

Образовательный центр «Сириус»

# IV Химическая образовательная программа

В апрельской химической образовательной программе принял участие 151 школьник 8 - 10 класса из 48 регионов России. Обучение и методическое сопровождение смены осуществляли преподаватели, аспиранты, студенты Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и сотрудники Центра педагогического мастерства. В проведении смены участвуют представители Казанского федерального университета и Художественно-промышленной академии имени С.Г. Строганова.

Ключевой целью программы стала подготовка школьников к олимпиадам высокого уровня. На теоретических и практических занятиях школьники узнавали новое о любом ими предмете, осваивали методы и приемы решения олимпиадных задач, совершенствовали навыки экспериментальной работы с веществами. Помимо традиционного практикума часть ребят участвовала в выполнении практико-ориентированных задач, в том числе и с межпредметным содержанием.

Образовательный  
центр «Сириус»

IV Химическая  
образовательная  
программа  
1 апреля –  
24 апреля  
2019

Издание подготовлено  
при поддержке  
образовательного  
центра «Сириус»

**Главные редакторы:**

Андрей Дроздов  
Вадим Ерёмин

**Редакторы:**

Булат Курамшин

**Дизайн-макет:**

Святослав Сайко

**Вёрстка:**

Святослав Сайко

**Фотографы:**

Фото «Сириус»

**Авторы статей:**

Максим Андреев  
Игорь Дмитриев  
Андрей Дроздов  
Вадим Ерёмин  
Андрей Кобелев  
Булат Курамшин  
Вадим Трефилов  
Диляра Хайбрахманова  
Наталия Хлебцевич

## 6 Мы в Сириусе

- 7 A 1.1 Вступительное слово
- 11 A 2.1 Менделеев: Путь к закону  
(Об истории открытия Периодического закона)
- 20 A 2.2 Статистика смены
- 22 A 2.3 Сириус – это мы!

## 24 Теория

- 25 B 1.1 О 55-й Всероссийской олимпиаде  
школьников по химии
- 35 B 2.1 Задачи

## 43 Практикум

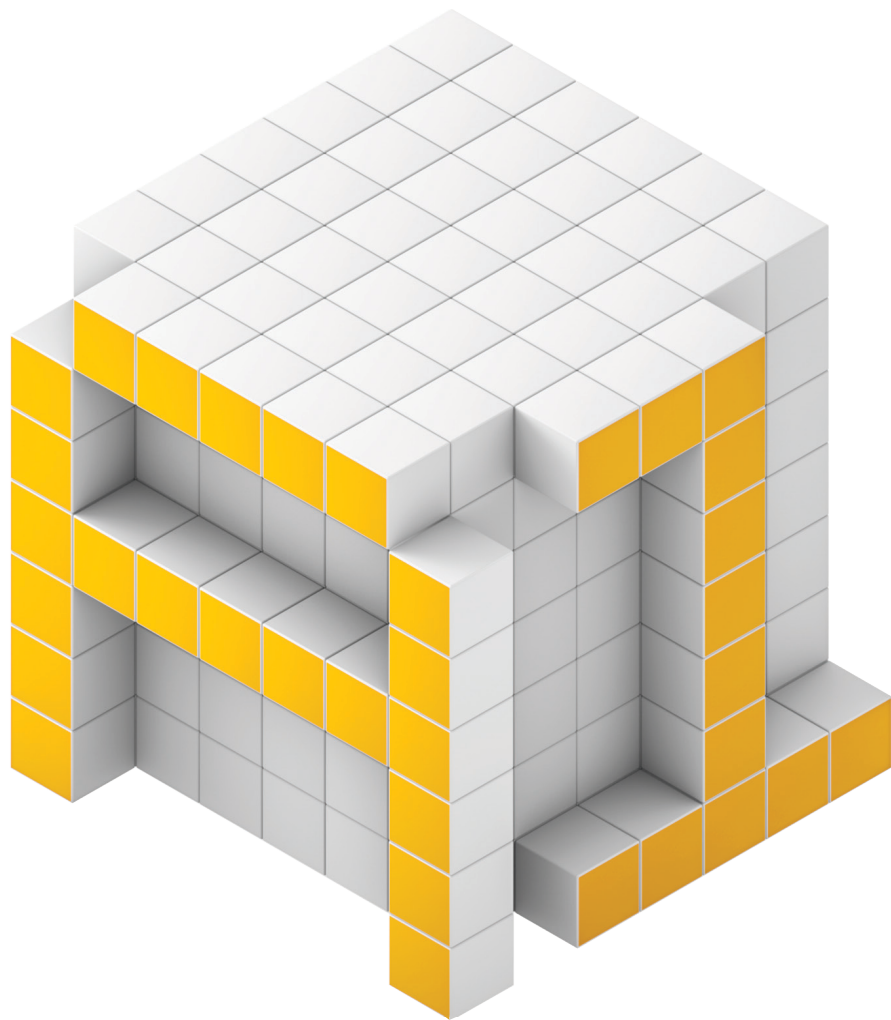
- 44 C 1.1 Практикум. Химия золота
- 47 C 2.1 Образование наночастиц в стеклах путем  
ионного обмена (протравное окрашивание)

## 54 Керамика

- 55 D 1.1 Художественные и технологические особенности  
живописи глазурями в художественной керамике

## 62 Менделеев на почтовых марках мира

- 63 E 1.1 Менделеев на почтовых марках мира
- 72 E 2.1 Филателистическая система химических  
элементов Д. И. Менделеева



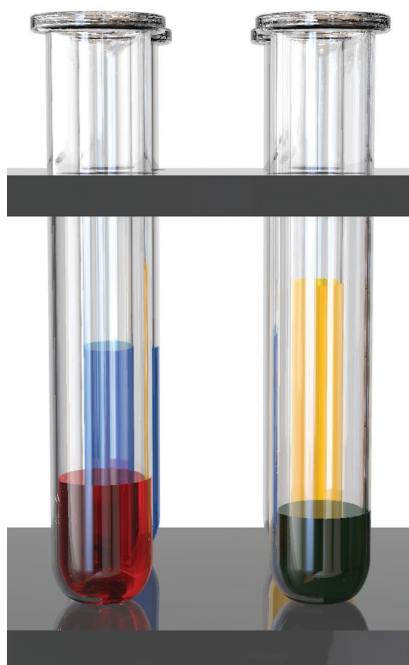
## А 1.1

## Вступительное слово

Дроздов Андрей Анатольевич, руководитель IV химической образовательной программы, доцент МГУ имени М. В. Ломоносова, кандидат химических наук

Ерёмин Вадим Владимирович, руководитель IV химической образовательной программы, профессор МГУ имени М.В.Ломоносова, доктор физико-математических наук

### Дорогие друзья и коллеги!



Мы рады приветствовать Вас на IV Химической образовательной программе в Сириусе. Нам очень приятно вместе с Вами встретить первые теплые дни весны. При отборе на эту смену мы учитывали Ваши олимпиадные достижения, в первую очередь призовые места на региональном этапе Всероссийской олимпиады школьников по химии. Благодаря введенному ограничению на число участников от одного региона, нам удалось достичь широкого территориального охвата. Среди 151 школьников, участвующих в Образовательной программе, есть жители всех Федеральных округов Российской Федерации. Некоторые из Вас приехали в Сириус из самых отдаленных уголков нашей Родины. Приехали, чтобы учиться, улучшить свои знания по химии, поднять их на еще более высокий уровень. На смене вместе с Вами трудятся опытные педагоги, многие из которых в прошлом также добились больших успехов в химических олимпиадах. Это преподаватели, аспиранты и студенты Химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Казанского (Приволжского) федерального университета, сотрудники Центра Педагогического мастерства (Москва). В реализации практико-ориентированных задач участвовали представители кафедры художественной керамики Художественно-промышленной Академии имени С.Г. Строганова. Впервые в истории наших смен несколько практических занятий со школьниками провели школьные учителя – слушатели курсов повышения квалификации, прошедшие конкурсный отбор. Надеемся, что такая практика, позволяющая перенести опыт Сириуса в региональные образовательные центры, станет традиционной.

В журнале, который Вы держите в руках, мы постарались отразить все самое интересное, что было на смене. Многие его рубрики уже стали традиционными. Листая его страницы, Вы мысленно побываете на лекциях, выполните опыты практикума, узнаете о практическом применении химических знаний и о связи химии с жизнью. Ну и конечно вспомните те апрельские дни, которые мы провели вместе с Вами в Сириусе.

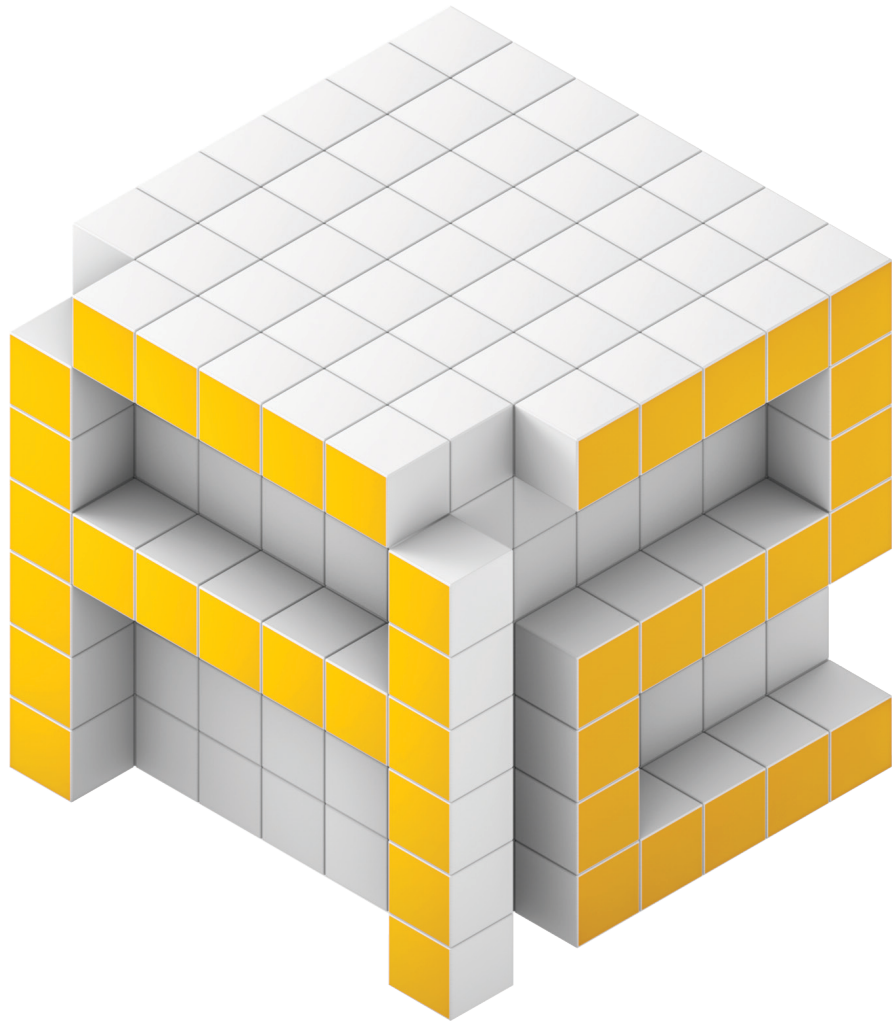
Этот год для нас особый. 150 лет назад Дмитрий Иванович Менделеев открыл Периодический закон – один из фундаментальных законов естествознания. Этому событию мы посвятили лекцию на смене и специальную статью, которая представлена в журнале. На страницах этого издания Вы найдете и оригинальную Периодическую таблицу, которая показывает химические элементы в новом свете.

**Успехов Вам в химии, новых олимпиадных побед! И до новых встреч!**









## А 2.1

## Менделеев: Путь к закону (Об истории открытия Периодического закона)

Дмитриев Игорь Сергеевич, доктор химических наук,  
заведующий Музеем-архивом Д. И. Менделеева СПбГУ



Д. И. Менделеев (1869).

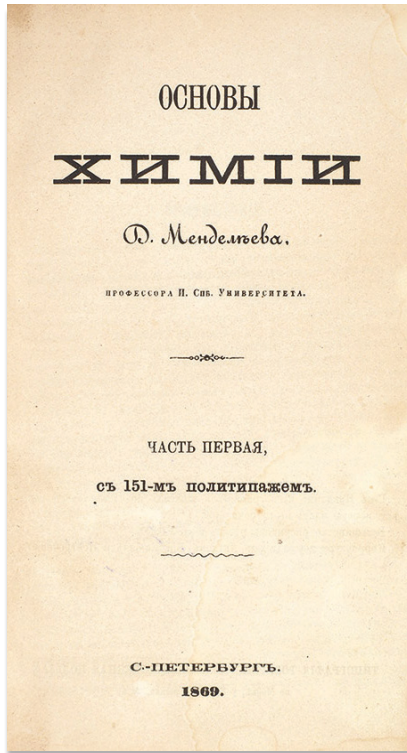
18 октября (ст. ст.) 1867 года тридцатитрехлетний профессор Санкт-Петербургского университета Дмитрий Иванович Менделеев был переведен с кафедры технической химии на кафедру химии (или общей химии, как он ее называл) в звании ординарного профессора, поскольку бывший профессор (т. е. заведующий) этой кафедры – А. А. Воскресенский – уехал попечителем учебного округа в Харьков. Тогда же, в октябре, Менделеев начал читать лекции по неорганической химии для студентов I курса физико-математического факультета. Этот курс он читал ежегодно вплоть до своего ухода из университета в 1890 году. Его общая педагогическая нагрузка – в среднем пять лекционных часов в неделю (лекционный час тогда составлял 60 мин).

Естественно, Дмитрию Ивановичу надо было рекомендовать студентам какой-то учебник. Однако ничего подходящего он не нашел, и тогда решил написать свой, который назвал «Основы химии». «...Мое сочинение, – писал Менделеев, – не есть учебник: это, скорее, изложение целой совокупности моих воззрений, часть которых вошла потом в мемуары, много раз публиковавшиеся. Сам я, в изложении своих лекций, его не придерживаюсь»:

Первый выпуск «Основ» был опубликован в конце мая или в начале июня 1868 года. Видимо, Менделеев писал его зимой 1867/68 годов. Летом 1868 года он работал над вторым выпуском своего учебника, печатание которого было закончено в марте 1869 года. Именно в процессе работы над «Основами» Менделеев открывает Периодический закон.

Его первая статья об этом законе начиналась словами: «систематическое распределение элементов подвергалось в истории нашей науки многим разнообразным превратностям». Это так. Но об одном Дмитрий Иванович умалчал: проблема «систематического распределения элементов» была для научного сообщества сугубо маргинальной, а то и просто недостойной внимания серьезного

# A 2.1



Д. И. Менделеев «Основы химии». 1-е издание. Первая часть. СПб., 1869.

ученого. К примеру, когда один из предшественников Менделеева – Джон Ньюлендс – представил Лондонскому Химическому обществу свой вариант классификации элементов (так называемый «закон октав»), один из присутствующих заметил: «а не пытался ли он [Ньюлендс] расположить элементы по алфавиту? Ведь любое расположение их может представлять случайные совпадения (*occasional coincidences*)».

Таким образом, Менделеев взялся за тему, которая в то время не только не представлялась актуальной, но и вызывала насмешки. Но он все-таки решил всерьез заняться проблемой классификации элементов.

«Первая проба, сделанная в этом отношении, была следующая: я отобрал тела с наименьшим атомным весом и расположил их по порядку величины их атомного веса. При этом оказалось, что существует как бы период свойств простых тел, и даже по атомности элементы следуют друг за другом в порядке арифметической последовательности величины их пая:

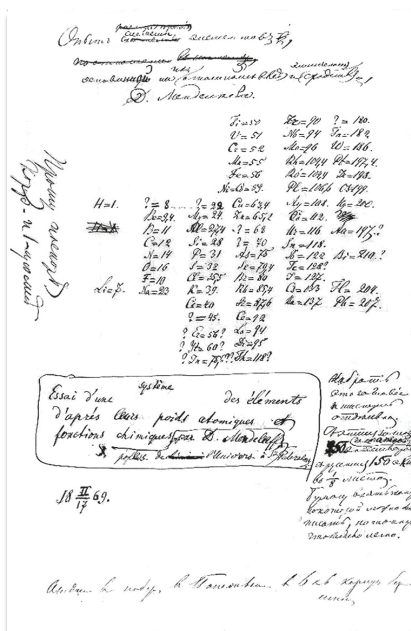
- Li=7; Be=9,4; B=11; C=12; N=14; O=16; F=19
- Na=23; Mg=24; Al=27,4; Si=28; P=31; S=32; Cl=35,5
- K=39; Ca=40; - Ti=50; V=51: -».

Уже при рассмотрении легких элементов (с атомными весами от 1 до 40) Менделеев пришел к важным предположениям:

Естественная система элементов Д. Менделеева.

	Группа I. R'O	Группа II. R'O или RO	Группа III. R'O	Группа IV. R'O или RO	Группа V. R'O	Группа VI. R'O или RO	Группа VII. R'O	Группа VIII. (переводъ въ I)	I=1 HX		
Таблиц.	H=1 H <sup>o</sup> , NH, HCl, HN, H <sup>c</sup> , ROH			RH'	RH'	RH'	RH				
Рядъ 1.	Li=7 LiCl, LiOH, Li <sup>o</sup> , LiX, Li <sup>c</sup> CO <sup>2</sup>	Be=9,4 Be <sup>c</sup> Al <sup>o</sup> Si <sup>o</sup> NO <sup>2</sup> , Be <sup>c</sup> Al <sup>o</sup> Si <sup>o</sup> NO <sup>2</sup>	B=11 BCl, B <sup>o</sup> OH, BN, B <sup>c</sup> Na <sup>o</sup> CO <sup>2</sup> BF <sup>2</sup>	C=12 CH <sup>c</sup> CH <sup>o</sup> HO <sup>2</sup> , CO, COCO <sup>2</sup> M <sup>2</sup>	N=14 NH <sup>c</sup> NH <sup>o</sup> Cl, N <sup>o</sup> O, NO, NO <sup>c</sup> GNM <sup>2</sup>	O=16 OH <sup>o</sup> CO <sup>2</sup> CO <sup>2</sup> , OM <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , HO <sup>c</sup>	F=19 FH, HF, SF <sup>2</sup> , CaF <sup>2</sup> K <sup>2</sup> HF <sup>2</sup>	Cl=35,5 (H, Cl, Cl <sup>c</sup> , Cl <sup>o</sup> , ClOH, Cl <sup>o</sup> H, AgCl <sup>2</sup> )			
Рядъ 2.	Na=23 NaCl, NaHO, Na <sup>o</sup> O, Na <sup>c</sup> SO <sup>2</sup> Na <sup>c</sup> CO <sup>2</sup>	Mg=24 MgCl, MgO, MgCO <sup>2</sup> , Mg <sup>c</sup> SO <sup>2</sup> Mg <sup>c</sup> NH <sup>o</sup> CO <sup>2</sup>	Al=27,3 Al <sup>c</sup> OHAl <sup>o</sup> CO <sup>2</sup> , KAIS <sup>o</sup> O <sup>2</sup> 12H <sup>o</sup> O	Si=28 SiH <sup>c</sup> SiCl <sup>o</sup> SiH <sup>o</sup> PF <sup>2</sup> , KAIS <sup>o</sup> O <sup>2</sup> SiO <sup>2</sup>	P=31 PH <sup>c</sup> PCl <sup>o</sup> PCl <sup>o</sup> , P <sup>o</sup> PO <sup>2</sup> Ca <sup>c</sup> P <sup>o</sup> O <sup>2</sup>	S=32 SH <sup>c</sup> SM <sup>o</sup> SM <sup>o</sup> , SO <sup>2</sup> SO <sup>2</sup> NH <sup>o</sup> SO <sup>2</sup>	Fe=56 Fe <sup>c</sup> O, Fe <sup>o</sup> SO <sup>2</sup> , FeK <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>	Co=59 CoX <sup>c</sup> CoX <sup>o</sup> , CoX <sup>c</sup> SO <sup>2</sup>	Ni=58 NiX <sup>c</sup> NO, CoX <sup>c</sup> CoX <sup>o</sup> OH, NiSO <sup>2</sup> HO	Cu=63 CuX <sup>c</sup> CoX <sup>o</sup> OH, Cu <sup>o</sup> O, Cu <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , CuK <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>	
Рядъ 3.	K=39 KCl, KOH, K <sup>o</sup> O, KNO <sup>2</sup> K <sup>c</sup> PCl <sup>o</sup> K <sup>c</sup> SiF <sup>2</sup>	Ca=40 CaSO <sup>2</sup> Ca <sup>c</sup> HSO <sup>2</sup> , CaCl <sup>2</sup> Ca <sup>o</sup> CaCO <sup>2</sup>	Zn=65 ZnCl <sup>2</sup> ZnO, ZnCO <sup>2</sup> , ZnSO <sup>2</sup> ZnEt <sup>2</sup>	Ti=48,60 TiCl <sup>2</sup> TiO <sup>2</sup> HO <sup>2</sup> , FeTiO <sup>2</sup> LiOS <sup>2</sup>	V=51 VOCl <sup>2</sup> VO <sup>2</sup> VO <sup>2</sup> , PbV <sup>o</sup> O <sup>2</sup> VO <sup>2</sup>	Cr=52 CrCl <sup>2</sup> Cr <sup>2</sup> Cr <sup>2</sup> O <sup>2</sup> , CrO <sup>2</sup> K <sup>c</sup> Cr <sup>2</sup> Cr <sup>2</sup> O <sup>2</sup>	Mn=55 Mn <sup>c</sup> O, MnK <sup>2</sup> O <sup>2</sup> , MnCl <sup>2</sup> MnO, MnO <sup>2</sup>	Br=80 BeH, BeV, Br <sup>o</sup> M, BrAg	Co=59 CoX <sup>c</sup> CoX <sup>o</sup> , CoX <sup>c</sup> SO <sup>2</sup>	Ni=58 NiSO <sup>2</sup> HO	Cu=63 Cu <sup>o</sup> O, Cu <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , CuK <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>
Рядъ 4.	Rb=85 RbCl, RbOH, Rb <sup>c</sup> PCl <sup>2</sup>	Sr=87 SrCl <sup>2</sup> SrO, Sr <sup>c</sup> CO <sup>2</sup> , SrSO <sup>2</sup> SrCO <sup>2</sup>	Zr=90 ZrCl <sup>2</sup> ZrO <sup>2</sup> ZrX <sup>2</sup> , Zr <sup>c</sup> HO <sup>2</sup>	Nb=94 NbCl <sup>2</sup> Nb <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , Nb <sup>o</sup> O <sup>2</sup> NbOK <sup>2</sup> F <sup>2</sup>	Mo=96 MoCl <sup>2</sup> MoSO <sup>2</sup> MoO <sup>2</sup> , M <sup>c</sup> Mo <sup>o</sup> O <sup>2</sup> M <sup>o</sup> Mo <sup>o</sup>	Ru=104 RuO <sup>2</sup> RuCl <sup>2</sup> , RuO <sup>2</sup> RuCl <sup>2</sup>	Rh=104 RhCl <sup>2</sup> RhCl <sup>2</sup> , Rh <sup>o</sup> RhX <sup>2</sup>	Pd=106 PdH, PdO, Pd <sup>c</sup> SO <sup>2</sup> AgX	Ag=108 AgCl, Ag <sup>o</sup> Ag <sup>o</sup> , AgK <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>		
Рядъ 5.	Ag=101 AgX, AgCl	Cd=112 CdCl <sup>2</sup> CdO, CdS <sup>2</sup> , CdSO <sup>2</sup>	In=113 InCl <sup>2</sup> In <sup>o</sup> O <sup>2</sup>	Sn=118 SnCl <sup>2</sup> SnCl <sup>2</sup> SnO <sup>2</sup> , SnX <sup>c</sup> SnX <sup>o</sup> O <sup>2</sup>	Sb=122 SbCl <sup>2</sup> SbCl <sup>2</sup> Sb <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , Sb <sup>o</sup> O <sup>2</sup> Sb <sup>o</sup> SOX	Te=125 (125?) TeH <sup>2</sup> TeCl <sup>2</sup> TeO <sup>2</sup> , Te <sup>o</sup> M <sup>2</sup> TeM <sup>2</sup>	I=127 IH, IAg, IHO, IHO <sup>2</sup> Icl <sup>2</sup> Icl				
Рядъ 6.	Cs=133 CsCl, CsOH, Cs <sup>c</sup> PCl <sup>2</sup>	Ba=137 BaCl <sup>2</sup> Ba <sup>o</sup> O <sup>2</sup> BaO, BaSO <sup>2</sup> BaSiF <sup>2</sup>	Ce=140 (138) CeCl <sup>2</sup> Ce <sup>o</sup> O <sup>2</sup> CeO <sup>2</sup> , CeX <sup>c</sup> CeX <sup>o</sup> CeK <sup>2</sup> X <sup>2</sup>								
Рядъ 7.	153	158	160	162	164	166	168	150	151	152	155
Рядъ 8.	175	177	178 = Er (169) Er <sup>o</sup> O <sup>2</sup> ErX <sup>2</sup>	180 = Dy (187) Dy <sup>o</sup> O <sup>2</sup> DyX <sup>2</sup>	182 TaCl <sup>2</sup> Ta <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , Ta <sup>c</sup> PCl <sup>2</sup> Ta <sup>o</sup> O <sup>2</sup>	184 WCl <sup>2</sup> WCl <sup>2</sup> WO <sup>2</sup> , K <sup>c</sup> WO <sup>2</sup> NWO <sup>2</sup>	190	199 <sup>2</sup> Os <sup>o</sup> O <sup>2</sup> Os <sup>o</sup> H <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , OsCl <sup>2</sup> OsCl <sup>2</sup> Os <sup>c</sup> K <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>	198 <sup>2</sup> Ir <sup>c</sup> Cl <sup>2</sup> IrCl <sup>2</sup> , IrCl <sup>2</sup> Ir <sup>o</sup> O <sup>2</sup>	197 <sup>2</sup> PtCl <sup>2</sup> PtO <sup>2</sup> , PtCl <sup>2</sup> PtK <sup>2</sup> X <sup>2</sup> , PtK <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>	197 <sup>2</sup> AuCl <sup>2</sup> AuCl, Au <sup>o</sup> O <sup>2</sup> Au <sup>o</sup> O <sup>2</sup> , AuK <sup>2</sup> Cy <sup>2</sup>
Рядъ 9.	Au=197 AuX, AuX <sup>2</sup>	Hg=200 HgCl <sup>2</sup> Hg <sup>o</sup> HO <sup>2</sup> , HgO, HgX <sup>c</sup> HgO	Tl=204 TlCl <sup>2</sup> Tl <sup>o</sup> O <sup>2</sup> TlO <sup>2</sup> , TlSO <sup>2</sup> TlCl <sup>2</sup>	Pb=207 PbCl <sup>2</sup> Pb <sup>o</sup> O <sup>2</sup> PbO <sup>2</sup> , PbX <sup>c</sup> PbSO <sup>2</sup> PbK <sup>2</sup> O <sup>2</sup>	Bi=208 BiCl <sup>2</sup> Bi <sup>o</sup> HO <sup>2</sup> PH <sup>2</sup> , BX <sup>c</sup> BiHO <sup>2</sup> BiO <sup>2</sup> (HO <sup>2</sup> )	210	212				
Рядъ 10.	220	225	227	231 ThCl <sup>2</sup> ThO <sup>2</sup> , ThX <sup>c</sup> Th <sup>o</sup> SO <sup>2</sup>	235	240 UCl <sup>2</sup> UO <sup>2</sup> X <sup>2</sup> , UO <sup>2</sup> U <sup>o</sup> O <sup>2</sup>	245	246	248	249	250

Естественная система химических элементов Д. И. Менделеева (опубликована в феврале 1871 года, датирована 29 ноября 1870 года, доложена на заседании РХО 3 декабря 1870 года; все даты по ст. ст.).



