

# Beyond the speed of light and New quantum mechanics

## 초광속 그리고 새로운 양자역학

DaeHyeon KANG

samplemoon@korea.kr

### Abstract

In this paper, I introduce the virtual velocity of the particle  $\frac{v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ .

It is from the spetial theory of relativity, because of the velocity of the particles  $v$  or Dirac equation be not able to explaine hydrogen atom phenamina. In the spetial theory of relativity, time dilatation and lenth constraction are related by the equation (1) .

I get from the above relation, the vitual velocity of a particle and the virtual speed of a particle can be beyond the speed of light.

I think the virtual velocity and potential have nonlocality in physics, and wave function may exists there before we observe the particle's position. New quantum mechanics is similar to Shrodinger equation.

#### □ 상대론과 양자론의 불합치 현상

디랙방정식은 1s,2s...궤도각운동량  $L = 0$  인 양자상태를 기술할 수 없는데 이는 널리 알려진 사실로서 이 경우에 에너지 준위가 허수가 되는데. 엄연히 자연에 존재하는 상태를 기술하지 못하는 치명적인 맹점을 갖고 있다.

또 디랙방정식에서 연속방정식을 구해보면 입자는 광속을 갖도록 되어있다. 이 점도 간과할수 없는 것이며, 디랙방정식의 궤도각운동량  $L$  은 슈뢰딩거 방정식의 궤도각운동량  $L$  과 같은 것이라는 증명도 나와있다. 따라서 디랙방정식이 자연현상과 불합치함은 명백하다.

또, 다른 방정식인 클라인-고든 방정식으로 원자를 다루면 원자번호 69번이상인 경우 방정식이 무의미해진다. 에너지 준위가 허수가 나타나기 때문이다.원자번호가 69번 보다 낮은 경우라도 어쩌면 파동함수의 직교성이 없어진다는 점이 더 큰 문

제일 수도 있다. 상대론과 양자론의 결합 산물인 클라인-고든 방정식으로 2체 문제인 수소원자의 에너지 준위를 풀려고 하면 방정식의 해가 일의적으로 구해지지 않는다.

위와 같이 상대론과 양자론의 결합의 산물이라고 할 수 있는 디랙방정식과 클라인-고든 방정식이 수소원자나 원자의 실재를 다루는데 실패한 것은 결합방법에 잘못이 있어보인다.

#### □ 슈뢰딩거 방정식의 함의

- 슈뢰딩거 방정식이 의외로 잘 들어맞는 것은 이 방정식이 양자론과 상대성이론의 본질을 잘 결합시킨 형태여서 그런 것으로 생각된다..

어느 누구도 이 부분에 관심을 갖는 거 같지는 않으나 이 방정식의 상당한 성공은 그런 가능성을 내포하고 있다.

물리학에서 사용하는 포텐셜은 사실 뉴턴역학이 만들어낸 산물로서 본질적으로 초광속적 전달을 전제로 만들어진 것이고 뉴턴의 운동에너지 공식도 속도에 제한이 없다는 전제 하에 만들어진 공식이다.

오늘날 우리는 속력의 한계가 광속임을 잘 알고 있고 상대성이론이 자연현상과 잘 들어맞고 있으며 잘 맞을거라고 생각하고 있다. 그럼에도 디랙방정식이나 클라인-고든방정식이 포텐셜을 포함하는 수소원자나 원자문제에 있어서 문제가 발생하는 것은 양자론과 상대성이론을 결합시킬때 상대성이론에 좀 더 세심한 이해가 필요한 것으로 보인다.

