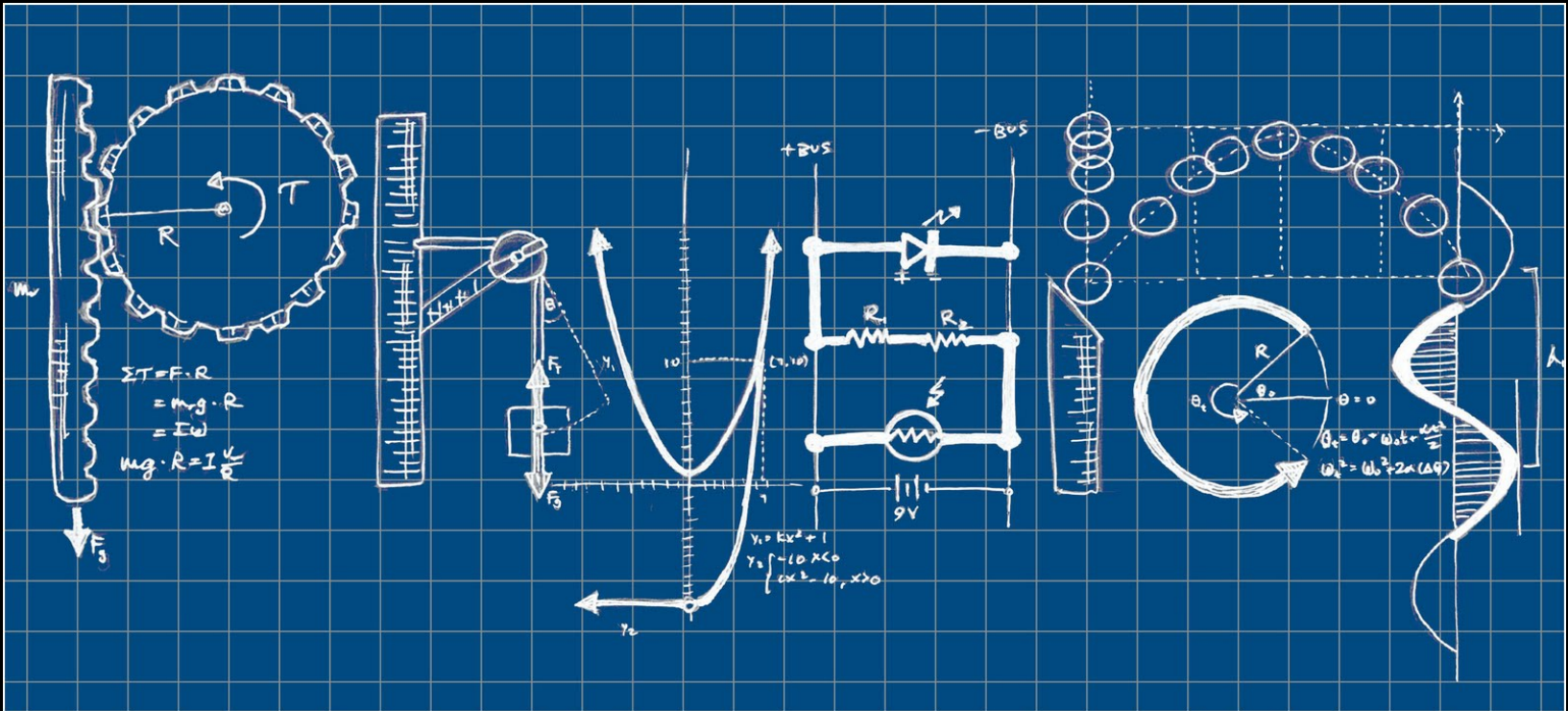
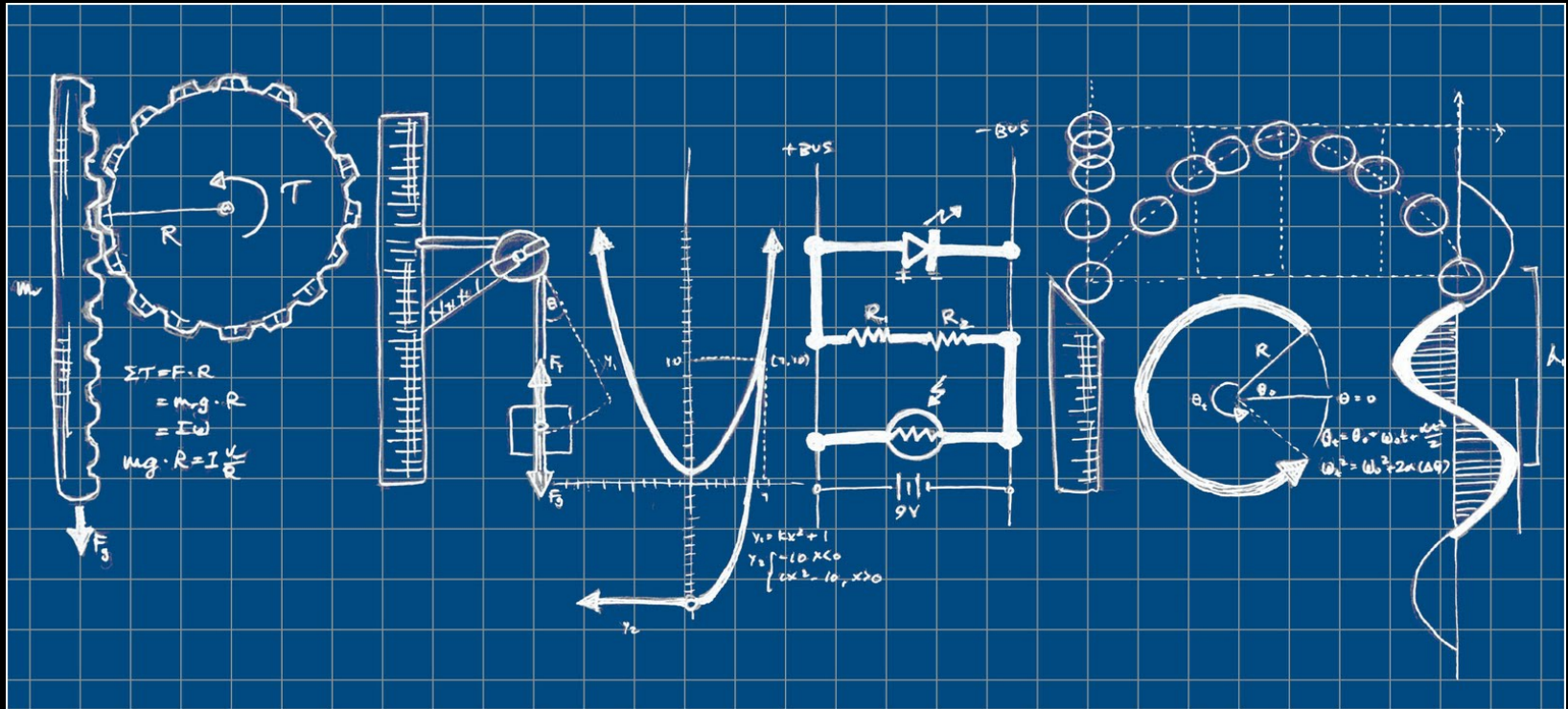


개요

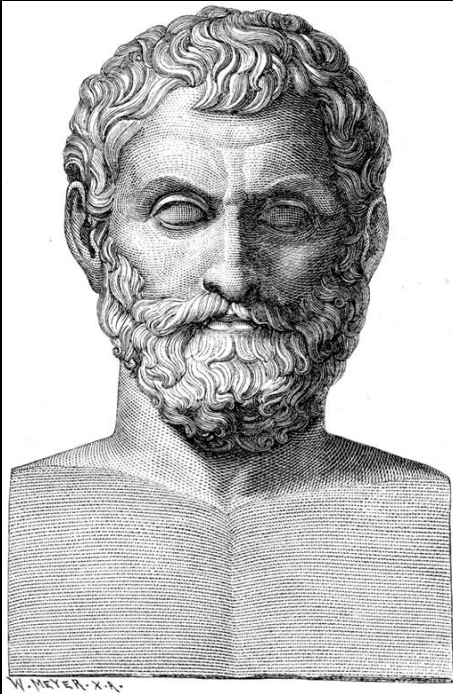
물리학이란 무엇인가?



물리학의 목표는 자연을 이해하는 것입니다.

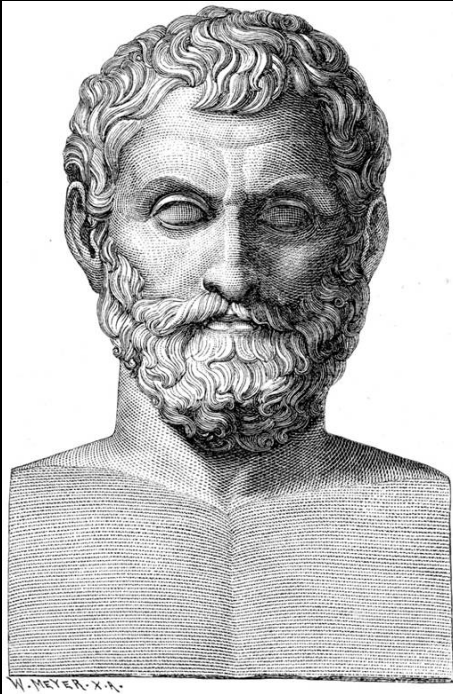


물리학의 목표는 자연을 이해하는 것입니다.
그런데, 자연을 이해한다는 말은 무슨 뜻일까요?



