

◆ 14년 9월 고2 B형 26~27번

[26~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

물체의 운동을 과학적으로 설명할 때 기본이 되는 개념이 '속력'이다. 속력은 단위 시간당 이동한 거리로 나타내는데 이러한 속력에 대한 개념은 유용하게 쓰인다. 예를 들어 자동차로 여행할 때 우리는 주행 시간을 알고 싶어 한다. 이때 필요한 것이 여행하는 동안의 '평균 속력'이다. 평균 속력은 '이동 거리'를 '걸린 시간'으로 나눈 값으로 1시간 동안 80km를 달렸다면, 평균 속력은 80km/h가 된다. 한편 운동하는 물체의 속력은 수시로 변하는데 어떤 순간의 속력을 '순간 속력'이라 한다. 자동차의 주행 속력계를 어느 한 순간 봤을 때 주행 속력계가 가리킨 속력이 바로 순간 속력이라 할 수 있다.

한편 물체의 운동 상태를 정확하게 표현하기 위해서 운동의 크기인 속력뿐만 아니라 운동의 방향도 알아야 하는데, 속력과 그 운동 방향을 포함했을 때를 '속도'라 한다. 예를 들어 '서쪽으로 60km/h로 운동하는', '동쪽으로 60km/h로 운동하는' 것과 같이 표현하면 속도가 된다. 그러나 이 두 경우, 속력은 같지만 방향이 다르기 때문에 같은 속도라 할 수 없다.

운동하는 물체가 속력이 커지거나 작아지지 않고 일정하게 유지되면 '등속력'으로 운동하는 것이다. 그 물체가 일정한 방향으로 등속력으로 운동할 때 이를 '등속도'라 한다. 이때 일정한 방향이란 직선을 말한다. 반면에 속력 또는 운동 방향이 변한다면 속도는 변한다. 물체의 속도가 단위 시간에 따라 변할 때, 단위 시간당 속도의 변화를 '가속도'라 한다. 이때 속도의 변화는 나중 속도에서 처음 속도를 빼 것이 된다. 직선 도로에서 자동차가 30km/h로 달리다가 1시간 뒤 35km/h로 달린다면, 이전 속력에 비해 5km/h만큼 속력이 증가했고, 같은 시간 조건에서 35km에서 30km로 달렸다면, 이번에는 5km/h만큼 속력이 감소한 셈이다.

또한 어떤 물체가 같은 크기의 속력으로 움직이다가 방향을 바꿔도 가속도에 해당한다. 예를 들어, 동쪽으로 자동차가 30km/h로 달리다가 1시간 뒤 서쪽으로 방향을 바꾸어 30km/h로 달린다고 가정하자. 편의상 동쪽을 '+', 서쪽을 '-'로 표기할 때 속도의 변화는 나중 속도에서 처음 속도를 빼 것이므로, -30km/h에서 30km/h를 빼면, -60km/h가 된다. 이는 서쪽 방향으로 시간당 60km/h만큼 속도가 변한 것이다.

한편 속도는 상대적일 수 있다. 직선으로 달리는 기차 안에서 철수가 걷고 있을 때, 관찰자가 어디에 있느냐에 따라 속도는 달라진다. 기차의 속도가 60km/h라는 말은 기차 밖에서 속도를 측정했을 때이다. 달리는 기차 안에서 철수가 기차 주행 방향으로 3km/h로 걷는다면 기차 안의 관찰자가 철수를 본 속도는 3km/h이다. 하지만 관찰자가 기차 밖의 도로에서 기차 안에서 걷고 있는 철수의 속도를 측정한다면, 기차 속도에도 철수가 기차 안에서 걷는 속도를 합쳐 63km/h가 되는 것이다.

26. 윗글로 미루어 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

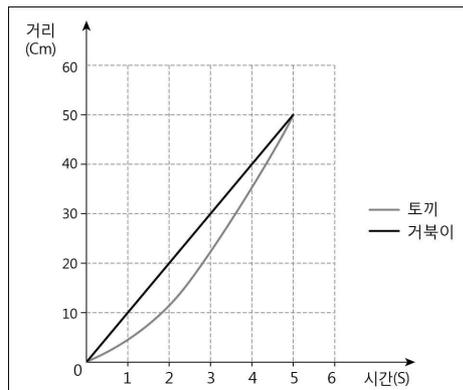
[3점]

- ① 반원 모양의 회전 구간을 일정한 속력으로 주행하는 자동차의 속도는 변함이 없다.
- ② 직선 도로에서 일정한 거리를 두고 시작점과 끝점에 속력 측정기를 설치하여 과속을 단속하는 구간 단속은 평균 속력을 측정하는 방식이다.
- ③ 서쪽으로 100km/h로 달리는 자동차와 동쪽으로 100km/h로 달리는 자동차를 도로에 정지해 있는 관찰자가 본 경우, 속력은 같지만 속도는 다르다.
- ④ 40km/h로 직선 운동하는 배 안에서 배의 운동 방향으로 A가 2km/h로 걷고 있을 때, 육지에서 서 있는 관찰자가 A의 속도를 측정하면 42km/h가 된다.
- ⑤ 1시간 동안 이동하면서 계속 주행 속력계를 관찰했을 때, 자동차의 순간 속력이 80km/h를 넘는 적이 없다면, 1시간 동안 평균 속력은 80km/h보다 클 수 없다.

27. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

<보기>

똑같은 출발점에서 토끼와 거북이를 동일한 직선 방향으로 동시에 출발하게 한 후, 1초 간격으로 토끼와 거북이가 출발점에서 이동한 거리의 값을 다음과 같이 얻었다고 가정한다.



구분	0초	1초	2초	3초	4초	5초
토끼	0cm	4cm	12cm	22cm	35cm	50cm
거북이	0cm	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm

- ① 0초에서 5초까지 거북이의 속력은 일정하다.
- ② 0초에서 1초까지 거북이가 토끼보다 빠르다.
- ③ 0초에서 5초까지 토끼와 거북이의 평균 속력은 같다.
- ④ 0초에서 5초까지 토끼의 속력은 증가하다가 감소한다.
- ⑤ 0초에서 5초까지 토끼는 가속도 운동을, 거북이는 등속도 운동을 한다.

◆ 13년 3월 고1 27~30번

[27~30] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

갑자기 비가 쏟아지면 길을 가던 사람들은 비를 피하기 위해 뛰기 시작한다. 우산 없이 뛰어 본 사람은 바람이 없는 날 ③ 술술 내리는 비가, 뭘 때에는 더 세차게 느껴졌던 적이 있을 것이다. 천천히 걷는 사람보다 뛰는 사람은 비가 더 강하고 앞쪽에서 오는 것 같이 느낀다. 같은 빗줄기로 내리는 경우에도 뛰는 사람들이 많은데, ① 뛰면 비가 더 세차게 느껴질 텐데 과연 비를 덜 맞을까 하는 의문이 생긴다.

이 문제를 풀려면 '상대속도'와 '상대속력'의 개념을 이해해야 한다. 상대위치가 어느 방향으로 얼마나 빨리 바뀌는가를 나타내는 것이 '상대속도'이고 그것의 크기가 '상대속력'이다. 기차역에서 나란히 정차한 두 기차 가운데 한 기차에 타고 있는 사람이 다른 기차가 움직이는 것을 보고 자기가 탄 기차가 움직인다고 착각하는 경우가 종종 있다. 무심코 자기의 위치를 움직이는 기차에 대한 상대위치로 감지하였기 때문이다. 자기 기차에 대한 상대위치를 생각하면 다른 기차가 움직이고, 다른 기차에 대한 상대위치를 생각하면 자기 기차가 움직인다. 다른 기차가 앞으로 가면 자기는 상대적으로 뒤로 가고, 자기 기차가 앞으로 가면 다른 기차가 상대적으로 뒤로 간다. 만약 두 기차가 같은 속력으로 같은 방향으로 가면 두 기차의 서로에 대한 상대위치가 바뀌지 않으므로 상대속도의 크기는 0이다.

얼굴에 빗방울을 맞았을 때, 힘(충격량)을 느끼는 것은 빗방울이 내 얼굴에 맞아서 상대운동량(질량×상대속도)이 변하기 때문이다. 상대운동량이 커질수록 충격량이 커진다. 빗방울이 얼굴에 닿으면 빗방울의 상대운동량이 0이 된다. 그런데 얼굴에 닿기 전의 상대속도가 클수록 상대운동량이 크고 따라서 빗방울이 얼굴에 닿을 때 변화가 더 커서 충격량이 더 크다. 겨울에 눈싸움을 할 때 같은 무게의 눈뭉치라도 세계 던질수록 맞으면 더 아픈 것은 이 때문이다.

위에서 말한 바와 같이 수직으로 내리는 빗방울을 천천히 걸으면서 맞는 것보다 뛰면서 맞는 경우 더 세게 느끼는 것은, 빗방울의 사람에 대한 상대속력이 더 커지기 때문이다. 또 비가 앞에서 오는 것 같이 느끼는 것은 빗방울의 사람에 대한 상대속도가 앞에서 오는 방향이기 때문이다. 우산을 그 방향으로 기울여야 좋은 방패가 된다.

사람이 맞는 빗물의 전체 양은 '단위시간에 맞는 빗물의 양 × 가는 데 걸리는 시간'이다. 뛰어가면 빗방울의 사람에 대한 상대속력이 커지므로 단위시간(예를 들어 1초)에 맞는 빗물의 양은 오히려 더 많아진다. 그러나 뛰어가면 목적지까지 가는 데 걸리는 시간은 줄어든다. 단위시간에 맞는 빗물의 양이 증가하는 것보다 시간이 더 많이 줄기 때문에 목적지까지 가는 동안 맞는 빗물의 양은 빨리 될수록 줄어든다.

27. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

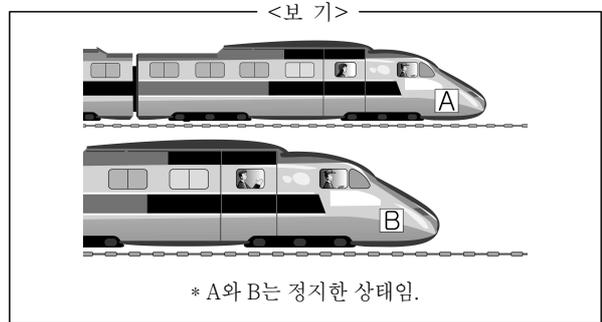
- ① 상대속도에는 방향 개념이 들어 있다.
- ② 상대속력은 상대속도의 크기를 나타낸다.
- ③ 뛰어가면 단위시간에 맞는 빗물의 양이 줄어든다.
- ④ 비가 오는 방향으로 우산을 기울여야 비를 덜 맞는다.
- ⑤ 비가 올 때 뛰면 목적지까지 가는 시간이 줄기 때문에 비를 덜 맞는다.

28. ㉠의 이유로 적절한 것은?

- ① 빗방울의 질량이 더 커지기 때문에
- ② 빗방울의 상대위치가 달라지기 때문에
- ③ 빗방울의 상대운동량이 0이 되기 때문에
- ④ 빗방울의 상대운동량의 변화가 더 크기 때문에
- ⑤ 빗방울의 사람에 대한 상대속도가 작아지기 때문에

29. 윗글을 참고할 때 <보기>에 대한 설명으로 적절한 것은?

[3점]



- ① A의 승객은 B가 뒤로 가면 자신이 뒤로 간다고 생각한다.
- ② A가 앞으로 가면 A의 승객은 B가 상대적으로 뒤로 간다고 생각한다.
- ③ A와 B가 같은 속력으로 달리면 방향이 달라도 상대위치는 변하지 않는다.
- ④ A와 B가 같은 방향으로 달리면 속력이 달라도 상대위치는 변하지 않는다.
- ⑤ A와 B가 속력이 같으면 같은 방향으로 달릴 때와 반대 방향으로 달릴 때의 상대속도는 같다.

