

20포인트 시리즈



바다사자 지음



저자의 말

2021학년도 저자의 말

신입 저자에게 과분한 사랑을 주신 오르비 여러분들 정말 감사합니다

많은 부족한 부분이 있었음에도 따라와주신 많은 분들을 위해

앞으로 2021학년도에도 열심히하는 저자가 되도록 하겠습니다

2021학년도에는 작년에 느꼈던 여러 부족한 부분을 모두 개선하고,

제 모든 능력을 보여드리도록 하겠습니다.

더더욱 나은 교재로 찾아오도록 하겠습니다.

감사합니다



기마켓입니다. 독해력 증진에만 힘썬던 기존의 비문학 교재와는 상당히 다른 형태입니다. 짧은 배경지식에 기출만 나열한 간단한 형태이지만, 기마켓으로 얻을 수 있는 효과는 무한합니다.

1. 비문학 기출 지문을 활용한 독해력 증진
2. 제재별로 분류된 지문을 활용한 취약부분 배경지식 학습
3. 쉽게 접하지 못했던 수능 지문을 활용한 새로운 지문 독해 학습
4. 언제든 찾아볼 수 있는 비문학 지문 백과사전

정형화된 활용 방법은 없습니다. 개개인이 필요한 부분을 학습하면 됩니다.

하지만, 본 교재는 문제가 없는, 비문학 지문만 있는 교재이기 때문에, 지문을 독해하는 연습이 있어야 합니다.

따라서, 스포 방지를 위해 지문 제목은 지문 번호로 대체하였고, 지문의 마지막에 주제와 핵심 내용을 직접 쓰는 공간을 마련했습니다. 대신, 키워드는 맨 앞 지문 목록에 넣었습니다.



과학의 기본 내용들	09 p
물리학	12 p
화학	28 p
생명과과학	34 p
천문학	40 p
평가원 지문으로 복습	43 p

지문번호	출처	키워드	페이지
1	2009. 06월	단위	44 p
2	1995. 수능	패러다임	46 p
3	2006. 09월	역사적 질문	48 p

물리

4	2016. 수능 A형	돌림힘	50 p
5	2016. 수능 B형	유체의 마찰	52 p
6	2017. 09월	칼로릭 이론	54 p
7	2006. 수능	이글루의 원리	56 p
8	1998. 수능	우주론적 시간과 열역학적 시간	58 p
9	2017. 06월	음악의 원리	60 p
10	2014. 06월 B형	레일리 산란	62 p
11	2009. 06월	신기루	64 p
12	2018. 09월	양자의 공존 상태	66 p
13	2012. 수능	양자의 불확정성 원리	68 p
14	2004. 수능	양자의 불가사의한 현상	70 p
15	2011. 09월	상대성이론의 시작	72 p
16	2014. 09월 B형	돌림힘	74 p
17	2015. 09월 B형	점탄성	76 p
18	2004. 09월	초끈이론과 힘의 개념	78 p

화학

19	2016. 06월	원자모형의 변천	80 p
20	2016. 09월 A형	지방의 산패	82 p
21	2014. 수능 A형	금속 불꽃의 스펙트럼	84 p
22	2013. 수능	반데르발스 상태 방정식	86 p
23	2003. 예비	물리 변화와 화학 변화	88 p
24	2008. 09월	NMR 분광계	90 p
25	2008. 수능	촉매	92 p
26	2013. 09월	맥스웰 속도 분포	94 p

생명과학

27	2016. 09월 B형	암 치료제	96 p
28	2014. 09월 A형	장소기억	98 p
29	2020. 06월	세포 내 공생설	100 p
30	2010. 06월	생태계의 특징	102 p
31	1994. 수능 1차	동종 요법	104 p
32	2005. 수능	호흡계의 진화적 기원	106 p
33	1994. 수능 2차	생태계와 인간	108 p
34	2001. 수능	유전자 가위	110 p
35	2008. 수능	하비의 순환이론	112 p
36	2009. 수능	공룡의 걸음	114 p
37	2010. 수능	미생물의 종 구분	116 p
38	2004. 06월	인공 생명론	118 p
39	2005. 06월	생물다양성의 중요성	120 p
40	2008. 06월	심해 열수구	122 p
41	2012. 06월	근섬유와 운동강도	124 p
42	2013. 06월	식물 물 운반의 원리	126 p
43	2014. 06월 A형	입체 지각의 원리	128 p
44	2015. 수능 A형	제한아미노산의 원리	130 p
45	2017. 수능	반추 동물의 원리	132 p
46	2020. 수능	인체의 면역	134 p
47	2010. 09월	연니	136 p

지구과학(전체)

48	2015. 수능 B형	슈퍼문	138 p
49	2014. 수능 B형	전향력	140 p
50	1996. 수능	초신성 폭발	142 p
51	2005. 9월	별의 원리	144 p
52	2005. 예비	우주의 팽창	146 p
53	2007. 9월	판구조론	148 p
54	2009. 9월	클라레이트 수화물(하이드레이트)	150 p
55	2003. 수능	외계 생명체의 가능성	152 p
56	2007. 수능	화성 외계인의 가능성	154 p
57	2011. 수능	항성년과 회귀년	156 p
58	2011. 6월	사막의 형성	158 p
59	2015. 6월 B형	별의 밝기	160 p
60	2019. 수능	천문학 혁명과 중력	162 p
61	2016. 6월	암흑 물질	164 p

