

교과서 독해

지식은 곧 힘이다. -베이컨



과학기술편

국어 교재 전문가 한은영



물리

PART 01 유체의 압력, 파스칼의 법칙, 베르누이 법칙, 유체의 연속방정식, 부력, 양력 008

↳ 물체가 물속과 공기 중에서 뜨는 이유는 무엇일까?

※ 1강 관련개념 : 중력과 무게 / 지레의 원리 / 비행기에 작용하는 힘

PART 02 회전운동, 각운동량, 각속도, 돌림힘, 지레의 원리, 힘의 평형 032

↳ 물체가 회전하는 원리는 무엇일까?

※ 2강 관련개념 : 각속도와 선속도 / 가속도의 법칙(뉴턴의 제2법칙) / 알짜힘

PART 03 빛의 직진/반사/굴절, 파동의 특징(주기/진동수/파장...), 초음파, 소리의 속력, 파동의 반사/굴절 056

↳ 소리와 빛은 어떻게 전달될까?

※ 3강 관련개념 : 귀에서 들을 수 있는 소리 / 스넬법칙

PART 04 온도와 열에너지, 비열, 열팽창, 보일 · 샤를의 법칙(이상 기체), 물질의 상태변화 082

↳ 열은 어떤 일들을 할 수 있을까?

화학

PART 05 돌턴/러더퍼드/보어의 원자모형, 에너지준위, 원자의 구조, 동위원소, 주기율, 공유결합 106

↳ 소리와 빛은 어떻게 전달될까?

※ 5강 관련개념 : 돌턴의 원자설에 대한 비판 / 이온

생물

PART 06 순환기관(심장, 혈관), 배설기관(콩팥), 감각기관(눈, 귀) 132

↳ 우리 몸은 어떻게 작동할까?

※ 6강 관련개념 : 삼투현상, 항상성/길항작용

PART 07 DNA/RNA, 탄소화합물, 진화론, 계통수, 단백질의 합성, 유전자재조합 166

↳ 생명은 어떻게 존재할까?

※ 7강 관련개념 : 지방산 / 유전자재조합기술

지구과학

PART 08 케플러의 법칙, 만유인력의 법칙, 일주운동, 서편 현상, 전향력, 삭망월/항성월, 200 일식/월식

↳ 별들의 움직임은 어떻게 관측할까?

※ 8강 관련개념 : 관성의 법칙 / 작용반작용의 법칙 (뉴턴의 제1, 3법칙)

기술

PART 09 아날로그/디지털, 센서(소리/압력/전자기...), 앙페르 법칙, 패러데이 법칙, 236 유도전류

↳ 실생활에 유용한 기술들 (1): 정보통신기술

※ 9강 관련개념 : 여러 가지 진법 / 자기장, 자기력

PART 10 자기띠, 하드디스크, 플래시메모리, CD, n-p형 반도체, 다이오드, 트랜지스터 262

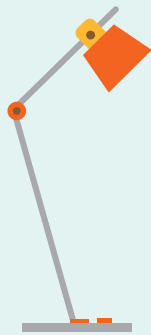
↳ 실생활에 유용한 기술들 (2): 정보통신 기술+반도체 기술

※ 10강 관련개념 : 자기장의 방향 / CD와 DVD의 차이점 / 직류와 교류

부록

※ 샘들이 전하는 과학지문에서의 절대 필수 암기 지식

■ 물리 변화와 화학 변화 ■ 일, 힘, 에너지 ■ 역학적 에너지의 전환 ■ 역학적 에너지의 보존 ■ 운동량, 질량, 속도 ■ 부피와 압력, 부피와 온도, 부피와 밀도 ■ 전기력, 자기력 ■ 용액, 용매, 용질, 용해 ■ 산화와 환원 ■ 탄성력, 마찰력 ■ 인력과 척력 ■ 고기압과 저기압 ■ 전도, 대류, 복사 (1) ■ 전하, 전자, 전기, 정전기 ■ 전도, 대류, 복사 (2) ■ 태풍 ■ 물질의 특성 ■ 촉매와 활성화 에너지 ■ 공전과 자전 ■ 표면장력



교과서 독해 과학기술편

지식은 곧 힘이다. -베이컨

“국어영역 만점을 꿈꾸는 수험생들에게”

평소에 과학과목에 자신 있었던 학생은 과학지문을 읽을 때도 자신 있게 읽고 문제를 해결합니다. 철학책을 즐겨 읽었던 학생은 어려운 철학지문이 나와도 오히려 친숙한 느낌을 받습니다. 물론 지문을 건성으로 읽고 배경지식에 의지하여 문제를 푸는 것은 대단히 위험한 일입니다. 본인이 알고 있는 지식이 잘못된 것일 수 있으며 같은 사실이라도 전달방식에 따라 주제가 전혀 달라질 수도 있기 때문입니다.

그러나 (어떤 종류의 글이건) 글을 읽을 때 우리의 뇌에서는 배경지식이 활성화된다는 사실을 간과해서는 안 됩니다. 독서의 과정에는 단어나 문장 등을 읽어 가면서 글을 이해하는 상향식 과정과 독자의 배경지식을 동원하여 글을 예측하며 읽는 하향식 과정이 있는데 독서의 과정에서는 둘 중 어느 한 가지도 간과할 수 없습니다.

모든 글을 술술 읽어낼 수 있는 기막힌 독해비법 같은 것이 있다면 얼마나 좋을까요? 하지만 이런 바람은 마치 “이것도 저것도 다 필요 없으니 옷도 내주고 음식도 내주고 집도 내주는 마술램프 하나만 다오.”라고 말하는 것과 다를 게 없습니다. 지식이 많은 것이 오히려 새로운 것을 학습하는 데 방해가 될 수도 있지만 배경지식을 무시하는 것은 크게 잘못된 태도입니다. 그리고 독서과목의 교육과정과도 부합하지 않습니다.



그렇다면 어떤 것을 읽어야 할까요? 잘못된 배경지식은 오히려 독서에 방해가 될 수도 있
다니 말입니다. 바로 여러분이 가장 큰 가치를 두어야 할 책은 그동안 본 듯 만 듯 무심하게
여겨왔던 ‘교과서’입니다. 때로는 졸다가 낙서도 하고 심심풀이로 표지에 구멍을 뚫기도 하
며 천대했던 교과서 말입니다.

국어영역은 ‘글’을 배우는 과목입니다. 글 읽기를 제대로 할 줄 아는 학생이라면, 수능 지
문뿐 아니라 신문, 잡지, 소설책…… 글로 된 것이라면 무엇이든지 읽고 이해할 수 있어야
합니다. 이 교재를 접하는 여러분들은 그동안 갖고 닦은 글 읽기 실력으로 과학, 경제, 윤리
등의 타 과목 교과서의 본문을 읽게 될 것입니다. 그런 다음 얻게 된 배경지식은 거꾸로 여
러분들의 독해실력을 더욱 탄탄히 다져줄 것이라 확신합니다.

필자는 여러분들이 궁극적으로 ‘국어’가 아니라 ‘공부’를 잘하는 학생이 되었으면 합니
다. 국어과목을 통해 다른 과목의 학습에서도 흥미와 자신감을 얻고 자신의 꿈에 한 걸음 더
가까이 다가갈 수 있는 기회가 되기를 바랍니다, 아울러 이 교재를 공부하며 익힌 지식과 지
혜로 여러분들이 진정으로 행복한 사람이 될 수 있기를 소망합니다.



교과서 독해 과학기술편

지식은 곧 힘이다. -베이컨

“만점 제자를 키우고 싶으신 선생님들께”

학생마다 ‘더 잘하는 것’이 있습니다. 그게 무엇인지 살펴보면 대부분 자신에게 ‘익숙한 것’이 아닐까 하는 생각이 듭니다. 익숙한 것이 자신감을 갖게 하기 때문입니다. 익숙한 것이란 평소 많이 접해본 것을 의미합니다. 물론 분명히 개인차가 있긴 하겠지만, 일반적으로 이과 학생들이 과학기술 지문에 쉽게 접근하고 문과 학생들이 철학이나 예술지문에 쉽게 접근하는 것은 우연한 일은 아니라 생각됩니다.

