

<철학자를 위한 물리학> 강의 3강 대담 질문들

대담의 흐름에 나름의 구조를 짜보아야 하는 것 아닌가 하는 생각 때문에 오랫동안 헤매었는데 어제 선생님 말씀을 듣고 그냥 쉽게 책의 흐름을 따라서 대화를 나누는 방향으로 생각해볼까 합니다.

강의계획서에 따르면 3주차는 “고전역학 2: 구체적 활용 사례”가 강의 내용이고, 4주차는 “상대성이론 1: 4차원 개념의 도입”입니다. 여기에 정확하게 맞추기는 어렵고, 1주차 영상과 2주차 영상이 약간 넘나든 것을 제외하면 대체로 1장까지의 이야기이기 때문에 3주차 영상은 제2장 고전역학 부분에 할애하고, 4주차 영상은 제3장 상대성이론 부분에서 절반 정도까지를 다루는 것으로 해보겠습니다.

3. 제2장 소의 자취를 보다 - 고전역학 이야기

“장회익의 자연철학 이야기”라고 이름을 붙이고 이야기를 나누고 있는데요, 세 번째 영상에서는 『장회익의 자연철학 강의』의 제2장 소의 자취를 보다 - 고전역학 부분을 따라가면서 궁금한 점들을 여쭈어 보도록 하겠습니다.

Q1. 역사 지평 - 데카르트와 뉴턴의 이야기

『장회익의 자연철학 강의』에서 제일 재미있고 잘 읽히는 부분은 매 장의 앞에 나오는 <역사 지평> 부분입니다. 제2장의 역사 지평에는 고전역학의 밑바탕을 예비했다고 할 수 있는 데카르트와 고전역학을 만들어 낸 뉴턴의 이야기가 실려있습니다. 먼저 이 두 사람에 대한 이야기들을 선생님께 들어보는 게 순서일 것 같습니다.

Q1-1. <역사 지평> 부분은 어떻게 읽어야 하는가?

먼저 여쭈어 보고 싶은 것은 이 책의 <역사 지평> 부분을 어떻게 읽어야 할까 하는 점입니다.

사실 전 이 책에서 <역사 지평> 부분은 좀 덜 중요하고, <내용 정리> 부분이 제일 중요하다고 보았습니다. 누구를 통해서건 인류가 소중한 지식과 지혜를 얻은 것이 중요하지 그것이 누구로부터 나온 것인지 공을 돌리는 것은 그렇게 중요하지 않다고 생각한 것 같습니다. 그런데 어떻게 보면 이런 접근은 과학 분야의 ‘교과서’의 방식인 것도 같습니다. 교과서들은 사람에 대한 이야기는 거의 하지 않죠.

고전역학이나 상대성이론처럼 자연을 이해하는 중대한 암을 접할 때 그 창안자에 대한 이야기는 얼마나 중요한 의미가 있을까요?

Q1-2. 역사적 관련성이 아니라 문제의식의 연관성?

제2장의 <역사 지평>에서는 첫 쪽의 아래 대목이 눈에 띄었습니다. <역사 지평>에서 소개하는 인물들은 그저 역사적으로 중요하기 때문에, 또는 어떤 암의 출현에 창안자나 제1의 공헌자이기 때문에 선택되었다기보다는 새로운 암이 어떤 자세와 어떤 여건을 가진 인물들에 의해서 생겨나는지를 잘 보여주기 때문에 선택된 거라 보아야 하나요?

그러나 우리가 여기서 눈여겨보려는 것은 그 어떤 역사적 관련성이 아니라 이들이 지녔던 문제의식이 어떻게 서로 연관되느냐 하는 점이다. (p. 81)

Q1-3. 장현광, 데카르트, 뉴턴. 공통점은 말 안 듣는 기질? 아니면 혁명가적 기질?

선생님 책에 묘사된 데카르트는 굉장히 차갑고 딱딱하며 고집스러울 것 같은 인상이기도 한 반면,

그는 특히 수학에 마음이 끌렸는데, 이는 그 근거의 확실성과 명증성 때문이었다. (p. 86)

“한 가지 것에 대해서는 단 하나의 참된 의견만 있을 터인데, 아주 많은 의견들이 학자들에 의해 서로 주장되는 것을 보고, 나는 단지 그럴듯하게 보이는 것은 거의 모두 거짓된 것이라 간주하게 되었다.