양자론은 본질적으로 초광속적인 전달을 전제하는 듯하다. 가령, 전자 하나가 양자 상태를 바꿀때 파동함수의 생성이 국소적인 전달체계에 따라 나타나는 것이라면 파동함수에 의한 확률에 따라 행동하는지 이해하기 힘들다. 전자와 같은 입자들은 얼마든지 광속에 근접하는 행동을 할수 있기 때문에 파동함수가 그 전에 이미 만들어져 있어야 파동함수가 보여주는 확률에 따라 행동하지 않겠는가하는 생각이 다. 파동함수는 언제 만들어지는가. 언제 소멸하는가, 전자를 관측해야 파동함수가 존재하는 것인가, 관측에 관계없이 파동함수가 존재하는 것인지 알 수 없으나 전자는 우리가 관측하는 것보다 빨리 파동함수를 만들고 그 파동함수에 의한 비율에 맞춰 행동하고 우리에게 관측이 된다고 하면 이런 문제가 해소될 것 같다.

이는 상대성이론의 틀 안에서 초광속적 전달 형태를 구해야 함을 자연현상은 우리에게 강하게 암시하는 것으로 생각해 볼수 있다. 상대성이론과 초광속은 배타적인 관계이나 그 안에서 초광속적 전달관계를 찾아야 한다고 본다.

#### □ 초광속과 물리학과 연결

상대론은 자연현상을 광속이하로 이해하고 있다. 대부분의 과학자들도 그렇게 생각

한다. 벨의 정리에 따르면 양자론의 세계는 비국소적이라고 한다. 초광속적 정보전달이 서로 간에 이루어지고 있다는 것이다.

비국소성은 초광속전달을 포함하고 있다. 물리적 정보가 광속이상으로 빠르게 전달이 될 때 가능하다고 보는 것이다. 또는 사건이 관측되기 전에 이미 결정이 되어있다는 의미를 내포한다.

여기서 특수상대성이론의 정확한 함의가 무엇인지 알아보려고 한다.

$$x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = vt_0 \tag{1}$$

(1)식은 특수상대성이론에서 시간팽창과 길이수축을 함께 말할 때 쓰는 것이다.

가령, 붕괴수명이  $t_0$ 인 입자가 속력  $v$  일때 보통  $vt_0$ 만큼 거리를 가야하지만 관측상으로는  $x'$  만큼 거리를 가는데 이를 입자의 평균수명이 늘어서 또는 시간이 팽창해서 그러는 것으로 설명한다.

또, 양쪽 관성계가 동등한 입장이므로 입자의 입장에서는  $x'$  가 길이수축하여  $vt_0$ 에 동일하게 된다는 설명을 한다.

여기서 흥미로운 점은 양쪽 관성계가 자신이 가진 시계로  $t_0$ 라는 시간이 흘렀을때 입자의 입장에선 목표지점에 도달한 것이고 입자를 관찰하는 관성계 입장에선 입자가 아직 목표지점에 도달하지 아니한 것으로 관측한다는 것이다.

보통 특수상대성이론에선 이 점이 별난 부분이다. 이미 진행이 완성된 사건을 다른 관성계에선 좀 더 시간상 기다려야 끝난 상황을 관측하게 된다는 것이다.

이 별난 부분이 초광속전달문제 또는 비국소성이 연결된다고 보는 것이다.

어떤 물리적 사건이 발생했지만 관측자에게 좀 더 시간적으로 늦게 관측내지인식이 되도록 자연의 구조가 그렇다는 것이다.

입자를 관측하는 행위가 이미 일어난 사건을 시간상 나중에 인식한다는 것이다.

그러므로 입자는 속력  $v$ 로 관측이 되지만 사실은  $\frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  라는 속력으로 운동하며

물리학적 현상을 만들어내고 시간상 늦게 관찰을 할 수 있게 된다는 것이다.

여기서 속력  $\frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  을 가상적 속력이라 부르기로 한다.

물리학적 관측사실들은 입자들이 가상적 속력으로 운동하며 만들어가는 현상이라고 보는 것이다.

입자의 가상적 속력에 의한 운동에너지는 뉴턴역학의 그것과 닮아있다.

