



**물은 100도에서 끓는가?**

---

# 물의 끓는점은 정말 하나의 점인가?

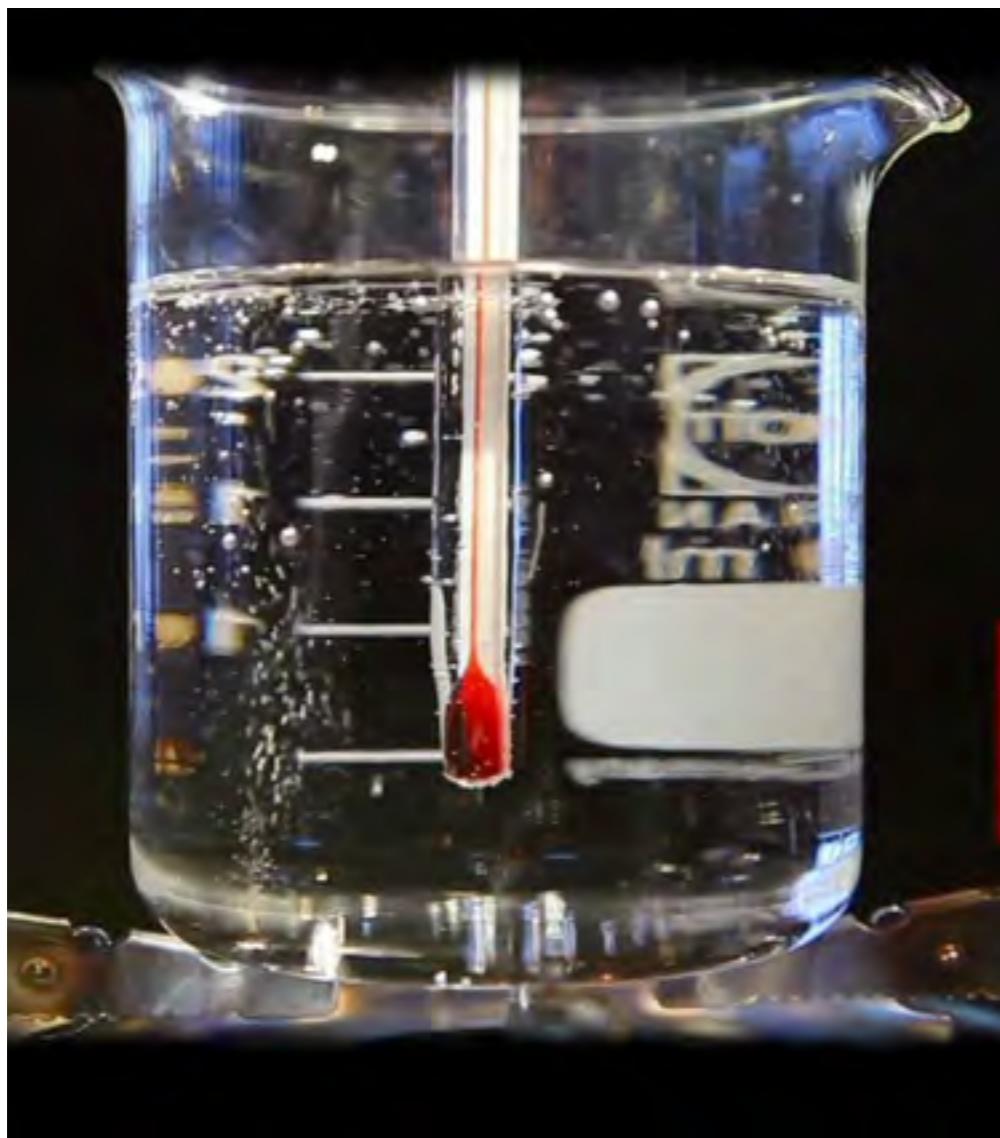
---



1760년경 제작된  
조지 애덤스의 온도계에  
표시된 두 가지 끓는점

