



**Всесибирская открытая олимпиада школьников по химии  
Заключительный этап 2010-2011 уч. года**

**11 класс**

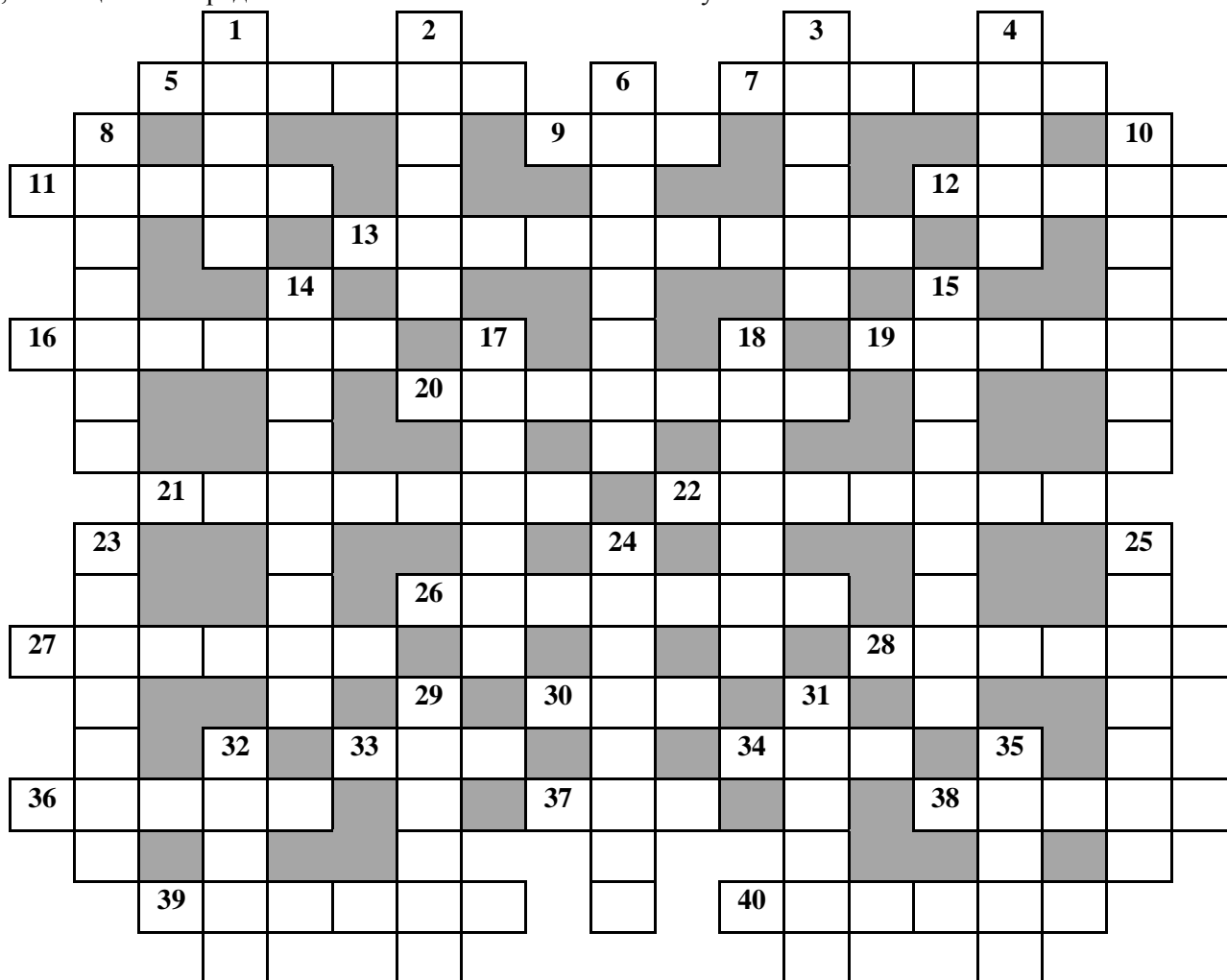
*Дорогой Участник Олимпиады!*

*Организация Объединенных Наций объявила 2011 г. Международным годом химии.*

*Все задания нашей Олимпиады посвящены этому знаменательному событию!*

**Задание 1. Химия в кроссворде...**

Вашему вниманию предлагается кроссворд, в котором зашифрованы различные названия, фамилии и термины, имеющие непосредственное отношение к химической науке.



**По горизонтали:**

**5.** Общее название солей борных кислот. **7.** Смесь газов, наполняющая земную атмосферу. **9.** Химический элемент, получивший свое название за удивительную окраску паров его простого вещества, напоминающую цвет фиалок. **11.** Благородный металл семейства платины. **12.** Один из элементов, открытых в конце XIX века Пьером и Марией Кюри в отходах урановой руды. **13.** Продукты, образующиеся при спекании гидроксида алюминия со щелочами. **16.** Соли иодоводородной кислоты. **19.** Ион, присутствующий в составе любой селитры. **20.** Еще один благородный металл. Он был открыт великим русским химиком К.К. Клаусом в 1844 г и получил свое название в честь России. **21.** Известный русский ученый-химик середины XIX века, прославивший свое имя еще и в музыке; автор оперы «Князь Игорь». **22.** Немецкий химик и врач середины XVII века. Исследуя минеральные воды, он обнаружил новую соль, которую затем получил нагреванием поваренной соли с серной кислотой. Эту соль до сих пор называют его именем. **26.** Соли азотистой кислоты. **27.** Переходный металл, за сходство с танталом названный в честь дочери этого героя древнегреческой мифологии. **28.** Элемент семейства железа. **30.** Разновидность минерала кальцита, которую Вы видите практически на каждом школьном уроке. **33.** Химический элемент, получивший свое название от латинского названия своего минерала – буры. **34.** Агрегатное состояние вещества, при котором молекулы свободно перемещаются в проницаемой среде. **36.** Этот химический элемент вначале получил

название «нильсборий» и только в 1997 г было утверждено его современное название. **37.** Газообразное состояние  $H_2O$ . **38.** Щелочной металл, окрашивающий пламя в фиолетовый цвет. **39.** Соединение водорода с металлом. **40.** Металл II группы, горящий на воздухе ослепительным белым пламенем.

### По вертикали:

**1.** Элемент, образующийся при  $\alpha$ -распаде урана. **2.** Важнейший для человека прозрачный материал, получаемый спеканием кварцевого песка с содой и известью. **3.** Металл желтого цвета. **4.** Затрудняющее видимость атмосферное явление, являющееся результатом скопления мельчайших частичек, образующихся при конденсации  $H_2O$ . **6.** Металл, свойства которого больше всего похожи на свойства хрома и вольфрама. **8.** Раствор, прозрачный для глаза, но рассеивающий световой луч. **10.** Продукты, образующиеся при сплавлении оксида цинка со щелочами. **14.** Явление поглощения газов поверхностным слоем твердого или жидкого вещества. **15.** Минерал, представляющий собой десятиводный серноокислый натрий. **17.** Очень агрессивный металл с температурой плавления чуть выше  $39^\circ C$ . **18.** Вещество, водный раствор которого окрашивает лакмус в красный цвет. **23.** Одноатомный газ без цвета и запаха, открытый в 1898 г. Рамзаем и Траверсом при изучении труднолетучих фракций жидкого воздуха. **24.** Соли мышьяковой кислоты. **25.** Красивый минерал разных оттенков зеленого цвета, представляющий собой почти чистый гидроксокарбонат меди. **29.** Самая распространенная алюминиевая руда, используемая для получения глинозема. **31.** Редкоземельный элемент, являющийся родоначальником большого семейства очень близких по свойствам элементов. **32.** Золотисто-желтый минерал, при обжиге которого на воздухе образуются оксиды железа и серы. **35.** Тяжелый двухвалентный металл, бурно реагирующий с водой. Свое название получил за необычайно высокую плотность («тяжесть») оксида.

**1.** Разгадайте кроссворд.

**2.** Напишите уравнения реакций, описанных в пунктах под номерами **1, 2, 10, 32, 35**. Если в условии речь только об анионе, катион можете выбрать на свой вкус. В материале № 2 соотношение  $Ca:Na:Si = 1:2:6$ .

**3.** Напишите уравнения попарных реакций между веществами, зашифрованными под следующими номерами: **18** и **25**; **18** и **5**; **18** (избыток) и **13**; **11** и **9**; **17** и **23**. Если реакция невозможна, обязательно укажите это.

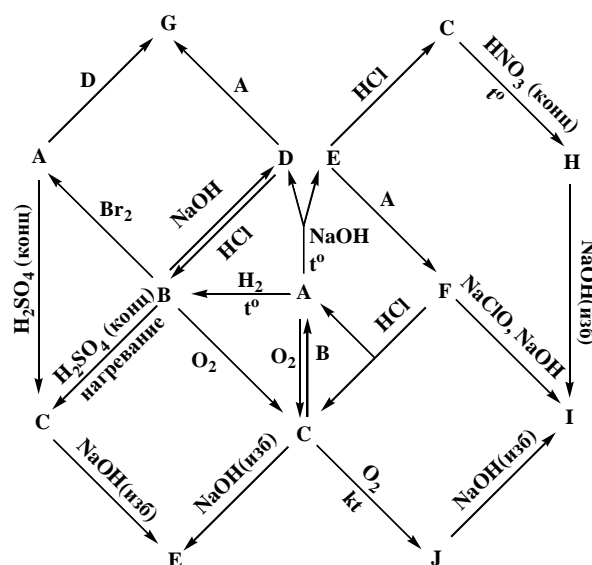
### Задание 2. Химия сквозь века...

*"А применяется для очищения жилищ, так как многие держатся мнения, что запах и горение А могут предохранить от всяких чародейств и прогнать нечистую силу". Плиний Старший (23-79 гг. н.э.)*

На приведенной схеме буквами **A – J** зашифрованы вещества, в составе которых присутствует элемент, являющийся одним из важнейших макроэлементов живого мира. В частности, элемент **A** входит в состав незаменимых аминокислот метионина и цистеина. Простое вещество **A** известно человеку уже более 40 веков. Алхимики считали это вещество одним из трех начал, составляющих единую и неразрушимую первичную материю. С давних пор им лечили многие болезни, приписывая ему чудодейственные свойства. И в современной аптеке тоже можно найти немало количество препаратов на основе **A**, использующихся, в первую очередь, как наружное средство для лечения кожных заболеваний.

**1.** Напишите формулы и названия веществ **A – J**.

**2.** Приведите уравнения реакций, представленных на схеме (одинаковые реакции дублировать не нужно, всего может получиться 20 разных реакций).



*Чао, чао, дорогой,  
И никто тебе не нужен...*

*Из песни Аллы Пугачевой*

### Задание 3. Химия неразделима...

Грань между органической и неорганической химией провести достаточно сложно. Наличие  $C-N$  или  $C-S$  связей не является достаточным условием. Так, например, содержащую  $C-N$  связь синильную кислоту ( $HCN$ ) относят к неорганическим соединениям, а не содержащую ни одну из таких связей мочевины ( $H_2N(CO)NH_2$ ) – к органическим.

В качестве примера приведем историю, в которой юному исследователю **Д.** очень занятой профессор **П.** предложил определить насыпанное в ампулу неизвестное бесцветное соединение **X**. В ответ на просьбу о какой-нибудь подсказке, **Д.** услышал лишь «Чао!» и, расценив это как сигнал не путаться у **П.** под ногами, исчез в лаборатории. Как назло, специалист по рентгенофазовому анализу **Р.**, способный быстро определить фазовый состав порошка, взял больничный. Пришлось прибегнуть к более химическим методам, арсенал которых, к счастью, был немал – нос, глаза, руки и язык. Последним, конечно, пользоваться напрямую было запрещено (да и глупо), зато с

его помощью всегда можно договориться с коллегой-аналитиком и спектроскопистом. Так он и сделал, раздав небольшие количества X товарищам, а сам принялся за «чистую химию».

Не имеющее особых примет соединение X не имело и запаха. При попытке определить плотность извлеченная на воздух навеска вещества стала быстро расплываться. Поняв, что вещество сильно гигроскопично и ждать помощи от Р. уже не стоит, Д. быстро взвесил часть вещества (0,91 г) и растворил в 100 мл воды. «Наверное, какая-нибудь соль переходного металла», – решил он, и принялся тестировать раствор на различные анионы и катионы. Большая часть тестов не дала результатов, что открывало необычайный простор для фантазии. Однако, при добавлении нитрата серебра выпал осадок, правда, не белый, как он ожидал, а коричнево-черный. Это его положительно насторожило, и Д. сделал то, что следовало бы сделать давно – капнул раствор на полоску индикаторной бумаги. Глядя на большое синее пятно, соответствовавшее рН~13, Д. воскликнул: «Щелочь! Как же все просто!».

