제7강 뉴턴, 아인슈타인: 물리적 시간 개념의 변천 I

(1교시)

1. 뉴턴의 절대적 시간

아우구스티누스가 시간의 의식 의존적 성격을 밝혔습니다만, 천체의 주기적인 변화와 여러 물체들의 운동들에서 우리에게 주어지는 것으로 여겨지는 이른바 객관적인 시간을 그런 의식 의존적 성격의 시간으로 설명할 수 있는 것은 아니었습니다.
시간의 의식 의존적 성격과 더불어 시간의 객관적인 성격과의 관계가 문제 중의 문제입니다만, 이에 관해서는 칸트적인 설명을 기다려야 할 것 같고 우선은 물리학에서 시간이 어떻게 설명되는가, 그리고 그러한 물리학적 설명이 어떻게 변천해 왔는가를 살펴봄으로써 다시 한번 시간의 신비적인 성격을 실감하고자 합니다. 오늘은 아무래도 물리 공부를 좀 해야 할 것 같습니다.

가장 먼저 알아보아야 할 인물은 뉴턴(Isaac Newton, 1643-1727)입니다. 가장 많이 활용하게 되는 참고 문헌은 호킹(Stephen W. Hawking, 1942-)이 쓴 『시간의 역사』(1987, 국역본 현정준 역, 삼성이데아, 1988)와 『시간은 항상 미래로 흐르는가』(1991, 국역본 과학세대 역, 우리시대사, 1992), 그리고 『호두껍질 속의 우주』(2001, 국역본, 김동광 역, 까치, 2001) 등 세 권입니다. 그리고 쓰즈키 다쿠지가 쓴 『시간의 불가사의』(손영수 옮김, 전파과학사, 1993)도 참고가 되었습니다.
1687년 뉴턴의『자연철학의 수학적 원리 Philosophiae Naturalis Principia Mathematica』가 출간되었습니다. 이 책은 뉴턴의 물리학 제1법칙, 제2법칙 그리고 만유인력의 법칙을 담고 있습니다.
제1법칙은 관성에 관련된 것으로서 힘이 주어지지 않는 한 물체는 동일한 속도로 직선 운동을 계속하게 된다는 법칙입니다. 사실 이 뉴턴의 생각은 갈릴레이(Galileo Galilei, 1564-1642)의 생각을 발전시킨 것입니다. 갈릴레이는 그 이전의 역학을 지배하고 있던 아리스토텔레스의 생각을 뒤집었습니다.
아리스토텔레스는 물체의 자연스러운 상태는 정지하고 있는 상태며, 힘이나 충격을 받을 때에만 운동이 일어난다고 주장했죠.(참고, 부동의 원동자 개념) 그래서 무거운 물체는 가벼운 물체보다 더 빨리 떨어진다고 믿었고, 그 까닭은 무거운 물체가 더 큰 인력을 받기 때문이라고 생각했습니다.
갈릴레이는 이러한 아리스토텔레스 생각을 정면으로 뒤집었습니다. 물체의 자연스러운 상태는 정지가 아니고 운동 즉 관성이며, 물체를 정지시키려면 힘이 필요하다고 생각했습니다. 그리고 무거운 물체나 가벼운 물체나 동일한 속도로 떨어진다는 사실을 비스듬한 경사면에서로 다른 무게의 물체를 굴리는 실험을 통해 밝혔습니다. 아울러 이 실험을 통해 시간이 지날수록 속도가 똑같은 비율로 늘어난다는 것 일정한 가속도(물체의 속도가 변화하는 율)로 떨어진다는 것을 밝혀냈습니다.
갈릴레이의 이러한 실험을 바탕으로 뉴턴은 힘의 효과란 가속도의 변화에 있다는 것을 정식

www.artnstudy.com

화했습니다. 그리고 아무런 힘도 작용하지 않을 때에는 동일한 속도 즉 등속도로 직선 운동을 계속하게 된다는 것을 정식화했습니다. 이것이 뉴턴의 제1운동법칙입니다. 그리고 물체에 힘이 작용할 때 정확하게 어떤 일이 일어나는가에 대해서는 뉴턴의 제2운동법칙이 설명을 해 줍니다. 그것은 질량이 일정한 물체는 힘이 2배가 되면 가속도도 2배가 되고, 따라서 동일한 힘이 가해질 때 질량이 클수록 가속도가 작아진다. 유명한 공식 $f=am$ (f는 힘, a는 가속도, m은 질량)이 바로 그것입니다.

(2교시)

뉴턴이 발견한 것 중 가장 중요한 것은 만유인력의 법칙이죠. 그것은 "질량을 가진 두 물체는 두 질량에 비례하고 거리의 제곱에 반비례하는 힘으로 서로 끌어당긴다."라는 것입니다.

G (G는 중력상수, m은 질량, r은 거리)라는 식으로 나타내는 것이지요. 예컨대 지구에서 질량이 1kg인 물체인 A와 2kg인 물체인 B인 두 개의 물체가 같은 공중의 위치에서 떨어진다고 하면, 물체 B에 작동하는 중력은 물체 A에 작동하는 중력의 2배가 될 것입니다. 그런데 $f=am$을 변형한 = 에 의해 물체 B에 작동하는 가속도와 물체 A에 작동하는 가속도는 동일합니다. 중력이 2배지만 질량 역시 2배이기 때문입니다. 그래서 지구 위에 떨어지는 물체는 질량에 관계없이 동일한 가속도로 떨어지는 것입니다.

중력 법칙도 중요하지만 정말 재미있고 중요한 것은 갈릴레이와 뉴턴이 정지 상태가 아니라 관성에 의거한 운동 상태를 본래의 자연스러운 물체의 상태로 본 것입니다. 이 말은 정지 상태에 대한 유일한 기준이 없다는 것입니다. 즉 물체 A가 정지하고 있고 물체 B가 물체 A에 대해 일정한 속도로 움직인다는 생각과, 물체 B가 정지하고 물체 A가 물체 B에 대해 일정한 속도로 움직인다는 생각은 동일하다는 것입니다. 예컨대 지구가 정지하고 있고 기차가 동쪽으로 시속 90킬로미터로 움직인다고 말하는 것과 기차가 정지해 있고 지구가 서쪽으로 시속 90킬로미터로 움직인다고 말하는 것은 동일하다는 것입니다. 말하자면 움직이는 것이 기차인지 지구인지 분간할 방법이 없다는 셈입니다. 이를 정지 상태의 절대적 기준이 없다고 말합니다. 이러한 뉴턴의 생각은 절대적인 위치, 절대 공간이 존재하지 않는다는 것을 말합니다. 예컨대 달리는 기차 안에서 같은 자리에 공을 튀긴다고 칩시다. 기차 안에서는 같은 장소지만 기차 밖에서 보면 같은 위치가 아닙니다. 공이 튀기는 동안에 기차가 달렸기 때문입니다. 요컨대 다른 시각에 일어나는 2개의 사건이 동일한 장소에서 일어났는지, 아니면 다른 장소에서 일어났는지를 판가름할 수 없게 됩니다.

하지만 절대적 신의 존재를 믿었던 뉴턴은 괴로워한 나머지 자신의 법칙이 가리키는 것과는 반대로 절대 공간을 받아들였다고 합니다. 뉴턴이 말하는 절대 공간은 보편적인 관성계로 취급되고 있습니다. 아무튼 중요한 것은 뉴턴이 시간에 대해서는 결코 상대적으로 생각하지 않았다는 것입니다. 이는 아리스토텔레스와 동일합니다.

그들은 두 사건 사이의 시간 간격을 명확한 방법으로 잴 수 있고, 또 그 시간 간격은 누가 재든 간에 제대로 가는 시계를 쓰는 한 똑같다고 믿었던 것이지요. 그리고 이 시간은 공간

www.artnstudy.com

과 전혀 무관하다고 생각되었습니다. 정리를 하자면, 결국 뉴턴에서 공간과 시간은 물체의 역학적인 상태와는 무관하게 독립적으로 절대적인 배경으로서만 작동한다는 것입니다.
하지만 잘 알다시피 아인슈타인은 시간과 공간은 결합되어 있고, 또 시간과 공간은 물체의 역학적인 상태에 관련해서 그 값이 변하는 일종의 역학적인 양임을 정립했습니다.

www.artnstudy.com