

2016학년도 대수능 B형
[운동하는 물체에 작용하는 힘]

[1~2] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

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? [3점]

—<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] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

어떤 물체가 물이나 공기와 같은 유체 속에서 자유 낙하할 때 물체에는 중력, 부력, 항력이 작용한다. => 물체가 유체 속에서 자유 낙하한다는 상황을 던지고 그 때 물체에 무엇이 작용하는지를 제시합니다. 유체는 "물이나 공기와 같은"이라는 관형어로 꾸며져 정의되네요. 어쨌든 이러한 상황에서 물체에는 여러 가지 힘이 작용하나 봅니다. 중력, 부력, 항력 모두 힘과 관련된 명칭 같아요. 중력은 물체의 질량에 중력 가속도를 곱한 값으로 물체가 낙하하는 동안 일정하다. => 중력에 관한 수량적 관계가 다수 제시됩니다. 중력 = 질량 * 중력 가속도이고, 또한 중력은 낙하하는 동안 상수 형태를 취하고 있습니다. 모두 정리해야겠지요? 또 중력을 이야기했으니, 앞에서 제시했던 다른 힘들도 소개할 것이라는 생각이 듭니다. 부력은 어떤 물체에 의해서 배제된 부피만큼의 유체의 무게에 해당하는 힘으로, 항상 중력의 반대 방향으로 작용한다. => 지금 보고 있는 힘들은 모두 물체가 '유체 속에서' 자유 낙하할 때 작용하는 것들입니다. 그러니까 물체는 유체에 대해 자신의 부피를 배제시키고 있는 상태겠지요? 이때 그 부피를 물체가 아닌 유체가 차지할 때 그 유체만큼의 무게에 해당하는 힘이 부력이라는군요. 또 부력의 방향은 중력과 반대라고 합니다. 빗방울에 작용하는 부력의 크기는 빗방울의 부피에 해당하는 공기의 무게이다. => 부력에 대한 예시를 주는 문장이므로, 앞의 상황에 적용해야 합니다. 공기라는 유체 속에서 빗방울을 제시하고 있습니다. 이때 빗방울의 부력은, 빗방울에 의해 공기는 배제되는 부피가 생김을 고려하여 그 부피를 공기로 채울 때 공기의 무게만큼임을 알 수 있었습니다. 예시까지 던져주고 있으니 조금 세밀하게 이해해도 됐겠습니다. 공기의 밀도는 물의 밀도의 1,000분의 1 수준이므로, 빗방울이 공기 중에서 떨어질 때 부력이 빗방울의 낙하 운동에 영향을 주는 정도는 미미하다. => 공기는 물보다 밀도가 훨씬 낮은 수준이라고 합니다. 그런데 여기에서 "수준이므로"라는 인과의 의미로 다음 문장이 연결되어 "빗방울이 공기 중에서 떨어질 때 부력이 빗방울의 낙하 운동에 영향을 주는 정도는 미미하다."라는 정보를 도출하고 있습니다. 그러나 스티로폼 입자와 같이 밀도가 매우 작은 물체가 낙하할 경우에는 부력이 물체의 낙하 속도에 큰 영향을 미친다. => 앞선 상황과 정반대의 상황을 제시하는 한편, 앞 상황은 '빗방울'과 '공기'로 상황을 한정지었던 것에 반해 이 문장은 그를 일반적인 물체와 유체, 부력의 관계로 확장시키고 있습니다. 당연히 대비 지점이 보이고, 상황에도 변화가 나타나겠지요? 빗방울과 공기가 큰 밀도 차를 가져 빗방울의 낙하에 빗방울의 부력이 영향을 미미하게 줬던 반면, 이 문장의 상황과 같이 스티로폼 입자와 같은 밀도가 매우 작은 물체는 부력이 낙하 속도에 큰 영향을 미친다고 합니다. 앞서 언급한 대비와 일반화의 시선으로 바라보면, 유체 속에서 낙하하는 물체의 운동에서 물체와 유체 간 밀도 차가 클수록 부력의 영향은 작아진다는 이야기겠네요. 반비례 관계를 잡아낼 수 있었습니다. 또 이 문장은 2번 문항을 확인하는 데 있어 중추적인 역할을 하는 문장이었습니다. 풀이 후 다시 한번 확인해 보세요. 한편 항력은 아직 이야기하지 않았으니, 그 내용이 앞으로의 방향성이 되겠지요?

