

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
Директор ЮТИ ТПУ
_____ С.А. Солодский
«__» _____ 2023 г.

ТЕОРИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания к выполнению самостоятельной работы по курсу
«Физико-химические основы металлургических процессов» для студентов всех
форм обучения, обучающихся по направлению 22.03.02 «Металлургия»

Часть 1

Составитель **А.П. Родзевич**

Издательство
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета
2023

УДК 669.01/09
ББК 34.303-1

Т-33 **Теория металлургических процессов:** методические указания к выполнению самостоятельной работы по курсу «Физико-химические основы металлургических процессов» для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению «Металлургия» / сост.: А.П.Родзевич; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2023. – 18 с.

УДК 669.01/09
ББК 34.303-1

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией ЮТИ ТПУ
«___» _____ 2023 г.

Председатель УМК _____ Н.А. Сапрыкина

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент ЮТИ ТПУ
А.А. Сапрыкин

© Составление. ФГАОУ ВО НИ ТПУ
Юргинский технологический институт (филиал), 2023
© Родзевич А.П., составление, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение количественных расчетов различных металлургических процессов способствует развитию навыков активного использования теоретических знаний, полученных при изучении курса «Физико-химические основы металлургических процессов». В дальнейшем методика расчета отдельных физико-химических характеристик металлургических процессов может быть использована при выполнении курсовых и дипломных работ.

Выполнение практических расчетов металлургических процессов способствует также более углубленному изучению теоретического материала, прививает навыки физико-химических расчетов.

Любое явление может быть понято более глубоко, если можно произвести расчет отдельных его звеньев и выразить физико-химические условия осуществления процесса в количественной форме. Поэтому освоение методов расчета различных характеристик металлургических процессов будет способствовать более глубокому изучению физико-химических явлений, имеющих место в различных металлургических процессах.

ЦЕЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Целью данного методического указания является приобретение студентами определенных навыков; наиболее важными, из которых являются следующие:

1. Нахождение правильного пути решения поставленной задачи с доведением ответа до количественного результата.

2. Умение правильно изобразить графически полученную зависимость (правильно выбрать масштаб, координаты, провести основные и вспомогательные линии).

3. Научиться пользоваться справочным материалом, т.е. знать, где искать соответствующие физико-химические характеристики реагирующих веществ.

Вариант 1

1. Молекулярный азот при высоких температурах частично диссоциирует с образованием атомарного азота. Определите степень диссоциации и состав равновесной газовой смеси при нагреве азота до температуры 2000К при постоянном давлении $P = 0,8 \cdot 10^5$ Па.

2. Рассчитать значения $\lg P_{O_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{O_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 1): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 2

1. Определите степень диссоциации H_2O для четырех температур в интервале от 1900 до 2200 °С для случая диссоциации: а) чистого водяного пара при $P = 10^5$ Па; б) для смеси водяного пара с азотом, содержащей 70 % N_2 при $P = 10^5$ Па. Результаты расчета представьте в виде графика зависимости степени диссоциации от температуры для двух случаев.

2. Рассчитать значения $\lg P_{O_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{O_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 2): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 3

1. Какое должно быть отношение H_2O/H_2 в газовой смеси из водорода и водяного пара, чтобы при температуре 1600°С равновесное давление кислорода в ней составляло $5 \cdot 10^{-5}$ Па.

2. Рассчитать значения $\lg P_{O_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{O_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 3): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 4

1. Для создания газовых смесей из водорода и водяного пара с заданным отношением $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$, водород насыщают водяным паром, пропуская его через устройство, в котором вода нагрета до точно фиксированной температуры. Парциальное давление водяного пара в смеси принимают равным давлению насыщенного водяного пара при этой температуре.

Определить, при какой температуре нужно насыщать водород водяным паром, чтобы получить равновесное давление кислорода в газовой смеси $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ при $1650\text{ }^\circ\text{C}$, равным $2,5 \cdot 10^{-4}$ Па. Величину $P_{\text{H}_2\text{O}}$ определить по уравнению:

$$\lg P_{\text{H}_2\text{O}(\text{Па})} = -\frac{2231}{T} + 10,987,$$

где T – температура термостата (К).