30. ㉠와 관련하여 <보기>의 사례가 될 수 없는 것은?

<보기>

우리말의 특징에는 자음의 교체에 따라 단어의 기본적인 의미는 같지만 단어의 어감만을 다르게 하는 어감의 분화가 있다. '술술'은 '가는 비나 눈이 잇따라 가볍게 내리는 모양'이라는 뜻인데, '쏟쏟'은 '술술'보다 더 강하고 센 느낌을 준다.

- ① 배다 → 빠다
- ② 뱅뱅 → 뽕뽕
- ③ 줄줄 → 쫄쫄
- ④ 감감하다 → 감감하다
- ⑤ 단단하다 → 뚝뚝하다

◆ 13년 11월 고2 B형 24~26번

[24~26] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

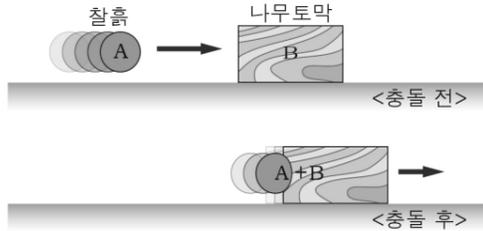
다양한 충돌 현상들을 물리학에서는 어떻게 설명하고 있을까? 충돌 현상을 이해하기 위해서는 먼저 운동량과 운동에너지에 대해 알아야 한다.

운동량은 'P(운동량) = m(질량) × v(속도)'로 나타내며 크기와 방향을 가지고 있다. 예를 들어 총알을 발사하기 전 총과 총알이 지닌 운동량의 합은 '0'인데, 이는 총알을 발사할 때에도 보존된다. 발사할 때 총알이 '+' 방향으로 운동량을 가진다면 반동으로 되튀는 총은 '-' 방향으로 같은 크기의 운동량을 갖기 때문이다. 결국 알짜힘*이 작용하지 않으면 발사 전과 후 총과 총알이 지닌 운동량의 합은 같다. 이와 마찬가지로 충돌 현상에서도 충돌 전 물체들이 지닌 운동량의 합은 충돌 후에도 그대로 보존된다.

그러나 운동량과 달리 운동에너지는 보존되지 않는 경우도 있다. 물체가 충돌하면서 소리나 열, 형태 변화 등이 발생하여 운동에너지가 다른 에너지로 바뀌기 때문이다.

그러면 '운동량'과 '운동에너지'의 개념을 활용하여 다양한 충돌 현상을 어떻게 이해할 수 있을까? 충돌 시 운동량과 함께 운동에너지도 보존되는 충돌을 ㉠ '완전탄성충돌'이라 한다. 완전탄성충돌에서는 충돌하는 두 물체의 질량이 같은 경우 충돌 시 두 물체의 방향과 속력이 완전히 교환된다. 예를 들어 수평면에서 운동하는 물체가 정지해 있는 물체와 정면으로 완전탄성충돌을 한다면, 두 물체의 방향과 속력이 교환되어 운동하던 물체는 정지하고 정지해 있던 물체는 운동하던 물체가 지녔던 방향과 속력으로 운동한다. 이와 같은 현상은 운동하는 두 물체의 정면충돌에서도 동일하게 나타난다. 이러한 완전탄성충돌은 일상생활에서 그 예를 찾아보기 어렵다. 충돌 시 대부분 소리나 열 등이 발생하기 때문이다.

운동량은 보존되지만 운동에너지가 손실되는 충돌이 있다. 이를 '비탄성충돌'이라 하는데, 그 중에서 충돌 후 두 물체가 한 덩어리가 되어 움직이는 것을 ㉡ '완전비탄성충돌'이라 한다. 오른쪽



[완전비탄성충돌]

그림은 운동하던 찰흙(A)이 정지해 있는 나무토막(B)에 충돌한 후 나무토막과 한 덩어리('A+B')가 되어 움직이는 완전비탄성 충돌의 사례를 나타낸 것이다. 이 경우 다른 충돌에서처럼 충돌 전후의 운동량은 보존되지만, A의 운동에너지에 비해 'A+B'의 운동에너지는 줄어든다. 충돌 시 A가 지닌 운동에너지가 다른 형태의 에너지로 바뀌기 때문이다.

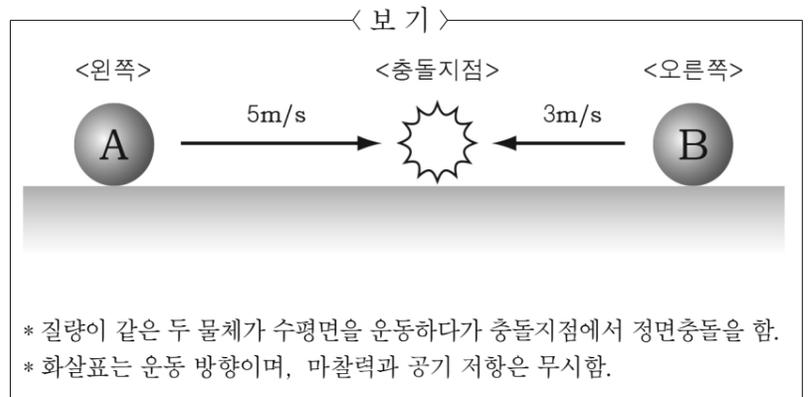
이렇게 물리학에서는 운동량과 운동에너지의 개념을 통해 다양한 충돌 현상에 대해 설명하고 있다. 이러한 물리학적 설명은 충돌 시 충격완화 방법을 연구하는 데 이론적 토대를 제공하는 등 실생활과 밀접한 관련을 맺고 있다.

* 알짜힘: 외부에서 작용하는 모든 힘의 합.

24. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 알짜힘이 가해지면 물체의 운동량은 변한다.
- ② 총알을 발사하기 전 총이 가진 운동량은 '0'이다.
- ③ 같은 속도로 운동한다면 질량이 큰 쪽의 운동량이 많다.
- ④ 비탄성충돌에서는 물체의 운동에너지가 다른 에너지로 바뀐다.
- ⑤ 실생활에서 가장 많이 찾아볼 수 있는 충돌은 완전탄성충돌이다.

25. ㉠의 상황을 <보기>와 같이 나타냈을 때, 충돌 직후의 결과를 추리한 내용으로 가장 적절한 것은? [3점]



- ① A, B가 한 덩어리가 된 채 정지한다.
- ② A, B가 한 덩어리가 된 채 2m/s의 속력으로, 충돌 지점 왼쪽으로 움직인다.
- ③ A, B가 한 덩어리가 된 채 2m/s의 속력으로, 충돌 지점 오른쪽으로 움직인다.
- ④ A는 5m/s의 속력으로 충돌 지점 왼쪽으로, B는 3m/s의 속력으로 충돌 지점 오른쪽으로 움직인다.
- ⑤ A는 3m/s의 속력으로 충돌지점 왼쪽으로, B는 5m/s의 속력으로 충돌 지점 오른쪽으로 움직인다.

26. ㉡의 구체적 사례로 가장 적절한 것은?

- ① 골프채를 휘둘렀더니 골프공이 멀리 날아갔다.
- ② 공을 바닥에 굴렸더니 조금 굴러가다가 멈추었다.
- ③ 농구 골대에 공을 던졌더니 림을 맞고 튀어나왔다.
- ④ 창을 표적에 던졌더니 창이 박힌 채 표적이 뒤로 움직였다.
- ⑤ 얼음판 위에서 스케이트를 신고 펜스를 밀었더니 내가 뒤로 밀려났다.

잡는 것처럼 돌에 회전을 걸어 주면 돌이 수평을 유지하여 평평한 쪽이 수면과 부딪칠 수 있다. 그러면 돌은 물의 표면장력을 효율적으로 이용해 위로 튕겨 나간다는 것이다.

물수제비 현상에서는 또 다른 물리적 원리를 생각할 수 있다. 단면(斷面)이 원형인 물체를 공기 중에 회전시켜 던지면 물체 표면 주변의 공기가 물체에 끌려 물체와 동일한 방향으로 회전하게 된다. 또한 물체 외부의 공기는 물체의 진행 방향과는 반대 방향으로 흐르게 된다. 이 때 베르누이의 원리에 따르면, 물체 표면의 회전하는 공기가 물체 진행 방향과 반대편으로 흐르는 쪽의 공기의 속도가 빨라져 압력이 작아지지만, 물체 진행 방향과 동일한 방향으로 흐르는 쪽의 공기는 속도가 느려 압력이 커지게 되고, 결국 회전하는 물체는 압력이 낮은 쪽으로 휘어 날아가게 된다. 이를 '마그누스 효과'라고 하는데, 돌을 회전시켜 던지면 바로 이런 마그누스 효과로 인해 물수제비가 더 잘 일어날 수 있는 것이다. 보케 교수는 또한 공기의 저항을 줄이기 위해 돌에 구멍을 내는 것도 물수제비 발생에 도움이 될 것이라고 말했다.

최근 프랑스 물리학자 클라네 박사와 보케 교수가 밝혀낸 바에 따르면 물수제비의 핵심은 돌이 수면을 치는 각도에 있었다. 이들은 알루미늄 원반을 자동 발사하는 장치를 만들고 1백분의 1초 이하의 순간도 잡아내는 고속 비디오카메라로 원반이 수면에 부딪치는 순간을 촬영했다. 그 결과 알루미늄 원반이 물에 빠지지 않고 최대한 많이 수면을 튕겨 가게 하려면 원반과 수면의 각도를 20° 에 맞춰야 한다는 사실을 알아냈다. 클라네 박사의 실험에서 20° 보다 낮은 각도로 던져진 돌은 일단 수면에서 튕겨 가기는 하지만 그 다음엔 수면에 맞붙어 밀려가면서 운동에너지를 모두 잃어버리고 물에 빠져 버렸다. 돌이 수면과 부딪치는 각도가 45° 보다 크게 되면 곧바로 물에 빠져 들어가 버렸다.

물수제비를 실제로 활용한 예도 있다. 2차대전이 한창이던 1943년, 영국군은 독일 루르 지방의 수력 발전용 댐을 폭파해 군수 산업에 치명타를 가했다. 고공 폭격으로는 댐을 정확하게 맞추기 어렵고 저공으로 날아가 폭격을 하자니 폭격기 [A] 마저 폭발할 위험이 있었다. 그래서 영국 공군은 4t 무게의 맥주통 모양 폭탄을 제작하여 18m의 높이로 저공 비행을 하다가 댐 약 800m 앞에서 폭탄을 분당 500회 정도의 역회전을 시켜 투하시켰다. 포탄은 수면을 몇 번 튕겨 나간 다음의 도한 대로 정확히 댐 바로 밑에서 폭발했다.

이러한 물수제비 원리가 응용된 것이 성층권 비행기 연구다. 즉 이륙 후 약 40km 상공의 성층권까지 비행기가 올라가서 엔진을 끈 후 아래로 떨어지다가 밀도가 높은 대기층을 만나면 물수제비 처럼 튕겨오르게 된다. 이 때 엔진을 다시 점화해 성층권까지 올라갔다가 또 다시 아래로 떨어지면서 대기층을 튕겨 가는 방식을 되풀이한다. 과학자들은 비행기가 이런 식으로 18번의 물수제비를 뜨면 시카고에서 로마까지 72분에 갈 수 있을 것으로 기대하고 있다. 과학자들은 ㉠우리 주변에서 흔히 보는 물수제비를 바탕으로 초고속 비행기까지 생각해냈다. 그 예지가 참으로 놀랍다.

