





## От редакции

1. Журнал «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» ориентирован на школьников старших классов, их учителей и родителей. Журнал ежемесячный, издаётся с января 2011 г.

2. Журнал публикует:

– научно-популярные статьи по химии, биологии и медицине, истории естествознания и о современных профессиях, в которых необходимы знания по химии и биологии;

– материалы отечественных и международных олимпиад, содержащих задания по химии и биологии;

– информацию о различных подходах к профильному образованию в старшей школе как основе подготовки квалифицированных рабочих кадров к будущей работе на наукоёмких инновационных производствах;

– учебно-методические материалы по химии и биологии.

3. Приглашаем к сотрудничеству аспирантов, молодых учёных, преподавателей вузов, а также работников предприятий инновационных технологий и учителей.

4. К публикации принимаются материалы, утверждённые главным редактором журнала. Материалы декларативного характера относятся к разряду рекламных и рассматриваются отдельно.

5. Рукописи рассматриваются редакцией в месячный срок. Принятый к публикации материал и подлежащий доработке направляется автору (авторам).

6. Вся переписка с редакцией осуществляется по адресу:

109544, г. Москва, ул. Рабочая, д. 84, редакция журнала «Потенциал».

Тел. 787-24-94, e-mail: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru)

7. Предназначенные к публикации материалы направлять по адресу: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru). Материалы принимаются в электронной форме, текст Times New Roman, кегль 14 через 1 интервал. Рекомендуемый объём статьи – до 14000 знаков (с пробелами). Фотографии и рисунки размещаются в тексте основного файла, а также в виде архива прилагаются к посылаемому материалу. Обязательно указывать авторство фотографий и рисунков. Также необходимо указать следующие сведения об авторах: фамилия, имя, отчество, место работы (учёбы), должность, точный адрес для переписки, контактный телефон.

8. Материалы, предложения и вопросы в электронном виде посылать по e-mail: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru).

# ПОТЕНЦИАЛ

## Химия Биология Медицина

### Содержание

Ноябрь № 11 2012

#### Колонка редактора

- 2** Занимательные истории из жизни университетов XIII века. *М.Г. Сергеева*

#### Химия

- 11** Вода глазами химика. *Н.И. Морозова*

#### Биология

- 20** Чумадые птички. *П.В. Квартальнов*  
**25** Ройбуш: чай в кустах. *Л.А. Аксёнова*

#### Олимпиады

- 31** LXVIII Московская городская олимпиада школьников по химии: задачи для умников.  
*З.П. Свитанько*

- 35** LXVIII Московская городская олимпиада школьников по химии: задачи для выпускников.  
*Д.С. Перекалин*

- 42** Властелин колец. *А.Р. Набиуллин*

- 44** Задачи о Дюне (решения). *А.Р. Набиуллин*

- 47** Турнир юных биологов (ТЮБ). *В.В. Чуб*

#### Исследовательская деятельность

- 53** Изучение зависимости рН переходов от электронных свойств заместителей диазосоединений. *А.С. Сигеев, Я.А. Сигеев*

#### Профильное образование

- 64** Набери 100 баллов по теме «Кислород».  
*Н.И. Морозова*

#### Сквозь время

- 68** Эмиль Герман Фишер – отец химии природных соединений. *К.Н. Колясникова*

#### Калейдоскоп

- 78** Хищные растения. *Д.В. Чистяков*

#### Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева

Научные редакторы Н.И. Морозова, С.М. Глаголев, В.С. Попов, Н.П. Седых, Е.М. Снигирёва, Д.В. Чистяков

Ответственный секретарь Н.Г. Шалару

Шеф-редактор Г.А. Четин

#### Техническая редакция

Редакторы Ю.В. Огинова, А.В. Чеботарёва

Вёрстка А.М. Коротков, Д.К. Тарутин

Редакторы-корректоры С.В. Ермаков,

Н.В. Разикова, М. Стригунова

Художник И.И. Семенюк

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77-43475 от 14 января 2011 года.

Адрес: 109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84, редакция журнала «Потенциал. Химия. Биология. Медицина».

Тел. (495) 787-24-94, 951-41-67

E-mail: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru)

Сайт: [www.potential.org.ru](http://www.potential.org.ru)

Подписано в печать 14.11.2012

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5

Формат 70x100 1/16

Тираж 2000 экз.

Заказ № 961

ООО «Азбука-2000»

109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал выпускается на средства выпускников технических вузов.

ISSN 2221-2353





## Колонка редактора



**Сергеева Марина Глебовна**

*Доктор химических наук, зав. кафедрой биологии Специализированного учебно-научного центра Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского (МГУ им. М.В. Ломоносова).  
Главный редактор журнала.*

### Занимательные истории из жизни университетов XIII века

Перед вами продолжение серии рассказов об университетах как явлении культуры. Мы ранее рассмотрели самые древние университеты и высшие учебные заведения Востока и Китая (см. «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» №6 – 8). Останемся на нескольких историях, связанных с университетами XIII века, чтобы попробовать уйти от фактологии (где, когда открылся и кто где учился) и продолжить внимательное рассмотрение истоков жизни и традиций университетов и их роли в развитии европейской культуры.

Когда смотришь на чинных выпускников в мантиях, идущих по зелёному ковру газонов Кембриджа, или слушаешь об освящённых веками традициях студенчества в других университетах, то сложно себе представить, что когда-то всё произошло в первый раз. И что совсем всё не так академично и строго было в истоках и причинах появления университетов. Некоторые великие университеты современности, при

одном упоминании названий которых в сердце ощущается трепет, возникли по причинам, отнюдь не героическим. В основе лежало тщеславие – конкуренция королей, иногда борьба за власть, иногда желание горожан нажиться за счёт студентов, иногда ... студенческая попойка. С другой стороны, многие университеты просуществовали всего несколько лет и закрылись. Хотя и были основаны с самими благими побуждениями. Так и в деяниях наших дней не угадаешь, что будет жить в веках. Оглянитесь вокруг, может, вот эта традиция, придуманная вами только что, вот этот праздник или ритуал будут и через двести лет исполняться учащимися и преподавателями.

В прошлый раз мы рассмотрели университеты, основанные королями (Оксфорд), папами (Сорбонна), горожанами (Болонья). Теперь познакомимся с университетами, которые появились благодаря событиям другого рода.

#### **Universa universis patavina libertas**

«Свобода Падуи, всеобщая и для всех» – это девиз университета в Падуе, который был основан в 1222

году предприимчивыми горожанами. Предприимчивыми, поскольку они воспользовались тем, что в Болон-



ском университете у части студентов и преподавателей возник конфликт с городскими властями. А было это так.



Напомню, что средневековое общество было сословным. Людей судили и казнили в зависимости от их происхождения, т. е. по разному законодательству (как если бы в современном уголовном кодексе прописаны были разные наказания за одни и те же нарушения для чиновников, милиционеров и простых граждан!). Когда в XII веке образование стало считаться государственно важным, то студенты стали числиться особым сословием, которое было привилегированным. Например, студентов Парижского университета не мог судить даже король Франции, а только папа римский, который жил очень далеко от Парижа, в другой стране! Что можно ожидать от беззаботных юношей, ощущавших свою вседозволенность? Увы! Человеческая природа не меняется тысячами! Пьянство, оскорбительное поведение по отношению к женщи-

нам, драки, даже грабежи горожан – всё это сопутствовало жизни городов, в которых были университеты<sup>1</sup>. Возмутительное «антиобщественное» поведение студентов провоцировало наступления горожан на права университетов. Происходили конфликты и «исход» студентов (а часто и преподавателей) из города, где произошли беспорядки. В Болонье городские власти казнили студента за похищение женщины-горожанки. Но студентам и преподавателям это наказание показалось несправедливым, и они покинули город в поисках более дружелюбно настроенных горожан. Так был создан университет в Падуе.

Следует отметить, что, кроме вреда от беспутного образа жизни студентов, к началу XIII века была очевидна и несомненная польза от университетов для города. Студентам надо было где-то жить и где-то есть. Поскольку большинство из них – младшие сыновья знати, то и деньги у них были, чтобы за все эти удовольствия платить. Вот почему, когда жители Болоньи устали от «нарушений общественного порядка» со стороны студентов (ещё бы, у них-то университет уже больше века существовал!) и произошёл конфликт между студентами и городскими властями, то жители Падуи (а также Сьенны и других городов) сразу же пригласили недовольных перебраться из Болоньи на новые места. Тут им создали, как говорится, все надлежащие условия. Например, в Сьенне горожане, у которых жили студенты, платили специальный налог в пользу университета, который шёл на зарплату профессорам. Никто не протестовал.

<sup>1</sup> Скопление молодёжи, полной сил и энергии, – это одна из причин, почему университеты часто строят в виде отдельных городков – кампусов. *Campus* – лат. «поле», «открытое пространство». Городок, состоящий только из учебных корпусов и научно-исследовательских институтов, общежитий для студентов и жилья преподавателей. Это особый мир, не имеющий пересечения с миром «обычных людей».

Чем выше зарплата профессора, тем выше его квалификация, чем выше квалификация, тем больше студентов. Чем больше студентов, тем больше денежек вернётся в карман горожан. Как говорится, выгоды от образования очевидны всем участникам. Тут и папа римский ещё дополнительно ввёл льготы преподавателям, дав им статус рыцарей, но освободив от военной службы и ночных дежурств. В Падуе была также создана специальная система льгот, которая позволяла учиться малоимущим. Это было сделано для того, чтобы учиться могли люди способные, независимо от достатка.

Начало XIII века ознаменовалось бурными событиями в Европе, перемещением больших масс людей, крестовыми походами, которые в свою очередь развивали мореплавание, торговлю, что сопровождалось ростом городов и возрастанием их богатств и самосознания горожан. Это время характеризуется ростом образования и культуры. Это золотой век схоластики. Это также время создания инквизиции – церковного суда католической церкви (1215 г.)<sup>1</sup>. Знакомство с Востоком и миром мусульманской культуры принесло не только предметы роскоши и знания в Европу. Вместе с крестоносцами в Западную Европу пришли жестокие наказания и грубые суеверия других стран. Но всё это и создало новый образ рыцаря. Раньше он воевал во славу своего господина, а в крестовых походах – за идею, за христианские идеалы. Идеал рыцаря как борца за высшие интересы, борца за правду и за религию сформировался под влиянием крестовых походов. Европу наводнили менестрели и ваганты, воспевающие

различные идеалы. Если бы меня спросили, в каком времени хотелось бы побывать, я бы выбрала Афины времён Сократа, Платона, Аристотеля (V век до н. э.) или Западную Европу первой половины XIII века. Мне кажется, что именно эти периоды были «точками бифуркаций», были судьбоносными для эволюции нашей культуры.

Университет в Падуе достоин нашего внимания ещё и потому, что в 1581 году сюда поступил учиться медицине 17-летний Галилео Галилей, создатель экспериментального естествознания. Тут он увлёкся геометрией, а затем и другими разделами математики (до поступления он не был знаком с математикой). «Здесь учился Галилей», – с гордостью написано на скрижалях университета. Но умалчивается при этом, что Галилей был вынужден бросить обучение из-за недостатка средств, поскольку к XVI веку система льгот, разработанная на начальном этапе развития университета, уже не работала. Учились только богатые, способные заплатить за обучение.

В университете в Падуе также учились итальянский мыслитель эпохи Возрождения (XV век) Джованни Пико делла Мирандола, Николай Кузанский (немецкий мыслитель XV века), один из основателей итальянского литературного языка Пьетро Bemбо, Торквато Тассо, основоположник научной анатомии и знаменитый врач Андреас Везалий (XVI век), Коперник (XVI век), белорусский первопечатник Франциск Скорина. Преподавали: Кассериус, знаменитый в своё время хирург и анатом; Иероним Фабриций – один из реформаторов анатомии, обесмертивший своё имя трактатом

<sup>1</sup> Инквизиция создавалась для того, чтобы в диспутах и появлявшихся мнениях разобраться, что есть ересь, а что – нет. Знаменитые «гонения на ведьм» и сжигание еретиков – это уже конец XV века, т. е. ещё через два столетия существования инквизиции.



о венозных клапанах и исследованиями над развитием яйца, т. е. в области эмбриологии. Заведующим кафедрой анатомии и учителем Фабриция был Габриэль Фаллопий – его имя нам

известно по «фаллопиевым трубам» – части нашего тела, которые получили своё название по имени этого известного учёного-анатома. Правда, это было уже в начале XVII века.

## Кембриджский университет

В некоторых случаях ссоры происходили с университетскими властями, т. е. внутри учёного сообщества. Этим конфликтам мы обязаны появлению нескольких университетов. Самый знаменитый из них – Кембридж (Англия). Кембридж – соперник Оксфорда уже восемь столетий. А начиналось всё так.



Университет в Кембридже

В 1209 году случились в Оксфорде волнения. Причины указыва-

ют разные, самая распространённая, что несколько студентов были повешены за убийство или причинение насилия женщине. Наказание осуществлялось по приказу короля, однако что-то, видимо, показалось в этом наказании несправедливым. Поэтому часть студентов и преподавателей возмутились, приостановили занятия, а после и вовсе покинули город. В другом варианте легенды рассказывают, что не в преступлении и наказании дело, а в беспорядках, организованных студентами по проблемам внутриуниверситетской жизни, в результате которых несколько преподавателей было убито. Мне больше верится во вторую версию, поскольку именно конфликт внутри сообщества мог объединить преподавателей и студентов и разделить их на разные группы. Так или иначе, но часть обитателей Оксфорда покинула город и двинулась по бескрайним дорогам Англии. Приют они нашли в старинном городе Кембридж, что стоит на берегу реки Кем<sup>1</sup>. Тут и возник университет, устав и форма организации которого были утверждены папой Григорием IX в 1223 году.

<sup>1</sup> Кембридж переводится как «мост реки Кем». *Cambridge* вообще-то говоря, не Кем, а «Кейм», и не Кембридж, а «Кеймбридж». Но это слово так прочно вошло в русский язык, что уже ничего не поделаешь.

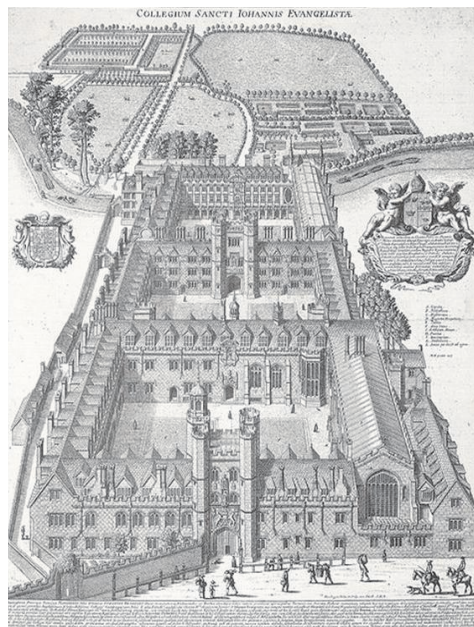
Название имеет исторические корни от «доуниверситетских» времен. Следует указать, что существует город Кембридж и в США. Особую неразбериху вносит то, что в американском Кембридже существуют Гарвардский университет и Массачусетский технологический университет – ведущие образовательные учреждения мира. Но образованы они были в городе, который основали только в XVII веке. Первопоселенцы – выходцы из разных регионов Европы – назвали его, по принятой у них традиции, в честь английского города, знаменитого своим университетом.

Надо думать, его порадовала возможность появления конкурента у Оксфорда, «королевского» университета. Так и повелось, что в Оксфорде учились скорее первые сыновья титулованной знати, а в Кембридже – вторые и прочие. Ещё отличие в Кембридже в том, что, по крайней мере в XIX веке, знание математики даже для студентов, изучающих классические языки, было обязательным (см. воспоминания очевидца на сайте <http://bristed.narod.ru>).

Вот уже более семи столетий длится противостояние между двумя великими университетами! Даже в наши дни нельзя подавать заявление о приёме в один год и в Оксфорд, и в Кембридж. Это условие ежегодно обговаривается обоими университетами. А ежегодные состязания в гребле между двумя университетами! Описания этих регат вошли в историю и литературу Великобритании. Кто-то метко заметил, что для университетов это событие более важное, чем присуждение Нобелевской премии. Тем не менее, с Кембриджем связаны судьбы более 88 нобелевских лауреатов (лучшего по этому показателю университета в мире нет!). Воистину кузница кадров! А какие имена прославили это учебное заведение! Исаак Ньютон, Фрэнсис Бэкон, лорд Байрон, Бертран Рассел, Владимир Набоков.

Кстати, Кембриджский университет одним из первых стал строить специальные здания для своих потребностей. В наши дни он является крупным землевладельцем, доходы от которого расходуются на нужды университета, дают возможность преподавателям заниматься фундаментальными научными исследованиями, не требуя непосредственной доходности от деятельности преподавателей или

не повышая плату за обучение. Следует отметить, что первоначально средневековые университеты не имели специальных зданий. Занятия проводились, где придётся – в церквях, монастырях, частных домах. «Университет» – это было не конкретное место, а название сообщества студентов и преподавателей, некое «клуба по интересам». Однако со времён образования Кембриджа университеты начали выкупать для себя помещения или строить их. Смотри, например, здание Сент-Джонс-колледжа, который имеет несколько внутренних двориков – результат последовательного многовекового строительства. Главный принцип университетской архитектуры того времени (не только в Кембридже) – фасад здания обращен вовнутрь. К внешнему миру повернута «спина».

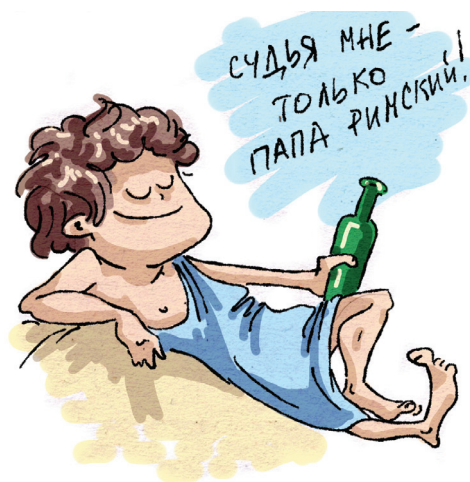


Внутренние дворики Сент-Джонс-колледжа (Гравюра Дэвида Логана, XVII век)



## Заварушка в Парижском университете

*«Школяры учатся благородным искусствам – в Париже, древним классикам – в Орлеане, судебным кодексам – в Болонье, медицинским припаркам – в Салерно, демонологии – в Толедо, а добрым нравам – нигде».* Так писал Геллинанд из Фруамона (ок. 1160 – после 1229) – французский поэт, хронист, церковный писатель. Что тут добавить?!



Итак, дело было в Париже. В 1229 году во вторник на масляной неделе перед главным католическим постом начался традиционный карнавал (в наши дни он называется Марди Гра). Студенты, как обычно, напились до беспамятства и были в весьма буйном настроении. Естественным образом возник спор между группой студентов и хозяином таверны по поводу счёта. Спор перешёл в драку, в ходе которой студентов побили и выбросили на улицу. На следующий день они вернулись с друзьями и деревянными дубинками. Вломились в таверну, побили присутствовавших там посетителей, поломали мебель. Разгоря-

ченные, начали крушить соседние магазины. Горожане возмутились! Поскольку студенты пользовались привилегиями духовенства и не подлежали королевскому суду, то жалобы посыпались в папский суд. Папский суд, зная о настроениях в университете, опасаясь раскола, который произошёл в Оксфорде (помните, когда возник Кембридж в результате?), подошёл к делу очень осторожно. Тянул с рассмотрением и надеялся, что студенты успокоятся сами. Но вмешалась Бланка Кастильская, регентша Франции. Она то правила горожанами! Вот и потребовала, чтобы виновные в беспорядках понесли заслуженное наказание. Суд университета подчинился этому требованию и разрешил городской полиции усмирить студенческие беспорядки. Городскую стражу (полицейские тех времен), надо думать, очень обрадовало такое поручение, поскольку бесчинства неподконтрольных им студентов были для них как красная тряпка для быка. Стража нашла группу каких-то студентов на улицах и так их «усмирила», что нескольких убила. Как это чаще всего и бывает, убили как раз тех, кто в беспорядках не участвовал, а случайно под руку попались. Понятное дело, «наших бьют». Всколыхнулись все студенты и начали забастовку, т. е. покинули Париж. Они отправились в другие университеты (Оксфорд или Тулузу), вернулись домой, нанялись на работу (преподавателями и секретарями у вельмож). Париж терпел значительные убытки. Латинский квартал – место, где жили студенты, – опустел. Только через 2 года переговоров Папа Григорий IX, сам выпускник Парижского университета, выдал буллу *Parens scientiarum*, в которой прославлял университет

как «Мать всех наук». Согласно этой булле, университет объявлялся полностью независимым от гражданских и церковных властей и подчинялся только Папе напрямую. Заверушка в Парижском университете в 1229 – 1231 годах помогла светской и духовной власти осознать роль университетов в жизни общества, обогатила университеты значительным количеством инструкций и законов.

### Что и как изучали в средневековых университетах

Университет обычно состоял из 4 факультетов – теологического, юридического, медицинского и факультета свободных искусств. Все студенты начинали обучение с факультета искусств<sup>2</sup>. Обучение длилось 6 лет. Свободных искусств – семь: арифметика, геометрия, астрономия, теория музыки, грамматика, логика и риторика. Два последних предмета считались самыми важными, поскольку включали в себя умение размышлять и выступать, а также изучение произведений мыслителей предшествующих эпох. По окончании выдавалась степень бакалавра. Бакалавр, можно сказать, человек с высшим образованием, наследник культуры цивилизации. Он мог покинуть университет, а мог поучиться ещё 12 лет на одном из трёх других факультетов (право, медицина, теология) и получить степень магистра

Например, в 1232 г. всё тем же папой Григорием IX для обозначения различных специальностей в Парижском университете был введен термин *факультет*<sup>1</sup>. Кстати, в это же время он утвердил для этого университета и звание *бакалавра* (лат. «увенчанный лаврами»). Это была лицензия на право преподавания. Вот уж, действительно, «сходили студенты потусить»!

или доктора. Следует отметить, что студент мог перейти и в другой университет на соответствующие факультеты. В XII–XIII веках мир образованных людей был так мал, что не имел государственных границ, и студенты могли свободно перемещаться (к этой же цели, согласно Болонскому соглашению, стремятся образование и в наши дни).



Гравюра «Семь свободных искусств»

<sup>1</sup> Факультет (от лат. *facultas* – «возможность, способность») – структурное подразделение университета. В XIII – XVIII веках в университетах было преимущественно 4 факультета, с XVIII в. их количество значительно возросло. В наше время в задачи факультета входит осуществление подготовки студентов по одной или нескольким родственным специальностям, повышение квалификации специалистов, а также руководство научно-исследовательской деятельностью кафедр, которые он объединяет. В технических вузах аналогичные факультетам структуры было принято называть «отделениями», но сейчас всё смешалось.

<sup>2</sup> Его называли также факультетом свободных искусств, артистическим факультетом, а в более поздние века (с XVI в.) – философским. Примерно в XVIII веке философский факультет стали делить на естественно-научный и гуманитарный. Первый стали называть факультетом наук или физико-математический, а второй – факультет словесности, или историко-филологический. Также был философский факультет.



Поступали в университет в возрасте 14 – 15 лет. Соответственно, до 20 лет учились на бакалавра. Это можно назвать колледжем по производству образованных людей. Можно было бы провести аналогии и с нашими лицеями и гимназиями. Но тут есть принципиальная разница. На факультете свободных искусств задача была получить образованного человека, носителя культуры своего времени. В лицеях, например, физико-математического профиля уровень гуманитарной подготовки обычно сильно страдает, в гуманитарных гимназиях обычно слабая подготовка по естествознанию и математике. Это определяется целями этих школ – подготовка специалистов для определённых сфер деятельности. Перед специализированными школами нет задачи готовить людей образованных, т. е. имеющих «образ» культуры, её носителей. Конечно, преподаватели лицеев понимают роль общей культуры для воспитания образованного человека и стараются расширить вклад гуманитарного образования. Но исходно перед специализированными школами ставилась задача подготовки будущих специалистов для военно-промышленного комплекса и нужд народного хозяйства. Я далека от задачи поставить оценку, что хорошо, а что плохо. Мне хочется, чтобы мы с вами могли *сбирать факты и анализировать ситуацию до вынесения оценок.*

Тут следует напомнить, что слово «искусство» (лат. *ars*) в те времена понимали не как «художественное мастерство», а как некий системный взгляд, получаемый в ходе освоения окружающего мира. Философ Боэций, живший на рубеже V–VI веков, разделил семь искусств на два цикла: *тривиум* (*trivium*, «три дороги») и *квадриум* (*quadrivium*, «четыре дороги»). Слово «тривиальный» пошло с

этих времён, поскольку начинали обучение с тривиума. Тривиум включал в себя обучение искусству слова и мышления: грамматику, диалектику (логику), риторику. Наряду с собственно грамматикой изучали словообразование, литературу и стихосложение. В риторику входило искусство выражать свои мысли не только вслух, но и письменно, также обучали основам юриспруденции и правилам составления официальных документов. Как говорится, «вы должны уметь правильно формулировать свою мысль вне зависимости от её наличия»!

Квадриум можно назвать обучением искусству числа, он включал в себя арифметику, геометрию, астрономию и музыку. Окончившим факультет свободных искусств присваивали звание магистра искусств (*master of arts*, MA). Название сохранилось до наших дней! Присуждается она в англоязычных странах по широкому кругу дисциплин, кроме права, медицины и богословия.

Уже в XII – XIII веках в университетах утверждались программы и книги, по которым обучаться. Удивляет, что в некоторых профессиях мало что изменилось. Например, в знаменитом медицинском университете в Салерно (мы писали о нём в №8 нашего журнала), обучение длилось 5 лет (изучали труды Гиппократ, Галена, Авиценны), а потом был год обязательной практики в клиниках университета, после чего выдавался диплом врача. Поэтому со всей Европы тянулись в Салерно два потока: страждущие исцеления и жаждущие знаний.

