

1. 실재론 논쟁의 기원

물리적 실재로서 원자적 실체가 존재하는가의 문제는 이미 전세기 말 마호와 볼츠만 사이의 큰 논쟁거리였다. 실증주의 관점에 선 마호는 열역학적 결과에 대한 현상론적 입장을 견지해온 반면, 볼츠만은 열역학의 결과를 통계학적 과정으로 환원시켰다. 후자는 온도의 개념을 어떤 미시적 대상을의 충돌운동으로 간주하였다. 즉 마호는 미시적 대상의 존재를 인정하지 않은 반면에, 볼츠만에게서는 그런 대상의 존재를 인정해야만 현상의 설명이 가능하였다. 이와같이 현상과 실제간의 관계를 살피려는 작업은 1930년대에 들어와서 아인슈타인과 보어(Niels Bohr) 사이의 유명한 실재론 논쟁을 본격적인 시작으로 하여 단정내릴 수 없을지도 모를 끝을 찾고 있다.

아인슈타인의 입장은 기본적으로 실재론적이다. 어떻게 실재론적이며 그보다 앞서 무엇이 실재적인지를 질문하여야 한다. 그 무엇이 밟혀지면, 그의 입장은 분명하게 타당하다. 그러나 이 질문 자체가 문제의 핵심과 상충된다. 이 상황은 원자영역이하의 미시적 대상에 대한 질문이기 때문이다. 그런데 ‘대상’의 개념은 이미 뉴우턴적 의미로 사용될 것이기 때문에 양자적 차원에서는 새로운 의미보정이 되어야 한다. 뉴우턴적 의미의 대상은 운동의 원인과 결과가 시공간안에서 결정되고, 정의 가능한 그런 대상이다. 다른 작업실에서 같은 결과를 유도해낸 라이프니즈의 의미에서 보면, 한 대상은 그 대상으로 되기 위한 자기동일성이 있어야 한다. 이 정의는 매우 광역적 타당범위를 갖기 때문에 최소한 경험세계의 영역에서는 더이상 논란이 있을 수 없다. 그러나 양자적 차원의 대상에서는 자기동일성의 사슬이 더이상 적용되지 않는다.

소립자들간의 충돌과 붕괴 그리고 생성과정에 있어서, 그것들이 보여주는 현상은 자기동일성의 모습은 없고 전체동일성만 보여준다. 즉 달한 체계안의 운동량 보존성만 있다. 따라서 그런 대상을 거시적 언어로 기술하기에는 제약이 따른다. 그럼에도 불구하고 우리는 인간의 경험적 언어를 매개로 하여 양자세계를 묘사해야 되기 때문에, 가능한 기술방법을 찾아야 한다. 실재론은 그 기술방법의 가능성을 밟고 있다. 왜냐하면 그 미시적 대상이 객관적으로 존재한다면 언젠가는 기술되어야 하기 때문이다. 그러므로 그 가능성이 실현되려면, 대상의 존재확인과 동시에 그에대한 언어 이해가 수반되어야 한다. 여기서 피론의 회의론 서술방식을 따라, 이 글의 방향을 잡아본다.

- | | | |
|----------------------|------|-------------|
| 1. 없다. | 비실재론 | 보어의 코펜하겐 해석 |
| 2. 있지만 알 수 없다. | | |
| 2.1 미래에는 알 수 있다. | | |
| 2.1.1 원칙적으로는 | 실재론 | 아인슈타인 |
| 알 수 있어야 한다 | | |
| 2.1.2 그 미래는 아주 | | |
| 멀다. | | |
| 2.1.3 아주 다른 방식으로 수정된 | | 넬, 보옴 |
| 있다. | 실재론 | |
| 3. 전할 수도 없다. | | |
| 3.1 다른 방식으로 | | |
| 전할 수 있다. | | |

최근에 카프라(역; 현대물리학과 동양사상)나 주커브(역; 춤추는 물리)의 책들이 많이 읽히는데, 이들의 기본사유는 2.1을 전제로 한 3.1의 방향이다. 이것은 궁극적으로 언어의 문제이다. 다시말해서 언어의 한계를 얼마나 극복할 수 있는가의 문제이다. 이점은 대단히 중요하지만, 이 글의 역량을 넘어서 있다.