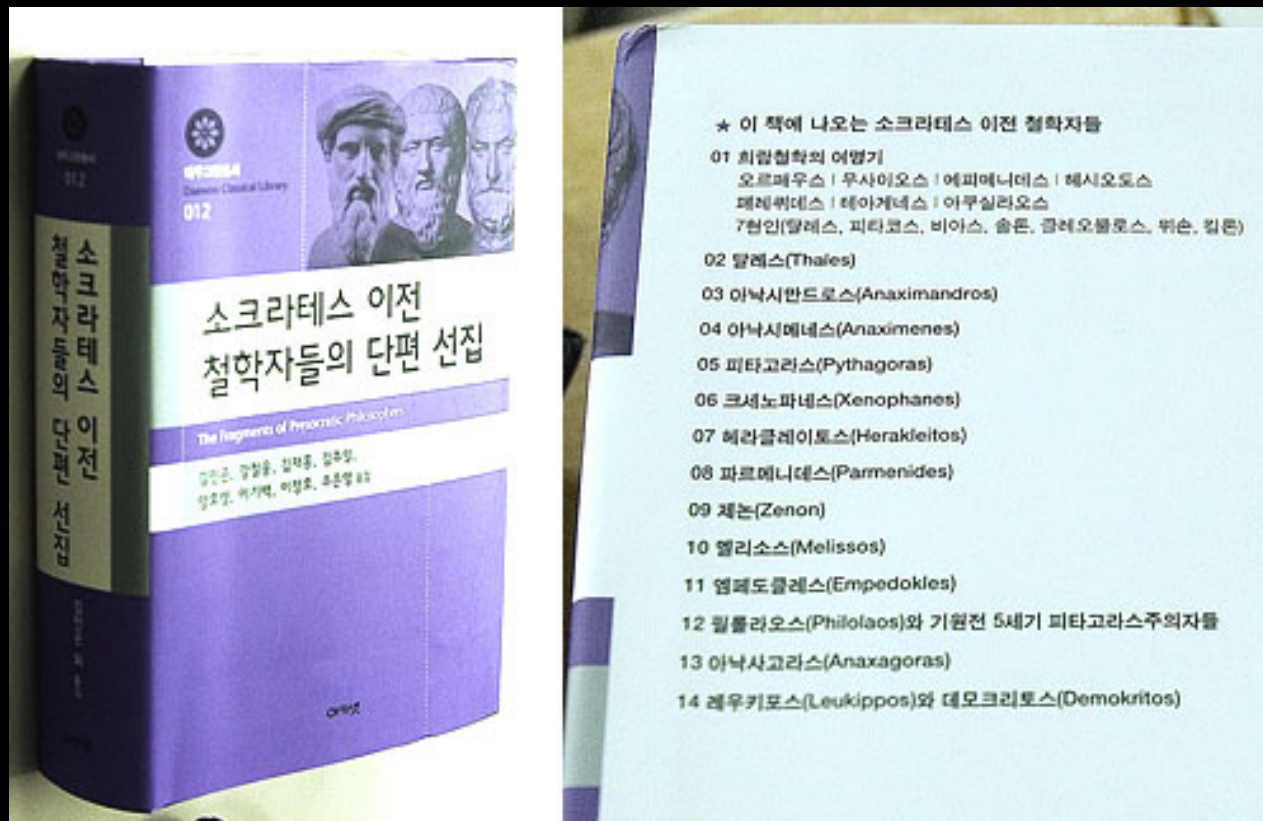
“만물의 근원arche은 물이다”

탈레스 (BC 625? – BC 547?)



“만물의 근원^{arche}은 물이다”

탈레스 (BC 625? – BC 547?)



이른바 소크라테스 이전 철학자들presocratics이
만물의 근원에 대한 질문을 최초로 던지게 됩니다.



여기에는 논쟁도 이어졌습니다.

“만물의 근원은 불이다”

헤라클레이토스 (BC 535? – BC 475?)



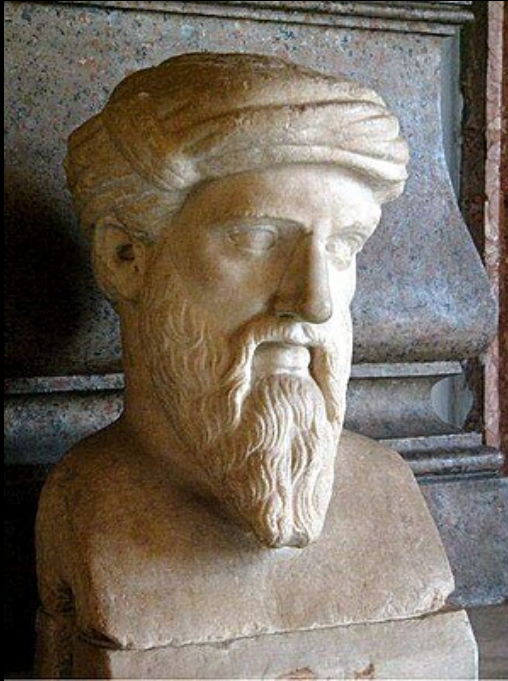
헤라클레이토스는 세상의 ‘변화’에 관심을 가집니다.

“같은 강물에 발을 두 번 담글 수 없다”

이러한 논쟁은 우리에게 교훈을 줍니다.

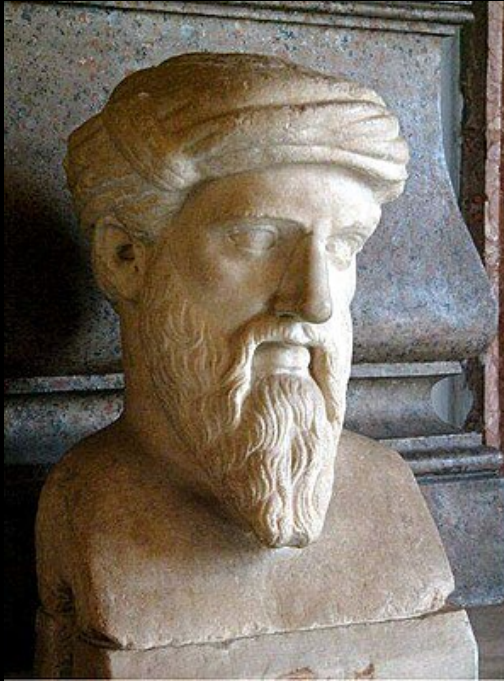
자연을 이해하기 위해서는
자연의 변하지 않는 속성/근원 뿐만 아니라
자연의 변화를 설명할 수 있어야 한다는 것입니다.

여기에서 우리는 한 가지 더 흥미로운
관점을 찾아볼 수 있습니다.



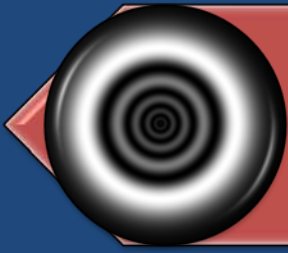
“만물의 근원은 수數이다”

피타고라스 (BC 569? – BC 497?)

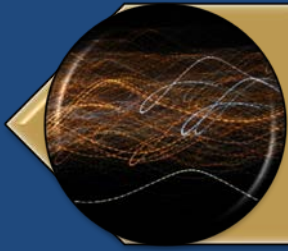


피타고라스 학파는 자연의 본질을
물질이 아니라 추상적인 질서로 이해합니다.

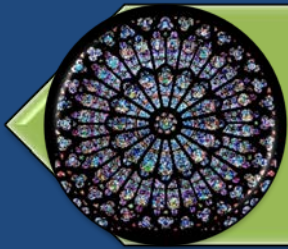
소크라테스 이전 철학자들의 주된 세 가지 통찰은
현대 물리학에 이르기까지
인류가 자연을 이해하는데 필요한 기본적인 관점을
보여주고 있다고 생각합니다.



