



Элементы 14 группы

Неорганическая химия, 1 курс, 2024/2025

Элементы 14 группы

1 2 13 14 15 16 17 18

H							(H)	He
Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	<i>d</i> -block	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra							

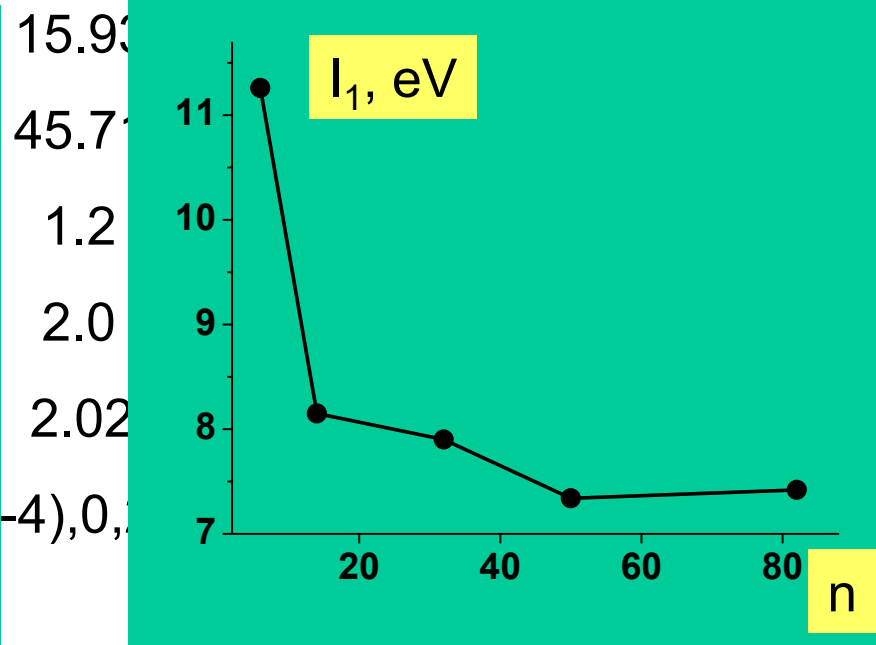
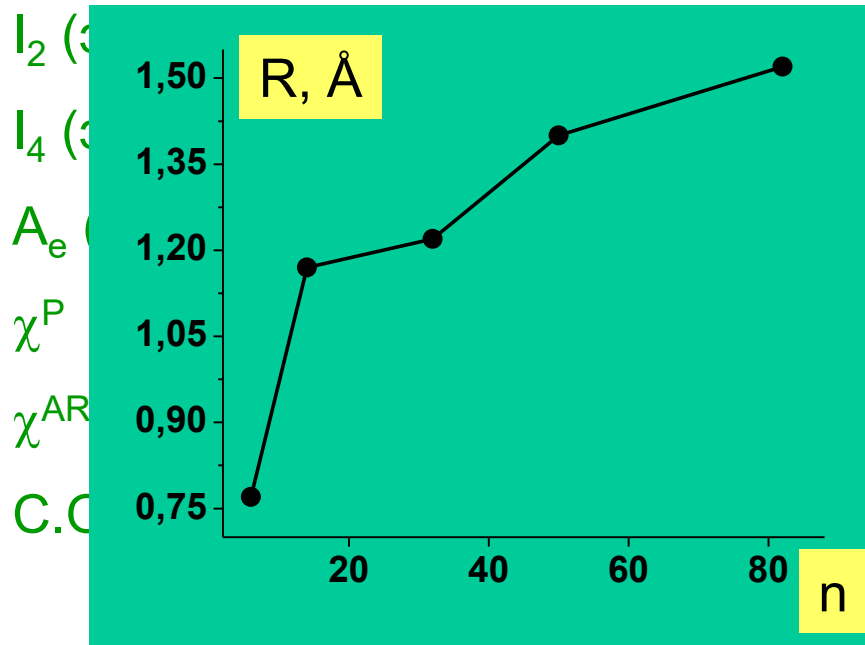
C – углерод, **Si** – кремний, **Ge** – германий, **Sn** – олово, **Pb** – свинец

Свойства элементов

	C	Si	Ge	Sn	Pb
Ат. Номер	6	14	32	50	82
Эл. Конф.	2s ² 2p ²	3s ² 3p ²	3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Радиус (пм)	77	117	122	140	152
I ₁ (эВ)	11.26	8.15	7.90	7.34	7.42
I ₂ (эВ)	24.38	16.35	15.93	14.63	15.03
I ₄ (эВ)	64.49	45.14	45.71	40.73	42.32
A _e (эВ)	1.26	1.38	1.2	1.2	—
χ ^P	2.6	1.9	2.0	1.8	1.9
χ ^{AR}	2.50	1.74	2.02	1.72	1.55
C.O.	-4,0,2,4	-4,0,(2),4	(-4),0,2,4	0,2,4	0,2,(4)

Свойства элементов

	C	Si	Ge	Sn	Pb
Ат. Номер	6	14	32	50	82
Эл. Конф.	$2s^2 2p^2$	$3s^2 3p^2$	$3d^{10} 4s^2 4p^2$	$4d^{10} 5s^2 5p^2$	$4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$
Радиус (пм)	77	117	122	140	152
I_1 (эВ)	11.26	8.15	7.90	7.34	7.42

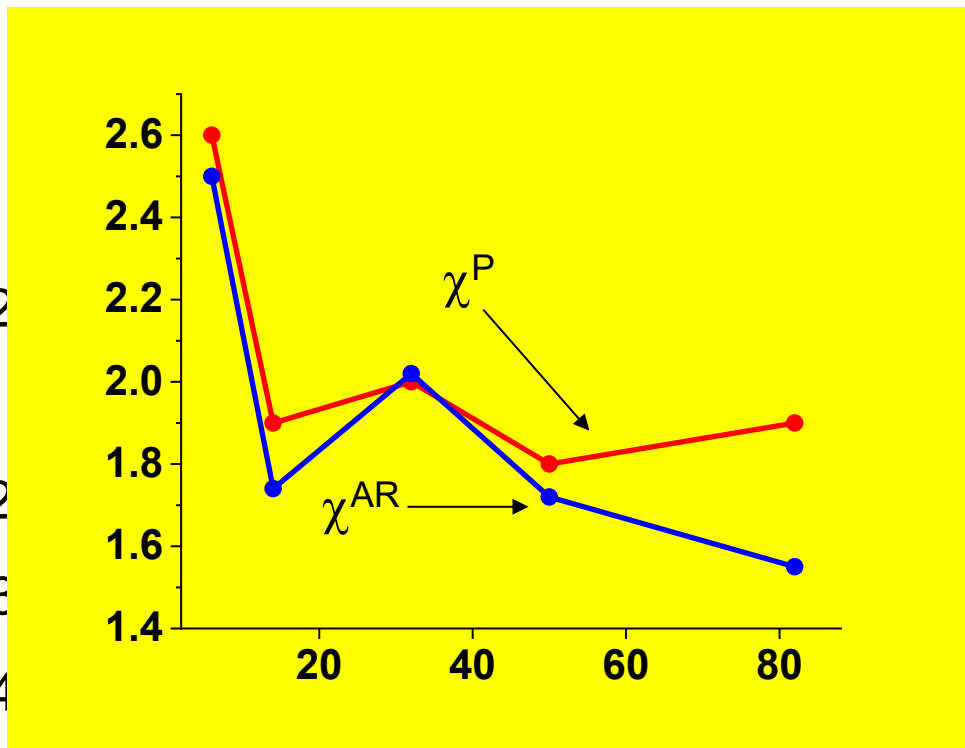


Свойства элементов

	C	Si	Ge	Sn	Pb
Ат. Номер	6	14	32	50	82
Эл. Конф.	2s ² 2p ²	3s ² 3p ²	3d ¹⁰ 4s ² 4p ²	4d ¹⁰ 5s ² 5p ²	4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Радиус (пм)	77	117	122	140	152
I ₁ (эВ)	11.26	8.15	7.90	7.34	7.42
I ₂ (эВ)	24.38	16.35	15.93	14.63	15.03
I ₄ (эВ)	64.49	45.14	45.71	40.73	42.32
A _e (эВ)	1.26	1.38	1.2	1.2	—
χ ^P	2.6	1.9	2.0	1.8	1.9
χ ^{AR}	2.50	1.74	2.02	1.72	1.55
C.O.	-4,0,2,4	-4,0,(2),4	(-4),0,2,4	0,2,4	0,2,(4)

Свойства элементов

	C					Pb
Ат. Номер	6					82
Эл. Конф.	2s ² 2					4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Радиус (пм)	77					152
I ₁ (эВ)	11.2					7.42
I ₂ (эВ)	24.3					15.03
I ₄ (эВ)	64.4					42.32
A _e (эВ)	1.26	1.38	1.2	1.2	—	
χ ^P	2.6	1.9	2.0	1.8	1.9	
χ ^{AR}	2.50	1.74	2.02	1.72	1.55	
C.O.	-4,0,2,4	-4,0,(2),4	(-4),0,2,4	0,2,4	0,2,(4)	



Свойства простых веществ

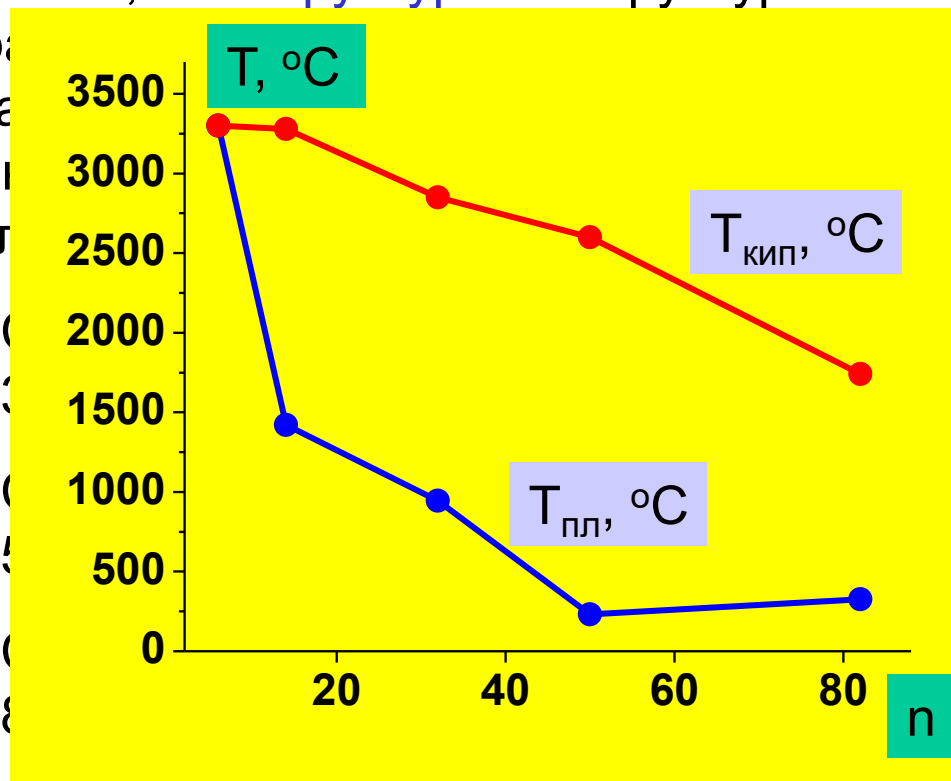
	C	Si	Ge	Sn	Pb
Т.пл. (°C)	3300(субл.)	1420	945	232	327
Т.кип. (°C)	—	3280	2850	2600	1740
Аллотропия	алмаз, графит, карбин, лонсдейлит, фуллерены	структура алмаза	структура алмаза	белое (металл) серое (структура алмаза)	металл к.ч.=14
$\Delta G_{\text{св}}$ кДж/моль	C—C 346	Si—Si 236	Ge—Ge 186	Sn—Sn 151	Pb—Pb 92
	C=C 598	Si=Si 310	Ge=Ge 270	Sn=Sn 190	
	C≡C 813				
E_g (эВ)	5.97 (алмаз)	1.12	0.66	0.08 (серое)	0

Свойства простых веществ

	C	Si	Ge	Sn	Pb
Т.пл. (°C)	3300(субл.)	1420	945	232	327
Т.кип. (°C)	—	3280	2850	2600	1740

Аллотропия алмаз, структура структура белое металл
 графит (металл) к.ч.=14
 карбин серое
 лондонская структура
 фуллерены (алмаза)

$\Delta G_{\text{св}}$
кДж/моль



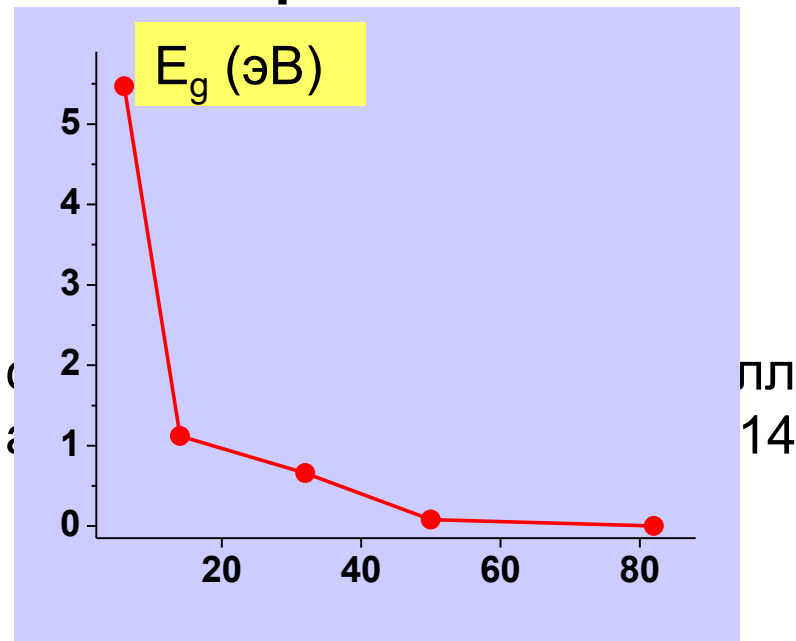
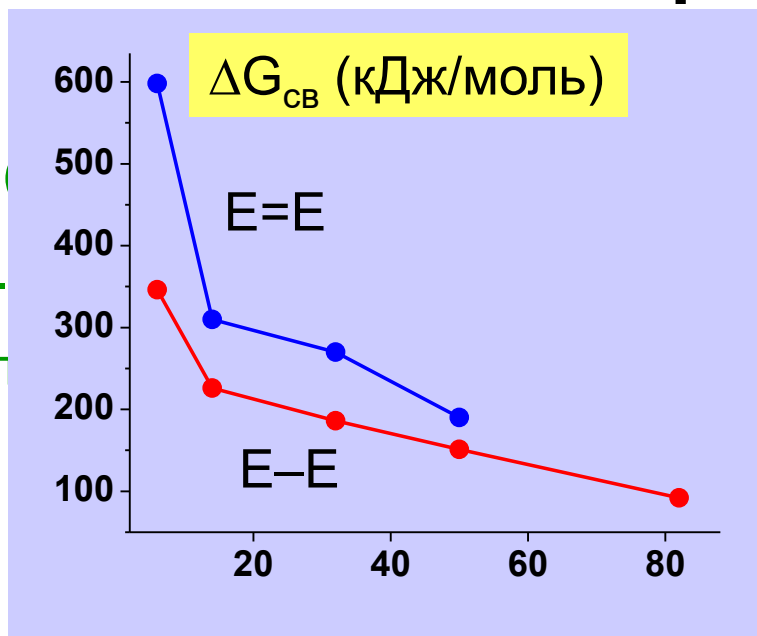
E_g (эВ) 5.97 (алмаз) 1.12 0.66 0.08 (серое) 0