29. 위 글의 내용과 부합하는 것은? [1점]

- ① 돌이 무거울수록 물수제비 현상은 더 잘 일어난다.
- ② 돌의 표면이 거칠수록 물의 표면 장력은 더 커진다.
- ③ 돌을 회전시켜 던지면 공기 저항을 최소화할 수 있다.
- ④ 돌의 중력이 크면 클수록 물수제비 현상이 잘 일어난다.
- ⑤ 수면에 부딪친 돌의 운동 에너지가 유지되어야 물수제비가 일어난다.

◆ 05년 4월 고3 29~32번

[29~32] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

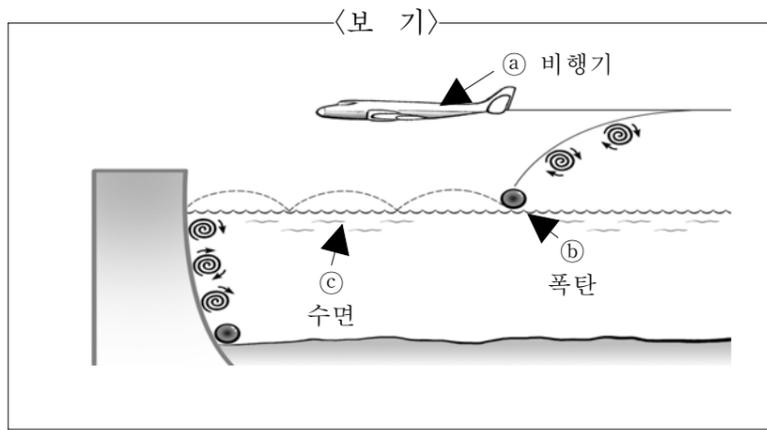
누구나 어릴 적에 어떻게 하면 물수제비를 오래 뜨게 하는가를 겨루었던 경험이 한 번쯤은 있을 것이다. 물수제비를 잘 뜨게 만드는 비법도 사람들마다 제각각이다. 그런데 과학자들에게 있어 물수제비는 회전하는 물체가 중력을 이기고 유체를 치고 나가는 역학 문제를 푸는 것이었다.

지난 2002년 프랑스의 보케 교수는 물수제비 횡수는 돌의 속도가 빠를수록 증가하며, 최소 한 번 이상 튀게 하려면 시속 1km는 돼야 한다는 실험 결과를 발표하면서 수평으로 걸어 준 회전이 또 한 중요한 변수라고 지적했다. 즉 팽이가 쓰러지지 않고 균형을

30. ㉠과 유사한 사례로 볼 수 없는 것은? [1점]

- ① 프리즘을 통해 빛이 분리되는 것을 알고 무지개 색을 규명해냈다.
- ② 새가 날아갈 때 날개에 양력이 생김을 알고 비행기를 발명하게 되었다.
- ③ 푸른곰팡이에 세균을 죽이는 성분이 있음을 알고 페니실린을 만들어냈다.
- ④ 물이 넘치는 것을 통해 부력이 존재함을 알고 거대한 유조선을 바다에 띄웠다.
- ⑤ 수증기가 올라가는 현상을 통해 공기가 데워지면 상승한다는 것을 알고 열기구를 만들었다.

31. [A]를 그림으로 나타낸 <보기>에 대해 추론한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① a에서 투하된 b의 속도의 세기가 튕겨지는 횡수에 영향을 미쳤을 것이다.
- ② b의 위쪽이 아래쪽보다 압력이 더 낮았을 것이다.
- ③ b의 아래쪽 공기의 흐름이 위쪽보다 빨랐을 것이다.
- ④ b의 회전이 반대였다면 b가 목표 지점에 도달하지 못했을 것이다.
- ⑤ b와 c가 만나는 각도에 따라 튕겨지는 횡수가 달랐을 것이다.

32. 위 글에서 <보기>의 '실마리'에 해당하는 것은?

<보 기>

우주선이 지구에 귀환할 때에는 고밀도의 대기층에 부딪쳐 우주선이 튕겨지는 현상이 발생한다. 우주 과학자들은 이런 현상을 해결하기 위해 고심하던 중 물수제비 실험에서 그 실마리를 찾을 수 있었다.

- ① 원반과 수면의 각도가 20°일 때 물수제비가 가장 잘 일어났다.
- ② 돌에 구멍을 내어 던졌더니 공기 저항이 줄어드는 효과가 있었다.
- ③ 성층권에서 물수제비를 응용한 비행기가 속도가 더 빠를 가능성이 있다.
- ④ 물수제비를 최소 한 번 이상 튀게 하려면 시속 1km 이상은 되어야 한다.
- ⑤ 원반을 수면에 45°보다 큰 각도로 던졌더니 곧바로 물에 빠져 들어가 버렸다.

◆ 14-9평 B형 28~29번

[28~29] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

회전 운동을 하는 물체는 외부로부터 돌림힘이 작용하지 않는다면 일정한 빠르기로 회전 운동을 유지하는데, 이를 각운동량 보존 법칙이라 한다. 각운동량은 질량이 m 인 작은 알갱이가 회전축으로부터 r 만큼 떨어져 속도 v 로 운동하고 있을 때 mvr 로 표현된다. 그런데 회전하는 물체에 회전 방향으로 힘이 가해지거나 마찰 또는 공기 저항이 작용하게 되면, 회전하는 물체의 각운동량이 변화하여 회전 속도는 빨라지거나 느려지게 된다. 이렇게 회전하는 물체의 각운동량을 변화시키는 힘을 돌림힘이라고 한다.

그러면 팽이와 같은 물체의 각운동량은 어떻게 표현할까? 아주 작은 균일한 알갱이들로 팽이가 이루어졌다고 볼 때, 이 알갱이 하나하나를 질량 요소라고 한다. 이 질량 요소 각각의 각운동량의 총합이 팽이 전체의 각운동량에 해당한다. 회전 운동에서 물체의 각운동량은 (각속도) \times (회전 관성)으로 나타낸다. 여기에서 각속도는 회전 운동에서 물체가 단위 시간당 회전하는 각이다. 질량이 직선 운동에서 물체의 속도를 변화시키기 어려운 정도를 나타내듯이, 회전 관성은 회전 운동에서 각속도를 변화시키기 어려운 정도를 나타낸다. 즉, 회전체의 회전 관성이 클수록 그것의 회전 속도를 변화시키기 어렵다.

회전체의 회전 관성은 회전체를 구성하는 질량 요소들의 회전 관성의 합과 같은데, 질량 요소들의 회전 관성은 질량 요소가 회전축에서 떨어져 있는 거리가 멀수록 커진다. 그러므로 질량이 같은 두 팽이가 있을 때 훌쭉하고 키가 큰 팽이보다 넓적하고 키가 작은 팽이가 회전 관성이 크다.

각운동량 보존의 원리는 스포츠에서도 쉽게 확인할 수 있다. 피겨 선수에게 공중 회전수는 중요한데 이를 확보하기 위해서는 공중회전을 하는 동안 각속도를 크게 해야 한다. 이를 위해 피겨 선수가 공중에서 팔을 몸에 바짝 붙인 상태로 회전하는 것을 볼 수 있다. 피겨 선수의 회전 관성은 몸을 이루는 질량 요소들의 회전 관성의 합과 같다. 따라서 팔을 몸에 붙이면 팔을 구성하는 질량 요소들이 회전축에 가까워져서 팔을 펼쳤을 때보다 몸 전체의 회전 관성이 줄어들게 된다. 점프 이후에 공중에서 각운동량은 보존되기 때문에 팔을 붙였을 때가 펼쳤을 때보다 각속도가 커지는 것이다. 반대로 착지 직전에는 각속도를 줄여 착지 실수를 없애야 하기 때문에 양팔을 한껏 펼쳐 회전 관성을 크게 만드는 것이 유리하다.

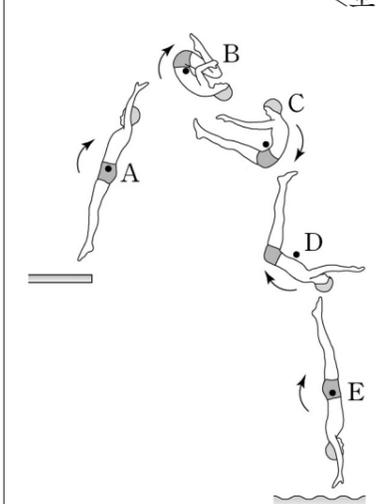
28. 윗글로 미루어 알 수 있는 내용으로 적절한 것은?

- ① 정지되어 있는 물체는 회전 관성이 클수록 회전시키기 쉽다.
- ② 회전하는 팽이는 외부에서 가해지는 돌림힘의 작용 없이 회전을 멈출 수 있다.
- ③ 지면과의 마찰은 회전하는 팽이의 회전 관성을 작게 만들어 팽이의 각운동량을 줄어든다.
- ④ 크기와 질량이 동일한, 속이 빈 쇠공과 속이 찬 플라스틱 공이 자전할 때 회전 관성은 쇠공이 더 크다.
- ⑤ 회전하는 하나의 시곗바늘 위의 두 점 중 회전축에 가까이 있는 점이 멀리 있는 점보다 각속도가 작다.

29. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절한 것은?

[3점]

<보 기>



다이빙 선수가 발판에서 점프하여 공중회전하며 A~E 단계를 거쳐 1.5바퀴 회전하여 입수하고 있다. 여기에서 검은 점은 회전 운동의 회전축을 나타내며 회전 운동은 화살표 방향으로만 진행된다. 단, 다이빙 선수가 공중에 머무는 동안은 외부에서 돌림힘이 작용하지 않는다고 간주한다.

- ① A보다 B에서 다이빙 선수의 각운동량이 더 크겠군.
- ② B보다 D에서 다이빙 선수의 질량 요소들의 합은 더 작겠군.
- ③ A~E의 다섯 단계 중 B 단계에서 다이빙 선수는 가장 작은 각속도를 갖겠군.
- ④ C에서 E로 진행함에 따라 다이빙 선수의 팔과 다리가 펼쳐지면서 회전 관성이 작아지겠군.
- ⑤ B 단계부터 같은 자세로 회전 운동을 계속하여 입수한다면 다이빙 선수는 1.5바퀴보다 더 많이 회전하겠군.

◆ 14 수능 B형 26~27번

[26~27] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우주에서 지구의 북극을 내려다보면 지구는 시계 반대 방향으로 빠르게 자전하고 있지만 우리는 그 사실을 잘 인지하지 못한다. 지구의 자전 때문에 일어나는 현상 중 하나는 지구 상에서 운동하는 물체의 운동 방향이 편향되는 것이다. 이러한 현상의 원인이 되는 가상적인 힘을 전향력이라 한다.

전향력은 지구가 자전하기 때문에 나타난다. 구 모양인 지구의 둘레는 적도가 가장 길고 위도가 높아질수록 짧아진다. 지구의 자전 주기는 위도와 상관없이 동일하므로 자전하는 속력은 적도에서 가장 빠르고, 고위도로 갈수록 속력이 느려져서 남극과 북극에서는 0이 된다.

