

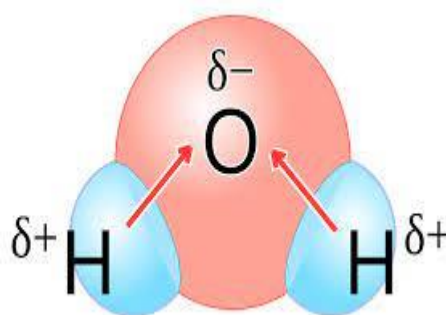
Effect of electrostatic field on water molecules

물분자가 받는 전기장의 영향

전남대 물리학과 정인아

지도교수 : 황인각 교수님

Introduction



물분자는 전기음성도차이로 인해 극성이 존재한다. 산소부분은 δ^- 수소부분은 δ^+ 로 쌍극자모멘트가 형성되고 여기에 전압을 가하면 어떤 현상이 발생하는지 알아본다.

1. Water Bridge

Water Bridge : 비커에 물을 가득 채우고 고전압을 가하면 비커사이에 다리가 나타나는 현상.

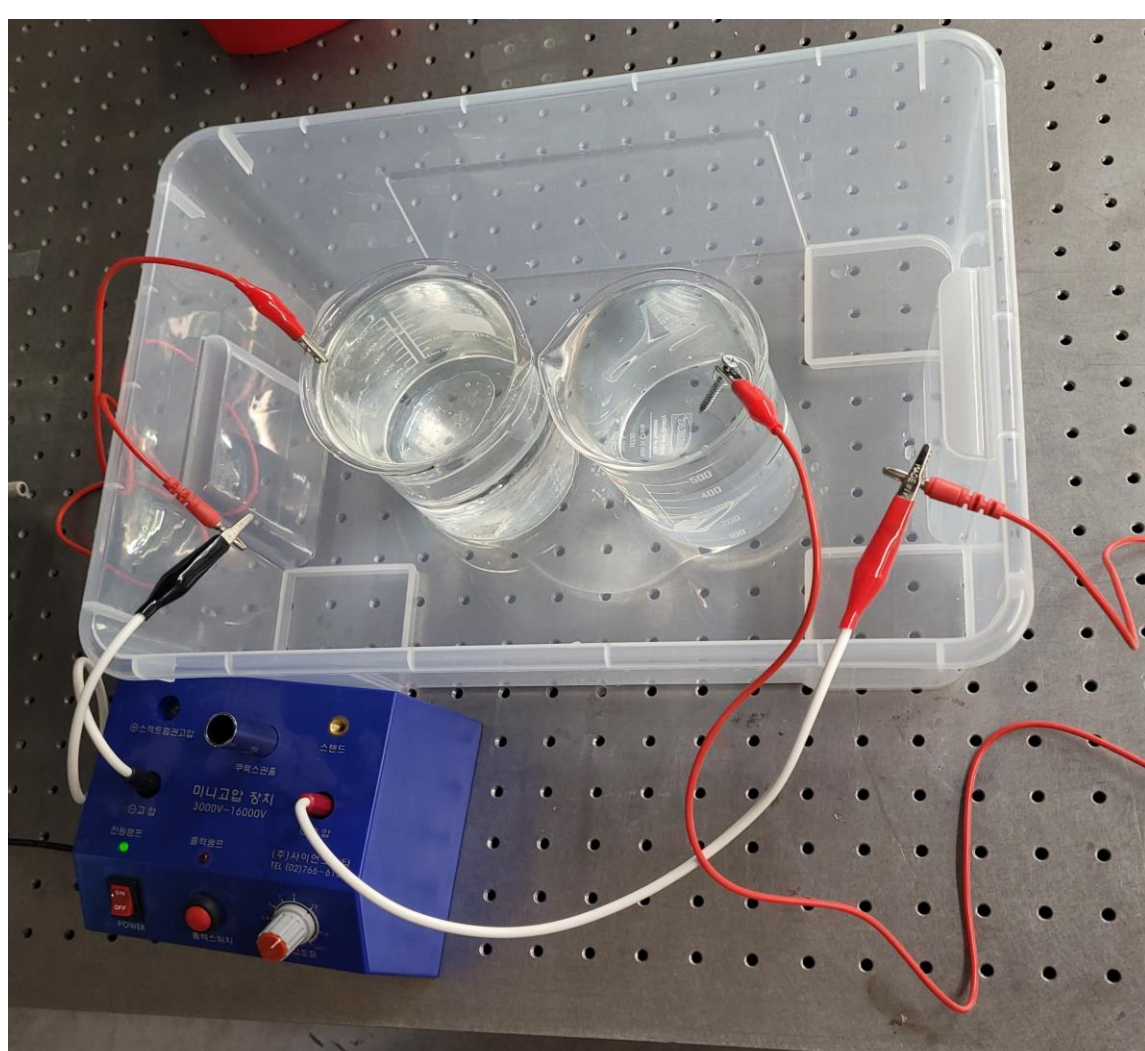


Fig.1.1.1. 증류수를 가득 채운 비커와 고전압기

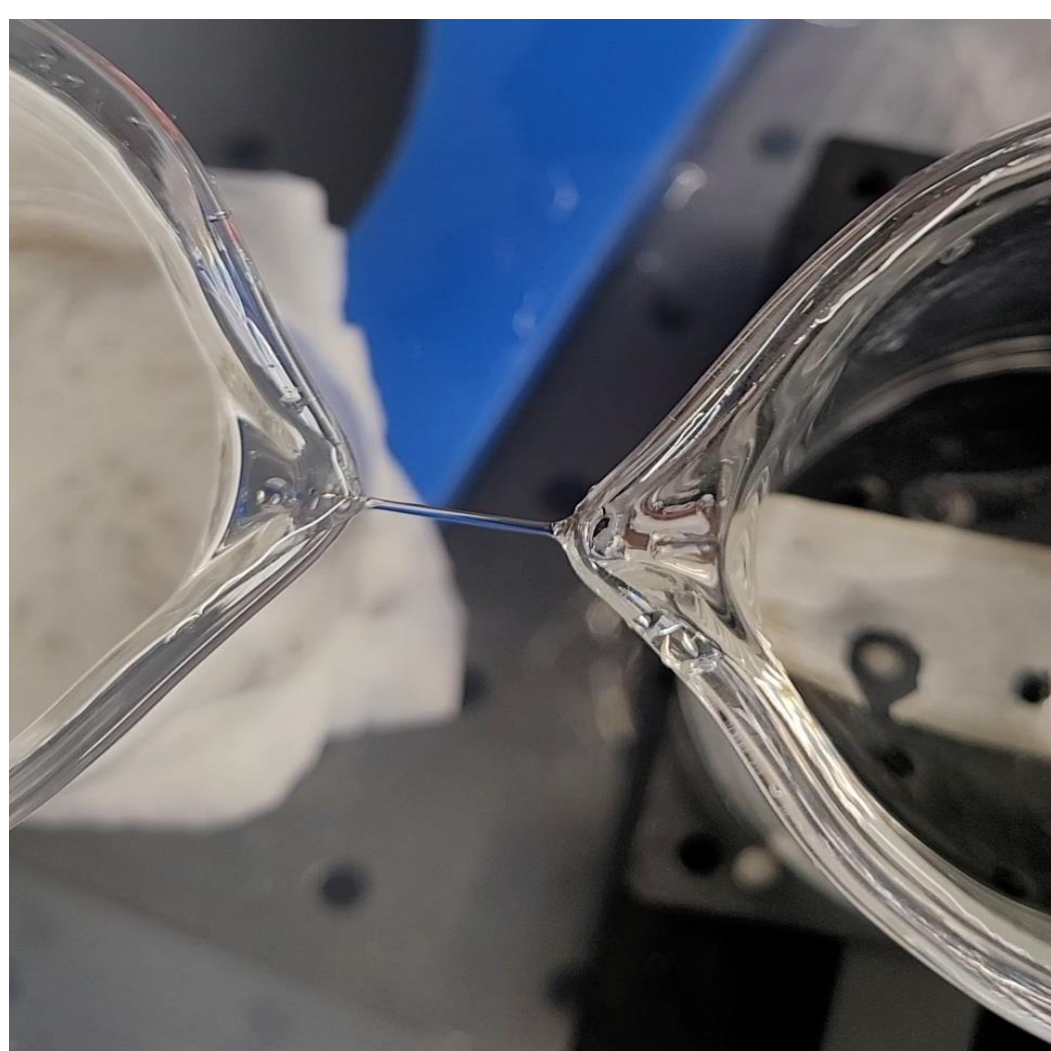


Fig.1.1.2. Water Bridge가 형성된 모습

비커에 증류수를 가득 채우고 10kV~15kV 사이의 전압을 가함.