나머지 다른 학문들에 관해 말하자면, 이 학문들의 원리는 철학에서 비롯되고 있기 때문에, 이처럼 어설픈 토대 위에는 그 어떤 것도 견고하게 세워질 수 없다고 생각했다.” (p. 87)

기존 권위보다 자신의 얇을 추구하는 진지함에서는 장현광과 비슷한 인물이라는 생각도 들었습니다. 선생님은 장현광과 데카르트 이 둘 모두 선대의 권위를 따르지 않고 자신 스스로를 납득시키는 일을 자신의 힘만으로 하겠다는 점에서 동서 근대학문의 시조라고 보시는 거죠?

“그래서 나는 내 스승들로부터 해방되는 나이가 되자 학문 관련 공부를 완전히 집어던졌다. 내 자신 속에서 아니면 세상이라는 거대한 책 속에서 찾아질 수 있을 것 이외에 어떤 다른 얕도 추구하지 않겠다고 다짐했다.” (p. 88)

무엇보다도 중요한 공통점은 두 사람 다 생애의 어느 시점에 학문에 전념하겠다는 각오를 깊이 다졌다라는 점이다. (p. 90)

뉴턴도 마찬가지인 것 같습니다.

“이후의 페이지에 기록될 진리에 관한 어떤 내용도 플라톤이나 아리스토텔레스로부터 오는 것은 전혀 없도록 함.” (p. 100)

어떤 기자가 대통령의 정책을 두고 “그런 근거없는 자신감은 어디에서 오느냐”고 물어서 많은 사람들 을 아연실색하게 한 일도 있지만 장현광이나 데카르트, 뉴턴의 “내가 알아낼 수 있다”는 자신감은 어디에서 온 것인지도 궁금합니다. 아니면 도무지 자신들 이전까지의 학문 경향을 도저히 받아들일 수도, 용납할 수도 없어서 나라도, 또는 나만큼이라도 새로운 그 무엇을 해내지 않으면 안 되겠다는 사명감 같은 게 있었을까요?

Q1-4. 데카르트의 방법, 오늘에 보기에는?

데카르트의 방법은 수학과 비슷해보이기도 하고, 오늘날 과학 및 학문 일반의 방법과 똑같다 싶기도 합니다. 오늘에 보아도 이 데카르트의 방법은 유효할까요?

“첫째, 조금도 의심의 여지가 없을 정도로 명석 판명하게 내 정신에 나타나는 것 외에 어떤 판단 도 내리지 말 것.

둘째, 검토할 어려움들을 각각 잘 해결할 수 있도록 가능한 한 작은 부분으로 나눌 것.

셋째, 내 생각들을 순서에 따라 이끌어나갈 것, 즉 가장 단순하고 가장 알기 쉬운 대상에서 출발 해 단계적으로 가장 복잡한 것의 인식에까지 이를 것.

넷째, 아무것도 빠트리지 않았다는 확신이 들 만큼 완벽한 점검과 총체적 검토를 전 과정에 걸쳐 수행할 것.” (p. 94)

Q1-5. 난관과 위대한 성취?

뉴턴의 경우 전염병 때문에 학교가 문을 닫은 것은 오히려 자양분이 되었습니다. 선생님도 『공부이야기』에 마찬가지 경험담을 쓰신 적이 있는데요, 이건 어쩌면 “될 놈은 어떻게 될 냐”는 이야기는 아닐까요? 또는 영재 양성의 방향에 대한 함의는 되겠으나 보통 사람들의 성장 과정에도 적용이 가능한 이야기가 될까요? 모두에게 도움이 되는 방향이라면 모든 젊은이들에게 6개월이나 1년 정도 유급 안식월이나 안식년을 주는 것 같이, 인위적으로 정규 코스를 멈추고 아무런 의무 없는 기간을 주는 제도 같은 것을 생각해 볼 수 있을까요?