Свойства простых веществ

	C	Si	Ge	Sn	Pb
Т.пл. (°C)	3300(субл.)	1420	945	232	327
Т.кип. (°C)	—	3280	2850	2600	1740
Аллотропия	алмаз, графит, карбин, лонсдейлит, фуллерены	структура алмаза	структура алмаза	белое (металл) серое (структура алмаза)	металл к.ч.=14
$\Delta G_{\text{св}}$ кДж/моль	C—C 346	Si—Si 236	Ge—Ge 186	Sn—Sn 151	Pb—Pb 92
	C=C 598	Si=Si 310	Ge=Ge 270	Sn=Sn 190	
	C≡C 813				
E_g (эВ)	5.97 (алмаз)	1.12	0.66	0.08 (серое)	0

Свойства простых веществ

Т.пл. (°C)
Т.кип. (°C)
Аллотропия



пл
14

$\Delta G_{\text{св}}$ кДж/моль	C—C	Si—Si	Ge—Ge	Sn—Sn	Pb—Pb
	346	236	186	151	92

C=C	Si=Si	Ge=Ge	Sn=Sn
598	310	270	190

C≡C
813

E_g (эВ)	5.97 (алмаз)	1.12	0.66	0.08 (серое)	0
------------	--------------	------	------	--------------	---

Свойства простых веществ

C

Si

Ge

Sn

Pb

Т.пл. (°C)

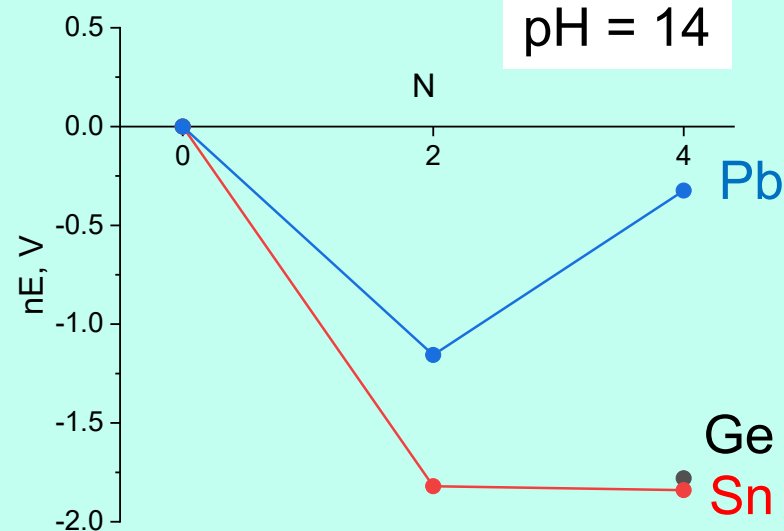
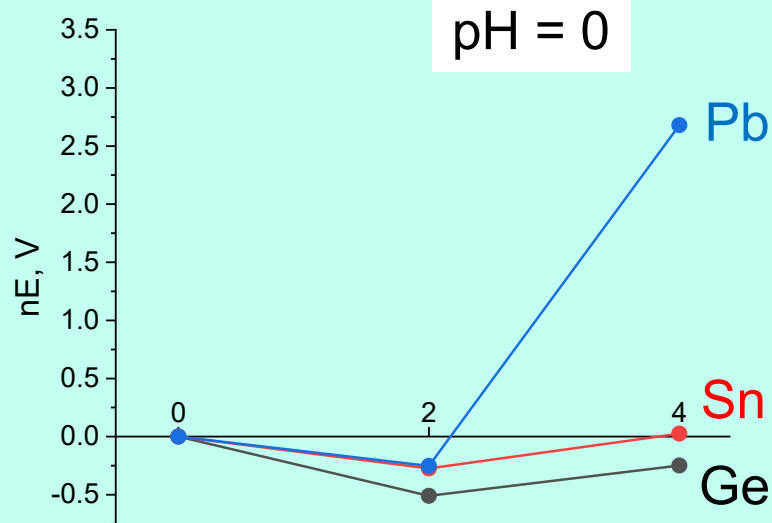
3300(субл.)

1420

945

232

327



N

598

310

270

190

C≡C

813

E_g (эВ)

5.97 (алмаз)

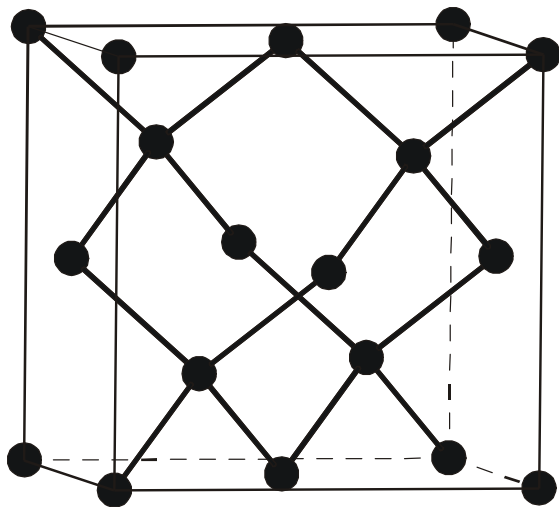
1.12

0.66

0.08 (серое)

0

Аллотропия углерода



Алмаз

sp^3

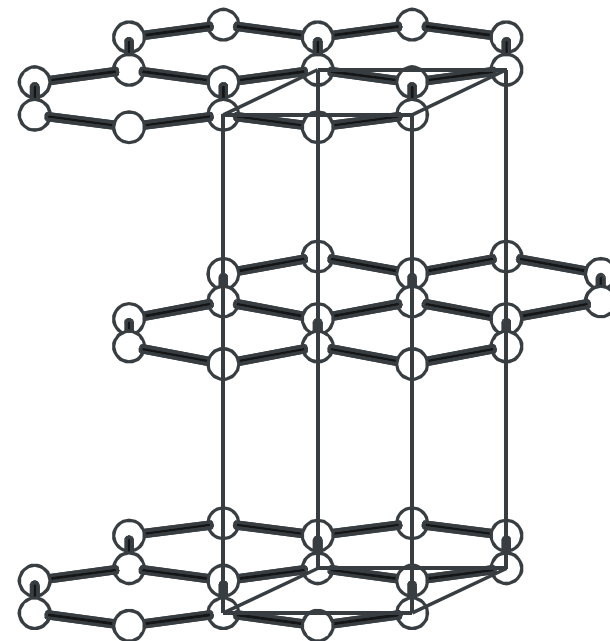
$d = 154 \text{ пм}$



Фуллерен C_{60}

$d(6,6) = 139 \text{ пм}$

$d(5,6) = 146 \text{ пм}$



Графит

sp^2

$d = 142 \text{ пм}$

Аллотропия углерода

Алмаз

прозрачные
кристаллы

самое твердое в-во

изолятор,
высокая
теплопроводность

нерастворим

горит в O_2
горит в F_2

переходит в
графит при 1800 К

образует карбиды

Графит

черные пластины

мягкий

металлический
проводник
(анизотропный)

нерастворим

горит в O_2
горит в F_2

термодинамически
стабилен

интеркалируется

Фуллерен

черные кристаллы

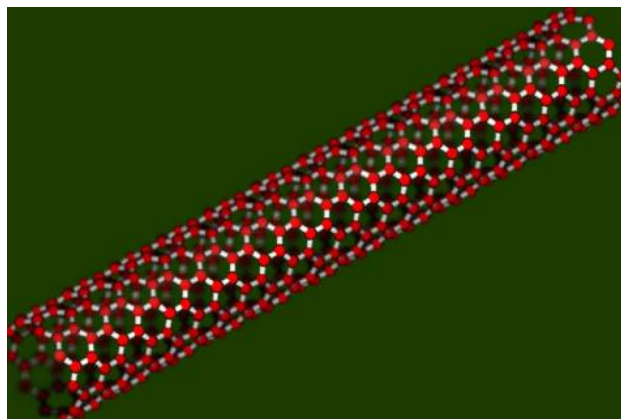
умеренно твердый

растворим в орг.
растворителях

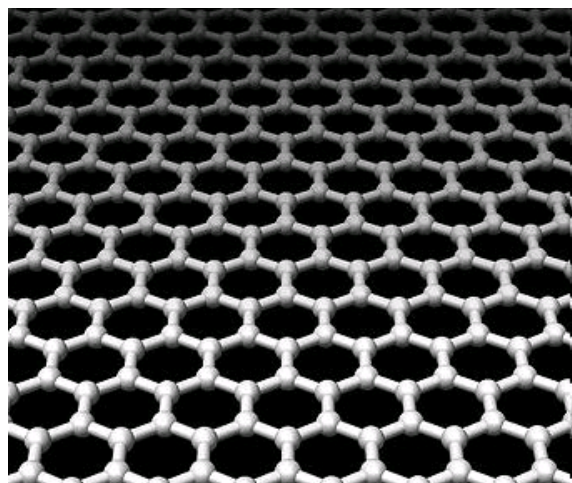
с F_2 образует
фторофуллерены

образует фуллериды

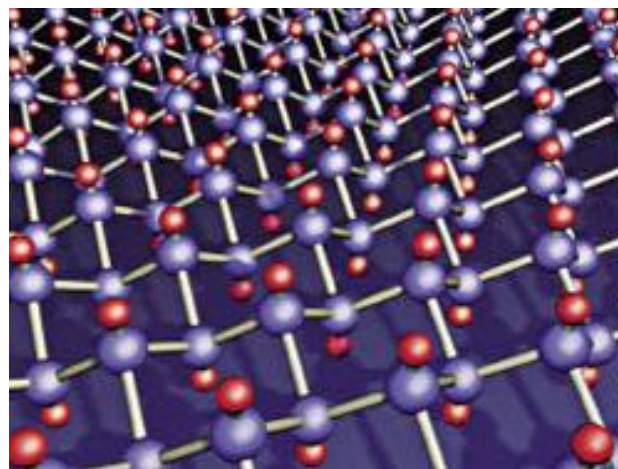
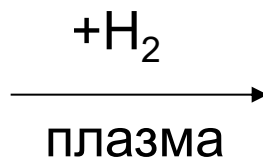
Новые формы углерода



Углеродная нанотрубка
Длина до 10 мкм, диаметр 10-15 нм



Графен –
один слой графита



Графен –
гидрированный графен

Новые формы углерода

Нобелевская премия по физике 2010 года



Андрей Гейм

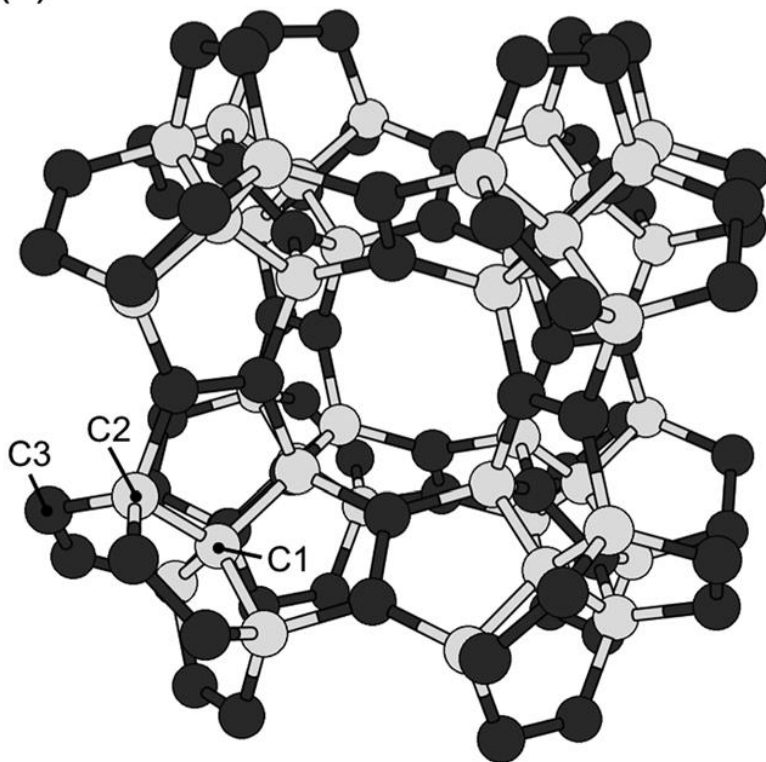


Константин Новоселов

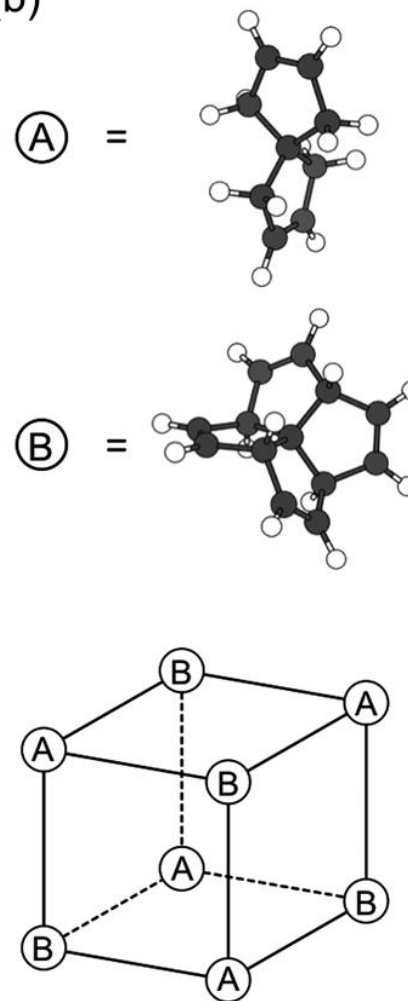
*«за новаторские эксперименты
с двумерным материалом – графеном»*

Новые формы углерода

(a)



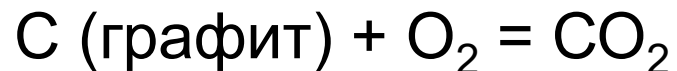
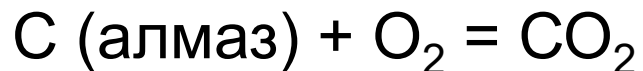
(b)