일반의 실증주의적 물리학자들은 1과 2 그리고 2.1.2, 3은 실제로 같다고 본다. 그러나 보어에 있어서는 제외된다. 따라서 여러 잡지글에서

그를 실증주의자로 해석하고 있지만, 실제로 그를 철학적 의미의 실증주의의 범주에 넣을 수 없다고 본다. 보어, 특히 그의 코펜하겐 해석의 진짜 관심은 '대상'보다는 언어에 있기 때문이다. 반면에 아인슈타인은 주로 대상에 관심을 두었다. 이 간단한 차이는 양자를 가르는 철학적인 핵심이다. 그리고 2.1.3은 2.1.1과 1의 종합적인 물리해석인데, 기본적으로는 2.1에 중심을 두고 있다.

2. 아인슈타인의 실재론

1935년 아인슈타인은 "Physical Review"를 통해 하나의 사고실험의(Gedankenexperiment) 결과를 발표하였다. 그 내용을 요약하면, #① 모든 물리적 실재는 그것에 대응되는 물리적 대상을 갖으며, 그것은 관찰자나 다른 체계의 영향을 받지 않고 독립적이다. 이요약은 그의 기본적인 물리적 가정이다. 그러나 양자역학의 기본형식인 파동방정식은 이 실험결과에서 드러난 공간적으로 분리된 체계간의 관계를 인과적으로 기술할 수 없으므로 양자역학의 기술방법은 불완전하다고 그는 결론내린다. 다시 말해서 체계간의 보이지 않는 상호연결작용이 아니라, 그 독립체계들이 자율적으로 갖고 있는 어떤 원인이 있다고 보는데, 양자역학의 파동방정식은 그것을 기술할 수 없다고 본다. 한 물리적 체계에 대한 관찰행위가 공간적으로 멀리 떨어져 서로 무관한 다른 체계에 영향을 준다는 것은 마치 텔레파시와 같은 것이어서 물리학의 영역에서는 조금도 수긍할 수 없다고 아인슈타인은 주장한다. 이러한 체계간의 분리적 독립성을 보통 국소성(局所性, Lokalität)이라고 불리운다. 아인슈타인의 가정에 의하면 자연의 모든 결과들은 국소적이기 때문에, 이점에서 국소성을 위반하는 양자역학의 기술방법의 취약점이 들어난다고 한다.

아인슈타인의 국소성의 원리는 우리의 경험적 대상 인식방법과 충돌하게- 어떤 점에서는 당연하지만- 조화된다. 거시적 물리대상이 국소적인 것과 같이 미시적 대상에 대해서도 국소적이어야 한다. 그러나 실제로는 그 자신의 사고실험에 보여준 바와 같이 국소적이지 않고 상관적이다. 이점은 아인슈타인에게 있어서 하나의 파라독스였다. 그 이유는 대상 자체에 있다기보다는 양자역학의 기술체계인 쉬뢰딩거의 파동방정식의 불완전성 때문이라고 아인슈타인은 보았다.

국소성은 대상의 객관성을 보장하기 위한 최소한의 가정이었다. 여기서 객관성의 의미는 관찰자와의 독립성을 의미하며, 이 독립성은 실재론의 기본적인 필요조건의 기준이다. 실재가 어디에, 어떻게 있는지는 몰라도, 있다면 우리에게 독립적이어야 하기 때문이다. 물론 물리이론의 지시체는 형상적이 아니라 질료적이다. 이러한 질료적 실재가 시공간 속에서 존재하기 때문에 자연의 세계는 인과적일 수 있다. 하이젠베르크의 불확정성원리의 비인과적 모습은 자연 자체의 모습이 아니라, 자연에 대한 기술방법의 결함이라고 아인슈타인은 본다. 그의 실재론을 상징적으로 나타내주는 흔히 쓰이는 그의 표현이 있다."신은 주사위 놀이를 하지 않는다." #②

그러나 그의 실재론이 갖고 있는 기본적인 전제를 요약하면, 1. 관찰자와(주관과) 독립된 존재 2. 객관성 3. 국소적 인과성으로 표현할 수 있다.