가령 과학 지문에 자신있어하는 이과 학생들은 자의든 타의든 책이나 시각자료 등을 통해 과학지식을 접할 기회가 많았음을 의미합니다. 물론 “난 과학지문은 눈 감고도 풀어.”라고 하면서 자만한 자세를 취하는 학생들이 있다면 따끔하게 혼을 내주어야 합니다. 그러나 그들에게 특정 분야의 독해에서만큼은 숨은 파워가 작용하고 있다는 사실을 부인할 수 없을 것 같습니다.

그러면 학생들에게 어떤 것을 가르쳐야 할까요? “국어선생인 내가 과학까지 연구해서 가르쳐야 하나?” 필자의 대답은 단연 “아니요.”입니다. 국어선생님은 어디까지나 국어의 전문가일 뿐입니다. 그러므로 ‘글’을 지도한다는 책임에는 변함이 없습니다. 그러나 분명한 사실 한 가지는 국어선생님께 글 읽기 방법을 배운 학생들이라면, 글로 쓰인 것이라면 그 어떤 것도 잘 읽고 이해할 수 있어야 한다는 것입니다. 과학책도, 경제책도, 철학책도…… 글로 쓰인 것이라면 모든 책을 가리지 않고 잘 읽게 해주는 것이 국어선생님의 가장 중대한 사명이 아닐까 하는 생각을 해봅니다.



선생님은 이 교재로 수업하시면서 평소에 하셨던 것처럼 글 읽는 법, 자료 해석하는 법을 지도하시면 그것으로 충분합니다. 국어선생님이 아니라면 이 책을 보면서 절대 국어를 지도하실 수는 없습니다. 학생들이 이 교재의 내용을 완벽히 이해했다고 해서 타 과목의 시험에서 모두 만점을 받을 수 있는 것 또한 아닙니다.

국어선생님이 100명이라면 100개의 독해법이 있기 마련입니다. 그러나 선생님을 믿고 따르는 학생이 있다면, 그 학생에게 이미 선생님은 최고의 독해전문가이며 선생님이 지도하시는 독해법도 그 학생에게 가장 훌륭한 것입니다. 필자는 오히려 이 책을 통해 선생님께서 평소에 지도하셨던 독해의 노하우를 아낌없이 발휘하시는 기회가 되었으면 합니다.

국어과 선생님들의 건승을 진심으로 기원합니다.

아울러 좋은 교재를 집필할 수 있도록 협조해주신 미래엔 <고등학교 과학>, 지학사 <중학교 과학>, 교학사 <고등학교 물리1> 저자 분들께 감사의 뜻을 전합니다.



2강 | 회전운동, 각운동량, 각속도, 돌림힘, 지레의 원리, 힘의 평형



Memo



교과서 확인하기 1

도는 팽이는 왜 쓰러지지 않을까? 팽이는 돌고 있는 동안에는 외부에서 특별한 힘을 가하지 않는 이상 쓰러지지 않는다. 자전거 타기의 경우도 마찬가지다. 바퀴가 회전하는 동안에는 자전거가 쓰러지지 않고 잘 굴러가는 것을 경험한 적이 있을 것이다. 이렇게 회전하는 물체가 회전 상태를 유지할 수 있는 이유는 회전하는 물체에 각운동량보존 법칙이 작용하고 있기 때문이다. 이는 어떤 물체가 회전 상태를 유지하려면 그 물체에 작용하는 각운동량의 양이 일정하게 유지되어야 한다는 말과도 같다.

→ 어떤 물체가 회전 상태를 유지하는 것은 ()을 의미한다.

각운동량이라는 말은 물체가 회전 상태를 유지하려는 경향을 양적으로 표현한 것이다. 직선 운동에서 물질의 운동 상태를 나타내는 양을 운동량이라고 하는데 대해, 회전 운동에서 회전하는 물체의 운동 상태를 나타내는 양을 각운동량이라 하는 것이다. 물체의 회전운동에 영향을 미치는 요소는 3가지가 있다. 바로 물체의 질량(m), 회전하는 원의 반지름(r), *접선속도(v)가 그것이다. 이때 질량 m 인 돌을 길이 r 인 실 끝에 매달아 v 라는 속도로 회전시켰을 때, 돌의 각운동량은 mvr 이 된다. 즉 물체의 질량, 회전 속도, 회전 반경(회전하는 원의 반지름)이 커질수록 각운동량의 값도 이에 비례하여 커지게 되는 것이다. 만약 여기서 질량은 변하지 않고, 실의 길이만 줄인다면, 각운동량 보존의 법칙에 따라 접선 속도(v)는 증가하게 될 것이다.

→ 각운동량의 크기는 ()에 비례한다.

가령 자유롭게 회전이 가능한 원판 위에 사람이 올라서는 경우를 생각해 보자. 회전 원판은 아무 힘도 받지 않았으므로 정지되어 있고 그 위에 있는 사람도 정지해 있다. 이제 자전거 바퀴에 축을 붙여 돌린 다음 이것을 회전 원판 위에서 서 있는 사람에게 건네주어 들고 있게 한다. 자전거 바퀴는 돌고 있지만 원판도 원판 위에서 서 있는 사람도 여전히 정지해 있다. 이번에는 원판 위에서 회전하는 자전거 바퀴를 들고 있던 사람이 다른 쪽 손으로 자전거 바퀴의 회전을 멈춘다. 그러면 자전거 바퀴의 회전은 멈추지만 그 사람은 회전 원판과 함께 자전거 바퀴가 회전했던 방향으로 돌게 된다. 즉 자전거 바퀴가

갖고 있던 각운동량이 보존되어야 하므로 그것이 사람의 회전에 의한 각운동량으로 옮겨진 것이다.

→ 원판 위에서 회전하는 자전거 바퀴를 들고 있던 사람이 바퀴가 회전했던 방향으로 돌게 되는 것은 () 때문이다.

각운동량의 보존 원리는 항공 *역학에서도 매우 중요하게 쓰인다. 만약 헬리콥터에 주 날개만 있다면 헬리콥터는 정상적인 비행을 할 수가 없다. 만약 정지한 헬리콥터에서 주 날개가 돌기 시작하면 헬리콥터에는 없던 각운동량이 생기므로, 각운동량의 보존에 의해 *동체가 빙글빙글 돌아갈 것이기 때문이다. 따라서 헬리콥터에는 반대 방향으로 돌아가는 꼬리 날개를 부착하여 주 날개에 의한 각운동량을 *상쇄시킨다. 영화에서 꼬리날개가 파손된 헬기가 빙글빙글 도는 장면도 바로 이러한 원리 때문에 생겨나는 현상이다.

→ 헬리콥터에는 꼬리날개를 부착하여 주 날개의 각운동량을 상쇄시킴으로써 동체의 회전현상을 방지한다.

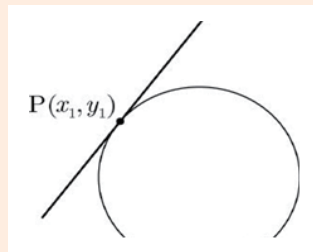
수능국어 필수 어휘

- * 접선: 곡선의 한 점에 닿은 직선
- * 역학(力學): 물체의 운동에 관한 법칙을 연구하는 학문
- * 동체(同體): 물체의 중심을 이루는 부분
- * 상쇄: 상반되는 것이 서로 영향을 주어 효과가 없어지는 일

[참고1] “접선(接線)”

국어사전에서 접선의 정의는, 곡선의 한 점에 닿은 직선, 또는 ‘곡선 상의 두 점 P·Q를 연결하는 직선을 가정하고, 점 Q가 이 곡선에 따라 한없이 점 P에 접근할 때의 직선 PQ의 극한의 위치’ 바로 이것인데……

수학시간에 충분히 배웠으리라 생각하고, 더 자세한 설명 생략한다. 수학을 완전 포기한 학생들, 또는 감을 전혀 못 잡는 학생들을 위해 그림을 제시한다. 여기서는 “접선이란 이렇게 생긴 거구나.” 하는 정도로 넘어가도 충분하다.