Пента-диамант –
сочетание sp^3 и sp^2 -гибридных атомов углерода

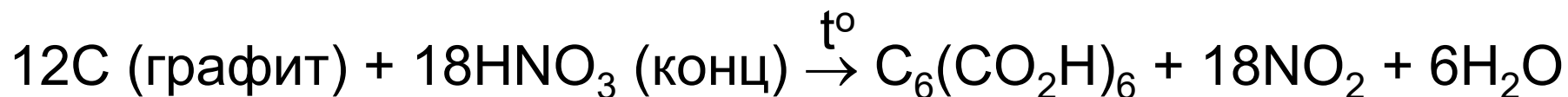
Свойства углерода

1. Горение

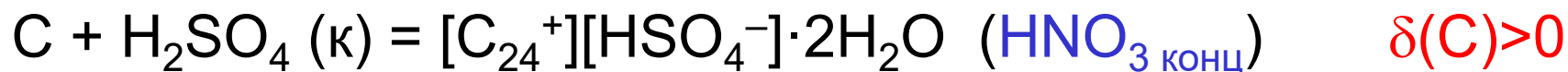


$$\Delta_{\text{ф.п}} G^\circ_{298} = -2.8 \text{ кДж/моль}$$

2. Окисление графита



3. Интеркалирование графита



Интеркалирование графита

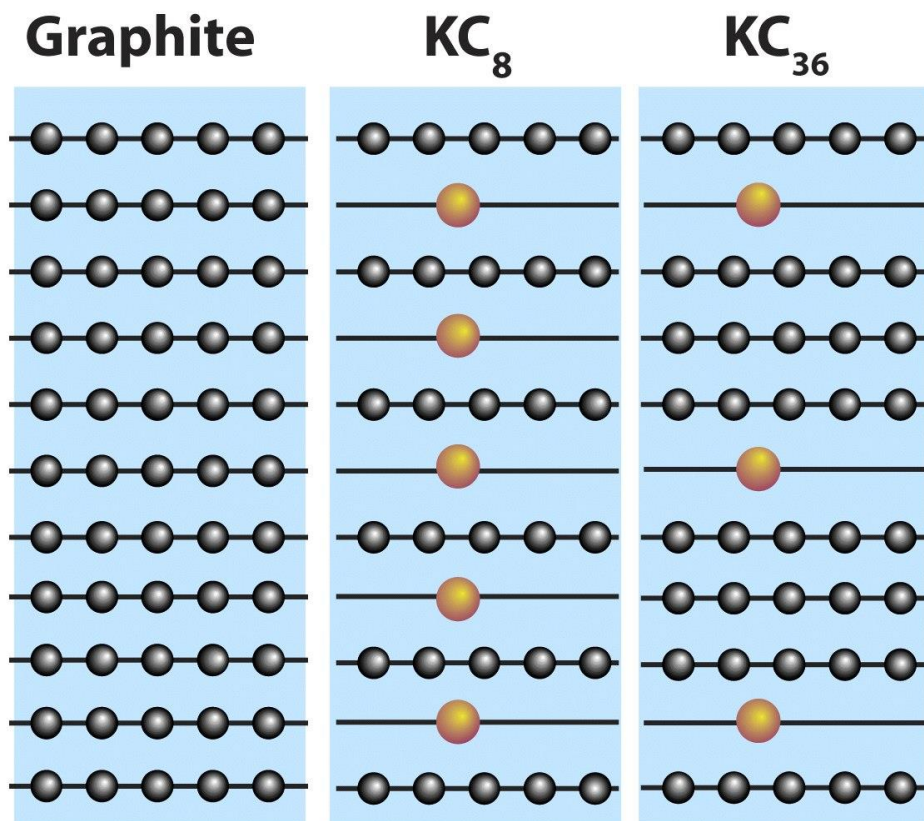


Figure 13-3
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

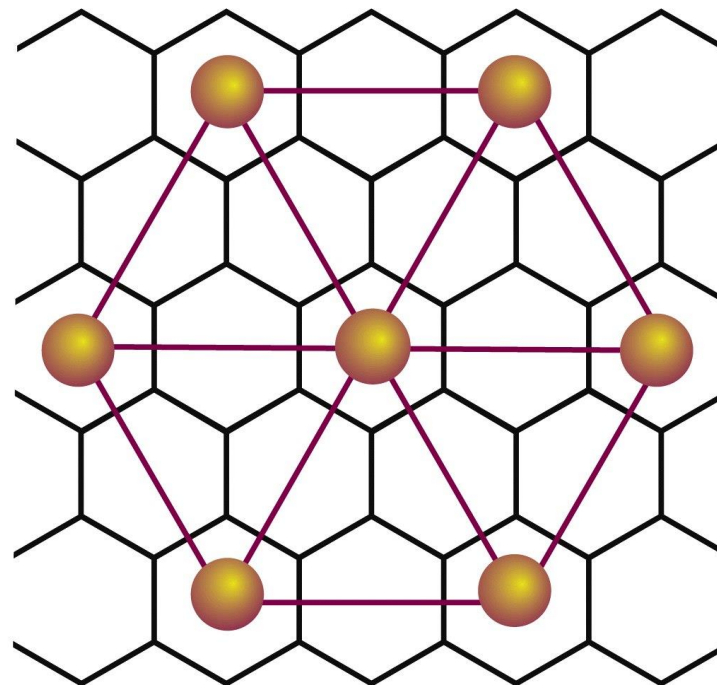
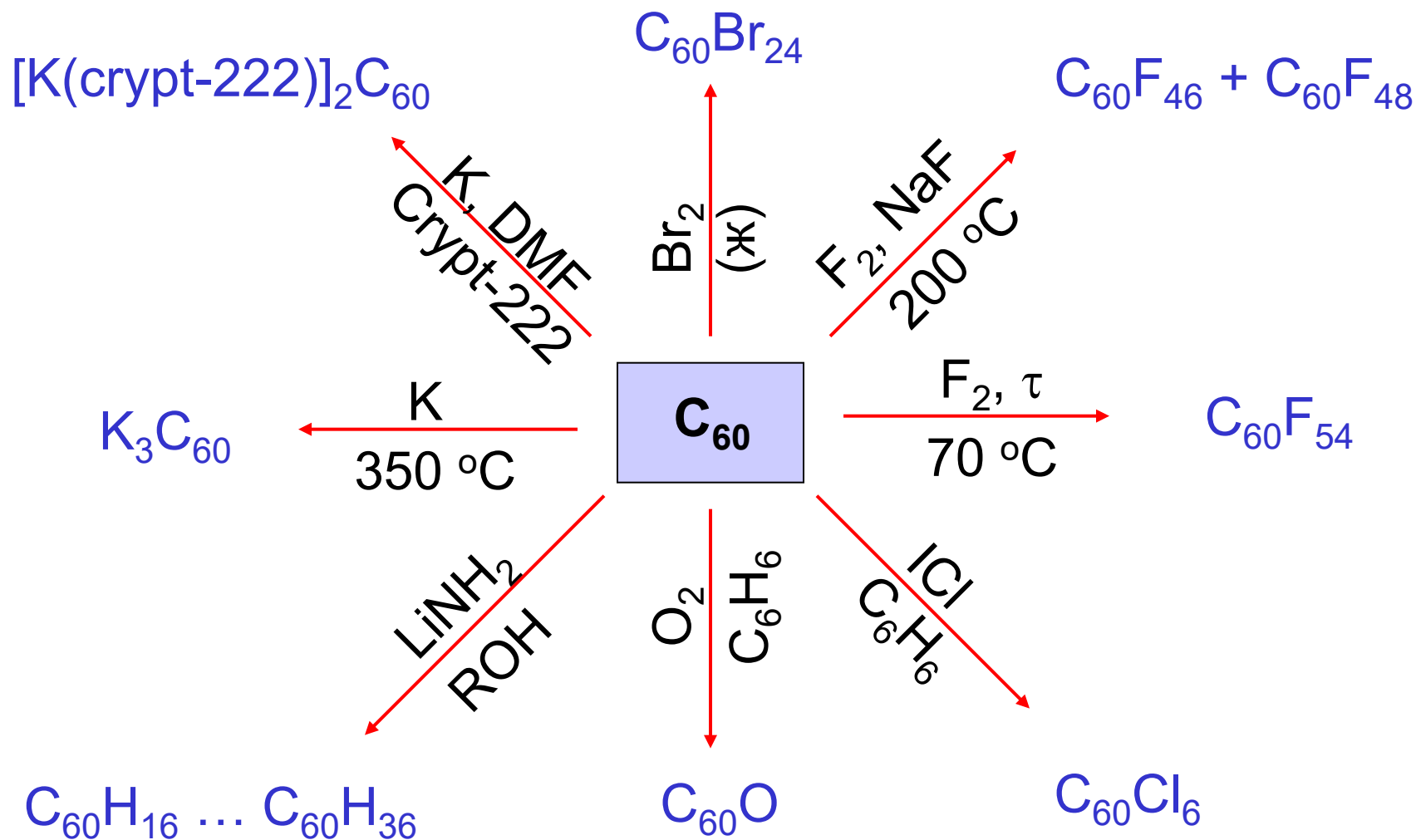
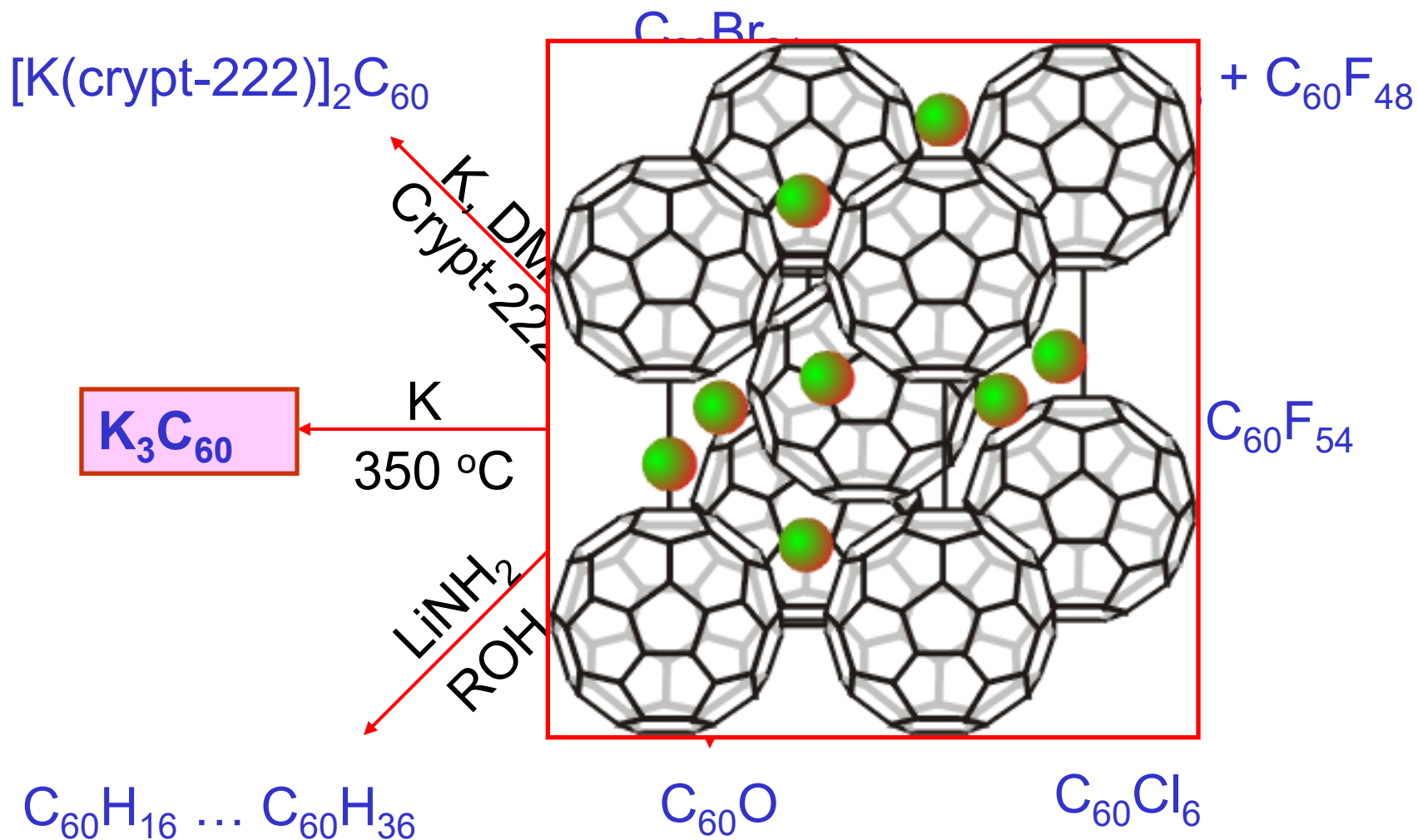


Figure 13-12
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Свойства фуллерена C₆₀



Свойства фуллерена C₆₀

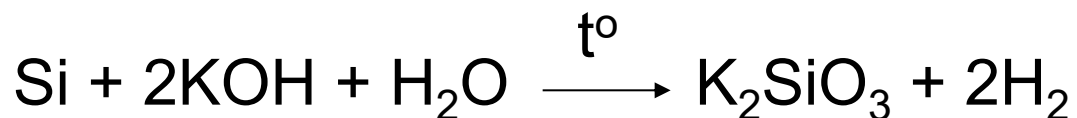


Свойства кремния

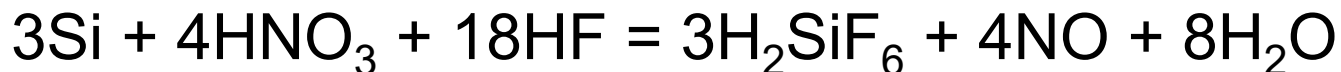
1. Si имеет бóльшую реакционную способность, чем C



2. Si растворяется в щелочах, но не в кислотах



3. Si окисляется в присутствии F^-



4. Si реагирует с Br_2 , I_2 , S, P, N, B при нагревании

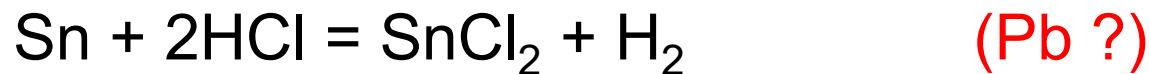


Свойства Ge, Sn, Pb

1. Реагируют при нагревании с галогенами, кислородом, серой



2. Sn, Pb растворимы в кислотах

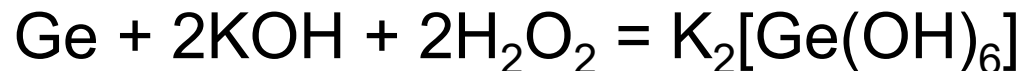
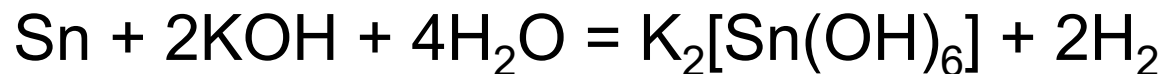


Свойства Ge, Sn, Pb

3. Ge, Sn, Pb окисляются кислотами-окислителями



4. Ge, Sn растворимы в щелочах при нагревании

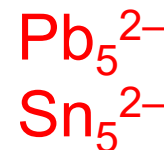
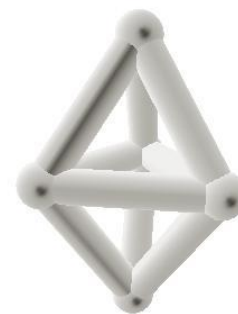
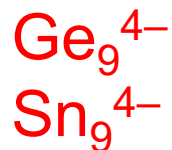
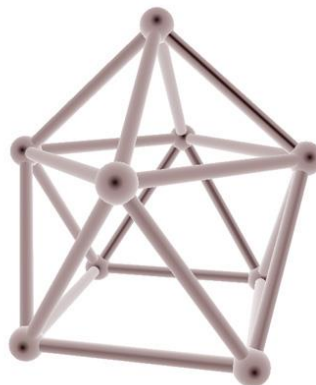
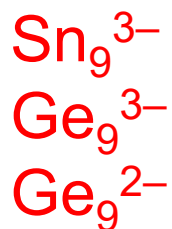
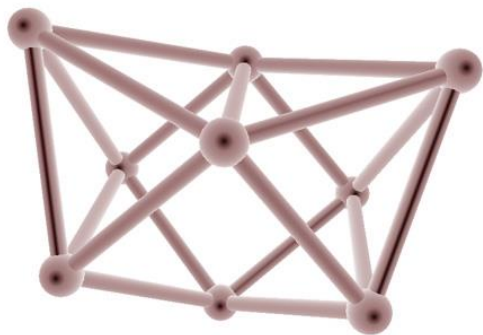
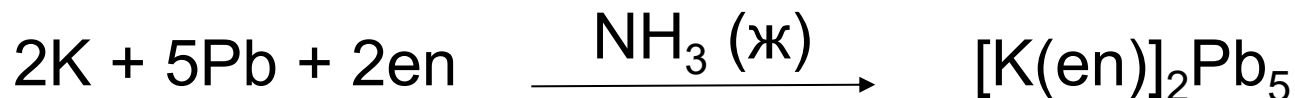


5. Ge, Sn реагируют с растворами галогенов в неполярных растворителях



Свойства Ge, Sn, Pb

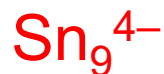
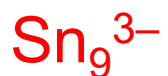
6. Ge, Sn, Pb реагируют с растворами щелочных металлов в NH_3



Анионы Цинтля

Свойства Ge, Sn, Pb

6. Ge, Sn, Pb реагируют с растворами щелочных металлов в NH_3

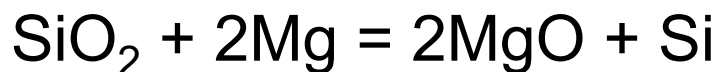
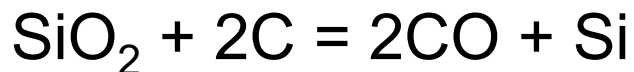


Анионы Цинтля

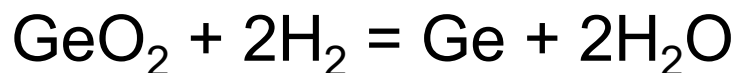
Получение C, Si, Ge, Sn, Pb

1. C добывают в виде угля, графита и алмазов

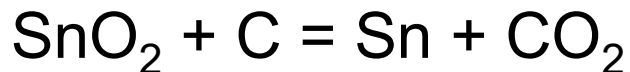
2. Si – из песка и силикатов



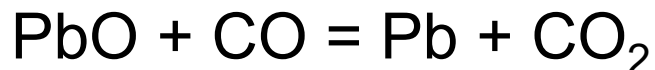
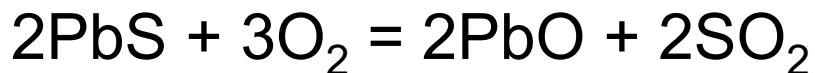
3. Ge – из обогащенных отходов производства Zn, Ni



4. Sn – из минерала касситерита



5. Pb – из сульфидных минералов (PbS – галенит)



Применение С

Алмаз: украшения, абразивы, резцы



Графит: смазка, электроды, тугоплавкие материалы, замедлители нейтронов, покрытия, пенографит ($d \sim 1 \text{ г/см}^3$)



Сажа: краски, резина

Активированный уголь: адсорбент, в медицине

Волокна: усилители полимеров

Применение Si, Ge, Sn, Pb

Si: полупроводники, фотовольтаики, преобразователи солнечной энергии, силиконы

SiO₂: оптика, стекло, пьезодатчики, сенсоры, катализ, искусственные цеолиты

Ge: полупроводники, ИК-оптика

Sn: покрытия, производство сплавов (бронза, припой), аналитические цели, полупроводники

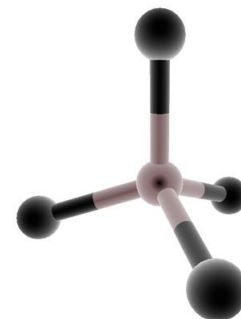
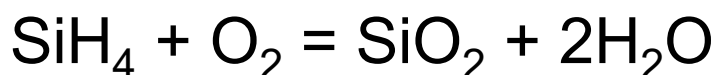
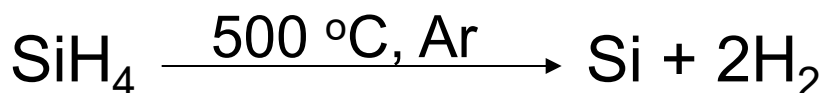
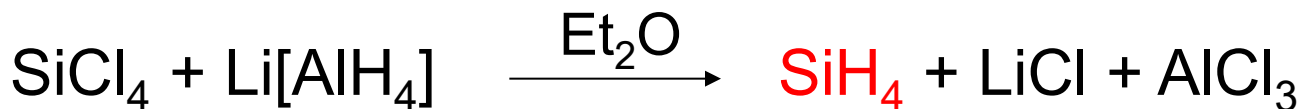
SnO₂: пигмент, сенсоры, прозрачные проводники

Pb: пигменты, свинцовые аккумуляторы

Гидриды C, Si, Ge, Sn, Pb

1. $\text{CH}_4, \text{C}_2\text{H}_6, \dots$ sp^3 $d = 154 \text{ пм}$ $E = 346 \text{ кДж/моль}$
 $\text{C}_2\text{H}_4, \dots$ sp^2 $d = 135 \text{ пм}$ $E = 598 \text{ кДж/моль}$
 $\text{C}_2\text{H}_2, \dots$ sp $d = 120 \text{ пм}$ $E = 813 \text{ кДж/моль}$
 $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} = 3\text{CH}_4 + 4\text{Al}(\text{OH})_3$
 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$

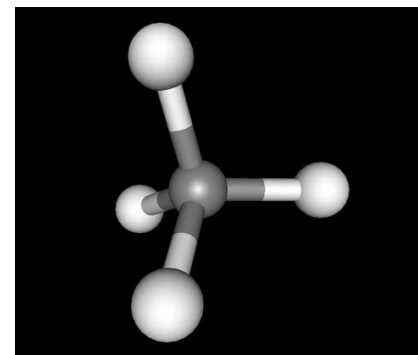
2. $\text{Mg}_2\text{Si} + 4\text{H}_2\text{O} = \text{SiH}_4 + 2\text{Mg}(\text{OH})_2$ (кат. H^+)



Гидриды C, Si, Ge, Sn, Pb

3. GeH_4 , SnH_4 , PbH_4 неустойчивы

4.



Уменьшение устойчивости

Увеличение полярности связи

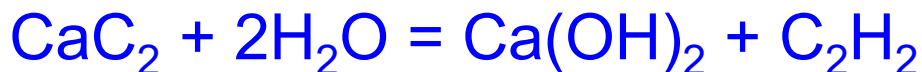
Увеличение т.пл. и т.кип.

Карбиды

[illegible]

Карбиды

1. Карбиды активных металлов реагируют с водой



2. Карбиды ранних переходных металлов, кремния, бора обладают высокой твердостью

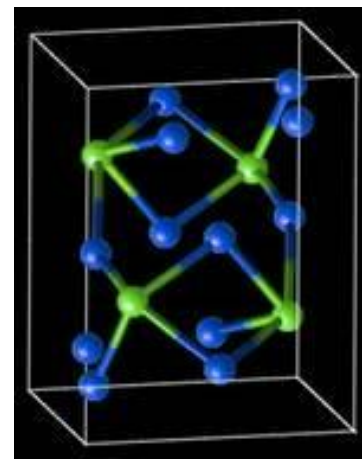
(ковалентные карбиды)



3. Ковалентные карбиды химически инертны

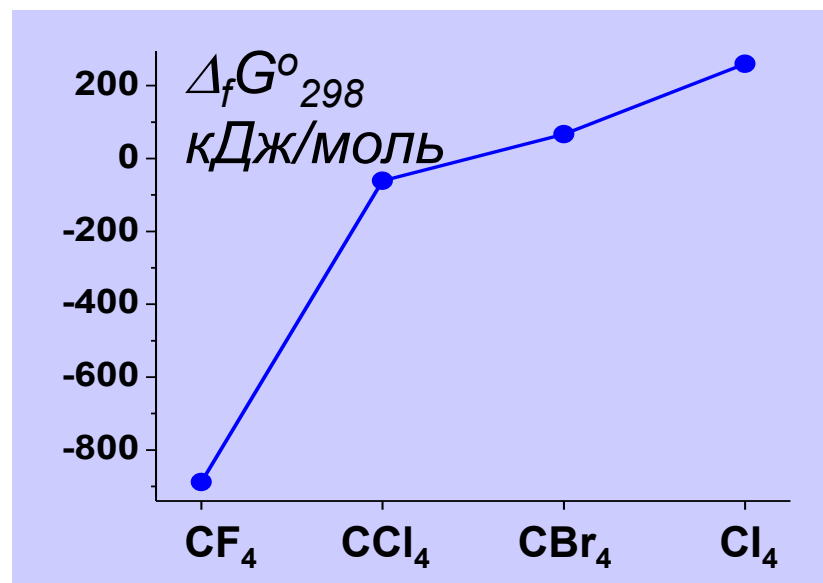
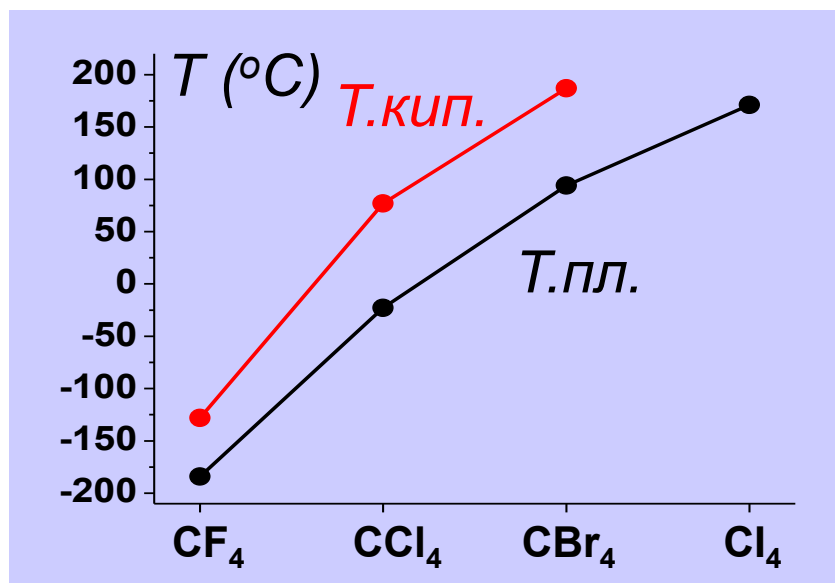
4. Fe_3C — цементит, составная часть чугуна

т.пл. 1700 °C



Галогениды углерода

	CF_4	CCl_4	CBr_4	Cl_4
Т.пл., °C	-184	-23	94	171 (разл.)
Т.кип., °C	-128	77	187	—
$d(\text{C-X})$, пм	136	176	194	215
$\Delta_f G^\circ_{298}$ кДж/моль	-888	-61	67	260



Галогениды углерода



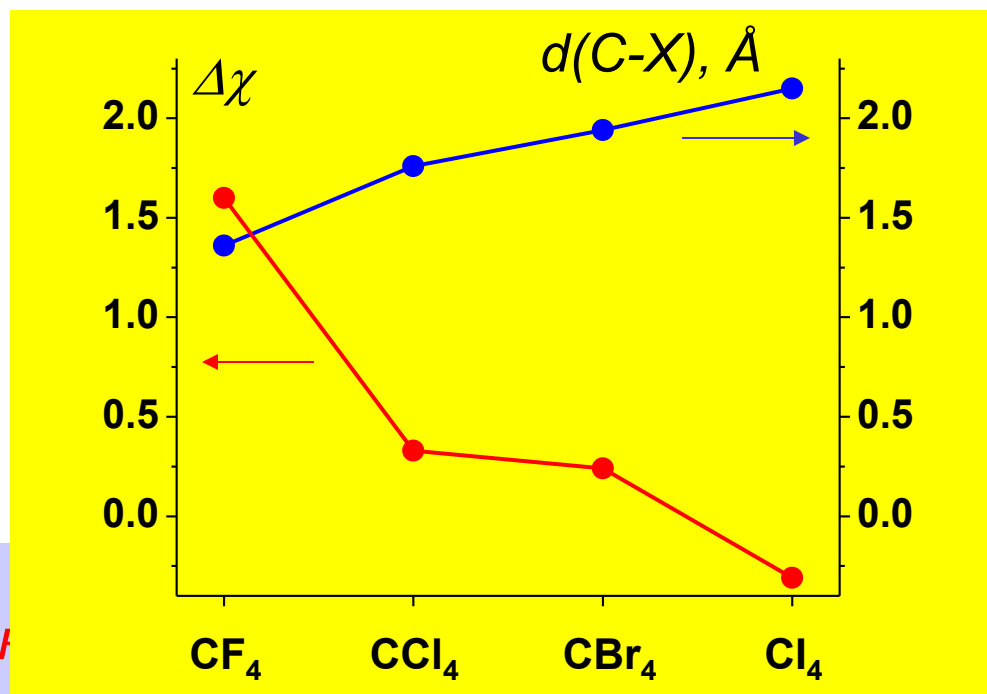
Т.пл., °С

Т.кип., °С

$d(\text{C-X})$, пм

$\Delta_f G^\circ_{298}$

кДж/моль

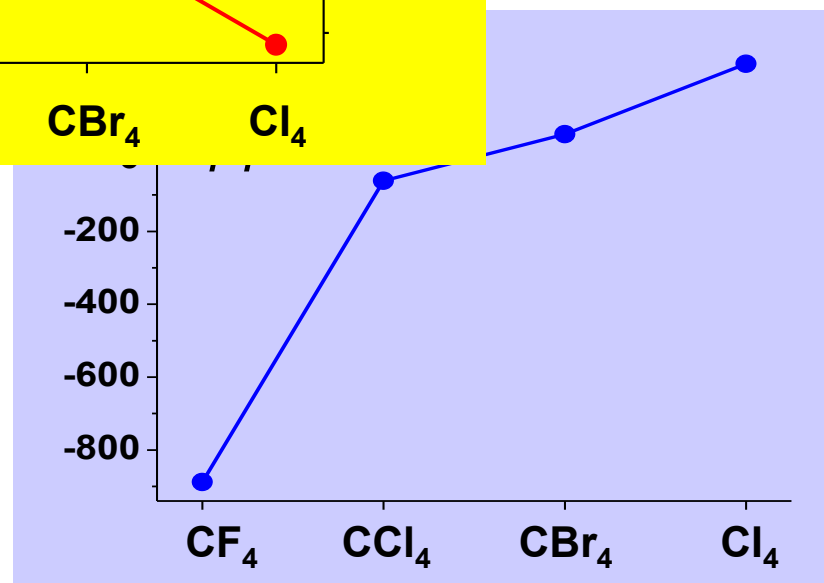
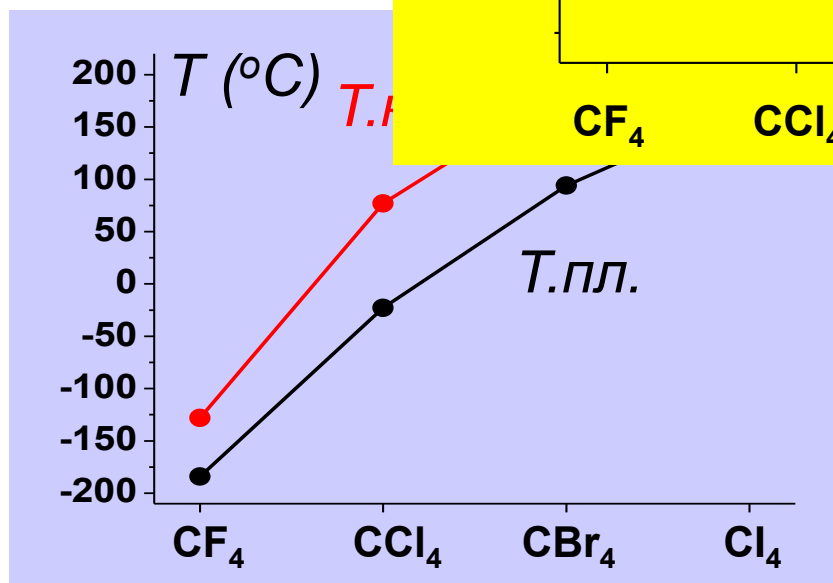


171
(разл)

—

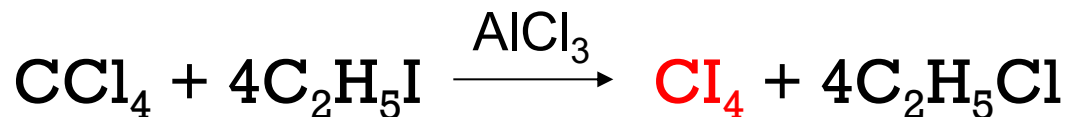
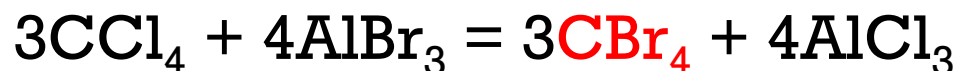
215

260



Галогениды углерода

Получение:



Свойства:

1. Низкая реакционная способность
2. Не реагируют с водой и не растворяются в ней
3. Не присоединяют X^-

Галогениды углерода

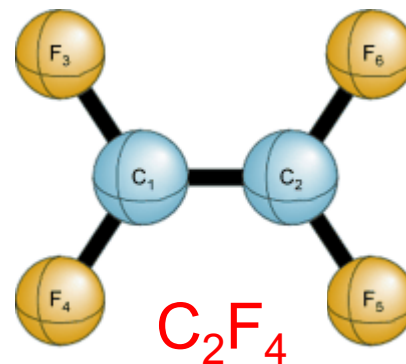
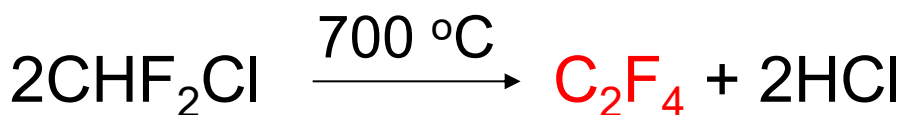
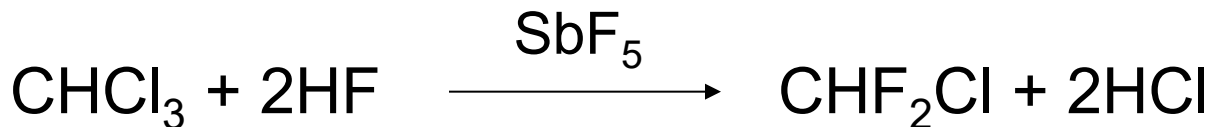
4. CCl_4 – хлорирующий агент



5. Смешанные галогениды



6. Известен фторид C_2F_4



Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb

SiF_4 т.субл. -95°C	GeF_4 т.субл. -37°C	SnF_4 т.пл. 705°C полимер	PbF_4 т.пл. 600°C полимер
SiCl_4 т.пл. -68°C т.кип. 57°C	GeCl_4 т.пл. -50°C т.кип. 83°C	SnCl_4 т.пл. -36°C т.кип. 114°C	PbCl_4 т.пл. -15°C желтый
SiBr_4 т.пл. 5°C т.кип. 153°C	GeBr_4 т.пл. 26°C т.кип. 187°C	SnBr_4 т.пл. 33°C т.кип. 203°C желтый	—
SiI_4 т.пл. 122°C т.кип. 290°C	GeI_4 т.пл. 146°C т.кип. 377°C оранжевый	SnI_4 т.пл. 146°C т.кип. 346°C оранжевый	—

Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb

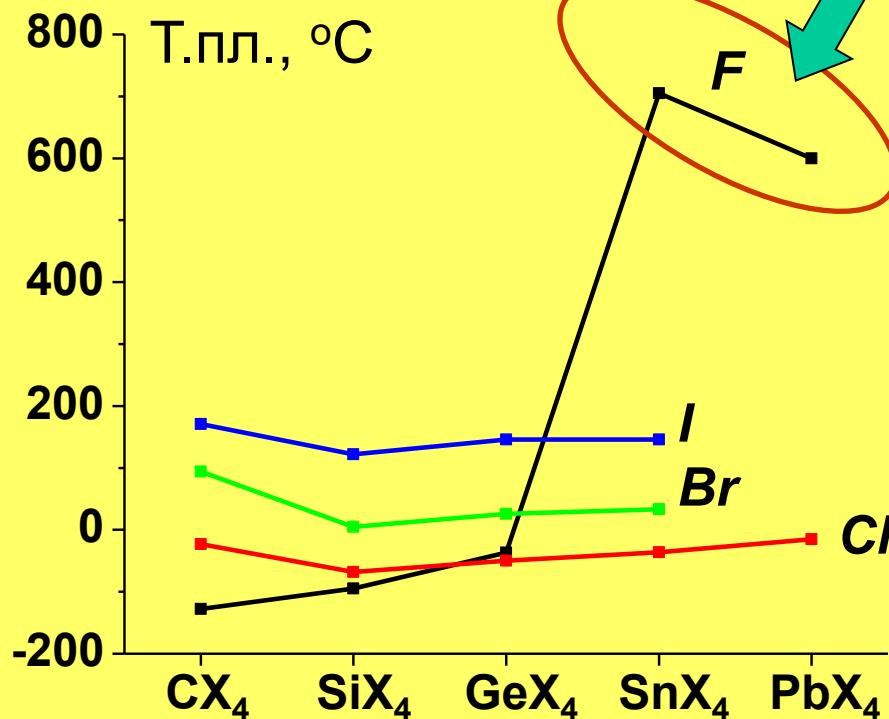
SiF_4 т.субл. -95°C	GeF_4 т.субл. -37°C	SnF_4 т.пл. 705°C полимер	PbF_4 т.пл. 600°C полимер
---	---	--	--

SiCl_4
т.пл. -68°C
т.кип. 57°C

SiBr_4
т.пл. 5°C
т.кип. 153°C

SiI_4
т.пл. 120°C
т.кип. 297°C

PbCl_4
т.пл. -15°C
желтый

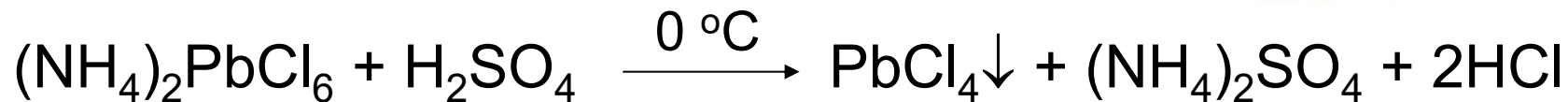
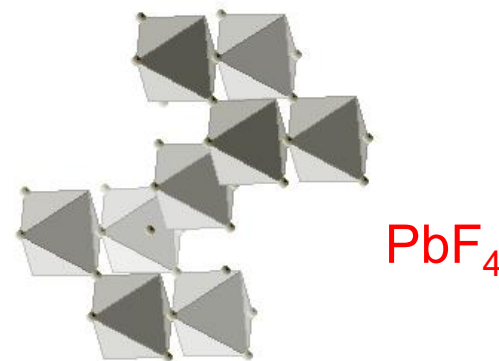
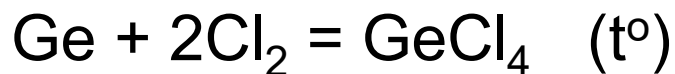


оранжевый

оранжевый

Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb

1. Все EX_4 (кроме $PbCl_4$) получают прямым галогенированием



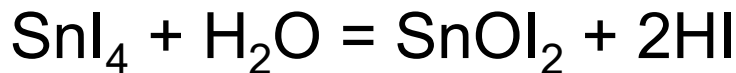
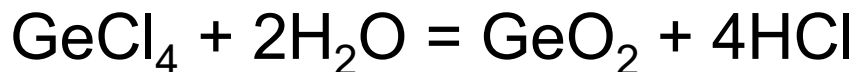
2. Все EX_4 (кроме $SiCl_4$, $SiBr_4$, SiI_4) легко присоединяют X^-



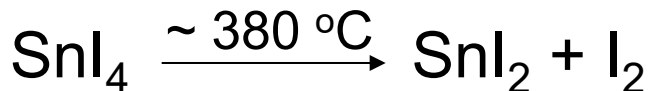
3. Все EX_4 (кроме SnF_4 , PbF_4) растворимы в органических растворителях, SnF_4 , PbF_4 имеют полимерное строение

Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb

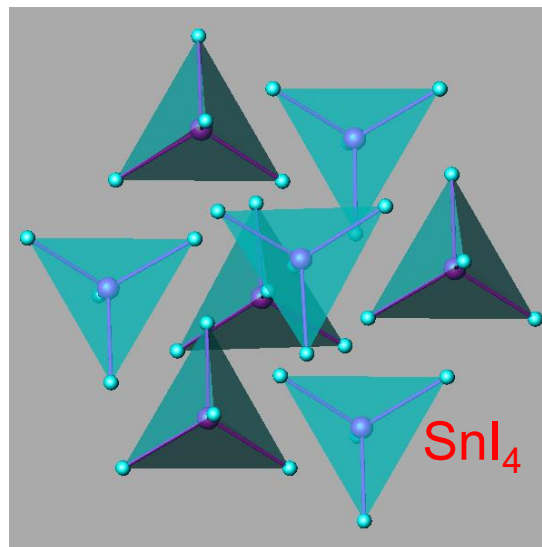
4. Все EX_4 (кроме SnF_4 , PbF_4) гидролизуются при н.у.



5. $PbCl_4$, GeI_4 , SnI_4 разлагаются при несильном нагревании



6. Известны галогенокислоты

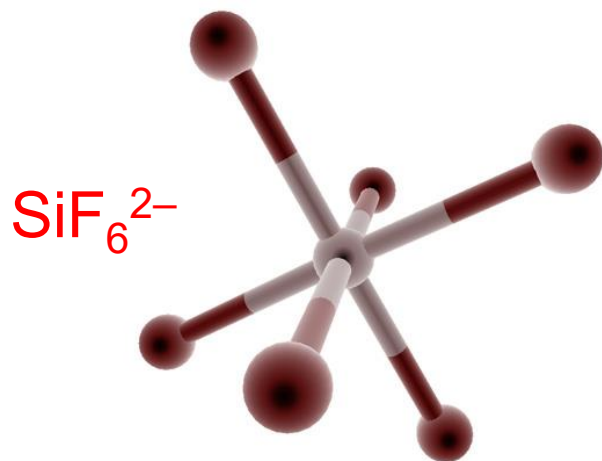


Кислота H_2SiF_6

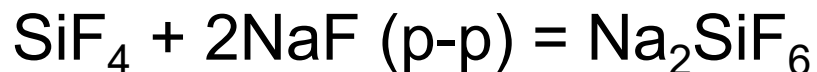
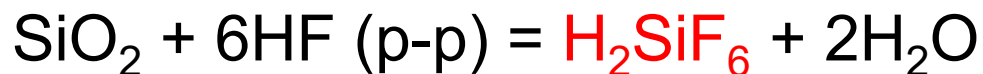
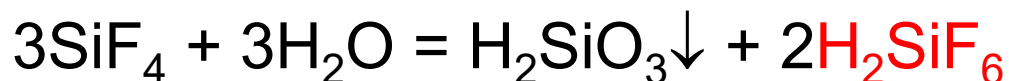
Гексафторокремниевая кислота H_2SiF_6

$$\text{pK}_{\text{a}1} = -0.6$$

существует только в водных растворах до 61%



$$d(\text{Si}-\text{F}) = 169 \text{ пм}$$



Дигалогениды Ge, Sn, Pb



т.пл. 111 °С



диспропорц.



т.пл. 143 °С



т.субл. 240 °С
коричневый



т.пл. 210 °С



т.пл. 247 °С
т.кип. 623 °С



т.пл. 232 °С
т.кип. 660 °С



т.пл. 320 °С
т.кип. 720 °С
красный



т.пл. 818 °С
т.кип. 1292 °С



т.пл. 500 °С
т.кип. 954 °С



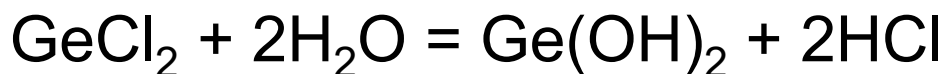
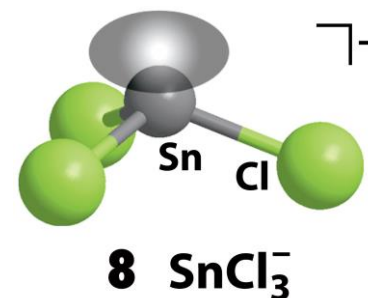
т.пл. 373 °С
т.кип. 916 °С



т.пл. 412 °С
т.кип. 900 °С
желтый

Дигалогениды Ge, Sn, Pb

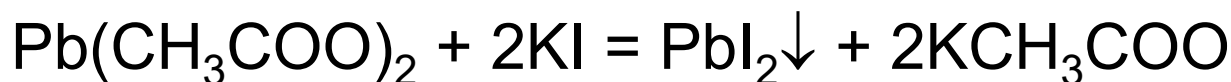
1. EX_2 имеют полимерное строение, к.ч. от 6 (Ge) до 9 (Pb)
2. SnX_2 , PbX_2 образуют гидраты,
 SnX_2 растворимы в воде,
 PbX_2 (кроме PbF_2) нерастворимы,
 GeX_2 гидролизуются



3. GeX_2 , SnX_2 , PbF_2 получают сопоропорционированием

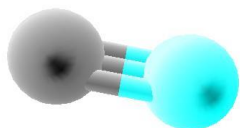


4. PbX_2 (кроме PbF_2) осаждают из раствора



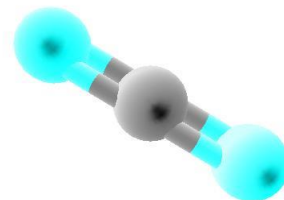
Оксиды углерода

CO, CO₂, C₃O₂ (O=C=C=C=O)



CO

угарный газ



CO₂

углекислый газ

Т.пл., °C

−205

—

Т.кип., °C

−191

−78

$\Delta_f H^\circ_{298}$ кДж/моль

−110.5

−393.5

$\Delta_f G^\circ_{298}$ кДж/моль

−137

−394

Е связи, кДж/моль

1075

806

d(C-O), пм

113

116

μ, D

0.11

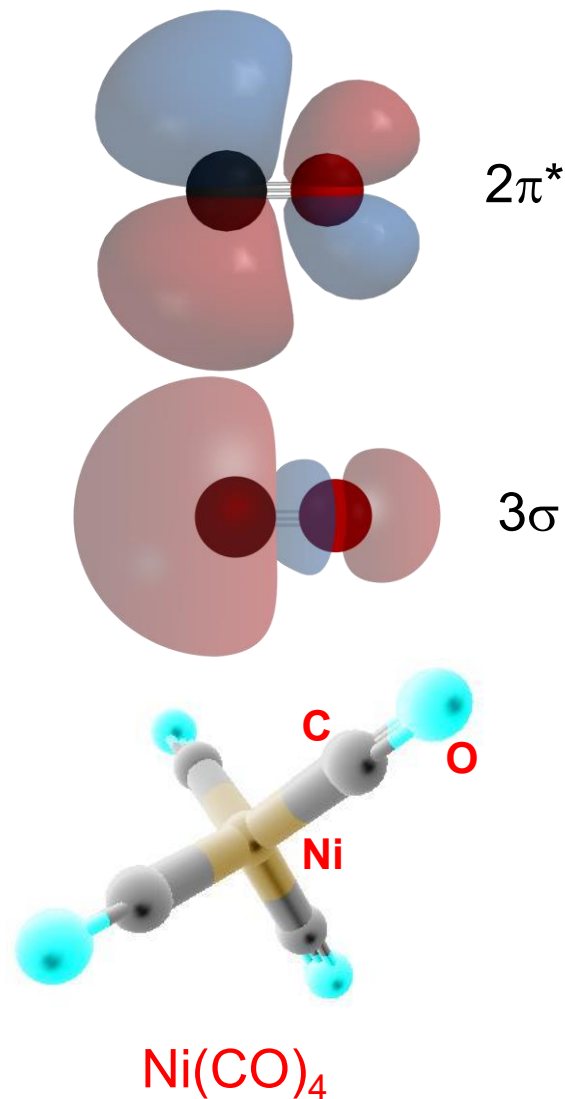
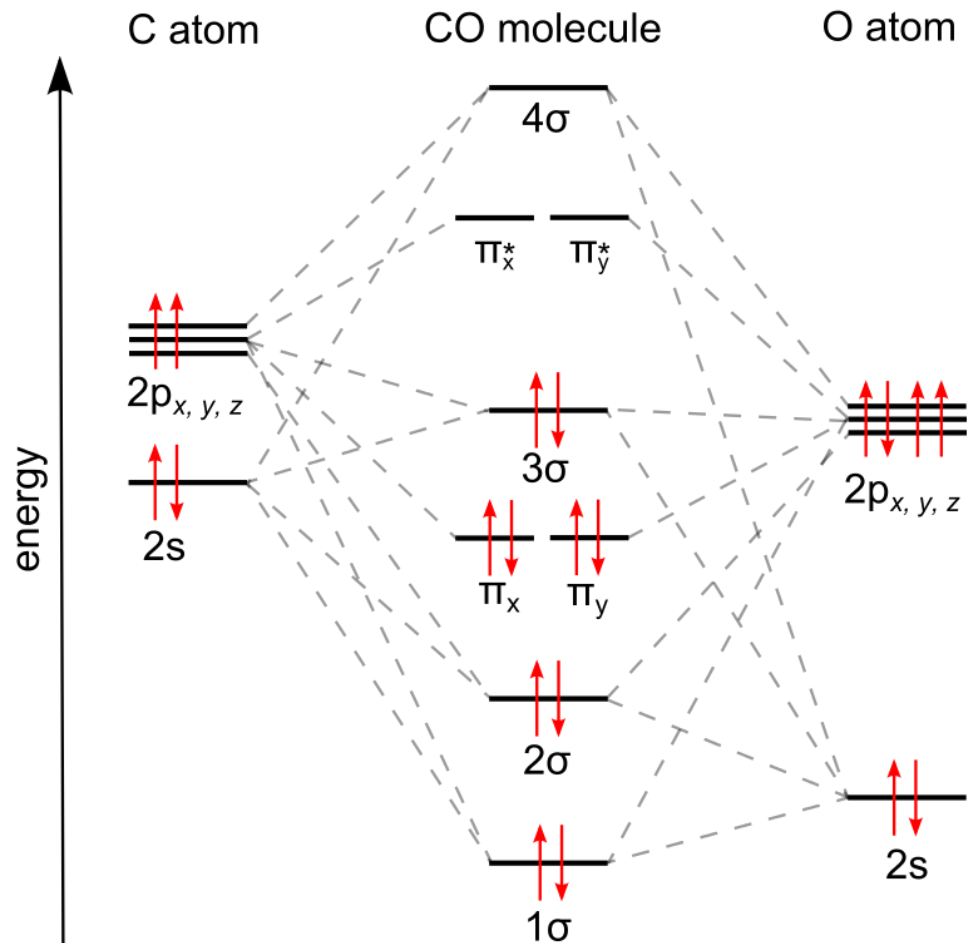
0

Электроны

10

16

Строение CO



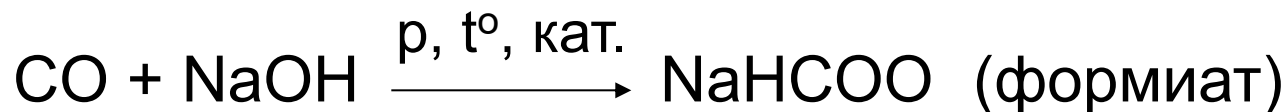
3σ (ВЗМО) – определяет донорные свойства
 $2\pi^*$ (НВМО) – определяет акцепторные свойства

Свойства СО

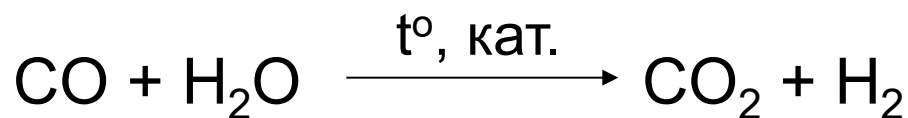
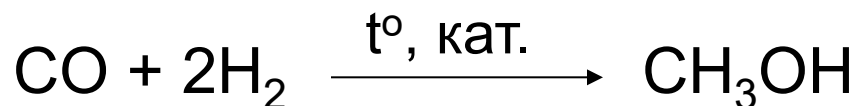
1. Получение



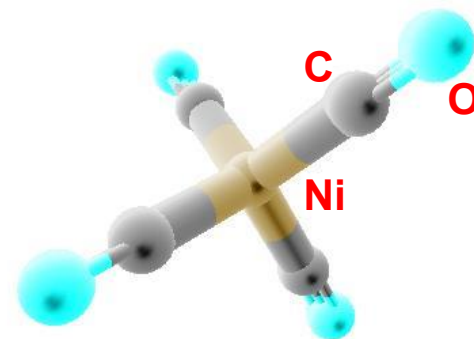
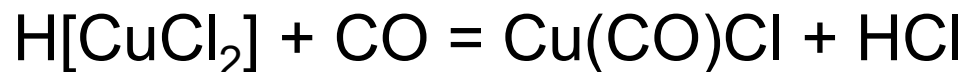
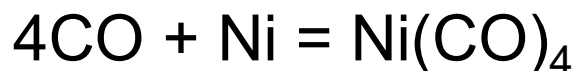
2. Нерастворим в воде, кислотах и щелочах при н.у.



3. При высоких температурах

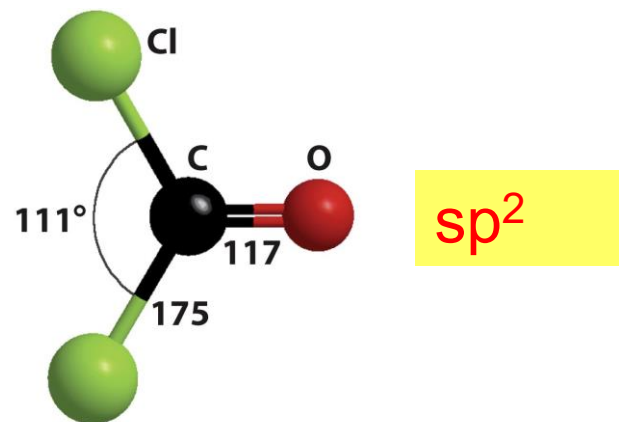
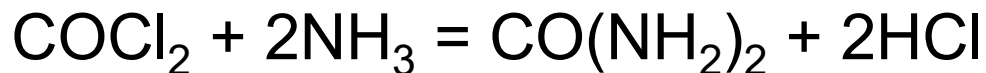
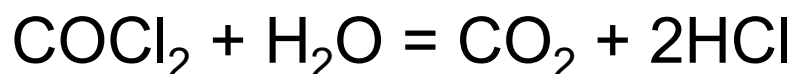


4. Образует карбонилы



$\text{Ni}(\text{CO})_4$

Карбонил-галогениды



Фосген COCl_2



	COF_2	COCl_2	COBr_2
Т.пл., °C	-114	-128	
Т.кип., °C	-83	8	65
$\Delta_f G^\circ_{298}$, кДж/моль	-619	-205	-111

Свойства фосгена

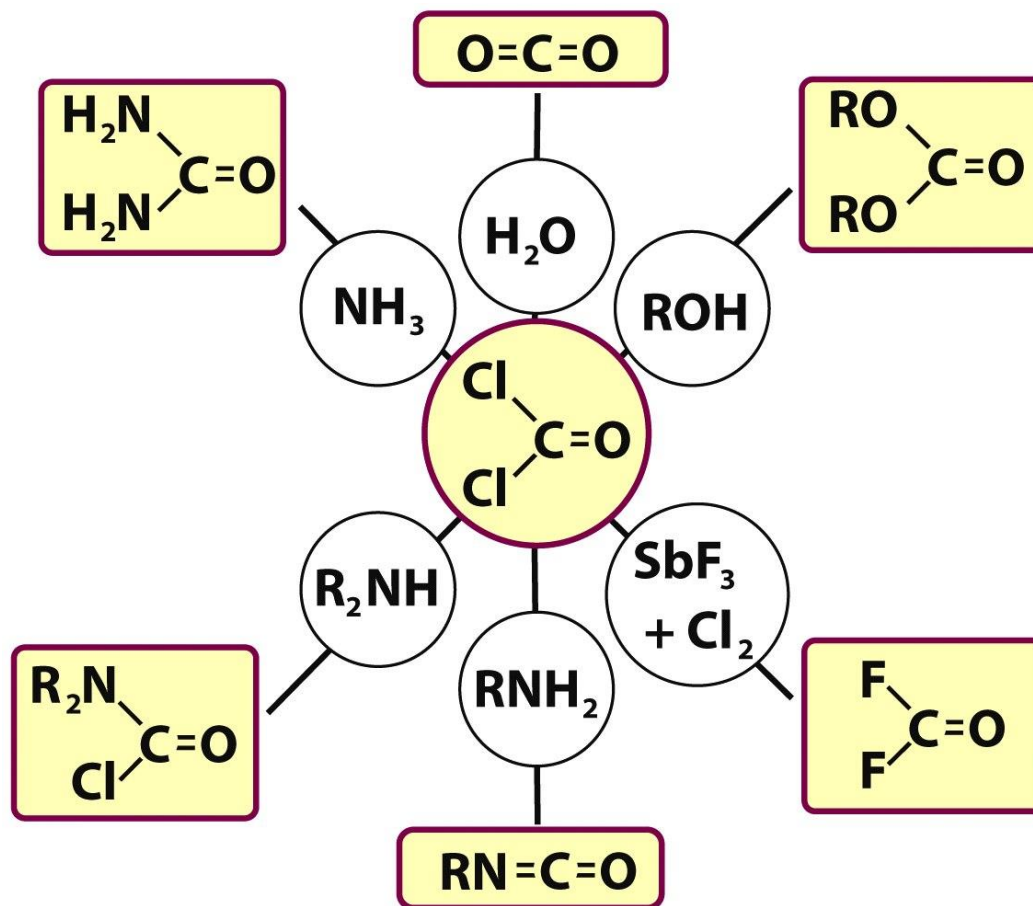
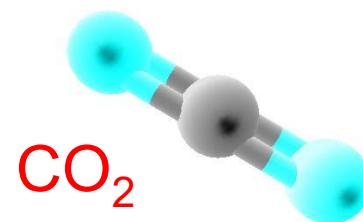
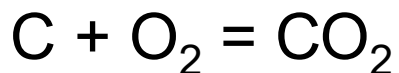


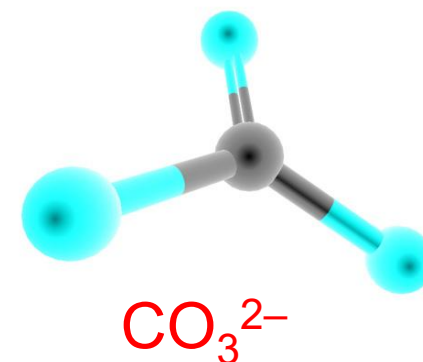
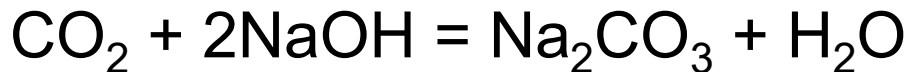
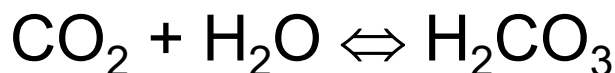
Figure 13-8
 Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
 © 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Свойства CO₂

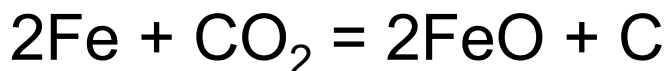
1. Получение



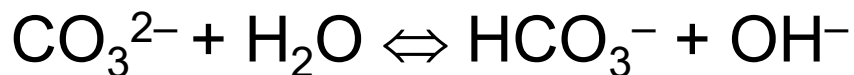
2. Плохо растворяется в воде, не поддерживает горение



