12+

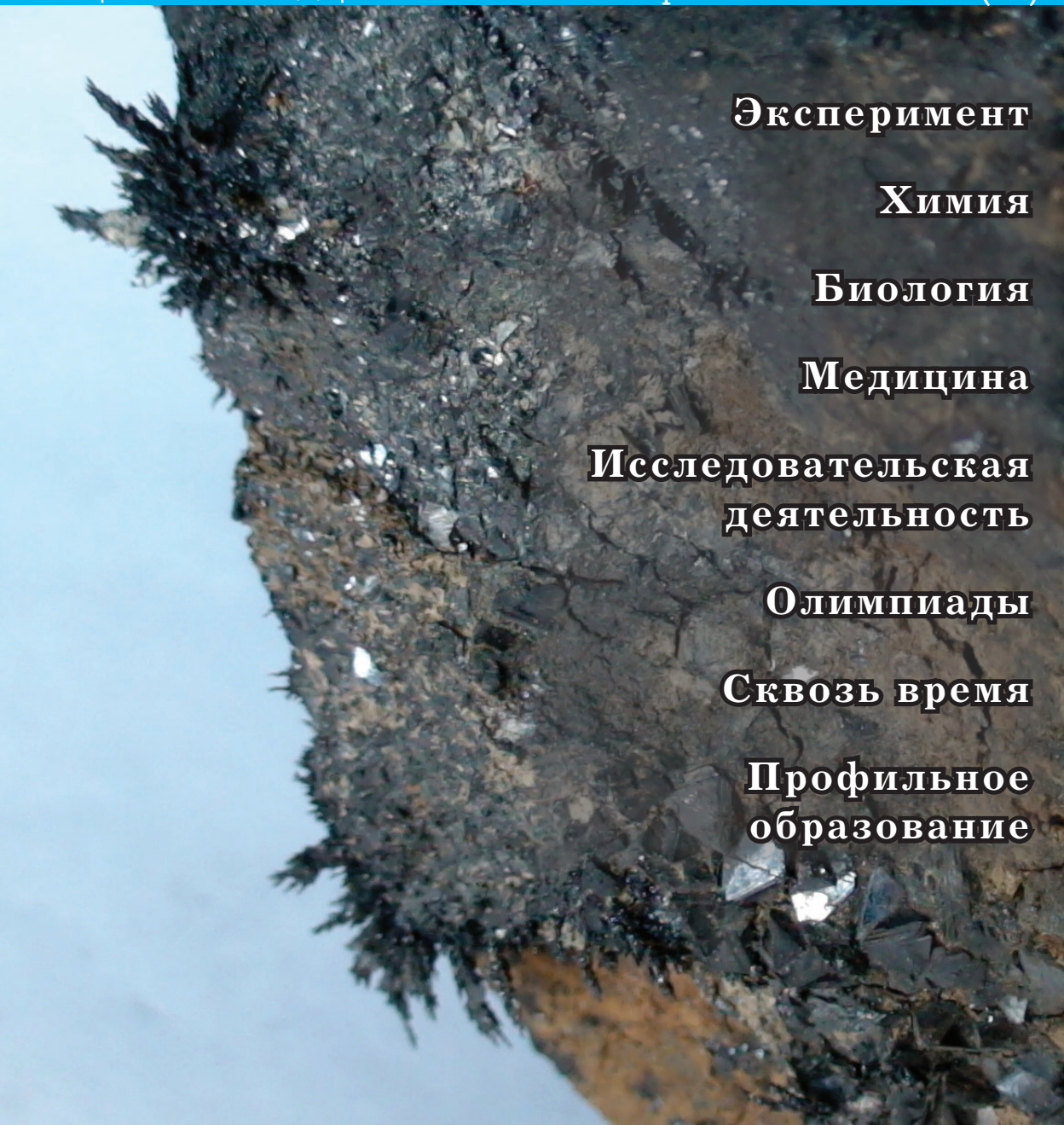
ISSN 2221-2353

Химия Биология Медицина
ПОТЕНЦИАЛ

Журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude – Дерзай знать!

Апрель-Июнь 2020 №2 (76)



Эксперимент

Химия

Биология

Медицина

Исследовательская деятельность

Олимпиады

Сквозь время

Профильное образование

МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ ТУРНИР

Приглашаем всех неравнодушных к химии школьников собрать команду и принять участие в региональных этапах VII Межрегионального химического турнира!

Химический турнир – это командное творческое соревнование среди команд из 3–6 школьников в формате мини-конференции. Участники решают заранее известные оригинальные задачи «открытого типа» (не имеющие единственно верного решения), после чего составляют презентации и защищают решения в ходе «химических боев» – доклада с оппонированием и рецензированием.

Победители региональных этапов будут приглашены на финальный этап, который пройдет в начале февраля 2021 года в Московском Государственном Университете имени М.В. Ломоносова в Москве. В заключительном этапе встретятся 40 сильнейших команд со всей России, победившие в региональном и заочном отборах.

С анонсами проведения региональных этапов в вашем регионе и с правилами Турнира можно ознакомиться на официальном сайте http://chemturnir.olimpiada.ru.

Актуальные новости и обновления будут выложены в официальном паблике в социальной сети ВКонтакте: https://vk.com/mos_chem_tourn. Подписывайтесь на нас в Instagram: @chem_tourn.

Журнал для старшеклассников и учителей

ПОТЕНЦИАЛ
Химия Биология Медицина

Содержание

Апрель-Июнь № 2 (76) 2020

Колонка редактора

2 С 75летием великой Победы! *Н.И. Морозова*

Химия

3 Добываем железо. Секреты сырья. *Н.И. Морозова*

10 Частицы гексаферрит-золото для биомедицины и не только. *А.П. Егорова*

Биология

13 Текст и подтекст: физические свойства ДНК. *М.А. Орлов*

Медицина

24 Вирусы-пираты. *Ю.Д. Нечипоренко*

Олимпиады

29 Задания LXXVI Московской городской олимпиады школьников по химии 2020 г. (9 класс). *А.Я. Корнейчук, Е.А. Трубицын*

Исследовательская деятельность

39 Научный оазис в пустыне. Выставка Expo Sciences International 2019 в Абу-Даби. *А.П. Егорова, Е.Д. Горбатюк, А.Р. Лаптева, А.С. Сигеев*

Профильное образование

48 Правильно ли вы работаете с лабораторным оборудованием? (ответы).

Эксперимент

51 Грегор Мендель и законы наследственности. *Х. Касерес*

Сквозь время

60 Ракетное оружие – от «огненных повозок» до «Катюш». *В.В. Загорский*

66 «Мирное» железо в военной прозе. *Л.А. Ваймугин, Е.В. Лебедева*

70 Наука и ученые. Часть 2. *Ю.Д. Нечипоренко.*

Издание охраняется Законом Российской Федерации об авторском праве.
Перепечатка текстов и иллюстраций только с письменного согласия редакции.

Редколлегия
Главный редактор М.Г. Сергеева
Научный редактор Н.И. Морозова
Ответственный секретарь
А.В. Буланов
Шеф-редактор Г.А. Четин

Техническая редакция
Редактор А.С. Сигеев
Вёрстка А.С. Сигеев
Редактор-корректор Н.И. Морозова
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) 768-25-48, (495) 951-41-67
E-mail: potential@potential.org.ru
Сайт: www.potential.org.ru

Подписано в печать 12.03.2019
Усл. печ. л. 5
Формат 70x100 1/16
Заказ № 107
Электронная версия.
ООО «Азбука-2000»
109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал издаётся на средства выпускников МГУ им. М.В. Ломоносова.

ISSN 2221-2353

© «Потенциал. Химия. Биология. Медицина», 2011

Колонка редактора

Морозова Наталья Игоревна
Научный редактор журнала

С 75-летием великой Победы!

В 2020 году вся страна отмечает 75 лет со дня победоносного окончания Великой отечественной войны. И пусть пандемия помешала масштабным празднованиям, этот день у каждого в сердце, и в любой семье 9 мая произносятся памятные слова.

В тяжелые годы войны не прекращалась ни научная работа, ни обучение школьников и студентов. Многие вузы оказались в эвакуации. Несмотря на трудности, связанные с экстренными переездами, с тем, что множество студентов и сотрудников институтов и университетов ушли на фронт и участвовали в оборонном строительстве, оставшиеся трудились на пределе сил, разрабатывая научные темы, имеющие военное значение, и готовя новые кадры.

Например, на химфаке МГУ создавали средства индикации жидких отравляющих веществ на поверхностях, вели работы по получению пенообразователей, применяемых при пожаротушении, антикоррозийных препаратов, по повышению качества авиабензина и смазочных масел. Успехи на фронте не были бы столь велики без вклада самоотверженного труда ученых. В 1942 г. были развернуты научные исследования в области химии урана – будущего стратегического материала.

Много сил было отдано подготовке врачей и медсестер, переподготовке специалистов: ведь работать терапевтом в поликлинике и спасать людей во фронтовых госпиталях – не одно и то же. Оперативно внедрялись научные разработки: широкое распространение приобрел метод местного обезболивания А.В. Вишневского, З.В. Ермольева получила в 1942 г. первый советский пенициллин и участвовала в организации промышленного производства антибиотиков, А.Н. Бакулев предложил радикальную хирургическую обработку черепно-мозговых ранений с наложением глухого шва. Медики занимались не только лечением, но и созданием оборудования. Так, майор медслужбы В. Марков сконструировал электрозонд для определения местоположения осколков в организме.

Война стала для советской науки успешно пройденным испытанием. К сожалению, не последним.

Морозова Наталья Игоревна
Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, доцент СУНЦ МГУ. Основное занятие – преподавание химии 11-классникам, методическая работа, научная работа в области радиохимии и органического катализа, организация дистанционного обучения и очных мероприятий для школьников.

Добываем железо. Секреты сырья

Железо – везде вокруг нас. В водах, в почве... Но как его оттуда извлечь? Задача нетривиальная. Не всякое сырье подходит требовательной промышленности. А металлургу-любителю стоит знать хитрости, чтобы получить искомый продукт даже из негодного сырья.

Несмотря на устремленность к новым материалам, таким как разнообразная керамика, полимеры, композиты и т.п., все же основными конструкционными материалами нашей цивилизации остаются металлы, и на первой ступеньке пьедестала – железо. Нет железа – нет автомобилей, железных дорог, нет ножей и топоров. Нет винтов и гаек – разве что пластмассовые из детских конструкторов, но вряд ли ими можно надежно скрепить какие-либо детали. Мы до сих пор живем в железном веке.

Тем удивительнее, что из ребят, пришедших на проект по металлургии, проводимый в Международной компьютерной школе[1], ни один не смог ответить, как получают железо в промышленности. Можно не уметь писать химических реакций, протекающих при восстановлении железной руды, но неужели никто никогда не слышал названий руд и самого слова «домна»? Лет тридцать назад такое было невозможно.

Шаг за шагом, проводя множество экспериментов и привлекая как древние, так и современные знания, мы научились сами получать железо.

Где содержится железо?

Считается, что ядро Земли состоит из железа (точнее, из железо-никелевого сплава с содержанием железа около 80 %). Ядро огромно: его радиус примерно 3500 км. Т. е. железа там очень много! Но добыть его оттуда не представляется возможным: от поверхности до ядра 2900 км, и никто еще до него не добирался, вся информация о земном ядре получена косвенными методами.

[1] http://mksh.ru/

Поэтому для добычи железа нам остается поверхность и неглубокие слои земной коры. Есть ли железо на поверхности в чистом виде? Можно ли его собрать или «намыть», как золото? В отличие от благородного золота, железо – умеренно активный металл. В кислородной атмосфере, особенно в контакте с водой, оно постепенно окисляется и, как следствие, должно существовать в природе только в виде соединений.

Однако иногда самородное железо встречается. Происхождение его довольно экзотическое: оно прилетело к нам из космоса в составе метеоритов. Полагают, что первые железные изделия были изготовлены людьми именно из такого «небесного» железа. Но если сидеть и ждать, когда на Землю упадет железный метеорит, то о прогрессе цивилизации можно забыть. Да, порой счастье сваливается с неба (в буквальном смысле!) или валяется под ногами (тоже!), но очень редко и очень мало. Чтобы каменный век в свое время сменился бронзовым и железным, потребовалось много труда и знаний.

Метеоритное железо

Если не ставить себя в зависимость от метеоритных орбит, то добывать железо приходится из руд. Руды – это минералы (горные породы), содержащие соединения металлов, из которых на данном этапе развития технологии возможно и экономически целесообразно выделить чистые металлы. Экономическая целесообразность – вещь изменчивая и от металла к металлу, и во времени. Когда добыча меди только начиналась, медная руда называлась богатой, если содержание меди в ней достигало 35 – 80 %. Сейчас даже при содержании 1 % меди разработка руды экономически выгодна. Для железа рентабельна разработка руд с 20 – 70 % металла. А минерал, богатый радием – урановая смолка – содержит $1{,}4 \cdot 10^{-5}$% радия!

Лучшие железные руды – это оксиды. Оксиды не нуждаются в дополнительной обработке перед восстановлением и содержат относительно много железа. Наиболее богат металлом оксид железа (II) FeO (78 %). Он встречается в природе в виде минерала **вюстита**. Однако вюстит очень редок, т. к. кристаллическая решетка FeO не слишком устойчива, этот оксид сравнительно легко растворяется в кислой среде и окисляется кислородом воздуха.

Хорошая руда – смешанный оксид железа (II) и (III) Fe_3O_4 – магнитный железняк, или **магнетит** (72 % Fe). Вот у этого вещества кристаллическая решетка весьма прочная, и оно распространено очень широко. Из-за сильных магнитных свойств в местах его массового залегания существуют магнитные аномалии, отклоняющие стрелку компаса. Месторождение к юго-востоку от Курска так и называется: Курская магнитная аномалия.

Игольчатые кристаллы магнетита, выросшие в направлении магнитных линий Земли

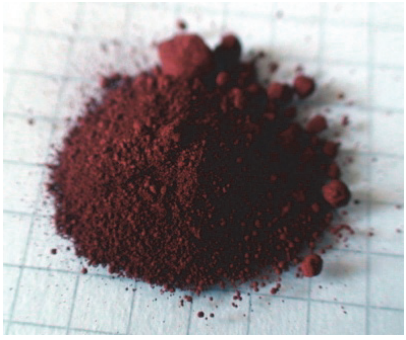
Магнетит черного цвета. Благодаря устойчивой кристаллической решетке он образуется при частичном окислении $Fe(OH)_2$ в водном растворе. Еще один оксид – красный железняк, или **гематит** Fe_2O_3 (70 % Fe). На самом деле не такой уж он и красный: бывает и черным, и стального оттенка, и коричневым. Красного цвета порошок оксида железа (III) и скрытокристаллические модификации.

Fe_3O_4, образовавшийся из $Fe(OH)_2$

Кроме металлургических целей, гематит используют в украшениях, а Fe_2O_3 является основой красителя «красная охра».

Карбонат железа **сидерит** $FeCO_3$ (48 % Fe) менее выгодно, но тоже можно использовать как руду, т. к. в домне он разлагается до оксида FeO.

Разные модификации гематита



Оксид железа (III) в порошке (красная охра)

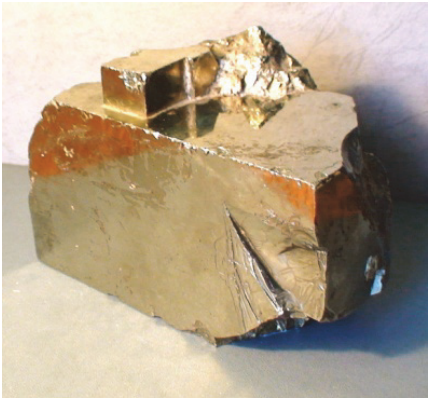
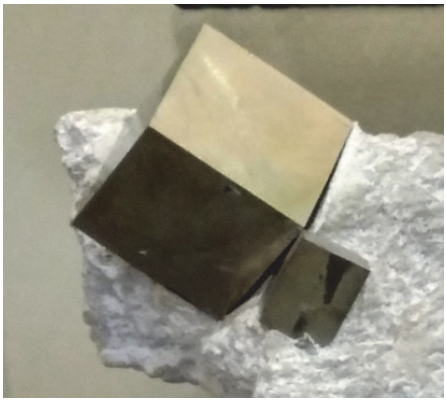
Комплект украшений из гематита

Сидерит *Бурый железняк* *Гётит (желтая охра)*

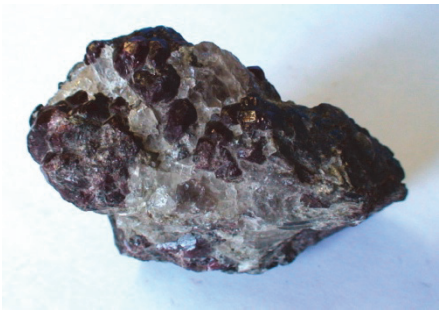
Гидроксиды хуже, т. к. при нагревании выделяется водяной пар. Их обычно подвергают предварительной обработке прокаливанием. Бурый железняк, или **лимонит** является смесью гидроксидов железа разного состава $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, часто в них преобладает **гётит** FeOOH (63 % Fe). Цвет от желтого до бурого.

К бурым железнякам по химическому составу приближаются болотные и озерные руды, представляющие собой осадок гидроксида Fe (III) и силиката Fe (II), песка и глины в виде горошин, лепешек или ноздреватых пористых масс в болотах, озерах и других стоячих водах. Обычно они содержат 35 – 45 % железа. Распространенные бурые охристые глины иногда так богаты железом, что могут тоже считаться рудами и называются **глинистыми железняками**.

Есть минералы железа, которые нельзя назвать железными рудами. Так, пирит, он же серный колчедан, он же железный колчедан FeS_2 (47 % Fe), не является сырьем для получения железа, т. к. содержит больше серы, чем доменный процесс способен «переварить». Зато из него получают SO_2 в первой стадии производства серной кислоты по реакции, неизменно любимой авторами школьных учебников. На самом деле обжиг пирита используется все реже. Основное применение пирита – это добавка к цементу. Пирит – довольно красивый минерал, желтый блеск делает его похожим на золото, за что он получил прозвание «золото дураков». При ударе пирит дает искры, с чем связано его название (от греческого корня «огонь»).

Образцы пирита



Гранат

Силикатные соединения железа, такие как гранат (альмандин) $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$ или хризолит $(Mg,Fe)_2SiO_4$, тоже бесперспективны с точки зрения получения железа: извлечь его из силикатов крайне сложно. Но благодаря красоте их применяют ювелиры.

Кольцо с хризолитом (https://stonemystery.ru/wp-content/uploads/2017/02/hrizolit-1-e1486970503491.jpg)

Обогащение руд

Скопление рудных минералов представляет собой смесь с пустыми породами, не содержащими железа – например, с глиной, известняком и др. Поэтому перед собственно металлургическим процессом часто требуется обогащение (концентрирование) руды. Для магнитных руд удобно использовать магнитную сепарацию (т. е. отделение руды от пустой породы с помощью магнита). Однако не все железные руды притягиваются к магниту. Например, у гематита и лимонита нет такого свойства. Что делать в таком случае?

Гематит имеет довольно высокую плотность (4,9 – 5,3 г/см^3), что сильно отличается от пустой породы, представляющей главным образом SiO_2 (2 – 2,6 г/см^3) и силикаты. Это различие позволяет применять гравитационную сепарацию, основанную на разной скорости падения зерен минерала и пустой породы в жидкости.

Лимонит (3,3 – 3,9 г/см^3) существенно легче гематита, и гравитационная сепарация не так эффективна. Можно использовать флотацию – метод, основанный на разной смачиваемости поверхности минералов. Измельченную руду смешивают с маслом, водой и поверхностно-активными веществами, через смесь продувают воздух. Частицы минерала при этом всплывают на поверхность воды в масляной пене, а пустая порода остается.

Начинаем подготовку

Где взять руду, если вы не живете вблизи месторождения? Напрашивающийся ответ: в школьном кабинете химии. Там можно разжиться не только солями железа, но и оксидом, а если повезет – и настоящей рудой из коллекции. Но это своего рода «читерство». Если уж добывать железо, то добывать с нуля!

К счастью, железо – очень распространенный на Земле элемент. Откроем секрет: оно находится буквально везде. В отсутствие железа глина была бы белой (или голубой), песок – белым, их желтая или корич-

невая окраска обусловлена именно присутствием соединений железа. Можно набрать коричневый песок, просушить его и воспользоваться магнитной сепарацией. Заверните магнит в сухой полиэтилен и прикоснитесь к песку, к магниту притянутся частички, содержащие Fe_3O_4 и другие магнитные соединения. Перенесите эти частички в сосуд (для этого достаточно над сосудом развернуть полиэтилен и вынуть магнит, частички упадут вниз) и повторите процедуру, пока не наберете достаточное количество магнитной «руды».

Почему мы забрали слово «руда» в кавычки? Вспомните определение руды: добывать оттуда металл должно быть экономически целесообразно. Но добыча железа из собранного песка не принесет вам материальной выгоды: хлопот много, а толку чуть. Наша задача – не получить прибыль, а воспроизвести разные этапы добычи железа (и чему-то научиться в процессе!).