Беловой рукописный вариант «Опыта системы элементов» с датой: 17 февраля (ст. ст.) 1869 года.

**ОПЫТ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВ,  
ОСНОВАННОЙ НА ИХ АТОМНОМ ВЕСЕ  
И ХИМИЧЕСКОМ СХОДСТВЕ**

	Ti = 50	Zr = 60	? = 180.		
	V = 51	Nb = 94	Ta = 182.		
	Cr = 52	Mo = 96	W = 186.		
	Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4		
	Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198.		
	Ni = Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199.		
	Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.		
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	Au = 197?
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	U = 116	
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 78,4	Te = 128	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204.
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207.
		? = 45	Co = 92		
	? Er = 56	La = 94			
	? Yt = 60	Di = 95			
	? In = 75,6	Th = 118?			

Д. Менделеев.

Один из листков с «Опытом системы элементов», отпечатанных в типографии и разосланных Менделеевым в марте 1869 года.

1. «Не выражаются ли свойства элементов в их атомном весе, нельзя ли на нем основать систему?»;
2. При расположении элементов в порядке возрастания их атомных весов наблюдается «как бы период свойств». Тем самым он если и не предложил (пока!) полную формулировку Периодического закона, то, по крайней мере, ухватил его суть – периодический характер изменения свойств элементов с изменением их атомных весов, и все дальнейшие его действия были направлены на проверку этой пока еще гипотезы;
3. Нельзя ли построить систему элементов из структурных блоков следующего вида:

**щелочные – промежуточные элементы – галогены  
металлы «с менее резким химическим  
характером»**

Его замысел был замечательным, но реализовать его было непросто. После долгих мучений Менделеев создал вариант системы, который с несвойственной ему скромностью назвал «Опыт (т. е. попыткой создания. – И. Д.) системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве» (далее сокр. «Опыт»). На рукописном листке с «Опытом» рукою Дмитрия Ивановича проставлена дата: 17 февраля 1869 года (по ст. ст.).

Составление «Опыта» и написание статьи «Соотношение свойств с атомным весом элементов» подвели черту под важным этапом работы Менделеева по созданию рациональной систематики элементов. Теперь он был уверен, что:

- атомный вес является одним из важнейших параметров, определяющих коренные свойства элементов и потому «распределение элементов по атомному их весу не противоречит естественному сходству, существующему между элементами, а напротив того, прямо на него указывает»;
- существующее «между естественными свойствами элементов и величиной их атомного веса» некоторое «точное отношение» имеет периодический характер в том смысле, что «элементы, расположенные по величине их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств».

Менделеев к 17 февраля 1869 года понял главное – характер той фундаментальной зависимости, которая связывает между собой все химические элементы. Он догадывался, что свойства элемен-

тов определяются не одной лишь величиной их атомного веса, но и другими факторами. Поэтому он и написал, что «величина атомного веса определяет природу элемента настолько же, насколько вес частицы определяет свойства и многие реакции сложного тела».

Включив «Опыт» в первую часть «Основ» и в статью «Соотношение свойств» (не считая отдельных листков с таблицей, отпечатанных для рассылки коллегам), Менделеев затем больше никогда его не публиковал. В статье «Об атомном объеме простых тел» Менделеев оперировал не с «Опытом», но с короткой формой системы. Она во многих отношениях точнее «Опыта», хотя проблема расположения платиновых элементов здесь до конца еще не решена. Кроме того, в этой таблице учтено только 49 элементов, причем нет многих важных: таллия, висмута, индия, ртути и др.

Только в статье «О месте церия в системе элементов», представленной Физико-математическому отделению СПб Академии наук академиком Н. Н. Зининым и адъюнктом А. М. Бутлеровым на заседании 24 ноября 1870 года и опубликованной на немецком языке в «Бюллетенях» Академии, Менделеев приводит таблицу, озаглавленную просто и кратко «Система элементов», которая стала прообразом известной сегодня короткой формы системы, и которую Менделеев в другой статье назвал «Естественной системой химических элементов» (1870). Эта статья датирована 29 ноября 1870 года. Хотя Менделеев работал над ней одновременно со статьей «О месте церия», графическое выражение Периодического закона, представленное в «Естественной системе», является более совершенным и зрелым. Оно было включено Менделеевым во вторую часть первого издания «Основ химии» (1871). К концу 1870 года Дми-



Книги в кабинете Д.И. Менделеева

Фрагмент личного экземпляра Менделеева «Естественной системы химических элементов» с его пометками. В левом верхнем углу перед символом водорода сделана запись о мировом эфире: «Легче всех мировой эфир в миллионы раз».

трий Иванович понял, что предельные (высшие) формы кислородных соединений и их свойства определяются не «самими свойствами кислорода» и наличием «границы O<sup>4</sup>», т. е. особо устойчивой группировки из четырех кислородных атомов (например, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ~ H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>; HClO<sub>4</sub> ~ HMnO<sub>4</sub> и т. д.), но «состоянием», т. е., в конечном счете, природой элемента, находящегося в его высших кислородных соединениях.

В день создания «Опыта» (17 февраля (ст. ст.) 1869 года) Менделеев должен был ехать в Тверскую губернию обследовать сыроварни Н. В. Верещагина (брата известного художника-баталиста). Однако открытие Периодического закона вынудило его отложить поездку на 12 дней, чтобы закончить статью «Соотношение свойств с атомным весом элементов». Когда статья была написана, Менделеев передал рукопись своему коллеге и другу Н. А. Меншуткину для публикации в «Журнале русского химического общества» и для сообщения о своем открытии на предстоящем заседании этого общества, а сам отправился 1 марта (по ст. ст.) в Тверскую губернию, на сыроварни. Меншуткин просьбу Менделеева исполнил и 6 марта (ст. ст.) сделал от имени последнего

сообщение о Периодическом законе (реакции, естественно, никакой, если не считать сказанных позднее слов акад. Н. Н. Зинина «Дмитрий Иванович, пора заняться, работать...»).

Вернувшись 12 марта из командировки, Менделеев поинтересовался у Меншуткина, как прошло заседание и тот, как я предполагаю, сообщил, что один из присутствовавших, Ф. Н. Савченков, вспомнил, что недавно английский химик У. Одлинг опубликовал похожую таблицу элементов. Вполне возможно, что это сообщение натолкнуло Менделеева на мысль отпечатать сотни полторы листов с «Опытом» и разослать их российским и иностранным химикам. Листки были отпечатаны около 17 марта, 100 экземпляров с русским заглавием и 50 – с французским. Французский заголовок включал имя Менделеева и даже указание места его работы – Санкт-Петербургский университет. Уже в конце марта 1869 года французский вариант «Опыта» был опубликован в немецком издании: в «Журнале практической химии» (французское заглавие было при этом полностью переведено на немецкий язык).

Многих историков удивляло поведение Менделеева в марте 1869 года – почему он не воспользовался случаем лично сообщить в Русском химическом обществе о своем открытии, а поручил это сделать Меншуткину? Допустим, тяга к артельным сыроварням оказалась непреодолимой, но можно было выступить по возвращении из Тверской губернии. Менделеев же, вернувшись из поездки 12 марта, 20 марта выступает в Вольном экономическом обществе с докладом... об артельном сыроварении. 10 апреля он вновь выступает публично там же, на этот раз с сообщением о доходности молочного скотоводства и о результатах анализа почв с опытных полей. Создается впечатление, что сельскохозяйственные проблемы волновали его по крайней мере не меньше, чем химические.

Но если вдуматься, ничего удивительного здесь нет. «Опыт» определенно не удовлетворял Дмитрия Ивановича, поскольку был не «естествен-

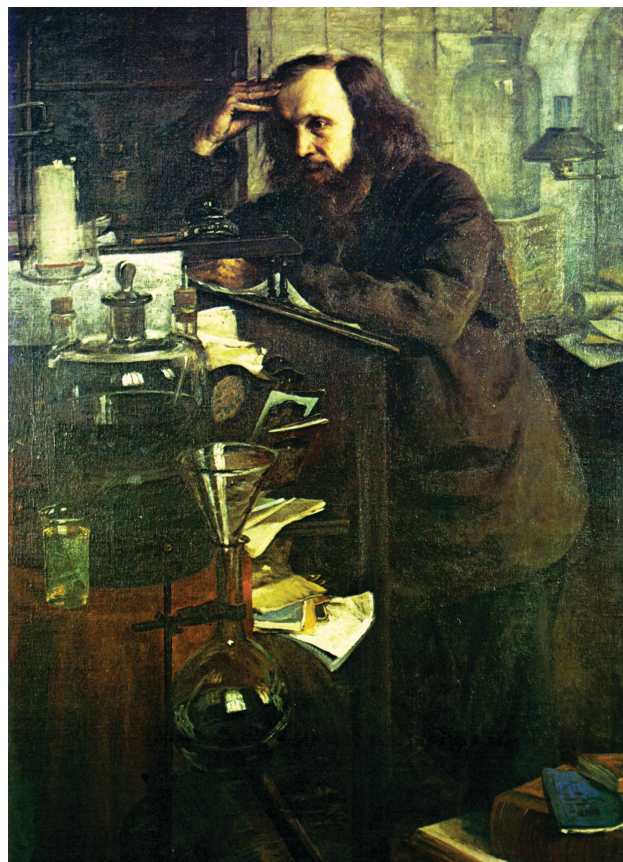
ным», а компромиссным вариантом системы элементов. Не забывал он и о весьма прохладном отношении многих его коллег-химиков к чисто теоретическим и особенно к таксономическим работам. Поэтому, учитывая все эти обстоятельства, Менделеев не торопился выступить с докладом о своем открытии. Но и медлить с публикацией он не мог, хотя бы потому, что вопросами систематики элементов занимались в то время многие. В этой ситуации Менделеев избрал единственно правильную тактику: поскольку доклад в Русском химическом обществе нужен был ему лишь для публикации статьи в «Журнале» Общества, то его друг Меншуткин, отвечавший за издание «Журнала», представлялся в качестве докладчика наиболее подходящей фигурой.

«Минуточку, – непременно остановит меня здесь иной разочарованный читатель, – а где же эпизод “сон Менделеева”?» О том, что Периодическая система приснилась Менделееву во сне впервые рассказал в своих мемуарах известный российский геолог, профессор Санкт-Петербургского университета А. А. Иностранцев, друживший с Менделеевым:

«Как-то я зашел к нему [Менделееву] по какому-то делу и застал его в превосходном настроении; он даже шутил, что было крайней редкостью. Это было вскоре после его знаменитого открытия закона периодичности элементов. Я, воспользовавшись этим благодушным настроением Д. И., обратился к нему с вопросом, что натолкнуло его на знаменитое открытие, на что он сообщил, что уже давно подозревал известную связь элементов между собой и что много и долго думал об этом. В течение последних месяцев Д. И. перепортил массу бумаги с целью отыскать в виде таблицы эту закономерность, но ничего не удавалось. В последнее время он усиленно снова занялся этим вопросом и, по его рассказу, был даже близок к этому, но окончательно все-таки ничего не выходило. Перед самым открытием закона Д. И. проводился над искомою таблицею целую ночь до утра, но в ночь ничего не вышло, он с досады бросил работу и, томимый желани-

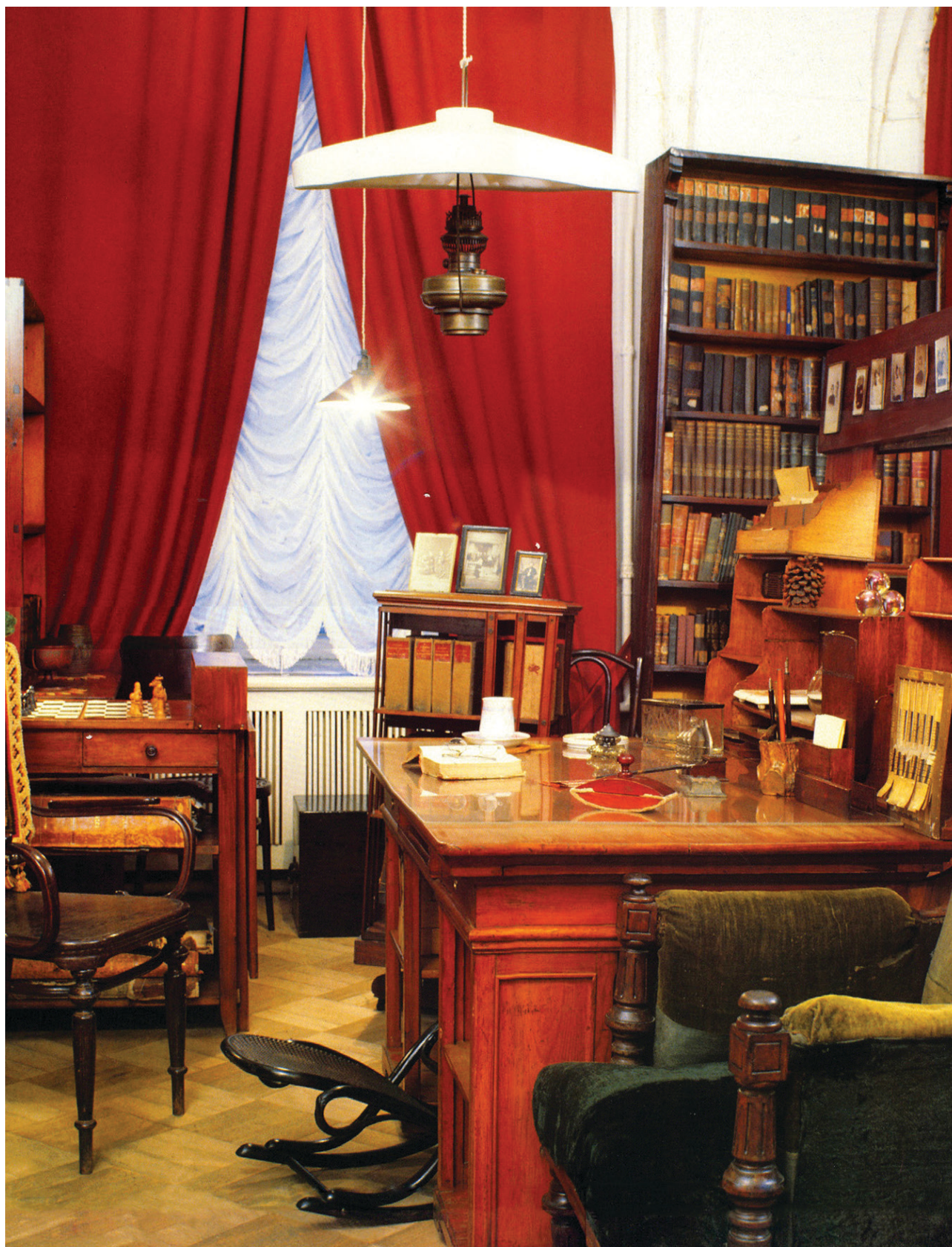
ем выспаться, тут же в рабочем кабинете, не раздеваясь, повалился на диван и крепко заснул. Во сне он увидел вполне ясно ту таблицу, которая позднее была напечатана. Даже во сне радость его была настолько сильна, что он сейчас же проснулся и быстро набросал эту таблицу на первом клочке бумаги, валявшемся на его конторке».

Почему этот рассказ А. А. Иностранцева вызывает сомнения? *Во-первых*, мемуарист работал над своими воспоминаниями в 1919 году на семьдесят шестом году жизни, т. е. спустя полвека после описываемых им событий. *Во-вторых*, и это более важно, Менделеев, который любил рассказывать окружающим различные забавные и поучительные истории из своей жизни (были и небылицы), ни разу не упоминал об этом чудесном сне. Как-то не верится, что столь колоритную подробность, касающуюся создания Периодической системы, он рассказал только одному человеку.



Д.И.Менделеев. Художник Н.А. Ярошенко, 1886.





Письменный стол в кабинете Д.И. Менделеева





## А 2.2

## Статистика смены



Экскурсия в Горки Город мне понравилась больше всего. Интересно было посмотреть на профессиональные горнолыжные склоны, прокатиться на подъемнике и поиграть в снежки, когда у подножия горы около 20°C

Лавренова Анастасия  
Башкортостан

Самое яркое впечатление – это экскурсия в Горки Город. Мы поднимались по канатной дороге, смотрели на прекрасный вид гор. Это было очень впечатляюще.

Обухова Анастасия  
Новосибирск



У нас меньше выходных, чем у других команд (физиков), поэтому пока у нас была только одна экскурсия. Мы ездили на Красную Поляну и в вольерный комплекс. На Горки-Город я полюбовался прекрасным видом гор, природы и строений, сделал множество прекрасных фотографий.

Михайленко Владимир  
Самара

A 2.2

2382

блина  
съедено

4743

впечатления  
получено

1589

тетрадных  
листов  
исписано

842

сэлфи  
сделано

456

новых друзей  
встречено

## А 2.3

## Сириус – это мы!



На игре «Что? Где? Когда?» я впервые увидела живую Бориса Белозерова. Я была очень рада, ведь до этого момента он был для меня «человеком из телевизора».

Блинкова Екатерина. Тамбов

Каждая прогулка со своей командой оставляет особое впечатление

Орешкина Евгения. Бугульма

Никогда не видела столько школьников, заинтересованных в химии в одном месте.

Денисова Диана. Красноярск

## А 2.3

## 4743 впечатления



Море вызвало во мне детский восторг

Подкорытова Дарья  
Челябинск

Сказка наяву, любовь с первого взгляда, безграничные возможности

Пискунова Ольга  
Москва



Наибольшее впечатление произвела лекция про когнитивные способности животных. Восторг.

Кудан Софья. Москва

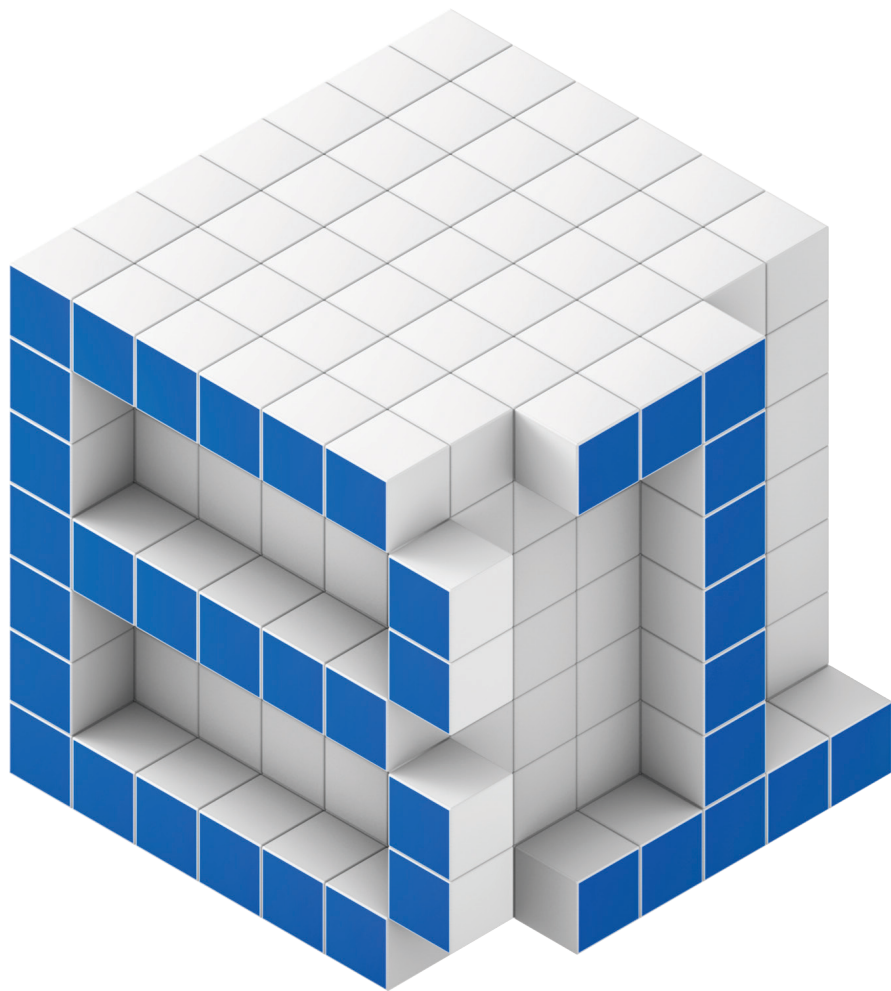
Занятия с Вадимом Владимировичем Ерёмным. Это незаменимый опыт в химической практике

Лавренова Анастасия. Башкортостан



Место, где, в отличие от дома, концентрация умных хвастунишек не равна единице

Трофимов Кирилл  
Москва

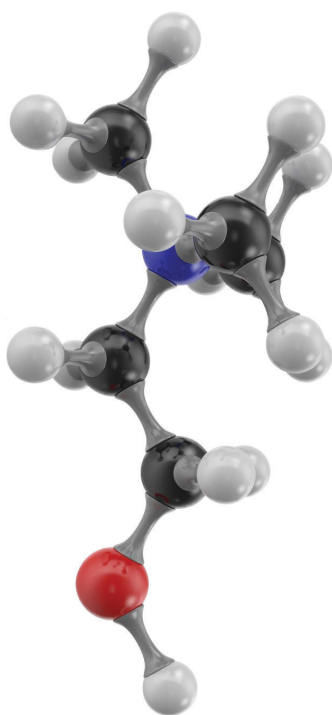




## В 1.1

## О 55-й Всероссийской олимпиаде школьников по химии

Курамшин Булат Камилевич, педагог дополнительного образования Лицея №131 г. Казани



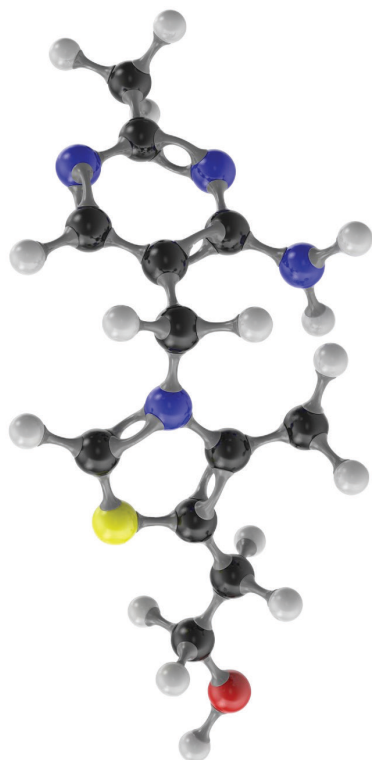
Самая масштабная, интересная и сложная олимпиада по химии в России – Всероссийская олимпиада школьников. Каждый год олимпиада проводится весной в различных городах нашей страны, собирая школьников разных регионов. Последняя, 55-я олимпиада прошла в Уфе в марте 2019 года, в ней приняло участие 230 школьников из 55 регионов России.

Заключительному этапу предшествует региональный. Он состоит из одного теоретического тура, на котором из шести предложенных задач в зачёт участнику идут 5 лучших решенных, и экспериментального тура. Максимальный балл за каждую задачу теоретического тура – 20, максимальный балл за экспериментальный тур – 40, то есть всего 140 баллов.

Для сравнения рассмотрим структуру и заключительного этапа. Он включает в себя 3 тура: первый теоретический (5 обязательных для решения задач), второй теоретический (он же «тур по выбору») и экспериментальный. Максимальный балл за каждый из теоретических туров – 100, за экспериментальный – 80. Таким образом, из всей суммы по трем турам (280 баллов) эксперимент занимает 80 баллов. То есть доля эксперимента в региональном и заключительном этапе одинакова и равна примерно 29%.

Эта доля была уравнена в 2018 году, когда роль экспериментального тура в химической олимпиаде увеличилась: на региональном этапе с 30 до 40 баллов и на заключительном – с 50 до 80. Надо сказать, что даже сейчас доля эксперимента на Всероссийской олимпиаде остается относительно небольшой: например, на региональном и заключительном этапах олимпиады по физике доля эксперимента составляет 37.5% (30 из 80), на Менделеевской олимпиаде – 32.6% (75 из 230) и, наконец, на Международной олимпиаде по химии – 40% (40 из 100)!

## В 1.1



Возможно, главной отличительной чертой Всероссийской олимпиады по химии от олимпиад других стран является традиция проведения второго теоретического «тура по выбору». На нем участникам предлагается выбрать задачи из нескольких разделов самим: в зачет идут 4 лучшие решенные задачи из двух (для 9 класса), трех (для 10 класса) или 4 разделов (для 11 класса). Четыре раздела второго тура – это Физическая, Неорганическая, Органическая химия и Химия и жизнь. Таким образом, еще одна черта, которая роднит региональный и заключительный этапы ВсОШ по химии – это наличие элемента выбора. В региональный этап шестая задача, добавляющая эту возможность выбирать, тоже была добавлена в 2018 году.

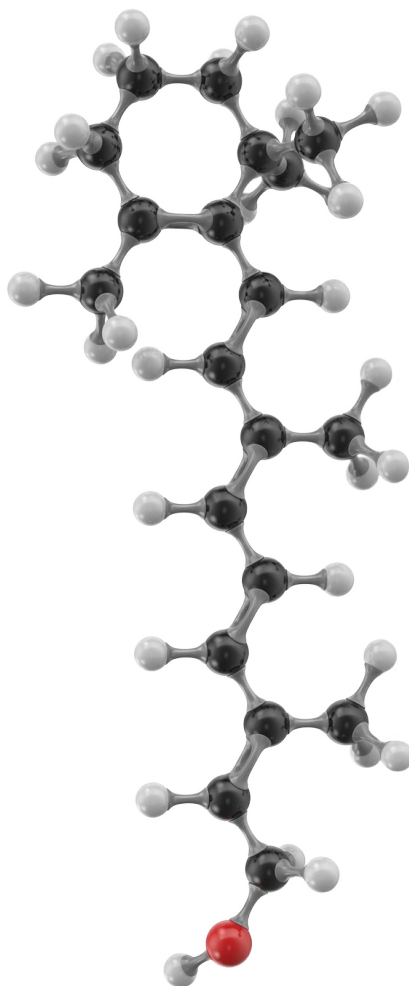
Задачи второго тура, конечно, сложнее, чем задачи первого. Однако это не единственная сложность, с которой сталкивается участник на втором туре олимпиады. В комплекте задач второго тура много задач, на прочтение которых уходит значительное количество времени. Например, в этом году во втором туре было 17 задач. При средней длине задачи 500 слов и скорости чтения 120 слов в минуту, только на прочтение всего комплекта у школьника уйдет около 70 минут. В масштабах имеющих на решение 5 часов это очень много, поэтому одно из главных умений на втором туре – правильно распределить время, быстро сделать правильный выбор задач.

Еще одна важная тема, напрямую влияющая на результаты олимпиады, но к самой химии не относящаяся – это принципы проверки работ участников олимпиады. Обсудим их на примере задачи 10-5 первого тура заключительного этапа ВсОШ-2019.

### Сгорание равновесной смеси

При сгорании 1 моль смеси, содержащей этилен и водород, выделилось 848.5 кДж теплоты. В такую же смесь внесли катализатор гидрирования, выдержали достаточное для установления равновесия время и образовавшуюся смесь сожгли. При этом выделилось 793.2 кДж теплоты. Измерения проводили при общем давлении 1 бар.

1. Установите состав исходной и конечной смесей (моль).
2. Запишите выражение для константы равновесия реакции гидрирования через парциальные давления газов и рассчитайте её.
3. В какую сторону сместится равновесие реакции гидрирования при повышении температуры? Ответ обоснуйте с помощью расчёта.



При сгорании 1 моль другой смеси, которая может содержать этан, этилен и водород, выделилось 1417.7 кДж теплоты. После выдерживания смеси над катализатором теплота сгорания повысилась до 1428.0 кДж. Температура и давление были такими же, как и в первом опыте.

4. В прямом или в обратном направлении идёт реакция гидрирования в этом случае? Ответ обоснуйте.

5. Установите состав исходной и конечной смесей (в мольных процентах).

### Дополнительная информация

Стандартные теплоты сгорания веществ:  $Q_{\text{сгор.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 1411$  кДж/моль;  $Q_{\text{сгор.}}(\text{C}_2\text{H}_6) = 1560$  кДж/моль;  $Q_{\text{сгор.}}(\text{H}_2) = 286.0$  кДж/моль

### Решение

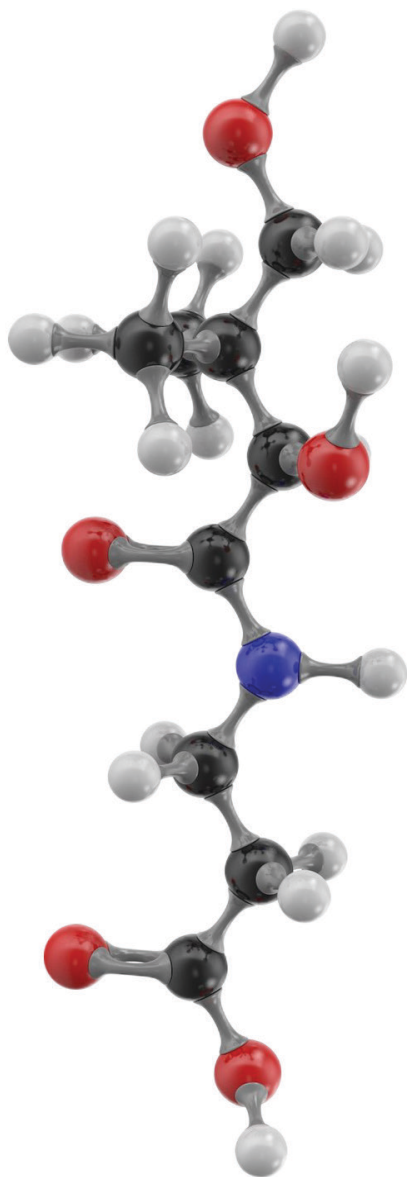
1. Состав исходной смеси можно рассчитать по количеству теплоты, выделившейся при сгорании. Если обозначить количество этилена за  $x$ , то количество водорода будет равно  $1 - x$ . Умножим данные количества на соответствующие теплоты сгорания и приравняем к выделившейся теплоте:  $x \cdot 1411 + (1 - x) \cdot 286.0 = 848.5$ . Отсюда  $x = 0.5$ . Смесь является эквимольарной.

После внесения катализатора состав смеси меняется за счёт протекания реакции гидрирования Составим материальный баланс этой реакции.  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$

Вещество	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$
Было	0.5	0.5	0
Реагирует	$\alpha$	$\alpha$	$-\alpha$
Стало	$0.5 - \alpha$	$0.5 - \alpha$	$\alpha$

При сгорании образовавшейся смеси выделяется 793.2 кДж теплоты. Таким образом, аналогично проведенному выше расчету:  $(0.5 - \alpha) \cdot 1411 + (0.5 - \alpha) \cdot 286.0 + \alpha \cdot 1560 = 793.3$ . Отсюда  $\alpha = 0.403$ . Равновесная смесь содержит **0.097** моль этилена, **0.097** моль водорода и **0.403** моль этана.

## В 1.1



2. Выразим мольные доли веществ в смеси и найдём их парциальные давления. Суммарное количество вещества равно **0.597** моль. При общем давлении **1** бар мольные доли будут численно равны парциальным давлениям. Отсюда:  $P(\text{C}_2\text{H}_4) = P(\text{H}_2) = 0.1625$  бар и  $P(\text{C}_2\text{H}_6) = 0.675$  бар.

$$K_p = \frac{P(\text{C}_2\text{H}_6)}{P(\text{C}_2\text{H}_4) \cdot P(\text{H}_2)} = \frac{0.675}{0.1625 \cdot 0.1625} = 25.6$$

3. Теплоту реакции можно рассчитать с помощью известных теплот сгорания реагентов и продукта:  $Q_{\text{р-ции}} = 1411 + 286.0 - 1560 = 137.0$  кДж/моль.

Таким образом, реакция гидрирования экзотермическая. Следовательно, по принципу Ле Шателье при повышении температуры равновесие реакции гидрирования сместится в сторону реагентов.

4. Ответ на этот вопрос может дать сравнение первого эксперимента со вторым. Когда реакция шла в прямом направлении, теплота сгорания смеси понижалась. В данном случае она возрастает. Следовательно, реакция идёт в обратном направлении.

5. В данном случае необходимо вновь составить материальный баланс и систему уравнений. Обозначим начальные количества веществ за **x**, **y** и **z**. Тогда имеем:

Вещество	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{H}_2$	$\text{C}_2\text{H}_6$
Было	$x$	$y$	$z$
Реагирует	$-\alpha$	$-\alpha$	$\alpha$
Стало	$x + \alpha$	$y + \alpha$	$z - \alpha$

$$x + y + z = 1$$

$$x \cdot 1411 + y \cdot 286.0 + z \cdot 1560 = 1417.7$$

$$(x + \alpha) \cdot 1411 + (y + \alpha) \cdot 286.0 + (z - \alpha) \cdot 1560 = 1428$$

$$\frac{(z - \alpha)(x + y + z - \alpha)}{(x + \alpha)(y + \alpha)} = \frac{(z - \alpha)(1 + \alpha)}{(x + \alpha)(y + \alpha)} = 25.6$$

Из второго и третьего уравнения легко найти, что  $\alpha = 0.075$ . Из первого и второго уравнений можно выразить  $z$  и  $x$  через  $y$ :

$$x = 0.955 - 8.55 y$$

$$z = 0.045 + 7.55 y$$

Подстановка  $z$  и  $x$  в выражение для константы равновесия приводит к квадратному уравнению относительно  $y$ , решение которого даёт  $y = 0.1$  (второй корень не имеет смысла). Отсюда  $z = 0.8$ , а  $x = 0.1$ .

Поскольку суммарное количество вещества исходной смеси 1 моль, моли численно совпадают с мольными долями. Соответственно, состав исходной смеси: 10 %  $C_2H_4$ , 10 %  $H_2$  и 80 %  $C_2H_6$ .

Мольные доли веществ в равновесной смеси можно рассчитать, зная  $\alpha$ .

Количества веществ составят **0.175**, **0.175** и **0.725**. Суммарное количество молей равно **1.075**.

Тогда состав равновесной смеси: этилен – **16.3 %**, водород – **16.3 %**, этан – **67.4 %**.

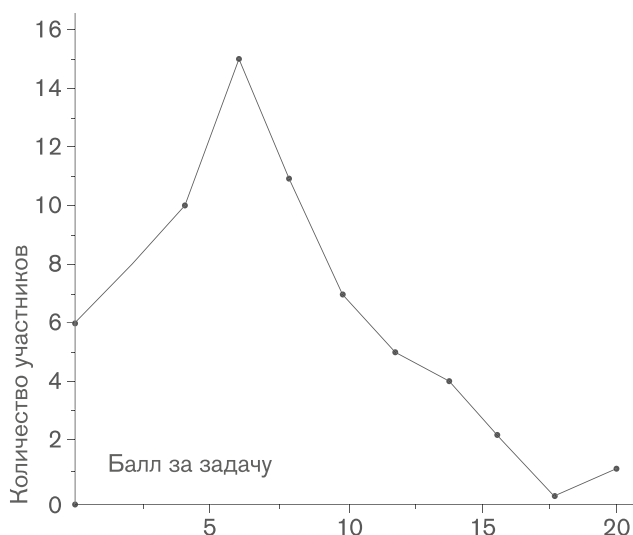
В этой задаче результат первого пункта используется во втором, результат второго – в четвертом.

То есть, если участник ошибся в первом пункте, то даже при правильном ходе решения 2 и 4 вопросов он не получит правильных ответов на них. В то же время, не получит на них правильных ответов и тот участник, который действительно неправильно решал вопросы 2 и 4. Оценивание в таком случае ведётся согласно с принципом отсутствия двойного наказания, который гласит, что за одну ошибку участника не штрафуют дважды. Поэтому у первого из описанных участников пункты 2 и 4 оцениваются полным баллом, а у участника, действительно допустившего ошибку в этих пунктах, они не оцениваются.

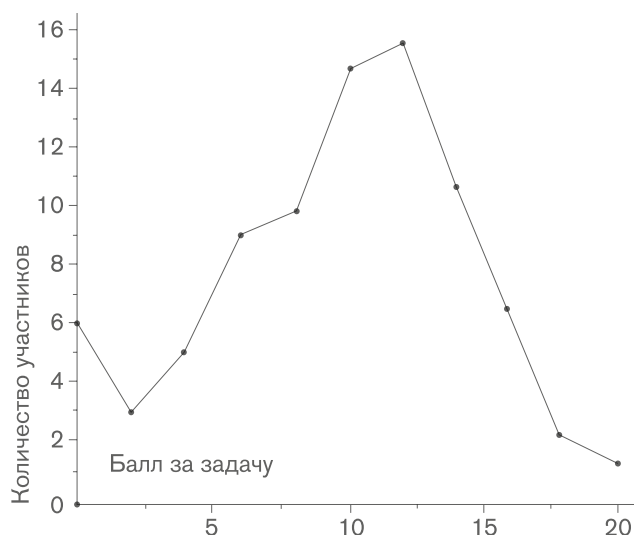
Принцип отсутствия двойного наказания очень важен для таких задач, как 10-5. Его несоблюдение резко изменяет результаты. На рисунке видно, как изменяется распределение участников по баллам за задачу в случае, когда за 1 ошибку штрафуют несколько раз («с двойным наказанием») и в случае соблюдения принципа отсутствия двойного наказания («без двойного наказания»).

### Распределение участников по баллам при разных видах проверки

**С двойным наказанием**



**Без двойного наказания**



Оба эти распределения имеют максимум, но в совершенно разных областях: при соблюдении принципа – в районе 12-13 баллов, при его несоблюдении – при 6-7 баллах.

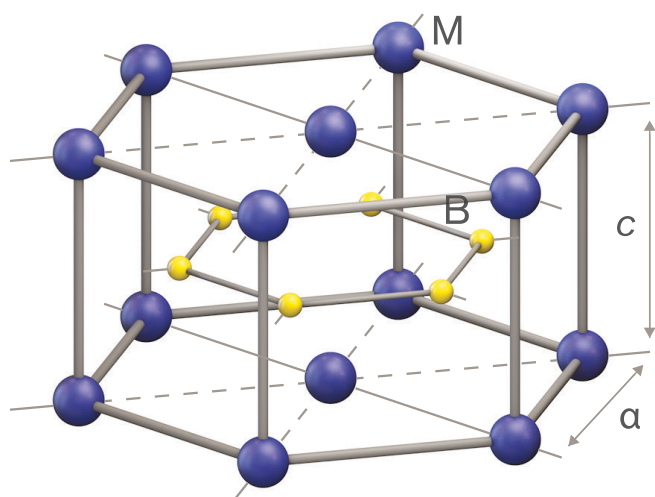
Для самостоятельного решения участникам смены предлагается часть задачи 9-5 первого тура:

Атомы бора в структуре борида  $MB_2$  образуют слои, подобные слоям в графите, в которых атомы бора связаны одинаковыми по энергии и длине ковалентными связями, что показано на виде ячейки сверху.

Параметр ячейки  $a = 3.086 \text{ \AA}$ . Определите длину связи В–В в структуре борида  $MB_2$ .

Этот пункт задачи 9-5, вызвавший наибольшие затруднения у участников олимпиады, показывает важность математической подкованности химиков.

Для того, чтобы быть готовым к любым испытаниям на олимпиадах по химии, безусловно, необходимо много работать с литературой. Наименее освещенный в школьной программе раздел химии – физическая химия.

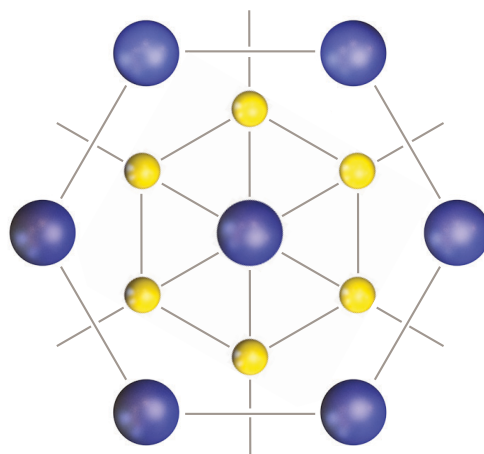


Ответ:  $l(B-B) = 1.78 \text{ \AA}$ .

Поэтому приведем здесь небольшой список наиболее полезной литературы для самостоятельного изучения физхимии:

1. В.В. Еремин, *Теоретическая и математическая химия*. Эта книга вышла в прошлом году уже в третьем издании и пользуется постоянной популярностью среди школьников, поскольку является, возможно, единственной книгой по физической химии, написанной специально для школьников.
2. Даниэльс Ф., Олберти Р., *Физическая химия*.
3. В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, *Основы Физической химии*.
4. П. Эткинс, Дж. де Паула, *Физическая химия*.

Осталось сказать, что обучение на химической смене даст ученикам возможность повысить уровень владения материалом, необходимым для успешного участия в олимпиадах высокого уровня, в том числе и на региональном и заключительном этапах будущего года. Так что пожелаем удачи всем на 56 Всероссийской олимпиаде школьников!





Сириус для меня – это возможности.  
Возможность полностью погрузиться  
в науку, познакомиться с новыми  
людьми, открыть что-то новое в себе,  
развить талант и учиться жить.

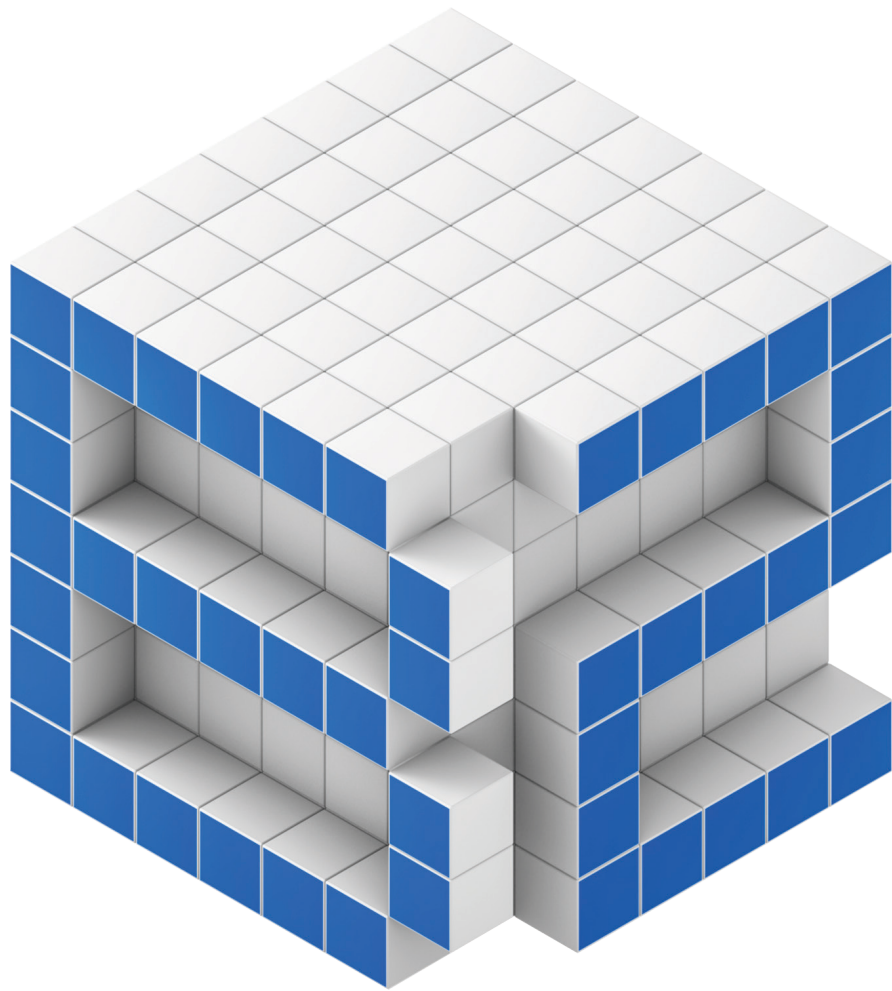
Должанский Роман. Москва

Сириус для меня – это место с огромным  
количеством ресурсов для продуктивных  
занятий. Под ресурсами я подразумеваю  
опытных преподавателей, хорошо  
оборудованные лаборатории,  
рационально организованное время

Лавренова Анастасия. Башкортостан







## В 2.1

## Задачи

### Подбор задач:

Ерёмин Вадим Владимирович, руководитель IV химической образовательной программы, профессор МГУ имени М.В.Ломоносова, доктор физико-математических наук

Курамшин Булат Камилевич, педагог дополнительного образования Лицея №131 г. Казани

## Задачи преподавателей

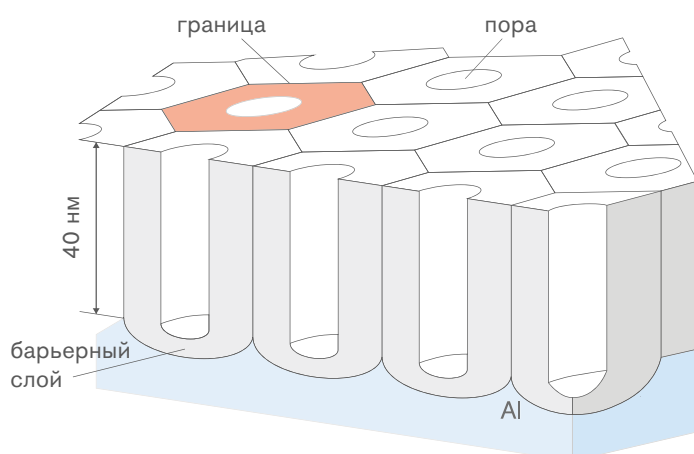
### Задача 1. Три белых, один желтый (Хайбрахманова Д. Р.)

Приливание раствора, содержащего катион **X**, к четырем другим растворам, содержащим анионы **A**, **B**, **C** и **D**, приводит к выпадению трех белых и одного желтого осадков. Массовая доля металла в этих осадках составляет соответственно 84.49%, 74.46%, 56.40% и 44.90%.

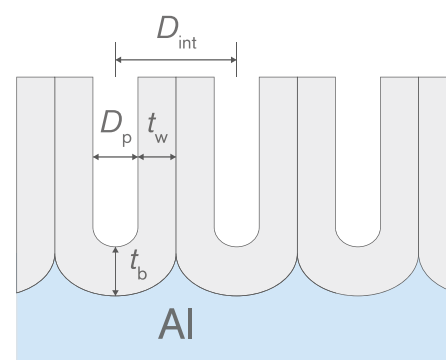
1. Определите соотношение молярных масс анионов  $M(\mathbf{A}):M(\mathbf{B}):M(\mathbf{C}):M(\mathbf{D})$ .
2. Определите состав каждого из осадка

### Задача 2. Лес и АЭС (Кобелев А. Д.)

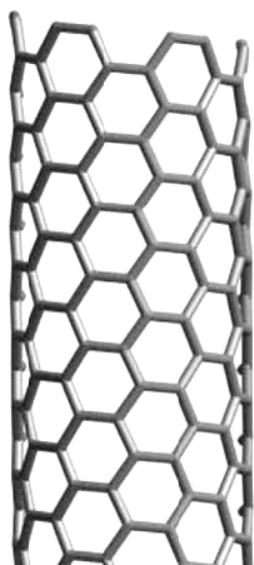
Для создания наномакета радиоактивного леса взяли матрицу из пористого оксида алюминия на плоской золотой подложке. На подложке осадили небольшое количество никеля (1). Матрицу удалили (2). Над полученными цилиндрами из никеля стали продувать CO и H<sub>2</sub> для получения углеродных нанотрубок (3). После этого подождали какое-то время, оставив образец на воздухе (4). Образец промыли гидроксидом натрия и высушили (5). Затем поместили его в коллоидный раствор диоксида тория (6). Наконец, образец обработали капринатом натрия (7). В итоге на «стволе» из нанотрубки образуются коллоидные частицы, играющие роль «крон» деревьев. Параметры матрицы:  $D_{\text{int}} = 105$  нм  $D_{\text{p}} = 40$  нм. Подложка – круг с диаметром  $D = 6.0$  мм.



Матрица из оксида алюминия



Поры и их стенки



Нанотрубка, выращенная на никеле

1. Рассчитайте заряд, необходимый для осаждения никеля на стадии (1). Считайте, что диаметр цилиндров равен диаметру пор оксида алюминия, а высота цилиндра равна 30 нм. Плотность никеля 8,9 г/см<sup>3</sup>.
2. Сколько деревьев можно вырастить на подложке, если на 1 цилиндре вырастает 1 нанотрубка («ствол» дерева)?
3. Рассчитайте максимальный диаметр коллоидной частицы, при котором будут образовываться отдельные деревья, а не сплошная «крона». Считайте, что «кроны» деревьев круглые.
4. Сравните удельную активность образца с активностью черномыльского леса (40 Ки/км<sup>2</sup>), если осадился 1 мг коллоидных частиц состава ThO<sub>2</sub>. Период полураспада тория 14,05 млн лет.

$$\text{Активность } A = N\lambda. \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

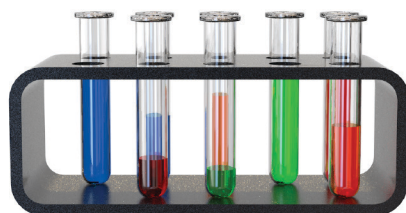
### Задача 3. Реакция 1-го порядка в открытой системе (В.В. Еремин)

Реакцию 1-го порядка  $A \rightarrow P$  проводили в растворе в следующем режиме: после начала реакции через каждые 15 минут в раствор очень быстро добавляли одно и то же количество реагента. После первого добавления количество  $A$  составило 1.4 моль, а после второго – 1.6 моль. Начальное количество  $A$  равно 1 моль.

1. Чему равен период полураспада  $A$  и сколько реагента добавляли каждый раз?
2. Сколько процентов вещества  $A$  распадается за минуту?
3. Будет ли количество  $A$  расти неограниченно со временем? Если нет, то к чему оно будет стремиться при очень большом времени опыта (после очередного добавления)?

### Задача 4. Упрощать – сложно, усложнять – просто (Б.К. Курамшин)

Смешанный галогенид  $X$  массой 1.310 г, содержащий 43.00 % молибдена, дает с избытком нитрата серебра 1.103 г бледно-жёлтого осадка  $Y$ , представляющего собой индивидуальное вещество. Этот осадок растворяется в большом количестве концентрированного раствора аммиака.





1. Определите формулу смешанного галогенида **X**, осадка **Y**, напишите 2 уравнения реакций.

2. Нарисуйте структурную формулу катиона **X**.

При нагревании **X** в течение 16 ч при 500 °С происходит замещение галогенид-ионов внутренней сферы галогенид-ионами внешней сферы, в итоге получается смесь всех возможных комплексных ионов, содержащих эти галогенид-ионы.

3. Какое количество различных комплексных ионов получится в этой смеси (учитывая наличие изомеров)?



## Задачи победителей конкурса

**Задача 1.** Автор – Кирилл Трофимов.

Газообразные оксиды **X<sub>1</sub>** и **Y<sub>1</sub>** нагрели и получили оксиды **X<sub>2</sub>** и **Y<sub>2</sub>**. Процентное содержание кислорода в **X<sub>2</sub>** на 10% больше, чем в **X<sub>1</sub>**, а в **Y<sub>2</sub>** – на 16.26% меньше, чем в **Y<sub>1</sub>**. Оксид **X<sub>2</sub>** может реагировать с простым веществом **A** с образованием высшего оксида **D**. **Y<sub>1</sub>** также реагирует с **A** с образованием **D** и газа **C**. Простое в-во **B** реагирует с **Y** и даёт **X<sub>1</sub>** и **C**. Элемент, образующий простое вещество **B**, является соседом элемента, образующего простое вещество **A**, по таблице Менделеева.

1. Определите формулы веществ **A**, **B**, **C**, **X<sub>1</sub>**, **X<sub>2</sub>**, **Y<sub>1</sub>** и **Y<sub>2</sub>**.

2. Напишите уравнения всех упомянутых реакций.

**Задача 2.** Автор – Леонид Дубов.

Чтобы узнать о свойствах неустойчивой частицы **X**, юный химик решил воспользоваться интернетом. В поисковый запрос он ввёл тривиальное название **X**. Но ни в одном из результатов поиска упоминания **X** не нашел, так как **X** имеет сходное название со смесью углеводородов (**Y**). Но юный химик не сдавался, он решил ввести название вещества **X** на английском языке. Не очень сильно разбираясь в английской номенклатуре, он перепутал 1 букву в названии **X** и получилось название углеводорода **Z**.



Из литературы юный химик узнал, что **X** быстро превращается в **Z** в большинстве растворителей, а с антраценом образует вещество **H** с молекулярной формулой C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>.

1. Определите вещества **X**, **Z**, **H**, напишите русское название смеси **Y**. Нарисуйте их структурные формулы.

2. Какую ошибку допустил юный химик при вводе поискового запроса на английском языке?

3. Помогите юному химику дополнить его знания о веществе **X** двумя другими реакциями различного типа.

### Задача 3. Автор – Лев Баранчук-Червонный.

Вещество **A** состоит из двух элементов (мольные доли – 28.6% и 71.4%). При взаимодействии **A** с **B** образуются два других вещества, **C** и **D**, причем **A** : **D** = 1 : 13 (по молям). Продукт **C** реагирует с концентрированным раствором **E** с образованием **B** и **F**, а при взаимодействии с **E** простого вещества, атомы которого входят в состав **A**, образуются **D** и **F** (реакция идет при нагревании). Определите все неизвестные вещества и напишите уравнения всех описанных реакций.

### Задача 4. Need For Speed. Автор – Михаил Панюшкин.

Вещество **A** – бесцветный газ с резким запахом, содержит элементы **X**, **Y** и **Z**. Получают **A** взаимодействием трех веществ: бинарных соединений **B** ( $\omega(\mathbf{X}) = 82.35\%$ ) и **C** и простого вещества элемента **Y** (реакция 1). Для синтеза **C** через оксид металла  $\alpha$  пропускают простое вещество **Z**, что приводит к продукту с необычной степенью окисления металла, выше начальной, а масса твердого вещества увеличивается на 25.9% (реакция 2). Также вещество **A** можно получить реакцией вещества **B**

с бинарным соединением **D**, состоящим из **Y** и **Z** ( $\omega(\mathbf{Y}) = 29.6\%$ ) (реакция 3). Третий способ получения **A** – реакция бинарного вещества, состоящего из **X** и **Y** ( $\chi(\mathbf{X}) = 50\%$ ,  $\omega(\mathbf{X}) = 30.4\%$ ), и фторида ртути(II) в четыреххлористом углероде (реакция 4).

При избытке **C** в реакции 1 или в прямой реакции **A** и **C** элемент **Y** доходит до максимальной степени окисления (вещество **E**) (реакции 5 и 6).

1. Определите вещества **A–E** и элементы **X–Z**.

2. Вещество **A** гидролизует без изменения степени окисления элементов. Напишите уравнение реакции.

3. Вещество **A** имеет склонность к образованию тримера, предложите его структуру.

4. Напишите уравнения всех перечисленных реакций.

### Задача 5. Автор – Тимур Тихонов.

Безводную соль **X** не удаётся получить классическими способами, поэтому применяют весьма необычный метод. В колбу помещают жидкость **Y** (бинарное соединение с  $\omega(\text{O})=69.56\%$ ,  $T_{\text{кип.}}=21^\circ\text{C}$ ), предварительно охлаждённую до температуры 10°C, и добавляют кусочек металла **Q**. Спустя 10 минут поверхность металла покрывается белым налётом, а слой жидкости окрашивается в ярко-голубой цвет. Через 24 часа непрореагировавший металл извлекают, а оставшуюся жидкость отгоняют. При этом на дне колбы остаётся сыпучий мелкокристаллический порошок – соединение **W**.

При нагревании **W** в течение 6 часов при температуре 373 К и пониженном давлении образуется искомая соль **X** ( $\omega(\mathbf{Q})=34.39\%$ ) и бинарное соединение **Z**, потеря массы при этом



составляет 49.33%. Все реакции проводят в безводной атмосфере.

1. Определите вещества **Y**, **Z**, **W** соль **X** и металл **Q**.
2. Напишите уравнение взаимодействия металла **Q** и жидкости **Y**.
3. Чем обусловлено окрашивание жидкости над металлом? Приведите уравнение реакции.

### Задача 6. Автор – Гадимов Нурлан.

Красно-бурый порошок оксида **A**, в котором массовая доля металла 89.14%, разлагается с образованием металла **X** и выделением кислорода (реакция 1). Неорганическая кислота **B**, содержащая 61.23% элемента **Y**, реагирует с перекисью водорода с образованием кислоты **B** (реакция 2). Металл **X** растворяется в кислоте **B** с образованием красно-желтого раствора **G** и кислоты **B** (реакция 3). Кислота **B** при нагревании разлагается на **D** и воду (реакция 4). Соединение **D** при нагревании разлагается с образованием **E** и кислорода (реакция 5). Расшифруйте вещества **A – E**, **X** и **Y** и напишите уравнения реакций 1 – 5.

### Задача 7. Автор – Василий Чернышёв.

Некоторую соль **X** зелёного цвета массой 78,4 граммов нагрели до 180°C. Выделился газ **A**, а масса соли стала меньше на 21,6 граммов. К остатку добавили избыток концентрированного раствора KOH. Выпал темнеющий на воздухе осадок **B**, и выделился газ **C**. В растворе осталась соль **D**, массовая доля металла в которой 44,83%. Эту соль используют в качестве удобрения.



Определите соль **X** и соли **A-D**.

Запишите уравнения всех реакций.

Какое традиционное название имеет соль **X**?

Лучший образовательный центр в России, лучшие педагоги, интересные люди, увеличение знаний во всех областях. Чтобы понять, что это, масштабы, уровень, нужно, конечно, побывать здесь самому. Это совсем не то, что я представлял, а гораздо, гораздо круче.

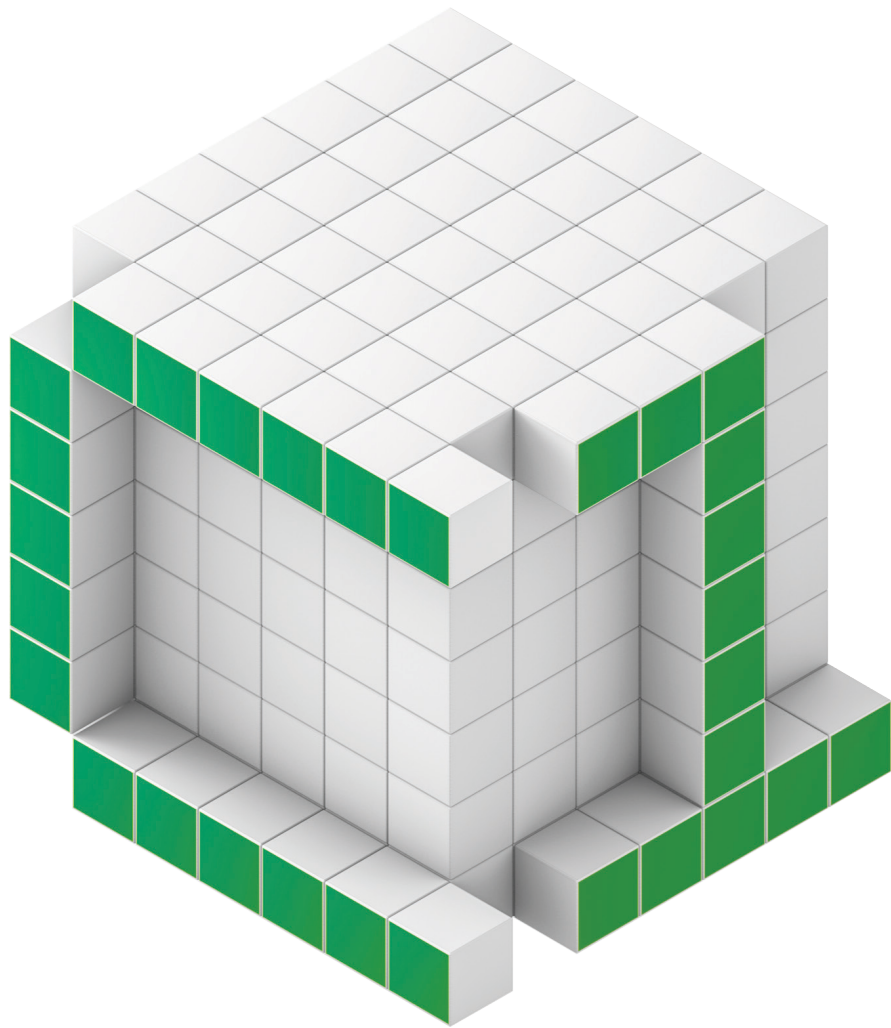
Бочаров Филипп. Самара

Сириус - это место для преодоления себя. Делай то, что не любишь (физхимия), потому что тебе это надо. И наслаждайся тем, что обожаешь (практика). Место новых знакомств, а также встречи старых друзей.

Снежкова Юлия. Новосибирск







## С 1.1

## Практикум. Химия золота

Трефилов Вадим Станиславович, студент Химического факультета МГУ

Андреев Максим Николаевич, методист ГБОУ ДПО  
"Центр педагогического мастерства"

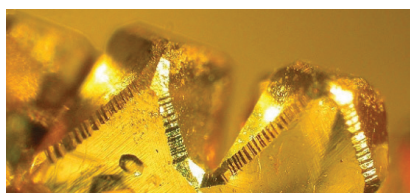


Рис. 1. Кристаллы золота

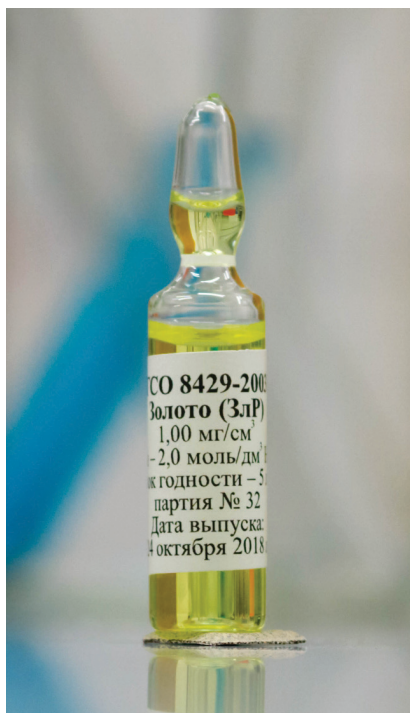
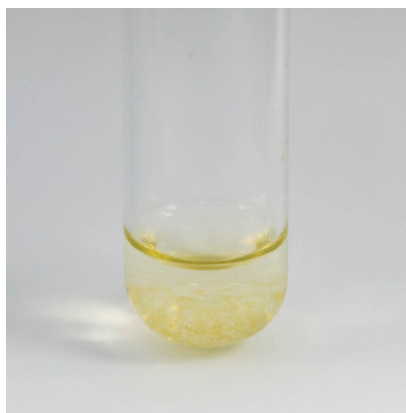


Рис. 2. Ампула с раствором  $\text{HAuCl}_4$

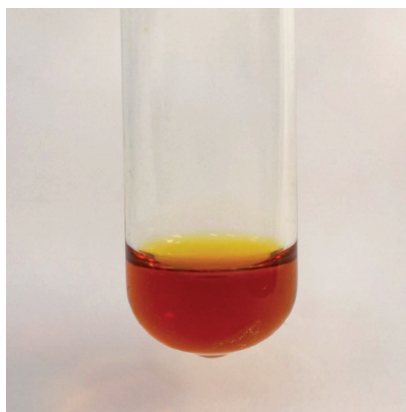
Самая устойчивая степень окисления золота соответствует его нейтральному атому. Поэтому неудивительно, что практически все золото встречается в природе в форме простого вещества и сплавов с другими металлами. Из положительных степеней окисления наиболее устойчивы +3 и +1. В степени окисления +3 золото в водном растворе не образует катиона  $\text{Au}^{3+}$  из-за высокой способности активировать и разрушать связь О-Н в координированных им молекулах воды. Именно по этой причине ионы аквазолота(+3) неустойчивы. Золото не образует "обычных" солей с кислородсодержащими кислотами. Поэтому на полках в практикуме бесполезно искать раствор сульфата или нитрата золота. Химия водных растворов этого элемента представлена комплексными соединениями, преимущественно с "мягкими" лигандами - галогенами (хлорид, бромид, иодид), серой, селеном. Многие из этих лигандов (иодид, сульфид) одновременно выступают и в роли восстановителей, полностью или частично превращая золото в соединения со степень окисления +1. Химия золота(+1) близка химии меди(+1), однако есть и отличия. Так, хлорид золота  $\text{AuCl}$  в воде диспропорционирует на золото и продукты гидролиза трихлорида. В аммиачных растворах золото вызывает активацию связей N-H в координированном аммиаке, поэтому аммиачный раствор оксида золота(+1) оказывается неустойчивым: из него выделяется осадок "гемучего золота". А в избытке сульфит-ионов образуются сульфитные комплексы золота(+1), из которых в лабораторной практике часто используют дисульфитоaurат(+1) натрия  $\text{Na}_3[\text{Au}(\text{SO}_3)_2]$ . При действии на его раствор сульфидом натрия выделяется темно-коричневый осадок  $\text{Au}_2\text{S}$ . Это вещество имеет очень низкую растворимость в воде (ПР  $1,58 \cdot 10^{-73}$ ). Сульфид золота(+3)  $\text{Au}_2\text{S}_3$  неизвестен.

Для золота(+3), изоэлектронного двухзарядным катионам 10 группы, характерна плоско-квадратная геометрия. Она присутствует не только в комплексах с галогенами и псевдогалогенами, но и в безводном хлорном золоте  $\text{AuCl}_3$ , которое существует в виде димеров  $\text{Au}_2\text{Cl}_6$ . Разложением этого вещества удастся получить золото в виде крупных кристаллов (рис. 1).

## С 1.1



**Рис. 3.** Осадок гидрата оксида золота – "золотая кислота"



**Рис. 4.** Разбавленный раствор  $K[AuI_2]$  бесцветен. А вот выделившийся иод в избытке иодида дает ярко-окрашенные трийодид-ионы.

### Опыт 1. Растворение золота в царской водке.

При внесении золотой фольги в горячую царскую водку протекает реакция, сопровождающаяся образованием желтого раствора золотохлористоводородной кислоты. Для последующих опытов использовали стандартный раствор  $HAuCl_4$  концентрацией 1 мг/мл (рис. 2).

Препаративно для перевода золота в раствор используют метод пропускания хлора через суспензию порошка золота в соляной кислоте. Из золотоносных песков золото вымывают раствором цианистых солей:  $4Au + 8NaCN + O_2 + 2H_2O = 4Na[Au(CN)_2] + 4NaOH$ . Для извлечения золота раствор цианидного комплекса обрабатывают цинком.

### Опыт 2. Взаимодействие раствора $HAuCl_4$ с KOH

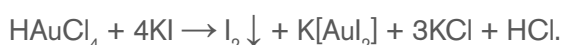
К 0,5 мл раствора  $HAuCl_4$  в 2M HCl по каплям приливаем равный объем концентрированного раствора KOH. Выпадает желтый осадок гидратированного оксида золота (+3) (рис. 3):



При осторожном нагревании до 140°C это вещество образует безводный оксид  $Au_2O_3$  - единственное полно охарактеризованное бинарное соединение золота с кислородом. Оксид и гидроксид золота(+3) амфотерны - в кислотной среде они образуют в растворах различные комплексы с анионными лигандами ( $[Au(OH)Cl_3]^-$ ), а в щелочной - гидроксоаураты  $[Au(OH)_4]^-$ . Из раствора гидратированного оксида золота(+3) в концентрированной азотной кислоте кристаллизуются желтые кристаллы  $[H_9O_4][Au(NO_3)_4]$ . Сплавлением порошка золота с пероксидом калия при 420°C получен твердый аурат  $KAuO_2$ .

### Опыт 3. Взаимодействие $HAuCl_4$ с KI.

К 0,5 мл раствора  $HAuCl_4$  приливаем концентрированный раствор KI. Окраска раствора меняется со светло-желтой на желто-коричневую, выпадения осадка при этом не наблюдается. Это может показаться странным, поскольку в аналогичном опыте с солью меди(+2) наблюдается выпадение светлого осадка  $CuI$ . Однако это можно легко объяснить, учитывая большое сродство ионов золота, как мягких кислот Пирсона, к мягким основаниям Пирсона (анион  $I^-$ ). Поэтому  $AuI$  легко растворяется в избытке KI (рис. 4), переходя в раствор. Образующийся тетраиодоаурат(+3) постепенно претерпевает внутримолекулярный электронный перенос, превращаясь в иодоаурат (+1):



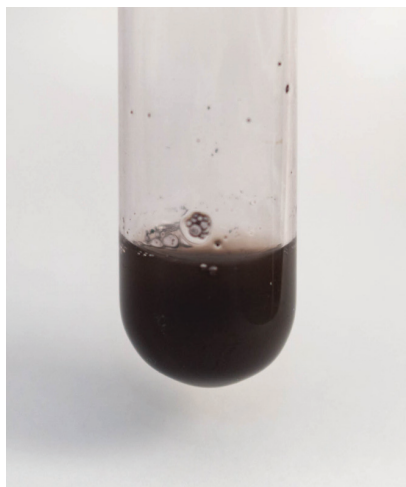


Рис. 5. "Кассиев пурпур"



Рис. 6. Раствор роданидного комплекса золота(+3)



Рис. 7. Наночастицы золота в растворе

#### Опыт 4. Взаимодействие $\text{HAuCl}_4$ с $\text{SnCl}_2$

К аликвоте  $\text{HAuCl}_4$  добавляем несколько капель концентрированного раствора  $\text{SnCl}_2$ . Наблюдается почти мгновенное появление темно-фиолетового окрашивания, характерного для мелкодисперсных частиц  $\text{Au}^0$ , полученных восстановлением из водного раствора (рис. 5):  $2\text{HAuCl}_4 + 3\text{SnCl}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 2\text{Au} \downarrow + 3\text{H}_2[\text{SnCl}_6]$ . Со временем из раствора выделяется красно-фиолетовый осадок оловянной кислоты с адсорбированными на ее поверхности нано- и микрочастицами золота - "кассиев пурпур"  $\text{SnO}_2/\text{Au}$ .

#### Опыт 5. Взаимодействие $\text{HAuCl}_4$ с $\text{NH}_4\text{SCN}$

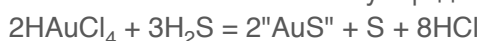
К аликвоте раствора  $\text{HAuCl}_4$  добавим несколько капель концентрированного раствора  $\text{NH}_4\text{SCN}$ . Наблюдается изменение цвета раствора с светло-желтого на ярко-красный (рис. 6). Это объясняется образованием комплексных анионов  $[\text{Au}(\text{SCN})_4]^-$ :  $\text{HAuCl}_4 + 4\text{NH}_4\text{SCN} \rightarrow \text{NH}_4[\text{Au}(\text{SCN})_4] + 3\text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl}$ . Тетрацианоаураты(+3) тяжелых щелочных металлов нерастворимы в воде, но растворяются в этаноле и ацетоне.

#### Опыт 6. Получение наночастиц золота

К 20 мл раствора  $\text{HAuCl}_4$ , доведенного до кипения, добавляется 1 мл 1% раствора цитрата натрия. Через некоторое время начинает появляться слабовыраженная синяя окраска, и по истечении 15 минут раствор приобретает интенсивный ярко-фиолетовый цвет (рис. 7).

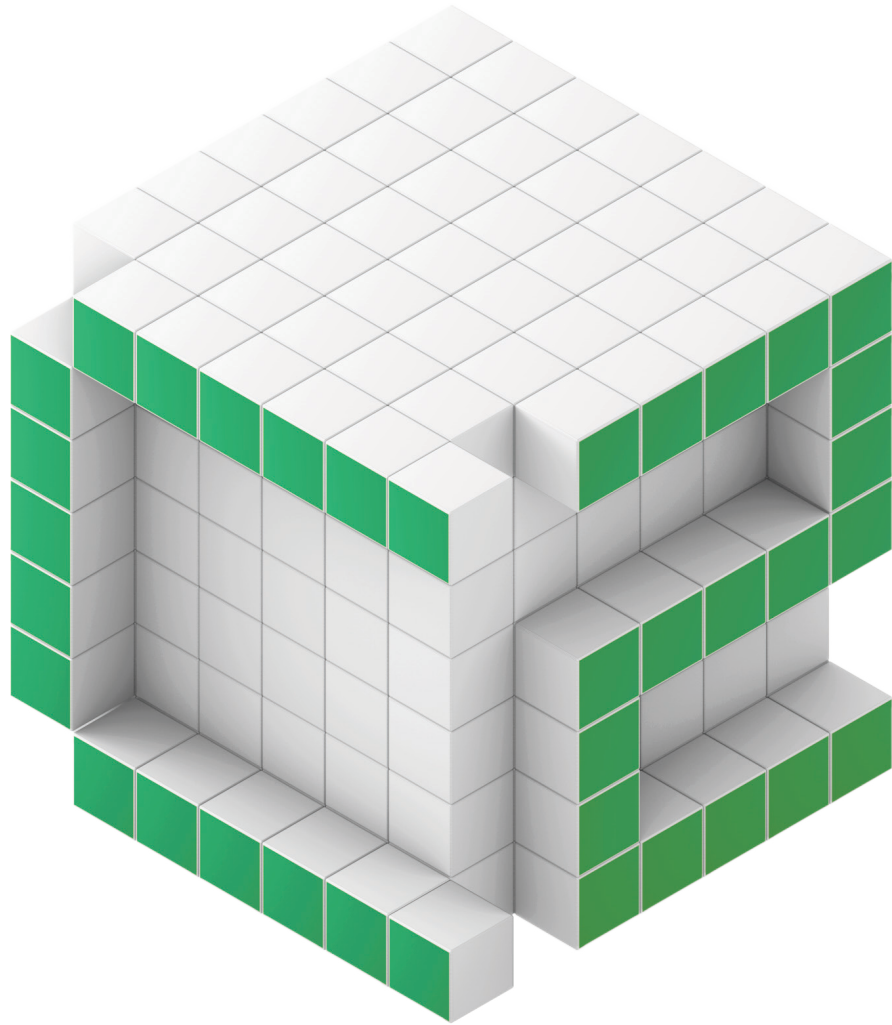
#### Опыт 7. Взаимодействие $\text{HAuCl}_4$ с $\text{H}_2\text{S}$

При пропускании сероводорода через раствор золотохлористоводородной кислоты выпадает черный осадок. В старой литературе ему приписывали формулу  $\text{Au}_2\text{S}_3$ , но точнее его состав выражает формула  $\text{AuS}$ . Строение этого вещества не изучено. По-видимому, оно представляет собой смешанный сульфид золота(+1) и золота(+3).



#### Опыт 8. Взаимодействие $\text{HAuCl}_4$ с тиосульфатом натрия

При действии на раствор золотохлористоводородной кислоты тиосульфата натрия наблюдается выделение сернистого газа и коллоидной серы. Образующийся раствор содержит тиосульфатные комплексы золота(+1). Высаливание этанолом приводит к кристаллизации  $\text{Na}_3[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Благодаря высокому сродству золота к сере этот комплекс настолько устойчив, что его не восстанавливает даже олово(+2). Это вещество используют на практике для осаждения ацетиленида золота  $\text{Au}_2\text{C}_2$ .



## С 2.1

## Образование наночастиц в стеклах путем ионного обмена (протравное окрашивание)

Дроздов Андрей Анатольевич, руководитель IV химической образовательной программы, доцент МГУ имени М. В. Ломоносова, кандидат химических наук

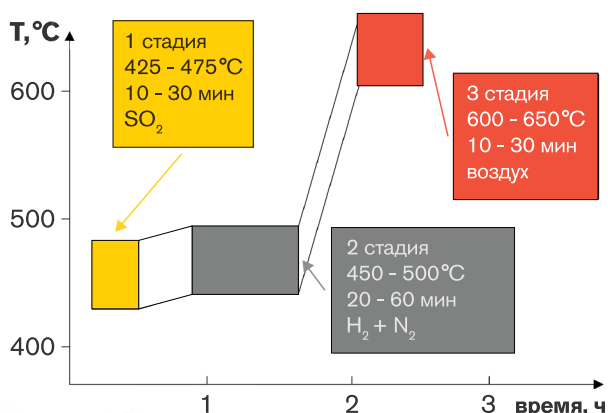
Максим Николаевич Андреев, методист ГБОУ ДПО "Центр педагогического мастерства"

Для окрашивания поверхности стекла в цвет от желтого до темно-янтарного и красного в стеклоделии применяется протравное окрашивание. Оно заключается в образовании в поверхностном слое стекла толщиной до 50 нм наночастиц металла (обычно меди и серебра). Весь процесс состоит из двух основных стадий. Первая - образование и диффузия однозарядных ионов посредством ионного обмена с ионами щелочных металлов, находящимися в стекле. И вторая - восстановление ионов металла до атомов и их агрегация с образованием наночастиц размером 1 - 100 нм. Рассмотрим более подробно нанесение медной протравы на образец обычного оконного стекла. Для приготовления пасты, которую нужно нанести на стекло соединение меди (оксид или сульфат) смешивают со связующим. Роль связующего - обеспечить равномерное нанесение пасты на поверхность

стекла и легкость отделения остатков пасты после термообработки. В отсутствие связующего остатки пасты прочно прилипают к поверхности стекла и изменяют его оптические свойства. Поэтому правильный выбор связующего очень важен. В Патенте США предложен состав связующего из железной охры ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), карбоната бария и бентонита. В качестве источника меди используется медный купорос или оксид меди (II). Количество медного купороса в пасте и толщина слоя не имеют особого значения, важно лишь, чтобы концентрация ионов меди в пасте была выше, чем ионов щелочного металла в стекле. Процесс нанесения медной протравы протекает в несколько стадий. На первой стадии стекло, поверхность которого равномерно покрыта пастой, нагревают в восстановительной атмосфере. В настоящее время в качестве восстановителя используют сернистый газ, который превращает медь в соединения со степенью окисления +1. Это особенно важно, так как именно однозарядные ионы обладают наибольшей скоростью диффузии в стекле, обмениваясь с однозарядными ионами щелочных металлов из стеклофазы.  $2\text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{BaCO}_3 = \text{Cu}_2\text{SO}_4 + 2\text{BaSO}_4 + 2\text{CO}_2$  Образующиеся ионы  $\text{Cu}^+$  диффундируют в поверхностный слой стекла. При этом поверхность стекла становится желтой.

На следующей стадии происходит восстановление ионов меди в стекле до атомов:  $\text{Cu}^+ + 1e = \text{Cu}^0$ .

## Медная протрава



## С 2.1



Кубок с крышкой. Стекло, зеленая протрава, гравировка. Богемия, вторая половина XIX в.

Это требует введения более мощного восстановителя - водорода. В технике для этой цели используют азото-водородную смесь. На этой стадии стекло приобретает серый цвет. Показано, что в присутствии небольшого количества ионов серебра образование наночастиц меди происходит быстрее. Поэтому в пасту для медной протравы добавляют немного нитрата серебра.

На третьей стадии атмосфера не играет особой роли. В результате повышения температуры вязкость стекла уменьшается, что ускоряет диффузию и рост наночастиц:  $n\text{Cu}^0 = \text{Cu}_n$ .

В результате этого стекло приобретает рубиново-красный цвет, вызванный плазмонным резонансом на поверхности наночастиц.

Техника нанесения серебряной протравы гораздо легче, чем медной. Пасту, состоящую из связующего и нитрата серебра, наносят на поверхность изделия и закрепляют обжигом при 550 - 600°C. Поверхностный слой стекла при этом приобретает желтый цвет, хорошо заметный после отделения связующего. Ионы серебра восстанавливаются значительно проще, чем ионы меди. Для этого не требуется введения специального восстановителя, эту роль берут на себя ионы железа(+2), находящиеся в стекле в виде примеси. Легкость нанесения серебряной протравы заключается в том, что в исходной соли уже содержатся ионы серебра, готовые к ионному обмену с содержащимися в стекле ионами щелочных металлов. А вот золотую протраву нанести не удастся, так как соединения золота при термообработке сразу восстанавливаются до нейтральных атомов, не успевая диффундировать в поверхностный слой стекла. Заменой золотой протравы служат прозрачные эмали - лазури, окрашивающие поверхность изделия в синий или фиолетовый цвет. В отличие от протравы эмаль лежит на поверхности стекла, а протравное окрашивание изменяет сам поверхностный слой стекла. Проведя по поверхности изделия пальцем, легко найти границу нанесения эмали, но место, где начинается протрава, нащупать невозможно. Ведь протрава - это окрашенное в поверхностном слое стекло!

Рецепт серебряной протравы был разработан византийскими мастерами в эпоху Македонской династии (867 - 1056) или ранее. До наших дней сохранился датированный





Кубок с крышкой изображением янычара, держащего под уздцы лошадь. Стекло, серебряная протрава, гравировка. Северная Богемия. круг Августа Бома (August Bohm), ок. 1840 г.



Стакан. Стекло, медная протрава, гравировка. Чехословакия, предприятие "Эгерманн", 1950.

IX в фрагмент стекла из Торчелло с нанесенной на него протравой. По-видимому, протраву использовали при создании витражей, которыми украшались окна византийских храмов. Протравное окрашивание серебром известно и на знаменитой византийской чаше (X в) из сокровищницы венецианского Сан Марко. Она выдута из стекла глубокого фиолетового цвета и украшена росписью золотом и эмалями. В технике протравы выполнена псевдокуфическая надпись на внутренней стороне растробовидного горла. С техникой серебряной протравы мы встречаемся также и на осколке плоской чаши из синего кобальтового стекла из музея Метрополитен. На этом изделии она выступает основным декоративным приемом, который греческий мастер использует для изображения выполненных с тонким чувством юмора сцен охоты на диких животных. Горчично-желтый, местами чуть зеленоватый цвет протравы особенно эффектно смотрится на темно синем фоне кобальтового стекла.

Разработанный греческими мастерами рецепт протравного окрашивания, вместе с традицией создания витражей перешел в страны Западной Европы. Желтый цвет в знаменитых витражах средневековых европейских соборов создавался именно наночастицами серебра. В последующие эпохи интерес к протравному окрашиванию угас. Его возродил в начале XIX века знаменитый богемский технолог Бедрих Эгерманн (1777 - 1864) из города Хайда (Нови Бор) в Либерецком крае. Он разрабатывал различные составы для декорирования стекла. В числе их была и серебряная протрава, созданная им в 1817 году. Более десяти лет он работал над рецептом красной медной протравы, которая не была известна в средневековье. Первые изделия с медной протравой были выпущены лишь в 1832 г. Ее получали, как и сейчас, нанося на изделие пасту, содержащую соединения меди. Восстановительную атмосферу в дровяных печах создавали добавлением угля.

Выполненное из бесцветного стекла изделие, покрытое медной протравой, казалось сделанным из красного (рубинового) стекла, которое было гораздо дороже. Именно поэтому рецепт медной протравы, в буквальном смысле украденный из мастерской Эгерманна несмотря на действующий патент, около 1840 г. быстро распространился сначала по другим предприятиям Богемии, а затем попал и в соседние страны. Когда корреспондент из Праги предложил Императорскому стеклянному заводу в Санкт-Пе-

## С 2.1



Стакан с фигурой оленя в пейзаже. Стекло, медная протрава, гравировка. Богемия, 1850-1890



Кубок с изображением аллегорий в медальонах. Фрагмент. Медальон с аллегорией Фортуны, ГЭ. Стекло, роспись фиолетовой эмалью (лазурирование), гравировка. Богемия, 1840-е

тербурге выкупить через посредника рецепт "лазури медного рубина", то есть медной протравы, последовал ответ, что данная техника окрашивания уже несколько лет используется на предприятии. Примером раннего использования рецептуры серебряной протравы на этом предприятии служат декоративные тарелки с гравированными медальонами по рисункам Федора Толстого, посвященным войне 1812 года. Зеркало этих тарелок имеет желтый фон, который создан серебряной протравой. На нем выполненные матовой гравировкой фигурные композиции выглядят особенно эффектно! Рецептуру серебряной и медной протрав осваивает и Никольско-Бахметьевский завод. Украшенную медной протравой церковную утварь (лампады) и бытовую посуду не очень высокого качества до 1917 г выпускали частные предприятия Мальцовых.

В художественном стеклоделии интерес к декорированию изделий медной протравой во второй половине XIX века постепенно затухает, а в начале XX столетия возрождается в Богемии вновь в виде так называемого "стиля Эгерманн", представляющего собой сочетание сплошного протравного окрашивания и нанесенного по нему в технике матовой гравировки рокайльного коврового орнамента. Изделия такого типа с безупречно нанесенной протравой, но упрощенной гравировкой, выпускались в Богемии и во второй половине XX века. Наряду с рубиново-красной медной и янтарно-желтой серебряной протравой еще в XIX веке были разработаны рецепты смешанных медно-серебряных протрав, придающих поверхности стекла оранжевый цвет. Появилась и зеленая протрава, в которой редко удается достичь чистоты цвета, на многих изделиях она выходит с немного грязноватым оттенком. Изделия с зеленой протравой очень редки. Протравное окрашивание стекол как дешевую альтернативу цветному стеклу используют и в технике. В настоящее время художественное стекло, украшенное гравировкой по желтой, красной, зеленой и черной протраве, выпускает чешская фирма "Эгерманн" на родине великого богемского технолога в городе Нови Бор.

### Задача. Окрашивание стекла наночастицами

Протравное окрашивание стекла основано на диффузии катионов между пастой, нанесенной на поверхность изделия, и стеклофазой. Одно из веществ, используемых для приготовления пасты, представляет собой белый порошок **X**, насыщенный раствор которого даёт белый осадок с рас-



Стакан с аллегорией Фортуны. Мастерская Эгерманна. Стекло, медная протрава, гравировка. 1840-е гг. Новый Бор, музей



Фрагмент чаши со сценами охоты на животных. Стекло, серебряная протрава. Метрополитен Музей, X в.

Тарелка с гравированным изображением медальона Ф. Толстого "Освобождение Москвы", ГИМ. Стекло, серебряная протрава, гравировка. ИСЗ, 1830-е гг

твором хлорида бария. Раствор **X** реагирует с водным раствором хромата калия с образованием красного осадка **Y**, изоструктурного **X**. Массовая доля кислорода в **X** на 1.24% больше, чем в **Y**.

Окрашивание стекла происходит при нагревании изделия с нанесенной на него пастой при 600 °С. Затем высохшую пасту отделяют. Поверхность изделия приобретает характерный цвет. Если вещество **X** ввести в расплавленную стекломассу, а затем ее охладить, окраски стекла не возникает.

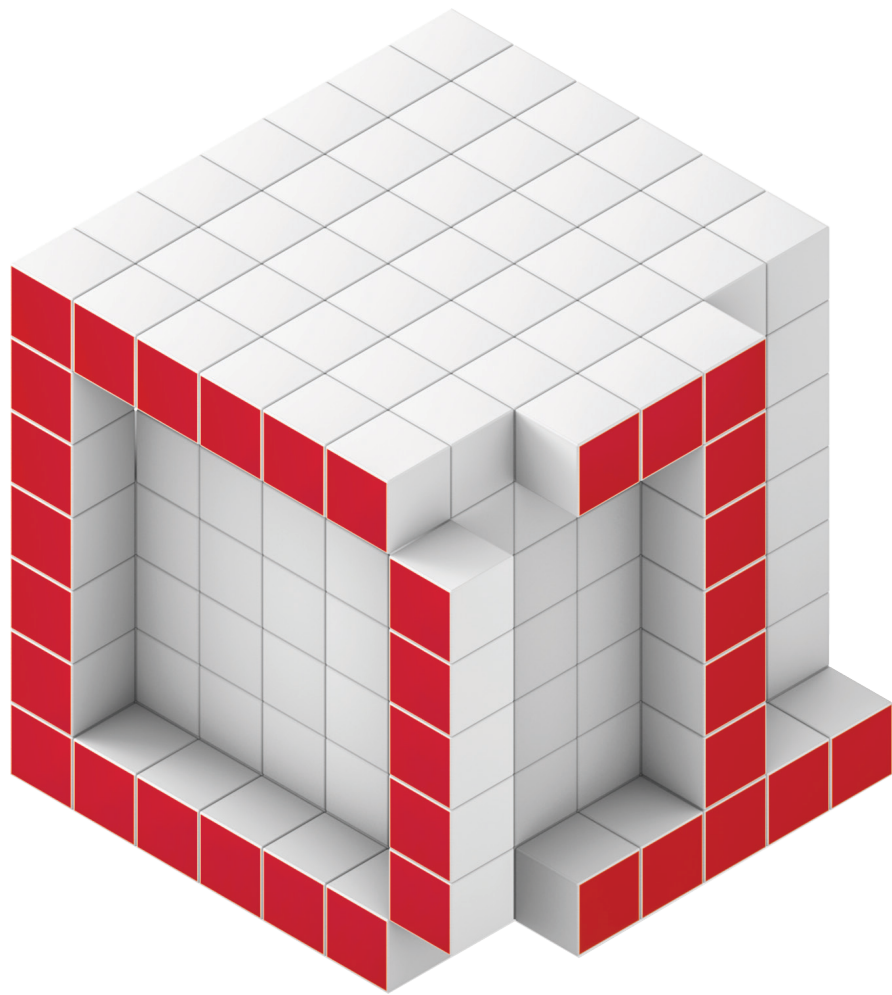
Определите неизвестные вещества. Напишите уравнения реакций. Какой элемент **Z** вводится в стекло при помощи протравы? Чем обусловлена окраска стекла? Почему она не возникает сразу при добавлении **X** в расплавленную стекломассу. Какие примесные ионы, содержащиеся в стекле, необходимы для реализации протравного окрашивания? Напишите уравнение реакции. Что надо сделать с таким стеклом для возникновения окраски? Предложите два других соединения элемента **Z**, которыми можно заменить **X**. Назовите еще один элемент, который окрашивает стекла таким же образом, что и **Z**.



Это приятная работа с мягкой глиной;  
возможность создать изделие по-своему  
собственному стилю, а в дальнейшем  
использовать в обычной жизни;  
я достаточно творческий человек,  
поэтому воплощать свои идеи и задумки  
в глине для меня очень интересно.

Владимир Сосновский, Санкт-Петербург





## D 1.1

# Художественные и технологические особенности живописи глазурями в художественной керамике

Хлебцевич Наталия Юрьевна, профессор кафедры керамики МГХПА им. С. Г. Строганова, член Международной академии керамики IAC

Традиционно в керамике термином "глазурь" обозначают стекловидное покрытие на поверхности керамического изделия. В русской терминологии также можно встретить слово «полива», от которого происходит и название соответствующего глазурного обжига – политой. Современная керамика, как функциональная, так и декоративная, в большинстве случаев глазурованная. Это прежде всего придает изделиям декоративность и законченный вид, а также делает их устойчивыми к протеканию воды и менее маркими, так как изначально пористый черепок становится глянцевым.

Глазури могут быть прозрачными или непрозрачными, бесцветными или окрашенными, блестящими или матовыми. Основой глазури для твёрдого фарфора является каолин, кварц и полевой шпат. В состав глазури вводят также оксиды металлов.

На сегодняшний день в арсенале художников-керамистов большое разнообразие глазурей. Они делятся на две основных категории: прозрачные и глушёные. Прозрачные глазури отличает яркость и «звонкость» цветов, интересные эффектные переходы на «встречах» различных составов, некоторые виды таких глазурей способны образовывать кристаллы в процессе остывания. Глушёные глазури или, как их часто называют керамисты – «эмали», предназначены в основном для того, чтобы замаскировать основной цвет глиняного черепка. Они как правило более предсказуемы и менее текучи. За глушение глазури отвечают соединения олова, цинка и циркония. Непрозрачные глазури широко применяют в качестве основы для росписи, для придания ей большей яркости. Глушёные глазури могут быть как матовыми, так и блестящими. Так блестящую глазурь можно сделать матовой, добавив в нее аломат (тонкодисперсный оксид алюминия).

Несомненно, наиболее привлекательной для художников является широкая цветовая гамма современных глазурей. Окрашивание происходит за счет введения в их состав оксидов и солей металлов, а также пигментов на их основе. Так, оксид кобальта(II)  $CoO$  после обжига дает цвет от светло- до темно-синего; оксид хрома(III) — зелёный, а при наличии олова — розовый, красный; оксид меди(II) употребляют для получения изумрудной зелёной, сине-зелёной глазури, а также глазурей медно-красных оттенков для восстановительного обжига. Марганец придает составам коричневые, розовые цвета; оксид железа(III) — от жёлтого и красного до коричневого и чёрного и т. д.

В зависимости от температуры обжига различают туго- и легкоплавкие составы. Тугоплавкие применяются для фарфора, шамота, твёрдого фаянса. Температура их плавления 1125—1360 °С. Майоликовые глазури, предназначенные для низ-

## D 1.1



Суд Траяна, 1530-1535.



Врубель М. Камин «Микула Селянинович и Вольга» (1898-1900)



Васильковский В. Фрагмент серии "Капитанская дочка", 1981-1986.

коплавких глин, обжигают при температуре 900–1100 °С. Компоненты некоторых глазурей не выдерживают температурой более 900 °С. К таким составам, например, относятся глазури с содержанием селена и кадмия, дающие эффектные оттенки от красного до оранжевого. Такие препараты требуют отдельного обжига.

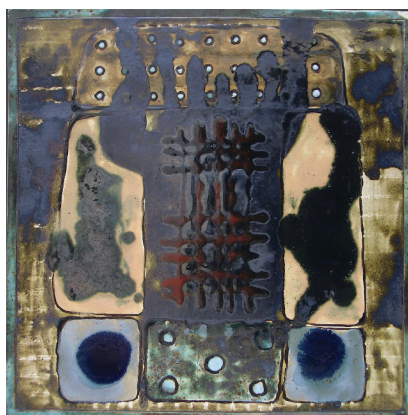
Покрывать цветными глазурями глиняные предметы люди научились очень давно. Считается, что стекловидное покрытие на поверхности керамики появилось даже раньше, чем в обиход вошли полностью стеклянные сосуды. Наши предков привлекали не только декоративные качества глазурованной керамики: гладкость, блеск, яркий глубокий цвет. Прежде всего глазурь заинтересовала керамистов тем, что после покрытия ею и последующего обжига, изделие переставало пропускать воду. Учитывая, что подавляющее большинство керамических изделий являлось сосудами из пористой глины, такое свойство не могло не оказаться полезным. Однако самые первые глазурованные изделия в большей степени имели отношение к красоте, чем к пользе. Самыми древними глазурями были покрыты бусы из стеатита, произошло это в Египте в 5 тысячелетии до н.э. Сам стеатит или талькохлорит (тальк (40-50 %), магнезит (40-50 %) и хлорид (5-8 %)), природный минерал высокой мягкости, собственно керамикой не являлся, однако глазурь на нём была по составу схожа с керамической. Самым ранним видом глазури была суспензия мельчайших частиц глины в воде, часто с добавлением соли или золы в качестве флюса. В 4 тысячелетии до н.э. в Египте и Месопотамии в качестве основного материала для покрытия глазурями становится масса из толчёного кварца, т.н. египетский фаянс. Из неё изготавливали статуэтки, флаконы, украшения и амулеты. Начиная со 2 тысячелетия до н.э. глазурованная плитка начинает широко применяться в архитектуре Ассирии, Вавилона и ахеменидского Ирана.

Наиболее известны своим разнообразием древние китайские глазури. Этому способствовали раннее достижение высоких (более 1000°С) температур обжига и открытие глазуреобразующих камней — неглинистых минералов, таких как известняк и «китайский камень» (частично выветренная смесь серицитовой глины и кварца), которые можно использовать для приготовления глазури, обжигаемой при высокой температуре. К 1500 г. до н. э. в Китае обжиг гончарных изделий был в основном высокотемпературным (1100-1200°С). Позднее появляются в Китае и свинцовые глазури. В период Тан (618-907г.н.э.) их производство достигает определенно-





Степанова-Ланская М. "Екатерина и Глеб", 2013.



Удальцова А.Л. "Этюд", 2005.

го расцвета. Изделия этого периода отличает высокая чистота и блеск покрытия, а яркие глазури желтых, коричневых и зеленых тонов, растекаясь в обжиге, образуют на поверхности глины причудливые узоры. Именно свинцовосодержащие глазури на долгое время становятся наиболее популярными у керамистов Ближнего и Среднего востока и Византии. Техника свинцово-оловянного глазурования проникает в часть стран Ближнего Востока в мусульманскую Испанию (13-14 века), а затем и в Италию. Расцвет керамического искусства в Италии, получивший название итальянской майолики, приходится на 15-16 век, когда широкое применение получила белая непрозрачная оловянная глазурь, поверх которой в качестве подкладки для росписи наносились свинцовые глазури и краски на основе оксидов металлов. Опыт росписи оксидами, (особенно популярным был оксид кобальта, дающий яркий синий цвет), продолжили в Европе голландские керамисты. Сочетание белого фона оловянной глазури и холодных оттенков кобальта, оптически усиливающих белизну поверхности, напоминало популярный и недостижимый тогда в Европе, китайский фарфор.

Использование глазурей в Древней Руси начинается в 10-11 веках на основе опыта византийских мастеров. В 16-17 веках употребление свинцовых глазурей в качестве основного декора изразцов достигает своего расцвета и продолжается вплоть до 20 века. Это знаменитые полихромные и муравленые изразцы, покрытые глазурями на основе свинца и окрашенные оксидами меди, кобальта, марганца и железа.

В начале 20 века интерес к керамике возникает в творчестве художников-живописцев, которые с помощью технологов дают технике росписи цветными глазурями новое прочтение. Наиболее известными примерами в этой области в России принято считать деятельность художников круга Абрамцевских и Талашкинских мастерских. Среди прочих художников керамикой увлекся один из величайших живописцев своего времени Михаил Врубель. Этот материал привлёк художника новыми возможностями для воплощения своих живописных и пластических замыслов: особой глубиной и выразительностью цвета глазурей, цветовыми нюансами и переливами, возникающими при восстановительном обжиге, органичностью использования цвета в скульптуре. Работа Врубеля, как керамиста, была бы не возможна без помощи профессионального, химика-технолога Петра Ваулина. Именно при его участии и помощи были созданы великие произведения керамики: камин «Микула Селянинович и Вольга» (1898-1900),

## D 1.1



Шабанова Т.П. "Во льдах", 1986.



Удальцова А.Л. "Урбанизм", 2004.

Живопись глазурями требует от художника опыта и внимательности. В процессе работы он должен в уме представлять себе все нюансы цвета, не видя их в реальности, так как практически все глазури меняют цвет и тональную насыщенность.

декоративные блюда "Садко", скульптуры "Купава" и "Мизгирь" и многие другие. Цветовые качества глазурей в руках великого мастера поставили его керамические работы в один ряд с живописью, а техника росписи цветными майоликовыми глазурями, богатой колористическими нюансами подобно масляной живописи, стала новым этапом в развитии художественной керамики. После революции работа Врубеля практически не получила продолжения. Не было сделано сколько-нибудь заметных работ в этой технике.

Традиции глазурной живописи в 60-е-70-е годы 20 века были продолжены керамистами так называемого студийного направления. Выдающимся художником и архитектором, работающим также в керамике, был Владимир Васильковский. Этому мастеру удалось создать портреты, богатые не только тонкими цветовыми отношениями, но и показать специфические качества глазурной живописи, присущие только этой технике.

Татьяна Шабанова – автор, расцвет творчества которой приходится на 80-90 годы 20 века. В её работах преобладает изобразительное начало. Излюбленный приём мастера - совмещение поливы цветными эмалями с тонкой надглазурной графикой, выполненной обычной или люстровой краской. Этот принцип, сочетающий в себе результат стихийности поведения глазури и рисунки конкретных фигуративных изображений положен в серию фаянсовых блюд, посвящённых теме покорения космоса и освоения Арктики. Здесь художник очень точно использует эффект сборки синей кобальтовой глазури положенной на белую глухую глазурь. Технологический эффект обыгрывается автором для создания образа морской и космической пучины и усиливается за счет графических изображений.

Художником, избравшим технику росписи глазурями в качестве основной в своем творчестве, является Анна Удальцова. Среди её творческого наследия преобладают декоративные пласти, выполненные при помощи оксидов и глазурей разной температуры обжига. Для создания рисунка она использует белую или черную глушеную глазурь, дающую мягкую контурную графику, промежутки между которой заполняются цветными глазурями.

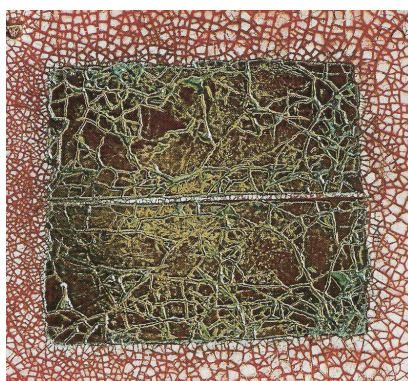
Иногда в качестве своего рода резерва для цветовых заливок применяется оксид меди, нанесенный на шамотный пласт. Оксид меди автор кладет и в качестве основания для полу-



Удальцова А.Л. "Штрихкод", 2008.



Чирикова И. "Натюрморт с цветком", 2003.



Камардин А. "Створ", 2007.

чения будущего изображения. Проявляясь после обжига под глазурями разных цветов травянистыми и бирюзовыми оттенками, оксид сообщает изделию общий зеленоватый колорит, характерный для этого красителя.

В своих работах Анна Удальцова использовала преимущественно цветные свинцовосодержащие глазури, подвергая их многократным обжигам для достижения желаемого результата. Работа «Штрихкод» является исключением из этого правила. Произведение представляет собой, размещенные на плоскости в определенном ритме, объемные вытянутые формы, покрытые глазурью восстановительного огня. Такие глазури, содержащие достаточно большой процесс металлов в своем составе, в результате обжига в восстановительной среде, получают специфические радужные цветовые переходы от цвета к цвету. Их поведение и соответственно результат после температурного воздействия мало предсказуем и зависит не только от состава самой глазури, но и от особенностей обжига.

Приемы нанесения глазури также могут в значительной степени определять характер произведения. Основным методом нанесения для плоских изделий, подобным холстам живописца, является кистевой способ. Глазурь при этом не размазывается по поверхности, а словно сливается с кисти из натурального ворса, хорошо удерживающего жидкую краску. В качестве резервуара для удерживания глазури в процессе нанесения также используют небольшие резиновые груши. Этот способ является наиболее экономичным в плане расхода глазури, однако не всегда способен обеспечить равномерность глазурного слоя. Традиционным методом глазурования является так называемая «полива». Изделие обливают или окунают в глазурь, удерживая его в ней до момента образования на его пористой поверхности достаточного слоя глазурной суспензии. Художники часто используют все эти приемы для получения спонтанных цветовых пятен, брызгов и мазков.

Примеры использования глазури в качестве основного средства выразительности можно встретить в творчестве Анатолия Камардина. В работе " Чаша с красной полосой" художник использует красную селено-кадмиевую глазурь для воплощения основной формальной темы произведения. Насыщенно красные, с особой текстурой полосы эффектно контрастируют со светлыми частями чаш, выполненные в технике «кракле». Такую же технику использует автор в работе

## D 1.1

Большой опыт в преподавании техники глазурной живописи накоплен на кафедре керамики МГХПА им. С. Г. Строганова. Знакомиться с приемами глазурования студенты начинают с первого курса. Посвященный техникам росписи второй курс даёт им возможность углубить свои знания в этой области. В начале работы студенты подбирают репродукции произведений живописи, изучают их особенности и подбирают глазури и их смеси, которыми можно повторить в керамике данное изображение. Это задание нельзя назвать копийным, так как всегда происходит адаптация под другую технологию. Однако, ясность цели, благодаря уже существующему примеру, позволяет молодым художникам сконцентрироваться на технологии. Освоив технику, они могут приступить к созданию своих собственных произведений.



Блюда в технике живописи цветными глазурями. Работы студентов 2 курса кафедры керамики МГХПА им. С. Г. Строганова, 2012.

«Створ». Сетка трещин контрастного к фону цвета, характерная для этой техники, возникает в результате повторного окрашивания глазури, на которой вследствие разницы коэффициента термического расширения покрытия и черепка, возникают мелкие поверхностные трещинки. Этот прием издавна хорошо известен художникам керамистам и активно ими используется.

Богатство цветовых сочетаний, графические и текстурные эффекты на поверхности глазури в большинстве случаев возникают в процессе многократных обжигов, когда художник раз от раза корректирует изображение, пока не добьется нужного результата. Марина Степанова-Ланская, например, подвергает свои произведения обжигу до десяти раз. В результате множества "пережогов", некоторые глазури могут изменять цвет, иногда кардинально. Так селено-кадмиевые глазури при завышенном температурном режиме обжига могут изменять красный цвет на прозрачно серый. В толстом слое глазури участки красного могут сохраняться. Так, работая всего лишь с одной глазурью, художник может получать разнообразные цветовые нюансы варьируя толщину слоя и температурный режим.

Степанова-Ланская придает большое значение технологическим экспериментам. Ее интересует нестандартное поведение глазури, которое для функциональной керамики может считаться браком. В поиске новых средств выразительности художник добавляет в глазури металлическую крошку, карборунд, различные не керамические материалы, которые могут выдержать обжиг. По словам самого автора "Для достижения образа можно всё!"

Современные художники все чаще сегодня обращаются к технологическим поискам, способным изменить традиционные приемы и методы работы в керамике. Нередко такие открытия становятся главным средством выразительности для их произведений.

Интересным примером такого опыта являются композиции Ирины Разумовской «Barkskin». Биоморфная поверхность ее скульптурных объектов резко контрастирует с четкостью геометрических форм, подчеркнутых линейными мотивами росписи. Эффект растрескавшейся, напоминающей пересушенную почву или кору, фактуры, художник вероятнее всего добивается благодаря нанесению на уже глазурованную поверхность изделия ангобного (глиняного) слоя с его последу-

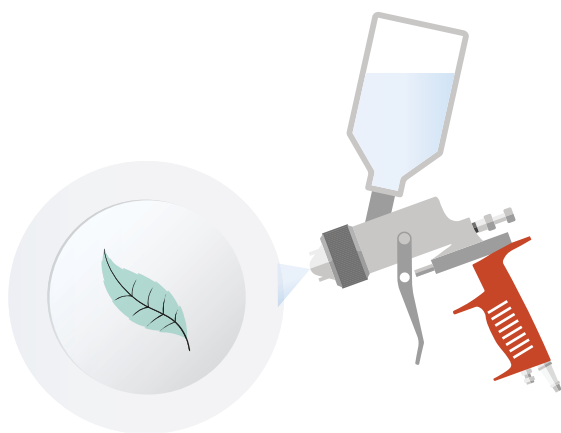


Разумовская И. "Barkskin", 2016.

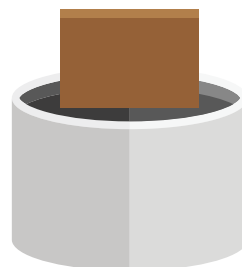
ющей усадкой в обжиге. Варьируя толщину покрытия, автору удается добиться разной степени рельефности и растрескивания поверхностей без их окончательного отслоения от черепка.

Техника глазурной живописи, является важной и неотъемлемой частью творческого процесса для художников, работающих в области студийной керамики. Ее технические возможности позволяют художникам создавать произведения, где присущие только керамике художественные качества, являются определяющими в создании образа. Примеры использования данной техники в работах российских керамистов, позволяют говорить о живописном направлении в керамике, как об отдельном явлении, где технология становится полноправным и зачастую главным инструментом в руках художника.

## Способы нанесения глазури



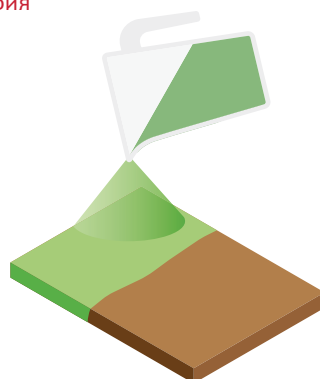
аэрография



метод окунания



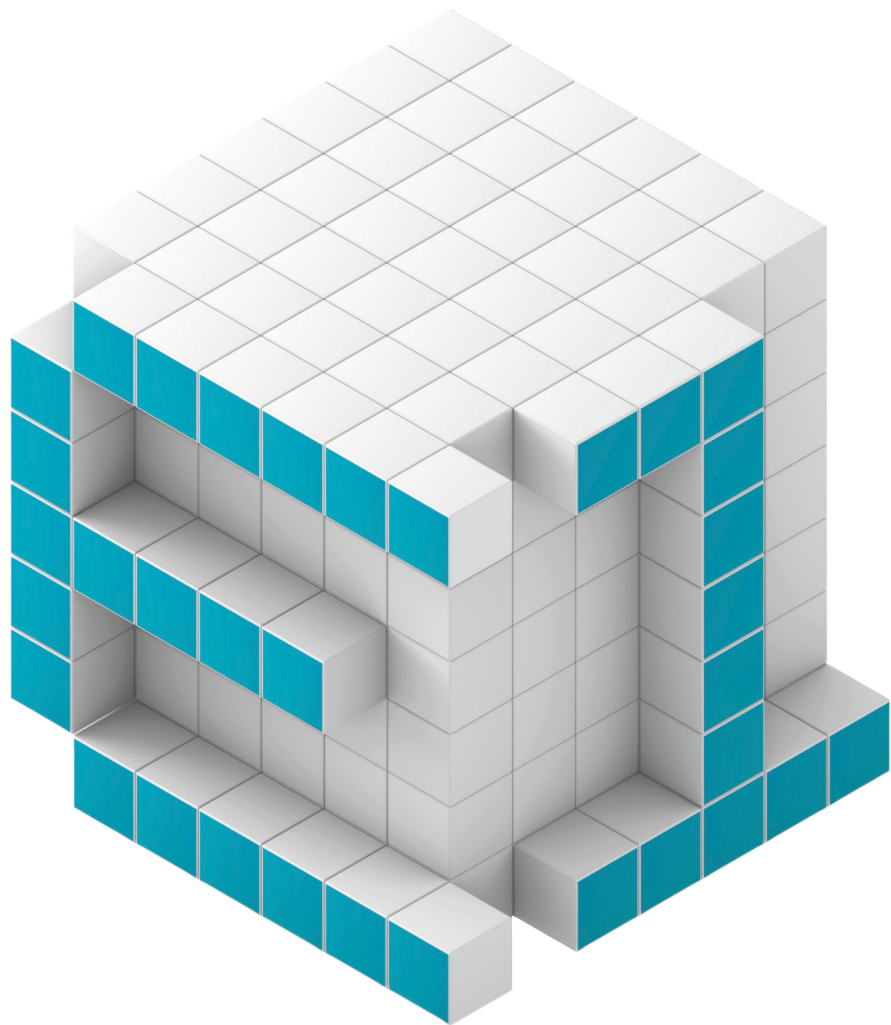
обливной способ (полива)



глазурование из рожка



кистевое нанесение глазури

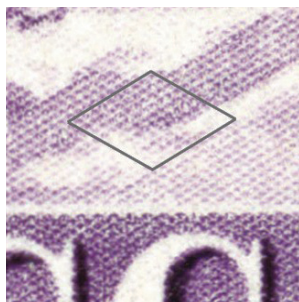


## Менделеев на почтовых марках мира

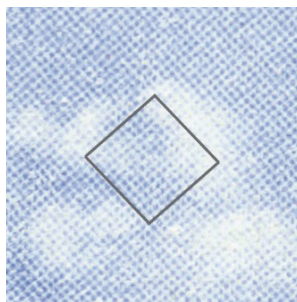
Ерёмин Вадим Владимирович, руководитель IV химической образовательной программы, профессор МГУ имени М.В.Ломоносова, доктор физико-математических наук



Памятник Д. И. Менделееву в Санкт-Петербурге, скульптор И. Я. Гинзбург, 1930.



Растр ГР (◇)



Растр KB (◇)

В 2019 году мы отмечаем 150-летний юбилей создания Периодической системы элементов Дмитрием Ивановичем Менделеевым (1834–1907). Это выдающееся открытие давно вошло во все школьные учебники химии, благодаря чему имя Менделеева известно во всем мире. В России было много других выдающихся химиков, физиков, математиков, но ни один из них не достиг такой всемирной славы. Это очень хорошо видно в научной филателии: по числу изображений на почтовых марках Менделеев среди ученых уступает только Эйнштейну, Ньютону, Марии Кюри и, возможно, Рентгену.

Рекордсменом по портретам Менделеева на марках является, конечно, наша страна. В разные периоды истории отечественная филателия отмечала годовщины рождения и смерти ученого, создания Периодической системы. Самые первые марки в виде серии **(1) – (4)** появились в 1934 г. в честь 100-летнего юбилея, который очень широко отмечался в Советском Союзе. На двух марках изображен портрет Менделеева, а на двух других – памятник ученому в Санкт-Петербурге. Памятник интересен по многим причинам. Во-первых, это – единственный памятник Менделееву в городе, где он провел почти всю свою жизнь. Во-вторых, это – единственный памятник в СПб, на котором изображен человек с сигаретой. И, наконец, памятник является талисманом питерских студентов: перед сессией хорошей приметой считается подойти и прикоснуться к нему, поэтому носок ботинка и нос самого Менделее-



(1)–(4) СССР, 1934

ва заметно светлее остальных частей памятника. Фоном на всех марках серии служит Периодическая система, которая тоже необычна: инертные газы в ней расположены в 0-й группе!

Марки периода 1930-х годов – одни из самых дорогих в отечественной филателии. Не стала исключением и «менделеевская» серия. Хотя есть и более дорогие Менделеевы – об этом далее.

В следующий раз выдающийся химик появился на марке в 1951 г. в большой серии «Ученые нашей Родины», которая включала 16 марок. Серия, действительно, охватывала весь цвет отечественной науки прошлых столетий. Кроме Менделеева (5), химия была представлена А.М.Бутлеровым (6) и Н.С.Курнаковым, математика – Н.И.Лобачевским и С.В.Ковалевской, физика – А.Г.Столетовым и П.Н.Лебедевым, среди других известных ученых – К.Э.Циолковский и Н.Н.Миклухо-Маклай. Серия вышла большим тиражом – 1 миллион экземпляров, однако, оказалась настолько успешной и востребованной, что через 5 лет напечатали еще один выпуск, преимущественно на экспорт. Новые марки немного отличались от марок первого выпуска более высоким качеством печати и размером изображения. В первом выпуске были очень интересные разновидности марок, связанные с технологией печати. Для передачи полутонов на марках использовалась мелкая растровая сетка. В обычных марках серии «Ученые» элементы сетки имеют форму квадрата (**растр КВ**), а в значительно более редких разновидностях – горизонтального ромба (**растр ГР**). Последние настолько ценятся коллекционерами, что негашеный Менделеев с растром ГР стоит в 200 раз дороже, чем такая же марка с растром КВ, хотя само изображение – одинаковое.

В 1957 г. отмечалось 50-летие со дня смерти Д.И.Менделеева. К этому событию была напечатана марка (7) с портретом Д.И. на фоне старого здания Санкт-Петербургского университета (здания Двенадцати коллегий), где сейчас находится Музей-архив Д.И.Менделеева. Эта достаточно обычная марка уже через год попала в историю филателии. Причиной тому оказался VIII Менделеевский съезд.

Менделеевские съезды – это крупнейшие международные научные мероприятия, посвященные актуальным вопросам химии. Они проводятся в России (сначала в Российской Империи, а затем в СССР и в Российской Федерации), начиная с 1907 г. (года кончины Менделеева). В конце 1958 г. в Советском Союзе планировалось провести очередной, VIII Менделеевский съезд. В честь этого события было решено произвести надпечатки «VIII Менделеевский съезд 1958 г.» на двух ранее выпущенных марках





(5) СССР, 1951



(6) СССР, 1951



(7) СССР, 1957

с выдающимися химиками. Надпечатку синего цвета **(8)** поставили на марку с А.М.Бутлеровым из серии 1951 года, а красного цвета **(9)** – на «Менделеева» 1957 г. Надпечатки сделали, а съезд перенесли на следующий, 1959 год, в связи с чем было принято решение марки в обращение не выпускать и уничтожить весь тираж. Однако, часть тиража уцелела и попала на филателистический рынок. Как это случилось, стало понятно из записи одного известного коллекционера на полях этих марок: «В обращении не была. Ворованная с фабрики». Вот так иногда и появляются раритеты. Точное количество уцелевших марок с надпечатками неизвестно, но их не может быть много, поэтому цена на них очень высокая.

А затем наступил 100-летний юбилей Периодической системы. В 1969 г. ему посвятили блок **(10)** и марку **(11)**. Обычно Менделеева изображают глубоким старцем с растрепанной шевелюрой и не очень опрятной бородой. Здесь же перед нами предстал мыслитель в расцвете сил и творческой энергии. На блоке изображен самый первый вариант Периодической системы, подготовленный для печати, и указана дата открытия. Марка показывает ученого в процессе работы (работал Менделеев стоя за конторкой, как было принято в то время), а фоном служит фрагмент первой таблицы, на котором сделаны два исправления, предложенные Менделеевым.

Это были последние марки, посвященные Менделееву, в Советском Союзе. Последующие выпуски были сделаны уже в России, и их было всего два. К 175-летию юбилею в 2009 году напечатали почтовый блок **(12)** довольно большим для нашего времени тиражом 120 тыс. экземпляров. На блоке приведена фотография Д.И. Менделеева, которая была предоставлена Метрологическим музеем Госстандарта России при ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, а также изображены эталонные весы фирмы "Немец" 1895 г., на которых Менделеев проводил метрологические измерения, и друза горного хрусталя из коллекции минералов ученого. ВНИИ Метрологии – это бывшая Главная палата мер и весов, которую Менделеев возглавлял в последние годы своей жизни. На боковой стене здания находится памятник-таблица «Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева» высотой 9 м. В основу памятника положена таблица из последнего прижизненного издания «Основ химии» Д. И. Менделеева. Элементы, открытые при жизни учёного, обозначены в таблице красным цветом; а элементы, открытые с 1907 по 1934 гг., – синим цветом. Инертные газы в этой таблице расположены не в VIII группе, как мы привыкли, а в самом начале таблицы, в 0-й группе.



(8) СССР, 1958



Мозаичное панно «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева», 1935.



(9) СССР, 1958

А совсем недавно, за две недели до начала нашей смены Почта России отметила 150-летие Периодической системы. Было решено не затруднять себя созданием новой почтовой миниатюры, а воспользоваться уже готовым решением – блоком 2009 года, на который просто поставили две надпечатки **(13)**: «2019 год – Международный год Периодической таблицы химических элементов» и «80 руб.» вместо 15 руб. Как видим, цена блока за 10 лет выросла больше, чем в 5 раз. Кроме того, его выпустили совсем небольшим тиражом – в 30 раз меньше, чем в 2009 г. А для того, чтобы избежать подделок, блок продают только в составе сувенирного набора **(14)**. Разумеется, такой малотиражный «Менделеев» тут же стал очень популярным среди коллекционеров.

Итак, в отечественной филателии Менделеев представлен широко и разнообразно. А как обстоят дела в других странах? Там Менделеев популярен, в первую очередь, у наших бывших союзников по социалистическому лагерю. Так, в Польше Менделеев попал в серию «Великие ученые» **(15)** в одной компании с Эйнштейном, Ньютоном, Дарвиным, Пастером и Коперником. Болгария и Северная Корея отметили 150-летие со дня рождения **(16)**, **(17)**, а Сербия и Македония – 100 летие со дня смерти Менделеева **(18)**, **(19)**. Последняя марка – довольно необычная: портрет Менделеева на ней размытый и скорее служит фоном, чем основным изображением.

Менделеев относится к всемирно известным ученым, поэтому он часто попадает на марки африканских стран, у которых продажа почтовых марок – существенная часть бюджета. Нередки случаи, когда за год выпускается более 1000 марок, посвященных

### Домашнее задание

1. За 10 лет цена марки выросла с 15 руб. до 80 руб. Если предположить, что каждый год цена увеличивается в одно и то же число раз, то на сколько процентов в год дорожала марка?

2. Кто такие Циолковский и Миклухо-Маклай?

3. Какая ошибка есть на одной из марок блока Сьерра-Леоне (23)?

4. Какая вопиющая ошибка допущена на одномарочном блоке Мальдивов (24)?

5. Определите, какие элементы отмечены пустыми квадратиками на марке Испании 2007 года (25).

6. Когда будет ближайший юбилей, связанный с именем Д.И.Менделеева?

7. Какая марка из приведенных в данной заметке нравится вам больше всего?

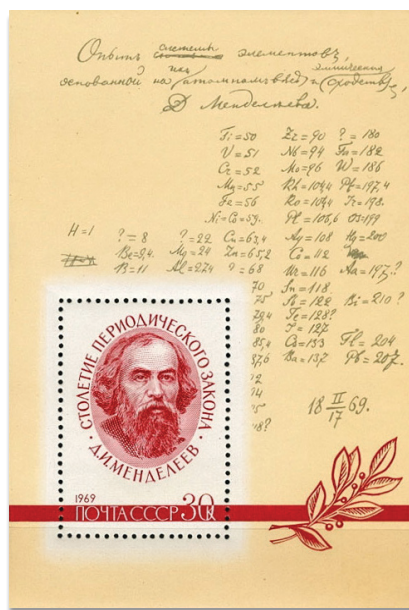
всем объектам коллекционирования, которые можно придумать, – актерам, спортсменам, политикам, ученым и т.д. Неудивительно, что при таком количестве марок качество портретов обычно страдает и узнать Менделеева можно либо по надписи, либо по характерной бороде, либо по Периодической системе, на фоне которой он изображен. В качестве примера приведем марки Сан-Томе и Принсипи (20), (21), Того (22) и блок Сьерра-Леоне (23), целиком посвященный Менделееву. Коллекционеры иногда называют такие марки «фантиками», но все-таки, они считаются официальными выпусками и попадают в каталоги, тем самым получая определенный статус.

Подробно представлены некоторые сюжеты из жизни Менделеева в серии из двух блоков (24), выпущенных в 2017 году Мальдивскими островами по поводу 110-летия со дня смерти ученого. На блоке из 4 марок показано, как Менделеев придумывает Периодический закон, и как толпа студентов Санкт-Петербургского университета окружает Менделеева с вопросами после лекции, изображен знаменитый памятник ученому на фоне дома, в котором он провел последние годы жизни. А вот на другом блоке из одной марки допущена серьезная ошибка, граничащая с бестактностью. Сможете ли вы ее обнаружить?

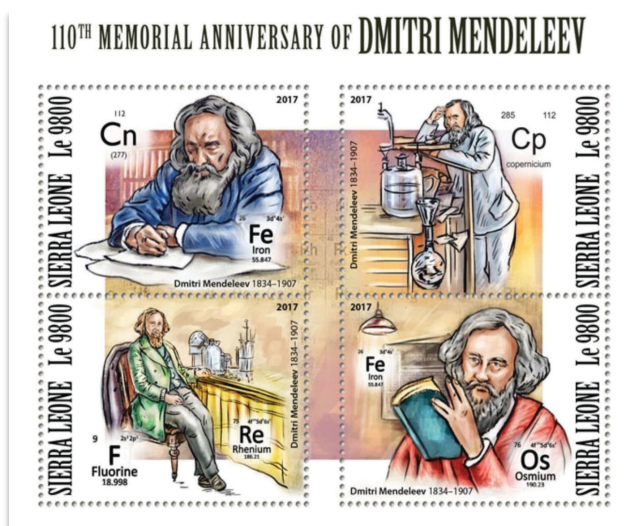
Отметим, что иногда Периодическая система встречается в филателии и отдельно от своего создателя, например, на марке Испании (25), где представлена четырехцветная схема длинного варианта системы. Что означают цвета отдельных областей, химикам понятно, а вот каков смысл пустых квадратиков?

Юбилейный год Периодической системы только начался, но некоторые страны уже успели отметить почтовыми марками на эту тему. Испания ограничилась тем, что изобразила на марке (26) три клеточки с переходными металлами, а вот Алжир достоинно отметил вклад Менделеева, поместив портрет ученого рядом с Периодической системой, покрывающей земной шар, и особо выделив 101-й элемент – менделевий (27).

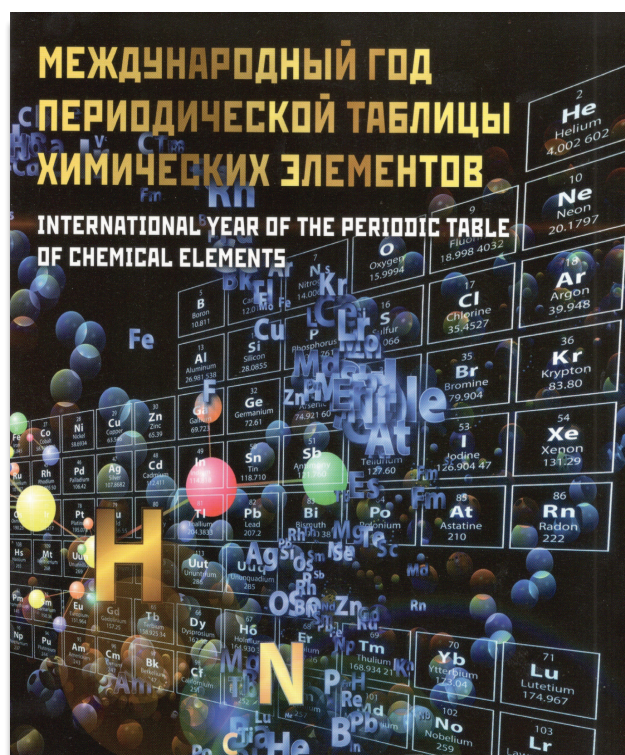
Что ждет нас в будущем? Во-первых, мы ожидаем дальнейшего расширения Периодической системы. В Дубне уже запущен новый ускоритель, с помощью которого, возможно, будут синтезированы 119-й и 120-й элементы. И, конечно, будут новые юбилеи и новые филателистические выпуски, связанные с Дмитрием Ивановичем Менделеевым и созданной им Периодической системой химических элементов.



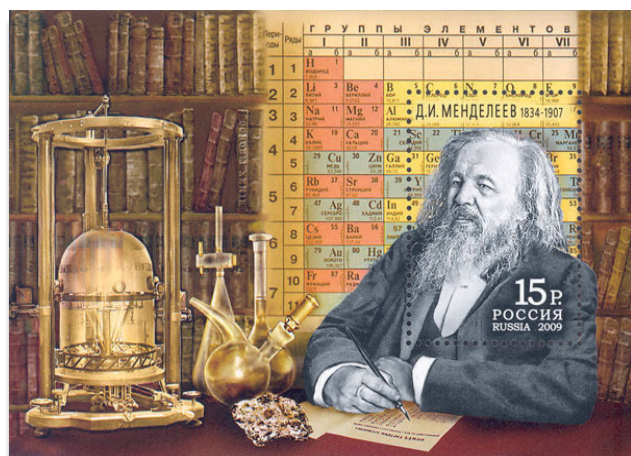
(10) СССР, 1969



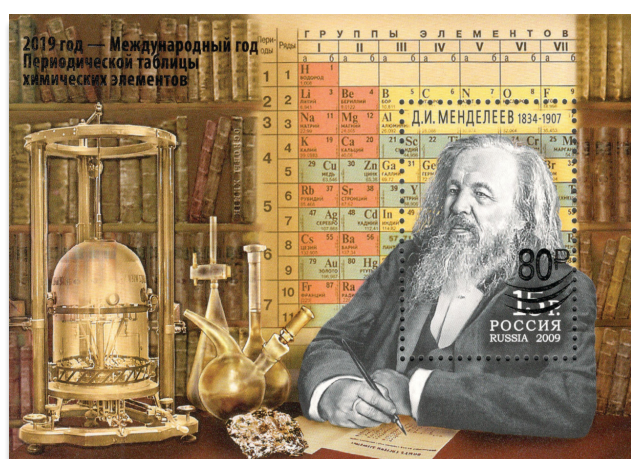
(23) Сьерра-Леоне, 2017.



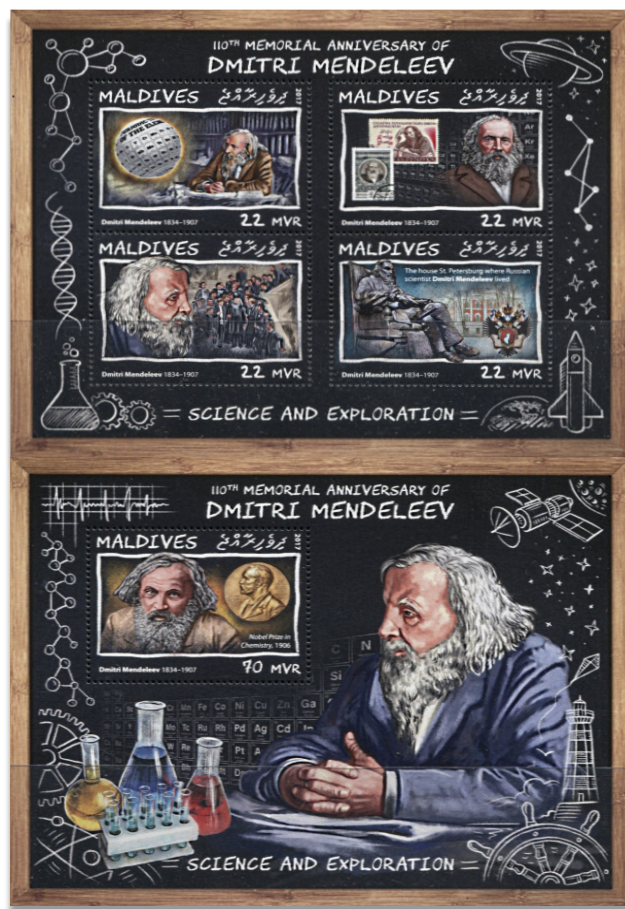
(14) Россия, 2019



(12) Россия, 2009



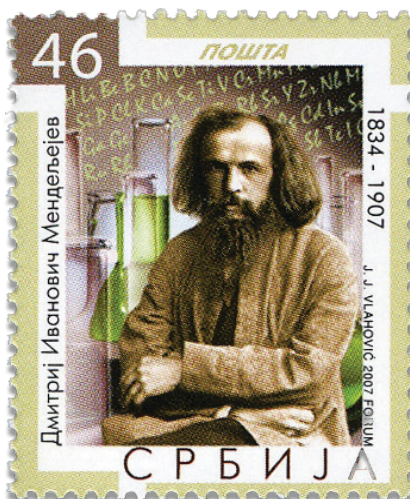
(13) Россия, 2019



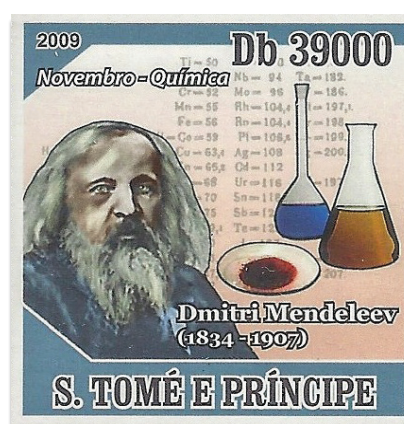
(24) Мальдивы, 2017



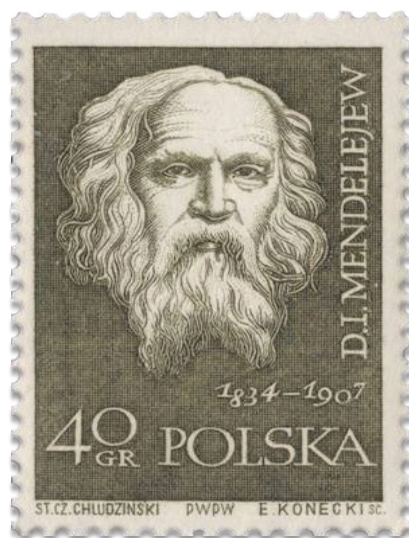
(11) СССР, 1969



(18) Сербия, 2007



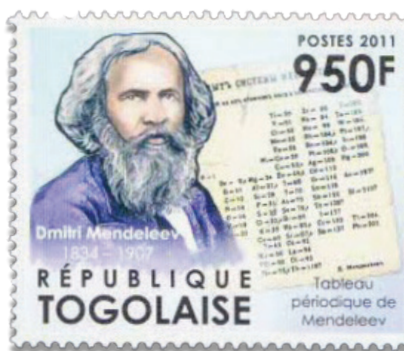
(21) Сан-Томе и Принсипи, 2009



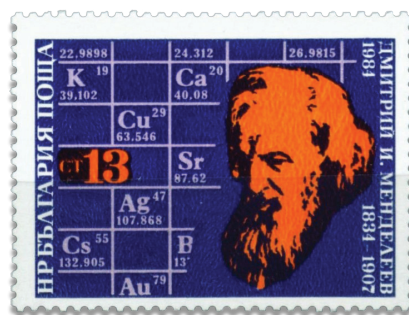
(15) Польша, 1959



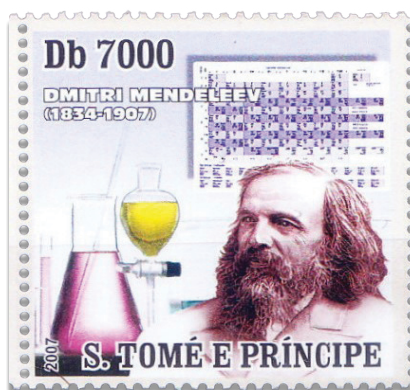
(19) Македония, 2007



(22) Того, 2011



(16) Болгария, 1984



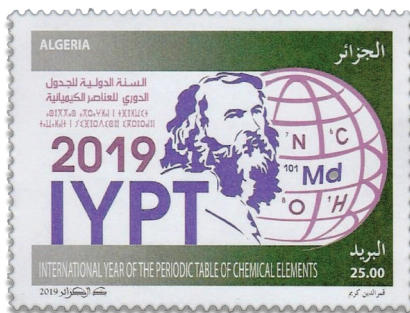
(20) Сан-Томе и Принсипи, 2007



(25) Испания, 2007



(17) КНДР, 1984



(27) Алжир, 2019



(26) Испания, 2019

Кто-то может себе позволить картину  
Рембрандта на стене, а я - только  
таблицу Менделеева. Такая вот  
эстетическая ценность

Фаткулин Артем, Архангельск

Хвастаюсь перед родителями-  
гуманитариями валентностями  
металлов, о которых они не знают

Трофимов Кирилл, Москва



## Филателистическая система химических элементов Д. И. Менделеева

Ерёмин Вадим Владимирович, руководитель IV химической образовательной программы, профессор МГУ им. М.В.Ломоносова, доктор физико-математических наук

Международный год Периодической таблицы широко шагает по планете. Ему посвящаются разнообразные события (в том числе, и наша смена), объявляются многочисленные конкурсы и викторины, связанные с химическими элементами, демонстрируются самые невероятные варианты Периодической системы элементов, а также пародии на нее, например, системы пищевых элементов, музыкальных инструментов, состояний души и т.п. Цель всего этого одна – популяризация химии и демонстрация ее роли в нашей жизни.

Мы решили составить свой, филателистический вариант Периодической системы, поместив в каждую клетку таблицы официальную почтовую марку, связанную с данным элементом. Ассоциативных связей филателии с химией довольно много. В первую очередь, это – персоналии, выдающиеся ученые, которые открыли элементы, или в честь которых они названы (см., например, элементы №№ 8, 9, 34, 52, 54 и др.). Другой тип элементов связан с минералами, в состав которых они входят, ведь минералы – очень популярная тема коллекционирования. Изображения красивых кристаллов, образованных различными минералами, встречаются на марках всех стран мира. На одних марках приводят только друзы кристаллов, а на более интересных марках также формулы минералов, встречается даже описание кристаллической решетки (элемент № 74). Еще один источник ассоциаций – название элемента, связанное с мифологией (№№ 2, 61) или географией (№№ 44, 95, 98, 110, 115 и др.). Остальные марки связаны с разнообразными применениями элементов и их соединений (например, №№ 43, 45, 48).

Подробное описание марок также составлено в виде периодической таблицы. Для каждого элемента указаны страна и год выпуска марки, дано краткое объяснение того, как связано изображение на марке с элементом. К описанию стоит прибегать в тех случаях, когда ассоциация с элементом – совсем неочевидная (например, №№ 5, 38, 48, 53).

Мы надеемся, что такой взгляд на Периодическую систему Менделеева привлечет ваше внимание и позволит узнать что-то новое о химии, об элементах и о филателии.

### Домашнее задание.

Выберите случайным образом несколько элементов. Для каждого элемента попробуйте объяснить, какое отношение к нему имеет изображение на марке.



1

2

3

4

1

**1**  
**H**  
1.008  
Водород  
Hydrogen

Россия, 2000.  
Академик Н. Н. Семенов – теория цепных реакций. Реакция  $H_2 + O_2$  протекает по цепному механизму. За изучение этого механизма Н.Н. Семенов получил Нобелевскую премию по химии.

2

**3**  
**Li**  
6.94  
Литий  
Lithium

Гвинея, 2011.  
Минерал лепидолит.  
 $KLi_2Al(AlSi_3O_{10})(OH)_2$  – вторичный источник лития.

**4**  
**Be**  
9.0122  
Бериллий  
Beryllium

Украина, 2009.  
Минерал берилл,  $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ .

3

**11**  
**Na**  
22.9898  
Натрий  
Sodium

Нидерландские Антильские острова, 1975.  
Соляная промышленность.

**12**  
**Mg**  
24.305  
Магний  
Magnesium

Греция, 2005.  
Магний в составе хлорофилла.

4

**19**  
**K**  
39.0983  
Калий  
Potassium

Коморские острова, 2008.  
Гэмфри Дэви – английский химик, который первым получил калий с помощью электролиза.

**20**  
**Ca**  
40.078  
Кальций  
Calcium

СССР, 1975.  
500 лет Микеланджело. Статуя Давида выполнена из мрамора,  $CaCO_3$ .

**21**  
**Sc**  
44.956  
Скандий  
Scandium

СССР, 1965.  
Эмблема конгресса ИЮПАК в Москве. Символ скандия – часть слова «Moscow».

**22**  
**Ti**  
47.867  
Титан  
Titanium

ЮАР, 1984.  
Серия «Добыча полезных ископаемых». Титан.

5

**37**  
**Rb**  
85.47  
Рубидий  
Rubidium

Германия, 1974.  
150 лет со дня рождения немецкого физика Г.Р. Кирхгофа. Кирхгоф и Бунзен открыли рубидий в 1861 году с помощью изобретенного ими спектрального анализа.

**38**  
**Sr**  
87.62  
Стронций  
Strontium

Беларусь, 1996.  
10 лет Чернобыльской аварии. В результате аварии в атмосферу попал радионуклид Sr-90.

**39**  
**Y**  
88.90  
Иттрий  
Yttrium

Джибути, 2016.  
Минерал гадолинит,  $(Ce,La,Nd,Y)_2FeBe_2Si_2O_{10}$  – источник иттрия.

**40**  
**Zr**  
91.224  
Цирконий  
Zirconium

Французские Антарктические территории, 2011.  
Минерал циркон,  $ZrSiO_4$ .

6

**55**  
**Cs**  
132.90545  
Цезий  
Caesium

Россия, 2014.  
Часы на Казанском вокзале. Частота перехода между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 используется для определения единицы времени.

**56**  
**Ba**  
137.327  
Барий  
Barium

Мексика, 2005.  
Минерал барит,  $BaSO_4$ .

**57** 138.9054  
**La**  
Лантан  
Lanthanum

**72**  
**Hf**  
178.49  
Гафний  
Hafnium

Венгрия, 1988.  
Дьёрдь де Хевеши – Нобелевский лауреат по химии 1943 г., один из первооткрывателей гафния.

7

**87**  
**Fr**  
223  
Франций  
Francium

Франция, 2014.  
Марианна – национальный символ Франции.

**88**  
**Ra**  
226  
Радий  
Radium

Польша, 1992.  
Серия «Знаменитые поляны». Мария Склодовская-Кюри – первооткрыватель радия.

**89** [227]  
**Ac**  
Актиний  
Actinium

**104**  
**Rf**  
[261]  
Резерфордий  
Rutherfordium

СССР, 1971.  
100 лет со дня рождения Роберта Резерфорда.



Составители:  
В. Еремин (МГУ), А. Дроздов (МГУ).

## Лантаноиды

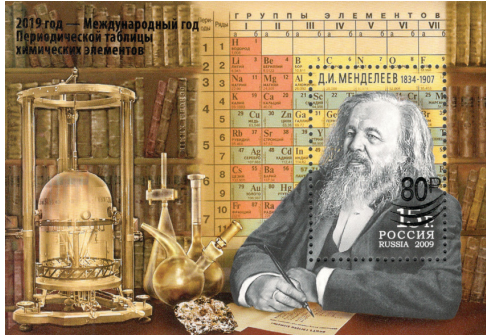
**57**  
**La**  
138.91  
Лантан  
Lanthanum

Япония, 1991.  
Международная конференция высокотемпературным сверхпроводникам. Лантан входил в состав первых сверхпроводящих керамик, открытых в 1986 г. Беднорцем и Мюллером.

**89**  
**Ac**  
[227]  
Актиний  
Actinium

Гренада, 2001.  
Минерал уранинит. Актиний был выделен А.Дебьерном из отходов переработки уранинита.

## Актиноиды



## 150-летию Периодического закона посвящается

<b>23</b> <b>V</b> 50.9415 Ванадий Vanadium	<b>ЮАР, 1984.</b> Серия «Добыча полезных ископаемых». Ванадий.	<b>24</b> <b>Cr</b> 51.9961 Хром Chromium	<b>ЮАР, 1984.</b> Серия «Добыча полезных ископаемых». Хром.	<b>25</b> <b>Mn</b> 54.938 Марганец Manganese	<b>ЮАР, 1984.</b> Серия «Добыча полезных ископаемых». Марганец.	<b>26</b> <b>Fe</b> 55.845 Железо Iron	<b>СССР, 1946.</b> За досрочное выполнение пятилетнего плана по чугуну.	<b>27</b> <b>Co</b> 58.933 Кобальт Cobalt	<b>Тайвань, 2018.</b> Китайский бело-голубой фарфор. Синий цвет росписи придают соединения кобальта.
<b>41</b> <b>Nb</b> 92.906 Ниобий Niobium	<b>Польша, 1956.</b> Бюст Ниобы (дочери Тантала) из скульптурной группы "Ниоба и ее младшая дочь", галерея Уфицици, Флоренция.	<b>42</b> <b>Mo</b> 95.95 Молибден Molybdenum	<b>Намибия, 1991.</b> Минерал вульфенит, $PbMoO_4$ .	<b>43</b> <b>Tc</b> [98] Технеций Technetium	<b>Германия, 1981.</b> Компьютерная томограмма грудной клетки здорового человека. Получена с помощью изотопа $Tc-99m$ .	<b>44</b> <b>Ru</b> 101.07 Рутений Ruthenium	<b>Россия, 2015.</b> Казань - город, в котором в 1844 г. был открыт рутений.	<b>45</b> <b>Rh</b> 102.905 Родий Rhodium	<b>Корея, 2006.</b> Экспорт автомобилей. Rh - самый эффективный катализатор переработки выхлопных газов.
<b>73</b> <b>Ta</b> 180.94788 Тантал Tantalum	<b>Уганда, 1988.</b> Минерал колумбит-танталит, $(Fe,Mn)(Nb,Ta,Ti)_2O_6$ .	<b>74</b> <b>W</b> 183.84 Вольфрам Tungsten	<b>Перу, 2004.</b> Минерал вольфрамит, $MnWO_4$ .	<b>75</b> <b>Re</b> 186.207 Рений Rhenium	<b>СССР, 1968.</b> 50 лет ИОНХ. Изображена структура соединения с 8-валентным рением.	<b>76</b> <b>Os</b> 190.23 Осмий Osmium	<b>Австрия, 1936.</b> Карл Ауэр фон Вельсбах, австрийский химик, предложил использовать осмиевую нить вместо угольной в лампах накаливания.	<b>77</b> <b>Ir</b> 192.217 Иридий Iridium	<b>Венгрия, 1976.</b> Инженер Иштван Круслер, сконструированные им весы и эталон килограмма. До 2019 года эталонным килограммом служил цилиндр из платино-иридиевого сплава.
<b>105</b> <b>Db</b> [288] Дубний Dubnium	<b>СССР, 1976.</b> 20-летие Объединенного института ядерных исследований (Дубна).	<b>106</b> <b>Sg</b> [286] Сиборгий Seaborgium	<b>Мальдивы, 1995.</b> 100-летие создания Нобелевского фонда. Глен Сиборг - лауреат Нобелевской премии по химии (1951).	<b>107</b> <b>Bh</b> [278] Борий Bohrium	<b>Дания, 1963.</b> 50 лет первой квантовой модели атома водорода (Нильс Бор).	<b>108</b> <b>Hs</b> [288] Хассий Hassium	<b>Германия, 1993.</b> Герб Гессена. Элемент назван в честь немецкой земли Гессен (Hassa - латинское название средневекового княжества Гессен).	<b>109</b> <b>Mt</b> [278] Мейтнерий Meitnerium	<b>Австрия, 1978.</b> 100 лет со дня рождения Лизы Мейтнер.
<b>58</b> <b>Ce</b> 140.116 Церий Cerium	<b>Мозамбик, 1979.</b> Минерал зксенит $(Y,Ca,Ce,U,Th)(Nb,Ta,Ti)_2O_6$ - источник церия.	<b>59</b> <b>Pr</b> 140.90766 Празеодим Praseodymium	<b>Австрия, 2012.</b> Карл Ауэр фон Вельсбах, австрийский химик и инженер, первооткрыватель празеодима и изобретатель сетки в газовой лампе.	<b>60</b> <b>Nd</b> 144.242 Неодимий Neodymium	<b>Австрия, 1954.</b> Карл Ауэр фон Вельсбах, австрийский химик, открыл неодим в 1865 г.	<b>61</b> <b>Pm</b> [145] Прометий Promethium	<b>Греция, 1997.</b> Прометей приносит огонь людям.	<b>62</b> <b>Sm</b> 150.36 Самарий Samarium	<b>Испания, 2004.</b> 50 лет ЦЕРН. В ускорителях ЦЕРН используются самарий-нобелтовые постоянные магниты.
<b>90</b> <b>Th</b> 232.0377 Торий Thorium	<b>Швеция, 1979.</b> 200 лет со дня рождения Й.А.Берцелиуса. В 1829 году Берцелиус выделил торий из минерала торита.	<b>91</b> <b>Pa</b> 231.03588 Протактиний Protactinium	<b>Румыния, 1999.</b> Протактиний открыт в урановой смолке в 1918 г. Отто Ганом и Лизой Мейтнер.	<b>92</b> <b>U</b> 238.028 Уран Uranium	<b>Германия, 1997.</b> Отто Ган - Нобелевская премия по химии за открытие деления урана.	<b>93</b> <b>Np</b> [237] Нептуний Neptunium	<b>Австралия, 2015.</b> Нептун.	<b>94</b> <b>Pu</b> [244] Плутоний Plutonium	<b>Россия, 2016.</b> Под руководством И.В.Курчатова в 1946 г. был запущен первый в СССР ядерный реактор «Ф-1». Его основная цель - накопление оружейного плутония.