Вернёмся к XIII веку и получению лицензии университетом от папы римского. Первым лицензию получил университет в Тулузе, основанный всё тем же папой Григорием XI. Идея получения сертификатов захватила другие университеты, которые пытались таким образом укрепить свой престиж и привлечь

побольше студентов. Кстати говоря, Болонский университет, полагаясь на свою в те времена «всемирную» известность, долгое время игнорировал лицензирование. Однако документы всегда были важной частью жизни человечества, а потому пришлось в конце века специально вы-

прашивать эту лицензию у очередного папы. К концу XIII века многие города выпрашивали грамоты на лицензирование своих школ как университетов. Пришла мода на образование, пришла мода на университеты. Само слово «университет» стало популярным и престижным.

## Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

### Университетские традиции



Жизнь любого университета полна мифов, легенд, преданий и примет. Что уж говорить, если это – старейший в Шотландии Сент-Эндрюсский университет (третий по дате основания в Великобритании, основан между 1410 и 1413 годами). На его территории, близ церкви есть страшное для каждого студента место – выложенные на брусчатке инициалы РН. На этом месте в 1528 году был сожжён студент этого вуза протестант Патрик Гамильтон, так и не отрёкшийся

от своих еретических убеждений. И проклятие студента настигает каждого, вставшего на эти инициалы – неминуемое отчисление, провал на экзаменах.

Есть только один способ избавиться от страшного проклятья. На рассвете первого мая обнажиться, выйти к водам холодного Северного моря и броситься в его бушующие волны. Чем и занимаются студенты, предварительно потоптавшись на проклятой монограмме, а потом с гиканьем и свистом бегущие по городку Сент-Эндрюс.

Ещё одна из известных традиций восходит к легенде о корабле, потонувшем у берега вблизи университета в 1800 году. Тогда студент университета по имени Джон Хокин пять раз пускался вплавь и каждый раз приплывал обратно со спасённым человеком. С тех пор после субботней службы студенты, облачённые в университетские красные мантии, идут по пирсу до самого конца, поднимаются по лестнице и возвращаются по стене обратно.

В следующих номерах мы расскажем вам про университетские традиции, которые есть в российских вузах.



*По материалам ru.wikipedia.org.*

# ХИМИЯ

**Морозова Наталья Игоревна**

*Закончила химический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, кандидат химических наук, доцент Специализированного учебно-научного центра Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.*



## Вода глазами химика

Потому что без воды –  
И ни туды, и ни сюды.

*Песенка из к/ф «Волга-Волга»*

К воде прочно прилип ярлык уникального вещества. Вода – самое распространённое соединение водорода. Вода – это единственное вещество, все три агрегатных состояния которого мы можем наблюдать в естественных условиях. Плотность воды с изменением температуры меняется необычным образом, причём в твёрдом агрегатном состоянии вода легче, чем в жидком. Вода имеет аномально высокие температуры кипения, плавления, теплоёмкость. Любое живое существо содержит более 50% воды по массе, а некоторые – до 99%! Многие считают, что именно благодаря наличию воды на Земле стала возможной жизнь.

Что же такого удивительного в этой простенькой молекуле  $H_2O$ , формулу которой без запинки пишет любой двоечник? Что позволило ей выйти на первую строчку хит-парада самых важных веществ?

### Молекула воды

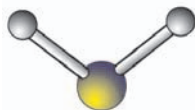
*«Аш два о»*

*Автомойка, г. Екатеринбург*

*Доставка воды в офисы и на дом, г. Челябинск*

*Доставка питьевой воды, кулеры, фильтры, г. Нижний Новгород и многое, многое другое...*

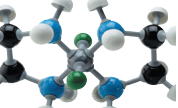
Атомы водорода в молекуле воды находятся с атомом кислорода вовсе не на одной прямой, как можно было бы предположить из соображений симметрии. Связи О-Н образуют угол  $104,5^\circ$ :



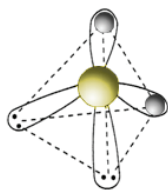
Дело в том, что вокруг атома кислорода в молекуле воды нахо-

дятся не только две электронные пары связей О-Н, но ещё и две несвязывающие (неподелённые) электронные пары кислорода. Эти четыре электронных облака, отталкиваясь друг от друга, располагаются в пространстве так, что оказываются направленными по вершинам тетраэдра вокруг атома кислорода. Если бы этот тетраэдр был идеальным, то углы между связями составляли бы  $109,5^\circ$ . Отличие объясняется тем,





что несвязывающие электронные облака отталкиваются друг от друга сильнее (ведь в вершинах, к которым они направлены, нет ядер атомов водорода, частично компенсирующих их отрицательный заряд). Поэтому угол между этими электронными облаками оказывается чуть больше  $109,5^\circ$ , а между связывающими – чуть меньше.

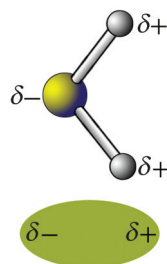


Что в этом необычного? Необычно то, что ни один из аналогов воды – сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , селеноводород  $\text{H}_2\text{Se}$ , теллуридоводород  $\text{H}_2\text{Te}$  – таким строением не обладает. Углы между связями в их молекулах близки к  $90^\circ$ . Что из этого следует? Например, то, что рецепторы организма воспринимают эти молекулы совершенно по-разному. Газы сероводород, селеноводород, теллуридоводород, с точки зрения человека, имеют одинаковый неприятный запах. А пары воды, опять же с точки зрения человека, не пахнут совсем.

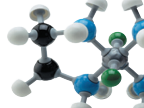


Чем ещё вода отличается от своих аналогов? Связи  $\text{H-S}$ ,  $\text{H-Se}$ ,  $\text{H-Te}$

слабо полярны, и в молекулах  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ,  $\text{H}_2\text{Te}$  почти нет разделения зарядов. В отличие от серы, селена и теллура, кислород обладает очень высокой электроотрицательностью (он находится на 2-м месте после фтора), т. е. способностью притягивать к себе связывающие электронные пары. Поэтому полярность связи  $\text{H-O}$  очень высока, т. е. электронная плотность связи заметно смещена от атома водорода к атому кислорода. На атоме  $\text{O}$  возникает частичный отрицательный заряд  $\delta^-$ , а на атомах  $\text{H}$  – частичный положительный заряд  $\delta^+$ . Проще говоря, молекула представляет собой диполь:

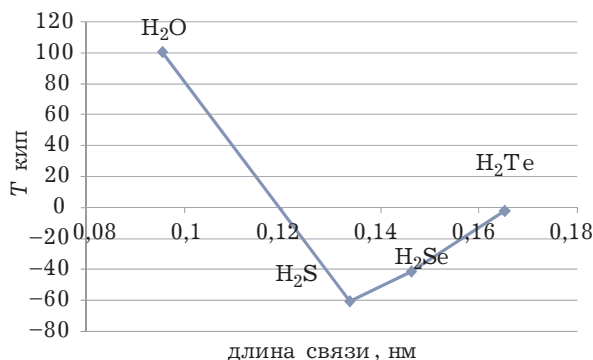


Диполи притягиваются друг к другу разноименно заряженными концами – возникает диполь-дипольное взаимодействие, удерживающее молекулы рядом. Но связь  $\text{O-H}$  настолько полярна, частичные заряды на атомах настолько велики, что сила этого взаимодействия приближается к энергии химической связи. Более того, приближается к химической связи и природа этого взаимодействия, которое уже не сводится исключительно к электростатическому притяжению между диполями. У атома водорода, с которого жадный кислород «стянул» электронную плотность, появляется вакантное место для электронов. Чьих? Естественно, «перекормленного» электронами кислорода соседней молекулы. Связь между молекулами, возникающая таким образом, называется *водородной связью*.



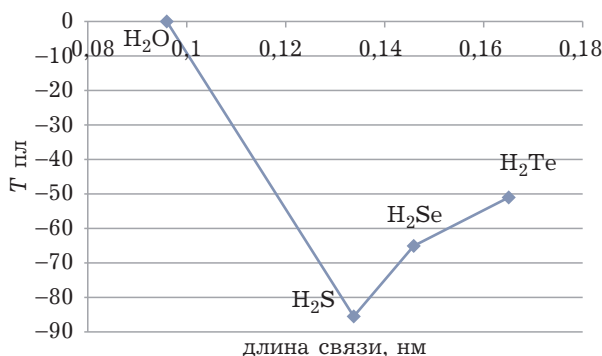
Энергия водородной связи в воде около 21 кДж/моль. Много это или мало? Если сравнить с энергией внутримолекулярной связи О-Н (около 460 кДж/моль), то, конечно, мало. Но эта добавка к энергии межмолекулярного взаимодействия существенно влияет на физические свойства воды. Так, не будь водородной связи, вода кипела бы не

при 100 °С, а при... Экстраполяцией зависимости температур кипения от длины связи Н-Х для молекул  $H_2X$  получаем значение около  $-120$  °С. Вода была бы при обычных условиях газом, как сероводород. Но для того, чтобы перевести воду в пар, нужно не просто «растачить» диполи подалеже друг от друга, а разорвать водородные связи.



Похожая картина (по тем же самым причинам) наблюдается и для

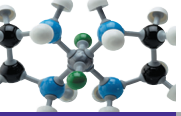
зависимости температур плавления от длины связи:



Водородная связь вносит свои коррективы и в значение теплоёмкости. У воды теплоёмкость составляет 4,18 Дж/(г·К): для того, чтобы нагреть один грамм воды на один градус, необходимо передать этому грамму воды 4,18 Дж энергии. Это абсолютный рекорд, теплоёмкость жидкостей и твёрдых веществ лежит обычно в интервале 0,1 – 2,5 Дж/(г·К). Значительная часть тепла, переда-

ваемого воде, расходуется на разрыв водородных связей.

К чему приводит высокая теплоёмкость воды? Ночью вода остывает медленно, а днём так же медленно нагревается. Наверное, некоторые замечали, что утром вода холоднее песка на пляже, а ночью – теплее. Медленно остывая осенью и постепенно отдавая аккумулированное тепло и медленно нагреваясь весной,



водные массы планеты смягчают переход от лета к зиме и от зимы к лету. Поэтому в местностях, примыкающих к морям, и на островах более мягкий и «смазанный» климат, чем контрастный климат центральных областей материков.

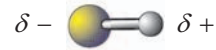
Из-за высокой теплоёмкости воду охотно применяют в энергетике в качестве теплоносителя.

Повышенное взаимодействие между молекулами воды обуславливает её высокое поверхностное натяжение (по этому параметру вода уступает только ртути). Молекулы на поверхности жидкости испытывают действие межмолекулярного притяжения только со стороны жидкости, и каждая «плавающая» на поверхности молекула как бы втягивается своими соседками внутрь слоя жидкости. Именно поэтому в невесомости жидкости приобретают форму шара. У воды поверхностное натяжение равно 72 мН/м при 25 °С. У этилового спирта оно в 3,5 раза меньше. Благодаря поверхностному натяжению воды можно налить в чашку чай «с горкой»: если делать это медленно и аккуратно, то можно увидеть, что поверхность жидкости образует крохотный купол над краями чашки. Со спиртом такой номер уже не пройдёт!

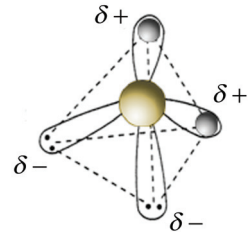
Внимательный человек скажет: всё это так, но если в аномальных свойствах «виноваты» водородные связи, то уникальным веществом должна быть вовсе не вода, а фтороводород HF! Ведь фтор электро-

отрицательнее кислорода, значит, полярность связи Н-Ф ещё выше, чем Н-О, следовательно, больше энергия водородной связи... И в чем-то он будет прав: энергия водородной связи Н-Ф около 36 кДж/моль, это действительно больше. Но температура кипения фтороводорода всего 19,6 °С, температура плавления – 83,4 °С, удельная теплоёмкость тоже вполне заурядная – 1,46 Дж/(г·К). Граждане, где нас обманывают?

Обмана никакого нет, просто мы ещё не представили всю картину. Молекула фтороводорода – классический диполь. У неё два заряженных конца – плюс на атоме водорода, минус на атоме фтора.



Но с водой всё не так просто. У молекулы воды четыре заряженных конца – два атома водорода ( $\delta+$ ) и два несвязывающих электронных облака атома кислорода ( $\delta-$ ):



Получается, что молекула фтороводорода может образовать две водородные связи, а молекула воды – целых четыре. Отсюда и энергетический выигрыш.

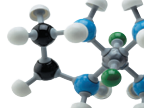
## Структура льда и воды

Белый снег, серый лёд  
На растрескавшейся земле...  
*Песня группы «Кино»*

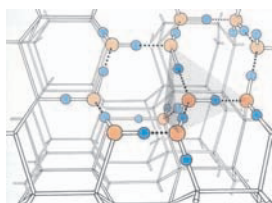
Итак, в твёрдом состоянии каждая молекула воды образует ровно

четыре водородные связи с соседними молекулами. Эти связи

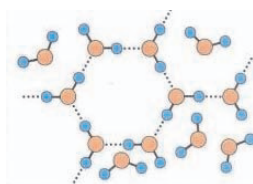




направлены под строго определёнными углами, диктуемыми строением молекулы. В результате получается рыхлый ажурный каркас<sup>1</sup>:



Именно из-за такой рыхлой структуры плотность льда меньше плотности жидкой воды. Благодаря этому лёд не тонет, защищая водоёмы от промерзания. При таянии каркас частично разрушается, некоторые молекулы воды покидают свои места и переходят в пустоты, поэтому плотность при плавлении льда увеличивается:

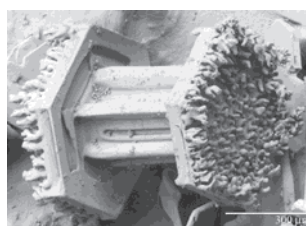
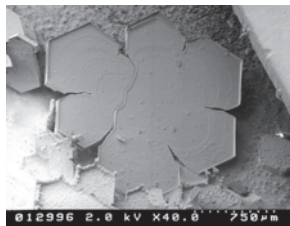
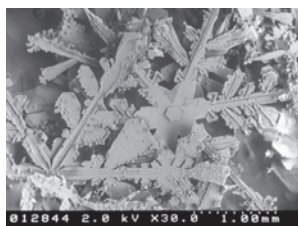


Координационное число атома кислорода во льду равно 4, а в жидкой воде, когда молекулы заполняют пустоты каркаса, оно постепенно растёт: так, при 15 °С оно составляет 4,4, при 83 °С – 4,9. Однако максимальная плотность наблюдается при 4 °С и равна 1 г/мл. При даль-

нейшем нагревании в соответствии с законом о тепловом расширении плотность снова начинает падать: горячая вода легче холодной. Но наблюдаемое тепловое расширение воды меньше теоретического из-за того, что процесс разрушения ажурных структур продолжает идти и при нагревании выше 4 °С. Любопытно, что если бы вода представляла собой простую совокупность молекул, без сохранения существенных фрагментов каркаса, то её плотность составила бы 1,84 г/мл.

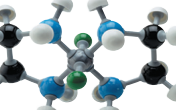
Ближний порядок в расположении молекул воды (квазикаркас) сохраняется вплоть до самого кипения. При плавлении льда рвётся не более 15% водородных связей между молекулами, и даже при температуре кипения в воде содержатся ассоциаты молекул, соединённых водородной связью. Димеры воды обнаруживаются и в парах.

Обратите внимание на приведённые выше рисунки: на них ясно видно, что каркас имеет гексагональную симметрию: основным элементом структуры является неплоский шестиугольник из шести молекул воды. Эта структура проявляется во внешнем виде кристаллов воды – снежинок, в их основе всегда лежит шестиугольник. Вот как выглядят снежинки в электронном микроскопе<sup>2</sup> (представление о масштабах изображений можно получить из подписей в правом углу фотографий):



<sup>1</sup> Рисунок с fs.servers.soneta.ru.

<sup>2</sup> Фотографии с сайта www.wired.com, получены в сельскохозяйственном исследовательском центре Белтсвила, штат Мэрилэнд.



## Водные растворы

Диполи воды, притягиваясь отрицательным полюсом к катионам, а положительным – к анионам, образуют в водных растворах гидратные «шубы» вокруг ионов (происходит гидратация – частный случай сольватации). Благодаря сильной полярности молекул воды гидратация – очень энергетически выгодный процесс. Иногда гидраты так прочны, что при выделении вещества из раствора вода остаётся при его ионах и входит в состав кристаллов – получаются кристаллогидраты: например,  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  – кристаллическая сода или всем известный медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

При 20° С диэлектрическая проницаемость воды равна 81. Это значит, что два противоположных электрических заряда в воде взаимно притягиваются в 81 раз слабее, чем в вакууме. Следовательно, отделение ионов от кристаллов какой-либо соли в воде в 81 раз легче. Большинство растворителей не может похвастаться такой высокой величиной диэлектрической проницаемости: так, для уксусной кислоты она равна всего 6,2, для этилового спирта 26,8. Поэтому воду часто называют «универсальным растворителем»: её воздействие способно разрушить даже довольно прочные ионные кристаллы (хотя, разумеется, не все: универсальность – преувеличение!) и растворяет их.

Электростатическое взаимодействие растворённого полярного вещества с диполями воды может привести к разрыву молекул этого вещества – диссоциации. Так, в кристаллической решётке хлороводорода нет ионов, тем более их нет в га-

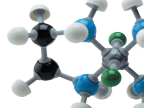
Я растворяюсь в тебе...  
Несколько поэтов

зобразном состоянии, но при растворении в воде хлороводород диссоциирует на ионы нацело.



А вот неполярные вещества растворимы в воде плохо. Малополярное вещество, слабо взаимодействующее с диполями воды, или гидрофобный<sup>1</sup> фрагмент сложной молекулы занимают структурные пустоты в квазикаркасе водородных связей. Поэтому растворимость таких веществ будет зависеть, в частности, от того, как размер их молекул согласуется с размером этих пустот. Например, спирт эйкозанол  $\text{C}_{20}\text{H}_{41}\text{OH}$ , хотя его молекула полярна, да ещё способна образовывать за счёт OH-группы водородные связи, имеет слишком большой гидрофобный органический радикал  $\text{C}_{20}\text{H}_{41}$ , который не помещается в пустоты квазикаркаса воды без его разрушения. Поэтому эйкозанол нерастворим, в отличие от этилового спирта, который имеет небольшой органический радикал, прекрасно влезает в пустоты, и смешивается с водой в любых соотношениях.

<sup>1</sup> Гидрофобный – не склонный к взаимодействию с водой (неполярный или малополярный), гидрофильный – стремящийся к межмолекулярному взаимодействию с водой (полярный).



## Электролитическая диссоциация воды

Приходит день, приходит час,  
Приходит миг, приходит срок –  
И рвётся связь...

*Песня из к/ф «Обыкновенное чудо»*

Поскольку связь O–H полярна, то тепловые колебания разрывают её не «пополам» (как говорят химики, гомолитически: на атом H и радикал OH), а гетеролитически, то есть с образованием ионов:

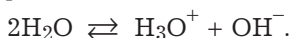


Этот процесс называется электролитической диссоциацией. Степень диссоциации воды мала: в обычных условиях она составляет примерно  $10^{-9}$ , т. е. в среднем из миллиарда молекул «разорвана» на ионы только одна. При увеличении температуры степень диссоциации воды несколько увеличивается, ведь тепловые колебания становятся интенсивнее. Если концентрация ионов  $\text{H}^+$  (и  $\text{OH}^-$  тоже) в воде при 25 °C равна  $10^{-7}$  моль/л, то при 100 °C она достигает  $10^{-6,5}$  моль/л, а при 0 °C – всего  $10^{-7,5}$  моль/л.

Действительно ли при диссоциации воды образуется  $\text{H}^+$ , то есть элементарная частица протон? Разумеется, нет. Свободный протон  $\text{H}^+$  в водном растворе не существует сколько-нибудь длительное время, а взаимодействует с молекулой воды, прицепляясь к одной из несвязывающих электронных пар атома кислорода:



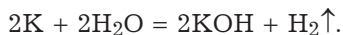
Поэтому правильнее (хотя и муторнее) записывать продуктом диссоциации воды не ион водорода, а ион гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ :



Ион гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$  существует и в структурах твёрдых гидратов многих кислот: например, кристаллическая решётка гидрата азотной кислоты  $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  состоит из ионов  $\text{H}_3\text{O}^+$  и  $\text{NO}_3^-$ .

В воде и водных растворах обнаружены также менее устойчивые ионы  $\text{H}_5\text{O}_2^+$ ,  $\text{H}_7\text{O}_3^+$ ,  $\text{H}_9\text{O}_4^+$  – ассоциаты  $\text{H}^+$  с несколькими молекулами воды.

При диссоциации воды получаются одновременно ион водорода  $\text{H}^+$  и гидроксил-ион  $\text{OH}^-$ . Между тем мы знаем, что вещества, диссоциирующие с образованием иона водорода, являются кислотами, а с образованием гидроксил-иона – основаниями. Неужели вода – сразу и кислота, и основание? Выходит, что так. Кислотные свойства воды проявляются, например, в реакциях с наиболее активными металлами<sup>1</sup>, такими как калий:



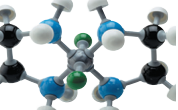
На фотографии<sup>2</sup> можно видеть воспламенение калия в результате этой реакции:



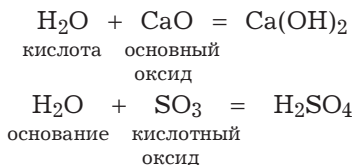
<sup>1</sup> Любопытно, что алюминий, в кастрюлях из которого спокойно кипятят воду, на самом деле довольно активно взаимодействует с водой. Но для этого нужно убрать с его поверхности прочную оксидную плёнку, что не так-то просто.

<sup>2</sup> Фото В.В. Загорского.





Вода выступает кислотой, когда взаимодействует с основными оксидами, а основанием – в реакциях с кислотными оксидами:



Вещества, проявляющие и кислотные, и основные свойства, называются амфотерными, и вода – главный их представитель. Почему главный? Да потому, что вещества выступают кислотами и основаниями **в водных растворах**. Не случайно ион кислоты  $\text{H}^+$  совпадает с катионом самого распространённого растворителя, а ион основания  $\text{OH}^-$  – с его анионом. Все классические кислоты и основания – это кислоты и основания именно с «водной» точки зрения. Если взять другой растворитель,

например, жидкий аммиак<sup>1</sup>  $\text{NH}_3$ , диссоциирующий по уравнению:



то кислотами в нём будут являться соли аммония (например, распространённое удобрение аммиачная селитра  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), а основаниями – амиды металлов (например,  $\text{NaNH}_2$ ).



## Химические свойства воды

О кое-каких химических свойствах воды мы уже упомянули. Но что же с главным вопросом: горит или не горит? Можно ли зажечь синее море?

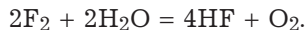
Для начала надо понять, что такое горение. Это – окислительно-восстановительная реакция, сопровождающаяся выделением тепла и света. То, что горит – восстановитель. То, в чём оно горит – окислитель. На Земле в большинстве случаев горение происходит в кислороде воздуха. Естественно, вода в кис-

А лисички взяли спички,  
К морю синему пошли,  
Море синее зажгли.

К.И. Чуковский, «Путаница»

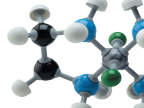
лороде гореть не может – ведь она уже является высшим (и единственным) оксидом водорода.

Но если бы море находилось на какой-нибудь неведомой планете, где атмосфера состоит из фтора, коварные лисички вполне могли бы преуспеть:

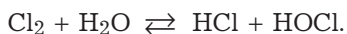


Фтор в этой реакции – окислитель, вода – восстановитель, в процессе реакции выделяются тепло и свет. По всем критериям, вода горит во фторе.

<sup>1</sup> Правда, для этого придётся помёрзнуть: аммиак становится жидким при температурах ниже  $-33,4^\circ\text{C}$ . Не каждую зиму бывает такой мороз!



И, по-видимому, больше ни в чём. Ближайший аналог фтора – хлор – имеет недостаточную окислительную способность для этого. При его растворении в воде происходит совсем другой процесс: диполи воды и немногочисленные ионы водорода и гидроксил-ионы разрывают молекулу хлора. При этом положительно заряженный конец диполя или ион водорода отрывает хлорид-ион  $\text{Cl}^-$ , и образуется соляная кислота  $\text{HCl}$ . Гидроксил-иону остаётся  $\text{Cl}^+$ , и при их соединении получается хлорноватистая кислота  $\text{HOCl}$ :



Этот процесс, правда, протекает в очень небольшой степени. В основном хлор находится в водном растворе в молекулярной форме.

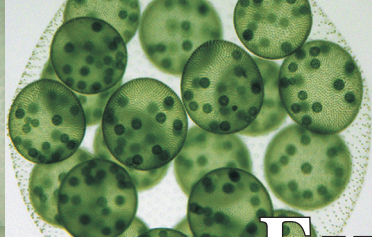
А вот в холодной воде (очень холодной, практически ледяной) хлор даёт твёрдое зеленоватое соединение  $\text{Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :



Оно относится к клатратам – соединениям включения. Молекулы газа заполняют пустоты квазикаркаса, образованного молекулами воды. Настоящей химической связи между молекулами газа и воды в клатратах нет, молекула не покидает своего места лишь из-за пространственных затруднений, поэтому клатраты малоустойчивы. Можно получить и клатраты других газов: например,  $\text{Xe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8 \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ . Образование и распад клатратов используют для разделения газов, а также для обессоливания воды. Предполагают, что анестезирующее действие таких веществ, как хлороформ  $\text{CHCl}_3$ , обусловлено образованием клатратной структуры в тканях головного мозга.

## Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Кровь человека содержит более 80% воды, мускулы – 35%. Меньше всего воды в костной ткани и зубной эмали. За свою жизнь человек выпивает около 25 т воды. На вершине горы Агарац (4095 м) вода кипит при 88 °С. Общая масса воды на нашей планете около  $1,4 \cdot 10^{18}$  т. Тяжёлая вода  $\text{D}_2\text{O}$  замерзает при 3,8 °С и кипит при 101,4 °С. Вода не только дарит жизнь, но может и отнимать её. 85% всех заболеваний в мире передаётся с помощью воды. Ежегодно 25 млн человек умирает от этих заболеваний. Больше всего воды содержится не в Мировом океане, а в мантии Земли (в 10 раз больше, чем в Мировом океане). На Земле пресная вода составляет где-то около 3% от общего объёма воды, и при этом большая часть этих 3% содержится в ледниках. Если человек теряет 2% воды от массы своего тела, то у него возникает сильная жажда. Если проценты потерянной воды увеличатся до 10, то у человека начнутся галлюцинации. При потере в 12% человек не сможет восстановиться без помощи врача. При потере в 20% человек умирает.



