



Задача №8: «Не тормози!»
Команда: «Карбораны»

Условие задачи:

Считается, что автотранспорт вредит экологии в основном за счет выхлопных газов. Но у современного автомобиля есть несколько деталей, постоянный износ которых также может приводить к выделению **опасных веществ**.

Предположите, какие **вредные соединения** могут **накапливаться** в **окружающей среде** в результате износа тормозных колодок. Опишите **химические процессы**, которые приводят к образованию этих веществ.

Цель: предложить химические процессы, происходящие при износе тормозных колодок.

Задачи:

1. Предположить, какие опасные соединения могут **накапливаться** в **окружающей среде** в результате износа тормозных колодок.
2. Описать химические процессы, которые приводят к образованию этих веществ.

Понятие «вредное соединение»

**«Что русскому хорошо,
то немцу – смерть!»**

Ограничения

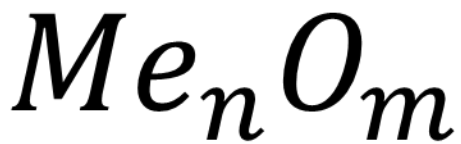
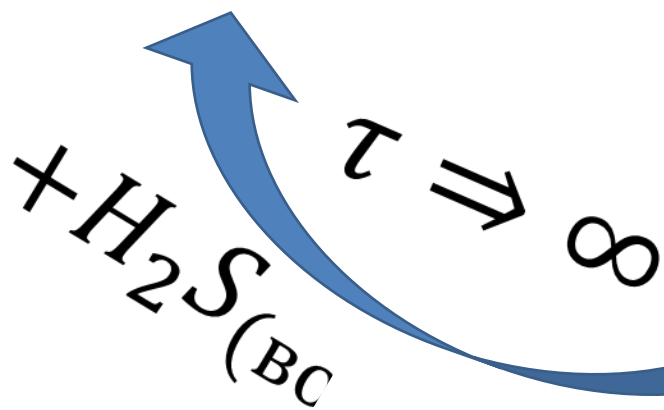
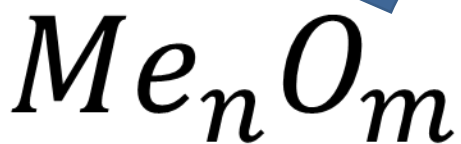
1. Примем «Вредные соединения» – опасные для человека.
2. Вредные соединения ~ класс опасности
(класс опасности ≤ 3)
3. Современные колодки – колодки сделанные не позднее 2000-го года.

первое решение

(термодинамический аспект)

Восстановление

Обжиг



Износ

Вывод по первому решению:

**Вредные соединения
накапливаться не могут!**

при $\tau \Rightarrow \infty \Rightarrow$ рассеивание по поверхности Земли

Процессы: сумма всех стадий от добычи
руды до образования того же соединения
при $\tau \Rightarrow \infty$ будет равна 0.

второе решение
(**кинетический** аспект)

Тормозные колодки



[2]

Органические

Объект	Вещественный состав	Элементный состав
Связующие компоненты		
Вулканизирующий компонент		
Основные добавки		
волокнистый наполнитель - базальтовое волокно		
Вид порошкового наполнителя		

[10]

Металлические

Объект	Вещественный состав	Элементный состав
Абразив		
Модификатор трения		
Регулятор трения		
Наполнитель		
Связующий элемент – сплавы металлов		

[11]

Металлокерамическ

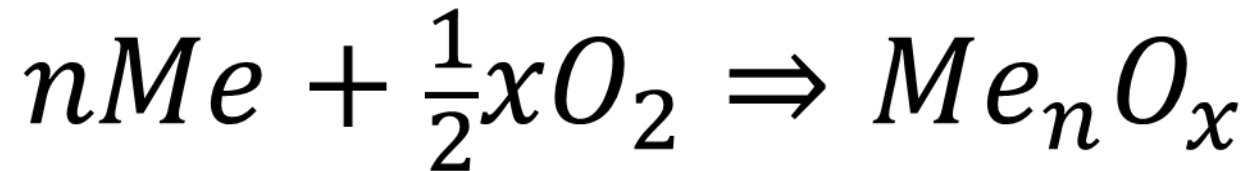
ие

Объект	Вещественный состав	Элементный состав
Абразив		
Модификатор трения		
Регулятор трения		
волокнистый наполнитель – базальтовое и керамическое волокно		
Связующий элемент		11

Химические процессы

Окисление кислородом воздуха:

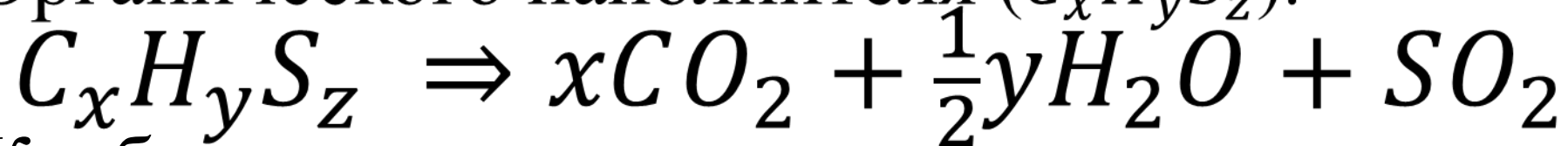
Металлов ($Me = Cu, Zn$):



Неметаллов (C):



Органического наполнителя ($C_xH_yS_z$):

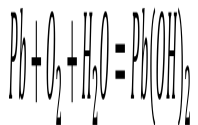
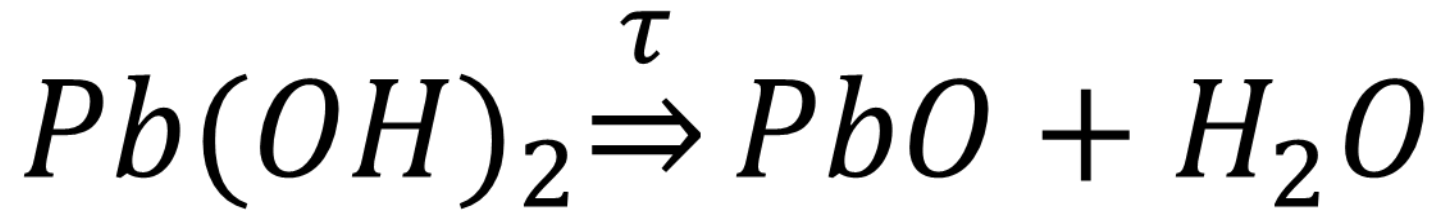
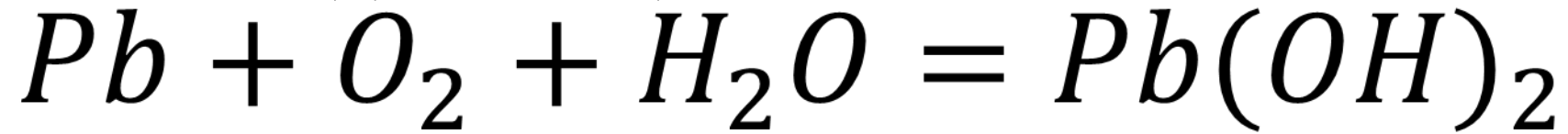


Карбониллов:

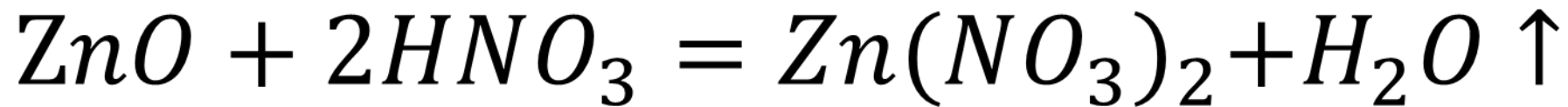
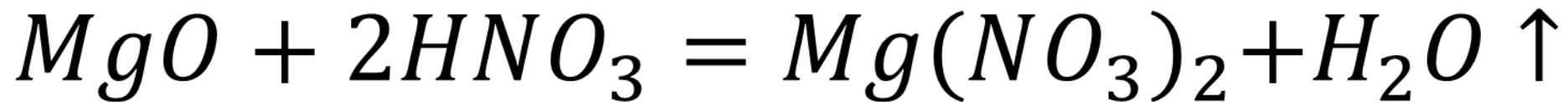
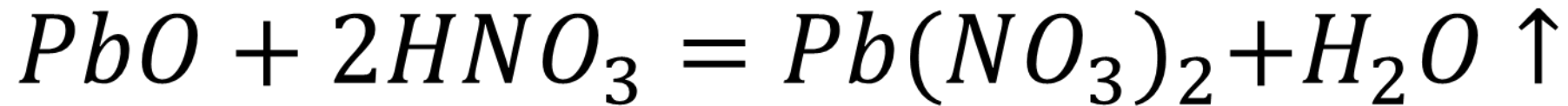
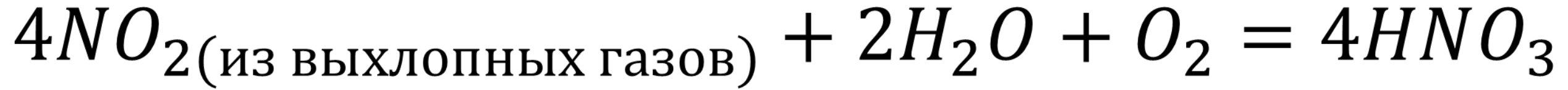


Химические процессы

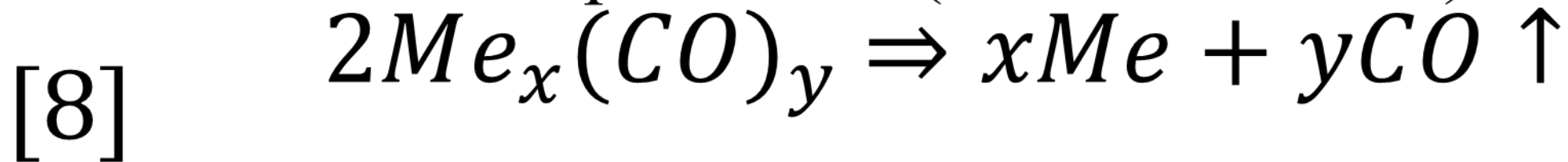
Получение оксида свинца:



Химические процессы



Разложение карбониллов ($Me = Fe, Ni, Co$):



Вредные вещества

Тип колодок	Вредные вещества
Органические	
Металлические	
Металлокерамические	

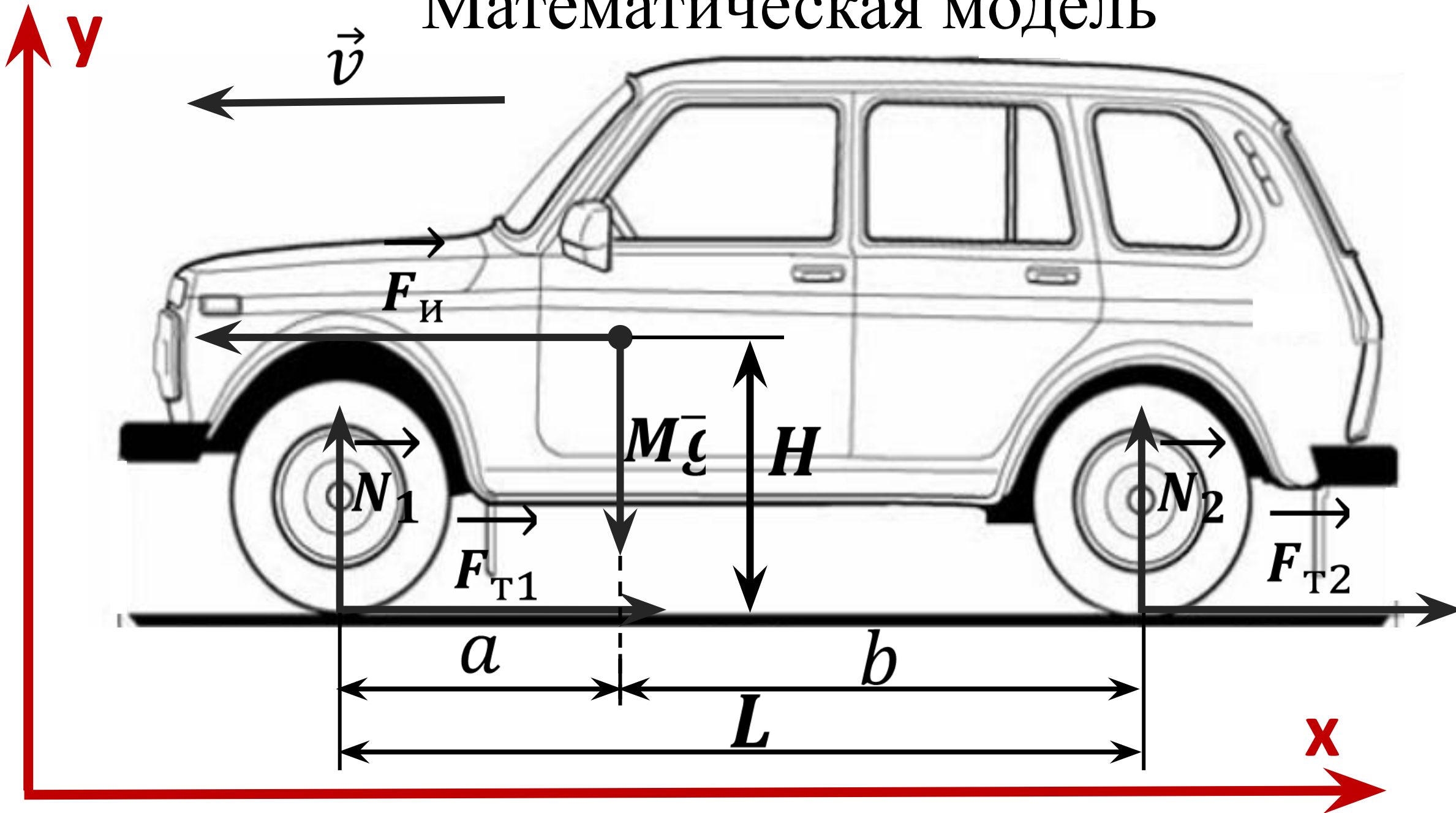
Вывод:

В ходе нашего решения мы разобрали химические процессы происходящие в процессе износа тормозных колодок, а также указали опасные вещества, выделяющиеся в окружающую среду.

Ограничения к математической модели:

1. Все математические расчеты мы будем проводить для машины ВАЗ – 2131.
2. Условия торможения примем:
 - a. Торможение происходит на сухой грязной дороге.
 - b. Температура окружающего воздуха 25 °С.

