

Элементы 14 группы

Лекции 23–25

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							

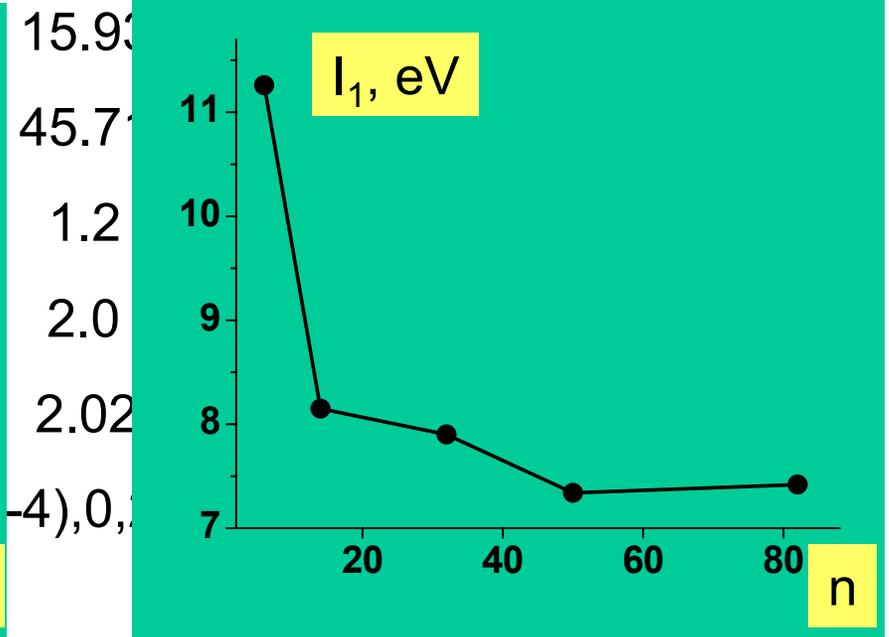
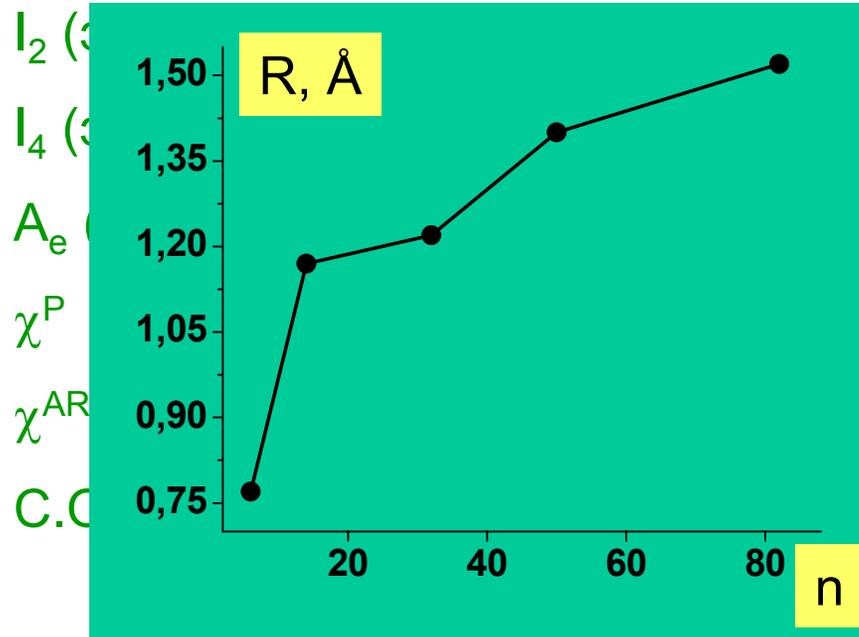
C – углерод, **Si** – кремний, **Ge** – германий, **Sn** – олово, **Pb** – свинец

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

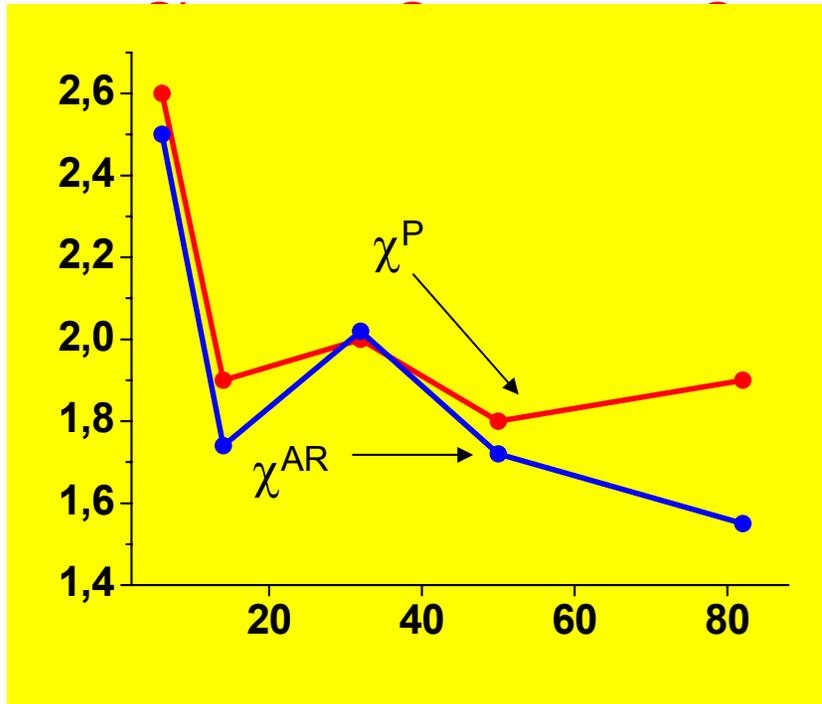


Свойства элементов

	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	Co	Ni	Zn	Pb
Ат. Номер	6	27	28	30	82
Эл. Конф.	$2s^2 2p^2$	$3d^7 4s^2$	$3d^8 4s^2$	$3d^{10} 4s^2$	$4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$
Радиус (пм)	77	125	125	125	152
I_1 (эВ)	11.26	7.86	7.84	9.39	7.42
I_2 (эВ)	24.38	15.21	15.21	17.96	15.03
I_4 (эВ)	64.49	31.34	31.34	35.26	42.32
A_e (эВ)	1.26	—	—	—	—
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)	5.47 (алмаз)	1.12	0.66	0.09 (серое)	0

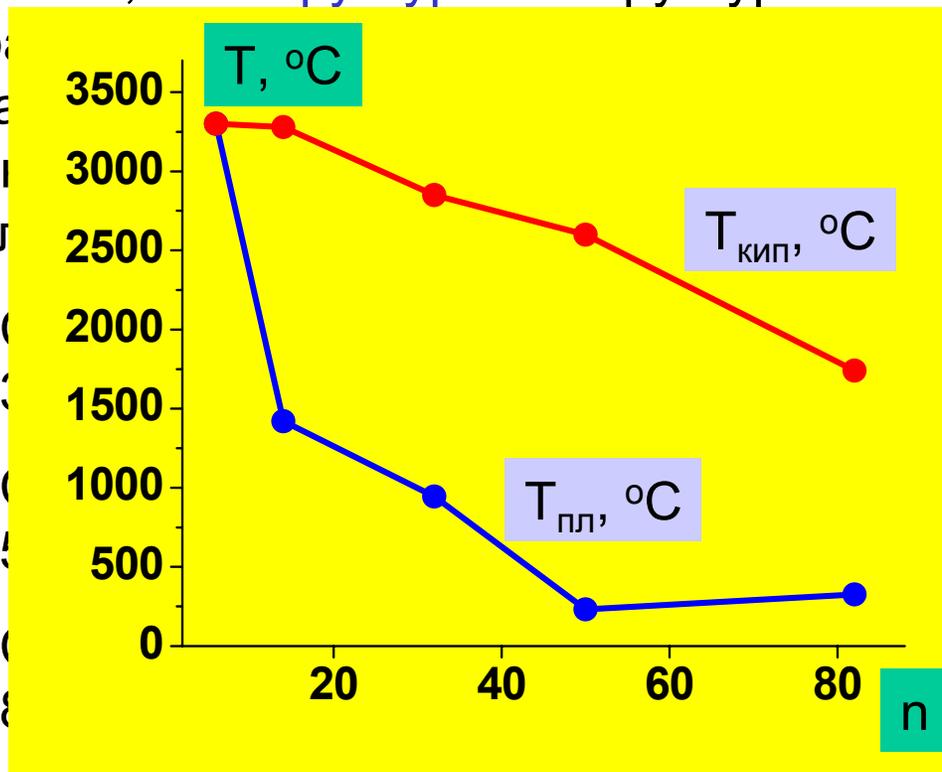
Свойства простых веществ

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
 лондонит (структура
 фуллерен (алмаза)

$\Delta G_{св}$
кДж/моль



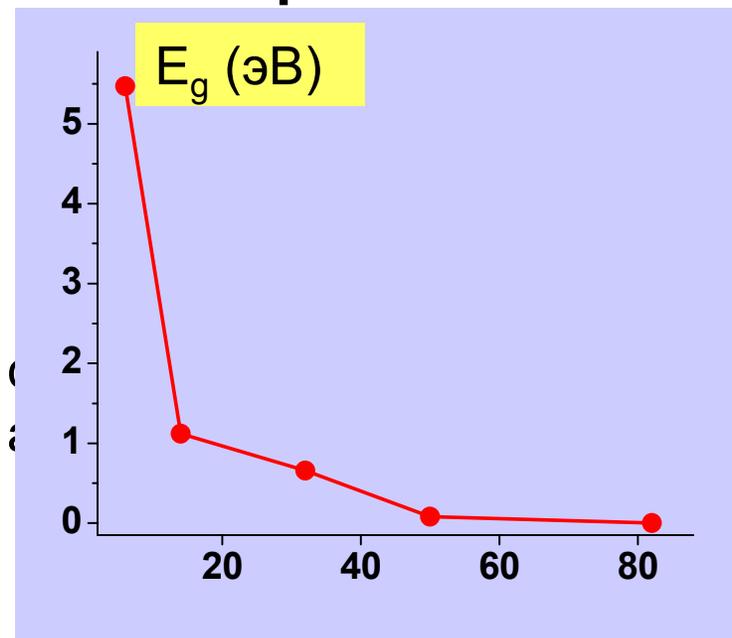
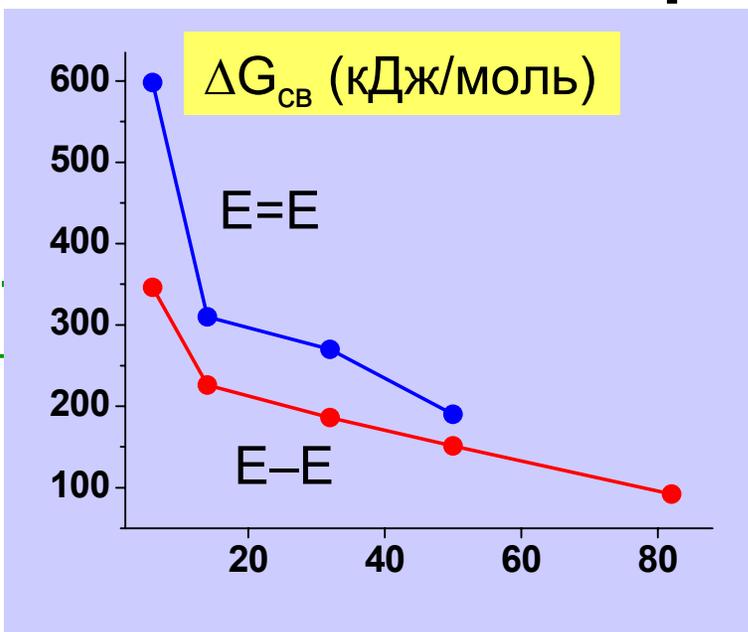
E_g (эВ) 5.47 (алмаз) 1.12 0.66 0.08 (серое) 0

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)	5.47 (алмаз)	1.12	0.66	0.08 (серое)	0

Свойства простых веществ

Т.пл.
Т.кип.
Алло



лл
14

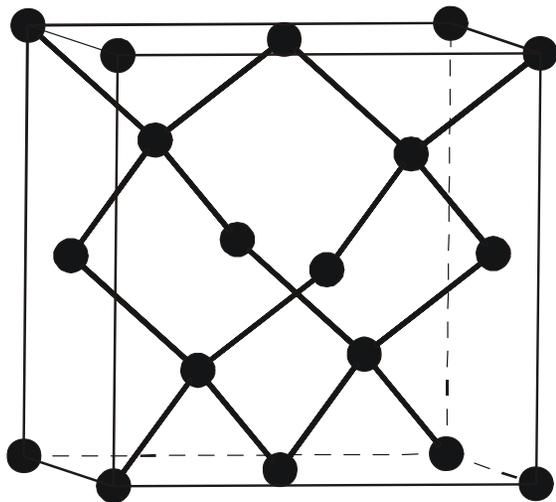
$\Delta G_{св}$ кДж/моль	C-C 346	Si-Si 236	Ge-Ge 186	Sn-Sn 151	Pb-Pb 92
-----------------------------	------------	--------------	--------------	--------------	-------------

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

C≡C
813

E_g (эВ)	5.47 (алмаз)	1.12	0.66	0.08 (серое)	0
------------	--------------	------	------	--------------	---

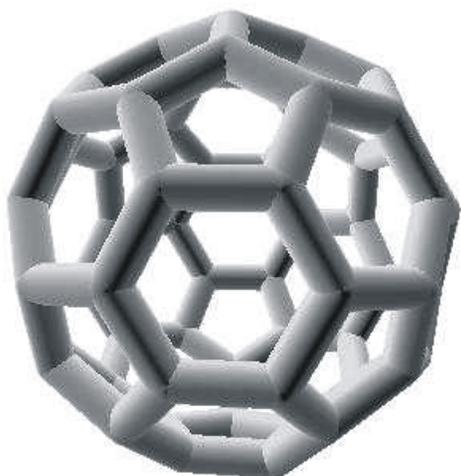
Аллотропия углерода



Алмаз

sp^3

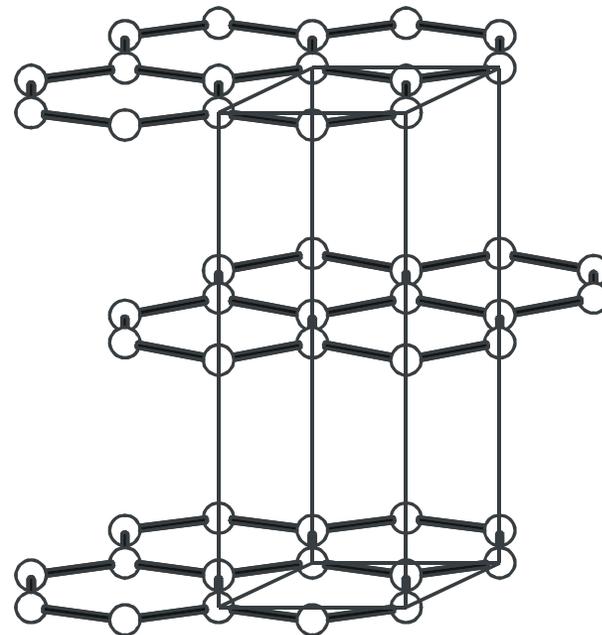
$d = 154 \text{ пм}$



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 K

образует карбиды

Графит

черные пластины

мягкий

металлический
проводник
(анизотропный)

