

1. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №1

1. Общие методические указания

При выполнении ИДЗ № 1 на темы, изучаемые в 7-м семестре, студентам необходимо:

1. Рассчитать соотношения фаз в смесях заданного исходного состава при кристаллизации расплава (табл. 1.1).
2. Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси (табл. 1.2).
3. Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава, используя табл. 1.3.
4. Ответить на вопросы по теории изучаемого курса (табл. 1.4).

Номер варианта ИДЗ определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 15, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки 4Г7А/11, то номер варианта задания равен 11. Если номер зачетной книжки 4Г10/22, то номер варианта задания равен 4.

Требования к оформлению ИДЗ

При оформлении ИДЗ необходимо соблюдать следующие требования:

ИДЗ должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, номер группы. Выполненное задание оформляется в электронном виде и высылается на адрес преподавателя.

Правильно выполненные работы студенту не возвращаются. Если работа не соответствует требованиям, студент получает оценку «не зачтено». В этом случае работа должна быть исправлена и повторно предоставлена преподавателю.

При доработке необходимо включить в текст дополнительные вопросы, полученные после проверки работы преподавателем, и ответы на эти вопросы.

1. Текст ИДЗ набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, размер 12–14 pt, для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType.

2. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и задания.

3. Каждая задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задач.

4. Решение должно быть подробным, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул.

5. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.

6. В задание включается список использованной литературы.

Студент, не получивший положительной аттестации по ИДЗ, не допускается к сдаче зачета по данной дисциплине.

2. Индивидуальное домашнее задание № 1

Задание 1.1. Рассчитать соотношения фаз в смесях заданного исходного состава при кристаллизации расплава, используя табл. 1.1 и диаграммы состояния.

Таблица 1.1

№ варианта	Задачи
1	Какое количество форстерита Mg_2SiO_4 выделится из расплава, содержащего 50 % MgO и 50 % SiO_2 , при охлаждении до температуры 1700 °С и 1600 °С?
2	Как изменится соотношение между форстеритом и энстатитом при

	изменении состава исходной смеси от 55 до 45 % SiO_2 в системе MgO-SiO_2 при температуре ниже 1550°C ?
3	Как изменится температура полного плавления смесей в системе $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$ при увеличении содержания SiO_2 с 50 до 60 %?
4	Расплав содержит 80 % SiO_2 и 20 % Na_2O . Какая часть расплава затвердеет при охлаждении до 1000°C ?
5	Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава состава 45 % SiO_2 и 55 % Li_2O .
6	Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава состава 40 % Al_2O_3 и 60 % SiO_2
7	Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава (температура 500°C), содержащего 10 % CaO и 90% SiO_2 .
8	Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава состава 50 % K_2O и 50 % SiO_2 .
9	Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава состава 40 % Li_2O и 60 % SiO_2 .
10	Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава состава 80 % SiO_2 и 20 % MgO .
11	Рассчитать количество жидкой и твердой фаз, образующихся при охлаждении расплава, содержащего 30 % Al_2O_3 и 70 % SiO_2 , до температуры 1700°C . Общая масса расплава 350 г.
12	Рассчитать количество жидкой и твердой фаз, образующихся при охлаждении расплава, содержащего 90 % CaO и 10 % SiO_2 , до температуры 2300°C . Общая масса расплава 500 г.
13	Рассчитать количество жидкой и твердой фаз, образующихся при охлаждении расплава, содержащего 15 % K_2O и 85 % SiO_2 , до температуры 1000°C . Общая масса расплава 250 г.
14	Определить соотношение между фазами при полной кристаллизации расплава, содержащего 60 % SiO_2 и 40 % Li_2O .
15	Определить количество жидкой и твердой фаз при 1600°C в смесях, имеющих следующий состав: а) 85 % SiO_2 и 15 % MgO ; б) 55 % SiO_2 и 45 % MgO .

Задание 1.2. Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси, используя табл. 1.2 и диаграммы состояния.

Таблица 1.2

№ варианта	Задания
1	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 50 % MgO и 50 % SiO ₂ .
2	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 45 % MgO и 55 % SiO ₂ .
3	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 10 % Na ₂ O и 90 % SiO ₂ .
4	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 15 % Na ₂ O и 85 % SiO ₂ .
5	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 40 % Li ₂ O и 60 % SiO ₂ .
6	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 40 % Al ₂ O ₃ и 60 % SiO ₂ .
7	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 95 % CaO и 5 % SiO ₂ .
8	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 10 % K ₂ O и 90 % SiO ₂ .
9	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 60 % Li ₂ Si ₂ O ₅ и 40 % Li ₂ SiO ₃ .
10	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 40 % Mg ₂ SiO ₄ и 60 % MgSiO ₃ .
11	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 52 % Al ₂ O ₃ и 48 % SiO ₂ .
12	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 90 % CaO и 10 % SiO ₂ .
13	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 15 % K ₂ O и 85 % SiO ₂ .
14	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 28% Li ₂ O и 72 % SiO ₂ .
15	Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 50 % Mg ₂ SiO ₄ и 50 % MgSiO ₃ .

Задание 1.3. Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава, используя табл. 1.3 и диаграммы состояния.

Таблица 1.3

№ варианта	Задания
1	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 50 % MgO и 50 % SiO ₂ .
2	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 45 % MgO и 55 % SiO ₂ .
3	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 10 % Na ₂ O и 90 % SiO ₂ .
4	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 65 % Na ₂ O и 35 % SiO ₂ .
5	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 55 % Li ₂ O и 45 % SiO ₂ .
6	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 40 % Al ₂ O ₃ и 60 % SiO ₂ .
7	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 20 % CaO и 80 % SiO ₂ .
8	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 60 % SiO ₂ и 40 % K ₂ O.
9	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 60 % SiO ₂ и 40 % Li ₂ O.
10	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 60 % MgO и 40 % SiO ₂ .
11	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 45 % Al ₂ O ₃ и 55 % SiO ₂ .
12	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 90 % CaO и 10 % SiO ₂ .
13	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 90 % SiO ₂ и 10 % K ₂ O.
14	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 88 % SiO ₂ и 12 % Li ₂ O.
15	Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 20 % MgO и 80 % SiO ₂ .