Если рядом есть болота, озера, ручьи, обрывистые берега рек, то шансы найти что-то более близкое к руде повышаются. Имеет смысл обойти все перспективные места, взять пробы вод и грунта. В склонах обрывов и заводях можно найти характерные конкременты. Если на поверхности воды присутствует ржавый налет – это хороший знак. Темный цвет глины и песка – тоже. Все пробы обязательно надписываем и отмечаем на карте, где они взяты.

Пробы грунта (экспедиция 2019 г.)

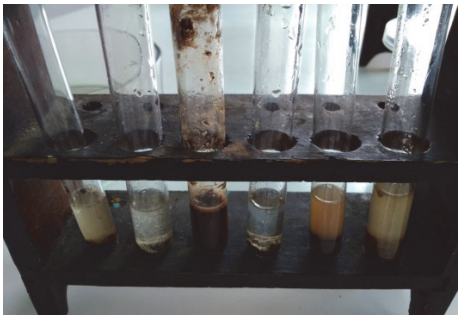
Места взятия проб (экспедиция 2019 г.)

Все собранные пробы надо проверить на содержание железа. Качественная реакция на Fe^{3+}, очень чувствительная, всем известна – это образование кроваво-красного комплексного соединения при взаимодействии с роданид-ионом:

$$Fe^{3+} + 3SCN^- = [Fe(SCN)_3].$$

Образование $[Fe(SCN)_3]$ с одной из проб

Разумеется, если в пробе мало железа, то окраска будет не слишком интенсивной: она покажется не красной, а розоватой. Но окраска может не появиться, даже если содержание железа в пробе велико! Важно, в каком оно виде. Пробы часто содержат железо в виде Fe^{2+}, а комплекс этого иона с роданидом неокрашен. Поэтому открываем еще один технологический секрет: перед тем, как проводить анализ, пробу нужно окислить.



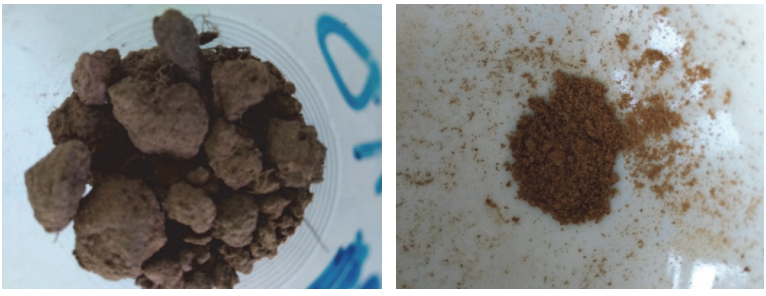
Азотнокислые вытяжки разных проб

Для проведения анализа наливаем в пробирку 1 – 2 мл пробы воды, добавляем 1 каплю концентрированной азотной кислоты для окисления Fe^{2+} и только потом приливаем 1 – 2 мл 5 %-го раствора KSCN. В случае твердой пробы помещаем в пробирку или стаканчик такое ее количество, чтобы высота составляла не более 1 мл, добавляем еще 1 – 2 мл 30 %-ной HNO_3 и хорошо размешиваем. Азотная кислота тут играет двойную роль: она и окисляет Fe^{2+}, и растворяет твердые соединения железа. Полученный раствор (так называемую вытяжку) сливаем с твердой пробы в другую пробирку (или отфильтровываем). Далее приливаем к вытяжке 1 – 2 мл 5 %-го раствора KSCN.

После проведения анализа оставляем для дальнейшей работы лишь те пробы, в которых содержание железа максимально. Понятно, что иной раз сложно невооруженным глазом сделать выбор, какой красный раствор краснее. Тогда вы можете поступить двумя способами: оставить несколько проб или сделать количественный анализ, например, определив концентрацию роданида железа по оптической плотности раствора с помощью прибора.

Что теперь? Начинаем восстанавливать выбранную пробу? Не торопитесь! Если это проба воды, концентрацию соединений железа в ней можно увеличить упариванием. Упарили в 10 раз – концентрация выросла на порядок.

А если это твердая проба? Ее тоже необходимо подготовить. В пробах, собранных у водных объектов, много влаги; пробы, кажущиеся сухими, наверняка содержат не оксиды, а гидроксиды, так что прокаливание им тоже не помешает. Нагреваем пробы на сковородке, или в старой кастрюле, или в ненужной жестянке, и не забываем хорошо перемешивать. Периодически нагревание следует приостановить, выбросить лишние камушки и веточки, растереть комки и крупные частицы в ступке; потом снова возобновить прокаливание. В конце концов, проба перестанет сваливаться во влажные комочки, и выделение пара прекратится. Вот теперь все готово.



Исходный вид одной из проб, взятой на речном обрыве (слева), и эта же проба, прокаленная и растертая (справа)

О том, как получить из подготовленной руды желанный металл, читайте в следующем номере.

Егорова Анна Павловна
Ученица 11 химического класса СУНЦ МГУ

Частицы гексаферрит-золото для биомедицины и не только

Как приклеить золото к магнитной частице? И зачем? О работе, сделанной в сотрудничестве с факультетом наук о материалах МГУ, рассказывает экспериментатор. Научный руководитель работы – аспирант ФНМ МГУ Евгений Олегович Анохин.

Отличительной чертой нашего времени является тяга к междисциплинарности: постепенно люди начали осознавать, как полезно порой бывает взаимодействие наук для прикладных целей. Например, в медицине подбор форм новых фармакологических препаратов осуществляется благодаря компьютерному моделированию, проведение детальной диагностики проводится с применением биофизики, наночастицы используются в качестве меток в иммуноанализе.

Одна из главных задач современности – поиск новых методов и средств терапии видов рака различного генеза. Новым перспективным направлением магнитной терапии рака является механическое воздействие на мембраны клеток, управляемое внешним магнитным полем. Один из способов повышения селективности терапии – ковалентное связывание специфических к раку антител с магнитными частицами, которое может быть достигнуто путем пришивки через якорные группы. В качестве наиболее удобной подложки для подобной «сшивки» выступает золото, способное образовывать прочные связи с серосодержащими якорными (функциональными) группами. Перед нами встаёт вопрос: к каким же именно частицам стоит пришивать золото?

Наиболее часто встречающиеся магнитные жидкости состоят из суперпарамагнитных частиц, которые обладают высокой магнитной восприимчивостью и в то же время нулевой остаточной намагниченностью, а это значит, что они теряют свои свойства в отсутствие магнитного поля. Известно несколько примеров жидкостей на основе частиц, у которых та самая остаточная намагничиваемость есть, так называемых маг-

нитотвёрдых частиц. Но возникает другая проблема – сохранение коллоидной стабильности. Из-за диполь-дипольного взаимодействия частицы достаточно охотно агрегируют (слипаются) и выпадают в остаток, что весьма плачевно. Потому необходимо найти способ сделать так, чтобы растворы были стабильными, а частицы оставались в наноразмерном диапазоне.

В группе новых магнитных материалов на Химическом факультете МГУ мы занимаемся разработкой ряда перспективных направлений. К ним относится получение материалов для постоянных магнитов, не содержащих редкоземельных элементов, с рекордными магнитными характеристиками; вторым направлением является разработка неорганических мономолекулярных магнитов. Также мы получаем и исследуем уникальные магнитные жидкости на основе магнитотвердых наночастиц, которые могут быть использованы в магнитооптике и магнитомеханической терапии.

Мы синтезировали магнитотвёрдые частицы гексаферрита стеклокерамическим методом. Подобная методика синтеза позволяет получать частицы высокого структурного качества с однородной намагниченностью. Для этого нужно было сначала из смеси карбонатов, оксидов металлов и борной кислоты путём высокотемпературного плавления и закалки получить боратные стёкла, а потом подвергнуть их кристаллизации при температуре 700°C в течение двух часов для получения стеклокерамики. Чтобы получить коллоидный раствор магнитных частиц, предварительно необходимо избавиться от боратной немагнитной матрицы, которую можно растворить хлороводородной кислотой: перетёртую стеклокерамику смешать с HCl, оставить отстаиваться на магните несколько минут, а когда наночастицы гексаферрита осядут на дне стакана, аккуратно слить жидкость, оставляя частицы нетронутыми.

В лаборатории была предпринята попытка получить композиты гексаферрита с золотом, смешав раствор коллоида с восстановителем и золотохлороводородной кислотой, но подобная методика не позволяет достичь желаемого результата – осаждаются крупные агрегаты золота, причём отдельно от гексаферрита. Поэтому возникла идея модифицировать поверхность наночастицы аморфным диоксидом кремния, который будет выполнять роль «клеевого» слоя. Для этого к образцу коллоида прикапывали раствор силиката натрия при постоянном перемешивании и контроле кислотности среды. В итоге получили частицы со структурой ядро-оболочка (рис. 1), распределенные в жидкости-носителе.

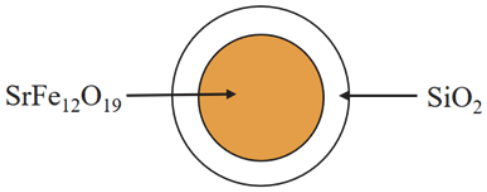


Рис. 1. Структура модифицированных наночастиц

Заключительная стадия – получение композитов: золотохлороводородную кислоту нейтрализовывали, после чего смешивали при комнат-

ной температуре с коллоидным раствором и небольшим количеством органического восстановителя (этиленгликоля). Для того, чтобы в растворе могла «жить» монодепротонированная форма этиленгликоля, обладающая наибольшей восстановительной способностью, необходимо было предварительно нейтрализовать кислоту.

Таким образом мы получили коллоидные растворы магнитотвёрдых наночастиц гексаферрита стронция, поверхность которых модифицировали тонким слоем оксида кремния путем кислотного гидролиза силиката. Мы разработали методику осаждения наночастиц золота на поверхности путём полиольного восстановления солей золотохлороводородной кислоты в щелочной среде при комнатной температуре, доказали, что коллоидные растворы стабильны (рис. 2), и показали с помощью метода динамического светорассеяния, что средний размер частицы – 50 нм, Дзета-потенциал – это разность потенциалов поверхности коллоидной частицы и слоя жидкости около неё, определяющая ее стабильность (значение –32 мВ говорит о хорошей устойчивости системы). Согласно просвечивающей электронной микроскопии (рис. 3), частицы композита обладают морфологией «зерно на поверхности», где зёрна – это десятинанометровые частицы золота.

Наше исследование – перспективная основа для дальнейших разработок, например, получения цельной оболочки на поверхности магнитотвёрдых частиц гексаферрита и последующего изучения поведения и стабильности в различных биологических средах.

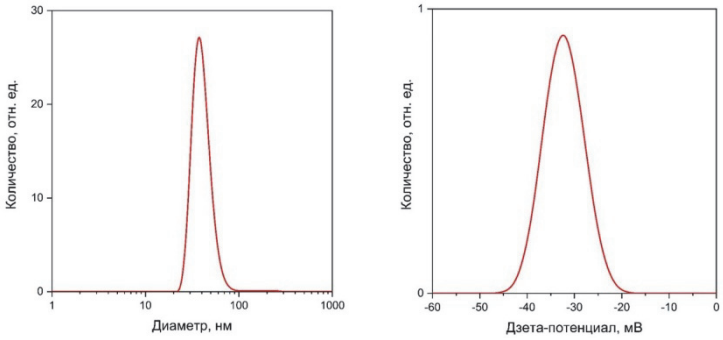


Рис. 2. Стабильность и свойства коллоидов

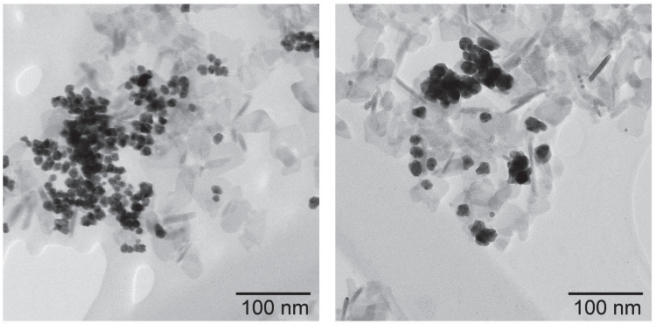
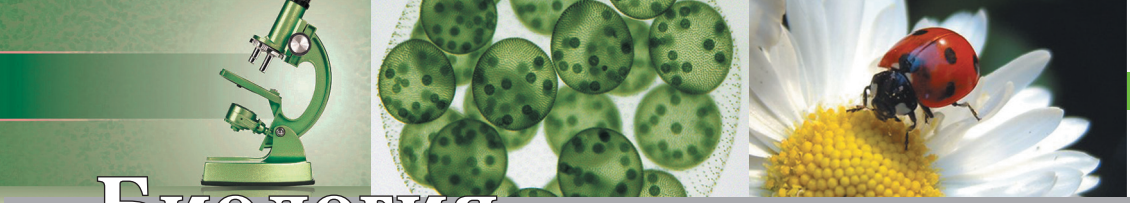


Рис. 3. Морфология частиц (на поверхности видны зерна золота со средним диаметром 10 нм)



Орлов Михаил Анатольевич
Младший научный сотрудник Института биофизики клетки Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Пущинский научный центр биологических исследований Российской академии наук», г. Пущино

Текст и подтекст: физические свойства ДНК

Устройство и функционирование ДНК много сложнее, чем ее устоявшийся образ «двойная спираль». Статья предлагает разобраться в этом на самом глубоком уровне – уровне атомов и физических взаимодействий.

ДНК и ее назначение

Для того, чтобы живая клетка могла сформироваться, успешно функционировать (в частности, в «коллективе» своего клеточного окружения) и воспроизводить себя, ей необходимы соответствующие инструкции. В XX в. ученым удалось выяснить, что местом их хранения является ДНК. Вообще говоря, все, чем некоторый организм может стать в ходе своего индивидуального развития, как и эволюционная родословная, хранится в этой своеобразной памяти ДНК. Молекула дезоксирибонуклеиновой кислоты приобрела ряд особых свойств, позволяющих хранить и передавать информацию; они сильно отличают ее от других биомолекул (РНК и белков). Так, ДНК приходится: во-первых, быть сильно компактизированной (плотно упакованной в очень маленьком объеме) при возможности к разворачиванию, и во-вторых, активно взаимодействовать со своим окружением (прежде всего ДНК-связывающими белками) в ходе регуляции, т. е. настройки ее активности. В то же время ДНК должна обеспечивать надежное хранение и последующую передачу информации, закодированную в последовательности мономеров (мономеры – повторяющиеся структурные единицы полимера, которые в данном случае называют *нуклеотиды*). Давайте рассмотрим, какие именно структурные свойства ДНК делают эту молекулу уникальной.

Структура ДНК

Пожалуй, каждый имеет некоторое представление о том, что ДНК – это двойная спираль, состоящая из двух закрученных друг относительно друга цепей. Неудивительно: эта молекула стала мемом в популярной культуре. Недавно ДНК даже получила собственную пиктограмму-эмодзи (рис. 1) в числе всего нескольких, связанных с наукой [1].

Рис. 1. Пиктограмма ДНК

Итак, молекула ДНК представляет собой что-то вроде пожарной лестницы, скрученной за оба конца вокруг длинной оси (рис. 2A). Каждая «ступень»-мономер состоит из трех компонентов: остатка сахара, фосфатной группы и азотистого основания (рис. 2B). В случае РНК (другой нуклеиновой кислоты и ближайшего родственника ДНК) сахар – это рибоза, в то время как в ДНК обнаружена дезоксирибоза. Дезоксирибоза отличается от рибозы тем, что у нее удален («де», «дез-») один из кислородов («окси-»); именно этот сахар стал основой для названия ДНК. Чередующиеся с фосфатами остатки дезоксирибозы образуют сахарофосфатный остов – «хребет» молекулы, ее однородную по всей длине структурную основу (рис. 2C). Остаток фосфорной кислоты несёт большой отрицательный заряд; обилие таких групп делает ДНК заряженной отрицательно, причем неоднородно – в определенных частях структуры. Это существенно для ее взаимодействий с белками (рис. 2I).

Если сахарофосфатный остов один и тот же по всей длине ДНК, то азотистые основания (нуклеозиды), напротив, различаются в отдельных «звеньях» полинуклеотидной цепи. Как следует из названия, азотистые основания содержат азот; в случае ДНК их всего 4 вида (аденин, гуанин, тимин и цитозин – обозначаются как A, G, T и C соответственно). Аденин и гуанин по химической природе относятся к пуринам – азотсодержащим соединениям с двумя соединенными (на языке химии – конденсированными) углеродными кольцами. Цитозин и тимин являются пиримидинами – также содержащими азот соединениями с единственным кольцом.

Таким образом, мономером ДНК (повторяющейся структурной единицей) является нуклеотид, состоящий из сахара-дезоксирибозы, остатка фосфата (вместе образуют сахарофосфатный остов) и азотистого основания одного из 4 типов (рис. 3). Отметим, что в структуре РНК все в целом то же, за исключением замены тимина (T) на урацил (U) и предпочтения одноцепочечной (и, как следствие, не спиральной) формы. Неодинаковые химические группы на концах каждой цепи делает их различимыми. Говоря иначе, каждая из цепочек дуплекса (т. е. двух нитей, комплементарных друг другу и закрученных друг относительно друга в спираль) имеют «начало» и «конец» (5'- и 3'-концы). При этом они имеют противоположную ориентацию: 5'-конец одной прилегает к 3'-концу другой. Благодаря этому у дуплекса в целом также можно выделить 5'- и 3'-конец.

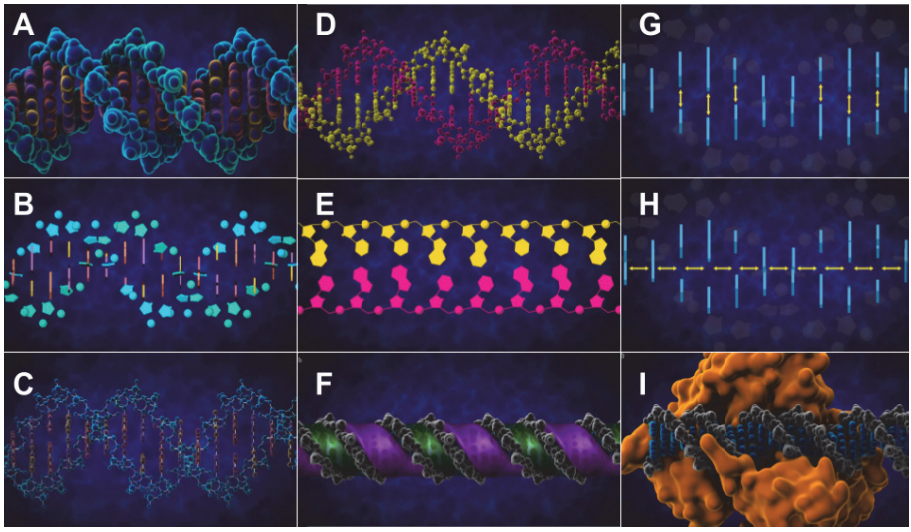


Рис. 2. Структура ДНК. Общий вид двухцепочечной ДНК с разным уровнем детализации [2]:
A) поверхность молекулы, соответствующая максимальной плотности электронов; B) схематическое изображение с указанием компонентов отдельных нуклеотидов (шарики – фосфат, пятиугольники – сахар дезоксирибоза, цветные линии – азотистые основания, показанные в профиль);
C) изображение отдельных атомов; D) две цепочки дуплекса показаны разными цветами на двойной спирали ДНК; E) то же, на развернутых цепочках (обозначения компонентов дуплекса как на 2B); F) цветами показаны малый (зеленым) и большой желобки (фиолетовым); G) направление действия водородных связей, стабилизирующих дуплекс; H) направление действия стэкинг-взаимодействий; I) связывание белка на желобках ДНК

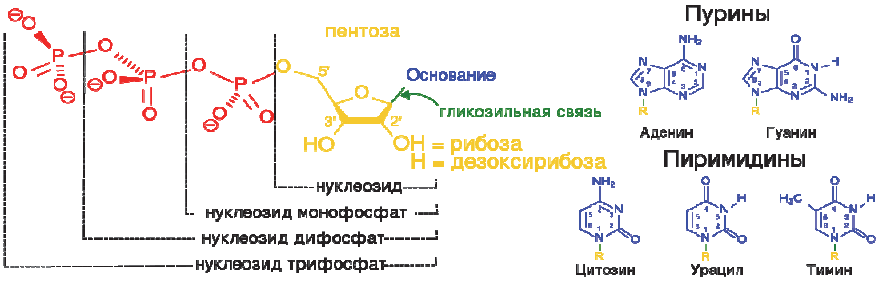


Рис. 3. Устройство нуклеозида и типы нуклеотидов, представленные в ДНК и РНК (https://ru.wikipedia.org/wiki/Нуклеотиды)

В связи с обилием фосфатов (имеющих значительный отрицательный заряд) обе полинуклеотидные цепи несут сильный одноименный (а именно отрицательный) заряд. Казалось бы, это должно вызывать их сильное взаимное отталкивание. Каким же образом они удерживаются вместе в двухцепочечной ДНК? Прежде всего, многие из зарядов нейтрализованы окружающими положительно заряженными атомами. Помимо этого, цепи удерживаются водородными связями

между комплементарными (как бы «подогнанными» друг под друга) основаниями, расположенными напротив в разных цепочках. Водородные связи относятся к сравнительно слабым и способным легко формироваться и разрываться (рис. 2G). Именно надлежащее формирование этих связей определяет специфическое спаривание A с T и G с C. А это, в свою очередь, необходимо для поддержания строго выдержанной структуры дуплекса. Пару A и T связывают две водородные связи, в то время как G с C – три. В результате обилие GC-пар наблюдается в более прочно связанных участках ДНК – более тугоплавких (плавлением ДНК называют расхождение цепей ее дуплекса). Для поддержания формы ДНК существенны также стэкинг-взаимодействия, заставляющие азотистые основания разных нуклеотидов держаться в виде своеобразной «стопки» (англ. «stack») (рис. 2H). Стэкинг-взаимодействия имеют нековалентную природу и связывают ароматические кольца (вроде бензола и его производных).

Наличие двух гребней, соответствующих двум цепям дуплекса, означает и наличие двух желобков между ними. Они ассиметричны – различают большой и малый. При этом желобки (и, прежде всего, большой желобок) являются местом посадки ДНК-связывающих белков, поскольку имеют специфическую узнаваемую форму поверхности (рис. 2I).

Стоит отдельно отметить, что дуплекс ДНК может существовать в различных формах. Наиболее стандартной является закрученная вправо B-форма; также описаны A-форма (тоже правосторонняя спираль), Z-форма (закрученная влево) и ряд менее значимых. При этом между разными формами возможны переходы. Отличия между ними, помимо направления закручивания, определяются его степенью, соответствующей деформацией желобков, количеством связанной с дуплексом воды, а также составом окружающего раствора [3, 4].

Недогматические последовательности

Согласно центральной догме молекулярной биологии (ЦДМБ), генетическая информация реализуется как поток информации от ДНК к РНК и далее – к белку. В основе такой передачи лежит матричный синтез, т. е. способность биополимера служить матрицей для получения новых молекул. Данный поток информации является однонаправленным за исключением «развернутого» перехода от РНК к ДНК в довольно редком случае обратной транскрипции. Эта догма легла в основу молекулярной биологии в середине прошлого века. Довольно скоро выяснилось, что не вся последовательность ДНК оказывается «переписана» на язык РНК (транскрипция) и тем более – на язык белка (трансляция). Часть переведенной последовательности ДНК (транскрипта) останавливается на уровне РНК (некодирующих – включая транспортные, рибосомную и различные типы регуляторных РНК). Некоторые последовательности ДНК «не доходят» даже до уровня РНК, но при этом успешно выполняют вспомогательные, регуляторные функции. Иными словами, некоторый участок ДНК может участвовать в процессе экспрессии (как бы «претворения генетической информации в жизнь») в различных ролях. Если ДНК не кодирует некоторую структуру биополимера, она, тем не менее, может настраиваемо управлять экспрессией генов, служить в качестве области, ответственной за прикрепление структурных белков, реплика-

цию ДНК, в качестве центромер, теломер и т.д.) [3].

Таким образом, не являясь кодирующими, области ДНК могут тем не менее быть значимыми, *функциональными*. Разумеется, при этом они выполняют другие и очень разнообразные геномные функции; механизмы их работы могут также сильно разниться. Любопытно отметить, что в случае человеческого генома на функциональную часть (противопоставляемую в данном случае генетическому мусору – «темной материи» ДНК) приходится, по различным оценкам, 10 – 15 % либо свыше 20 %. При этом из них кодирующими являются лишь 2 % генома *Homo sapiens* [5].

В чем же различие между кодирующими и не кодирующими, но функциональными регионами ДНК на уровне механизмов их работы? Кодирующие последовательности содержат информацию о собственно структуре матричных биополимеров – своей собственной и структуре тех биополимеров, которые расположены «ниже по течению» центральной догмы. В случае функциональных некодирующих участков ДНК, не переходящих при этом на уровень РНК, информация служит для регуляции на данном «этаже» центральной догмы. В частности, такие свойства управляют узнаванием ДНК другими молекулами – прежде всего главными «рабочими лошадками» всякой клетки – белками, а точнее – белками ДНК-связывающими.

Поток генной экспрессии представляет собой исключительно сложное явление и подчас ведет себя плохо предсказуемо. Говоря языком математического моделирования, он имеет *нелинейное поведение*. Это означает, что небольшие изменения в этой многокомпонентной системе могут вызывать неожиданно сильные перестройки. Именно поэтому это еще и система со сложной и надежной регуляцией, которая призвана уберечь ее от хаоса. Регуляция определяет, какие процессы в данный момент должны протекать активнее либо медленнее, включаться и выключаться. Она включает в себя и саморегуляцию (способность устанавливать и поддерживать на определенном уровне те или иные физиологические функции), и такое более частное явление, как авторегуляция (свойство конкретного гена, продукт которого регулирует его собственную экспрессию) [6].

Что же делает возможным такое хитроумное поведение системы? На уровне транскрипции – то, какие белки, на каком сайте (сайты – определенные последовательности ДНК длиной всего несколько нуклеотидов) и как связывают ДНК и какие последующие перестройки за этим следуют. Такую возможность обеспечивает переключаемость ДНК-белковых взаимодействий. А она, в свою очередь, требует специфичности (избирательности) посадки белка на молекулу ДНК. Как же находят ДНК-связывающие белки свои целевые сайты – в нужный момент времени и в нужном состоянии?

Данная избирательность может объясняться наличием особых «слов» в последовательности нуклеотидов. Хороший пример представляют собой эндонуклеазы рестрикции (рестриктазы). Эти ферменты очень специфичны и связывают особые предназначенные для их узнавания сайты. Расщепление происходит в точно заданном относительно сайтов связывания положении (например, в 6 нуклеотидах дальше от такого сайта) [7]. Другие регуляторные ДНК-связывающие белки ведут себя несколько сложнее в том отношении, что места их посадки не могут быть определены просто наличием слова-«пароля» в нуклео-

тидной последовательности. Примером такой нестрогой специфичности служат точки инициации («запуска») репликации ДНК, сайты посадки транскрипционных факторов и т.д. Особый интерес в этом отношении представляют промоторы – участки ДНК, на которых происходит первый этап транскрипции (ее инициация), поскольку изучение именно их физических свойств особенно актуально. Причина состоит в том, что промоторы обычно не имеют четкого и строго определенного мотива (определенных «слов» генетического текста). Однако для них описаны ряд структурных и физических особенностей, напрямую определяющих их связывание с ответственными за транскрипцию белками (прежде всего – РНК-полимеразой, которая, собственно, и синтезирует РНК). Особенно удобно изучать транскрипцию у бактерий, поскольку в их случае РНК-полимераза является единственным необходимым белком (у эукариот – ядерных организмов – вовлекаются и другие участники) [8].

Дополнительная актуальность данной тематики следует из одной из традиционных задач биоинформатики, имеющей множество практических приложений. Речь идёт о предсказании промоторных областей, т. е. использовании машинного обучения для определения локализации промоторов в не исследованных в этом отношении геномах. Отсутствие строго определенных (консенсусных) последовательностей промоторов сделало эту задачу постоянно решаемой и не получающей удовлетворительного решения. С использованием альтернативного подхода, основанного на рассмотрении физических свойств дуплекса, наметился значительный прогресс в этой области. Особенно эффективным мы считаем использование нескольких различных физических свойств ДНК одновременно [8]. Таким образом, собственно последовательность нуклеотидов не может объяснить закономерности работы промоторных областей. Далее мы рассмотрим подробнее, что именно определяет процесс их специфического и настраиваемого взаимодействия с машинерией транскрипции ДНК.

Физика ДНК – ее «второй язык»

Для начала разберемся с терминологией, а именно с различием между *прямым* и *непрямым* узнаванием ДНК белком. *Прямое распознавание* (англ. direct readout) подразумевает конкретные взаимодействия между определенными аминокислотными остатками полипептидной цепи и нуклеотидами ДНК. Информация о таких контактах может быть получена при исследовании кристаллической структуры комплекса ДНК-белок. Однако все больше исследований указывают на важность, в дополнение к прямому распознаванию, ряда физических и структурных параметров ДНК в ходе так называемого *непрямого узнавания* (англ. «indirect readout»). Характеристики дуплекса, имеющие в этом случае сигнальное для белка значение, определяются уже не изолированными нуклеотидами, а их совокупностью в виде определенного контекста. Основанные на непрямом прочтении механизмы связывания подразумевают считывание белком структурных характеристик ДНК, в том числе большого и малого желобков, полифосфатного остова, внутренне присущей изогнутости дуплекса в целом, параметров его гидратирования, гибкости и т.д.

К моделированию некоторого объекта можно подходить, рассматривая различные типы взаимодействий, фундаментальные физические силы и т.д. В соответствии с этим ДНК можно рассматривать с разных позиций – ее заряда, стабильности, структуры... – множества физических свойств ДНК. Иногда говорят также о ее физико-химических свойствах, однако, имея дело с одиночной молекулой ДНК, мы вряд ли можем разграничить физику и физическую химию, так что будем говорить только об ее физике для краткости. Транскрипция, как и другие процессы экспрессии генов, носит многостадийный характер со сложным разворачиванием во времени даже в случае бактерий (прокариот). Она включает последовательные этапы: инициацию, элонгацию и терминацию. Промоторы вовлечены именно в инициацию транскрипции: они непосредственно прилежат к точке старта транскрипции (ТСТ), за которой следует собственно кодирующая последовательность. Для успешной инициации транскрипции РНК-полимераза должна успешно сблизиться с промоторным участком ДНК, правильно сориентироваться относительно ДНК и сесть на нее, после чего ДНК должна быть расплавлена для успешного продвижения белков (комплекса элонгации) в процессе элонгации с наработкой РНК. На каждом из этих этапов решающее значение имеют различные физические свойства. Рассмотрим самые существенные в соответствии с этой хронологии физические свойства ДНК и их роль во взаимодействии ДНК и РНК-полимеразы [9, 10].

Бактериофаг Т7: роль физики промоторов в их активности

Мы уже упоминали, что ДНК несет значительный отрицательный заряд (за счёт обилия фосфатных остатков). С белками все несколько сложнее: заряд на их поверхности обусловлен тем, что отдельные мономеры (строительные единицы) аминокислотной природы могут нести некоторый заряд – как положительный, так и отрицательный. Возникает сложная картина взаимодействий зарядов, подчиняющихся основополагающему закону электростатики – закону Кулона. Согласно нему, направление взаимодействий зарядов определяется знаком их заряда (притягиваются разноименные, отталкиваются одноименные). Сила этих взаимодействий прямо пропорциональна величине заряда и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Закон Кулона и другие закономерности электростатики могут с успехом применяться к биомолекулам. В случае взаимодействующей пары промотор – РНК-полимераза электростатические взаимодействия имеют большое значение и изучаются несколько десятков лет. Среди всех физических свойств ДНК только электростатический потенциал может быть распознан белками на значительном отдалении и на самых ранних этапах распознавания до возникновения межмолекулярных контактов [10].

Особое значение электростатические взаимодействия имеют для правильной ориентации ДНК относительно белка, что обеспечивает надлежащее формирование комплекса при их связывании на следующих стадиях инициации. В работах нашего коллектива из Института биофизики клетки РАН (Пущино) была разработана простая модель электростатического заряда ДНК. Она описывает его ве-

личину и знак на поверхности цилиндра, построенного на расстоянии порядка нанометра от поверхности двойной спирали, не требуя при этом значительных вычислительных мощностей, и потому применима к протяженным участкам ДНК. С помощью этой модели возможно получать соответствующие двумерные карты (развертку такого цилиндра) (рис. 4), которые можно усреднять по отдельным срезам с получением одномерных профилей (рис. 5) [11].

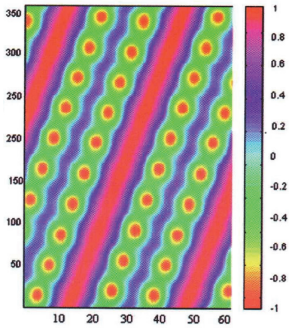


Рис. 4. Распределение электростатического заряда на поверхности ДНК, последовательность которой представляет повторы АТ (поли-АТ). Цветом обозначена величина заряда [11]

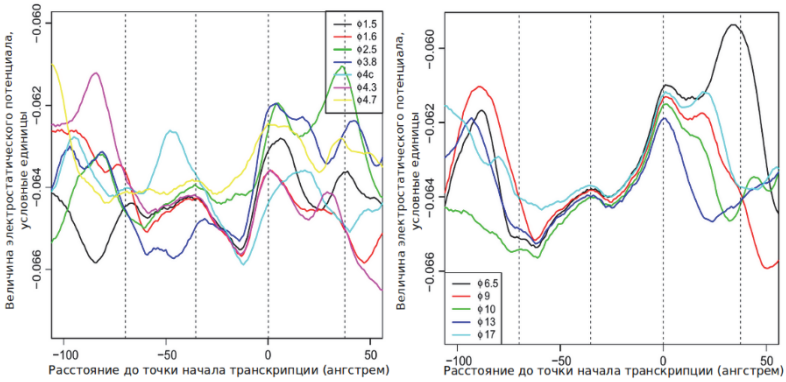


Рис. 5. Профили электростатического потенциала промотора бактериофага Т7, относящихся к классу II (слева) и классу III (справа) [12]

Наша модель с успехом применена к ряду бактериальных геномов и к геномам бактериофагов – вирусов бактерий [12, 13]. Напомним, что бактериофаги занимают пограничное положение на краю живого как за счет размеров, так и в связи с невозможностью к самостоятельному существованию – они обязательно паразитируют на клетках. В результате их геном и, в частности, организация транскрипции достигли крайней степени упрощения и эффективности на фоне ряда специфических адаптаций к паразитизму. Центральным объектом наших работ является бактериофаг Т7, поражающий кишечную палочку *E. coli* (рис. 6).

Рис. 6. Бактериофаг Т7: срез через вирусную частицу и общий вид

Фаг Т7 представляет собой икосаэдрическую головку, внутри которой хранится плотно упакованная геномная ДНК. Размер генома очень мал – всего 40 тысяч пар оснований (для сравнения, у бактерии *E. coli* – 4,6 миллионов) К головке крепится хвостовая часть вирусной частицы. Она имеет тонкие нити и ответственна за взаимодействие с поверхностью клетки-хозяина, в частности, за внедрение ДНК внутрь. Пустая вирусная частица при этом остается вне бактерии [14].

Геном Т7 функционирует как своеобразный каскад. В нем выделяют три различные области, включающиеся последовательно одна после другой. В соответствии с этим выделяют области ДНК бактериофага: раннюю и области генов II и III класса. У каждой из этих областей свои своеобразные промоторы, радикально отличающиеся по своим биохимическим и функциональным свойствам, но практически идентичные (или в точности идентичные) по последовательности нуклеотидов. Отдельно отметим, что ранняя область транскрибируется «хозяйской», бактериальной полимеразой. Этот массивный фермент присутствует в клетке до проникновения фага – последнему достаточно ее просто «угнать». После того, как ранняя область завершит свою работу, в клетке будет наработан закодированный там собственный фермент бактериофага – Т7-РНК-полимераза. Это очень маленькая, быстрая и точная полимераза, не требующая для своей деятельности никаких других молекул. Именно это делает ее уникальной и активно используемой в биотехнологии и генной инженерии. Соответствующие промоторы ей под стать: очень малы (примерно 20 пар оснований) и очень специфично связывают свою пару [10, 13].

Именно такая избирательность делает возможным точное переключение между фазами активности жизненного цикла Т7: инактивацию области II и включение области III. Такая специфичность кажется довольно неожиданной, если учесть очень близкую последовательность всех промоторов обоих участков генома. При этом точность и регулируемость связывания не ограничивается переключением между классами II и III. Промоторы могут отличаться также по тому, вовлечены ли они в другой процесс с участием ДНК – репликацию – или нет [13].

Однако если мы посмотрим на физические свойства дуплекса промоторных областей, они окажутся различающимися радикально. Если изобразить эти свойства, мы видим легко различимые профили. В случае изображенной в виде одномерных профилей отдельные классы объединяет общая форма кривой при резком отличии их у промоторов из разных классов (рис. 4) [12].

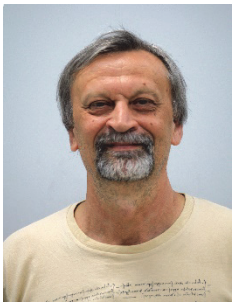
Примечательно, что размер и даже форма заметных здесь электростатических пиков и долин эволюционно подобрана таким образом, чтобы они были взаимодополняющими с таковыми на поверхности белка (T7-РНК-полимеразы) [10]. Подобные радикальные различия промоторов двух групп отмечены нами также для другого параметра ДНК – склонности к плавлению при скручивании (англ. Stress-induced Duplex Destabilization, SIDD). Это свойство дуплекса важно на поздних стадиях инициации транскрипции, когда происходит расхождение цепей (плавление молекулы). Благодаря этой стадии инициации высвобождаются однонитевые участки ДНК, которые, в отличие от двухцепочечных, можно легко считывать при транскрипции или копировании ДНК (репликации). Параметр SIDD, таким образом, делает одни промоторы активными при определенной механической деформации (скрученности) на фоне неактивности других. За счёт этого возможна быстрое включение отдельных генов, а также настройка уровня их активности [13]. Стоит отметить, что подобная «игра» на контрасте физики ДНК обнаружена нашей группой для бактерии – внутриклеточного паразита птиц (*Mycoplasma gallisepticum*). В этом случае небольшая группа промоторов (следовательно, и связанных с ними генов) оказывается очень слабо дестабилизированной (тугоплавкий дуплекс) при очень высокой легкоплавкости остальных. Именно эта небольшая группа – это промоторы генов *vlhA*, ответственные за способность этой бактерии-патогена заражать клетки. Экспрессия генов данного семейства, как показано ранее, быстро меняется в ходе инфекции. Это позволяет паразиту ловко избегать защитные механизмы хозяина за счёт резкого переключения названных генов. В данном случае мы впервые высказали предположение об участии физических свойств промоторных последовательностей ДНК, которые особенно подходят для оперативного и настраиваемого изменения активности промоторов [14].

На примере простых и высокоэффективных геномов внутриклеточных паразитов мы проиллюстрировали, что на одной и той же молекуле ДНК уживаются два различных типа последовательностей. Первые кодируют информацию на уровне последовательности конкретных нуклеотидов. Эта информация предназначена для копирования в виде опять-таки последовательности полимера – того же самого (когда ДНК служит матрицей для синтеза ДНК) при *репликации* или расположенного «ниже по течению» центральной догмы молекулярной биологии в ходе последовательных *транскрипции* и *трансляции*. Последовательности второго типа играют служебные роли разного рода, в частности, определяют физические свойства дуплекса ДНК. Последние напрямую и настраиваемо используются для управления взаимодействиями ДНК и различных белков. В результате открывается возможность быстро и точно регулировать множество клеточных, метаболических и т.д. процессов. Это представляет собой хороший пример универсального многообразия функционирования живого на его самом базовом уровне.

