제4장. 양자역학 : Q&A-1

양자역학 이해에 관한 학생들 질문 이야기 1

녹색아카데미에서 책『**장회익의 자연철학 강의**』의 이해를 도울 대담 영상을 준비하였습니다. 장회익 선생님과 '자연철학'에 대해 이야기를 나누는 이 영상은 2020년 경희대학교 교양강좌 [철학자를 위한 물리학] 수강생들의 공부를 돕고자 제작되었습니다. 또한 이 동영상이 장회익선생님의 책에 관심을 가진 분들 누구에게나 좋은 참고자료가 되리라 기대합니다. 더 자세한 내용은 책과 녹색아카데미 웹사이트를 참고해주세요.

2021년 3월 30일. 녹색아카데미

"장회익의 자연철학 이야기" 5-6편[1]은 제4장 양자역학 내용에 대한 학생들의 질문을 가지고 이야기를 나눕니다. 이 편에서 다룬 내용은 아래와 같은 것들입니다.

목차

1. 양자역학은 왜 어려운가
2. 이중 슬릿 문제 : 슬릿이 세 개가 되면 어떻게 될까?
3. 통합 이론이 존재할 수 있을까?
4. 자연에 대한 옳은 해석이 존재할 수 있을까?

바로가기 링크

자연철학 세미나 게시판
유튜브 대담영상 녹취록 목록
녹취록 전체 목록 : 대담영상 & 세미나
녹색아카데미 유튜브 채널
자연철학세미나 녹취록 목록

[1] ※대담 참석 : 장회익선생님, 최우석, 황승미. ※대담 녹화 : 2020년 5월. ※녹취록 작성 : 2021년 3월 30일.
※명조체, 구분점(·) 부분 : 장회익선생님 말씀, 〈최〉 : 최우석 질문, 〈황〉 : 황승미 질문, ( ) 안은 녹취자가 넣은 내용.

양자역학 이해에 관한 학생들 질문 이야기 1

<최> 그동안 학생들 질문을 거의 못 다뤄서 안타까운 마음이 있었다. 저희가 책 내용을 이야기하는 데 바빠서 기회를 못 가졌다. 양자역학 부분에서 오해도 많은 것 같고, 가급적 시간을 할애해서 학생들 질문도 다뤄가면서 진행하는 것이 의미가 있겠다 싶어서, 오늘은 양자역학 부분에 대한 학생들의 질문을 가지고 선생님께서 말씀해주시는 시간을 가지는 것이 좋겠다. 양자역학 부분에서 제가 학생들 질문을 몇 개 뽑아봤는데, 그것을 먼저 다루거나 선생님께서 질문들에 대해서 하나씩 짚어주시는 거나 하면 좋을 것 같다.

- 내가 대충 한번 봤는데, 전반적으로 학생들이 어떤 어려움을 겪고 있는지, 어디에서 이해가 부족한지 느낄 수 있었다. 그래서 일반적으로 무엇때문에 어렵고 대개 어떤 것을 잘못 생각하고 있는지 내가 간략하게 먼저 정리를 하고, 그리고 또 질문들도 여러가지가 있으니까 대표적으로 몇 개 뽑아서 조금 더 구체적으로 논의를 하는 식으로 하면서, 학생들의 제시한 문제를 논의하는 그런 기회를 가지면 유익하겠다.

1. 양자역학은 왜 어려운가

- 먼저, 왜 양자역학에 대한 이해가 어려운가, 학생들이 왜 특히 양자역학을 어려워하는가, 또 어떤 오해들을 가지고 있는가? 이런 것들을 막연하게 짐작은 했지만 질문들을 보니 더 구체적으로 느껴지는 게 있다. 그걸 먼저 얘기를 해보자.
- 일단 양자역학이 어렵다,하는 이유는 크게 보면 두 가지이다. 첫째, 보통 일반 사람들이 양자역학이 어렵다고 하는 눈에 띄는 이유는 어려운 수학이 나온다는 것 때문이다. 불가피한 면이 있다. 이 책에서도 얘기했지만, 과학에서 특히 현대 양자역학이나 상대성이론이나 고전역학도 마찬가지로, 수학적인 언어를 완전히 떠나서 얘기하는 것은 불가능하다. 오히려 수학없이 하면 오해의 여지가 더 많아질 수 있다.
- 그래서 나로서는 최소한의 수학을 이 책에 썼다. 학생들이 수학 자체가 이해 안 되더라도, 적어도 이러이러한 수학을 통해서 이런 이론이 나오는구나,하는 것 정도를 생각하면서 보면 좋겠다. 그 이상 여기서 길게 설명을 할 게재는 아니다. 하나마나한 얘기지만 한번 더 얘기를 했다.
- 사실은 일반학자들, 심지어 물리학자들까지 포함해서 양자역학이 어려운 이유에는, 우리가 가지고 있던, 내 용어로 말하면 '바탕 관념'의 문제가 있다. 바탕 관념은, 세계라고 하는 것은 어떤 것

이다,하는 것이다. 우리가 전에도 얘기했지만 이런 바탕 관념을 '자득적 관념'이라고 하는데, 누구한테 배운 게 아니라 세계를 경험하고 바라보면서 이러이러한 틀 속에서 보게 되는 것을 말한다. 시간이 있다, 공간이 있다, 이것부터가 기본 틀이다. 물체라는 게 있다, 물체는 어떤 성질을 가지고 있다, 이런 간단한 것에서 출발해서 그걸 가지고 엮어서 이해를 하려고 하는 것이다.