Диаграммы состояния для заданий №№ 1.1–1.3 ИДЗ № 1

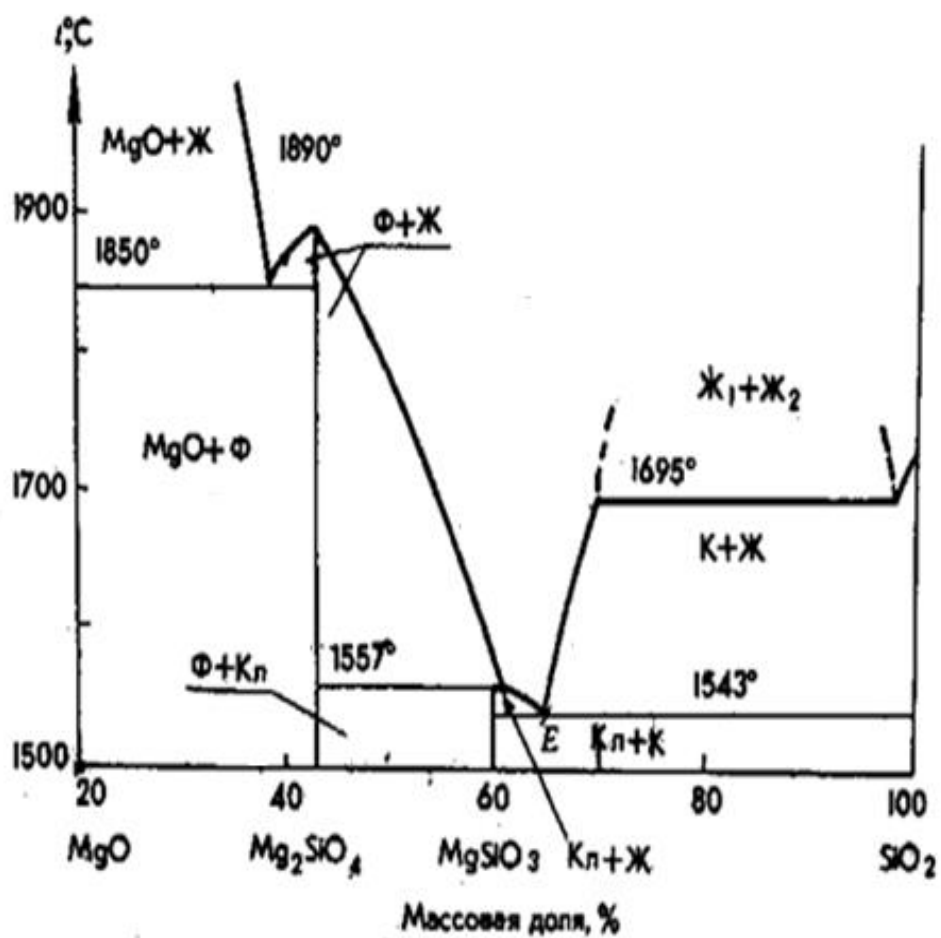


Рис. 1. Диаграмма состояния «MgO-SiO₂» для вариантов №№ 1, 2, 10, 15

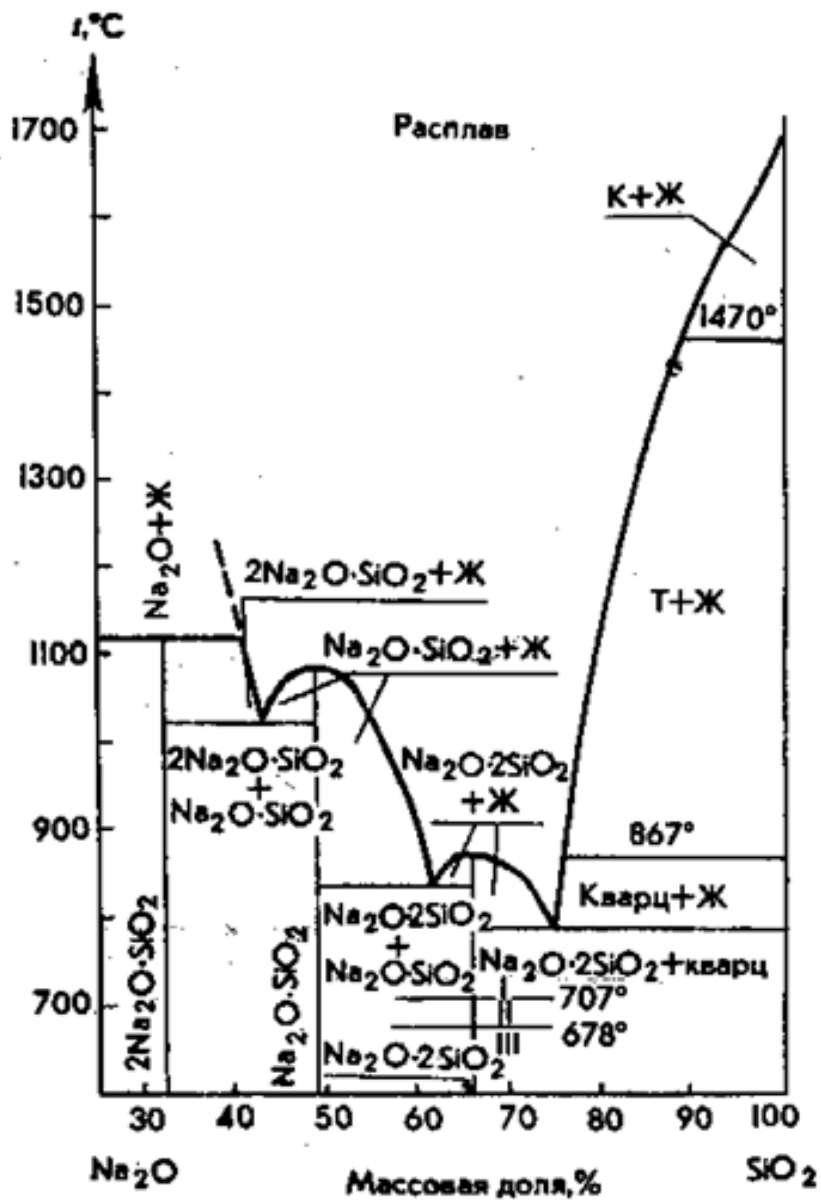