적도 상의 특정 지점에서 동일한 경도 상에 있는 북위 30도 지점을 목표로 어떤 물체를 발사한다고 하자. 이때 물체에 영향을 주는 마찰력이나 다른 힘은 없다고 가정한다. 적도 상의 발사 지점은 약 1,600 km/h의 속력으로 자전하고 있다. 북쪽으로 발사된 물체는 발사 속력 외에 약 1,600 km/h로 동쪽으로 진행되는 속력을 동시에 갖게 된다. 한편 북위 30도 지점은 약 1,400 km/h의 속력으로 자전하고 있다. 목표 지점은 발사 지점보다 약 200 km/h가 더 느리게 동쪽으로 움직이고 있는 것이다. 따라서 발사된 물체는 겨냥했던 목표 지점보다 더 동쪽에 있는 지점에 도달하게 된다. 이때 지구 표면의 발사 지점에서 보면, 발사된 물체의 이동 경로는 처음에 목표로 했던 북쪽 방향의 오른쪽으로 휘어져 나타나게 된다.

이번에는 북위 30도에서 자전 속력이 약 800 km/h인 북위 60도의 동일 경도 상에 있는 지점을 목표로 설정하고 같은 실험을 실행한다고 하자. 두 지점의 자전하는 속력의 차이는 약 600 km/h이므로 이 물체는 적도에서 북위 30도를 향해 발사했을 때보다 더 오른쪽으로 떨어지게 된다. 이렇게 운동 방향이 좌우로 편향되는 정도는 저위도에서 고위도로 갈수록 더 커진다. 결국 위도에 따른 자전 속력의 차이가 고위도로 갈수록 더 커지기 때문에 좌우로 편향되는 정도는 북극과 남극에서 최대가 되고, 적도에서는 0이 된다. 이러한 편향 현상은 북쪽뿐 아니라 다른 방향으로 운동하는 모든 물체에 마찬가지로 나타난다.

전향력의 크기는 위도뿐만 아니라 물체의 이동하는 속력과도 관련이 있다. 지표 기준으로는 한 이동 속력이 빠를수록 전향력이 커지며, 지표 상에 정지해 있는 물체에는 전향력이 나타나지 않는다. 한편, 전향력은 운동하는 물체의 진행 방향이 북반구에서는 오른쪽으로, 남반구에서는 왼쪽으로 편향되게 한다.

26. 윗글을 통해 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 북위 30도 지점과 북위 60도 지점의 자전 주기는 동일하다.
- ② 운동장에 정지해 있는 축구공에는 위도에 상관없이 전향력이 나타나지 않는다.
- ③ 남위 50도 지점은 남위 40도 지점보다 자전 방향으로 움직이는 속력이 더 빠르다.
- ④ 남위 30도에서 정남쪽의 목표 지점으로 발사한 물체는 목표 지점보다 동쪽에 떨어진다.
- ⑤ 우리나라의 야구장에서 타자가 쳐서 날아가는 공의 이동 방향은 전향력에 의해 영향을 받는다.

27. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

전향력은 1851년 프랑스의 과학자 푸코가 파리의 팡테옹 사원에서 실시한 진자 실험을 통해서도 확인할 수 있다. 푸코는 길이가 67m인 줄의 한쪽 끝을 천장에 고정하고 다른 쪽 끝에 28 kg의 추를 매달아 진동시켰는데, 시간이 지남에 따라 진자의 진동면이 시계 방향으로 회전한다는 사실을 발견하였다. 이는 추가 A에서 B로 이동할 때, 전향력에 의해 C쪽으로 미세하게 휘어져 이동하고, 되돌아올 때는 D쪽으로 미세하게 휘어져 이동한다는 사실과 관련이 있다.

The diagram shows a pendulum bob swinging between points A and B on a circular path. A shaded cone represents the swing plane. As the bob moves from A to B, the swing plane rotates clockwise, indicated by a curved arrow labeled '진동면의 회전 방향' (Direction of rotation of the swing plane). Points C and D are marked on the path to show the deflection of the bob's path due to the Coriolis effect.

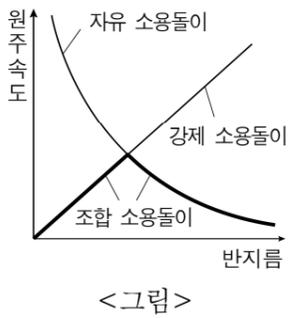
- ① 남반구에서 이 실험을 할 경우 진자의 진동면은 시계 반대 방향으로 회전하겠군.
- ② 파리보다 고위도에서 동일한 실험을 할 경우 진자의 진동면은 더 느리게 회전하겠군.
- ③ 북극과 남극에서 이 진자 실험을 할 경우 진자의 진동면의 회전 주기는 동일하겠군.
- ④ 적도 상에서 동서 방향으로 진자를 진동시킬 경우 진자의 진동면은 회전하지 않겠군.
- ⑤ 남위 60도에서 이 진자 실험을 할 경우 움직이는 추는 이동 방향의 왼쪽으로 편향되겠군.

◆ 23년 6월 고1 21~25번

[21 ~ 25] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

물이 담긴 욕조의 마개를 빼면 물이 배수구 주변에서 회전하며 소용돌이를 일으킨다. 배수구에서 멀리 떨어져 있으면 빨려 들어가는 속도의 크기가 0에 가깝고, 배수구 중앙에 가까울수록 속도가 빨라진다. 원운동을 하는 물체의 이동 거리, 즉 호의 길이가 시간에 따라 변하는 비율을 원주속도라고 한다. 욕조의 소용돌이 중심과 가장 가까운 부분에서 최대 원주속도가 나오고, 소용돌이 중심에서 멀어져 반지름이 커짐에 따라 원주속도가 감소한다. 이 소용돌이를 ‘자유 소용돌이’라 하는데, 배수구로 들어간 물은 물체의 자유낙하처럼 중력의 영향 아래 물 자체의 에너지로 운동을 유지한다.

이와 달리 컵 속의 물을 손가락으로 강하게 휘젓거나 컵의 중심선을 회전축으로 하여 컵과 물을 함께 회전시키는 상황을 생각해 보자. 이때 원심력 등이 작용해 중심의 물 입자들이 컵 가장자리로 쏠려 컵 중앙에 있는 물의 압력이 낮아지면서 ㉠ 가운데가 오목한 소용돌이가 만들어진다. 회전이 충분히 안정되면 물 전체의 회전 속도, 즉 회전하는 물체의 단위 시간당 각도 변화 비율인 ㉡ 각속도가 똑같아져 마치 팽이가 돌듯이 물 전체가 고체처럼 회전한다. 이때 물은 팽이의 회전과 같이 회전 중심은 원주속도가 0이 되고 중심에서 멀어질수록 반지름에 비례하여 원주속도가 증가하는 분포를 보인다. 이 소용돌이를 ‘강제 소용돌이’라 하는데, 용기 안의 물이 회전 운동을 유지하려면 에너지를 외부에서 인위적으로 제공해야 한다.



손가락으로 컵 안에 강제 소용돌이를 만든 후 손가락을 빼고 일정한 시간 동안 관찰하면 가운데에는 강제 소용돌이, 주변에는 자유 소용돌이가 발생한다. <그림>에서 보는 것처럼 이를 ‘팽킨의 조합 소용돌이’라고 한다. 이는 전체를 강제로 회전시킨 힘을 제거했을 때 바깥쪽에서는 원주속

도가 서서히 떨어지고, 중심에서는 원주속도가 유지되는 상태의 소용돌이다. 조합 소용돌이에서는 소용돌이 중심에서 원주속도가 최소가 되고, 강제 소용돌이에서 자유 소용돌이로 전환되는 점에서 원주속도가 최대가 된다. 조합 소용돌이의 예로 ㉢ 태풍의 소용돌이를 들 수 있다.

이러한 원리를 적용한 분체 분리기는 기체나 액체의 흐름으로 분진 등 혼합물을 분리하는 장치이다. 혼합물에 작용하는 원심력도 이용하기 때문에 원심 분리기, 공기의 흐름이 기상 현상의 사이클론과 비슷해서 사이클론 분리기라고도 한다. 그 예로 쓰레기용 필터가 없는 가정용, 산업용 ㉣ 사이클론식 청소기를 들 수 있다. 원통 아래에 원추 모양의 통을 붙이고 원추 아래에 혼합물 상자를 두는데, 내부 중앙에는 별도의 작은 원통인 내통이 있다. 혼합물을 함유한 공기를 원통부 가장자리를 따라 소용돌이를 만들어 시계 방향으로 흘러보내면, 혼합물은 원통부와 원추부 벽면에 충돌하여 떨어져 바닥에 쌓인다. 유입된 공기는 아래쪽 원추부로 향할수록 원주속도를 증가시키는 자유 소용돌이를 만들고, 원추부 아래쪽에서는 강해진 자유 소용돌이가 돌면서 강제 소용돌이를 만들어 낸다. 강제 소용돌이는 용기 중앙의 내통에서 혼합물이 없는 공기로 흐르게 되어 반시계 방향으로 돌며 배기된다.

21. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 자연에서 발생하는 소용돌이는 모두 자유 소용돌이이다.
- ② 배수구에서 멀어지면 원운동을 하는 물의 속도는 느려진다.
- ③ 강제 소용돌이는 고체처럼 회전하고 회전 중심의 속도는 0이다.
- ④ 분체 분리기는 자유 소용돌이로 강제 소용돌이를 만들어 낼 수 있는 기계 장치이다.
- ⑤ 용기 안의 강제 소용돌이는 외부에서 가해지는 힘이 있어야 운동을 유지할 수 있다.

22. ㉠에 대한 설명으로 적절한 것은?

- ① 물이 회전할 때 원심력과 압력은 서로 관련이 없다.
- ② 컵 중앙 부분으로 갈수록 물 입자의 양이 많아진다.
- ③ 컵 반지름이 클수록 물을 회전시키는 에너지 크기는 작아진다.
- ④ 컵 속에서 회전하는 물의 압력이 커진 부분은 수면이 높아진다.
- ⑤ 외부 에너지를 더 가하더라도 회전 중심의 수면 높이는 변화가 없다.

23. ㉡을 통해 알 수 있는 것은?

- ① 각속도가 시간이 지남에 따라 점점 빨라지겠군.
- ② 단위 시간당 각도가 변하는 비율이 수시로 달라지겠군.
- ③ 각속도는 회전 중심에서 가깝든 멀든 상관없이 일정하겠군.
- ④ 강제 소용돌이의 수면 어느 지점에서나 원주속도는 항상 같겠군.
- ⑤ 강제 소용돌이는 자유 소용돌이와 같은 원주속도 분포를 보이겠군.

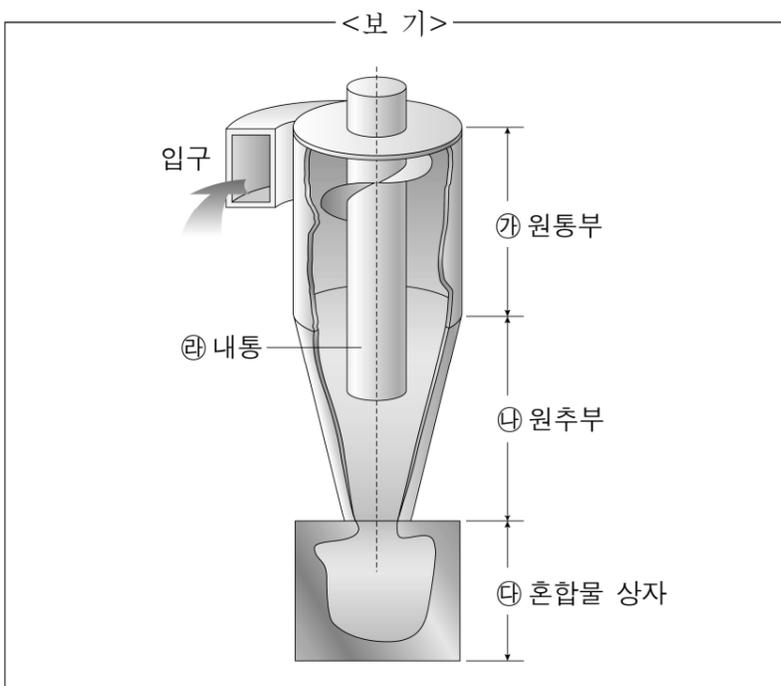
24. 윗글을 바탕으로 ㉔을 이해할 때, <보기>의 ㉑ ~ ㉓에 들어갈 말로 적절한 것은?

