

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.

29. 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.

30. 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.

이번 지문은 항부력이라 불리는 2016 수능의 최고난도 지문이다.

언제나 강조하지만 과학/기술 지문은 이미지화를 열심히 해줘야 한다. 글자 수준의 독해를 하는 것이 아니라 글자가 그려주는 이미 지들을 머릿속에서 계속 영상처럼 굴러야 한다는 것이다. 지문에서 빗방울이 떨어지는 상황을 계속 가정해주니 빗방울 낙하 이미지를 머릿속에 꼭 재생시키며 읽자.

항상 어려운 지문들은 특징이 있다. 바로 <연결>이 어렵다는 점이다. 지문의 초반부에 나온 개념이나 정보를 후반부까지 끌고 나가 계속 연결 지어야 한다. 이 지문도 항력, 부력, 중력의 개념을 잡고 계속해서 연결 지어줬어야 했다. 특히 첫 문장에서 낙하하는 물체에는 중력 항력 부력이 작용한다 했으므로 낙하하는 물체의 이미지에서 중력 항력 부력이 어떻게 변할지 붙잡고 늘어졌어야 한다. 또, 부력의 개념이 살짝 헷갈릴 만 한데, 제시된 예시와 개념을 확실하게 연결해서 짚고 넘어갔어야 했다.

이 지문이 정말 어려웠던 이유는 <구체화>다. 지문의 마지막 문단에서 지문은 낙하 운동이 아닌 상승 운동에 대한 이야기를 한다. 이 때 우리는 이를 놓치지 않고 '상승 운동할 때는 항력, 부력, 중력이 어떻게 작용할까?'하는 연결/구체화를 했어야 했다. 이게 아니더라도 30번의 <보기>에서 선지를 보기 전 <보기>에 제시된 상황을 구체화해줘야 했다.

이렇게 지문의 정보를 활용해 <보기>에 제시된 상황을 구체화해야 하는 최근 기출로는 <2006 개체성과 공생발생설> <2009 점유소유> 지문이 있다.

어떤 물체가 물이나 공기와 같은 유체 속에서 자유 낙하할 때 물 속에서 공 떨어지는 이미지 상상하자. 물체에는 중력, 부력, 항력이 작용한다. 지문이 유체 속에서 낙하하는 물체에 작용하는 중력, 부력, 항력에 대해 이야기할 것을 예측할 수 있다. 중력은 물체의 질량에 중력 가속도를 곱한 값으로 물체가 낙하하는 동안 일정하다. 그렇다면 질량, 중력 가속도 역시 모두 일정할 것이다. 부력은 어떤 물체에 의해서 배제된 부피만큼의 유체의 무게에 해당하는 힘으로, 항상 중력의 반대 방향으로 작용한다. <어떤 물체에 의해서 배제된 부피만큼의 유체의 무게>는 무슨 소리지 모르겠다. 좀 더 읽어보자. 한편, 부력은 중력의 반대 방향이란단. <중력=떨어지는 힘, 부력=떠오르려는 힘>이라고 간단히 재구성시킬 수 있어야 한다. 빗방울에 작용하는 부력의 크기는 빗방울의 부피에 해당하는 공기의 무게이다. 부력의 정의와 연결지어 생각하자. 부력은 빗방울(어떤 물체)에 의해 배제된 부피만큼의 공기(유체)의 무게란다. 그렇다면 이번엔 변수의 증감에 대해 구체화해보자. 만약 빗방울의 부피가 커지거나 공기가 무거워지면 빗방울에는 더 큰 부력이 작용할 것이다. 공기의 밀도는 물의 밀도의 1,000분의 1 수준이므로, 빗방울이 공기 중에서 떨어질 때 **부력이 빗방울의 낙하 운동에 영향을 주는 정도는 미미하다.** 1) 밀도에 대한 배경지식이 없더라도 눈치껏 (부력 = 배제된 공기의 무게) (공기의 밀도가 작으므로 부력이 작음) 두 가지 사실의 연결을 통해 밀도와 무게는 같이 가는 놈들이란 걸 눈치 채야 한다. 2) 부력의 영향이

미미하다고? 그렇다면 낙하 운동에 영향을 미치는 다른 건? 즉, 중력 운? (낙하 운동에는 중력, 부력이 작용한다고 첫 문장에서 얘기했다. 연결적 사고!) 중력은 빗방울의 질량에 비례하니까 부력보다 큰 영향을 미칠 것이다. 그러나 스티로폼 입자와 같이 밀도가 매우 작은 물체가 낙하할 경우에는 부력이 물체의 낙하 속도에 큰 영향을 미친다. 스티로폼은 빗방울보다 가벼울 테니 상대적으로 중력이 더 조금 작용할 것이고, 중력에 비해 상대적으로 부력은 크게 작용할 것이다. (물에 쇠구슬 넣었을 때와 스티로폼 넣었을 때를 떠올려서 공감해줬으면 BEST다. 물에서 쇠구슬은 밀도가 커서 부력보다 중력이 크게 작용하고, 스티로폼은 밀도가 작아 중력보다 부력이 크게 작용하겠지.)