Рис. 2. Диаграмма состояния « $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ »
для вариантов №№ 3, 4

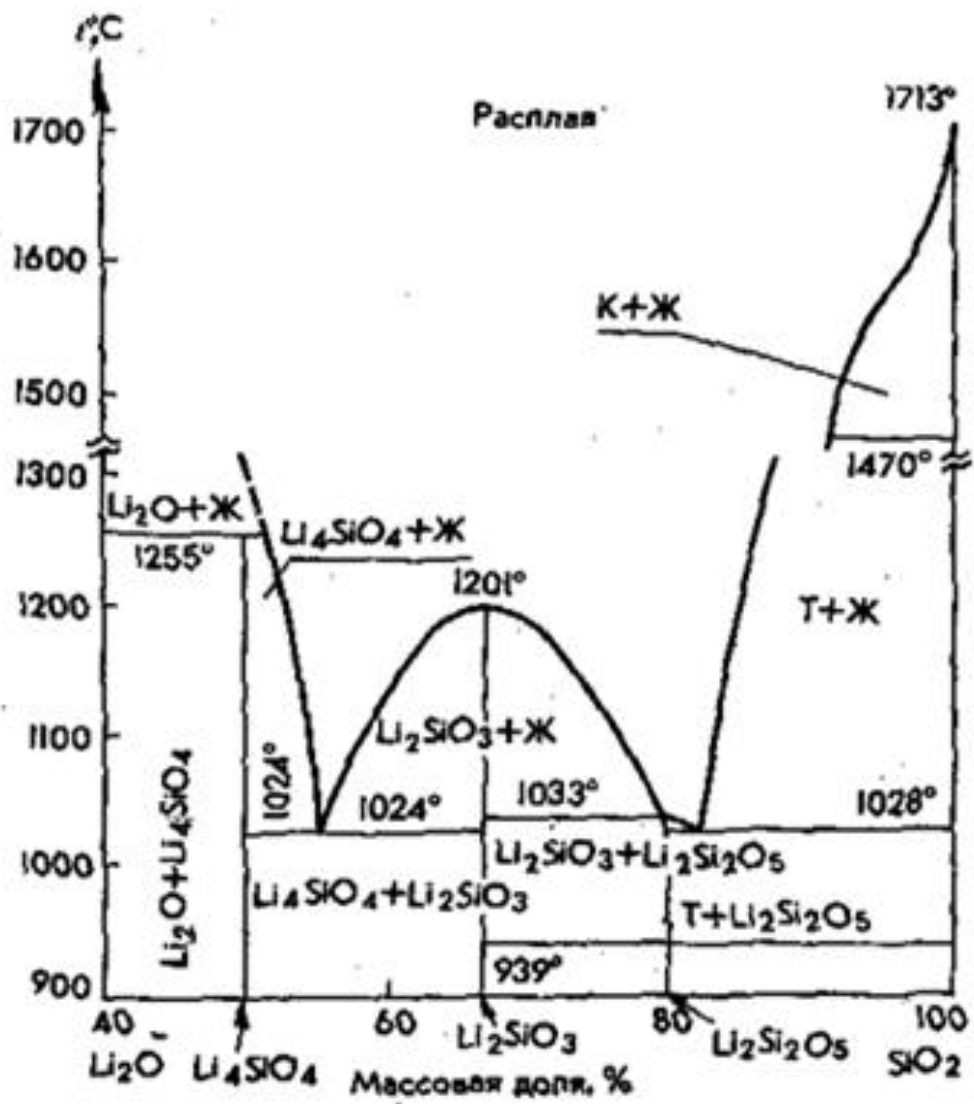


Рис. 3. Диаграмма состояния « $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ »
для вариантов №№ 5, 9, 14

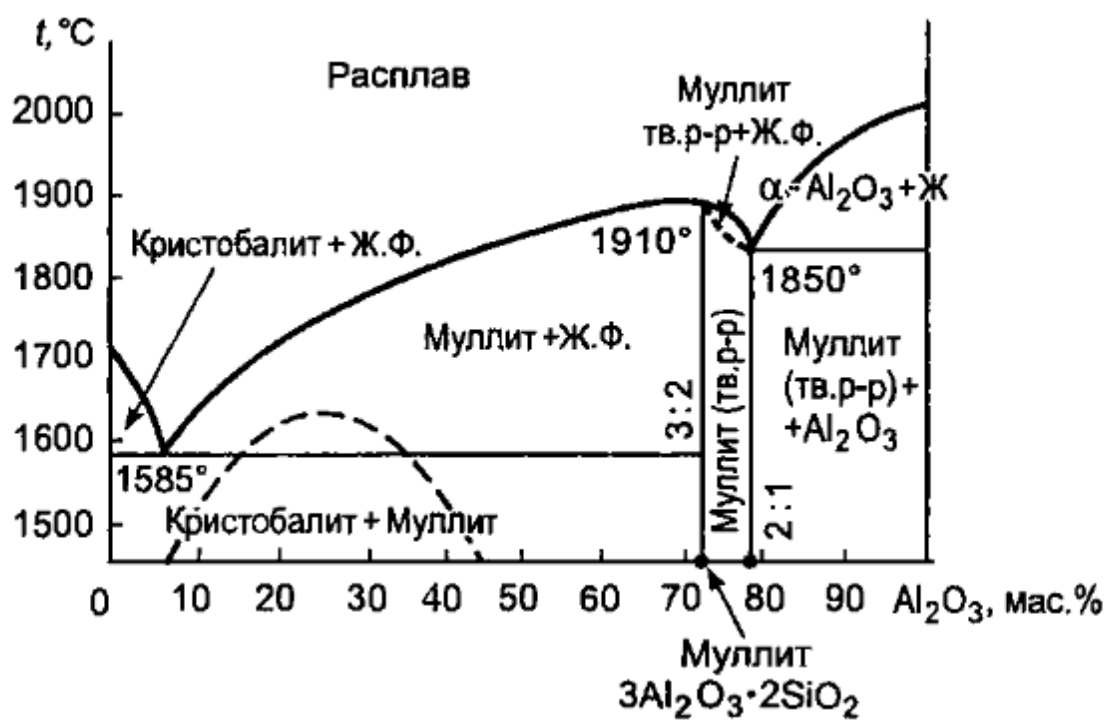


Рис. 4. Диаграмма состояния « Al_2O_3 - SiO_2 »
для вариантов №№ 6, 11

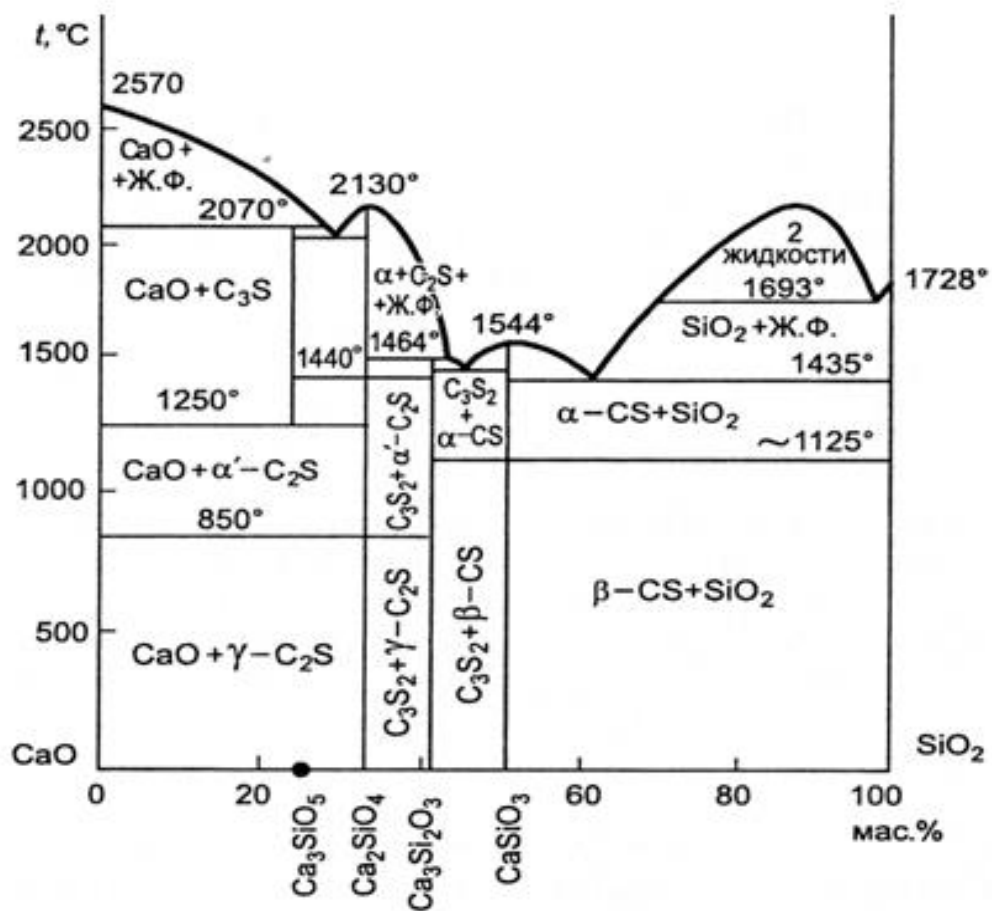


Рис. 5. Диаграмма состояния «CaO-SiO₂»
для вариантов №№ 7, 12

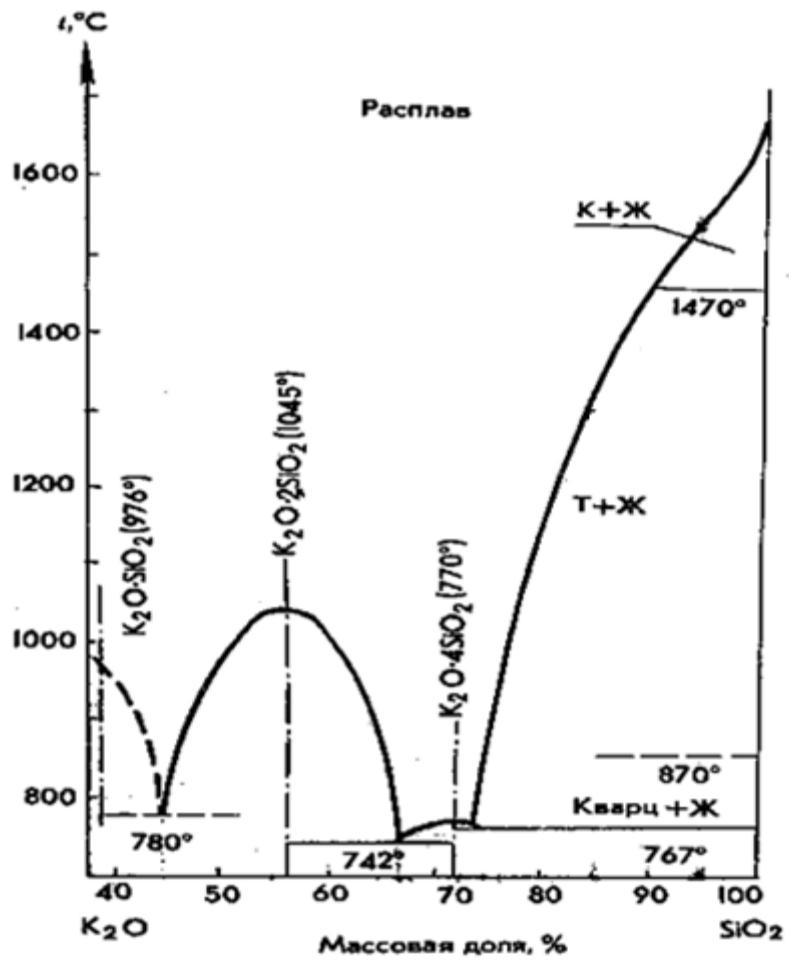


Рис. 6. Диаграмма состояния « K_2O-SiO_2 »
для вариантов №№ 8, 13

Задание 1.4. Ответить на вопросы по теории изучаемого курса (табл. 1.4).

Таблица 1.4

№ варианта	Вопросы
1	Силикаты и их общая характеристика. Принцип классификации и систематики силикатов. Способы записи формул силикатов.
2	Строение атома кремния, взаимодействие кремния с другими элементами с образованием различных типов соединений.
3	Строение оксидов, как плотная упаковка атомов кислорода. Тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$, строение, sp^3 -гибридизация связей, способность к полимеризации.
4	Правила формирования структуры ионных кристаллов (правила Полинга).
5	Координационное число, зависимость к.ч. от типа структуры и соотношения радиусов катиона и аниона. Правило Магнуса.
6	Гетерогенные и гомогенные силикатные системы. Уравнение фазового равновесия. Энантиотропные и монокотропные превращения.
7	Силикаты щелочных материалов: система $\text{Li}_2\text{O}-\text{SiO}_2$. Общая характеристика, получение, свойства и применение материалов системы.