Математическая модель



Математическая модель

Первый закон

ОХ: $F_{T1} + F_{T2} - F_{И} = 0$

OY: $N_1 + N_2 - Mg = 0$

Уравнение замедления: Нагрузки на оси при

$$a_z = \frac{F_{И}}{Mg\sigma_{вр}}g$$

торможении: $N_1 = \left(1 + \frac{\varphi H}{b}\right)Mg\frac{b}{L}$

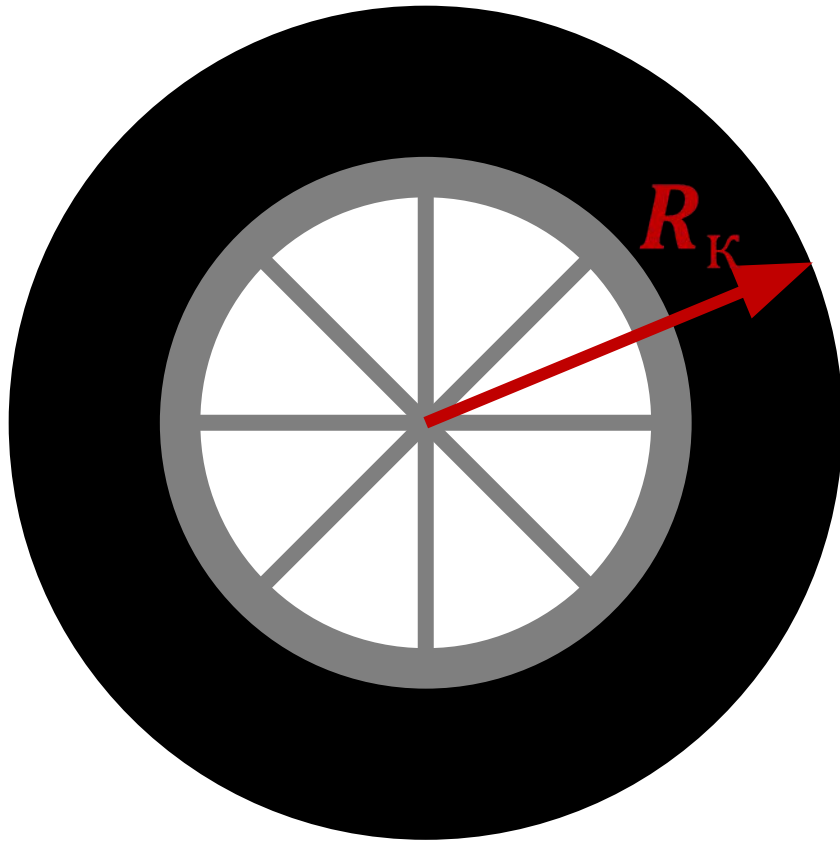
$$N_2 = \left(1 - \frac{\varphi H}{a}\right)Mg\frac{a}{L}$$

Расчет максимальной тормозной

силы: $F_T^{max} = F_{T1} + F_{T2} = \varphi(N_1 + N_2)$

[3]

Математическая модель



$$n_{\text{об.}} = \omega_0 \tau$$

Математическая модель

Равенство соотношений нагрузок и сил трения
приложенных осям:

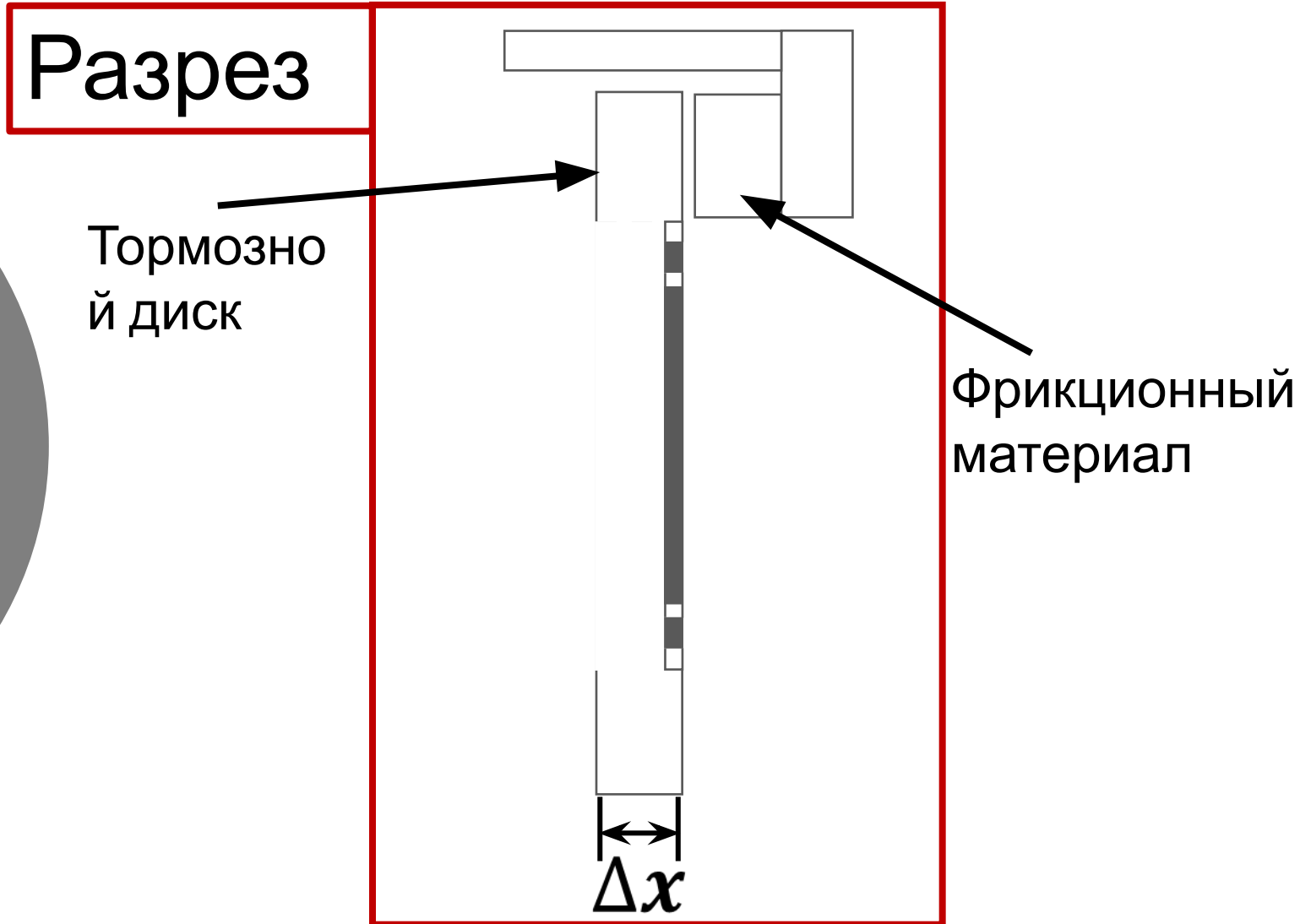
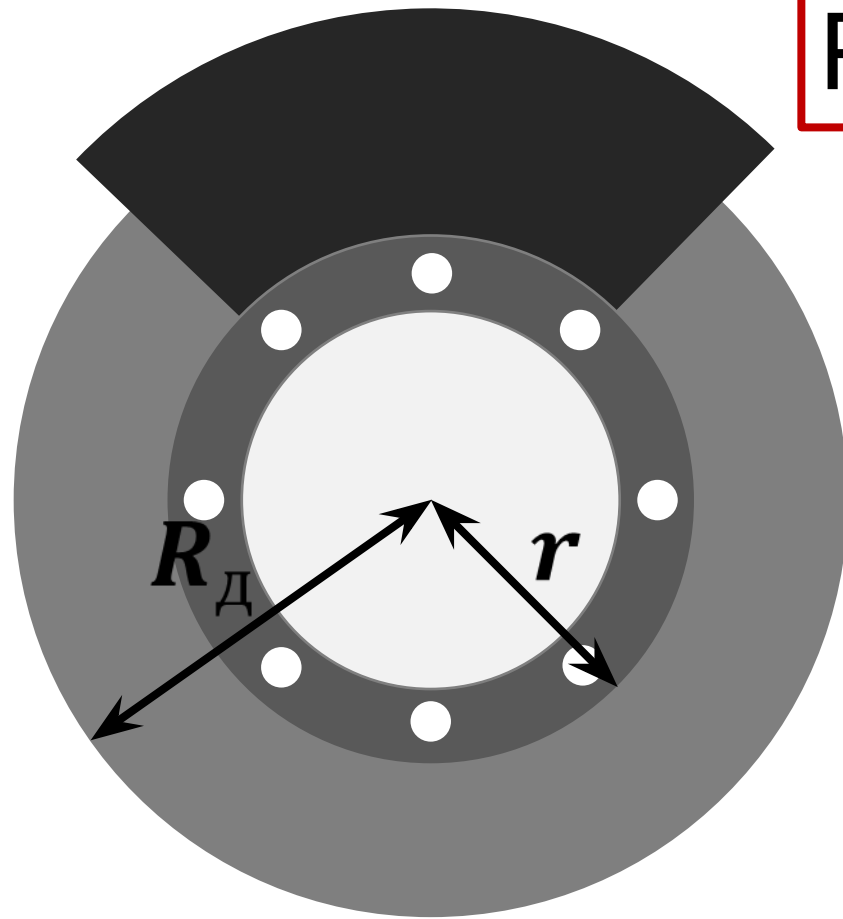
$$\frac{F_{T1}}{F_{T2}} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{b + \varphi H}{a - \varphi H} [3]$$