Теперь осталось только измерить температуру плавления и посмотреть в справочник, ведь щелочей не так уж и много. Д. поместил навеску на нагревательный столик и включил нагрев. Из справочника Д. узнал, что щелочи раньше 300°C не плавятся, и ненадолго ушел к коллегам за результатами анализов. Вернувшись, он увидел, что температура на приборе не достигла и 200°, а его «щелочь» полностью испарилась. Юный исследователь решил разобраться, что же произошло, и повторил разложение в закрытой пробирке. После нагревания и охлаждения ничего уже не кристаллизовалось, а на дне плавала бесцветная жидкость, имевшая отвратительный запах и недвусмысленно намекавшая этим на свою крайнюю ядовитость. При этом рН в жидкости стал слабощелочным. X явно разложилось.

Результаты специалистов еще больше раззадорили фантазию и окончательно заглушили надежду на быстрый исход. Кроме того, они попросили больше не приносить такие едкие непонятные полужидкие образцы, т.к. им чудом удалось не испортить свои дорогостоящие приборы. Особенно возмущался специалист по атомной спектроскопии, который по дружбе потратил уйму времени, но не нашел в образце ни одного металла. Элементный анализ (52,7% С, 14,4% Н, 15,4% N) явно свидетельствовал об органической природе X. Однако вызывали недоумение результаты ИК-спектроскопии, т.к. в спектрах обнаруживались полосы колебаний лишь С–Н, С–N и О–Н связей, но не было колебаний связей С–С.

Собрав все результаты воедино, Д., наконец, начал думать и считать. Спустя три кружки чая его все-таки посетило озарение, и он отправился к профессору. «Определили?», – с улыбкой спросил ученика П. «Да, ЧАО!», – ответил тот и ушел читать умные книжки, в которых написано об этом необычном соединении.

1. Исключая галогеналканы и соединения, формулы которых указаны в задаче, приведите 3 примера структурных формул соединений, в которых присутствует связь С–Н, но нет связи С–С, и 1 пример соединения, где есть связь С–С, но нет связи С–Н.

2. Дайте определение понятию «щелочь» (своими словами, кратко). Напишите формулы трех щелочей, катионы которых представляют разные группы Периодической системы.

3. Постарайтесь по результатам экспериментов Д. определить X. Назовите его и нарисуйте структурную формулу.

4. Напишите уравнение реакции раствора X с нитратом серебра (можно в кратком ионном виде).

5. Жидкость, оставшаяся после разложения X, представляет собой раствор одного продукта (газообразного) в другом (жидком). В одном есть только связи С–Н, С–О и О–Н, в другом – С–Н и С–N. Определите строение этих соединений (структурные формулы) и назовите их. Какое из них газообразное, а какое – жидкость?

6. Попробуйте расшифровать аббревиатуру ЧАО.

#### **Задание 4. Химия помогает железнодорожникам...**

Термитная смесь (термит) - порошкообразная смесь алюминия с оксидами различных металлов (обычно железа). При воспламенении горит с выделением большого количества тепла (температура горения 2300-2700°C) и применяется для сварки рельсов (см. рис.) и при отливке крупных деталей. Еще эту реакцию используют в промышленности для получения ряда металлов из их оксидов.

Согласно следствию из закона известного русского химика Германа Ивановича Гесса, чтобы рассчитать тепловой эффект любой химической реакции, достаточно знать теплоты образования всех участников процесса. Стандартные теплоты образования некоторых оксидов металлов приведены в таблице:



Оксид	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Tl <sub>2</sub> O	MgO	BaO	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	ThO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Q <sup>0</sup> , кДж/моль	1669,79	811,97	417,98	167,36	601,49	553,54	1387,60	1226,75	580,74	1007,51

1. Как называется этот метод получения металлов? Рассчитайте тепловые эффекты реакций с алюминием для всех оксидов из таблицы. Если среди них есть эндотермические, укажите их. А в какой из реакций выделяется наибольшее количество тепла (сколько именно) в расчете на моль взятого алюминия?

2. Оцените минимальные массы навесок Al и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, которые нужно взять для приготовления железного термита, чтобы выделившегося тепла хватило для плавления 1 кг железного рельса. Теплота плавления железа 13,8 кДж/моль, можно принять, что все тепло, выделяющееся в реакции, тратится только на плавление рельса.