수학

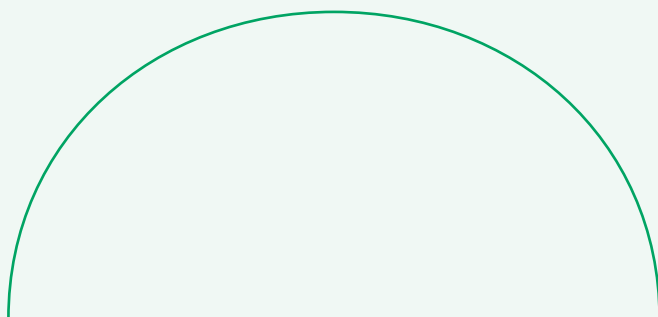
62	1999. 수능	미적분학의 기원	166 p
63	2000. 수능	조선의 수학 문제 풀이	168 p
64	2002. 수능	사색문제	170 p
65	2012. 9월	데카르트 좌표계	172 p

기타

66	1994. 수능 1차	신과학 운동	174 p
67	1997. 수능	과학과 예술의 창조성	176 p
68	2006. 6월	과학적 지식의 생성	178 p

2017 시리즈





과학의 기본 내용들



과학의 기본 내용들 (과학편 서론)

지금까지 교육과정상의 과학은 비교적 쉬운 내용부터 배우는 형태였다. 그러나, 쉬운 개념이라고 먼저 알려진 개념인 것은 아니다. 교육과정은 학생들이 이해할 수 있는 소재 등을 복합적으로 고려하여 역사상의 과학이라는 학문을 재배열한 것이다. 따라서, 실제 역사의 흐름에 맞도록 과학사를 시간 순서대로 보고 넘어가게 되면, 전체적으로 ‘과학’이라는 학문이 현재까지 어떻게 발전되어 왔는지를 이해할 수 있을 것이다.

과학은 정해진 체계 안에 견고하게 자리잡고 있는 학문이다. 따라서, 과학을 배우기 전에 그 체계인 단위를 확실하게 배우고 가는 것이 중요하다. 과학을 보다 편하게 다루기 위해 1950년 10월에 제 11차 국제 도량형 총회에서는 SI단위계(Système international d'unités, MKS단위계)를 제정하였다. 이는 ‘국제단위계’라는 뜻의 프랑스어이다. SI단위계는 다음과 같다.

물리량	이름	기호
길이	미터	m
질량	킬로그램	kg
시간	초	s
전류	암페어	A
온도	켈빈	K
물질량	몰	mol
광도	칸델라	cd

이 SI단위계만으로 거의 대부분의 다른 단위를 나타낼 수 있다. 아무것도 알지 못한다는 가정하에 현재 이 표만 보면 질문이 두 가지 생길 것이다.

내가 아는 다른 단위는 어디로 갔는가?

킬로그램과 그램의 차이처럼 저 앞에 있는 것은 무엇인가?

우선, 첫 번째 질문에 대한 답을 내기 전에 ‘차원’이라는 것을 알아야 한다.

흔히 선을 1차원이라 하고, 면을 2차원이라고 한다. 또한, 공간을 3차원이라고 한다. 이때 선의 단위는 길이의 단위로 m이다. 면의 단위는 m^2 이고, 공간의 단위는 m^3 이다. 이때, 위에 붙는 숫자가 그 차원이 되는 것이다.

SI단위가 아닌 다른 단위의 예로 ml(밀리리터)가 있을 것이다. 이때, $1cm^3 = 1ml$ 임을 누구나 알 것이다. 동일한 단위이지만, 다르게 부르는 것으로, ml는 cm^3 으로 나타낼 수 있다. 부피의 단위를 공간의 단위의 세제곱 형태로 나타낸 것이다. $1m = 100cm$ 인 것은 누구나 아는 사실이므로, cm은 길이의 단위이고, 위의 SI단위계에서 다루고 있는 단위이다. 즉, 알고 있는 다른 단위들은 모두 SI단위로 나타낼 수 있는 것이다. 하지만, SI단위로 반드시 나타낼 필요는 없으며, 편의상 다른 단위를 정의하기도 한다.

그러면, 이때, $1m = 100cm$, $1kg = 1000g$ 처럼 앞에 붙은 c와 k에 대해 설명해야 한다. 이를 SI접두어라고 한다. SI접두어는 단위가 너무 커지는 것을 방지하기 위해서 생겨난 것이다. 예를 들어 16 GB USB가 있다고 하자. 이를 16000000000B USB라고 나타내면 너무 비효율적이다. 따라서 생겨난 것이 10^9 인 G(기가)이다. 이는 단

위가 아니라 한 수를 나타내는 것이다. 물론 작은 수를 표현하기 위해 만든 접두어도 있다. 자주 사용되는 접두어만 모은 아래 표를 참고하자.