# БИОЛОГИЯ



## Квартальнов Павел Валерьевич

Кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры зоологии позвоночных биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, педагог дополнительного образования школы «Интеллектуал» г. Москвы.

## Чумазные птички

Все знают о разнообразных приспособлениях растений к опылению насекомыми. А перед вами рассказ об орнитофильных растениях, т. е. опыляемых птицами. Многие смотрят, но не все видят – обратите внимание, как простое наблюдение окружающей природы во время экскурсии вывело автора на целое исследование.

Выездные практики для школьников и студентов редко получаются чисто учебными. Как правило, они преподносят сюрпризы и преподавателям. Особенно это касается биологических практик. В феврале 2012 года мы вывезли школьников на Кипр для знакомства со средиземноморской фауной и флорой. В последний день практики мы отправились на экскурсию по берегу солёного озера у города Ларнака.

На воде паслись стаи зимующих фламинго, по кустам перелетали многочисленные мелкие птички. Наше внимание привлекли пеночкитеньковки. Они кормились, посвистывали, то и дело начинали петь, хотя время отлёта к местам гнездования ещё не пришло. Помимо пеночек обычной окраски – серовато-зелёных сверху, белёсых снизу – попадались необычные птички, с чёрной «маской». Таких птиц мы раньше не встречали. За время поездки я нередко видел пеночек, облетающих яркие соцветия декоративных деревьев и кустарников на

улицах Кипра. Я предположил, что, обследуя цветы, птицы могли перепачкаться липким нектаром, на который и налипла грязь.



Рис. 1. «Чумазная» пеночкитеньковка (*Phylloscopus collybita*) на Кипре (фото Н.А. Тушнова)

Цветы привлекают многих мелких птиц. На цветы за пыльцой и нектаром в большом числе собираются насекомые; ими и питаются



птицы. Пышно цветущие кусты обеспечивают птиц богатым кормом. В Калмыкии я видел болотных камышовок, остановившихся на весеннем пролёте, чтобы несколько дней подкормиться и восстановить силы. Каждая птичка охраняла один-два куста цветущего тамариска, гоняя других птиц, сохраняя для себя богатую кормушку.

Многие птицы научились пить и цветочный нектар. Самые известные из них – колибри, родственники стрижей. Среди колибри есть крошечные, размером со шмеля, и покрупнее, с ту же камышовку. Сейчас колибри живут только в Америке. Недавно, к удивлению учёных, кости вымерших колибри были найдены и в Старом Свете. На Кавказе и в Германии обнаружены примитивные, явно насекомоядные колибри, а во Франции и Польше – более продвинутые, удивительно похожие на американских родственников. Они обладали характерным строением крыльев, позволяющим им зависать у цветов, и длинным клювом, приспособленным к питанию нектаром. Колибри населяли Старый Свет в раннем олигоцене (около 30 миллионов лет назад) и вымерли, вероятно, в связи с похолоданием.

Если в Европе были настоящие колибри, значит, определённо, росли и цветы, приспособившиеся к опылению птицами. Такие цветы называют орнитофильными. Они встречаются в Америке, Африке, в тропической Азии и в Австралии. В Старом Свете их опыляют нектарницы, а также медососы (в Австралии), некоторые попугаи и другие птицы. Нектарницы – певчие птицы, похожие на колибри. Такие же длинноклювые, также питающиеся, кроме нектара, насекомыми и пауками. Только размеры у нектарниц в среднем покрупнее. В Европу

нектарницы не проникли, хотя встречаются на Ближнем Востоке – в Израиле и соседних странах.



Рис. 2. Нектарница (*Arachnothera longirostra*) пьёт нектар (Вьетнам, фото автора)

Многие орнитофильные цветы обладают рядом общих черт. Они крупные, ярко-жёлтые или красные, лишены сильного запаха, зато выделяют много жидкого нектара, обладают вытянутым в трубку, поникающим венчиком с торчащими из него пестиком и тычинками. В последнее время стало понятно, что не все орнитофильные цветы соответствуют этой характеристике. Они довольно разнообразны, как различны и способы, посредством которых пыльца попадает с одного цветка на другой. Пыльца может задерживаться не только на оперении лба и горла птиц, но также на их лапах или клюве, а иногда прикрепляется к кончику языка. Таким образом, длинноклювые нектарницы могут опылять цветки с короткими венчиками: достаточно того, что их язык касается пыльников.

С развитием цветоводства экзотические орнитофильные цветы стали проникать в Европу. Специфических опылителей они были лишены. Обращали ли на них внимание местные птицы? Оказалось – да. Одними из наиболее активных потре-

бителей обильного нектара стали синицы – обыкновенные лазоревки. Наблюдали, как в английских садах они посещали крупные поникающие цветки императорского рябчика (из семейства лилейных). Синицы с удовольствием пили нектар, но участвовали ли они в опылении цветков? Ведь известно, что на каждое нектароносное растение находится много прихлебателей, пьющих нектар, но не переносящих пыльцу, а порою и вовсе разрушающих цветки. Даже колибри не брезгают грабежом. У ряда видов колибри на клювах есть зубчики, образующие пилочку по краю. Такая «ножовка» помогает им делать отверстия в основании венчика и проникать к нектарникам, до которых они не всегда могут дотянуться «легально».



Рис. 3. Рябчик Эдуарда (*Fritillaria eduardii*), растущий на Памире, имеет такие же соцветия, как и императорский рябчик (*Fritillaria imperialis*), культивируемый в Европе (фото автора)

Тщательные наблюдения позволили установить, что пыльца с цветков императорского рябчика остаётся на перьях лазоревок и переносится ими на другие цветки, приводя к опылению и образованию всхожих семян. Оказалось также, что лазоревки и другие европейские певчие птицы регулярно пьют нектар и из других декоративных, а также местных цветов. Например, лазоревки весной посещают серёжки ив, привлечённые именно нектаром. Обследуют птицы и цветки клёна, боярышника, ферулы (высокого и пышного растения из семейства зонтичных), средиземноморской капусты. Но в большинстве случаев основными опылителями исконно европейских нектароносных растений остаются насекомые или ветер. Для европейских птиц нектар не стал основным кормом на местах гнездования.



Рис. 4. Ферула (*Ferula communis*) на Кипре (фото автора)

По-иному обстоит дело с мигрирующими птицами. Пеночки и славки после непростого перелёта потребляют нектар и восполняют энергетические потери, отдыхая на островах и по берегам Средиземного моря, а также в оазисах Сахары и в тропической Африке. Нектар служит важным источником корма для птиц, проводящих зиму в Средиземноморье, где насекомые не всегда доступны в необходимом количестве. Наконец, учёным удалось найти средиземноморский кустарник, нуждающийся в регулярном посещении птицами.

Анагирис вонючий растёт по берегам и на островах Средиземного моря. Близкий вид распространён на Канарских островах, где орнитофильные растения – не редкость, и числится в списке растений, особо привлекающих птиц. По своим характеристикам анагирис отличается от большинства современных средиземноморских кустарников. Он лишён колючек (правда, от поедания скотом он защищён ядом), имеет мягкие нежные листья, которые сбрасывает летом, цветёт зимой – с ноября по март. Сплошные заросли не образует, встречается довольно редко. Цветки анагириса длиной около двух сантиметров, ярко-жёлтого цвета, поникающие. Они не пахнут, но выделяют много пыльцы и нектара, защищённого от высыхания лепестками, образующими трубку.

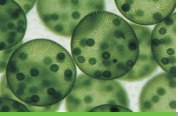
Опыление анагириса изучали в Испании. Оказалось, что насекомые посещают его цветки довольно редко, из них только шмели могут участвовать в опылении. Но, как правило, и они лишь воруют нектар, не касаясь пыльников. Зато частые гости кустов анагириса – зимующие в Испании славковые птицы: славки-черноголовки, средиземноморские славки и пеночки-теньковки. Славки собирают нектар, присаживаясь на ветки рядом с цветками, а пеночки нередко зависают у цветков, как колибри или нектарницы, но на более короткое время. Пыльца налипает на перья птиц и успешно переносится на другие цветки. Иногда посещают цветки анагириса, участвуя в опылении, домовые воробы и обыкновенные лазоревки.



Рис. 5. Анагирис вонючий (*Anagyris foetida*) на Кипре (фото автора)

По-видимому, анагирис – уцелевший элемент древней флоры, распространённой в Средиземноморье до последнего ледникового периода (его ископаемые остатки найдены в третичных отложениях). Не исключено, что первоначально цветки анагириса опыляли колибри или другие специализированные нектароядные птицы, и лишь потом основными опылителями стали славковые. На Канарских островах древняя орнитофильная флора сохранилась лучше, чем в Европе, а нектароядные птицы исчезли. Пеночки





ки, славки и канарейки заняли там осиротевшую экологическую нишу. Как видно на примере лазоревок, певчие птицы довольно быстро привыкают кормиться нектаром. Благодаря опылению птицами анагирис может активно цвести в зимнее время, когда многие насекомые-опылители малоактивны. На других континентах орнитофильные растения также предпочитают цвести в прохладные месяцы года, либо растут в горах, где погода часто неблагоприятна для насекомых-опылителей.

Конечно, нельзя утверждать определённо, что пеночки-теньковки, зимующие на Кипре, пачкались именно нектаром анагириса, хотя этот кустарник я встречал в ближайших окрестностях Ларнаки. Пеночки могли посещать цветущие куртины ферулы. Чтобы подтвердить мои предположения, нужны дополнительные наблюдения. Тем не менее, благодаря встрече с «чумазыми» птицами у меня уже появилась новая тема для последующих эскурсий по острову.

## Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

### Предок птиц

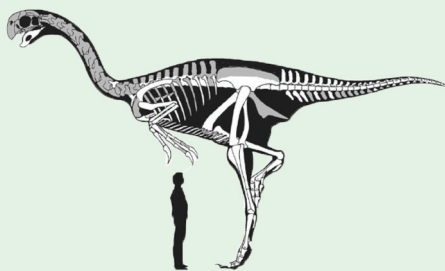
Описанные в 2007 г. палеонтологами кости, раскопанные на севере Китая, являются остатками самого крупного из обнаруженных на сегодняшний день птицеподобных динозавров. Этот динозавр, названный гигантораптором, проживал на территории Китая в поздне меловую эпоху, в период между 89,3 млн и 65,5 млн лет назад. Имел 8 м в длину, 3,5 м в высоту и весил около 1400 кг.



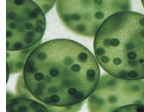
Гигантораптор обладал классическим птичьим клювом, не имевшим зубов, его передние конечности предположительно имели оперение.

Отпечатки перьев не сохранились, но исследователи полагают, что перья у гигантораптора могли быть, особенно на передних конечностях (предположение основано на наличии перьев у родственников и предполагаемых предков гигантораптора и на некоторых косвенных признаках).

Считается, что перья у бегающих теропод изначально развились для тепла и лишь потом были приспособлены для полёта. Крупные перья на передних конечностях,



однако, никогда не служили для теплоизоляции: скорее, они выполняли функции аэродинамического характера.



**Аксёнова Лариса Александровна**  
Кандидат биологических наук.  
Окончила кафедру физиологии растений  
МГУ им. М.В. Ломоносова



## Ройбуш: чай в кустах

В традициях разных народов существуют напитки, которые принято подавать горячими. Щедрая природа наградила жителей всех континентов уникальными растениями, из которых такие напитки готовят. Ройбуш. Что это за растение? Родственник ли он остальным «чаям»? Правда ли, что он не содержит кофеина и очень полезен?

Слово «чай», заимствованное из китайского языка, мы используем скорее лишь для обозначения общих свойств таких напитков – утолять жажду, взбадривать, тонизировать, создавать настроение и объединять людей единой церемонией, чаепитием. Многие «чайные» растения «шагнули» далеко за пределы своих естественных мест произрастания и с успехом культивируются на других континентах. Настоящий китайский чай (*Thea sinensis* L.) выращивают теперь не только в Китае, каркаде (*Hibiscus sabdariffa* L.) – не только в Индии и Таиланде. Кофе (*Coffea arabica* L.), который мы также можем отнести к категории растений для приготовления горячих напитков, родом из Эфиопии, но сейчас его основные плантации сосредоточены в Бразилии. В мире есть, пожалуй, лишь два загадочных «чайных» растения, которые так и не удалось переселить в другие страны. Это матэ (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), чья родина – Парагвай, и ройбуш (*Aspalathus linearis* (Burm. F.) R. Dahlgren) – выходец из Капской области Южной Африки. Про матэ мы

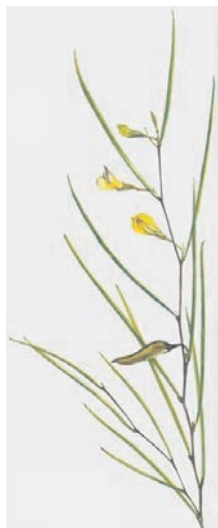
расскажем в следующий раз, а сейчас – про ройбуш.

Ройбуш – кустарник из семейства бобовых (Fabaceae), достигает двух метров в высоту. Его молодые ветви часто имеют красноватый оттенок, за что, очевидно, он и получил свое название: по-английски – *redbush*, по-голландски – *rooibosch*, на языке африкаанс *rooiboos* означает «красный куст». В русском языке наряду с транслитерацией «ройбуш» часто можно услышать и «ройбос». Оба названия правильные, мы же будем в дальнейшем именовать его «ройбуш». Листья ройбуша зелёные, игольчатые; 15 – 60 мм в длину и до 1 мм в ширину. Весной и в начале лета растение украшают жёлтые цветки, типичные для представителей семейства бобовых (вспомните, к примеру, «желтую акацию», карагану, которую часто используют в озеленении городов Средней полосы России). Они одиночные или образуют плотные соцветия на концах ветвей. Плод – небольшой заостренный стручок, в котором, как правило, можно обнаружить одно или два семени, покрытых твёрдой оболочкой.

### Ох, уж эти эндемики!

Латинское название *Aspalathus* происходит от греческого *aspalathos* – «тернистое растение для приготовления душистого масла»; видовой эпитет *linearis* указывает на линейную форму его листьев. Первыми европейцами, попробовавшими напи-

ток из ройбуша, были голландские переселенцы (буры). Первое ботаническое описание растения сделал в 1772 году шведский ботаник Карл Петер Тунберг. В Европе ройбуш получил известность лишь в начале XX века.



«Красный куст» – ройбуш



«Жёлтая акация», карагана древовидная



«Медовый куст» – ханибуш



Дрок красильный



Вряд ли это растение можно назвать капризным, но растёт оно лишь в западной долине горного массива Седерберг, вплотную подступающей к заливу; успешно культивируется лишь на песчаных почвах в долинах рек Олифантс, Брэде, Хекс, впадающих в Индийский океан. Основные требования растения к климату – прохладная зима с достаточным количеством осадков (300 – 350 мм в год) и жаркое сухое лето. Казалось бы, можно такие же условия подыскать и в другом месте на огромной планете, скажем, в Средиземноморье, ан нет, – эндемики, растения с узким ареалом распространения, не спешат приручиться и поведать ботаникам все свои тайны.

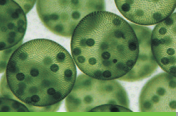
Да и первые плантации ройбуша в Южной Африке появились лишь в 1930-е годы, стараниями поселившегося в тех краях Бенджамина Гинсберга, который перед этим двадцать с лишним лет присматривался к растению, изучал различные способы приготовления напитков и лекарств из него. Он уговорил местного врача Л'Фрас Нортье начать эксперименты по выращиванию ройбуша на ферме, неподалеку от города Кланвильям в Западной Капской провинции. Для начала надо было собрать семена в природе. Крохотные семена высыпались из стручков, как только их вскрывали, и не хотели прорасти без механического воздействия – скарификации (семена некоторых растений нужно процарапать или растереть с песком, чтоб нарушить толстые и твердые наружные покровы, через которые не может поступать внутрь вода, необходимая для прорастания, и росток не может пробиться). Намучавшись, экспериментаторы наняли местных жителей. За каждый спичечный коробок семян, доставляемый сборщиками, они платили по

шиллингу. Усилия Гинсберга и Л'Фрас Нортье в конце концов увенчались успехом. Они создали первую чайную плантацию ройбуша, а цены на семена этого растения в течение десяти лет были самыми высокими в мире – 40 фунтов стерлингов за килограмм. Сейчас сбор и обработка семян не представляют большой сложности. Этот процесс механизирован. В настоящее время в ЮАР общая площадь промышленных плантаций ройбуша такова, что с них удаётся получать ежегодно около 12000 тонн сухой чайной крошки.

Технология выращивания теперь усовершенствована. В февралемарте семена скарифицируют и высевают в парники на глубину 5 – 10 см, а через четыре месяца подросшую рассаду высаживают на плантации. Ройбуш нетребователен к подкормкам и удобрениям, но, вместе с тем, чувствителен к структуре и кислотности почв – предпочитает кислые песчаные. Первый урожай собирают уже через 12 – 18 месяцев после посадки, в дальнейшем – раз в год. Плантацию обновляют раз в пять лет.



Из-за растущей популярности ройбуша многие живописные уголки Южной Африки с подходящим микроклиматом превращают в сельскохозяйодия, а его природным популяциям наносят вред «стихийные сбор-



щики». Это беспокоит защитников природы, поскольку Капская область – уникальнейшее место, один из пяти мировых центров происхождения растений. Отсюда родом многие «шедевры» декоративного цветоводства, например амариллис, кливия, пеларгония (герань). Всего же флористический список Капской области насчитывает более 9 тысяч растений, и большинство из них – эндемики.

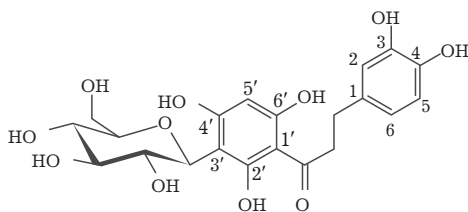
Вместе с тем курьёз, связанный опять-таки с ростом известности ройбуша, вызвал в мире целую череду судебных исков и разбирательств. А произошло вот что. Американская фирма Burke International в 1994 году запатентовала товарный знак «Rooibos» и создала домен <http://rooibosteausa.com/>, приглашая всех желающих «в уди-

вительный мир ройбуша». В то время растение не было столь известным в США, как сейчас. Но когда на рынок стали выходить другие компании, в том числе и южноафриканские, предлагавшие чайный напиток, биологически-активные добавки и косметические средства на основе ройбуша, руководство Burke International потребовало либо переименовать продукт, либо платить деньги за употребление названия растения как за использование товарного знака. Лишь в 2005 году фирмам-производителям удалось победить в этом споре на основании того, что «ройбуш» – это давно вошедшее в обиход название, такое же, как «ромашка» или, скажем, «василёк», и было бы странно его менять.

### **«Симпатичный антиоксидант свернёт шею любому свободному радикалу на ваших условиях»**

Так чем же так полезно это растение, что вызывает такие споры? Готтентоты, коренные племена, населявшие в далёком прошлом район Седербергских гор, знали о целебных свойствах ройбуша и с успехом использовали его в лечении ряда болезней. Сейчас химический состав и фармакологические свойства растения активно изучают во многих странах мира – в Японии, Польше, Германии, Китае, США, Индии. Учёные выяснили, что кофеина в ройбуше нет, танинов – очень мало. Основной пул полезных веществ составляют антиоксиданты, большинство из них флавоноидной природы – это аспалатин, изоориентин, ориентин, рутин и кверцетин. Главная функция антиоксидантов в организме человека – защищать клетки от окислительных повреждений, вызываемых свободны-

ми радикалами. Свободные радикалы «воруют» электроны у «нормальных» молекул, повреждая их. Они образуются не только под воздействием вредных экологических факторов, таких как канцерогенные химические вещества, но и в результате обычных биохимических процессов, протекающих в организме. Так что организм, в общем-то, приучен с ними бороться. Но с возрастом такие повреждения накапливаются, что может приводить к разным проблемам со здоровьем. Антиоксиданты способны «пожертвовать собой» – отдать собственные электроны ради спасения «нормальных» биомолекул. Справедливости ради следует отметить, что в армии «отважных борцов» – не только флавоноиды, но и многие другие вещества, к примеру, витамины С и Е, бета-каротин.



*Аспалатин – новый флавоноид, обнаруженный в ройбуше*

### Секрет успеха

Для сохранения всех ценных свойств ройбуша очень важно правильно собрать, подготовить и высушить растительное сырье. Срезают только молодые веточки, аккуратно связывают их в пучки и быстро доставляют в то место, где проводят дальнейшую обработку: мелко рубят ветки и перетирают листья, разрушая клетки и ткани. При этом высвобождаются ферменты, окисляющие некоторые вещества, из-за чего сырье приобретает иной цвет и запах. Растительную массу слегка «завяливают» и складывают в специальные сосуды для «сбраживания», аналогично тому, как это делают при производстве китайского чая («Потенциал. Химия. Биология. Медицина» 2012, №4). В процессе «сбраживания» (ферментации) развивается характерный красновато-коричневый цвет и слегка сладковатый вкус ройбуша. Когда процесс ферментации завершён, ройбуш досушивают окончательно на

сушильном дворе. «Зелёный» ройбуш проходит те же этапы обработки, что и зелёный китайский чай: сырьё обдают горячим паром без предварительного «завяливания» и сразу сушат, минуя этап ферментации. Так же, как и китайский чай, ройбуш классифицируют по качеству на основании состава того растительного материала (листьев, веточек), из которого он был изготовлен.



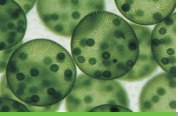
### Лечись, но знай меру

Кроме всего прочего, ройбуш находит применение и в качестве ароматизатора в кулинарии, и для приготовления коктейлей. Его экстракт входит в состав противовоспалительных и омолаживающих косметических средств. Сейчас получают научное подтверждение данные об эффективности использования ройбуша в лечении кожных заболеваний, кишечных колик, аллергии, астмы, неврозоз. В лабора-

торных экспериментах показано, что экстракт обладает гепатопротекторными, противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами. Появляются данные об его антимикробной и антивирусной активности. Особо смелые исследователи заявляют о противораковых свойствах и способности подавлять ВИЧ.

Наиболее активно лекарственные свойства ройбуша изучают, конечно, на родине растения, в Стелленбос-





ском университете в Западной Капской провинции ЮАР в группе профессора Э. Джуберта. Ценность этих исследований в том, что в эксперименте сравнивают различные экстракты ройбуша и китайского чая (*Thea sinensis* L.), а также ханибуша (*honeybush* – в переводе с английского «медовый куст»; его латинское название – *Cyclopia*). Мы не рассказывали об этом растении отдельно, поскольку пока это редкий гость на прилавках наших магазинов. Ханибуш – близкий родственник ройбуша, он также является представителем семейства бобовых. Из двадцати трёх видов, произрастающих исключительно в Капской области, полезными «чайными» свойствами обладают лишь четыре. В отличие от ройбуша, хонебуш встречается только в «диком виде», промышленно выращивать его пока не удаётся. Для заваривания в качестве чая используют цветки растения, обладающие сладковатым вкусом и медовым ароматом. В Европе с ханибушем познакомились недавно, в конце XX века, и его популярность стремительно растёт. Химические соединения полифенольной природы (и в частности, мангиферин), обнаруженные в достаточном, чтоб оказать заметный антиоксидантный эффект, количе-

стве в одном из видов ханибуша (*Cyclopia genistoides* Vent.), делают это растение перспективным кандидатом на роль источника полезных веществ. Учёные в разных лабораториях мира уже пытаются микроклонально размножить растение и ввести в культуру *in vitro*. Вместе с тем, мы не устаём предупреждать наших читателей, что «слишком хорошо – это тоже плохо». Поскольку биохимики начали изучать это растение сравнительно недавно, не следует обольщаться, что мир стоит на пороге открытия новой панацеи от всех болезней. Может оказаться, что наряду с лекарственными свойствами оно проявляет и нежелательные. Поживём – увидим. Видовое название *genistoides* – «дроквидная» – говорит нам о том, что это растение похоже на дрок. Дрок, и в частности, дрок красильный (*Genista tinctoria* L.) – житель Средней полосы России. Это растение, также как и ройбуш, и ханибуш, относят к семейству бобовых. Наблюдается и некоторое внешнее сходство, разве что листья ланцетные, да «росточком» он поскромнее. Вместе с тем дрок – растение ядовитое, содержит алкалоиды и в научной медицине не используется, лишь в гомеопатии. Вот такие чудеса.

## Литература

1. *Bramati L., Aquilano F., Pietta P.* Unfermented rooibos tea: quantitative characterization of flavonoids by HPLC – UV and determination of the total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 2003;51(25):7472 – 7474.
2. *Marnewick J., Joubert E., Joseph S.* et al. Inhibition of tumour promotion in mouse skin by extracts of rooibos (*Aspalathus linearis*) and honeybush (*Cyclopia intermedia*), unique South African herbal teas. *Cancer Lett* 2005; 224(2):193 – 202.
3. *Kokotkiewicz A., Luczkiewicz M., Hering A., Ochocka R., Gorynski K., Bucinski A., Sowinski P.* Micropropagation of *Cyclopia genistoides*, an endemic South African plant of economic importance. *Z Naturforsch C.* 2012 Jan-Feb;67 (1-2):65-76.

# Олимпиады



**Свитанько Зинаида Павловна**

*Переводчик и редактор в журнале «Успехи химии»,  
куратор 10 класса Московской олимпиады по химии.  
Олимпиадой занимается с 1980 года.*

## LXVIII Московская городская олимпиада школьников по химии: задачи для умников

И снова возвращаемся к Московской городской олимпиаде по химии. Предлагаем вам разбор заданий для 10 класса. Отличительный признак 10-классника – знакомство с органической химией, и среди 6 задач комплекта обязательно присутствуют 2 – 3 «органические». Но и о других областях химии не стоит забывать, увлекайтесь органикой! Тематика комплекта разнообразна, в решениях нужно писать много реакций и проводить много расчётов. 10 класс – рай для умников, ещё не замученных подготовкой к ЕГЭ.