- 전압을 가하면 유전체 장력과 표면장력에 의해 다리가 생성
- 유전체 장력-물 분자를 기존의 수소결합보다 강하게 서로 끌어당겨 Water Bridge의 기본 골격으로 작용
- 표면 장력-수직 방향으로 작용하는 힘으로 중력을 상쇄 시키는 효과

순수한 물에 전기장을 가하면 물분자는 어떠한 구조를 갖게 되는걸까?

2. Structural changes in water exposed to electric fields

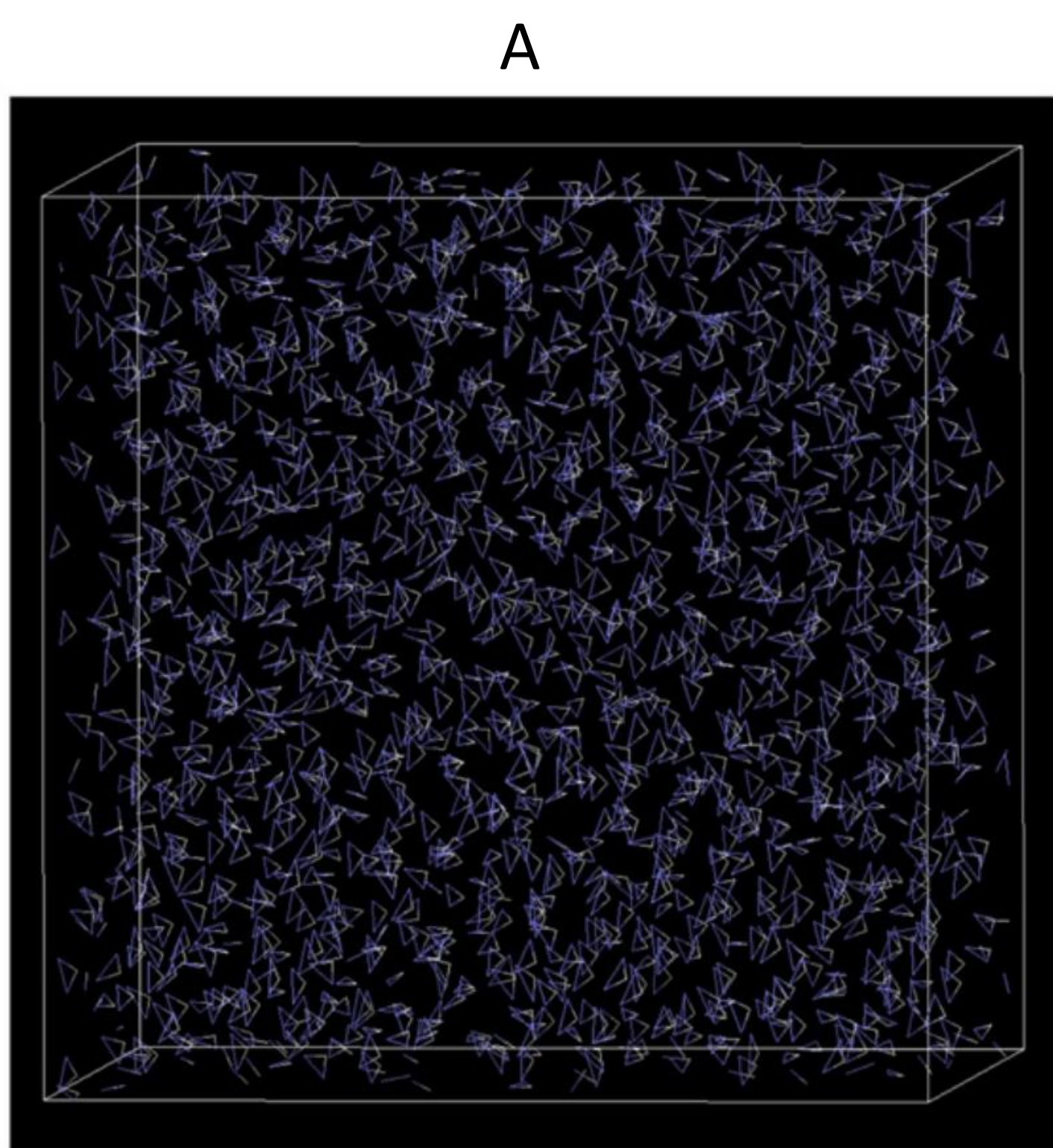