10^9	기가	G
10^6	메가	M
10^3	킬로	k
10^2	헥토	h
10^1	데카	da
10^{-1}	데시	d
10^{-2}	센티	c
10^{-3}	밀리	m
10^{-6}	마이크로	μ

SI단위는 가장 기본적인 형태의 단위인 것은 아니다. 한 가지 예시는 위 SI단위계에서 물질량의 단위가 mol이라고 제시되어 있다. 우리는 화학1에서 mol이 6.02×10^{23} 개 임을 알고 있다. 이때, mol은 '개'와 단위가 같은 것이고, 앞에 붙은 숫자를 반복하기 비효율적이기 때문에 mol이라는 단위를 만들어 접두어와 단위의 역할을 동시에 수행하기 위해 만든 것이다. 그러면 '개'를 SI단위로 나타내려면 어떻게 해야 할까? $\frac{1}{6.02} \times 10^{-23}$ mol이 되는 것이다.



물리학

#1 물리학의 통시적 구성

물리학은 20세기 양자역학 탄생 전후로 나뉜다. 양자역학 이전에는 고전물리학이라 불리고, 그 이후에는 현대물리학이라고 한다. 고전물리학은 거시물리학이라고도 하는데, 간단히 말하면 ‘눈에 보이는 물리학’이라고 이해하면 편하다. 이에 반해 현대물리학은 고전물리학에 양자역학, 상대성 이론을 더하여 기존 고전물리학에서 설명할 수 없었던 여러 물리 현상들을 설명하는 이론이다. 현대물리학에 ‘양자역학’과 ‘상대성 이론’이라는 양대산맥이 있다면, 고전물리학에는 고전역학의 대표 법칙인 ‘뉴턴의 운동법칙’과 전자기학의 대표 법칙인 ‘맥스웰의 전자기법칙’이 있다. 고전물리학과 현대물리학은 각각 2, 3단원에서 자세히 다룰 것이다. 우선, 전체적 흐름을 보기 위해 통시적으로 구조를 보자면 다음과 같다.

1. 고대 물리학 (기원전 4세기~3세기)

물리학의 시초는 ‘실험’이었다. 설명하기 위해 생겨난 학문이 아닌, 호기심에 생겨난 학문이라고 볼 수 있다. 기록상으로 물리 실험을 시작한 사람은 ‘천문’ 지문에 자주 나오는 인물인 ‘프톨레마이오스’이다. 그는 <광학 Optica>라는 책에서 빛에 대한 실험을 서술하였다. 지구의 크기를 측정한 에라토스테네스 역시 실험을 시작한 사람이라고 볼 수 있으나, 구체적 기록이 없기 때문에 인정되진 않는다. 그러나, 프톨레마이오스는 물리학 발전에 아주 큰 악영향을 끼쳤는데, 그 이유는 그가 이상주의자였기 때문이다. 고대물리학의 철학적 뿌리는 이상주의자였던 플라톤이다. 이로 인해 프톨레마이오스 역시 이상주의자였으며, 그의 실험 결과에 맞지 않는 결과는 무시하거나 합리화하였다. 프톨레마이오스는 우리가 물체를 볼 수 있는 이유가 눈에서 광선이 발사되기 때문이라고 하였다.

고대의 잘못된 이론으로 유명한 또 다른 학자는 ‘아리스토텔레스’이다. 아리스토텔레스는 프톨레마이오스와 다르게 플라톤의 이데아론을 반대하여 자연탐구를 중시하였다. 귀납적 관찰을 이용하였고, 4원소설 등의 과학 뿐 아니라 논리학, 정치학, 철학 등 거의 모든 분야에 영향을 끼쳤다. 과학적 탐구 방법의 시초이긴 하지만 물리학과는 직접적인 연관이 없기 때문에 넘어가도록 하자.

2. 고전역학(17세기)

우선, 시기를 보자. 고대 물리학은 기원전에서 3세기 정도까지이다. 그 이후 16세기 정도까지 알려진 과학자가 없다. 그 사이는 흔히 말하는 과학의 암흑기인 ‘중세시대’이기 때문이다. 이 시기는 ‘신’이 모든 것의 해결이었다. 십자가 전쟁이 일어나고 그런 시기이다. 그 이후 르네상스 시대를 거치며 과학혁명의 토대가 마련되었고, 이는 근세시대로 이어지며 고전역학이 본격적으로 시작하게 되었다. 과학혁명은 그리스 시대의 과학을 넘기는 ‘패러다임’에 해당한다.