— <보 기> —

태풍 중심 부분은 '태풍의 눈'이라 하고 (㉑)의 중심에 해당한다. 강제 소용돌이와 자유 소용돌이의 경계층에 해당하는 부분은 '태풍의 벽'이라고 하여 바람이 (㉒). 이는 윗글 <그림>의 (㉓)에 해당한다.

	㉑	㉒	㉓
①	자유 소용돌이	강하다	자유 소용돌이와 강제 소용돌이의 교차점
②	자유 소용돌이	약하다	반지름이 가장 큰 자유 소용돌이의 지점
③	강제 소용돌이	강하다	반지름이 가장 작은 자유 소용돌이의 지점
④	강제 소용돌이	약하다	반지름이 가장 큰 강제 소용돌이의 지점
⑤	강제 소용돌이	강하다	자유 소용돌이와 강제 소용돌이의 교차점

25. <보기>는 ㉔의 구조를 그림으로 나타낸 것이다. 윗글을 읽은 학생의 반응으로 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① ㉑에서는 소용돌이가 시계 방향으로 돌아 혼합물에 원심력이 작용하겠군.
- ② ㉑보다 ㉒에서 소용돌이의 원주속도가 상대적으로 빠르겠군.
- ③ ㉒에 모인 쓰레기나 혼합물이 ㉔ 내부에서 도는 소용돌이를 통해 외부로 배출되겠군.
- ④ ㉒의 반지름이 커지면 ㉔에서 반시계 방향으로 도는 소용돌이의 원주속도는 빨라지겠군.
- ⑤ 산업용으로 돌조각을 분리한다면 ㉑와 ㉒에 충격이나 마모에 강한 소재를 써야겠군.

[29~30] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

어떤 물체가 점탄성이라는 성질을 가지고 있다고 했을 때, 점탄성이란 무엇일까? 점탄성을 이해하기 위해 점성을 가진 물체와 탄성을 가진 물체의 특징을 알아보자. 용수철에 힘을 가하여 잡아당기면 용수철은 즉각적으로 늘어나며 용수철에 가한 힘을 제거하면 바로 원래의 형태로 되돌아가는데, 이는 용수철이 탄성을 가지고 있기 때문이다. 이와 같이 용수철은 힘과 변형의 관계가 즉각적으로 형성되는 ‘즉각성’을 가지고 있다. 반면 꿀을 평평한 판 위에 올려놓으면 꿀은 중력에 의해서 서서히 흐르는 변형을 하게 되는데, 이는 꿀이 흐름에 저항하는 성질인 점성을 가지고 있기 때문이다. 즉 꿀은 힘과 변형의 관계가 시간에 따라 변하는 ‘시간 지연성’을 가지고 있다.

어떤 물체가 힘과 변형의 관계에서 탄성체가 가지고 있는 ‘즉각성’과 점성체가 가지고 있는 ‘시간 지연성’을 모두 가지고 있을 때 점탄성을 가지고 있다고 하고, 그 물체를 점탄성체라 한다. 이러한 점탄성을 잘 보여 주는 물리적 현상으로 응력 완화와 크리프를 들 수 있다. 응력 완화는 변형된 상태가 고정되어 있을 때, 물체가 받는 힘인 응력이 시간에 따라 감소하는 현상이다. 그리고 크리프는 응력이 고정되어 있을 때 변형이 서서히 증가하는 현상이다.

응력 완화를 이해하기 위해 고무줄에 힘을 주어 특정 길이만큼 당긴 후 이 길이를 유지하는 경우를 생각해 보자. 외부에서 힘을 주면 고무줄은 즉각적으로 늘어나게 된다. 힘과 변형의 관계가 탄성의 특성인 ‘즉각성’을 보여 주는 것이다. 그런데 이때 늘어난 고무줄의 길이를 그대로 고정해 놓으면, 시간이 지남에 따라 겉보기에는 아무 변화가 없지만 고무줄의 분자들의 배열 구조가 점차 변하며 응력이 서서히 감소하게 된다. 이는 점성의 특성인 ‘시간 지연성’을 보여 주는 것이다. 이처럼 점탄성체의 변형이 그대로 유지될 때, 응력이 시간에 따라 서서히 감소하는 현상이 응력 완화이다.

이제는 고무줄에 추를 매달아 고무줄이 일정한 응력을 받도록 하는 경우를 살펴보자. 고무줄은 순간적으로 일정 길이만큼 늘어난다. 이는 탄성체가 가지고 있는 특성을 보여 준다. 그러나 이후에는 시간이 지남에 따라 점성체와 같이 분자들의 위치가 점차 변하며 고무줄이 서서히 늘어나게 되는데, 이러한 현상이 크리프이다. 오랜 세월이 지나면 유리창 유리의 아랫부분이 두꺼워지는 것도 이와 같은 현상이다.

점탄성체의 변형에 걸리는 시간이 물질마다 다른 것은 분자나 원자 간의 결합 및 배열된 구조가 서로 다르기 때문이다. 나일론과 같은 물질의 응력 완화와 크리프는 상온(常溫)에서도 인지할 수 있지만, 금속의 경우 너무 느리게 일어나므로 상온에서는 관찰이 어렵다. 온도를 높이면 물질의 유동성이 증가하기 때문에, 나일론의 경우 온도를 높임에 따라 응력 완화와 크리프가 가속화되며, 금속도 고온에서는 응력 완화와 크리프를 인지할 수 있다. 모든 물체는 본질적으로는 점탄성체이며 물체의 점탄성 현상이 우리가 인지할 정도로 빠르게 일어나는가 아닌가의 차이가 있을 뿐이다.

29. 윗글을 이해한 내용으로 가장 적절한 것은?

- ① 용수철의 힘과 변형의 관계가 '즉각성'을 갖는 것은 점성 때문이다.
- ② 같은 온도에서는 물질의 종류와 무관하게 물질의 유동성 정도는 같다.
- ③ 물체가 서서히 변형될 때에는 물체를 이루는 분자의 위치에 변화가 없다.
- ④ 유리창의 유리 아랫부분이 두꺼워지는 것은 '시간 지연성'과 관련이 있다.
- ⑤ 판 위의 끈이 흐르는 동안 중력에 대응하여 끈의 응력은 서서히 증가한다.

30. 윗글을 바탕으로 <보기>의 (가), (나)에 대해 탐구한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

(가) 나일론 재질의 기타 줄을 길이가 늘어나게 당긴 후 고정하여 음을 맞추고 바로 풀어 보니 원래의 길이로 돌아왔다. 이번에는 기타 줄을 길이가 늘어나게 당긴 후 고정하여 음을 맞추고 오랫동안 방치해 놓으니, 매여 있는 기타 줄의 길이는 그대로였지만 팽팽한 정도가 감소하여 음이 맞지 않았다.

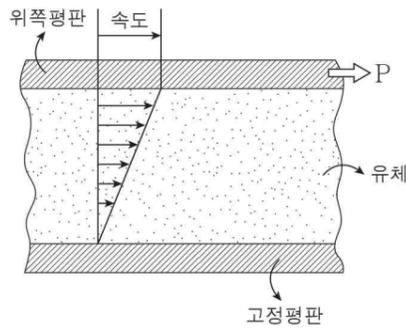
(나) 무거운 책을 선반에 올려놓으니 선반이 즉각적으로 아래로 휘어졌다. 이 상태에서 선반이 서서히 휘어져 몇 달이 지난 후 살펴보니 선반의 휘어진 정도가 처음보다 더 심해져 있었다. 다른 조건이 모두 같을 때 선반이 서서히 휘는 속력은 따뜻한 여름과 추운 겨울에 따라 차이가 있었다.

- ① (가)에서 기타 줄이 원래의 길이로 돌아간 것은 기타 줄이 탄성을 가지고 있기 때문이군.
- ② (가)에서 기타 줄의 팽팽한 정도가 달라진 것은 기타 줄에 응력 완화가 일어났기 때문이군.
- ③ (가)에서 나일론 재질 대신 금속 재질의 기타 줄을 사용한다면 기타 줄의 팽팽한 정도가 더 빨리 감소하겠군.
- ④ (나)에서 선반이 책 무게 때문에 서서히 변형된 것은 선반이 크리프 현상을 보였기 때문이겠군.
- ⑤ (나)에서 여름과 겨울에 선반의 휘어지는 속력이 차이가 나는 것은 선반이 겨울보다 여름에 휘어지는 속력이 더 크기 때문이군.

[16 ~ 20] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

일반적으로 액체나 기체처럼 물질을 구성하고 있는 입자가 쉽게 움직이거나 입자 간의 상대적인 위치를 쉽게 변화시킬 수 있는 물질을 유체라고 ㉠ 부른다. 유체에 작용하는 힘과 유체의 운동 원리를 ㉡ 다루는 유체역학에서는 응력과 점성이라는 개념을 사용하여 유체의 특성을 설명한다.

응력이란 어떤 물질에 외부에서 힘이 가해졌을 때 물질의 내부에서 이에 대항하여 외부의 힘과 반대 방향으로 작용하는 힘이다. 응력은 작용하는 방향에 따라 종류를 나눌 수 있는데 그중 물질의 표면과 평행하게 작용하는 응력을 전단응력이라고 한다. 유체는 이러한 전단응력이 작용할 때 그 형태가 연속적으로 변형된다. 이때 유체가 변형되는 양상은 유체가 가지고 있는 점성에 의해 영향을 받게 된다. 점성이란 유체를 구성하는 입자들의 상호작용으로 인해 나타나는, 유체가 운동에 저항하는 성질을 말한다.



<그림>

<그림>의 실험과 같이 매우 넓은 두 평행평판 사이에 어떤 유체가 들어 있는 경우를 가정해 보자. 이때 평행평판 중 아래쪽은 고정되어 움직이지 않는 고정평판이고, 위쪽평판은 자유롭게 움직일 수 있다. 다른 힘이 작용하지 않는다고

할 때 위쪽평판에 P 방향으로 힘이 가해지면 위쪽평판이 P 방향으로 일정한 속도로 운동하게 된다. 위쪽평판의 운동에 따라 평판 사이의 유체에는 전단응력이 발생하게 된다. 이후 유체를 ㉢ 이루는 입자들은 일정한 속도로 운동하기 시작하고 그에 따라 유체는 연속적으로 그 모습이 변형된다. 이때 위쪽평판에 접하고 있는 유체 입자들은 위쪽평판과 동일 속도로 이동하고, 고정평판에 접하고 있는 유체 입자들은 이동하지 않는다. 이는 유체가 지닌 점성 때문에 ㉣ 나타나는 현상이다. 그리고 <그림>에서처럼 두 평판 사이에 있는 유체 입자들의 속도는 고정평판으로부터 위쪽평판 사이의 거리에 비례하여 일정한 비율로 커진다. 그런데 <그림>에서 전단응력이 증가하게 되면 유체 입자들의 속도도 증가하게 되고, 이에 따라 유체의 변형이 커져 전단응력에 따른 시간당 유체가 변형되는 변화율을 의미하는 전단변형률도 커지게 된다. 이를 수식으로 나타내면,

$$\text{전단응력} = \text{점성계수} \times \text{전단변형률}$$

로 표현할 수 있다. 이 식에서 점성계수는 유체가 지닌 점성을 수치화하여 표현한 값으로, 유체마다 고유의 값으로 나타난다. 이러한 점성계수의 특징 때문에 전단응력이 일정하다면 점성계수에 따라 전단변형률은 달라지게 된다. 단, 유체의 점성계수는 온도의 변화에 따라 달라질 수 있다.

