

<철학자를 위한 물리학> 강의 4강 대담 질문들

경희대 <철학자를 위한 물리학> 강의의 4주차 온라인 동영상 자료용 대담을 구상해 봅니다.

강의계획서에 따르면 4주차는 “상대성이론 1: 4차원 개념의 도입”입니다. 여기에 정확하게 맞추기는 어렵고, 4주차 영상은 제3장 상대성이론 부분에서 절반 정도까지를 다루는 것으로 해보겠습니다

4. 제3장 소를 보다: 상대성이론

상대성이론은 명시적으로 드러나는 얇의 바탕 구도가 아닌 비교적 덜 드러나던 시공간에 대한 바탕 관념을 대대적으로 혁신함으로써 고전역학의 한계를 돌파한 이론으로 그려지고 있습니다. 앞서 장현광 과 고전역학 편에서 공간에 대한 바탕 관념을 어느 정도 살펴보았는데 상대성이론을 통해 이 부분을 더 집중적으로 보게 될 것 같습니다.

Q1. 역사 지평 - 아인슈타인의 이야기

Q1-1. 올림피아 아카데미를 너무 과대평가하는 건 아닐까?

20세기를 대표하는 지성 아인슈타인이 그 안에 자리했지만 동네 젊은 철학도 세 사람의 모임이었던 올림피아 아카데미를 포이어나 선생님께서 너무 극찬하는 건 아닐까요? 도리어 당대 주류 학자들이 다 포진하고 있는 큰 규모의 학회나 대학보다는 이런 소규모 공부 모임이 지성사에 더 큰 역할을 할 수 있다고 보시나요? 아마 아인슈타인 같은 유명인은 나오지 못한 그야말로 자기들끼리 세상 진지한 이야기 나누다가 그저 그렇게 사라진 작은 모임들은 수십, 수백만개가 넘었을지도 모르는데요.

‘천재 아인슈타인은 다행스럽게도 그의 아이디어가 무력무력 성숙하던 시절 좋은 학술적 벼들을 가졌다. 이게 그에게 적지 않은 자극과 도움이 되었다.’ 이 정도가 적당한 평가는 아닐까요?

당시 지성계의 혁명적 풍토를 예리하게 분석한 사회학자 포이어는 “올림피아 아카데미는 과학의 역사상 가장 결실을 크게 거둔 반체제공동체counter-community의 하나였다. 이것은 프로이트의 정신분석 서클이나, 17세기 영국의 ‘보이지 않는 대학Invisible College’에 비견된다”고 말한다. (p. 141)

Q1-2. 스승이나 학교는 얼마나 필요한 걸까?

선생님께서서는 데카르트, 뉴턴에서와 마찬가지로 아인슈타인이 누구에게 특별히 의지하지 않고 자신의 힘으로 자신이 궁금하거나 중요하다 생각하는 것을 탐구해나아갔다는 점에 주목하고 계신데요, 이 때에 스승이나 학교의 존재 의의는 무엇일지 또 한 편 고민이 됩니다. 아예 길바닥에서 처음부터 끝까지 다 쌓아올리는 것까지는 무리하다고 본다면 스승이나 학교가 어느 정도는 느슨한 울타리나 다소 휘청거리는 사다리 역할을 해주되 일정한 거리를 유지하여 결정과 성취 자체는 자신의 힘으로 하게 지켜보아 준다... 이런 정도일까요? 또는 사람에게 따라 달리 가르친다(隨人異敎)고 하듯이 사람을 보아가며 유달리 창의적이면서 의욕이 넘치는 사람에겐 자율권을 크게 주고, 별로 탐구할 의지와 능력이 없는 사람에겐 최소한의 수준을 달성하게 강하게 이끌어주고 해야 할까요?

… 아인슈타인이 정규적인 교육에 별로 큰 관심이 없었을 뿐 아니라, 그런 교육을 충실히 받았더라면 오히려 그가 해낸 작업을 할 수 없었으리라는 점이다. … 흔히 교육을 충실히 받는다는 것은 스승에 의해 스승이 중요하다고 생각하는 것을 일방적으로 수용해나가는 것을 말하며, 이렇게 할 경우 학습자가 자신의 방식과 취향에 맞추어 탐구해나가기 쉽지가 않다. 반면 학습자가 철저히 자신의 지적 관심사에 초점을 맞추어 학습을 수행해나가기 한다면, 적어도 외견상 교육에 충실히 따르지 않은 것으로 비칠 수 있다. (p. 147)

특히 여기서 중요한 점은 이후 수행된 학습이 거의 전적으로 자신에 의한 그리고 자신을 위한 학습으로 진행되었다는 사실이다. (p. 149)

여기서 우리는 뉴턴과 아인슈타인 사이에 우연의 일치라기에는 너무도 기묘한 공통점 하나를 본다. 이유는 좀 다르지만 두 사람 다 16세에 제도권 교육에서 벗어난다는 점이다. … 이 소중한 지적 성장기에 혼자의 힘으로 학문에 도전해본다는 것은 새로운 분야를 개척하려는 사람들에게 어찌면 필수적 경험이 아니었을까 하는 느낌을 준다. (p. 151)

뉴턴의 경우도 그랬지만 아인슈타인에게서 또 한 가지 눈여겨볼 점은 그에게는 특별한 스승 곧 멘토mentor가 없었다는 점이다. 아마도 어떤 강력한 영향력을 지닌 멘토가 있었더라면 거의 틀림 없이 그의 사고 진로를 방해했을 것이다. (p. 153)

Q1-3. 사고 세계의 발전과 ‘놀라움’?

‘놀라움’을 경험하거나 ‘깊은 감명’을 받는 경험이 사고 세계의 발전으로 이어지는 구도는 분야를 막론하고 일반적인 것일까요? 그러면 나이가 어리더라도 자라면서 일종의 작은 선입관이 형성되어 자기 나름대로 해석의 틀로 활용하다가 선입관이 깨지면서 놀라움을 느끼고 한 단계 지적으로 성장하는 과정을 반복한다 이렇게 볼 수 있을까요?

“이런 ‘놀라움’은 한 경험이 우리 속에 이미 설정되어 있는 개념들의 세계와 갈등을 일으킬 때 발생한다. 이런 갈등이 심하고 강렬하게 느껴질 때마다 이것이 우리의 사고 세계에 결정적인 방식으로 충격을 준다. 사고 세계의 발전이라 함은 어느 의미에서 ‘놀라움’으로부터의 지속적인 도주라 할 수 있다.” (p. 148)

“… 이 (나침판의) 자침이 것처럼 일정한 방식으로 움직인다는 사실은 무의식적 개념들의 세계에 자리 잡고 있는 (직접적 ‘접촉’에 의해 효과가 발생한다는) 일상적 사물의 성격에 전혀 들어맞지 않는 것이었다. … 이 경험은 내게 깊고 지워지지 않는 감명을 주었다. 깊이 감추어진 어떤 것이 사물 뒤에 숨어있다고 여겨진 것이다.” (pp. 148-149)

Q1-4. ‘광속 일정’이라는 가정, 전제를 20세기 초 학자들이 받아들일 수 있었던 배경은 무엇인가?

아인슈타인의 1905년 논문은 ‘광속은 일정하다’는 상대성이론의 결과를 도리어 전제로 하였는데 당

시 이 점이 도리어 ‘트로이의 목마’처럼 작용할 수 있었던 배경이 있었나요? 어떻게 재어도 광속이 일정하게 측정되더라는 믿기지 않지만 믿을 수밖에 없는 실험결과가 있었다거나 아니면 광속이 일정하다고 가정하지 않으면 도저히 설명되지 않는 현상이 알려졌거나 하는 게 있었을까요?

