

# 이상기체를 통한 과학적 설명 이론의 비판

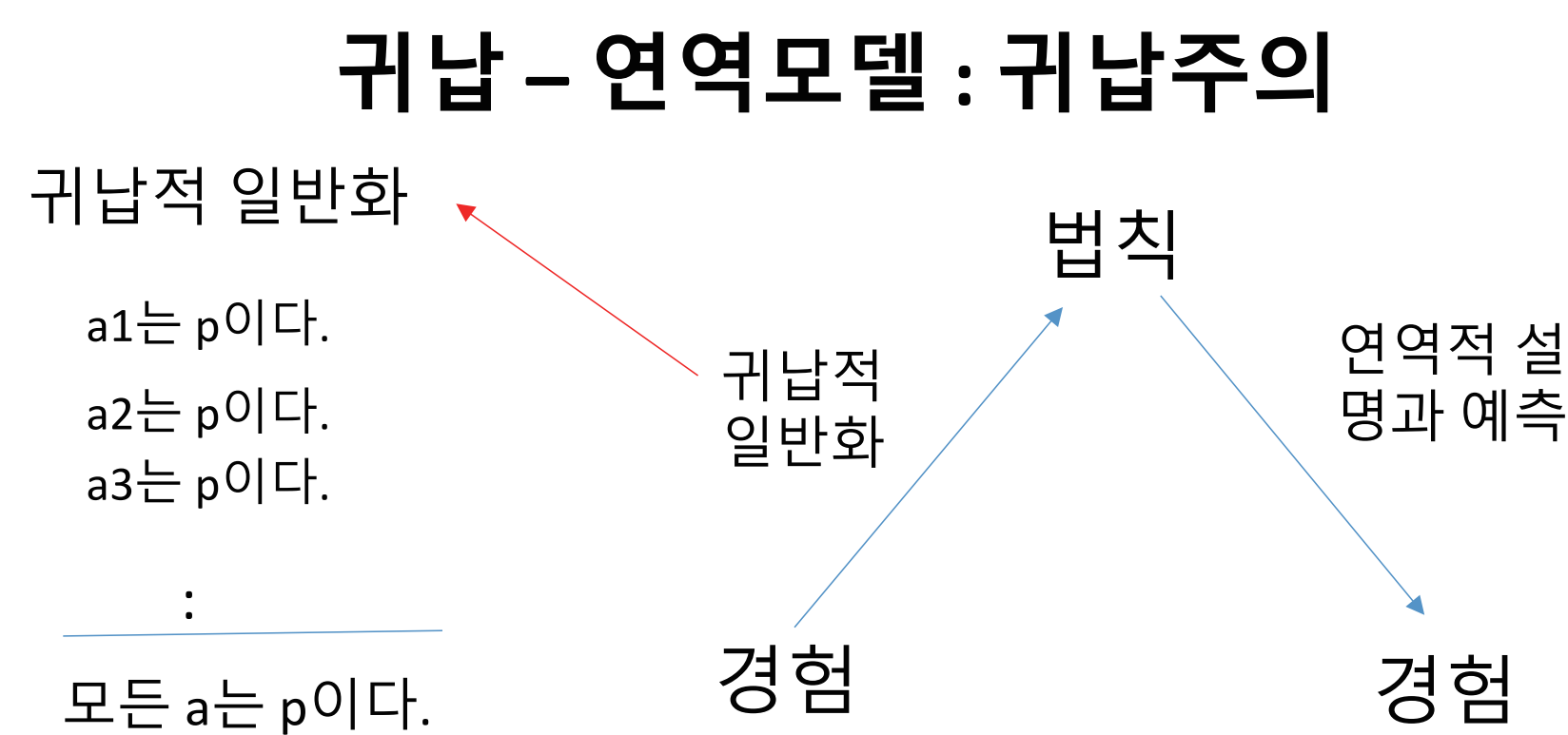
## <과학과 철학> <일반 화학> 강의페어링

화학공학과 201220308 민승기, 이진희 교수님 지도

### 목적

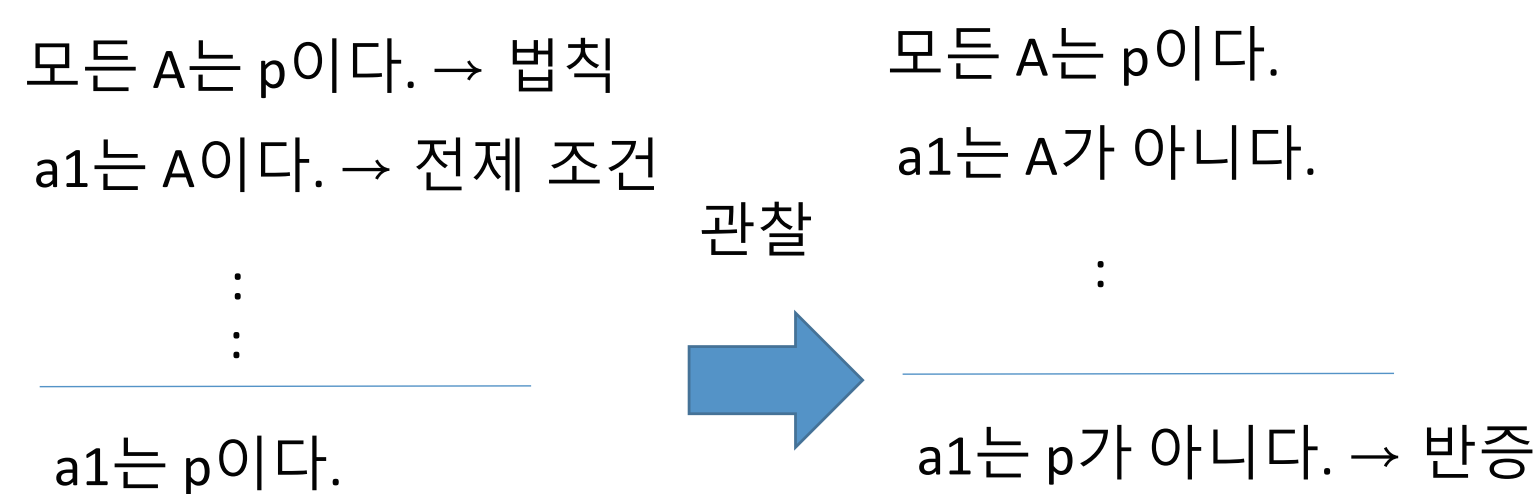
‘초등교육 과학 과목부터 일반 화학에 이르기까지 수학적 유도를 통하거나 변수들의 관계를 실험으로 관찰해 그 결과들로부터 도출된 다양한 공식들을 배워왔다. 이번에 다룰 이상기체 방정식의 경우에는 수학적 방법으로 유도되어 온 식이 아닌 **실험으로 결정되는** 상수가 포함되고 온도, 부피, 압력과 같은 독립변수들의 관계를 실험을 통해 관찰하고 이를 바탕으로 정의되는 식이다. 이 과정을 ‘과학과 철학’에서 학습한 **논리적 해석도구**를 이용하여 **이상기체 방정식의 유도를 재구성**하고 그 과정에서 생기는 논리적 해석도구의 문제에 대해 비판한다.

### ‘과학과 철학’ – 귀납주의, 반증주의, 패러다임



#### 1. 귀납주의

구체적인 어떤 **현상**이나 **사태**가 **예외 없이 반복**되는 경우가 있다. 그 부분적인 사례들에 기초하여 경험되거나 확인되지 않은 사례까지를 포함한 모든 사례에 대해 동일한 사태나 현상으로 발생할 것이라고 **일반화**할 수 있다. 이를 **귀납적 일반화**라 한다. 귀납적 일반화로 **정당화 된 법칙**을 유도할 수 있으며 이 법칙은 새로운 경험에 대한 **연역적 설명과 예측**을 제공한다. 즉 관찰이나 실험의 결과를 진술하는 단정언명으로부터 가설이나 이론으로서의 보편언명이 이끌어질 수 있다는 것이다.



