

# • 9.7 상변화

## ▪ 가열하면서 나타나는 물질의 상태

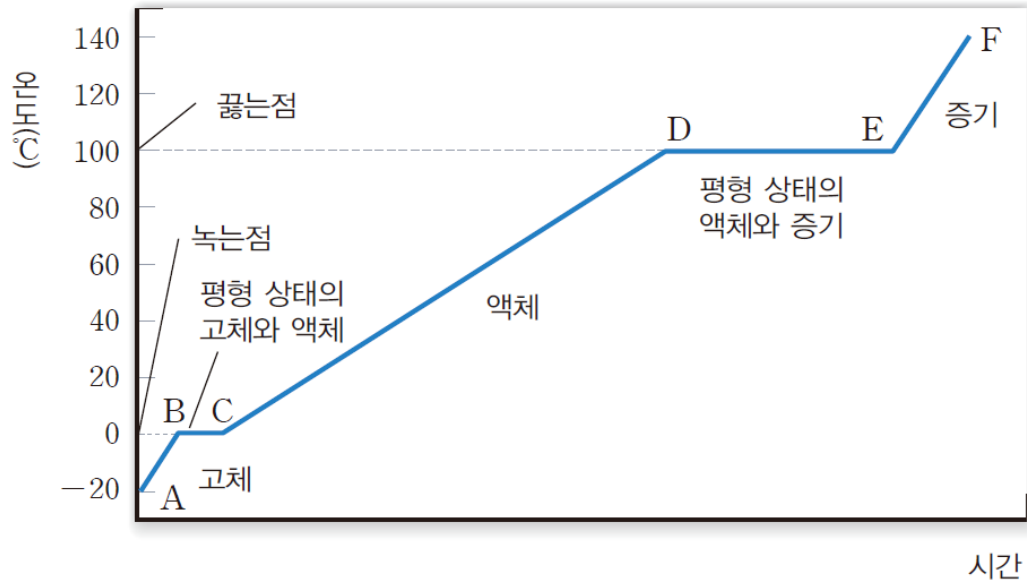
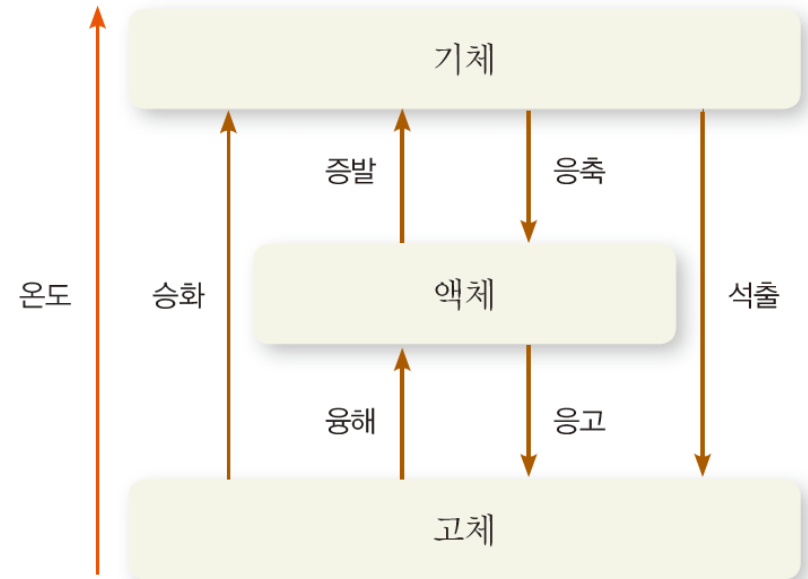


표 9.7 몇 가지 물질의 물용융열

물질	녹는점(°C)	$\Delta H_{\text{융}}(\text{kJ/mol})$
아르곤(Ar)	-190	1.3
벤젠( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	5.5	10.9
에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	-117.3	7.41
물( $\text{H}_2\text{O}$ )	0	6.01



# • 9.7 상변화

## ▪ 가열하면서 나타나는 물질의 상태

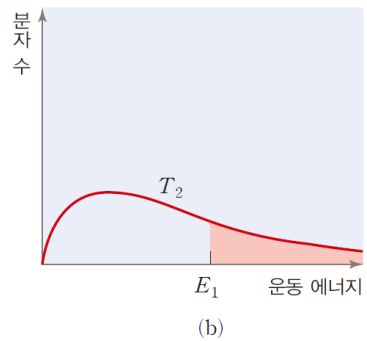
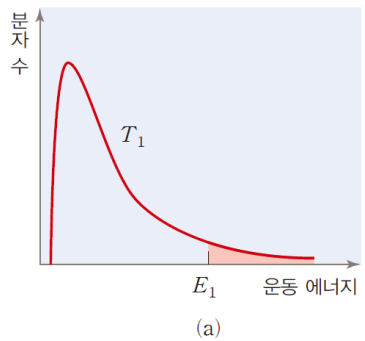
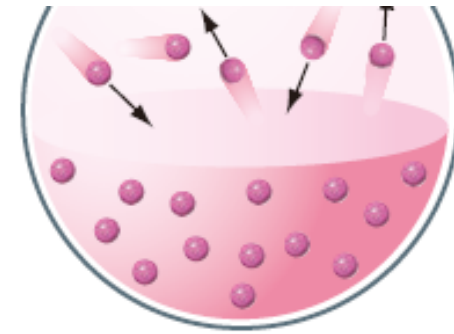
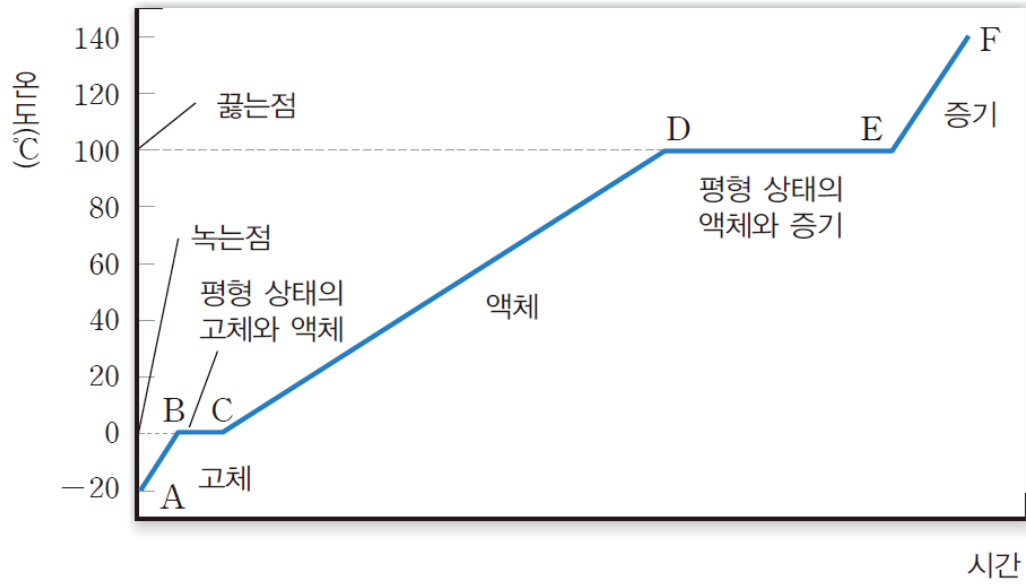
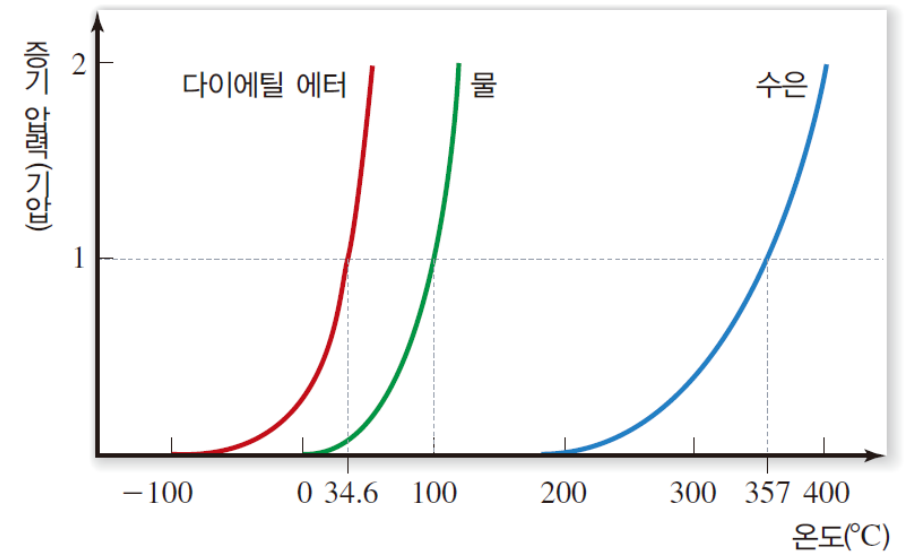
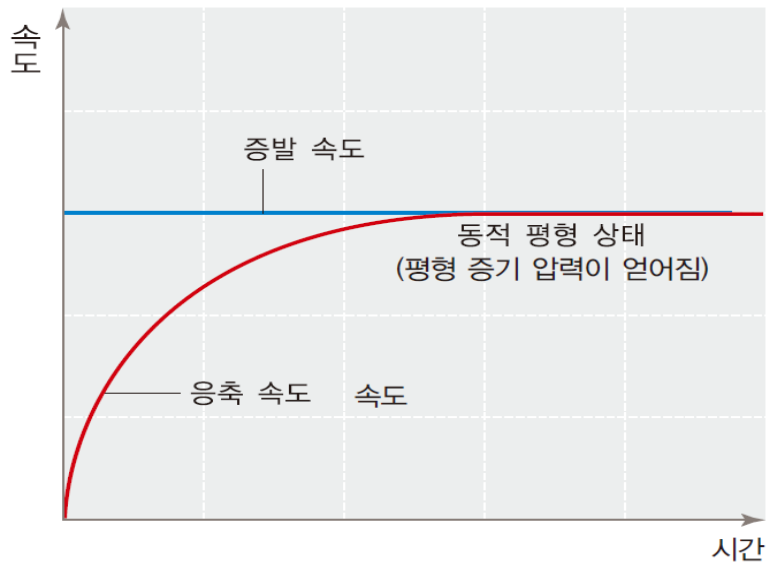
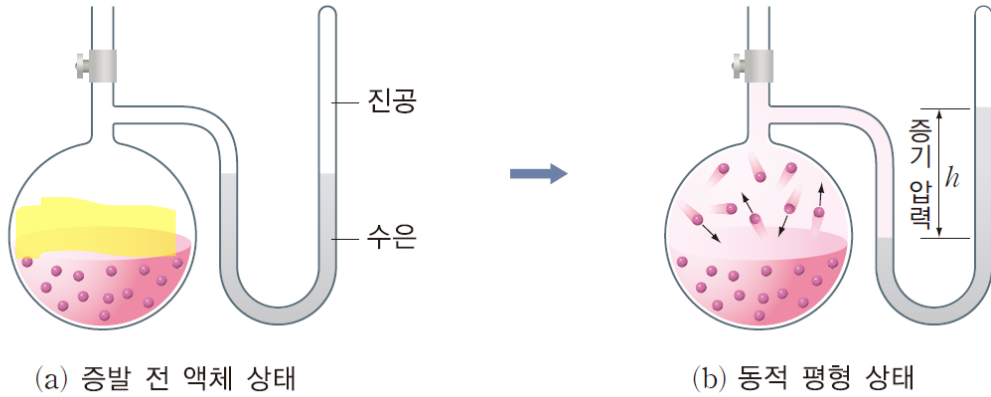


그림 9.34 (a) 낮은 온도  $T_1$ 과 (b) 높은 온도  $T_2$ 에서의 액체 상태 분자의 운동 에너지 분포도. 높은 온도에서 운동 에너지가 증가한다.