[참고2] “각속도와 선속도”

위에서 배운 접선속도(다른 말로 ‘선속도’)는 우리가 평소에 배우는 속력과 같은 차원으로 생각해주면 된다.

$$\text{물체의 속력}(v) = \frac{\text{물체가 움직인 거리}(s)}{\text{물체가 움직이는 데 걸린 시간}(t)}$$

원 운동에서 물체가 움직인 거리는 원의 둘레만큼이 될 것이니 결국 같은 시간을 소요하는 거라면 반지름이 클수록 선속도가 증가한다. 그러나 각속도에는 변함이 없다. 각속도는 물체가 일정 시간 동안 이동한 ‘거리’가 아니라 이동한 ‘각의 크기’를 뜻하기 때문이다.

예를 들어 실에 구슬을 매달아서 원운동을 시킬 때, 실 중간쯤 되는 곳에 벌레 한 마리가 붙어 있다고 가정해 보자. (그림을 준비하지 못했으므로 각자 그려보도록^^) 그러면 구슬과 벌레는 원 궤도상에서 각각 바깥쪽과 안쪽에 위치하게 될 것이다. 이제 실 끝을 잡고 돌리면 구슬과 벌레는 모두 원 운동을 하게 된다. 이때 구슬은 벌레보다 바깥 궤도에 위치하여 많은 거리를 이동했으므로 선속도는 크다. 그러나 같은 시간 동안에 움직인 각의 크기는 같으므로 두 벌레와 구슬 모두 각속도는 같다.

선속도와 각속도의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다. (국어 교재이니 공식의 유도 과정은 생략함)

$$\text{선속도}(v) = \text{반지름}(r) \times \text{각속도}(w)$$

이 공식은 큰 바퀴의 자전거와 작은 바퀴의 자전거를 생각해 보면 쉽다. 회전 속도가 같을지라도 큰 바퀴의 자전거가 더 빠르게 앞으로 나아갈 수 있다. 반지름이 클수록 선속도가 커지기 때문이다.



핵심원리 뽑기

Memo

핵심1

각운동량

- ()하는 물체의 운동량
- 물체의 질량(m), 회전하는 원의 반지름(r), 접선속도(v)의 곱으로 나타냄

핵심2

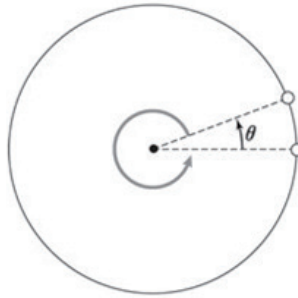
각운동량
보존의 법칙

계의 외부로부터 힘이 작용하지 않는다면 계 내부의 전체 각운동량이 항상 일정한 값으로 보존된다는 법칙

핵심3

각속도

물체가 ()할 때 단위 시간 동안에 회전한 ()



$$\text{각속도}(\omega) = \frac{\theta \text{ (각도)}}{T \text{ (시간)}}$$

△ 핵심 확인하기 ※[참고]까지 읽고 풀 것

- ① 각속도는 물체가 회전한 거리를 시간으로 나눈 값이다. ○X
- ② 실에 묶여 회전하는 돌에서 돌의 크기는 회전 반경에 해당한다. ○X
- ③ 직선 운동을 하는 물체와 회전 운동을 하는 물체 모두 운동량을 갖는다. ○X
- ④ 회전하는 물체의 각운동량은 질량, 회전 반경, 접선속도의 곱으로 나타낼 수 있다.
○X
- ⑤ 도는 팽이가 쓰러지지 않는 이유는 팽이에 작용하는 각운동량이 일정하게 유지되기 때문이다. ○X
- ⑥ 헬리콥터의 동체가 빙글빙글 돌아가는 것은 꼬리 날개에서 발생한 각운동량에서 기인한 것이다. ○X
- ⑦ 작은 바퀴보다 큰 바퀴의 자전거가 더 빨리 이동하는 현상은 선속도의 크기와 관련지어 설명할 수 있다. ○X



문제로 확인하기

Memo

■ 〈보기〉의 사례를 이해한 내용으로 적절하지 않은 것은?

보 기

- 실 끝에 돌을 매달아 돌리면서 줄이 길이를 짧게 하면 속도를 빠르게 할 수 있다.
- 피겨스케이팅 선수는 먼저 팔을 크게 벌려 회전을 한 다음 팔을 몸 쪽으로 오므리면서 더욱 빠르게 회전한다.

- ① 줄의 길이를 짧게 하는 것은 피겨 스케이팅 선수가 몸을 안으로 오므리는 것과 같은 목적이 있다.
- ② 줄이 길이를 길게 한 상태에서 회전을 유지하는 경우에는 짧은 경우보다 각운동량의 값이 더 높아진다.
- ③ 피겨스케이팅 선수가 팔을 안쪽으로 오므리면 더욱 빠르게 회전할 수 있으므로 각운동량도 증가하게 된다.
- ④ 피겨 스케이팅 선수가 팔을 크게 벌려 회전하는 것은 회전 속도를 발생시켜 각운동량을 만들어내는 과정이다.
- ⑤ 각운동량의 값을 일정하게 유지해야 하는 상황에서 돌의 회전 속도를 빠르게 하려면 질량이 작은 돌로 교체하거나 실의 길이를 줄이면 된다.

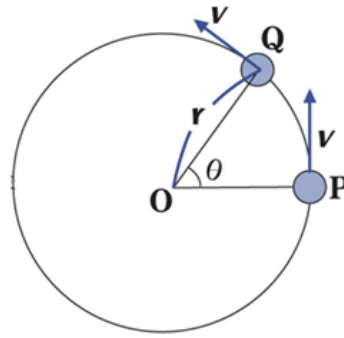
교과서 본문 다시 보기

각운동량이라는 말은 물체가 회전 상태를 유지하려는 경향을 양적으로 표현한 것이다. 직선 운동에서 물체의 운동 상태를 나타내는 양을 운동량이라고 하는데 대해, 회전운동에서 회전하는 물체의 운동 상태를 나타내는 양을 각운동량이라 하는 것이다. 물체의 회전운동에 영향을 미치는 요소는 3가지가 있다. 바로 물체의 질량(m), 회전하는 원의 반지름(r), 접선속도(v)가 그것이다. 이때 질량 m 인 돌을 길이 r 인 실 끝에 매달아 v 라는 속도로 회전시켰을 때, 돌의 각운동량은 mvr 이 된다. 즉 물체의 질량, 회전 속도, 회전 반경(회전하는 원의 반지름)이 커질수록 각운동량의 값도 이에 비례하여 커지게 되는 것이다. 만약 여기서 질량은 변하지 않고, 실의 길이만 줄인다면, 각운동량 보존의 법칙에 따라 접선 속도(v)는 증가하게 될 것이다.



절대필수 자료 | 각운동량, 각속도

01



▲ 실에 묶여 회전하는 물체의 운동

교과서 본문 다시 보기

팽이는 돌고 있는 동안에는 외부에서 특별한 힘을 가하지 않는 이상 쓰러지지 않는다. 자전거 타기의 경우도 마찬가지다. 바퀴가 회전하는 동안에는 자전거가 쓰러지지 않고 잘 굴러가는 것을 경험한 적이 있을 것이다. 이렇게 회전하는 물체가 회전 상태를 유지할 수 있는 이유는 회전하는 물체에 각운동량보존 법칙이 작용하고 있기 때문이다. 이는 어떤 물체가 회전 상태를 유지하려면 그 물체에 작용하는 각운동량의 양이 일정하게 유지되어야 한다는 말과도 같다.

물체의 회전운동에 영향을 미치는 요소는 3가지가 있다. 바로 물체의 질량(m), 회전하는 원의 반지름(r), 접선속도(v)가 그것이다. 이때 질량 m 인 돌을 길이 r 인 실 끝에 매달아 v 라는 속도로 회전시켰을 때, 돌의 각운동량은 mvr 이 된다. 즉 물체의 질량, 회전 속도, 회전 반경(회전하는 원의 반지름)이 커질수록 각운동량의 값도 이에 비례하여 커지게 되는 것이다. 만약 여기서 질량은 변하지 않고, 실의 길이만 줄인다면, 각운동량 보존의 법칙에 따라 접선 속도(v)는 증가하게 될 것이다.