Список литературы

1. Emojipedia: https://emojipedia.org/dna/

2. Youtube, The Structure of DNA: https://www.youtube.com/watch?v=o_-6JXLYS-k
3. Alberts B, Johnson A, Lewis J. et al. Molecular Biology of the Cell. 4th edition. – New York: Garland Science, 2002. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/.
4. Koudelka G.B., Mauro S.A., Ciubotaru M. Indirect Readout of DNA Sequence by Proteins: The Roles of DNA Sequence-Dependent Intrinsic and Extrinsic Forces. // Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology, 2006, 143-177. doi:10.1016/s0079-6603(06)81004-4.
5. Ponting C.P., Hardison R.C. What fraction of the human genome is functional? // Genome Research, 2011, 21(11), 1769-1776. https://doi.org/10.1101/gr.116814.110.
6. Тарантул В.З. Толковый биотехнологический словарь. Русско-английский. – М.: Языки славянских культур, 2009. – 936 с.
7. Pingoud A., Alves J., Geiger R. Chapter 8: Restriction Enzymes. In Burrell M. (ed.). Enzymes of Molecular Biology. Methods of Molecular Biology. **16**. – Totowa, NJ: Humana Press, 1993, pp. 107-200. ISBN 0-89603-234-5.
8. Ryasik A., Orlov M., Zykova E., Ermak T., Sorokin A. Bacterial promoter prediction: Selection of dynamic and static physical properties of DNA for reliable sequence classification. // Journal of Bioinformatics and Computational Biology, 2018, 16(1), 1840003. https://doi.org/10.1142/s0219720018400036.
9. Steffen N.R., Murphy S.D., Tolleri L., Hatfield G.W., Lathrop R.H. DNA sequence and structure: direct and indirect recognition in protein-DNA binding. // Bioinformatics, 18 (Suppl 1), 2002, S22-S30. doi:10.1093/bioinformatics/18.suppl_1.s22.
10. Сорокин А.А., Джелядин Т.Р., Орлов М.А., Зыкова Е.А., Камзолова С.Г. Пространственная организация электростатических взаимодействий Т7 РНК-полимеразы с поздними промоторами Т7 ДНК. // Вестник Биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова, 2016, т. 12, № 4, с. 64-71.
11. Polozov R.V., Dzhelyadin T.R., Sorokin A.A., Ivanova N.N., Sivozhelezov V.S., Kamzolova S.G. Electrostatic Potentials of DNA. Comparative Analysis of Promoter and Nonpromoter Nucleotide Sequences. // Journal of Biomolecular Structure and Dynamics, 1999, 16(6), 1135-1143. https://doi.org/10.1080/07391102.1999.10508322.
12. Орлов М.А., Камзолова С.Г., Рясик А.А., Зыкова Е.А., Сорокин А.А. Профили вызванной суперспирализацией дестабилизации дуплекса ДНК (SIDD) для промоторов бактериофага Т7. // Компьютерные Исследования и Моделирование, 2018, 10, № 6, с. 867-878.
13. Orlov M.A., Ryasik A.A., Sorokin A.A. Destabilization of the DNA Duplex of Actively Replicating Promoters of T7-Like Bacteriophages. // Molecular biology, 2018, vol. 52, № 5, p. 686-692.
14. Wikipedia, T7phage: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Phage_T7.png
15. Orlov M., Garanina I., Fisunov G.Y., Sorokin A. Comparative Analysis of Mycoplasma gallisepticum vlhA Promoters. Frontiers in Genetics, 2018, 9. https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00569.



Нечипоренко Юрий Дмитриевич[1]
Старший научный сотрудник Института молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, работы связаны с изучением ДНК и математическим моделированием в биофизике

Вирусы – пираты

Что такое вирус, как он работает? Всегда ли вирусы опасны? Ответы на эти вопросы ищите в статье.

Слово «вирус» происходит от латинского «яд, сок, слизь», отсюда оно пошло в английский и немецкий языки, на английском звучит как «вайрус», что-то похожее на «вор». И верно, вирус – это такой вор, молекулярный супервор, у которого ничего нет своего, а всё ворованное.

Чтобы понять, как же ему удаётся так удачно жить, всё воровать и заставлять всех работать на себя, нам надо будет рассказать, как он устроен и как устроена клетка.

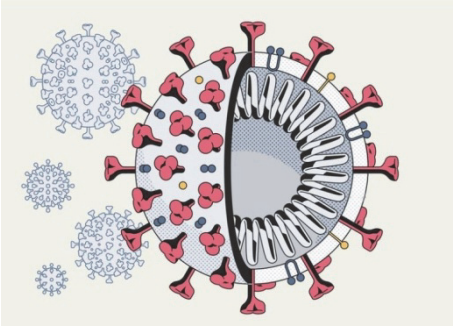
Ученые спорят до сих пор, вирус – это живое или неживое? Он существует на грани живого и мёртвого, существа и вещества. Считается, что живое – то, что может самовоспроизводиться, то есть производить себе подобные же живые существа, клетка от клетки – это было великое открытие биологии середины XIX века. Клетке, чтобы воспроизвести себя, не надо ничего, кроме питательных веществ. А вирусу нужна клетка.

С другой стороны, есть такое мнение, что вирус – это как костыль для клеток, что он помогает им лучше устроиться в жизни, потому что переносит гены между разными клетками. Так что даже воровство тоже может быть полезным! Но это если мы поднимемся на другой уровень и будем рассуждать уже не об отдельной клетке, а об их сообществе. Так это или не так, вы сами можете решить, но в начале я немного расскажу про жизнь клетки, чтобы было понятно, как вирус умудряется её поработить, и как клетка этому сопротивляется.

Главная задача вируса – проникнуть в центр управления клетки и заставить её работать на себя. Для этого есть у разных вирусов свои приемы. Во-первых, вирусы могут цепляться за клетку специальными

[1] Фото Л. Осепяна.

выростами – крюками, которые хватаются за всякие неровности у клетки, ведь клетка тоже не напоминает простой шарик, из нее высовываются белки-рецепторы. Есть такие «нанороботы», которые наполовину торчат из клетки наружу, наполовину – внутрь, они служат переносчиками важных веществ, которые нужны клетке. Вот к таким «нанороботам» и их частям могут цепляться щупы и крюки вирусов. У разных клеток разные рецепторы, и потому вирусы могут на одни клетки нападать, а другие миновать. Скажем, известный всем теперь коронавирус имеет такие выросты, которые напоминают корону, именно они и цепляются за рецепторы эпителия, которых много в клетках желудка и легких.



Вирус SARS-CoV-2 (https://www.instagram.com/manuelbortoletti/)

Во-вторых, вирусы могут использовать свойства самой клетки – она любит что-то поглощать из окружающей среды, может хватать себе в качестве пищи разные молекулы, вот вирус и пролезает в клетку вместе с пищей или вместо пищи.

Однако мало пролезть в клетку – надо ещё заставить её работать на себя, для этого вирусы обычно стараются проникнуть в её управляющий центр. Здесь разные вирусы ведут себя по-разному: одни сразу «раздеваются» и потом в качестве голой РНК лезут в поры ядра, другие используют систему транспорта самой клетки... Для вируса важно, чтобы клетка его не распознала, чтобы «таможенники», «полиция» и всякие другие охранные системы не сообразили, что в клетку лезет враг.

Итак, после того, как вирус разделся и в виде кусочка ДНК или РНК вошел в ядро, он начинает копировать свои инструкции по сборке, то есть эти самые молекулы. Вначале он использует для этого уже готовые и созданные там «копировальные машинки», а потом делает свои. То есть вирус создает своего переписчика – он использует для этого клеточную фабрику для сборки белков, – и потом уже копирует свои инструкции, сколько ему хочется. При этом переписчик его самый что ни на есть простецкий, он за точностью, в отличии от переписчиков самой клетки, не особо следит – потому все инструкции получаются кривые, и часто по ним собираются какие-то кривые вирусы, никчемные и негодные даже к своему вирусному пиратскому делу. Но все же большая часть вполне годится для того, чтобы устроить в клетке подлость. А некоторые так ещё оказываются злее, подлее и ядовитее, чем были!

Но надо сказать, вирус не особо заинтересован в том, чтобы убивать своего главного хозяина – человека. Ему ведь тоже хочется жить, а если хозяин совсем помрёт, то не факт, что вирус найдет себе другого хозяина и продолжит жить. Другое дело – клетка-хозяин: она обычно погибает. Так наиболее ядовитые и злые вирусы наказывают сами себя своей подлостью – и гибнут вместе с клеткой-хозяином. Потому считается, что новые вирусы, которые только захватывают новую среду обитания, новый тип клеток, вначале бывают злее и вреднее, а потом уже

немного «добреют». Вообще оказывается, что в геноме у многих клеток находятся следы различных вирусов, которые когда-то пришли к ним как враги, а потом понемногу с клеткой сжились.

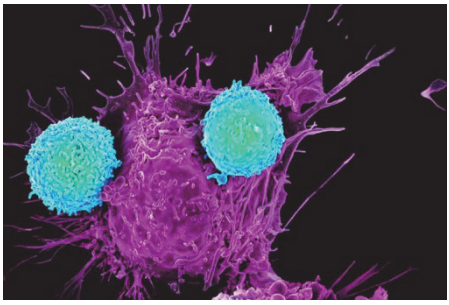
В последнее время, когда определили последовательность всех генов человека, оказалось, что их не так много – всего несколько десятков тысяч. Пара десятков тысяч инструкций, как собирать нанороботов на фабриках, то есть строить белки на рибосоме, и ещё три десятка тысяч записей для производства разных РНК, которые тоже нужны клетке. Все остальные записи кто-то даже обозвал для красного словца мусором, мол, это ненужный текст. Однако чем дальше, тем больше становится ясным, что это не мусор, а инструкции о том, как управлять процессами в клетке, то есть инструкции по управлению инструкциями. Дело в том, что разные гены сами себе не могут сказать, сколько надо производить того или иного белка, сколько в разных ситуациях клетке нужно разных «нанороботов», строительного материала и как реагировать на всякие изменения окружающей среды: что делать, когда не хватает пищи, когда понижается температура вокруг и так далее. На этот случай клетки задействуют разные хитрые схемы регуляции, и здесь оказываются нужны регуляторные последовательности, инструкции над инструкциями. Ведь мало иметь чтецов и переписчиков, надо уметь ими управлять – сколько каких инструкций читать в разных условиях, что переписывать в первую очередь, а что в последнюю. Этим занимаются «распорядители», которыми тоже надо как-то управлять. До сих пор мы не знаем толком, как все эти процессы регулируются в клетке, однако то, что мы узнаём, вызывает восхищение.

Так что не вовсе не мусор, а следы неизведанной пока цивилизации – мудрой молекулярной жизни находятся между генами, в них и вокруг. И в этой жизни много значат вирусы. Вирусы, как недавно стало ясно, позволяют разным клеткам и разным организмам обмениваться между собой генами. Вирусы могут утаскивать гены хозяина и переносить их другому хозяину. Вообще, когда подсчитали число вирусов, то удивилось – их на Земле гораздо больше, чем звезд в небе, 10^{33}! Это при том, что простейших микроорганизмов у нас – 10^{31}, и гораздо больше, чем людей – примерно 10^{10}. Причем каждый человек имеет, кроме своих клеток, гораздо больше клеток микробиома внутри и ещё больше вирусов, которые живут себе тихо-мирно и никому особо не мешают. Многие вирусы встроились в наши гены уже очень давно и там участвуют во всех регуляциях. Есть мнение, что все гены как раз произошли от вирусов, и сама жизнь на Земле тоже имеет вирусное происхождение!

Но не будем уходить так далеко в дебри предположений, лучше расскажем, как клетки борются с вирусами сейчас. Вот захватил какой-то вирус клетку, влез в центр управления и начал командовать, чтобы она все обычные дела отставила и все силы бросила на производство строительных блоков для вируса – обычно это всего штук пять разных белков (как у коронавируса). Криворукие переписчики, о которых мы говорили раньше, переписывают гены вируса, эти самые инструкции по его сборке, они оборачиваются белками и создают частицы вируса в миллионах копий. Частицы лезут из клетки наружу и поступают в межклеточное пространство, чтобы заразить другие клетки.

Но в этом же пространстве у нас разгуливают лимфоциты – клетки,

которые предназначены для того, чтобы найти чужаков. Оболочка вирусов для них – как красная тряпка для быка. Они видят чужие молекулы и начинают производить антитела, которые могут слипаться с вирусными частицами и их нейтрализовать. Чужеродное тело вируса вызывает приток антител, система иммунитета получает приказ «Ату его!» – и выпускает огромное число антител, чтобы уничтожить все вирусные частицы.



Лейкоциты атакуют раковую клетку (https://www.mskcc.org/blog/t-cell-attack-taking-down-cancer-immunotherapy)

Мало того, в зараженную клетку, которая производит вирусы, поступает сигнал: «Ты должна умереть ради жизни других!» Если вирус испортил ещё не все программы в центре управления, клетка делает себе харакири. На всякий случай делают себе харакири и её соседи, чтобы не подцепить заразы. А вы говорите – самоизоляция! В мире клеток диктатура, жесткая дисциплина: заболел – умирай. Сосед или родственник заболел – и ты умирай. Клетки безропотно этому подчиняются, вот где тоталитаризм, о котором мечтал бы любой диктатор.

Антитела атакуют вирусные частицы, разгорается нешуточная борьба, которая порой проявляется как жар, организм повышает температуру, так как обычно вирусы не выживают при температуре 39 градусов... Если у человека сильная иммунная система, если он недавно перенес подобную инфекцию и клетки его готовы к производству нужных антител, то лимфоциты его, натренированные, как гончие, набросятся на вирусы и сожрут их в мановение ока. В общем, такой человек легко перенесет болезнь и даже не заметит её. А если иммунитет слабый, если вовремя не произойдет выработки антител – то вирусы размножатся, как волки, и погрызут всех этих слабых гончих...

Но бывает еще один случай – если ответ на вирус страшнее самого вируса, если тело человека превратится в поле боя, в котором начнут гибнуть пачками здоровые клетки (помните приказ о харакири?), и опасность придёт уже с другой стороны. Вирус пробьёт дыру в иммунитете, и размножатся бактерии, которые всегда есть в организме, но обычно сдерживаются иммунитетом – вот тогда погибнет слишком много нежных клеток эпителия, в пылу этой битвы выгорят лёгкие, и человека надо будет подключать к аппарату искусственной вентиляции... Эти случаи редкие и касаются они только тех, кто сам не может справиться с болезнью. Так что слова о том, что надо укреплять иммунитет, делать дыхательные упражнения и мыть руки – не пустые! Ведь вирусы, эти молекулярные пираты, ничего не могут поделать с сильной иммунной системой и совсем не переносят простого мыла...

Более подробно о жизни клетки и борьбе с вирусами рассказано в книге «Живой дом», которую мы написали вместе с Егором Егоровым, доктором биологических наук.

Олимпиады

Корнейчук Андрей Яковлевич
Учитель химии, руководитель методического объединения естественных наук ГБОУ «Школа № 1535», сотрудник химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. Научные интересы – квантовая химия, квалиметрия, оценка качества образования, методика подготовки к олимпиадам по химии

Трубицын Евгений Александрович
Учитель химии и физики, руководитель методического объединения естественных наук ГБОУ «Школа № 218». Победитель Московской городской олимпиады «Учитель школы большого города» в 2018-2019 уч. году. Научные интересы – методика преподавания курсов химии и физики в школе при условии реализации их одним учителем.

Задания LXXVI Московской городской олимпиады школьников по химии 2020 г. (9 класс)

Московская городская олимпиада по химии ежегодно подкидывает новые интересные задания школьникам, а заодно и их учителям – ведь именно на основе задач прошлых лет готовят новых победителей и призеров. Разбор заданий «мосгора» этого года мы начинаем с комплекта для 9 класса. Каждая задача «стоит» 20 баллов.

Задача №1

В 1703 году немецкий химик Георг Шталь (1659 – 1734 гг.) предложил первую научную химическую теорию – теорию флогистона. Эта теория объясняла и предсказывала ряд фактов, связанных с горением

веществ и получением металлов из руд. Некоторые из положений этой теории приведены ниже:

1. Существует материальная субстанция, содержащаяся во всех горючих телах – флогистон.

2. Горение представляет собой разложение тела с выделением флогистона, который необратимо рассеивается в воздухе, и его движение представляет собой видимый огонь.

3. Флогистон всегда находится в сочетании с другими веществами и не может быть выделен в чистом виде; наиболее богаты флогистоном вещества, сгорающие без остатка.

Георг Шталь (http://historymed.ru/upload/iblock/ce7/ce7ce1dbe57066ff30ded314a46ddbaf.jpg)

На основании положений этой теории и опираясь на ваше знание современных химических теорий, выполните задания и ответьте на следующие вопросы:

1. Где содержится больше флогистона, в угле или в железе?

2. Напишите схемы процессов в рамках теории флогистона: а) сгорание железа до железной окалины, б) горение угля, в) восстановление железной окалины углем, г) восстановление углем серного ангидрида до серы. Выделяющийся/поглощающийся флогистон обозначьте буквой «Ф». Вещества записывайте, используя слова, а не формулы, например, «уголь», «железо» и т.д. Если одно из веществ содержит больше флогистона, укажите это в уравнении реакции.

3. В каком случае выделяется (поглощается) больше флогистона, при сгорании угля или восстановлении серной кислоты углем до серы?

4. Как объяснить в рамках теории флогистона тот факт, что масса окалины больше, чем масса сгорающего железа?

5. Определите массу флогистона, который образуется при сгорании на воздухе 50 кг железа. Примите, что сгорание протекает на 90 %.

6. Кто опроверг теорию флогистона? Как этот ученый объяснил(а) процессы горения веществ?

Решение:

1. Больше флогистона содержится в угле, т. к. он сгорает полностью.

2. Реакции:

а) уголь → Ф;

б) железо → железная окалина + Ф;

в) железная окалина + уголь (содержит больше флогистона) → железо;

г) серный ангидрид + уголь (содержит больше флогистона) → сера.

3. Больше флогистона выделяется при сгорании угля, т. к. сера тоже может сгореть, т. е. содержит какое-то количество флогистона.

4. Этот факт объясняется тем, что флогистон имеет отрицательную массу.

5. При сгорании железа образуется железная окалина Fe_3O_4, при этом 3 моль железа (168 г) присоединяют 2 моль кислорода O_2 (64 г). В нашем случае реагирует масса железа:

$$m(Fe) = 50000 \text{ г} \times 0{,}9 = 45000 \text{ г}.$$

Такая масса железа может присоединить кислород массой:

$$m(O_2) = (45000 : 168) \times 64 \approx 17143 \text{ г.}$$

Следовательно, масса выделившегося флогистона равна -17143 г.

6) Опроверг теорию флогистона Антуан Лоран Лавуазье. Горение веществ по Лавуазье заключается во взаимодействии с кислородом воздуха, за счет чего масса продукта реакции больше массы исходного вещества.

Похожие опыты проводил Михаил Васильевич Ломоносов.

Критерии оценивания:

1) Ответ, что больше флогистона в угле – 1 балл. Объяснение – 1 балл.

2) Каждая реакция – по 2 балла (всего 8 баллов).

3) Объяснение того, что в угле больше флогистона – 2 балла.

4) Догадка об отрицательной массе флогистона – 2 балла.

5) Расчет массы реагирующего железа – 2 балла. Расчет массы присоединенного кислорода – 1 балл. Масса флогистона – 1 балл.

6) Фамилия ученого (любого из указанных в решении) – 1 балл. Объяснение – 1 балл.

Задача №2

В двух прочных запаянных ампулах находится по 1,000 г веществ **K**, **L**. Каждую из них выдерживали в течение нескольких часов при 600°C. При этой температуре в ампулах присутствовали только газы. После охлаждения ампул до 55°C в каждой из ампул было замечено образование капель жидкости. В таблице ниже представлены некоторые данные по проведённым экспериментам:

	600 °C			55 °C		
	D_{H2}(смеси)	Число газов в смеси	D_{H2}(смеси)	Число газов в смеси	m(жидк.), г	ρ(жидк.), г/мл
K	10,667	2	14	1	0,5625	1,00
L	40,625	3	20,667	2	0,6185	13,54

1. Определите вещества **K**, **L**. Ответ подтвердите расчётом. (При расчётах молярные массы атомов необходимо округлять до целых).

2. Напишите уравнения реакций разложения исследуемых веществ.

Решение:

1) Вывод вещества **K**:

Так как плотность жидкости 1,00 г/мл, следовательно, эта жидкость – вода.

После охлаждения ампулы оставшийся газ представляет собой индивидуальное соединение:

$$M(г) = 14 \times 2 = 28 \text{ г/моль,}$$

что может соответствовать азоту или угарному газу.

$$v(H_2O) = 0{,}5625/18 = 0{,}03125 \text{ моль;}$$

$$v(г) = (1 - 0{,}5625)/28 = 0{,}015625 \text{ моль;}$$

$$v(H_2O) : v(г) = 2 : 1,$$

тогда

$$\mathbf{K} \rightarrow 2H_2O + Г,$$

и если газ – N_2, то соединение **K** – NH_4NO_2 (нитрит аммония).

Уравнение реакции:

$$NH_4NO_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O.$$

Критерии оценивания:

Вывод о том, что жидкость – вода – 2 балла.

Расчёт M(газа) – 2 балла.

Вывод соли **K** – 4 балла.

Уравнение реакции – 2 балла, без правильных коэффициентов – 1 балл.

Итого за вывод соли **K** – 10 баллов.

2) Вывод вещества **L**:

$$M(\text{смеси, } 600^{\circ}C) = 40{,}575 \times 2 = 81{,}15 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{смеси, комн. т-ра}) = 20{,}667 \times 2 = 41{,}334 \text{ г/моль}.$$

Резкое уменьшение плотности газовой смеси и высокая плотность жидкости позволяют сделать вывод, что жидкость – это ртуть, следовательно, произошло разложение соли ртути. Тогда один из газов, скорее всего, кислород.

Схема реакции:

$$Hg\ldots \rightarrow Hg.$$

Тогда

$$M(\text{соли}) = 1{,}000 \times M(Hg)/m(Hg) = 1 \times 201/0{,}6185 = 325 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{кисл. остатка}) = 325 - 201 = 124 \text{ г/моль}.$$

Разлагаются с образованием только смеси газов – оксалат, нитрат или карбонат. Тогда **L** – $Hg(NO_3)_2$ (нитрат ртути (II)).

Нитрат ртути (II) (https://st39.stpulscen.ru/images/product/176/552/342_big.jpg)

Уравнение реакции:

$$Hg(NO_3)_2 \rightarrow Hg + 2NO_2 + O_2.$$

Критерии оценивания:

Вывод о том, что жидкость – ртуть – 4 балла.

Вывод соли L – 4 балла, за расчёт M(соли) – 2 балла.

Уравнение реакции – 2 балла, без правильных коэффициентов – 1 балл.

Итого за вывод соли **L** – 10 баллов.

Задача №3

Стержни различных карандашей изготавливают из веществ **А** и **Г**. Эти вещества образуются при разложении (со взрывом) бинарного вещества **Ж** в инертной атмосфере. Массовая доля одного из элементов в **Ж** составляет 10,0 %. Рисунки, сделанные карандашом со стержнем, изготовленным из вещества **А**, со временем приобретают коричневый оттенок.

При взаимодействии вещества **А** с концентрированной азотной кислотой образуются вещество **Б**, применявшееся раньше для дезинфекции ран, и газ **В**. Вещество **Б** взаимодействует с раствором гидроксида натрия, при этом образуется соль $\mathbf{C_1}$ и окрашенный осадок **Д**, который разлагается при 300°C на вещество **А** и газ **Е**.

При взаимодействии вещества **Г** с концентрированной азотной кислотой образуется смесь газов **В** и **З**. Если пропускать эту смесь через избыток раствора гидроксида натрия, то образуются соли $\mathbf{C_1}$, $\mathbf{C_2}$ и $\mathbf{C_3}$. Если смесь газов **В** и **З** смешать с стехиометрическим количеством газа **Е**, то при пропускании этой смеси через избыток раствора щелочи образуются $\mathbf{C_1}$ и $\mathbf{C_2}$.

Также известно, что при взаимодействии растворов веществ **Б** и $\mathbf{C_2}$ образуются $\mathbf{C_1}$ и светло-желтый осадок соли $\mathbf{C_4}$.

1. Определите формулы веществ **А**, **Г** и **Ж**. Ответ подтвердите расчетом.

2. Объясните, почему рисунки, выполненные карандашами со стержнем из вещества **А**, со временем меняют цвет.

3. Определите формулы остальных веществ.

4. Напишите уравнения всех упомянутых в тексте задачи реакций. Учтите, что во всех упомянутых реакциях **может** участвовать или образовываться вода.

Решение:

1) Разумно предположить, что один из материалов грифеля карандаша – уголь. Тогда можно рассчитать состав вещества **Ж**. Скорее всего приведенная массовая доля – это массовая доля углерода, как достаточно легкого элемента. Состав вещества **Ж** можно представить формулой $C_xЭ_y$. Рассмотрим, вариант, когда в формулярной единице вещества один атом углерода, т. е. состава вещества выражается формулой $CЭ_y$, тогда молярная масса вещества равна:

$$M(CЭ_y) = \frac{M(C)}{\omega(C)} = \frac{12\ \text{г/моль}}{0{,}1} = 120\ \frac{\text{г}}{\text{моль}}.$$

Тогда молярная масса y атомов элемента составляет 108 г/моль. Несложно заметить, что это соответствует одному атому серебра. Тогда формулярная единица вещества **Ж** – AgC, что отвечает ацетилениду серебра Ag_2C_2. Ацетиленид серебра разлагается при нагревании на серебро и углерод (если проводить реакцию не в инертной атмосфере, то будут образовываться их оксиды):

$$Ag_2C_2 \rightarrow 2Ag + 2C.$$

Так как с рисунками, выполненными угольным карандашом, со временем ничего не происходит, то можно сделать вывод, что вещество **Г** – уголь (графит), тогда вещество **А** – серебро.

Серебряный карандаш (https://kolobuga.ru/wp-content/uploads/2018/02/2163845.jpg)

2) Рисунки, выполненные серебряным карандашом, приобретают коричневую окраску со временем, т. к. серебро реагирует с сероводородом, всегда присутствующим в воздухе даже в небольших концентрациях, в присутствии кислорода. Образующийся устойчивый сульфид серебра обуславливает возникающую окраску:

$$4Ag + 2H_2S + O_2 \rightarrow 2Ag_2S + 2H_2O.$$

3) При взаимодействии серебра с концентрированной азотной кислотой образуются нитрат серебра $AgNO_3$ (**Б**) и оксид азота (IV) (газ **В**). Нитрат серебра взаимодействует с раствором гидроксида натрия, при этом образуется нитрат натрия (соль $\mathbf{C}_1$) и осадок оксида серебра Ag_2O (**Д**). Оксид серебра разлагается на серебро и кислород O_2 (газ **Е**).

При взаимодействии угля с концентрированной азотной кислотой образуются оксид азота (IV) (газ **В**) и углекислый газ (газ **З**). При пропускании этой смеси через раствор гидроксида натрия в обоих случаях образуется карбонат натрия. Оксид азота (IV) при взаимодействии с щелочью диспропорционирует на нитрат натрия и нитрит натрия, а в присутствии кислорода азот окисляется до степени окисления +5, поэтому образуется только нитрат натрия (соль $\mathbf{C}_1$). Следовательно, соль $\mathbf{C}_2$ – карбонат натрия Na_2CO_3, а соль $\mathbf{C}_3$ – нитрит натрия $NaNO_2$. При смешивании

растворов нитрата серебра (**Б**) и карбоната натрия ($\mathbf{C_2}$) образуются нитрат натрия ($\mathbf{C_1}$) и осадок карбоната серебра ($\mathbf{C_4}$). Итак:

А	Б	В	Г	Д	Е
Ag	$AgNO_3$	NO_2	C	Ag_2O	O_2
Ж	З	C_1	C_2	C_3	C_4
Ag_2C_2	CO_2	$NaNO_3$	Na_2CO_3	$NaNO_2$	Ag_2CO_3

4) Уравнения остальных описанных в тексте задачи реакций:

$$Ag + 2HNO_{3(конц.)} \rightarrow AgNO_3 + NO_2 + H_2O;$$

$$2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O + 2NaNO_3 + H_2O;$$

$$2Ag_2O \rightarrow 4Ag + O_2;$$

$$C + 4HNO_{3(конц.)} \rightarrow CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O;$$

$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O;$$

$$2NO_2 + 2NaOH \rightarrow NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O;$$

$$4NO_2 + 4NaOH + O_2 \rightarrow 4NaNO_3 + 2H_2O;$$

$$Na_2CO_3 + 2AgNO_3 \rightarrow 2NaNO_3 + Ag_2CO_3.$$

Критерии оценивания:

1) Любой разумный вывод формулы вещества **Ж** – 2 балла (1 балл, если написано, что формула **Ж** – AgC). Уравнение разложения вещества Ж – 1 балл.

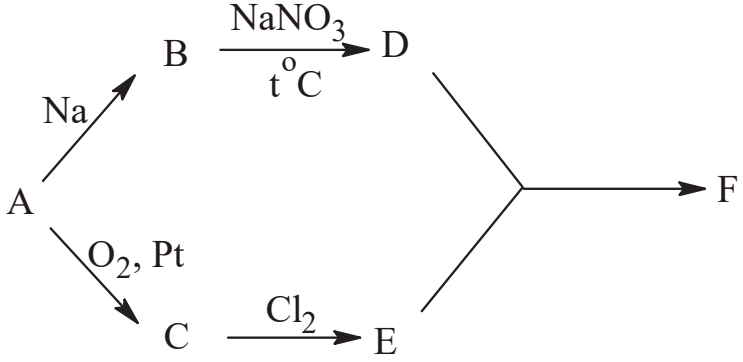
2) Объяснение факта изменения окраски рисунка, сделанного серебряным карандашом – 1 балл. Уравнение реакции серебра с сероводородом и кислородом – 1 балл.

3) Определение остальных веществ – по 1 баллу (всего 11 баллов).

4) Написание остальных реакций – по 0,5 балла (всего 4 балла).

Задача №4

Необычное бинарное соединение **F** было выделено в твёрдом виде только в 1993 году. Данное вещество образуется при взаимодействии твёрдого бинарного вещества **D** (ω(Na) = 35,38 %) и газообразного вещества **E**. Схема синтеза **F** из вещества **A** ($\rho_{н.у.}$ = 0,759 г/л), объёмы производства которого достигают двухсот млн. тонн, приведена на схеме ниже:



1. Определите все зашифрованные вещества. Для веществ **A** и **D** приведите необходимый расчёт.

2. Напишите уравнения реакций (5 реакций).

3. Как называется вещество **F**?

4. Приведите структурную формулу вещества **F**.

Решение:

1 – 2) Уравнения реакций и вещества:

A	B	C	D	E	F
NH_3	$NaNH_2$	NO	NaN_3	NOCl	NON_3 (N_4O)

Проверка:

$M(A) = 0{,}759 \times 22{,}4 = 17$ г/моль;

$\omega(Na)_D = 23/65 = 35{,}38$ %.

$2Na + 2NH_3 \rightarrow 2NaNH_2 + H_2$;

$4NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4NO + 6H_2O$;

$2NO + Cl_2 \rightarrow 2NOCl$;

$NaNO_3 + 3NaNH_2 \rightarrow NaN_3 + 3NaOH + NH_3$;

$NaN_3 + NOCl \rightarrow NaCl + [NO]^+N_3^-$.

3) Нитрозилазид.

4)

$O = N - N = N^+ = N^-$ или $O = N - N^- - N^+ \equiv N$

Критерии оценивания:

За каждое уравнение – 1 балл (без верных коэффициентов – 0,5 балла).

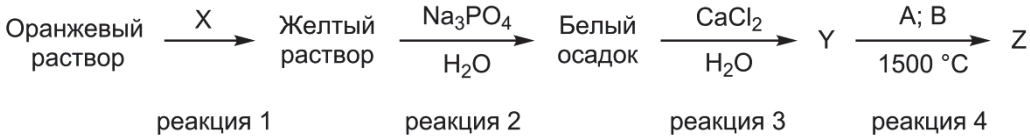
За каждое вещество **A** – **F** – 2 балла (если **A** и **D** не подтверждены расчётом, за эти два вещества – 0 баллов).

Название – 1 балл.

Структура – 2 балла.

Задача №5

Ниже представлена схема превращений:



Известно, что:

1. Если к исходному оранжевому раствору добавить концентрированную соляную кислоту, то окраска изменится на красную (реакция 5).

2. При нагревании вещества **X** в инертной атмосфере масса вещества сначала уменьшается на 42,8 %, а при дальнейшем прокаливании остатка ещё на 37,50 %.

3. **Z** – желтоватое воскообразное ядовитое вещество, хранящееся под слоем очищенной воды.

4. Если расплавить обезвоженный белый осадок, полученный в ходе реакции 2, и пропускать через расплав постоянный электрический ток, то образуется металл **C**, ещё одно простое вещество и одно сложное (реакция 6).

5. Одним из возможных продуктов взаимодействия металла **C** с веществом **Z** является вещество **D** немолекулярного строения (массовая доля металла в **D** равна 18,42 %).

Выполните следующее задание:

1. Определите вещества **X**, **Y**, **Z**, **A** – **D**, и каким веществом является белый осадок. Запишите их формулы. Какое вещество содержится в исходном оранжевом растворе?

2. Напишите уравнения реакций 2, 3, 4, 6. Объясните изменение окраски раствора в ходе реакций 1 и 5.

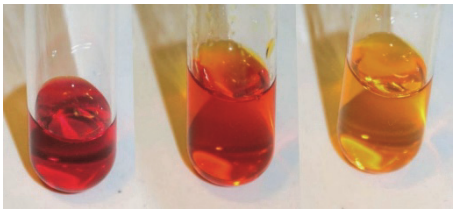
3. Объясните, почему протекает реакция 3.

4. Изобразите структуру вещества **D**.

Решение:

1) Так как окраска желтого раствора меняется на оранжевую при

добавлении вещества **X**, то можно предположить, что оранжевый раствор – это раствор, содержащий дихромат-анионы. Это предположение противоречит факту, что при добавлении концентрированной соляной кислоты окраска меняется на красную (для катионов Cr^{3+}, которые должны были образоваться, характерна другая окраска раствора). Поэтому в исходном оранжевом растворе содержится другое вещество.



Окраска метилоранжа в кислой, нейтральной и щелочной среде

Судя по изменениям цветов, под это описание подходит метилоранж, тогда **X** – вещество, являющееся щелочью, или вещество, взаимодействующее с раствором с образованием щелочи.

Найдем, что собой представляет вещество **X**. Для этого проанализируем конец цепочки превращений. Веществом **Z**, судя по описанию, может быть белый фосфор, особенно, если учесть, что в предыдущих стадиях участвуют ортофосфат натрия и хлорид кальция. Реакция 4, судя по всему – это реакция получения белого фосфора при спекании ортофосфата кальция, оксида кремния (IV) и угля. Тогда, **Y** – ортофосфат кальция, **A** и **B** – это оксид кремния (IV) и уголь (или наоборот). Тогда белый осадок – это нерастворимая соль ортофосфорной кислоты. С учетом того, что **X** является щелочью или взаимодействует с водой с образованием щелочи, то разумно предположить, что **X** – растворимое основание, разлагающееся при нагревании на оксид и воду, чем обусловлено одно из изменений масс при нагревании. Необходимо проанализировать изменение масс гидроксида лития (единственный гидроксид щелочного металла, который подвергается разложению на оксид и воду), гидроксида таллия (I), гидроксидов кальция, стронция и бария при разложении на оксид и воду:

Гидроксид	LiOH	TlOH	$Ca(OH)_2$	$Sr(OH)_2$	$Ba(OH)_2$
Отношение массы воды к массе гидроксида	0,375	0,044	0,243	0,148	0,105

Таким образом, второму изменению массу вещества **X** при нагревании соответствует разложение гидроксида лития на оксид лития и воду. Поймем, почему меняется масса в начале процесса нагревания вещества **X**. Пусть при нагревании **X** образовался 1 моль гидроксида лития. Тогда его масса равна 24 г, и это составляет 57,14 % (100 % – 42,86 %) от массы вещества **X**. Значит, масса X равна:

$$m(X) = m(LiOH) : 0{,}5714 = 24\text{ г} : 0{,}5714 = 42\text{ г}.$$

Несложно заметить, что разница масс (42 г – 24 г = 18 г) соответствует одному моль воды, тогда **X** – это моногидрат гидроксида лития $LiOH{\cdot}H_2O$, добавление которого к раствору метилоранжа обуславливает изменение окраски раствора.

Тогда, белый осадок – это ортофосфат лития Li_3PO_4, продуктами электролиза расплава которого являются литий (металл **C**), оксид фосфора (V) и кислород.

При взаимодействии лития (**C**) с фосфором (**Z**) возможно образование ряда фосфидов лития. Рассчитаем состав фосфида Li_xP_y, образующегося в нашем случае. Пусть масса фосфида равна 100 г, тогда:

$m(Li) = m(Li_xP_y) \cdot \omega(Li) = 100$ г $\cdot 0{,}1842 = 18{,}42$ г;

$m(P) = m(Li_xP_y) - m(Li) = 100$ г $- 18{,}42$ г $= 81{,}58$ г;

$n(Li) = m(Li) : M(Li) = 18{,}42$ г : 7 г/моль $\approx 2{,}631$ моль;

$n(P) = m(P) : M(P) = 81{,}58$ г : 31 г/моль $\approx 2{,}631$ моль.

Следовательно, соотношение количества атомов лития и фосфора равно 1 : 1, т. е. формула фосфида лития – LiP (вещество **D**). Итак:

A	B	C	D	X	Y	Z	Белый осадок
C	SiO_2	Li	LiP	$LiOH \cdot H_2O$	$Ca_3(PO_4)_2$	P_4	Li_3PO_4

2) Уравнения реакций 2 – 4, 6:

$3LiOH + Na_3PO_4 \rightarrow Li_3PO_4 + 3NaOH$;

$Li_3PO_4 + 3CaCl_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6LiCl$;

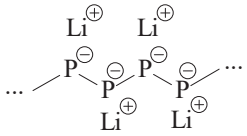
$2Ca_3(PO_4)_2 + 10C + 6SiO_2 \rightarrow P_4 + 10CO + 6CaSiO_3$;

$4Li_3PO_4 \rightarrow 12Li + P_4O_{10} + 3O_2$.

Изменение окраски метилоранжа в ходе реакции 1 и реакции 5 связано с изменением среды раствора.

3) Реакция 3 протекает в водном растворе, т. к. ортофосфат лития обратимо растворяется, как и любое нерастворимое вещество. Переходящие в раствор ортофосфат-анионы связываются катионами кальция в ортофосфат кальция, который выпадает в осадок. Равновесия смещены в сторону образования ортофосфата кальция, т. к. его растворимость ниже.

4) Структура фосфида лития LiP следующая:



Критерии оценивания:

1) Любой разумный вывод формулы вещества **X** – 4 балла (2 балла за вывод формулы гидроксида лития, 2 балла за вывод формулы гидрата лития). Расчет формулы вещества **D** – 1 балл. Определение остальных веществ – по 1 баллу. Всего – 11 баллов.

2) Уравнения реакций и объяснение изменения окраски раствора – по 1 баллу. Всего – 5 баллов.

3) Объяснение причины протекания реакции 3 – 2 балла.

4) Структура вещества **D** – 2 балла.

Задача №6

Элемент **W** образует три бинарных соединения $\mathbf{A_1}$, $\mathbf{A_2}$, $\mathbf{A_3}$, имеющих одинаковый стехиометрический состав. Данные вещества имеют широкое применение, например, $\mathbf{A_1}$ используется в качестве мягкого восстановителя, $\mathbf{A_2}$ и $\mathbf{A_3}$ применяются в качестве полупроводников. Однако прямым взаимодействием получить вещества $\mathbf{A_1} - \mathbf{A_3}$ достаточно сложно, так как образуются побочные продукты – соединения $\mathbf{B_1}$, $\mathbf{B_2}$, $\mathbf{B_3}$. Для синтеза соединений $\mathbf{A_1} - \mathbf{A_3}$ используют белые кристаллы вещества **K**.

10,000 г вещества **K** аккуратно растворили в 200 мл воды. Образовавшийся раствор разделили на три равные части. К первой части добавили раствор аммиака до pH = 10 (реакция 1). Выпавший осадок отфильтровали и прокалили в атмосфере аргона (реакция 2). При этом получили 1,991 г вещества $\mathbf{A_1}$. К второй части раствора добавили рас-

твор, содержащий 1,05-кратный избыток сульфида натрия (реакция 3). При этом получили 2,227 г вещества $\mathbf{A}_2$. К третьей части раствора добавили 100 мл раствора гидразина N_2H_4 и 1,167 г простого вещества **L** (реакция 4). В результате получили 2,920 г вещества $\mathbf{A}_3$. Во всех случаях при добавлении нитрата серебра к фильтрату наблюдалось выпадение белого творожистого осадка.

1. Определите элемент **W**, рассчитайте состав веществ **K**, $\mathbf{A}_1$, $\mathbf{A}_2$, $\mathbf{A}_3$ и определите простое вещество **L**. (При расчётах молярные массы атомов необходимо округлять до целых).

2. Напишите уравнения реакций 1 – 4.

3. Определите соединения $\mathbf{B}_1$ – $\mathbf{B}_3$ и напишите уравнения реакций их получения взаимодействием соответствующих простых веществ.

Решение:

Т. к. при добавлении к фильтрату нитрата серебра наблюдалось выпадение белого творожистого осадка, то соль **K** – это хлорид.

Тогда можно составить следующую схему синтеза:

$$ЭCl_n \rightarrow Э(OH)_n \rightarrow Э_2O_n;$$

$$ЭCl_n \rightarrow Э_2S_n.$$

Так как исходный раствор разделили на три равные части, то

$$v(Э_2O_n) = v(Э_2S_n),$$

тогда

$$\frac{1{,}991}{2X + 16n} = \frac{2{,}227}{2X + 32n} \Rightarrow X = 59{,}46n$$

При n = 2 X = 119 г/моль, что соответствует олову Sn. Тогда $\mathbf{A}_1$ – SnO, $\mathbf{A}_2$ – SnS, $\mathbf{A}_3$ – SnL,

$$M(SnL) = 2{,}92 \times 135/1{,}991 = 198 \text{ г/моль},$$

M(L) = 79 г/моль – это Se. $\mathbf{A}_3$ – SnSe.

$$M(K) = \frac{10 \times 135}{3 \times 1{,}991} = 226 \text{ г/моль}.$$

Если **K** – хлорид олова (II),

$$M(SnCl_2) = 119 + 71 = 190 \text{ г/моль}.$$

Тогда

$$M(\text{остатка в } \mathbf{K}) = 226 - 190 = 36 \text{ г/моль},$$

что соответствует 2 молекулам воды, следовательно **K** – $SnCl_2.2H_2O$.

Тогда $\mathbf{B}_1$ – SnO_2, $\mathbf{B}_2$ – SnS_2, $\mathbf{B}_3$ – $SnSe_2$.

SnS_2
(https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1AXxtbx_rK1RkHFqDq6yJAFXaB/Tin-Disulfide-powder-CAS-1315-01-1.jpg)

W	A_1	A_2	A_3	L	K	B_1	B_2	B_3
Sn	SnO	SnS	SnSe	Se	$SnCl_2{\cdot}2H_2O$	SnO_2	SnS_2	$SnSe_2$

Уравнения реакций:

$$SnCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Sn(OH)_2 + 2NH_4Cl;$$

$$Sn(OH)_2 \rightarrow SnO + H_2O;$$

$$SnCl_2 + Na_2S \rightarrow SnS + 2NaCl;$$

$$2SnCl_2 + 2Se + N_2H_4 \rightarrow 2SnSe + N_2 + 4HCl$$

или

$$2SnCl_2 + 2Se + 5N_2H_4 \rightarrow 2SnSe + N_2 + 4N_2H_5Cl;$$

$$Sn + O_2 \rightarrow SnO_2;$$

$$Sn + 2S \rightarrow SnS_2;$$

$$Sn + 2Se \rightarrow SnSe_2.$$

Критерии оценивания:

Расчёт элемента **X**, вещества **L** и веществ $\mathbf{A_1 - A_3}$ – по 2 балла, итого 10 баллов.

Расчёт вещества **K** – 3 балла.

Вещества $B_1 - B_3$ – по 0,5 балла, итого 1,5 балла.

Реакции 1 – 4 – по 1 баллу, итого 4 балла.

Реакции получения $B_1 - B_3$ – по 0,5 балла, итого 1,5 балла.

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Мой любимый металл – медь

Медь – давно известная, почтенная,
Важная и ценная.
Самородки меди многоликих форм:
Пластинки, кристаллы, даже «губки» найдём.
И все – благородного красноватого цвета,
Так медь из-за $\bar{e}$-переходов одета.
На зелёной карете из малахита
Раньше она прибывала открыто:

$$2CO + (CuOH)_2CO_3 \rightarrow 2Cu + 3CO_2 + H_2O.$$

Но пришла популярность, и стало сложней –
Стали гоняться люди за ней.
Сначала обжечь:

$$2CuFeS_2 + O_2 \rightarrow Cu_2S + 2FeS + SO_2,$$

Затем кислорода пропустить в печь:

$$2Cu_2S + O_2 \rightarrow 2Cu_2O + 2SO_2;$$
$$2Cu_2O + Cu_2S \rightarrow 6Cu + SO_2.$$

У меди немало хороших друзей,
С галогенами встречи нравятся ей:

$$Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2;$$
$$Cu + Br_2 \rightarrow CuBr_2.$$

При встречах с кислотами разные чувства,
Коль сильно окислят – бывает и грустно.

$$Cu + H_2SO_4 \rightarrow CuO + SO_2 + H_2O;$$
$$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O;$$
$$2Cu + 2H_2SO_4 \xrightarrow{200^oC,\ безводы} Cu_2SO_4 + SO_2 + 2H_2O \quad \text{☹}.$$

Вышла длинная песня, но как же не петь,
Когда так ценна и важна для нас медь!

Анна Л.

Медный колчедан $CuFeS_2$ и малахит $(CuOH)_2CO_3$

Егорова Анна Павловна
Ученица 11 химического класса СУНЦ МГУ

Горбатюк Ева Денисовна
Ученица 11 химического класса СУНЦ МГУ

Лаптева Анна Романовна
Ученица 11 химического класса СУНЦ МГУ

Сигеев Александр Сергеевич
Кандидат химических наук, старший научный сотрудник химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, старший научный сотрудник Института элементоорганических соединений Российской академии наук (ИНЭОС РАН).

Научный оазис в пустыне. Выставка Expo Sciences International 2019 в Абу-Даби

MILSET – движение, объединяющее множество проектов и мероприятий в разных странах в целях популяризации и поддержки научной деятельности среди молодежи. Предлагаем читателю впечатления участников международной конференции под эгидой MILSET, состоявшейся осенью прошлого года.

Мы, арабы, очень любим все самое большое.
Шейх Мансур Бин Зейд

В сентябре 2019 года в Абу Даби, столице одноименного эмирата и, собственно, всех Объединенных Арабских Эмиратов состоялась очередная международная конференция школьных исследовательских работ и проектов Expo Sciences International Mouvement International pour le Loisir Scientifique et Technique (ESI MILSET). Она стала одной из крупнейших за всю историю подобных выставок. В ней приняло участие 86 делегаций из 57 стран. Общее число участников составило 2347 человек – 1875 иностранных делегатов и 472 местных. Было представлено 700 проектов. Для сравнения: предыдущая ESI MILSET 2017, проходившая в Бразилии, собрала всего 647 участников и 250 проектов. Этими цифрами мы отдаем должное организаторам выставки – арабы, и впрямь, любят все самое большое. Но любить мало, нужно еще уметь все организовать. Еще один, небольшой кусочек статистики: для перевозки делегатов использовалось 43 автобуса. Управлять таким количеством транспорта – задача уже из разряда не самых тривиальных, так что неизбежные накладки, которые, безусловно, были, кажутся не слишком серьезными.

Выставочный центр ADNEC в Абу-Даби, место проведения выставки

Система научных конференций-ярмарок школьных и студенческих исследовательских работ и проектов MILSET Expo Sciences имеет более чем 30-летнюю историю и является крупнейшим неконкурсным мероприятием такого плана. Школьники привыкли к тому, что обычно на конференциях их работа оценивается жюри и рассматривают остальных участников как конкурентов. Однако научные конференции, в которых они будут участвовать, если выберут карьеру ученого, никогда не являются соревновательными – это место для рассказа о результатах, обмена опытом и получения новых знаний. Поэтому MILSET Expo Sciences являются важным шагом на пути в науку, который позволит понять, как на самом деле происходит взаимодействие ученых и самим поучаствовать в таком обмене опытом и достижениями.

Организаторы выставок в последние несколько лет активно экспериментируют с форматом, чтобы повысить общественную значимость и интерес к этому мероприятию. В Абу-Даби это были организованные посещения для делегаций местных школьников. Безусловно, этому способствовало и то, что выставка проходила во время учебного года. Обычно выставки проходят в июле-августе, когда школьники на каникулах. Но школьникам недостаточно было просто пройтись – организаторы выставки сделали для них квест: необходимо было посетить определенное количество стендов и потом ответить организаторам на вопросы по работам с этих стендов. Поэтому школьники весьма заинтересованно общались с участниками и заодно слушали их работы.

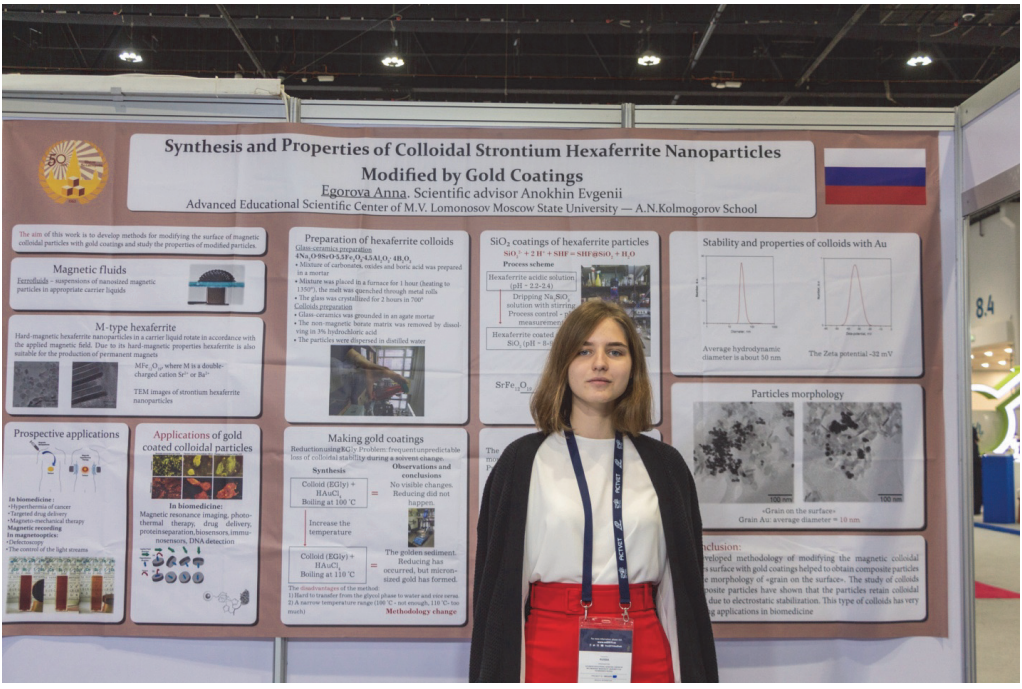
Надо сказать, что образованию в Арабских Эмиратах уделяется сейчас ключевое значение. Мы привыкли считать, что Арабские Эмираты – это нефть, ну, и немного туризм. Действительно, до того, как в Эмиратах была найдена нефть, это была даже не страна, а территория племен под британским протекторатом. Активное развитие началось после объединения эмиратов в 1972 году. Долгое время нефтедобыча была основой экономики ОАЭ, но сейчас шейхи активно диверсифицируют экономику и развивают иные области, в том числе сельское хозяйство. Удивительно, но Эмираты являются крупными экспортерами клубники. В условиях пустынного климата сельское хозяйство становится весьма наукоемким производством, да и поддержание высокого уровня жизни требует серьезного интеллектуального вклада. Поэтому ОАЭ активно вкладывает средства в образовательные и научные программы, чтобы разрабатывать эти области самостоятельно. Это очень хорошо заметно по представленным местными участниками проектам. Если 5 – 7 лет назад работы из ОАЭ были в основном развлекательного характера – разработка робомашин и чего-то подобного, то сейчас это направление развилось в куда более прикладные вещи – автоматизация «умного дома», систем сельского хозяйства, систем водоочистки, зеленой энергетики. Это все позволяет рационально использовать природные ресурсы, в том числе пресную воду, которая в ОАЭ практически отсутствует как природный ресурс и получается в результате опреснения. Успехи в развитии пустынного сельского хозяйства в ОАЭ настолько велики, что шейхи решили воплотить в жизнь амбициознейшую задачу – превратить **всю** территорию страны из пустыни в лес к 2050 году. Это потребует огромных вложений средств, в том числе интеллектуальных, поскольку это возможно только при искусственном орошении. А

разработка таких масштабных систем орошения является уникальной задачей, до этого времени никогда не решавшейся. И ее в настоящее время решают все – от научных институтов до школьников в своих исследовательских работах.

Подобная специфическая направленность работ в зависимости от страны ил группы стран встречается достаточно часто. Например, работы из Латинской Америки часто посвящены использованию природных ресурсов – исследование активности местных растений в лечении каких-то болезней, получение материалов на основе растительных ресурсов и тому подобное. Другим важным направлением работ из этого региона является социология – исследование вопросов прав женщин, национальных групп, доступности образования и многое другое.

СУНЦ в этом году был представлен тремя работами по химии. Пора предоставить слово самим участникам, чтобы они могли поделиться своими впечатлениями от выставки.

Егорова Анна Павловна, «Синтез и свойства коллоидных частиц гексаферрита стронция, модифицированных покрытием золотом»



Начать свой рассказ о поездке следует с небольшой предыстории. Думаю, о событиях написать ещё успеют, я же постараюсь максимально раскрыть собственные ощущения.

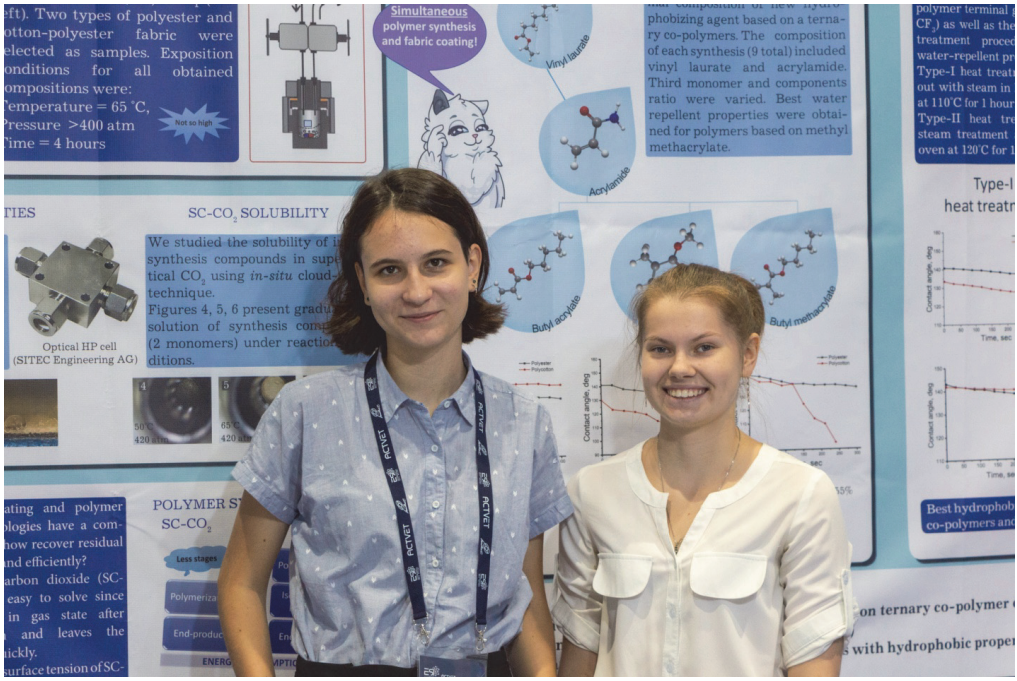
После года работы следует предоставить кафедре результаты, должен же ты за такой большой срок что-то сделать, раз тебе предоставили на то возможность. Защита курсовых в СУНЦе воспринимается неоднозначно: привычная обстановка, знакомые лица жюри, но трепет в груди перед выступлением, хотя волноваться особо не о чем. От этого мероприятия ничего особенного не ждешь, лишь типичный отчет, где ты доказываешь своей же школе, что находишься здесь

не просто так; практически ничего измениться и не должно, но всё оказалось не так просто. Примерно через час после защиты тебя спрашивают, есть ли желание поехать в ОАЭ. В такие моменты в голове лишь возникает вопрос: «Что происходит?» И действительно, в твоей научной деятельности заинтересованы на международном уровне... Честно сказать, не верила в это до момента посадки в самолёт. Признать, что ты сделал что-то стоящее, оказывается не самым лёгким делом, но рейс «Москва-Абу-Даби» расставляет точки над i.

На MILSET приезжаешь с огромным постером, который через день увидят десятки тысяч посетителей, а любой желающий (стоит акцентировать внимание на слове «желающий») может заинтересоваться проделанной тобой работой и задать вопросы напрямую. В классическом понимании конференции выглядят гораздо более строго и формально: специалисты одной области заслушивают доклады один за другим, не имея возможности остановиться поподробнее или же пропустить не интересующую их тему. В конференциях же стендового типа возможности увеличиваются в несколько раз как для отвечающего, так и для слушателя. Люди разных возрастов, разных уровней, разных интересов могут тет-а-тет провести дискуссию с докладчиком, разъяснить все непонятные моменты и предложить новые идеи для разработок. От отвечающего требуется максимальная концентрация, ведь необходимо разговаривать и со школьниками, которым непонятно абсолютно каждое слово, написанное на постере, и с профессиональным сообществом, что понимает в сфере химии поболее твоего. Работа с людьми сложна также в физическом плане, три дня рассказывать на английском языке о проделанном, используя индивидуальный подход к каждому слушателю, достаточно непросто.

Конференция, на которой «все уже победители», имеет свой шарм, тем более, когда ты впервые находишься в подобной обстановке. Несмотря на имеющийся опыт публичных выступлений, было сложно. Ровно полтора года назад ты стоял на региональной конференции в средней общеобразовательной школе в Саратове, а сейчас ты разговариваешь с иностранным научным сотрудником о наномедицине. Никогда ещё фраза «дорогу молодым» не была настолько правдивой.

Горбатюк Ева Денисовна, «Гидрофобные покрытия, основанные на фторированных и нефторированных сополимерах, получаемых в сверхкритическом диоксиде углерода»



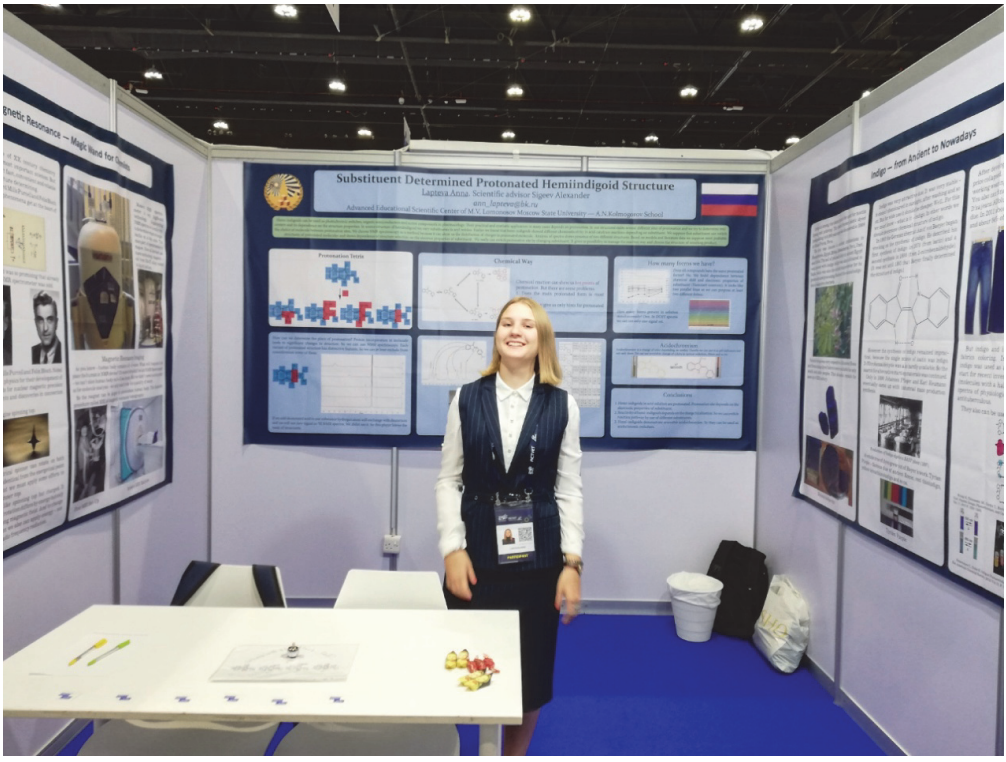
Жизнь – вещь крайне непредсказуемая. Думала ли я, что в 10 классе руками прикоснусь к настоящей науке, а в 11 классе побываю в Арабских Эмиратах? Даже сейчас, по прошествии нескольких месяцев, это звучит по меньшей мере фантастично.

Итак, ОАЭ – страна, манящая и прельщающая своим уровнем жизни, о котором мы все так хорошо наслышаны. Перед поездкой в голове вырисовывались живописные картинки, изображавшие кристально чистые улочки и дома – произведения искусства. Однако выяснилось, что в данной стране просто-напросто отсутствует средний класс, в связи с чем человек может либо быть всем, либо не быть никем. Жесткая иерархия. Те, кому повезло меньше, живут в неблагополучных районах – трущобах, посещение которых вселило в меня ужас и страх. Откровенно говоря, не ожидала увидеть нечто подобное в столь богатом месте, поэтому в моем сознании остались весьма и весьма смешанные впечатления о самой стране и о существующем там укладе жизни.

Ну что же, теперь хотелось бы поговорить о том, ради чего была организована поездка – о конференции MILSET. Во-первых, хочется сразу отметить масштабность: для ее проведения был выделен огромный павильон, в котором было построено

около 700 мест для стендов. Поистине впечатляет! Во-вторых, позиция организационного комитета заслуживает уважения: конференция специально не подразумевает призовых мест для того, чтобы участники не гнались за ними, а лишь наслаждались процессом обмена опытом. На чем я бы хотела акцентировать внимание – так это на общении с ребятами из разных стран. Ты подходишь к их стенду, спрашиваешь несколько вопросов об их работах, и вот уже через несколько минут вы дружелюбно беседуете на отвлеченные темы. Да, вполне возможно, некоторым педантичным людям это покажется ненаучной чепухой, отклонением от великой цели передачи знаний. Разумеется, можно ходить по конференц-залу и интересоваться исключительно проектами... Но в данном случае упускается великолепный шанс поговорить на иностранном языке, преодолеть языковой барьер, узнать о жизни людей из самых различных уголков планеты, попытаться понять их менталитет... Признаться честно, обмен языковым опытом во много раз превысил обмен знаниями, о чем я ни капельки не жалею.

Лаптева Анна Романовна, «Влияние заместителей на структуру протонированных гемииндигоидов»



Что ассоциируется у вас со словом «наука»? Что-то очень сложное, полное терминов, и, конечно, далекое от обычной жизни? Раньше мне тоже казалось так. Заблуждение, что наука – что-то скучное, очень устойчиво. Однако мне повезло стать частью огромного события, которое развеяло этот стереотип навсегда.