# 물을 끓이는 용기가 다르다면?

---



끓는점유리용기 > 끓는점금속용기  
 $(101.232^{\circ}\text{C})$        $(100^{\circ}\text{C})$

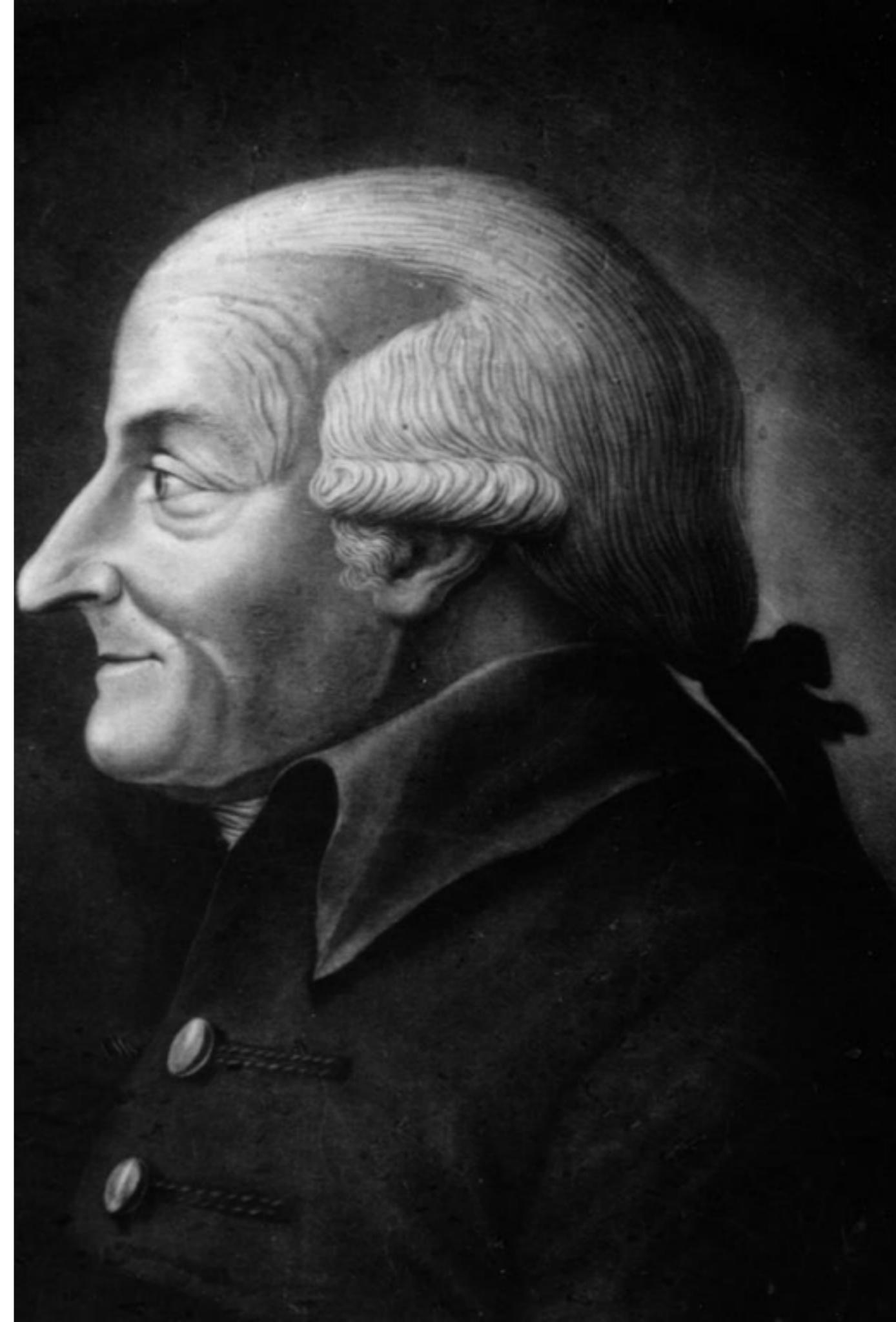