그러나 뉴턴과 같은 위대한 인물을 낳기 위해서는 어떤 타고난 능력이나 또는 행운보다는 오히려 이런 난관이 필요했으리라고 보는 것이 더 적합할 것 같다. 어린 시기에 외적 사유로 학업 중단을 강요당하는 경우, 많은 사람들에게 이것은 학업상의 재앙으로 다가오겠지만 스스로 극복해낼 저력과 의지가 있다면 이것이 오히려 더 없이 소중한 능력 배양의 기회가 된다. 이를 통해 누구의 가르침도 없이 스스로 학습해나갈 능력을 얻게 될 것이고, 이는 다시 스스로 창의적인 학문을 수행해갈 지적 토대가 될 것이기 때문이다. 또 이러한 학업 중단이 타의에 의해 강제된다면 당사자는 다시 학업에 복귀하겠다는 의지를 불태우게 되고, 일단 복귀한 후에는 이 기회를 다시는 놓치지 않겠다는 강한 집념을 가지게 될 것이다. (p. 90)

Q2. 내용 정리에 들어가기 앞서서 - 고전역학의 질문과 개념

먼저 고전역학을 ‘앎의 바탕 구도’에 맞추어 이해하기에 앞서서 고전역학의 질문과 그 질문을 풀기 위한 개념적 준비에 대해 짚어보았으면 합니다. 무엇을 궁금해했고, 궁금증을 풀기 위해 어떤 노력을 했는지 하는 것이 어떤 깊이 이해하는 열쇠가 아닐까 생각합니다.

Q2-1. 역학은 무엇이고, 그 중 고전역학은 무엇인가?

너무 상식적인 수준의 질문이겠지만 사실 이것도 잘 모르는 수준에 있는지라 솔직히 질문하지 않을 수 없습니다. ‘역학’이란 건 무엇이고, 그 중 ‘고전역학’은 무엇을 가리키나요? 책을 보다 보면 역학이란 분야가 건축물이나 구조물이 어떻게 무너지지 않을 수 있는가 하는 점을 다루는 깊의 영역은 아닌 것 같아요. 또 뉴턴의 이론을 일컬어 고전역학이라고 하나요? 아니면 19세기까지의 물리학 이론을 통틀어 고전역학이라고 보면 될까요?

Q2-2. 고전역학의 질문은 무엇인가?

고전역학 전체를 관통하는 단 하나의 질문을 추린다면 무엇일까요? 뉴턴의 이야기에서 쓰셨듯이 “사

과는 왜 떨어지나”라는 질문일까요? 아니면 좀 더 거창하게 “천지만물은 어떻게 운행하는가” 이런 것일까요?

Q2-3. 자연을 이해하는 ‘바른 이치’, 그 중에서도 ‘바탕 이치’를 파악하는 데에서 ‘운동’은 얼마나 중요한가?

고전역학은 자연의 다채로운 변화 중에서 사물의 ‘운동’을 이해하는 데로 관심의 초점을 한정하고 노력은 집중한 시도가 아닐까 생각합니다. 왜 ‘운동’을 이해하는 것이 그토록 중요한 것일까요? 데카르트의 방법론에서처럼 ‘가능한 한 작은 부분으로 나누어’ ‘가장 단순하고 가장 알기 쉬운 대상에서 출발해 단계적으로 가장 복잡한 것의 인식에까지 이르’고자 할 때 ‘운동’이 가장 단순하고 가장 알기 쉬운 자연의 변화였기 때문일까요?

Q2-4. 고전역학의 주요 개념과 개념적 도구들은 무엇인가?

고전역학의 사물의 운동을 이해하고자 했다면 ‘운동’을 효과적으로 그려내고 이해하기 위한 여러가지 개념들도 만들어내거나 도입을 했을텐데 어떤 것들이 중요한 개념들인가요? 이전에는 없었거나 경시되었지만 고전역학에서 중대한 의미를 가진 개념들이라면 ‘위치’, ‘속도’, ‘가속도’, ‘운동량’ 이런 것들인가요?

Q3. 내용 정리 - 고전역학을 ‘앎의 바탕 구도’로 이해하기

이제 <내용 정리> 부분으로 들어가 보겠습니다. 아마도 제2장의 <내용 정리> 부분의 핵심 내용은 기준의 확립된 고전역학이라는 깊을 장현광을 통해서 얻은 ‘앎의 바탕 구도’에 맞추어 이해하는 게 아닐까 싶습니다.