### Задания

**10-1.** Какие из перечисленных веществ могут реагировать с газообразным хлором? Если реакция возможна, напишите её уравнение и укажите условия протекания.

а) Fe, б) O<sub>2</sub>, в) CaBr<sub>2</sub>, г) KOH, д) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, е) C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, ж) HF.

**10-2.** При взаимодействии 2,61 г оксида неизвестного металла с избытком бромоводородной кислоты было получено 6,45 г бромида металла и 4,8 г брома. Определите формулу исходного оксида. Ответ подтвердите расчётом. Напишите уравнение реакции.

**10-3.** Один литр газообразной смеси двух непредельных углеводородов при полном гидрировании

может присоединить 1,8 литра водорода. При сгорании одного литра исходной смеси образуется 2,2 литра углекислого газа. Определите качественный и количественный состав смеси. Все объёмы измерены при одинаковых условиях. Рассчитайте плотность исходной смеси по водороду.

**10-4** В трёх одинаковых склянках объёмом 1 литр находятся смеси газов (1 : 1 по объёму) при н. у. Известно, что всего различных газов взято три, и в каждой склянке смесь двух из этих трёх газов. Если опустить тлеющую лучинку в склянку 1, то она погаснет, в склянке 2 загорится, а при попытке опустить лучинку в склянку 3 происходит



взрыв. Определите, какие газы находятся в каждой из склянок, если известно, что при пропускании содержимого склянки 1 или 2 через избыток раствора гидроксида кальция выпадает осадок массой 2,23 г, при этом плотность непоглощённого газа оказывается равной плотности исходной смеси.

**10-5.** Алкин **A** взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадка. При реакции этого алкина с водой в присутствии соли ртути образуется вещество **B**. Окисление вещества **B** перманганатом калия при нагревании приводит к выделению углекислого газа и к образованию смеси пропионовой и уксусной кислот. Изобразите возможную структурную формулу исходного алкина и напишите уравнения упомянутых реакций.

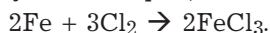
**10-6.** При нагревании 5,52 г неорганического вещества **A** выделяется 0,672 л газа (н. у.) и остаётся твёрдое вещество **B** массой 4,32 г. При пропускании газа через раствор гидроксида калия его объём уменьшается в три раза, а масса раствора

КОН увеличивается на 0,88 г. Полученное вещество **B** не растворяется в обычных кислотах, но растворяется в концентрированной азотной кислоте, при этом образуется соединение **B** и выделяется газ, который полностью поглощается раствором КОН, при этом масса раствора КОН увеличивается на 1,84 г. Вещество **B** в твёрдом виде разлагается при нагревании, давая снова вещество **B**. Определите вещества **A–B** и напишите уравнения всех упомянутых реакций. Ответ подтвердите расчётами.



## Решения

**10-1.** а) Так как хлор является сильным окислителем, то при взаимодействии с железом хлор окисляет его до степени окисления +3 (а не +2, как соляная кислота, где окислителем служит водород):



б)  $\text{Cl}_2 + \text{O}_2$  реакция не идёт.

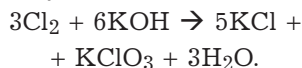
в) Хлор является более сильным окислителем, чем бром, и «вытесняет» бром из его соединений:



г) При пропускании в холодный раствор щёлочи хлор диспропорционирует:



в горячем растворе реакция идёт по-другому:



д) При взаимодействии алканов с хлором на свету идёт реакция радикального замещения:



е) Взаимодействие с бензолом может идти двумя путями. В присутствии катализаторов – кислот Льюиса ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ) – идёт электрофильное замещение:

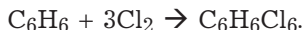


На свету же бензол присоединяет три молекулы хлора, образуя





гексахлорциклогексан (инсектицид гексахлоран):

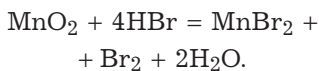


ж)  $Cl_2 + HF$  реакции нет.

**10-2.** Так как выделяется бром, произошла окислительно-восстановительная реакция.

4,8 г брома соответствуют 0,03 моль. Предположим, что формула бромида  $MBr_2$  и его количество тоже 0,03 моль. Тогда его молярная масса  $6,45 : 0,03 = 215$  г/моль, а молярная масса металла  $215 - 160 = 55$  г/моль. Это соответствует марганцу. Тогда исходный оксид должен быть  $MnO_2$ , и его масса должна быть  $(55 + 32) \cdot 0,03 = 2,61$  г, что соответствует условию.

Проверка для других вариантов окисления (например, оксид  $MO_2$ , а бромид  $MBr_3$ , или оксид  $M_2O_3$ , а бромид  $MBr_2$  или  $MBr$ ) не приводит к существующим металлам и соединениям. Таким образом, оксид –  $MnO_2$ .



**10-3.** В смеси, очевидно, присутствует углеводород, 1 моль которого присоединяет 1 моль водорода (с одной двойной связью), и углеводород, 1 моль которого присоединяет 2 моля водорода (с тройной связью или двумя двойными связями).

Пусть 1 литр смеси содержит  $X$  и  $Y$  литров двух углеводородов. Тогда объём водорода, который они присоединяют, составит  $X + 2Y$ . Составим систему уравнений:

$$\begin{aligned} X + Y &= 1; \\ X + 2Y &= 1,8. \end{aligned}$$

Отсюда  $Y = 0,8$  л,  $X = 0,2$  л.

Обработаем данные по сжиганию. Пусть первый углеводород содержит  $n$  атомов  $C$ , тогда при сжигании 1 литра этого углеводорода образу-

ется  $n$  литров  $CO_2$ , а при сжигании 0,2 литра образуется 0,2n литров  $CO_2$ .

Аналогично, при сжигании 0,8 литров второго углеводорода (содержащего  $m$  атомов  $C$ ) получается 0,8m литров  $CO_2$ .

$$0,2n + 0,8m = 2,2.$$

Отсюда  $n + 4m = 11$ , где  $m$  и  $n$  – целые числа.

$m = 1$  не подходит, так как углеводород должен иметь кратную связь.  $m = 3$  и больше тоже не подходит, при этом  $n$  оказывается отрицательным числом.

Таким образом,  $m = 2$ . Тогда  $n = 3$ . Углеводороды – ацетилен и пропен. Плотность смеси по водороду:

$$(0,2 \cdot 42 + 0,8 \cdot 26) / 2 = 14,6.$$

**10-4.** (Автор задачи – Д.М. Ройтерштейн). При пропускании газов через раствор гидроксида кальция поглотилось 0,5 л газа (н. у.), что соответствует 0,023 моль. Осадок в растворе гидроксида кальция, по всей вероятности – карбонат кальция. Тогда его количество 0,023 моль, что подтверждает предположение. Следовательно один из газов –  $CO_2$ .

Оставшиеся два газа должны иметь ту же молярную массу 44 г/моль (так как при поглощении плотность не изменилась). Можно предположить, что это  $N_2O$  и пропан.

Таким образом:

Склянка 1 содержит  $CO_2 + C_3H_8$  (лучина гаснет, так как нет источника кислорода).

Склянка 2 содержит  $CO_2 + N_2O$  (лучина продолжает гореть за счёт  $N_2O$ ).

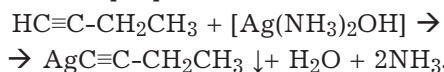
Склянка 3 содержит  $N_2O + C_3H_8$  (происходит взрыв – есть и источник кислорода, и «топливо»).



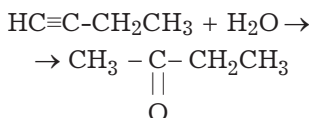
**10-5.** Образование осадка означает, что у алкина есть концевая тройная связь. Реакция с водой приводит к образованию кетона. При окислении кетона разрыв связи происходит с обеих сторон от карбонильной группы с образованием всех возможных продуктов. Приведённая смесь продуктов указывает на метилэтилкетон (бутанон-2).

Вещество **Б** = бутанон-2, вещество **А** = бутин-1.

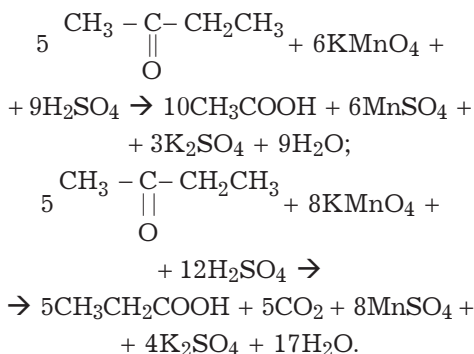
Реакция с аммиачным раствором оксида серебра:



Реакция Кучерова (в присутствии солей ртути  $\text{Hg}^{2+}$ ):



Окисление кетона:



**10-6.** Предположим, что газ, поглощающийся  $\text{KOH}$  – это  $\text{CO}_2$ . Его количество

$$v(\text{CO}_2) = \frac{0,672}{22,4} \cdot \frac{2}{3} = 0,02 \text{ моль.}$$

Проверим по увеличению массы раствора  $\text{KOH}$ :

$$0,88 \text{ г} : 44 \text{ г/моль} = 0,02 \text{ моль,}$$

значит, это действительно  $\text{CO}_2$ .

Масса второго газа

$$m_2 = 5,52 - 4,32 - 0,88 = 0,32 \text{ г.}$$

Его количество:

$$v_2 = \frac{0,672}{22,4} \cdot \frac{1}{3} = 0,01 \text{ моль.}$$

Таким образом, молярная масса этого газа 32 г/моль, и это кислород.

Если исходная соль – карбонат одновалентного металла  $\text{M}_2\text{CO}_3$ , то его молярная масса

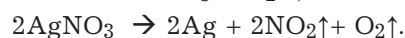
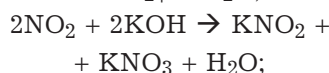
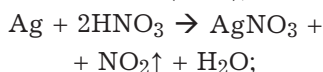
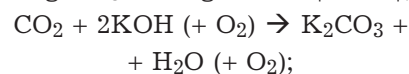
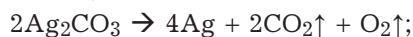
$$M(\text{карб.}) = 5,52 : 0,02 = 276 \text{ г/моль.}$$

Молярная масса металла

$$M = (276 - 44 - 16) : 2 = 108 \text{ г/моль.}$$

Металл – серебро.

Реакции:



4,32 г соответствуют 0,04 моль серебра, а 1,84 г соответствуют 0,04 моль диоксида азота, что подтверждает решение.

Таким образом, вещество **А** – карбонат серебра, вещество **Б** – серебро, вещество **В** – нитрат серебра.





**Перекалин Дмитрий Сергеевич**  
 Старший научный сотрудник ИНЭОС РАН,  
 специалист в области химии органических  
 соединений рутения.

Куратор 11 класса Московской городской олимпиады  
 по химии с 2000 года.



## LXVIII Московская городская олимпиада школьников по химии: задачи для выпускников

В 11 классе школьник идёт на Московскую городскую олимпиаду не просто ради удовольствия или славы. В выпускном классе основная цель – поступление в любимый вуз. Дипломы некоторых олимпиад дают их обладателям 100 баллов по соответствующему ЕГЭ.

Поэтому комплекты заданий для 11-классников всеобъемлющи. Их тематика – и органическая химия, и неорганическая, и физическая, и аналитическая... Комплект, предложенный в этом году, включает и кристаллохимию, и термохимию. Неклассические задания проверяют не только знания олимпиадников, но и умение мыслить.

### Задания

**11-1.** Одной из интереснейших областей современной физики и химии является создание сверхпроводников – материалов с нулевым сопротивлением для электрического тока. В 2001 году была обнаружена сверхпроводимость бинарного соединения магния с бором. Определите брутто-формулу этого вещества, исходя из представленного на рис. 1 повторяющегося фрагмента кристаллической структуры. На рис. 2 для примера показан повторяющийся фрагмент кристаллической структуры CsCl.

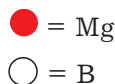
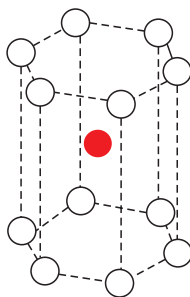


Рис. 1

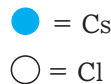
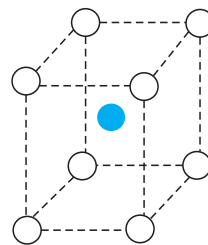


Рис. 2



**11-2.** В 100 г сливочного масла содержится: 1,0 г белков, 72,5 г жиров, 1,4 г углеводов (остальное – вода). Энергетическая ценность 100 г масла составляет 662 ккал. Исходя из этих данных, попробуйте *приблизительно* (с точностью  $\pm 20\%$ ) оценить теплоту сгорания 1 кг бензина. Обоснуйте свой ответ.

**11-3.** Взаимодействие органических веществ **X** ( $M = 26$  г/моль) и **Y** ( $M = 60$  г/моль) в присутствии катализатора даёт вещество **Z** ( $M = 86$  г/моль). Вещество **Z** обесцвечивает бромную воду, но не реагирует с аммиачным раствором оксида серебра. В кислом водном растворе **Z** гидролизуется, причём продукты гидролиза не обесцвечивают бромную воду, но реагируют с аммиачным раствором оксида серебра, давая «серебряное зеркало» и ацетат аммония в качестве единственного органического продукта. Приведите формулы веществ **X**, **Y** и **Z**, а также уравнения упомянутых в задаче реакций. Напишите название популярного клея, получаемого при полимеризации **Z**.

**11-4.** Аккуратное нагревание смеси веществ **A** (белый порошок, 16,7 г) и **B** (серые кристаллы, 25,4 г) даёт смесь трёх продуктов в равном мольном соотношении: **C** (жёлтый порошок, 23,5 г), **D** (бесцветная жидкость, 14,2 г) и **E** (бесцветный газ, 2,24 л при н. у.). Вещество **A** растворимо в воде; при добавлении к полученному раствору водного аммиака образуется осадок, который при дальнейшем добавлении *избытка* водного аммиака растворяется. Вещество **B** нерастворимо в воде; при реакции спиртового раствора **B** с водным аммиаком в осадок выпадают взрывчатые кристаллы. Вещество **C** нерастворимо в воде, однако заметно растворяется в водном аммиаке. Жидкость **D** не смешивается с водой, но взаимодействует с водным аммиаком. Газ **E** слабо растворим в воде, но легко погло-

щается водным аммиаком. Напишите формулы зашифрованных веществ и уравнения реакций, упомянутые в задаче.

**11-5.**  $C_8H_{10} \rightarrow \dots \rightarrow \dots \rightarrow \dots \rightarrow \dots \rightarrow$   
 $CH_3COCH_2CH_2CH(CH_3)CH_2COOCH_3$

Расшифруйте цепочку превращений, расставив приведённые ниже реагенты в *правильном порядке*: (а)  $KMnO_4$ ,  $H_2SO_4$ , нагревание; (б)  $KOH$ , спирт, нагревание; (с)  $CH_3OH$ ,  $H_2SO_4$ , нагревание; (д)  $H_2$ , Pt-катализатор; (е)  $Br_2$  на свету. Приведите структурные формулы всех органических продуктов.

**11-6.** При термическом разложении при  $200^\circ C$  одного грамма неорганической соли происходит выделение 464,5 мл (н. у.) смеси газов и остаётся 0,1566 г белого порошка. Полученный порошок тугоплавок и химически весьма инертен, хотя и реагирует с концентрированными растворами кислот и щелочей. Полученная смесь газов хорошо поддерживает горение, образует взрывчатые смеси с водородом, а при пропускании через водный раствор щёлочи теряет свою слабую желто-зелёную окраску и 22,(2)% своего объёма. Определите состав исходной неорганической соли и напишите уравнение её разложения.







## Решения

**11-1.** Для решения этой задачи необходимо подсчитать, какая часть каждого атома-шарика принадлежит данной кристаллической ячейке. Проведём этот подсчёт сначала на примере CsCl. Атом цезия в центре куба целиком принадлежит кристаллической ячейке. В то же время каждый из восьми атомов хлора в вершинах куба принадлежит данной кристаллической ячейке лишь на  $1/8$ , так как остальные  $7/8$  «шарика» расположены в соседних ячейках (см. рис. 3).

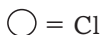
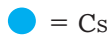
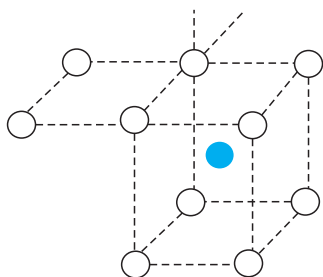


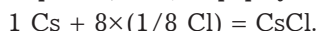
Рис. 3

**11-2.** Бензин представляет собой смесь алканов. Молекулы жира (основного компонента масла) также содержат длинные алкильные цепочки, и лишь небольшую их часть составляют сложноэфирные группы. Поэтому можно считать, что теплота сгорания 1 кг бензина приблизительно равна теплоте сгорания (энергетической ценности) 1 кг жира. Определим это значение:

$$662 \text{ ккал} \times (1000 \text{ г} / 72,5 \text{ г}) = 9131 \text{ ккал.}$$

**11-3.** Приступая к решению задачи, сразу можно отметить, что органическое вещество **X** с такой малой молярной массой  $M =$

Таким образом, общая формула:



Теперь проведем аналогичный расчет для заданного соединения магния с бором. Атом магния в центре шестигранной призмы целиком принадлежит кристаллической ячейке. В то же время каждый из двенадцати атомов бора в вершинах призмы принадлежит данной кристаллической ячейке лишь на  $1/6$  (см. рис 4). Таким образом, общая формула:

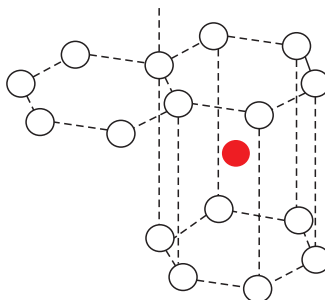
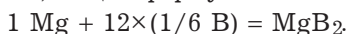
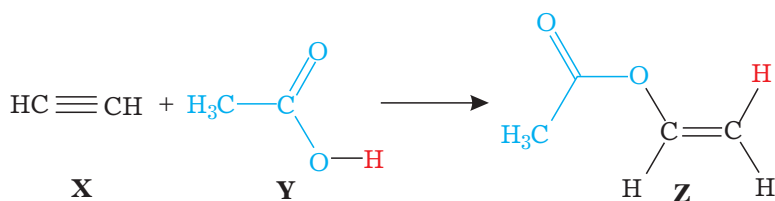


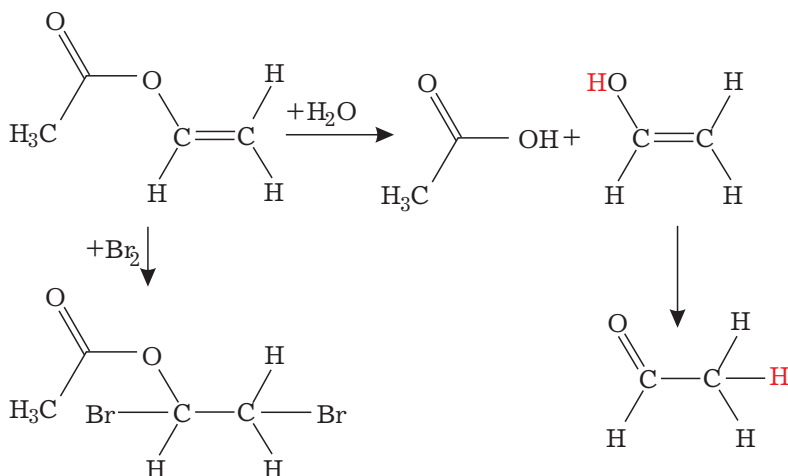
Рис. 4

$= 26 \text{ г/моль}$  существует только одно – это ацетилен. Теперь обратим внимание на то, что при реакции продуктов гидролиза **Z** с аммиачным раствором оксида серебра образуется только ацетат аммония. Следовательно, продукты гидролиза **Z** могли быть только уксусным альдегидом, уксусной кислотой или их смесью. Исходя из этого, можно предположить, что вещество **Y** с молярной массой  $M = 60 \text{ г/моль}$  – это и есть уксусная кислота. Она может реагировать с ацетиленом, давая продукт присоединения **Z** (по аналогии с реакцией ацетилена с водой или спиртом):



Гидролиз винилацетата **Z** даёт уксусную кислоту и енол, который

быстро превращается в уксусный альдегид:



Популярный клей, получаемый при полимеризации **Z**, называется поливинилацетат, сокращённо – ПВА.

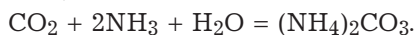
**11-4.** Сначала по закону сохранения массы рассчитаем массу газа **E**:

$$16,7 + 25,4 - 23,5 - 14,2 = 4,4 \text{ г};$$

следовательно, молярная масса **E**:

$$4,4 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 44 \text{ г/моль}.$$

Простейший газ, обладающий такой молярной массой, это  $\text{CO}_2$ . В соответствии с условием задачи  $\text{CO}_2$  слабо растворим в воде, но легко поглощается водным аммиаком:

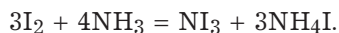


Далее, вычислим молярную массу серых кристаллов **B**:

$$n \times 25,4 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = n \times 254 \text{ г/моль},$$

где  $n$  – стехиометрическое соотношение между **B** и **E** в реакции.

В простейшем случае  $n = 1$  масса **B** соответствует  $\text{I}_2$ , который нерастворим в воде, а при реакции в спиртовом растворе с водным аммиаком даёт осадок взрывчатых кристаллов  $\text{NI}_3$  (точнее,  $\text{NI}_3 \cdot \text{NH}_3$ ):



Аналогичным образом рассчитаем молярные массы веществ **A**, **C** и **D**:

$$M(\text{A}) = n16,7 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = n167 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{C}) = 23,5 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 235 \text{ г/моль};$$

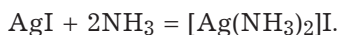
$$M(\text{D}) = 14,2 \text{ г} / (2,24 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 142 \text{ г/моль}.$$

Поскольку **E** не содержит атомы иода, то вещества **C** или **D** должны их содержать. Попробуем вычесть молярную массу иода из молярной массы **C**:

$$235 - 127 = 108 \text{ г/моль},$$



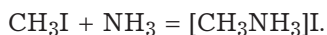
что соответствует массе атома серебра. Таким образом, разумно предположить, что **C** – это  $\text{AgI}$  – жёлтый порошок, нерастворимый в воде, однако заметно растворимый в водном аммиаке:



Теперь попробуем вычесть молярную массу иода из молярной массы **D**:

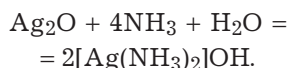
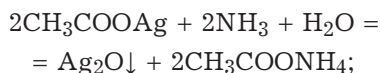
$$142 - 127 = 15 \text{ г/моль},$$

что соответствует массе группы  $\text{CH}_3$ . Таким образом, разумно предположить, что **D** – это  $\text{CH}_3\text{I}$  – бесцветная жидкость, которая не смешивается с водой, но взаимодействует с водным аммиаком:

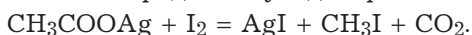


По закону сохранения материи, оставшееся неразгаданным вещество **A** имеет состав  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Ag}$ , т. е.

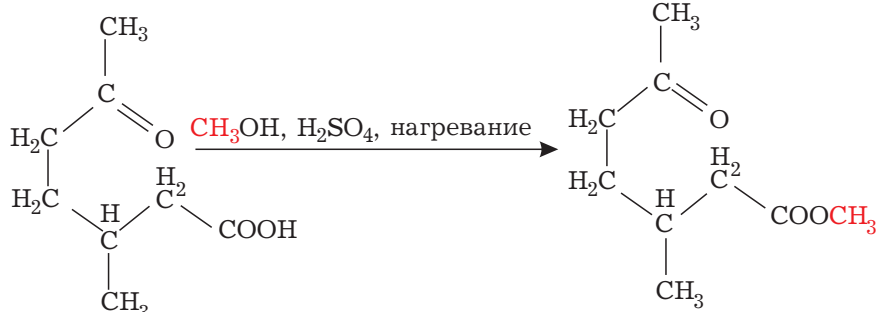
$\text{CH}_3\text{COOAg}$  – растворимое в воде вещество. При добавлении к его раствору водного аммиака образуется осадок, который при дальнейшем добавлении *избытка* водного аммиака растворяется:



Реакция, описанная в задаче, носит имя Бородина-Хундикера:

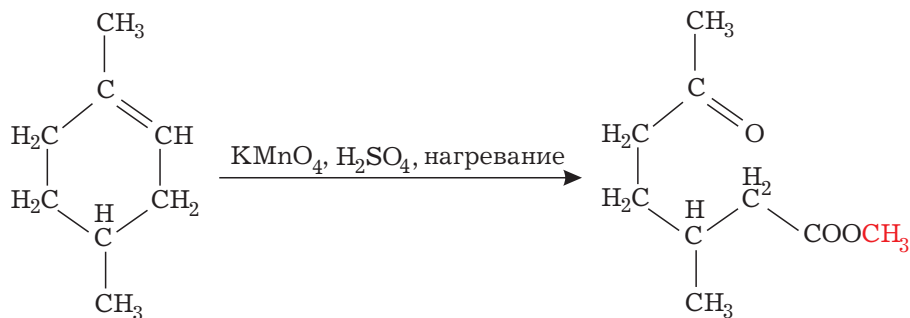


**11-5.** Начнем решать задачу с конца. По-видимому, последней реакцией, приведшей к образованию продукта, сложного эфира  $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{COOCH}_3$ , была этерификация метиловым спиртом – (с)  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , нагревание:



Далее зададимся вопросом, какой из предложенных реагентов мог привести к образованию требуемой кислоты? Только (а)  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , нагревание. Следовательно,

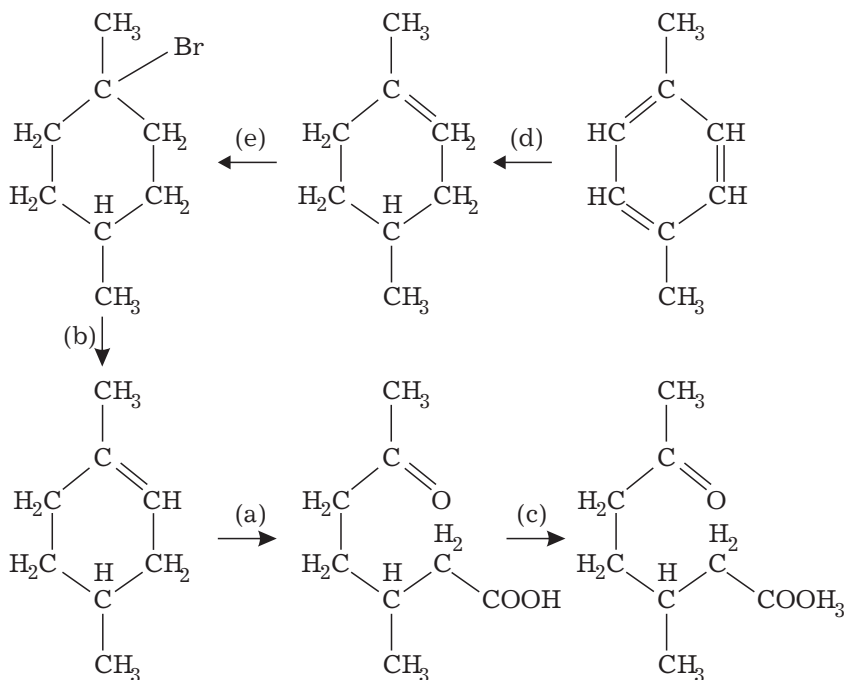
произошло окисление с одновременным образованием карбонильной и карбоксильной групп. Это возможно, при окислении циклического алкена:





Оставшуюся часть цепочки продолжим решать в обратном порядке и методом исключения (например,

образование алкена возможно только при действии (b) KOH, спирт, нагревание; и т. д.) получаем:



**11-6.** Из распространённых газов только  $\text{Cl}_2$  имеет жёлто-зелёную окраску. Вторым газом в смеси, вероятно, является кислород, который поддерживает горение, образует взрывчатые смеси с водородом. Это предположение можно проверить расчётом: средняя молярная масса газовой смеси составляет

$$(1,000 \text{ г} - 0,1566 \text{ г}) / (0,4645 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль}) = 40,67 \text{ г/моль.}$$

Поскольку хлор составляет 22,2% смеси, молярная масса второго газа:

$$40,67 \text{ г/моль} \times (100 - 22,2) / 100 = 31,7 \text{ г/моль,}$$

что при округлении до целых даёт молярную массу  $\text{O}_2$ .