MILSET. Выставка, масштабы которой могут сравниться, наверное, только с олимпийскими играми. Ог-

ромное пространство, полное не просто сотен кабинок-стендов – полное сотен новых исследований. Всюду постеры, схемы, графики, механизмы. Участников – более полутора тысяч, и у каждого – свое открытие, своя маленькая научная история, о которой он готов рассказать всему миру. Могли ли вы представить, что в Мексике разрабатывают биоразлагаемые полимеры, в Бразилии создают новое лекарство от астмы, а в Швейцарии сделали очки для слепых, позволяющие им передвигаться абсолютно самостоятельно? Пару шагов – от России до Мексики, от «Привет» до «Cześć», от химика до инженера, от эксперимента до открытия-прорыва. И с каждым участником можно не только обсудить проект, но и поболтать о чем-то простом, повседневном: о школе, о хобби, о праздновании нового года. Узнать о традициях, о быте другой страны – из первых рук.

Значение этого мероприятия сложно недооценить. Кто знает, может быть, я уже встретила будущего нобелевского лауреата? Впрочем, это будет известно еще не скоро. Уже сейчас есть только одно: воспоминания, не менее теплые, чем климат Арабских Эмиратов.

Широкие возможности для общения были отмечены всеми участниками конференции. Действительно, даже на серьезных научных конференциях неформальное общение является одной из ключевых составляющих процесса – многие серьезные исследования, коллаборации и открытия начинались с, казалось бы, ни к чему не обязывающего неформального разговора. Здесь тем более. Expo Sciences не в последнюю очередь собрание единомышленников со всего мира. И естественно, что возможность пообщаться со своими коллегами из самых разных стран крайне привлекательна. География конференции крайне обширна и другой возможности поговорить со школьниками из Парагвая, Ганы Южной Кореи или Нигера может не представиться. Темы могут быть самыми разными – и культурные аспекты, и образование, но прежде всего, это, безусловно, исследовательские проекты. Они были на любой вкус в диапазоне от математики до социологии, естественнонаучные исследования, инженерные проекты и все, что можно представить, вплоть до разработки рецептов здоровой еды на основе традиционных растений. Поэтому при подготовке всегда возникает вопрос: как представить свою работу так, чтобы она была интересна другим участникам. Безусловно, прикладные проекты, которые ставят своей задачей разработку материального объекта – модели «умного дома», робота или чего-то подобного, всегда смотрятся выигрышнее, чем чисто академические. Но и академическое исследование можно представить так, чтобы оно выглядело интересно. Самый простой вариант – попробовать сделать модели, представляющие результат исследования, объясняющие подходы к работе или любые другие объекты, имеющие отношение к работе и полезные для ее понимания. Второй важный момент – не стоит стремиться делать представление работы максимально строгим и научным. Задача состоит прежде всего в том, чтобы сделать ваше исследование понятным как можно большему числу посетителей и участников, и для этого можно

использовать представленное вам место не только для того, чтобы показать ваши результаты, но и объяснить то, что применялось в вашей работе, раскрыть для среднестатистического человека тему.

Официальное закрытие выставки

В России внешкольная работа ориентирована в большей степени на подготовку к олимпиадам. Это, безусловно, полезно для поступления, но если вы ориентированы на научную карьеру, то существенно более актуальным было бы выполнение исследовательской работы. Это не так сложно, как можно представить, и идеи для нее при должном желании можно найти буквально везде. Рассказы о таких работах, представленных на ESE MILSET в 2018 году и ESI MILSET в 2019 году, можно прочитать в этом и предыдущих номерах журнала[1]. Кто знает, возможно, у вас получатся не менее интересные результаты, и вы сможете представить их на подобной конференции.

[1] А.А. Никонорова, А.С. Сигеев. Зачем и как анализировать почву? Можно ли настроить плодородие? Часть 1. – Потенциал. Химия. Биология. Медицина. 2019, № 3, с. 52.

А.А. Никонорова, А.С. Сигеев. Зачем и как анализировать почву? Можно ли настроить плодородие? Часть 2. – Потенциал. Химия. Биология. Медицина. 2019, № 4, с. 45.

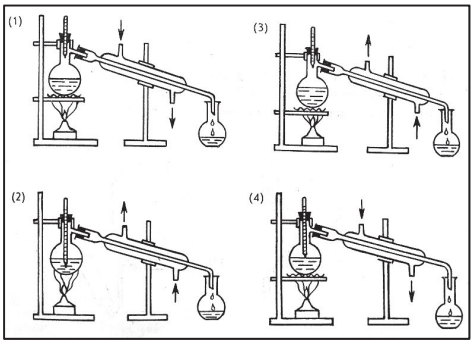
А.К. Москаленко, А.А. Пестрикова, А.Ю. Николаев. Получение водоотталкивающих полимеров в сверхкритическом диоксиде углерода. – Потенциал. Химия. Биология. Медицина. 2020, № 1, с. 66.

А.П. Егорова. Частицы гексаферрит-золото для биомедицины и не только. - Потенциал. Химия. Биология. Медицина. 2020, № 2, с. 10.

Правильно ли вы работаете с лабораторным оборудованием? (ответы)

В прошлом номере мы предложили несколько заданий для проверки практических знаний по работе в лаборатории. Публикуем их разбор.

1. Выберите правильно собранный прибор для перегонки:

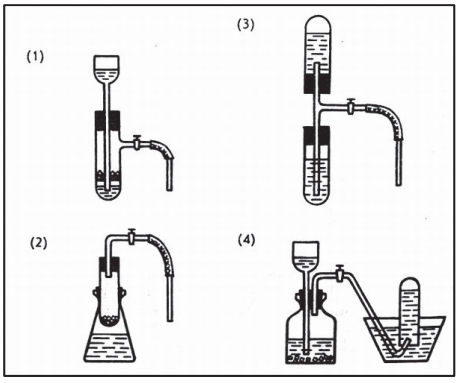


Сразу видно, что в приборах 2 и 4 неправильно подключен холодильник. Вода должна подаваться в рубашку холодильника противотоком к веществам, проходящим по центральной трубке, т.к. в этом случае эффективность охлаждения выше.

В приборе 4 есть еще один недостаток: термометр касается поверхности жидкости, а в приборе 2 термометр погружен в жидкость. Таким образом, термометр в данных приборах не выполняет свою функцию – измерять температуру пара. В этих случаях он может показать только температуру жидкости.

Правильно собранный прибор – 3.

2. Обсудите варианты приборов для получения водорода. Какой из них собран совершенно неправильно?



Водород – газ легче воздуха. Значит, при его получении логично направлять газоотводную трубку вверх, чтобы было легче его собирать (как в приборе 4). Уже поэтому приборы 1 – 3 ущербны.

Но в приборе 1 это, пожалуй, единственный недостаток. В остальном он построен грамотно: твердый реагент находится на подложке, конец длинной воронки погружен в жидкость, следовательно, при закрытии крана выделяющийся газ будет вытеснять жидкость в верхнюю часть воронки, контакт реагентов прекратится, и прибор «выключится».

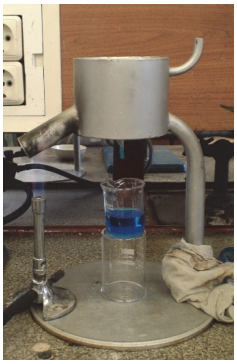
В приборе 3 имеется возможность для взаимодействия только жидких реагентов (чистых жидкостей или растворов). Но для получения водорода лишь один из реагентов представляет собой воду или раствор (кислоты либо щелочи), а второй всегда твердый – это металл, кремний или гидрид. Однако если предположить, что нам подойдет взаимодействие жидкостей, прибор вполне работоспособен при открытом кране, неудобство лишь в том, что часть жидкости из верхней пробирки будет вытекать не только в нижнюю, но и в отвод. А вот если закрыть кран, то выделяющийся газ, которому некуда будет выходить, может разорвать прибор.

Прибор 2, в отличие от перечисленных выше, не сможет работать никогда. Ведь пробирка, в которой находится реагент, полностью изолирована: как бы мы ее ни двигали, контакт с жидким реагентом не появится. Это и есть прибор, который собран *совершенно* неправильно.

Правильно ли устроен прибор 4? Увы, тоже не совсем. Твердый реагент лежит на дне сосуда с жидкостью, а значит, при закрытии крана реагенты не перестанут контактировать.

Как же правильно собрать прибор для получения водорода? Примерно так, как описано в статье «Водород: горение или взрыв?» в № 4 нашего журнала за прошлый, 2019 год.

3. Какие ошибки допущены при фильтровании?



Рассмотрим фотографии последовательно.

Фото 1: Поверхность вещества на фильтре должна быть как можно более ровной, здесь же вещество накладывается на фильтр, как получится. Это, конечно, не самая страшная ошибка, скорее, небольшой недочет. Дальше будет хуже…

Фото 2: Оставим в стороне ненадежность конструкции: один стаканчик стоит на другом. Печальнее то, что стоит он гораздо ниже носика воронки. Воронка находится в кожухе для горячего фильтрования, наполненном водой, которая подогревается горелкой. Это делается для того, чтобы раствор не остывал во время фильтрования. Но если носик воронки не касается стенки стакана, капли раствора не успевают стекать, а задерживаются в носике. Температура раствора понижается, понижается и растворимость вещества. И вот оно выпадает в осадок прямо в носике, носик забивается кристаллами, процесс фильтрования прерывается. На фотографии виден «сталактит» медного купороса, выросший на носике воронки.

Фото 3: Здесь с носиком все в порядке, зато крайне неаккуратно приготовлен бумажный фильтр. Его края не обрезаны и вылезают за границу во-

ронки. Раствор, просачиваясь через фильтр выше края воронки, будет стекать по внешней ее стороне и не попадет в стакан, а закапает все вокруг.

Фото 4: В самом по себе фильтровании в пробирку нет ничего особенного. Ошибкой является то, что естествоиспытатель держит эту конструкцию руками. Стоит кому-то, проходя мимо, толкнуть его под локоть, и установке придет конец. Воронку и пробирку следует закреплять в штативе. А человек не должен работать штативом: это не только унизительно, но и противоречит технике безопасности.

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Мой любимый металл – кобальт

Несмотря на то, что металлический кобальт вряд ли использовался до начала XX века, его минералы применялись для придания стеклу и керамическим изделиям синего цвета. В наше время кобальт также используют в керамике, но уже в качестве компонента для компенсации желтого цвета из-за примесей Fe.

Тенарова синь $Co(AlO_2)_2$ и гжельская роспись

Соединения кобальта используют в качестве катализатора некоторых органических реакций (например, гидрирования), для изготовления магнитных сплавов и быстрорежущей стали.

Нельзя не отметить красоту солей кобальта и их растворов. Так, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ имеет красивую розовую окраску, $CoCl_2 \cdot 2H_2O$ – фиолетовую, $Na_3[Co(NO_2)_6]$ – оранжевую, $[Co(acac)_3]$ (комплекс с ацетилацетоном) – тёмно-зеленую, $[(NH_3)_4CoNH_2–Co(NH_3)_5]^{5+}$ – ярко-синюю, $[Co(H_2O)_6]^{3+}$ – синюю, $CsCo(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ – голубые квасцы.

$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ и $CoCl_2 \cdot 2H_2O$

Ксения Т.

Эксперимент

Хосе Касерес
Кандидат биологических наук, Центр нейронаук, Гавана

Грегор Мендель и законы наследственности

Статья начинается издалека и подводит нас к открытию Г. Менделя. Что именно он делал? Как ему удалось не допустить ошибок, подстерегающих не только пионеров науки, но и современных исследователей? В постановке эксперимента и в его интерпретации много нюансов, и все их нужно учесть. Вот необходимое (хотя и недостаточное) условие того, что проведенный эксперимент будет вписан на золотые страницы науки.

Любимое блюдо кубинцев – ахиако. В большую кастрюлю наливают семь литров воды, и добавляется нарезанные на мелкие кусочки 250 г сушеной соленой говядины, 500 г свинины, половина курицы, 500 г свиных ребрышек, 500 г говядины, два початка кукурузы, 700 г таро, два спелых банана, 500 г маниоки, 500 г сладкого картофеля, сок двух лимонов, две столовые ложки сливочного масла, один крупный перец, 300 г томатного пюре, три головки чеснока, соль по вкусу, молотые кукурузные шарики. Доводят до кипения и готовят на малом огне полтора часа.

Это блюдо помогает понять многие вещи, одна из которых – то, почему кубинцы, которые посещают Россию, так любят солянку. И я думаю, что увлечение тем, что соединяет много разных ингредиентов, лежит в основе взаимной симпатии между кубинцами и русскими.

Но смешивать разные вещи, чтобы получить нечто, что превосходит все свойства компонентов, выходит за рамки кулинарного искусства.

Лошадь – животное смелое, но не такое выносливое, как осел. Но осел не так хорошо слушается человека, и обычно он мал. Поэтому человек с незапамятных времен пытался скрестить лошадей и ослов, чтобы получить животное с лучшими свойствами для домашней работы. Мул рождается от скрещивания осла с кобылой. Мулы необычайно послушны,

сильны и устойчивы, поэтому они считаются особенно ценными животными при перевозке тяжелых грузов на большие расстояния с древних времен.

Но мул стерилен.

Скрещение пород, гибридизация – это очень старое ремесло, и его секреты трудны для понимания. Значительная часть этих секретов связана с теми законами, что регулируют наследственность, то есть передачу определенных биологических характеристик от родителей к детям, внукам и пр.

Я думаю, вы уже слышали что-то об Уильяме Харви, первооткрывателе системы кровообращения. О законах биологической наследственности Харви писал в 1651 году: «...Почему в одном случае потомство должно иметь более сильное сходство с отцом, у другого – с матерью, а у третьего – с прародителями, как материнскими, так и отцовскими?»

Возможно, изучение наследственности – это один из самых извилистых путей современной науки, где было немало героев и злодеев. О злодеях пусть другие расскажут, мы же будем любоваться настоящим героем. Мы расскажем о Грегоре Менделе, который родился в 1822 году в городке Гинчице в нынешней Чешской Республике (в то время он входил в Австро-Венгерскую Империю и назывался Хейнцендорф). При рождении он был крещен как Иоганн Мендель. Его отец Антон Мендель был крестьянином. Семья была смешанной, немецко-славянской. Антон Мендель проявлял особый интерес к выращиванию и прививке фруктовых деревьев – и учил своего сына делать это.

В школе Мендель показал большие способности, и его послали учиться в городскую гимназию в городе Троппау (Опава). Мендель получил сертификат учителя, затем прошёл курс обучения на университетском уровне. После этого он принял святую присягу, взял имя Грегор и был принят в орден августинцев в монастыре Святого Фомы, в Брюнне (сейчас это город Брно в Чехии) в 1843 году. Там он был рукоположен в 1847 году.

Монахи в Брюнне служили высококвалифицированными учителями в нескольких гимназиях. Некоторые, в том числе аббат, интересовались наукой, и у них были экспериментальные сады, метеорологические приборы и большая современная библиотека. Так Мендель оказался в компании образованных людей и обрёл возможность заняться наукой.

Мендель (стоит, второй справа), среди своей братии в Брно (https://www.studmed.ru/mendel-g-opyty-nad-rastitelnymi-gibridami_953b7d9c02f.html)

Мендель был назначен преподавателем в местной гимназии. Он преподавал математику и естествознание. Настоятель отправил его в Вену в 1850 году, чтобы сдать экзамены на лицензирование, и профессора посоветовали аббату отправить его в университет для дальнейшего обучения в течение двух лет (1851 – 1853).

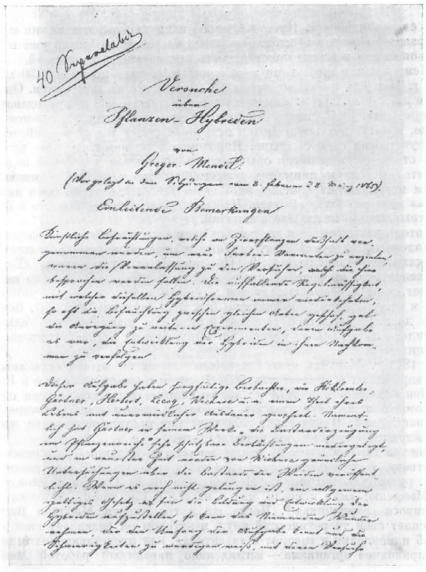
В Венском университете Мендель имел возможность посещать

курсы некоторых известных ученых своего времени, в том числе физика Кристиана Допплера (1803 – 1853) и выдающегося ботаника Франца Унгера (1800 – 1870). Отпечаток последнего в творчестве Менделя бесспорен.

По возвращению Мендель преподавал в местной гимназии вплоть до 1868 года.

Прежде чем перейти к обсуждению экспериментов Менделя, остановимся на его личности. О Менделе пишут, что он был «австрийским монахом, который проводил эксперименты с горохом во дворе монастыря». Великие научные открытия редко совершаются любителями. Наука требует много жертв и самоотверженности. Мендель был не столько священником, посвятившим себя религии, сколько интеллектуалом, который также изучал физику, биологию и математику в одном из лучших учебных центров Европы и посвятил много лет преподаванию математики, биологии и физики.

В отличие от передовых исследовательских групп нашего времени, у Менделя не было специального бюджета для поддержки его исследований, и он был одним из тех людей с обширным образованием, которые полагались прежде всего на свой ум - и сумели расширить научные горизонты биологии XIX века.



Факсимиле первой страницы рукописи Г. Менделя «Опыты над растительными гибридами» (1865)

(https://www.studmed.ru/mendel-g-opyty-nad-rastitelnymi-gibridami_953b7d9c02f.html)

Эксперименты Менделя

1. Вопрос.

В науке решающим моментом является постановка вопроса, и вопросы учёных должны быть чёткими, с целью достижения конкретных ответов с учетом возможностей применяемого метода исследования.

Вопрос Менделя заключался в том, чтобы «...определить число различных форм, в которых появляются потомки гибридов, с достоверностью распределить эти формы по отдельным поколениям и установить их взаимные численные отношения».

Другими словами, Мендель пытался узнать законы, по которым определенные черты, которые присутствуют у предков, передаются потомству.

2. Биологическая модель.

Из школы мы знаем, что тела быстро падают, и значение ускорения составляет $g = 9{,}8$ м/с^2.

Но почти все мы знаем, что судить о законе тяготения по падению парашютика одуванчика было бы очень трудно и не дало бы нам прийти к четкому и окончательному заключению. Галилей изучал падение металлических шариков, и это позволило ему узнать основы гравитации. Этот пример показывает, как важно выбрать правильную модель для решения научной проблемы.

В случае проблемы, которая волновала Менделя, он четко определил, на каком растении следует изучать законы наследственности:

«Выбор растительной группы, которая будет служить опытам подобного рода, должен быть сделан с наивозможной осторожностью, если мы не хотим подвергнуть риску самый успех опыта.

Эти опытные растения должны непременно:

1. Обладать константно различающимися признаками.

2. Гибриды их должны быть защищены от влияния чужеродной пыльцы.

3. Гибриды и их потомки в последовательных поколениях не должны страдать нарушением плодовитости».

Выбранным видом был горох (*Pisum*).

3. Методика.

Исследование имело начальную фазу: необходимо было обеспечить, чтобы растения были чистыми и потомство представляло собой особей, идентичных своим родителям. Гибридизация нечистых, гибридных растений создала бы больше путаницы, чем ясности. Растения выращивали на огородике монастыря.

Далее Мендель посвятил себя скрещиванию растений и наблюдению за свойствами потомства.

«Надо было обладать известным мужеством, чтобы предпринять такую обширную работу; однако это представляется единственным путем для достижения окончательного решения вопроса, имеющего немаловажное значение».

Для скрещивания разных сортов гороха Мендель прибегнул к искусственной гибридизации.

«Искусственное оплодотворение несколько затруднительно, но почти всегда удается. Для этой цели надо открыть ещё не совсем раскрывшийся бутон, удалить лодочку и осторожно вынуть каждую тычинку при помощи пинцета, после чего можно тотчас же нанести на рыльце чужую пыльцу».

Мендель делает заключение:

«Если скрестить два растения, константно различных в одном или нескольких признаках... общие признаки переходят неизменными к гибридам и их потомкам; напротив, каждая пара различающихся признаков соединяется в гибриде в новый признак, который у потомков подвергается обыкновенно изменениям».