뉴턴의 운동에너지 공식에서 속력  $v$  를  $\frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  로 대체하기만 하면 된다.

$$\frac{1}{2} m \left( \frac{v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right)^2 = \text{운동에너지} \quad (2)$$

(여기서 m은 입자의 질량을 표시한다)

입자가 포텐셜 V(r) 에 놓여있는 경우 가상적 총에너지 (E)는

$$\frac{p^2}{2m} + V(r) = E \quad (3)$$

위의 (3)식과 같이 표시하는 것이다. 여기서  $p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  이다.

(3)식에서 포텐셜은 가상적 상태나 관측상태가 같다는 의미로 사용하고 있다. 물론 우리가 관측하는 에너지는 상대성이론에서 유도하여 사용하고있는 것과 정확하게 동일하다.

$$\sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4} - mc^2 + V(r) = E' \quad (4)$$

#### □ 양자역학의 파동함수

파동함수  $\Psi$ 는 슈뢰딩거방정식에 사용하며 처음 등장했다. 그러면 이 파동함수  $\Psi$ 는 어느 방정식에서는 사용가능한가. (3)식에만 적용할 수 있다고 정리한다.

$$\frac{p^2}{2m} \Psi + V(r)\Psi = E\Psi \quad (5)$$

위의 (5)식에 파동함수를 사용하고 이 방정식을 슈뢰딩거-강 방정식이라 부른다. 관측에너지 준위는 이렇게 결정한다.

(5)식으로부터  $\int \Psi^* p^2 \Psi dr^3 = \langle p^2 \rangle$ 와  $\int \Psi^* V(r) \Psi dr^3 = \langle V(r) \rangle$ 로 각각 기대치를 구해서

(4)식에 대입하여 (6)식의 E'를 구하는 방법이다.

$$\sqrt{\langle p^2 \rangle c^2 + m^2 c^4} - mc^2 + \langle V(r) \rangle = E' \quad (6)$$

예를 들어 수소원자에너지 준위를 구하려면 (5)식으로 파동함수를 구하고 그 파동함수로  $p^2$ 와 V(r)의 기대치를 구해서 (4)식에 대입하여 E'를 산출하면 그 수치가 수소 원자 에너지 준위가 되는 것이다.

파동함수의 규격화나 기타 방법은 현재의 막스보른(max born)의 방식을 그대로 따른다.

## □ 결 론

긴 시간동안 고민을 해왔던 문제이다. 사실, 디랙방정식이 S오비탈 상태를 기술할 수 없음을 알았을 때 받는 인상은 지금도 지워지지 않는다.

이런 강한 인상이 남은 것은 상대론이나 양자론이 물리학에서 완전하다고 믿은 탓이었다고 생각해서 그랬을 것이다.

클라인-고든방정식을 가지고 해결하는 방법을 고려했으나 직교성 문제나 원자번호가 커지면 이상해진다는 것을 깨닫고 시도를 접어야 했다. 이런 저런 방법을 시도하다 상대론에는 파동함수를 안쓰는 방법을 생각했고. 파동함수가 먼저 가상적으로 결정된 상황에서 입자들이 확률에 따라 행동한다고 보았다. 이런 문제를 해결하는 방법은 상대론의 테두리에서 벗어나지않는 방안을 찾아야했는데, 사건진행이 관측계에 따라 다르게 인식하게 된다는 동시성의 상대성에서 얻어냈다. 물리현상의 근본은 이미 가상적으로 진행된 상황을 관측한다고 함으로서 비국소적 현상으로 보여지는 것들을 이해할 수 있다고 보았다.

특수상대성이론의 근본개념을 재해석하여 가상적 속력을 도입하고 슈뢰딩거방정식에 유사한 슈뢰딩거-강 방정식을 만들었다. 이 방정식이 자연현상과 일치하는지 확인해야하는데, 확인해 볼만한 대상을 찾기가 어려웠다. 대부분 현상이 광속에 비해 상당히 낮은 경우이거나 실험오차가 있어서 결말이 나지를 않았다.

## 참고문헌

1. Stephen Gasiorowicz, *Quantum Physics* (Wiley, Minnesota, 1974)
2. 김종오 역(A.아인슈타인 원저), **상대성이론** (미래사, 서울, 1992)