3. Окислитель при высокой температуре



4. Карбонаты: HCO₃⁻ хорошо растворимы, CO₃²⁻ — плохо

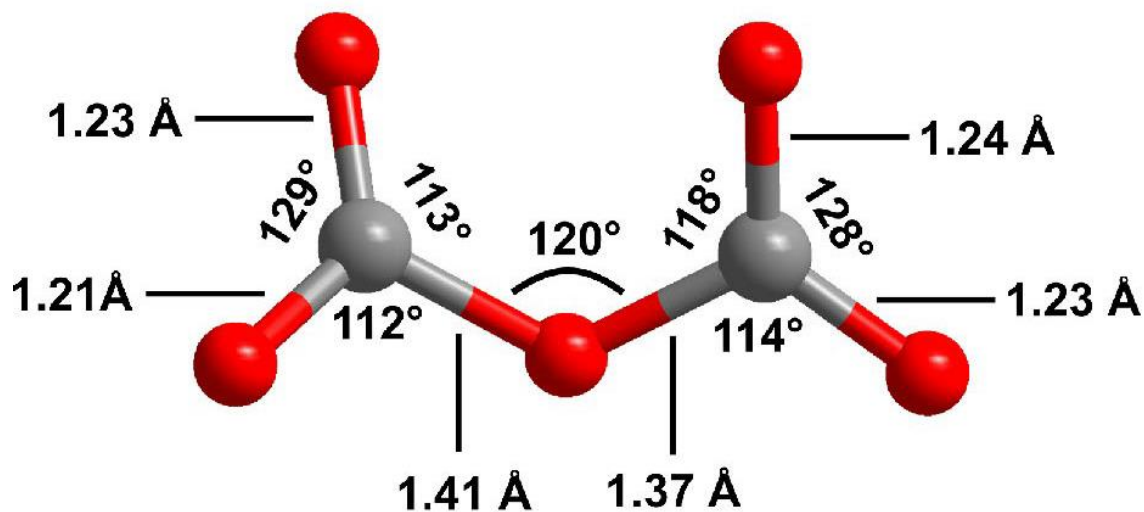


Свойства CO₂

1. Получение

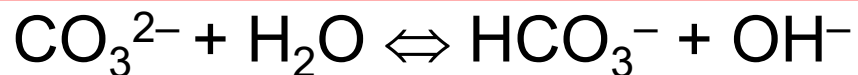


Существуют пирокарбонаты, анион $\text{C}_2\text{O}_5^{2-}$

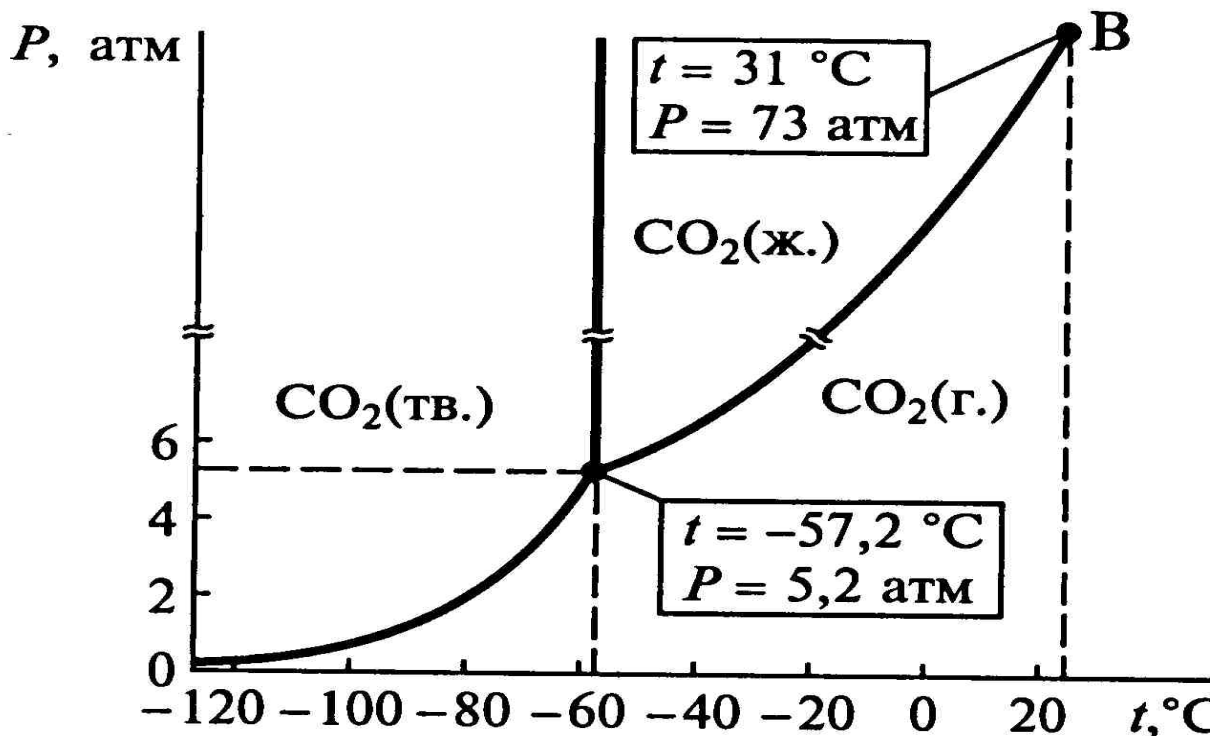


3. Ок

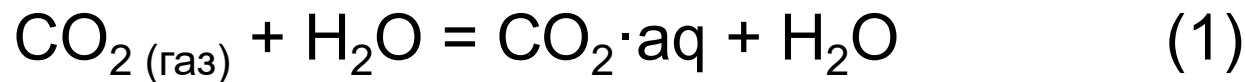
4. Ка



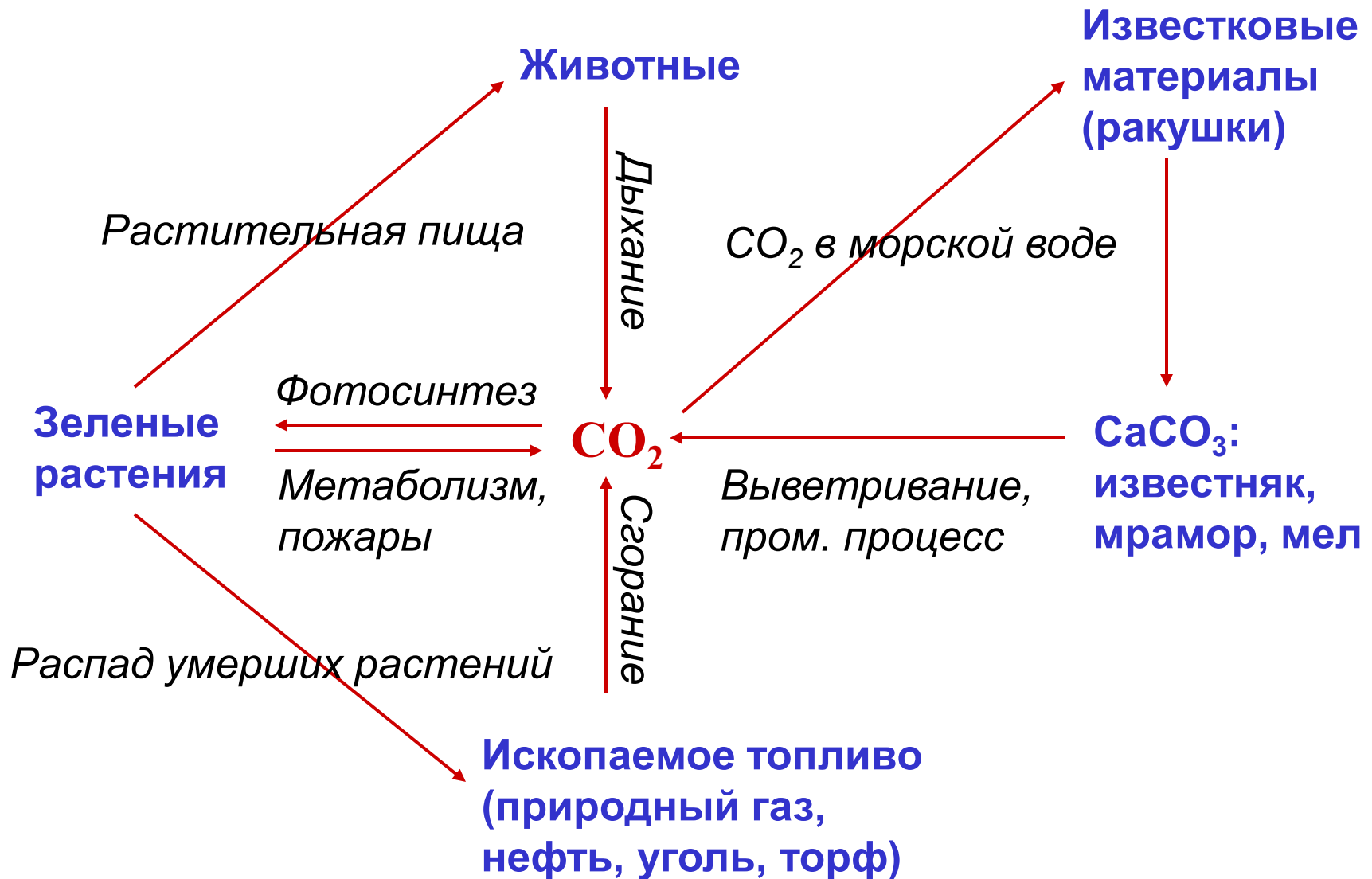
Свойства CO₂



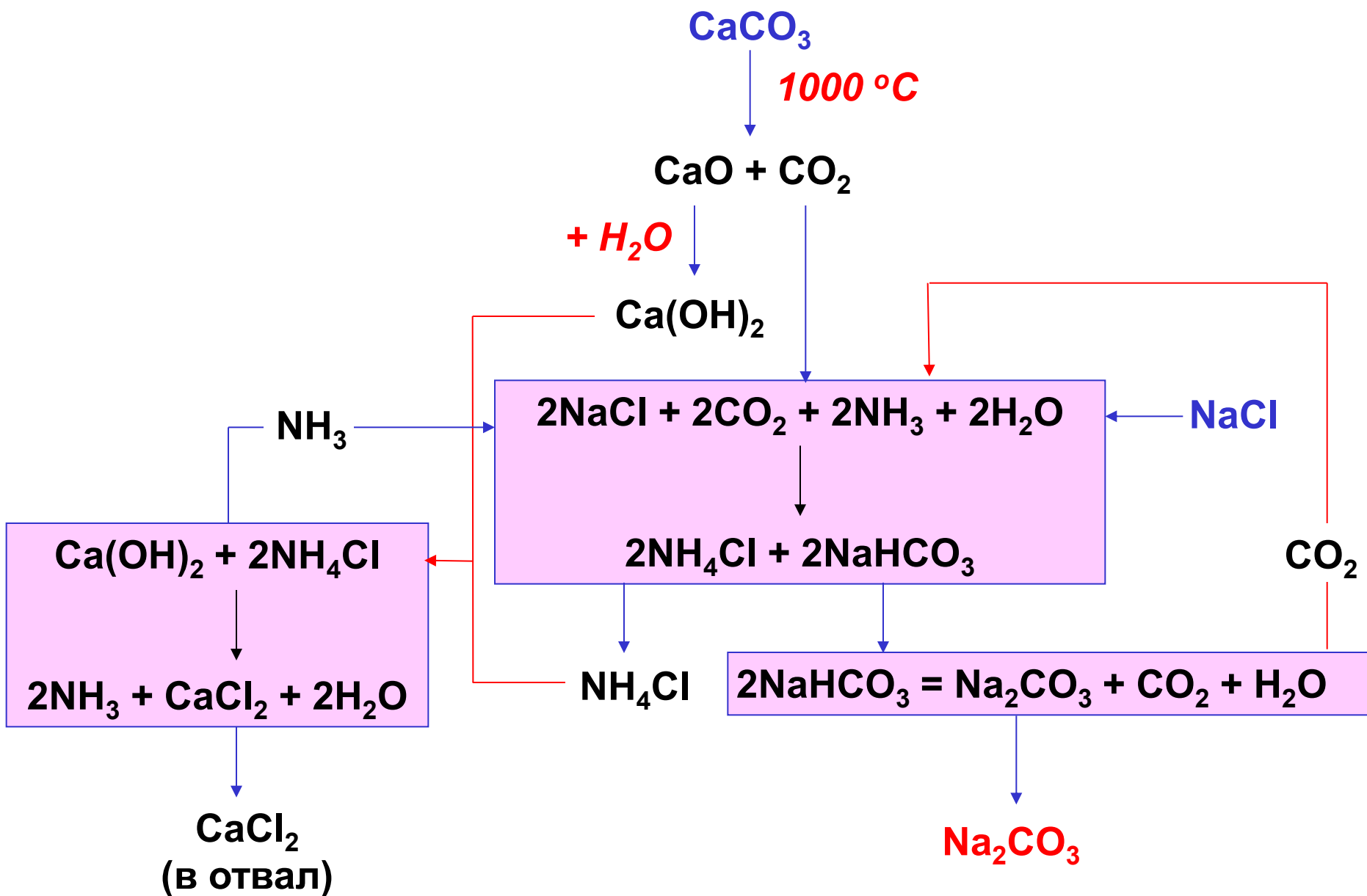
Равновесия в
водном растворе



Оборот CO_2 : парниковый газ



Получение соды методом Сольвэ



Оксиды Si, Ge, Sn, Pb



т.субл. 1700°C
коричневый



т.субл. 770°C
черный



т.пл. 1040°C
черный



т.пл. 886°C
красный (α)
желтый (β)



т.пл. 1728°C
бесцветный
полиморфен



т.пл. 1116°C
бесцветный



т.пл. 1360°C
бесцветный

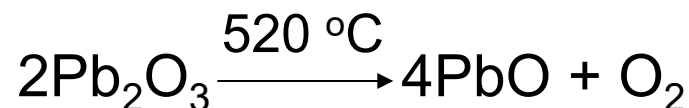
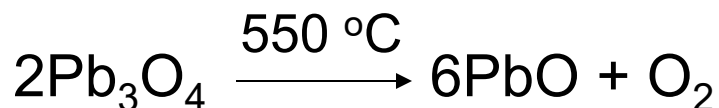


т.пл. 280°C
(разложение)
коричневый

Также известны:

Pb₃O₄ (2PbO·PbO₂)
«сурик» - красный

Pb₂O₃ (PbO·PbO₂)
черный (α), оранжевый (β)



Свойства оксидов Si, Ge, Sn, Pb

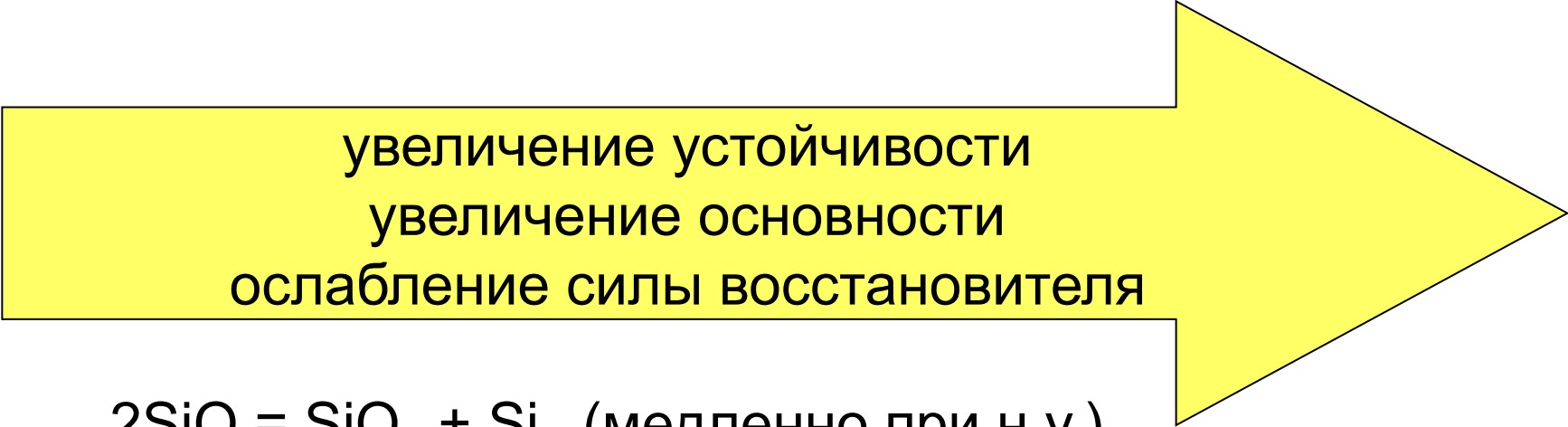
1.

SiO

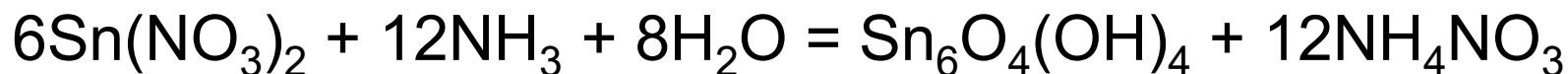
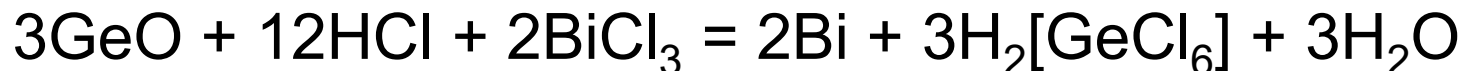
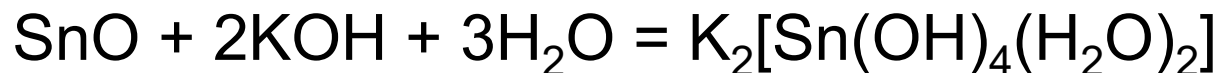
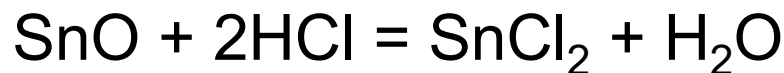
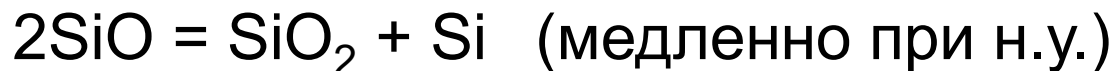
GeO

SnO

PbO



увеличение устойчивости
увеличение основности
ослабление силы восстановителя



Свойства оксидов Si, Ge, Sn, Pb

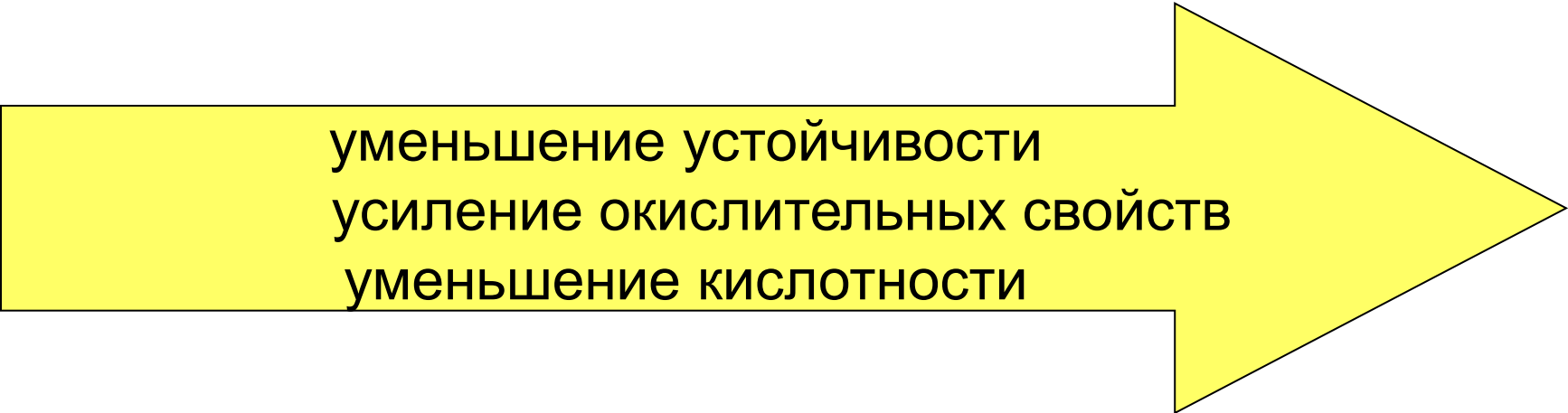
2.

