



열역학으로 바라본 과학과 철학

「열역학」과 「과학과 철학」강의페어링

물리학과, 송중규, 201221215, 이진희 교수님 지도

목적

전문가들 사이에 이견이 없으며, 실제로도 상당히 잘 들어맞는 확고한 과학인 열역학을 통해 과학 철학에서 과학이 무엇인지에 대해 설명하는 3가지 이론을 평가해보고자 한다.

열역학이란?

열역학은 산업혁명 이후 열기관에 대한 해석의 필요성에 의해 태어난 학문이다. 20세기 양자역학이 태동한 이래로 열역학은 더 확장되었다. 현재 열역학은 현대물리학을 떠받치고 있다고 해도 과언이 아닐 정도로 물리학 전반에서 활약하고 있다.

제 0법칙 열역학적 평형

→대전의 22°C와 부산의 22°C는 같다.

제 1법칙 : 에너지 보존 법칙

→열과 에너지는 같다. 따라서 열을 포함한 고립된 계(system)의 에너지의 총합은 같다.

제 2법칙 : 엔트로피 증가의 법칙

→모든 에너지는 쓸모 없는 형태로 바뀐다. 열은 높은 온도에서 낮은 온도로 흐른다.

제 3법칙 : 절대영도 불가의 법칙

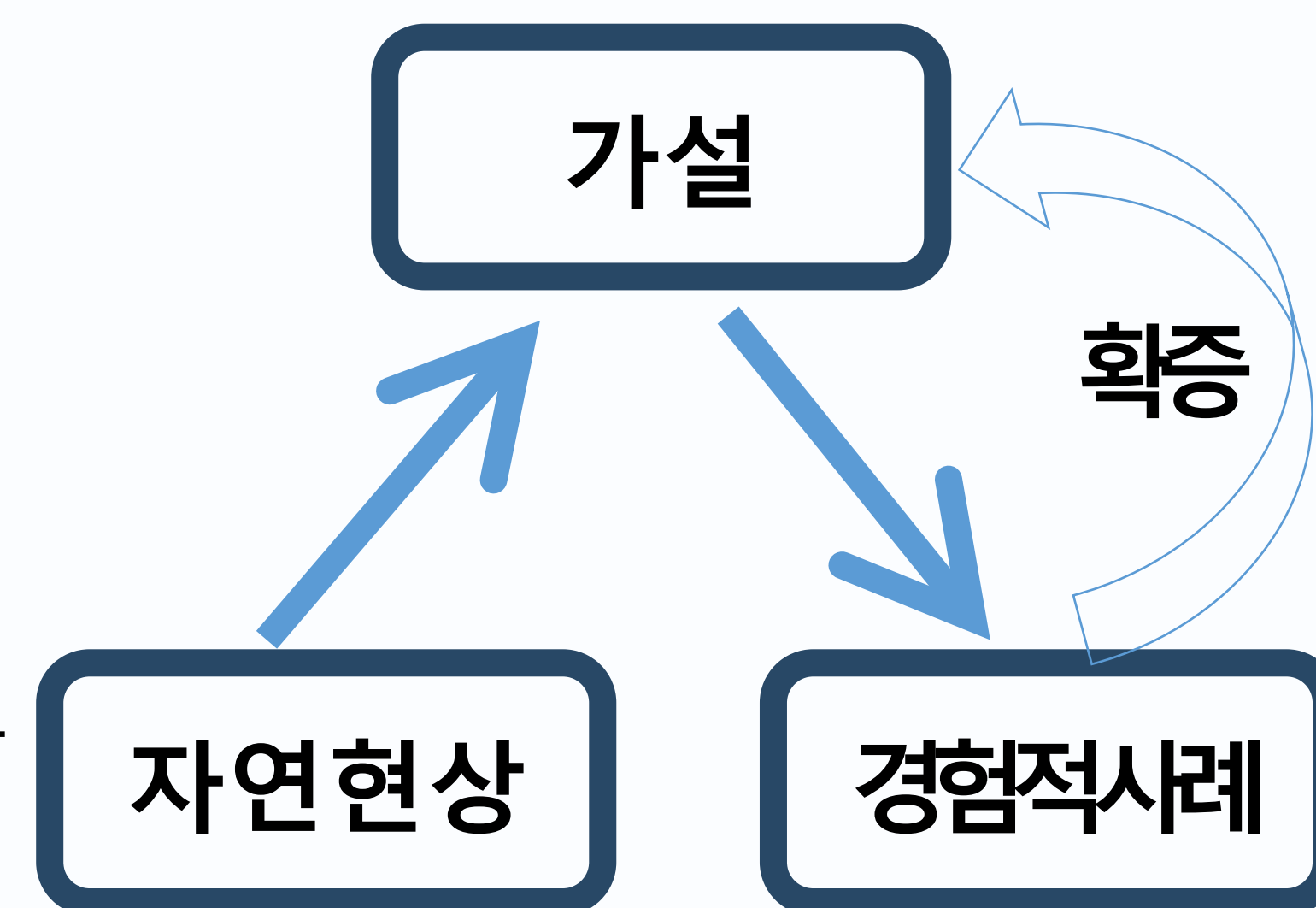
→0K는 될 수 없다.