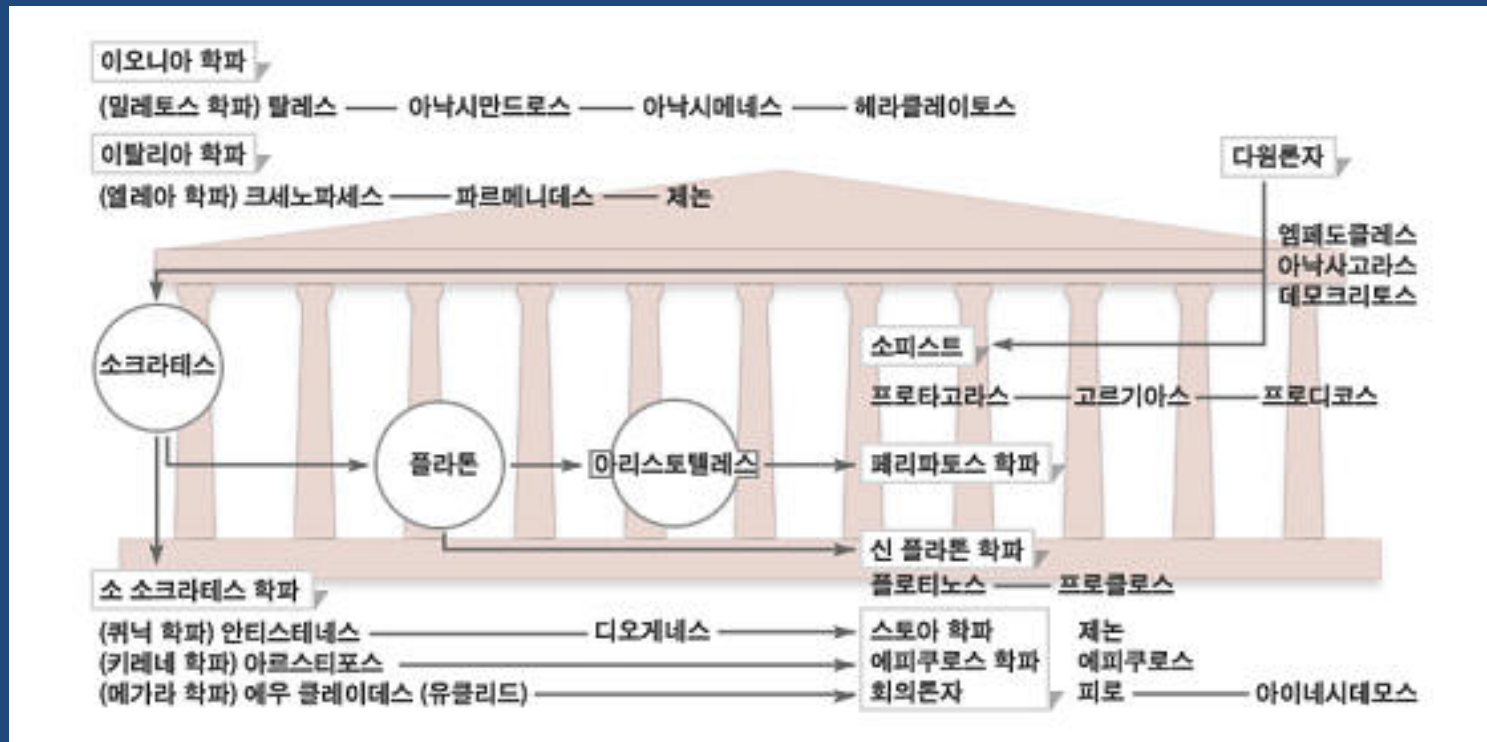
자연을 구성하는
대상/기본단위



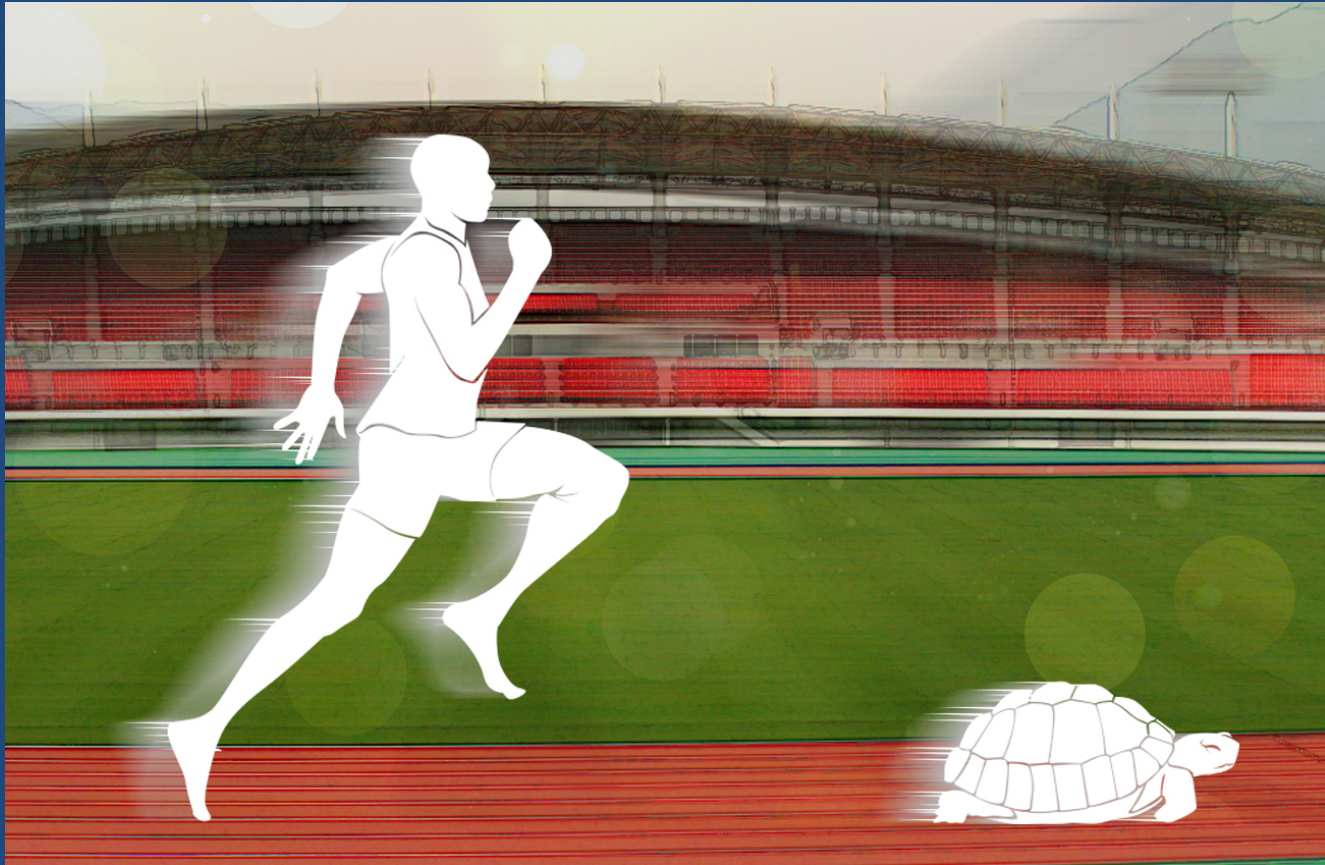
대상의
변화/운동



대상과 운동을 기술할 때의
질서와 대칭성



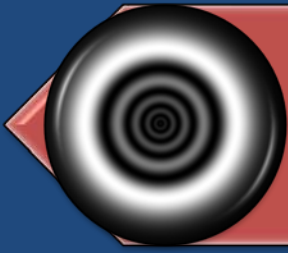
근본적인 대상에 대한 관점은 **다원론/원자론**으로 발전되어 갑니다.



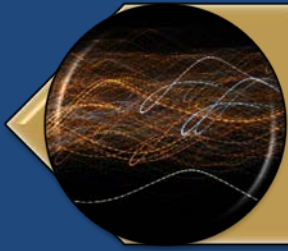
엘레아 학파는 **변화**를 부정하고 불변의 본질을 변호하기 위해
흥미로운 논변을 제시합니다.



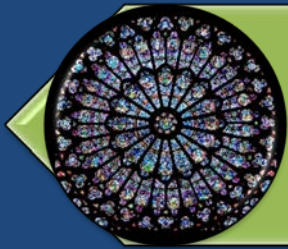
추상적 질서로부터 실재를 추구하는 관점은
플라톤의 이데아론으로 발전합니다.



자연을 구성하는
대상/기본단위

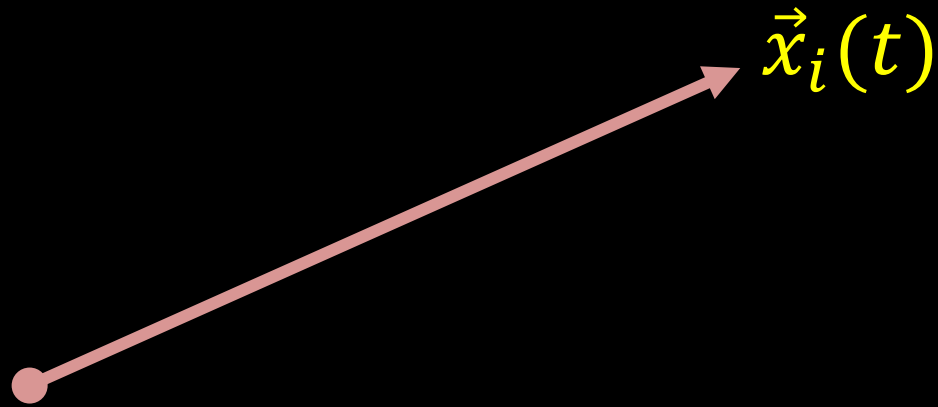


대상의
변화/운동



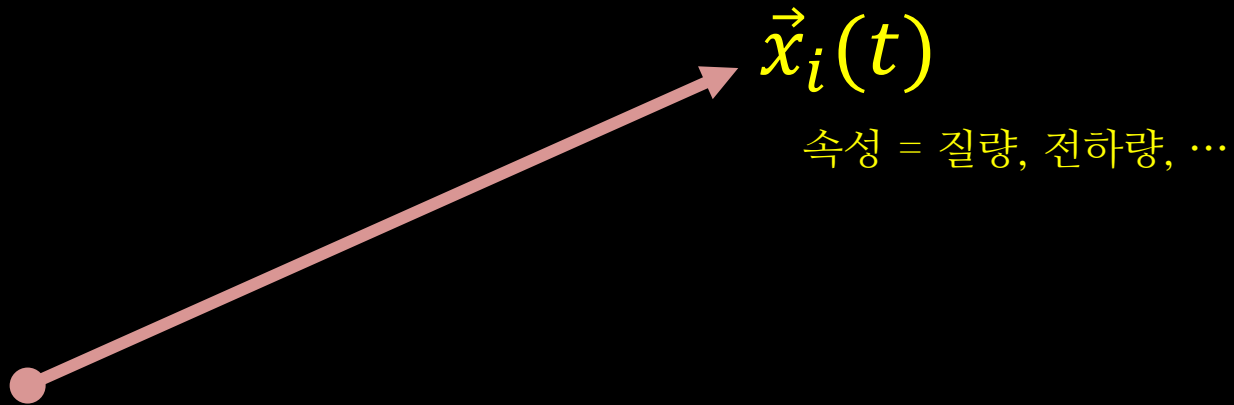
대상과 운동을 기술할 때의
질서와 대칭성

이제 2000년의 역사를 넘어서
근/현대의 물리학에서 이 세 관점을
어떻게 사용하는지 살펴봅시다.