Q1-5. 중력이론이 4차원적 구조에 자연스럽게 들어맞지 않았다는 말의 의미는 무엇인가?

상대성이론의 성공 뒤에 다시 일반상대성이론을 만들지 않을 수 없었던 사정은 중력이론이 4차원적 구조에 자연스럽게 들어맞지 않았기 때문인데 어떤 점이 문제가 되었던 것일까요?

4차원적 형식에 맞추어 전기-자기이론을 말끔하게 다듬은 아인슈타인은 이어서 뉴턴의 중력이론 또한 여기에 맞추어 정리하려는 작업에 나섰다. 그러나 뉴턴의 중력이론은 4차원적 구조에 자연스럽게 들어맞지 않았고, 이에 고심하던 아인슈타인은 ... 이번에는 중력의 효과 자체를 시공간의 구조 속에 삽입할 이론을 모색했던 것이다. (pp. 158-159)

Q2. 내용 정리에 들어가기 앞서서 - 아인슈타인의 질문과 개념

Q2-1. 아인슈타인의 질문은 무엇이었나?

아인슈타인의 의문은 그가 좋아하는 맥스웰 이론이 대상이 정지해있을 때와 대상이 움직일 때에 다른 형태로 나타나게 되는 모순을 어떻게 피할 수 있을까 하는 것이었다고 전해 듣고 있습니다. 아인슈타인이, 또는 상대성이론이 새로운 앎을 추구하지 않을 수 없었던 맥락과 질문은 무엇이었다고 정리할 수 있을까요?

Q2-2. 자연을 이해하는 ‘바른 이치’, ‘바탕 이치’를 파악하는 데에서 ‘시공간’은 얼마나 중요한가?

상대성이론은 ‘운동’ 그 자체나 운동을 일으키는 ‘힘’에 대한 이론이 아니라 운동이 일어나는 배경, 또는 운동을 기술하는 기준인 시간과 공간에 대한 이론인 것 같습니다. 선생님의 표현으로 보면 앎의 바탕 구도 이외에 바탕 관념도 굉장히 중요하다고 할 수 있겠는데 자연의 이치를 파악하는 데에 기준에 대한 이해, 시간과 공간에 대한 이해, 바탕 관념이 왜 이토록 중요한가요?

Q2-3. 상대성이론의 주요 개념들은 무엇이었나?

상대성이론은 바탕 관념을 혁신하는 과정에서 어떤 개념을 준비했나요? 또는 기존 개념을 어떻게 바꾸었나요?

Q3. 내용 정리 - 상대성이론을 ‘앎의 바탕관념’으로 이해하기

상대성이론은 공간을 3차원으로, 그리고 시간을 이와 별도의 1차원으로 이해하던 고전역학의 바탕 관념을 시공간 4차원 바탕 관념으로 바꾸었다고 합니다. 여기에 대해 하나하나 질문을 해보면요,

Q3-1. 공간을 좌표계로 이해하는 방식에 대하여

우선 공간을 좌표계를 통해 이해하는 방식, 또는 위치를 3차원 좌표계의 세 개 변수로 된 하나의 점으로 표현하는 방식에 대해서 이해하고 싶습니다. 제가 생각할 때에는 공간, 그리고 공간 상의 한 점인 위치를 좌표계를 통해서 이해했기 때문에 결과적으로 고전역학의 성공과 실패가 다 생긴 게 아닌가 싶어서요.

우선 2차원 평면에서 위치를 표시한다고 가정할 때 현대인에게 익숙한 것은 위도 경도를 이용하는 방식입니다. 적도를 기준으로 하는 위도와 그리니치 천문대를 기준으로 하는 경도를 지구 표면에 (가상으로) 그리고 지구상의 모든 위치를 위도와 경도 값으로 나타내는 것입니다. 아마 GPS도 이를 이용하는 것 같죠? 이런 것이 좌표계로 위치를 표시하는 방식이죠? 만약 여기에 지표면을 기준으로 하는 높이까지 더하게 되면 위도, 경도, 고도 3개 값으로 3차원의 위치를 표시할 수 있을테고요.