1. (가) v 가 의미하는 것은?

- ☐ 선속도(접선속도) ☐ 각속도

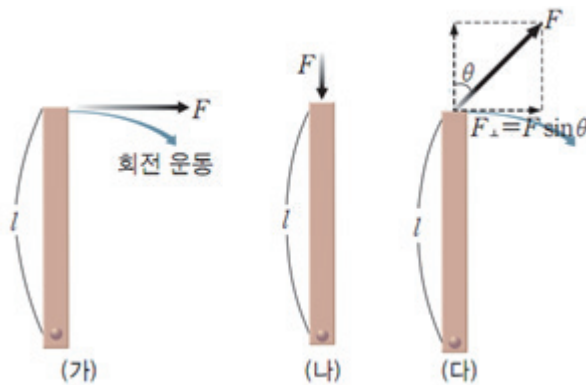
2. (가) 각운동량을 현재 상태로 유지하면서 회전속도를 빠르게 변화시키는 방법을 써 보자.

- 실의 길이(r)를 (☐줄인다. ☐늘린다.)
→ 질량이 (☐작은 ☐큰) 물체로 교체한다.



교과서 확인하기 2

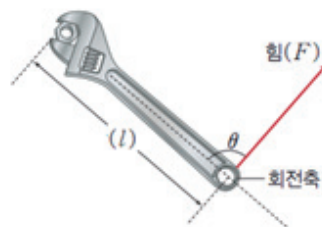
물체가 축을 중심으로 회전 운동할 때, 회전 운동을 발생하게 만드는 원인을 돌림힘이라고 한다. 가령 <그림1>의 (가)와 같이 막대 길이 방향에 수직으로 힘이 작용하면 막대는 회전 운동한다. 그러나 (나)와 같이 막대 길이 방향으로 작용하는 힘은 회전 운동에 기여하지 않는다. 따라서 그림(다)와 같이 막대 끝에 비스듬히 힘이 작용할 때는 막대 길이 방향에 수직인 성분($F\sin\theta$)만 회전 운동에 기여하게 된다.



<그림 1>

→ 돌림힘은 회전 운동의 발생 원인으로, 막대 길이방향에 수직인 성분만이 회전 운동에 기여한다.

한편, 같은 크기의 힘이 작용할 때, 회전축에서 먼 곳에 작용할수록 돌림힘의 효과는 더 커진다. 예를 들어 <그림2>와 같이 렌치로 너트를 돌린다고 생각해 보자. 같은 힘을 주어 너트를 돌릴 때 렌치의 길이(l)가 길수록 너트를 더 쉽게 돌릴 수 있다. 이렇게 돌



<그림 2>

림힘의 효과는 회전축으로부터의 거리에 비례한다. 위에서 배운 것들을 종합하면 돌림힘 τ 는 작용하는 힘의 크기 F와 회전축으로부터 작용하는 힘까지의 거리(l)에 비례하며, 힘과 막대 사이의 각 θ 와 관계함을 알 수 있다. 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\tau = Fl \sin\theta$$

이 식에 의하면 회전축으로부터 작용하는 힘까지의 거리 l이 길면 작은 힘으로도 같은 크기의 돌림힘을 얻을 수 있다. 일상생활에서 볼 수 있는 지레, 양팔 저울, 자동차 운전대, 드라이버 등 회전 운동과 관련된 것은 돌림힘에 의한 작용으로 설명할 수 있다.

→ 회전축에서 힘이 주어지는 방향이 동일할 때, 힘이 작용하는 점까지의 거리가 (□짧을수록 □길수록), 주어지는 힘의 크기가 클수록 돌림힘은 크게 작용한다.

돌림힘 속에는 지레의 원리가 숨어 있다. 가령 막대의 중간에 있는 회전축 양쪽 두 지점에서 반대 방향으로 다른 크기의 두 힘이 작용한다면 막대는 돌림힘이 큰 쪽으로 회전하게 될 것이다. 그러나 만일 서로 반대 방향으로 회전하려는 돌림힘의 크기가 같다면

막대는 회전하지 않을 것이다. 따라서 두 돌림힘이 작용할 때 회전하지 않을 조건은 다음과 같다.

$$\tau \text{ 반시계} + \tau \text{ 시계} = 0$$

$$F_1 l_1 \sin\theta_1 + F_2 l_2 \sin\theta_2 = 0$$

지레나 양팔 저울에서 힘이 막대에 대해 수직(90°)으로 작용한다면 $\sin\theta$ 의 값은 1이므로 회전하지 않을 조건을 다음과 같이 간단하게 쓸 수 있다.

$$F_1 l_1 + F_2 l_2 = 0$$

이때 힘이 반대방향이라면 $F_1 l_1 = F_2 l_2$ 로 나타낼 수 있다. 이것을 지레의 원리라고 한다. 일반적으로 여러 힘들이 여러 곳에서 각기 다른 방향으로 막대에 작용할 때, 돌림힘의 평형에 의해 회전하지 않을 조건은 다음과 같으며 이것을 돌림힘의 평형 조건이라 한다. 여러 돌림힘이 평형을 이루면 정지한 물체는 회전하지 않는다.

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \cdots + F_1 l_1 \sin\theta_1 + F_2 l_2 \sin\theta_2 + F_3 l_3 \sin\theta_3 + \cdots = 0$$

→ 막대에 ()한다면 돌림힘이 평형을 이루어 막대는 회전하지 않는다.

지레를 사용하면 작은 힘으로 큰 힘을 낼 수 있지만 대신 많은 거리를 이동해야 한다. 지레로 물체를 든다고 했을 때, 힘에서 이익을 얻었지만 거리에서는 손해를 보게 된다. 이처럼 작은 힘으로 무거운 물체를 들어올리기 위해서는 많은 거리를 이동해야 하기 때문에 해주어야 하는 일은 물체를 그냥 들 때의 일과 같게 된다. 이것을 *일의 원리라고 한다.

수능국어 필수 어휘

* τ : 그리스 문자, '타우' 라고 읽으면 됨

* **일의 원리**: 1장에서 더 구체적인 내용을 다루고 있으니 참조할 것

주목!

노파심에서 하는 미리 하는 말이지만^^ 국어 지문에 삼각함수가 나왔다고 한숨 쉬는 학생은 없길 바란다. 위의 지문을 읽으면서, 'sinθ'는 힘이 비스듬한 방향으로 주어질 때, 수직성분의 힘을 구하기 위해 곱해주는 값', 정도로 이해했으면 충분하다.

삼각 함수를 모르면 이해할 수 없는 글, 이런 식의 지문은 수능 국어영역에 절대 출제될 일 없으니 염려 말길 바란다. 배경지식 훈련을 위한 책이지만, 은영쌤은 수능의 원칙을 누구보다 중요하게 생각한다.

참고로 sin90°의 값은 1이다. 이 책을 보는 목적도 결국은 공부를 잘하고 좋은 대학에 가기 위함이니, 수 학공부도 열심히 하길 바란다.

[참고] “가속도의 법칙”

운동하는 물체에 힘이 작용하면 운동 방향이나 속력과 같은 운동 상태가 변하는데, 이때 운동 상태가 변하는 정도를 가속도라고 한다. 그러면 어떤 물체에 힘이 작용할 때 물체에 나타나는 가속도의 크기는 무엇에 따라 달라질까? 그림의 (가)와 (나)를 비교하면 알 수 있듯이 물체의 질량이 일정할 때는 물체에 작용하는 힘이 클수록 가속도가 커진다. 그리고 그림 (가)와 (다)를 비교하면 알 수 있듯이 같은 크기의 힘이 작용할 때 가속도는 물체의 질량에 반비례한다.