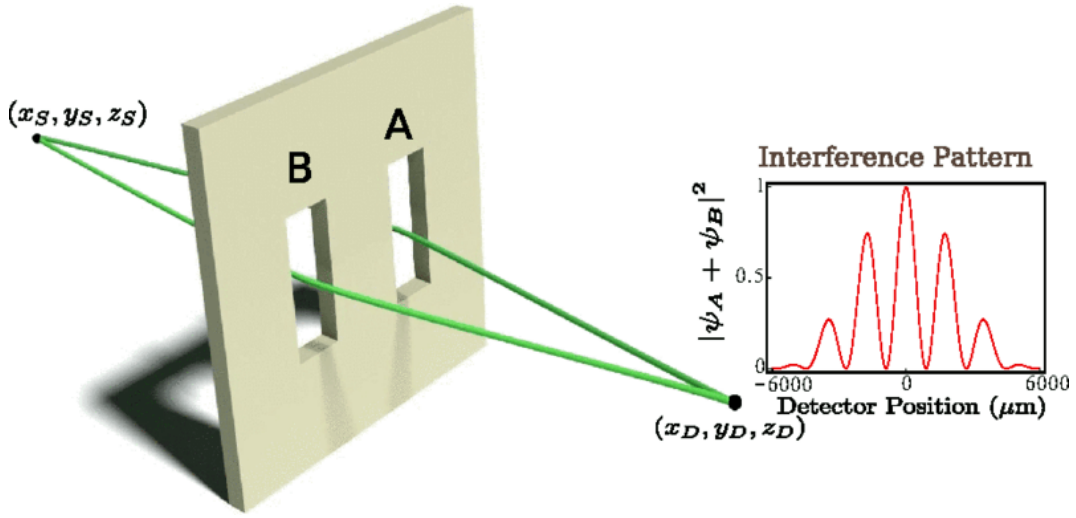
- 양자역학을 제대로 이해하려면, 이러한 이해에 상당히 큰 차이를 가져와야 한다. 다시 말하면, 자득적으로 얻은 바탕 관념은 우리가 일상적인 세계를 파악하는 데는 나름 어느 정도 적절하지만, 적어도 자연의 기본 원리를 이해하는 데에는 부적절한 면이 있다.
- 그것을 조정할 수 있는, 더구나 양자역학이나 상대성이론 같은 아주 높은 수준의 이론에 접하지 않고 그것을 혼자 조정할 수 있는 능력은 우리가 갖지 못 했다. 우리가 기존의 바탕 관념을 가지고 그 이론을 보려니까 안 들어맞는 것이 있는 것이다. 이게 기본적인 어려움이다.
- 그 어려움은 양자역학을 처음 시작하는 사람은 말할 것도 없고, 기왕에 양자역학을 만든 사람들조차도 가지고 있던 어려움들이다. 양자역학을 만든 사람들조차도 그 바탕 관념을 조정해서 만든 게 아니다. 기존의 바탕 관념을 가지고 양자역학을 이해하고 논리적으로 맞추려고 하다보니까 이게 안 들어맞는 게 있고, 그래서 여러가지 다른 해석들이 나오게 되었다.
- 그리고 초기에는 학자들 사이에 그래도 조금씩 서로 통하던 것들도 그것이 제대로 이해해서 통했던 것이 아니라, 그 시기에는 그 정도 수준 밖에 얘기를 할 수 없었기 때문에 그런 것이다. 대표적인 것이, 빛이나 전자가 입자냐, 파동이냐 하는 얘기다. 입자일 이유도 없고 파동일 이유도 없다. 그런데 왜 입자냐 파동이냐를 묻냐는 것이다.
- 우선 입자 아니면 파동이다, 그것밖에 없다고 하는 관념을 가지고 있었던 것이다. 그런데 기존에 가지고 있던 어느 하나로 설명이 안 되니까, 이런 성격도 있고 저런 성격도 있어 보인다,해서 '이중성'이라고 이름 짓고, 적어도 몇 십 년 어쩌면 반 세기, 또는 지금까지도 물리학자들 조차도 빛이 이중성을 가진 것으로 이해해야한다고 생각하는 사람들이 있다.
- 그런 것이 과학자들이 초기에 가지고 왔던 어려움, 혼란 양상이었는데, 이제는 이것이 대중화되어버렸다. 일반 대중들은, 과학자들이 이렇게 얘기한다, 닐스 보어도 이렇게 얘기했다, 하이젠베르크도 뭐라고 했다, 이런 식으로 양자역학을 만든 사람들의 얘기니까 옳다고 받아들이고, 양자역학으로 보는 세상은 이런 것이다하고 퍼뜨려놨다.

- 이것이 양자역학에 대한 대중서적, 심지어는 교과서에도 일부 남아있다. 그리고 닐스 보어 같은 사람이 그것을 정리해보려고 그래도 애를 썼는데, 결국은 안 되니까 '상보성 원리', 즉 이렇게도 볼 수 있고, 이렇게만 봐도 안 되고 저렇게도 봐야 한다, 둘을 같이 볼 수 밖에 없다, 이런 이상한 철학을 만들었다. 물론 아인슈타인은 이런 이론을 대단히 싫어했다.
- 그래서 말하자면 기존에 가지고 있던 관념 틀은 제대로 정리 안 하고, 그리고 양자역학의 이론 틀을 가지고 이해를 하려고 보니까 세상은 이렇게 봐야 한다, 이렇게 된 것이다. 아직도 학자들 사이에서 정리가 안 돼서 수십 개의 서로 다른 해석이 있다.
- 그 중에 가장 많이 등장하는 것이 이른바 '코펜하겐 해석'이다. 바로 닐스 보어가 있던 연구소가 코펜하겐에 있었는데, 닐스 보어의 생각을 주축으로 해서 약간씩 변형이 있지만, 아직도 대부분의 학자들이, 심지어는 교과서에서도 코펜하겐 해석을 쓰고 있다. 그러나 과학자들은 일단 그런 해석에 구속되지는 않고, 더 구체적으로 들어가면 그 해석과 직접 관여를 안 하고 작업을 하게 된다. 말하자면, 많은 사람들이 잊어버리고 있는 것이다.
- 그런데 이제 일반 대중들은 그게 신기한 거다. 심지어는 불합리하게도 보이고. 우리가 지금까지 알고 있던 것과는 전혀 다른 이상한 것이 나타나니까. 그 중에 대표적인 것 하나가, 우리가 이렇게 이해를 하면서 사물을 보면 이렇게 보이고, 또 저런 식으로 마음을 가지고 보면 저렇게 보인다, 이런 해석이라든가. 이상한 것들이 다 거기서 기인한다.
- 그런데 지금 내가 이 책에서 분명히 서술을 했고, 또 우리가 앞서 논의한 내용들은 그런 것을 최소화하자는 것이다. 그러면 우리는 양자역학을 전혀 그런 논리적인 모순이나 비직관적인, 도저히 직관적으로는 파악할 수 없는, 양립할 수 없는 이런 것이 없이, 양자역학을 제대로 이해하려면 무엇을 바꿔야 하느냐.
- 내 기본적인 생각은 바탕 관념을 바꿔라,는 것이다. 우리가 기왕에 만든 바탕 관념 자체는 증명된 것도 아니고 우리가 그냥 가장 편리하게 만든 것이 바탕 관념이다. 그런데 그것을 조금 더 정교화시켜 보면, 그것이 오히려 세계의 모습인데, 그 모습을 통해서 보면 이해가 어렵지 않고 가장 합리적이고 자연스럽게 된다,하는 것을 내가 소개하고 있는 것이다.
- 그렇기 때문에 이 책이나 우리가 논의했던 내용을 기존의, 특히 대중서적에서 우리가 얻은 생각을 가지고 보면 조금 다르다. 그러면 그것때문에 학생들이 또 혼돈을 겪고 있고, 또 그런 것이 질문에 나타나고 있다.