우선, 르네상스 시대의 세 가지 요소가 어우러져 과학 혁명을 촉발하였다. 이는 자연세계가 수로 설명된다는 ‘신플라톤주의’, 레오나르도 다 빈치와 같은 학자들에 의한 ‘학문과 기술의 통합’, 그리고 새로운 사실을 멀리 전파시키는 ‘인쇄술의 발달’이었다. 이 세 발전이 어우러져 16~17세기에 과학의 방법, 내용, 방식 등이 변한 과학 혁명이 이루어졌다. 1543년에 코페르니쿠스의 <천구의 회전에 대하여>라는 서적으로 시작되었으며, 약 140년 이 지난 후, 1687년에 뉴턴의 <자연철학의 수학적 원리>에 의해 마무리되었다. 이 시기의 혁명은 크게 ‘천문학 혁명’, ‘고전역학 혁명’ 두 가지 혁명으로 이루어지며, 천문학 혁명은 추후 지구과학에서 설명할 것이다.

고전역학의 혁명은 ‘갈릴레오 갈릴레이’가 종교에 기반을 두었던 ‘스콜라주의’를 비판하며 시작되었다. 이것이 바로 그 유명한 “그래도 지구는 돈다”이다. 이후, 데카르트를 거쳐 ‘뉴턴의 고전역학 3법칙’에 의해 끝난다. 이와는 별개로 뉴턴의 만유인력 법칙의 발견 이후 뉴턴은 천문학에도 영향을 미쳐 코페르니쿠스에 의해 시작된 천문학 혁명도 마무리하게 된다. 서양 과학사에서 매우 큰 비중을 차지한 두 혁명을 마무리한 업적을 가진 뉴턴은 이로 인해 고전역학의 아버지로 불리게 된다. 심지어 수학을 통해서 18세기에도 직접적인 영향을 끼치게 되는 데, 이는 현대물리학 등 현대의 거의 모든 분야로 이어지게 된다.

다른 내용으로 넘어가기 전에 고전물리학과 고전역학의 차이를 한번 짚고 넘어가자. 고전역학은 고전 물리학의 일부이다. 고전물리학은 고전역학과 전자기학을 골고루 포괄하고 있고, 그 안에 고전역학과 전자기학이 나뉘는 것이다. 이후, 고전물리학에 추가적인 개념들(상대성이론, 양자역학)이 추가되어 현대물리학으로 발전하게 되는 것이다.

3. 수학(18세기 초)

수학이 왜 여기에 있는지 의아할 수 있다. 하지만, 고전역학이 끝난 직후의 수학은 그동안 ‘정성적’이었던 고전역학을 매우 ‘정량적’인 학문으로 만들었다. 바로 미적분학의 발명이다. 미적분학을 시작하게 된 것은 발견인지 발명인지는 아직도 논란이 있지만, ‘아이작 뉴턴’과 ‘고트프리트 빌헬름 라이프니츠’가 미적분학을 독립적으로 발전시켰다는 사실은 변함없다. 이로 인해 신플라톤주의에 한 걸음 더 다가가게 되었고, 고전역학의 발전이 마무리된다.

4. 전자기학(18세기 말~19세기 말)

위에서 고전물리학은 ‘뉴턴의 운동 법칙’과 ‘맥스웰의 전자기학 법칙’으로 이루어져 있다고 언급한 바 있다. ‘뉴턴의 운동 법칙’은 지금까지의 물리였던 고전역학의 끝이었다면 ‘맥스웰의 전자기학 법칙’은 그 이후의 물리인 전자기학의 끝이라고 볼 수 있다.

전자기학의 시작은 18세기 말, 쿨롱이 ‘쿨롱의 법칙’을 발견하며 시작되었다. 쿨롱의 법칙은 간단히 말하면 만유인력의 전자기학 버전이다. 그 후, ‘볼타 전지’가 개발되면서 전기를 직접적으로 활용할 수 있는 기반이 다져지게 되었고, 위인전에서나 자주 나오는 패러데이 등의 유명한 과학자들에 의해 폭발적으로 발전하게 되었다. 이를 집대성한 책은 1874년에 출간된 ‘제임스 클러크 맥스웰’의 <전자기론>이며, ‘올리버 헤비사이드’가 1884년에 ‘맥스웰 방정식’을 정리하며 마무리 되었다.

5. 열역학(17세기~20세기)과 통계역학

전자기학과 역학과는 별개로 비교적 미미한 물리학 분야도 있다. 바로 열역학이다. 열역학의 기원은 화학이다. 화학에서 다루는 보일의 법칙 등 여러 가지 기체 법칙에 따라 클라우지우스의 열역학 법칙이 생겨났다. 해당 내용은 추후 다루겠지만, 평가원 지문으로도 다뤄진 바가 있다. 이후, 볼츠만과 여러 과학자들이 열역학을 통계적 ‘정량적’인 방향에서 접근하여 열역학에 통계를 같이 고려하게 되었는데, 이런 흐름에는 신플라톤주의에 기반을 둔 고전역학에 의한 영향이 있었다.