(가) 가벼운 차 혼자서 밀기



(나) 가벼운 차 여럿이 밀기



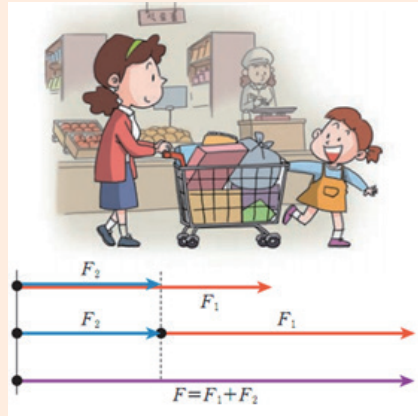
(다) 무거운 차 혼자서 밀기

다시 정리하자면, 어떤 물체에 힘이 작용하면 물체의 운동 상태가 변하는 가속도(a)가 나타나는데, **가속도의 크기는 물체에 작용하는 힘(F)의 크기에 비례하고 물체의 질량(m)에 반비례한다**. 이를 뉴턴의 운동 제2법칙(가속도 법칙)이라고 하며, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

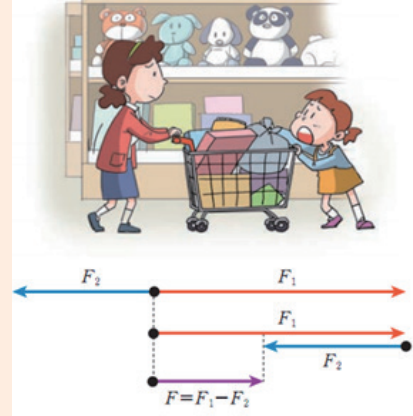
$$a \propto \frac{F}{m} \text{ 또는 } F=ma$$

여기서 꼭 알아두어야 할 것이 하나 있는데, 바로 F는 (그냥 힘이 아니라^^) '알짜힘'을 의미한다는 것이다. 알짜힘이란 물체에 작용하는 모든 힘을 방향까지 고려하여 합한 것으로 힘의 합력이라고도 한다. 아래 그림에서 (가)의 경우는 같은 방향으로 두 힘이 작용하는 경우이므로 알짜힘은 두 힘을 더한 값과 같

다. (나)의 경우는 서로 다른 방향으로 두 힘이 작용하는 경우이므로 알짜힘의 방향은 F_1 과 같으며 알짜힘의 크기는 큰 힘(F_1)에서 작은 힘(F_2)을 빼준 값과 같다.



(가)



(나)

특히 알짜힘, 즉 힘의 합력이 0인 경우를 일컬어 '힘의 평형을 이루었다'고 한다. 따라서 위의 지문에서 '돌림힘이 평형을 이루었다'는 것은 바로 '알짜 돌림힘이 0이 되었다'는 말과도 같다.

- 두 힘이 평형을 이루 세 가지 조건은 다음과 같다.
 - 두 힘의 크기가 같아야 한다.
 - 두 힘의 방향이 반대이어야 한다.
 - 두 힘이 같은 작용선 상에 있어야 한다.

핵심원리 뽑기

핵심1

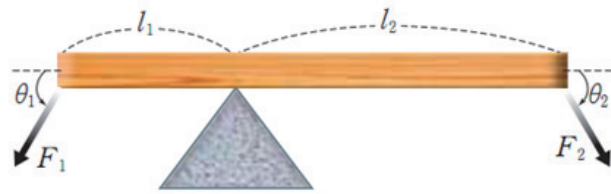
돌림힘(τ)

물체가 축을 중심으로 회전 운동할 때, 회전 운동을 발생하게 만드는 원인

핵심2

지레의 원리

지레에 작용한 힘이 평형을 이루는 원리



$$F_1 l_1 \sin\theta_1 + F_2 l_2 \sin\theta_2 = 0$$

핵심3

힘의 평형

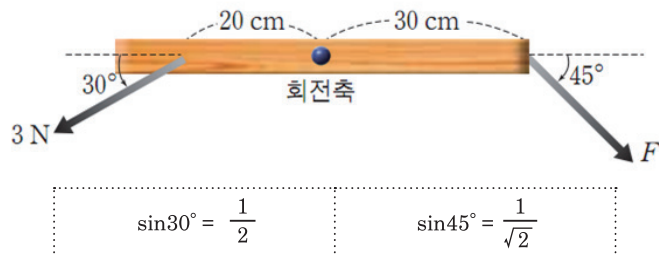
- 한 물체에 작용하는 힘들의 합력이 0인 상태이다.
- 힘이 평형을 이룰 때 물체는 움직이지 않고 정지해 있다.

핵심 확인하기

- ① 지레를 사용해도 일에서는 이득을 볼 수 없다. ☒ ☐
- ② 돌림힘은 물체의 회전 운동을 가능하게 하는 힘이다. ☒ ☐
- ③ 막대에 주어지는 힘은 그 방향에 따라 회전에 영향을 미칠 수도, 그렇지 않을 수도 있다. ☒ ☐
- ④ 렌치의 길이가 길수록 너트를 돌리기 쉬운 것은 회전 시 움직이는 거리가 줄어들기 때문이다. ☒ ☐
- ⑤ 정지한 막대에 서로 반대 방향으로 같은 크기의 돌림힘이 작용하면 막대는 정지 상태를 유지한다. ☒ ☐



01



▲ 막대의 회전

교과서 본문 다시 보기

돌림힘 속에는 지레의 원리가 숨어 있다. 가령 막대의 중간에 있는 회전축 양쪽 두 지점에서 반대 방향으로 다른 크기의 두 힘이 작용한다면 막대는 돌림힘이 큰 쪽으로 회전하게 될 것이다. 그러나 만일 서로 반대 방향으로 회전하려는 돌림힘의 크기가 같다면 막대는 회전하지 않을 것이다. 따라서 두 돌림힘이 작용할 때 회전하지 않을 조건은 다음과 같다.

$$\tau_{\text{반시계}} + \tau_{\text{시계}} = 0$$

$$F_1 l_1 \sin \theta_1 + F_2 l_2 \sin \theta_2 = 0$$

1. 막대가 시계방향으로 돌기 위한 조건은? (알맞은 부등호 넣기)

→ 왼쪽의 돌림힘 () 오른쪽의 돌림힘

2. 위에서 배운 공식을 떠올리며, 왼쪽에 작용하는 돌림힘이 얼마인지 구해 보자.

$$(\quad) \times 0.2\text{m} \times (\quad) = 0.3\text{Nm}$$

3. 막대가 회전하지 않기 위한 힘 F는 얼마인지 구해 보자.

$$(\quad) \times 0.2\text{m} \times (\quad) = F \times (\quad) \times (\quad)$$

$$\therefore F = \sqrt{2} \text{ N}$$

이승수샘의 과학지문TIP



“나는 국어를 못하는 건가, 공부를 못하는 건가?”

수능은 절대 지식으로 푸는 시험은 아니다. 그러나 다른 조건이 모두 같다고 가정했을 때, 수학을 잘 하는 학생이 못하는 학생보다 유리한 건 사실이다.

말이 나왔으니 하나 짚고 넘어가자. 과학지문을 읽을 때 꼭 알아두었으면 하는 게 있다. 함수에서 변수와 상수의 관계이다. 과학 지문을 읽다보면 변수와 상수에 대한 이해가 충분할 때 독해에도 도움이 되는 경우가 있다.

- 알짜힘(F) = 질량(m) × 가속도(a)
- 밀도(ρ) = 질량(m) / 부피(v)

여기서 질량 m (상수)이 일정할 때 알짜힘 F 는 가속도 a (변수)에 비례한다. 또는 질량 m (상수)이 일정할 때, 밀도는 부피(변수)에 반비례한다. 이러한 사실은 함수화된 공식이 등장하는 경우라면 모두 해당된다. 수학의 기본 지식이 있는 학생이라면 공식만 보고도 금세 파악할 수 있다. 사실 수학이라고 하기도 민망한 초등 수준의 산수지식인데도 나올 때마다 헛갈리는 학생들이 많아서 참 안타깝다.

혹시 이 교재를 보는 학생 중에 수학이 안 되니 만만해 보이는 국어에라도 올인하겠다, 이런 생각을 하고 있는 학생은 없는지? 미안하지만 국어능력은 곧 학습능력이고 학습능력은 곧 국어능력이다.

잘 생각해보자. 공부를 잘 하는 게 중요한지, 국어를 잘 하는 게 중요한지를. 상담을 하다 보면 “나는 국어를 못해요.”라고 하소연하는 학생이 많은데, 그런 말을 하기 전에 다시 한 번 잘 생각해보자. 내가 국어를 못하는 건지, 공부를 못하는 건지…….