## • 9.7 상변화

### ▪ 증기압



## • 9.7 상변화

### ▪ 물증발열과 끓는점

일정한 압력과 온도에서 액체 1 mol 의 증발에 필요한 열량 (보통 kJ): 물증발열 (molar heat of vaporization,  $\Delta H_{vap}$ )

표 9.5 액체에 대한 물증발열

물질	끓는점(°C)	$\Delta H_{증발}(\text{kJ/mol})$
아르곤(Ar)	-186	6.3
벤젠( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	80.1	31.0
다이에틸 에터( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ )	34.6	26.0
에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	78.3	39.3
수은(Hg)	357	59.0
메테인( $\text{CH}_4$ )	-164	9.2
물( $\text{H}_2\text{O}$ )	100	40.79

## • 9.7 상변화

### ▪ 액체-고체 평형

고체의 녹는점, 또는 액체의 어는점은 동적 평형 상태에서 액체와 고체상이 공존하는 온도  
몰융융열 (molar heat of fusion,  $\Delta H_{\text{fus}}$ ): 어떤 고체가 녹을 때 녹는점에서 일어나는 엔탈피의 변화

표 9.7 몇 가지 물질의 몰융융열

물질	녹는점(°C)	$\Delta H_{\text{융}}(\text{kJ/mol})$
아르곤(Ar)	-190	1.3
벤젠( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	5.5	10.9
다이에틸 에터( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ )	-116.2	6.90
에탄올( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )	-117.3	7.41
수은(Hg)	-39	23.4
메테인( $\text{CH}_4$ )	-183	0.84
물( $\text{H}_2\text{O}$ )	0	6.01