물체가 유체 내에 정지해 있을 때와는 달리, 유체 속에서 운동하는 경우에는 물체의 운동에 저항하는 힘인 항력이 발생하는데, 이 힘은 물체의 운동 방향과 반대로 작용한다. => 예상과 같이 항력을 설명합니다. 항력은 유체 속에서 운동하는 물체에 가해지는 힘이고, 운동에 저항하여 운동 방향과 반대 방향으로 나타난다고 하네요. 저'항'하는 '힘'이라 생각해서 항력이라고 생각할 수 있겠습니다. 또 운동에 저항하여 발생하니까 당연히 운동 방향과 반대로 작용하는 것이 자연스럽겠지요? 과학 지문을 읽어 나갈 때에도 자연스러움을 유지하려고 노력하는 것은 중요한 태도입니다. 항력은 유체 속에서 운동하는 물체의 속도가 커질수록 이에 상응하여 커진다. => 항력은 운동에 저항하는 힘입니다. 당연히 운동이 커지면 항력도 커지겠지요? 그것을 '속도'의 차원에서 설명하는 문장입니다. 항력은 마찰 항력과 압력 항력의 합이다. => 항력에 관한 수량적 관계를 말하고 있습니다. '항력 = 마찰 항력 + 압력 항력'과 같은 방식으로 확인할 수 있습니다. 마찰 항력은 유체의 점성 때문에 물체의 표면에 가해지는 항력으로, 유체의 점성이 크거나 물체의 표면적이 클수록 커진다. => '마찰'이니까 표면에 가해지는 힘에 관한 것이겠지요? 점성은 끈적한 성질을 말하는 듯한데, 끈끈한 물체는 더 뽀뽀하게 만져지니까 마찰이 커지지 않을까요? 이런 식으로 정리를 간단히 하고, 점성으로 인해 발생하고 물체 표면에 가해지는 힘이니까 점성과 물체 표면적이 클수록 마찰 항력이 커진다는 내용으로까지 연결할 수 있겠습니다. 압력 항력은 물체가 이동할 때 물체의 전후방에 생기는 압력 차에 의해 생기는 항력으로, 물체의 운동 방향에서 바라본 물체의 단면적이 클수록 커진다. => 압력은 대충 누르는 힘 비슷한 느낌인데, 물체가 이동할 때 전후방에 그러한 압력에 차이가 발생하나 봅니다. 그로 인해 압력 항력이 발생한다고 하네요. 또 압력 항력은 운동 방향에서 바라본 물체 단면적과 비례 관계를 갖는다는 정보도 제시됩니다. 다소 연결이 꺾여진 부분이므로, 표시를 해놓는 것도 좋았겠습니다.

안개비의 빗방울이나 미세 먼지와 같이 작은 물체가 낙하하는 경우에는 물체의 전후방에 생기는 압력 차가 매우 작아 마찰 항력이 전체 항력의 대부분을 차지한다. => 작은 물체는 물체의 전후방 압력 차가 작다고 합니다. 이는 압력 항력과 관련이 있는 내용이었는데, 압력 차가 작다고 하니 압력 항력도 작을 것입니다. 따라서 마찰 항력이 전체 항력(= 압력 항력 + 마찰 항력)의 대부분을 차지하게 되는 것이겠네요. 빗방울의 크기가 커지면 전체 항력 중 압력 항력이 차지하는 비율이 점점 커진다. => 그렇겠지요. 앞 문장에서 압력 항력이 작았던 것은 물체의 크기가 작은 상황으로부터 연결되는 정보였니까요. 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. => 물체가 커질 때의 상황을 설명하다 그 크기를 확 키워서, 아예 큰 물체에 대한 이야기를 하고 있습니다. 예시는 스카이다이버네요. 이러한 물체가 빠른 속도로 떨어질 때는 압력 차가 매우 커서, 오히려 마찰 항력을 무시할 수 있는 수준이라고 합니다. 앞 상황과 정확히 반대되네요.