2. Рассчитать значения $\lg P_{\text{O}_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{\text{O}_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 4): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 5

1. Газовая смесь состава, %: 50 CO ; 25 CO_2 и 25 H_2 подается в печь, нагретую до $900\text{ }^\circ\text{C}$. Определите состав равновесной газовой смеси $\text{CO}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ при температуре $900\text{ }^\circ\text{C}$, если общее давление в печи равно 10^5 Па.

2. Рассчитать значения $\lg P_{\text{O}_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{\text{O}_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 5): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 6

1. Газовая смесь $\text{CO}_2\text{--CO--H}_2\text{--H}_2\text{O}$, находящаяся при общем давлении 10^5 Па и температуре 1600°C имеет парциальное давление кислорода $P_{\text{O}_2} = 10^{-2}$ Па. В каком соотношении нужно смешать CO_2 и H_2 , чтобы получить такое значение P_{O_2} ? Какое значение P_{O_2} будет иметь газовая смесь при тех же значениях давления и температуры, если равновесная газовая смесь получена при смешении CO_2 и H_2 в отношении 3:1?

2. Рассчитать значения $\lg P_{\text{O}_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{\text{O}_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 6): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 7

1. Какое давление кислорода будет в равновесной газовой фазе, образующейся из смеси CO_2 и H_2 в отношении 3:1 при температуре 1000°C ?

2. Рассчитать значения $\lg P_{\text{O}_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{\text{O}_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 7): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 8

1. В каком отношении нужно смешать CO_2 и H_2 чтобы в образующейся газовой смеси при температуре 1100°C равновесное давление кислорода составило 10^{-4} Па?

2. Рассчитать значения $\lg P_{\text{O}_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{\text{O}_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 8): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 9

1. Газовая смесь, содержащая, % (объемн.): 40 CO; 30 CO₂ и 30 H₂ нагревается до температуры 1000 °С. Определите состав равновесной газовой смеси CO—CO₂—H₂O—H₂ при общем давлении 10⁵ Па и равновесное парциальное давление кислорода в такой газовой смеси.

2. Рассчитать значения $\lg P_{O_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{O_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 9): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 10

1. Определите состав равновесной газовой смеси из CO и CO₂, находящейся в равновесии с твердым углеродом при температуре 900 К для общего давления в системе: $P_1 = 10^4$ Па.

2. Рассчитать значения $\lg P_{O_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{O_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 10): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 11

1. Молекулярный азот при высоких температурах частично диссоциирует с образованием атомарного азота. Определите степень диссоциации и состав равновесной газовой смеси при нагреве азота до температуры 2500 К при постоянном давлении $P = 0,8 \cdot 10^5$ Па.

2. Рассчитать значения $\lg P_{O_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{O_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 11): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 12

1. Определите степень диссоциации H_2O для четырех температур в интервале от 1900 до 2200 °С для случая диссоциации: а) чистого водяного пара при $P = 10^5$ Па; б) для смеси водяного пара с азотом, содержащей 60 % N_2 при $P = 10^5$ Па. Результаты расчета представьте в виде графика зависимости степени диссоциации от температуры для двух случаев.

2. Рассчитать значения $\lg P_{\text{O}_2}$ и построить график зависимости $\lg P_{\text{O}_2} = f(T)$ для заданного оксида в указанном интервале температур (табл. 1, вариант 12): а) пользуясь приближенным энтропийным методом; б) с использованием эмпирических формул. При решении задачи учесть фазовые или полиморфные превращения, которые претерпевают участвующие в реакции вещества.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 13

1. Какое должно быть отношение $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ в газовой смеси из водорода и водяного пара, чтобы при температуре 1650°С равновесное давление кислорода в ней составляло $5 \cdot 10^{-5}$ Па.

2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе $\text{Me}-\text{MeS}$ для условий, указанных в табл. 2 (вариант 1).

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 14

1. Для создания газовых смесей из водорода и водяного пара с заданным отношением $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$, водород насыщают водяным паром, пропуская его через устройство, в котором вода нагрета до точно фиксированной температуры. Парциальное давление водяного пара в смеси принимают равным давлению насыщенного водяного пара при этой температуре.