무언가를 포기한다는 것은 자기 자신에 대한 기대와 자신감을 그만큼 저버리는 것이나 다름없다. 수포자들이 있다면 반성하자.

기출 확인하기 1

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 속도로라 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 뺀 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 뺀 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.

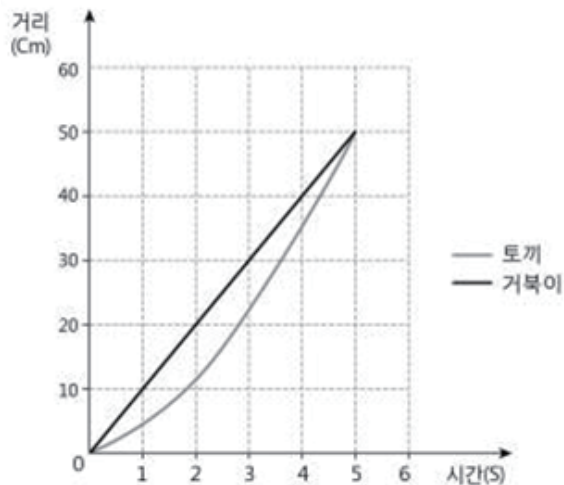
1. 윗글로 미루어 알 수 있는 내용으로 적절하지 않은 것은?

- 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, 육지에 서 있는 관측자가 A의 속도를 측정하면 42km/h가 된다.
- ⑤ 1시간 동안 이동하면서 계속 주행 속력계를 관찰했을 때, 자동차의 순간 속력이 80km/h를 넘은 적이 없다면, 1시간 동안 평균 속력은 80km/h보다 클 수 없다.

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

보 기

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.

서유미샘의 과학지문TIP



“이 정도의 수학지식, 알고 있는 게 좋다.”

과학이나 경제 지문을 제대로 읽고 싶다면, ‘비율’의 개념 정도는 분명히 알아두는 게 좋겠다. 가령 ‘증가했다’와 ‘증가율이 감소했다’는 같은 뜻일 수 있다. 증가했다는 것은 단순히 수량이 늘었다는 뜻이지만 ‘비율’은 기준량에 대한 비교하는 양의 크기를 말하기 때문이다. 가령 인구증가율이 전년 대비 10%에서 5%로 떨어졌다고 했을 때, 증가된 폭은 떨어졌지만 증가되긴 증가된 것이다. 가속도는 단위시간 동안 물체의 속도 변화율이다. 따라서 가속도는 감소할지라도, (가속도가 여전히 양(+))의 값을 유지한다면 속도는 증가한다는 의미가 되는 것이다.

여기에 하나 더 보태서 기울기의 개념도 정확히 알아두면 좋겠다. 기울기가 양인 것과 음인 것, 또 기울기가 유지되는 것과 변화하는 것은 어떻게 다른지, 그래프로 그리면 어떻게 나타나는지도 정확히 알아둘 필요가 있다.

동료 수학 선생님들의 말씀을 들어보면 생각만큼 성적이 잘 안 오르는 학생들 중에 중등 수준의 기초가 안 돼 있는 경우가 의외로 많다고 한다. 스스로 기초가 약하다고 판단되는 수험생들이 있는가? 정말 성적을 올릴 준비가 되어있다면 겸허한 자세로 자신의 수준에 맞는 책들을 다시 한 번 살펴보길 바란다.

교육과정은 연장선상에 있고 모든 개념을 배우는 데는 순서와 단계가 있다는 사실을 늘 유념하자. 고1때 놀다가 고2, 고3때 잘하는 것. 불가능한 일은 아니지만 남들의 두 배로 뛰어 야 함을 명심해야 한다. 왜냐면 2년 치를 1년에 해야 하니까. 안 하고 넘어간 건 언젠가 해야 한다. 반드시!

4 기출 확인하기 2

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 $m v r$ 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 뻗을 때보다 몸 전체의 회전 관성이 줄어들게 된다. 점프 이후에 공중에서 각운동량은 보존되기 때문에 팔을 붙였을 때가 뻗을 때보다 각속도가 커지는 것이다. 반대로 착지 직전에는 각속도를 줄여 착지 실수를 없애야 하기 때문에 양팔을 한껏 펼쳐 회전 관성을 크게 만드는 것이 유리하다.

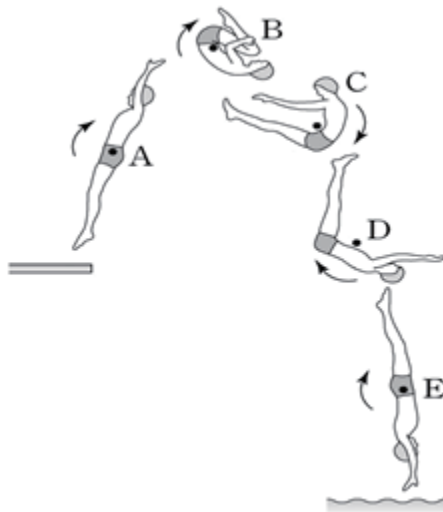
1. 윗글로 미루어 알 수 있는 내용으로 적절한 것은?

- 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.

2. 윗글을 바탕으로 <보기>를 이해한 내용으로 적절한 것은?

보기

다이빙 선수가 발판에서 점프하여 공중회전하며 A~E 단계를 거쳐 1.5 바퀴 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 1.5 바퀴보다 더 많이 회전하겠군.

4 기출 확인하기 3

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 원리는 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.m(뉴턴미터)이다.

동일한 물체에 작용하는 두 돌림힘의 합을 알짜 돌림힘이라한다. 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.

(가) [가령, 마찰이 없는 여닫이문이 정지해 있다고 하자. 갑은 지면에 대하여 수직으로 서 있는 문의 회전축에서 1 m 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 300 N의 힘으로 밀고, 을은 문을 사이에 두고 갑의 반대쪽에서 회전축에서 2 m 만큼 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 200 N의 힘으로 미는 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 그만

큰 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.

1. 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.

2. [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 감의 돌림힘은 방향이 같다.
- ⑤ 감의 돌림힘의 크기는 을의 돌림힘의 크기보다 크다.

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

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 각각 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.

고국권샘의 과학지문TIP



“앞으로 나올 만한 제재들”

수업을 하다보면 간혹 의문스러운 표정을 지은채 다음과 같은 질문을 하는 학생이 있다.

“이 제재는 나왔던 건데, 앞으로 또 나올까요?” 그런 학생들에게 샘은 이렇게 대답해준다.
“나왔던 거니 또 나오지!” 그리고 꿀밤을 한 대 먹여준다.

이미 다들 알고 있겠지만 기출은 돌고 돈다. 마치 ‘대화체’라는 문학개념어가 어떤 해에는 ‘대화체’로 나왔다가, 어떤 해에는 ‘말을 건네는 방식’으로 나왔다가 어떤 해에는 ‘대화하는 방식’으로 나왔다가 하는 것처럼 말이다. 같은 개념을 말만 바꾸어 내고 또 내듯이, 비문학도 마찬가지다. 출제자들은 문제 낼 거리를 찾기에 혈안이 되어 있는데, 막상 출제를 하려고 보면 문제화할 만한 개념, 문제 낼만한 제재를 찾는 일이 그닥 쉽지만은 않은 것 같다. 따라서 기출문제를 정확히 꼼꼼히 살피는 것은 앞으로 출제될 만한 제재들을 예측하는, 즉 적중의 첫 걸음이라 할 수 있다.

그런데 유념할 게 하나 있다. 평가원에서 제재를 돌릴 때는 동일한 제재를 동일한 논지로 뽑는 것이 아니라 주변 개념을 짚거나 다른 개념들을 섞어서 출제한다는 사실이다. 가령 기출 확인하기(3)의 돌림힘 지문은 작년 수능에서 이슈가 되었던 제재이다. 돌림힘이라면 물리 1교과에나 나오는 개념인데, 어떻게 이 정도로 어려운 제재가 출제될 수 있냐며 당황스러워하는 학생들이 많았다. 그러나 돌림힘은 평가원 시험에 처음 출제된 것이 아니다. 물론 여러분은 거기까지 생각하지 못했겠지만, 돌림힘은 이미 14년도 9월 모의평가 과학 지문에-앞으로 또 나올 것을 기대하라는 듯-살짝 얼굴을 내비친 적이 있다. 기출 확인하기(2) 각운동량 지문이 그것이다. 과학기술편 2강을 공부한 학생이라면 알겠지만, 돌림힘과 각운동량은 뗄레야 뗄 수 없는 밀접한 관계에 있는 개념이다.