- 그래서 제일 중요한 것은, 이미 널리 퍼져있는 오해를 바로 잡는 것이다. 양자역학에 대해서 책을 좀 읽었다는 사람들의 생각부터 고쳐야 한다. 그런데 이 사람들의 그런 오해는, 책에 있으니 옳다고 생각하는 데서 온다. 여기서 강의 듣고 내 책을 보니까 이건 좀 다른 것 같다, 연결이 안 된다, 이렇게 혼란을 겪고 있는 것이다. 그것을 좀 정리할 필요가 있겠다.
- 그래서 논리적으로 얘기하면, 네 개의 공리만 우선 받아들이자(4장의 '내용정리' 참고), 세상은 이런 것이다하는 그 네 가지 공리만 인정하고, 나머지 모든 것은 제거해버린다. 만약에 그 공리가 이해가 안 된다면, 그 공리가 이해가 될만큼 우리가 세상을 보는 눈을 좀 바꿔야 한다. 그것을 위해서도 약간의 수학이 필요한데, 그 수학 정도는 받아들여야 한다.

2. 이중 슬릿 문제 : 슬릿이 세 개가 되면 어떻게 될까?

- 그렇게 하면, 나머지는 하나도 이상하지 않게 설명이 돼야 한다. 그 예가, 이중 슬릿 문제다. 이중 슬릿 문제에 대해서 기왕에 떠도는 얘기는, 우리가 보면 대상이 입자로 행동하다가 우리가 안 보고 눈 감고 있으면 파동으로 행동한다, 이런 식으로 많이 알려져 있다.
- 우리가 본다는 것이 뭐냐, 이것이 이상하다, 우리 마음이 자연계와 어떤 연관을 가지고 있다, 이렇게 막 비약을 하고 있는데, 그런 것은 이해하는 데 필요 없다. 옳은 게 아니라는 것이다. 그런데 그 내용을 이미 (다른 책에서) 읽은 것이 있으니까, 이 책에서도 그 얘기를 하고는 있을 텐데 왜 그 내용이 안 보이나, 이러면서 헷갈리고 있다.

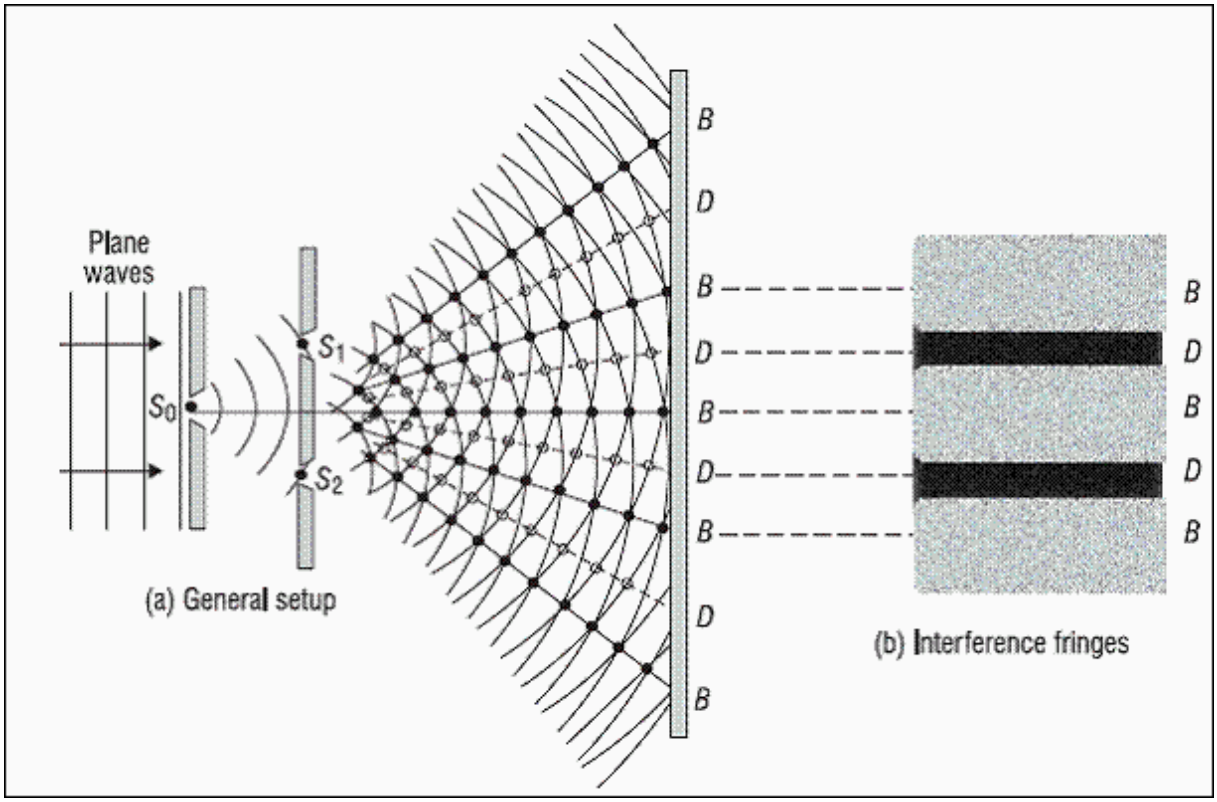


[그림 1] 이중슬릿 실험. (출처: phys.org)