Определить, при какой температуре нужно насыщать водород водяным паром, чтобы получить равновесное давление кислорода в газовой смеси $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ при 1650 °С, равным $5 \cdot 10^{-4}$ Па. Величину $P_{\text{H}_2\text{O}}$ определить по уравнению:

$$\lg P_{\text{H}_2\text{O}}(\text{Па}) = -\frac{2231}{T} + 10,987,$$

где T – температура термостата (К).

2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе $\text{Me}-\text{MeS}$ для условий, указанных в табл. 2 (вариант 2).

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 15

1. Газовая смесь состава, %: 50 CO; 25 CO₂ и 25 H₂ подается в печь, нагретую до 900°C. Определите состав равновесной газовой смеси CO–CO₂–H₂O–H₂ при температуре 1000 °C, если общее давление в печи равно 10⁵ Па.
2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе Me–MeS для условий, указанных в табл. 2 (вариант 3).
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 16

1. Газовая смесь CO₂–CO–H₂–H₂O, находящаяся при общем давлении 10⁵ Па и температуре 1500°C имеет парциальное давление кислорода P_{O₂} = 10⁻³ Па. В каком соотношении нужно смешать CO₂ и H₂, чтобы получить такое значение P_{O₂}? Какое значение P_{O₂} будет иметь газовая смесь при тех же значениях давления и температуры, если равновесная газовая смесь получена при смешении CO₂ и H₂ в отношении 3:1?
2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе Me–MeS для условий, указанных в табл. 2 (вариант 4).
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 17

1. Какое давление кислорода будет в равновесной газовой фазе, образующейся из смеси CO₂ и H₂ в отношении 2:1 при температуре 1000°C?
2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе Me–MeS для условий, указанных в табл. 2 (вариант 5).
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 18

1. В каком отношении нужно смешать CO₂ и H₂ чтобы в образующейся газовой смеси при температуре 900 °C равновесное давление кислорода составило 10⁻⁴ Па?
2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе Me–MeS для условий, указанных в табл. 2 (вариант 6).
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 19

1. Газовая смесь, содержащая, % (объемн.): 40 CO; 40 CO₂ и 20 H₂ нагревается до температуры 1000 °С. Определите состав равновесной газовой смеси CO–CO₂–H₂O–H₂ при общем давлении 10⁵ Па и равновесное парциальное давление кислорода в такой газовой смеси.
2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе Me–MeS для условий, указанных в табл. 2 (вариант 7).
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 20

1. Молекулярный азот при высоких температурах частично диссоциирует с образованием атомарного азота. Определите степень диссоциации и состав равновесной газовой смеси при нагреве азота до температуры 3000 К. при постоянном давлении $P = 0,8 \cdot 10^5$ Па.
2. Рассчитайте энтропийным методом равновесное давление серы в системе Me–MeS для условий, указанных в табл. 2 (вариант 9).
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 22

1. Определите степень диссоциации H₂O для четырех температур в интервале от 1900 до 2200 °С для случая диссоциации: а) чистого водяного пара при $P = 10^5$ Па; б) для смеси водяного пара с азотом, содержащей 75 % N₂ при $P = 10^5$ Па. Результаты расчета представьте в виде графика зависимости степени диссоциации от температуры для двух случаев.
2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 1), рассчитайте равновесное отношение P_{H_2S}/P_{H_2} при температуре T для реакции: $Me + H_2S = MeS + H_2$.
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 23

1. Какое должно быть отношение $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ в газовой смеси из водорода и водяного пара, чтобы при температуре 1700°C равновесное давление кислорода в ней составляло $5 \cdot 10^{-5}$ Па.

2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 2), рассчитайте равновесное отношение $P_{\text{H}_2\text{S}}=P_{\text{H}_2}$ при температуре T для реакции: $\text{Me}+\text{H}_2\text{S} = \text{MeS}+\text{H}_2$.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 24

1. Газовая смесь состава, %: 50 CO ; 25 CO_2 и 25 H_2 подается в печь, нагретую до 900°C . Определите состав равновесной газовой смеси $\text{CO}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ при температуре 1100°C , если общее давление в печи равно 10^5 Па.