#### 2. 반증주의

귀납주의는 근본적으로 부분적인 사례에 기초하여 전체에 적용시키는 방식인 **귀납적 비약**을 통해 이루어지므로 논리적으로 완전히 확실성을 갖춘 것이 아닌 **개연적 추론**에 불과하다. 그리하여 반증주의는 귀납의 원리로서는 과학적 진리의 확실성을 담보할 수 없다고 보며 **반증**에 의해 과학적 진리의 확실성을 높일 수 있다고 한다.

전 과학 – 정상 과학 – 위기 – 혁명 – 새로운 정상 과학 – 새로운 위기 – ...

#### 3. 패러다임

패러다임은 그 당시 과학자 사회가 채택한 일반적인 이론적 가정들과 법칙들 그리고 그것들의 적용에 대한 기술들로 구성되어 있다. **정상 과학** 안에서 활동하는 과학자들은 실험의 결과에 의해 나타난, 실제 세계와 관련된 여러 측면들의 행태를 설명하고 조절하려는 시도를 통해 **패러다임을 명료화하고 발전**시킨다. 이러한 과정 속에서 불가피하게 **난점**에 봉착하며 명백한 반증에 직면하게 된다. 이 난점을 극복하지 못하면 **위기**의 상태가 도래하고 이후 완전히 **새로운 패러다임**이 나타난다. 과학자들이 그 패러다임을 믿고 받아들이며 발생한 문제들을 해결할 수 있다면 기존의 패러다임을 버리고 위기는 해결된다. 이 불연속적인 변화가 과학 혁명을 구성하며 새로운 패러다임은 난점에 봉착하여 새로운 혁명의 결과를 수반하는 새로운 위기에 직면하기 이전까지는 새로운 정상 과학에서 활동하는 과학자들을 이끈다.

### ‘일반화학’ – 이상기체 상태방정식

$$p \propto \frac{1}{v}$$
$$v \propto T$$
$$v \propto n$$

Boyle's law  
Charles's law  
Avogadro's law



$$pv = nRT$$

※ 기체상수  $R$ 은 실험적으로 알아낸 값으로  
1기압, 273K일때 물의 부피가 22.4L임을 이용해  
 $R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 로 결정

### 의문점

이상기체 방정식을 유도할 때 사용한 Boyle's law, Charles's law, Avogadro's law는 모두 실험을 통해 나타난 법칙이다. 문제는 다음과 같다.

- Boyle's law, Charles's law이 등장한 시대의 배경이론은 아리스토텔레스의 4원소설로 공기 그 자체가 하나의 원소였다. 현대적인 관점에서 볼 때 **Boyle's law, Charles's law이 귀납적으로 정당화**되었다고 볼 수 있는가?
- Avogadro's law이 등장할 때에는 공기가 화합물이라는 것이 알려졌으며 아리스토텔레스의 4원소설에서 현대적인 원소 개념이 나오기 시작한 때이다. 그 당시 발견된 간단한 원소들에는 Boyle's law, Charles's law의 법칙이 잘 적용되었기 때문에 Boyle's law, Charles's law, Avogadro's law를 통합한 이상기체 상태방정식이 등장하게 되었다. 이후 **실험기구의 발달과 다양한 화합물의 생성**으로 Boyle's law, Charles's law의 법칙은 **일반적으로 성립하지 않게 되었다**. 실험을 통한 경험적 반증에 의해 계속해서 보정된 상태방정식이 등장함에도 불구하고 Boyle's law, Charles's law의 법칙을 포기하지 않는 이유는 무엇일까?
- 기체에 대한 패러다임이 변화함에도 불구하고 기존 패러다임에 의존하는 **이상기체 상태방정식이 부정되지 않는 이유**는 무엇일까?

