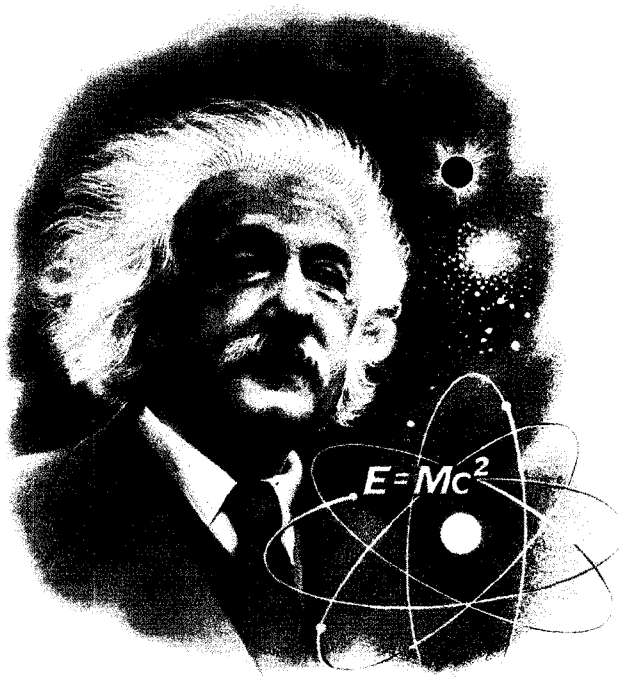
아인슈타인은 옳았다

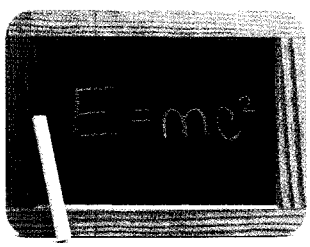
최원석 과학칼럼니스트



시사주간지 타임이 선정한 20세기에 가장 영향력 있는 사람으로 선정된 아인슈타인. 타임지가 쟁쟁한 정치인이나 연예인, 예술가 등을 제치고 아인슈타인을 선정한 것은 그가 발표한 상대성이론의 영향력이 그만큼 크기 때문이다. 이러한 상대성이론의 영향력은 종종 다윈의 진화론이나 코페르니쿠스의 지동설이 사회와 문화전반에 걸쳐 작용한 충격과 비교되기도 한다. 하지만 상대성이론이 몰고 온 의식의 변화는 사실 그 이상이었다. 그렇다면 상대성이론이 무엇이 길래 그러한 변화를 몰고 온 것일까?

현재까지 인간의 지성이 만들어낸 가장 아름다운 이론으로는 상대성이론과 양자론을 뽑는다. 놀라운 것은 양자론의 경우에는 당대의 수많은 석학들의 합작품이었던 것에 비해 상대성이론은 아인슈타인이라는 단 한 사람의 머리에서 나왔다는 점이다. 과학의 역사를 돌이켜 보면 진화론, 지동설, 대륙이동설, 양자론과 같은 굵직한 이론들이 학계와 사회에 커다란 충격을 주었고, 사람들의 생각이나 세계관에 커다란 변화를 몰고 왔다. 하지만 그 어떤 이론들도 아인슈타인의 상대성이론 만큼 사람들의 관점을 뒤바꾸어 버린 것은 없었다. 상대성이론이 이렇게 혁명적인 이론이라고 불리는 것은 당시 누구나 당연하게 받아들였던 절대적인 시간과 공간의 개념을 버리고 상대적인 시공간(space-time)개념을 받아들였기 때문이다.

아인슈타인이 상대성이론을 발표하기 전까지는 누구나 절대시간과 절대공간의 개념을 당연하게 여겼다. 우주공간 어디에서나 시간은 동일하게 흘러가며, 동일한 자는 어떤 좌표계에서 측정해도 동일한 길이로 측정된다는 것은 의심의 여지가 없었다. 뉴턴은 이것이 자연에 내재된 본성으로 자명하다고 생각했기 때문에 절대시간과 공간을 바탕으로 자신의 역학법칙을 전개해 나갔다. 뉴턴의 운동 제1법칙인 관성의 법칙에 의하면 외부에서 힘이 작용하지 않는 물체는 등속직선운동을 하게 된다. 이때 관성의 법칙을 만족하는 좌표계를 관성좌표계라고 하며, 관성좌표계에서는 모든 물리 법칙이 동일하게 적용된다는 것이 바로 갈릴레이의 상대성 원리(Galilean principle of relativity)이다. 물론 동일한 물리 법칙이 적용된다고 동일한 물리량이 측정된다는 의미는 아니다. 예를 들어 시속 150km로 달리는 트럭 위에서 박찬호 선수가 시속 150km의 공을 던진다면 지상의 포수에게는 시속 300km라는 엄청난 빠르기를 가지는 것으로 보인다. 하지만 지상