앞으로 이 책으로 공부하는 샘의 수강생 중에서 무엇이 기출에 나왔니, 안 나왔니 하면서 시비 거는 학생이 있다면, 또 맛있는 꿀밤을 먹게 될 것이다. 기출지문에 출제된 제재라면 어떤 것이든 꼼꼼히 분석해야 할 것이다. 더 나아가 연관 개념까지 함께 말이다.

4 기출 확인하기 4

체조 선수들의 연기를 지켜보고 있으면 유난히 회전 연기가 많은 것을 알 수 있다. 철봉에서 뛰어 올라 공중에서 두 세 바퀴를 회전하고 멋지게 착지하는 연기는 그야말로 탄성을 자아내게 한다. 그러면서 한편으로는 여러 가지 궁금증이 생긴다. 체조 선수가 회전을 할 때 팔이나 다리를 굽힌 채 회전하는 이유는 무엇일까? 어떻게 순식간에 몇 바퀴를 돌 수 있을까? 결론부터 말하자면 체조 선수들의 회전 연기 속에는 예술적인 측면 외에도 물리 현상에 대한 이해를 바탕으로 한 다분히 과학적인 행동이 섞여 있다.

어떤 물체가 회전하기 위해서는 최초의 돌림힘*이 있어야 한다. 돌림힘이 없으면 물체는 회전할 수 없다. 돌림힘이 발생하여 물체가 회전하게 되었을 때, 회전하는 모든 물체가 갖는 물리량을 각운동량이라고 한다. 각운동량은 회전체의 질량과 속도, 그리고 회전 반경*을 곱한 값이다. 일단 생겨난 각운동량은 외부의 돌림힘이 더해지지 않는 한, 회전하는 동안에 질량과 속도, 회전반경의 곱이 항상 같은 값을 유지하면서 그 운동량을 보존하려 하는데 이것을 ‘각운동량 보존의 법칙’이라 한다.

(A) [우리가 일상 생활 속에서 접하는 물리 현상 중에서도 각 운동량 보존의 법칙이 적용되는 경우를 쉽게 찾아볼 수 있다. 예를 들어 회전 의자에 사람이 앉아 있는 경우, 의자를 적당히 회전시킨 후에 추가로 돌림힘을 주지 않은 상태에서 양 팔을 벌리면 회전 속도가 느려진다. 다시 양 팔을 가슴 쪽에 모으면 회전 속도는 빨라진다. 대략 머리와 엉덩이를 잇는 신체 중심축을 회전축이라고 할 때, 양 팔을 벌리면 회전 반경은 커지나 전체적인 질량은 변하지 않으므로 각운동량 보존의 법칙에 의해 회전 속도가 느려지게 되는 것이다. 반대로 양 팔을 가슴 쪽으로 모으면 다시 회전 반경이 작아졌으므로 속도는 빨라질 수밖에 없다.]

체조 선수들의 회전 연기도 마찬가지다. 체조 선수가 천천히 회전하기를 원할 때는 몸을 펴서 속도와 회전수를 최대한 줄이지만, 빠른 회전을 원할 때는 몸을 굽혀 회전 반지름을 최소화하는 것이다. 그리고 체조 선수들은 공중 회전 후 착지하는 순간 팔을 힘껏 펼쳐 보이는데 이는 관중을 위한 쇼맨십일 수도 있지만 각운동량 보존의 법칙을 생각한다면 회전 속도를 줄여 안전하게 착지하기 위한 과학적 행동으로 볼 수 있다.

수능국어 필수 어휘

- * 돌림힘(토크, torque): 물체에 작용하여 물체를 회전시키는 원인이 되는 물리량
- * 회전 반경: 회전의 중심축으로부터 물체까지의 거리, 즉 반지름

1. 위 글을 통해 알 수 있는 내용이 아닌 것은?

- ① 각운동량의 개념
- ② 각운동량의 발생 조건
- ③ 각운동량 보존의 사례
- ④ 회전축이 각운동량에 미치는 영향
- ⑤ 회전체의 질량과 회전 속도의 관계






2. [A]를 바탕으로 할 때, 속도 변화의 원인이 같은 것을 <보기>에서 모두 골라 묶은 것은?

보 기

- ㄱ. 태양을 중심으로 회전하는 지구는 태양과의 거리가 가까워질수록 속도가 빨라진다.
- ㄴ. 실에 돌을 묶어서 돌리면서 실의 길이를 늘리면 돌의 회전 속도가 느려진다.
- ㄷ. 회전하는 의자에 앉아 있는 사람에게 아령을 주면 회전속도가 느려진다.
- ㄹ. 달리는 자동차는 가속 페달을 밟으면 바퀴의 회전 속도가 빨라진다.

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄷ ④ ㄴ, ㄹ ⑤ ㄷ, ㄹ

3. 다음은 철봉 경기 해설의 일부이다. 위 글을 통해 확인할 수 있는 내용이 아닌 것은?

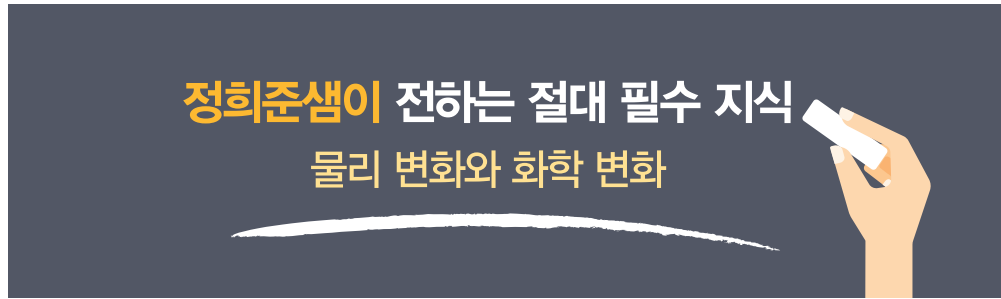
경기 장면	해설 내용
	회전 속도를 최대한 늦추려면 몸을 펼 수 있는 한 쪽 펴야 합니다. ①
	저렇게 발을 철봉에 대고 돌면 몸을 폈을 때보다 같은 힘이라도 회전 속도가 빨라지게 됩니다. ②
	몸을 붙여서 회전 반지름을 최소화했기 때문에 회전 속도가 빨라져서 여러 번의 회전이 가능한 것입니다. ③
	무릎을 굽혀서 자세를 최대한 낮추는 것은 회전 속도를 줄여 안전하게 착지하려는 계획적 행동입니다. ④
	1등 한 선수의 키가 가장 작네요. 선수 개개인의 능력도 중요하겠지만 모든 조건이 같다면 작은 선수가 회전 속도나 회전수에서 유리할 수 있습니다. ⑤

ANSWERS AND EXPLANATION



과학기술편

국어 교재 전문가 한은영



설탕가루를 물에 녹이면 단맛이 난다. 이것은 설탕이 물에 용해되면서 아주 작은 크기의 분자 상태로 떨어져 나오기 때문이다. 이때 물에 넣기 전의 설탕과 물에 용해된 설탕의 성질은 같다. 반면 달걀을 깨서 프라이팬에 넣어 가열하면 투명하던 흰자가 흰색으로 변하면서 굳어진다.

쉽게 요리할 때의 예를 하나 들어본다면, 재료를 칼로 잘게 썰는 것은 물리 변화, 재료를 굽거나 삶는 것은 화학 변화에 해당하는 것이라 볼 수 있다.



물리 변화와 화학 변화의 구분은 과학지식에 있어서도 매우 기본적이며 중요한 것이다. 4강 기출 확인하기(3) '이글루' 지문 1번 문제가 이를 증명해준다. 선택지 ③번을 답으로 채택한 이유, 이쯤 되니 고개가 저절로 끄덕여지지 않는가?