Неорганическое вещество, при разложении которого образуется смесь кислорода и хлора, – это, вероятно, перхлорат металла. Сам металл при разложении соли остаётся

О, ПИЩУТ –  
ВЗРЫВАЮТ!



в виде оксида, который, по-видимому, обладает амфотерными свойствами, так как реагирует с концентрированными растворами кислот и щелочей. Предположим, что это перхлорат алюминия





$\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ , и проверим это расчётом. Определим, какая масса  $\text{Al}_2\text{O}_3$  получается при разложении одного грамма  $\text{Al}(\text{ClO}_4)_3$ :

$$(1,000 \text{ г} / 325 \text{ г/моль}) \times \\ \times 102 \text{ г/моль} / 2 = 0,1569 \text{ г},$$

что соответствует условию задачи. Молярную массу металла можно получить и без предположения, строгим расчётом, однако в данном случае это не требуется. Таким образом, ответ:



## Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Реальные ответы детей на следующую задачу:

Некий предприниматель из Мурманска закупил в августе в Сочи партию бензина А-92. Состав с цистернами дошёл в Мурманск по железной дороге к ноябрю. К ужасу предпринимателя, машины, заправленные этим бензином, не заводились. В чём была ошибка предпринимателя? Почему не заводились машины?

Бензин замёрз в двигателе. [ $T_{\text{пл}}$  изооктана =  $-107,4 \text{ }^\circ\text{C}$ .]

Ему добавили в бензин тетраэтилсвинец. Т. к. вещество это неустойчиво, оно легко распадается, поэтому машины не заводились.

Бензин при уменьшении температуры теряет свои некоторые свойства и может не взрываться при обычных условиях.

Бензин нагрелся под солнцем, в результате чего некоторые вещества прореагировали, и октановое число бензина уменьшилось.

При нагревании и долгом последующем охлаждении бензина в течение нескольких месяцев возможно объединение мелких молекул из состава бензина в длинные цепи углеводородов (типа керосина).

На морозе формула бензина изменяется, поэтому в него необходимо добавлять антифриз, замедляющий реакцию.

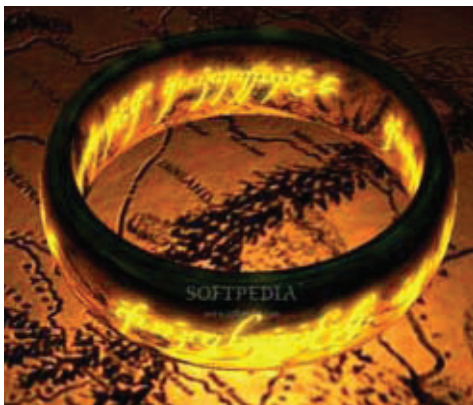


## Властелин колец

Новый вызов вашей фантазии и знаниям – задача с отборочного тура Всероссийской интернет-олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в Будущее!».

В предыдущих номерах журнала мы публиковали интересные задачи с «наноолимпиады» 2012 года. Продолжаем традицию и в этот раз выносим на рассмотрение читателя задачу, которая предлагалась учащимся 9 – 11 классов. Всякий ли научный сотрудник её решит? Только тот, кто мыслит творчески и междисциплинарно; отсюда и название таких задач – междисциплинарно-творческие.

### Задача



Гном Кобдик, уже успевший прославиться созданием замечательных нанотехнологических объектов, но ещё недостаточно маститый для того, чтобы его величали со всеми возможными регалиями, получил заказ на изготовление светящихся колец для ежегодного праздника гномов.

Со всей возможной неторопливостью и важностью он прошёл в дедовскую лабораторию, чтобы приступить к работе. Как обычно, пробежав по стене лаборатории в поисках вдохновения, Кобдик засел за изучение гномьих фолиантов с забытыми рецептами и вскоре смог скомбинировать некоторые из них.

Для светящегося материала он решил взять яркие и не тускнеющие со временем *jutuug* (слово с устаревшего гномьего, адекватного перевода не найдено, в Интернете отсутствует). Для их создания нужно было собрать отходы получения и очистки меди и прокалить их в токе кислорода, затем растворить в воде и продуть сернистый газ. При этом получалось ярко-красное вещество *ghuutr*, которое надлежало отфильтровать и высушить, а после осторожно сплавить с магнием, чтобы получить *fookrt*. Далее надо было собрать отходы от получения цинка, растворить их в серной кислоте, удалить медь и осадить металл *scroonk* действием цинка. *Scroonk* снова растворить в серной кислоте, перекристаллизовать сульфат, снова приготовить разбавленный раствор и добавить поливинилпирролидон (ПВП).

В полученный раствор медленно и при интенсивном перемешивании пропускать ядовитый дурно пахнущий газ, выделяющийся при реакции *fookrt* с разбавленной соляной кислотой. При удачном проведении процесса раствор приобретал интен-



сивную окраску различных цветов и возможность ярко светиться на солнечном свете. Если же процесс проходил неудачно, то выпадал тёмно-красный осадок.

Кобдик догадался, что *jutuug* состоит из двух элементов и довольно быстро смог установить его состав. Достав необходимые для синтеза вещества, он получил ярко светящиеся растворы. Далее Кобдик смешал растворы и добавил в них коллоидный раствор монодисперсных частиц полистирола диаметром 100 нм. Полученную мутную светящуюся жидкость он вылил на стекло слоем толщиной ровно в 110 нм и дал ей возможность медленно высохнуть. Затем

Кобдик приложил к стеклянной пластинке полоску липкой ленты и удалил все полистирольные шарики. В результате он получил много ярких светящихся колечек, которые раздал всем гномам.

1. Что такое *jutuug*, *ghuutr*, *fookrt* и *scroonk*? (3 балла)

2. Напишите уравнения реакций, описанных в манускрипте. (2 балла)

3. Из чего состоят колечки, полученные Кобдиком? (1 балл) Устойчивы ли они к действию воды? (2 балла)

4. Почему при высыхании раствора сформировались колечки? (3 балла) Какова роль полистирольных частиц? (2 балла) Предложите свою версию.

Автор задачи – *Набиуллин Александр Ринатович (Беларусь)*,  
<http://www.nanometer.ru/users/Nabiullin.html>.

## Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Спорят химик, физик и информатик, какое самое великое изобретение.

Химик:

– Таблица Менделеева.

Физик:

– Теория относительности.

Информатик:

– Термос.

Химик и физик:

– Как это??

– Ну смотрите: наливаем холодную воду, выливаем – опять холодная. Так?

– Да. Ну и...?

– Наливаем горячую, выливаем – опять горячая. Так?

– Ну?

– А откуда ж он знает?



## Задачи о Дюне (решения)

В нашем журнале №9 за 2012 г. мы опубликовали две междисциплинарно-творческие задачи со Всероссийской интернет-олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в Будущее!». Настало время раскрыть тайну высоких технологий мира Дюны. А может быть, кто-то из читателей уже открыл её самостоятельно?

### Планета Арракис и Фримены

Изобретением фрименов, позволявшим им выжить в раскалённой пустыне, был дистикомб: специальная одежда, улавливающая всю воду, выделяемую телом. Газонепроницаемая поверхность дистикомба покрыта фотоэлементами, преобразующими свет в электроэнергию, запасаемую в батареях. Пяточные насосы при ходьбе гонят поток воздуха вдоль тела, а затем через блок цеолитов для поглощения влаги. Выдыхаемый воздух также проходит через цеолиты. Ночью запасённая за день энергия раскаляет спирали, проложенные в блоках цеолитов, а собранная вода поступает во вшитую фляжку, из которой её можно пить через специальную трубочку.

1. Опишите все потенциальные достижения нанотехнологии, применённые в этом костюме.

Фотоэлементы, цеолитные поглотители, высокоёмкие батареи малой массы и другие варианты.

2. Поясните, почему в таком костюме возможно выживание в пустыне и какова роль каждого элемента костюма.

Комплекс фотоэлементы + батареи запасает энергию, необходимую для регенерации цеолитов. Цеолиты

поглощают пары воды и препятствуют её потере. Так как поверхность костюма газонепроницаема, то потерь воды нет. В условиях отсутствия испарения пота очень быстро наступает перегрев. Поэтому для испарения необходима принудительная вентиляция, обеспечиваемая насосами.



3. Почему выделение воды производилось ночью?

В пустыне климат резко континентальный. То есть ночью там холодно. Холод необходим для конденсации паров воды, выделяющихся при нагревании цеолитов. Попытка выделить воду днём вызвала бы необходимость создания холодильной машины и перерасход энергии, в результате чего запаса энергии могло бы не хватить.





Тёмно-серая, никогда не загорающая кожа тлейлаксу была непроницаема для дистанционных зондов и сканеров. Рентгеновские снимки были неизменно мутными, даже кости на них были практически неразличимы. Методы МРТ тоже терпели фиаско.

Маленький рост и хрупкое телосложение делали их обманчиво уязвимыми. Однако это было не так. Тлейлаксу никогда не болели, обладали устойчивостью ко многим ядам, легко могли задерживать дыхание на несколько минут. С развитыми технологиями регенерации они были почти бессмертными. Непроницаемая кожа позволяла замаскировать вшитое в тело оружие, которым они виртуозно пользовались. Хотя ядерное оружие давно было уничтожено, тлейлаксу обладали способностью выдерживать радиацию.

Безусловно, они хорошо поработали над собственным генетическим кодом. Хотя ряд биологических механизмов так и остаётся их тайной, тем не менее, многие из их достижений могут быть поняты.

1. Опишите причины, по которым кожа тлейлаксу может быть непроницаема для любых оптических методов исследования.

Тёмно-серый цвет кожи характерен для аргиири – отложения металлического серебра. Наночастицы металлов обладают большим коэффициентом поглощения (хорошо поглощают падающее на них излучение). Если они имеют достаточно широкий разброс по размерам и морфологии, то они могут поглотить

большую часть оптического спектра излучения, даже шире – от ультрафиолета до инфракрасного излучения



2. На каком принципе работает МРТ? Что может помешать МРТ-исследованию?

МРТ (магнитно-резонансная томография) основана на измерении электромагнитного отклика ядер с нечётным спином (чаще всего водорода) на возбуждение их определённой комбинацией электромагнитных волн в сильном магнитном поле. При взаимодействии резонансно поглощается энергия и «наблюдается сигнал». Принципиально возможны два варианта: 1) фиксированное поле и переменная частота, 2) фиксированная частота и переменное поле.

Суперпарамагнитные частицы в тканевой жидкости полностью блокируют МРТ.

Есть бактерии, накапливающие наночастицы магнетита. Фрагмент их генома, ответственный за формирование подобных частиц, мог быть внедрён в гены тлейлаксу. Возможны другие варианты.

3. На каком принципе работает «рентген»? Что может



*блокировать распространение рентгеновских лучей и тем самым испортить снимок? Какие препараты / вещества подобного типа используются сейчас и для чего?*



Рентгеновский анализ работает на принципе поглощения излучения атомами с большим номером (имеющими объёмные электронные оболочки вокруг ядра). Лёгкие атомы (например, углерод, водород, азот, кислород) слабо поглощают излучение и потому практически «прозрачны». Более тяжёлые атомы, такие как кальций, сильнее поглощают рентгеновское излучение. Поэтому на рентгеновских снимках виден в основном скелет, содержащий эти атомы. Блокировать распространение рентгеновских лучей у тлейлаксу и размыть снимок может серебро, коллоидные соединения железа.

Сейчас для подобных целей используются соединения иода. Их вводят в сосуд, питающий кровью орган, снимок которого хотят сделать. Иод поглощает рентгеновское излучение, и снимок проявляется в виде контрастной сетки сосудов, оплетающей орган. Другой способ – баритовая кашка (суспензия сульфата бария), которая проглатывается и позволяет сделать снимки желудочно-кишечного тракта.

*4. Какие механизмы могут обеспечивать иммунитет тлейлаксу, устойчивость к радиации, возможность длительной задержки дыхания?*

Коллоидное серебро обладает мощным бактерицидным действием и способно нейтрализовать многие бактерии и грибки. Серебро значительно менее эффективно против вирусов, однако в количествах, в которых оно (по-видимому) скапливается в теле тлейлаксу, оно тоже может помочь.

Устойчивость к радиации обеспечивается всё тем же серебром, большая электронная оболочка которого позволяет достаточно эффективно поглощать наиболее проникающие типы излучения.

Возможность длительной задержки дыхания можно объяснить исключительно высоким содержанием гемоглобина или иного связывающего кислород белка (следствие этого – очень высокое содержание железа в организме, см. ответ к п. 3).

Разумеется, возможны и другие варианты ответа.

*Автор задач – Набиуллин Александр Ринатович (Беларусь),  
<http://www.nanometer.ru/users/nabiullin.html>*

**Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор**

### **Новые химические пословицы**

Не всё то спирт, что веселит.

В два раза больше эфира – в четыре раза больше спирта!

Лучше радий в свинце, чем радий в руке.



# Турнир юных биологов (ТЮБ)



Мечта – двигатель очень многих людских начинаний. 6 – 7 октября 18 команд из самых активных старшеклассников школ Москвы и Подмосквья собрались на биологическом факультете МГУ на необычное действо – IV Московский турнир юных биологов. Ребята выступали в роли «научных мечтателей», и каждый чувствовал себя немножко Демиургом, ведь нужно было придумать решения для совершенно необычных задач. Вот только некоторые из них. Допустим, что самые опасные болезни современности побеждены, что дальше? Как «создать» универсальный плод, который был бы привлекателен для всех животных сразу – от человека до муравья? Что случилось бы, если бы у растений была нервная система? А почему она всё-таки не возникла? Представьте, что вы открыли на просторах Вселенной жизнь и даже увидели животных, почти таких же, как на Земле. Как догадаться, разумны ли они?



Рис. 1. Для участия в Московском турнире юных биологов прислали заявки 18 команд

Конечно, современная наука и сама не очень знает точные ответы на многие из этих вопросов, но почему бы не пометать? Темы для обсуждения в турнире ребята получили заранее и приехали с готовыми вариантами решения. Каждый был готов отстаивать свою точку зрения, а компетентное жюри из научных сотрудников, преподавателей и студентов оценивало научность, умение



докладывать, выслушивать чужие аргументы и выдвигать свои. Кроме того, хотелось оригинально и ёмко назвать команду. Тут был полный креатив со стороны школьников. Приехали «Мухозоа», «Инвестигаторес», «Физматики-I» и «Физматики-II», «Метастрызы» (именно через букву «р»), «Галлюцигения», «Ин витро» и многие другие. Успех был разный, но веселья хватило всем – и школьникам, и жюри, и организаторам.



Рис. 2. Некоторые команды пришли в одинаковой «униформе»

### Совсем немножко истории

Идея проводить турниры по биологии среди команд школьников имеет некоторую предысторию. Давным-давно, в середине 1960-х годов учитель математики школы №30 тогдашнего г. Ленинграда (ныне – Санкт-Петербурга) Иосиф Яковлевич Веребейчик придумал необычную форму состязания между школьниками – «математический бой». В бою участвуют две команды, которым предлагают решить математические задачи. Время для решения ограничено! Как только какая-нибудь из команд решит задачу, она может «вызвать на бой» другую команду. «Вызов принят!» – и тогда одна команда выставляет докладчика, а вторая – оппонента. Затем идут ответы на вопросы жюри. Всего за одну задачу можно дать не более 12 баллов, которые делятся между командами (и жюри).

Математических боёв в нашей стране проводят довольно много. Так, с осени 1997 года в память о великом математике и замечательном педагоге Андрее Николаевиче Колмогорове ежегодно проводятся математические турниры для старшеклассников.

И вот сравнительно недавно в Кировском центре дополнительного образования одарённых школьников

возникла идея – раз есть бои математические, то почему бы не быть боям биологическим? Только вот как играть? В биологии задачи со строгим решением распространены мало. Что, давать задачи по генетике, и какая команда «на время» рассчитает расщепление, та и выиграла?

Поэтому правила нужно было изменить. Задачи для турнира подбирают так, чтобы любое предложенное решение могло бы вызвать дискуссию. В принципе задачу на турнир может прислать любой человек. Дальше эти задачи собираются в общий список, и методическая комиссия ТЮБ рассылает их членам жюри для составления рейтинга. В «игру» попадают только те задачи, которые «набрали» максимальный рейтинг.

Далее задачи размещают на сайте ТЮБ задолго до «основных боёв», чтобы все команды были в равных условиях подготовки. Как правило, задачи к очередному турниру появляются весной на сайте <http://www.bioturnir.ru>.

Тренироваться перед турниром можно как угодно: искать необходимую информацию в Интернете, привлекать учителей, получать консультации у специалиста.





*Рис. 3. На турнир пришли тренеры поддержать и «поболеть» за своих ребят. Во время боя тренер не имеет права подходить к командам. Слева – канд. биол. наук А.А. Добровичев («Интеллектуал»), справа – А.Н. Квашенко (гимназия №1543)*

Первый городской турнир прошёл в Кирове в январе 2007 г., а дальше турнирное движение стало неуклонно расширять свою географию. Школьники из Кирова поступали на биологический факультет МГУ, и сейчас там довольно много «земляков» и бывших участников

### Как проходит турнир

В начале турнира школьников ждало первое испытание – жеребьёвка команд. На экране появлялись вопросы, фотографии-загадки, на которых нужно было опознать живой объект в самых необычных ракурсах, фрагментах и увеличениях. Например, по одной сфотографированной конечности, ротовому аппарату или крыльям нужно было опознать отряд, к которому принадлежит насекомое. Часто на ТЮБ для жеребьёвки используют анимационные фильмы о молекулярных и внутриклеточных процессах. «Исторические» ролики, которые были использованы в жеребьёвках прежних лет, можно посмотреть на сайте <http://www.youtube.com/user/bioturnir>.

Пока подводили итоги жеребьёвки, жюри принимало решение, кто с кем из команд играет в первом бою, были и показательные выступления.

турнира. При поддержке сотрудников факультета в 2009 г. состоялся первый («пробный») турнир юных биологов в Москве. Начинание понравилось, и теперь ТЮБ регулярно проводят осенью в рамках Фестиваля науки.

В организации Московского ТЮБ активно участвовали студенты – прежние победители олимпиад по биологии, участники команд турнира, просто сочувствующие, которых на турнир пригласили друзья. Работы хватило всем: ведь нужно было участвовать в оценке боёв, вести протокол и подсчитывать баллы, встречать команды, искать потерявшихся школьников, разносить печатные материалы, проекторы и ноутбуки по аудиториям.

Сейчас турниры юных биологов также проводят в Новосибирске, Санкт-Петербурге, а Всероссийский этап в этом году принимает столица Татарстана – Казань.



*Рис. 4. Организаторы Московского турнира юных биологов в Большой биологической аудитории. Слева – канд. биол. наук В.В. Асеев, в центре – координатор турнира канд. биол. наук Д.В. Пулов, справа – студент IV курса биологического факультета МГУ Агапов Алексей*

Темой была известная присказка о том, что «быстро поднятое упавшим не считается». Студенты разыграли



выступление, где показали, что риск заразить упавший продукт микробами зависит от времени лежания на грязной поверхности, высоты падения, числа микроорганизмов, влажности пола, того, намазан ли объект маслом и какой стороной он упал и т. д. Всё было облечено в форму краткого научного доклада с последующим выступлением оппонента и подробным разбором каждой высказанной идеи.



Рис. 5. «Ой, что это?»

По мнению организаторов, главная задача турнира – охватить всех желающих. Поэтому те команды, которые пришли в первый раз и пока ещё не имеют опыта, играли друг с другом в лиге юниоров. Но и традиционно сильные команды, которые выставляют гимназии со специализированными биоклассами, нашли достойных соперников в старшей лиге «сеньоров».

Основное действие – три боя, в каждом из которых соперники менялись, – прошло в разных аудиториях биологического факультета. В каждой аудитории был свой ведущий, который следил за регламентом, соблюдением правил турнира и задавал общий тон ведения дискуссии. Школьники учились обращаться друг к другу на «Вы», благодарили «уважаемого Оппонента» за замечания или «уважаемого Докладчика» за хорошо сделанный доклад (не говоря уже о «многоуважаемом

Жюри»). Можно сказать, что ребята прикоснулись к университетской атмосфере и учились манере ведения научной полемики.

Перед «схваткой» – конкурс капитанов. Капитаны команд выходят к доске. Ведущему по мобильному телефону сообщают, в каком вопросе ребята должны проявить эрудицию. Например, по очереди нужно перечислить названия аминокислот, костей человека, представителей отряда Хищные, типы клеток в организме или что-нибудь ещё. Капитан может один раз пропустить «ход» и один раз ошибиться, после чего соревнование продолжается между оставшимися капитанами. Победившая команда получает привилегию выбрать самую подходящую стратегию игры: или сначала самим сделать доклад, или вызвать кого-то на бой и оппонировать, или посмотреть на бой двух других команд «со стороны» в роли рецензента.

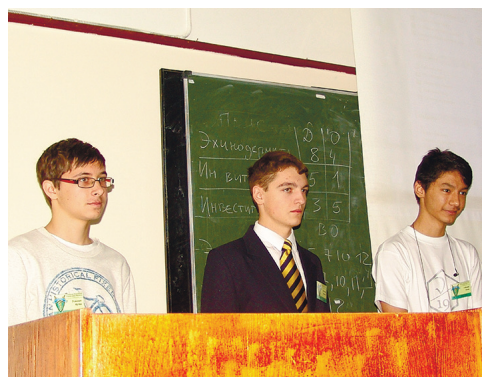


Рис. 6. Конкурс капитанов перед боем

Доклад (как правило – презентацией) идёт 7 минут, оппонирование – 5 минут, а рецензент за 3 минуты должен «подвести итог» выступлениям двух предыдущих команд. Кроме того, есть некоторое время на дискуссию оппонента с докладчиком и общую дискуссию в конце. Команды могут поддержать своего высту-



пающего, задав меткий вопрос участникам из других команд у доски. Очень приветствуются уточняющие вопросы: если что-то из речи выступающего показалось непонятным.



Рис. 7. Команда помогает своему товарищу

Дальше в процесс «вмешивается» жюри: задаёт вопросы всем участникам действия, комментирует действия команд, обсуждает научную часть проблемы. Затем, как и положено на всяких «взрослых» защитах, выступающим предоставляют заключительное слово.

Оценка за каждый бой рассчитывается довольно сложно. Команде-докладчику выставляют три оценки: за содержание доклада, умение докладывать и за то, как докладчик держался в полемике. Оппонент получает две оценки: за умение анализировать и за ведение дискуссии, а команда-рецензент «награждается» единственной оценкой.

Участник жюри, если он поставил самую высокую или самую низкую оценку, должен пояснить своё мнение всем участникам боя.



Рис. 8. Жюри за работой

## Курьёзы с глюкозой

Защищая своё мнение, школьники проявляли находчивость и остроумие. Так, в одном из боёв докладчика спросили: «Как иначе, кроме фотосинтеза, можно использовать свет для целей метаболизма?». Он не растерялся и ответил: «Свет падает на пищу, потом его видит глаз. Идешь и ешь. В этом примере свет служит для пользы метаболизма!».

Фантазию в турнире школьники проявляли бурно. Но вот научность иногда «хромала» на обе ноги. Жюри выслушало трагическую историю о том, что инсулин переваривает глюкозу, а при диабете он не может этого сделать, поэтому глюкоза оседает на стенках сосудов и в мозге. Пришлось долго убеждать школьни-

ка, что глюкоза не может выпасть в осадок в условиях организма, а инсулин прямо не взаимодействует с глюкозой.



Рис. 9. Последний бой – он трудный самый!





Не все команды показали хорошие знания генетики и законов Менделя. В одной из задач ребята просили оценить, повлияет ли такое-то явление на соотношение полов в популяции. Систему наследования пола у разных животных, а также X- и Y-хромосомы при этом почему-то совсем не обсуждали...