물체가 유체 내에 정지해 있을 때와는 달리, 유체 속에서 운동 하는 경우에는 물체의 운동에 저항하는 힘인 항력이 발생하는데, 이 힘은 물체의 운동 방향과 반대로 작용한다. 물 속에서 공이 움직일 때를 이미지화하자. 이를 통해 항력=운동에 저항하는 힘이라고 재구성시킬 수 있어야 한다. 항력은 유체 속에서 운동하는 물체의 속도가 커질수록 이에 상응하여 커진다. 운동에 저항하는 힘이니까 속도가 커지면 저항력도 커지겠지. 공감해보자. 항력은 마찰 항력과 압력 항력의 합이다. 마찰 항력과 압력 항력이 뭔지 설명해줄 거라 예측할 수 있다. 마찰 항력은 유체의 점성 때문에 물체의 표면에 가해지는 항력으로, 유체의 점성이 크거나 물체의 표면적이 클수록 커진다. 마찰 항력 = 끈적 항력이라 재구성할 수 있겠다. 당연히 물이 더 끈적거릴수록 물체는 움직이기 힘들 거고, 물체의 표면적이 클수록 움직이기 힘들 거다. (눈 속에서 움직이는 사람을 이미지화해보자. 몸집이 큰 사람이 더 움직이기 힘들겠지.) **압력 항력은 물체가 이동할 때 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의해 생기는 항력으로, 물체의 운동 방향에서 바라본 물체의 단면적이 클수록 커진다.** 잘 이해는 안 가지만, 전후방의 압력차도 물체를 움직이기 힘들게 하나보다. 운동 방향에서 바라본 단면적과도 비례한단다. 왜 그런지는.. 생각해봐도 잘 모르겠다. 이해하기 힘들 땐? 밀줄 꼭 치고 넘어가자. 돌아와서 보면 되니까.

안개비의 빗방울이나 미세 먼지와 같이 작은 물체가 낙하하는 경우에는 물체의 전후방에 생기는 압력 차가 매우 작아 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지한다. 그대 압력 항력은 진행 방향에서 본 물체의 단면적이 작을수록 작아질 테니 빗방울 같은 건 압력 항력이 거의 없을 것이다. 공감할 수 있다. 빗방울의 크기가 커지면 전체 항력 중 압력 항력이 차지하는 비율이 점점 커진다. OK 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. 단면적이 커지면 압력 항력이 커져서 마찰 항력의 비중이 준다. 공감할 수 있다.

**빗방울이 낙하할 때 처음에는 중력 때문에 빗방울의 낙하 속도가 점점 증가하지만, 이에 따라 항력도 커지게 되어 마침내 항력과 부력의 합이 중력의 크기와 같아지게 된다.** 이미지화하자. 처음엔 (중력>부력+항력)이지만, 나중에 (중력=부력+항력)이 된다. 왜? 속도가 증가함에 따라 항력이 커질 테니까. 공감할 수 있다. 이때 물체의 가속도가 0이 되므로 빗방울의 속도는 일정해지

# 유성 국어

는데, 이렇게 일정해진 속도를 **종단 속도**라 한다. (중력=부력+항력)이 되면 가속도가 0이 되나보다. 공감이 안 가면 밀줄 짝. 이렇게 더 이상 늘지 않는 속도를 종단 속도라 한단다. 유체 속에서 상승하거나 지면과 수평으로 이동하는 물체의 경우에도 종단 속도가 나타나는 것은 이동 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형에 의한 것이다. 물체가 위로 올라갈 때도 종단 속도가 나타난다. 왜? 먼저 구체화해주면, 올라갈 때는 처음엔 부력이 커서 점점 속도가 빨라지지만, 이에 따라 항력도 커질 것이다. 그리고 어느 순간부터는 속도가 더 이상 늘어나지 않을 것이다. 왜? 중력+항력이 부력과 같아지니까.

지문을 가볍게 훑어보며 떠오르는 핵심 내용들을 정리하면 다음과 같다.

중력 = 떨어지는 힘. 질량×중력 가속도. 항상 일정.  
 부력 = 떠오르는 힘. 배제된 유체의 무게와 같음. 항상 일정.  
 항력 = 저항하는 힘. 속도가 빨라질수록 저항 커짐.

낙하 운동 : 중력 > 부력+항력 → 중력 = 부력+항력  
 why? 중력이 크면 속도가 점점 증가하고, 이에 따라 항력도 증가. 중력은 일정하므로 양변이 같아짐. 속도가 더 이상 늘지 않음. 이때를 종단 속도라 함.

이제 문제를 풀어보자. 일단은 지문을 보지 말고, 기억하고 있는 내용만으로 선지를 1차 판단해보고, 답이 안 나오면 가장 답에 가까운 선지부터 지문에서 근거를 찾아보며 2차 판단하자.

29. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 가장 적절한 것은?

① 스카이다이버가 낙하 운동할 때에는 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지하게 된다.

마찰 항력은 끈적 항력이다. 스카이다이버는 몸집이 크므로 압력 항력인가 뭐시기가 크게 생길 것이다. X

② 물체가 유체 속에서 운동할 때 물체 전후방에 생기는 압력 차는 그 물체의 속도를 증가시킨다.

전후방에 생기는 압력 차는 압력 항력을 만들고 이는 저항하는 힘이다. 속도를 늦추겠지. X

③ 낙하하는 물체의 속도가 종단 속도에 이르게 되면 그 물체의 가속도는 중력 가속도와 같아진다.

종단 속도는 물체의 속도가 더 이상 늘지 않을 때의 속도다. 물체의 가속도는 0이겠지. 중력 가속도는 절대 0이 아니다. 중력 가속도가 0이면 중력이 0이 될 테니까. X

④ 균일한 밀도의 액체 속에서 낙하하는 동전에 작용하는 부력은 항력의 크기에 상관없이 일정한 크기를 유지한다.

부력은 동전이 배제한 액체의 무게다. 동전이 액체 속에 있는 한, 동전이 배제한 액체의 무게는 언제나 동일하다. O

⑤ 균일한 밀도의 액체 속에 완전히 잠겨 있는 쇠 막대에 작용하는 부력은 서 있을 때보다 누워 있을 때가 더 크다.

부력은 쇠 막대가 배제한 액체의 무게다. 막대가 액체 속에 있는 한, 막대가 서있건 누워있건 막대가 배제한 액체의 무게는 언제나 같다. X

30. 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. 이미지화하자. 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. A (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.)

중력, 부력, 항력과 연결 지어 상황을 먼저 구체화하고 가보자. 중력은 A보다 B에게 더 크게 작용할 것이다. 왜? B가 더 밀도가 높고, 밀도가 높으면 무게(질량)가 높을 테니까. (배경 지식이 없더라도 첫 문단에서 눈치 챌어야 하는 사실) 부력은 A와 B에 똑같이 작용할 것이다. 왜? 둘의 크기(부피)는 같으므로 둘이 배제시킨 공기의 무게는 같을 거니까. 이를 바탕으로 생각하면 중력이 더 약하게 작용하는 A가 조금 더 빠르게 상승할 것이다. 자연히 항력도 A에게 조금 더 강하게 작용할 것이다. 그런데 둘의 종단속도는 A와 B가 다르단다. 아마 중력이 더 작게 작용하는 A가 조금 더 빠른 종단 속도로 상승할 것이다. (사실 일반 풍선과 헬륨 풍선 같은 걸 이미지화하여 구체화했으면 이 모든 생각이 빠르게 이어진다.)

① A와 B가 고정되어 있을 때에는 A에 작용하는 항력이 B에 작용하는 항력보다 더 작겠군.

인간적으로 이거 고르지는 말자. 항력은 운동에 저항하는 힘이다. 운동하지 않으면 항력은 없다. X

② A와 B가 각각 일정한 속도를 유지할 때 A에 작용하고 있는 항력은 B에 작용하고 있는 항력보다 더 작겠군.

A가 조금 더 빠르게 상승하니까 A에 작용하는 항력이 조금 더 크겠지? X

- ③ A에 작용하는 부력과 중력의 크기 차이는 A의 속도가 증가하고 있을 때보다 A가 고정되어 있을 때 더 크겠군.

사실 배경지식을 완전 배제하면 정확히는 '알 수 없는' 선지이다. 부력은 정의를 통해 언제나 일정한 걸 알지만, 고정되어 있을 때 중력은 어떠한지 지문에는 서술된 바가 없다. 다만 물체가 고정됨에 따라 중력이 사라진다는 건, 모든 가만히 있는 물체는 '무중력 상태'라는 것이다. 말이 안 되는 거지. 만약 이런 생각을 못해도 이 선지를 고르지는 말자. 평가원은 이런 '알 수 없는 선지'를 정답으로 배치하지 않는다. 정답은 언제나 명확하다. 명심하자.

- ④ A와 B 모두 일정한 속도에 도달하기 전에 속도가 증가하는 것으로 보아 A와 B에 작용하는 항력이 점점 감소하기 때문에 일정한 속도에 도달하는 것이겠군.

항력이 점점 감소할 리가 없다. 속도가 증가함에 따라 항력도 증가하다가 평형을 이루면 속도가 더 이상 증가하지 않는 것이다.

- 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.

밀도가 더 큰 기체라면 B에 작용하는 부력은 더 클 것이다. 왜? B가 배제한 기체의 무게가 더 커질 테니까. (밀도랑 무게는 같이 가는 놈) 부력이 커지면 상승 속도도 빨라지고, 항력도 커질 것이다. 일반 공기에 있을 때보다. ○