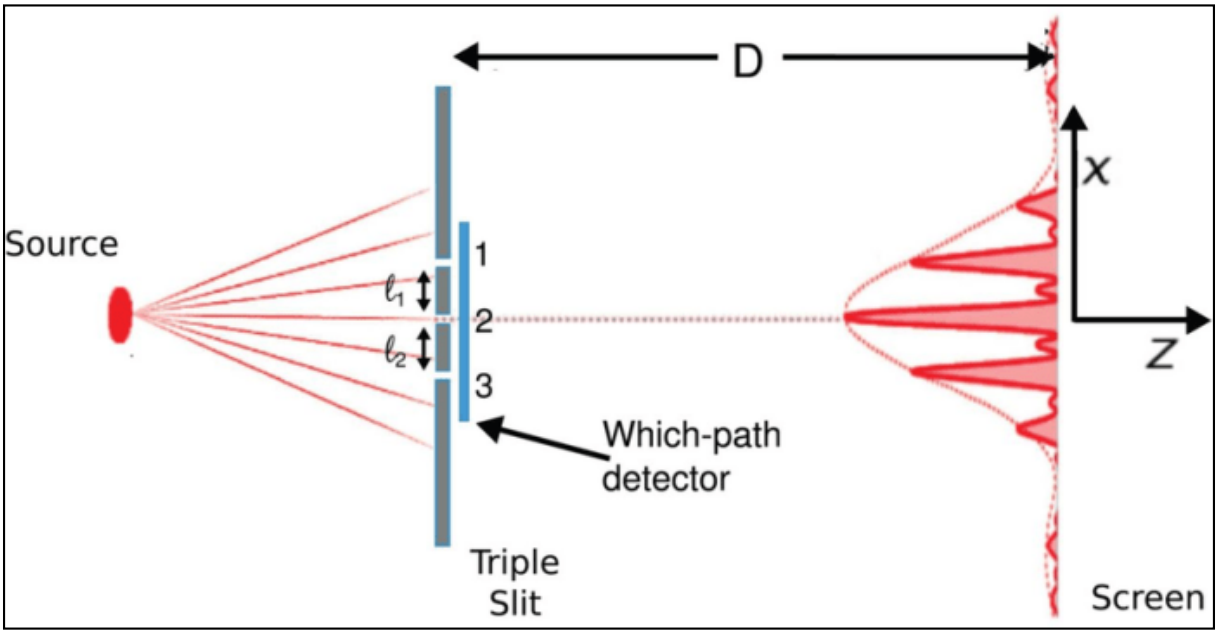
- 그럴 만한 이유도 있다. 내가 이 책에서 얘기한 것이 다른 책에 있으면, 아, 그 책에서 본 게 여기 있구나, 할 텐데. 다른 책 어디에도 없는 얘기를 하고 있기 때문이다. 어떤 면에서는 나 혼자라고 말하기는 좀 어폐가 있지만, 우리 함께 공부하는 사람들 속칭 '서울 모임' 등에서 생각하는 이런 내용이기 때문에, 그런 것이 아직 대중 문헌에는 별로 없기때문에 그래서 어려움을 겪는 면이 있다.
- 그렇기 때문에 그 점을, 그러면 무엇이 다른가 하는 것을 다시 한번 명료하게 보고, 그것을 파악하고 나면, 적어도 내가 생각하기에는 양자역학이 이상한 것이 아니다, 오히려 우리가 양자역학이라고 하는 바탕 관념으로 본 세상이 더 교묘한 것이다, 우리가 가지고 있는 바탕 관념으로 이해하는 세상보다 더 교묘한 세상에 우리가 있고, 그 교묘한 세상에서 적용이 되는 이론으로는 매우 타당한 이론이다, 이것이 이해가 되면 좋겠다.
- 학생들 질문 중의 하나가 그것을 명료하게 만들어주는 데 도움이 되는 질문이 하나 있다. 재미난 질문인데. 이중 슬릿 두 개의 틈을 통해서 빛이 지나가는데, 틈이 셋이면 어떻게 되느냐? 그런 질문을 했다. 굉장히 유익한 질문이다. 이 책에서 설명하는 방식으로 하면 삼중 슬릿이 어떻게 설명이 되느냐, 그것만 이해해도 상당히 많은 오해가 정리가 될 수 있다(그림 2, 3).
- 예를 들어서 우리가 보면 입자로 행동하고 안 보면 파동으로 행동한다는 얘기가 앞서 있었다. 그러면 이번에는 슬릿이 셋인 경우다. 그런데 그 슬릿 중에서 세 번째 슬릿만 보자. 세 번째 슬릿으로 지나가는 입자만 관찰하는 것이다. 이게 우리가 '본다'는 것이 된다. 그러면 스크린에 무엇이 나올 것 같나? 세 개의 슬릿들 중에 두 개는 그냥 두고 세 번째 것만 우리가 관찰을 한 경우다. 보기는 봤는데, 스크린에 어떤 패턴이 나올 것 같나?

<황> 하나만 찍힐 것 같기도 하고, 슬릿 두 개가 다 열렸을 때처럼 나올 것 같기도 하고.

- 나올 것 같기도 한 게 아니라 그렇게 나와야지. 왜냐하면 생각해보자, 세 번째 슬릿을 통해서 간 것은 변별체가 그곳에 있기 때문에 0 아니면 1 밖에 안 나온다. 세 번째 슬릿에 설치한 변별체의 값이 1이면 다른 두 개의 슬릿으로는 안 지나가고 세 번째 슬릿으로만 지나가는 것만 하나가 있게 된다. 그러니까 거기서 사건(event)이 되면 스크린에 하나가 찍히게 되는데, 공사건(null event)이 되면 어떻게 되느냐, 즉 안 지나갔다는 게 확인되면 어떻게 되느냐?



[그림 2] 이중슬릿 실험에서 간섭효과 (출처: Physics StackExchange)



[그림 3] 삼중 슬릿 실험에서의 간섭 효과[2]
(출처: Asad Siddiqui, M., & Qureshi, T. (2015). Three-slit interference: A duality relation: Fig.1. Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2015(8))

[2] 더 자세한 내용은 녹색아카데미 '자연철학게시판'의 글 "세겹실틈(삼중슬릿) 실험", "겹실틈 실험의 해석"을 참고해 주세요.

- 그렇게 되면 슬릿이 두 개만 있을 때와 똑같이 간섭 무늬가 나타나게 된다. 봤는데(세 번째 슬릿을 관찰했는데) 간섭 무늬가 나오는 것이다. 그러니까, 보면 입자로 행동한다고 했는데, 봤는데도 간섭 무늬가 나오고 있는 것이다.

<황> 그러니까 세 번째 슬릿으로 안 지나가는 경우는, 그 자리가 벽이 되는 경우와 똑같은 상황이 되는 것인가?