---

특정한 용기에서는  $100^{\circ}\text{C}$ 보다 낮은 온도에서도 끓을 수 있음

들룩

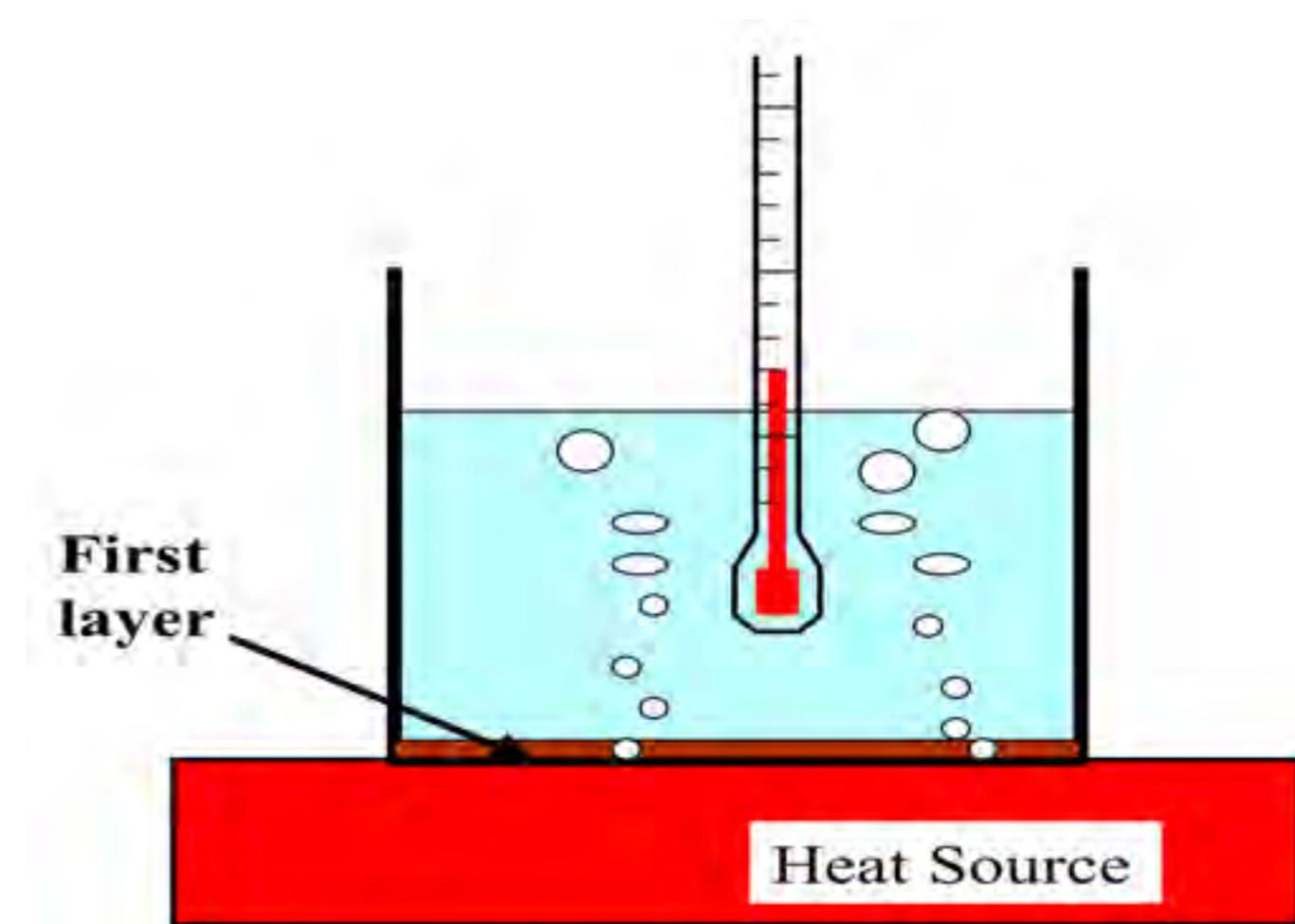
(De Luc, 1727-1817)