нерастворим

горит в O_2
горит в F_2

термодинамически
стабилен

интеркалируется

Фуллерен

черные кристаллы

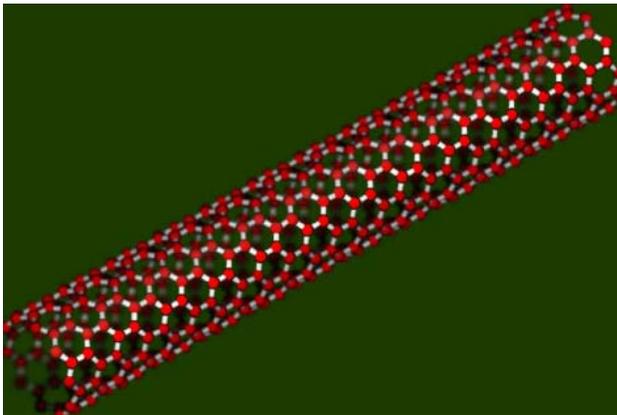
умеренно твердый

растворим в орг.
растворителях

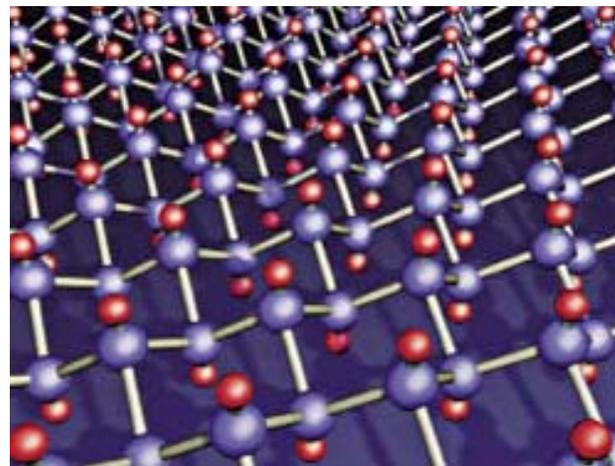
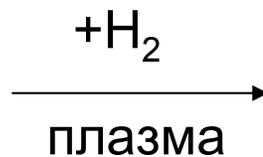
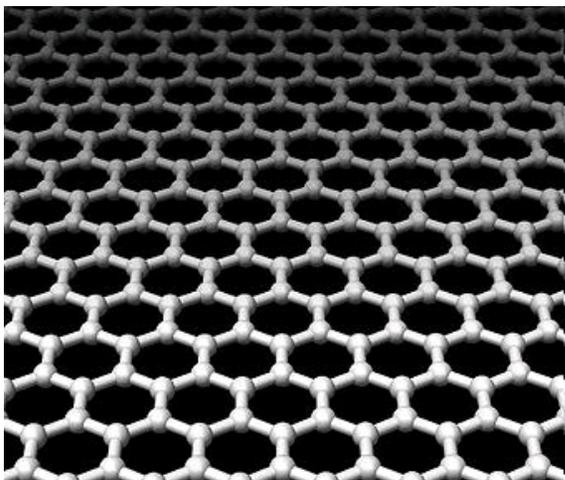
с F_2 образует
фторофуллерены

образует фуллериды

Новые формы углерода



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



Графен – один слой графита

Графан – гидрированный графен

Новые формы углерода

Нобелевская премия по физике 2010 года



Андрей Гейм

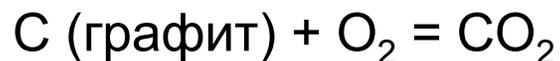
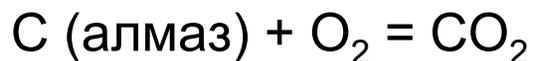


Константин Новоселов

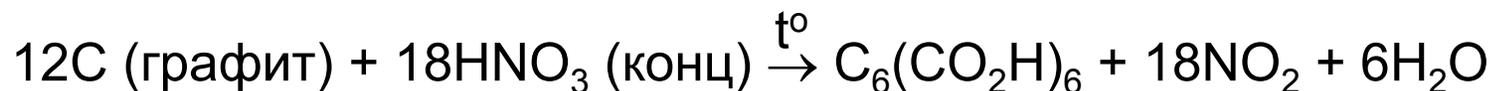
«за новаторские эксперименты с двумерным материалом – графеном»

Свойства углерода

1. Горение



2. Окисление графита



3. Интеркалирование графита



Интеркалирование графита

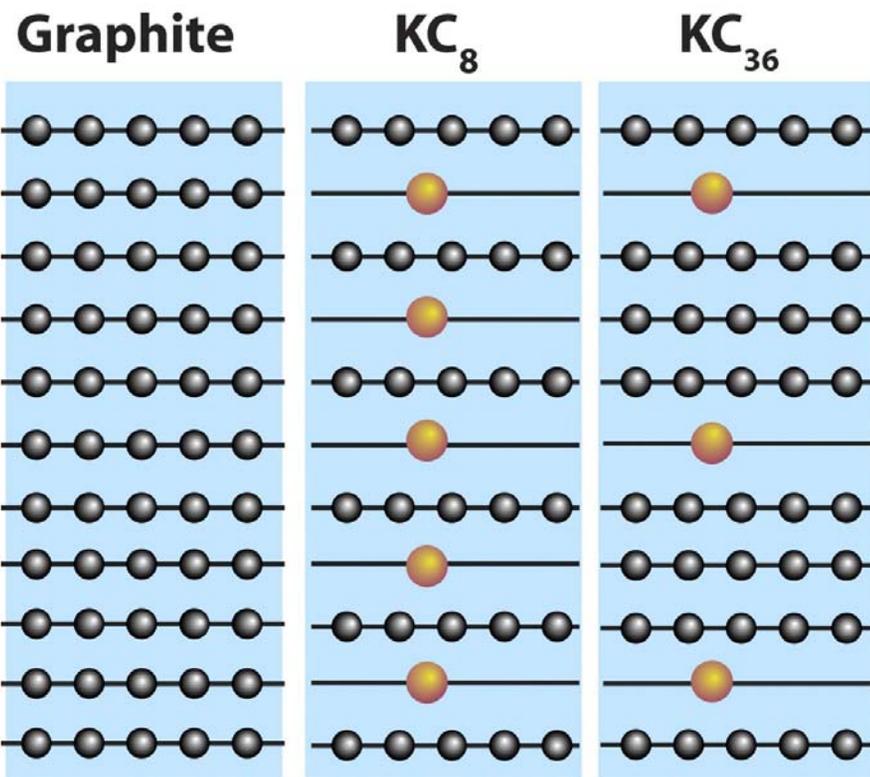


Figure 13-3
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

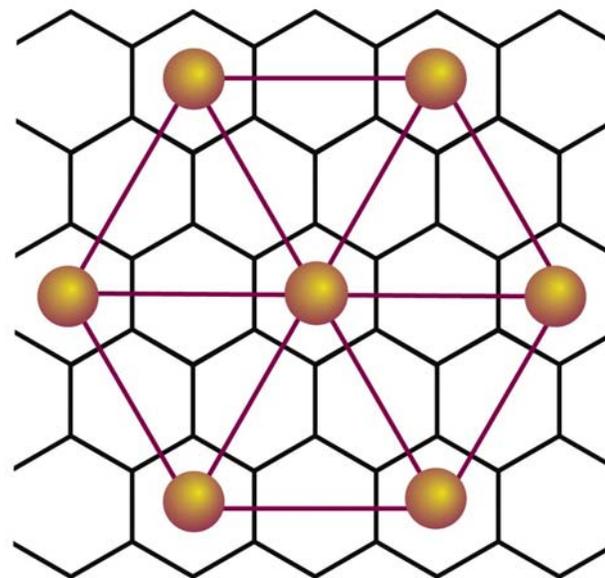
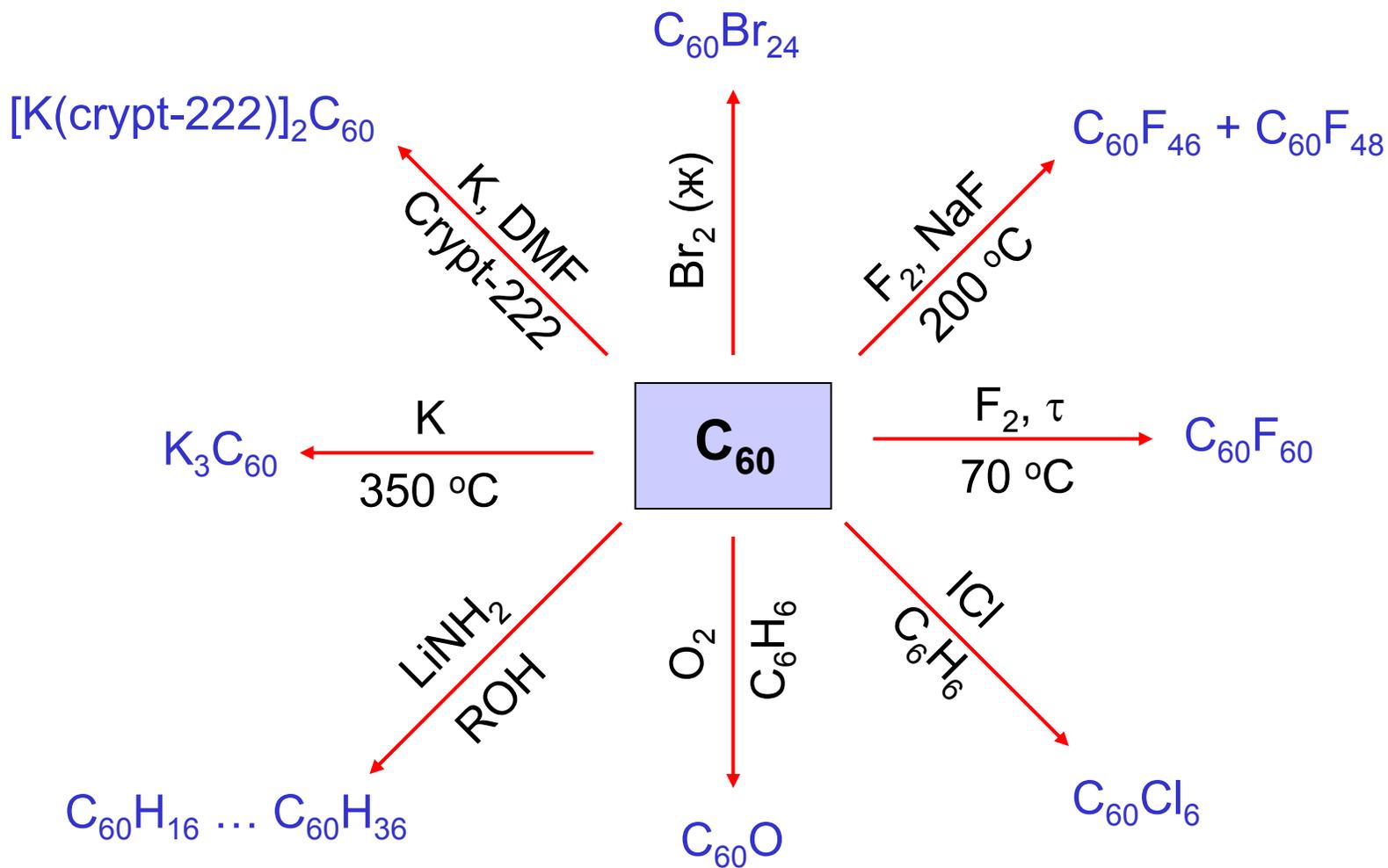
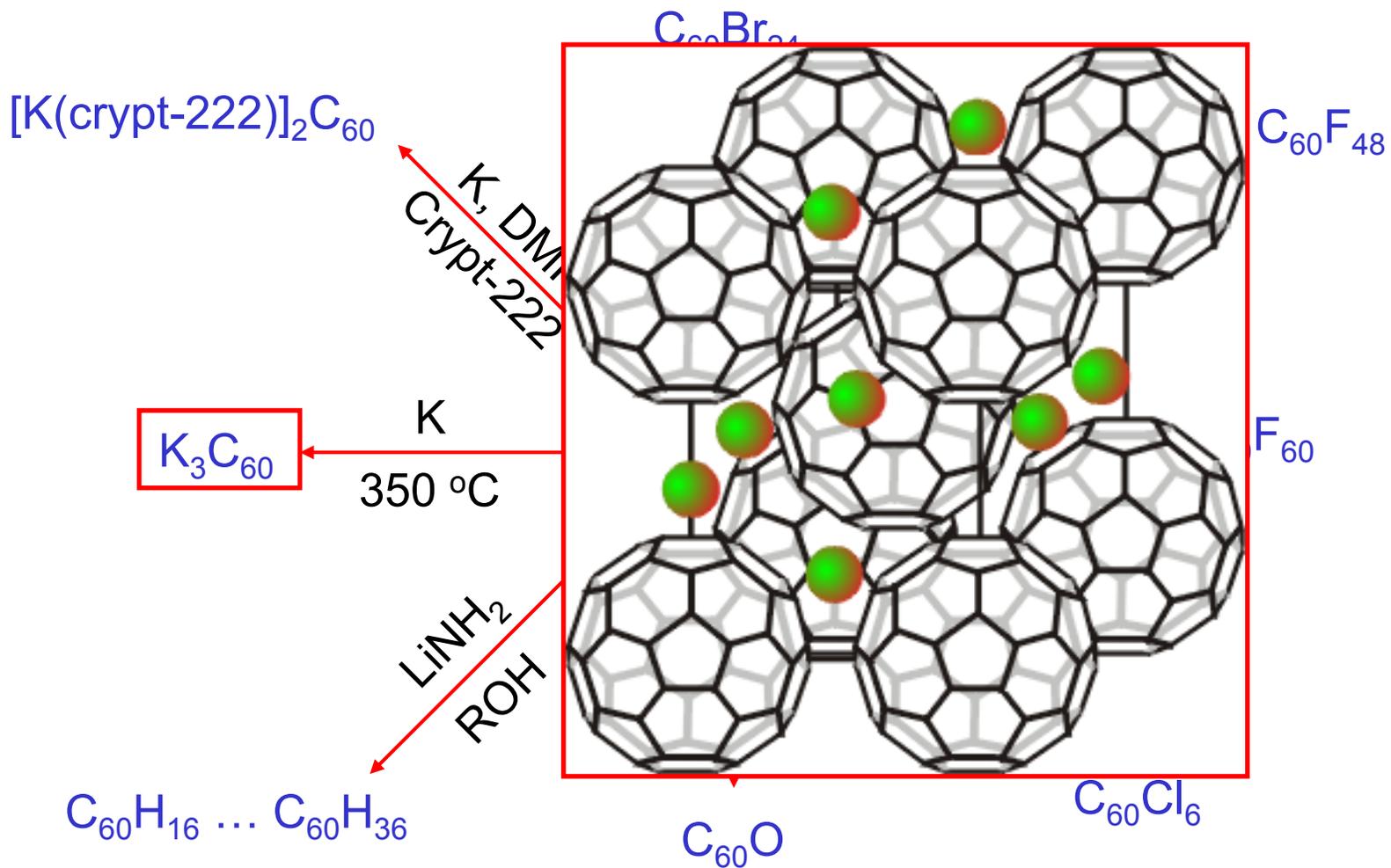


Figure 13-12
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Свойства фуллерена C₆₀



Свойства фуллерена C₆₀

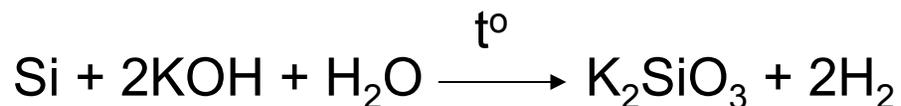


Свойства кремния

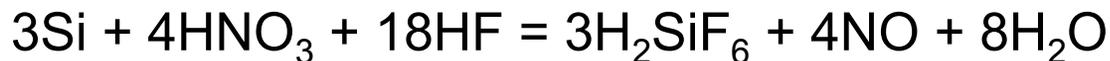
1. Si имеет бóльшую реакционную способность, чем C



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

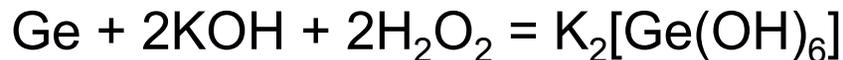


Свойства Ge, Sn, Pb

1. Реагируют при нагревании с галогенами, кислородом, серой



2. Ge, Sn растворимы в щелочах при нагревании



3. Sn, Pb растворимы в кислотах

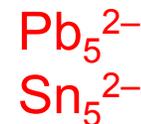
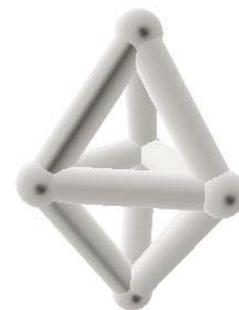
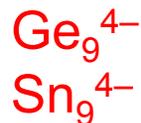
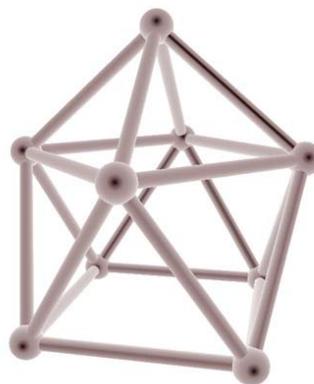
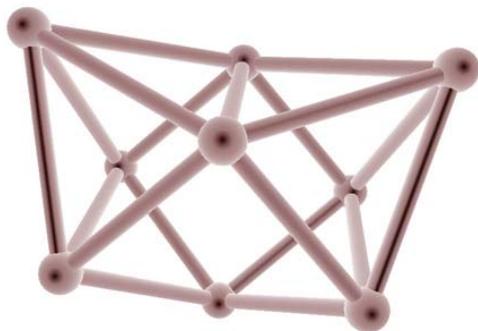
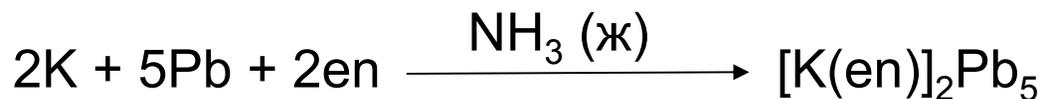


Свойства Ge, Sn, Pb

4. Ge, Sn, Pb окисляются кислотами-окислителями



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



Анионы Цинтля

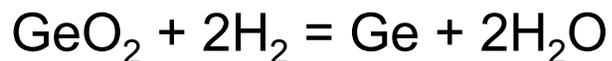
Получение C, Si, Ge, Sn, Pb

1. C добывают в виде угля, графита и алмазов

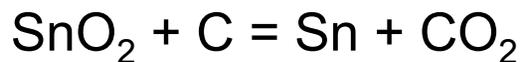
2. Si – из песка и силикатов



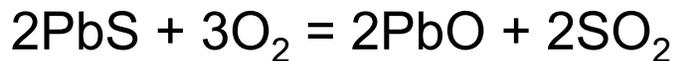
3. Ge – из обогащенных отходов производства Zn, Ni



4. Sn – из минерала касситерита



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



Применение C, Si, Ge, Sn, Pb

C:

Алмаз: украшения, абразивы

Графит: смазка, электроды, тугоплавкие материалы, замедлители нейтронов, покрытия

Сажа: краски, резина

Активированный уголь: адсорбент, в медицине

Волокна: усилители полимеров

Si: полупроводники, фотовольтаики, преобразователи солнечной энергии, силиконы

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

Ge: полупроводники, ИК-оптика

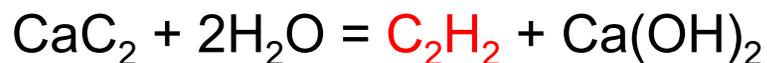
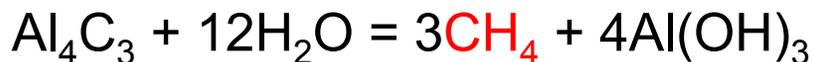
Sn: покрытия, производство сплавов (бронза, припой), аналитические цели, полупроводники

SnO₂: пигмент, сенсоры

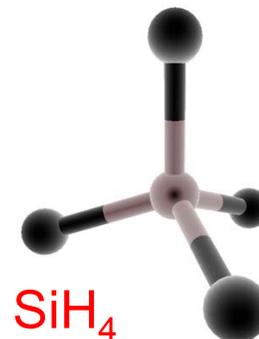
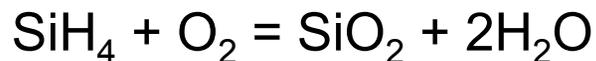
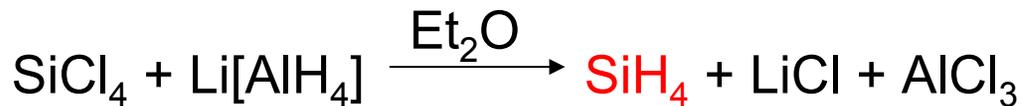
Pb: пигменты, свинцовые аккумуляторы

Гидриды C, Si, Ge, Sn, Pb

1. CH₄, C₂H₆, ... sp³ d = 154 пм E = 346 кДж/моль
C₂H₄, ... sp² d = 135 пм E = 598 кДж/моль
C₂H₂, ... sp d = 120 пм E = 813 кДж/моль



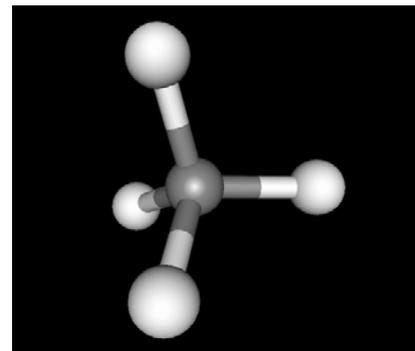
2. Mg₂Si + 4H₂O = SiH₄ + 2Mg(OH)₂ (кат. H⁺)



Гидриды C, Si, Ge, Sn, Pb

3. GeH_4 , SnH_4 , PbH_4 неустойчивы

4.



Уменьшение устойчивости

Увеличение полярности связи

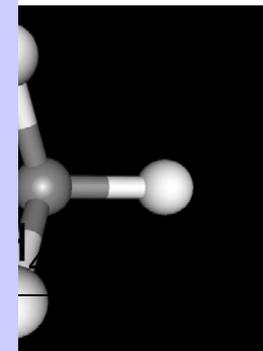
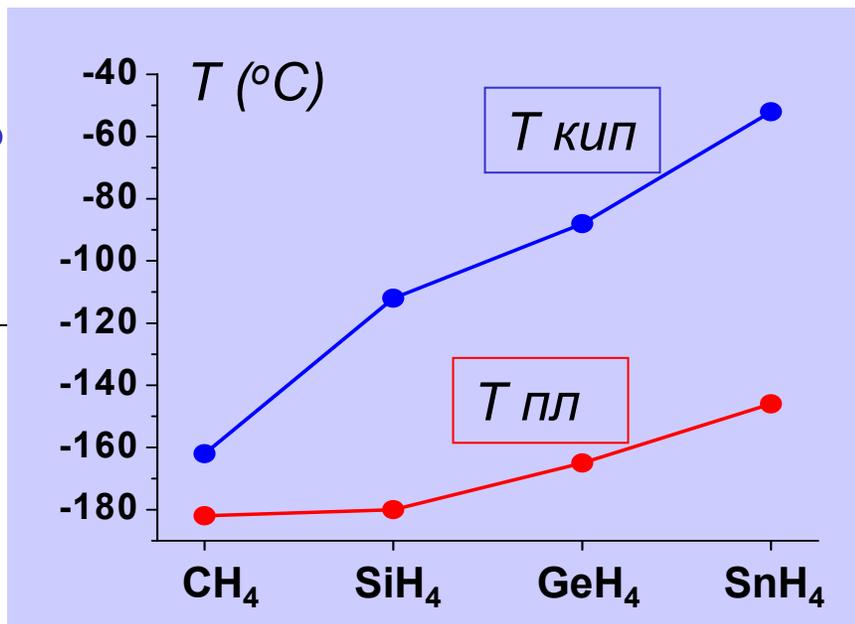
Увеличение т.пл. и т.кип.

Гидриды C, Si, Ge, Sn, Pb

3. GeH_4 , SnH_4 , P

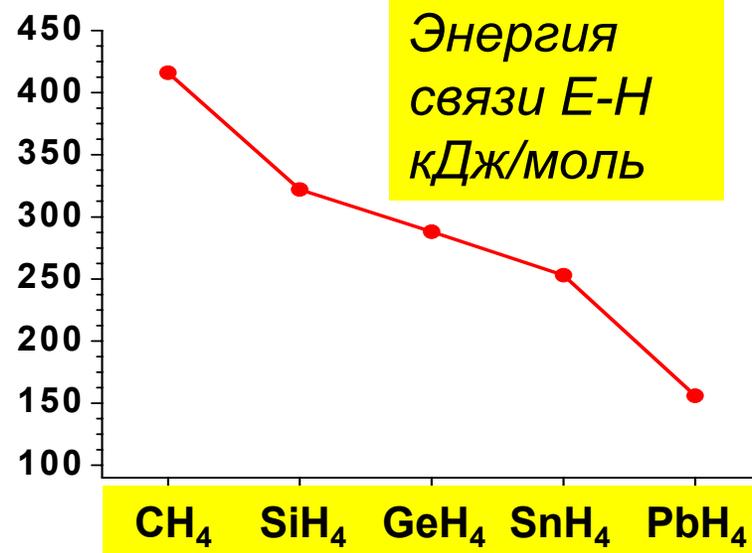
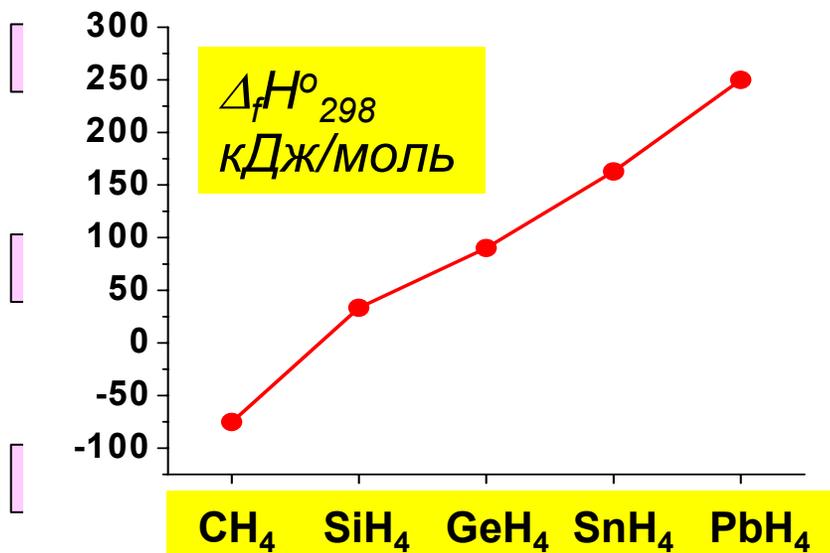
4.