3. 보어의 반실재론

1935년 같은 해, 같은 잡지의 다음호에, 같은 제목으로 보어는 아인슈타인에 대한 답변을 하였다. #③ 똑같은 실험 결과를 놓고 다른 해석을 주었다. 그는 아인슈타인처럼 국소성이라는 연역적 대전제를 #④ 세우지 않고, 측정이라는 경험적 과정에서 생기는 현상을 주시하였다. 실험에 의한 현상적 결과는 분명히 국소성을 위반한다. 이러한 결과를 해석하는 방법은 오로지, 대상과 측정하는 관찰자와의 상관성으로밖에 해석할 수 없다. 즉 양자적 대상의 고유성질은 없고 다만 관찰상황의 조건에 의해 그 대상은 기술된다고 보어는 보았다. 이것은 보어를 따르는 코펜하겐해석의 요지이다.

코펜하겐해석에 의하면 측정입자와 관찰자는 분리될 수 없는 하나이다. 따라서 엄밀한 의미에서 객관적 대상이란 있을 수 없다. 이러한 입장을 받아들인다면, 아인슈타인에게 있어서 파라독스였던 실험결과는 무리없이 수긍되는 현상이다. 왜냐하면 아인슈타인의 기본출발점인 어떻게든 영향받

지않는 개별입자의 국소적 의미는 무산되기 때문이다. 코펜하겐해석은 자기 동일성을 갖는 시공간속에서의 독자적인 개별입자의 의미를 거부한다. 결국 관찰되지 않은 객관적 실재는 무의미하며, 개별입자의 운동은 전체체계속에서 비로소 해명될 수 있다. 코펜하겐해석은 근본적으로 존재론적인 언급이 아니라 인식론적인 차원에 있기 때문에, 실재에 대한 기준이나 정의를 요구하지 않으며, 그것이 어떤 의미의 실재이든지 인간의 경험언어 속에서 드러나는 관계를 요청한다. 따라서 보어의 파라독스는 아인슈타인처럼 국소적으로 되어야 할 현상이 비국소적으로 나타나는 파라독스가 아니라, 거시언어의 대상이 아닌 양자세계를 거시언어로 기술해야만 하는 어려움에 있다. 그 어려움중의 하나는 인과율의 문제이다.

자연세계 특히 양자세계에서는 일자운동의 추적이 가장 골치아픈 문제인데, 그것은 비상대론적 양자론에서는 한쌍의 상보적 연산자들의 동시적 측정불가능성, 즉 일자운동의 인과적 기술의 불확정성에 유래된다. 또한 불확정성의 원인을 추적해보면, 최소한 수학적으로는(물리적으로도 물론 그렇지만) 풀랑크상수라고하는 작용양자(Wirkungsquantum)의 존재에 귀착된다. 이 작용양자는 만유인력상수처럼 자연에 존재하는 일종의 상수이다. 이 상수들이 존재론적이든지 아니면 공리적이든지에 상관없이, 이 상수들을 통해서만 자연현상이 설명될 수 있다. 따라서 상수가 존재한다는 사실로부터 - 상수 자체로부터가 아니라 - 자연안에는 근원적인 어떤 질서가 있을 수 있다는 점을 유추해볼 수 있다. 그렇다면 양자세계의 불확정성은 인간의 제약된 인식능력에도 그 원인이 있을 수 있겠지만, 작용양자에 의한 자연 자체의 모습일 수도 있다. 후자에 의한다면, 우리는 인과율의 개념을 새로 정립해야 한다. 최소한 인과율의 범주화는 이미 깨진 듯싶다.

인과율은 고전적 의미의 물리 실재론의 정의를 위한 기본적인 필연개념이다. 따라서 인과율이 무너지면 논리적으로 물리 실재론도 무너진다. 코펜하겐해석에 의하면, 양자세계에서 인과율은 성립될 수 없기 때문에 실재론은 거부된다.

4. 숨겨진 변수

물리학에 있어서 인과율개념의 적용은 한 결과에 대한 원인추적의 적용에서 드러난다. 그 작업이 경험적이든 사유적이든 추적된 원인들과 그 결과사이의 대응성이 일반화될 수 있는가에 따라서 인과율의 성립여부가 결정된다. 그러므로 지금까지의 추적되어 확인된 원인들로써는 그 대응성의 일반화 즉 인과율의 성립을 주장할 수 없지만, 미래에가서 원리적으로 발견되어져야 할 - 현재로서는 아직 알 수 없는 - 원인들이 보충됨으로서 비로소 그 대응성의 일반화를 찾는 경우도 있을 수 있다.

인과율은 실재론과 비실재론을 가름하는 결정적인 개념이다. 거시적 대상에 대해서는 물론이거니와 양자세계에 대해서도 적용된다. 그러나 이와 같은 적용은 양자세계에서 발생하는 불확정성의 이유가 근본적으로는 자연 자체에 있다기 보다는, 인간 인식능력의 불충분함에 있다고 하는 전제가 밑에 깔려있다. 이러한 실재론의 전제아래서 인과율은 국소적 인과율과 비국소적 인과율로 구분된다.

국소적 인과율이란 아인슈타인의 국소성의 원리가 전제되어 있는 인과율이다. 아인슈타인에게 있어서는 앞에서 논의한 바와같이 양자세계를 포함한 모든 물리체계의 법칙은 국소적이어야 한다. 따라서 국소적이지 않은 것처럼 보이는 그의 사고실험의 결과도 국소성의 원리 아래에서 다시 해석되어야 한다. 공간적으로 멀리 떨어진 비국소적 대상들사이의 알 수 없는 영향력을 비실재론자들처럼 관찰자의 주관적 참여의 관계로서 간주하지 않고, 대상들 자체가 자율적으로 갖고있는 숨겨진 - 아직까지 알려지지 않은 - 원인들의 작용이라고 간주한다. 이것은 후일 데이비드 보옴에 의해 '숨겨진 변수' 혹은 '숨겨진 매개자'라고 불리운다.^⑤ 인과율을 보장하는 숨겨진 변수의 존재를 통해 양자적 대상들의 작용이 결정론적으로 해석된다.

현대 양자론에 있어서 인과율 옹호를 위한 비유적인 거시적 예를 하나 만들어 볼수있다: 산위에서 던진 돌멩이가 떨어지는 정확한 낙하위치는 갈릴레오의 포물선 공식이 나오기 전까지는 순수한 경험적 판단에 의해 결정되었다. 그러나 포물선 수학식이 나옴으로써 그것은 이론적 판단으로 바뀌었다. 이제 던지는 이는 정확한 팔의 힘과 돌의 무게를 알고 포물선 공식

에 의해 낙하위치를 예측할수 있다고 믿었다. 그러나 실제로 던져진 돌은 위의 공식에 따른 낙하위치에 떨어지지 않는다. 거기에는 돌의 질감에 따른 저항, 돌의 회전에 따른 압력의 변화, 바람의 방향과 속도등 수없이 많은, 던진이가 아직 모르는 외부적 원인이 숨어있었기 때문이다. 그러나 이제는 당시 몰랐던 (대상의 입장에서는 숨어있었던) 원인들이 하나씩 밝혀지면서, 비인과적 현상처럼 보였던 것이 인과적 현상으로 드러나게 되었다.

이 예는 거시세계에서의 인과적 현상의 발견과정을 말한 것이지만, 양자세계에 대해서도 근본적으로는 똑같이 적용될 수 있다고 보는 것이 실재론자들의 기본입장이다. 실재론의 입장에 따르면 양자적 대상들의 비인과적 현상들, 나아가서는 위의 실험결과가 보여준 비국소적 현상들에 대해서도 원리적으로는 인과적 설명이 가능하다는 것을 주장한다. 그것은 숨겨진 변수들에 의하여 가능해진다. 따라서 양자역학 (좁은 의미에서는 양자현상을 완전하게 기술할 수 있다고 하는 쉬퍼딩거의 파동함수를 말한다)에 의해 서는 실제의 모습을 부분적으로 밖에 기술할 수 없으며, 숨겨진 변수의 존재를 통해서 비로소 완전한 기술이 가능하다고 본다.

극단적 반실재론자인 폰노이만(Johann von Neumann)은 수학적 연역추론을 통해 양자역학이 숨겨진 변수를 통해 설명될 수 없음을 증명하였다. 그리고 야우흐와 피론(Jauch & Piron)은 폰노이만의 증명을 더 세련화시켰다. #⑥ 이들에 의하면 숨겨진 변수의 개념은 경제성이 없으며, 만약 그 존재를 받아 들일려면 모든 물리 이론체계가 다 바뀌어야 한다. 이들의 해석은 주로 측정문제에 중점을 두고 있는데, 주관 즉 관찰자와 객관으로서의 피관찰체사이의 확실한 구분을 거부하고, 의식의 대상으로의 친밀을 의미하는 실신 평행론(Prinzip vom psycho-physikalischen Parallelismus)을 요청한다. #⑦ 론돈과 바우어(London & Bauer)도 관찰자의 의식이 양자역학의 기본 형식인 파동함수의 환원 즉 양자적 대상의 상태변화에 결정적인 역할을 한다고 보았다. 쉽게 말해서 인간의 의식이 대상을 변화시킨다는 것이다. 물리학에서도 베어클리가 등장한 샘이다. 그러나 그 기본요지는 의식이 없는 자연에의 관찰은 불가능하며, 따라서 의식과 양자대상간의 불가분의 관계를 보아려는 데 있다. 이점은 의식과 독립된 대상 존재를 말하는 실재론과는 정반대의 입장이다.