여기까지는 매우 익숙하기도 하고 단순하기도 해서 전혀 문제를 느끼지 못합니다. 그러면 언제 문제가 발생하는 건가요? 기준 자체가 움직이면 문제가 되는 건가요? 기준이 여러 개면 문제가 되는 건가요? 갈릴레오는 지상에 대해 운동하는 배를 예로 들면서 ‘상대성원리’를 이야기했고, 아인슈타인은 기차를 예로 들면서, 또는 빛을 타고 가는 자신을 예로 들면서 뭔가 문제를 제기했던 것 같은데요, 좌표계를 이용한 표현 방식과 무언가에 대해서 비교적 빠르게 운동하는 일종의 닫힌 공간의 예들은 어떤 문제점을 갖게 되는 건가요?

Q3-2. 3차원 공간 바탕 관념일 때의 시간 관념과 4차원 시공간 바탕 관념일 때의 시간 관념

상대성이론의 핵심은 시간과 공간을 별개로 보지 말고 시공간 4차원으로 보아야 한다는 것입니다. 4차원 시공간의 시간 관념은 공간과 별도의 3+1차원 시간과 어떻게 다른가요?

Q3-3. 복소수 개념과 4차원 시공간

책에서는 수학에서 미리 마련된 복소수 개념과 이를 나타내는 복소 평면이 4차원 시공간을 나타내기에 아주 적합하다고 하고 있습니다. 실제 응용 가능성이 고려되지 않고 창안된 수학적 개념이 어떻게 물리적인 자연 세계를 그려내는 데에 활용될 수 있는지도 궁금하고, 굳이 4차원 시공간이 왜 복소수 개념과 잘 맞는지도 설명이 필요합니다.

Q3-4. 상대속도로 본 4차원 시공간의 의미?**Q3-5. 시간간격의 상대성?****Q4. 상대성이론의 ‘바탕 관념’ 수정은 ‘얇의 바탕 구도’를 어떻게 바꾸었나?**

이렇게 바탕 관념에 변화가 생기게 되면 명시적 차원의 얇의 바탕 구도, 얇의 틀에도 변화를 주는지

특성과 상태, 변화의 원리, 그리고 힘 등에서 하나하나 확인하고 싶습니다.

Q3-1. 상대성이론의 ‘대상의 특성’?

상대성이론의 대상의 특성 규정은 고전역학과 어떻게 다른가요?

Q3-2. 상대성이론의 ‘대상의 상태’?

상대성이론의 대상의 상태 규정은 고전역학과 어떻게 달라지나요?

Q3-3. 상대성이론의 ‘변화의 원리’?

상대성이론의 변화의 원리는 고전역학과 달라지는 면이 있나요?

Q3-4. 상대성이론의 ‘대상의 특성’ 중 ‘힘’?

상대성이론에서 고전역학의 여러가지 힘들은 수정이 되나요?

Q4. 상대성이론의 ‘바탕관념’ 수정으로 설명되고 예측된 것들

상대성이론의 효과, 즉 상대성이론이 기존의 3+1차원 공간, 시간 바탕관념을 4차원 시공간 바탕관념으로 수정함으로써 얻어진 새로운 이해에는 어떤 것들이 있나요?

Q5. 일반상대성이론은 왜 필요했나?

이상의 이야기들은 특수상대성이론이라 이야기되고 그 뒤에 일반상대성이론이 다시 나오게 됩니다. 일반상대성이론이 필요했던 맥락, 질문은 어떤 것이었고, 일반상대성이론은 앞의 바탕 구도와 바탕 관념 안에서 어떤 것을 수정한 것이며, 그것을 통해서 얻게 된 결과는 무엇인가요?