2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 3), рассчитайте равновесное отношение $P_{\text{H}_2\text{S}}=P_{\text{H}_2}$ при температуре T для реакции: $\text{Me}+\text{H}_2\text{S} = \text{MeS}+\text{H}_2$.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 25

1. Газовая смесь $\text{CO}_2-\text{CO}-\text{H}_2-\text{H}_2\text{O}$, находящаяся при общем давлении 10^5 Па и температуре 1400°C имеет парциальное давление кислорода $P_{\text{O}_2} = 10^{-4}$ Па. В каком соотношении нужно смешать CO_2 и H_2 , чтобы получить такое значение P_{O_2} ? Какое значение P_{O_2} будет иметь газовая смесь при тех же значениях давления и температуры, если равновесная газовая смесь получена при смешении CO_2 и H_2 в отношении 3:1?

2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 4), рассчитайте равновесное отношение $P_{\text{H}_2\text{S}}=P_{\text{H}_2}$ при температуре T для реакции: $\text{Me}+\text{H}_2\text{S} = \text{MeS}+\text{H}_2$.

3. См. вариант 29 – 3

Вариант 26

1. Какое давление кислорода будет в равновесной газовой фазе, образующейся из смеси CO_2 и H_2 в отношении 4:1 при температуре 1000°C ?
2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 5), рассчитайте равновесное отношение $P_{\text{H}_2\text{S}}=P_{\text{H}_2}$ при температуре T для реакции: $\text{Me}+\text{H}_2\text{S} = \text{MeS}+\text{H}_2$.
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 27

1. В каком отношении нужно смешать CO_2 и H_2 чтобы в образующейся газовой смеси при температуре 1100°C равновесное давление кислорода составило 10^{-4} Па?
2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 6), рассчитайте равновесное отношение $P_{\text{H}_2\text{S}}=P_{\text{H}_2}$ при температуре T для реакции: $\text{Me}+\text{H}_2\text{S} = \text{MeS}+\text{H}_2$.
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 28

1. Газовая смесь, содержащая, % (объемн.): 50 CO ; 30 CO_2 и 20 H_2 нагревается до температуры 1000°C . Определите состав равновесной газовой смеси $\text{CO}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2$ при общем давлении 10^5 Па и равновесное парциальное давление кислорода в такой газовой смеси.
2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 7), рассчитайте равновесное отношение $P_{\text{H}_2\text{S}}=P_{\text{H}_2}$ при температуре T для реакции: $\text{Me}+\text{H}_2\text{S} = \text{MeS}+\text{H}_2$.
3. См. вариант 29 – 3

Вариант 29

1. Определите состав равновесной газовой смеси из CO и CO₂, находящейся в равновесии с твердым углеродом при температуре 900 К для общего давления в системе: $P = 5 \cdot 10^5$ Па.

2. Пользуясь табличными данными (табл. 2, вариант 8), рассчитайте равновесное отношение $P_{H_2S}=P_{H_2}$ при температуре T для реакции: $Me+H_2S = MeS+H_2$.

3. Для заданного варианта условий задачи (табл. 3) рассчитайте значения равновесного давления кислорода и кислородных потенциалов в равновесной газовой смеси, образующейся при взаимодействии обогащенного кислородом воздуха (N₂-O₂) с твердым углеродом для шести заданных температур.

Результаты расчета привести в виде таблицы.

Таблица 1.

№.№ п.п.	t, °С	T, К	Состав равновесной газовой смеси, %			Относительное содержание, %		P _{O₂} , Па	lg P _{O₂}	π _O , Дж
			CO	CO ₂	N ₂	CO	CO ₂			
1										
2										
3										
4										
5										
6										

По данным таблицы построить графики зависимости:

1. Состав смеси (CO-CO₂) в относительных процентах, от температуры.

2. $lg P_{O_2} - T$ $lg P_{O_2} - T$.

Таблица 1.