폰노이만의 수학적 증명은 그 공리(Axiom)사용에 있어서 많은 문제점을 안고 있었다. 그후 데이비드 보옴이나 벨은 양자역학이 설명할 수 없는 차원이 있음을 제시하였다. 그 점은 숨겨진 변수의 존재를 요청하였다. 그러나 이제는 숨겨진 변수 자체보다는 국소성의 한계가 문제되었다. 국소적 숨겨진 변수 이론과 양자역학은 서로 양립될 수 없음이 실험적으로 증명되었다. #⑧ 특히 국소성과 양자역학은 서로 모순적이다. 최근의 실험들은 국소성보다는 양자역학의 결과들이 옳은 것으로 증명되어 가는 듯하다. 그러면 서도 숨겨진 변수 이론이라고 하는 실재론적 입장에서의 초에너지 입자상태에 대한 실험 해석이 많아진다. 비국소성을 받아들이면서도 실재론이 가능 할 수 있는가의 질문에 대한 물리학적 답변은 지금으로서는 오히려 철학적 이될 수 있다.

비국소적 인과율이란 인과율을 보장하는 그런 숨겨진 변수의 존재를 찾으면서도, 대상의 자율성에서가 아니라 한 대상이 놓여있는 전체체계안에서 찾는다. 즉 고립적 대상의 독립성을 거부하고 즉 파라독스만 낳는 개체 입자 운동의 자율적 해석을 포기하고, 개체들의 운동 혹은 개체와 개체간의 영향력을 전체체계와의 상관성에서 해석한다. 따라서 비국소적 인과율의 실재론은 아인슈타인의 실재론과 보어의 비실재론의 포용적 해석이다. 왜냐하면 실재론의 필연조건인 인과성과 보어의 비국소성 해석을 동시에 수용하고 있기 때문이다. 그러나 아직은 비국소적 인과율의 의미해석은 물리적으로 분명한 주장이 못된다. 비국소적 인과율이란 현 시점의 물리학적 수준에서는 모순(contradictio in adjecto)이라고 보는 견해가 많기 때문이다. 그러므로 비국소적 인과율의 의미 대신에 개체와 전체간의 관계적 인과 개념을 대치하여, 실재개념의 가능한 해석으로 접근할 수도 있다.