---



## 들룩의 의심

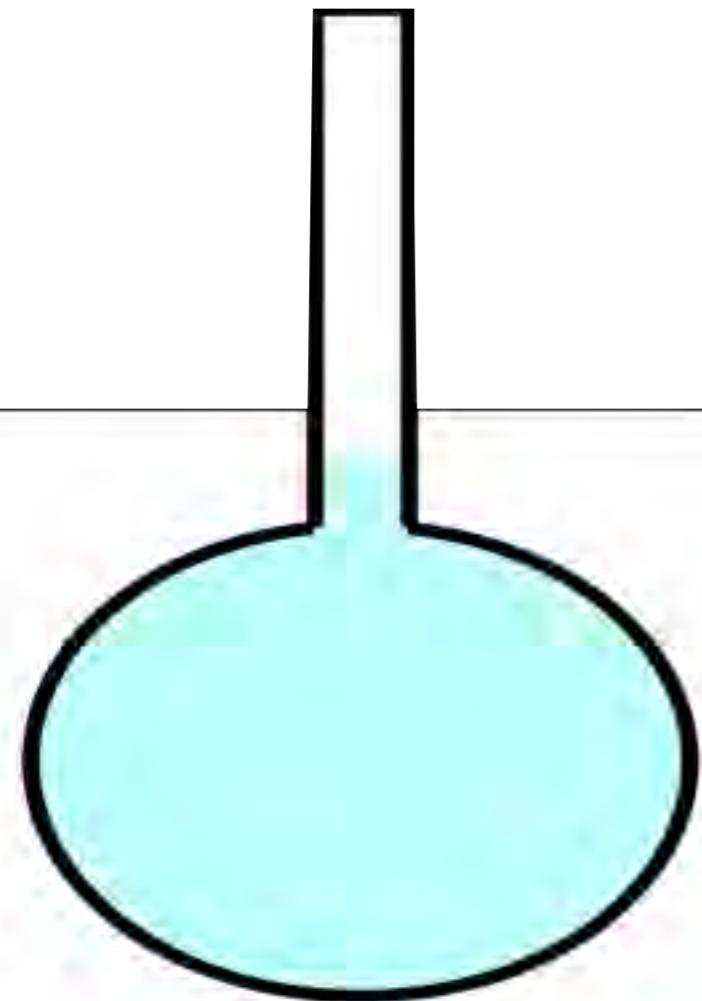
아래층과 윗층의 다른 온도  
물에 녹아 있던 기체의 수상  
한 역할



## 들룩의 “진정한 끓음”

- ▶ 물 전체를 느리게 가열하기
- ▶ 기체를 제거한 순수한 물 만들기

“이 흔드는 것을 4주일간 실시했고 그동안 플라스크를 거의 놓지 않았다. 잘 때나, 시내에서 일을 볼 때나, 두 손이 다 필요한 일을 할 때를 제외하고는 식사도, 독서도, 글쓰기도, 친구들과 만남도, 산책도, 나는 물을 흔들면서 했다.”

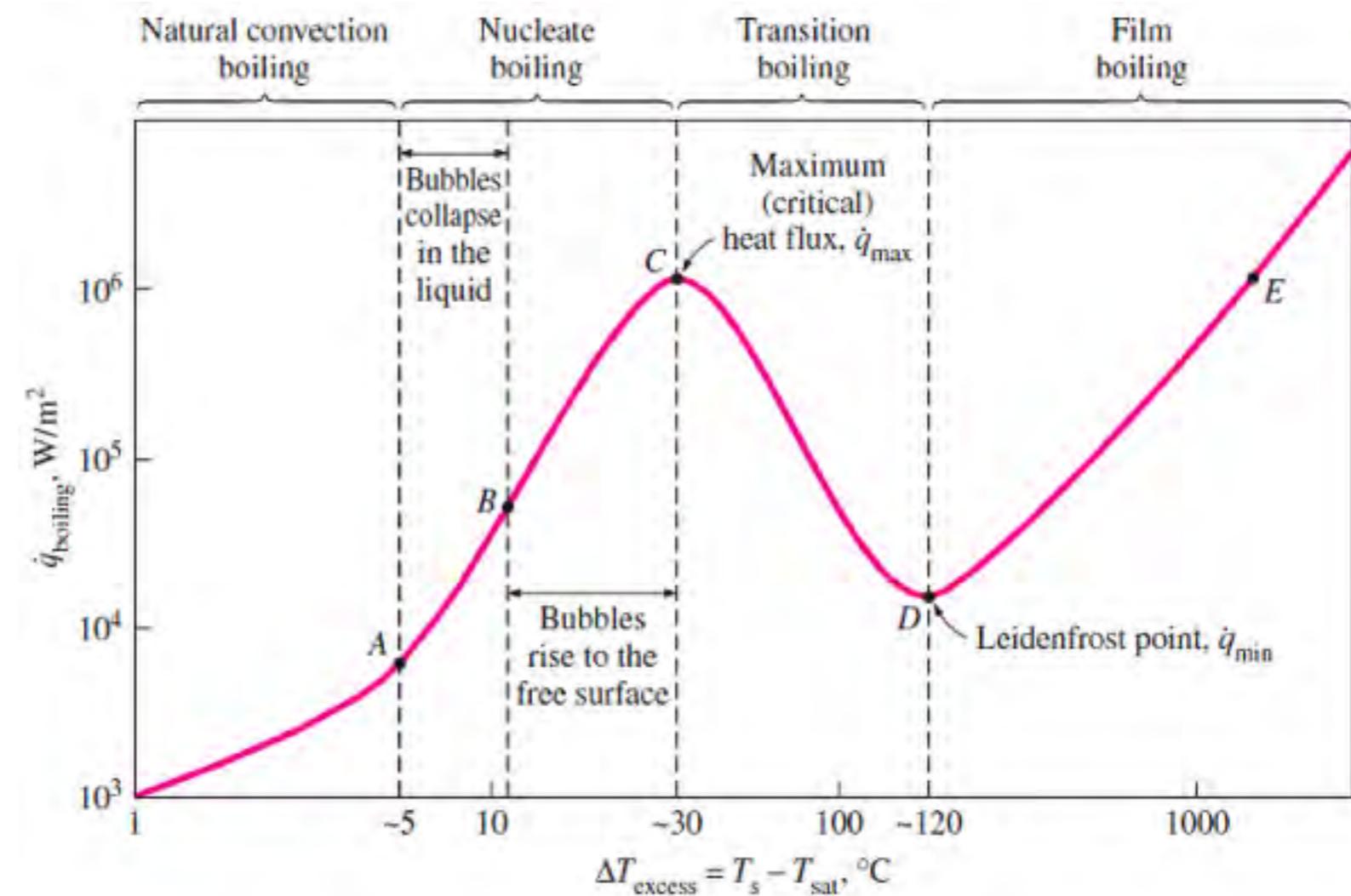
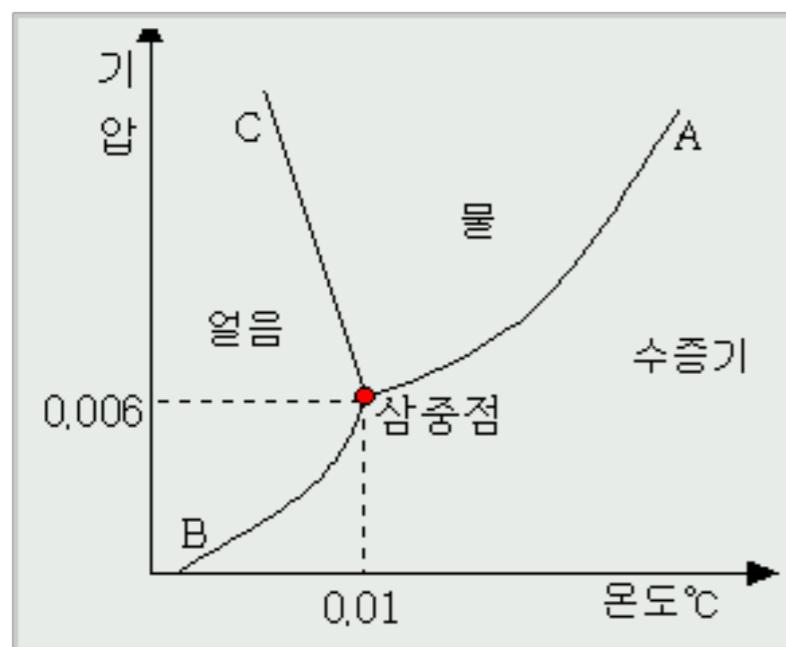


Heat Source

**NO “TRUE BOILING” POINT**

# 과학 연구와 교육에 대한 함의

- ▶ 물리학 vs. 공학 (다원주의적 접근의 필요성)
- ▶ 이상적인 이론 vs. 실제의 복잡함
- ▶ 정답의 주입보다 탐구가 중요!