한편 점성계수가 전단응력이나 전단변형률의 크기에 관계없이 항상 일정한 유체를 뉴턴 유체라고 한다. 뉴턴 유체는 점성계수가 일정하기 때문에 전단응력이 증가함에 따라 전단변형률도 일정하게 증가하게 되는데, 이를 전단변형률을 가로축으로 하고 전단응력을 세로축으로 하는 그래프로 나타내면 일정한 기울기를 가진 직선의 형태로 나타난다. 이때 기울기는 점성계수를 의미한다.

이와 달리 비뉴턴 유체는 전단응력의 크기에 따라 점성계수가 변하는 특징을 가지고 있다. 따라서 전단변형률과 전단응력의

관계를 그래프로 나타내면, 기울기가 변하는 곡선의 형태로 나타난다. 이러한 특징을 가진 비뉴턴 유체에는 전단응력이 증가함에 따라 점성계수가 감소하는 전단희박 유체와, 전단응력이 증가함에 따라 점성계수가 증가하는 전단농후 유체가 있다. 또한 전단응력이 일정한 크기에 도달하기 전까지는 변형이 없다가 항복응력이라고 지칭되는 일정한 전단응력을 초과하면 변형이 ㉠ 일어나는 빙햄 유체 등이 있다.

16. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 전단응력이 작용하면 유체의 형태는 변형된다.
- ② 응력과 점성의 개념으로 유체의 특성을 설명할 수 있다.
- ③ 점성은 유체를 구성하는 입자들의 상호 작용 때문에 나타난다.
- ④ 전단응력은 물질의 표면에 평행하게 외부에서 작용하는 힘이다.
- ⑤ 액체와 기체는 입자 간의 상대적인 위치를 쉽게 변화시킬 수 있다.

17. <보기>는 윗글의 [실험] 설계에 따라 실험한 결과이다. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은? [3점]

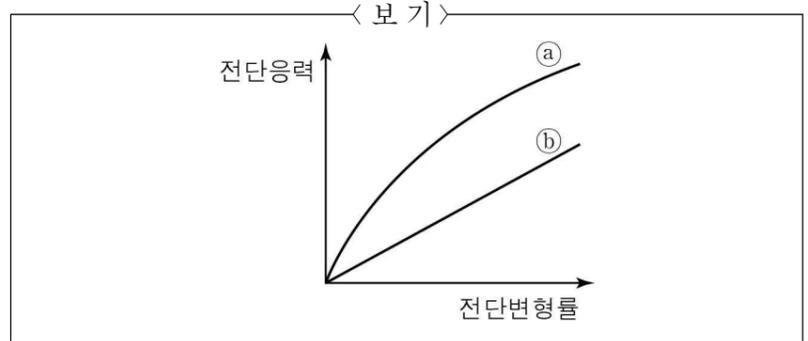
< 보 기 >

[실험 결과]			
실험 측정 항목	A	B	C
전단변형률	10	20	10

* 온도와 압력은 모든 실험에서 동일하다.
* 실험에 사용된 유체는 각각 다른 뉴턴 유체이다.

- ① A에서 사용된 유체의 경우, 전단응력이 증가한다면 전단변형률은 증가하겠군.
- ② B에서 사용된 유체의 경우, 전단응력이 증가하더라도 점성계수는 변하지 않겠군.
- ③ A와 B에서 사용된 각각의 유체에 작용한 전단응력이 같다면 점성계수는 A에서 사용된 유체가 크겠군.
- ④ A에서 사용된 유체의 점성계수가 C에서 사용된 유체의 점성계수보다 크다면, 유체에 작용한 전단응력은 A에서 사용된 유체가 더 크겠군.
- ⑤ B와 C에서 사용된 각각의 유체의 점성계수가 같다면, C에서 사용된 유체에 작용한 전단응력이 더 크겠군.

18. <보기>는 유체 ㉠과 ㉡의 특성을 나타낸 그래프이다. 윗글을 바탕으로 <보기>의 ㉠과 ㉡에 대해 설명한 것으로 적절하지 않은 것은?



- ① ㉠은 점성계수가 변하는 유체라고 할 수 있겠군.
- ② ㉠은 전단응력에 따라 그래프의 기울기가 달라지는 유체겠군.
- ③ ㉡는 온도가 변화하면 그래프의 기울기가 달라질 수 있겠군.
- ④ ㉡는 전단응력에 따라 유체가 운동에 저항하는 성질이 달라지겠군.
- ⑤ ㉡는 전단응력 값이 증가함에 따라 전단변형률이 일정하게 증가하는 유체겠군.

19. <보기>는 윗글을 읽은 학생이 보인 반응이다. ㉠~㉣에 들어갈 말로 적절한 것은?

< 보 기 >

마요네즈는 단순히 용기를 기울이기만 해서는 흘러나오지 않고, 일정한 힘 이상으로 눌러야만 나오기 시작한다. 왜냐하면 마요네즈는 전단응력이 증가하여 (㉠)보다 (㉡) 변형이 일어나는 (㉢) 유체이기 때문이다.

- | | | | |
|---|-------|------|------|
| | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
| ① | 항복응력 | 커져야 | 빙햄 |
| ② | 항복응력 | 커져야 | 전단농후 |
| ③ | 항복응력 | 작아져야 | 전단희박 |
| ④ | 외부의 힘 | 커져야 | 전단농후 |
| ⑤ | 외부의 힘 | 작아져야 | 빙햄 |

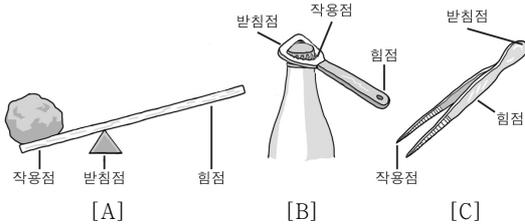
20. 문맥상 ㉠~㉣과 가장 가까운 의미로 쓰인 것은?

- ① ㉠: 그 가게에서는 값을 비싸게 불렀다.
- ② ㉡: 회의에서 물가 안정을 주제로 다루었다.
- ③ ㉢: 우리는 모두 각자의 소원을 이루었다.
- ④ ㉣: 사건의 목격자가 우리 앞에 나타났다.
- ⑤ ㉣: 경기가 시작되자 사람들이 자리에서 일어났다.

◆ 13년 11월 고1 25~28번

[25~28] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

우리의 팔이 지레의 원리로 움직인다면 낫설게 느껴질 것이다. 인체에 적용된 지레의 원리는 무엇일까? 지레는 막대를 어떤 점에 받쳐서 그 받침점을 중심으로 움직일 수 있게 한 도구이다. 지렛대로 쓰이는 막대를 고정해 놓은 곳이 받침점, 지렛대에 힘을 주는 곳이 힘점, 물체를 움직이게 하는 곳이 작용점이다.



지레는 가운데에 어떤 점이 놓이느냐에 따라 1종, 2종, 3종 지레로 ㉠ 나뉜다. 1종 지레는 그림 [A]와 같이 작용점과 힘점 사이에 받침점이 놓여 있으며, 힘점과 작용점은 힘의 방향이 반대이다. 무거운 돌을 들기 위해서는 지렛대 끝에 힘을 주어야 하는데, 그 이유는 받침점과 작용점 사이의 거리보다 받침점과 힘점 사이의 거리가 길수록 작용점에 미치는 힘이 커지기 때문이다. 2종 지레는 그림 [B]와 같이 받침점과 힘점 사이에 작용점이 놓여 있으며, 힘점과 작용점은 힘의 방향이 같다. 이 경우도 1종 지레와 마찬가지로 병뚜개 손잡이의 뒤쪽을 잡을수록 작은 힘으로 병뚜개를 딸 수 있다. 따라서 1, 2종 지레를 사용하면 작은 힘을 가하여 큰 힘을 얻을 수 있다.

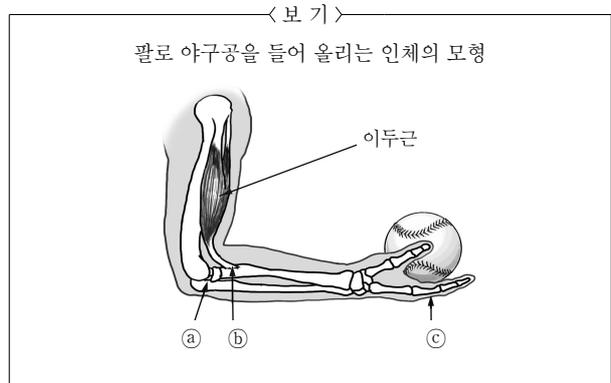
3종 지레는 그림 [C]와 같이 받침점과 작용점 사이에 힘점이 놓여 있으며, 힘점과 작용점은 힘의 방향이 같다. 3종 지레는 1, 2종 지레와 달리 받침점에서 힘점까지의 거리가 받침점에서 작용점까지의 거리보다 짧기 때문에 작은 힘을 가하여 큰 힘을 얻을 수는 없다. 하지만 힘점을 짧게 움직여서 작용점을 길게 움직일 수 있기 때문에 이동 거리 측면에서는 효율적이다. 핀셋의 경우, 힘점에 가하는 힘에 비해 작용점에 미치는 힘이 더 작지만, 힘점인 가운데 부분을 조금만 움직여도 작용점인 끝부분이 더 많이 움직이게 된다. 따라서 3종 지레를 사용하면 짧은 거리를 움직여서 긴 거리를 움직이게 할 수 있다.

인체에서 팔은 3종 지레의 원리로 움직인다. 물건을 손으로 들어 올릴 경우, 팔꿈치를 중심으로 아래팔뼈에 연결된 이두근이 수축하면서 아래팔뼈에 힘이 가해지면 팔이 움직인다. 이 때 힘점에 가하는 힘은 작용점에 미치는 힘보다 크다. 그렇지만 근육이 수축한 거리보다 손바닥이 움직인 거리가 길기 때문에 거리 면에서는 효율적인 움직임이 된다. 인체는 팔뿐만 아니라 다리나 턱도 3종 지레로 되어 있다. 이 덕분에 우리는 근육을 짧게 움직여 팔다리를 크게 움직일 수 있고, 음식을 씹을 수도 있는 것이다.

25. 윗글을 과학 잡지에 실을 때, 표제와 부제로 가장 적절한 것은?

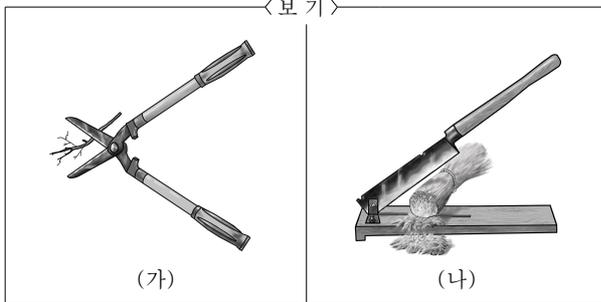
- ① 지레의 활용 사례
 - 건축 분야를 중심으로
- ② 지레의 발달 과정
 - 1종 지레에서 3종 지레까지
- ③ 지레와 인체의 관계
 - 인체에서 찾을 수 있는 1, 2, 3종 지레
- ④ 지레의 종류와 작용 원리
 - 도구와 인체를 중심으로
- ⑤ 인간이 최초로 사용한 도구, 지레
 - 신기한 힘의 절약 도구, 3종 지레를 중심으로

26. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해했을 때, 적절하지 않은 것은? [3점]



- ① a를 중심으로 b에 힘을 가하면 c가 움직인다.
- ② a에 힘을 가할수록 c가 움직이는 거리는 길어진다.
- ③ b와 c의 힘의 방향은 같다.
- ④ b에 가해지는 힘은 c에 미치는 힘보다 크다.
- ⑤ b가 올라가는 거리보다 c가 올라가는 거리가 더 길다.