8	Силикаты калия, система $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$. Общая характеристика, получение, свойства силикатов. Способы получения жидкого стекла.
9	Силикаты щелочных металлов, система $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$. Общая характеристика, получение, свойства силикатов. Способы получения жидкого стекла.
10	Дать общую характеристику системы $\text{MgO}-\text{SiO}_2$.
11	Дать общую характеристику системы $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$.
12	Силикаты щелочноземельных металлов. Общая характеристика, получение и свойства силикатов. Гидросиликаты кальция и магния. Свойства и применение в технике.
13	Обзор структур силикатов.
14	Кристаллические модификации SiO_2 и их природные разновидности.
15	

3. Примеры выполнения ИДЗ № 1

Пример выполнения задания 1.1

Какое количество форстерита Mg_2SiO_4 выделится из расплава, содержащего 55 % MgO и 45 % SiO_2 , при охлаждении до температуры $1700^\circ C$ и $1600^\circ C$?

Для выполнения задания выбираем соответствующую варианту диаграмму, это диаграмма системы « $MgO-SiO_2$ » (рис. 7.1).

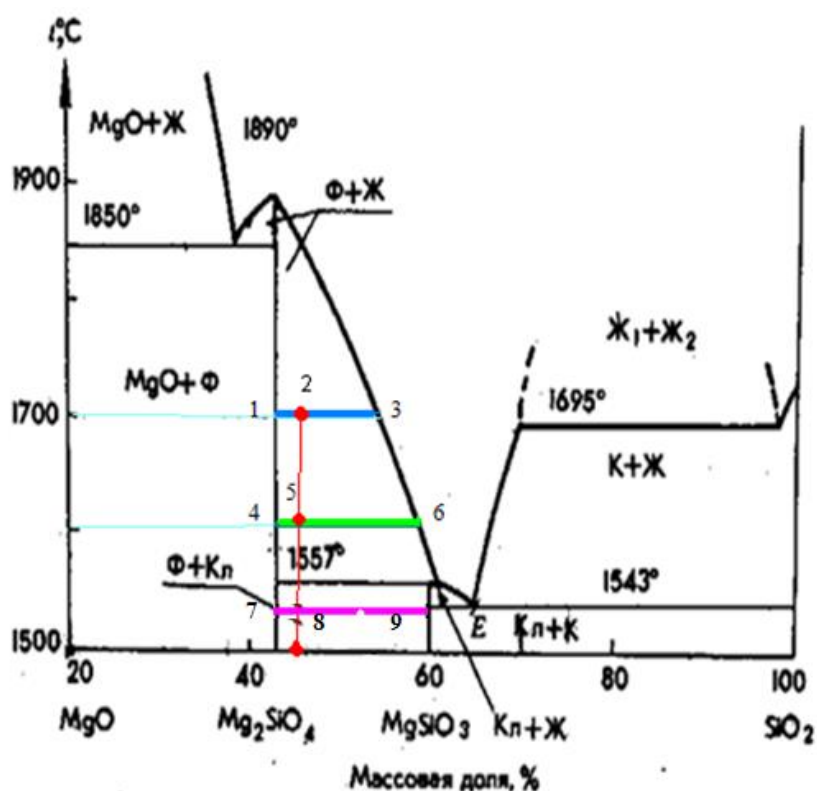


Рис. 7.1. Диаграмма состояния системы « $MgO-SiO_2$ »