Общее физическое образование также несколько хромало (что, впро-

чем, традиционно для биологов). На вопрос жюри «Можно ли количественно оценить энергию кванта света?» две команды из трёх не смогли толком ответить, и лишь в третьей нашёлся молодой человек, который выдал: «Кажется, была какая-то формула из трёх величин. Вроде бы одна из них – постоянная Планка». Но куда поставить длину волны в формуле – никак не мог догадаться.

## Итоги

Как бы то ни было, в заключение можно сказать, что с каждым новым выступлением ребята «играли» всё лучше и лучше, учитывая вопросы и замечания жюри и оппонентов. Участники узнали много нового и интересного.

По итогам проведённых боёв первое место в лиге «Сеньоров» досталось команде «Интеллектуал» (из школы с одноимённым названием), на втором оказалась команда гимназии №1543, а третье место поделили между собой «Ученики» (из гимназии №514), «Ёжики» (Центр образования №218), «Е-999» (из школы №179) и «Галлюцигения» (сборная

из школ №218 и №1474). Первую строку лиги «Юниоров» заняли «Физматики-I» (лицей №1568). Второе место поделили «Метастразы» (школа №171) и команда школы №199. На призовом третьем месте оказались «Физматики-II» (лицей №1568) и команда «Логос» (из одноимённой гимназии). Награждение победителей состоялось на открытии VII Фестиваля науки на биологическом факультете МГУ.

Поздравляем всех участников!

Часть фотографий любезно предоставлена студентом I курса Дмитрием Лукьяновым, в прошлом – участником ТЮБ в Новосибирске.



Рис. 10. Объявление итогов

*Доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова В.В. Чуб.*



## Исследовательская деятельность

**Сигеев Александр Сергеевич**

*Кандидат химических наук, старший научный сотрудник химического факультета МГУ, старший научный сотрудник ИНЭОС РАН.*



**Сигеев Ярослав Александрович**

*Учащийся 10 класса СУНЦ МГУ.*

# Изучение зависимости рН переходов от электронных свойств заместителей diaзосоединений

Наши постоянные читатели, наверное, уже заметили, что теме цвета и красителей посвящено немало страниц нашего журнала. Не отступая от традиции, предлагаем вам в этом номере материал об органических соединениях, меняющих цвет в зависимости от среды – индикаторах. Это не просто статья, это – фактически отчёт об исследовательской работе, проделанной школьниками. Чтобы получать новые вещества и делать открытия, необязательно быть учёными...

Цветные пробирки стоят на столе.  
Получать красители удаётся мне.  
Мой халат – зелёный.  
Перчатки – рыжий цвет.  
Этой маски пестрее в мире нет.  
Сегодня я покрашу свой халат.  
Весь химфак мне будет рад.  
*Из неизданных стихов Ворохова.*

Одежда может быть почти любого цвета, колбаса в магазине всегда розовая, легковые машины могут быть самых разных цветов – это все разные красители.

Представьте, что ваша кепка огненно-рыжего цвета вдруг покраснела под дождём. Такого не бывает? Если вы покрасите кепку метиловым оранжевым, то такое возможно.



Или окунулись вы в бассейн. На вас была купальная шапочка голубого цвета. И вдруг раз... Она красная. Такой результат будет, если вы свою шапочку покрасили конго красным.

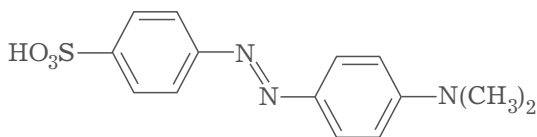
Или ваш младший брат нарисовал картинку. На ней есть рыцарь в голубых доспехах. И вдруг вы облили рисунок водой. На рыцаре алые доспехи. Это тоже конго красный.

В мире существуют соединения, которые могут менять цвет в зави-

симости от кислотности среды. Это красиво, интересно и для химии полезно. Такие вещества называют кислотно-основными индикаторами. Их много среди органических соединений.

Изменение цвета таких веществ используется в химии для определения наличия кислоты или щёлочи в растворе, потому что индикаторы меняют цвет при строго определённых значениях pH.

Например, метиловый оранжевый:

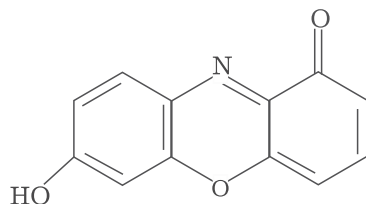


Он меняет цвет в диапазоне pH от 3,1 до 4,4, с красного на жёлтый. Для того, чтобы запомнить его цвета, в школе придумали такое мнемоническое правило.

От щёлочи я жёлт, как в лихорадке.  
Краснею от кислот, как от стыда.  
Зато бросаюсь в воду без оглядки,  
Здесь я оранжевый практически всегда.

На самом деле оранжевый цвет данный индикатор имеет только внутри вышеупомянутого диапазона 3,1 – 4,4, и там этот цвет обусловлен комбинацией красного, который даёт часть молекул, находящихся в «кислотной» форме, и жёлтого – от молекул в «щелочной» форме. Реально, конечно, никто именно этим индикатором не определяет нейтральную среду, так что цвет его в нейтральной среде особого значения не имеет. К тому же дистиллированная вода нейтральной (с pH = 7, ну или хотя бы близким к тому) не бывает, в первую очередь, за счёт растворенного диоксида углерода. И если мы растворяем метиловый оранжевый в такой воде, то оранжевый оттенок раствора вполне имеет право на существование.

Раньше в лабораториях можно было часто встретить такой индикатор, как лакмус:



В чистом виде он представляет собой тёмный порошок со слабым запахом нашатырного спирта. В лаборатории обычно используется в виде индикаторной бумаги – ленты из специальной бумаги, пропитанной раствором лакмуса и высушенной. Диапазон перехода цветов у лакмуса существенно шире: от 4,5 (красный) до 8,3 (синий). Для запоминания его цветов также существует мнемоническое правило:

Индикатор лакмус – красный,  
Кислоту укажет ясно.  
Индикатор лакмус – синий,  
Щёлочь здесь – не будь разиней.  
Когда ж нейтральная среда,  
Он фиолетовый всегда.



Как вы понимаете, фиолетовый цвет в данном случае тоже не самостоятелен, а является комбинацией «кислого» красного и «щелочного» синего. Сейчас лакмус уже в существенной степени потерял практическое значение, но в своё время был распространён настолько, что даже стал родоначальником журналистского штампа – «лакмусовая бумажка».

Диапазон перехода конкретного индикатора довольно узкий, поэтому для того, чтобы не только узнать, кислая среда или щелочная, но и примерно оценить pH раствора, используют специально подобранные смеси индикаторов, имеющие разный цвет в зависимости от pH среды. Например, широко распространённый в лабораториях универсальный индикатор<sup>1</sup> позволяет оценить pH среды с точностью до единицы.

В органической химии активно используется понятие электронных эффектов заместителя. Ими объясняют различие в скорости и направлении реакции, стабилиза-

цию таких частиц, как карбокатионы и карбанионы, цвет и интервалы перехода индикаторов и многое другое. Но, несмотря на то, что это понятие – одно из ключевых в органической химии, увидеть его проявления весьма непросто. Поэтому в нашей работе мы попытались именно увидеть в доступных условиях влияние электронных свойств заместителя на молекулу. Кисотно-основные индикаторы показались нам наиболее подходящими для этого. Данная работа выполнялась школьниками химического класса СУНЦ МГУ, и сложный синтез в такой ситуации осуществить было бы проблематично.

В то же время индикаторы на основе азобензолов достаточно легко получаются; в частности, синтез метилового оранжевого является одной из задач практикума по органической химии в 10 химическом классе СУНЦ МГУ. Азобензолы ярко окрашены, причём их цвет сильно зависит от заместителей, что позволяло



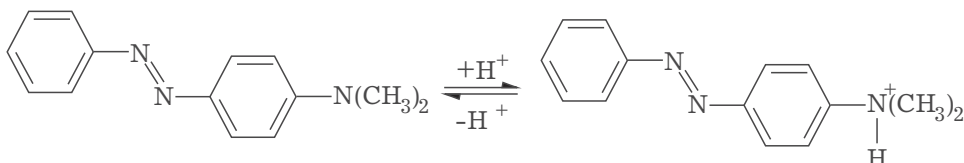
Рис. 1. Определение pH перехода индикатора

<sup>1</sup> Один из универсальных индикаторов – смесь фенолфталеина, метилового красного и тимолового синего.



в буквальном смысле слова увидеть электронные эффекты заместителей. При этом рН перехода индикаторов достаточно просто определяется экспериментально (рис. 1) и в замещённых азобензолах прямо связан с электронными эффектами заместителей.

Кислотно-основные индикаторы



В данном случае оно приведено для индикатора с основной аминогруппой, которую в данном контексте можно назвать *индикаторофорной*, иначе говоря, придающей молекуле вещества свойства индикатора. Другой тип индикаторофорных групп – кислые заместители, такие как, например, ОН-группа. У них протонированная форма нейтральна, а депротонированная образуется при взаимодействии с ОН<sup>-</sup> и заряжена.

В зависимости от рН, в растворе преобладает протонированная или депротонированная форма. Для индикаторов эти формы имеют разную окраску. В диапазоне рН перехода индикатора в растворе сосуществуют одновременно две формы, и цвет определяется концентрациями этих форм. Условная точка перехода цвета соответствует примерно равным концентрациям протонированной и депротонированной форм. Методы её точного определения достаточно сложны, но в нашей работе оказалось достаточно визуальных методов, которые давали удовлетворительную для наших целей погрешность.

Понятно, что соотношение этих двух форм определяется константой кислотности (основности) индикато-

сами по себе являются слабыми кислотами или основаниями. Смена цвета у данных соединений связана с тем, что они могут существовать в двух формах, протонированной и депротонированной. Иначе говоря, у них, как у полноправных кислот и оснований, в растворе существует равновесие:

ра. Иначе говоря, чем выше кислотные свойства вещества, тем больше потребуется добавить «внешней» кислоты в раствор, чтобы оно перешло в протонированную форму. Принцип Ле-Шателье в действии, если кто-то забыл.

А сила кислоты (основания) для индикатора определяется в первую очередь электронной плотностью на гетероатоме индикаторофорной группы. В принципе, в органической химии существует масса моделей, описывающих влияние заместителей на распределение электронной плотности в молекуле, начиная от эмпирических, построенных на экспериментальных параметрах заместителей, кончая сложными квантово-механическими расчётами, дающими не просто оценку влияния заместителя, а полную картину распределения электронной плотности даже в нетривиальных случаях.

Для упрощения задачи мы заранее выбрали такие соединения, в которых не ожидалось какие бы то ни было неожиданные эффекты, поэтому нам было достаточно одной из самых простых моделей, основанных на константах Гаммета.

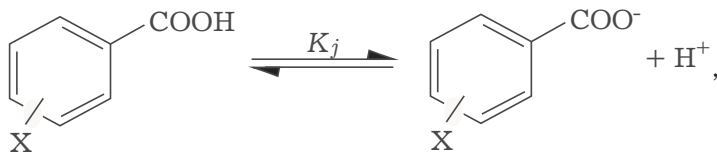
В 1935 году Луис Плак Гаммет при изучении кислотности замещённых бензойных кислот сформулиро-



вал один из ключевых принципов современной физической органической химии. Точные формулировки вы можете прочитать в университетском учебнике, суть же состоит в том, что если мы будем рассматривать ряд равновесных реакций одного типа, где будет изменяться только заместитель у одного из исходных веществ, то соотношение констант равновесия для двух любых реакций будет подчиняться простому закону линейному закону

$$\log \frac{K_j}{K_{0j}} = \rho_j(\sigma_j - \sigma_{0j}),$$

где  $\rho$  – чувствительность реакции к электронным эффектам, постоянная для всех реакций такого типа, а  $\sigma$  – константа заместителя. На бумаге выглядит красиво, а на практике возникла небольшая сложность – определить абсолютное значение константы заместителя оказалось



где X – некий заместитель. И константы равновесия  $K_j$  по сути есть константы диссоциации этих кислот. Точкой отсчёта в его работе послужила незамещённая бензойная кислота. Так что, по сути, проделанное нами исследование индикаторов в определённой степени представляет собой возврат к истокам – исследованию влияния заместителей на кислотно-основные свойства вещества. Только объекты чуть сложнее. В нашем случае заместители и кислотные группы разнесены по разным ароматическим ядрам молекулы, а электронное влияние заместителя передаётся за счёт сопряжения через азо-группу, соединяющую кольца.

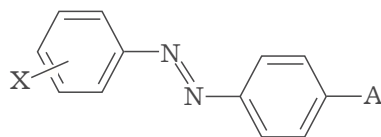
невозможно. Поэтому Гаммет выбрал в качестве точки отсчёта незамещённую бензойную кислоту, ну или если говорить формально – имеющую в качестве заместителя атом водорода H, которому и было приписано значение  $\sigma$ , равное нулю. В этом случае зависимость принимает вид:

$$\log \frac{K_j}{K_{0j}} = \sigma_j \rho_j,$$

но надо помнить, что здесь константа Гаммета уже не абсолютная и фактически является разностью абсолютных констант заместителя и водорода. При этом самым важным для химика свойством является то, что константы заместителей зависят только и исключительно от свойств самого заместителя и его положения в молекуле.

Теперь вспомним, что Гаммет исследовал кислотность бензойных кислот, иначе говоря, равновесие

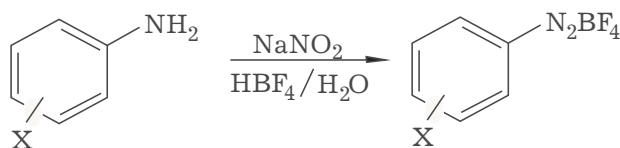
Ниже A – кислотная (основная) группа, в нашей работе это были гидроксид-, амино- и N,N-диметиламиногруппы. В качестве заместителей X были использованы 4-бром-, 4-ацетил-, 3,5-дихлор- и 4-этоксигруппы.



Для начала необходимо было разработать простой и удобный метод получения азокрасителей. Если взять практически любую методику, то легко заметить, что она включает в себя неудобную и достаточно дол-



гую стадию синтеза диазосоединения. Эта стадия требует охлаждения, достаточно жёсткого контроля условий, и из-за нестабильности солей диазония в водных растворах выход продукта далеко не всегда высокий. Но нам было нужно синтезировать достаточно большой набор азокрасителей с различными заместителями, и подобная стадия создавала серьезные проблемы. В то же время хорошо известны стабильные соли арилдазона, которые

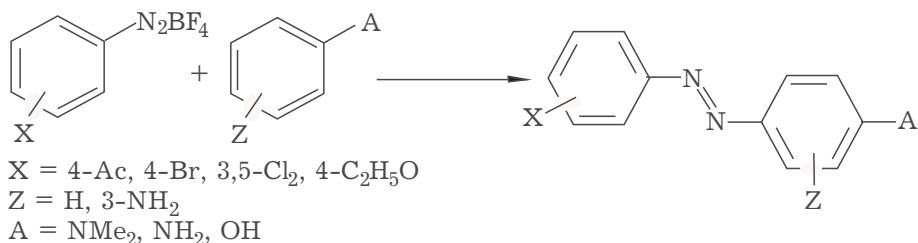


X = 3,5-Cl<sub>2</sub>, 4-Br, 4-Ac, 4-EtO

При этом они легко реагируют с анилинами и фенолами, давая нужные нам азосоединения. Так что при разбиении стандартной методики азосочетания на две отдельные стадии синтез азокрасителей превратился в своеобразный вариант игры в кубики, когда комбинирова-

можно выделить из раствора в твёрдом виде и которые могут продолжительное время храниться в обычном холодильнике. Наиболее доступными и легко синтезируемыми солями такого типа являются тетрафторбораты. Они легко могут быть получены при диазотировании анилинов в растворе тетрафторборной кислоты при комнатной температуре, чаще всего даже без охлаждения с высоким выходом:

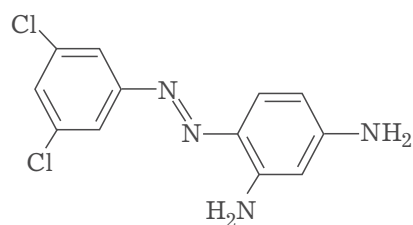
ние двух стабильных соединений, имеющих разные заместители, приводило к большому набору азокрасителей-индикаторов. Таким образом мы в достаточно короткое время смогли получить 12 различных азосоединений:



Проблема возникла в случае соли диазония с 4-этоксизаместителем. Оказалось, что реакция с ней идёт очень медленно, и в воде образуется не нужный нам азобензол, а 4-этоксифенол, продукт реакции соли диазония с водой. В этом случае мы провели реакцию азосочетания в сухом ацетонитриле.

Неожиданным для нас оказалось,

что одно из полученных нами веществ:



до настоящего времени в литературе описано не было. Фактически оно синтезировано нами впервые!

В результате для исследования кислотно-основных индикаторных свойств азосоединений мы синтезировали три серии веществ – с диметиламиногруппой, гидроксигруппой и двумя аминогруппами.

Наиболее очевидным и буквально видимым проявлением электронных эффектов заместителей оказался цвет соединений. В принципе, в химии азокрасителей влияние заместителей на цвет красителя хорошо известно. Если не углубляться в детали, то суть данного эффекта достаточно проста.

Вспомним, чем определяется цвет вещества. При взаимодействии белого света с веществом часть фотонов определённой длины волны поглощается, часть отражается. Те, что отражаются, определяют окраску вещества. Фактически то, что мы видим, – это белый цвет за вычетом поглощённой части попавшего на вещество излучения. Если вещество поглощает «красные» фотоны, то в отраженном свете будет относительный избыток «синих» фотонов, и, как результат, вещество будет окрашено в сине-фиолетовые тона. Фотоны, конечно, цвета не имеют, это лишь интерпретация их энергий человеческим глазом. Нас же в данном случае интересует то, откуда вещество «знает», какие именно фотоны надо поглощать. Энергия фотона  $E$  связана с его частотой  $\nu$  простым соотношением:

$$E = h\nu$$

Поскольку цвета обычно связывают со шкалой длин волн, т. е. красный цвет – 700–800 нм, фиолетовый – 450 – 500 нм, то для удобства это соотношение можно переписать как

$$E = hc/\lambda,$$

где  $\lambda$  – длина волны. И чем больше длина волны, тем меньше энергия

фотона, т. е. наиболее высокоэнергетичны «фиолетовые» фотоны, а «красные» несут меньше всего энергии.

Как уже говорилось выше, цвет вещества определяется тем, какие фотоны оно поглощает. Энергия поглощённого фотона определяется набором возможных переходов электрона между занятой и свободной орбиталью в атоме или молекуле. В атоме всё просто –  $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d$  и далее до бесконечности, это, я надеюсь, все помнят из курса школьной химии. В молекуле всё сложнее, набор орбиталей для молекулы каждого вещества свой, и точными расчётами их энергий занимается квантовая механика. Для того чтобы на качественном уровне понять, откуда берётся цвет и почему он зависит от заместителей, нам хватит очень приближённой модели, основанной на следующих постулатах:

1) Кратные чередующиеся связи в молекуле сопряжены, иначе говоря, образуют единую для всей молекулы систему электронов с независимым набором орбиталей.

2) Сумма  $p$ -орбиталей атомов, участвующих в этой системе, равна сумме получившихся электронных орбиталей молекулы.

Посмотрим на азокраситель – двойных связей там более чем достаточно, причём расположены они так, что фактически **все** двойные связи образуют общую, единую для всей молекулы систему электронов. Более того, если у заместителя есть неподелённая пара электронов, как у атомов кислорода, азота, галогена, то она тоже участвует в сопряжении. При этом число получившихся молекулярных орбиталей равно числу атомов-участников. В итоге у нас образуется масса незанятых орбиталей, поскольку атомы обычно предоставляют по одному электрону, которые в



итоге **попарно** занимают самые низкие по энергии орбитали.

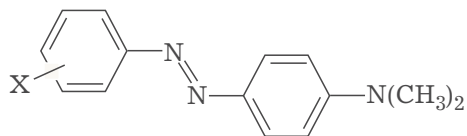
А теперь наступает очередь фотона. Молекула может поглотить фотон только тогда, когда его энергия соответствует разнице энергий между орбиталью, на которой есть электрон, и пустой орбиталью, куда этот электрон может перейти. Говоря языком математики:

$$\Delta E = hc/\lambda$$

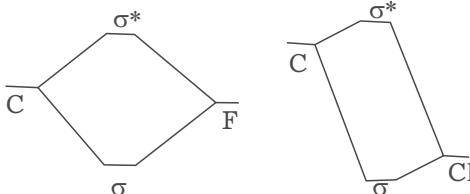
В любой молекуле всегда есть пустые орбитали, но чаще всего разница их энергий с энергией заполненной орбитали достаточно велика. В результате молекула поглощает невидимый для нас ультрафиолет, и пока мы не научимся видеть в инфракрасном диапазоне, подобное вещество будет для нас бесцветное (белое). В случае азокрасителей ситуация иная – орбиталей в вышеупомянутой сопряжённой системе много, при этом они вынужде-

ны располагаться в достаточно узком диапазоне энергий, так что переходы электрона между занятой и свободной орбиталями уже попадают в область энергий фотонов видимого света. И появляется цвет.

При этом расположение и разница в энергии между молекулярными орбиталями очень сильно зависит от того, какие атомные орбитали их образуют<sup>1</sup>. Донорные заместители сближают молекулярные орбитали, акцепторные же, наоборот, увеличивают разницу в энергии. Результат легко заметить на фотографии, где азосоединения расположены в порядке убывания электроотрицательности заместителя (рис. 2).



<sup>1</sup> Комментарий для тех, кому хочется разобраться. Разница в энергии между образующимися молекулярными орбиталями и исходными атомными в первую очередь определяется разницей между энергиями атомных орбиталей атомов, участвующих в их образовании. А эта разница зависит от разницы уровней орбиталей.



Иначе говоря – разница между 2p-орбиталями углерода и фтора будет куда меньше, чем 2p-орбиталью углерода и 3p-орбиталью хлора. В итоге при сопряжении свободной пары атома фтора с π-системой бензольного кольца будут образовываться молекулярные орбитали с существенно более низкой энергией, чем у атомной орбитали атома фтора, несущей пару электронов, и сопряжение будет для атома фтора выгодно, поскольку будет значительно понижать общую энергию системы. В результате свободная пара атома фтора будет в значительной степени «втянута» в бензольное кольцо, и, несмотря на наивысшую электроотрицательность, фтор будет выступать в роли слабого донора электронной плотности в результате мезомерного эффекта. В случае же хлора сопряжение пары с π-системой бензольного кольца к особым выгодам не приводит, и пара локализована в основном на атоме хлора. В результате в случае хлора основной вклад в распределение электронной плотности вносит индуктивный эффект, определяющийся электроотрицательностью атома, и хлор выступает в роли акцептора. При этом, как можно видеть из рисунка, в случае близких по энергии атомных орбиталей разница в энергии между молекулярными орбиталями меньше, и длина волны фотона, вызывающего переход, будет больше.



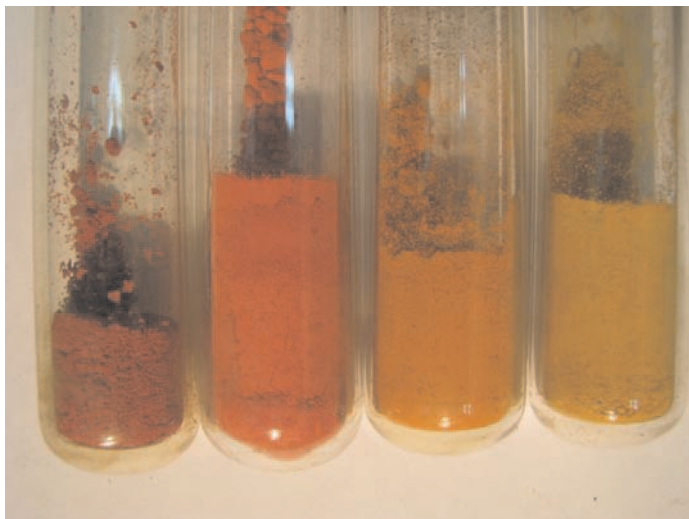


Рис. 2. На фото ряд азосоединений в порядке уменьшения константы Гаммета заместителей X, справа налево: 3,5-Cl<sub>2</sub>, 4-CH<sub>3</sub>CO, 4-Br, 4-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O

Наиболее красное соединение имеет самые электроакцепторные заместители – расстояние между орбиталями велико, и максимум поглощения находится в фиолетовой области. По мере убывания электроакцепторности максимум поглощения сдвигается в синюю и далее в голубую область. Соединения серии с двумя аминогруппами имеют более интенсивную окраску, и аналогичный цветовой переход хоть и отслеживается, но далеко не столь заметен, особенно на фото.

Впрочем, основной задачей работы было определение pH переходов индикаторов и исследование их зависимости от электронных свойств заместителей.