- 그렇지. 바로 그것과 같다. 벽이라고 하는 것은 바로, 우리가 의식하지 않는 변별체라고 할 수 있다. 거기 벽이 있는 거니까 그냥 슬릿 두 개 있는 것과 같은 것이다.
- 그러면 (세 번째 슬릿을) 봤을 때 이렇게 나온다면, 만약에 안 볼 경우에는 어떻게 되느냐?

<황> 안 보면 파동이 더 높아질 것 같다.

- 세 개가 가서 간섭 무늬를 만들게 된다. 두 개가 제일 간단한 것이고, 세 개가 가면 조금 더 복잡하겠지만 마찬가지로 간섭 무늬가 나오고 파동 무늬를 만들게 된다.

<황> 진폭이 더 큰 간섭 무늬가 될 것 같다.

- 그렇지. 그러니까 그동안 잘못 생각했던 게 바로 드러난다. 보면 입자고 안 보면 파동이다, 말이 성립하지를 않는다.

<황> 와… 굉장히 훌륭한 질문인 것 같다.

- 그렇지. 그런 질문을 함으로써 바로 그 관찰 문제가 해명이 되는 것이다. 그리고 내 책에 설명이 들어가있는지 없는지 모르겠는데, 다른 논문에는 어디 쓴 것 같은데. 변별체를 슬릿 바로 옆에 놓지 않고 일정한 거리를 떨어뜨려 놓는 경우에 어떻게 될 것이냐? 슬릿으로부터 변별체를 떨어뜨려 놓는 거리를 점점 크게 하면서 거의 스크린 가까이까지 가는 경우에는 어떻게 될까? 이런 경우에는 변별체가 있더라도 간섭 무늬가 그대로 가게 된다.
- 슬릿 가까이에 변별체를 설치할 때에는 영향이 있는데, 멀어지다가 중간 쯤 가면 이미 둘이 왔다가 거기서부터 어느 하나로 바뀌게 되고, 마지막에서는 끝에서 바뀌어 봤자 별로 달라질 게 없으니까 그냥 간다.
- 변별체를 어디에(슬릿으로부터의 거리 차이) 놓느냐에 차이를 두고 봐도, 보면 이렇고 안 보면 저렇다는 게 틀린 말이라는 것을 확인할 수 있다. 지금 여기 질문처럼 세 개 짜리 슬릿으로 보면 더 확실하게 알 수 있다.

- 그러니까 결국 네 번째 공리(책 p.234), 변별체가 있으면 변별체가 Yes, No 밖에 안 하는데, 사건을 일으키면(Yes) 다른 건 없어지고 그것 하나만 가는 것이고, 사건을 일으키지 않으면(No) 그것 하나만 없어지고 나머지는 그대로 가는 것이다.
- 나머지 둘의 확률이 처음에는 3분의 1일텐데, 세 번째로 안 지나가면(세 번째 슬릿에서 공사건이 일어나면) 이것때문에 나머지 둘의 확률이 2분의 1이 돼서, 세 번째 슬릿이 없을 때와 동일한 결과가 나타난다. 그것만 이해를 해도, 우리가 지금까지 엉성하게, 보면 어떻고 안 보면 어떻다 하는 이상한 얘기를 할 필요가 없다는 것을 알 수 있다. 구체적인 사례만 하나만 이해를 하면 훨씬 더 명료해진다. 그런데 어느 학생인지 그런 질문을 했던데, 궁금해서 했겠지만 삼중 슬릿 문제를 생각해보면 이중성 문제 이해에 훨씬 도움이 된다.

3. 통합 이론이 존재할 수 있을까?

<학생 질문> 과학사를 보면, 각자 다른 틀을 가진 이론들이 생겨나고, 나중에는 이들을 통합하는 또 다른 틀을 가진 이론이 생겨나 이들을 통합한다. 모든 것을 통합할 이론이 존재할까?

<최> 이 질문의 뜻은 이런 것 같다. 선생님의 말씀을 들어보면, 따로따로 알고 있던 것들이 하나로 설명이 돼서 뭔가 여러 개의 주머니가 하나의 주머니로, 하나의 앎으로 모든 것들이 설명되는 방식으로 수렴해간다는 느낌을 받게 되는데, 그렇다면 우리가 지금은 있는지 없는지 몰라도 희망컨대 모든 것들을 통합적으로 설명할 수 있는 이론이 만들어질 수 있겠는가, 하는 지적인 질문이다.

- 그 얘기는 우리가 처음에 한번 했다. 물리학이 나오기 이전에 여러가지 각각의 분야들이 다 독립되어 있었다. 예를 들어서 화학과 물리학이 전혀 다른 데서 왔고 전혀 다른 학문이라고 생각했는데, 그러다가 우리가 자연의 기본 원리를 파악하고 보니까 같은 원리를 가지고 다 설명이 되는 거다. 그전까지는 물리라고 생각했던 것, 화학이라고 생각했던 것들이 다 연결이 되었다.
- 열 현상과 운동도 전혀 다른 것이라고 생각했는데, 열역학을 통해서 연결이 되었다. 물론 동역학에서도 돌멩이 하나 던지는 것과 원자 안에서 전자가 도는 것이 다른 문제 같았지만 같은 문제다. 물론 과거에는 원자와 전자 자체도 몰랐지만. 돌멩이가 왜 단단하냐, 돌멩이가 어떻게 해서 저렇게 날아가느냐, 이런 문제들이 전혀 다른 문제인 것 같지만 양자역학이라는 동역학으로 설명이 된다.

- 이렇게 우리가 이해의 폭이 넓어질수록 그것으로 설명할 수 있는 영역이 넓어지는 것이다. 그렇지만 우리가 전세계의 모든 것을 다 이해하는 것은 아니다. 점점 더 넓어지는 쪽으로 가고는 있지만, 그렇다고 해서 언젠가 완전히 다 된다, 이렇게 미리 얘기할 수 있는 것은 아니다. 지금까지의 경향으로 봐서 그 방향으로 지금까지 쭉 왔고, 상당히 성공을 했고, 그러니 희망 하기를 언젠가는 다 연결할 것이다,하고 학자들은 그런 포부를 가지고 있다. 뭐 대통일이론이라든가 통합이론, 모든 것의 이론 등등 미리 얘기를 하는데, 그런 경향으로 가고 있고 그것이 우리가 지향하고 있는 방향이다. 되느냐 안 되느냐는 가봐야 안다. 미리 증명할 방법은 없다.
- 그런데 우리의 앎이라는 것이 그렇게 간다,하는 것은 우리한테는 희망적이라고 할까, 격려가 된다. 우리가 하는 학문적인 노력이 무의미한 것이 아니다, 이렇게 점점 넓어지고 나아지고 깊어진다,는 것이 보이는 것이다. 특히 물리학을 통해서 그렇다. 학문의 성격상 다른 학문과 다른 면이 있겠지만, 적어도 물리학을 통한 이해는 넓고 깊게, 불분명한 것도 언젠가 제 자리를 찾아간다.
- 고전역학이 다 틀렸다,가 아니다. 제한된 범위, 특별한 경우로 보면 고전역학이 여전히 성립한다. 이런 의미에서 인류 지성이 이룩한 것 중에 정말 자랑스럽게 내놓을만한 내용이 고전역학이다. 심지어는 완전히 모든 것을 이해할 수 있는 쪽으로 갈 수도 있다, 이렇게 볼 수 있다.