SiO₂

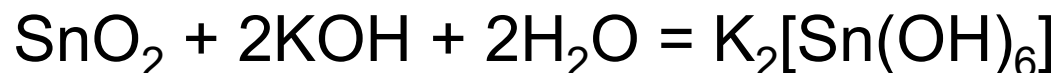
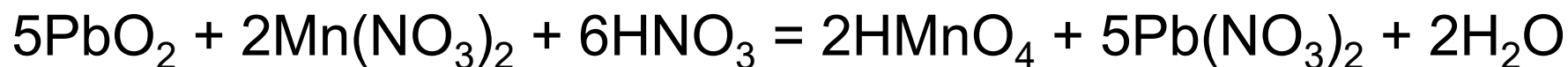
GeO₂

SnO₂

PbO₂

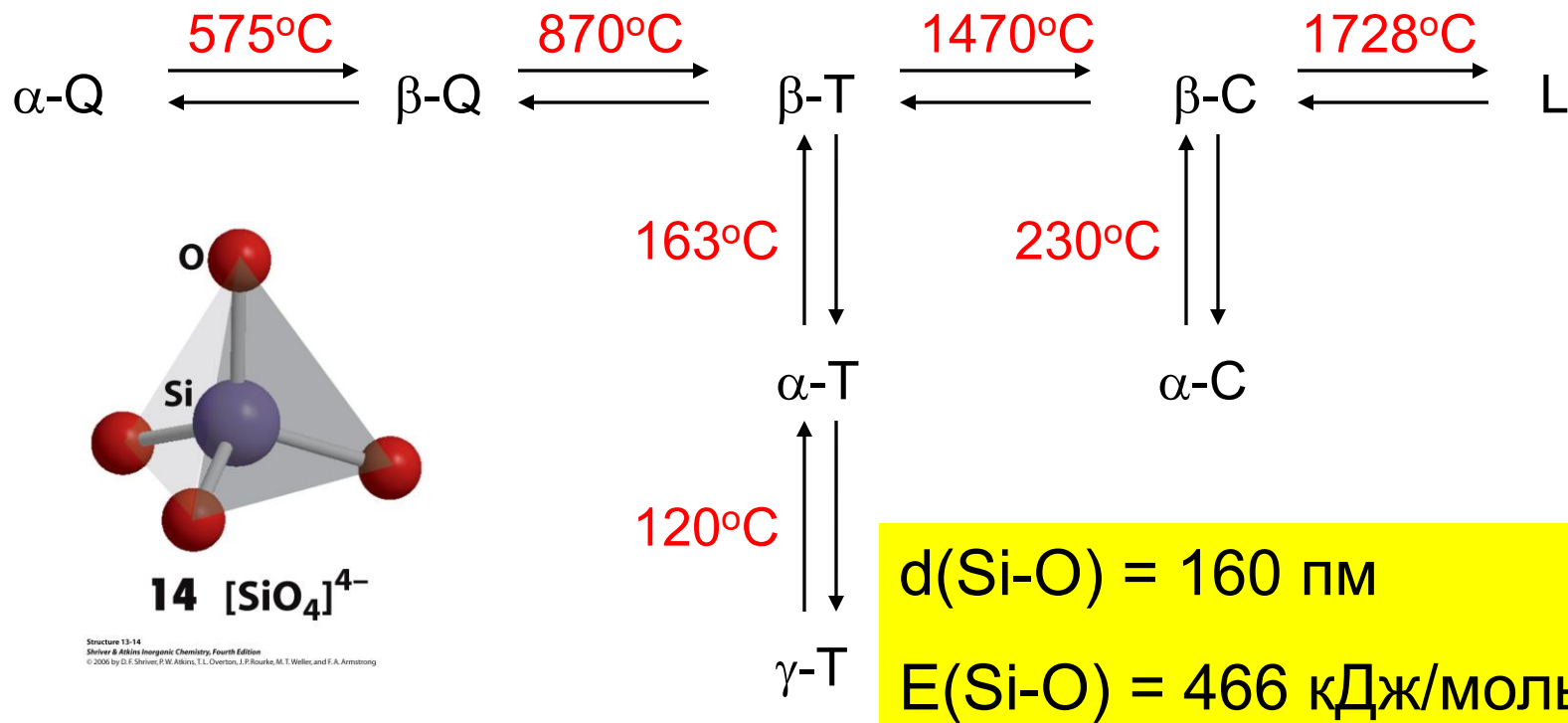


уменьшение устойчивости
усиление окислительных свойств
уменьшение кислотности



Особенности SiO₂

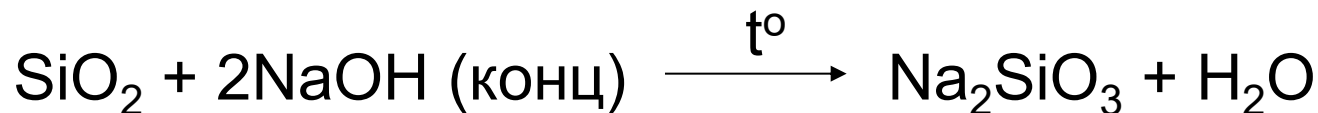
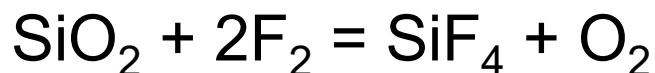
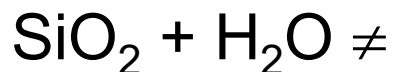
1. Кварц (Q), тридимит (Т), кристобаллит (С)



2. Высокий пьезоэлектрический коэффициент $\alpha\text{-Q}$

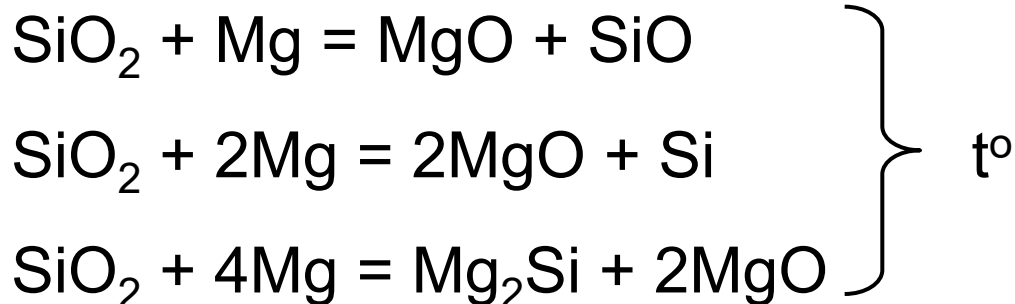
Особенности SiO₂

3. Химически инертен



Горячая концентрированная щелочь медленно разъедает стекло

4. Восстановление

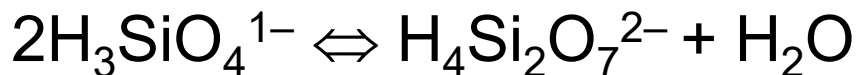
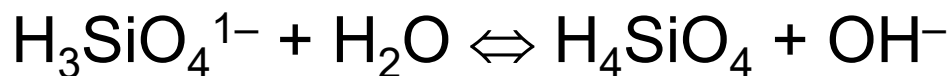
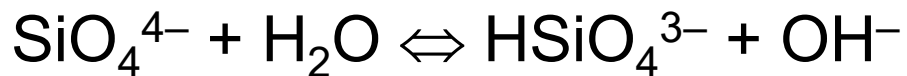
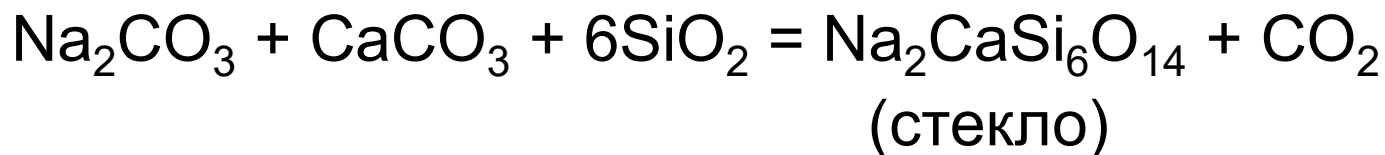


Особенности SiO₂

5. Ортокремниевая кислота H₄SiO₄
растворима в воде, $pK_{a1} = 9.65$

6. Метакремниевая кислота H₂SiO₃
не растворяется в воде

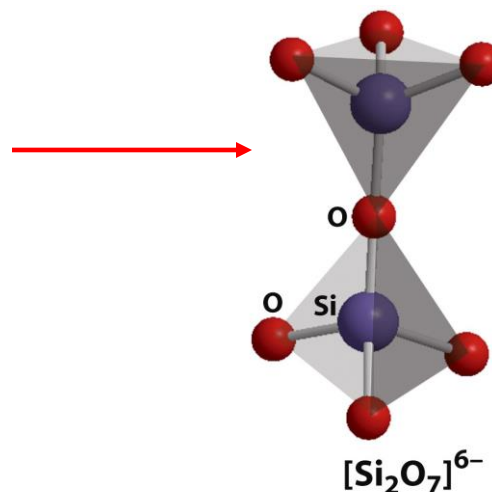
7. Силикаты – соли кремниевых кислот, растворимы
только Li⁺, Na⁺



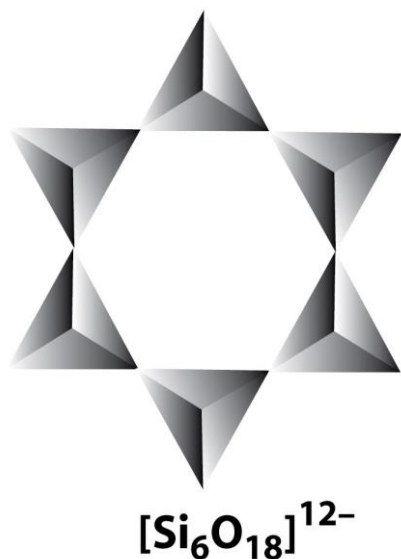
Гидролиз,
«Жидкое
стекло»

Силикаты

1. Объединение тетраэдров в битетраэдры $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$



2. Циклические силикаты



$\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$
– изумруд, берилл

3. Цепочечные силикаты:

- 2 общие вершины ${}^1_{\infty}[\text{SiO}_3]^{2-}$
 $\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2$ (сподумен)



- разветвленные цепи
 ${}^1_{\infty}[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$ (асбесты)

Сульфиды C, Si, Ge, Sn, Pb



бесцветный
т.кип. 46°C



бесцветный
т.возг. 1100°C



бесцветный
т.возг. 840°C



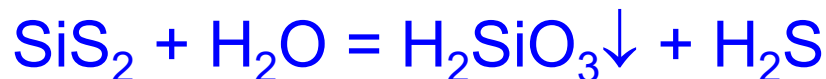
желтый
т.разл. 522°C

1. Особые свойства CS_2

Растворитель, токсичен, огнеопасен



2. Гидролиз только SiS_2



3. Особенности SnS_2



Сульфиды C, Si, Ge, Sn, Pb

GeS

красный
т.пл. 665°C

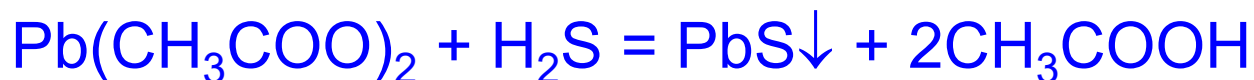
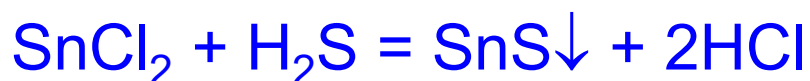
SnS

коричневый
т.пл. 881°C

PbS

черный
т.пл. 1077°C

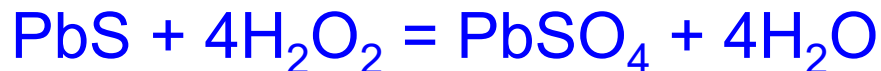
1. Получение



2. Растворение в полисульфидах (кроме PbS)

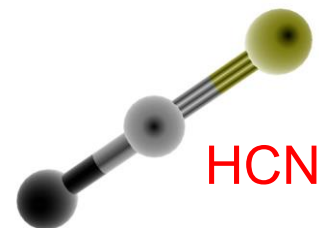
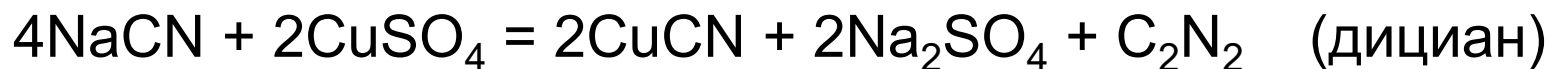
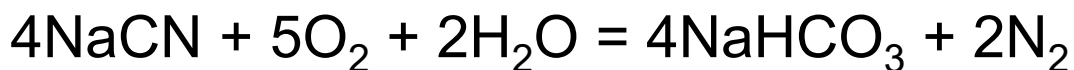
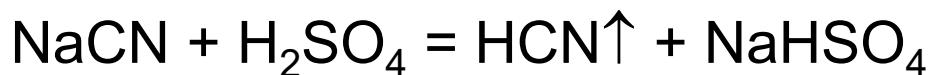
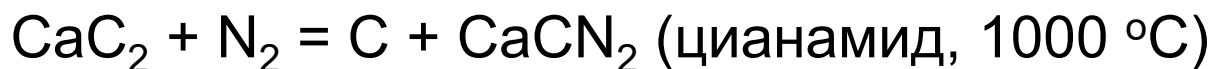


3. Окисление

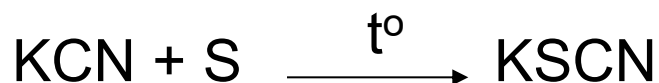
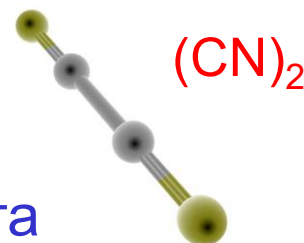


Кислоты HCN, HSCN

1. Циановодород HCN, т.пл. $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.кип. $26\text{ }^{\circ}\text{C}$
раствор в воде – синильная кислота $\text{pK}_a = 9.21$



2. Родановодород HSCN, т.пл. $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,
Раствор в воде – тиоциановая (родановая) кислота



(реактив на Fe^{3+})

Общие закономерности

1. В группе усиливается «металлический» характер элементов. Олово и свинец – металлы.
2. Вниз по группе увеличиваются координационные числа до 9 для свинца.
3. Углерод полиморфен. Способность образовывать кратные связи и способность к катенации изменяются по одному ряду ($C \gg Si > Ge > Sn > Pb$).
4. Вниз по группе уменьшается термическая устойчивость гидридов, увеличивается ионность оксидов и галогенидов.
5. Вниз по группе уменьшается кислотность оксидов. В ряду $Ge - Sn - Pb$ уменьшается устойчивость оксоанионов, увеличивается устойчивость катионов.
6. Только свинец проявляет сильные окислительные свойства в высшей степени окисления. В с.о. +2 все элементы, кроме свинца, проявляют восстановительные свойства.