## • 9.7 상변화

### ▪ 고체-증기 평형

승화 (sublimation): 분자가 고체상에서 증기상으로 직접 상전이하는 과정

석출 (deposition): 증기상에서 고체상으로 직접 전이하는 과정

고체  $\rightleftharpoons$  증기

$$\text{몰승화열} = \text{몰용융열} + \text{몰증발열}$$

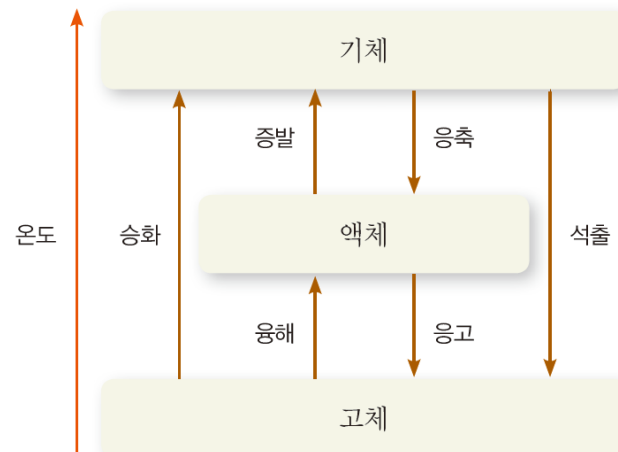


그림 9.40 아이오딘(I<sub>2</sub>) 고체가 보라 색 아이오딘 증기와 평형인 상태

## • 9.7 상변화

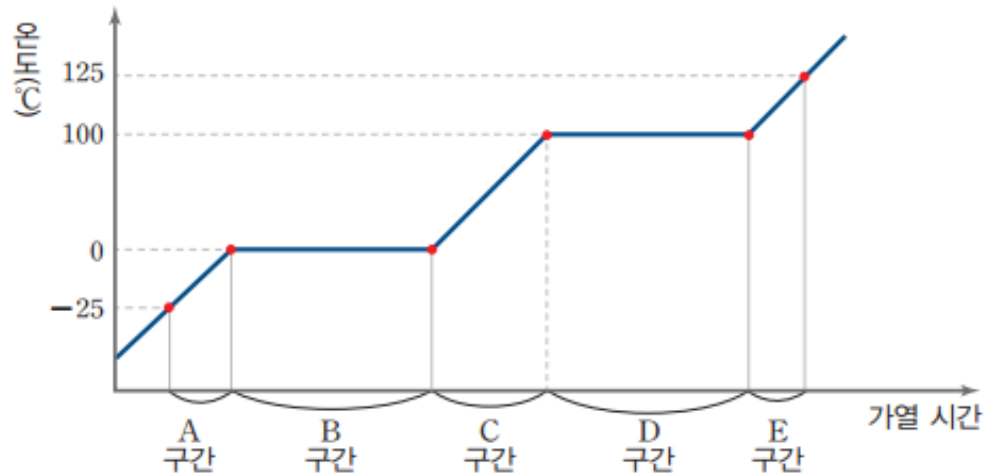
### 예제 9.7

표준 기압에서 2.00 mol 의 얼음 (-25 ) 을 지속적으로 가열하여 수증기 (125 )로 상변화를 시키는데 필요한 총열량을 계산하시오. 얼음, 물, 수증기의 비열은 각각  $2.03 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$  ,  $4.184 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$  ,  $1.84 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$  이다. (단, 물의 용융열과 증발열은 각각 표 9.7과 표 9.5 참조)

$6.01 \text{ kJ/mol}$        $40.79 \text{ kJ/mol}$

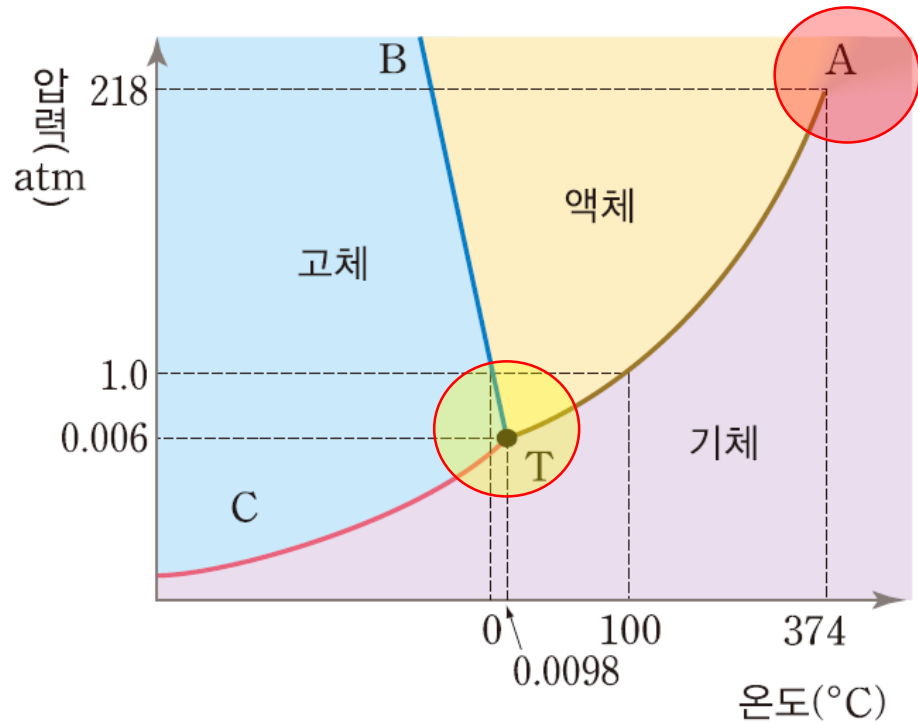
물이

다음 물의 가열 곡선을 근거로 총 다섯 구간으로 나누어서 각 구간별로 투입된 열량을 일일이 계산한 다음에 이들을 모두 합산해야 한다.