<최> 그랬을 때에는 지금 양자역학과 고전역학이 병립하는 것처럼, 원칙적으로는 양자역학이라고 하는 하나의 동역학으로 동역학적인 대상들에 대해서 모든 것을 다 설명할 수 있지만, 실용적으로는 어떤 규모 어떤 특성을 가지는 대상에게는 이 이론을 적용하는 것이 조금 더 편리하고, 어디에는 다른 이론이 더 편리하고... 하나의 원리, 하지만 편리하게 쓸 수 있는 여러 도구...

- 지금도 그렇다. 그래서 지금도 물리학 안에서 입자물리학, 고체물리학, 분자물리학, 원자핵물리학 등 구체적인 법칙 같은 것들은 얼핏 보면 외형적으로는 꽤 달라보이는 것들이 있는데, 그런데 기본 원리에서 다 연결이 된다.
- 당연히 그렇게 된다. 모든 사람이 기본 원리 하나를 안다고 해서 거기서 가지 친 모든 것을 다 알기는 어렵다. 그래서 중요한 것은, 기본 원리가 무엇이고, 거기서 대충 어떻게 갈라져서 나온다 하는 정도는 이해를 하고 봐야, 내가 전체 중에서 무엇을 하고 있다는 것을 알게 된다.

4. 자연에 대한 옳은 해석이 존재할 수 있을까?

<학생 질문> “코펜하겐 해석”, “다세계 해석”, “서울 해석” 등 양자역학에는 여러 해석들이 있다. 고전역학의 경우에도, 뉴턴은 힘에 기반하여 고전역학을 서술했고, 라그랑주는 최소 작용의 법칙에 기반하여 고전역학을 서술했듯, 자연에 대한 두 가지 해석은 서로 다르지만 같은 결론을 도출한다. 자연에 대한 ‘옳은 해석’은 존재할 수 있을까? 어쩌면 ‘옳은 해석’은 존재하지 않거나, 있다고 하더라도 영원히 알 수 없지는 않을까? (실험으로 도출되는 것은 결과일 분이므로)

<최> 양자역학의 해석을 보면, 방정식을 쫙 풀어서 이견이 없는 부분도 있지만, 또 한편으로는 기존 관념들과 매칭을 시킨다거나 이해를 하는 것을 만들어낼 때 해석, ... 사실은 이론도 설명이라는 것을 우리가 100% 맞는 것을 찾는다기보다는 덜 틀리는 것으로 점점 좁혀가는 것으로 볼 수 있을 것이다. 그런 차원에서 이 학생은 ‘옳은 해석’ 혹은 ‘옳은 이론’ 이런 것들이 있을 것인지, 있다고 하면 알 수 있을 것인지 묻고 있다.

- 그것이 크게 보면 쿤(Thomas Kuhn. 1922-1996)의 패러다임 이론과도 비슷하다. 우리가 현상을 놓고 이해할 때에 이해할 수 있는 설명 방법들이 서로 일치하지 않는 여러가지가 대립될 수 있다. 그럴 때에 내가 볼 때는 쿤은 사실 그것을 여러가지 이유로 설명하고 있다. 사회적인 풍토 등 여러가지 얘기를 하고 있는데.
- 내가 볼 때 제일 중요한 것은 ‘바탕 관념’과의 연결이 어떻게 되느냐, 어떤 바탕 관념을 가지고 보느냐이다. 그런데 기존의 좁은 바탕 관념을 가지고 다 포괄할 수 없는 경우가 많이 생기니까, 그러니까 거기다가 부분적인 수정을 가해서, 여기서는 이렇게 해야 이해가 된다 저기서는 저렇게 해야 이해가 된다, 이런 식으로 여러가지가 달라질 수 있다. 이것이 해석 문제이다.
- 그러면 영원히 그럴 것이냐. 우리의 바탕 관념 자체는 바꾸기가 어렵다. 그런데 바탕 관념을 부분적으로 수정하는 것은 있지만, 본격적으로 그 자체가 아주 정합적으로 새로 정리되는 것은 훨씬 더 어렵다.
- 그런데 그 바탕 관념에 우리가 손을 못 대면 언제까지나 그 관념만 가지고 갈 수가 있다. 양자역학의 경우도 나온 지 거의 100년 가까이 되는데, 바탕 관념도 우리가 다시 보면 정리가 될 수 있다. 바탕 관념이 제대로 정리가 되면, 그리고 그것이 상당히 단순하고 좀 합당하다고 보면, 거의 한 가지 이론이 중심이 되고 나머지는 배태가 된다.
- 패러다임이 어느 시절에는 대립하고 있지만, 후일이 되면 그 중에 어느 것은 벌써 없어지고 다른 중심적인 하나로 통합되기도 하고 그렇게 간다. 양자역학의 경우에도 결국에는 그렇게 되지 않

겠는가, 그렇게 본다. 현재에는 여러가지 대립이 있지만, 그 중에서 내가 볼 때 제일 중시하고 싶은 것은 바탕 관념을 의식적으로 정리해보자는 것이다.