5. 새로운 실재론의 가능성

개체와 전체간의 상관성을 어떻게 경험적으로 이해할 수 있는가? 그것은 혹시 아인슈타인이 우려한 바와같이 텔레파시와 같은 초자연적 현상은

아닌가? 다행히 물리학에서도 개체입자간의 상관적 영향력에 대한 해명이 이루어져가고 있다. 벨(John S. Bell)의 부등식을 통한 상관적 영향력에 대한 탁월한 해석이 1982년 아스펙트(Aspect)에 의해 실험으로 증명되었다.^⑩ 하지만 아직까지도 우리의 경험적인 언어로 상관성을 이해하는 일은 쉽지 않다. 철학적으로 보면 이미 화이트헤드(A.N. Whitehead)가 유기체의 개념을 통해 전체와의 상관성을 언급했지만, 그의 전체 개념은 열려진 전체이기 때문에 이해의 접근이 그리 쉽지 않다. 물론 물리학의 대상도 궁극적으로는 열려진 전체이다. 또한 자연의 원래 모습도 열려진 전체이다. 인간은 과학을 성립시키기 위해 열려진 전체를 임시적으로 닫혀진 전체로 바꾸어놓고, 원래 상관적 개체를 고립적 개체로 바꾸어놓았다. 과학에 있어서 사다리 역할을 하는 개념의 정의는 곧 폐쇄와 고립의 추상화 작업을 의미한다. 과학에서의 추상화 작업은 과학진보의 결정적 계기가 되는 수가 많다. 한 예를 들어보자. 아리스토텔레스 운동학은 기본적으로 경험적이다. 그러한 사고의 지평선에서 개체운동의 지속은 외부적 힘이 연속적으로 주어져야 한다(수평 등속운동을 위해서는 계속적인 외부의 힘을 필요로 한다)는 생각이 오히려 더 순리적이다. 왜냐하면 그 당시 저항의 개념은 숨겨진 변수이었었고 따라서 경험적으로는 실제의 현상이 그렇기 때문이다. 그러나 갈릴레이의 추상화 작업을 통해서 아리스토텔레스의 경험론적 운동학은 깨졌다. 그는 머리 속에서 하나의 실험을 하였는데, 경사면을 올라가는 운동은 갑속적이며 내려가는 운동은 가속적이기 때문에 수평면에서의 운동은 등속적이어야 한다는 결론을 내렸다. 물리학에서 이와같은 추상화의 작업은 약속에 의한 초기 조건을 정해놓고 폐쇄계를 설정해야만 가능하다. 이 작업을 통해 일반화가 성취되면 일단은 좋은 이론으로 평가받는다. 이렇게 추상화된 이론을 통해서 우리는 자연을 보는데, 자연 자체는 결코 추상적 대상이 될 수 없다. 그러나 추상화된 이론과 자연을 혼동하는 오류는 잘못된 과학정신의 소유자인 우리들 속에 이미 깊이 들어와 있어서, 처음의 언급인 자연 전체개와 개체의 상관성에 대한 이해의 첫발은 사다리로서의 추상성을 다시 경험적 사실에 되돌려놓을 수 있게 하는 진보적 전환로부터 시작되어야 한다.

그 보충적 이해를 위해, 개체입자간의 비국소성을 설명하기 위한 벨의 거시적 비유를 들어보자:^⑪ ‘버어틀만이라는 사람은 항상 색깔이 다른 양말만을 신고 다닌다. 이 사실을 아는 한 사람이 있는데 그는 버어틀만의 오늘의 한쪽 양말이 빨간색이라면 다른쪽 양말은 보지 않고도 최소한 빨간색이 아니라는 것을 안다. 반면에 그의 어린 아들은 그에게 어떻게 아버지는 다른쪽 양말을 보지도 않고서 그 사실을 알 수 있느냐고 갑단적으로 묻는다’. 이 비유는 양자적 개체입자간의 상관성이 텔레파시나 신비적인 어떤 상호교류가 아니라, 개체로서의 두 쪽의 양말은 버어틀만이라는 사람의 전체속에서 이해될 수 있음을 시사한다. 또한 초광속적 정보교환(suprluminale Verbindung)의 부가적인 개념으로 비국소성을 억지(현재로서는) 이해할 필요가 없다. 즉 아인슈타인 물리학의 대전제인 한계속도로서의 광속의 개념을 침범하지 않으면서도 양자세계의 비국소성을 이해할 수 있을 것이다.

더나아가서 비국소성은 관찰자 즉 인간을 포함한 전 개체들의 통일적 전체를 형성한다고 보는 스탠(H.P. Stapp)이나^⑫ 후기 보옴(David Bohm)의 이론적 발전이 있다. 이 둘의 주장은 너무 강한 반면, 테스파냑(Bernard d'Espagnat)의 입장은 온전한 전체론(Holismus)에 있다.^⑬ 전체는 개체들로서 구성되어 있지만 개체들의 단순한 집합체가 아니다. 즉 개체들의 연산적 합산의 결과는 전체값과 차이가 생긴다. 이러한 생각은 자연의 비분리성으로 추론되는 벨의 부등식이 탄생하는 기본적인 바탕이다. 개체들의 집합과 전체사이의 양적 혹은 질적 차이(어떤 차이인지 아직 모른다)가 해명될 수 있다면 이 세계는 완전히 일관적으로 설명가능해진다. 그 질적 차이의 해명은 양적 차이의 해명보다 우회되어 있고 그 길이 멀지만, 물리학자에게는 기본적으로 그 길이의 차이일뿐이다. 물리학이 이 정도에 이르면, 그것은 증명의 차원이 아니라 신념의 차원이 된다. 그러나 스테른-게일라흐 실험(Stern-Gerlach Experiment)의 수학적 결과나 보옴의 숨겨진 변수 λ 의 존재 증명과 같은 간단한 수학적 형식은 그 신념의 실현 가능성을 제시한다.

그러나 현재로서는 비국소성에 대한 실험적 증명을 통한 확증은 있으나 실험결과에 대한 분명한 이론적 뒷받침은 마련되어 있지 않은 상태이다. 물론 앞서 이야기되었듯이 스테른-게일라흐의 실험결과부터 아스펙트의 실험적 증명에 이르기까지 전체 스펀값이 0이 되는 (한 쌍의 입자들이 반대

의, 같은 전하량을 갖는) 달혀진 전체에서는 비극소성의 현상을 기술하는 간단한 수학적 방법이 있으나, 그나마 열려진 전체에서는 불가능해진다.

열려진 전체는 수렴의 전체와 발산의 전체가 있을 수 있다. 수렴의 열려진 전체는 양적으로는 달혀진 전체와 같고 그 좋은 예는 유기체로서의 한 인간이다. 그러나 질적으로는 열려진 전체의 중요 특징인 엔트로피의 증가 혹은 시간의 비가역성을 공유한다. 발산의 열려진 전체는 양적으로나 질적으로 무한을 향해 열려 있다. 상식적인 의미의 우주가 그 예이다. 그러나 실제의 최근의 천체물리학에서는 무한하지만 끝은 있는 우주 모델을 많이 찾고 있다. 그 우주는 바로 수렴의 열려진 전체이다. 수렴의 전체와 발산의 전체사이의 또 하나의 차이는 에너지 보존의 법칙 성립 여부에 있다. 보온의 기본전제는 보존법칙이 성립하는 전체의 설정이다. 따라서 그의 전체는 수렴의 열려진 전체라고 말할 수 있다. 그런 전체속에서 개체운동의 인과율적인 의미가 비로소 성립된다. 개체들의 현상을 끝없는 무질서로 나타나는데, 그들 속에는 내재적인 질서가 존재한다고 보온은 주장한다. 내재적 질서의 경험적 발견이 곧 숨겨진 변수이며, 이로부터 자연의 인과성이 드러난다. 그러므로 인과율은 경험적으로 주어질 수 없으며, 항상 자연속에서 찾아야 한다. #⑬

또한 자연의 내재적 질서는 객관적 구조를 지닌다고 하여, 보온은 일체의 주관적 요소를 배제하여 폰노이만의 전개방식과는 반대이다. 따라서 보온은 전체의 의미를 염두에 둘다면, 양자역학에서도 개체운동에 대한 불확정성을 수정되어야 하며 따라서 그것의 정착하고, 이상적이고 객관적 기술을 포기할 필요가 없다고 본다.

그러나 그 방법의 가능성에는 문제가 있다. 앞서 보았듯이 숨겨진 변수의 존재증명은 직접적으로는 불확실하며 그 전 단계인 존재가능성의 분포 확산도 (dispersionsfreier Zustand)의 균일상에서 추론된다. 또한 비극소성의 실험적 결과에 대한 이론적 뒷받침도 완전하지 않다. 그러므로 보온의 내재적 질서 혹은 전체의 개념은 순수 존재론적 의미로 평가될 수 있다. 하이엔베르크는 보온의 전체로서의 실제는 물리적 실제와 무관한 일종의 '관념적 초구조' (ideologische Superstruktur)일뿐이라고 보았다. #⑭ 아마도 열려진 전체는 현재의 사고의 지평선에서는 영원히 물리학의 대성이 아닐 수도 있다. 그러나 물리학은 방법론적인 측면에서 임시적인 (ad hoc) 달혀진 전체(일종의 물리적 체계)를 계속 만들어 가면서 사실로의 접근을 시도한다. 동시에 그 전체에 대한 경험적 접근을 상호 학문적 차원에서 시도한다.