Расчет тормозного

пути:

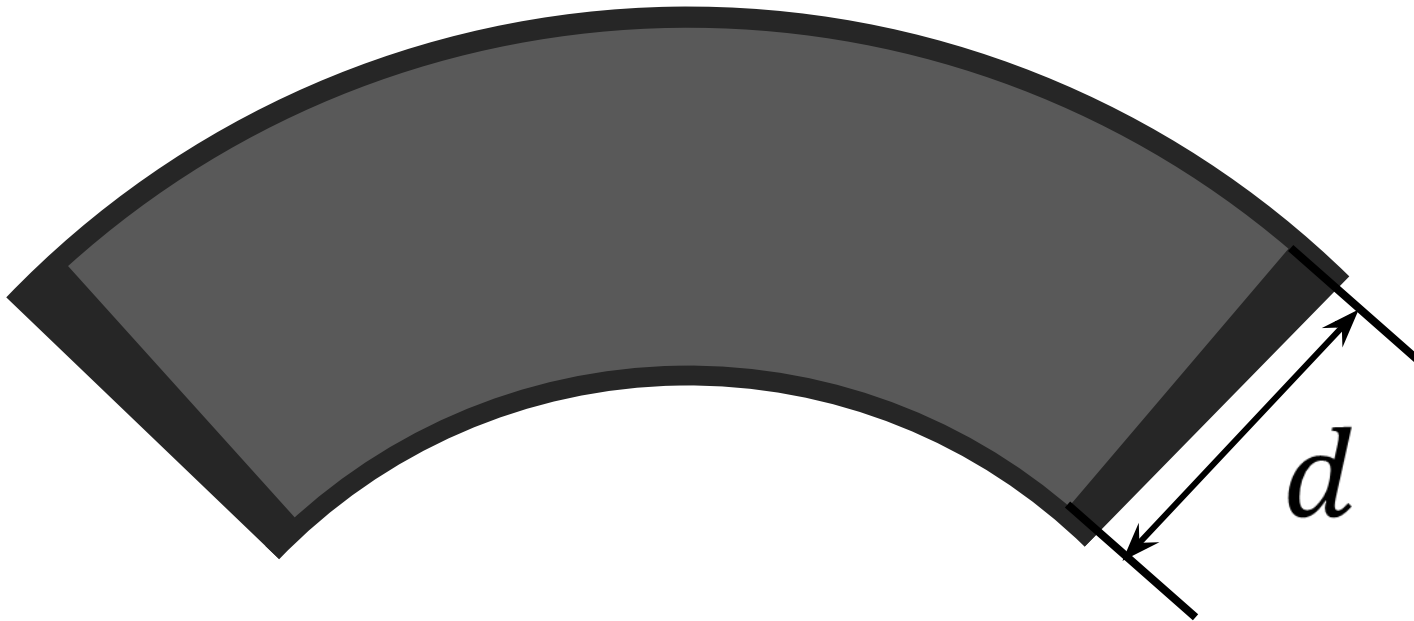
$$l_T = \frac{v^2}{2a_z}$$

Математическая модель Тормозная система:

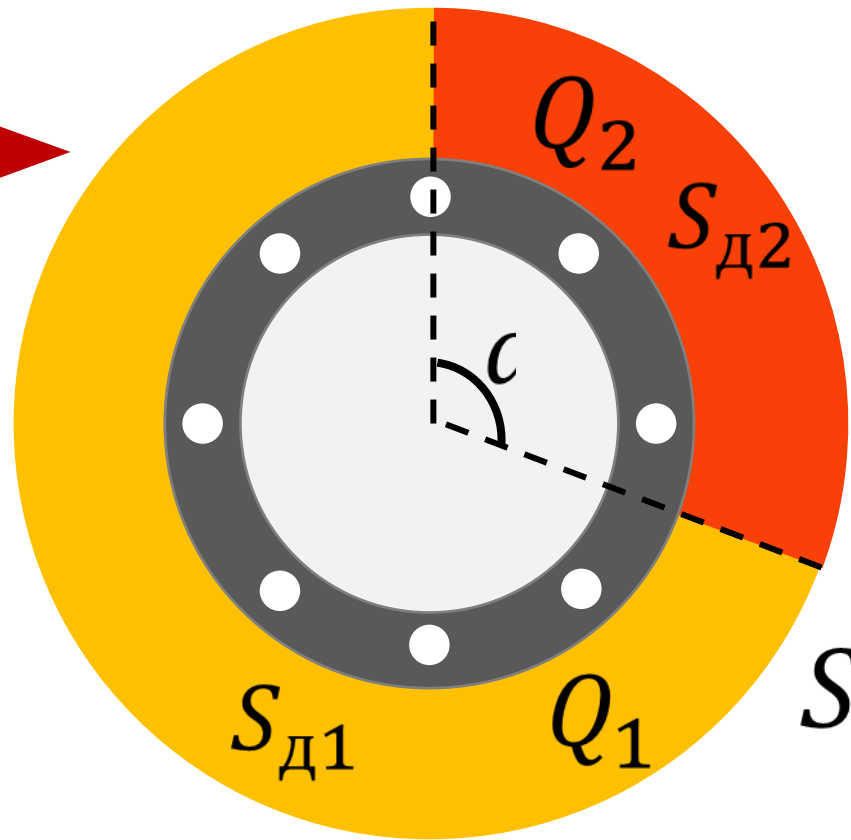
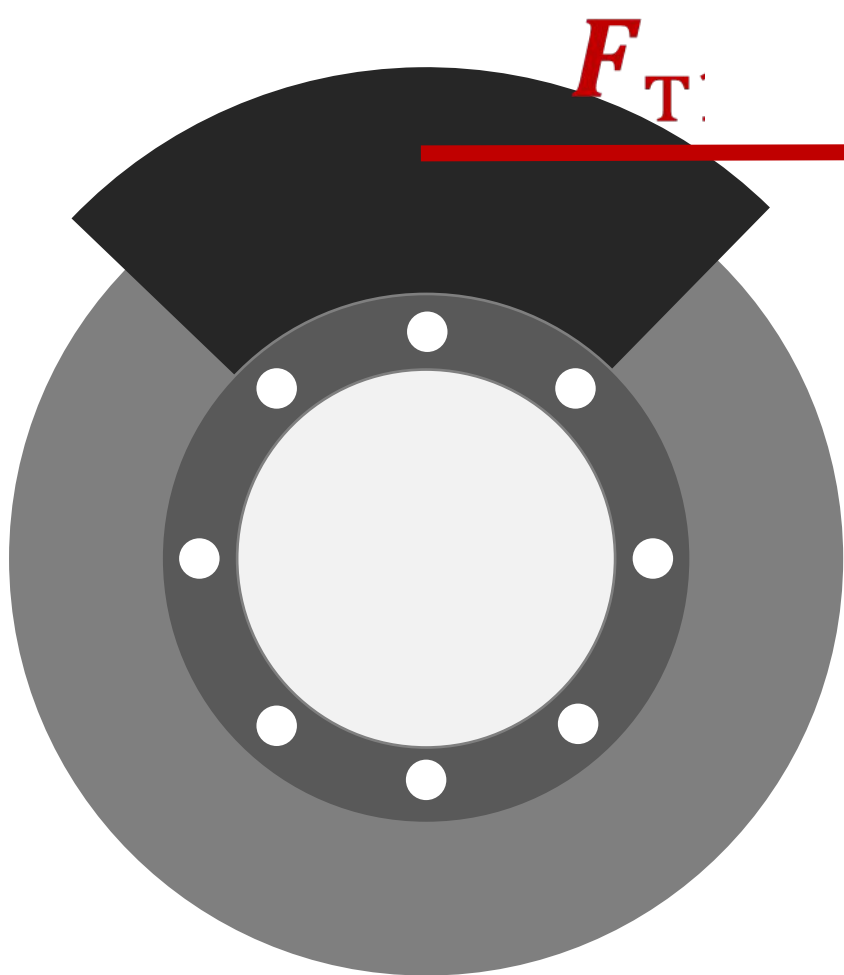