3. А теперь решите эту задачу более точно, учитывая, что рельс еще нужно нагреть до температуры плавления (1539 °С), стартуя от комнатной температуры (20 °С). Средняя теплоемкость железа на этом интервале температур составляет 35,77 Дж/(моль · К).

4. Тот, кто справился с п.2 и 3, может получить дополнительные баллы за еще более точное решение задачи, учитывающее, что надо нагреть до 1539 °С и продукты реакции. Средняя теплоемкость оксида алюминия 79,04 Дж/(моль · К).

5. Предложите химический способ разделения смеси, полученной в результате сгорания железного термита.

### Задание 5.

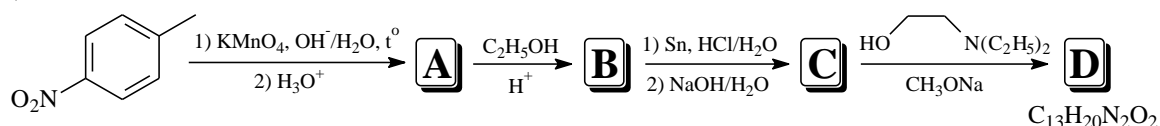
Химия на службе  
медицине

Для больного человека нужен врач, нужна аптека.  
Входишь – чисто и светло. Всюду мрамор и стекло.  
За стеклом стоят в порядке склянки, банки и горшки,  
В них пилюльки и облатки, капли, мази, порошки...  
Сергей Михалков «Чудесные таблетки»



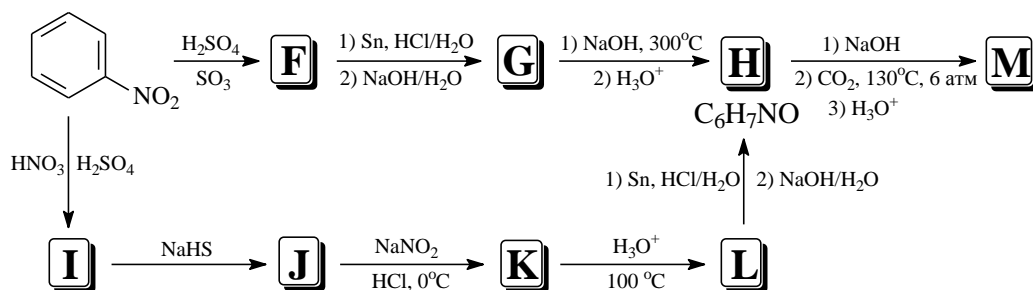
Одной из основных прикладных задач органической химии является синтез веществ, обладающих биологической активностью, среди которых львиная доля приходится на лекарственные препараты.

Важной задачей медицины является избавление человека от боли. Местные анестетики впервые стали применяться в медицине в середине XIX века. Однако у этих соединений было много недостатков, самые главные среди которых – высокая токсичность и вызывание привыкания к лекарству. Эта проблема была решена в 1905 году, когда немецкий химик Альфред Эйххорн синтезировал новокаин (соединение **D**) – вещество, обладающее анестезирующим действием, низкой токсичностью и не вызывающее зависимости. Благодаря этим достоинствам препарат нашел широкое применение и до сих пор используется. Новокаин получают из *n*-нитротолуола по следующей схеме.



1. Приведите структурные формулы соединений **A-D**.
2. Новокаин плохо растворим в воде, поэтому в медицинской практике используют водные растворы его хлоридной соли (соединение **E**), образующейся при взаимодействии **D** с соляной кислотой в мольном соотношении 1 : 1. Изобразите структурную формулу соли **E**, указав, какой именно из атомов азота в структуре **E** протонирован.
3. В спектре ЯМР <sup>1</sup>H новокаина присутствует 7 сигналов (это означает, что в его молекуле 7 различных (неэквивалентных) типов атомов водорода). Проведите соотнесение этих сигналов, отметив их около соответствующих атомов водорода в структуре соединения **D**. Укажите, как соотносятся относительные интенсивности этих сигналов.

Новокаин является производным соединения **X**, имеющего формулу C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>NO<sub>2</sub> и часто обозначаемого аббревиатурой «ПАБК». Другим лекарством, созданным на основе ПАБК, является препарат ПАСК (соединение **M**), применяемый для лечения туберкулеза. ПАСК можно получить из нитробензола двумя методами, приведенными ниже на схеме.



4. Приведите структурные формулы соединений **F-M** и **X**.
5. Расшифруйте аббревиатуры ПАБК и ПАСК.