На оси содержаний находим точку исходного состава, содержащего 55 % MgO и 45 % SiO_2 . Через точки пересечения вертикальной линии, проведенной от этой точки в поле диаграммы, и горизонтальных изотермических линий проводим конноды (на рис. 7.1 при температуре $1700^\circ C$ – синяя линия и при $1600^\circ C$ – зеленая линия). Конноды проводятся только внутри соответствующего поля. Концы конноды указывают на фазы, которые находятся в равновесии в данной фигуративной точке диаграммы. При той и другой температуре в

равновесии находятся две фазы: форстерит Mg_2SiO_4 и расплав. Их количество и соотношение находится с помощью правила рычага. Задача может быть решена графическим методом: измеряется длина отрезков конноды от точки 1 до точки 2 (l_{1-2}), от точки 2 до точки 3 (l_{2-3}) и общая длина конноды от точки 1 до точки 3 (l_{1-3}). Количество выделившегося из расплава форстерита при температуре 1700°C рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{Mg}_2\text{SiO}_4} = \frac{l_{2-3}}{l_{1-3}} \cdot 100 = \frac{8,5\text{мм}}{11,0\text{мм}} \cdot 100 = 72,27 \text{ мас.}\%$$

аналогично при температуре 1600°C :

$$C_{\text{Mg}_2\text{SiO}_4} = \frac{l_{5-6}}{l_{4-6}} \cdot 100 = \frac{13,5\text{мм}}{16,0\text{мм}} \cdot 100 = 84,38 \text{ мас.}\%$$

Полученный ответ обозначает, что в смеси заданного исходного состава расплава при 1700°C находится $72,27$ мас.% твердого вещества (форстерита), остальное ($27,73$ мас.%) – расплав.

Найти соотношение между фазами, полученными при полной кристаллизации расплава.

Полная кристаллизация этого расплава происходит при температуре ниже 1557°C . Коннода, проведенная ниже линии перитектики, указывает на равновесие двух твердых фаз: Mg_2SiO_4 и MgSiO_3 , их соотношение будет рассчитано, как отношение длин отрезков l_{8-9} и l_{7-8} ($2,5 \text{ мм} / 14,5 \text{ мм} = 1/6$) или в виде расчета их массового содержания в процентах:

$$C_{\text{Mg}_2\text{SiO}_4} = \frac{l_{8-9}}{l_{7-9}} \cdot 100 = \frac{14,5\text{мм}}{17,0\text{мм}} \cdot 100 = 85,29 \text{ мас.}\%$$

$$C_{\text{MgSiO}_3} = 100 - 85,29 = 14,71 \text{ мас.}\% .$$

Как изменится температура полного плавления смесей в системе $MgO-SiO_2$ при увеличении содержания SiO_2 с 68 до 70 %?

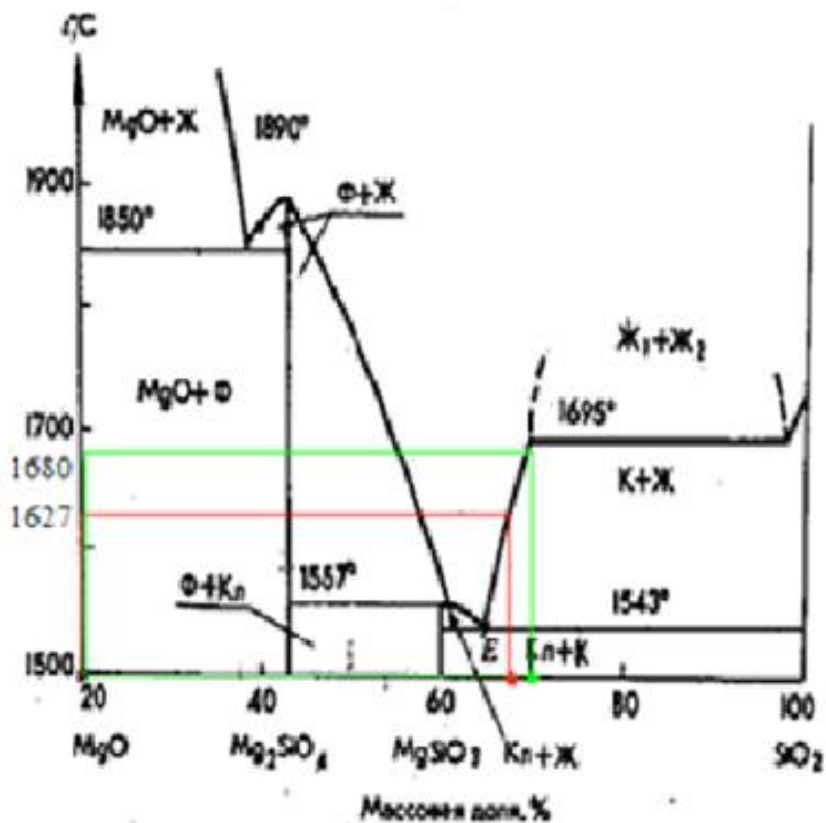


Рис. 7.2. Диаграмма состояния системы « $MgO-SiO_2$ »

Для ответа на этот вопрос необходимо найти заданный состав на оси содержаний, провести вертикальную линию до пересечения с линией ликвидуса (рис. 7.2). Температура этой точки и обозначает температуру полного плавления заданной смеси. Из приведенного рисунка следует, что при увеличении содержания оксида кремния в смеси от 68 до 70 мас.% температура полного плавления смеси изменяется от 1627 до 1680 °С, то есть повышается на 53 градуса.