Математическая модель

$$d \approx R_{\text{Д}} - r$$



Математическая модель



$$l_d = 2\pi R_d$$

$$l_{\text{кол.}} = n_{\text{об.}} l_d$$

$$A_{\text{тр.}} = F_{\text{T1}} l_{\text{кол.}}$$

$$S_{d1} = \pi R_d^2 - S_{d2};$$

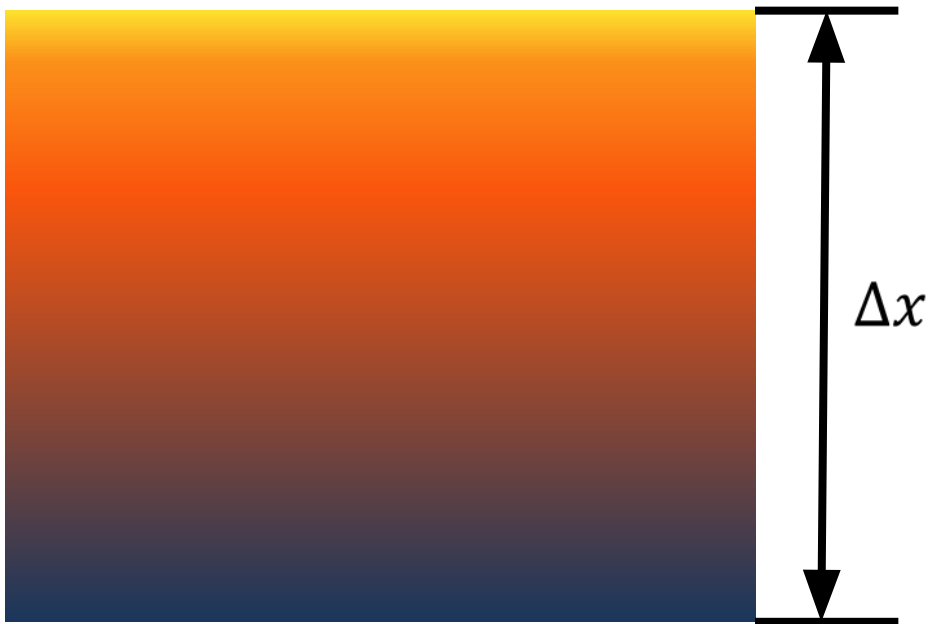
$$S_{d2} = (\pi R_d^2 - \pi r^2)(n_{\text{об.}} - z_{\text{об.}});$$

$$Q_1 = A_{\text{тр.}} - Q_2; \quad Q_2 = F_{\text{T1}} l_d (n_{\text{об.}} - z_{\text{об.}});$$

Математическая модель

Уравнение теплопроводности:

T_{12}



T_0

$$Q = \lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} S \Delta \tau$$

λ – коэффициент теплопроводности

$\Delta T / \Delta x$ – градиент температуры

S – площадь поперечного сечения

$\Delta \tau$ – время

$$\Delta \tau = \frac{v}{a_z}$$

Математическая модель

Расчет максимальной (T_2) и минимальной (T_1) температур:

$$T_1 = \frac{Q_1 \Delta x}{\lambda S_{д1} \Delta \tau} + T_0$$

$$T_2 = \frac{Q_2 \Delta x}{\lambda S_{д2} \Delta \tau} + T_0$$

Интервал температур:

$$T = [T_1; T_2] = [288; 289\text{K}]$$

Математическая модель

Величина	Название	Значение
	Масса ВАЗа 2131	1850
	Теплопроводность АЧС-6	21,2
	Расстояние между осями ВАЗа 2131	2700
	Расстояние между передней осью и ЦМ	848
	Расстояние между задней осью и ЦМ	1852
	Коэффициент сцепления грязного асфальта	0,35
	Скорость автомобиля	38,06

Математическая модель

Величина	Название	Значение
	Коэффициент учета вращающихся масс	1,1
	Частота оборотов коленчатого вала двигателя	5000
	Радиус тормозного диска	271,7
	Радиус отверстия	108

Литература

1. Патент США №6164423, опубликованный 26 декабря 2000 г.
2. «Способ получения фрикционных полимерных материалов» патент RU 2430936 2005 год.
3. «К методике анализа и выбора распределения тормозных сил между осями с учетом требований правил №13 ЕЭК ООН» А.Н. Туренко, 2011 г., с. 2-4
4. «Экспериментальное определение массовой скорости выгорания резины» А.А. Киреев, к.х.н., доцент, НУГЗУ, А.Б. Каракулин, адъюнкт, НУГЗУ, К.В. Жерноклёв, к.х.н., доцент, НУГЗУ, 2014 г., с. 83
5. «О моделировании термического разложения полибутадиена с учетом образования полимерного каркаса», А.М. Липанов, А.А. Бокисев, 2013 г., с. 237-238
6. «Теория автомобиля», В.В. Селифонов, А.Ш. Хусаинов, В.В. Ломакин 2004 г., с. 8-14
7. «Протокол расчета класса опасности отхода» Д.В. Афанасьев, 2017 год. С. 4-20
8. Лидин Р.А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., испр. — М.: Химия, 2000. — 480 с.
9. «Приборы и методы контроля и мониторинга воздействия автотранспорта на атмосферный воздух северных городов» Цыплакова Елена Германовна, 2014 г., с. 19 – 53
10. Борисов Ю.С. Справочник механика машиностроительного завода Организация и конструкторская подготовка ремонтных работ Том 1 Изд.2, 2002г. с. 217
11. Болховитинов Н.Ф. Металловедение и термическая обработка Издание 6, 2001г, с. 487
12. Руководство по эксплуатации ВАЗ 2131, 2007 г., с. 78- 82

[8][4]

Химические процессы в органических колодках

Характеристика реакций	Тип реакций	реагенты	Продукты соответственно реагентам	Условия проведения реакций
Окисление веществ кислородом	Окисление металлов	1) <i>Cu</i> 2) <i>Zn</i>		
	Окисление неметаллов	1) <i>C</i>		
	Окисление карбониллов			
	Полное горение			

[8][4]

Химические процессы в органических колодках

Характеристика реакций	Тип реакций	реагенты	Продукты соответственно реагентам	Условия проведения реакций
Окисление веществ кислородом	Окисление гидроксида свинца			
Термическое разложение	Разложение карбониллов		1) Ni, CO 2) Co, CO 3) Fe, CO	

Энтальпия образования сульфида и оксида меди

$$FeO: H_0 = -264,0 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

$$FeS_2: H_0 = 39,0 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$$

Состав минерала базальт

Оксид	Содержание, %
SiO_2	47—52
TiO_2	1—2,5
Al_2O_3	14—18
Fe_2O_3	2—5
FeO	6—10
MnO	0,1—0,2
MgO	5—7
CaO	6—12
Na_2O	1,5—3
K_2O	0,1—1,5
P_2O_5	0,2—0,5

Класс опасности

Класс опасности – условная величина вредного воздействия на организм человека, которая определяется следующими показателями:

1. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны,
2. средняя смертельная доза при введении в желудок, мг на 1 кг массы тела,
3. средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг на 1 кг массы тела,
4. Коэффициент возможности ингаляционного отравления

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	IV	III	II	I
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	более 10,0	1,1—10,0	0,1—1,0	менее 0,1
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг на 1 кг массы тела	более 5000	151—5000	15—150	менее 15
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг на 1 кг массы тела	более 2500	501—2500	100—500	менее 100
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	более 50 000	5001—50 000	500—5000	менее 500
Коэффициент возможности ингаляционного отравления(КВИО)	более 300	30—300	29—3	менее 3
Зона острого действия	более 54,0	18,1—54,0	6,0—18,0	менее 6,0
Зона хронического	более 10,0	10,0—5,0	1,0—3,5	менее 3,5