의식과 독립된 세계를 부정하는 관념론적인 차원이 아니고, 또한 의식과 완전히 독립된 실제 자체의 차원도 아닌 경험적 실재론의 가능성은 생명체로서의 한 인간에서도 찾아볼 수 있다. 인간의 유전인자속의 4개로 구성된 헥산의 정보 확산폭 (Informationsbandbreit) 즉 정보가능량은 10의 24 0만 승 곱하기 10억개이다. 우주시초로 부터 지금까지 존재가능했던 총 입자의 수는 현 기본입자 수인 10의 80 승 곱하기 우주의 나이 10의 40 승 해서 10의 120 승이 된다. #⑮ 이렇게 상상할 수 없는 수의 크기도 인간의 유전 정보가능량에 비하면 아주 작은 일부밖에 안된다. 이 수는 아마도 앞서 논의된 열려진 전체에 해당될 수 있다. 왜냐하면 현재의 존재하는 인간은 그 종 극소의 일부분의 유전자만 운용하고 있으며 나머지는 써볼 수도 없기 때문이다. 그럼에도 불구하고 그러한 존재인 우리는 자기 자신을 한 계기속에서 총체적으로 체험하고 있다. 이와같이 경험적 실재론의 의미는 아인슈타인처럼 독립된 존재로서의 실재로 이해되는 것이 아니라, 전체와 개체간의 상관성에서 이해되어야 한다. 그런데 이 전체와의 상관성은 전체의 존재를 먼저 실재론적으로 설정하는 것이 아니라, 개체들간의 관계 속에서 유추된다. 이점은 물리적 실재론의 하나의 탐구 방법론이기도 하며, 퍼트남의 내재적 실재론과도 부분적으로 상통한다. #⑯

아인슈타인에서는 실재는 실체로서 이해되며, 보어에서는 실재는 하나의 관계이다. 다시말해서 전자는 관계를 실체를 통해 정의하려 했으며, 후자는 그 역이다. 그러나 엄밀히 보면 전자의 궁극 관심은 존재론에, 후자는 인식론에 있었기 때문에 그들의 논쟁속에는 언어의 맴돌이가 있다. 숨겨진 변수 이론이 나오면서 존재와 인식이 서로 얹혀질 수밖에 없는 새로운 실재론이 등장하지만, 그 기본틀은 역시 아인슈타인의 실재론이다. 그러나 전자와 후자의 결정적인 차이는 국소성 여부에 있었기 때문에, 그 기준으로 보

면 새로운 실재론은 보어의 관점을 따른다. 정확히 말하자면 새로운 실재론이라고 말하는 정형은 없다. 확증안된 여러 해석들이 있을 뿐이다. 그럼에도 불구하고 그들이 갖고 있는 철학적 전에는 물리적 탐구결과에서 파생된 것이기 때문에 사실의 내용을 담고 있다. 플라톤의 철학은 그보다 앞선 자연철학자들이 있었기 때문에 가능했다. 실재론 논의도 최소한 자연에 대한 지향성에서 유래되어야 한다.

<각 주>

1. Einstein, Podolsky and Rosen: "Can Quantum-mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?" In: Physical Review 47 (1935) pp. 777-780
2. Einstein & Schrödinger: Briefe zur Wellenmechanik. Wien, 1976 pp. 13-18
3. Bohr, Niels: "Can Quantum-mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?" In: Physical Review 48(1935) pp. 696-701
4. Alexandrow: "Ueber das Einsteinsche Paradoxon in der Quantenmechanik" In: Sowjetwissenschaft, 1952 Ed. 52, pp. 263-5
5. Bohm, David: "A suggested interpretation of the quantum theory in terms of 'hidden' variables" In: Physical Review 85(1952) pp. 166-93
6. Jauch & Piron: "Hidden variables revised" In: Review Modern Physics 40 (1968) pp. 228-29
7. Von Neumann, Johann: Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik, Berlin, 1932 pp. 223-4
8. Bell, J.S.: "On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradoxon" In: Physics 1(1964) pp. 195-200
9. Aspect, Alain: "A New violation of Bell's Inequalities" In: Physical Review Letters 49(1982) pp. 91-94
10. Bell, J.S.: Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cambridge, 1987 p. 139
11. Stapp, Henry: "S-Matrix Interpretation of Quantum Theory" In: Physical Review, D3(1971) pp. 1303-
12. D'Espagnat, Bernard: Auf der Suche nach dem Wirklichen. Berlin, 1983 pp. 13-20
13. Bohm, David: Causality and chance in modern physics. London, 1984 p. 4
14. Heisenberg: Physikalische Prinzipien der Quantentheorie. Mannheim, 1958 p. 18
15. Kueppers, Bernd-Olaf: Ordnung aus dem Chaos. München, 1987 p. 22
16. Putnam, Hilary: "Quantum mechanics and the observer" In: Erkenntnis 16 (1981) pp. 221-24