빗방울이 낙하할 때 처음에는 중력 때문에 빗방울의 낙하 속도가 점점 증가하지만, 이에 따라 항력도 커지게 되어 마침내 항력과 부력의 합이 중력의 크기와 같아지게 된다. => 중력으로 인해 낙하 속도가 증가하면, 운동 속도가 커지는 것이죠? 그럼 항력도 따라서 커질 것이고 이에 따라 항력과 부력의 합이 중력과 같아진다고 합니다. 중력과 부력은 고정된 값이었고, 항력이 변동하는 값을 다시 확인할 수 있습니다. 이때 물체의 가속도가 0이 되므로 빗방울의 속도는 일정해지는데, 이렇게 일정해진 속도를 종단 속도라 한다. => 이렇게 항력이 증가하여 항력과 부력의 합이 중력과 같아질 때, 가속도가 0이 된다고 합니다. 가속도는 더해지는 속도니까, 0이 되면 속도가 더 이상 늘지 않겠죠. 그를 유추할 수 없어도 가속도 0 -> 속도 일정이라고 간단히 파악해도 되었구요. 어쨌든 이때의 속도를 '종단 속도'라고 정의하고 있습니다. 유체 속에서 상승하거나 지면과 수평으로 이동하는 물체의 경우에도 종단 속도가 나타나는 것은 이동 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형에 의한 것이다. => 우리는 지금까지 '자유 낙하 운동'을 하는 물체를 살펴봤습니다. 그런데 상승 운동이나 수평 이동 운동을 하는 물체에서도 종단 속도를 살펴볼 수 있군요. 이들도 이동 방향으로 작용하는 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형에 의해 종단 속도가 나타나는 것이라고 합니다. 제가 이들도'라고 말씀드린 이유를 아시겠나요? 물체가 자유 낙하 운동을 할 때 이동 방향으로 작용하는 힘은 중력이었습니다. 중력으로 인해 운동 속도가 빨라진다고 했으니까요. 부력은 항상 중력의 반대 방향으로 작용한다고 했습니다. 또한 운동하는 방향은 '아래'이니, 그에 저항하여 항력이 '위'로 작용했죠. 그런데 본 문단 첫 문장을 다시 확인하면, 빗방울이 낙하할 때는 중력으로 인해 낙하 속도가 증가하지만 그에 따라 항력이 커진다고 하면서 '중력 = 항력 + 부력'이라는 수량적 관계가 제시됩니다. 즉 이동 방향의 힘인 중력과 그 반대 방향의 힘인 항, 부력이 평형을 이루면서 종단 속도가 나타나게 된 것이죠. 그리고 이 마지막 문장을 통해서, 종단 속도는 자유 낙하뿐만 아니라 운동 방향이 수평이든 위든 모두 동일한 방식으로 나타나게 된다는 것입니다. 이동 방향으로 작용하는 힘과, 반대 방향으로 작용하는 힘의 평형 말이죠.

전체적으로 문장을 하나하나 따져야 도출할 수 있는 정보가 많은 지문이었습니다. 문장 읽기 훈련에 아주 탁월한 지문이었다는 이야기죠. 모두 읽어내서 압축적인 글을 읽어내는 태도를 기를 수 있도록 합시다.

1. 뒷글을 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.
- => 전부 쉽게 확인할 수 있는 내용이었습니다.

2. 윗글을 바탕으로 <보기>에 대해 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]

<보 기>

크기와 모양은 같으나 밀도가 서로 다른 구 모양의 물체 A와 B를 공기 중에 고정하였다. => 밀도에 차이가 있는 물체 A와 B가 제시되었습니다. 이때 물체 A와 B의 밀도는 공기보다 작으며, 물체 B의 밀도는 물체 A보다 더 크다. => 두 물체 모두 밀도가 공기보다 작고, B의 밀도가 A의 밀도보다 크네요. 따라서 밀도 관계를 '공기 > B > A'와 같이 정리할 수 있겠습니다. 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. => 두 물체 모두 놓아주었더니 속도가 증가하며 상승하다가, 각각 다른 일정한 속도를 유지한다는 것은 종단 속도로의 운동을 제시함을 파악했어야 합니다. 또 이들은 지문에서 확인했던 '자유 낙하' 운동이 아닌, '상승' 운동임 역시 감지했어야 합니다. (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.)