답이 되는 선택지는 지문에서는 물론 지식 차원에서도 중요한 사실이다.

외우자!

물리 변화: 물질의 상태나 모양, 크기는 변하지만, 물질이 가진 고유한 성질은 변하지 않는 것

화학 변화: 물질이 가진 본래의 성질 자체가 변하는 것



힘은 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 요인, 일은 힘을 통하여 물체를 이동시키는 양, 에너지는 일을 할 수 있는 능력을 뜻한다.

에너지가 있다는 것은 그만큼 일을 할 수 있다는 뜻이며, 어떤 물체에 일을 해주었다는 것은 그 물체의 에너지가 증가함을 의미한다고 볼 수 있다. 다시 말해서 어떤 물체에 일을 해주게 되면 그만큼 물체의 에너지가 증가하게 되고 반대로 일을 해 준 쪽의 에너지는 그만큼 감소하게 되는 것이다.

이 때 힘이 얼마나 많은 일을 했는지 알기 위해서는 힘의 크기와 힘의 방향으로 이동한 거리를 알아야 한다. 힘의 크기가 같을 때에는 이동한 거리가 길수록 더 많은 일을 한 것이고, 이동 거리가 같을 때에는 작용한 힘이 클수록 더 많은 일을 한 것이다. 따라서 일의 양은 힘의 크기와 힘의 방향으로 이동한 거리를 곱하여 구할 수 있다. 이때 일의 단위는 J(줄)을 사용하는데, 1J은 1 N의 힘을 작용하여 물체를 1 m 이동시켰을 때 한 일의 양이다.



에너지는 힘과도 밀접한 관계가 있다. 힘이란 것은 일반적으로 에너지가 높은 곳에서 낮은 곳으로 작용하게 된다. 예를 들어 높은 곳에 있는 물체가 낮은 곳에 있는 물체보다 위치에너지가 더 크므로 물체는 낮은 곳을 향하여 힘(중력)을 받아 아래로 떨어지게 되는 것이다.

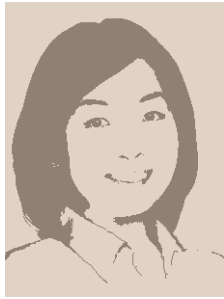
외우자!

힘: 물체에 작용하여 물체의 모양이나 운동 상태를 변화시키는 원인

일: 물체에 힘이 작용하여 물체가 힘의 방향으로 이동할 때(물체에 작용한 힘의 방향과 물체의 이동 방향이 같을 때) 물체가 일을 했다고 한다.

$$\text{일의 양}(W) = \text{힘}(F) \times \text{이동한 거리}(s)$$

에너지: 물리적인 일을 할 수 있는 능력

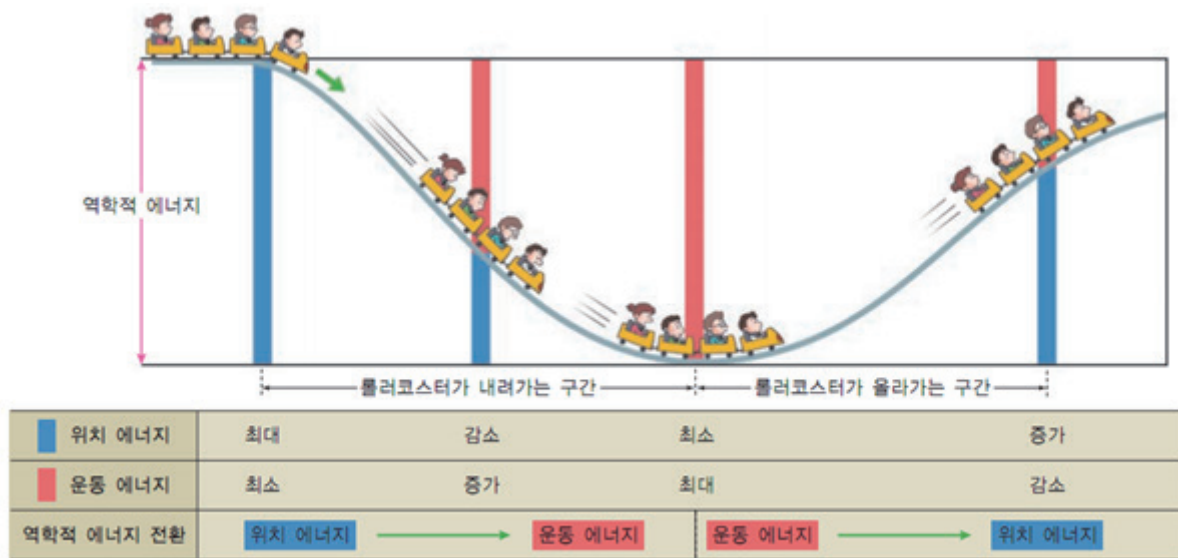


최수지샘이 전하는 절대 필수 지식

역학적 에너지의 전환

운동하는 물체가 가진 에너지를 운동에너지라고 한다. 또한 어떤 높이에 있는 물체는 중력에 의해 아래로 떨어지면서 다른 물체에 일을 할 수 있는데 이러한 에너지를 위치에너지라고 한다. 그리고 물체의 운동 에너지와 위치 에너지의 합을 그 물체의 역학적 에너지라고 한다.

물체가 운동하는 동안 운동 에너지와 위치 에너지는 계속 변화할 수 있다. 예를 들어 롤러코스터가 운동할 때 위치 에너지와 운동 에너지는 계속 변한다. 동력으로 높은 곳에 올려진 롤러코스터가 레일을 따라 내려갈 때에는 롤러코스터의 위치 에너지는 감소하고 운동에너지는 증가한다. 한편, 내려온 롤러코스터가 다시 높은 곳으로 올라갈 때에는 롤러코스터의 위치 에너지는 증가하고 운동 에너지는 감소한다.



외우자!

역학적 에너지: 위치 에너지와 운동 에너지의 합

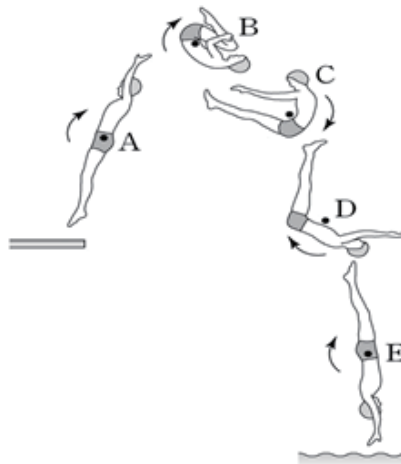
역학적 에너지의 전환: 물체가 올라가거나 내려갈 때 운동 에너지가 위치 에너지로 바뀌거나 위치 에너지가 운동 에너지로 바뀌는 현상



앞에서 배운, 운동하고 있는 물체의 역학적 에너지는 마찰이나 공기의 저항이 없다면 항상 일정하게 보존되는데, 이것을 역학적 에너지 보존법칙이라고 한다. 그래서 위치 에너지와 운동 에너지는 수시로 변해도 역학적 에너지는 일정하게 보존되는 것이다.

2강에서 각운동량 보존의 법칙을 열심히 공부한 학생들은 눈치 챌겠지만, 'OO보존의 법칙'이라는 말이 나왔을 때는 늘어나는 값과 줄어드는 값, 그리고 일정하게 유지되는 값이 무엇인지 잘 살펴볼 필요가 있다. 역학적 에너지에서는 위치에너지의 값이 줄어든다면, 운동에너지의 값이 늘어나고 운동에너지의 값이 줄어든다면 위치에너지의 값이 늘어난다.

기출확인하기(2)에 등장했던 아래 그림을 떠올려보면서 각운동량 보존의 법칙도 다시 한 번 정리해 두자. A~E 지점에서 선수의 자세는 각각 다르지만, 외부에서 힘이 작용하지 않는다는 전제 하에 각운동량은 일정하게 보존된다. (생각나지??)



외우자!

역학적 에너지 보존 법칙: 운동하고 있는 물체의 역학적 에너지는 마찰이나 공기의 저항이 없다면 항상 일정하게 보존된다.