Q3-1. 데카르트 3법칙과 뉴턴의 3법칙, 그리고 고전역학의 바탕 구도 비교해 보기?

굳이 필요하지 않은 질문이라 생각되기도 하지만 궁금해할 법도 한 질문을 해보면 책에 나온 데카르트의 세 규칙과 뉴턴의 세 개 운동 법칙, 그리고 바탕구도로 정리한 고전역학을 비교해서 이해해보고 싶습니다.

데카르트의 자연의 세 규칙은 아래와 같습니다.

첫째, 물질의 각 개별 부분들은 다른 것들과의 충돌이 이것의 상태를 강제하지 않는 한, 항상 동일한 상태를 유지한다.

둘째, 한 물체가 다른 것을 밀 때, 이것이 같은 양의 자신의 운동을 동시에 잃지 않는 한, 다른 것에 운동을 전해줄 수 없다. (운동량 보존법칙)

셋째, 한 물체가 움직일 때, 이것의 각 부분은 개별적으로 항상 직선을 따라 움직인다. (p. 97)

뉴턴의 세 가지 운동 법칙은 아래와 같습니다.

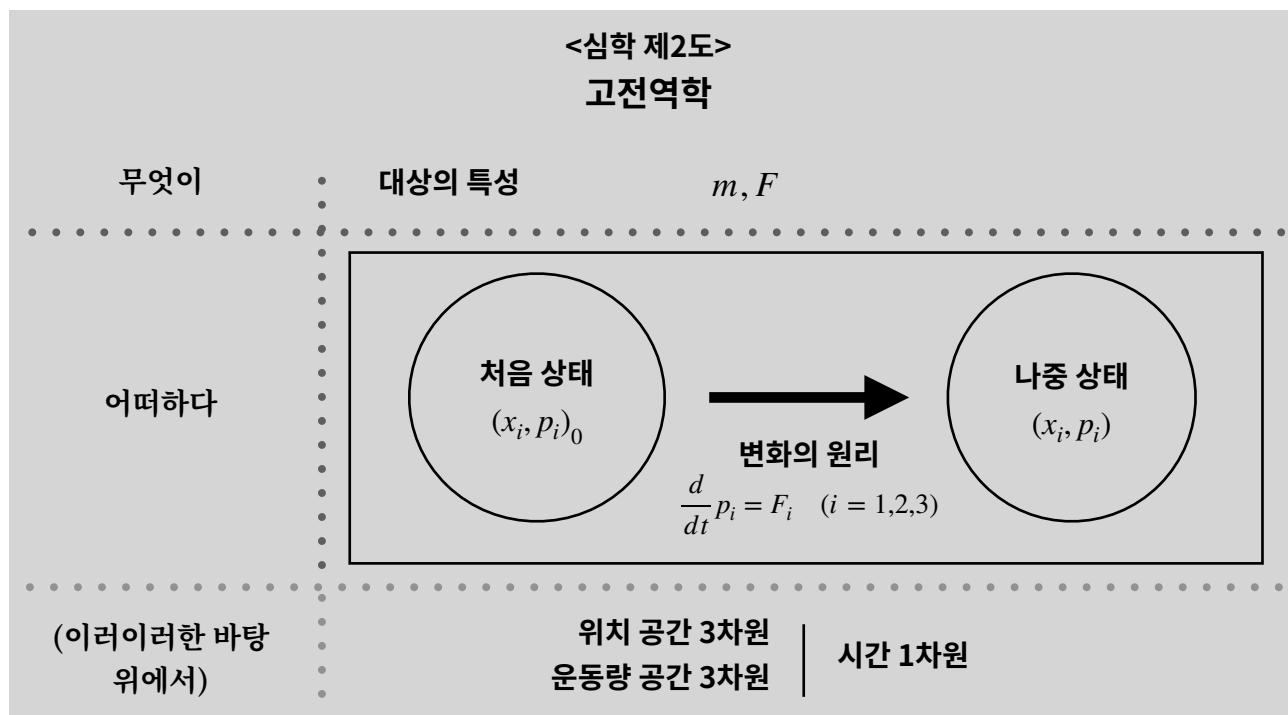
운동 제1법칙 : 모든 물체는 바깥에서 힘이 작용하지 않는 한 정지해 있거나 또는 직선 상의 등속 운동을 유지한다. (관성의 법칙)

운동 제2법칙 : 물체의 운동 변화는 가해지는 힘(motive force)에 비례한다. 그리고 그 변화는 가해지는 힘의 방향으로 이루어진다. (가속도의 법칙)

운동 제3법칙 : 모든 작용에는 항상 동일한 크기의 반작용이 있다. 즉 두 물체가 서로에게 가하는 작용은 그 크기가 같고 방향은 반대이다. (작용반작용의 법칙)

(안상현, 『뉴턴의 프린키피아』, 동아시아, 2015, p. 281.)