번외, 물리학의 구분

기원전 2세기부터 발달되어 온 만큼 물리학의 범위는 너무나도 넓다. 20세기 현대물리학이 발전과 함께, 기술의 한계 때문에 실험으로 검증하지 못하는 가설(들)이 생겨났다. 이런 흐름으로 물리학은 크게 3개의 소분야로 나뉜다. 첫 번째는 이론물리학이다. 이론물리학에서는 자연 현상을 설명하기 위해 만든 물리학 이론을 다루고 있으며, 아인슈타인과 호킹과 같이 우리가 아는 대부분의 유명한 물리학자들이 이론물리학자들이다. 두 번째는 실험물리학이다. 이론물리학에서 생겨난 가설들을 검증하는 학문이다. 기술적 한계 때문에 여러 가지 실험 기법을 도입하여 이론을 검증하는 학문이다. 얼마 전, 힉스입자가 검증되었다고 하는 뉴스가 나왔다. 이것이 실험물리학이다. 이론물리학의 여러 가설을 입증하는 분야이다. 마지막으로 응용물리학이 있다. 대학교 학과로 따지면 공대에 해당하는 부분이다. 응용물리학에서는 실생활에 사용되는 물리와 관련된 기술을 다룬다. 이론물리학은 실생활과는 거리가 있는, 물리학의 최전선에 있지만, 응용물리학은 기술에 가까운 물리학이라 생각하면 편할 것이다.

추가로 초등학교나 중학교까지는 과학 시간에 물리를 배우며 실험도 병행한 것을 떠올리면 왜 물리학이 이렇게 나뉘었는지 생각할 수 있을 것이다. 고등학교 물리시간에 배우는 것은 교실에서 검증 할 수 없기 때문에 간접적으로/이론상으로만 배운다. 과거 대략 100년전부터 이와 비슷한 이유로 실험물리학과 이론물리학이 분화되었다고 생각하면 된다.

6. 현대물리학

현대물리학의 시작은 ‘에테르’ 가설이다. 에테르 가설은 빛이 매질을 통한다는 내용이다. 그러나 거짓으로 밝혀졌다. 이에 파동에 대한 논의가 시작되었으며 이로 인해 아인슈타인의 상대성이론이 생겨나게 되었다. 상대성이론으로 인해 우주에 한걸음 더 다가가게 되었고, 여러 가지 방법으로 검증, 실생활에 적용되며 우리 생활에 녹아들었다. 한편, 화학에서는 또 다른 큰 발견이 진행 중이었는데, 바로 닐스 보어의 ‘양자’개념이었다. 추후 서술할 내용이지만, 이는 기존 고전물리학을 통째로 뒤엎는 가설인 만큼 양자 개념이 발견되고 나서부터만 현대물리학으로 분류해야 한다는 견해도 있다. 이 두 가지 큰 발견으로 인해 현대물리학의 시대가 도래하였고, 지금 이 순간에도 이론으로만 예상되었던 여러 물리학 가설들이 하나하나 검증되어가고 있다.

#2 갈릴레이와 데카르트

1) 갈릴레오 갈릴레이와 관성이론

갈릴레이의 큰 업적 중 하나는 관성이다. 현재 관성은 물체의 운동 상태를 유지하려는 속성이라고 알려져 있다. 하지만, 갈릴레오 갈릴레이는 처음부터 관성을 주장하지 않았다. 관성의 전신(前身)은 '임페투스'이다. 갈릴레이의 역학을 이해하기 위해서는 임페투스를 이해하고 가야 한다.

임페투스는 아리스토텔레스의 이론에서 나온 개념 중 하나로, 현재, 여러 논리적 허점에 의해 폐기된 물리량 중 하나이다. 임페투스는 운동량과 같은 형태이다. 그러나, 관성을 설명하는 물리량이었다. 고전 물리학이 어느 정도 마무리되었다고 여겨지는 현재의 관점에서 다른 것을 설명하므로 당연히 틀린 개념이라는 것은 자명하다. 하지만 당시에는 자유낙하 운동실험을 촉발시키는 등 임페투스 역시 많은 영향을 미쳤다.

임페투스는 물체의 운동을 설명하는데 사용되었다. 물체가 운동하는 것은 '지속적으로' 임페투스를 받기 때문이라고 하였다. 간단히 생각하면 자동차의 엔진처럼 물체의 엔진이 되는 것이다. 하지만 2차원 운동인 포물선 운동을 설명할 수 없었던 임페투스는 갈릴레이가 해결책을 제기함으로써 다른 개념인 관성으로 대체되었다. 임페투스에 대해 생겼던 의문은 아래와 같이 두 가지이다.

우선, 포물선 운동이다. 포물선 운동은 2차원 운동이다. 물건을 옆으로 던진다고 생각하자. 그러면 옆으로 가는 움직임은 유지되고, 위아래로만 중력이 작용하여 떨어질 것이다. 이때, 임페투스 이론은 그 옆으로 가는 것을 설명할 수 없었다.

두 번째 의문은 낙하운동 실험이다. 이는 갈릴레이가 행했던 피사의 사탑 낙하실험 일화로 유명한 실험인데, 본래 뷔리당이라는 14세기의 과학자가 의문을 제기하여 행한 실험이었다. 바로 무거운 물체와 가벼운 물체가 동시에 낙하하는 것이다. 임페투스에 따르면 무거운 물체가 더 먼저 떨어져야 한다.