27. <보기>는 지레의 원리를 이용한 도구이다. 윗글을 바탕으로 (가), (나)를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?



- ① (가)는 받침점이 작용점과 힘점 사이에 놓여 있군.
- ② (가)로 나뭇가지를 자를 때 손잡이 끝 쪽을 잡을수록 힘이 덜 들겠군.
- ③ (나)는 작용점이 받침점과 힘점 사이에 놓여 있군.
- ④ (가)와 (나)는 모두 힘점과 작용점의 힘의 방향이 반대이군.
- ⑤ (가)와 (나)는 모두 작은 힘을 들여 큰 힘을 얻고자 할 때 사용하는 도구이군.

28. 문맥상 ㉠과 바꿔 쓰기에 가장 적절한 것은?

- ① 분류(分類)된다 ② 분석(分析)된다 ③ 대체(代替)된다
- ④ 정의(定義)된다 ⑤ 판단(判斷)된다

◆ 16 수능 A형 16~18번

[16~18] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지레는 받침과 지렛대를 이용하여 물체를 쉽게 움직일 수 있는 도구이다. 지레에서 힘을 주는 곳을 힘점, 지렛대를 받치는 곳을 받침점, 물체에 힘이 작용하는 곳을 작용점이라 한다. 받침점에서 힘점까지의 거리가 받침점에서 작용점까지의 거리에 비해 멀수록 힘점에 작은 힘을 주어 작용점에서 물체에 큰 힘을 가할 수 있다. 이러한 지레의 원리에는 돌림힘의 개념이 숨어 있다.

물체의 회전 상태에 변화를 일으키는 힘의 효과를 돌림힘이라고 한다. 물체에 회전 운동을 일으키거나 물체의 회전 속도를 변화시키려면 물체에 힘을 가해야 한다. 같은 힘이라도 회전축으로부터 얼마나 멀리 떨어진 곳에 가해 주느냐에 따라 회전 상태의 변화 양상이 달라진다. 물체에 속한 점 X와 회전축을 최단 거리로 잇는 직선과 직각을 이루는 동시에 회전축과 직각을 이루도록 힘을 X에 가한다고 하자. 이때 물체에 작용하는 돌림힘의 크기는 회전축에서 X까지의 거리와 가해 준 힘의 크기의 곱으로 표현되고 그 단위는 $N \cdot m$ (뉴턴미터)이다.

동일한 물체에 작용하는 두 돌림힘의 합을 알짜 돌림힘이라 한다. 두 돌림힘의 방향이 같으면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 합이 되고 그 방향은 두 돌림힘의 방향과 같다. 두 돌림힘의 방향이 서로 반대이면 알짜 돌림힘의 크기는 두 돌림힘의 크기의 차가 되고 그 방향은 더 큰 돌림힘의 방향과 같다. 지레의 힘점에 힘을 주지만 물체가 지레의 회전을 방해하는 힘을 작용점에 주어 지레가 움직이지 않는 상황처럼, 두 돌림힘의 크기가 같고 방향이 반대이면 알짜 돌림힘은 0이 되고 이때를 돌림힘의 평형이라고 한다.

회전 속도의 변화는 물체에 알짜 돌림힘이 일을 해 주었을 때에만 일어난다. 돌고 있는 팽이에 마찰력이 일으키는 돌림힘을 포함하여 어떤 돌림힘도 작용하지 않으면 팽이는 영원히 돈다. 일정한 형태의 물체에 일정한 크기와 방향의 알짜 돌림힘을 가하여 물체를 회전시키면, 알짜 돌림힘이 한 일은 알짜 돌림힘의 크기와 회전 각도의 곱이고 그 단위는 J(줄)이다.

가령, 마찰이 없는 여닫이문이 정지해 있다고 하자. 갑은 지면에 대하여 수직으로 서 있는 문의 회전축에서 1m 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 300N의 힘으로 밀고, [가] 을은 문을 사이에 두고 갑의 반대쪽에서 회전축에서 2m만큼 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 200N의 힘으로 밀는 상태에서 문이 90° 즉, 0.5π 라디안을 돌면, 알짜 돌림힘이 문에 해 준 일은 50π J이다.

알짜 돌림힘이 물체를 돌리려는 방향과 물체의 회전 방향이 일치하면 알짜 돌림힘이 양(+)의 일을 하고 그 방향이 서로 반대이면 음(-)의 일을 한다. 어떤 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 그만큼 물체의 회전 운동 에너지는 증가하고 음의 일을 하면 그만큼 회전 운동 에너지는 감소한다. 형태가 일정한 물체의 회전 운동 에너지는 회전 속도의 제곱에 정비례한다. 그러므로 형태가 일정한 물체에 알짜 돌림힘이 양의 일을 하면 회전 속도가 증가하고, 음의 일을 하면 회전 속도가 감소한다.

16. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 물체에 힘이 가해지지 않으면 돌림힘은 작용하지 않는다.
- ② 물체에 가해진 알짜 돌림힘이 0이 아니면 물체의 회전 상태가 변화한다.
- ③ 회전 속도가 감소하고 있는, 형태가 일정한 물체에는 돌림힘이 작용한다.
- ④ 힘점에 힘을 받는 지렛대가 움직이지 않으면 돌림힘의 평형이 이루어져 있다.
- ⑤ 형태가 일정한 물체의 회전 속도가 2배가 되면 회전 운동 에너지는 2배가 된다.

17. [가]에서 문이 90° 회전하는 동안의 상황에 대한 이해로 적절한 것은?

- ① 알짜 돌림힘의 크기는 점점 증가한다.
- ② 문의 회전 운동 에너지는 점점 증가한다.
- ③ 문에는 돌림힘의 평형이 유지되고 있다.
- ④ 알짜 돌림힘과 갑의 돌림힘은 방향이 같다.
- ⑤ 갑의 돌림힘의 크기는 을의 돌림힘의 크기보다 크다.

18. 윗글을 바탕으로 할 때, <보기>의 '원판'의 회전 운동에 대한 이해로 적절하지 않은 것은? [3점]

<보 기>

돌고 있는 원판 위의 두 점 A, B는 그 원판의 중심 O를 수직으로 통과하는 회전축에서 각각 $0.5R$, R 만큼 떨어져 O, A, B의 순서로 한 직선 위에 있다. A, B에는 각각 \overline{OA} , \overline{OB} 와 직각 방향으로 표면과 평행하게 같은 크기의 힘이 작용하여 원판을 각각 시계 방향과 시계 반대 방향으로 밀어 준다. 현재 이 원판은 시계 반대 방향으로 회전하고 있다. 단, 원판에는 다른 힘이 작용하지 않고 회전축은 고정되어 있다.

- ① 두 힘을 계속 가해 주는 상태에서 원판의 회전 속도는 증가한다.
- ② A, B에 가해 주는 힘을 모두 제거하면 원판은 일정한 회전 속도를 유지한다.
- ③ A에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 속도는 증가한다.
- ④ A에 가해 주는 힘만을 제거한 상태에서 원판이 두 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일은 한 바퀴 회전하는 동안 알짜 돌림힘이 한 일의 4배이다.
- ⑤ B에 가해 주는 힘만을 제거하면 원판의 회전 운동 에너지는 점차 감소하여 0이 되었다가 다시 증가한다.

◆ 16 수능 B형 29~30번

[29~30] 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오.

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? [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.

[16~19] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

지구는 약 1,600 km/h 속도로 자전하지만 이것을 실제로 느끼는 사람은 없다. 그렇지만 실제로 우리는 엄청난 속도로 회전하고 있는 셈이다. 만약 어떤 기차가 1,600 km/h 속도로 동쪽에서 서쪽으로 달리는데, 이 상황을 우주에서 내려다보면 어떻게 보일까? 우주에서 바라보면 기차는 지구 자전과 빠르기는 같되 방향은 반대여서 결국은 움직이지 않는 것처럼 보일 것이다. 그래서 일찍이 갈릴레이는 속도는 상대적인 물리량일 뿐이므로 모든 운동은 상대적인 관점에서 서술되어야 한다고 보았다. 기준이 없는 속도는 물리적으로 무의미하다는 것이다.

뉴턴은 물체의 운동에 대해 갈릴레이보다 근본적인 고민을 하며 정지 상태와 등속 운동의 진정한 의미를 물었다. 운동하는 물체는 실제로 운동하고, 정지해 있는 물체는 실제로 정지해 있는 상태라고 생각한 뉴턴은 두 상태를 구별할 기준점이 필요했다. 즉 무엇에 대하여 정지해 있고, 등속 운동을 한다는 것인지를 탐구했다. 그래서 뉴턴은 우리의 오감으로는 느낄 수 없지만 어쨌거나 객관적으로 존재하면서 움직이지도, 변하지도 않는 공간을 상정하고 이를 절대 공간이라 명명했다. 뉴턴이 생각한 공간은 물리적인 실체로서, 운동하는 물체가 특정 시간에 어느 위치에 있는지를 규정지을 수 있는 절대적 배경이다.

[가] 뉴턴의 관점을 따른다면 마찰력이 없는 얼음판 위에서 스케이트를 신고 제자리를 돌 때, 양팔이 바깥쪽으로 당겨지는 느낌을 받는 것은 절대 공간에 대하여 가속 운동을 하고 있기 때문이다. 그런데 누군가가 장비를 동원하여 얼음판 전체를 회전시키고 우리는 그 위에 가만히 서 있기만 한다면 얼음판과 우리 사이의 상대 운동은 이전의 경우와 다를 것이 없지만 우리는 절대 공간에 대하여 정지해 있으므로 양팔이 바깥쪽으로 당겨지는 현상이 나타나지 않는다. 뉴턴의 공간은 비유하자면 마치 모눈종이처럼 고정된 좌표계를 갖고 있어서 모든 운동은 그 좌표에서의 움직임으로 표현될 수 있었다. 이를 토대로 그는 절대 공간 안에서 이루어지는 물체의 운동을 수학적으로 정확하게 서술할 수 있게 되었다.

그러나 이후 절대 공간 개념에 회의를 품는 사람들도 있었다. 뉴턴은 공간이 물리적 실체라고 했지만 19세기에 ㉠ 마흐는 공간은 실체가 아니라고 주장하면서 운동은 상대적으로 측정될 때만 의미가 있다고 보았다. 공간이란 한 물체와 다른 물체 사이의 상대적 위치 관계를 서술하는 용어이지 물리적인 실체가 아니라는 것이다. 마흐는 ‘아무것도 존재하지 않는’ 텅 빈 우주를 상상해 보라고 한다. 그곳에서 자신의 몸이 회전하고 있다면 팔과 다리에는 아무런 느낌도 전달되지 않고 몸이 회전하는지 여부를 확인할 방법이 없다고 보았다. 즉 이 경우 회전 상태와 비회전 상태가 물리적으로 같은 상태라는 것이다. 마흐에 따르면 회전하는 몸에 느껴지는 힘은 주변에 널려 있는 물체의 분포 상태에 따라 달라진다. 별이 단 하나밖에 없는 우주에서 회전한다면 아주 미미한 힘을 느끼고, 별이 지금보다 많은 우주에서 회전한다면 현재보다 큰 힘을 느낄 것이라고 보았다. 그러므로 운동은 궁극적으로 우주 내에서 물질의 분포 상태에 달려 있다는 것이다.