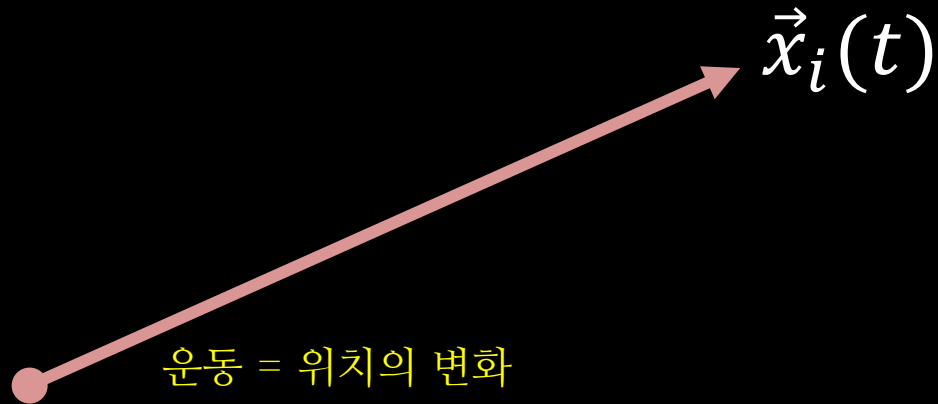
고전 물리학에서는 입자의 위치를 알면
모든 것을 이해할 수 있다고 생각합니다.

자연을 구성하는 대상/기본단위

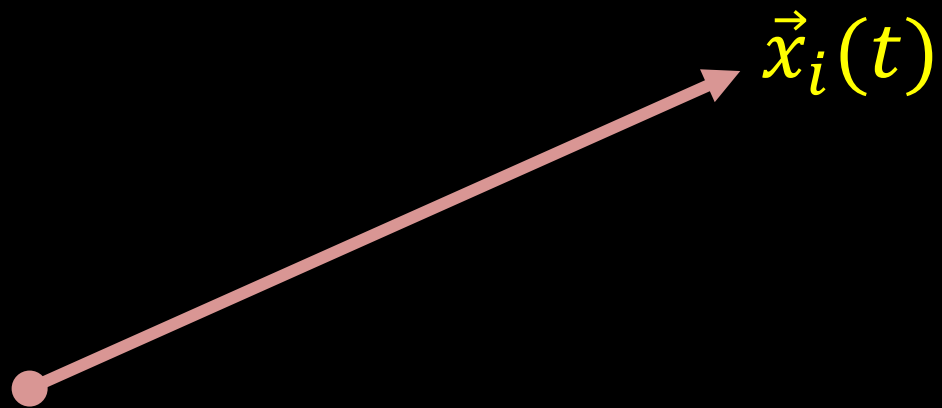


고전 물리학에서는 입자의 위치를 알면
모든 것을 이해할 수 있다고 생각합니다.

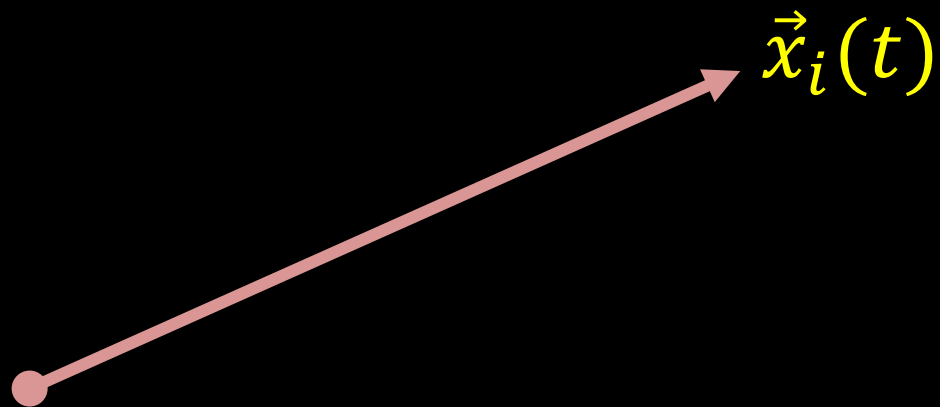
대상의 변화/운동



고전 물리학에서는 입자의 위치를 알면
모든 것을 이해할 수 있다고 생각합니다.



그러면 입자의 위치는 어떻게 알 수 있을까요?

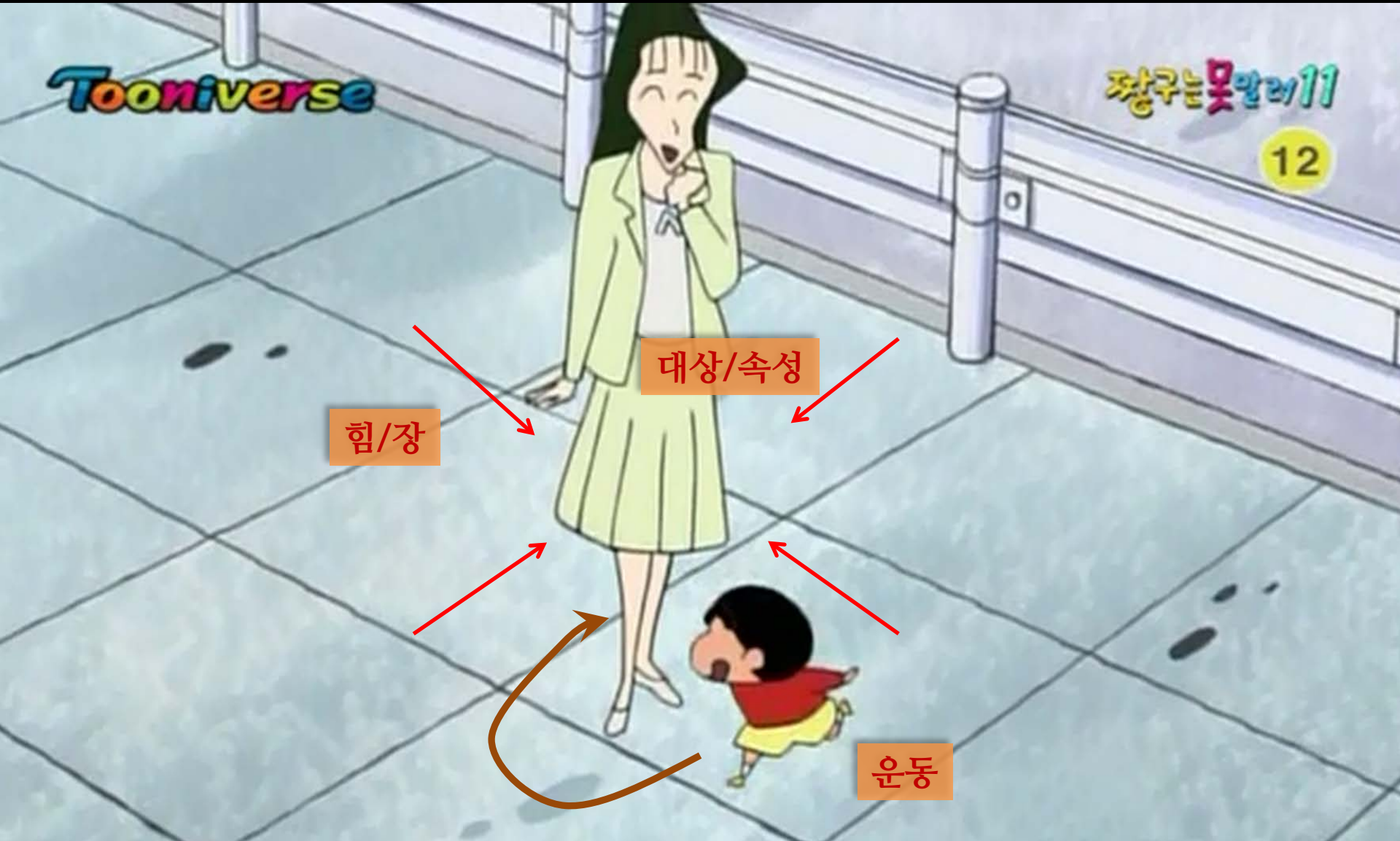


우리는 입자의 위치를 방정식을 풀어서 알 수 있습니다.