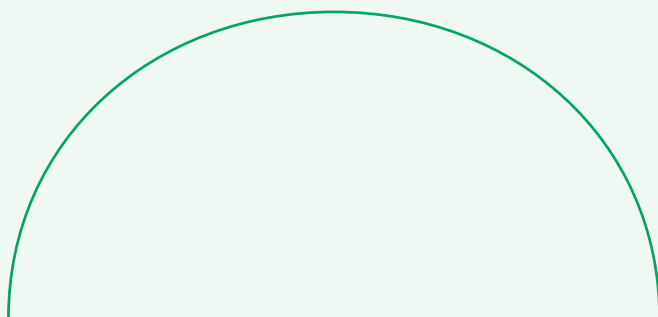
갈릴레이는 임페투스 이론을 완전히 대체할 '관성'이라는 개념을 〈논증〉이라는 책에서 도입하였다. 관성으로서는 임페투스가 설명하지 못했던 두 질문은 물론, (충돌을 제외한) 대부분의 상황도 완벽하게 설명할 수 있었다. 갈릴레이가 제시한 관성에 대한 개념은 등속원운동의 개념을 차용한 점에서 비교적 추상적이었지만, 중학교/고등학교에서 다룬 개념과 일치한다. 모든 패러다임이 그러하듯이, 관성이론 역시 당시 과학자들에 의해 의문이 제기되었다. 특히 정량적인 설명이 부족하였기 때문에 많은 개선이 필요하였다.

2) 데카르트의 운동 법칙

갈릴레이의 관성 개념을 체계적으로 보강한 사람은 데카르트이다. 철학에서도 많은 성과를 세운 데카르트는 관성의 개념을 명확히 하였다.

우선, 물리적으로 설명하려는 상황이 자연에서 벌어지므로, 아래와 같은 '자연 법칙'이라는 것을 만들었다.

- 모든 물체는 다른 것이 그 상태를 변화시키지 않는 한 똑같은 상태로 남아 있으려고 한다.
- 운동하는 물체는 직선으로 그 운동을 계속하려 한다.
- 운동하는 물체가 자신보다 강한 것에 부딪히면 그 운동을 잃지 않으나, 약한 것에 부딪혀서 그것을 움직이게 하면 그것에 준 만큼의 운동을 잃는다.



평가원 지문으로 복습



현대 산업 체계에서 도량형의 통일된 표준이 없다면 큰 혼란을 초래할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 18세기 말부터 국제적인 표준을 만들려는 노력이 꾸준히 이루어졌다.

1791년에 처음으로 프랑스 과학아카데미는 북극에서 파리를 지나 적도까지 이르는 자오선 길이의 1000만분의 1을 ‘1미터’라고 정의하였다. 그러나 자오선 길이는 측정이 어렵기 때문에 이 정의에 따라 눈금자를 만드는 일은 쉽지 않았다.

그 뒤 1875년에 미터 조약이 만들어졌고 이에 따라서 1889년에 열린 제1차 국제도량형총회(CGPM)는 안정성 높은 백금-이리듐 합금 막대로 제작된 ‘미터 원기(原器)’를 새 표준으로 정의하였다. 그러나 이렇게 만들어진 국제 미터 원기는 온도나 압력에 따라 물리적 특성이 변하거나 훼손될 경우, 원래와 똑같이 복원하는 것이 불가능하다. 이를 극복하기 위해서는, 변하지 않는 자연 대상을 바탕으로 언제든지 복원 가능한 표준을 새로 개발할 필요가 있었다.

20세기 과학의 발달로 원자 수준의 현상에 대한 정밀 측정이 가능해졌다. 원자는 내부에 일정한 에너지 준위(準位)들이 형성되어 있다. 이때 원자 안의 전자가 높은 준위에서 낮은 준위로 전이될 때 방출되는 복사선들은 각각 불변하는 고유의 파장을 가지고 있다. 따라서 1960년 제11차 총회는 크립톤이라는 원자에서 나오는 오렌지색 복사선의 파장을 길이의 표준으로 정의하였다.

“미터는 크립톤-86 원자의 $2p_{10}$ 과 $5d_5$ 준위 간의 전이에 대응하는 복사선의 진공 중 파장의 1 650 763.73배와 같은 길이이다(CGPM, 1960).”

(주: 국제표준단위계(SI)는 큰 수를 3자리씩 구분하여 적음)

그러나 이 정의도 크립톤 램프에서 나오는 빛의 세기가 약하므로 실제로 활용하려면 여전히 어려움이 많았다.

1960년대 이후 개발된 레이저 빛은 멀리까지 퍼지지 않고 직진하기 때문에 길이 측정에 유용함이 입증되었다. 아인슈타인의 상대성 이론에 따르면 빛의 속력은 항상 일정하므로, 레이저를 이용하여 빛의 속력을 길이 표준에 이용하자는 의견이 제기되었다. 이 의견은 1983년 제17차 총회에 반영되어 미터 정의가 현재와 같이 개정되었다.

“미터는 빛이 진공에서 299 792 458분의 1초 동안 진행한 경로의 길이이다(CGPM, 1983).”