눈에 보이지 않는 절대 공간을 운동의 궁극적 기준으로 삼았던 뉴턴과 달리 마흐는 우주에 분포해 있는 물체들을 운동의 기준으로 삼았다. 마흐의 공간 개념은 아인슈타인이 공간과 우주를 새로운 관점에서 바라볼 수 있도록 만들었다.

16. 윗글의 내용과 일치하지 않는 것은?

- ① 갈릴레이에게 운동은 기준에 따라 달리 서술될 수 있었다.
- ② 지구 위의 사람들은 지구가 회전하는 것을 지각하지 못한다.
- ③ 뉴턴의 공간 개념은 마흐에게 계승되어 더 발전된 모습이 되었다.
- ④ 뉴턴은 물체의 운동에 대해 갈릴레이보다 근본적인 고민을 했다.
- ⑤ 마흐의 공간 개념은 아인슈타인이 우주를 새롭게 바라보는 시각에 영향을 주었다.

17. [가]에 나타난 ‘뉴턴’의 생각에 대해 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

- ① 운동은 어느 한 위치에서 다른 위치로의 이동이다.
- ② 운동을 정의하는 가장 확실한 기준은 절대 공간이다.
- ③ 속도의 변화는 운동하고 있는 물체들 간의 비교를 통해서만 감지될 수 있다.
- ④ 운동하는 물체와 정지한 물체는 각각 절대 공간에 대하여 운동하고 정지해 있다.
- ⑤ 절대 공간은 실제로 증명된 것이 아니지만 물리적인 실체로 존재하고 있는 것이다.

18. ㉠의 관점에서 <보기>를 탐구한 내용으로 가장 적절한 것은?

— < 보 기 > —

밧줄의 양 끝에 매여 있는 두 개의 돌멩이가 우주 공간에서 빙글빙글 돌고 있다면 밧줄은 팽팽하게 당겨질까?

- ① 어떤 조건에서도 밧줄이 팽팽하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 회전 운동은 어떤 공간에서도 동일하게 지각되기 때문이다.
- ② 어떤 조건에서도 밧줄이 팽팽하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 우주 내의 모든 천체들은 균질하게 분포하여 변치 않기 때문이다.
- ③ 어떤 조건에서도 밧줄이 느슨하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 텅 빈 우주 안에서라면 회전 운동을 판단할 수 없기 때문이다.
- ④ 특정 조건에서는 밧줄이 팽팽하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 회전하는 돌멩이들의 위치 관계가 일정하게 유지되기 때문이다.
- ⑤ 특정 조건에서는 밧줄이 느슨하게 당겨질 것이다. 왜냐하면 우주 안의 물질들의 분포 상태에 따라 운동이 달라지기 때문이다.

19. 윗글을 바탕으로 <보기>를 설명한 것으로 바르지 않은 것은?
[3점]

— < 보 기 > —

슬기와 재석은 200 km/h 속도로 주행하는 기차를 타고 가고 있었다. 그 사이 내내 슬기는 책을 읽었고 재석은 슬기 옆자리에 앉아 야구공을 위로 던졌다가 다시 받는 놀이를 계속 반복했다.

- ① 갈릴레이는 슬기를 기준으로 본다면 슬기의 책의 이동 속도는 0 km/h라고 말할 것이다.
- ② 뉴턴은 절대 공간을 기준으로 본다면 재석과 슬기의 이동 거리는 같다고 말할 것이다.
- ③ 뉴턴은 절대 공간을 기준으로 본다면 슬기의 책은 운동하고 있다고 말할 것이다.
- ④ 마흐는 슬기를 기준으로 본다면 슬기와 재석의 위치 관계는 변함이 없었다고 말할 것이다.
- ⑤ 마흐는 야구공을 기준으로 본다면 재석이가 정지 상태에 있었다고 말할 것이다.

◆ 05 MDEET 언어추론 47~50번

[47~50] 다음 글을 읽고 물음에 답하시오.

(가) 근대 운동학의 토대를 마련한 갈릴레오는 정지 상태와 일정한 속도로 움직이는 상태의 역학적 차이를 그 상태 내부에서는 발견할 수 없음을 강조했다. 그는 우리에게 파리와 나비가 날아다니고 금붕어가 헤엄치는 여항이 있는 방 안에 있다고 상상해 보라고 한다. 이 방은 사실은 큰 배의 선실이다. 이제 갈릴레오는 이런 선실의 모든 상황이 배가 정지해 있거나 일정한 속도로 부드럽게 움직이고 있거나 차이가 없을 것이라고 지적한다. 파리와 나비는 배가 움직이는지 여부와 관계없이 날아다닐 것이고 금붕어도 유유히 헤엄칠 것이다. 실제로 지구는 엄청난 속도로 태양 주위를 돌고 있고 하루에 한 번씩 자전하고 있지만 ㉠ 지구가 돌아서 어지럽다고 느끼는 사람은 없다. 물론 지구의 자전과 공전은 실은 가속 운동이지만 우리가 측정할 수 있는 지구 가속의 효과는 매우 작으므로, 이 사실은 등속 운동하는 물리계, 즉 관성계에 대한 갈릴레오의 논점을 잘 예시해 준다. 결국 갈릴레오에 따르면, 등속으로 운동하는 물체는 자신의 속도는 알 수 없으므로, 물리적으로 의미 있는 속도란 자신에 대해 측정할 다른 물체의 상대 속도일 뿐이고 어떠한 기준점도 '초월한' 속도란 정의하기조차 어렵게 된다.

(나) 라이프니츠는 등속 운동에 대한 갈릴레오의 생각을 물체 사이의 거리 관계에까지 밀고 나갔다. 어떠한 기준점도 초월한 속도가 물리적으로 무의미하다면, 어떠한 기준점도 초월한 위치 개념도 마찬가지로 무의미하다는 것이다. 위치란 속도와 마찬가지로 항상 어떤 특정 물체로부터의 상대 거리로 주어질 수 있는 것이기 때문이다. 그래서 라이프니츠는 시간은 사건들의 선후 관계에 의해 주어지며, 공간이란 매 시각마다 '동시(同時)'에 발생한 사건들 사이의 거리 관계에 불과하다고 주장했다.

(다) 이에 비해 뉴턴은 운동을 객관적으로 규정할 수 있는 공간 척도와 시간 척도를 원했다. 이를 위해 뉴턴은 '절대적인 의미로 정지'한 공간을 설정했다. 이렇게 되면 모든 운동의 '절대 속도'는 절대적으로 정지한 그 공간에 대해 정의될 수 있으므로 객관적인 양이 된다. 이는 마치 해수면이 높이의 절대 기준이라고 가정하면 산이나 빌딩의 높이가 절대적으로 확정될 수 있는 것과 같다. 그러므로 우리는 여기서 갈릴레오의 논점을 받아들이면서도 공간의 성격에 대해 서로 다르게 해석하는 두 입장을 보게 된다.

(라) 뉴턴의 제자였던 클라크는 스승을 대신하여 라이프니츠와 논쟁을 벌였다. 클라크는 회전 운동과 같은 비관성 운동을 동원하여, 공간이 실체로서 절대적으로 존재함을 옹호하려고 했다. 손잡이가 없는 양동이가 빙글빙글 돌고 있다고 상상해 보자. 만약 양동이가 비어 있는 상태로 돌고 있다면 우리는 원칙적으로 양동이가 돌고 있는지 아니면 양동이를 제외한 나머지가 돌고 있는지를 판별할 방법이 없을 것이다. 하지만 양동이에 물이 담긴 경우에는 이야기가 달라진다. 이 경우 우리는 양동이의 물이 바깥쪽으로 쏠리는 현상을 관찰함으로써 돌고 있는 것이 양동이라는 사실을 객관적으로 확인할 수 있다. 이제 클라크는 이 지점에서 양동이의 물이 어디에 대해 회전하고 있는냐고 물어볼 수 있고, 그 답은 라이프니츠가 부정했던 절대 공간이라는 것이다. 일단 논쟁은 이 단계에서 절대 공간이 실재한다는 쪽으로 정리된 것처럼 보인다.

(마) 하지만 논쟁은 여기서 끝나지 않았다. 19세기에 이르러 마흐는 저 멀리 우주에 존재하는 물질이 회전 운동과 같은 비관성 운동에만 작용하는 어떤 특별한 힘을 가진다고 가정하면, 구태여 절대 공간을 상정하지 않고도 회전하는 물의 쏠림 현상을 설명할 수 있다고 주장했다. 이 주장의 핵심은 ㉡ 만약 전 우주에 물이 든 양동이만 있고 그 상태에서 양동이가 돌고 있다면 물은 바깥쪽으로 쏠리지 않을 것이라는 생각이다. 이런 실험을 직접 해 볼 수는 없지만, 마흐의 주장은 라이프니츠의 견해가 비관성 운동에 대해서도 정확히 해석으로 남아 있을 수 있는 가능성을 제공한다.

47. (가)~(마)의 내용들 사이의 관계에 대한 진술로 바르지 않은 것은?

- ① (가)는 (나)에서 새로운 주제에 적용되어 발전되고 있다.
- ② (나)와 (다)는 서로 반대되는 입장을 제시하고 있다.
- ③ (다)는 (가)를 근거로 하여 (마)로 발전되고 있다.
- ④ (라)는 (나)를 비판하고 (다)를 강화하고 있다.
- ⑤ (마)는 (라)를 비판하고 (나)를 옹호하고 있다.

48. ㉠에 대한 <보기>의 진술 중에서 옳은 것끼리 묶인 것은?

< 보 기 >

㉠. 지구의 가속 운동이 역학적 차이를 가져오기 때문이다.
 ㉡. 태양 주위를 도는 지구 운동의 비관성 효과가 작기 때문이다.
 ㉢. 갈릴레오의 예에서, 금붕어가 유유히 헤엄치는 것에 대응된다.
 ㉣. 만약 지구가 절대 공간에서 움직이는 관성계라면, 어지럼을 느끼는 사람이 생길 수도 있다.

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

49. 마흐가 ㉡과 같이 주장하게 된 근거로 적절한 것은?

- ① 물의 회전 운동이 비관성 운동이기 때문이다.
- ② 회전하는 양동이는 공간이 상대적임을 입증하기 때문이다.
- ③ 양동이와 물 사이의 위치 관계가 일정하게 유지되기 때문이다.
- ④ 회전하는 물을 바깥쪽으로 끌어당기는 힘이 존재하지 않기 때문이다.
- ⑤ 속도의 상대성에 대한 갈릴레오의 논점이 양동이의 물에는 적용될 수 없기 때문이다.

50. 위 글을 토대로 <보기>를 분석한 것으로 바르지 않은 것은?

—<보 기>—

영희는 서울에서 대전까지 시속 100km로 달리는 기차를 타고 가는 동안 공을 위로 던졌다가 다시 받는 놀이를 했다. 철수는 그 동안 내내 영희 옆자리에 앉아 물이 담긴 종이컵을 빙빙 돌렸다.

- ① 갈릴레오의 견해에 따르면, 태양계를 기준으로 할 때 영희의 이동 속도는 시속 100km 이상이다.
- ② 라이프니츠의 견해에 따르면, 기차를 기준으로 할 때 영희의 공은 상하 운동만 했다.
- ③ 뉴턴의 견해에 따르면, 절대 공간을 기준으로 할 때 영희가 이동한 거리는 서울과 대전 사이의 거리와 같다.
- ④ 클라크의 견해에 따르면, 절대 공간을 기준으로 할 때 철수의 종이컵에 담긴 물은 바깥쪽으로 쏠린다.
- ⑤ 마흐의 견해에 따르면, 영희를 기준으로 할 때 철수는 여행 내내 영희와 일정한 거리를 유지했다.