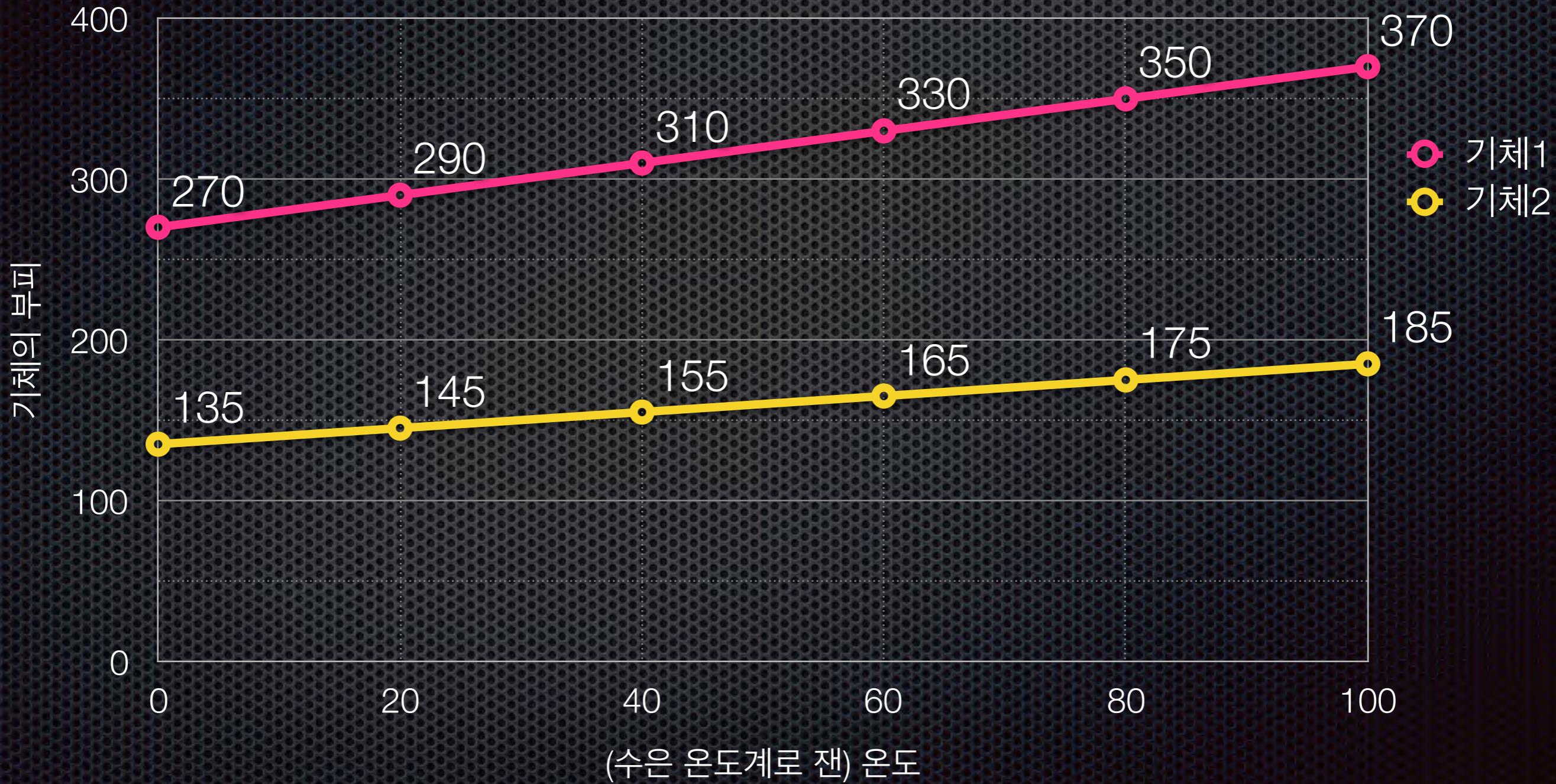
# 온도계의 제작에 대한 함의

---

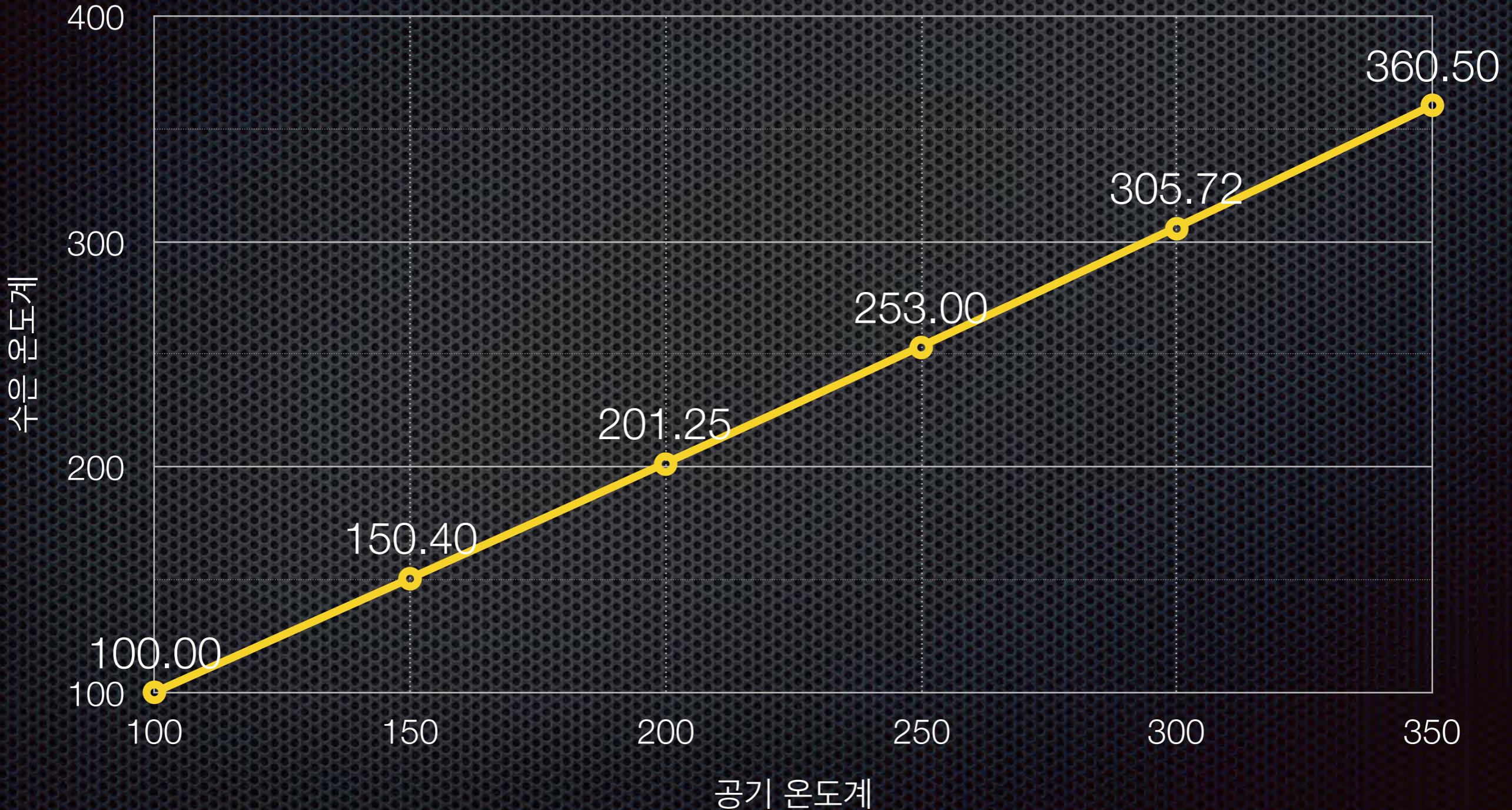
- ▶ 자연상태의 고정점 사용 불가능. 대신 인공적으로 만들어야.  
즉, 고정성이 유지되는 분명한 조건을 찾거나 만들어내야.
- ▶ 고정성 번호를 위한 인식적 전략들 : 제거 or 보정 or 무시
- ▶ 다행히, 이러한 전략들은 ‘과가열’과 ‘물의 끓음’을 이해하기 위한 고차원적인 이론들과 무관하게 사용 가능.