여기서 빛의 속력이 정확한 값으로 고정된 것에 주목할 필요가 있다. 과거에는 속력을 정하려면 이동 거리와 시간을 측정해야만 했다. 그런데 측정은 항상 오차를 가지게 마련이므로 측정으로 표준을 정하면 값을 확정할 수 없다. 예를 들어 측정된 빛의 속력은 $299\,792\,458(1.2)\text{m/s}$ 라는 식으로 복잡하게 표현되었는데 여기서 괄호는 측정 불확정도를 나타내었다. 그러나 새로운 정의에서 빛의 속력은 불확정도가 0인 정확한 값으로 규정된다. 그 대신 길이의 정의에 따라 속력을 측정하는 것이 아니라, 역으로 빛의 속력을 기준으로 길이를 정의하게 된 것이다.

주제

정리

과학 이론은 우리가 세계를 보는 눈이기도 하다. 흔히 과학이란 관찰과 경험에 토대를 두고 있기 때문에 어떤 과학 이론도 관찰 결과와 일치하지 않으면 수정되거나 폐기될 수밖에 없다고들 생각한다. 경험된 사실들을 토대로 해서 형성된 과학 이론은 자연 현상에 대해 기술하고 예측하는 데 그 존재 이유가 있는 것이므로, 어떤 이론에서 예측된 내용이 실제 관찰 결과와 일치하지 않을 때 그 이론은 쓸모가 없다는 것이다. 이런 견해에 따르면 관찰 결과가 이론의 생사를 결정하는 잣대가 된다.

그러나 관찰과 이론의 관계가 항상 그렇게 일방적인 것만은 아니다. 뉴턴의 예를 들어 보자. 뉴턴은 중력과 운동에 관한 이론을 발표하여 과학사상 거의 유례가 없는 존경과 찬사를 받았다. 그러나 그 당시 뉴턴의 이론이 모든 관찰 결과와 일치하지는 않았다. 천문 학자들은 뉴턴의 이론을 근거로 예측한 달의 운동이 관찰 결과와 일치하지 않는다는 것을 지적하였다. 그럼에도 불구하고 뉴턴은 자신의 이론을 수정하거나 포기하지 않았다. 오히려 그는 천문학자들에게 달을 관찰하는데 영향을 미치는 여러 가지 요소들을 고려해서 다시 관찰하도록 충고하였다. 천문학자들은 뉴턴의 충고를 따라서 그들의 관찰 방법을 수정하였고, 그 결과 자신들의 오류를 인정하지 않을 수 없었다. 이 천문학자들이야말로 혹 떼려 갔다가 혹 붙인 격이라 할 수 있다.

뉴턴의 이론이 발표된 이후 거의 한 세기가 지나서 천문학자들은 다시 천왕성의 궤도가 뉴턴의 이론이 예측한 위치에서 벗어나 있다는 것을 알게 되었다. 그래도 그들은 뉴턴의 이론을 의심하지 않았다. 따라서 천왕성의 궤도에 영향을 미치는 또 다른 행성이 있어야 한다고 생각하기에 이르렀다. 그들은 뉴턴의 이론을 토대로 그 행성의 위치와 질량을 계산해서 추적한 결과 실제로 해왕성이라는 새로운 행성을 발견하게 되었다. 이것은 이론이 새로운 발전을 유도한 사례이다. 이처럼 과학자들이 이론에 모순되는 관찰 결과가 나왔다는 이유만으로 자신의 이론을 쉽게 포기하지 않은 예는 과학사에 드물지 않다.

뉴턴의 이론은 그것을 신뢰했던 많은 과학자들에 의해서 명료하게 다듬어졌고, 과학사에 탁월한 업적으로 길이 남게 되었다. 이와 같이 권위 있는 과학 이론은 토마스 쿤이 말하는 패러다임의 역할을 한다. 패러다임이란 과학자 사회의 구성원들이 공유하고 있는 신념, 가치, 기술 등의 총체를 말한다. 패러다임은 과학적으로 탐구할 만한 문제를 규정해 주고, 과학자들이 취할 수 있는 문제 해결 모형을 제공하며, 연구 결과의 타당성을 분별하는 기준이 된다. 과학에서 패러다임의 존재는 거의 절대적이어서, 과학자들은 패러다임을 적극적으로 옹호하고 보호하려고 한다. 따라서 패러다임과 일치하지 않는 관찰 결과가 나왔을 때, 과학자들은 이론을 의심하기보다 관찰 결과를 재해석하고 새로운 실험을 통해서 그 불일치를

해결하려고 노력한다.

그러나 이론에 모순된 관찰 결과들이 증가하면 패러다임은 위기를 맞게 된다. 그렇게 되면 그런 관찰 결과들을 해석하기 위한 새로운 이론들이 쏟아져 나와 서로 경합하는 혼돈(混沌)의 시기로 접어들게 한다. 이 때에도 과학자들은 하나의 이론이 승리하여 새로운 패러다임으로 확립되기까지 기존의 패러다임을 포기하지 않는다. 물론 어떤 사람들은 이론에 모순되는 관찰들, 다시 말해서 이론이 옳지 않다는 것을 보여 주는 반례(反例)들을 앞에 놓고서도 기존의 과학 이론을 포기하지 않는 과학자들의 태도는 도저히 합리적이라고 볼 수 없다고 생각한다. 그러나 이러한 과학자들의 태도가 불합리하다고 말할 수만은 없다. 과학적 이론이란 세계를 보는 도구이며, 도구 없이 세계를 본다는 것은 불가능하기 때문이다.