힘/장

대상/속성

운동



대사상/배경

object/background

힘/장

force/field

운동

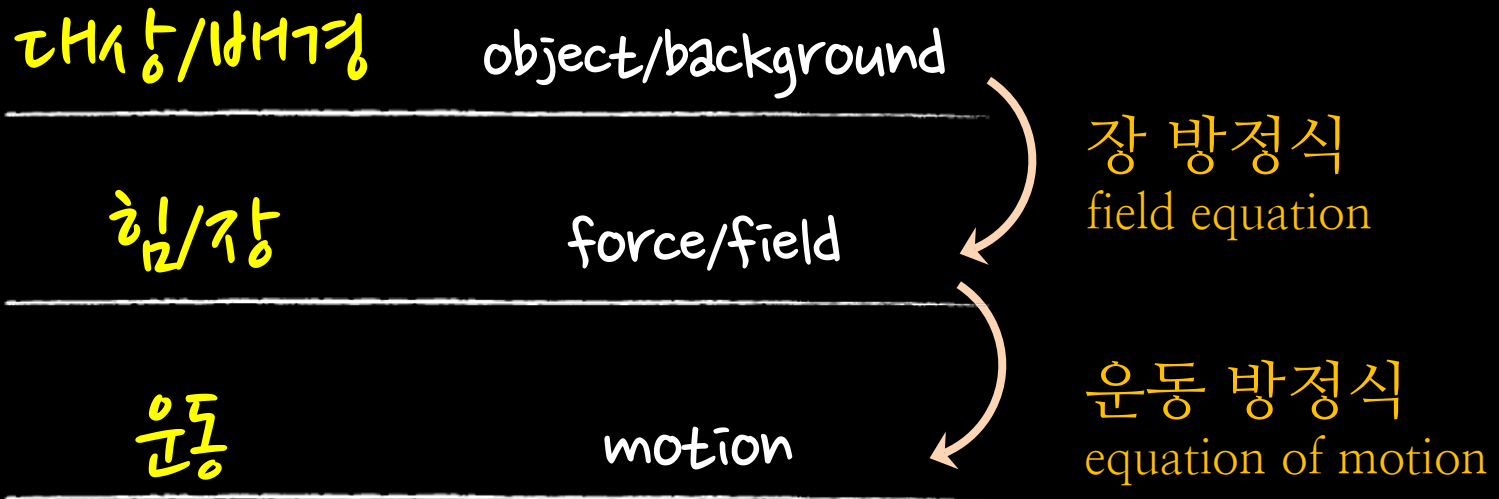
motion

장 방정식
field equation

운동 방정식
equation of motion

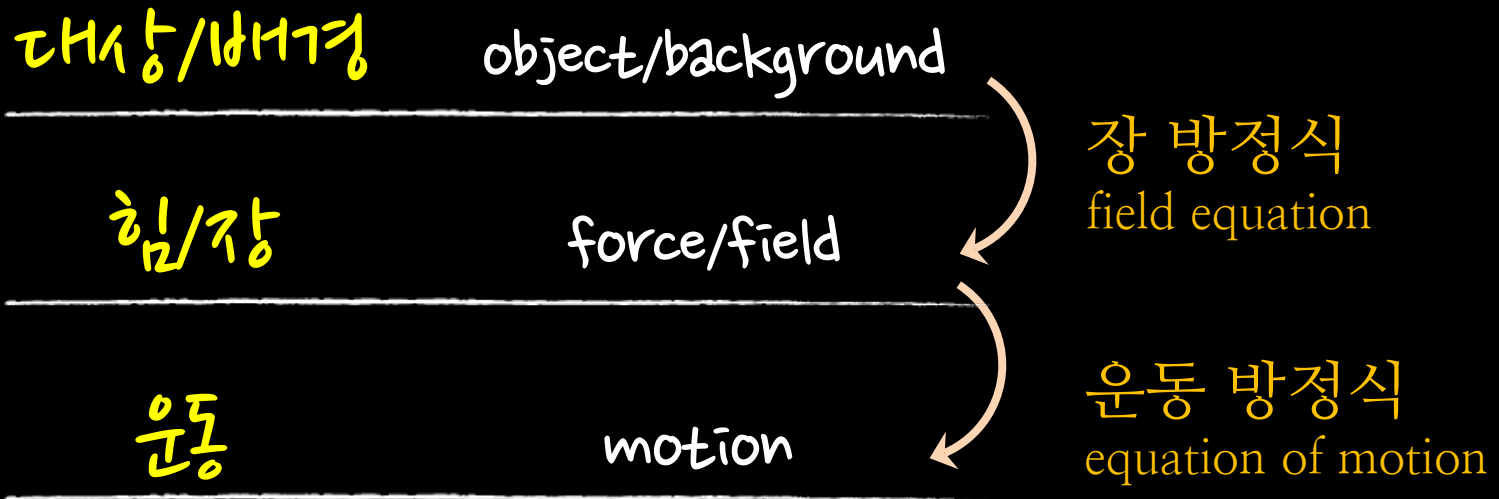


대상과 운동을 기술할 때의 질서와 대칭성



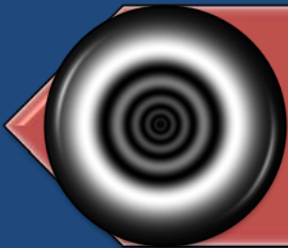
이러한 방정식은 ‘질서 있게’ 표현되어야 합니다.
예를 들어, 관성 좌표계의 선택과는 무관하게,
이른바 로렌츠 대칭성을 가져야 합니다.

대상과 운동을 기술할 때의 질서와 대칭성

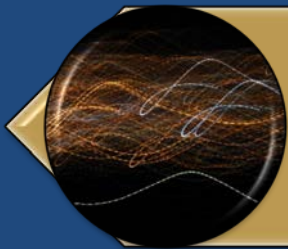


더 나아가서 일반상대성이론에서는
일반적 공변성 $\text{general covariance}$ 을 가져야 합니다.

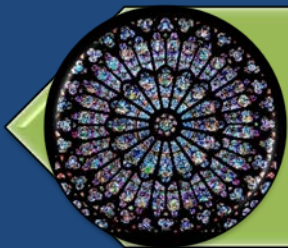
고전물리학의 관점



자연을 구성하는
대상/기본단위

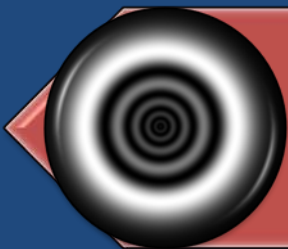


대상의
변화/운동

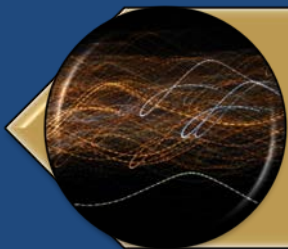


대상과 운동을 기술할 때의
질서와 대칭성

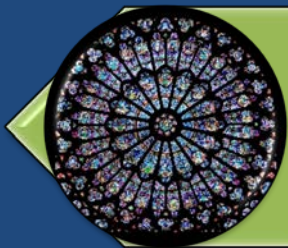
고전물리학의 관점



입자

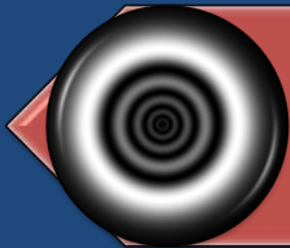


운동



갈릴레이 대칭

고전물리학의 관점



입자

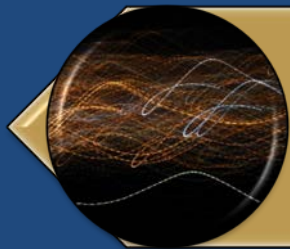
속성 (질량, 전하량, ...)



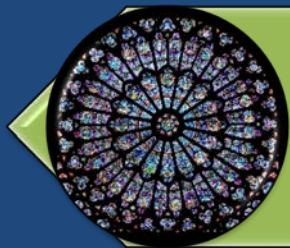
장/힘



운동

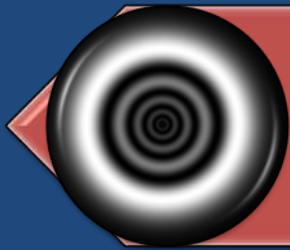


운동



갈릴레이 대칭

상대성이론의 관점



입자

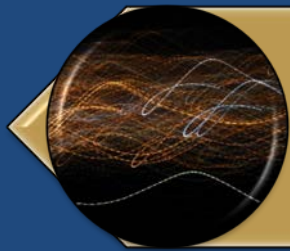
속성 (질량, 전하량, ...)



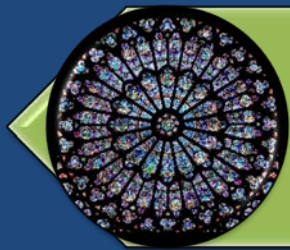
장/힘



운동

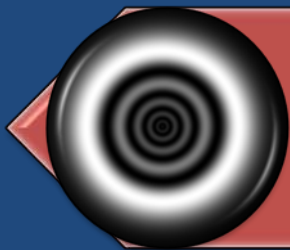


운동



로렌츠 대칭/일반적 공변성

끈 이론의 관점



끈

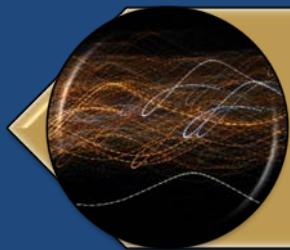
속성 (장력, 진동수, 경계조건, ...)



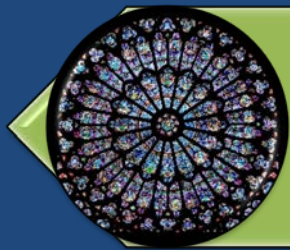
장/힘



운동

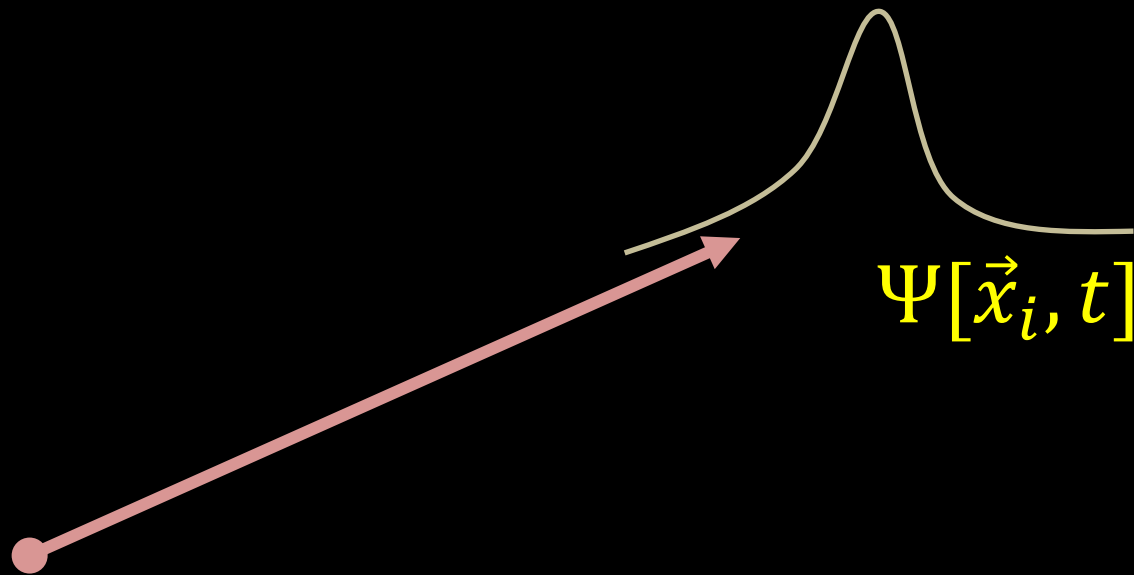


운동



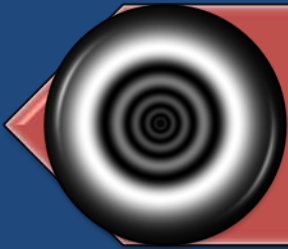
로렌츠 대칭/일반적 공변성

그러면 양자역학에선 무엇이 달라질까요?

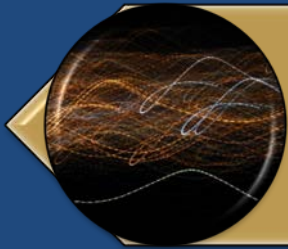


양자 물리학에서는 입자의 위치에 대한 파동함수를 알면
모든 것을 이해할 수 있다고 생각합니다.

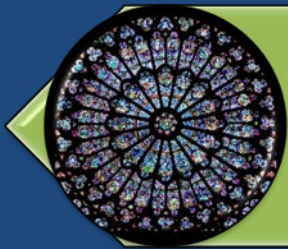
양자역학의 관점



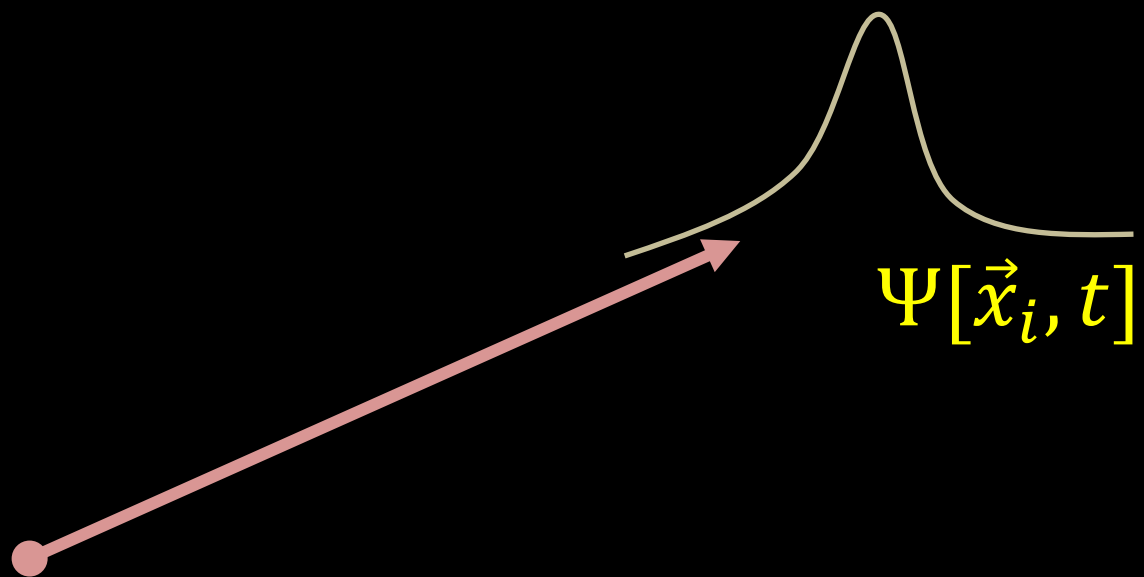
입자



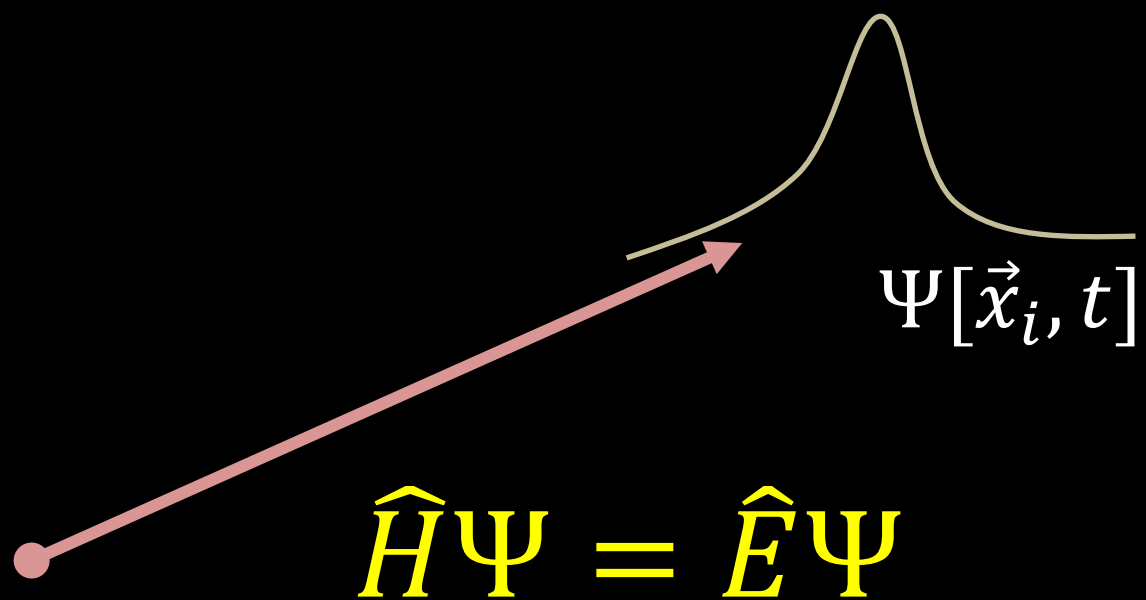
파동함수/상태



갈릴레이 대칭/로렌츠 대칭/
초대칭/...

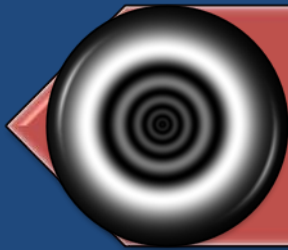


파동함수는 어떻게 구할 수 있을까요?



역시나 방정식을 풀어서 구합니다.

양자역학의 관점



입자

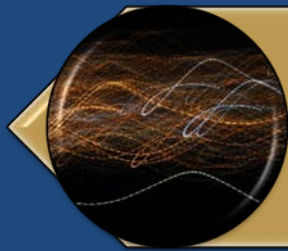
속성 (질량, 전하량, ...)



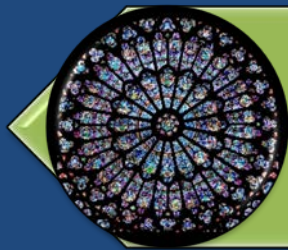
장/힘



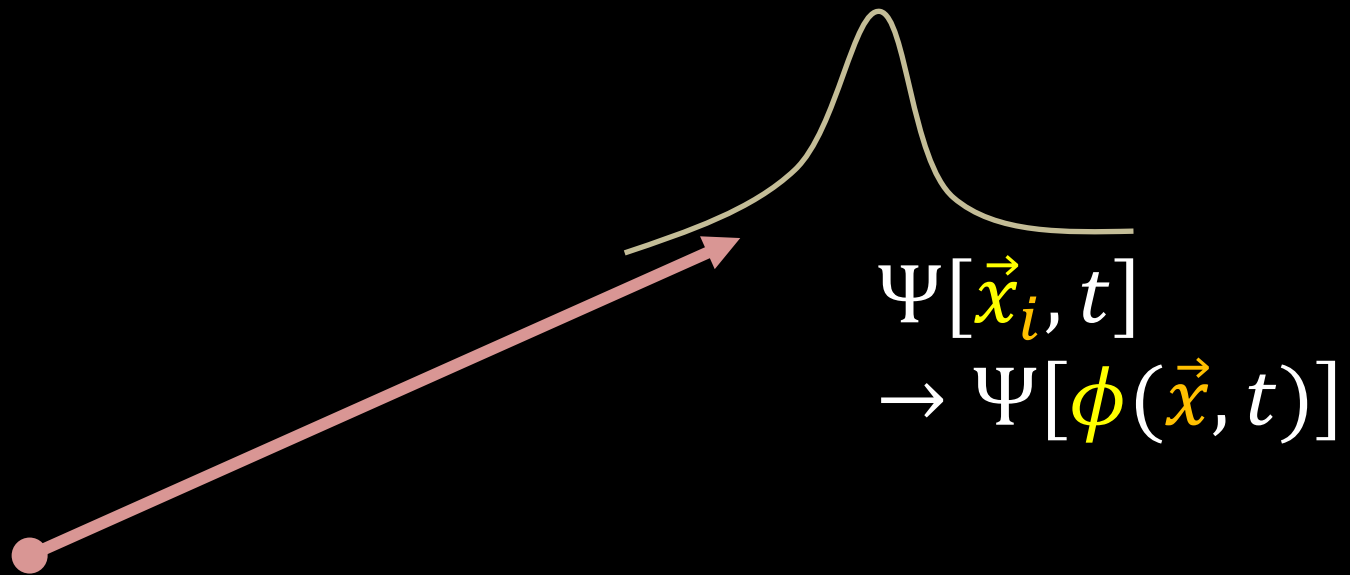
파동함수/상태



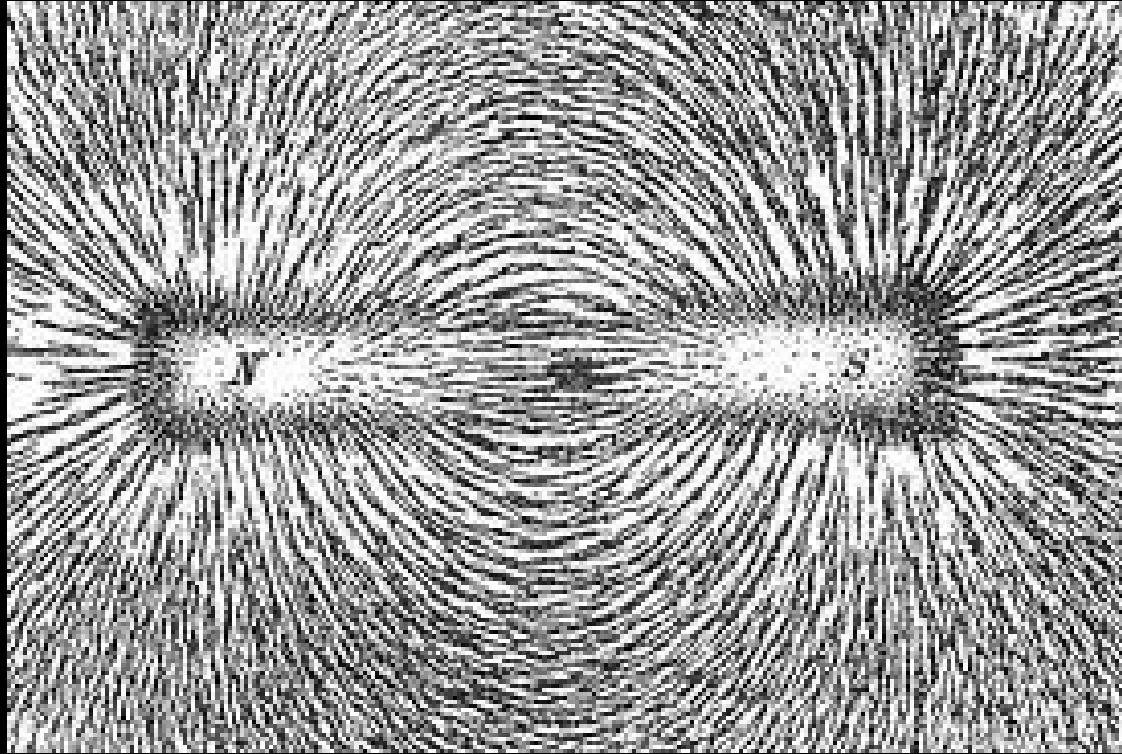
파동함수/상태



갈릴레이 대칭/로렌츠 대칭/
초대칭/...

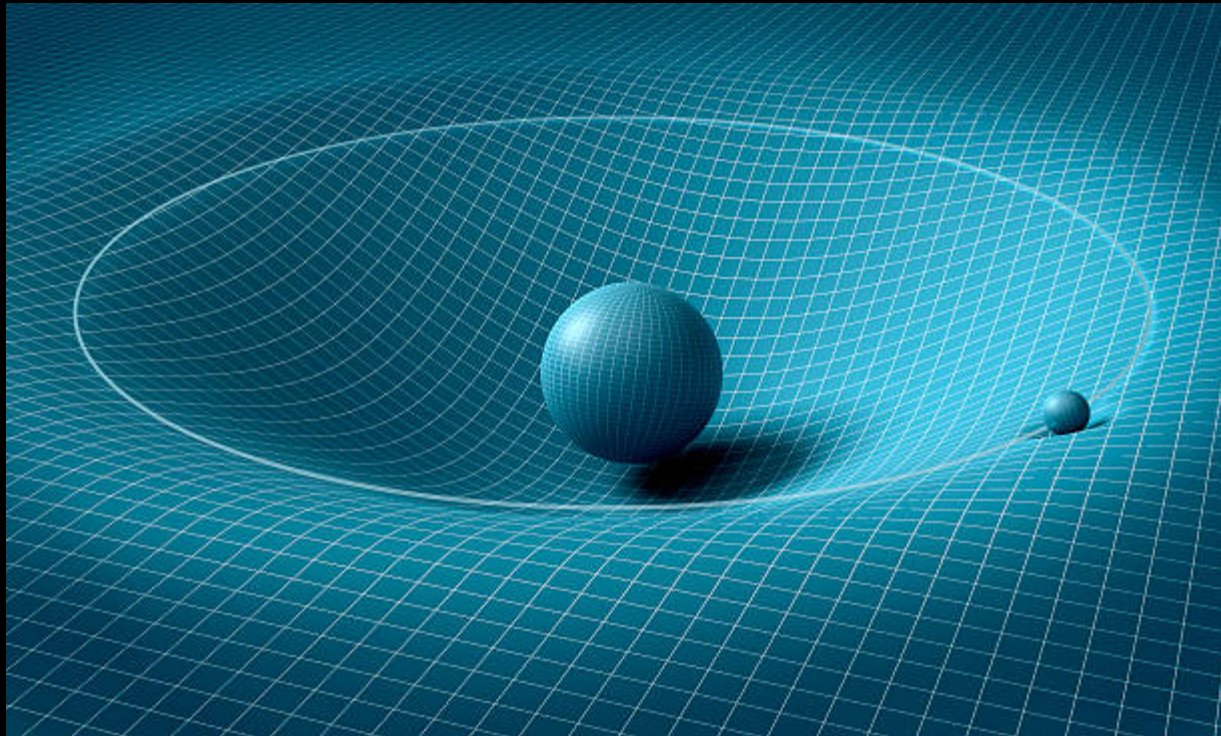


입자의 개수가 많아져서 연속체가 되면, 장(field)을 도입하게 됩니다.

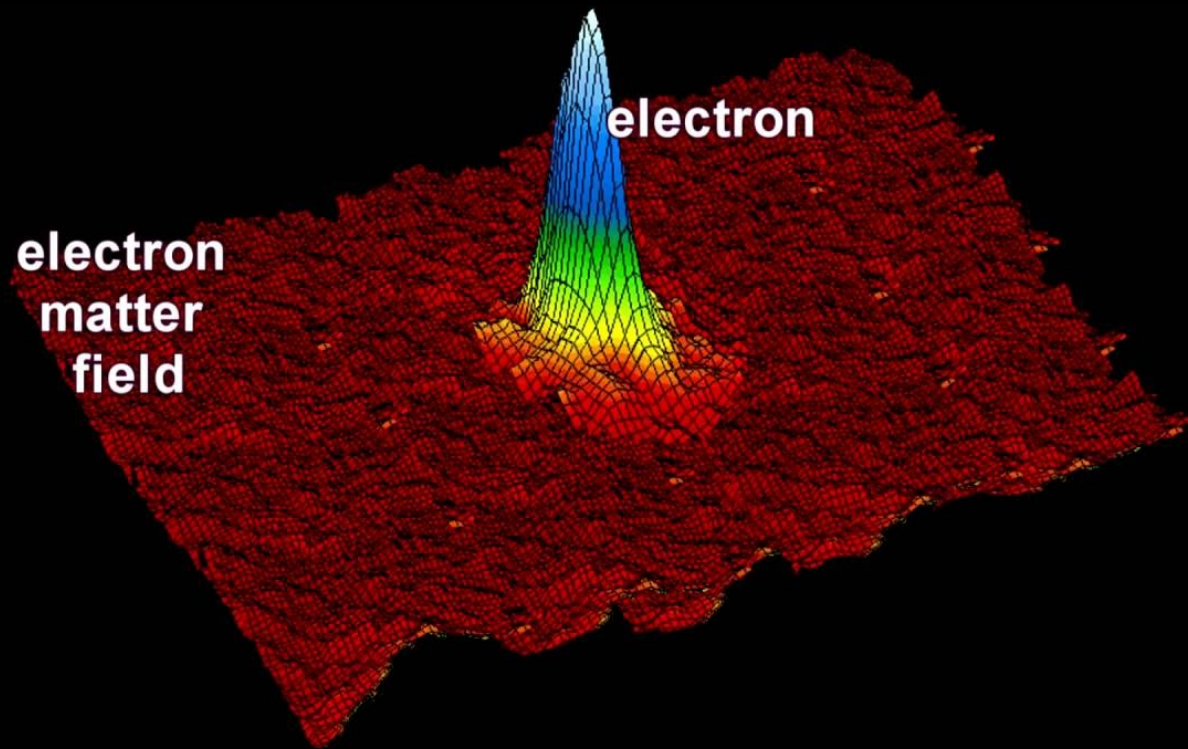


장_{field}이란 시공간에 정의된 함수를 말합니다.
따라서 파동함수도 일종의 장_{field}이 됩니다.

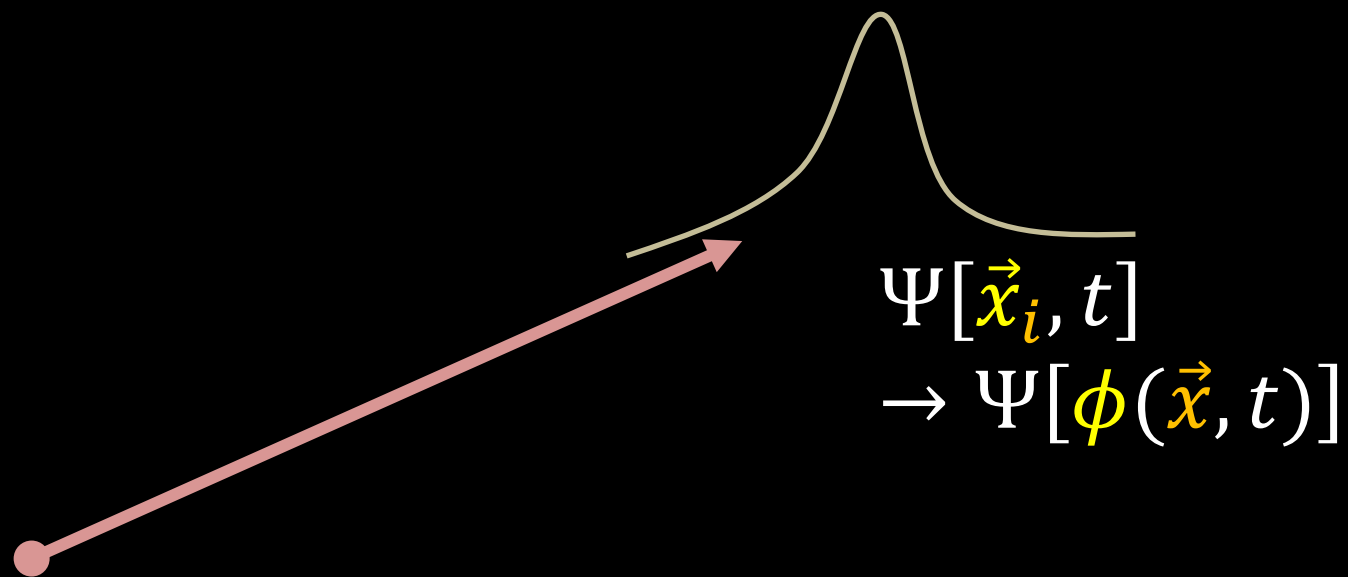
따라서 입자의 파동함수도,
즉 물질_{matter}도
일종의 장이 된다는 것을 알게 됩니다.