Интервалы температур для расчета значений P_{O_2} , оксидов

№ варианта	Оксид	Интервал температур, К	№ варианта	Оксид	Интервал температур, К
1	Al ₂ O ₃	1500–2200	7	FeO	1200–1600
2	BaO	1000–1800	8	MnO	800–1500
3	BeO	1600–2400	9	NbO	1200–2000
4	CaO	1200–1700	10	NiO	800–1600
5	CoO	800–1600	11	VO	800–1600
6	CuO	600–1200	12	WO	800–1600

Таблица 2.

Варианты условий к задачам

Вариант	Me	MeS	Температура, К			
			800	850	900	950
1	Cu	Cu ₂ S	800	850	900	950
2	Ag	Ag ₂ S	950	980	1110	1150
3	Zn	ZnS	1000	1050	1100	1150
4	Mn	MnS	1200	1250	1300	1350
5	Na	Na ₂ S	950	1000	1050	1100
6	Mg	MgS	900	950	1000	1050
7	Ca	CaS	1300	1350	1400	1450
8	Ce	CeS	1350	1400	1450	1500
9	Ba	BaS	1400	1450	1500	1550

Таблица 3.

Варианты условий задачи

Вариант	Состав обогащенного воздуха, %		Температура, °С						Давление, Па·10 ⁻⁵
	N ₂	O ₂	1	2	3	4	5	6	
1	74	26	710	760	810	860	910	960	0,5
2	72	28	720	770	820	870	920	970	0,5
3	70	30	730	780	830	880	930	980	0,5
4	68	32	740	790	840	890	940	990	0,5
5	66	34	750	800	850	900	950	1000	0,5
6	64	36	702	752	802	852	902	952	0,9
7	62	38	712	762	812	862	912	962	0,9
8	60	40	722	772	822	872	922	972	0,9
9	58	42	732	782	832	882	932	982	0,9
10	56	44	742	792	842	892	942	992	0,9
11	54	46	752	802	852	902	952	1002	0,9
12	52	48	704	754	804	854	904	954	1,3
13	50	50	714	764	814	864	914	964	1,3
14	48	52	724	774	824	874	924	974	1,3
15	75	25	734	784	834	884	934	984	1,3
16	73	27	744	794	844	894	944	994	1,3
17	71	29	754	804	854	904	954	1004	1,3
18	69	31	706	756	806	856	906	956	1,7
19	67	33	716	766	816	866	916	966	1,7
20	65	35	726	776	826	876	926	976	1,7
21	63	37	736	786	836	886	936	986	1,7
22	61	39	746	796	846	896	946	996	1,7
23	59	41	756	806	856	906	956	1006	1,7
24	57	43	708	758	808	858	908	958	2,1
25	55	45	718	768	818	868	918	968	2,1
26	53	47	728	778	828	878	928	978	2,1
27	51	49	738	788	838	888	938	988	2,1
28	49	51	748	798	848	898	948	998	2,1
29	47	53	758	808	858	908	958	1008	2,1

Список литературы

1. Рыжонков Д.И. Теория металлургических процессов / Д.И. Рыжонков, П.П. Арсентьев – М.: Металлургия, 1989г. – 392с.
2. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов / Е.А. Казачков – М.: Металлургия, 1988. – 288с.
3. Есин О.А. Физическая химия пирометаллургических процессов / О.А. Есин, П.В. Гельд – М.: Металлургия, т.1, 1965. – 671с.
4. Есин О.А. Физическая химия пирометаллургических процессов / О.А. Есин, П.В. Гельд – М.: Металлургия, т.2, 1965. – 702с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Самостоятельная работа № 1

ТЕОРИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Исполнитель:

студент гр. _____

И.О. Фамилия

(подпись)

(дата)

Руководитель:

(должность, ученая степень)

И.О. Фамилия

(подпись)

(дата)

Юрга 202__

Учебное издание

ТЕОРИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания к выполнению самостоятельной работы по курсу «Физико-химические основы металлургических процессов» для студентов всех форм обучения, обучающихся по направлению 22.03.02 «Металлургия»

Часть 1

Составитель
РОДЗЕВИЧ Александр Павлович

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати __.__.202_ г. Формат 60x84/16 Бумага «Снегурочка».
Печать CANON. Усл. печ.л. 1,04. Уч-изд. л. 0,47.
Заказ _____. Тираж 30 экз.



Издательство

Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета