



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ


«P-ЭЛЕМЕНТЫ IV ГРУППЫ. ХИМИЯ УГЛЕРОДА»

ЛЕКЦИЯ № 7

Дисциплина «Химия 2.6»
для студентов очного отделения

Лектор: К.Т.Н., Мачехина Ксения Игоревна

ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Свойства р-элементов IV группы.

2. Химические свойства простых веществ.
3. Гидриды.
4. Оксиды.
5. Гидроксиды.
6. Соли.
7. Галогениды

1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

C, Si, Ge, Sn, Pb

Элементы 14 группы

1	2		13	<u>14</u>	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	Ca	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

1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

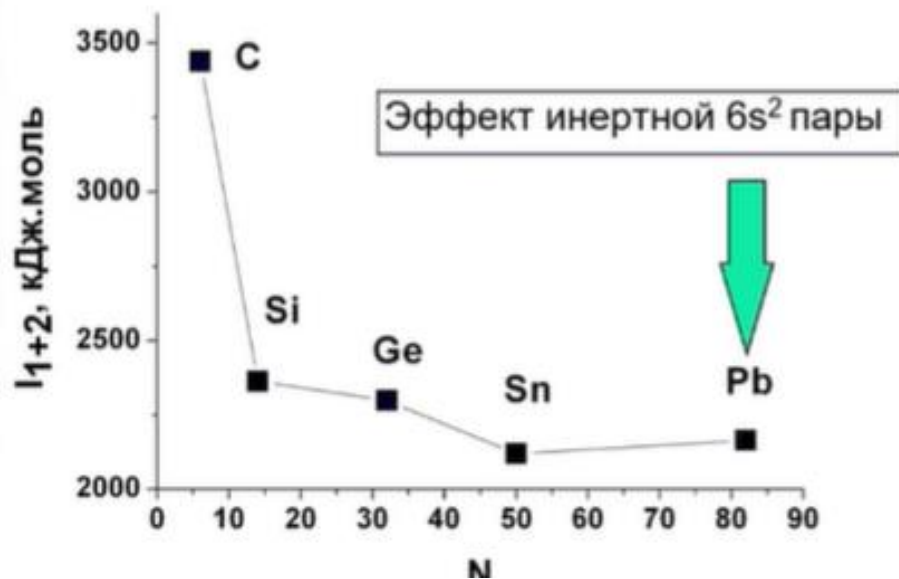
C, Si, Ge, Sn, Pb

	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 (А)	0.77	1.17	1.22	1.40	1.52
$I_{1,2}$ (кДж/моль)	3438	2363	2298	2120	2165
$I_{3,4}$ (кДж/моль)	10840	7583	7711	6871	7162
A_e (эВ)	1.26	1.38	1.2	1.2	—
χ^P	2.6	1.9	2.0	1.8	1.9
С.О.	-4,0,2,4	-4,0,(2),4	(-4),0,2,4	0,2,4	0,2,(4)

1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

	C	Si	Ge	Sn	Pb
$I_{1,2}$ (кДж/моль)	3438	2363	2298	2120	2165
$I_{3,4}$ (кДж/моль)	10840	7583	7711	6871	7162

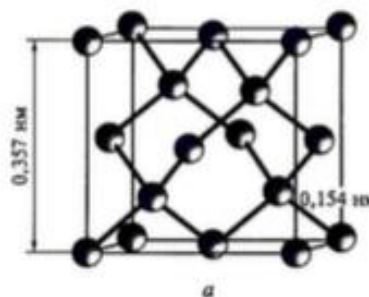


1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:



C, Si, Ge, Sn, Pb

	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



Алмаз (α -Sn)
 $\rho=5.77 \text{ г/см}^3$

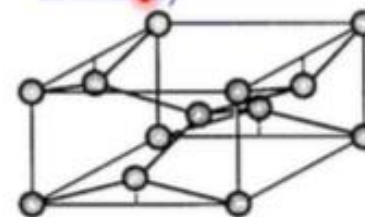


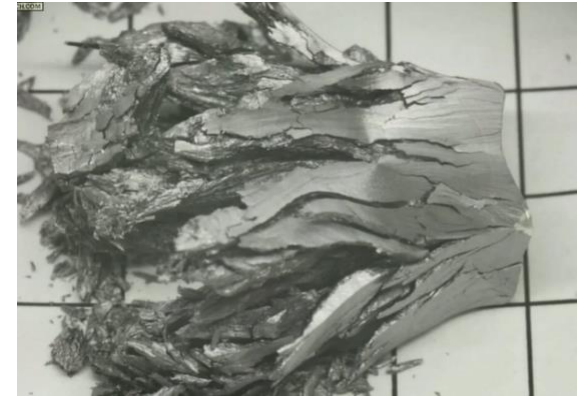
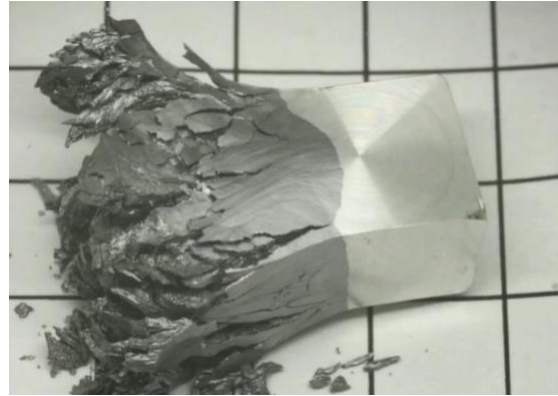
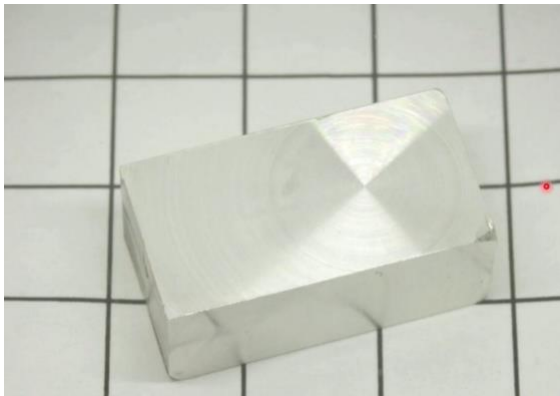
Рис. 5.3. Структура β -Sn

β -Sn
 $\rho=7.26 \text{ г/см}^3$

1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Переход олова



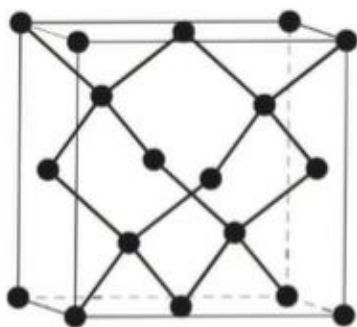
https://pikabu.ru/story/olovyannaya_chuma_proshlogo_ot_kotoroy_postradalo_nemal_o_lyudey_6580820?utm_source=linkshare&utm_medium=sharing

https://pikabu.ru/story/olovo_razryivaet_gips_5806026

1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Аллотропия углерода



Алмаз

sp^3

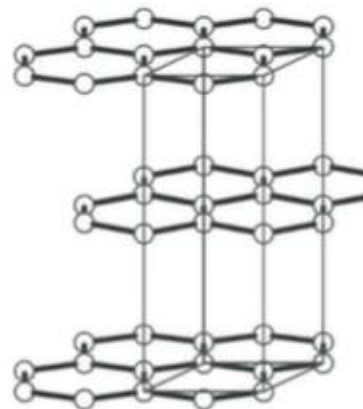
$d = 1.54 \text{ \AA}$



Фуллерен C₆₀

$d(6,6) = 1.39 \text{ \AA}$

$d(5,6) = 1.46 \text{ \AA}$

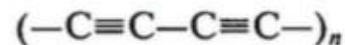


Графит

sp^2

$d = 1.42 \text{ \AA}$

Карбин



1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

C, Si, Ge, Sn, Pb

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

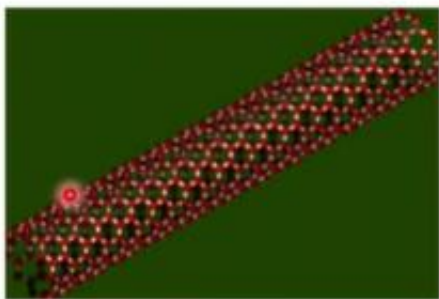
растворим в орг.
растворителях

с F_2 образует
фторофуллерены

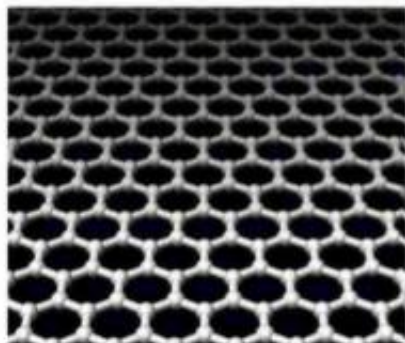
образует фуллериды

1. СВОЙСТВА P-ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb



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



Графен – один слой графита



Андрей
Константинович
Гейм



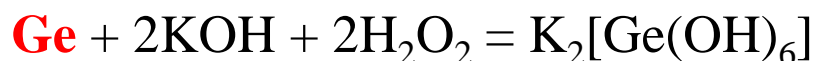
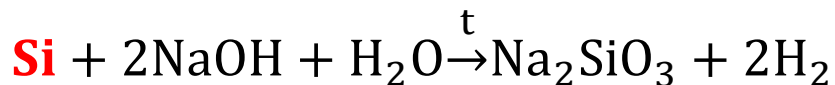
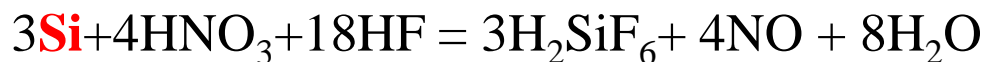
Константин
Сергеевич
Новоселов

Нобелевская премия по физике 2010 г.

2. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ :

C, Si, Ge, Sn, Pb

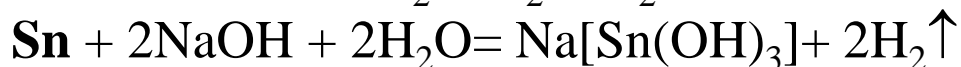
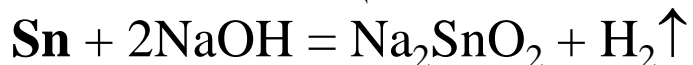
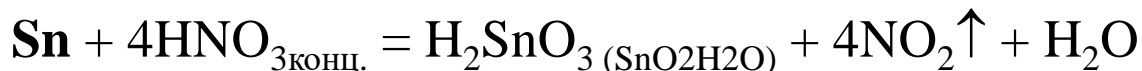
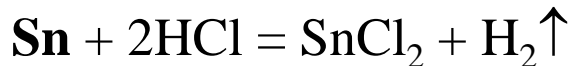
Взаимодействие с **кислотами, щелочами**



2. ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ :

C, Si, Ge, Sn, Pb

Взаимодействие с **кислотами, щелочами**



3. ГИДРИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

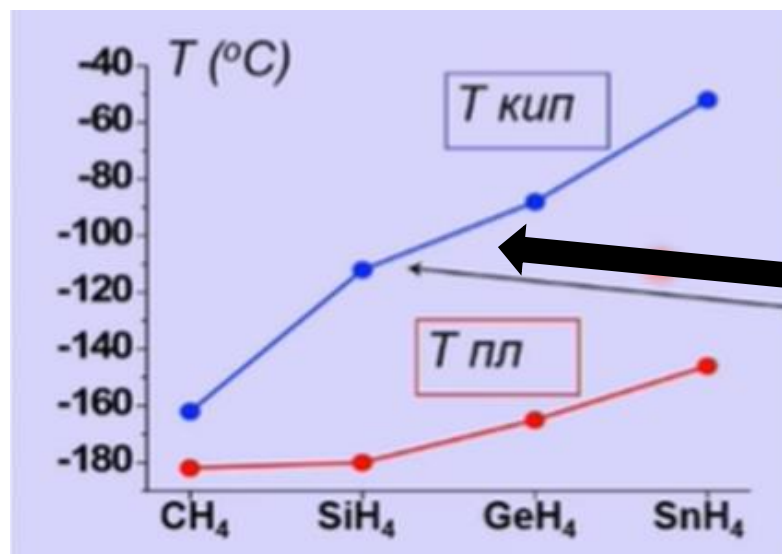
(**CH₄** - метан, **SiH₄** - силан, **GeH₂** - герман, **SnH₄** - станан, **PbH₄** пюмбан)

	CH₄	SiH₄	GeH₂	SnH₄	PbH₄
T _{кип}	-162	-122	-88	-52	
T _{пл}	-182	-185	-165	-146	
E _{св.Э-Н} , кДж/моль	414	318	309	297	205
ΔH _f ⁰ , кДж/моль	-75,2	33,4	90,2	163	250

3. ГИДРИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

	CH ₄	SiH ₄	GeH ₄	SnH ₄	PbH ₄
T _{кип}	-162	-122	-88	-52	
T _{пл}	-182	-185	-165	-146	

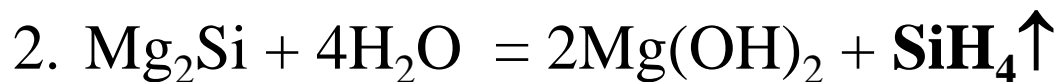
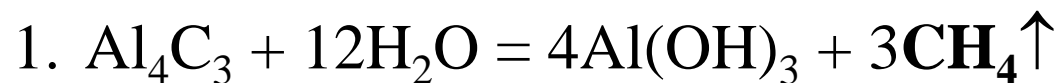


Нет водородных связей

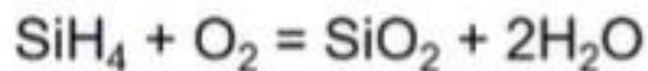
3. ГИДРИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Получение



Свойства



4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

CO, CO₂, C₃O₂ (O=C=C=C=O)



CO

угарный газ

CO₂

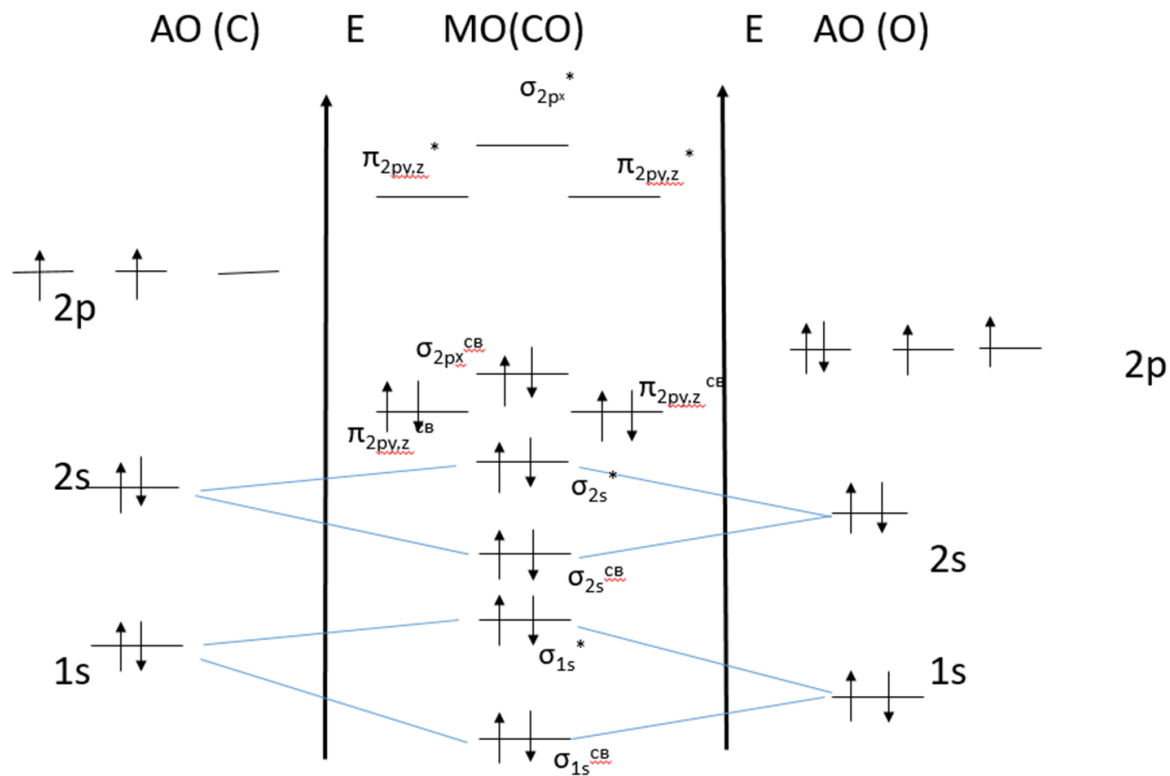
углекислый газ



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), А	1.13	1.16
μ , D	0.11	0
Электроны	10 (N ₂ , CN ⁻)	16 (N ₂ O, N ₃ ⁻)

4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb



4. ОКСИДЫ:

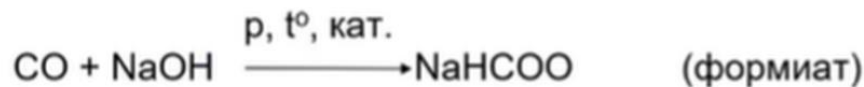
C, Si, Ge, Sn, Pb

CO - монооксид углерода, угарный газ

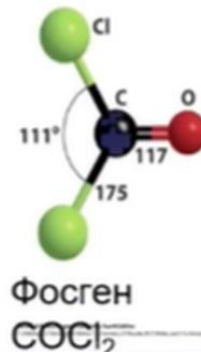
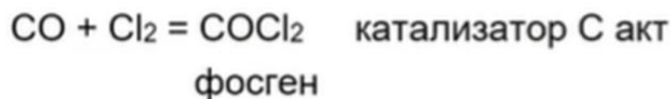
1. Получение



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



3. Восстановитель:

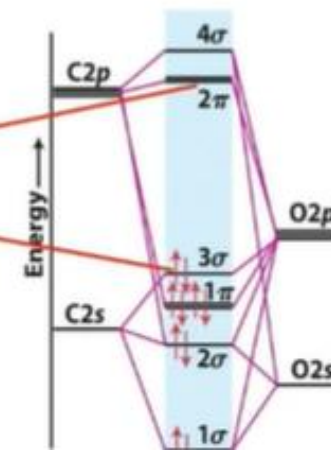
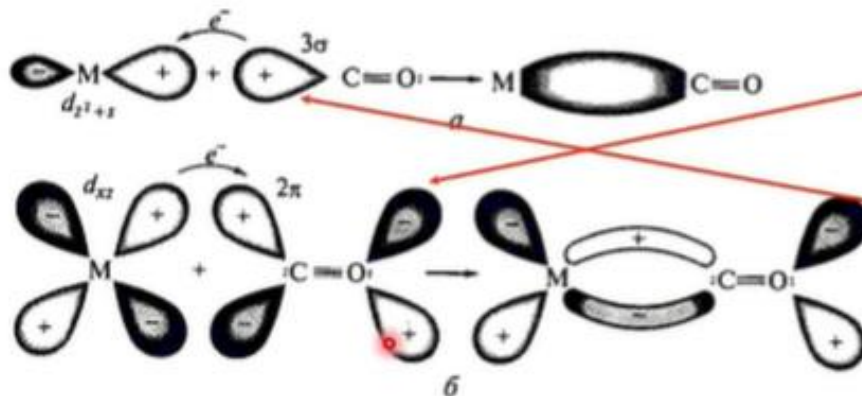
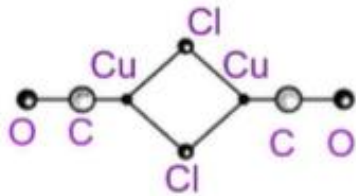
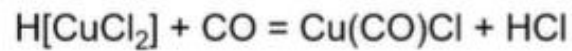
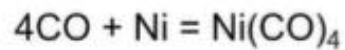


4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

CO - монооксид углерода, угарный газ

Карбонилы



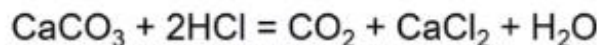
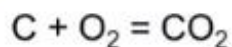
4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

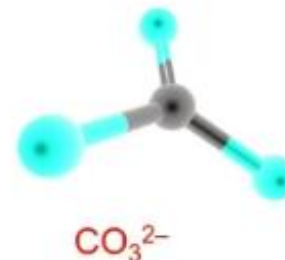
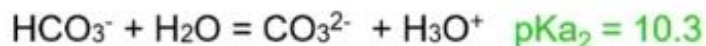
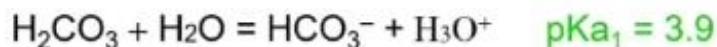
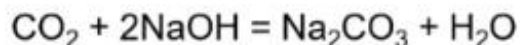
CO₂ - диоксид углерода, углекислый газ

Свойства CO₂

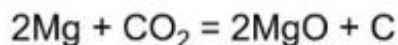
1. Получение



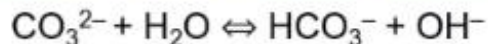
2. Плохо растворяется в воде, не поддерживает горение



3. Окислитель при высокой температуре



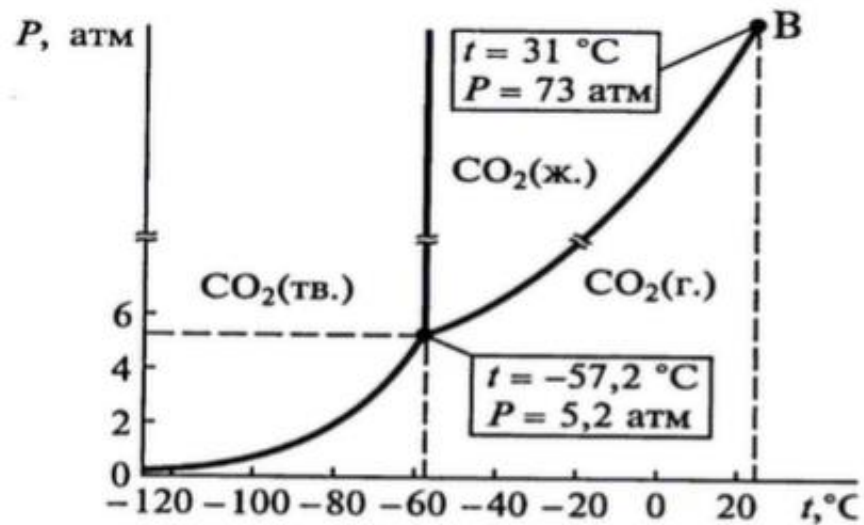
4. Карбонаты: HCO₃⁻ хорошо растворимы, CO₃²⁻ – плохо



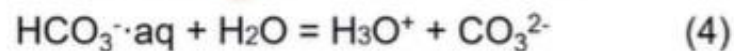
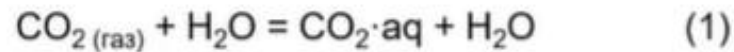
4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

CO₂ - диоксид углерода, углекислый газ



Равновесия в
водном растворе:



4. ОКСИДЫ:

C, 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)



4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Свойства оксидов Si, Ge, Sn, Pb

1. SiO GeO SnO PbO



увеличение устойчивости
увеличение основности
ослабление силы восстановителя

$2\text{SiO} = \text{SiO}_2 + \text{Si}$ (медленно при н.у.)
 $\text{SnO} + 2\text{HCl} = \text{SnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{SnO} + 2\text{KOH} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{K}_2[\text{Sn}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$
 $3\text{GeO} + 12\text{HCl} + 2\text{BiCl}_3 = 2\text{Bi} + 3\text{H}_2[\text{GeCl}_6] + 3\text{H}_2\text{O}$

2. SiO₂ GeO₂ SnO₂ PbO₂

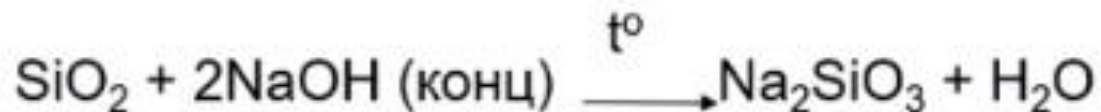
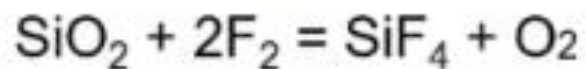


уменьшение устойчивости
усиление окислительных свойств
уменьшение кислотности

4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

SiO₂ – оксид кремния (IV) – химически инертен



Горячая концентрированная щелочь медленно разъедает стекло

4. ОКСИДЫ:



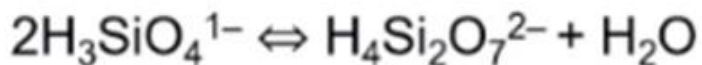
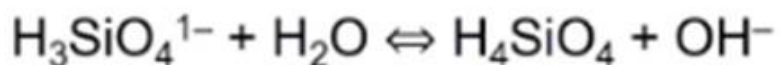
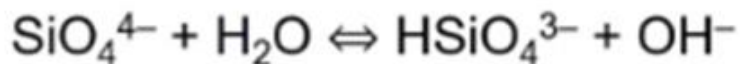
ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

C, Si, Ge, Sn, Pb

Ортокремниевая кислота H_4SiO_4
растворима в воде, $\text{pK}_{\text{a}1} = 9.65$

метакремниевая кислота H_2SiO_3 , не растворяется в воде

Силикаты – соли кремниевых кислот, растворимы только Li^+ , Na^+



Гидролиз,
«Жидкое стекло»

4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

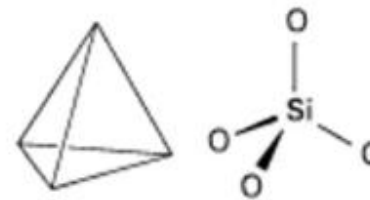
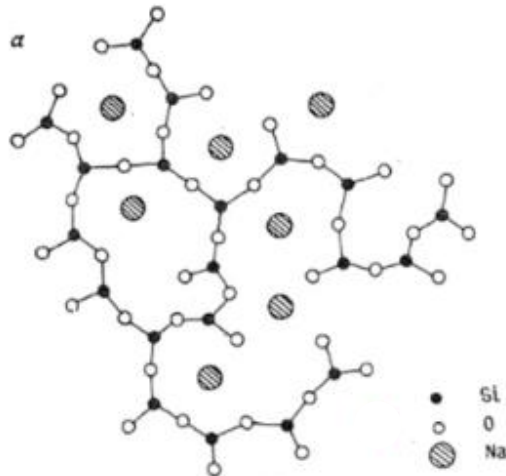
SiO₂ – оксид кремния (IV)

Стекло



Добавки: Cr₂O₃ - зеленое
FeO+Fe₂O₃ - голубое
CoO - синее
Cu₂O - красное

PbO - хрусталь
B₂O₃ - пирекс



тетраэдр SiO₄

Структура силикатного стекла

4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

SiO₂ – оксид кремния (IV)

Структурная единица ВЕЗДЕ - тетраэдр SiO₄⁴⁻

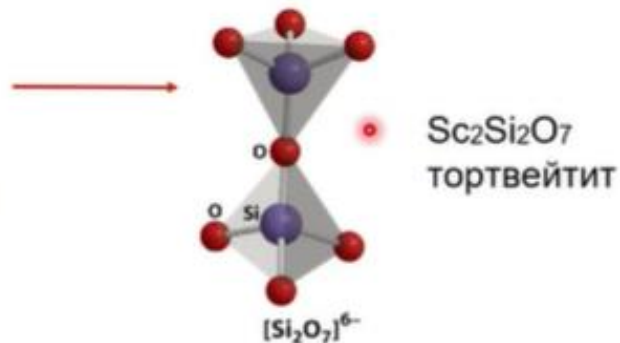
1. Объединение тетраэдров

в битетраэдры Si₂O₇⁶⁻

2. Циклические силикаты



Be₃Al₂Si₆O₁₈ – изумруд, берилл



3. Цепочечные силикаты:

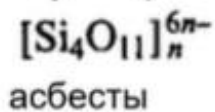
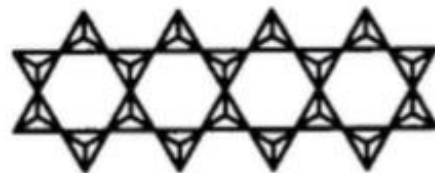
- 2 общие вершины ¹_∞[SiO₃]²⁻
LiAl(SiO₃)₂ – сподумен



4. ОКСИДЫ:

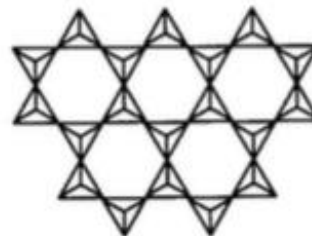
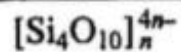
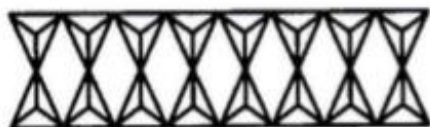
C, Si, Ge, Sn, Pb

- ленты ${}^1_{\infty}[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$



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



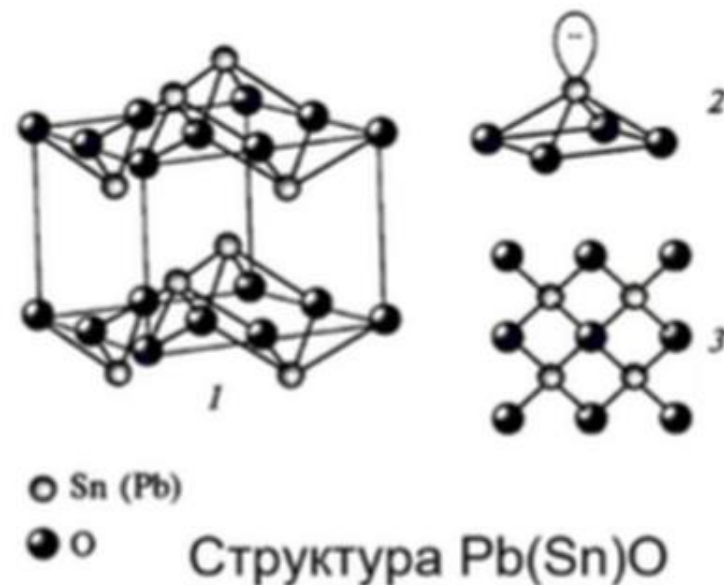
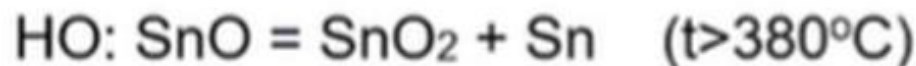
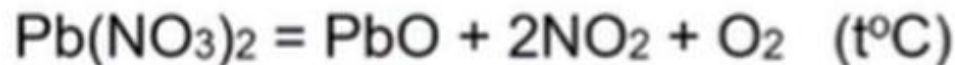
тальк

4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Оксиды олова (II) и свинца (II)

Синтез:



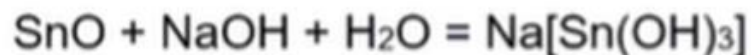
4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Оксиды олова (II) и свинца (II)

Свойства:

1. Амфотерны:



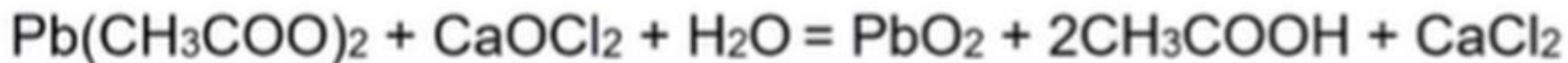
2. Sn^{2+} - сильные восстановители



4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Оксиды олова (IV) и свинца (IV)



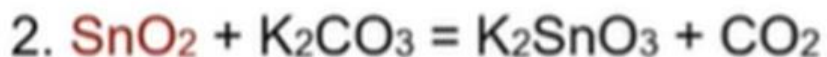
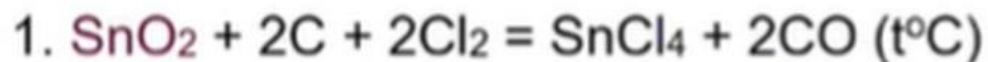
4. ОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

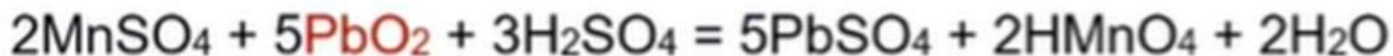
Оксиды олова (IV) и свинца (IV)

Свойства:

SnO_2 - инертен, перевод в растворимое состояние:



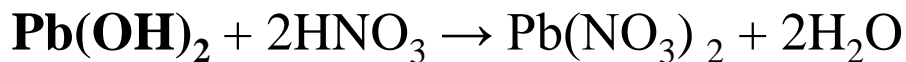
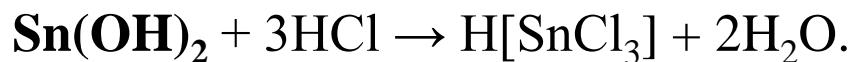
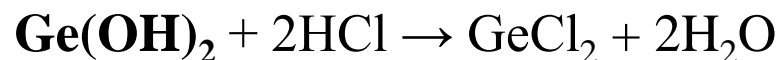
PbO_2 - неустойчив, сильный окислитель $E^\circ(\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}) = 1.46\text{В}$



5. ГИДРОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Амфотерность гидроксидов (II) - $x\text{MeO} \cdot y\text{H}_2\text{O}$.



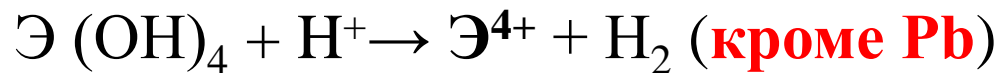
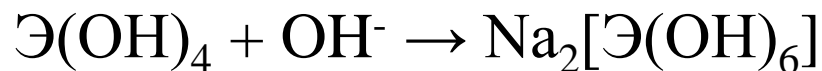
5. ГИДРОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Амфотерность гидроксидов (IV) – $x\text{MeO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$.

_____ ($x\text{PbO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$ неизвестны)

В общем виде:



СОЛИ

Все соединения Pb^{+4} – сильные окислители!



5. ГИДРОКСИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb



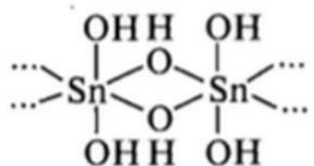
ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

Оловянные кислоты

$\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
 α - оловянная кислота

легко
растворяется
в кислотах и
щелочах

Получение:

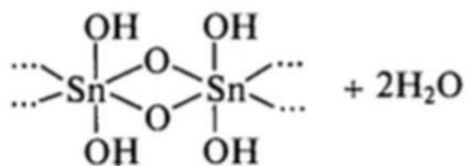
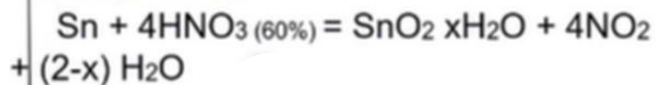


$\alpha\text{-H}_2\text{SnO}_3$

$\text{SnO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
 β - оловянная кислота

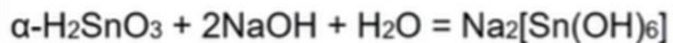
НЕ
растворяется
в кислотах и
щелочах

Получение:



$\beta\text{-H}_2\text{SnO}_3$

Амфотерность:



6. СОЛИ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Соли угольной кислоты

CaCO_3 - известняк, мел, мрамор

Na_2CO_3 – кальцинированная сода

NaHCO_3 – питьевая сода

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ – кристаллическая сода

K_2CO_3 – поташ

6. СОЛИ:

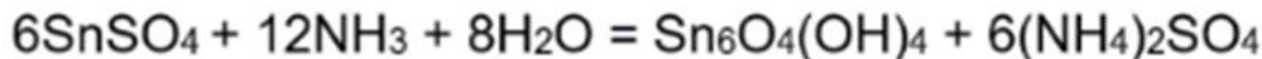
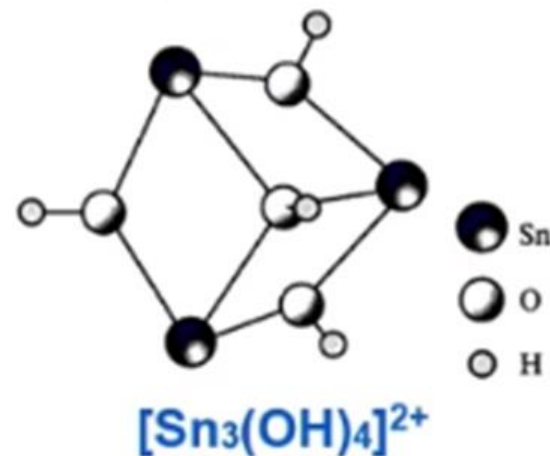
C, Si, Ge, Sn, Pb

Pb^{2+} : растворимы в воде только $Pb(NO_3)_2$; $Pb(CH_3COO)_2$; $Pb(ClO_4)_2$

В растворе - сильный гидролиз:

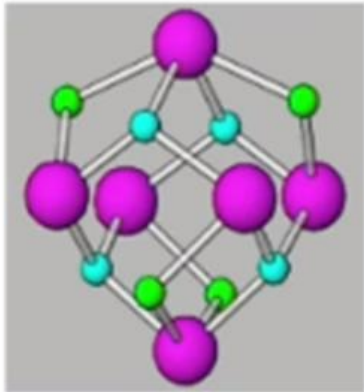


в действительности: $[Sn(H_2O)_2(OH)]^+$;
 $[Sn_2(H_2O)_4(OH)_2]^{2+}$; $[Sn_3(OH)_4]^{2+}$

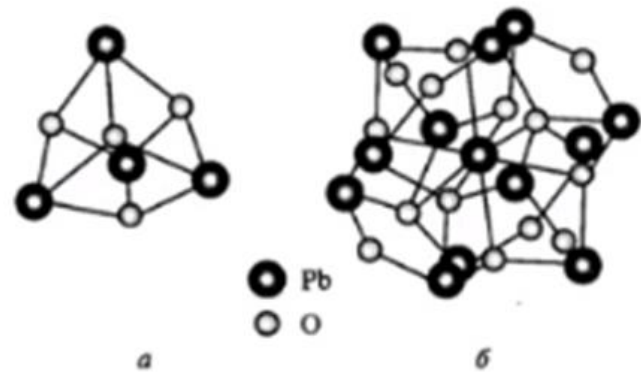


6. СОЛИ:

C, Si, Ge, Sn, Pb



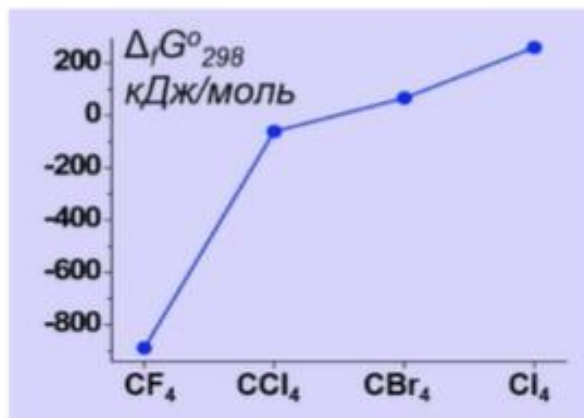
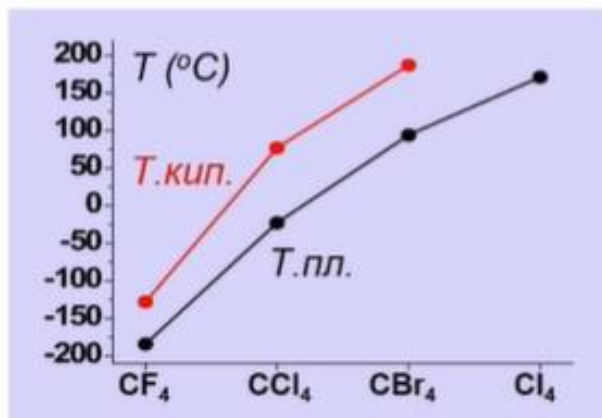
аналогично Pb^{2+} :



7. ГАЛОГЕНИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

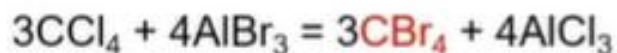
	CF ₄	CCl ₄	CBr ₄	Cl ₄
Т.пл., °С	-184	-23	94	171 (разл)
Т.кип., °С	-128	77	187	—
d(C-X), пм	136	176	194	215
$\Delta_f G^\circ_{298}$ кДж/моль	-888	-61	67	260



7. ГАЛОГЕНИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

Получение:



Свойства:

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

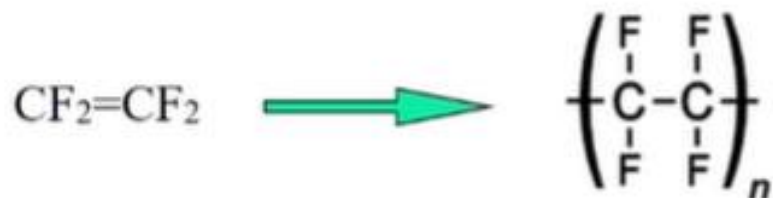
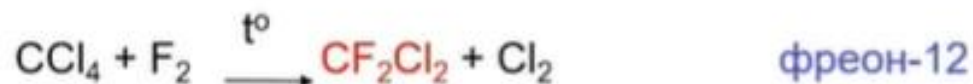
7. ГАЛОГЕНИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

4. CCl₄ – хлорирующий агент



5. Смешанные галогениды



политетрафторэтилен
(тефлон)

7. ГАЛОГЕНИДЫ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

SiF_4 т.субл. -95°C	GeF_4 т.субл. -37°C	SnF_4 т.субл. 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	— ●

ПРИМЕНЕНИЕ:

C, Si, Ge, Sn, Pb

- ✓ **C** - как восстановитель в металлургии
- ✓ **Графит** в атомной энергетике, в электротехнике
- ✓ **Si** - в радиоэлектронике, в электротехнике, оптике, входит в состав сплавов и др.
- ✓ **SiC** - в полупроводниках, абразивный материал
- ✓ **SiO₂** - кварцевое стекло
- ✓ **GeO₂** - в полупроводниках, в оптических стеклах
- ✓ **Sn** - в сплавах, в белой жести для консервной промышленности
- ✓ **Pb** - в аккумуляторах, в кабельной и хим. промышленности, в типографских сплавах, как защитное покрытие от облучения
- ✓ **PbO₂** - в производстве красок и хрусталя



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХ

«Р-ЭЛЕМЕНТЫ IV ГРУППЫ. ХИМИЯ УГЛЕРОДА»

Лектор: К.Т.Н., Мачехина Ксения Игоревна

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MACHEKHINAKSU>

Email: macekhinaKsu@tpu.ru

2 корпус ТПУ 212 аудитория

ВОПРОСЫ

