 방향과 반대로 작용한다.

이 지문의 두 번째 대립쌍인, **정지vs운동**이 나왔습니다. 항력은 오직 '운동'하는 경우에만 적용되는 개념입니다. 이 대조는 문제를 풀 때 사용됩니다. 앞서 부력과 마찬가지로, 힘이 작용하는 방향도 체크해둡시다.

항력은 유체 속에서 운동하는 물체의 속도↑가 커질수록 이에 상응하여 커진다. 항력은 마찰 항력과 압력 항력의 합이다.

항력은 속도와 비례하고, 이 값은 마찰 항력+압력 항력입니다. 두 항력이 뭔지 아마 설명해 줄 겁니다.

마찰 항력은 유체의 점성 때문에 <물체의 표면에> 가해지는 항력으로, 유체의 점성↑이 크거나 물체의 표면적↑이 클수록 커진다.

마찰 항력의 정의가 나오는데, 애는 유체의 점성과 물체의 표면적을 가지고 판단하면 될 것 같습니다.

압력 항력은 <물체가 이동할 때> 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의해 생기는 항력으로 물체의 운동 방향에서 바라본 물체의 단면적↑이 클수록 커진다.

압력 항력은 물체의 운동 방향에서 바라본 **물체의 단면적**(오른쪽으로 이동한다면, 오른쪽에서 본 단면적)에 비례합니다. 마찰 항력과 압력 항력이 각각 어떤 요인에 영향을 받는지 잘 체크합시다.

안개비의 빗방울이나 미세 먼지와 같이 **작은** 물체가 낙하하는 경우에는 <물체의 전후방에 생기는 압력 차가 매우 작아(=압력 항력이 매우 작아)> 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지한다. 빗방울의 크기가 **커지면**(=단면적이 커지면) 전체 항력 중 압력 항력이 차지하는 비율이 점점 커진다.

항력은 압력 항력+마찰 항력으로 정의되었는데, 위의 내용에서는 압력 항력과 마찰 항력 각각이 **전체** 항력에서 차지하는 **비율**에 대해 서술합니다. 물체의 크고 작음을 얘기하는 부분은, 압력 항력에 영향을 주는 단면적이 커지고 작아짐을 얘기하는 것임을 이해해야할 것 같습니다.

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.

물체의 크기가 커지면 커질수록 압력 항력이 커지니, 빗방울에 비해 스카이다이버의 낙하에서 압력 항력의 비율이 큰 것은 무리없이 받아들일 수 있을 것 같습니다.

빗방울이 낙하할 때

항력과 마찬가지로, 물체가 **운동**하는 상황을 가정합니다.

처음에는 중력 때문에 빗방울의 낙하 속도가 점점 증가하지만,

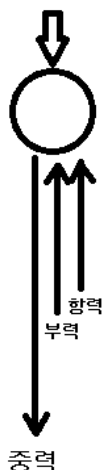
=운동하는 속도가 증가하지만,

이에 따라 항력도 커지게 되어

=이에 따라 운동에 저항하는 힘(항력)도 커지게 되어

마침내 항력과 부력의 합이 중력의 크기와 같아지게 된다. 이때 물체의 가속도가 0이 되므로 빗방울의 속도는 일정해지는데, 이렇게 일정한 속도를 **종단 속도**라 한다.

일반적으로 무엇인가가 낙하하는 경우에는, **중력**은 아래로, **부력**은 중력의 반대 방향인 위로, **항력**은 운동 방향(아래)의 반대인 위로 작용할 것입니다. 따라서 항력과 부력을 더한 값이 물체를 위로 올리는 힘이 되고, 중력이 아래로 당기는 힘이 되는데, 이 둘(위로 올리는 힘과, 아래로 당기는 힘)이 같아지면 종단 속도에 이르게 된다는 것이죠. **종단 속도는 일정하므로, 변하지 않는 값이 됩니다.**



요정도 그림은 시험지에 그려도 괜찮을 것 같습니다.

유체 속에서 상승하거나 지면과 수평으로 이동하는 물체의 경우에도 종단 속도가 나타나는 것은 이동 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형에 의한 것이다.

지금까지는 '물체가 운동'하는 경우를 낙하할 때만 얘기했는데, 상승하거나 옆으로 움직이는 경우에도 같은 원리가 적용된답니다. 만약 물체가 위로 상승할 때 종단 속도가 발생하려면 어떻게 되어야 할까요? **중력**은 아래로 작용할 것이고, **부력**은 중력의 반대인 위로, **항력**은 운동 방향의 반대인 아래로 작용하겠죠. 이 경우에는 **중력+항력=부력**이어야 종단 속도에 도달할 것입니다.



이건 시험지에 그릴 필요까지는 없어도 이런 상황이 되리라고 판단은 해야 합니다. 실제로 2번 문제는 이 상황을 물어보고 있구요.

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 쇠막대에 작용하는 부력은 서 있을 때보다 누워 있을 때가 더 크다.

정답 : ④ 부력은 '물체의 부피만큼의 유체의 무게'에 해당하는 값이므로, 물체의 부피와 유체의 밀도가 일정하다면 변하지 않는 값입니다.

해설

- ① 압력 항력이 대부분을 차지합니다.
- ② 물체 전후방에 생기는 압력 차는 압력 항력을 증가시키고, 이는 운동에 저항하는 힘입니다. 따라서 항력의 정의상 물체의 속도를 감소시킬 것입니다.
- ③ 종단 속도에서 물체의 가속도는 0이 되며 이것은 중력 가속도와 같다고 볼 수 없습니다. (중학교 과학의 내용이지만, 중력 가속도는 대략 9.8m/s^2 의 상수(변화x)입니다.
- ⑤ 4번 선지와 포인트가 일치합니다. 부력은 물체의 부피와 유체의 밀도가 일정하다면 변하지 않는 값입니다. 변화의 양상으로 서술된 5번 선지는 단순히 보아도 정답이 될 수 없습니다.

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 속도(=종단 속도)를 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.)

<보기> 해설 : A와 B의 유일한 차이를 밀도라고 보아도 좋을 것 같습니다. <보기>는 물체가 상승하는 경우이므로, 아래의 그림을 다시 사용합시다. 이때 종단 속도에 도달한 지점에서는 $\text{부력} = \text{중력} + \text{항력}$ 이 되리라는 점도 예상합시다.



- 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.

정답 : ⑤ 공기보다 밀도가 더 큰 기체(유체)라면, 부력은 공기에서보다 큼니다. 크기와 밀도가 일정하다면 질량도 일정하므로, 중력은 변하지 않는 값입니다. 이때 종단 속도에 도달한 지점에서 $\text{부력} = \text{중력} + \text{항력}$ 이므로, 부력이 커지고 중력이 그대로라면, 무조건 항력이 더 커져야만 양변이 같게 됩니다.

해설

- ① 선지의 앞에서 A와 B가 운동하지 않는, 고정된 상황을 물어봅니다. 그러나 항력은 물체가 운동하는 상황에서만 작용하는 힘이므로 선지의 구성이 옳지 않습니다.
- ② <보기>에서 종단 속도에 도달하는 상황은 ' $\text{부력} = \text{중력} + \text{항력}$ '인 상황입니다. 이때 두 물체의 부피가 같고, 같은 유체에서 상승하므로 부력은 같습니다. B가 A보다 밀도가 더 크기 때문에, B가 질량이 더 크다고 볼 수 있으며, B에 작용하는 중력이 더 큼니다. 좌변이 같고, 우변에서 A에 작용하는 중력이 더 작다면, 항력은 A에 작용하는 것이 더 커야 합니다.
- ③ 1번 문제의 해설과 마찬가지로, 물체의 부피가 같고 유체의 밀도가 같다면 부력은 변하지 않는 값입니다. 중력 역시, 물체의 질량이 일정하다면 변하지 않는 값입니다. 따라서 '~할 때 더 크다'는 변화의 양상으로 서술한 선지이므로 옳지 않습니다.
- ④ 항력은 운동 방향(위)과 부력이 작용하는 방향과 반대로 작용하는데, 이 힘이 줄어든다면 가속도가 줄어 종단 속도에 도달하는 일이 일어날 수 없습니다.