얇의 바탕 구도에 따라 고전역학을 이해해보면 아래와 같습니다.



책에 있는대로 데카르트의 자연의 세 규칙은 대체로 뉴턴의 세 가지 운동 법칙 중 1법칙과 3법칙으로 정리가 되는 것 같습니다. 운동량 보존법칙이 뉴턴의 2법칙의 내용을 담고 있는지는 잘 모르겠습니다. 뉴턴의 3법칙 중 1법칙은 2법칙의 특수한 경우라서 불필요한 정리라고 선생님 누차 말씀하셨죠. 따라서 변화의 원리에 해당하는 것은 2법칙이고, 이것만 남겨서 정리하는 것이 더 간명하고 분명한 것 같습니다. 하지만 작용반작용 법칙은 굳이 바탕 구도 안에 담지 않고 일종의 대전제와 같이 남겨두어도 되는 건가요? 또 관성의 법칙에서 방향이 바뀌지 않는다는 것도 운동량을 벡터로 다루면 그 안에 다 담기는 건가요?

Q3-2. 고전역학의 ‘대상의 특성’?

고전역학은 ‘무엇이’에 해당하는, 그러나 개개 사물에 드러나 있는 형 이면의 공통적인 형이 없는 형으로서 질량 m 과 힘 F 를 특성으로 봅니다. 우리가 사물의 운동을 이해하고자 할 때 운동을 하는 사물은

“질량 m 을 가지고 있고 힘 F 를 받고 있는 것”으로 지정할 수 있다는 말일텐데요, 대상의 질량과 대상이 받고 있는 힘, 이 두 가지로 대상의 특성을 지정해야 하는 이유나 장점 같은 것을 생각해볼 수 있을까요?

Q3-3. 고전역학의 ‘대상의 상태’?

‘어떠하다’에 해당하는, 상이 없는 상을 위치와 운동량으로 지정하고 있는 점도 마찬가지 차원에서 이야기해 볼 수 있을 것 같습니다. 자연의 변화를, 그 중 사물의 운동을 위치와 운동량의 변화로 이해하는 것인데요, 이것은 자명한 것인가요? 아니면 여러 후보 중에서 위치와 운동량으로 운동을, 자연의 변화를 나타내는 데에 더 장점이 있기 때문에 그런 건가요?

Q3-4. 고전역학의 ‘변화의 원리’?

고전역학의 핵심은 상태 변화의 원리로서 “단위 시간에 변하는 운동량의 크기(운동량의 시간적 변화율)는 이 물체가 받는 힘과 같다”는 보편 원리를 설정하고 이를 통해서 운동을 성공적으로 설명한다는 점일 것입니다. 그런데 어떻게 보면 지극히 당연한 말 같기도 합니다. ‘얼마만큼의 힘을 받고 있는 놈이 있다고 할 때 이 놈이 얼마만큼 움직이나 하면 받은 힘만큼 움직인다’ 이런 지극히 일상적인 상식 수준의 말과 비슷해 보입니다. 고전역학에서 확립된 변화의 원리는 과연 대단하고 놀라운 건가요? 아니면 상식적인 판단을 계산할 수 있는 수학으로 표현한 점에서 훌륭한 건가요?

Q3-5. 고전역학의 ‘대상의 특성’ 중 ‘힘’?

대상이 받을 수 있는 힘의 종류는 매우 다양한 것 같습니다. 낙하운동하는 물체는 중력을 받고, 용수 철에 달린 물체는 용수철이 당기는 힘을 받습니다. 대포에서 발사된 대포알은 여러가지 힘을 동시에 받는 것으로 보이고요. 뉴턴의 업적 중 하나는 만유인력이라는 힘을 찾아내고 지구의 중력은 이 보편적인 힘의 특수한 형태라는 점을 밝힌 것 아닐까요?