### 재 고찰

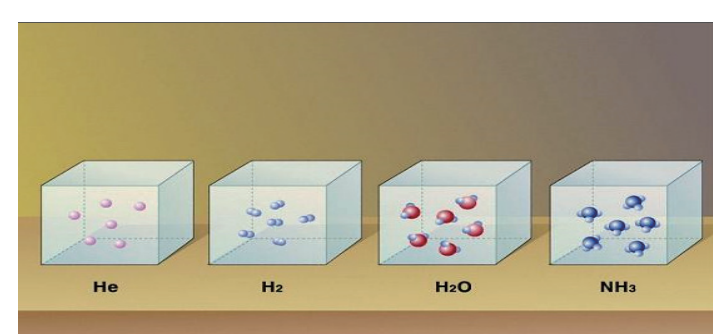
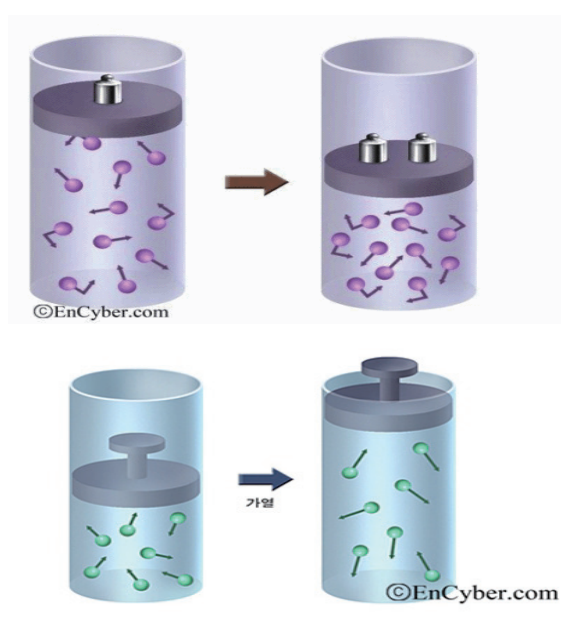
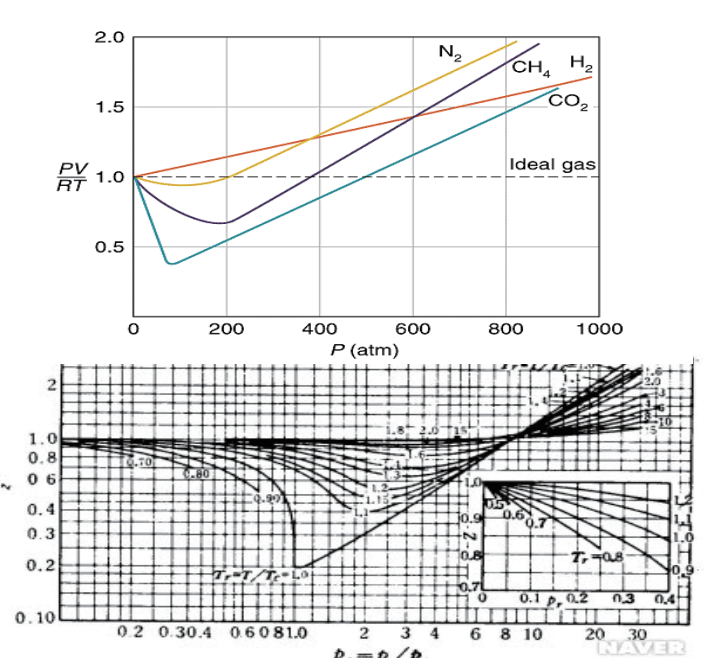


Table 3.1: Parameter Assignments for Equations of State For use with Eqs. (3.49) through (3.56)						
Eq. of State	$a(T_c)$	$b$	$c$	$d$	$e$	$T_c$
SRK (1979)	$0.42748 R T_c$	$0.08664 R T_c$	0	0	0	$T_c$
SRK (1979)	$0.42748 R T_c$	$0.08664 R T_c$	0	0	0	$T_c$
PR (1979)	$0.42748 R T_c$	$0.08664 R T_c$	0	0	0	$T_c$



	Boyle's law	Charles's law	Avogadro's law	이상기체 상태방정식	Van der waal's equation of state	A Generic Cubic Equation of State The Soave/Redlich/Kwong equation The Peng/Robinson Equation
배경이론	아리스토텔레스 4원소설	아리스토텔레스 4원소설 - 원소설 과도기	원소설 확대		정량적인 현대 과학의 완성	
년도	1662년	1802년	1811년		1900년대	
식	$p \propto \frac{1}{v}$	$v \propto T$	$v \propto n$	$pv = nRT$	$RT = (p + \frac{a}{v^2})(v - b)$	$p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a(T)}{v(v + b)}$
관찰대상	공기		간단한 원소들(이상기체 상태방정식 잘 맞음)		실제 기체	실제 기체
의의	당시 배경이론이었던 4원소 중 하나인 공기에 대한 관찰과 설명		현대적인 원소의 개념 등장, 배경이론의 변화로 관찰대상인 기체의 종류 다양해짐.		이상기체에선 고려되지 않은 기체 입자 자체의 부피와 상호인력을 고려하여 식을 유도함.	실제기체의 열역학적 거동을 표현하기 위해 특정 상태에서 특정 기체가 갖는 측정값이 상수로 들어감. 또한 열역학적 변수들의 더 정확한 관계식들이 식에 추가됨
현대의 관점에서 본 문제점	현재와 다른 배경이론 : 기체가 공기 하나 뿐임, 따라서 귀납적 일반화를 통한 정당화가 되지 않음. 열역학적 변수의 특정 구간에서 공기에 대해 성립할 뿐 다른 구간이나 다른 원소에 대한 관찰 및 실험 시 변례들이 다름, 즉 성립하지 않음		다양한 화학반응이 진행되면서 반응물과 생성물의 존재와 구분, 양적 관계 등을 파악하는 것이 목표였기에 도 입된 가설이나 후에 법칙으로 인정됨		그 당시에는 간단한 원소들만 발견할 수 있었는데 이 원소들은 이전의 조건에서 Boyle's law과 Charles's law에 잘 들어맞음. 따라서 세 개의 법칙을 아우르는 이상기체 상태방정식이 등장할 수 있었음.	열역학적 변수의 범위가 넓어지거나 추가로 발견된 다양한 원소나 화합물에선 이상기체 상태방정식이 잘 들어맞지 않았다. 따라서 이상기체에선 고려되지 않은 기체 입자 자체의 부피와 상호인력을 고려하여 새로운 식을 이끌어 냈다.
					매우 넓은 범위에서 열역학적 변수들간의 상호 관계식과 그 때 특정 기체가 갖는 측정값이 식에 추가가 됐다. 식이 복잡하고 필요한 실험적 데이터가 많은 대신 좀 더 정확한 값을 얻을 수 있다.	

### 결론

이상기체 상태방정식은 초기엔 실제 현상을 설명하려는 이론이었다. 그러나 다양한 원소의 발견으로 인한 배경이론의 변화로 기존의 **귀납적 일반화가 이루어지지 않아 정당화 되지 않았다**. 또한 변화한 배경이론으로 인해 **반증 사례**가 나와 수정이 필요하며 **새로운 패러다임**에 부합하지 않는 식이다. 귀납주의와 반증주의, 패러다임에 부합하지 않는 이상기체 상태방정식은 과학적이지 않은 것처럼 보일 수 있으나 실제 기체의 거동을 이해하는데 매우 중요하며 특정 조건하에서 근사값을 제공하기도 한다. 따라서 **과학적 설명에 부합하지 않더라도 가치가 있으며**, 과학적 설명(귀납주의, 반증주의, 패러다임)에 부합하지 않는 이론이라 하더라도 단순히 수정 또는 폐기만 할 것이 아니라 그 가치를 다시 한번 고려해봐야 할 것이다.



AJOU UNIVERSITY