

상대성이론과 빛의 속도의 절대성

백호정

매릴랜드 대학 물리학 교수 및 재미 한인 물리학자 협회 회장
(2005년 10월 5일, 미주 한국일보 Washington DC 판에 게재)

“빛이 있으라 하시매 빛이 있었고 (창세기 1:3).” 성서에서 뿐만 아니라, 현대 물리학에서도 빛은 그 중심을 이루는 중요한 위치에 있다. 1905년에 아인슈타인이 발표한 세 가지 혁명적인 논문 중 두 개는 빛의 성질을 다룬 것으로 “상대성이론”과 “양자역학”이라는 현대 물리학의 두 기초를 놓았다.

국제연합과 UNESCO에서는 아인슈타인의 이 대발견 백주년을 기념하기 위해 2005년을 “세계 물리학의 해”로 선포하고 각 나라마다 물리학을 대중에게 소개하는 여러가지 행사를 벌이고 있다. 재미 한인 물리학자 협회에서도 10월에서 12월 사이에 미국 내 몇개 도시에서 한인교포들을 위한 물리학 강좌를 계획하고 있으며, 워싱턴 지역에서는 10월 15일 오후 3시에 매릴랜드 대학에서 “아인슈타인의 상대성이론과 팽창하는 우주”라는 제목으로 모든 연령 층의 교포들을 위한 물리학 강의가 제공될 것이다.

이번 행사를 즈음해서, 아인슈타인의 상대성이론과 빛의 입자과동 이중성에 대하여 일부 사람들이 가진 오해를 풀고, 우주와 천체를 이해하는데 빛이 한 역할을 소개하는 일련의 기사를 쓰고자 한다. 다음 두 기사의 제목은 “빛: 입자인가, 파동인가?”와 “빛: 팽창하는 우주의 전갈”이 될 것이다.

“아인슈타인의 상대성이론에 의하면, 모든 것이 상대적이고 절대적인 것은 없다”라는 말을 흔히 듣는다. 이 말보다 더 진실에서 벗어난 것은 없을 것이다. “일정 속도로 움직이는 모든 관찰자들에게 물리 법칙은 동일하게 나타난다 (Lorentz 불변성),” 다시 말하면, 물리법칙의 절대성을 유도하기 위해 공간과 시간이 상대적이어야 한다는 것이 아인슈타인의 상대성이론의 핵심이다.

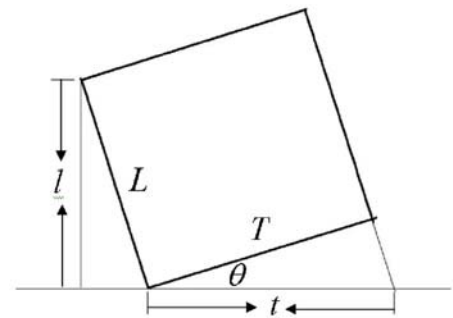
이 절대성의 대표적인 예가 빛의 속도이다. 달리는 기차 안에서 플래쉬라이트로 비춘 빛은 기차를 타고 가는 사람에게나 기차 밖에 서있는 사람에게나 동일한 속도, 일초에 30만 킬로미터라는 것이다. 물론 이것은 실험적으로 온전히 증명되었다. 이것은 상식을 초월하는 이야기지만, 우리는 빛의 속도에 비해 아주 느린 세계에 살면서 상식을 발전시켰으므로 우리의 상식이 왜곡된 것이다.

일정 속도 v 로 상대적으로 움직이는 두 좌표계 안에서 빛의 속도 c 가 일정하기 위해서는, 두 시공간 좌표계 (t, x) 와 (t', x') 가 다음과 같은, 소위 “Lorentz 좌표 변환”으로 연결되어야 한다는 것을 아인슈타인은 발견하였다: $x' = \gamma(x - vt)$, $t' = \gamma[t - (v/c^2)x]$. 여기서 γ 는 v 와 c 의 비율에 의해서 결정되는 상수이다: $\gamma^2 = 1/[1 - (v/c)^2]$.

위의 방정식에서 속도 v 가 광속 c 보다 훨씬 작을 때에는, $\gamma \approx 1$, $x' \approx x - vt$, $t' \approx t$ 로 우리의 상식과 일치한 결과가 나온다. 그러나 v 가 c 에 접근할 때에는 γ 가 대단히 커짐으로써, 움직이는 사람이 움직이는 방향으로 짜붙어 들고 그 사람의 시계가 느리게 가는 것으로 정지해 있는 사람에게 보이게 된다.

이러한 현상은 시간과 공간이 각각 절대적인 것이라고 생각하는 우리의 상식과는 어긋난다. 그러나 시간과 공간이 함께 결합해 있는 사차원의 시공간의 좌표들이라는 입장에서 보면 당연한 것이다. 이것을 이해하기 위해 삼차원의 정육면체를 예로 들어보자. 이 정육면체는 가로와 세로, 높이가 서로 같다. 그러나 일반적으로 우리가 보는 방향에 따라 그것이 다르게 보이고, 이 정육면체를 회전시키면 우리에게 보이는 가로는 길어지고 세로는 짧아질 수 있다. 시간과 공간을 연결시키는 속도 v 는 4차원 시공간을 회전시키는 각도를 정해 준다 (도표 참조).

아무도 우리에게 보이는 정육면체의 가로, 세로, 높이가 각각 절대적이라고는 하지 않을 것이다. 그러나 그 정육면체 자체에게는 그것들은 절대적인 길이를 가지고 있다. 마찬가지로 움직이는 물건을 채는 시간과 공간 좌표들은 각각 절대적인 것이 아니다. 그러나 그 움직이는 물건 자체에게는 자신의 길이와 시간, 빛의 속도, 나아가서 모든 물리 법칙이 절대적인 것이다.



L 과 T 는 움직이는 관찰자 자신에게 보이는 운동 방향으로의 길이와 시간을 나타낸다. 이 길이와 시간이 정지해 있는 관찰자에게는 l 과 t 로 보인다. 여기에서 회전 각도 θ 는 $v = c \sin \theta$ 에 의해서 결정된다. v 가 c 에 접근하면 θ 가 증가하고, 정지해 있는 관찰자에게는 움직이는 물체의 길이가 점점 더 짧게 보이고 시간은 점점 더 천천히 흐르는 것으로 보인다.