이상적인 온도계를 찾아서  
수은 온도계에서 공기 온도계로!

# 온도계의 새로운 후보 “기체”



# 공기 온도계 vs. 수은 온도계



# 빅토르 르뇨의 비교동등성 시험

같은 온도로 보이는 상황에서 같은 종류의 온도계가  
같은 눈금을 가리키는지 확인!

# 비교동등성 시험 : 수은

탈락

[표 2.4] 다른 유형의 유리로 제작된 수은 온도계들에 대한 르뇨의 비교

공기 온도계	수은, '슈아자-르-후아' 크리스털	수은, 보통 유리 (5번 온도계) <sup>a</sup>	수은, 녹색 유리 (10번 온도계)	수은, 스웨덴 유리 (11번 온도계)
100 (°C)	100.00	100.00	100.00	100.00
150	150.40	149.80	150.30	150.15
200	201.25	199.70	200.80	200.50
250	253.00	250.05	251.85	251.44
300	305.72	301.08	—	—
350	360.50	354.00	—	—

출처: Regnault 1847, 239의 자료를 표에 맞춰 개작한 것이다.

# 비교동등성 시험 : 공기

통과

[표 2.5] 다른 공기 밀도로 채워진 공기 온도계들에 대한 르뇨의 비교

공기 온도계 $A$		공기 온도계 $A'$		온도 차이 ( $A - A'$ )
압력 (mmHg)	온도 기록 ( $^{\circ}\text{C}$ )	압력 (mmHg)	온도 기록 ( $^{\circ}\text{C}$ )	
762.75	0	583.07	0	0
1,027.01	95.57	782.21	95.57	0.00
1,192.91	155.99	911.78	155.82	+0.17
1,346.99	212.25	1,030.48	221.27	-0.02
1,421.77	239.17	1,086.76	239.21	-0.04
1,534.17	281.07	1,173.28	280.85	+0.22
1,696.86	339.68	1,296.72	339.39	+0.29

출처: Regnault 1847, 181의 자료를 표에 맞춰 개작한 것이다.

# 빅토르 르뇨의 결론

- 수은 온도계는 시험 탈락 : 사용된 유리의 종류에 따라 (심지어 같은 종류의 유리를 사용한 온도계 사이에서도)  $200^{\circ}\text{C}$  너머에서 상당한 차이를 보임. 이는 하나의 ‘진정한 수은 온도계’라는 것이 없음을 말해줌.  $200^{\circ}\text{C}$  너머에서 서로 다른 수은 온도계로 잰 온도값들은 같은 온도로 간주될 수 없음. 즉 수은 온도계들은 상호 비교가능한 측정장치가 아니다.
- 공기 온도계는 시험 통과 : 유리의 종류에 따라 차이가 날 위험이 없으며, 다양한 밀도의 공기를 집어넣고 비교해도 그 눈금이 달라지지 않음. 또한 대부분의 단일기체 온도계들도 공기 온도계와 동일하게 작동(황산기체 온도계는 예외). 따라서 공기 온도계들은 상호 비교가능한 측정장치로서, 서로 다른 다른 공기 온도계에서 측정된 온도값은 같은 온도로 간주될 수 있음.

# 비교동등성 시험의 유일한 가정

단일값의 원리 - 이 원리의 성격은?

# 공기 온도계와 법칙 의존 측정의 문제는?

보일-샤를의 법칙 vs. 공기 온도계