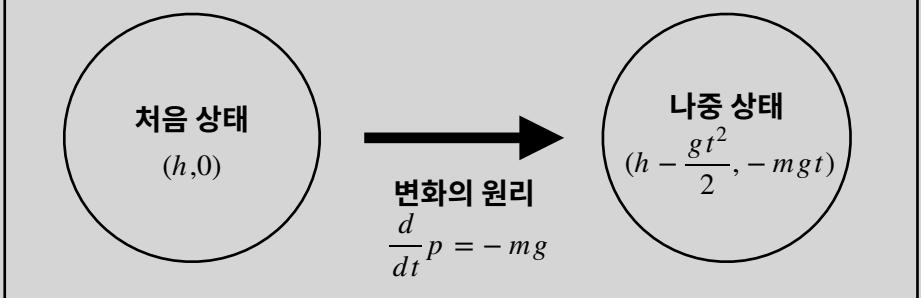
대상을 운동하게 하는 힘은 매우 다양한가요? 보편적인 변화의 원리는 하나이지만 힘은 다양하게 많은 건가요? 아니면 이 역시 보편적인 힘의 다양한 변수들일 뿐인가요? 보통 이 힘 F 를 가장 중요한 것으로 강조하는 것 같은데 선생님의 암의 바탕 구도에서는 변화의 원리가 강조되고 힘은 대상을 나타내는 특성으로 덜 중요한 위치로 가는 게 아닌가 하는 느낌도 있습니다.

Q4. 고전역학의 바탕구도로 설명하고 예측한 것들

고전역학은 많은 것들을 아주 성공적으로 설명하고 예측했다고 합니다. 그 세세한 과정까지 이야기하기는 어렵겠지만 고전역학이 한 때 절대진리처럼 받아들여지기까지 어떤 것들을 성공적으로 설명하고 예측했는지 이 암의 활용 결과와 성공 사례들에 대해 알고 싶습니다.

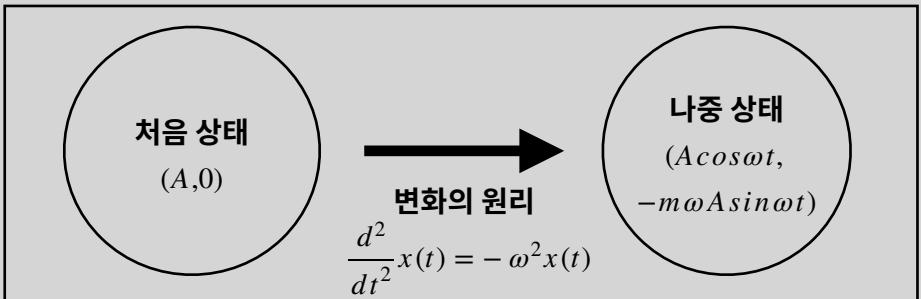
Q4-1. 갈릴레오의 (지구상에서의) 낙하운동 법칙 유도?