## • 9.8 상평형 도표

### ▪ 물의 상평형 도표



**그림 9.42** 물의 상평형 도표 물의 어는점은 압력이 증가하면 낮아지고, 물의 끓는점은 압력이 증가하면 높아지는 것을 알 수 있다.

삼중점 (triple point): 세 곡선이 만나는 점 T, 세 상태가 서로 평형을 유지할 수 있는 유일한 조건)



## • 9.7 상변화

### ▪ 임계 온도와 임계 압력

액체가 생성될 수 있는 최고 온도, 이 임계 온도에서 액화가 일어나는데 필요한 임계 압력 (critical pressure)

**그림 9.38**  $\text{SF}_6$ 의 임계 현상 (a) 임계 온도 이하에서는 투명한 액체, (b) 임계 온도 이상에서는 액체상이 사라짐, (c) 임계 온도 바로 이하에서는 응축되기 시작하면서 안개 상태가 나타남, (d) 임계 온도 이하로 계속 냉각되면서 액체상이 다시 생김



(a)



(b)



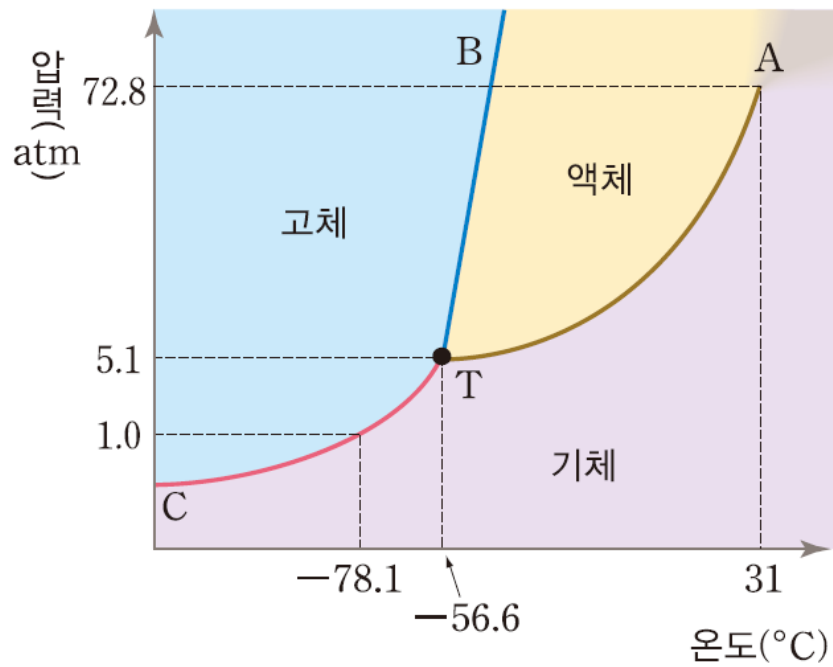
(c)



(d)