Fig.2.1.1. $E=2 \times 10^9 \text{V/m}$ 의 전기장을 걸어주었을 때

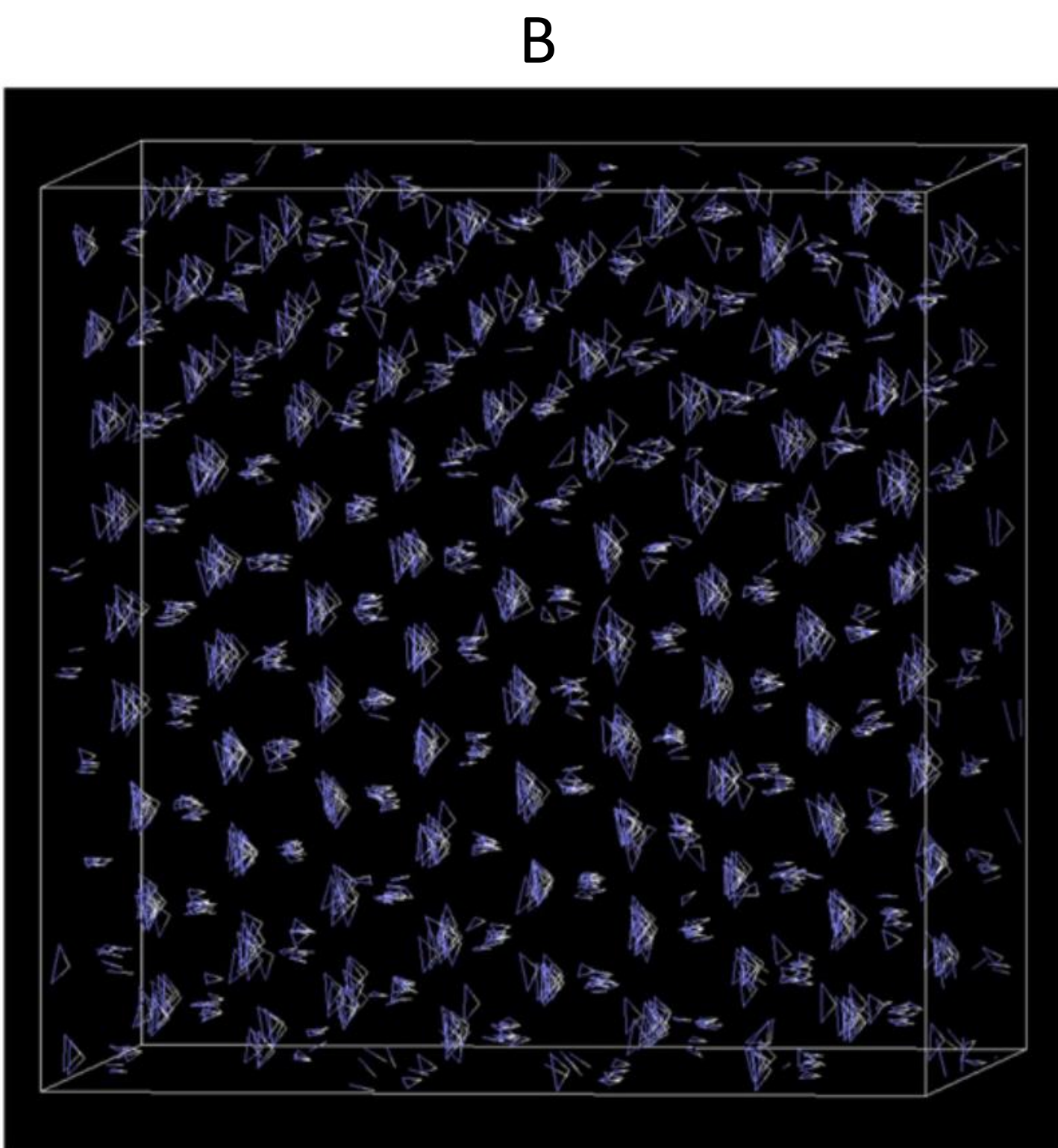


Fig.2.1.2. $2.5 \times 10^9 \text{V/m}$ 의 전기장을 걸어주었을 때

A : 전기장 방향을 따라 방향을 잡지만 규칙적인 구조는 관찰되지 않음

B : 전기장 방향을 따라 균일하게 방향을 이룸 => 정렬되어 있음

전기장의 세기에 따른 물분자의 구조변화 확인하기위해 전압을 높여가며 산소와 산소간의 RDF(radial distribution function)를 측정

