

для студентов, обучающихся по направлению:
20.03.01 «Техносферная безопасность»

Практическое занятие 4
ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ

Вторушина Анна Николаевна

ТПУ - 2018

Расчет теплоты испарения и возгонки по уравнению Клапейрона – Клаузиуса

- Для процессов фазового перехода с участием газообразных веществ (испарение, сублимация, возгонка, конденсация) уравнение Клапейрона – Клаузиуса имеет вид:

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_{исп(возг)}}{RT^2}$$

$\Delta H_{исп(возг)}$ – теплота испарения (возгонки) вещества.

Применение уравнения Клапейрона – Клаузиуса к процессам испарения и ВОЗГОНКИ

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta H_{исп(возг)}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = \frac{\Delta H_{исп(возг)} (T_2 - T_1)}{RT_1 T_2}$$

Тепловой эффект фазового перехода с участием газообразных веществ:

$$\Delta H = \frac{RT_1 T_2 \ln \frac{p_2}{p_1}}{T_2 - T_1}$$

Задание 1

Определите давление, при котором вода закипит при 98°C .

Решение:

Кипение воды представляет собой фазовый переход: *жидкость* \rightarrow *газ*

Из справочных данных известно, что при 100°C давление насыщенного водяного пара равно 760 мм рт.ст, а удельная теплота испарения составляет 40644 Дж/г.

Решение:

$$\ln p_1 = \ln p_2 - \frac{\Delta H_{\text{исп(возг)}}(T_2 - T_1)}{RT_1T_2} = \ln 760 - \frac{40644(373 - 371)}{8.314 \cdot 373 \cdot 371} = 6.562$$

$$p_1 = 707.7 \text{ мм.рт.ст.}$$

Задание 2

Давление пара бензола при 20С и 30С соответственно равно 100×10^2 Па и 157×10^2 Па. Рассчитайте удельную теплоту испарения бензола.

Задание 3

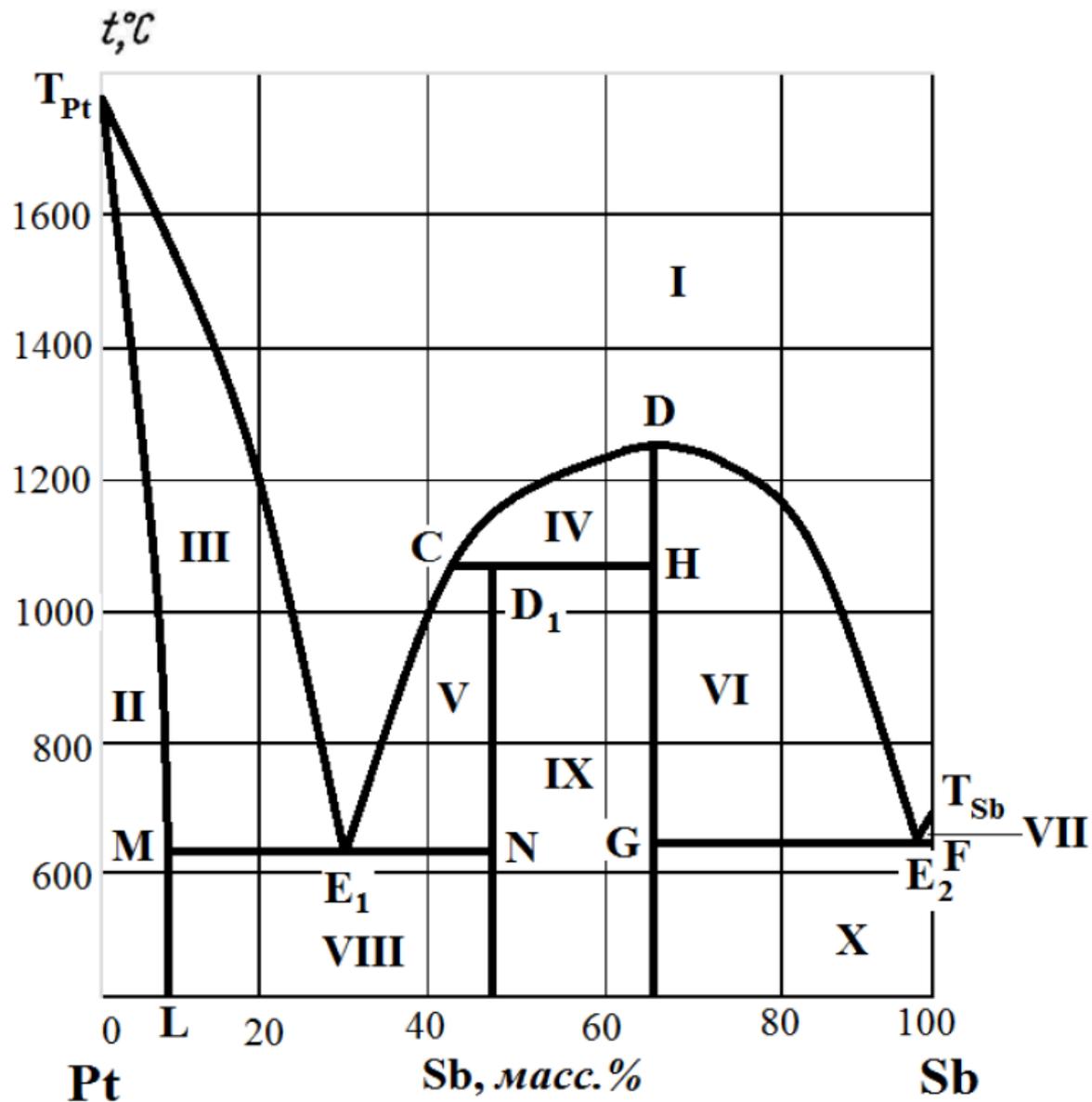
Температура кипения воды при давлении 532 мм рт.ст. составляет 91С. Вычислите температуру кипения воды при 760 мм рт.ст. Удельная теплота испарения воды составляет 2258 Дж/г.