세련된 귀납주의와 열역학

"과학은 관찰에 의해 정당화된다."

→구체적 사실(자연현상)들을 통해 보편적 사실(이론)을 추측하여 가설로 삼는다. 그 후 많은 경험적 사례들을 이용하여 귀납적 일반화를 통해 가설이 참임을 정당화하는 '확증'을 거친다.

단점: 확증의 단계에서 관찰이 이론에 의존하는 순환이 발생할 수 있다.



제 1법칙 에너지 보존의 법칙을 귀납주의로 바라보자, 고립된 계의 에너지의 총합이 일정함을 보이기 위해서는 에너지가 측정되어야 한다.

실험을 여러차례 진행하다보면 열을 포함한 에너지의 총합이 일정하다는 경험적 사례들을 얻을 것이다. 이러한 사례들이 전세계에서 동시다발적으로 일어나면서 오랜 시간 동안 동일한 사례를 이끌어냈다고 해서 열역학 에너지 보존의 법칙을 확증할 수 있을까?

결론을 이야기하면 아니라고 생각한다. 왜냐하면 에너지를 관측할 때 열 또한 에너지로서 데이터를 수집할 것이 분명한데, 열이 에너지와 동일하다는 것 자체가 열역학에 의존하기 때문이다. '고립되어 있는 계의 에너지의 총합은 같다'는 실험 결과는 확증해야 될 '열은 에너지다'라는 가설에 의존하기 때문에 순환의 문제에 빠지게 된다. 따라서 귀납주의는 열역학을 설명할 수 없다.

반증주의와 열역학

"과학은 관찰이 아니라 문제에서 출발한다."

→기존의 이론이 잘못되었음을 증명하는 '반증'의 사례가 나오면 반증 사례를 해결하기 위한 새로운 이론을 내놓게 되고 다시 새로운 이론의 반증사례가 나오기 전까지는 그 이론이 참임을 잠정적으로 수용한다. 이러한 구조를 통해 과학이 좀 더 발전한다는 것이다. 그러나 필연적 명제는 반증할 수 가 없는데, 왜냐하면 필연적 명제가 반증되면 모순이 발생하기 때문이다. 또한 현실적으로 반증이 불가능한 경우가 있기 때문이다. ex)"지구는 태양의 3번째 행성이다."