1

2

3

4

1

**1**  
**H**  
1.008  
Водород  
Hydrogen

2

**3**  
**Li**  
6.94  
Литий  
Lithium

**4**  
**Be**  
9.0122  
Бериллий  
Beryllium

3

**11**  
**Na**  
22.9898  
Натрий  
Sodium

**12**  
**Mg**  
24.305  
Магний  
Magnesium

4

**19**  
**K**  
39.0983  
Калий  
Potassium

**20**  
**Ca**  
40.078  
Кальций  
Calcium

**21**  
**Sc**  
44.956  
Скандий  
Scandium

**22**  
**Ti**  
47.867  
Титан  
Titanium

5

**37**  
**Rb**  
85.47  
Рубидий  
Rubidium

**38**  
**Sr**  
87.62  
Стронций  
Strontium

**39**  
**Y**  
88.90  
Иттрий  
Yttrium

**40**  
**Zr**  
91.224  
Цирконий  
Zirconium

6

**55**  
**Cs**  
132.905  
Цезий  
Caesium

**56**  
**Ba**  
137.327  
Барий  
Barium

**57** 138.91  
**La** Лантан  
Lanthanum

**72**  
**Hf**  
178.49  
Гафний  
Hafnium

7

**87**  
**Fr**  
[223]  
Франций  
Francium

**88**  
**Ra**  
[226]  
Радий  
Radium

**89** [227]  
**Ac** Актиний  
Actinium

**104**  
**Rf**  
[261]  
Резерфордий  
Rutherfordium



Лантаноиды

**57**  
**La**  
138.91  
Лантан  
Lanthanum

**89**  
**Ac**  
[227]  
Актиний  
Actinium

Актиноиды

5

6

7

8

9

Порядковый номер

21


Символ элемента


Sc


Относительная атомная масса

44.956

Название элемента

Скандий  
Scandium
 s-элементы

 p-элементы

 d-элементы

 f-элементы

23 <b>V</b> 50.9415 Ванадий Vanadium		24 <b>Cr</b> 51.9961 Хром Chromium		25 <b>Mn</b> 54.938 Марганец Manganese		26 <b>Fe</b> 55.845 Железо Iron		27 <b>Co</b> 58.933 Кобальт Cobalt	
41 <b>Nb</b> 92.906 Ниобий Niobium		42 <b>Mo</b> 95.95 Молибден Molybdenum		43 <b>Tc</b> [98] Технеций Technetium		44 <b>Ru</b> 101.07 Рутений Ruthenium		45 <b>Rh</b> 102.905 Родий Rhodium	
73 <b>Ta</b> 180.948 Тантал Tantalum		74 <b>W</b> 183.84 Вольфрам Tungsten		75 <b>Re</b> 186.207 Рений Rhenium		76 <b>Os</b> 190.23 Осмий Osmium		77 <b>Ir</b> 192.217 Иридий Iridium	
105 <b>Db</b> [268] Дубний Dubnium		106 <b>Sg</b> [269] Сибгоргий Seaborgium		107 <b>Bh</b> [270] Борий Bohrium		108 <b>Hs</b> [269] Хассий Hassium		109 <b>Mt</b> [278] Мейтнерий Meitnerium	

58 <b>Ce</b> 140.116 Церий Cerium		59 <b>Pr</b> 140.90766 Прасодим Praseodymium		60 <b>Nd</b> 144.242 Неодим Neodymium		61 <b>Pm</b> [145] Прометий Promethium		62 <b>Sm</b> 150.36 Самарий Samarium	
90 <b>Th</b> 232.0377 Торий Thorium		91 <b>Pa</b> 231.04 Протактиний Protactinium		92 <b>U</b> 238.028 Уран Uranium		93 <b>Np</b> [237] Нептуний Neptunium		94 <b>Pu</b> [244] Плутоний Plutonium	

**28 Ni**  
58.934  
Никель  
Nickel

**29 Cu**  
63.546  
Медь  
Copper

**30 Zn**  
65.38  
Цинк  
Zinc

**31 Ga**  
69.723  
Галлий  
Gallium

**32 Ge**  
72.630  
Германий  
Germanium

**46 Pd**  
106.42  
Палладий  
Palladium

**47 Ag**  
107.8682  
Серебро  
Silver

**48 Cd**  
112.414  
Кадмий  
Cadmium

**49 In**  
114.818  
Индий  
Indium

**50 Sn**  
118.710  
Олово  
Tin

**78 Pt**  
195.084  
Платина  
Platinum

**79 Au**  
196.967  
Золото  
Gold

**80 Hg**  
200.592  
Ртуть  
Mercury

**81 Tl**  
204.38  
Таллий  
Thallium

**82 Pb**  
207.2  
Свинец  
Lead

**110 Ds**  
[281]  
Дармштадтий  
Darmstadtium

**111 Rg**  
[281]  
Рентгений  
Roentgenium

**112 Cn**  
[285]  
Коперниций  
Copernicium

**113 Nh**  
[286]  
Нихоний  
Nihonium

**114 Fl**  
[289]  
Флеровий  
Flerovium

**63 Eu**  
151.964  
Европий  
Europium

**64 Gd**  
157.25  
Гадолиний  
Gadolinium

**65 Tb**  
158.92535  
Тербий  
Terbium

**66 Dy**  
162.500  
Диспрозий  
Dysprosium

**67 Ho**  
164.93033  
Гольмий  
Holmium

**95 Am**  
[243]  
Америций  
Americium

**96 Cm**  
[247]  
Кюрий  
Curium

**97 Bk**  
[247]  
Берклий  
Berkelium

**98 Cf**  
[251]  
Калифорний  
Californium

**99 Es**  
[252]  
Эйнштейний  
Einsteinium

**5 B**  
10.81  
Бор  
Boron

**6 C**  
12.011  
Углерод  
Carbon

**13 Al**  
26.9815  
Алюминий  
Aluminium

**14 Si**  
28.085  
Кремний  
Silicon

15

16

17

18

**7**  
**N**  
14.007  
Азот  
Nitrogen

**8**  
**O**  
15.999  
Кислород  
Oxygen

**9**  
**F**  
18.99  
Фтор  
Fluorine

**2**  
**He**  
4.002602  
Гелий  
Helium

**10**  
**Ne**  
20.1797  
Неон  
Neon

**15**  
**P**  
30.9738  
Фосфор  
Phosphorus

**16**  
**S**  
32.064  
Сера  
Sulfur

**17**  
**Cl**  
35.453  
Хлор  
Chlorine

**18**  
**Ar**  
39.948  
Аргон  
Argon

**33**  
**As**  
74.9216  
Мышьяк  
Arsenic

**34**  
**Se**  
78.971  
Селен  
Selenium

**35**  
**Br**  
79.904  
Бром  
Bromine

**36**  
**Kr**  
83.798  
Криптон  
Krypton

**51**  
**Sb**  
121.760  
Сурьма  
Antimony

**52**  
**Te**  
127.60  
Теллур  
Tellurium

**53**  
**I**  
126.904  
Иод  
Iodine

**54**  
**Xe**  
131.293  
Ксенон  
Xenon

**83**  
**Bi**  
208.94  
Висмут  
Bismuth

**84**  
**Po**  
[209]  
Полоний  
Polonium

**85**  
**At**  
[210]  
Астат  
Astatine

**86**  
**Rn**  
[222]  
Радон  
Radon

**115**  
**Mc**  
[289]  
Московский  
Moscovium

**116**  
**Lv**  
[289]  
Ливерморий  
Livermorium

**117**  
**Ts**  
[294]  
Теннесси  
Tennessine

**118**  
**Og**  
[294]  
Оганesson  
Oganesson

**68**  
**Er**  
167.259  
Эрбий  
Erbium

**69**  
**Tm**  
168.934  
Тулий  
Thulium

**70**  
**Yb**  
173.054  
Иттербий  
Ytterbium

**71**  
**Lu**  
174.9658  
Лютеций  
Lutetium

**100**  
**Fm**  
[257]  
Фермий  
Fermium

**101**  
**Md**  
[258]  
Менделевий  
Mendelevium

**102**  
**No**  
[259]  
Нобелий  
Nobelium

**103**  
**Lr**  
[260]  
Лоренсий  
Lawrencium

28 <b>Ni</b> 58.6934 Никель Nickel	Россия, 2015. 80 лет компании «Норильский никель».	29 <b>Cu</b> 63.546 Медь Copper	Намибия, 1991. Минерал азурит, $Cu_2(CO_3)(OH)_2$ .	30 <b>Zn</b> 65.38 Цинк Zinc	Перу, 2002. Минерал сфалерит $ZnS$ .	31 <b>Ga</b> 69.723 Галлий Gallium	СССР, 1969. 100-летие Периодического закона. Галлий – один из 17 элементов, предсказанных Д.И. Менделеевым.	32 <b>Ge</b> 72.630 Германий Germanium	Германия, 1979. К 100-летию Эйнштейна. Нобелевская премия за фотоэффект. Благодаря фотоэффекту германий используется в детекторах гамма-излучения.
46 <b>Pd</b> 106.42 Палладий Palladium	СССР, 1961. 100-летие Н.Д. Зелинского, который открыл каталитическое дегидрирование циклогексана в бензол на палладии.	47 <b>Ag</b> 107.8682 Серебро Silver	Перу, 2017. Самородное серебро.	48 <b>Cd</b> 112.414 Кадмий Cadmium	СССР, 1977. 60 лет Октября. Селенид кадмия $CdSe$ входит в состав стекла рубиновых звезд.	49 <b>In</b> 114.818 Индий Indium	Германия, 2015. 250 лет Фрайбергской горной академии, где в 1863 г. с помощью спектрального анализа был открыт индий.	50 <b>Sn</b> 118.710 Олово Tin	Уганда, 1988. Минерал касситерит, $SnO_2$ .
78 <b>Pt</b> 195.084 Платина Platinum	Сахара, 1998. Самородная платина.	79 <b>Au</b> 196.967 Золото Gold	Намибия, 1991. Самородное золото.	80 <b>Hg</b> 200.592 Ртуть Mercury	Словения, 1999. Ртуть Hg и минерал циннабарит (киноварь), $HgS$ .	81 <b>Tl</b> 204.38 Таллий Thallium	2011, Аргентина. Пирит, или «золото дураков». Таллий – вторичный продукт переработки пирита в серную кислоту.	82 <b>Pb</b> 207.2 Свинец Lead	Перу, 1999. Минерал галенит, $PbS$ .
110 <b>Ds</b> [281] Дармштадтий Darmstadtium	Германия, 1978. Экспонат музея в г. Дармштадте. Элемент 110 назван в честь г. Дармштадта (Германия), где находится Центр по изучению тяжелых ионов, в котором были получены первые атомы элемента.	111 <b>Rg</b> [281] Рентгений Roentgenium	Германия, 1951. 50 лет первой Нобелевской премии по физике (Рентген, 1901).	112 <b>Cn</b> [285] Коперниций Copernicium	СССР, 1973. 500 лет со дня рождения Николая Коперника.	113 <b>Nh</b> [286] Нихоний Nihonium	Япония, 2017. Марна в серии, посвященной 100-летию RIKEN – института, в котором был синтезирован 113-й элемент.	114 <b>Fl</b> [289] Флеровий Flerovium	Россия, 2013. Портрет Г.Н. Флерова – основателя ОИЯИ.

63 <b>Eu</b> 151.964 Европий Europium	Люксембург, 2012. 10 евро. Соединениями европиев мятят бумажные евро.	64 <b>Gd</b> 157.25 Гадолиний Gadolinium	Финляндия, 1960. Юхан (Иоганн) Гадолин – финский химик, первооткрыватель иттрия.	65 <b>Tb</b> 158.92535 Тербий Terbium	Уганда, 1988. Минерал монацит $(Ce,La,Th,Nd,Y)PO_4$ , – один из источников тербия.	66 <b>Dy</b> 162.500 Диспрозий Dysprosium	Индия, 1955. 5-летний план. Металлургический завод по производству редкоземельных элементов из монацита.	67 <b>Ho</b> 164.93033 Гольмий Holmium	Швеция, 2016. Старый Стокгольм. Элемент «Гольмий» назван в честь Стокгольма (его старинное латинское название Holmia). Минерал, из которого был выделен оксид нового элемента, был найден близ столицы Швеции.
95 <b>Am</b> [243] Америций Americium	США, 1968. 95-й элемент является аналогом европия, поэтому назван в честь континента Америка.	96 <b>Cm</b> [247] Курций Curium	Испания, 2011. Международный год химии, 100-летие присуждения Марии Кюри Нобелевской премии по химии	97 <b>Bk</b> [247] Берклий Berkelium	Малагасийская республика, 1993. Лауреаты Нобелевской премии по химии: Уильям Рамзай (1904) и Глен Сиборг (1951). Сиборг – один из первооткрывателей берклия.	98 <b>Cf</b> [251] Калифорний Californium	США, 2008. Калифорния. Флаг штата.	99 <b>Es</b> [252] Эйнштейний Einsteinium	СССР, 1979. 100 лет со дня рождения Альберта Эйнштейна.

5 <b>B</b> 10.81 Бор Boron	Великобритания, 2001. Голограмма модели атома бора.	6 <b>C</b> 12.011 Углерод Carbon	Россия, 2017. Алмаз «Орлов».
--	--	--	---------------------------------

13 <b>Al</b> 26.9815 Алюминий Aluminium	Франция, 1986 Поль Эру, французский инженер, один из изобретателей электролитического способа производства алюминия.	14 <b>Si</b> 28.085 Кремний Silicon	Уругвай, 2011. Минералы кварц, аметист, агат.
---	---	---	--

31 <b>Ga</b> 69.723 Галлий Gallium	СССР, 1969. 100-летие Периодического закона. Галлий – один из 17 элементов, предсказанных Д.И. Менделеевым.	32 <b>Ge</b> 72.630 Германий Germanium	Германия, 1979. К 100-летию Эйнштейна. Нобелевская премия за фотоэффект. Благодаря фотоэффекту германий используется в детекторах гамма-излучения.
--	--	--	---

49 <b>In</b> 114.818 Индий Indium	Германия, 2015. 250 лет Фрайбергской горной академии, где в 1863 г. с помощью спектрального анализа был открыт индий.	50 <b>Sn</b> 118.710 Олово Tin	Уганда, 1988. Минерал касситерит, $SnO_2$ .
---	--	--	--

81 <b>Tl</b> 204.38 Таллий Thallium	2011, Аргентина. Пирит, или «золото дураков». Таллий – вторичный продукт переработки пирита в серную кислоту.	82 <b>Pb</b> 207.2 Свинец Lead	Перу, 1999. Минерал галенит, $PbS$ .
---	--	--	---

113 <b>Nh</b> [286] Нихоний Nihonium	Япония, 2017. Марна в серии, посвященной 100-летию RIKEN – института, в котором был синтезирован 113-й элемент.	114 <b>Fl</b> [289] Флеровий Flerovium	Россия, 2013. Портрет Г.Н. Флерова – основателя ОИЯИ.
--	--	--	--

15

16

17

18

**7**  
**N**  
14.007  
Азот  
Nitrogen

СССР, 1975.  
Азотные удобрения.

**8**  
**O**  
15.999  
Кислород  
Oxygen

Мальдивы, 2000.  
Английский химик Дж. Пристли – первооткрыватель кислорода.

**9**  
**F**  
18.99  
Фтор  
Fluorine

Франция, 1986.  
Французский химик Анри Муассан – первооткрыватель фтора.

**2**  
**He**  
4.002602  
Гелий  
Helium

Гренада, 1973.  
Бог Солнца, Гелиос.

**10**  
**Ne**  
20.1797  
Неон  
Neon

Австралия, 2015.  
Неоновая реклама в 1930-е гг.

**15**  
**P**  
30.9738  
Фосфор  
Phosphorus

Мексика, 2005.  
Минерал апатит (фосфат)

**16**  
**S**  
32.064  
Сера  
Sulfur

Украина, 2009.  
Минералы. Самородная сера.

**17**  
**Cl**  
35.453  
Хлор  
Chlorine

Португалия, 2014.  
Международный год кристаллографии. Кристаллическая структура NaCl.

**18**  
**Ar**  
39.948  
Аргон  
Argon

Германия, 2004.  
150 лет электрической лампочке

**33**  
**As**  
74.9216  
Мышьяк  
Arsenic

Перу, 2004.  
Минерал аурипигмент,  $As_2S_3$

**34**  
**Se**  
78.971  
Селен  
Selenium

Швеция, 1939.  
Шведский химик Йенс Яноб Берцелиус – первооткрыватель селена.

**35**  
**Br**  
79.904  
Бром  
Bromine

СССР, 1989.  
150 лет фотографии. Долго время в фотографии использовался бромид серебра.

**36**  
**Kr**  
83.798  
Криптон  
Krypton

Франция, 1975.  
100 лет метрической системе. С 1960 по 1983 гг. эталон метра был основан на длине волны оранжевой линии в спектре криптона.

**51**  
**Sb**  
121.760  
Сурьма  
Antimony

Турция, 1979.  
Минерал антимонит,  $Sb_2S_3$

**52**  
**Te**  
127.60  
Теллур  
Tellurium

Румыния, 2011.  
Международный год химии. Ф.И.Мюллер – первооткрыватель теллура.

**53**  
**I**  
126.90447  
Иод  
Iodine

Индия, 2001.  
День борьбы с заболеваниями, вызванными дефицитом йода в организме.

**54**  
**Xe**  
131.293  
Ксенон  
Xenon

Гвинея Бисау, 2009.  
Уильям Рамзай – первооткрыватель инертных газов. Структура  $XeF_4$ .

**83**  
**Bi**  
208.98  
Висмут  
Bismuth

Боливия, 1992.  
Минерал висмутит,  $Bi_2S_3$

**84**  
**Po**  
[209]  
Полоний  
Polonium

Намерун, 1986  
Пьер и Мария Кюри открыли полоний в 1898 году.

**85**  
**At**  
[210]  
Астат  
Astatine

Бельгия, 1982. Циклотрон.  
Астат был получен путем бомбардировки висмута-209 альфа-частицами в циклотроне.

**86**  
**Rn**  
[222]  
Радон  
Radon

Швеция, 1963.  
Нобелевская премия по физике 1903 года. В 1899 году супруги Кюри наблюдали радиоактивный газ (радон), который образовывался при распаде радия.

**115**  
**Mc**  
[289]  
Московский  
Moscovium

Россия, 2015.  
Новогодняя марка. Кремль.

**116**  
**Lv**  
[293]  
Ливерморский  
Livermorium

Сент-Винсент, 1991.  
Нобелевские лауреаты. Э.Лоуренс. Его имя носит Ливерморская национальная лаборатория (США).

**117**  
**Ts**  
[294]  
Теннесси  
Tennessine

США, 1996.  
Элемент назван в честь штата Теннесси, где находится Национальная лаборатория Ок-Ридж, внесшая большой вклад в изучение сверхтяжелых элементов.

**118**  
**Og**  
[294]  
Оганессон  
Oganesson

Армения, 2017.  
Портрет академика Юрия Оганяна.

**68**  
**Er**  
167.259  
Эрбий  
Erbium

Россия, 2015.  
Эрбий в виде оксида используется в атомных реакторах РБМК.

**69**  
**Tm**  
168.934  
Тулий  
Thulium

СССР, 1962.  
Международный противораковый конгресс. Изотоп тулий-170 используется как источник излучения для радиотерапии рака.

**70**  
**Yb**  
173.054  
Иттербий  
Ytterbium

Румыния, 2016.  
Лазерная долина. Иттербий используется как допант в лазерных материалах.

**71**  
**Lu**  
174.9668  
Лютеций  
Lutetium

Франция, 2016.  
Париж, Понт-Неф. Элемент лютеций назван в честь Парижа (латинское название Парижа – Lutetia Parisiorum).

**100**  
**Fm**  
[257]  
Фермий  
Fermium

Италия, 2001.  
100 лет со дня рождения Энрико Ферми.

**101**  
**Md**  
[258]  
Менделеевский  
Mendelevium

СССР, 1934.  
100-летие со дня рождения Д.И. Менделеева. Памятник Менделееву в Санкт-Петербурге.

**102**  
**No**  
[259]  
Нобелий  
Nobelium

Норвегия, 2001.  
Альфред Нобель. К 100-летию Нобелевских премий.

**103**  
**Lr**  
[260]  
Лоренсий  
Lawrencium

Маршалловы острова, 1998.  
Ученые расщепляют атом. Эрнест Лоуренс – изобретатель циклотрона и лауреат Нобелевской премии по физике.



**Ответы на домашнее задание к статье "Менделеев на почтовых марках мира".**

1. На 18.2%.

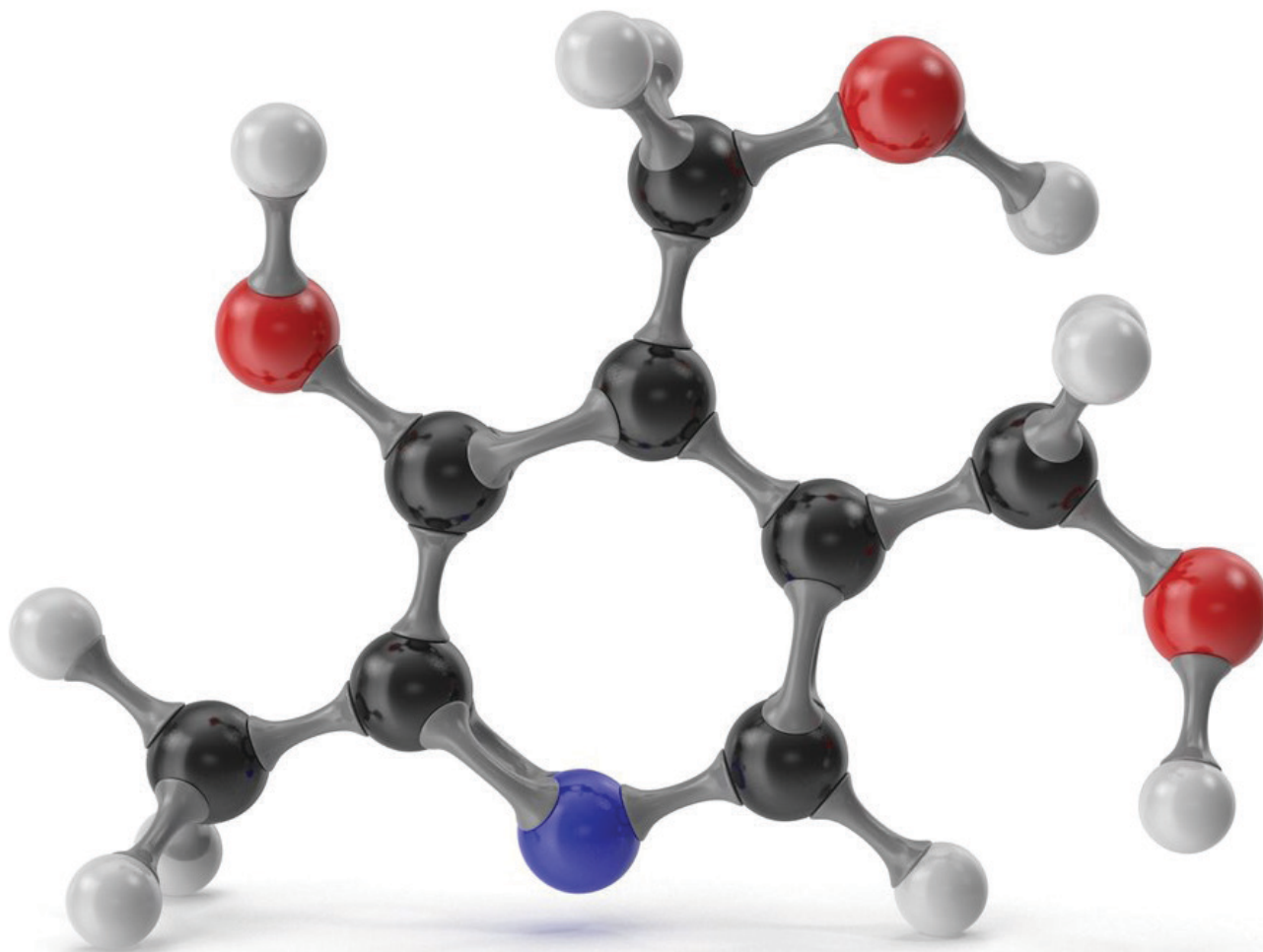
3. Неправильный символ 112-го элемента.

4. Менделеев был номинирован на Нобелевскую премию 1906 года, но не получил ее.

5. Скандий, галлий, германий, технеций – элементы, предсказанные Д.И.Менделеевым.

6. 2032 год – 125 лет со дня смерти Д.И.Менделеева.

7. «Синий Менделеев» 1934 года.



# В шутку и всерьез

На помещенный в анкету вопрос: «Какие периодические законы помимо открытого Менделеевым вы знаете?» участники смены дали более 100 ответов. Наиболее интересные мы приводим ниже.

Периодический закон лени и мысли. Твое будущее зависит от "количества" лени в тебе в данный момент; и меньше знаешь, крепче спишь  
Должанский Роман. Москва

Периодический закон химической смены:  
Через каждые три дня теории обязательно будет практика  
Шумов Алексей. Чебоксары

Периодический закон поедания пищи, каждый день функция принимает одинаковое значение  
Трофимов Кирилл. Москва

Также ученикам было предложено придумать своё название 119 элемента Периодической системы химических элементов

## **Ботаний**

Родина Любовь. Москва

## **Ерёминий**

Лобов Сергей. Солнечногорск

## **Альдебараний**

Алехин Юрий. Санкт-Петербург

## **Сириусий**

Гадимов Нурлан. Москва

## **У.С.М.Э.П.К.О.С.О.Г**

Уже Слишком Много  
Элементов, Польза Которых

**Гуманитарий**, чтобы и они  
могли войти в химию и про-  
существовать около 10 нано-  
секунд до того, как распасться.

## **Клапейроний**

Чернышев Василий. Москва

Ограничена Статьёй в Научно-  
Обозревательной Газете

Трофимов Кирилл. Москва

Михайленко Владимир.

Самара