Q1. 물체와 유체의 밀도 차는 어떤 내용으로 연결되는지 확인해보세요.

=>

Q2. 물체가 상승할 때 물체의 이동 방향으로 작용하는 힘과 그 반대 방향으로 작용하는 힘의 관계는 어떻게 서술할 수 있나요?

=>

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

=> Q3. 항력은 어떻게 발생하나요?

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

=> "A와 B가 각각 일정한 속도를 유지"한다는 것은 두 물체가 모두 종단 속도에 도달한 상황을 의미합니다. 이때 A에 작용하는 항력은 정확히 부력과 중력의 차이입니다. 즉 선지는 밀도만 다른 두 물체의 종단 속도상 항력을 비교하라는 것이 목적입니다.

한편 두 물체의 부력은 동일합니다. A와 B의 크기와 모양이 동일하기 때문이죠. 또 부력이 A와 B의 이동 방향으로 작용하는 힘입니다. A와 B는 상승 운동을 하고 있고, 위로 향하는 힘은 중력의 반대 방향으로 작용하는 부력이었기 때문입니다. 또한 항력은 이동 방향의 힘에 저항하는 방향으로, 아래로 향해 발생합니다. 즉 <보기>에서 힘의 평형은 '부력 = 중력 + 항력'의 형태로 일어나겠습니다.

그런데 A와 B에 작용하는 부력은 동일하지만, 운동 속도는 A가 더 빠릅니다. 왜냐하면 A와 B는 모두 유체로 설정된 공기보다 밀도가 작으면서, A와 공기 간 밀도 차가 B와 공기 간 밀도 차보다 더 크기 때문에 운동에 작용하는 부력의 영

향이 A의 경우에 더 크게 나타나기 때문입니다.

그리고 종단 속도상에서 부력은 동일하지만, 항력에서 차이가 발생할 것입니다. 왜냐하면 유체와 물체 간 밀도 차로 인해 부력이 동일해도 실제 속도에서는 차이가 나게 되기 때문이죠. 속도의 차이는 곧 항력의 차이를 발생시킬 것입니다. 그에 따라 A는 B보다 빠른 속도를 보이므로, 종단 속도상 항력은 A가 B보다 크게 나타날 것입니다.

+ 사실 부피와 밀도에 대한 상식적 논리로 접근하면 보다 수월해지는 문제입니다. 그렇게도 따져보고 위와 같이 지문과 연결된 논리적 엄밀성으로도 접근해 보신 후 최종적으로 나는 어떻게 접근해야 하는가에 대해 고민해보아야 합니다.

=> Q4. 유체와 물체 간 밀도 차이를 설명할 때, '유체가 물체보다 밀도가 큼'을 강조했습니다. 물체의 밀도가 유체보다 커도 유체와 물체 간 밀도 차이가 발생하는데도 말입니다. 그 이유가 무엇일지 생각해 보세요.

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

=> 부력과 중력은 고정된 값입니다.

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

=> Q5. 속도가 증가하면 항력은 어떻게 변화하나요?

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.

=> 공기보다 밀도가 더 큰 기체 내에서 B가 상승하면, 유체의 밀도가 B의 밀도보다 더 큰 상태에서 유체와 B 간 밀도 차이가 더 커지는 것입니다.

앞서 살펴본 선지 ②와 상황이 정확히 일치하므로 그 논리가 그대로 적용될 것입니다. 곧 유체-물체 간 밀도 차가 큰 (단, 유체 밀도 > 물체 밀도) 상황에서 종단 속도의 항력이 더 크게 작용할 것임을 확인할 수 있습니다. 선지 ②와 함께 생각해 보세요.