Количество опасных веществ

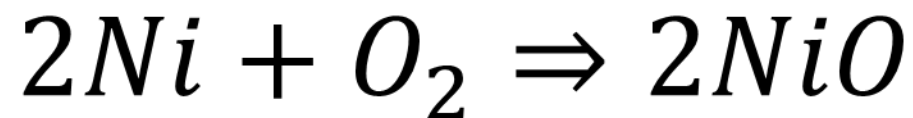
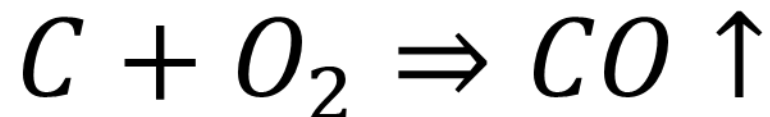
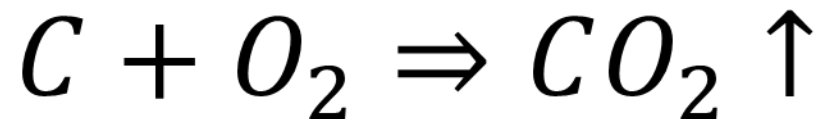
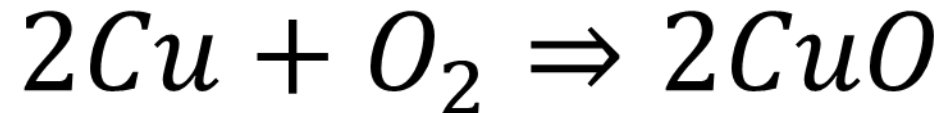
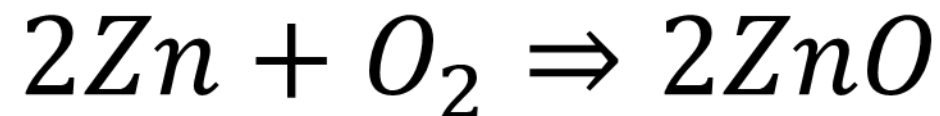
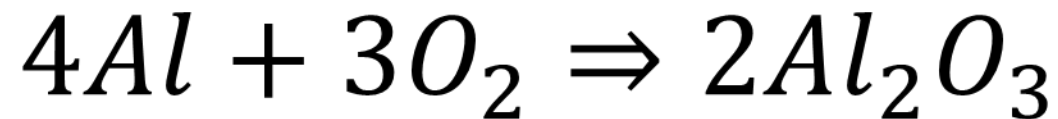
$$N_{\text{опасн.в-в}} = f(x)$$

$$x = n_{\text{авт.}} + I_{\text{торм.}} + \text{состав} + F_{\text{торм.}}^{\text{max}}$$

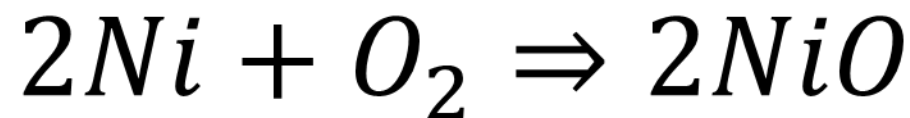
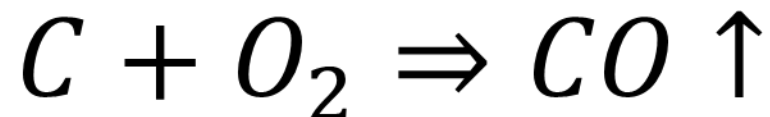
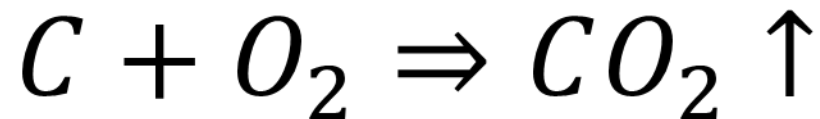
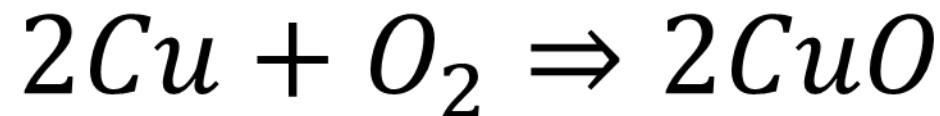
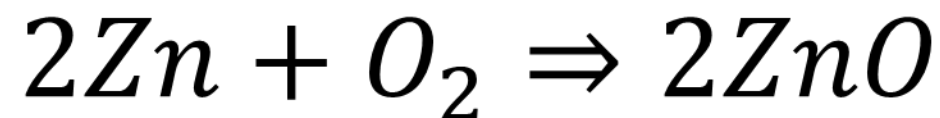
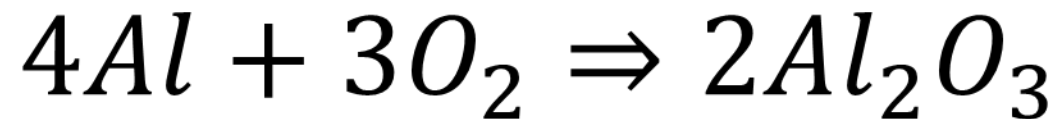


Теоретическая оценка ПДК невозможна!

**Реакции окисления
кислородом воздуха
неорганических веществ**

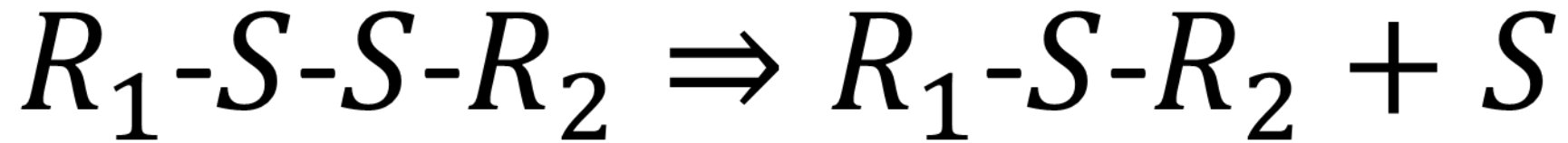


**Реакции окисления
кислородом воздуха
неорганических веществ**

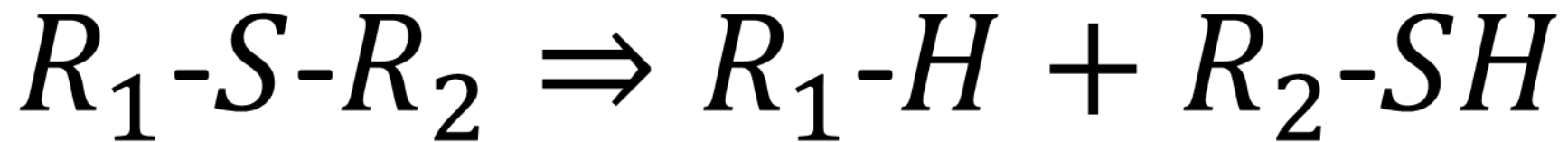


Химизм процесса пиролиза органического наполнителя

Первая стадия пиролиза:

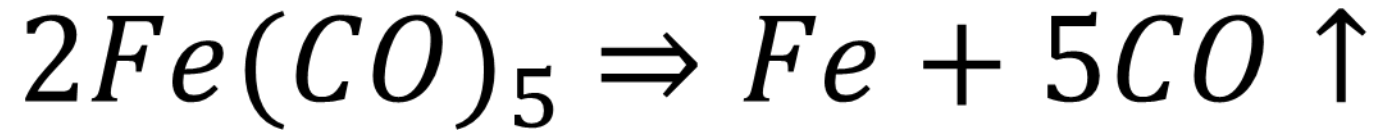


Вторая стадия пиролиза:



Реакции термического разложения с неорганическими

Термическое разложение ~~веществами~~ карбониллов:

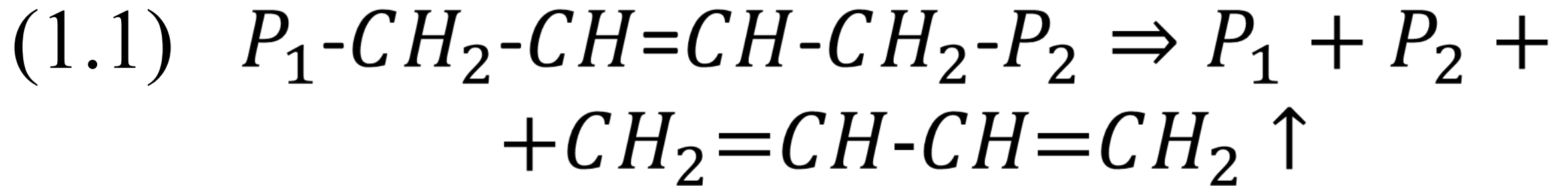


Термическое разложение антипиренов:



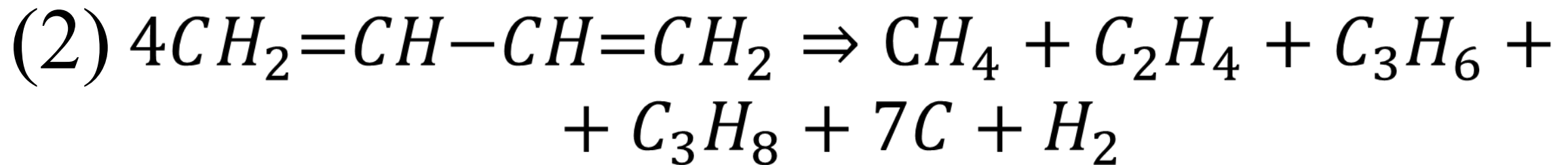
Химизм процесса пиролиза резины

Промежуточные процессы пиролиза
резины (R_1-H):



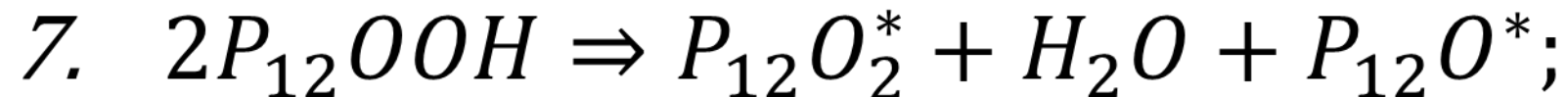
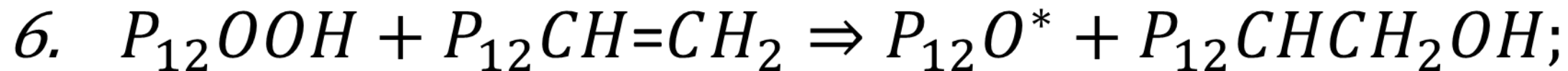
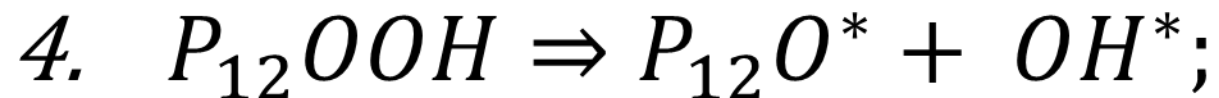
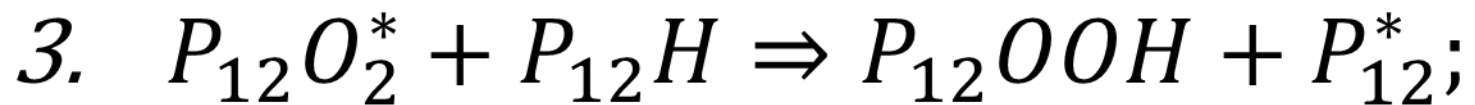
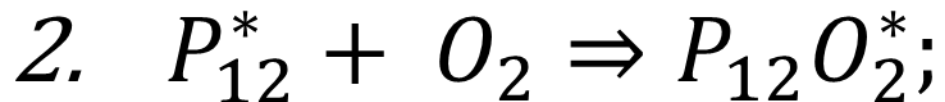
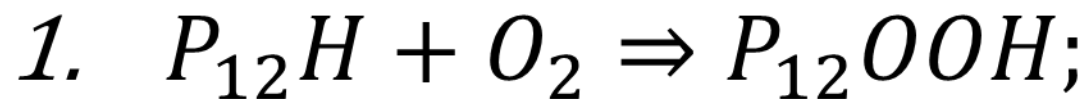
Химизм процесса пиролиза резины

Конечная стадия пиролиза
бутадиена:



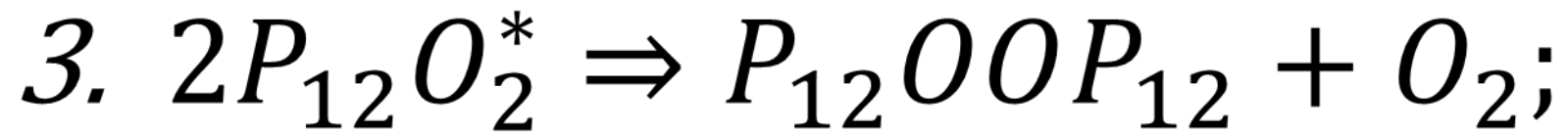
Химизм процесса горения резины ($R_1 - H$)

Продолжение цепей



Химизм процесса горения резины ($R_1 - H$)

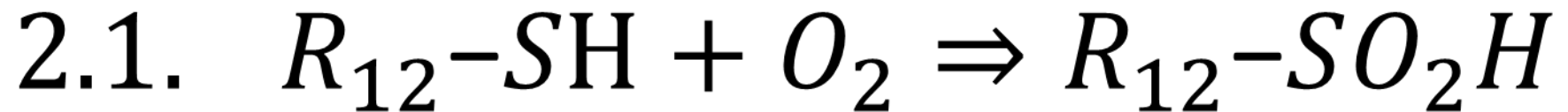
Обрыв цепей



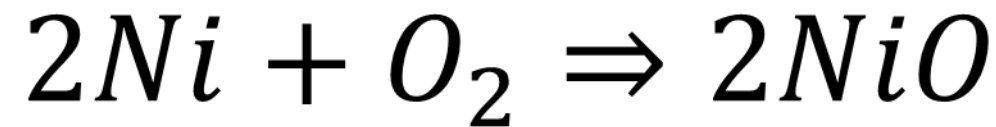
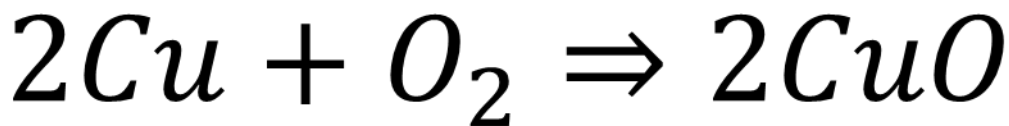
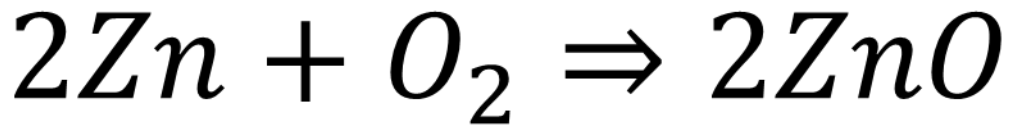
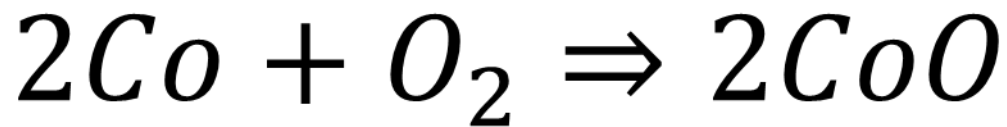
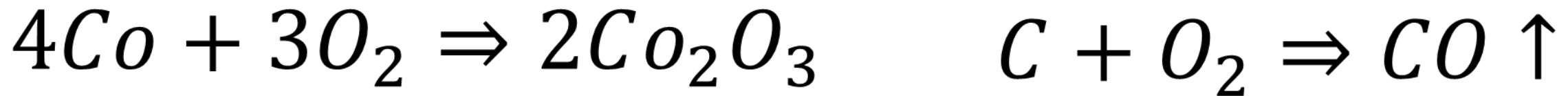
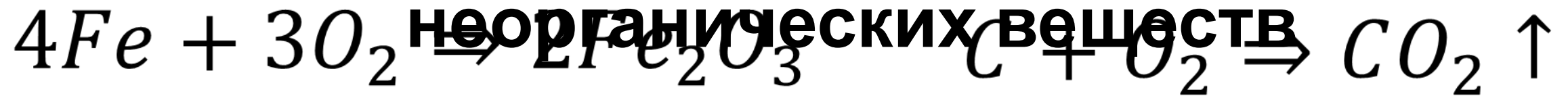
Химизм процесса горения резины ($R_1-S-S-R_2$)

1. $R_1-S-S-R_2 + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow R_1-S(O)-S-R_2$
2. $R_1-S(O)-S-R_2 + \frac{1}{2}O_2 \Rightarrow R_1-SO_2-S-R_2$
3. $R_1-SO_2-S-R_2 + O_2 \Rightarrow R_1-SO_2-SO_2-R_2$
4. $R_1-SO_2-SO_2-R_2 + O_2 + 2H^* \Rightarrow 2R_{12}-SO_3H$

**Химизм процесса горения
резины (R_1-SH) при t°**

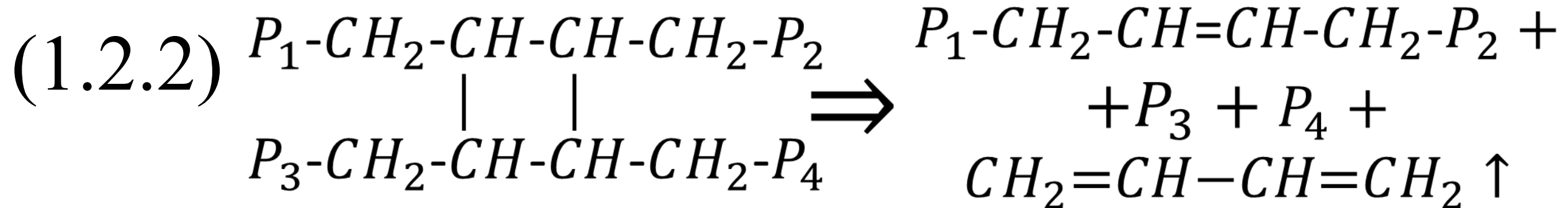
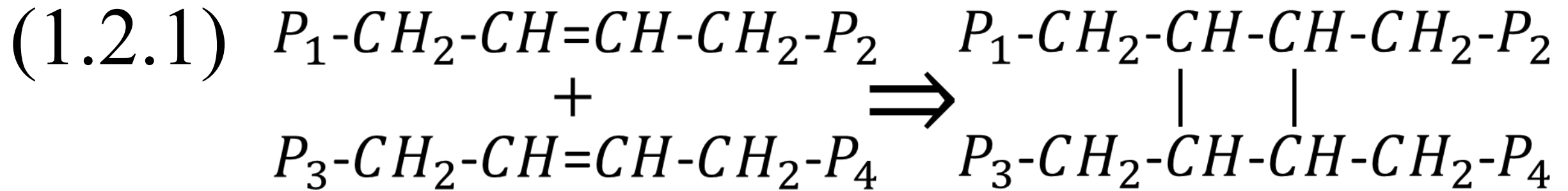


Реакции окисления кислородом воздуха

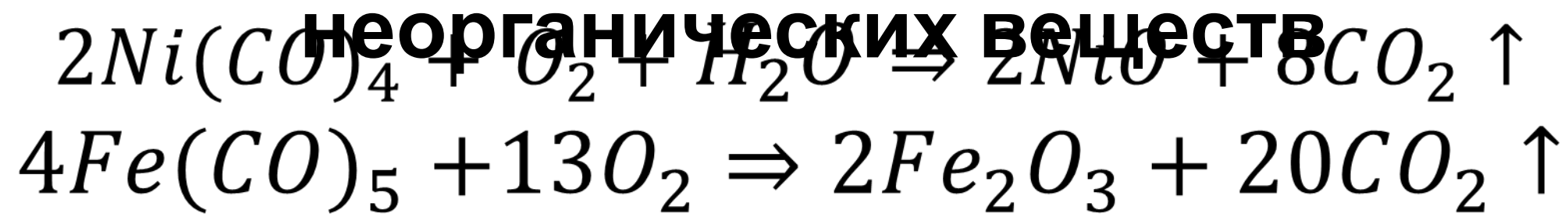


Химизм процесса пиролиза резины

Промежуточные процессы пиролиза
резины (R_1-H):

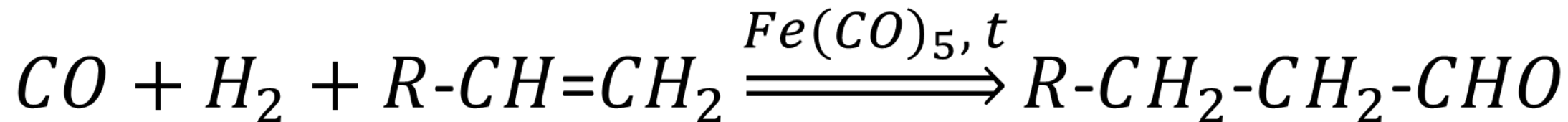


Реакции окисления кислородом воздуха

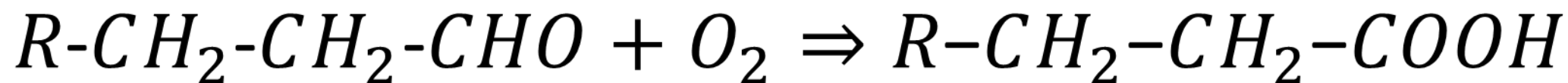


Реакции продуктов горения с исходными веществами

Реакция угарного газа и водорода с альдегидами органическими соединениями в присутствии карбонила металла:



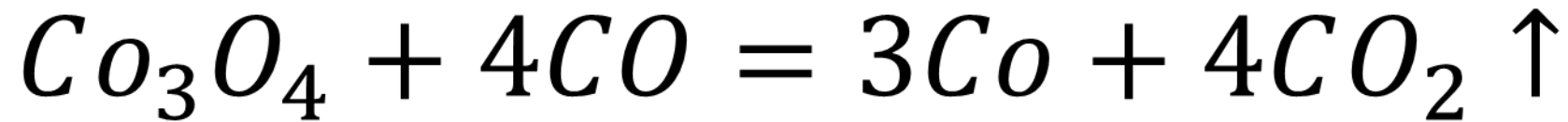
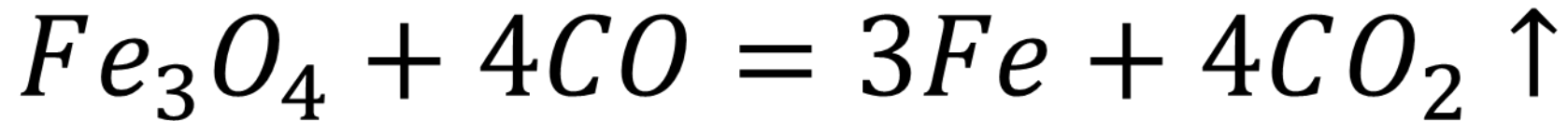
Окисление альдегидов до карбоновых кислот кислородом воздуха:



Реакции продуктов горения с исходными

веществами

Взаимодействие сульфоновых кислот с парами воды (100 - 200°C):



Реакции продуктов горения с исходными веществами

Реакция металлов с угарным газом — получение карбониллов:

