

CONTENT

서문 6

1강 단위와 차원 8

1. 시간과 공간
2. 단위와 차원

2강 벡터의 기본 개념 13

1. 벡터의 정의
2. 벡터의 실수배와 덧셈
3. 단위벡터와 벡터의 분해
4. 벡터의 내적

3강 뉴턴의 운동 3법칙 21

1. 관성의 법칙
2. 가속도의 법칙
3. 작용·반작용의 법칙
4. 벡터의 내적

4강 가속도가 일정한 운동과 변하는 운동 28

1. 위치, 속도, 가속도 및 그 크기
2. 가속도가 일정한 운동
3. 가속도가 변하는 운동

5강 운동량과 충격량 38

1. 운동량
2. 충격량
3. 운동량과 충격량의 관계
4. 충격량의 관계

6강 일과 에너지 49

1. 일과 운동에너지
2. 퍼텐셜에너지와 역학적 에너지 보존
3. 일률

참고문헌 62

서문

일상을 살면서 우리는 여러 가지 물리적 현상들을 볼 수 있습니다. 어떤 물체에 힘을 가하고, 길을 건너나 이동 수단을 이용하고, 핸드폰을 떨어뜨리고, 놀이동산에서 롤러코스터를 탑니다. 일상에서 볼 수 있는 모든 현상들은 그 원리를 물리학으로 설명할 수 있습니다.

집에서 출발하여 자전거를 타고 공원에 간다고 해봅시다. 자전거의 속력에 따라 우리가 공원에 도착하는 시간이 달라집니다. 집에서 공원까지의 거리가 일정하므로 속도가 빠를수록 빨리 도착하게 됩니다. 이것은 등속직선운동과 관련이 됩니다.

핸드폰을 떨어뜨리는 상황에서 핸드폰에 케이스를 씌우지 않았다면 높은 확률로 액정이 깨질 것이라고 예상할 수 있습니다. 하지만 범퍼케이스를 씌워놓은 경우엔 어떨까요? 케이스가 깨질지언정 핸드폰은 살아남길 기대합니다. 이것은 운동량과 충격량의 관계와 관련이 됩니다.

롤러코스터를 탈 때 높은 곳에서 레일을 따라 내려가는 무동력차는 땅에 가까워짐에 따라 속도가 빨라지고 차에 탄 사람들은 스릴을 느끼게 됩니다. 그러다가 오르막을 만나면 다시 속도가 줄어드지요. 이것은 역학적 에너지와 관련이 됩니다.

이외에도 다양한 물체들의 여러 가지 운동들을 분석할 수 있습니다. 이러한 분석을 통해 우리는 일정 시간이 지난 후에 물체의 위치와 속도를 예측할 수 있습니다. 이처럼 물리학은 여러 가지 운동들을 분석하여 예측하는 것을 목표로 합니다. 결과적으로 물리적 예측들을 이용하여 공원에서 애인을 기다리게 하지 않게 할 수 있고, 핸드폰의 수리비를 아낄 수 있으며, 놀이공원을 색다른 방식으로 즐길 수 있습니다.

이 책에서 저는 엄청나게 많은 것에 대해 이야기 하지 않았습니
다. 이 책을 읽으면 물리 점수의 획기적인 향상이 있거나 갑자기 물리학자가
되지 않습니다. 그저 우리 주변에서 펼쳐지는 사소한 것들에 조금의 관심
을 더 보낼 수 있길 바랍니다. 사물을 조금 다른 시각으로 보고 새로운
것들을 발견하는데 도움이 되길 바랍니다. 그리고 대부분의 사람들이 기
피하는 물리도 조금은 공부해볼만하다는 것을 깨달을 수 있으면 좋겠습니
다. 이 책이 그 과정에 작은 디딤돌이 되어 드릴 것입니다.

1장 : 단위와 차원

1. 시간과 공간

물리학은 물체의 운동을 연구하는 학문입니다. 물체는 공간 속에서 움직이며, 시간의 흐름에 따라 그 움직임이 나타납니다. 움직이는 물체의 현재의 위치와 속도로부터 시간이 흐른 후 물체의 위치와 속도를 알아내는 것이 물리학의 1차적인 목적입니다. 시간에 따라 움직이는 물체의 위치를 나타내기 위해서는 “시간”과 “공간”이라는 개념에 대한 정의가 필요합니다. 지금부터 이 “시간”과 “공간”에 대해 이야기 하겠습니다.

시간은 사물의 변화를 인식하기 위한 개념입니다.¹⁾ 인류는 시간에 대해 이해하기 위해 다양하게 고찰했지만 여기서는 뉴턴이 물리적으로 인식한 시간 개념을 토대로 내용을 진행합니다. 뉴턴은 절대적, 수학적 시간이 외부의 어떤 것과도 관계없이 일정하게 흐르는 것으로 생각했습니다. 그리고 상대 시간을 움직임에 의해서 감지할 수 있고 절대시간 대신에 사용하는 것이라고 했습니다. 우리가 사용하는 스마트폰 시계를 보면 모든 폰들이 항상 같은 시각을 보여줍니다. 이와 마찬가지로 뉴턴은 시간은 항상 과거에서 현재를 거쳐 미래로 흐르며 그 흐르는 속도 또한 변하지 않는 물리량이라고 주장했습니다.²⁾

공간은 어떤 물질 또는 물체가 존재할 수 있거나 어떤 일이 일어날 수 있는 장소입니다. 뉴턴은 절대공간을 외부의 어떤 것과도 관계가 없고, 항상성을 유지하며 움직이지 않는 것이라 정의했습니다. 상대공간은 어떤

1) <https://en.wikipedia.org/wiki/Time>

2) 아이작 뉴턴, 이무현 역, 프린키피아(PRINCIPIA), 《교우출판사》, p.7.

움직이는 좌표이거나 절대공간을 쟀 것이라 정의했습니다.³⁾ 수학에서 좌표와 그래프에 대한 내용을 떠올려봅시다. 우선 기준이 되는 정점(원점)을 잡고, 그 점을 중심으로 가로와 세로의 직교하는 직선을 그립니다. 가로선은 x 축, 세로선은 y 축이 되고 이 두 직선의 교점(원점)이 평면 위에서 물체의 위치를 표시하는 기준이 됩니다. 이와 마찬가지로 뉴턴은 시간과 마찬가지로 우주 어딘가에 특정한 정점이 있고 그 점을 기준으로 모든 물체의 위치를 정할 수 있다고 주장했습니다. 이때 상대공간으로서의 기준점은 하늘의 항성으로 잡았습니다.

하지만 항성을 기준으로 물체의 위치를 표현하는 것은 매우 비효율적입니다. 별에서 지구까지의 거리가 너무 멀기에 때문입니다. 따라서 우리는 갈릴레이의 상대좌표계를 많이 씁니다. 갈릴레이는 상대적으로 등속 직선운동을 하거나 정지한 좌표계에는 동일한 물리법칙이 적용된다고 했습니다. 따라서 일정 거리만큼 떨어져 있는 두 정지한 좌표계를 생각할 때, 물체의 상대적인 위치는 동일하게 표현할 수 있으므로 표현하기 힘든 뉴턴의 절대좌표계보다는 우리가 알고 있는 특정한 점을 기준으로 잡는 갈릴레이의 상대좌표계가 더 유용합니다.⁴⁾

스마트폰의 구글이나 네이버 지도를 쳐보면 기준이 되는 점(예를 들어 서울시청)이 있고 그 점을 기준으로 우리의 위치를 결정할 수 있습니다. 기준점으로부터의 거리와 방향에 따라 우리는 서울에 있을 수 있고, 제주도에도 있을 수 있으며, 뉴욕에 있을 수도 있습니다.

이와 같이 뉴턴은 절대적 시간과 공간이라는 개념을 물리의 기본으로 정하고, 갈릴레이의 상대좌표계를 도입하여 물체의 운동을 설명합니다. 그리고 절대시공은 영원불변의 존재라고 하였습니다.

3) 아이작 뉴턴, 이무현 역, 프린키피아(PRINCIPIA), 《교우출판사》, p.8.

4) https://en.wikipedia.org/wiki/Inertial_frame_of_reference

2. 단위와 차원

수학에서는 물리적인 면이 무시되는 추상적인 기호와 논리라는 도구를 사용하여 이론을 전개합니다. 따라서 논리적 과정만 맞다면 어떤 숫자와 기호도 서로 연산을 할 수 있습니다. 반면에 물리학은 실제 현상을 이상적 상황으로 해석하기 때문에 맥락을 고려해야 합니다. 가정 사항이나 성립 조건 및 한계점 때문에 연산을 모든 상황에서 적용할 수 없게 됩니다.

물리식은 식을 구성하는 각각의 기호들에 대한 현실에서의 대상체가 있는 반면, 수학식은 대상체가 없습니다. 이런 대상체를 물리량이라고도 합니다. 대상체 및 물리량은 자연에서 나타나는 현상을 기반으로 하므로 식을 구성할 때 의미에 맞게 사용해야 한다는 측면에서도 물리식이 맥락적이라는 것을 알 수 있습니다.⁵⁾

물리식을 맥락에 맞추어 쓰려면 변수들의 성질을 정확하게 파악해야 합니다. 변수들이 나타내는 물리량을 물리적 차원이라고 합니다. 물리적 차원은 단위로 표현할 수 있습니다. 단위는 물리량에 치수를 지정한 것으로, 물리량이나 수량의 크기의 기준을 말합니다. 예를 들어 위에서 배운 시간과 공간에 대한 기본 단위는 각각 초(sec)와 미터(meter)입니다.