Как уже говорилось выше, кислотность (основность) индикатороформной амино (гидроксигруппы) зависит от электронной плотности на её гетероатоме. Иначе говоря, индикаторные свойства молекулы зависят от положения равновесия реакции



Чем сильнее неподелённая пара азота вовлечена в сопряжение, т. е. чем более акцепторные заместители находятся в молекуле, тем труднее будет протону с этой парой взаимодействовать. Значит, для достижения концентрации протонированной формы, при которой будет видно изменение окраски раствора, требуется более высокая концентрация ионов H<sup>+</sup> в растворе. Иначе говоря – тем ниже pH и кислее раствор. Для гидроксигруппы ситуация очень похожа, но поскольку в этом случае мы рассматриваем обратное равновесие, с точки зрения отрыва протона, то наличие акцепторных заместителей приводит к стягиванию электронной плотности с кислорода, повышению полярности связи O-H, повышению её кислотности и в итоге – понижению pH перехода. В таблице 1 представлены pH переходы синтезированных индикаторов:

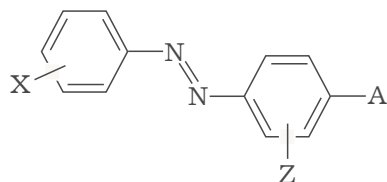




Таблица 1

|  | 0,26 | 1,82 | 0,98 | 1,45 |  |
|--|------|------|------|------|--|
|  | 5,3  | 5,6  | 5,9  | 6,2  |  |
|  | 10,4 | 7,9  | 10,2 | 11,2 |  |

По полученным данным мы построили графики корреляции pH перехода и констант Гаммета заме-

стителителей для синтезированных соединений (рис. 3):

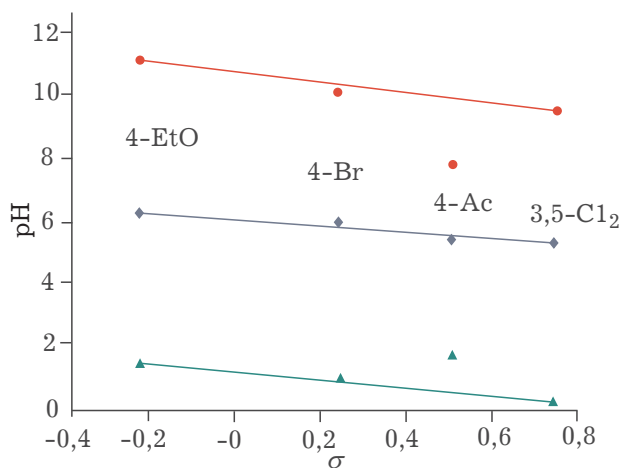
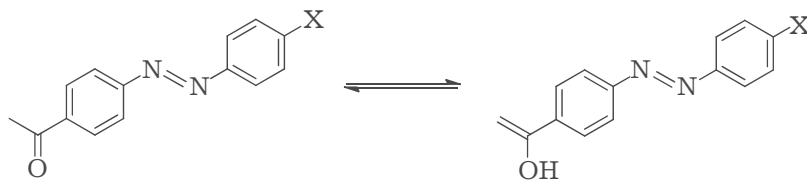


Рис. 3. ■ – серия с гидроксигруппой, ◆ – серия с двумя аминогруппами, ▲ – серия с *N,N*-диметиламиногруппой

Как легко видеть, наши предположения о линейной корреляции полностью оправдались. Для большинства случаев наблюдается линейная корреляция между pH перехода и константами Гаммета для

заместителей. Непопадание в эту зависимость ацетильной группы, вероятнее всего, связано с наличием кето-енольного равновесия и зависимостью его положения от кислотности среды.



X = NMe<sub>2</sub>, OH

В пользу этого предположения свидетельствует тот факт, что в средах, близких к нейтральной (ромбики на рис. 3), точка ацетилзамещённого производного хорошо ложится на прямую, поскольку в нейтральной среде кето-енольное равновесие практически полностью сдвинуто в сторону кетона, для которого и определена константа Гаммета.

В итоге мы показали, что на качественном уровне закономерности влияния электронных эффектов за-

местителя прекрасно видны, причём в случае цвета соединений видны в буквальном смысле слова. В то же время данных для статистического анализа ещё весьма мало, необходимо разобраться с ограничениями данной модели и попытаться найти более универсальные подходы, которые бы включили и ацетильный заместитель. Так что в перспективе, если вы поступите в СУНЦ, у вас есть возможность поучаствовать в этой работе и, возможно, создать новые индикаторы.

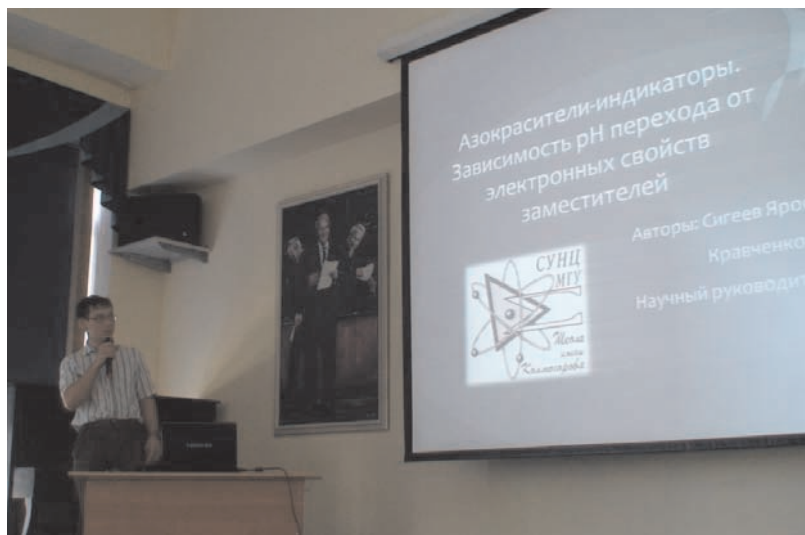


Рис. 4. Доклад о проделанной работе на Колмогоровских чтениях

Данная работа выполнялась в СУНЦ МГУ им. А. Н. Колмогорова и ИНЭОС РАН им. А. Н. Несмеянова в 2011 – 12 учебном году учеником 10 «Л» класса Ярославом Сигеевым и ученицей 10 «Н» класса Алиной Кравченко. Результаты работы были доложены на ежегодно проходящей

на базе СУНЦ МГУ конференции «Колмогоровские чтения» в 2012 году.

Работа поддержана Фондом инновационных научно-образовательных программ «Современное Естествознание», ДП-16/12 («Династия», грант Р12-127).



# Профильное образование

## Набери 100 баллов по теме «Кислород»

В №10 нашего журнала за 2012 год мы начали публикацию комплектов задач разного уровня, объединённых одной темой. Все эти задачи предлагаются в СУНЦ МГУ классам разной специализации на уроках и факультативах. Предлагаем вам испытать свои силы в решении задач по теме «Кислород». Ответы – в следующем номере.

### Задания типа ЕГЭ (одногодичный физико-математический поток)

За успешное решение каждого из заданий вы приобретаете по 1 баллу.

1. Относительная плотность кислорода по воздуху: 1) 1; 2) 1,1; 3) 0,9; 4) 0.

2. У кислорода и озона одинаковы: 1) химические свойства; 2) качественный состав молекулы; 3) количественный состав молекулы;

4) строение кристаллов.

3. Выберите неверное утверждение:

1) кислород не имеет запаха; 2) жидкий кислород бесцветен; 3) кислород поддерживает горение; 4) кислород плохо растворим в воде.

4. Кислород:

1) менее сильный окислитель, чем озон; 2) более сильный окислитель, чем озон; 3) менее сильный восстановитель, чем озон;

4) обладает такими же окислительно-восстановительными свойствами, как озон.

5. Кислород не взаимодействует с: 1) азотом; 2) калием; 3) бромом; 4) железом.

6. Кислород взаимодействует с: 1) хлором; 2) метаном; 3) аргонном; 4) золотом.

7. Кислотные свойства не проявляет соединение кислорода: 1)  $MgO$ ; 2)  $Al_2O_3$ ; 3)  $SiO_2$ ; 4)  $P_2O_5$ .

8. Для получения кислорода в лаборатории используют:

1) углекислый газ и воду; 2) перегонку жидкого воздуха; 3) перманганат калия; 4) озон.

9. Оксидом не является: 1)  $H_2O$ ; 2)  $H_2O_2$ ; 3)  $ClO_2$ ; 4)  $ClO_3$ .

10. Восстановительные свойства проявляет соединение кислорода: 1)  $N_2O_5$ ; 2)  $Cl_2O_7$ ; 3)  $PbO$ ; 4)  $PbO_2$ .





## Простые задания (двухгодичный физико-математический поток)

Здесь мы приведём вопросы из самостоятельных работ по теме «Кислород». Подобные работы пишутся на каждом семинаре в течение 5 – 15 минут.

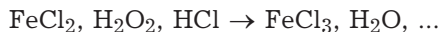
1. Для частицы  $\text{H}_3\text{O}^+$  а) укажите валентность; б) степень окисления кислорода (2 балла).

2. При горении в кислороде металлического цезия получится: а)  $\text{Cs}_2\text{O}$ ; б)  $\text{Cs}_2\text{O}_4$ ; в)  $\text{Cs}_2\text{O}_2$ ; г)  $\text{Cs}_4\text{O}_2$  (1 балл).

3. Как различить пероксид и надпероксид калия ( $\text{K}_2\text{O}_2$  и  $\text{KO}_2$ )? Напишите уравнения реакций (3 балла).

4. При реставрации старинных картин (икон) чёрный сульфид свинца  $\text{PbS}$  превращают в белый сульфат, обрабатывая картину раствором пероксида водорода. Напишите уравнение реакции (1 балл).

5. Составьте два уравнения реакции, соответствующие процессу:



Почему один процесс можно описать разными уравнениями? (3 балла.)

6. В 1,12 л озонированного кислорода (плотность 1,500 г/л) сожгли эквивалентное (стехиометрическое) количество угля, при этом получено 1,176 л углекислого газа. Вещества прореагировали полностью, объёмы даны при н. у. Сколько % озона (по объёму) содержится в кислороде? Напишите уравнения реакций (3 балла).

7. За час человек потребляет от 4 до 5 л кислорода (н. у.). Какая примерно ( $\pm 10$  г) масса смеси пероксида натрия  $\text{Na}_2\text{O}_2$  с надпероксидом калия  $\text{K}_2\text{O}_4$  (в мольном соотношении 1 : 1) нужна для дыхания в течение 4-х часов при её реальном использовании на 50%? Напишите уравнения реакций (3 балла).

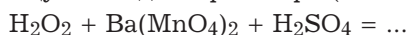
## Сложные задачи (химико-биологический поток)

Такие самостоятельные работы рассчитаны на 30 – 90 минут и состояются из заданий письменного вступительного экзамена по химии в МГУ. Приведём самостоятельную работу «Конкурсные задачи – водород, кислород». В каждой задаче указано, на каком вступительном экзамене в МГУ она предлагалась.

1. (Биофак, 1991) Какие значения валентностей и степеней окисления могут проявлять в своих соединениях элементы Н и О? Обоснуйте свои соображения и приведите примеры соответствующих соединений (2 балла).

2. (Химфак, 1991) Каких атомов – кремния или кислорода – больше в земной коре и во сколько раз? Массовые доли кремния и кислорода в земной коре равны соответственно 27,6% и 47,2% (1 балл).

3. Уравняйте методом электронно-ионного баланса реакцию, протекающую в водном растворе (1 балл):



4. (Фунд. мед., 1994) Напишите уравнение реакции, в которой водород одновременно повышает и понижает степень окисления (1 балл).





5. (Фунд. мед., 2004) Три идентичных сосуда (равного объёма и равной массы) содержат газы, находящиеся при одинаковых условиях. Первый сосуд, заполненный кислородом, имеет массу 33,45 г. Масса второго, заполненного гелием, составляет 27,85 г. Третий сосуд содержит смесь 20% (по объёму) гелия и неизвестного газа и имеет массу 27,53 г. Определите неизвестный газ (4 балла).

6. (ФНМ, 2008) Рассчитайте необходимую массу перманганата калия, чтобы в выделившемся при его термическом разложении кислороде сгорело 7,9 г пиридина (3 балла).

7. (Олимпиада «Ломоносов», 2008) Смесь кислорода и гелия содержит 91,5% кислорода по массе. Добавление какого газа не вызовет изменения плотности смеси? (2 балла.)

### Олимпиадные задачи (химико-биологический поток)

Семинары по теме «Кислород» могут включать решение таких задач:

1. Если пламя горящего водорода направить на кусок льда, то можно обнаружить, что образовавшаяся жидкость вызывает посинение иодкрахмальной бумаги. Объясните этот факт (5 баллов).

2. (7 Всесоюзная олимпиада, 1973) Бесцветный газ с резким запахом, легче воздуха, сожжён в кислороде. Продукты реакции цвета и запаха не имеют и не вызывают помутнения известковой воды. Сколько мл 14,6%-ной соляной кислоты (плотностью 1,08) потребуется для поглощения 2,24 л этого газа? (5 баллов).

3. (12 Всесоюзная олимпиада, 1978) При пропускании озонированного кислорода через раствор иодида калия появляется окраска, а объём пропущенного газа не изменяется. Если тот же озонированный кислород пропускать через раствор пероксида водорода, объём пропущенного газа увеличится, а оставшаяся жидкость не вызывает окрашивания раствора иодида калия. Объясните описанные процессы, приведя необходимые уравнения реакций. (Температура газа и жидкости постоянна, растворимость газов пренебречь). (5 баллов)

4. Почему строение молекулы озона нельзя изобразить одной структурной формулой; для этого используют две граничные структуры? Объясните и приведите ещё 2 примера молекул, для описания строения которых недостаточно одной структурной формулы. (5 баллов).

5. (8 Всесоюзная олимпиада, 1974) Шесть таблеток белого вещества (общим весом 9,4 г) растворили в воде и добавили порошок двуокиси марганца. При этом выделилось 1,12 л газа А, который после пропускания через трубку, в которой происходит тихий электрический разряд, уменьшает объём, и получившийся газ В при реакции с раствором иодистого калия выделяет иод, при этом объём газа не изменяется. Двуокись марганца отфильтровали и взвесили, предварительно высушив. Её вес оказался равным её исходному весу. К прозрачному фильтрату добавили избыток раствора едкого натра. При кипячении было получено 4,48 л газа С, который при сгорании в атмосфере кислорода дал 5,4 мл воды и 2,24 л газа Х (плотность 1,25 г/л). Оставшуюся жидкость осторожно нейтрализовали и добавили избыток соляной кислоты. При этом выделилось 2,24 л газа У, который при пропускании через избыток извест-

ковой воды выделил 10 г осадка. Газ, полученный при прокаливании этого осадка, при пропускании над раскалённым углём увеличивает свой объём вдвое. Оставшийся раствор содержит только соляную кис-

лоту и хлорид натрия в количестве, соответствующем количеству добавленных реагентов. Определить формулу исходного вещества и объяснить результаты проведённых опытов (10 баллов).

### Суперзадача

Совместному решению с разбором этой задачи посвящается отдельный урок.

(Всероссийская олимпиада<sup>1</sup>,

2006) В соединениях кислорода экспериментально были определены длины связей O–O, имеющие следующие значения:

| Состав соединения  | Длина связи O–O, Å |
|--|--------------------|
| BaO <sub>2</sub>   | 1,49               |
| KO <sub>2</sub>  | 1,28               |
| O <sub>2</sub>   | 1,2107             |
| [O <sub>2</sub> <sup>+</sup> ][PtF <sub>6</sub> <sup>-</sup> ] | 1,1227             |

1. Определите степень окисления кислорода в указанных соединениях (4 балла).

2. Определите кратность связи кислород – кислород в данных соединениях (4 балла).

3. Постройте графические зависимости длины связи от:

а) кратности связи (4 балла);

б) степени окисления кислорода (4 балла).

4. Длины связей кислород – кислород в озоне составляют

1,278 Å. Определите кратность связи O–O в данном соединении. Каково геометрическое строение молекулы озона (рисунок)? Оцените расстояние кислород – кислород для концевых атомов в озоне (6 баллов).

5. Напишите уравнения реакций получения BaO<sub>2</sub>, KO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>PtF<sub>6</sub>, исходя из двухатомного кислорода. Укажите условия проведения этих реакций (8 баллов).

*Материал для публикации подготовила Н.И. Морозова.*

<sup>1</sup> Задания и решения заключительного этапа Всероссийской олимпиады по химии с 2001 года (а также некоторых других олимпиад) вы можете найти на сайте <http://www.chem.msu.ru/rus/olimp/>.



# Сквозь время



**Колясникова Ксения Николаевна**  
 Научный сотрудник лаборатории  
 гетероатомных структур  
 НИИ фармакологии имени В.В. Закусова РАН.

## Эмиль Герман Фишер – отец химии природных соединений

В октябре этого года знаменитому химику-органику XIX века исполнилось бы 160 лет. А с получения им Нобелевской премии прошло 110 лет. Двойной юбилей!

Не имеющий равных классик, мастер органической химии как в области анализа, так и в области синтеза, а в личностном отношении прекраснейший человек.

*Рихард Вильштеттер, немецкий химик, Нобелевский лауреат 1915 г.*

### Начало

Der Junge ist zum Kaufmann zu dumm,  
 er soll studieren<sup>1</sup>.

*О Фишере в молодости его отец*

Немецкий химик **Эмиль Герман Фишер** (*Hermann Emil Fischer*, рис. 1), лауреат Нобелевской премии по химии 1902 года, родился 9 октября 1852 г. в Ойскирхене, маленьком городке близ Кёльна, в семье коммерсанта Лоренца Фишера и его жены Юлии, в девичестве Пенсген. Он был младшим из их пяти детей и единственным сыном. Отец Эмиля был успешным бизнесменом, занимался производством красителей и пивоварением. Брат Лоренца со своим семейством жил по соседству, и Эмиль много времени прово-



Рис. 1. Эмиль Герман Фишер в 50-летнем возрасте

<sup>1</sup> Парень слишком туп для бизнесмена, пусть идёт учиться (нем.).





дил с его сыновьями, один из которых, Отто, впоследствии изучал химию вместе с ним. Вначале Эмиль учился дома, затем в государственной школе Вецлара и гимназии Бонна. Весной 1869 г. он с отличием окончил боннскую гимназию, в которой уже проявились его незаурядные способности к естественным наукам, особенно к физике. После этого по настоянию отца он два года посвятил семейному бизнесу, однако проявил к делу так мало интереса, что весной 1871 г. отец позволил ему поступить в Боннский университет.

В университете Бонна Фишер посещал лекции таких известных учёных, как химик Фридрих Август Кекуле, физик Август Кундт и минералог Пауль Грот. В 1872 г. Эмиль по совету своего кузена, химика Отто Фишера, перешёл вместе с ним в

Страсбургский университет<sup>1</sup>, где братья планировали изучать аналитическую химию под руководством профессора Генриха Розе. Однако случилось так, что в Страсбурге Эмиль и Отто попали под влияние молодого профессора Адольфа фон Байера, химика-органика, и занялись изучением фталеиновых красителей. В 1874 г. Эмиль Фишер защитил диссертацию, посвящённую флуоресцеину и орцину. В 1875 г. братья Фишеры совершили свое первое открытие – синтезировали фенилгидразин, который был применён как качественный реактив на альдегиды и кетоны, а впоследствии использован Эмилем для классификации и синтеза сахаров. После получения докторской степени Фишер занял должность преподавателя в Страсбургском университете.

## Карьера

Fischer hat die Probleme vor sich gesehen und er hat sie angegriffen und gelöst. Er hat sein Schifflein nicht vor dem Wind treiben lassen, auf dem Strom oder auf dem Ozean der Forschung. Er hat das Schifflein bewusst gesteuert und ist zum Ziel gekommen.<sup>2</sup>

*Профессор Karl Freudenberg,  
ученик Фишера*

За свою жизнь Фишеру довелось работать в пяти университетах Германии: Страсбургском, Мюнхенском, Эрлангенском, Вюрцбургском и Берлинском. И везде, где бы он ни работал, Эмиль добивался, чтобы его лаборатория была одной из самых лучших, оборудована с учётом последних достижений химической науки и имела хорошую вентиля-

цию. Когда в 1875 г. Байер перешёл в университет Мюнхена, он предложил братьям Фишерам последовать за ним. Одной из причин, побудивших Эмиля перебраться в Мюнхенский университет, было наличие в нём прекрасной химической лаборатории. Эмиль получил место ассистента кафедры органической химии. В 1879 г. он стал приват-

<sup>1</sup> В 1871 г. после франко-прусской войны Германия аннексировала Эльзас и Лотарингию, с городами Страсбург и Мец. Университет Страсбурга был реформирован и получил имя Кайзера Вильгельма I.

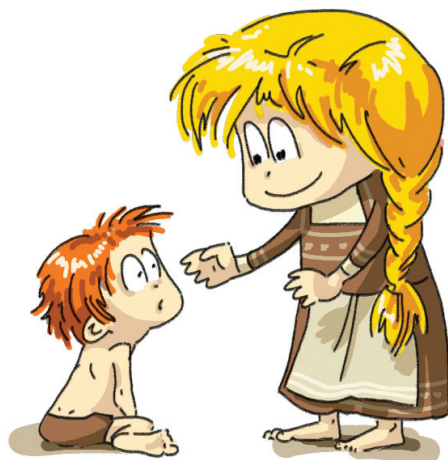
<sup>2</sup> Фишер ясно видел стоящие перед ним задачи, брался за них и решал их. Он никогда не позволял своему кораблю дрейфовать по ветру, течению или океану исследований. Он уверенно вёл свой корабль и достигал места назначения (нем.).



доцентом кафедры аналитической химии. В том же году ему предложили кафедру в Ахене, но Фишер отказался, сочтя её недостаточно оборудованной. В 1881 г. Эмиль получил должность профессора университета Эрлангена, а в 1883 г. отказался от заманчивого предложения возглавить исследовательскую лабораторию в компании «Баденские анилиновые и содовые фабрики» (BASF) с годовым жалованием в 100 тысяч марок, поскольку финансовая поддержка со стороны отца позволяла ему заниматься академической деятельностью. В 1885 г. он занял пост профессора химии в Вюрцбургском университете.

Вскоре учёного, получившего уже широкую известность и признание коллег, пригласили в столицу. Непременным условием своего избрания профессором Берлинского университета Фишер поставил строительство нового здания химического института, поскольку имеющееся помещение уже не отвечало современному уровню развития химии. И только после того, как согласие на строительство было получено, Эмиль вместе с семьёй в конце 1892 г. переехал в Берлин. В 1892 г.

Фишер стал директором Института химии Берлинского университета, где и проработал до самой смерти в 1919 году. В 1905 г. он вместе с другими известными немецкими учёными – Вальтером Нернстом и Вильгельмом Оствальдом – начинает разрабатывать план по организации химических научных учреждений, приведший к созданию в 1911 г. Общества содействия науке кайзера Вильгельма (в настоящее время известное как Общество Макса Планка). До самой смерти Фишер был вице-президентом этого Общества.



## Пурины и углеводы

Чтобы распознать вещества, созданные живыми организмами, надо вначале их изучить, а затем и синтезировать.

*Адольф фон Байер*

В 1882 г. в Эрлангене Фишер начал исследовать производные пурина<sup>1</sup> – такие соединения, как кофеин, теобромин (алкалоид), а также компоненты экскрементов животных, в частности, мочевую кислоту

и гуанин (рис. 2). Некоторые из этих соединений уже были известны, но Фишер доказал, что они имеют сходную структуру и могут быть синтезированы одно из другого. При обработке органических кислот пен-

<sup>1</sup> Пурин – важное соединение в органическом синтезе, так как оно, как было открыто позднее, является необходимым компонентом клеточных ядер и нуклеиновых кислот. Само слово является производным от *purum uricum* – «чистая моча» (лат.) и предложено Эмилем Фишером в 1884 г.

тахлоридом фосфора  $\text{PCl}_5$  были получены соответствующие хлорпроизводные; так, Фишер получил из мочевой кислоты трихлорпурин, а при последующей его обработке гидроксидом калия и иодоводородом – ксантин. При метилировании ксантина был впервые получен синтетический кофеин – бесцветное, горькое на вкус кристаллическое вещество, содержащееся в зёрнах кофе и ли-

стьях чая. Это вещество было полностью идентично природному кофеину и оказывало такое же возбуждающее действие. Также были синтезированы другие производные пурина – теобромин, теofilлин, ксантин, гипоксантин, гуанин и аденин (1897 г.). В 1898 г. Фишер впервые получил пурин, а через год закончил незавершённый Байером синтез мочевой кислоты.

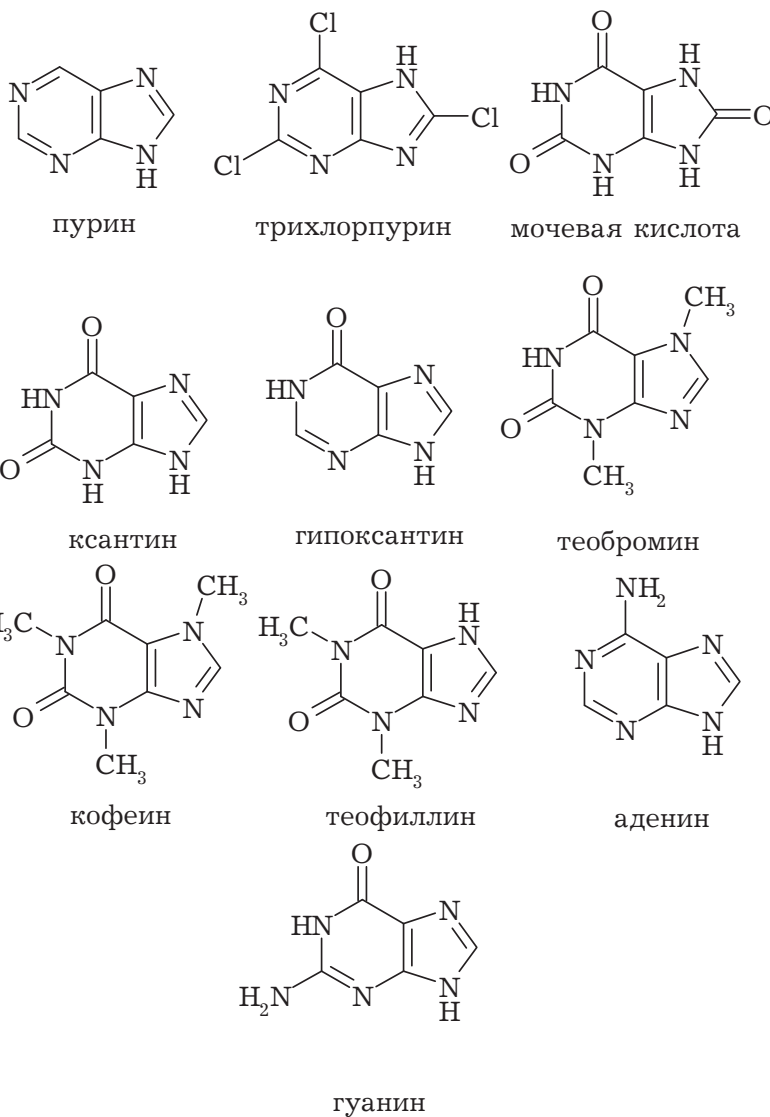


Рис. 2. Пурин и его производные



Параллельно этим изысканиям в 1884 г. Фишер приступил к исследованиям углеводов. Эти работы, проводимые им совместно с многочисленными учениками и сотрудниками, превратили химию сахаров из разрозненных исследований в систематизированную науку. Для углеводов была создана номенклатура, используемая и в наше время, разработаны рациональные и структурные формулы<sup>1</sup>.

