

既知 와 未知 의 世界

- 입자이론의 어제와 오늘 -

김 영 덕

(서강대 물리학과교수)

東西古今을 막론하고 사람들은 물질의 뿌리를 찾아서 헤매인지 오래지만, 지난 스무해동안 만큼이나 눈부신 그 물리이론의 발전을 가져왔던 적은 없는듯 하다.

아마 모르긴 해도 다음 스무 해가 가기전에 아인슈타인이 한 평생동안 밝히려던 하나된 들 이론이 이룩될 것만 같다. 짝막한 이 글에서 그동안에 입자이론이 걸어온 자취와 또 앞으로 나 갈바를 살펴보기로 한다.

물질을 이루는 원자를 쪼개보니 핵과 전자로 되어 있고, 핵을 다시 쪼개보니 중성자나 양성자로 되어 있는것은 이미 60여년전 일이다. 사람들은 다시 양성자나 중성자를 쪼개기 시작했으며, 25년전만 해도 130가지의 새로운 기본 입자가 발견되면서 이론물리는 그 숱한 입자를 분류하기에 바빴고, 그들 사이에 작용하는 힘의 바탕을 캐기에 여념이 없었던것이다.

본시 물리란 대칭을 찾는 공부라고도 하며, 입자이론에서도 마찬가지이다.

대칭이란 것부터 좀 살펴자. 우선 거울 대칭을 들 수 있다. 제 모습과 거울에 비친 모습이 꼭 닮았으며 좌우가 바뀌었을 따름이어서, 반사대칭 또는 거울대칭 이라고 한다. 다른 보기로서 球대칭을 들 수 있다. 가령 공을 보면 북반

둘레로 아무리 돌려 봐도 그 모습이 달라지지 않으면, 그 공은 球대칭을 갖고 있다고 말한다. 이런 대칭성을 살펴보면 그 조류가 여러가지 이지 만 입자 이론에서 등장하는 중요한 대칭은 서너 가지이다.

첫째로 구 대칭인바, 작용하는 힘에 이 대칭이 있다면 각운동량이 보존되게 마련이다. 입자가 갖는 최소 각운동량을 스핀이라고 한다. 이 렇듯 대칭에는 보존량이 늘 따르게 마련이어서 입자를 분류하는데 스핀 값은 좋은 기준을 준다.

다음에는 입자가 지닌 물리량 가운데 가령 전하와 같은 것의 부호를 바꾸었을때 생기는 대칭이 있으며, 이른바 전하 켤레 대칭이다. 전자는 음전하를 지니며, 양전하를 지닌 양전자는 전자와 켤레를 이루며, 이 둘 사이에는 입자 대 반 입자라는 대칭을 이루는 것이다.

핵력을 갖는 양성자와 중성자는 똑같은 핵자 구실을 하며, 둘이 서로 닮았고, 이 대칭을 동위대칭이라고 한다.

이 대칭의 보존량이 동위 스핀이다.

이밖에 아쉬운 보존량이 초전하인바, 이에 관련된 대칭은 이른바 U(1)대칭이다.

위 세가지 대칭을 수학기념으로 나타내는 이론이 대칭군론이다.

특히 센 핵력을 갖는 입자들 사이에 알맞은 대칭군은 SU(3) - (에스·유3) - 이라는 것이다.

말하자면 원자들이 주기표에 따라 분류되듯 기본입자들이 특히 센 핵력을 가진 입자들은 SU(3) 대칭군으로 잘 분류가 되는데, 바로 3이라는 숫자는 그 기본요소가 셋이 있음을 뜻하기도 한다. 이 기본요소에 대응하여 가상되는 입자를 쿼크 입자라 부른다.

그래서 양성자나 중성자같은 핵자는 세 쿼크로 되어 있고 파이 중간자등은 두 쿼크 입자가 매여 생긴 입자로 생각되기에 이르렀다.

그러나 핵에는 센 핵력 말고도 여린 핵력이 있는바, 이 힘은 센것보다 10^{-16} 배만큼 여리다. 중성자가 핵 밖으로 나오면 15분이 못가서 다른 입자를 곧 양성자나 전자나 중성미자로 쪼개지는데, 이때 작용하는 힘이 여린 핵력이다. 이런 여린 핵력을 갖는 입자 사이에는 SU(2) 라는 대칭군이 적용되는 대칭이 성립한다. 이 두가지 핵력외에 전자기력과 중력이 입자들 사이에는 작용하는데, 이 두 힘은 다 낮은 힘들이다.