CH_4



H_4

PbH_4



Карбиды

Li	Be											B	!	N	O	F	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni					As	Se	Br	
Rb	Sr	La Lu	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru									I	
Cs	Ba	Ac Lr	Hf	Ta	W	Re	Os										
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	



ионные



металлоидные



металлические



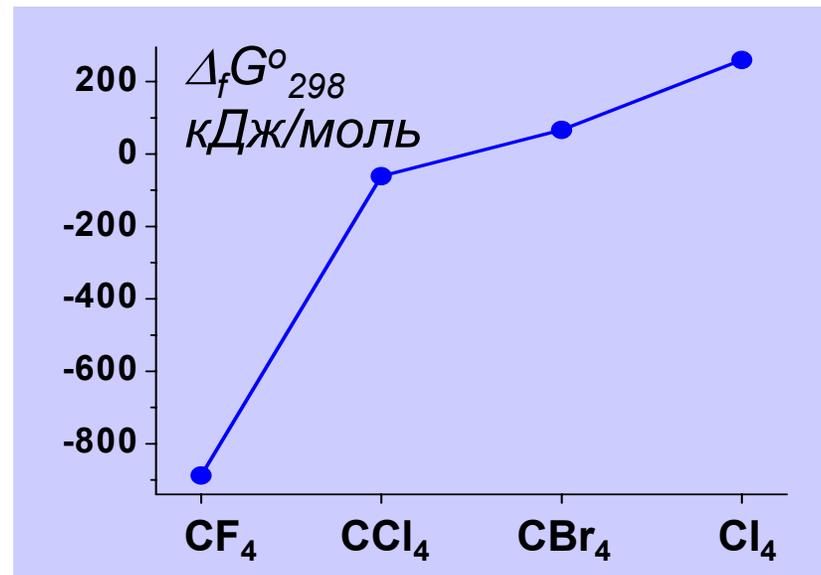
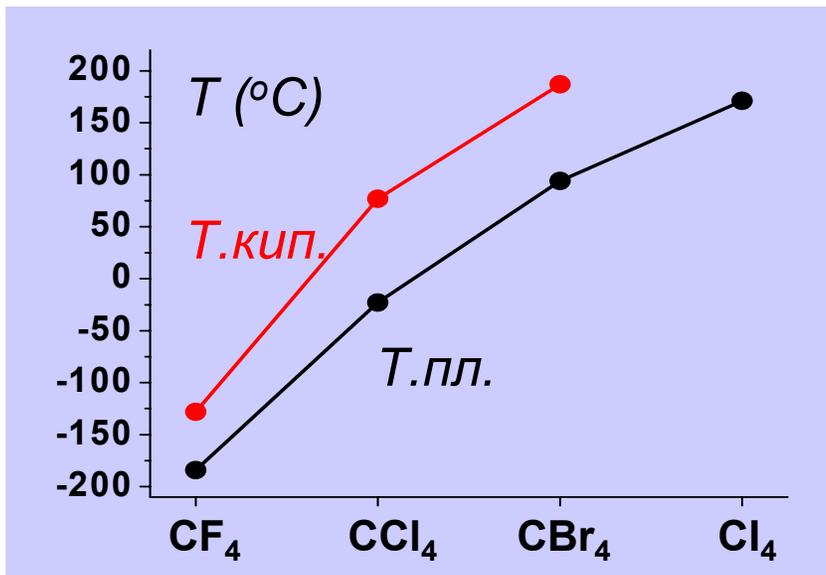
неизвестны



молекулярные

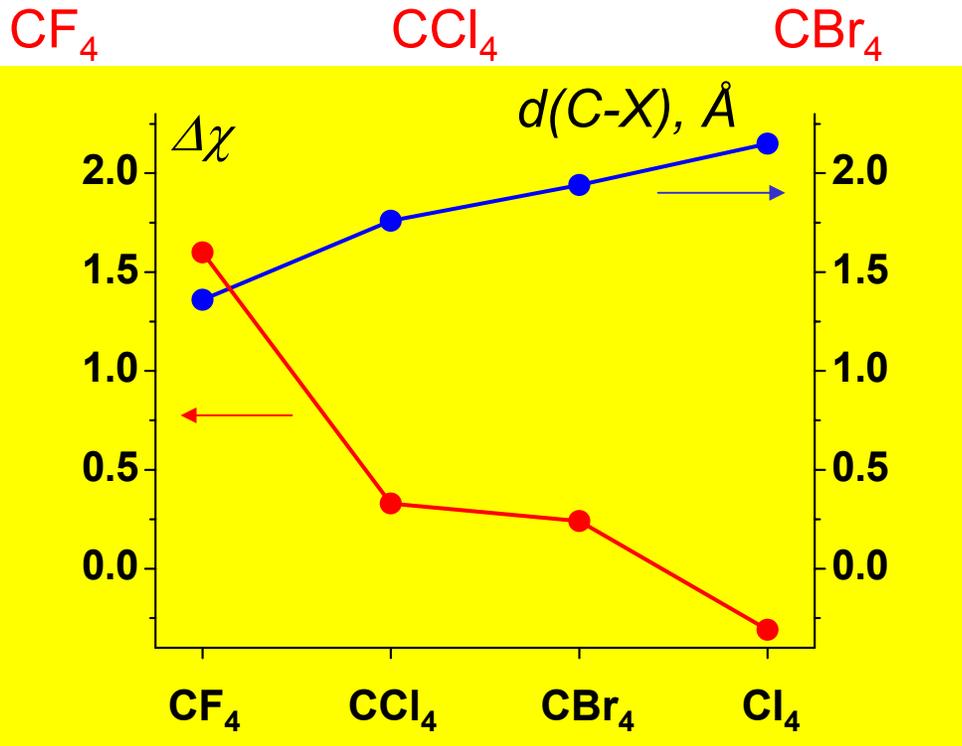
Галогениды углерода

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

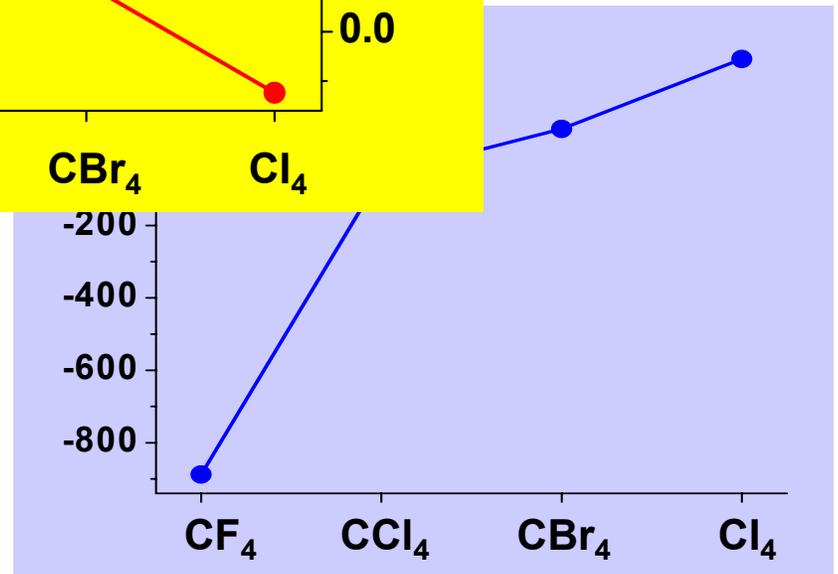
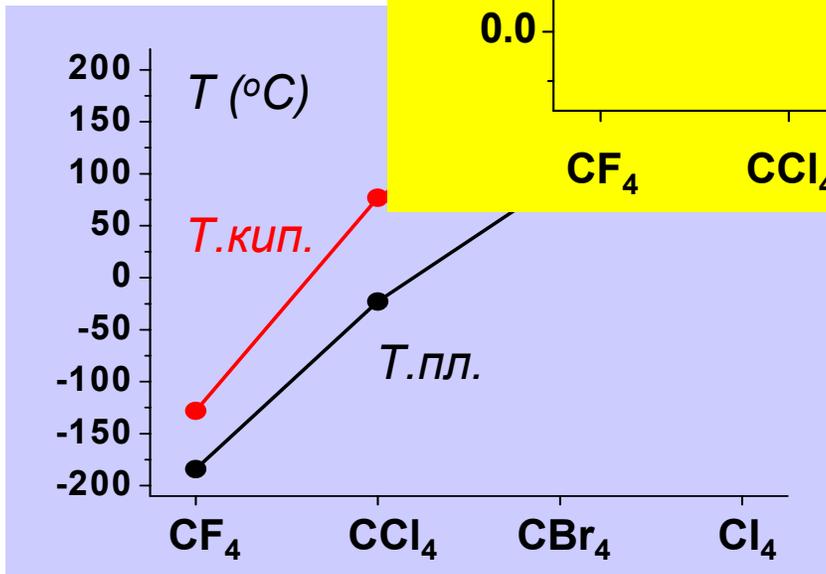


Галогениды углерода

Т.пл., °C
 Т.кип., °C
 d(C-X), пм
 $\Delta_f G^\circ_{298}$
 кДж/моль

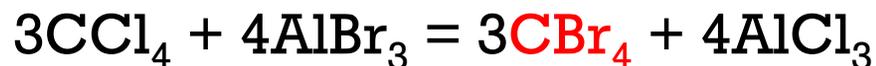


Cl_4
 171 (разл)
 —
 215
 260



Галогениды углерода

Получение:



Свойства:

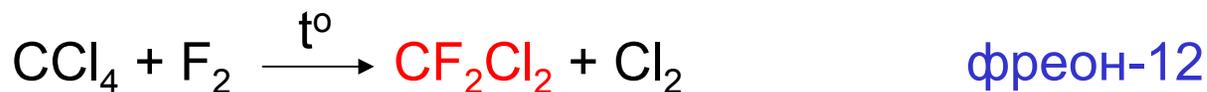
1. Низкая реакционная способность
2. Не реагируют с водой и не растворяются в ней
3. Не присоединяют X^-

Галогениды углерода

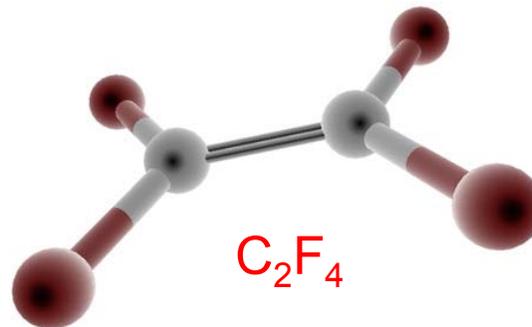
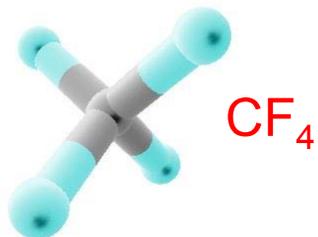
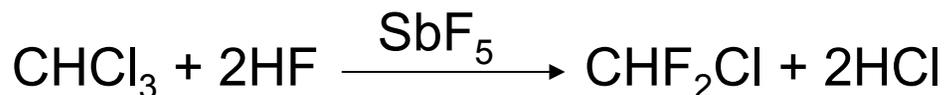
4. CCl_4 – хлорирующий агент



5. Смешанные галогениды



6. Известен фторид C_2F_4



Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb



т.субл. -95°C



т.субл. -37°C



т.пл. 705°C

полимер



т.пл. 600°C

полимер



т.пл. -68°C

т.кип. 57°C



т.пл. -50°C

т.кип. 83°C



т.пл. -36°C

т.кип. 114°C



т.пл. -15°C

желтый



т.пл. 5°C

т.кип. 153°C



т.пл. 26°C

т.кип. 187°C



т.пл. 33°C

т.кип. 203°C

желтый

—



т.пл. 122°C

т.кип. 290°C



т.пл. 146°C

т.кип. 377°C

оранжевый



т.пл. 146°C

т.кип. 346°C

оранжевый

—

Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb



т.субл. -95°C



т.субл. -37°C



т.пл. 705°C

полимер



т.пл. 600°C

полимер



т.пл. -68°C

т.кип. 57°C



т.пл. 5°C

т.кип. 153°C



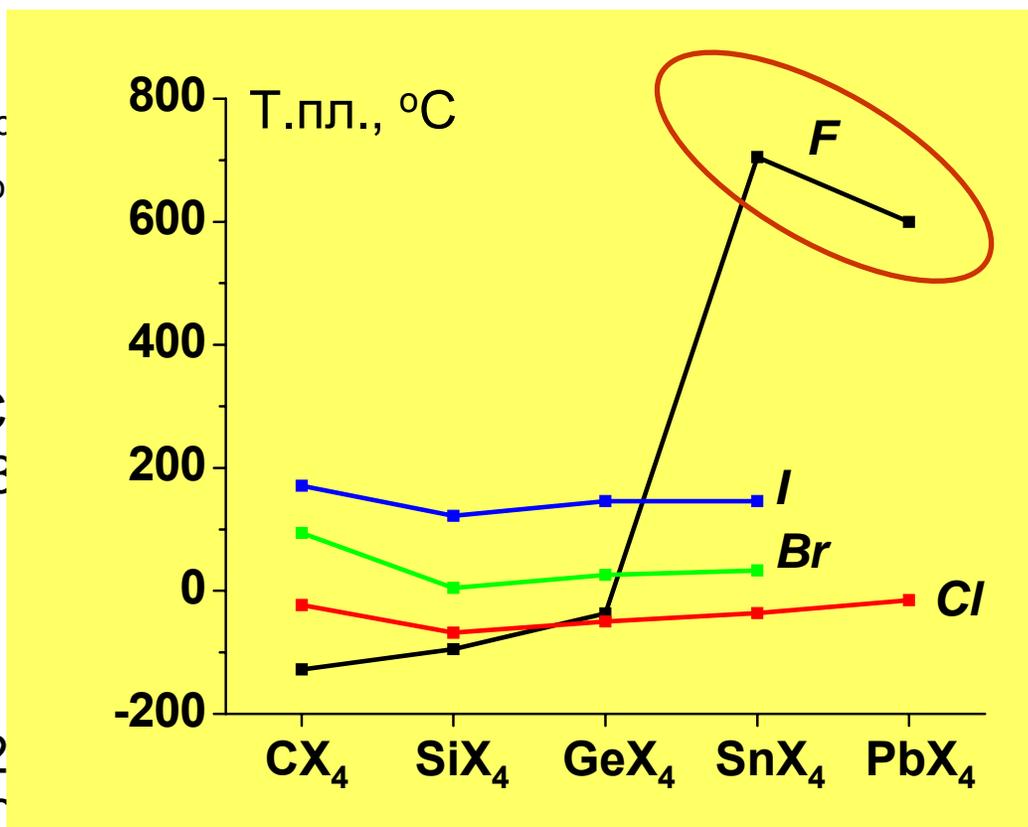
т.пл. 122°C

т.кип. 290°C



т.пл. -15°C

келтый

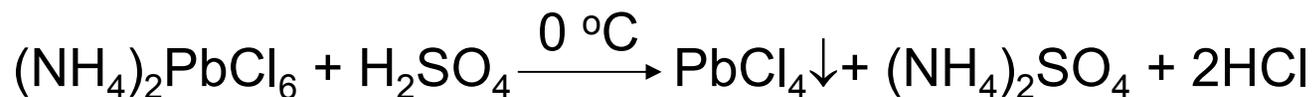
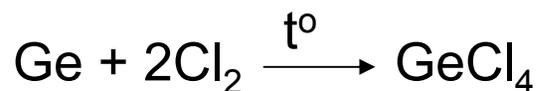


оранжевый

оранжевый

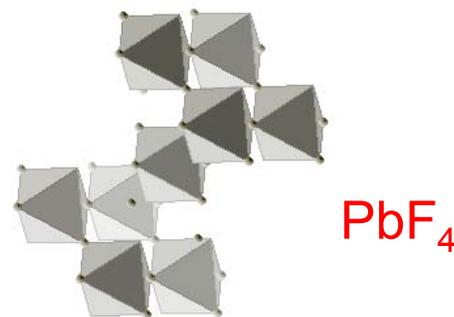
Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb

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



2. Все EX_4 (кроме SnF_4 , PbF_4) растворимы в органических растворителях

SnF_4 , PbF_4
полимерная структура,
к.ч. = 6

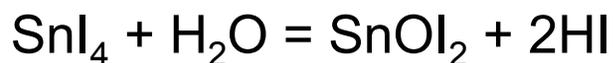
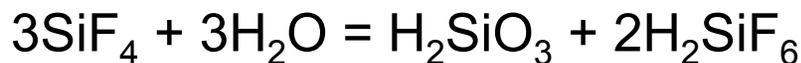


3. Все EX_4 (кроме $SiCl_4$, $SiBr_4$, SiI_4) легко присоединяют X^-

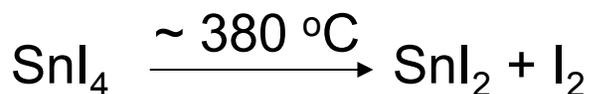


Тетрагалогениды Si, Ge, Sn, Pb

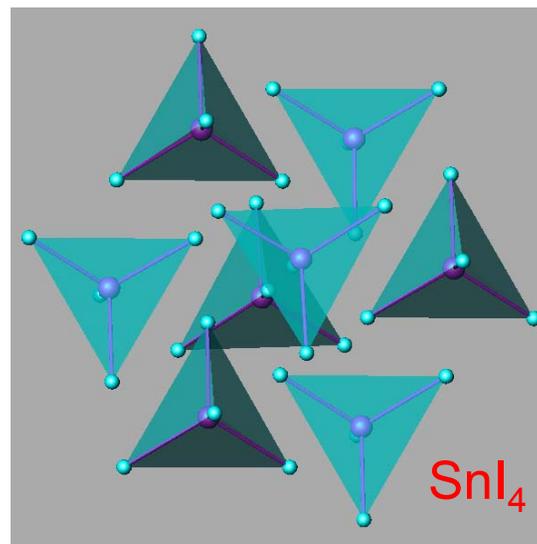
4. Все EX_4 (кроме SnF_4 , PbF_4) гидролизуются при н.у.



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



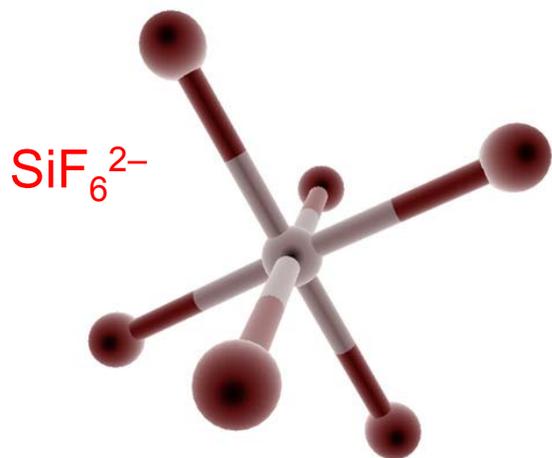
6. Известны галогенокислоты



Кислота H_2SiF_6

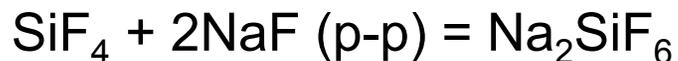
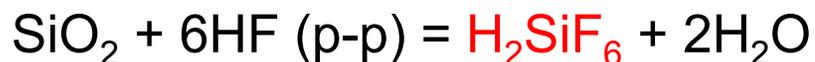
Гексафторокремниевая кислота H_2SiF_6

$\text{p}K_{a1} = -0.6$ существует только в водных растворах до 61%



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

Изоэлектронность:



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



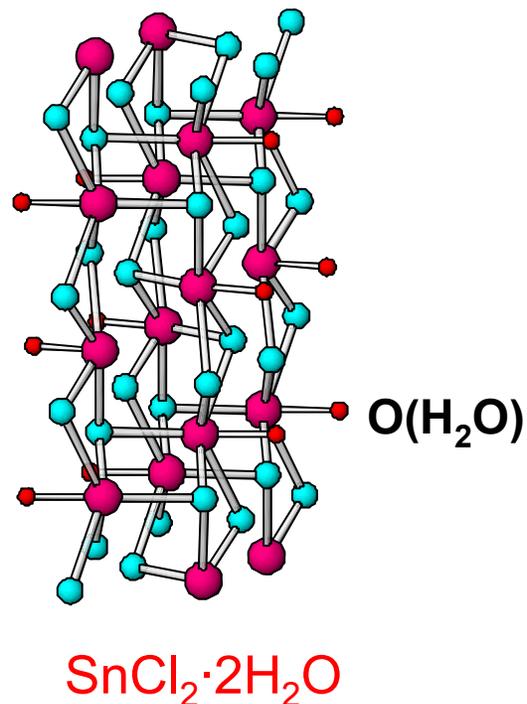
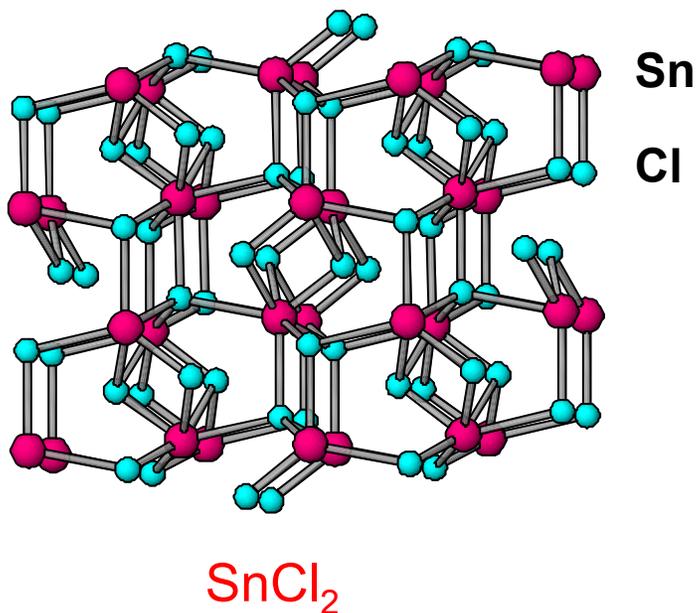
т.пл. 373 °С
т.кип. 916 °С



т.пл. 412 °С
т.кип. 900 °С
желтый

Дигалогениды Ge, Sn, Pb

1. EX_2 имеют полимерное строение с к.ч. от 6 (Ge) до 9 (Pb)
2. SnX_2 , PbX_2 образуют гидраты

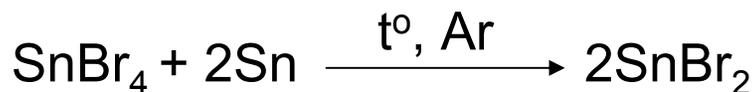


3. SnX_2 растворимы в воде, PbX_2 (кроме PbF_2) нерастворимы, GeX_2 гидролизуются



Дигалогениды Ge, Sn, Pb

4. GeX_2 , SnX_2 , PbF_2 получают сопоропорционированием

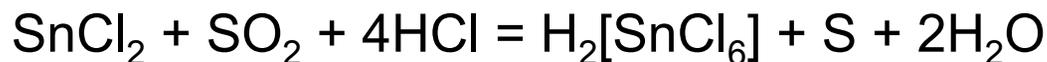


5. PbX_2 (кроме PbF_2) осаждают из раствора

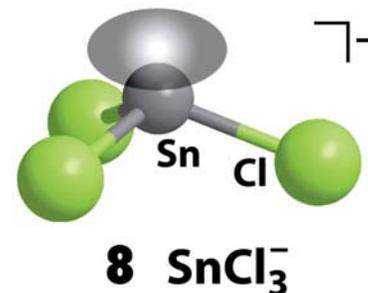
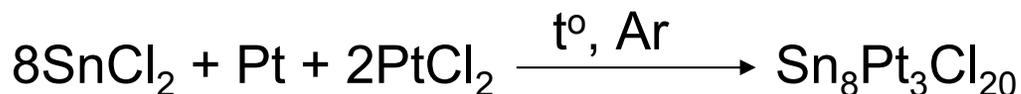


6. GeX_2 SnX_2 PbX_2

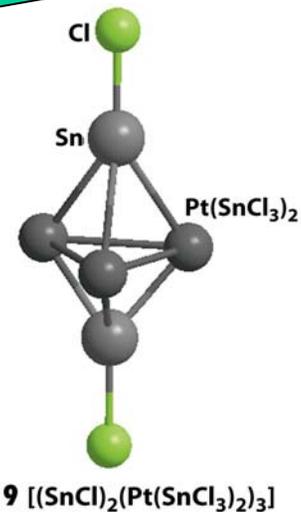
ослабление силы восстановителя



7. SnCl_3^- – основание Льюиса



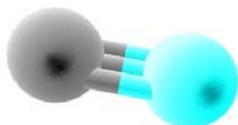
Structure 13-8
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D.F. Shriver, F.W. Atkins, T.L. Overton, J.P. Rourke, M.T. Weller and F.A. Armstrong



Structure 13-9
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D.F. Shriver, F.W. Atkins, T.L. Overton, J.P. Rourke, M.T. Weller and F.A. Armstrong

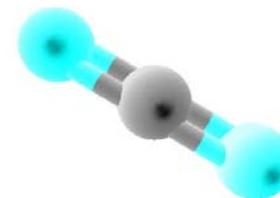
Оксиды углерода

CO, CO₂, C₃O₂ (O=C=C=C=O)



CO

угарный газ

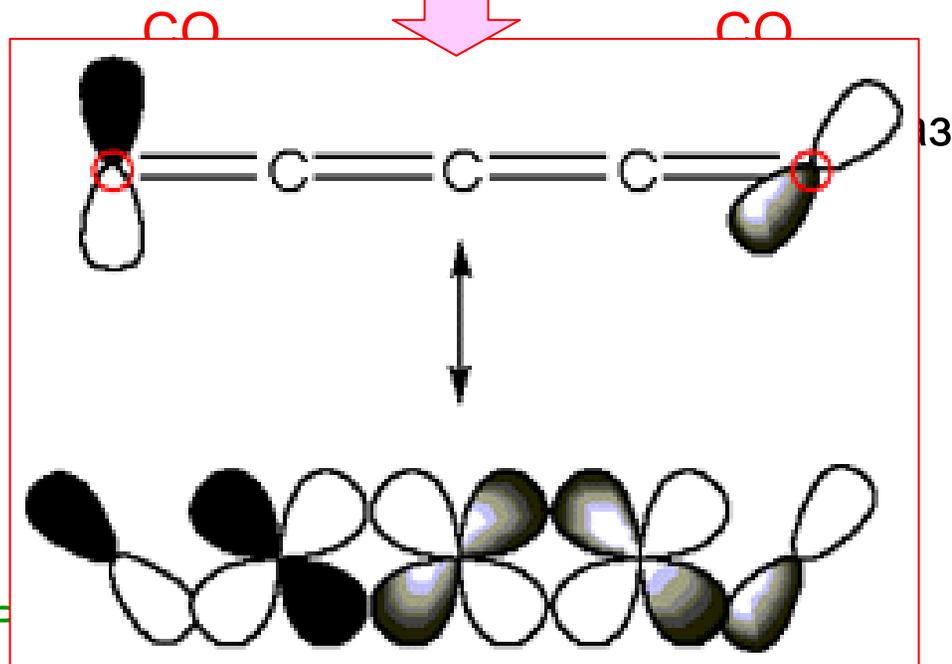
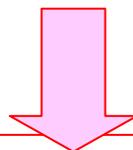


CO₂

углекислый газ

Т.пл., °С	-205	—
Т.кип., °С	-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 (N ₂ , CN ⁻)	16 (N ₂ O, N ₃ ⁻)

Оксиды углерода



Т.пл., °С

Т.кип., °С

$\Delta_f H^\circ_{298}$ кДж/моль

$\Delta_f G^\circ_{298}$ кДж/моль

Е связи, кДж/моль

d(C-O), пм

μ , D

Электроны

113

0.11

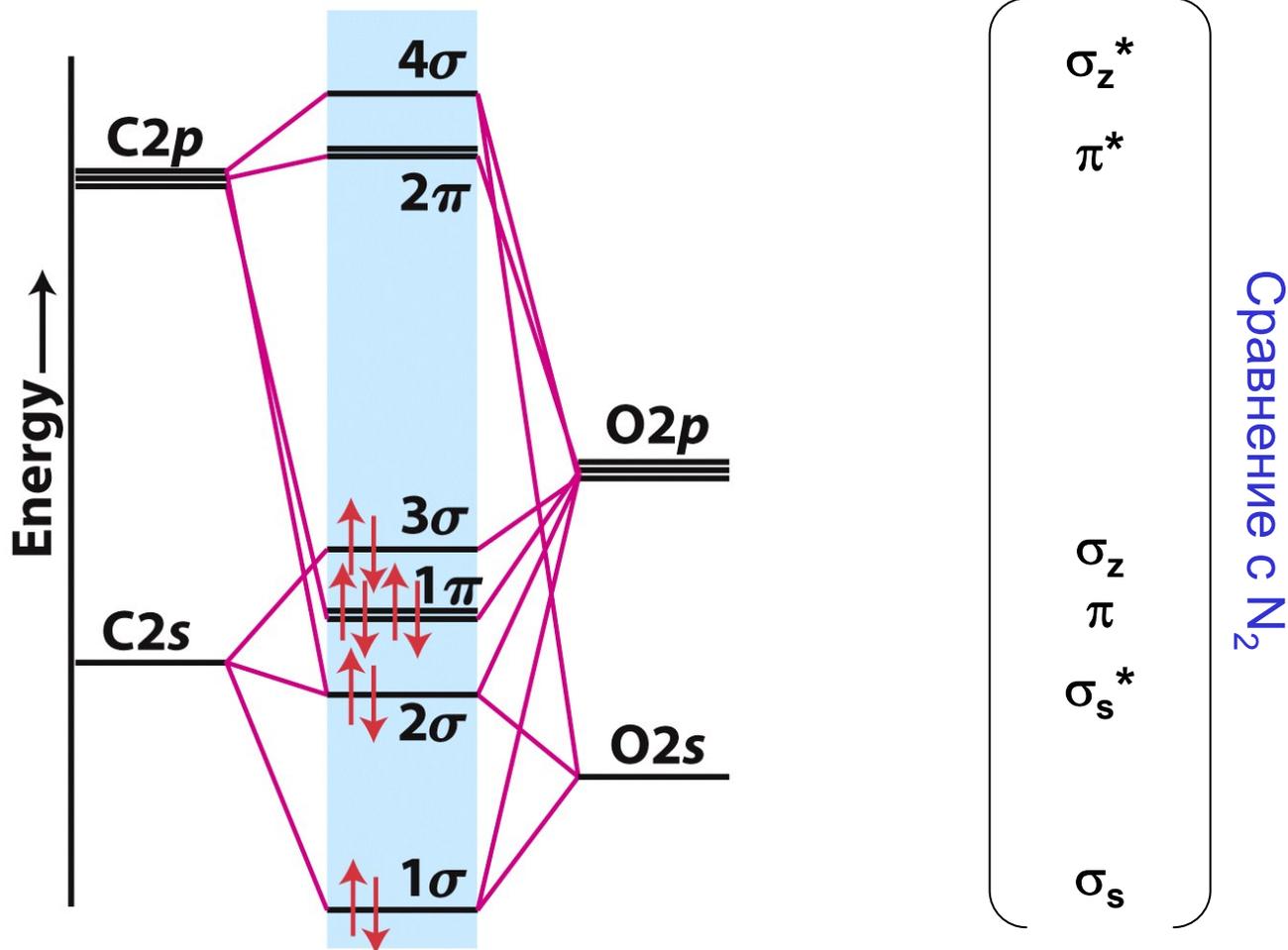
10 (N₂, CN⁻)

116

0

16 (N₂O, N₃⁻)

Строение CO



3σ (ВЗМО) – определяет донорные свойства

2π (НВМО) – определяет акцепторные свойства

Свойства CO

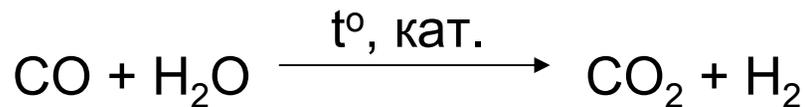
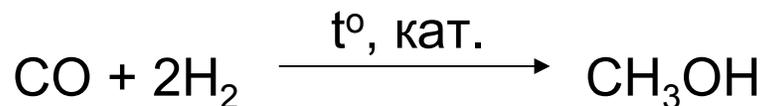
1. Получение



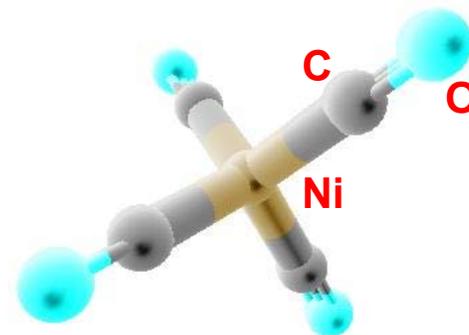
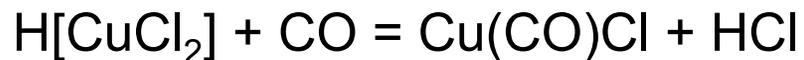
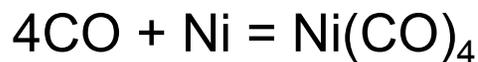
2. Нерастворим в воде, кислотах и щелочах при н.у.



3. При высоких температурах



4. Образует карбонилы

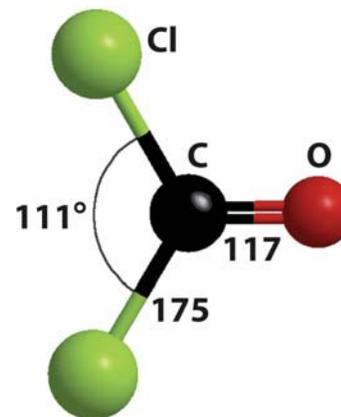


$\text{Ni}(\text{CO})_4$

Карбонил-галогениды



sp^2



Фосген COCl_2

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

Свойства фосгена

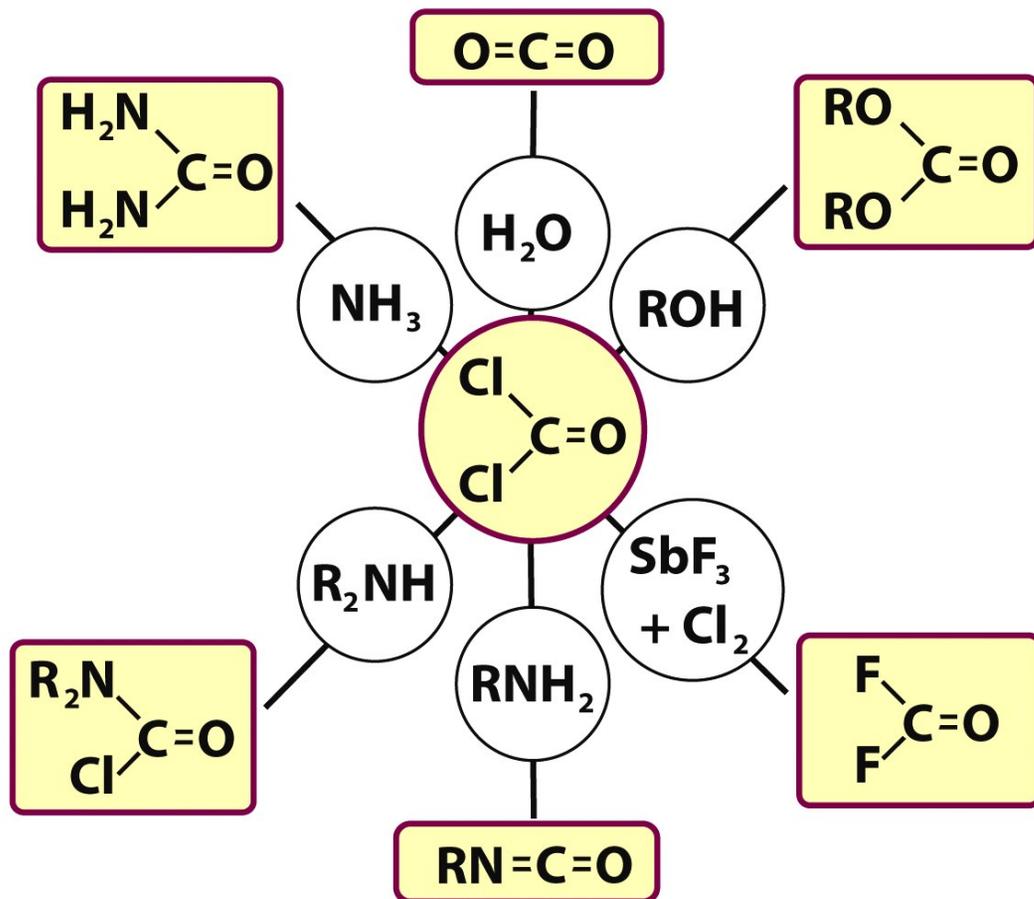
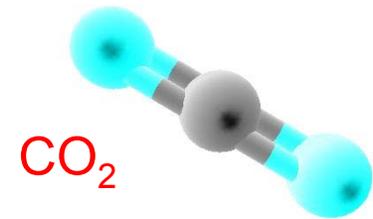
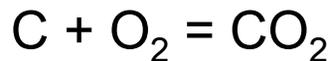


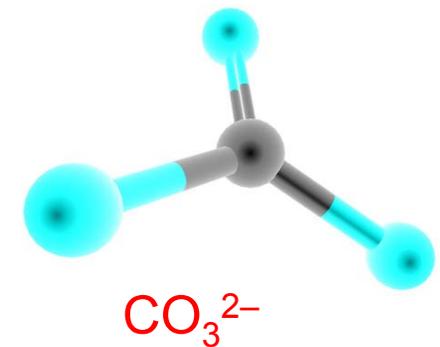
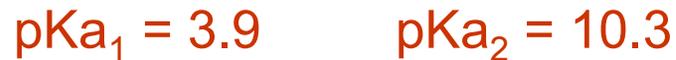
Figure 13-8
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Свойства CO₂

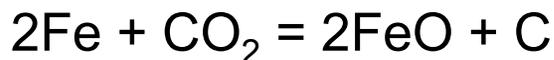
1. Получение



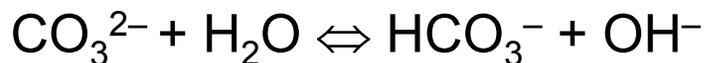
2. Плохо растворяется в воде, не поддерживает горение



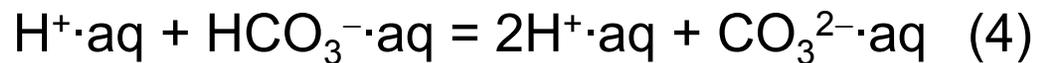
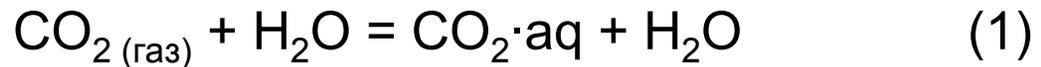
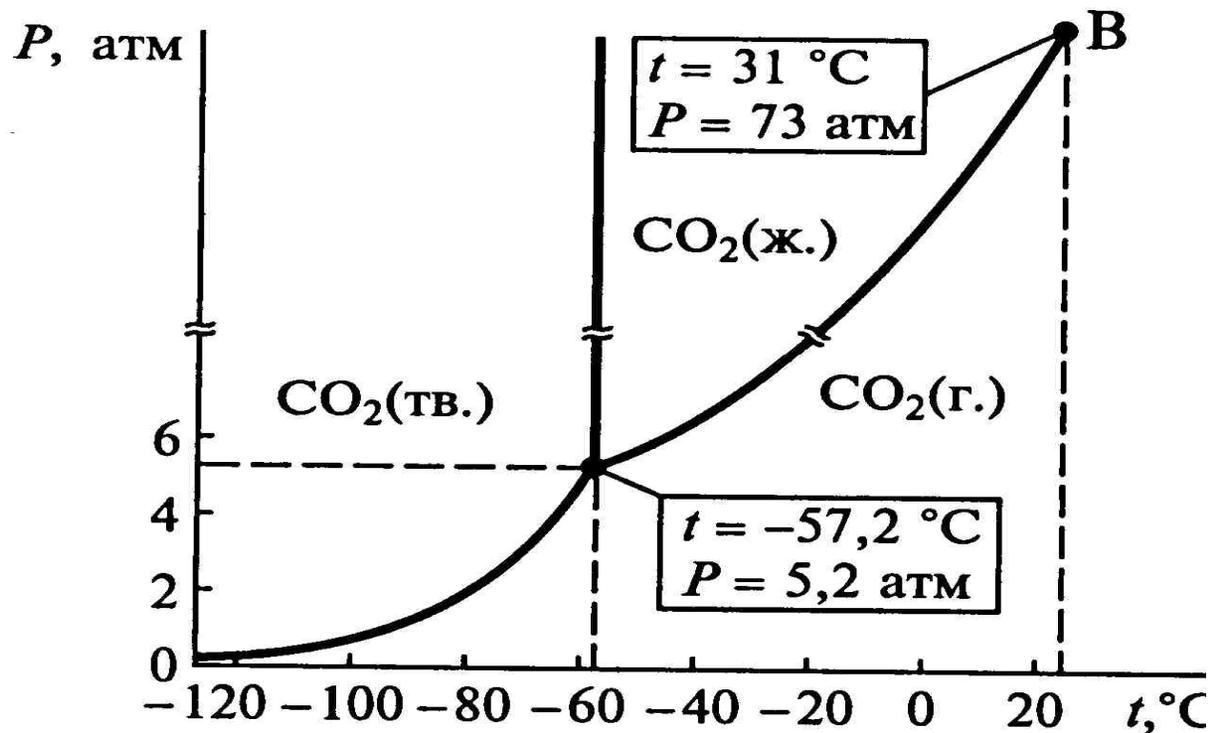
3. Окислитель при высокой температуре



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

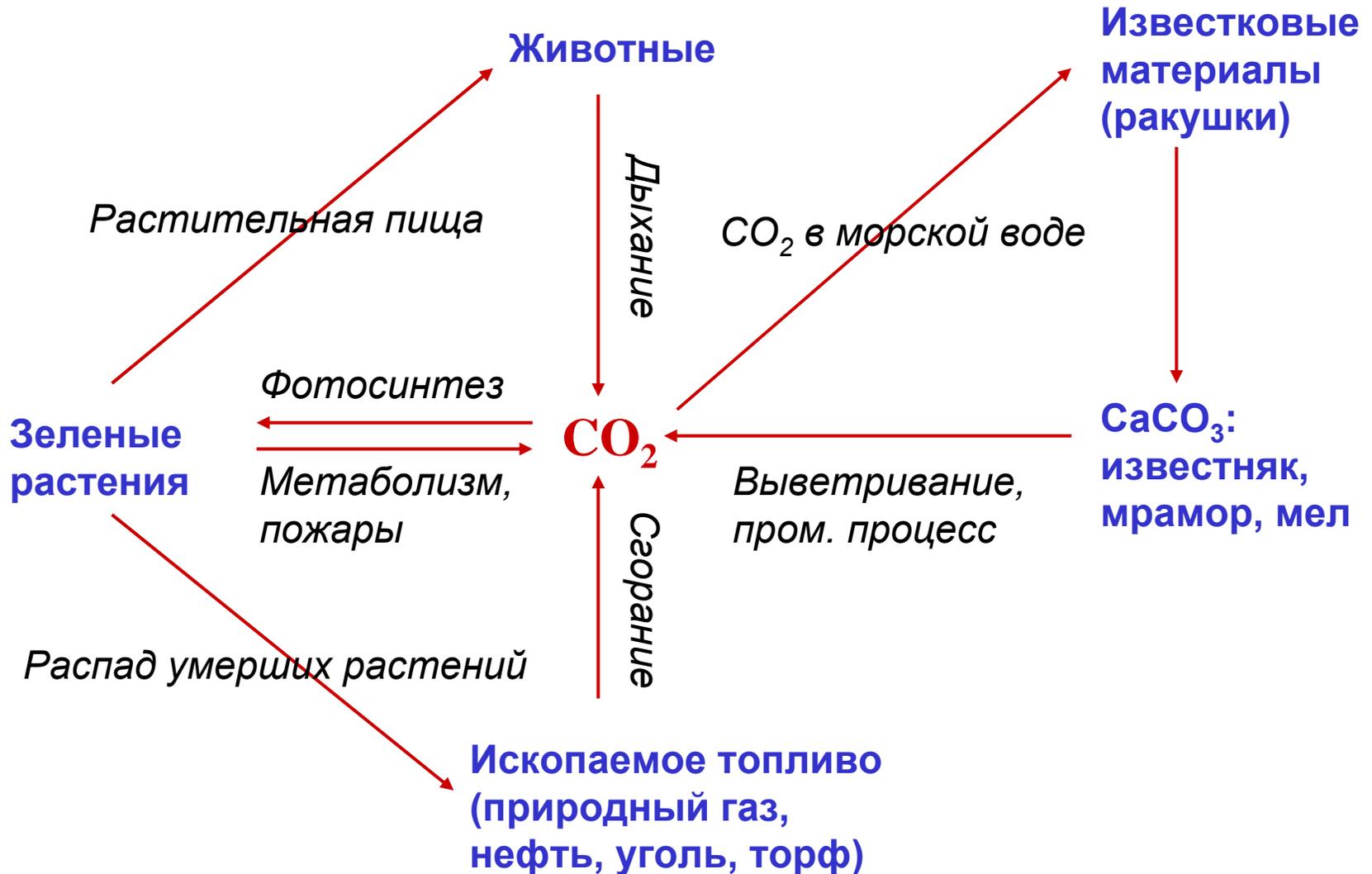


Свойства CO₂



Равновесия в
водном растворе:

Оборот CO₂: парниковый газ



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

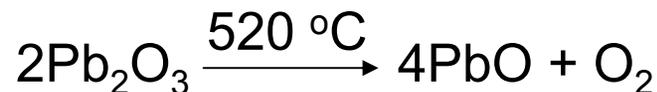
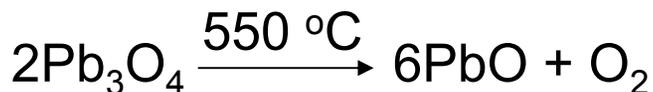


т.пл. 280°C
(разложение)
коричневый

Также известны:

Pb₃O₄ (2PbO·PbO₂)
«сурик» - красный

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



Свойства оксидов Si, Ge, Sn, Pb

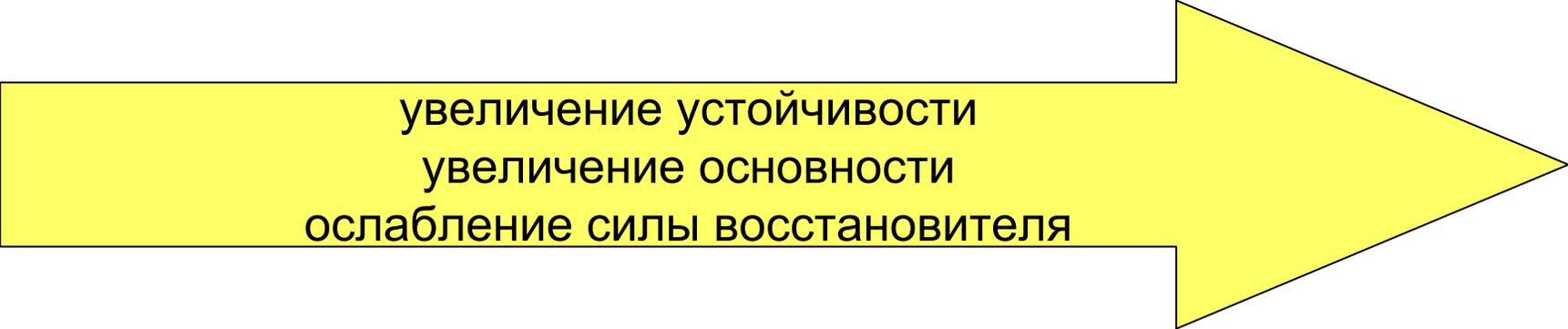
1.

SiO

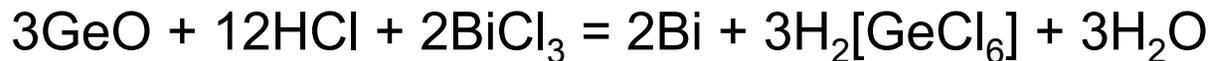
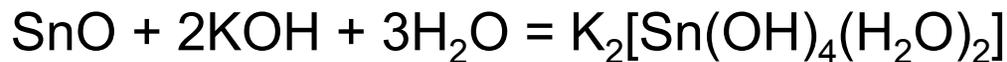
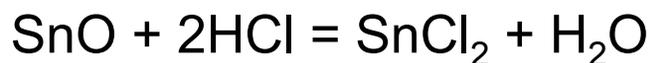
GeO

SnO

PbO



увеличение устойчивости
увеличение основности
ослабление силы восстановителя



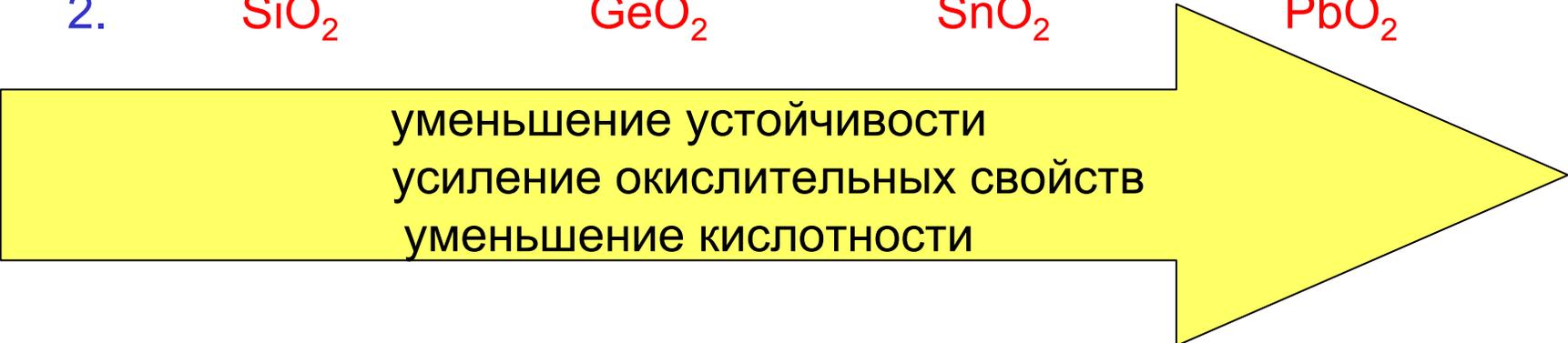
2.

SiO₂

GeO₂

SnO₂

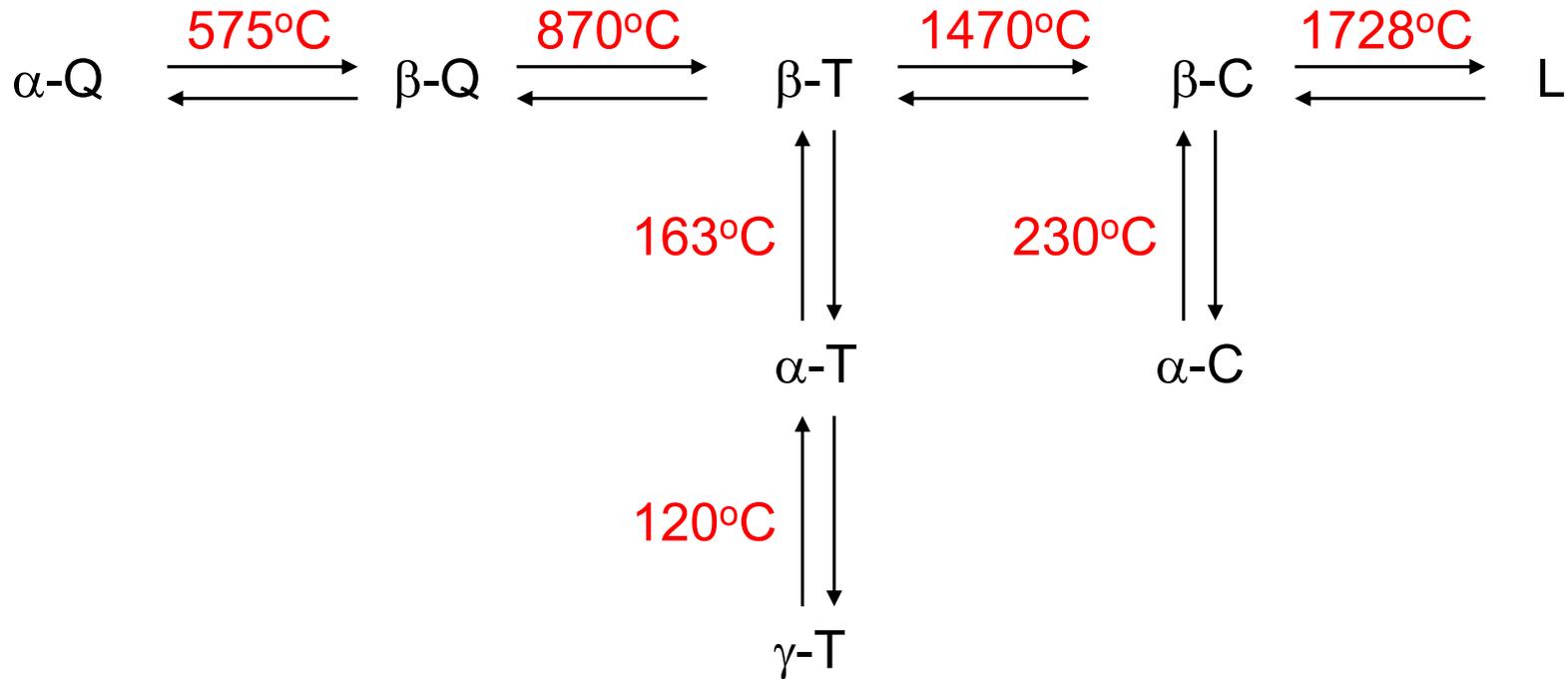
PbO₂



уменьшение устойчивости
усиление окислительных свойств
уменьшение кислотности

Особенности SiO₂

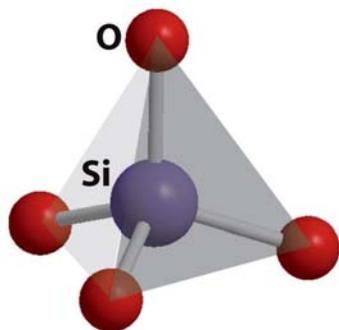
1. Кварц (Q), тридимит (Т), кристобаллит (С)



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

Особенности SiO₂

3.



$$d(\text{Si-O}) = 160 \text{ пм}$$

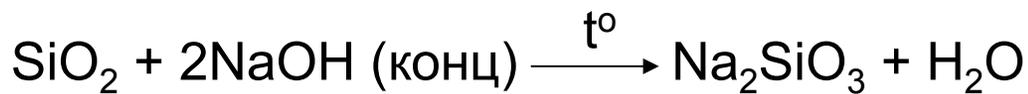
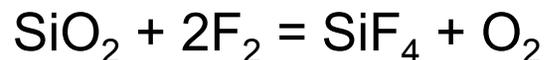
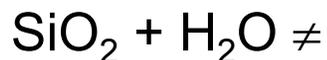
$$E(\text{Si-O}) = 466 \text{ кДж/моль}$$

Энергия связи (кДж/моль)

C—H	412	Si—H	318	Ge—H	288	Sn—H	250
C—O	360	<u>Si—O</u>	<u>466</u>	Ge—O	350		
C=O	743	Si=O	642				
C—C	348	Si—Si	326	Ge—Ge	186	Sn—Sn	150
C=C	612						
C≡C	837						
C—F	486	<u>Si—F</u>	<u>584</u>	<u>Ge—F</u>	<u>466</u>		
C—Cl	322	Si—Cl	390	Ge—Cl	344	Sn—Cl	320

Особенности SiO₂

4. Химически инертен



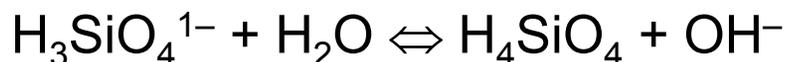
Горячая концентрированная щелочь медленно разъедает стекло

5. Ортокремниевая кислота H₄SiO₄

растворима в воде, pK_{a1} = 9.65

метакремниевая кислота H₂SiO₃, не растворяется в воде

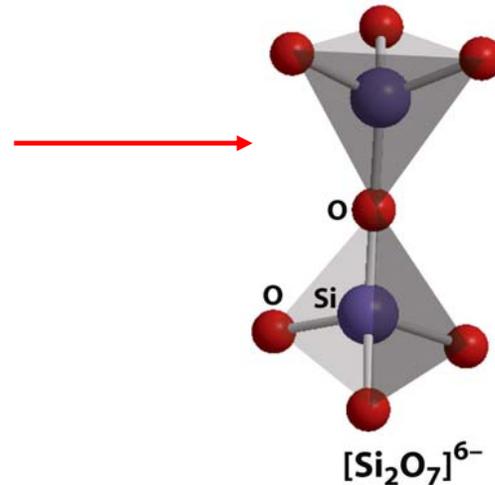
6. Силикаты – соли кремниевых кислот, растворимы только Li⁺, Na⁺



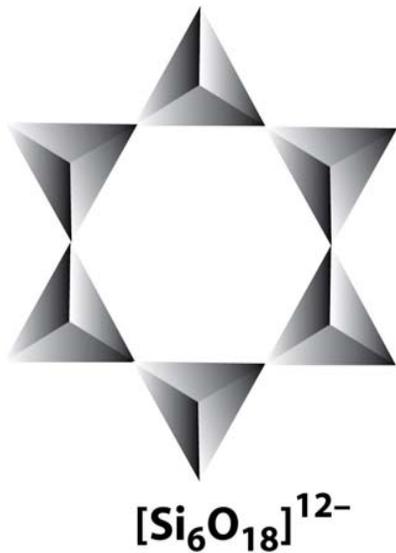
Гидролиз,
«Жидкое стекло»

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

Силикаты

4. Слоистые силикаты

3 общие вершины у каждого тетраэдра ${}^2_{\infty}[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
 $\text{Mg}_3(\text{OH})_2(\text{Si}_2\text{O}_5)_2$ – тальк

5. Каркасные силикаты

все вершины общие, часть Si замещена на Al или Be

${}^3_{\infty}[\text{Al}_n\text{Si}_{1-n}\text{O}_2]^{n-}$ цеолиты
 $\text{Na}_8(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{S}_8$ – ультрамарин

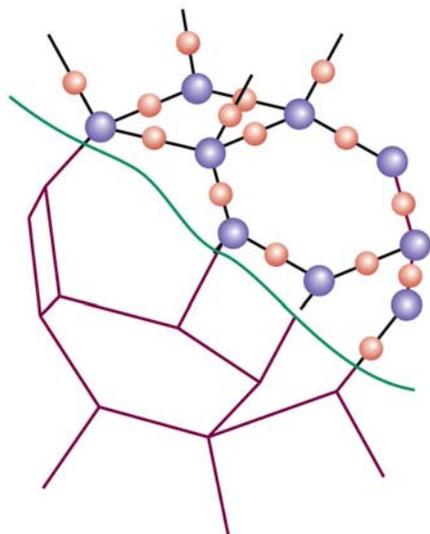


Figure 13-16
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

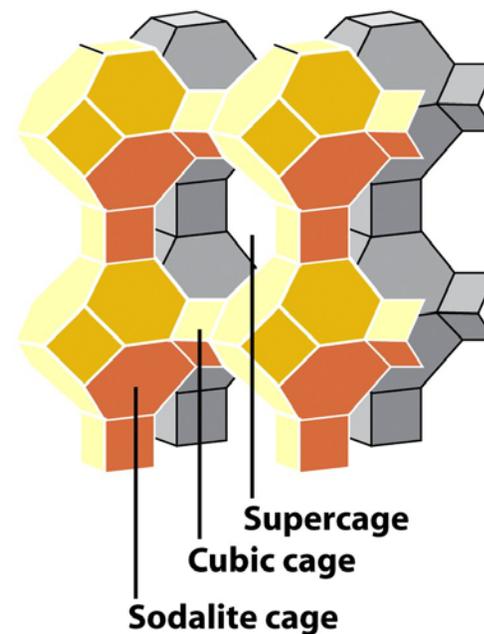


Figure 13-17
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Цеолиты

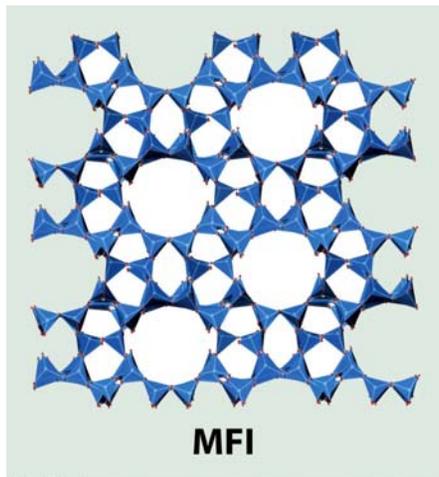


Figure B13-3 part 5
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

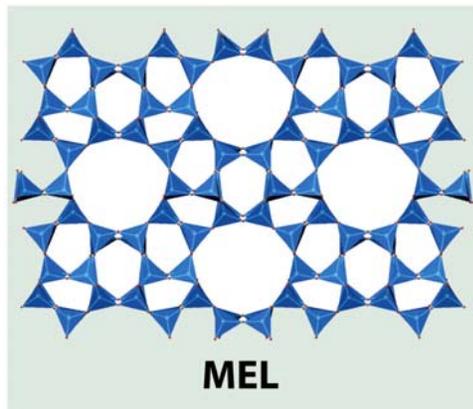


Figure B13-3 part 1
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

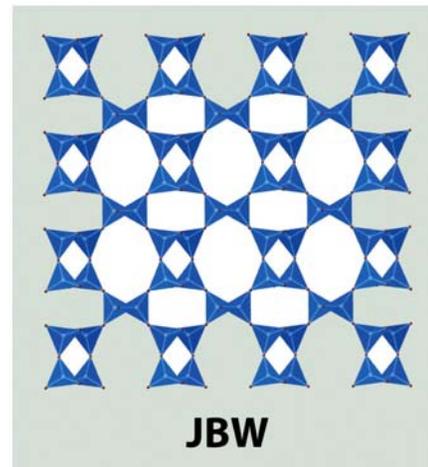


Figure B13-3 part 6
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

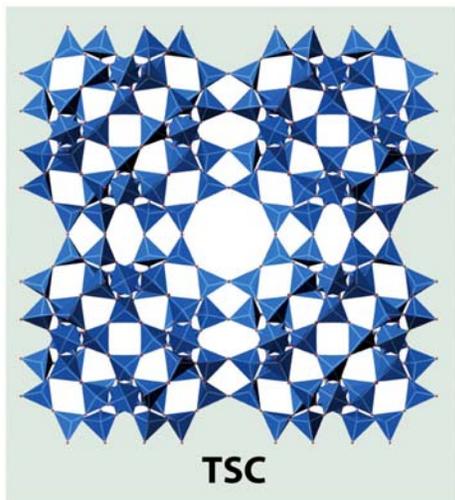


Figure B13-3 part 3
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

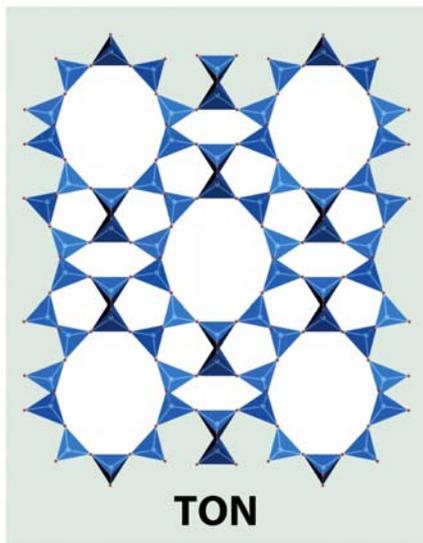


Figure B13-3 part 4
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

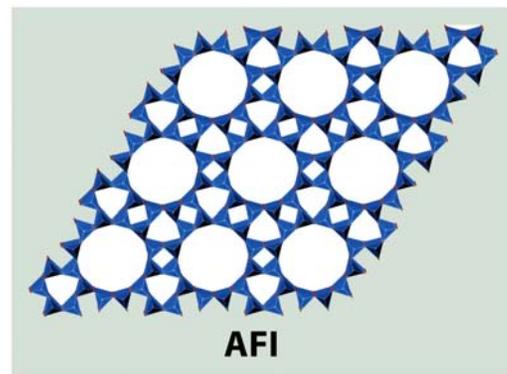
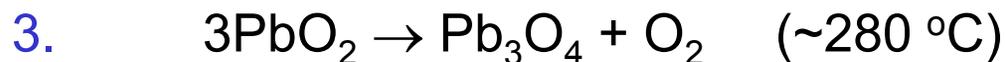
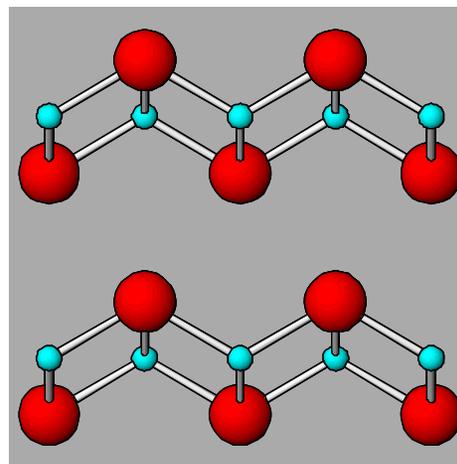
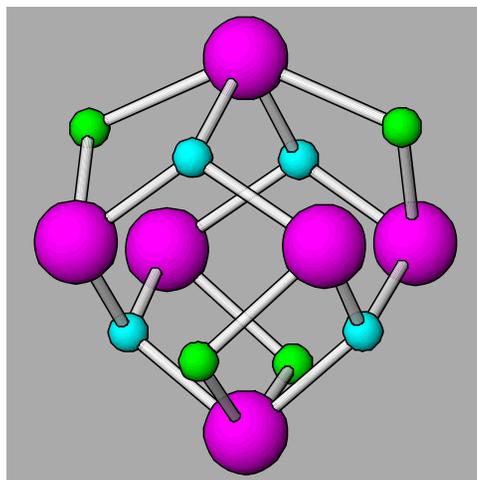
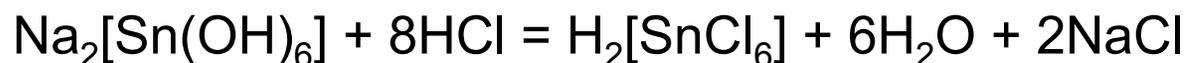
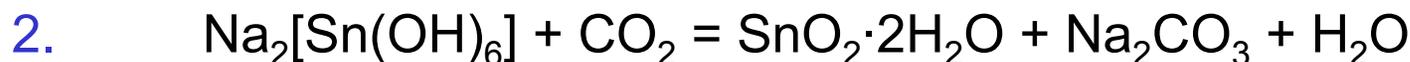


Figure B13-3 part 2
Shriver & Atkins Inorganic Chemistry, Fourth Edition
© 2006 by D. F. Shriver, P. W. Atkins, T. L. Overton, J. P. Rourke, M. T. Weller, and F. A. Armstrong

Особенности оксидов Sn, Pb



Сульфиды C, Si, Ge, Sn, Pb



бесцветный
т.пл. -112°C



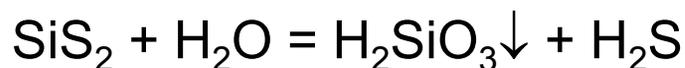
бесцветный
т.возг. 1100°C



бесцветный
т.возг. 840°C



желтый
т.разл. 522°C



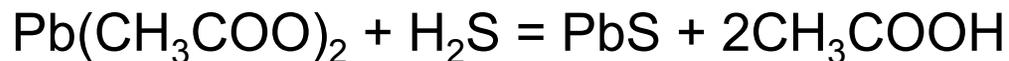
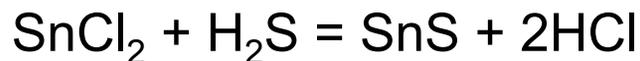
красный
т.пл. 665°C



коричневый
т.пл. 881°C

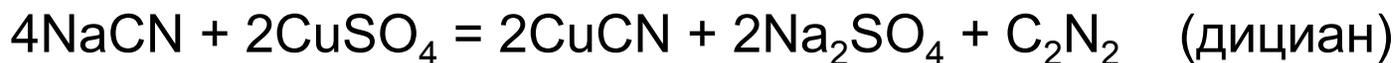
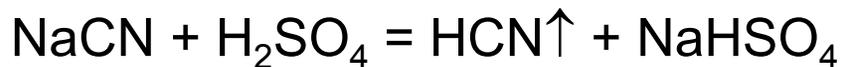
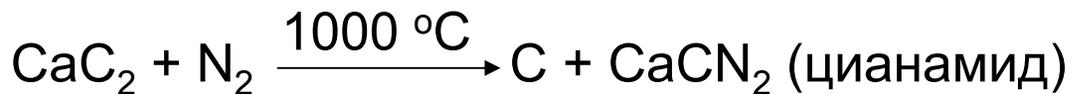


черный
т.пл. 1077°C

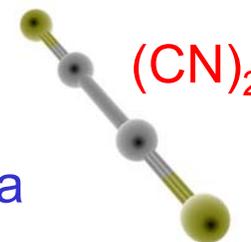


Кислоты HCN, HSCN

1. Циановодород HCN, т.пл. $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.кип. $26\text{ }^{\circ}\text{C}$
раствор в воде – синильная кислота $pK_a = 9.31$

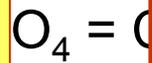
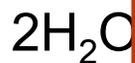
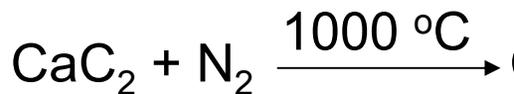


2. Родановодород HSCN, т.пл. $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,
Раствор в воде – тиоциановая (родановая) кислота



Кислоты HCN, HSCN

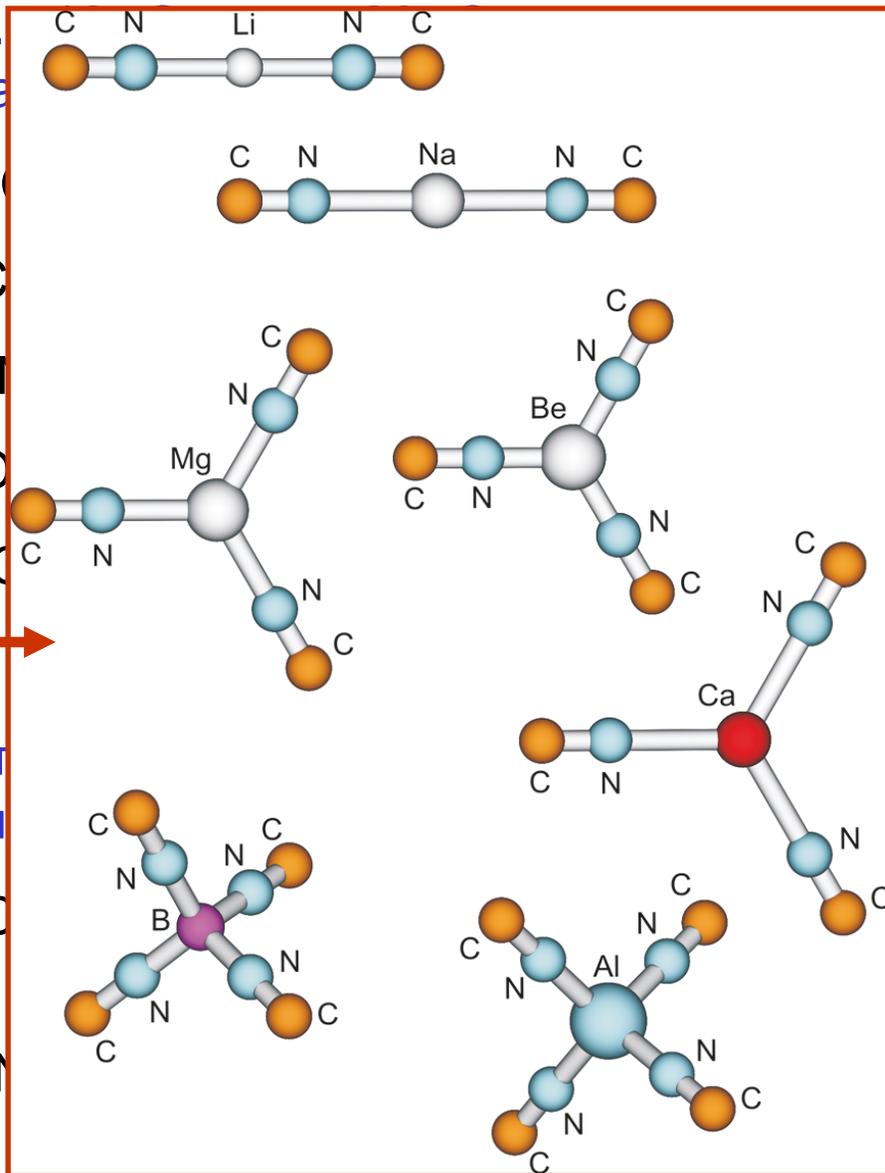
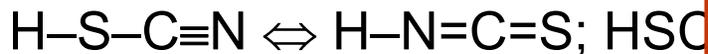
1. Циановодород HCN, т.пл.
раствор в воде – синильная



«Псевдогалогенды»
образуют комплексы,
аналогичные
галогенидным

HCN, т.пл.

раствор в воде – тиоциан



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>>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.