의 포수와 달리 트럭 위의 박찬호 선수에게는 자신의 공이 시속 150km로 보일 뿐이다. 문제는 이러한 상대성 원리를 빛에 대해 적용했을 때 발생했다. 초속 10만km로 달리고 있는 우주선에서 빛을 쏜다면 빛의 속력은 분명 초속 40만km로 관측되어야 하지만 전자기학을 집대성한 맥스웰의 방정식은 관찰자에 상관없이 빛의 속력은 항상 초속 30만km로 일정해야 한다는 것을 예견하고 있었다. 그리고 마이컬슨과 몰리의 실험으로 빛의 속력은 일정하다는 것이 입증된 상황이었다. 갈릴레이의 상대성 원리와 광속불변의 원리 사이의 모순을 해결한 것이 바로 아인슈타인의 특수상대성 원리였다. 즉 아인슈타인은 시간과 공간의 절대성을 버리고 관찰자에 따라 다르게 측정되는 상대시간과 상대공간의 개념을 도입하여 이 문제를 해결한 것이다. 아인슈타인은 상대성이론의 효과를 나타내는 데 사용하는 $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ (v는 물체의 속력, c는 광속)를 사용하여 공간은 이 인자만큼 수축되고, 시간은 팽창된다고 하였다. 즉 특수상대성 이론에서는 공간과 시간을 동일한 인자로 묶어 취급하면서 상대적 시공간이라는 개념이 탄생하게 된 것이다. 그리고 시간과 공간에 대한 개념이 바뀌면서 자연스럽게 도출된 식이 $E=mc^2$인데, 당시 물리학자들은 이 식의 의미를 도무지 알 수 없었다. 하지만 아인슈타인은 이 식이 바로 질량과 에너지가 본질적으로 같다는 의미 즉 질량-에너지 등가식이라는 것을 곧 알아차렸다. 오늘날에는 핵폭탄과 원자력 발전으로 당연한 듯이 받아들여지지만 당시에는 이 또한 충격적인 사실이었다.

1905년 특수상대성 이론이 발표된 후 거의 10년이 지나서 1916년 일반상대성 이론이 발표된다. 우리가 '특수'라는 말을 사용할 때는 더 좋거나 상위의 것을 지칭할 때 사용하지만, 상대론의 경우에는 '제한된' 또는 '특별한 경우에'라는 의미이다. 즉 특수상대성 이론은 물체와 관찰자가 서로 등속도로 운동하는 경우, 일반상대성 이론은 가속도 운동까지 포함되는 상대성이론이다. 일반상대성 이론은 가속 좌표계에서 관성질량과 중력질량이 같다는 동등 원리(equivalence principle)를 바탕으로 한다. 관성질량은 뉴턴의 운동 2법칙인 가속도의 법칙($F=ma$)에서 등장하는 질량m이며, 중력질량은 만유인력의 법칙($F=G\frac{mM}{r}$)에서 주어지는 질량 m을 말한다. 아인슈타인은 사방이 막힌 엘리베이터 속에 있는 사람은 중력가속도($9.8m/s^2$)와 같은 크기로 가속될 경우 자신이 지구 위에 있는 것인지 우주에 있는 것인지 구분할 수 없다고 하는 사고실험(思考實驗)을 통해 이를 잘 설명하였다. 즉 가속도의 효과와 중력의 효과를 구분할 수 없다는 것이 바로 동등 원리인 것이다. 이 동등 원리에 의해 예견된 놀라운 결과가 물질이 중력장에서 떨어지는 것 같이 빛도 휘어진다는 것이다. 1919년 영국의 아서 에딩턴 경이 이끄는 관측대가 개기일식 때 태양 주변을 지나는 별빛이 휘어지는 것을 관측하는데 성공하면서 세계의 신문들은 앞 다투어 "아인슈타인은 옳았다."라는 기사를 타진하게 된다. 이와 같이 아인슈타인의 상대성이론은 기존의 가치관이나 세계관을 완전히 뒤엎는 것일 뿐 아니라 물리학의 모든 이론은 상대론과 어긋나지 않아야 하는 가장 상위의 이론으로 자리를 굳건히 하고 있다.