전자기력과 중력과 같은 힘, 또는 상호작용도
장에 의해서 표현됩니다.



그 뿐만 아니라, 물질도 장으로 표현할 수 있습니다.



최종적으로, 우리는 이렇게 이해합니다.
“이 세상을 구성하는 모든 존재는 일종의 장이다.
따라서 모든 장들의 파동함수를 이해하는 것이
바로 자연을 완전히 이해하는 것이다.”

양자역학 quantum mechanics

~1925



에르빈 슈뢰딩거



베르너 하이젠베르크

양자역학
quantum mechanics

~1925

↓ 특수상대론

상대론적 양자역학
relativistic quantum mechanics

~1928

양자역학
quantum mechanics

~1925

↓ 특수상대론

상대론적 양자역학
relativistic quantum mechanics

~1928

↓ 장으로의 일반화

양자장론
quantum field theory

~1920-30



디랙과 파인만

양자역학
quantum mechanics

~1925

↓ 특수상대론

상대론적 양자역학
relativistic quantum mechanics

~1928

↓ 장으로의 일반화

양자장론
quantum field theory

~1920-30

↓ 전자기력

양자전기역학
quantum electrodynamics

~1948

↓ 약력

와인버그-살람 모형 Weinberg-Salam model

~1967

↓ 약력

와인버그-살람 모형
Weinberg-Salam model

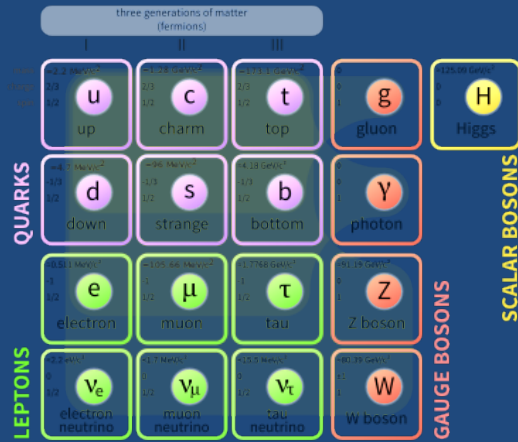
~1967

↓ 강력

표준모형
standard model

~1975

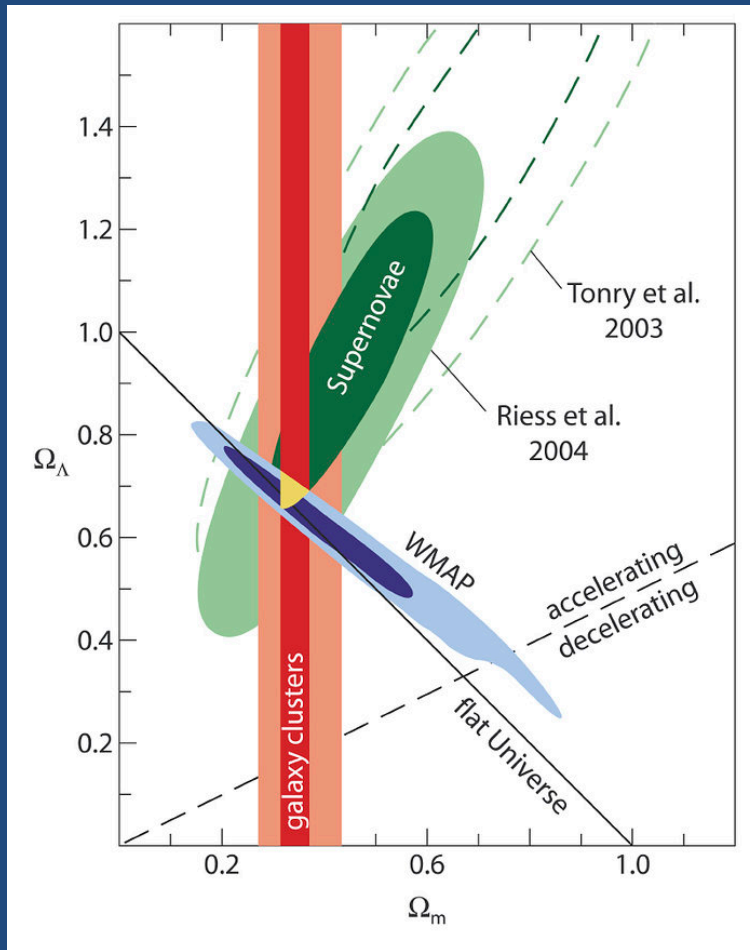
Standard Model of Elementary Particles



입자물리학의 **표준모형**은 실험을 통해 성공적으로 검증되었습니다.

6개의 쿼크와 6개의 렙톤,
4가지의 상호작용과 힉스입자 및
이들간의 상호작용으로 설명됩니다.





2000년대에 들어, **우주의 가속팽창**이
몇 가지 독립적인 실험을 통해 교차검증 되었습니다.
우주의 가속팽창은 **암흑에너지** dark energy에 의해서 잘 설명됩니다.



암흑물질^{dark matter}이 존재한다는 것도 확인되었지만
그 정체는 아직 알려져 있지 않습니다.

↓ 약력

와인버그-살람 모형
Weinberg-Salam model

~1967

↓ 강력

표준모형
standard model

~1975

↓ 초대칭?

초대칭/대통일모형?
supersymmetry/grand unified theory?

~1971/~1974

↓ 약력

와인버그-살람 모형
Weinberg-Salam model

~1967

↓ 강력

표준모형
standard model

~1975

↓ 초대칭?

초대칭/대통일모형?
supersymmetry/grand unified theory?

~1971/~1974

↓ 중력

양자중력이론? 끈이론?
quantum gravity/string theory?

~1984/~1994

우주의 슈뢰딩거 방정식, 또는 휠러-드위트 방정식

$$\hat{\mathcal{H}}\Psi = 0$$

우주의 슈뢰딩거 방정식, 또는 **힐러-드위트 방정식**

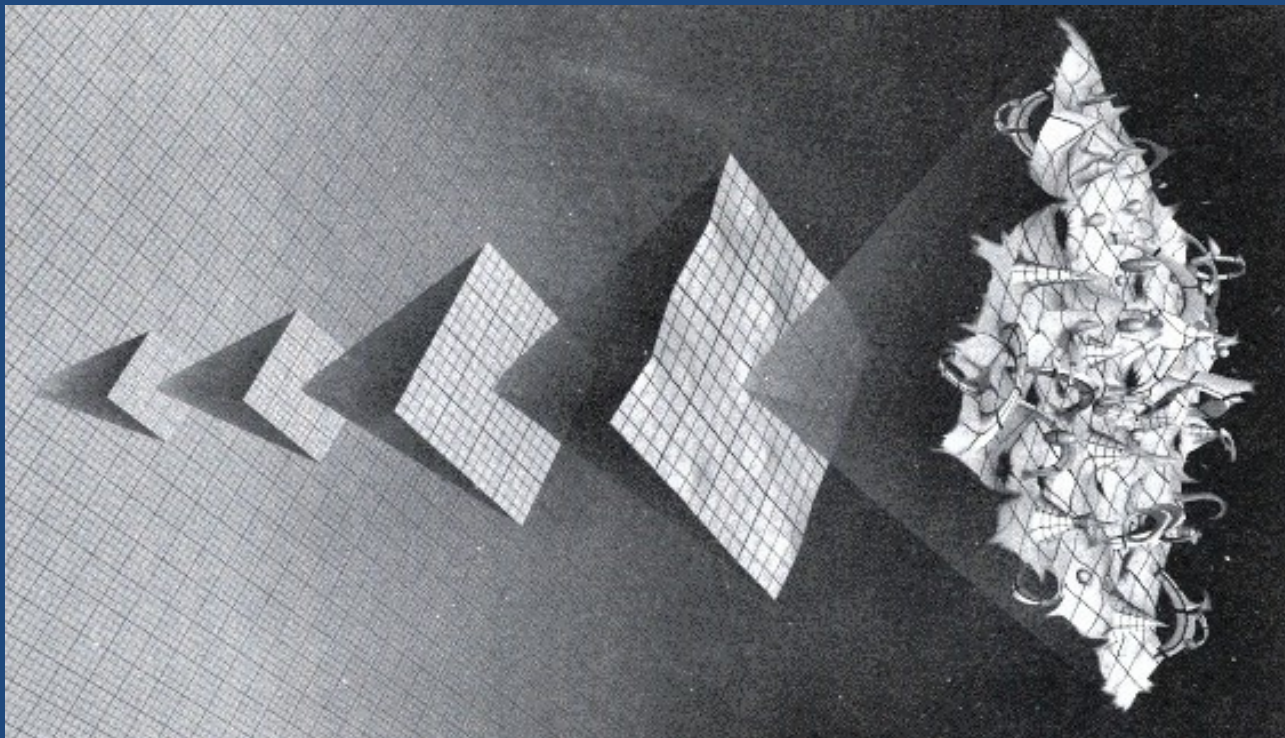
$$\hat{\mathcal{H}}\Psi = 0$$

파동함수를 결정하는 방정식

장들에 대한 파동함수

‘원리적’으로는 이 방정식을 통해
우주의 모든 현상들을 설명하고 예측할 수 있습니다.

그러나 우리는 장들의 파동함수를 아직
정합적으로 이해하지는 못하고 있습니다.



물리학자들은 **궁극의 이론**을 얻기 위해,
그리고 이 이론으로 세상을 설명하기 위해 연구하고 있습니다.



감사합니다