<심학 제2도> 고전역학 - 지구상에서 낙하운동하는 물체

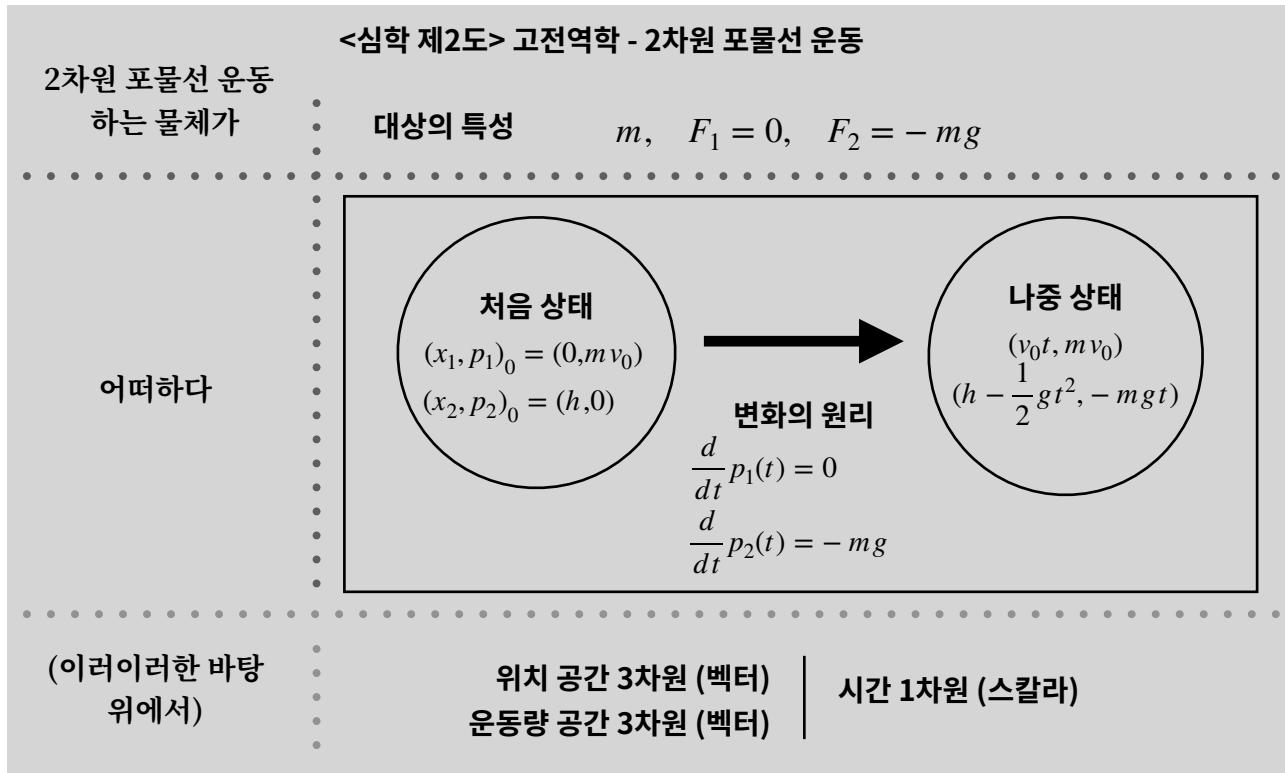
지구상에서 떨어지는 물체가 어떠하다 (이러이러한 바탕 위에서)	대상의 특성 $m, F = -mg$ 	위치 공간 3차원 운동량 공간 3차원 시간 1차원
--	---	-------------------------------------

Q4-2. 용수철에 달린 물체의 운동?

<심학 제2도> 고전역학 - 용수철에 달린 물체의 운동

용수철에 달린 물체가 어떠하다 (이러이러한 바탕 위에서)	대상의 특성 $m, F = -Kx$ 	위치 공간 3차원 운동량 공간 3차원 시간 1차원
---	---	-------------------------------------

Q4-3. 2차원 포물선 운동하는 물체의 운동?



Q4-4. 케플러의 법칙 유도와 천문 현상 설명, 예측?

Q4-5. 그 밖에 고전역학이 설명하고 예측한 것들?

Q5. 고전역학의 ‘앎의 틀’로 설명하고 예측할 수 없었던 것들 - 왜 소의 자취를 본 것에 그쳤나?

심우십도에 빗댄 2장의 제목은 ‘소의 자취를 보다: 고전역학’입니다. 라플라스는 현실적으로 가능하지는 않겠지만 원리로만 보면 고전역학으로 모든 것들의 운동을 기술할 수 있다고 보았습니다. 그런데 오늘날 고전역학은 매우 좋은 근사이론으로 평가되고 있습니다. 그래서 선생님은 ‘소의 자취를 본 것’으로 평가하셨겠는데요, 20세기에 상대성이론과 양자역학이라는 대혁신이 필요했던 고전역학의 한계는 무엇이었나요? 문제가 되었을 때 성공적으로 돌파해온 역사도 있었을텐데 결국 대혁신이 아니고서는 돌파할 수 없었던 문제 상황은 무엇이었을까요?

Q5-1. 라플라스의 기대처럼 고전역학은 모든 것을 설명할 수 있는 이론이었나?

Q5-2. 고전역학이 골머리를 앓다가 혁명을 맞게 된 문제들은 무엇이었나?