Пример выполнения задания 1.2

Построить график изменения количества расплава для процесса нагревания смеси 85 % SiO_2 и 15 % K_2O .

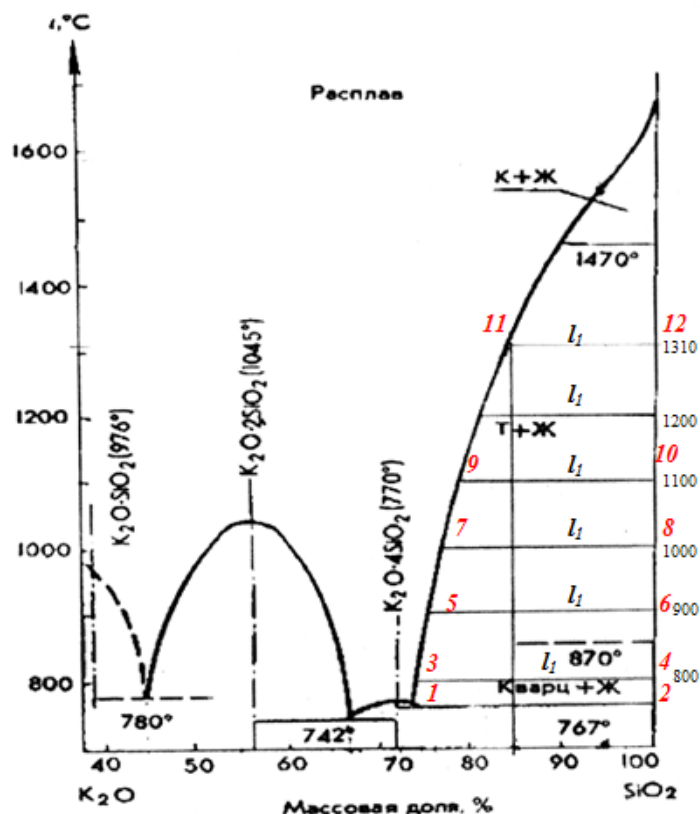


Рис. 8. Диаграмма состояния системы « $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ »

На оси содержаний диаграммы состояния находится точка состава, из которой вверх до пересечения с кривой ликвидуса проводится прямая, показывающая этот состав смеси при всех температурах до полного плавления (рис. 8). Ориентируясь на ось температур, определяем, что полное плавление наступает при 1310°C . Начало плавления будет при температуре эвтектики (767°C). При температуре ниже 727°C система будет находиться в твердом состоянии. Количество жидкой фазы (расплава) при нагревании от 767 до 1310°C увеличивается от 0 до 100 %. С помощью коннод, проведенных в поле, ограниченном с одной стороны кривой ликвидуса, по правилу рычага проводится расчет количества жидкой фазы при каждой температуре. Результаты заносятся в табл. 1.5, затем по полученным данным строится график изменения количества расплава, или кривая плавкости.

Пример расчета количества расплава, или жидкой фазы (ЖФ), при температуре 800 °С:

$$C_{\text{ЖФ}} = \frac{l_1}{l_{3-4}} \cdot 100 = \frac{22_{\text{мм}}}{37_{\text{мм}}} \cdot 100 = 59,5 \%$$

Так же производится расчет и при других температурах. Обратите внимание: для температуры 767 °С значение содержания жидкой фазы указано дважды (0 и 58,7 %). Это объясняется тем, что при температуре эвтектики система нонвариантна (число степеней свободы равно нулю), т.е. при нагревании твердой смеси до этой температуры количество расплава увеличивается от 0 % до соответствующего для эвтектической прямой значения без изменения температуры.

Таблица 1.5

T, °С	% ЖФ	T, °С	% ЖФ
767	0	1000	66,7
767	58,7	1100	73,3
800	59,5	1200	81,5
900	62,9	1310	100,0

По полученным данным строится кривая плавкости (рис. 9).

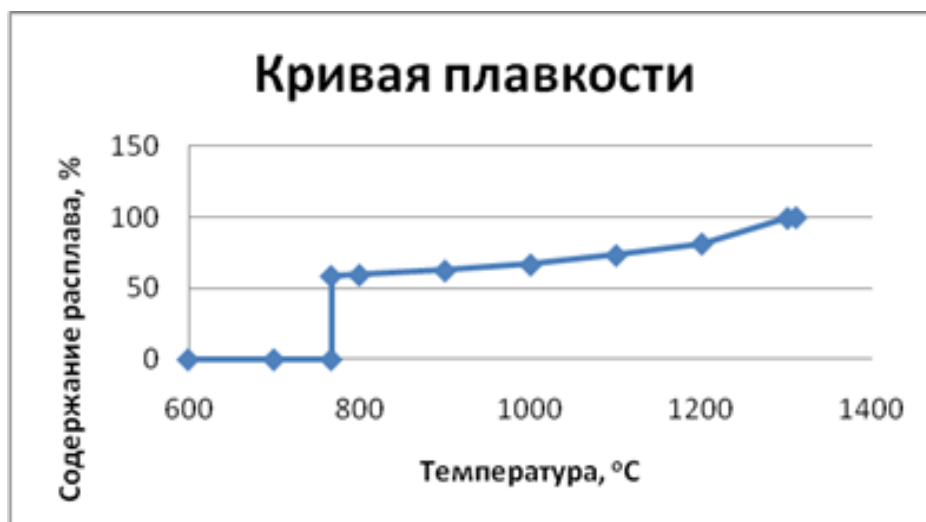


Рис. 9. График изменения количества расплава (кривая плавкости) для процесса нагревания смеси 85 % SiO₂ и 15 % K₂O

Такое изображение кривой плавкости полезно для понимания процесса, происходящего при нагревании смеси твердых веществ, однако в отчетах и публикациях отрезок до появления расплава, т.е. а данном случае до температуры 767°C, показывать не принято.

Пример выполнения задания 1.3

Показать схему фазовых превращений, протекающих при охлаждении расплава состава 95 % CaO и 5 % SiO₂.

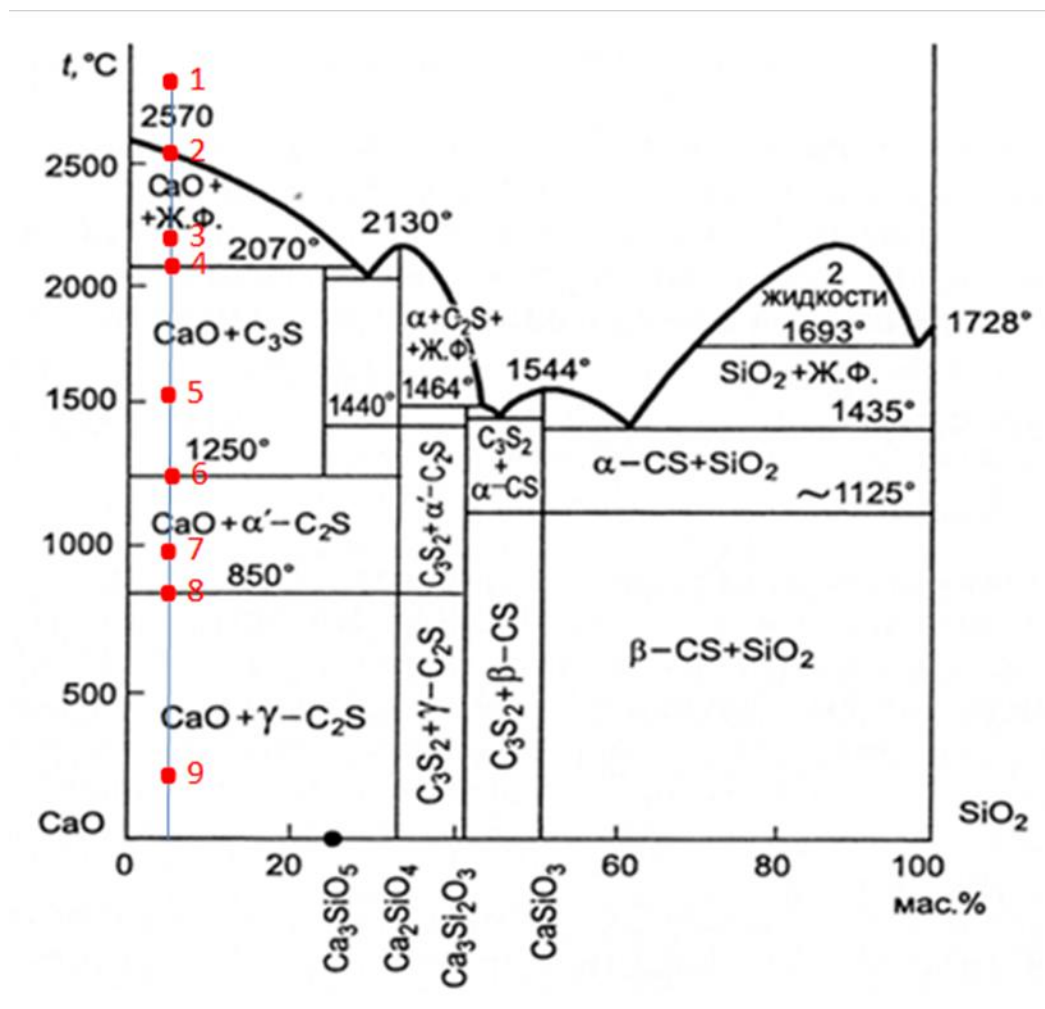


Рис. 10. Диаграмма состояния системы «CaO-SiO₂»

Фазовые преобразования, проходящие при охлаждении расплава, можно показать в табл. 1.6. Число степеней свободы, или вариантность системы, рассчитывается по правилу фаз Гиббса: $C = K - \Phi + n$, например, для точки 1:

$$C = 2 - 1 + 1 = 1.$$

Описание пути кристаллизации расплава

Номер фигуративной точки на диаграмме	Равновесные фазы	Число степеней свободы системы	Процесс, характеризующий фазовое превращение в данной точке
1	расплав	2	охлаждение расплава
2	расплав + кристаллы CaO	1	начало кристаллизации CaO
3	расплав + кристаллы CaO	1	продолжение кристаллизации CaO
4	расплав + кристаллы CaO + кристаллы Ca ₃ SiO ₅	0	Перитектическая реакция CaO + расплав = Ca ₃ SiO ₅
5	CaO + Ca ₃ SiO ₅	1	охлаждение твердой смеси кристаллов CaO и Ca ₃ SiO ₅
6	CaO + Ca ₃ SiO ₅ + α'Ca ₂ SiO ₄	0	Твердофазная реакция разложения Ca ₃ SiO ₅ = CaO + α'Ca ₂ SiO ₄
7	CaO + α'Ca ₂ SiO ₄	1	охлаждение твердой смеси кристаллов CaO и α'Ca ₂ SiO ₄
8	CaO + α'Ca ₂ SiO ₄ + γCa ₂ SiO ₄	0	Процесс полиморфного превращения α'Ca ₂ SiO ₄ → γCa ₂ SiO ₄
9	α'Ca ₂ SiO ₄ + γCa ₂ SiO ₄	1	охлаждение твердой смеси кристаллов α'Ca ₂ SiO ₄ и γCa ₂ SiO ₄