В 1891 г. Фишер предложил способ изображения на плоскости пространственных структур органических соединений, имеющих один или несколько оптических центров, широко применяющийся по настоящее время и носящий название проекций, или формул Фишера (рис. 3).

Фишер синтезировал значительное число разнообразных моно- и дисахаридов, доказал возможность перехода одних сахаров в другие, создал их рациональную классификацию.

Применяя конденсацию глицеринового альдегида (рис. 4 а) и другие методы, он (совместно со своим учеником Юлиусом Тафелем) получил

смесь сахарообразных веществ, из которой с помощью фенилгидразина выделил акрозы; альфа-акроза (рис. 4 б) оказалась тождественной метиленитану – сахаристому веществу, полученному в 1861 г. А. М. Бутлеровым. В 1890 г. Фишер с помощью разработанного им метода синтезировал маннозу, фруктозу и глюкозу, а в 1893 г. предложил новый метод синтеза гликозидов из спирта и сахаров и получил большее число гликозидов (например, бета-метилгликозид, рис. 4 в).

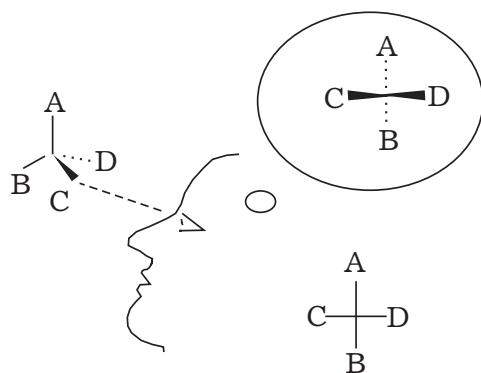


Рис. 3. Способ построения проекций Фишера<sup>2</sup>

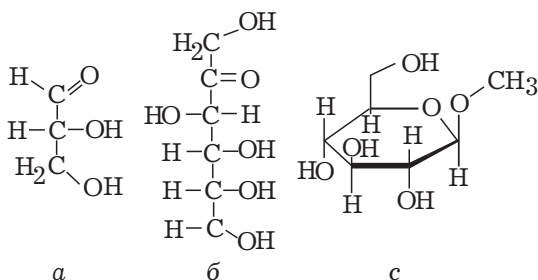


Рис. 4. Глицериновый альдегид (а), альфа-акроза (б) и бета-метилгликозид (в)

В 1902 г. Фишеру была присуждена Нобелевская премия по химии «в качестве признания его особых заслуг, связанных с экспериментами по синтезу веществ с сахаридными

и пуриновыми группами». Открытие Фишером гидразиновых производных явилось блестящим решением проблемы получения сахаров и других биоорганических соединений

<sup>1</sup> Рациональная химическая формула – тип химической формулы, когда при изображении выделяют функциональные группы.

<sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Fischer\\_projection](http://en.wikipedia.org/wiki/Fischer_projection).





искусственным путём. Более того, его метод синтеза гликозидов позволил доказать строение многих значимых природных веществ этого класса, что внесло определённый вклад в развитие физиологии растений. Говоря об исследованиях сахаров, Эмиль Фишер в Нобелевской лекции заявил, что «постепенно завеса, с помо-

*щью которой Природа скрывала свои секреты, была приоткрыта в вопросах, касающихся углеводов. Несмотря на это, химическая загадка Жизни не может быть решена до тех пор, пока органическая химия не изучит другой, более сложный предмет – белки».*

### Ферменты и пептиды

A necessary consequence of this reorientation must be the reversion of organic chemistry to the great problems of biology<sup>1</sup>.

*Э. Фишер, из Нобелевской лекции*

В 1894 г. Фишер открыл новую страницу в истории химии и биологии, задействовав для решения чисто химических задач свойства биокатализаторов – ферментов. При этом он показал, что проявление ферментативной активности зависит от строения субстрата<sup>2</sup>; возникло знаменитое правило – фермент должен подходить к субстрату, как ключ к замку. Способность ферментов расщеплять лишь один из синтетических стереоизомеров была использована Фишером для создания метода разделения оптически активных соединений, с успехом использованного им при изучении химии белковых веществ.

Работы по белкам были вершиной творчества Фишера. До него химия этого класса веществ была одной из самых запутанных областей органической химии. Учёные умели расщеплять белки с помощью кислотного, щелочного и протеолитического

гидролиза, однако не могли разделять получающиеся сложные смеси. К 1900 г. из смесей было выделено 13 аминокислот, всё остальное называлось «пептонами» и не имело чёткого описания. Фишер приступил к изучению принципов строения белков, уже будучи всемирно известным учёным, с подачи немецкого биохимика Альбрехта Косселя. Высказав предположение, что белки являются продуктами соединения аминокислотных остатков, Фишер приступил к выяснению способа соединения последних между собой. По существу, он создал заново синтетическую и аналитическую химию аминокислот; разработал многочисленные методы синтеза D- и L-аминокислот. Используя свой эфирный метод анализа аминокислот<sup>3</sup>, Фишер провёл первые в истории науки исследования аминокислотного состава белков. В 1901 г. в его лаборатории был прове-

<sup>1</sup> Необходимым следствием этой переориентации должно стать обращение органической химии к основным проблемам биологии (англ.).

<sup>2</sup> Субстрат – исходное вещество, преобразуемое ферментом в результате специфического фермент-субстратного взаимодействия в один или несколько конечных продуктов.

<sup>3</sup> Эфирный метод анализа аминокислот представляет собой кислотный гидролиз белка с последующим выделением образовавшихся аминокислот в виде этиловых эфиров.



дён гидролиз белка казеина и открыты ранее неизвестные валин и пролин (циклическая аминокислота). В 1902 г. при гидролизе желатина была открыта вторая циклическая аминокислота – оксипролин.

Затем Фишер перешёл к попыткам соединения аминокислот в полимерные производные – пептиды<sup>1</sup>. В 1901 г. ему удалось совместно с Эрнестом Фурно получить первый чистый дипептид глицил-глицин – соединение двух аминокислотных остатков. Впоследствии в лаборатории Фишера было синтезировано много других коротких пептидов, а в 1916 г. им совместно с Эмилем Абдергальденом был получен 19-членный пептид. Рукотворные пептиды Фишер сравнивал с выделенными при осторожном частичном гидролизе белков. В результате он доказал, что белки представляют собой полипептиды, состоящие из аминокислотных остатков, соединённых между собой амидной (пептид-

ной) связью  $-CO-NH-$ . Созданная Фишером пептидная теория<sup>2</sup> во многом подтвердилась на практике и стала популярна ещё при его жизни, хотя альтернативные теории разрабатывались ещё на протяжении полувека многими исследователями, среди которых был российский учёный Николай Зелинский.



## Семья

Ich kann nur sagen, daß meine liebe Frau ein durch körperliche Schönheit, Reinheit der Seele und Sanftmut ausgezeichnetes Wesen war<sup>3</sup>.

*Фишер, из автобиографии*

22 февраля 1888 года Эмиль Фишер женился на Агнессе фон Герлах, дочери Якоба фон Герлаха, профессора анатомии из университета Эрлангена, с которой познакомился в поезде за шесть лет до этого. У пары было трое сыновей – Герман, Вальтер и Альфред. К сожалению, вскоре после рождения третьего сына в 1895 году Агнесса умерла от менингита.

Эмиль очень жалел, что до его всемирного признания не дожил отец Лоренц, скончавшийся на девяносто пятом году жизни за несколько месяцев до триумфа сына. Старик внимательно следил за успехами сына, не раз вспоминая о том, что в своё время посчитал его глупым и непрактичным. Почти до самой смерти старый Фишер оставался в бодром расположении духа, занимал-

<sup>1</sup> Термин «пептид» (от гр. *πεπτος* – питательный) также был введён Фишером.

<sup>2</sup> Пептидная теория Фишера гласит, что белки представляют собой полимеры из остатков аминокислот, соединённых пептидной связью  $NH-CO$ .

<sup>3</sup> Я должен отметить, что моя любимая жена была хороша собой, чиста душой и отличалась мягким нравом (нем.).



ся гимнастикой и даже ходил на охоту. Известно, что в возрасте 93 лет он

прислал сыну в подарок зайца, собственноручно убитого им на охоте.

## Первая мировая война и смерть

Современное оружие столь ужасно во всех отношениях, что учёные могут лишь раскаиваться, что оно является следствием прогресса в науках. Я надеюсь, что текущая война преподаст народам Европы урок, который запомнится надолго, и убедит их предпочесть мир военной мощи.

*Э.Фишер, в письме к Маргарет Oppenгейм 14.12.1917 г.*

Начавшуюся первую мировую войну Фишер встретил как истинный патриот. Вместе с другими известными учёными он подписал «Обращение к цивилизованным народам», в котором оправдывалась милитаристская позиция кайзеровской Германии. В течение первых лет войны Фишер принимал непосредственное участие во многих исследовательских программах, направленных на решение самых разнообразных проблем, поставленных перед учёными, и содействовал увеличению военного потенциала Германии. В частности, он работал над получением селитры, искусственного кофе и чая, над синтезом бензола и толуола и решением ряда других прикладных задач.

Однако постепенно Фишер стал понимать, что война является величайшим несчастьем, с которым необходимо как можно быстрее покончить. Тому, что он пришёл к такому выводу, во многом способствовала и его личная трагедия. Сначала летом 1915 г. на фронте погиб единственный сын его сестры Матильды. Затем, не выдержав ужасов войны, 4 ноября 1916 г. покончил с собой средний сын Фишера – Вальтер, а 27 марта 1917 г. в военном лазарете Бухареста от сыпного тифа скончался младший сын – Альфред. В живых остался лишь старший сын – Герман, после прихода к власти

Гитлера эмигрировавший в Швейцарию, затем в Канаду и окончивший жизнь в 1960 г. как профессор биохимии Калифорнийского университета в Беркли.



Смерть сыновей и племянника сильно повлияла на самочувствие и здоровье Фишера. Он начал осуждать войну, у него появились пацифистские настроения. К проблемам личного характера добавились и проблемы в лаборатории, которые возникли в связи с приостановкой работ из-за отсутствия реактивов. Кроме этого, некоторые из его учеников были призваны в армию, а иностранные слушатели разъехались. Пересмотрев свои взгляды и осознав ошибку, Эмиль отозвал свою подпись под «Обращением» 1914 г.



Однако, несмотря на все проблемы, Фишер продолжал работу, только теперь уже не в лаборатории, а в кабинете. Его здоровье сильно ухудшилось после долгих лет работы с ядовитыми соединениями, особенно с фенилгидразином. Понимая, что жить ему осталось недолго, учёный привёл в порядок все свои дела, завершил работу над монографиями «Исследование углеводов и ферментов», «Полипептиды и белки», «Депсиды<sup>1</sup> и дубильные

вещества», а также закончил работу над автобиографической книгой воспоминаний «Из моей жизни». Узнав от врачей, что у него неоперабельный рак кишечника, 15 июля 1919 г. Эмиль Фишер принял решение добровольно уйти из жизни. Его могила находится в западном районе Берлина – Ванзее. Фишер завещал 750 000 марок Немецкой академии наук для создания Фонда содействия работам молодых учёных.

### Признание

Emil Fischer bedeutet ein Symbol für Deutschlands Größe.<sup>2</sup>  
*Профессор Carl Dietrich Harries,  
ученик Фишера*

Кроме Нобелевской премии 1902 г. «за эксперименты по синтезу веществ с сахаридными и пуриновыми группами», Эмиль Фишер был удостоен множества наград, избранием своим членом его почтили многие научные общества и академии. Так, он был избран иностранным членом-корреспондентом Петербургской академии наук, почётным доктором университетов Осло, Манчестера, Брюсселя и Кембриджа. Он являлся членом Прусской академии наук и президентом Германского химического общества. Ещё при жизни Фишера, в 1912 г., Немецкое химическое общество, президентом которого он состоял в течение ряда лет, учредило медаль его имени, которой раз в два года награждаются химики за выдающиеся достижения в области органической химии. Среди многочисленных премий и наград Эмиля Фишера были медаль Дэви Лондонского Королевского общества, прусский орден «За заслуги» и орден Максимилиана за заслуги в искусстве и науке. Фишер создал



Рис. 5. Памятник Эмилю Фишеру на Роберт-Кох-Плац в Берлине (фото автора)

<sup>1</sup> Депсиды – сложные эфиры фенолкарбоновых кислот, соединённые друг с другом или с другими кислотами.

<sup>2</sup> Эмиль Фишер – символ величия Германии.





крупную научную школу. Под его руководством трудилось более 300 учёных из разных стран. Некоторые из его учеников сами стали лауреатами Нобелевской премии – Отто Дильс, Адольф Виндаус, Фриц Прегль, Отто Варбург, Ганс Фишер.

В 1921 г. перед зданием Химического института в Берлине Эмилю Фишеру был поставлен памятник (рис. 5). В настоящее время в Берлине есть два памятника Фишеру и улица, носящая его имя. Именем Фишера назван кратер на Луне.

### Литература

1. *E.H. Fischer*. Aus meinem Leben. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1922.
2. *C.D. Harries*. Emil Fischer Wissenschaftliche Arbeiten. Naturwissenschaften, 1919, 7, 843 – 860.
3. *G. Nagendrappa*. Hermann Emil Fischer: Life and Achievements. Resonance, 2011, 16(7), 606-618.
4. *С.И. Рогожников*. Короткие истории из жизни Эмиля Фишера. // Химия: Еженедельное приложение к газете «Первое сентября». – 2010. № 10, С. 1-7; № 12, 1-7.
5. *F. Lopez-Mucoz, R. Ucha-Udabe, C. Alamo*. The history of barbiturates a century after their clinical introduction. Neuropsychiatr. Dis. Treat., 2005, 1(4), 329–343.
6. *F. W. Lichtenthaler*. Emil Fischer, His Personality, His Achievements, and His Scientific Progeny. Eur. J. Org. Chem., 2002, 24, 4095–4122.
7. Лауреаты Нобелевской премии: в 2-х. Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1992.

## Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

### Древняя притча

– Учитель, я не понимаю: приходишь к бедняку – он приветлив и помогает, как может. Приходишь к богачу – он никого не видит. Неужели это только из-за денег?

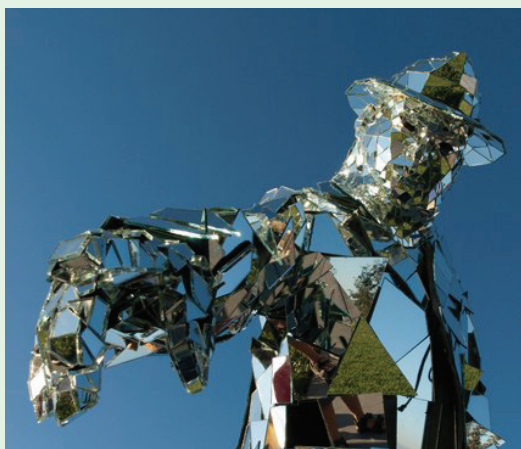
– Выгляни в окно. Что ты видишь?

– Женщину с ребёнком, повозку, едущую на базар...

– Хорошо. А теперь посмотри в зеркало. Что ты там видишь?

– Ну что я могу там видеть? Только себя самого.

– Так вот: окно из стекла и зеркало из стекла. Стоит только добавить немного серебра – и уже видишь только себя.





## Хищные растения

Знаете ли вы, что около 0,2% видов растений являются хищниками? Это не очень много, если сравнивать мир флоры с миром фауны, поскольку растения в ходе эволюции «придумали» более экономичные способы питания, чем хищничество. Почему же хищные растения всё-таки встречаются в природе? Этому вопросу и посвящён наш калейдоскоп.

Хищнический способ питания возникает у растений там, где почвы обеднены элементами, и растению приходится расширять возможности их получения.

Считается, что хищные растения возникли в процессе эволюции независимо не менее 6 раз. Известно около 20 родов хищных растений, распределённых по 10 семействам. Такие элементы, как азот, фосфор и калий, извлекаются из переваренных жертв, которыми служат в первую очередь насекомые. Большинство насекомоядных растений имеют водные местообитания, например, заболоченные луга и болота. Некоторые растения произрастают на камнях, на каменистых или песчаных почвах. Несмотря на многообразие их строения, почти для всех хищных растений характерно слабое развитие корневой системы. Для любителей молекулярной биологии отметим, что у многих насекомоядных растений в секреторных волосках находится фермент фосфатаза, который дефосфорилирует белки с образованием фосфатных анионов.

Хищные растения удивляют многообразием форм и способов ловли своих жертв. Например, недавно описанный представитель рода *Philcoxia* из горных саванн Бразилии (Южная Америка) преподнёс очередной сюрприз (<http://elementy.ru/news/431736>).



*Philcoxia minensis*

Оказалось, что это растение имеет специализированные подземные листья, выделяющие липкий секрет. К липким листьям приклеиваются почвенные нематоды, которые и служат дополнительным источником азота и фосфора для растения.



Нематода

Такой способ питания ранее у хищных растений описан не был. Именно поэтому правильнее в наше время говорить не о насекомоядных растениях, а о хищных. В конце концов, в приключенческом кино уже многократно показывали при-

думаные растения, поедающие зазевавшихся путников. Фантазия человека не богаче разнообразия природного мира ☺. Следует отметить, что нематоды – необычные жертвы именно для растений; а вот грибы поедают их гораздо чаще.

### Самое крупное

Ещё одним крайне интересным хищным растением является *Nepenthes attenboroughii* – одно из самых крупных хищных растений на свете. Изученный биологами лишь в 2007 году, этот филиппинский кустарник обладает кувшином, в который падают насекомые, около 25 см в длину и 12 см в диаметре.



*Nepenthes attenboroughii*

Свое название это редкое растение, обитающее на Филиппинах, получило в честь известного натуралиста сэра Дэвида Эттенборо.

Кувшины, которые представляют собой сильно видоизменённые листья, служат в основном для ловли мелких животных, в первую очередь членистоногих. Непентесы, как и другие насекомоядные растения, способны расти на почвах, бедных азотом, фосфором, калием и другими элементами, которые они с лихвой получают при переваривании животных. Яркие кувшины привлекают к себе не только членистоногих, но даже птиц и некоторых мелких млекопитающих сладким нектаром и яркой окраской. Чтобы в ловчий аппарат не попадала дождевая вода, над его входным отверстием приподнят «зонтик», представляющий собой верхнюю лопасть листовой пластинки. Животное, оказавшись на краю кувшина, соскальзывает внутрь и попадает в жидкость, которая выделяется пищеварительными железами на дне кувшина. Эта жидкость не только содержит протеолитические ферменты и особую микрофауну, но и обладает вязкоупругими свойствами, которые мешают жертве выбраться из ловушки.

### Самое быстрое

Хищные растения можно встретить не только на земле, но и в воде. Например, *Utricularia* (Пузырчатка) – крупный род водных насекомоядных растений. Пузыр-

чатка крепится корнями ко дну водоёма, но при этом питается мелкими беспозвоночными, например веслоногими ракообразными, или копеподами.



*Utricularia aurea*

Каждый пузырёк снабжён отверстием, закрытым открывающимся внутрь клапаном, вследствие чего мелкие водяные животные могут свободно проникать внутрь пузырька, но обратно выйти не могут. Погибая, они служат пищей для растения.

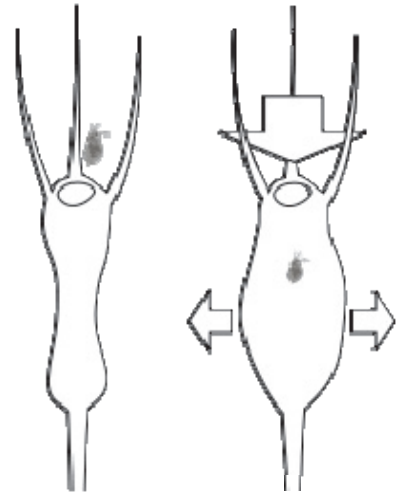


*Пузырчатка является самым быстрым хищным растением в мире!*

Группа Филиппа Мармоттана (Philippe Marmottant) из университета Жозефа Фурье в Гренобле исследовала три вида растений из рода *Utricularia*, а также смоделировала их поведение на компьютере.

Оказалось, что поначалу пузырьчатки выкачивают воду из ловчих пузырьков. Каждый снабжён отверстием, закрытым полукруглым клапаном, открывающимся внутрь. «Пузырёк „сдувается“, в его стенках накапливается энергия упругости, такая же, как в натянутой тетиве лука. Кроме того, на растении образуется впадина, как на пипетке со сжатым резиновым наконечником».

Когда добыча приближается к ловушке и дотрагивается до чувствительных волосков на клапане, энергия высвобождается. Происходит потеря устойчивости, «дверца» резко открывается, и жертва вместе с потоком воды, вызванным перепадом давления, устремляется в пузырёк.



Принцип работы пузырьчатки

Так же быстро клапан закрывается, и добыча уже не может убежать из ловчего пузырька хищного растения, которому остаётся лишь переварить еду.

Материал к публикации подготовил Д.В. Чистяков.



## Как подписаться на «Потенциал. Химия. Биология. Медицина»?

### 1. По Объединённому каталогу Пресса России «ПОДПИСКА-2012, второе полугодие».

Условия оформления подписки Вы найдёте в 1 томе Объединённого каталога Пресса России на страницах, указанных в Тематическом и Алфавитном указателях. Индекс подписки **41476**.

Телефон специалиста по распространению и Агентства ИД «Экономическая газета» – (495) 661-20-30.

### 2. По квитанции через Сбербанк.

Подписка оплачивается через

Сбербанк из расчёта:

960 рублей за 12 месяцев

510 рублей за 6 месяцев

270 рублей за 3 месяца

92 рубля за 1 месяц

Реквизиты

|                                       |
|---------------------------------------|
| 000 «Азбука – 2000»                   |
| ИНН 7726276058/КПП 772601001          |
| БИК 044525225                         |
| Расч. счёт – 40702810338330102512     |
| Корр. счёт – 30101810400000000225     |
| Московский банк ОАО «Сбербанк России» |

### Электронная подписка

Стоимость любого номера в pdf-формате составляет 30 рублей.

Вся информация на нашем сайте

[www.potential.org.ru](http://www.potential.org.ru)

### 3. В редакции журнала и её представительствах по адресам:

а) 115184, г. Москва, Климентовский пер., д. 1/18

(м. «Третьяковская», «Новокузнецкая»), тел. (495) 787-24-95;

б) 109544, г. Москва, ул. Рабочая, д. 84 (м. «Площадь Ильича»),

тел. (495) 678-35-86.



## Где можно приобрести журнал?

### 1. В магазине математической книги при МЦНМО

(Московский Центр непрерывного математического образования)

г. Москва, Большой Власьевский пер., д.11, тел. (495) 241-72-85; <http://biblio.mccme.ru>;

### 2. В редакции журнала – адреса см. выше;

### 3. В книжном магазине МФТИ

Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9 (новый корпус МФТИ, 1 этаж), тел. (495) 408-73-55;

### 4. В книжном киоске «Планета знаний»

во 2-ом Учебном корпусе МГУ им. М.В. Ломоносова (м. «Университет»);

### 5. В книжном киоске «Планета знаний»

в здании НИЯУ МИФИ (Каширское ш., 31; м. «Каширская»);

### 6. В книжном киоске в здании химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

(Ленинские Горы, д. 1, стр. 3; м. «Университет»);

### 7. В киосках «Газеты. Журналы. Книги. Открытки» у станций метро:

Алтуфьево, Аэропорт, Войковская, Дмитровская, Крылатское, Тимирязевская, Отрадное, Планерная, Рижская, Рязанский проспект, Сокол, Тёплый Стан, Фрунзенская, Щёлковская;

### 8. В киоске «Экспресс хроника»

(Страстной б-р, д. 4; м. «Чеховская»);

### 9. В интернет-магазине Карандаш (<http://karand.ru>);

### 10. В интернет-магазине Read.ru (<http://read.ru>).

## Подготовительные курсы «Потенциал»

В 2012–2013 учебном году продолжают работать подготовительные курсы «Потенциал» по предметам: **математика, физика, информатика, химия, биология, обществознание, русский язык, английский язык**. На курсах осуществляется подготовка абитуриентов (учащихся 11 классов и выпускников школ прошлых лет) и учащихся 9 и 10 классов к сдаче ЕГЭ, олимпиадам и вступительным экзаменам в вузы. Занятия проводят лучшие преподаватели МГУ, МФТИ, Школы-интерната им. А.Н. Колмогорова, знающие программы и требования при проведении ЕГЭ и олимпиад и имеющие большой стаж работы со школьниками.

Занятия проводятся в г. Москва и в г. Долгопрудный.

Телефоны для справок: (495) 787-24-94, (495) 787-24-96.

## В следующем номере:

- ✦ Матэ: тайна народности гуарани. *Л.А. Аксенова*
- ✦ Творческие работы по химии в СУНЦ МГУ: рассказы исследователей. *Н.И. Морозова*
- ✦ Одаренность – это диагноз или ориентир для саморазвития? *А.С. Обухов*
- ✦ Каталог статей, вышедших в 2012 году

### ПРОГРАММА СПОНСОРСКОЙ ПОМОЩИ ЖУРНАЛУ «ПОТЕНЦИАЛ. ХИМИЯ. БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА»

**Журнал для старшеклассников и учителей «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» выпускается на средства выпускников технических вузов и поэтому нуждается в спонсорской поддержке. В журнале действует Программа спонсорской помощи. Программа допускает поступление финансовой, материальной, информационной и иной помощи журналу. Координирует работу Программы Спонсорский совет, являющийся структурным подразделением журнала. Спонсорами могут быть физические или юридические лица. Спонсорская помощь осуществляется одноразово или на постоянной основе. В последнем случае спонсор входит в Спонсорский совет журнала. Имена спонсоров текущего номера журнала печатаются (при согласии спонсора) в этом же номере. По вопросам оказания спонсорской помощи обращаться в редакцию.**

**Тел. (495) 787-24-94, (495) 787-24-95**

**E-mail: [potential@potential.org.ru](mailto:potential@potential.org.ru)**

### Наш спонсор

ISSN 2221-2353



9 772221 235004

## **АЗБУКА**

Полиграфическая компания

Тел.: (985) 768-25-48, (495) 787-24-95

[www.azbukaprint.ru](http://www.azbukaprint.ru)