- 바탕 관념을 의식적으로 정리하는 것을, 철학적으로는 존재론이라고 하고 인식론과도 관련이 있다. 존재론, 인식론적인 바탕을 제대로 정리하면 거의 그것이 가장 합당한 이론으로 나아갈 것이다라고 본다. 그래서 내가 이 책에서 시도한 것이 그것이다. 어떤 바탕 관념을 가지고 볼 것이냐, 그것을 가장 적절하게 보면 이 이론이 간단해져 버린다. 이론 자체의 무슨 이상한 가정이 들어간다든가 이런 것 없이, 바탕 관념이 정리가 되면 간단해진다.
- 그래서 그런 쪽으로 가게 될 것이라고 본다. 예를 들어서 현재 양자역학의 해석이 십 여 가지 다른 견해가 있다. 현재에는 내 책에서 말하고 있는 이론도 그 중의 하나라고 한다면, 내 희망사항은 시간이 지나면 나머지는 다 사라질 것이고 이것 하나 남을 것이다, 항상 이러고 싸울 것은 아니라는 것이다. 왜 그러냐? 바탕 관념이 정리가 되고 거기에 기초를 두면 정리가 되기 때문이다.
- 내가 볼 때에 다른 견해들이 바로 그 점(바탕 관념)에 주목을 안 한다. 보어의 경우에는 바탕 관념을 놓고 그냥 절충을 했다. 그런데 나는 보어의 접근은 적절치 않고, 바탕 관념 자체를 검토해서 봐야한다,고 본다.

<황> 물리학에서, 선생님께서 말씀하시는 '바탕 관념'과 비슷하게 하는 얘기는 없을까?

- 별로 관심들을 안 가지고 있다.

<황> 왜 관심이 없을까?

- 우선 전체에 대한 관심이 적다. 오히려 거꾸로 바탕 관념에서 벗어나려는 노력을 더 많이 했다. 그러니까 기왕에 우리가 잘못된 바탕 관념때문에 잘못 이해를 했다, 그렇기 때문에 바탕 관념을 버려야 한다는 쪽이 더 지배적이었다.
- 특히 19세기 말 20세기 초에 논리실증주의, 논리가 맞고 실증만 되면 되지 그 외 바탕 관념같은 것은 방해만 된다, 그래서 바탕 관념을 버리자는 운동이 있었다. 논리와 증명, 두 가지만 가지고 이론을 만들자,하는 철학이 마흐(Ernst Mach. 1838-1916)같은 사람을 비롯해서 지배해왔다.
- 그런데 사실은 바탕 관념이 굉장히 중요한 역할을 하고 있고, 그 지배를 받지만 좋은 의미의 지배를 받을 수 있다는 것을 잘 파악을 못 했던 것이다. 그러니까 내가 과학과 철학을 하면서 파악한 제일 중요한 점이 바탕 관념이다. 바탕 관념이 중요한데, 그런 주장을 다른 사람이 한 것을 별로 본 적이 없다.

- 물리학자들이 처음부터 딱 그렇게 세뇌를 받아서, 바탕 관념은 버려야 할 것들이고, 논리와 실험만으로 가자, 그렇게 간다. 어떻게 보면 간단해 보이는데. 사실은 다 바탕 관념 위에서 하는 것인데 그것을 다 빼버리고 하니까 아주 헷갈린다. 그러니, 머리 나쁜 사람은 다 가라, 수학 할 수 있는 사람만 와라, 이렇게 되는 것이다.

<황> 그러면 상대성이론 같은 경우도, 오히려 선생님께서는 3차원에서 4차원으로 가는 이런 새로운 바탕 관념으로 보시는데, 아인슈타인이나 민코프스키는 기존의 시간 관념을 버리고 공간 관념을 버리고, 이런 식으로 생각한 것인가?

- 아인슈타인이 그랬다. 민코프스키는 그것이 4차원과 연결된다는 면에서 사실은 그런 얘기를 했는데, 그런데 거기서도 그냥 수학적인 의미의 4차원이라고 봤다. 사실은 우리가 생각할 수 있는 바탕 관념의 한 부분인데 그렇게까지 간 것은 아니고, 민코프스키는 4차원이라는 말을 한 것이다.
- 아인슈타인도 그것을 받아들였지만, 오히려 그것은 테크니컬하게 받아들였다. 시간 공간에 대한 우리의 기존의 모든 관념은 무조건 버려라, 그리고 시계와 자만 가지고 측정 가능한 얘기만 하자, 그렇게 간 것이다.
- 양자역학에서는 더구나 벌써 몇 번 얘기했지만, 운동량-에너지와 위치-시간도 4차원으로 서로 연결되어 있다. 그 바탕 관념을 인정하면 굉장히 단순한데, 그것을 인정을 안 한다. 바탕 관념을 두고 일종의 형이상학이다, 바탕 관념이라는 말 조차 그런 생각조차 사실 안 하고 있다. 내가 바탕 관념에 대해서 이런 말을 하면 아마 틀림없이 그건 엉뚱한 가정 아니냐, 실험적인 증거 있냐, 이런 소리를 할 것이다.
- 그러나 바탕 관념은 실험적인 증거에서 나오는 게 아니다. 그런데 많은 사람들이 모든 것이 실험적인 증거에서부터 찾아야된다고 보는 것, 지금 이것이 또 하나의 과학에 대한 오해이다. 실험이 중심이다, 관찰이 중심이다, 이렇게 생각한다. 맞는 말이기는 하다. 옛날에 과학 이전의 사람들이 말하자면 추상적인 사고에 매달렸으니까 뒤집어 엎는 좋은 얘기이지만, 그러나 사실 우리가 사물을 보는 것은 훨씬 더 큰 바탕 관념 위에서 하는 것이다. 이것을 별로 생각을 못하고 있다.
- 그래도 그나마 바탕 관념을 철학적으로 많이 진전시킨 사람이 칸트이다. 칸트가 얘기하는 시간과 공간은, 내 말로 하면 바탕 관념이다. 칸트가 이성의 형식이라고 봐서, 이성 속에 집어넣어버렸지만. 이성과 구분할 것이 아니라 모든 것이 다 우리 생각에서 나오는 것인데, 생각의 바탕 틀

을 ... 그런데 그것을 고정된 것으로 봤다는 것이 칸트의 약점이다. 그것은 선천적이니까 손을 못 댄다고 칸트는 봤다.

- 그런데 그게 아니라, 그것도 우리가 만든 것이다,하는 것이 내 얘기다. 그래서 나는 자득적이라고 하는 것이다. 우리가 아는 시간, 공간 개념은 누구나 아는 것이다. 스무 살 성인이 돼서 시간 공간 모르는 사람이 어디 있나. 그런데 그 굉장한 것을 어떻게 아느냐? 그것을 우리가 실제로 아는 것이다.
- 그러니까 어려운 것이 아니다. 단, 제대로 된 이해를 하기는 어렵다는 것이다. 4차원 정도 만들려면 어렵다. 3차원 정도까지는 뭐 웬만한 사람들은 할 수 있다. 그런 관계를 가져야 정말 사물을 제대로 통합적으로 이해를 할 수 있는데, 물리학자들은 그 위의 세계에서만 놀고, 만날 수학만 가지고 장난을 하는 것이다.

<황> 칸트의 그런 바탕 관념을 이어 받은 서양의 철학자나 과학자는 누가 있을까?

- 헤겔 전통이 그런 것이기는 한데. 과학적인 이해나 그런 쪽으로 가기 보다는 추상적인 철학 체계를 만드는 쪽으로 갔다. 과학철학 쪽에서는 그 반대로 그것을 버리자, 근거 없는 형이상학 위에 학문을 세우지 말자, 하는 것이 오히려 주된 흐름이었다.
- 그리고, 직관적으로는 그것이 있어야겠다,했던 사람들은 많다. 볼츠만 같은 사람의 원자설, 이런 것도 바탕 관념이다. 그런데 원자가 있다는 것을 증명도 못 하는데 왜 그걸 하느냐 하는 것이, 실증적인 것만 가지고 하자는 주의이다. 그런데 있다는 가정을 일단 하고 설명이 되면 받아들여야 한다. 이런 것이 가설-연역 체계로서 받아들이는 것이다. 가설-연역 체계는 가설이라고 하는 상당히 신뢰성이 낮은 어떤 것 정도, 그리고 그것이 일종의 언명(statement)이 되는 이런 것으로만 규정했다.
- 내가 말하는 바탕 관념이라고 하는 것은 그것이 이런 어떤 문장으로 표시되든 안 되든 더 큰 틀이라는 것이다. 시간과 공간을 얘기하는데, 시간과 공간을 말로 정의해라, 말로 정의 안 되면 버려라, 이럴 수는 없다. 그러니까 4차원이라고 하는 것을 말로 정의해라, 말로 정의해야만 한다? 못하면 안 된다?
- 그것 이전에 우리가 이미 직관적으로 알 수 있는 상(picture)이 있다. 그것이 중요하다는 것이다. 그런데 그것이 보통 우리 경험 속에서 가장 단순한 바탕 관념을 만들어 가지는데, 그것이 정교해진다, 그 정교해지는 과정은 그냥 경험만 해서 나오는 것이 아니라 이론적인 구조에 맞춰서

그걸 더 정교화시켜야 한다. 양자역학에서는 그 부분이 아직 안 돼 있는 것이다. 내가 지금 여기에 한 것은 그 부분을 정교화해서, 논리적인 틀은 더 단순화시키고, 바탕 관념을 정교화시키는 그런 방향으로 가는 것이다.

<최> 해석 문제에 대한 질문에 대해서 제 식대로 이해를 해보자면 이렇게 얘기해볼 수 있겠다 : 학생들 질문에도 많이 나왔는데, '이중성' 문제를 예로 들자면, 사실은 그것은 기존의 바탕 관념을 반성하지 않고, 우리가 기왕에 알기에 존재물들은 입자로 내지는 파동으로 존재할 수 있는데, 여기에서는 둘로 다 볼 수 있는 그 무엇이 나오기 때문에 바탕 관념에 새로 나온 이론을 두들겨 맞추느라고 뭘 하나를 하자니 다른 것을 인정하지 않을 수가 없고, 그래서 둘 다 있는 것이다, 그래서 이중성이라고 하는 말을 만들어냈다.
사실 100년 넘게 지난 지금 시점에서 보면 이제 그 사람들이 만들어낸 사람들이기는 하지만, 만들어낸 사람들의 얘기를 100년 동안이나 붙들고 있었는데, 왜 우리가 지금도 그래야하느냐. 바탕 관념을 해체하고 새로 세우면 될 일을 기존의 바탕 관념은 그대로 두고 새 이론을 거기에 맞추느라 이상한 얘기가 나오고, 결국은 그래서 약장사들이 양자 어쩌고 하면서 신비주의를 팔아먹는 단계까지 왔다. 그런데 이론이 더 정교해지고 자연을 더 잘 설명해줄수록 신비로운 것이 없어지고 다 명확하고 명쾌하게 나와야하는데 그렇지 못했던 것은 바탕 관념에 대한 재검토가 없었기 때문이다. 그래서 결국은 여러가지 해석들이 양립한다고 하면, 기존의 바탕 관념의 문제까지 들어가서, 거기서 문제점과 살릴 것들을 찾아서 정리한 이론이 결국은 살아남고, 그런 것 없이 대충 타협하는 방식으로 왔던 것은 결국은 해석의 시장에서 도태될 것이다, 이렇게 정리할 수 있을까?

- 정확한 이해다.

<최> 그러면 절대적으로 옳은 해석이 있는지는 우리가 예단할 수는 없지만, 더 옳은 해석, 더 나은 해석은 분명히 있고, 우리는 그쪽으로 전진해 갈 수 있다는 것을 믿으신다는 것으로 이해할 수 있겠다.

- 그리고 학문하는 사람들은 항상 그것을 염두에 둬야 한다. 나는 물리학을 몇 십 년, 60년을 해오면서 계속 그것을 했고, 이 책이 그 최종적인 서술 내용이다. 그동안 내가 배웠던 내용이나 남들이 알고 있던 것과 상당히 다르다. 내가 마지막 도달한 얘기다, 이렇게 보면 되겠다.

<최> 60년 공부하시고 내신 책이라고 할 수 있을 것 같다.

- 말하자면 그렇다. 그런 문제를 계속 해서 생각하는 사람이 별로 없다. 그런 면에서 차이가 있을 수 있다.

<최> 그런 노력이 책 값에 반영될 수는 없을까? ^^;

- 그걸 감안하면 책 값이 훨씬 더 비싸야 되는데. 페이지 수에 비해서도 상대적으로 책 값이 안 비싸다.

끝.

녹취: 황승미 (녹색아카데미)

* 알림: 본문의 슬라이드 자료는 녹색아카데미 웹사이트를 참고해주세요.
* 댓글이나 의견은 녹색아카데미 페이스북 그룹, 트위터, 인스타그램 등을 이용해주시면 감사하겠습니다. 녹색아카데미 웹사이트의 자연철학 세미나 게시판과 공부모임 게시판에서도 의견이나 질문을 남길 수 있습니다.