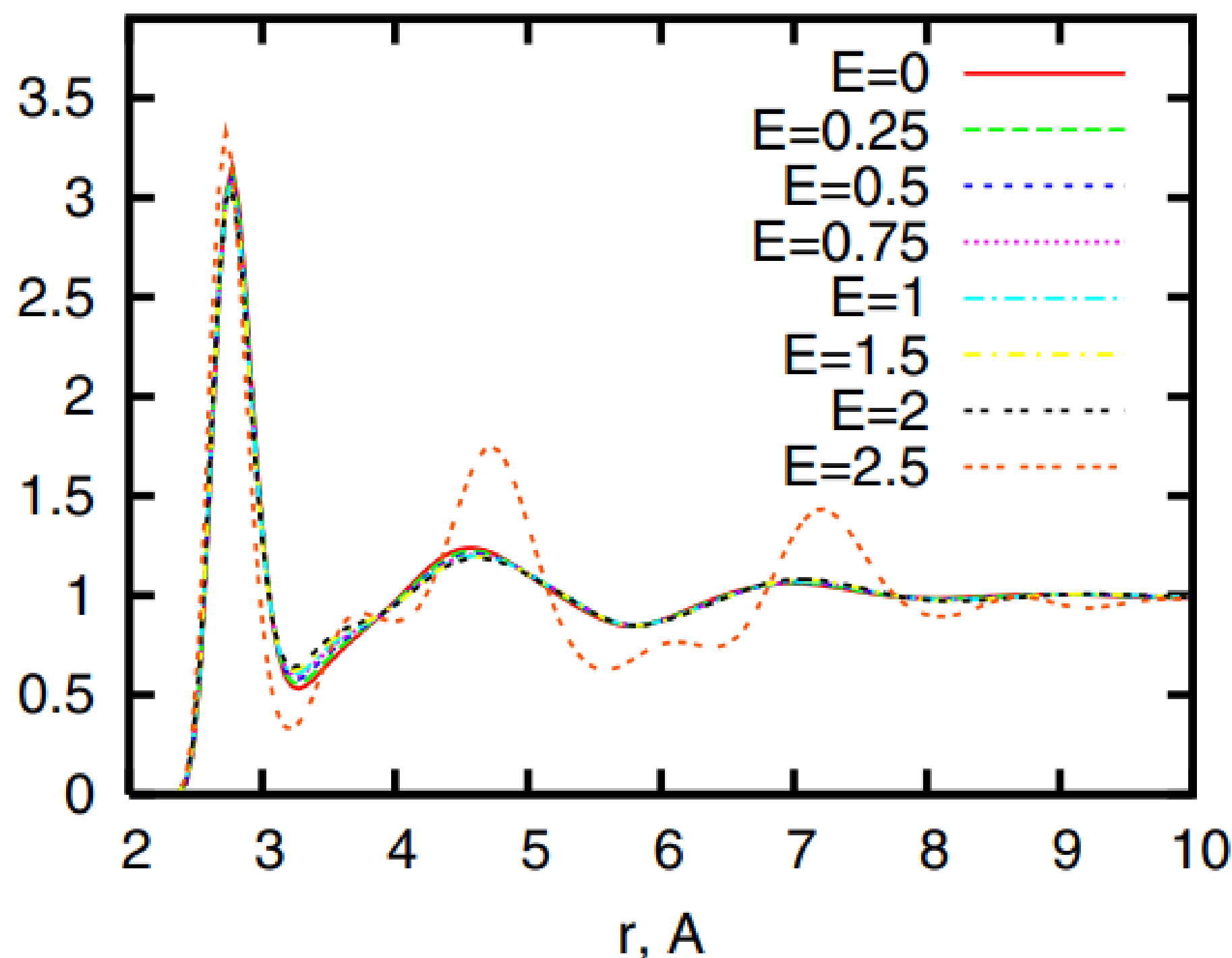


Fig.2.3. 전기장 세기에 따른 산소-산소 RDFs. (전기장단위 10^9V/m)

- $E=0 \sim E=2 \times 10^9 \text{V/m}$ 까지 O-O RDF 변화는 거의 발견되지 않음
- $2.5 \times 10^9 \text{V/m}$ 에서 다른 경향을 보임

- < $2.5 \times 10^9 \text{V/m}$ >
- 더 먼 거리에서도 상관관계가 높은 피크를 보임
- 이러한 경향은 결정화 되었다고 볼 수 있음

물이 얼 때 전기장을 가하면 어떠한 현상이 생길까?