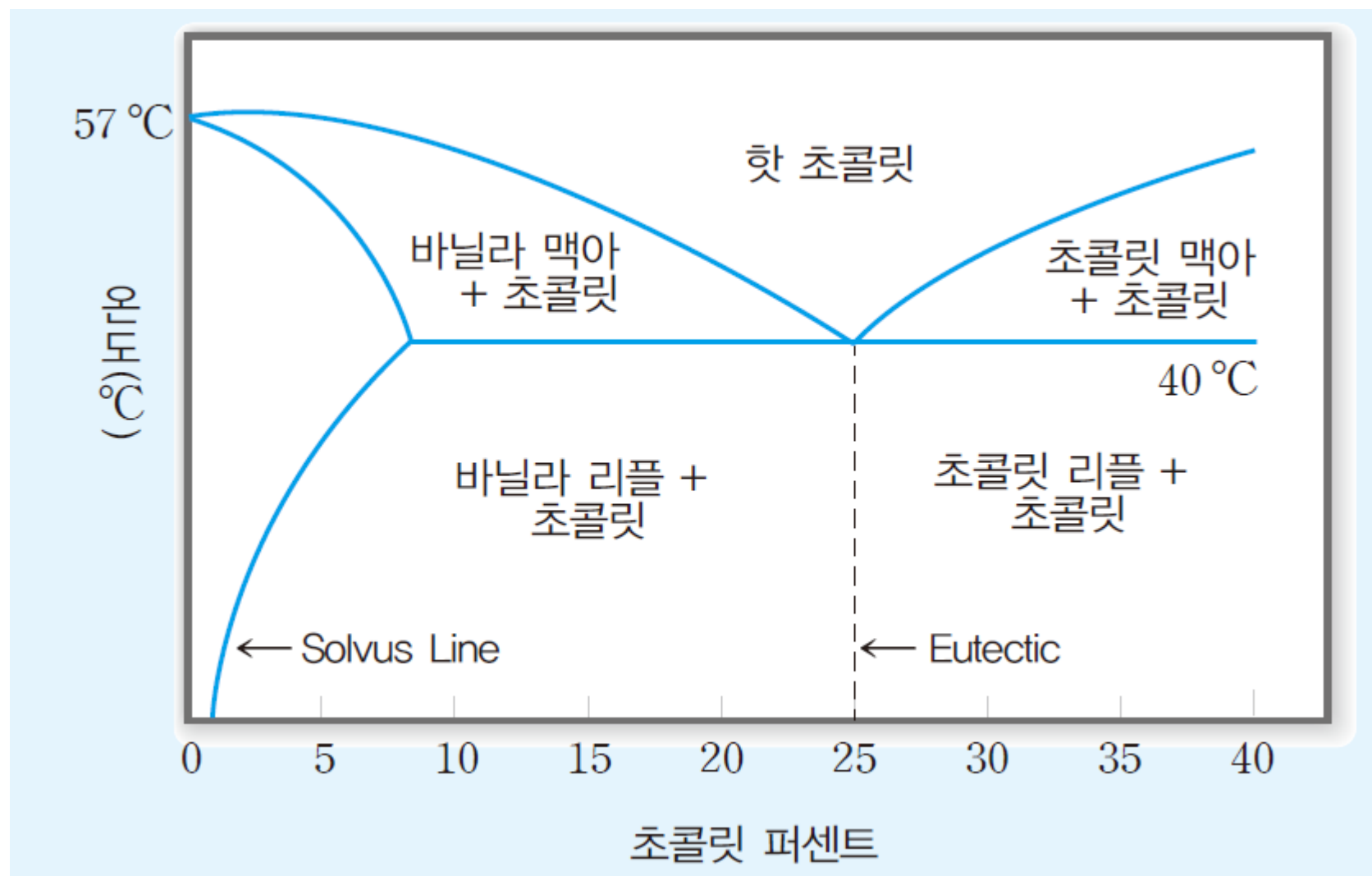
## • 9.8 상평형 도표

### ▪ 이산화 탄소의 상평형 도표



이산화 탄소는 고체인 경우 액체 이산화 탄소보다 밀도가 크기 때문에 고체/액체의 경계선은 양의 기울기를 나타낸다.

## • 화학이야기: 초콜릿의 상도표



## • 9.8 상평형 도표

### 예제 9.7

다음은 황 (S)의 상평형 도표이다. 이 도표를 보고 물음에 답하시오.

- (a) 황의 상태는 총 몇 가지인가?      (b) 삼중점은 몇 개인가?
- (c) STP 조건에서 발견되는 황의 상태는?
- (d) 평상시 기압에서 단사황을 얻고 싶다면 어떻게 해야하는가?