주제

정리

(가) 생물학을 비롯한 다른 과학 분야에는 물리학에서 찾아볼 수 없는 문제가 있다. 이 문제를 표현할 적절한 단어가 없기 때문에, 일단은 ‘역사적 질문’이라고 해 두자. 만일 우리가 생물학의 모든 것을 이해하게 되었다면, 그 다음에는 “지구 위에 그런 생물들이 왜 존재하는가?”에 대해 궁금해질 것이다. 이 의문에 부분적인 해답을 주는 이론이 바로 진화론인데, 이는 생물학에서 매우 중요한 분야이지만, 아직은 보완되어야 할 부분이 많은 미완의 이론이다. 지질학의 경우에도 우리는 산의 생성 과정뿐만 아니라 지구 자체의 생성 과정, 더 나아가서는 은하계의 기원 까지도 알고 싶어 한다. 물론 이러한 의문은, “이 세상은 어떤 물질들로 이루어져 있는가?”라는 질문으로 귀결된다. “별들은 어떻게 진화하는가?”, “별이 처음 생성 되던 시기의 초기 조건은 어떠했는가?” 이것은 또 천문학에서 다루어야 할 ‘역사적 질문’이다. 별과 우리 자신을 이루고 있는 원소들에 대해서는 상당히 많은 사실들이 알려져 있으며, 아주 조금이긴 하지만 우주의 기원도 베일을 벗기 시작했다.

그러나 현 시점에서 물리학은 ‘역사적 질문’으로 고민하지 않는다. “여기 물리학 법칙이 있다. 그런데 왜 하필 이런 법칙이어야 하는가?” 물리학에서는 이런 식의 질문이 없다. 물리학자는 하나의 물리 법칙을 발견했을 때, “이 법칙은 어떤 변천 과정을 거쳐서 지금과 같이 되었을까?”, “변하기 전의 법칙은 어떤 모습이었을까?” 등등의 의문으로 골머리를 앓지 않는다. 물론 물리 법칙은 시간과 함께 변할 수도 있다. 만일 이것이 사실로 판명된다면, 물리학의 ‘역사적 질문’은 곧 우주의 역사에 대한 질문으로 발전할 것이며, 이때부터 물리학자는 천문학자나 지질학자, 생물학자 등과 동일한 주제를 놓고 대화하게 될 것이다.

(나) 생물학자가 “왜 구대륙에는 별새가 없는가?” 또는 “인간 종은 어디서 유래했는가?”와 같은 특수한 사건에 관한 물음에 답하고자 할 때, 보편적 법칙에 의존할 수는 없다. 생물학자는 특수한 문제와 관련하여 알려진 모든 사실들을 연구해야 하고, 재구성된 한 무리의 요인들로부터 모든 종류의 결과들을 추론해야 하며, 이러한 특수한 경우의 관찰 사실들을 설명할 시나리오를 구성해야 한다. 다시 말하면 그는 ‘역사적 서술’을 구성하는 것이다.

이러한 접근은 인과 법칙적 설명들과는 근본적으로 다르기 때문에, 논리학, 수학 또는 물리학에서 출발한 고전 과학철학자들은 그것을 아예 수용할 수 없는 것으로 여겼다. 그러나 최근의 학자들은 고전적 관점이 편협하다는 점을 분명히 밝혔고, ‘역사적 서술’의 접근이 타당할 뿐만 아니라 특수한 사건에 대한 설명에서는 과학적으로도 철학적으로도 유일하게 타당하다는 것을 보여주었다.

물론 ‘역사적 서술’이 ‘진실’이라는 것을 단언적으로 증명하는 것은 불가능하다. 하나의 과학이 포괄하는 체계가 복잡할수록 그 체계 내의 상호 작용은 더 많아진

다. 그리고 이들 상호 작용은 관찰만으로 그 인과 관계를 밝혀낼 수 없는 경우가 아주 흔하다. 단지 추론만이 가능하다. 그러한 추론은 본질적으로 해석하는 학자의 배경과 경험에 의존하기 쉽기 때문에, 당연히 ‘가장 훌륭한’ 설명을 두고 종종 논쟁이 야기된다. 또한 모든 ‘역사적 서술’은 반증이 가능하고 언제라도 또다시 시험의 대상이 될 수 있다.

주제

정리

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 숨어있다.

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 가해진 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. 들고 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, 을은 문을 사이에 두고 갑의 반대쪽에서 회전축에서 2m만큼 떨어진 지점을 문의 표면과 직각으로 200N의 힘으로 미는 상태에서 문이 90° 즉, 0.5π 라디안을 돌면, 알짜 돌림힘이 문에 해 준 일은 $50\pi J$ 이다.

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 음

의 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.

주제

정리