3. water molecules on ice formation under an electrostatic field

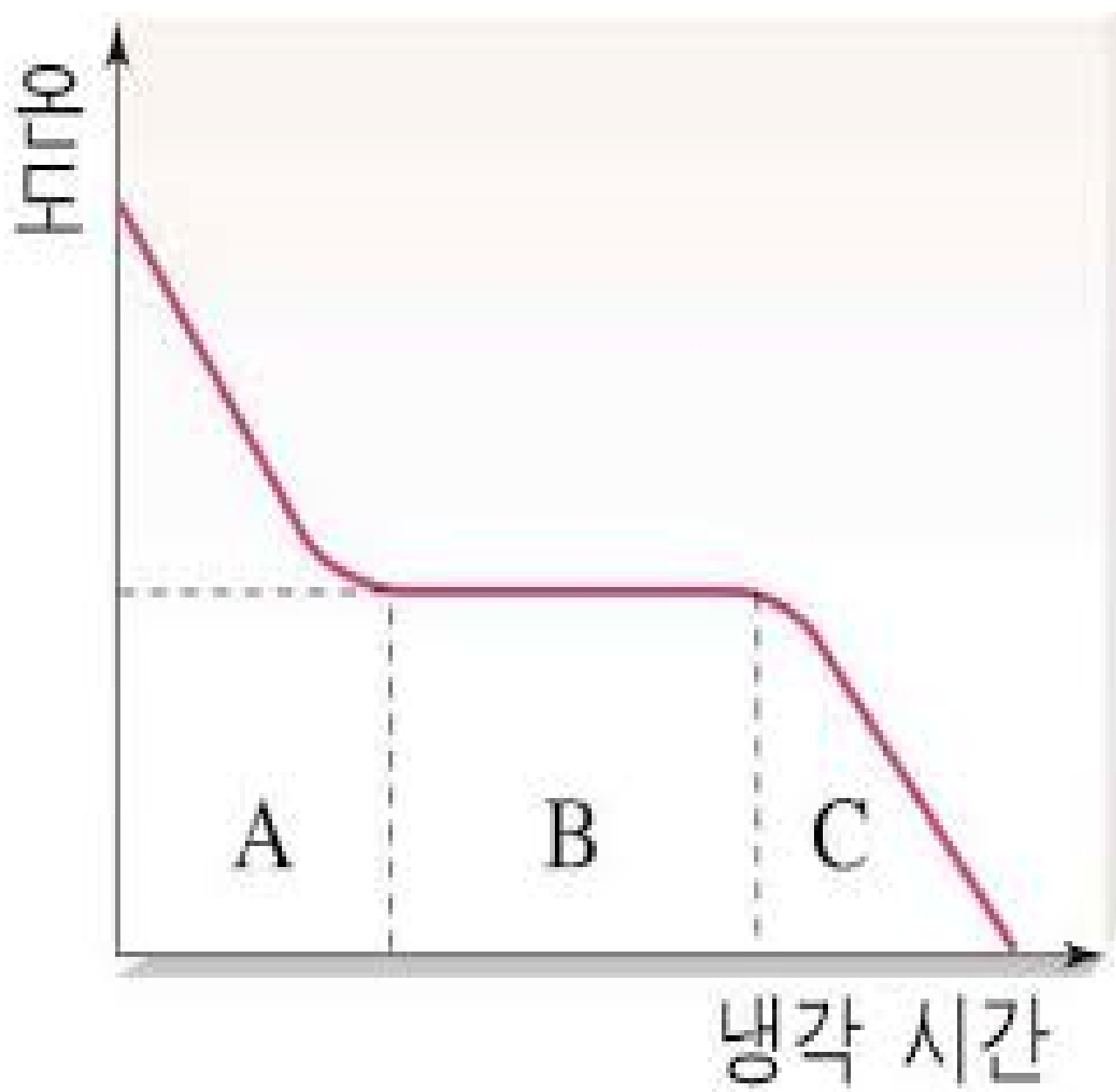


Fig.3.1. 물의 어는 과정을 보여주는 다이어그램

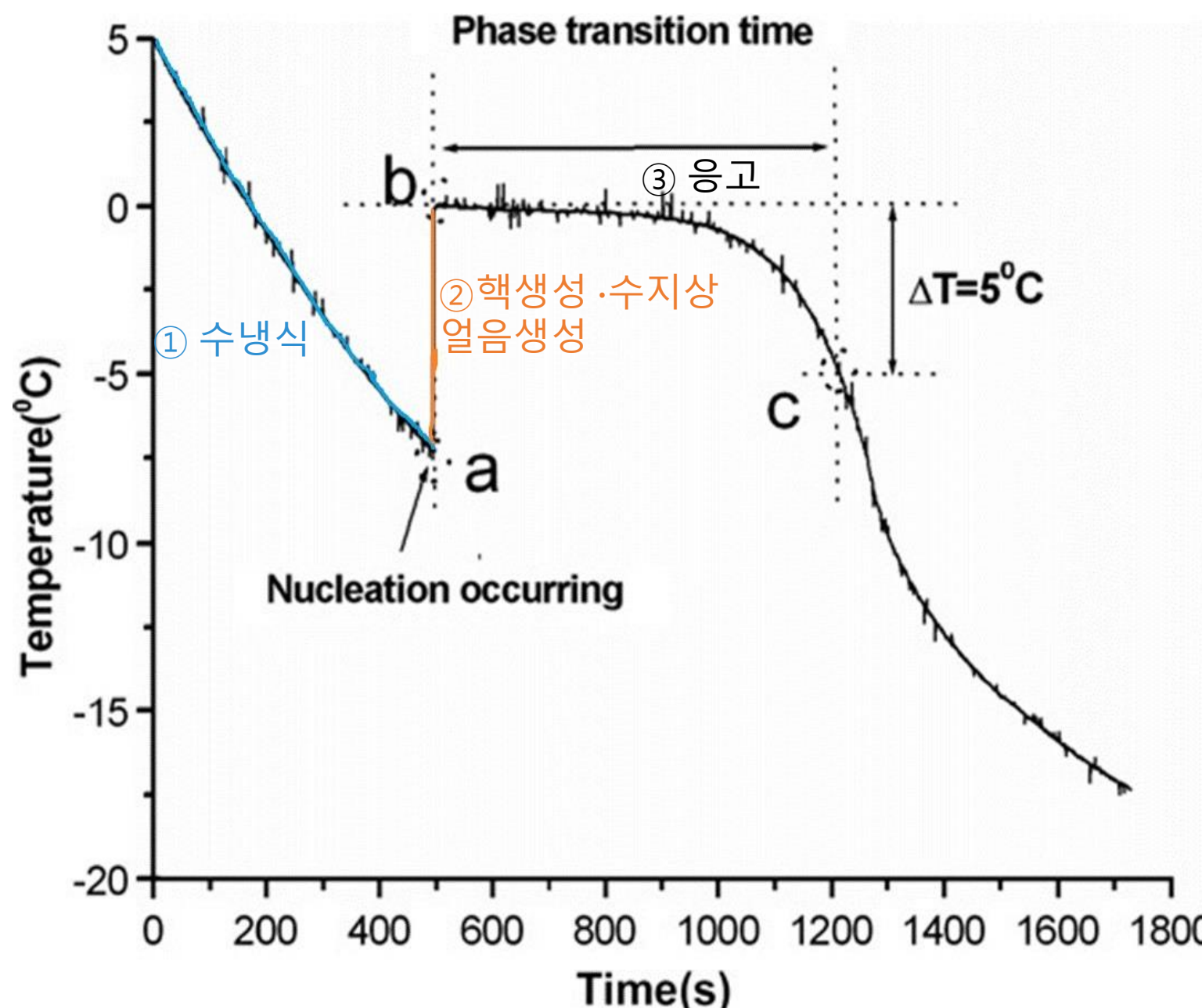


Fig.3.2. 과냉각시 물의 어는 과정을 보여주는 다이어그램

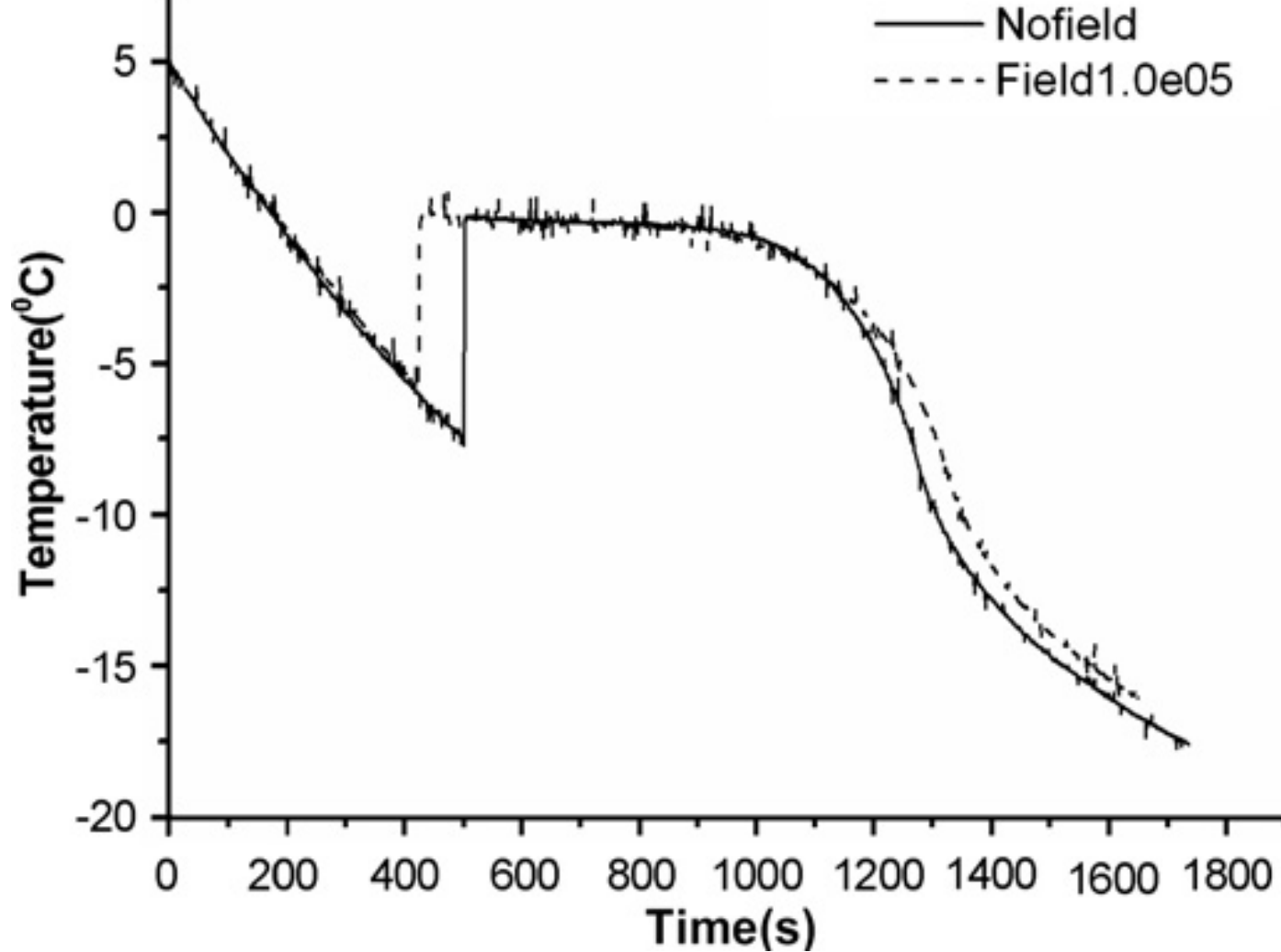


Fig.3.3. 전기장($1.0 \times 10^5 \text{V/m}$)을 가했을 때와 그렇지 않았을 때의 물의 어는 과정을 보여주는 다이어그램

- 과냉각된 물에서 전기장이 핵생성을 유도
- 전기장을 가했을 때 상전이 시간이 짧아짐

Summary

- 물분자에 전기장을 가하면 정렬이 되려는 경향이 나타난다.
- 물분자의 구조를 살펴보면 전압을 걸어주었을 때 주기적인 모양을 가지려는 경향이 나타난다
- 물분자에 전압을 걸어주면 물이 어는데 영향을 끼친다.
- 전기장을 가하면 과냉각된 물에서 핵생성이 되는것을 도와준다.

Reference

- M. Druchok *, M. Holovko(2015)Structural changes in water exposed to electric fields: A molecular dynamics study
- Sun Wei a, Xu Xiaobin, Zhang Hong, Xu Chuanxiang(2007)Effects of dipole polarization of water molecules on ice formation under an electrostatic field