물리적 차원의 개념은 1822년에 프랑스의 물리학자 푸리에(Joseph Fourier)에 의해 도입되었으며, 기본 물리량을 국제 표준 단위계인 SI 단위에서 정한 바에 따라 표기합니다. 측정 표준 분야의 최고 의사결정 기구인 국제도량형총회(CGPM)는 전하량, 온도, 시간, 길이, 질량, 광도, 물질량의 7가지를 기본 단위로 사용할 것을 정했습니다. 이후에 나올 다양

5) 김민철, 정용욱, 송진웅, *물리식의 의미에 대한 분석: 존재론 차원과 인식론 차원을 중심으로*, 《새물리》, 2016, vol.66, no.1, pp. 50-60.

한 물리식에서는 길이, 질량, 시간 혹은 이들을 조합한 것으로 표현됩니다.

- 위치 : 기준점으로부터의 방향과 거리에 따라 숫자를 부여한 양으로 미터(meter)로 나타낸다.
- 속도(단위시간당 위치 변화량) : m/s
- 가속도(단위시간당 속도 변화량) : m/s
- 면적(넓이를 나타내는 물리량으로, 가로길이 \times 세로길 이로 표현) : m²
- 부피(공간을 차지하는 것을 나타내는 물리량으로, 가로길이 \times 세로길이 \times 높이로 표현) : m³
- 힘(질량 \times 가속도로 표현되는 물리량 기본 단위는 뉴턴(N)) : kg \cdot m/s²

물리량을 만들 때는 그 의미에 맞게 차원을 곱하거나 나누어서 만들게 됩니다. 여기서 중요한 것은 수식을 이루는 각 변들 및 항들은 모두 같은 차원과 단위를 가져야 한다는 점입니다. 따라서 두 물리량의 차원이 다른 그 항들끼리는 더하거나 빼 수 없습니다. 더하기와 빼기는 차원이 같은 물리량들끼리만 가능합니다. 이를 차원의 동차성(dimensional homogeneity)이라 합니다.⁶⁾⁷⁾

예를 들어 거리와 시간은 더하거나 빼 수 없는데, 이는 차원이 다르기 때문입니다. 거리와 시간을 더하는 것은 자동차와 바닷물을 더하는 것과 같이 의미가 없는 행동입니다. 천양지차라는 사자성어가 있습니다. 같은 기준으로 비교할 수 없는 것을 동일 선상에 올려놓을 수 없다는 의미입니다.

6) <https://statphys.pknu.ac.kr/dokuwiki/doku.php?id=물리:차원분석>

7) [https://en.wikipedia.org/wiki/Homogeneity_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Homogeneity_(physics))

물리량을 정할 때 기본 단위들을 많이 곱해야 하는 경우가 있는데, 이럴 경우엔 새로운 물리량으로 축약해서 쓰게 됩니다. 위에서 물리량의 예시로 힘과 일을 보겠습니다. 힘의 경우엔 기본단위로 나타내면 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ 이 됩니다. 이것을 매번 쓰게 되면 매우 번거롭겠죠? 그래서 물리학자들은 뉴턴의 운동법칙을 정립한 아이작 뉴턴을 기려서 힘의 단위를 뉴턴(N)으로 쓰기로 정했습니다. 따라서 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = \text{N}$ 이 됩니다. 일의 경우엔 뉴턴에 미터가 곱해졌으니 $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 이 됩니다. 그런데 이것은 힘의 단위인 $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$ 보다 더 번거롭죠. 그래서 물리학자들은 에너지 보존법칙의 확립에 기여한 제임스 프레스콧 줄을 기려서 줄(J)로 쓰기로 정했습니다. 이처럼 복잡한 단위는 기존에 약속한 새로운 단위를 쓰지만 계산 시 헛갈릴 때가 있습니다. 이럴 때는 기본 단위로 바뀌어서 계산하는 것도 좋은 방법입니다.

마지막으로 매우 크거나 매우 작은 물리량도 쓰기가 번거롭습니다. 따라서 이런 물리량에 대해서는 적절한 접두사를 붙여서 그 크기를 나타냅니다. 아래 표는 자주 쓰는 접두사의 목록을 정리한 것입니다.

크기	접두사	기호	크기	접두사	기호
10^{15}	peta-	P	10^{-2}	centi-	c
10^{12}	tera-	T	10^{-3}	milli-	m
10^9	giga-	G	10^{-6}	micro-	μ
10^6	mega-	M	10^{-9}	nano-	n
10^3	kilo-	k	10^{-12}	pico-	p
10^2	hecto-	h	10^{-15}	femto-	f