Задание 4

1. Описать смысл всех полей, линий, характерных точек.
2. Рассмотреть процесс охлаждения расплава, заданного точками M_1 и M_2 (определить число фаз и степеней свободы в точке).
3. Построить кривые охлаждения из точек M_1 и M_2 .
4. Определить соотношение фаз по правилу рычага при температуре 800 C и $80\% \text{ Sb}$.
5. При 800 C и $80\% \text{ Sb}$ рассчитать массы равновесных фаз, полученных из 500 г первоначального состава.

Диаграммы состояния двухкомпонентных систем

Диаграмма
состояния
Pt - Sb



Диаграммы состояния двухкомпонентных систем

- Компоненты диаграммы Pt – Sb образуют между собой два химических (интерметаллических) соединения: устойчивое (конгруентно плавящееся) химическое соединение D; неустойчивое (инконгруентно плавящееся) химическое соединение D₁ и твердый раствор сурьмы в платине.

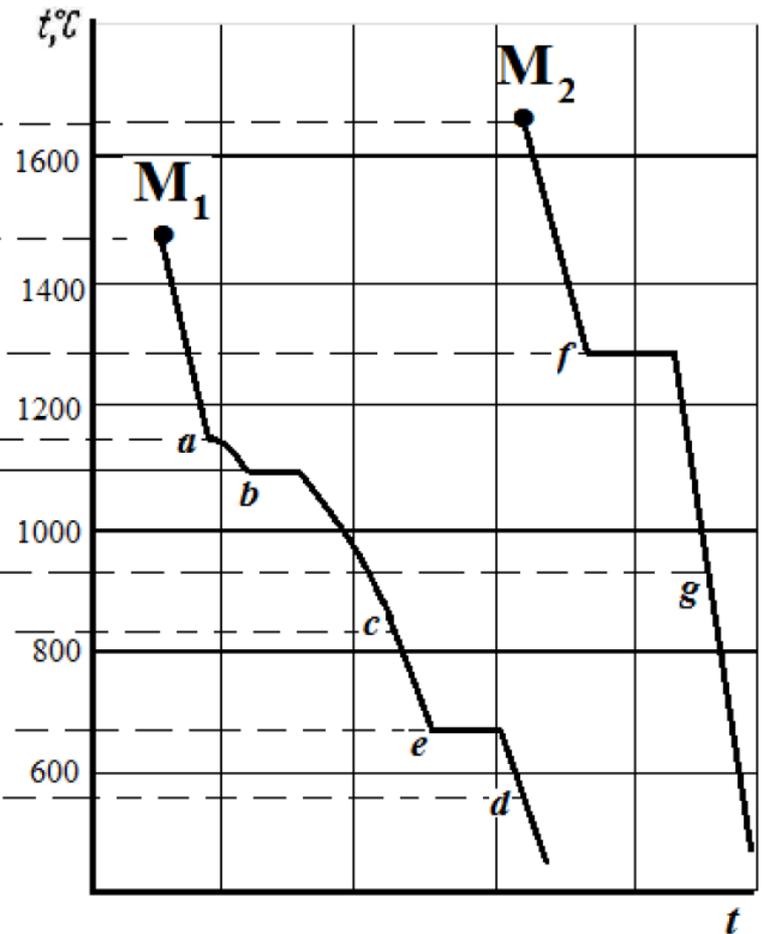
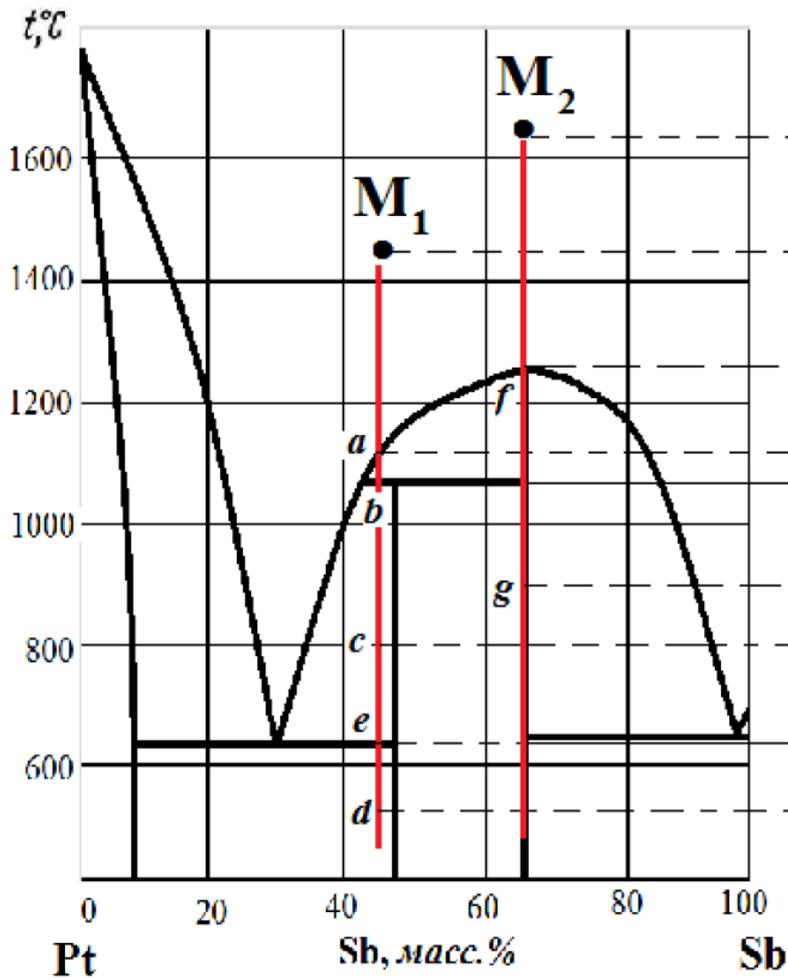
Значение полей	
I	расплав
II	кристаллы твердого раствора α
III	расплав и кристаллы твердого раствора α
IV	расплав и кристаллы устойчивого химического соединения D
V	расплав и кристаллы неустойчивого химического соединения D_1
VI	расплав и кристаллы устойчивого химического соединения D
VII	расплав и кристаллы сурьмы
VIII	механическая смесь кристаллов твердого раствора α и неустойчивого химического соединения D_1
IX	механическая смесь кристаллов неустойчивого химического соединения D_1 и кристаллов устойчивого химического соединения D
X	механическая смесь кристаллов устойчивого химического соединения D и сурьмы