그런데 이들 힘이 생기는 열개를 보면 양자이론에서는 어떤 양자 입자의 교환으로 생긴다고 하고 있다. 전자기력은 광자라는 양자입자를 주고 받을때 생기며, 쿼크 입자사이의 센 핵력은 글루온 입자를 교환하면서 생긴다고 보며, 여린 핵력을 W(다블유)게이즈입자를 주고 받으면서 생긴다고 한다.

이렇듯이 힘의 전달 구실을 하는 양자 입자를 일컬어 게이즈입자라고 하며, 이를 바탕으로 하는 양자 들 이론을 게이즈이론이라고 한다. 그동안의 연구결과로 여린핵력과 전자기력은 사실은 한가지 대칭성을 갖는 게이즈이론에서 파생되는 것임이 밝혀졌다.

그렇다면 센 핵력과 이들 힘을 하나로 묶는 게이즈이론은 없을까?

이러한 연구는 큰 「통일」이론이라는 발전을 가져왔다. 이 이론을 따르면, 입자끼리 작용하는 에너지가 10^{16} Gev 정도로 아주 클때에는 위 세가지 힘이 똑같이 닮았고, 여기에 맞는 대칭

군은 SU(5) 군이라는 것이다. 1 ev(전자볼트)란 전자가 1 볼트 전압차로 받는 에너지이며 온도로 바꾸어 약50분의 1도에 대응하므로 10^{16} Gev라면 약 2×10^{23} 도가 되는데 이것은 태초에 우주가 생길때 온도와 맞먹는다.

우주가 부풀면서 50억년이 지난 오늘날에는 우주의 평균 온도는 4℃가 되어 있으며,우주가 이렇게 부풀면서 식어가는 동안에 태초에 있었던 SU(5)대칭은 저절로 깨어지면서 우리가 아는 세가지 힘 곧 센 핵력, 여린 핵력, 그리고 전자기력으로 갈라졌다는 것이다. 이 대칭이 어떻게 저절로 깨어졌을까? 여기에 등장하는 열개가 이른바 여러가지 모델의 힉스열개라는 것이 있는데 마치 자석의 자기성이 온도에 따라 갑자기 깨어질때 있는 열개와 같다고 생각하면 좋겠다.

그런데 이 큰 통일이론은 좋은 바탕을 갖추었으나 흠이 없지 않아서 이 단점을 보완하는 새로운 이론이 초대칭 게이즈이론이다. 반정수스핀을 갖는 입자 곧 페르미입자와 정수스핀을 가진 입자 곧 보세입자가 서로 똑같이 닮았다고 하는 가설이며, 이 대칭을 초대칭이라고 한다. 이 초대칭을 갖는 게이즈이론은 온 곳에서 똑같이 성립되는 경우와 군체에 따라 달라지는 경우의 두 가지를 생각할 수가 있다. 나중 경우에는 시공간 대칭을 포함하는 게이즈이론으로 발전하면서 초중력이라는 개념이 들어온다. 이리하여 낮은 중력과 나머지 세 가지 힘을 한 이론으로 묶는 새로운 시도를 낳고있다. 우주의 입자 사이에 존재하는 이 네가지 힘을 한 이론에서 풀이하려는 해묵은 이론물리의 숙제를 풀으려는 기대속에 현재 세계 각처의 이론가들은 맹렬한 연구를 거듭하고 있다.

끝으로 덧붙일 말은 이러한 활발한 연구에도 불구하고 아직도 핵자를 이론다고 믿어지는 쿼크입자를 직접 실증하지는 못하고 있으며, 있긴 있되 안보인다면, 핵속에 영영 갇혀있는 셈이 되며, 그렇다면 왜 갇혀있느냐는 새로운 수수께끼를 낳고 있다는 것이다, 이 수수께끼는 유력한 실마리를 전산으로 잡아내고 있기도 하며, 멀지않아 풀이가 나올것으로 기대되고 있다.