열역학을 반증한다고 생각해 보자. 열역학에 따르면 아무런 조건이 없다면, 온도가 높은 곳에서 온도가 낮은 곳으로 열이 이동하게 된다. 이것을 설명하는 것이 만약 반증하기 위해 데이터를 수집한다고 가정해 보자. 현실적으로 그러한 사례를 수집하기가 불가능함을 우리는 직관적으로 알 수 있다. 혹시라도 우주 어딘가에서 그러한 현상이 일어난다고 해도 그 사례가 열역학을 반증하는 사례가 될 수는 없다. 왜냐하면 열역학에서는 엔트로피라는 개념을 통해 고온에서 저온으로 열이 흐르는 현상을 확률의 개념을 이용하여 설명하기 때문에 아주아주 적은 확률로 저온에서 고온으로 갈 수 있음을 인정하기 때문이다. 그렇지만 그런 극미한 확률은 우주가 태어나고 멸망할 때까지 단 한번도 일어나지 않을 확률과 비슷하기 때문에, 그런 일은 없다고 말한다. 그러므로 사실상 열역학 제 2법칙을 반증할 수 없다. 반증주의에서는 반증이 불가능한 것은 과학이 아니라고 설명하는데, 그렇다면 반증이 불가능한 열역학이 과학이 아니라는 결론이 내려지게 된다. 이것을 받아들이기란 어렵다. 따라서 반증주의는 열역학을 설명하지 못한다.

패러다임

"과학에 대한 설명은 과학사적 변화를 설명할 수 있어야 한다."

→토머스 쿤의 <과학혁명의 구조>에서는 '전과학', '정상과학', '위기', '과학혁명'의 단계를 통해 과학이 발전한다고 말한다. 패러다임이란 '정상과학'을 의미한다. 패러다임이란 당대의 거의 모든 과학자들의 받아들이는 배경지식으로서 작용한다. 더 쉽게 풀어쓰면 전문가 모두가 긍정할 수 있는 교과서(형이상학적 가정, 규범, 기본법칙 등이 포함된다)가 있다.

열역학이 탄생한 초기에는 열의 본질이 무엇인지 명확히 정의 내리지 못했다. 어떤 과학자들은 열이란 현상을 열소라는 입자가 전달하는 무언가로 설명하는 사람도 있었고 입자들의 운동의 또 다른 면으로 설명하는 학자들도 있었다. 이러한 열의 본질을 둘러싼 논쟁은 쿤이 설명하는 전과학 단계와 매우 비슷한 양상을 띤다. 훗날 영국의 과학자 제임스 줄(1818-1889)에 의해 열과 에너지가 동일함을 증명하면서 열역학은 패러다임을 형성하게 된다.

그 후 20세기에 들어서면서 현대물리학을 탄생하게 한 양자역학이 태동하면서 엔트로피에 대한 관념적인 정의인 '무질서도'의 개념이 '계가 가질 수 있는 상태의 수의 자연로그를 취한 값'이라는 정량적인 수치로 정의된다. 이러한 흐름을 살펴보면 열역학은 과학혁명을 통해 더욱 개념을 명확하게 정의함으로써 새로운 패러다임을 구축하게 되고, 이것은 고체물리학, 나노과학, 화공학, 재료공학 등 현대물리학을 발전시키는데에 지대한 공헌을 하게 된다.

결론

여러가지 방식으로 열역학을 분석해 보았을 때, 열역학은 패러다임론으로 가장 잘 설명됨을 알 수 있다. 실제로 열의 정의가 불분명한 '전과학' 단계에서 안정된 고전 열역학이란 정상과학, 즉 '패러다임'을 형성하게 되고 20세기에 들어서 양자역학으로 대표되는 과학혁명의 단계를 지나 다시 안정적인 양자역학이 포함된 새로운 열역학의 패러다임을 형성하게 된다.

다만 열역학에는 '위기'의 단계가 나타날 것 같지는 않아 보인다. 그런 측면에서 바라보면 패러다임론도 설명이 부족하다.

결국 어떤 이론도 열역학을 완벽하게 설명하지는 못했다. 따라서 열역학을 온전히 설명할 수 있는 새로운 이론이 필요하다.