Значение линий	
$T_{Pt}E_1C$ DE_2T_{Sb}	линия ликвидуса (состав расплава)
$T_{Pt}E_1$	линия ликвидуса (состав расплава, равновесного с кристаллами твердого раствора α)
E_1C	линия ликвидуса (состав расплава, равновесного с кристаллами неустойчивого химического соединения D_1)
CD	линия ликвидуса (состав расплава, равновесного с кристаллами устойчивого химического соединения D)
DE_2	линия ликвидуса (состав расплава, равновесного с кристаллами устойчивого химического соединения D)
E_2T_{Sb}	линия ликвидуса (состав расплава, равновесного с кристаллами сурьмы)
$T_{Pt}ME_1N$ D_1HGE_2F	линия солидуса (состав твердой фазы)
$T_{Pt}M$	линия солидуса (состав твердого раствора α , равновесного с расплавом)
ME_1N	линия эвтектики (в равновесии три фазы: расплав, кристаллы твердого раствора α , кристаллы неустойчивого химического соединения D_1)
CD_1H	линия перитектики (в равновесии три фазы: расплав, кристаллы неустойчивого химического соединения D_1 , кристаллы устойчивого химического соединения D)
GE_2F	линия эвтектики (в равновесии три фазы: расплав, кристаллы устойчивого химического соединения D , кристаллы сурьмы)
ML	линия расслоения (состав твердого раствора α , определяет предельную растворимость сурьмы в платине)

Значение точек	
T_{Pt}	температура плавления платины
T_{Sb}	температура плавления сурьмы
E_1	точка эвтектики (в равновесии три фазы: расплав, кристаллы твердого раствора α , кристаллы неустойчивого химического соединения D_1)
E_2	точка эвтектики (в равновесии три фазы: расплав, кристаллы устойчивого химического соединения D , кристаллы сурьмы)
C	точка перитектики (в равновесии три фазы: расплав, кристаллы неустойчивого химического соединения D_1 , кристаллы устойчивого химического соединения D)
D_1	температура плавления (разложения) неустойчивого химического соединения D_1
D	температура плавления устойчивого химического соединения D
M	состав твердого раствора α в точке эвтектики E_1

2. Рассчитаем состав химических соединений

3. Рассмотрим процесс охлаждения расплава заданного состава.



Результат рассмотрения процесса охлаждения расплава из точки M_1

Точка	Что происходит	Φ	C	Что означает число степеней свободы
M_1	Охлаждение расплава	1	2	Можно менять температуру и состав расплава
a	Появляются первые кристаллы устойчивого химического соединения D	2	1	Каждой температуре соответствует определенный состав расплава
b	Начинается кристаллизация неустойчивого химического соединения D_1 , ранее выпавшие кристаллы D растворяются, на кривой охлаждения горизонтальный участок	3	0	Система инвариантна
c	Продолжается кристаллизация неустойчивого химического соединения D_1 из расплава	2	1	Каждой температуре соответствует определенный состав расплава
e	Одновременно кристаллизуются твердый раствор α и неустойчивое химическое соединение D_1 , на кривой охлаждения горизонтальный участок	3	0	Система инвариантна
d	Охлаждение механической смеси твердого раствора α и неустойчивого химического соединения D_1	2	1	Каждой температуре соответствует определенный состав твердого раствора

Точка M_2 отвечает составу устойчивого (конгруэнтно плавящегося) химического соединения D

Результат рассмотрения процесса охлаждения расплава из точки M_2

Точка	Что происходит	Φ	C	Что означает число степеней свободы
M_2	Охлаждение расплава	1	2	Можно менять температуру и состав расплава
f	Появляются первые кристаллы устойчивого химического соединения D , на кривой охлаждения горизонтальный участок	2	0	Система инвариантна
g	Охлаждаются кристаллы устойчивого химического соединения D	1	1	Можно менять только температуру

Самостоятельная работа

- Выполнить в отдельной тетради в соответствии с вашим вариантом 2 задания.



Задание 1.



Задание 2.