Мендель сосредоточился на семи признаках (чертах) гороха: :

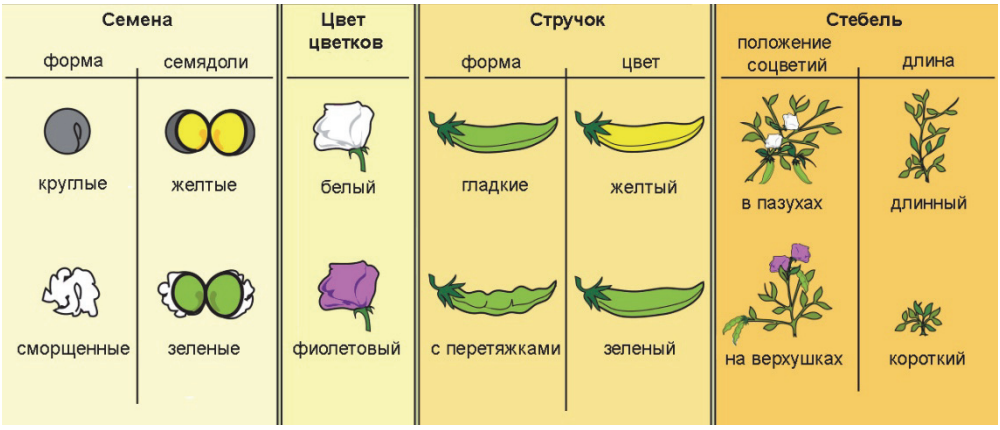
«Выбранные для оплодотворения образцы гороха обнаруживали различия в длине и окраске стебля, в величине и форме листьев, в положении, окраске и величине цветов, в длине цветочных побегов, в окраске, форме и величине стручков, в форме и величине семян, в окраске семенной кожуры и белка [семядоли]».

Гибридные растения самоопло-дотворялись, и их характеристики наблюдались в течение нескольких поколений.

В результате восьми лет экспериментов Мендель тщательно исследовал более 10000 растений. Мы спрашиваем себя, не будет ли излишним наблюдать так много растений?

Мендель знал законы вероятности. При помощи моделирования со случайными числами мы получаем, что если случайное явление происходит в 3 раза чаще, чем другое, необходимо большое количество наблюдений, чтобы иметь возможность приблизиться к этой пропорции. Не прибегая к большой математической строгости, если мы следим за этим поведением только в 10 экспериментах, мы можем видеть, что пропорции варьируются от соотношения 1,4 к 1 до соотно-

шения 20,0 к 1, поэтому из-за такого большого разброса было бы очень трудно приблизиться к теоретическому соотношению 3 к 1. По мере увеличения количества наблюдений мы будем приближаться к верному значению. И с тысячей наблюдений мы приблизимся к теоретическому значению 3 : 1 (диапазон между 2,72 : 1 и 3,2 : 1).



Характеристики растений гороха, изученные Менделем

(https://en.wikipedia.org/wiki/Mendelian_inheritance#/media/File:Gregor_Mendel_-_characteristics_of_pea_plants_-_english.png)

Мендель наблюдал эффекты, у которых соотношение составляло приблизительно 3 к 1, и фактически, изучая характеристики 1064 растений, он получил соотношение 2,84 к 1, как раз в пределах диапазона, предложенного в нашем моделировании для этого числа наблюдений.

4. Какие результаты получил Мендель?

Мендель объясняет, что в предыдущих наблюдениях было обнаружено, что гибриды, как правило, не появляются в качестве промежуточных форм родительских образцов, и один из двух родительских признаков настолько преобладает, что другая черта практически отсутствует. Именно это наблюдается в каждой из черт или признаков, выбранных в горохе: гибридное потомство настолько напоминает одного из родителей, что почти невозможно увидеть сходство со вторым родителем.

Здесь лежит самый важный элемент открытия Менделя. В этом Мендель превосходил всех специалистов по наследственности своего времени.

«Это обстоятельство очень важно для определения и группировки форм, в которых появляются потомки гибридов».

Далее Мендель вводит основополагающее определение:

«...те признаки, которые переходят в гибридные соединения совершенно неизмененными или почти неизмененными, и тем самым представляющие признаки гибридов, будут обозначаться как доминирующие, а те, которые становятся при гибридизации латентными – как рецессивные».

Проиллюстрируем результаты Менделя на примере одного из изученных признаков: длины стеблей.

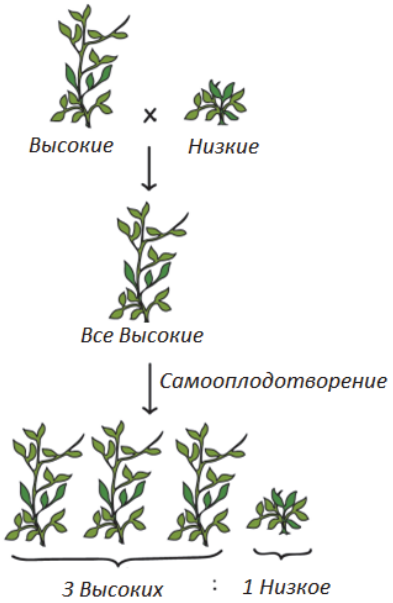
Гибриды первого поколения, продукт перекрестного оплодотворения родителей с длинным стеблем

и коротким стеблем, показали, что у всех потомков был высокий стебель.

Таким образом, следуя терминологии Менделя, доминантный характер соответствует высокому стеблю, а рецессивный – короткому.

Следующим этапом является изучение самооплодотворения гибридов.

Мендель получил, что из 1026 растений этого поколения у 787 был длинный ствол, а у 277 – короткий ствол (соотношение 2,84 к 1).



Результат эксперимента по длине стебля (https://es.khanacademy.org/science/high-school-biology/hs-classical-genetics/hs-introduction-to-heredity/a/mendel-and-his-peas)

Когда Мендель рассмотрел результаты по семи признакам, он получил, что из 19959 растений в 14949 случаях наблюдался доминирующий характер, а рецессивный характер – в 5010. Соотношение 14949 : 5010 дает 2,98 : 1, что очень близко к теоретическому значению 3 : 1 и лежит в ожидаемом диапазоне (2,94 : 1 – 3,07 : 1).

Повторное появление рецессивного характера, а также пропорций, в которых это происходит, было еще одним большим открытием Менделя.

Как только количественные отношения для проявления различных признаков были прочно установлены, Мендель попытался найти им объяснение. Он предположил существование наследственных единиц («частиц»), которые передаются без изменения гаметами (мужскими и женскими) из поколения в поколение.

Каждая наследственная единица появляется в двойных дозах у каждой особи, но гаметы имеют только одну дозу. Мендель обозначил доминирующую наследственную единицу «**A**», а рецессивную – символом «**a**». Индивидуум чистого вида имеет две равные наследственные единицы (**AA** для чистых растений с длинным стеблем и **aa** для растений с коротким стеблем). Комбинация наследственных единиц (**Aa**) появляется у гибридных особей. В этом случае, хотя рецессивный элемент присутствует, растение будет использовать только доминирующий элемент, поэтому оно будет с длинным стеблем, идентичным по форме чисто доминантному, но будет отличаться по наследственной эффективности.

Когда гибрид **Aa** самоопыляется, он дает два типа половых клеток с одинаковой вероятностью. Одна половина половых клеток будет нести наследственную единицу **A**, а другая половина – **a**. Из простых комбинаторных законов можно получить, что в первом гибридном поколении чистая доминантная форма появится у четверти потомства, чистая рецессивная форма появится в другой четверти, в то время как у половины будет гибридная форма **Aa**, проявляющая доминирующий признак.

Мендель также проверил, что происходит с потомками этого перво-

го поколения гибридов, и отметил, что рецессивный признак был обнаружен у всех потомков особей с короткими стеблями, а также у части потомков особей с длинными стеблями. Его знание математики позволило ему вывести следующий ряд, применимый к любому поколению.

Поколение	*A*	*Aa*	*a*
1	1	2	1
2	6	4	6
3	28	8	28
4	120	16	120
5	496	32	496
n			

Выраженные в пропорциях:

A : *Aa* : *a*
1 : 2 : 1
3 : 2 : 3
7 : 2 : 7
15 : 2 : 15
31 : 2 : 31
$2^n-1 : 2 : 2^n-1$

Любопытное следствие этого вывода Мендель комментирует следующими словами:

«В 10-м поколении, например, 2n − 1 = 1023. Следовательно, на каждые 2048 растений, которые выходят из этого поколения, приходится 1023 с константно доминирующим признаком, 1023 с рецессивным и только 2 гибрида».

Здесь мы описали важную часть оригинальной работы Менделя, но лишь часть. Если читатель смог дочитать до этого места, я уверен, что он сможет полностью изучить оригинальную работу Менделя. Её можно найти здесь: https://www.studmedru/mendel-g-opyty-nad-rastitelnymi-gibridami_953b7d9c02f.html

5. Что было дальше?

Работа Менделя была представлена на двух сессиях Общества Естествознания в Брюнне (8 февраля и 8 марта 1865 г.), а затем опубликована в «Трудах Общества Естествознания в Брюнне 1865 г.» Мендель лично распространил 40 экземпляров, а библиотека Брюнне через библиотечный обмен распространила ее в нескольких странах Европы и США. Но принятие работы было почти нулевым. Говорят, что работа Менделя цитировалась только 6 раз в период с 1866 по 1899 год.

Во славу российской науки одним из первых упомянул Менделя молодой Санкт-Петербургский аспирант Иван Федорович Шмальгаузен, его диссертация 1874 года была озаглавлена «О растительных помесях, наблюдения из Петербургской флоры» (СПб., 1874, 107 стр.).

Иван Федорович родился 3 апреля 1849 года в Петербурге и в 1867 году поступил в Петербургский Университет. Затем, по окончании курса кандидатом в 1871 году, он был оставлен при университете для приготовления к профессорскому званию и через три года получил степень магистра ботаники.

Шмальгаузен писал:

«С работою Менделя «Опыты над растительными помесями» мне случилось познакомиться только после того, как моя работа была отдана в типографию. Я считаю, однако, нужным указать на эту статью потому, что метод автора и способ выражать свои результаты в формулах заслуживают полного внимания и должны быть дальше разработаны (для вполне плодородных помесей). Задача автора: определить с математической точностью число возникающих от гибридного опыления форм и количественное соотношение индивидов этих форм. Он выбирает для скрещивания растительные формы, отличающиеся постоянными и легко отличимыми признаками, которых помеси остаются вполне плодородными в последующих генерациях. Породы гороха вполне удовлетворя-

ют этим требованиям. Для сравнения форм выбираются определенные признаки, которые в этом случае таковы, что в получаемой помеси они не смешиваются, а всегда один признак поглощается у ¾ индивидов, то есть делается вполне незаметным от преобладания противоположного признака, а ¼ индивидов помеси по этому признаку переходит к типу другой формы. Последняя группа индивидов в последующей генерации остается постоянною. Первая же разделяется опять на две группы: ¼ ее остается постоянною, ¼, сходная по избранному признаку с первой четвертью, остается гибридной, последняя ¼ индивидов переходит к противоположному типу. Мендель приходит к заключению, что из семян помеси двух отличающихся признаков половина воспроизводит помесь, другая же половина дает растения, которые остаются постоянными и наполовину воспроизводят преобладающий, наполовину исчезающий признак. Для потомства же помесей, в которых соединено несколько признаков, он получает сложный ряд, которого члены можно представить себе происходящими от комбинации (умножения) нескольких рядов, из которых каждый состоит из трех членов, получаемых при скрещивании двух противоположных признаков. Равно по наблюдениям Менделя, как и по математическим соображениям всегда получаются, между прочими, тоже постоянные члены с новыми комбинациями признаков».

Я не видел ни одного текста, в котором суть работы Менделя обобщается в таких коротких и чётких выражениях. В 1900 году три исследователя почти одновременно «заново открыли Менделя» (Корренс, Чермак и де Фриз, 35 лет спустя!), а в следующие 35 лет генетика достигла удивительных высот.

В 2015 году, спустя 150 лет[1], группа исследователей попыталась сформулировать значение работ Менделя для современной генетики. Среди прочего, они комментируют:

· *Исследование Менделя было полностью переоткрыто через 34 года после его публикации, с тех пор широко обсуждалось и тщательно анализировалось.*

· *Мендель первым применил исчисление отношений к биологической ситуации. Мендель являлся не только ботаником, но и был хорошо обучен физическим наукам, где точные записи всегда необходимы.*

· *Одним из нововведений Менделя было рассмотрение наследования признаков как случайных событий. Это могло быть одной из причин, почему его статья была проигнорирована. Случайные события, статистика и вероятности были более распространенными для языка, используемого физиками и математиками XIX века, чем биологами XIX века.*

· *Внимательно следя за наблюдениями, Мендель обозначил проявленные черты как доминирующие, а «скрытые» – как рецессивные. Эту классификацию и буквенный код мы используем до сих пор.*

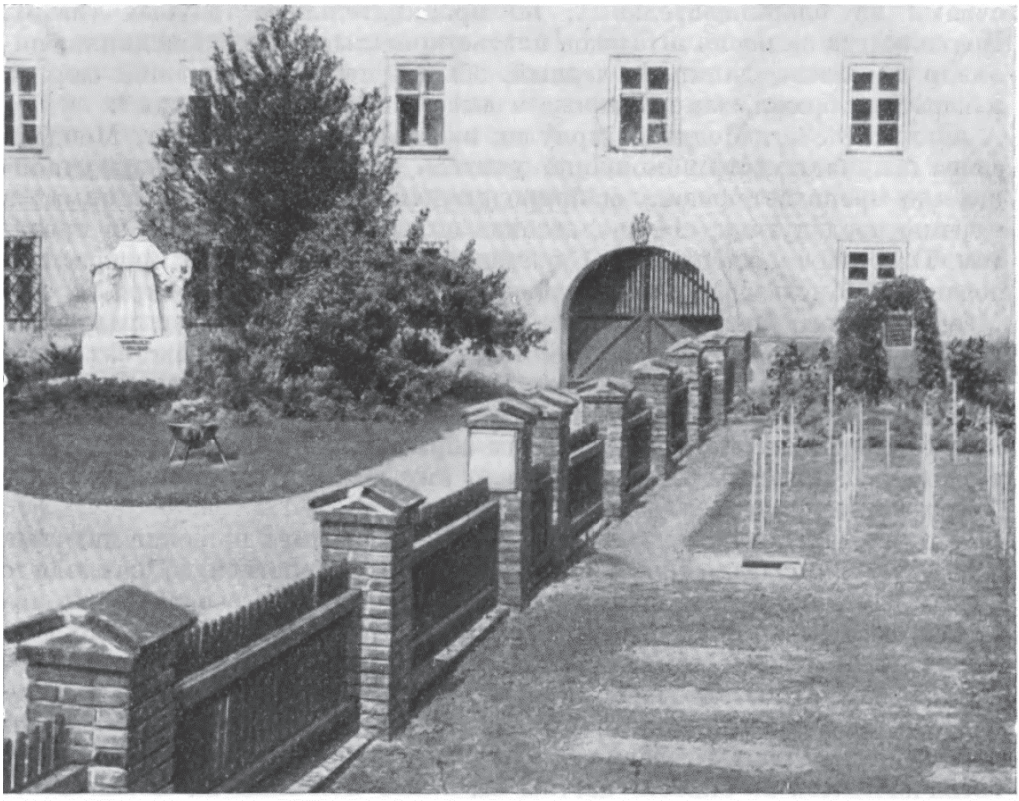
· *В XX веке многие методы селекции растений были разработаны на основе менделевских принципов.*

[1] Petr Smýkal, Rajeev K. Varshney, Vikas K. Singh, Clarice J. Coyne, Claire Domoney, Eduard Kejnovský, Thomas Warkentin (2016) From Mendel's discovery on pea to today's plant genetics and breeding Commemorating the 150th anniversary of the reading of Mendel's discovery. Theor Appl Genet DOI 10.1007/s00122-016-2803-2

· *Несмотря на огромный прогресс, достигнутый за последние 150 лет, генетика всегда будет опираться на основные принципы, открытые и сформулированные Менделем в 1865 году на садовом горохе.*

Кто такой учёный? Право, я не могу дать точное определение, но мне кажется, что учёный – это тот, кто хорошо знает границу между известным и неизвестным и может, задавая себе очень конкретные вопросы, найти те инструменты, которые позволяли бы ему ответить на эти вопросы. Некоторым учёным нужны миллионные бюджеты для решения своих задач. Другим, как герою этой истории, достаточно маленького огорода. Выражаясь словами одного из самых страстных последователей Менделя – Моргана:

«В годы, когда Мендель работал над своим горохом в саду монастыря, он сделал величайшее открытие за последние пятьсот лет в биологической науке».



Опытный садик Менделя во дворе монастыря в Брно. Слева — памятник, установленный в 1910 г., в глубине участка справа — мемориальная доска

(https://www.studmed.ru/mendel-g-opyty-nad-rastitelnymi-gibridami_953b7d9c02f.html)

Загорский Вячеслав Викторович
Кандидат химических наук, доктор педагогических наук, профессор СУНЦ МГУ имени М.В. Ломоносова

Ракетное оружие – от «огненных повозок» до «Катюш»

Во все времена проблема, как доставить снаряд до противника, была актуальной. Сначала ее решали с помощью мускульной силы и путем хитроумных механических приспособлений. Но параллельно с ними, еще в начале нашей эры, началось использование ракет... Статья расскажет о поворотах истории химии ракетных топлив.

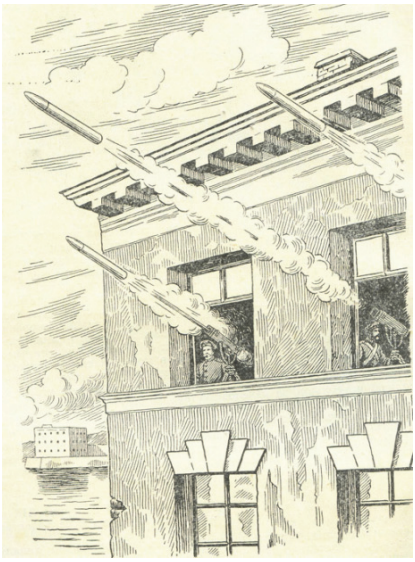
Уникальное мощное оружие Советской Армии в годы Великой Отечественной войны – знаменитые «Катюши» – относятся к РСЗО – реактивным системам залпового огня.

История этого оружия гораздо древнее, чем думают некоторые. РСЗО стреляют ракетами, причем сразу многими. Важнейшим для ракеты является ее топливо, при сгорании которого создается поток газов, создающий реактивную силу. Историки военного дела более-менее единодушны в том, что впервые ракетное топливо из смеси селитры, угля и серы появилось в Китае примерно в VI веке нашей эры. А вот первое военное применение РСЗО описано в Корее в XVI веке. Корейская «огненная повозка» – хвачха позволяла за несколько секунд выпустить в противника около сотни стрел с реактивными двигателями на черном порохе[1] [1]. В 1593 году этим оружием было отбито наступление десятитысячной японской армии. Дальность полета реактивных стрел достигала 450 метров, точность была невелика, но трудно промахнуться мимо толпы наступающих.

[1] Типичный состав черного (дымного) пороха в XIX веке: калийная селитра 75 %, древесный уголь 15 %, сера 10 %.

«Огненная повозка» в действии (https://topwar.ru/116841-hvachha-pervaya-massovaya-sistema-zalpovogo-ognya-srednevekovya.html)

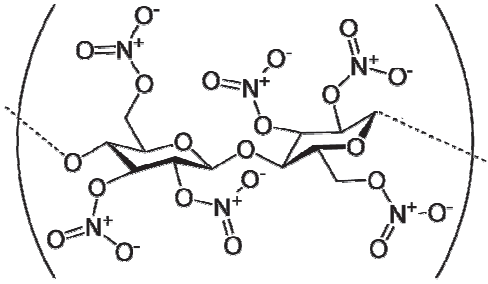
Ракетное оружие продолжало развиваться. В 1817 г. боевая ракета конструкции генерала Александра Дмитриевича Засядко (1779 – 1837) пролетела почти 2,7 км. Для стрельбы такими ракетами были созданы пусковые установки, обеспечивающие одновременный запуск до 36 ракет – настоящие системы РСЗО. Боевое применение русских пороховых ракет конструкции Константина Ивановича Константинова (1818 – 1871) при обороне Севастополя в 1854 г. описал 26-летний подпоручик артиллерии Лев Толстой в своих «Севастопольских рассказах».



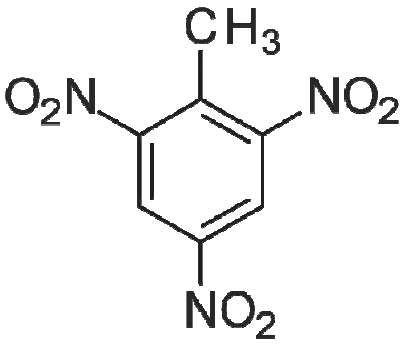
Пуск ракет из казармы в Севастополе в 1854 г. (https://topwar.ru/2254-russkoe-raketnoe-oruzhie-19-veka.html)

В XX веке ракетное оружие получило новое мощное топливо на основе бездымного пороха.

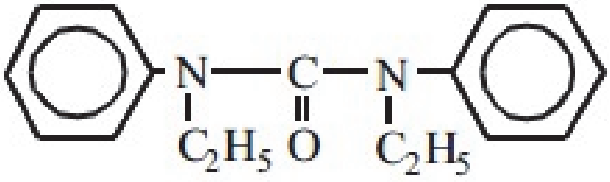
В 1916 г. профессор Иван Платонович Граве создал боевую ракету на бездымном порохе. Топливом были шашки из прессованного пироксилина диаметром 70 мм. В 1922 г. Владимир Андреевич Артемьев и Николай Иванович Тихомиров разработали новое ракетное топливо – шашечный бездымный пироксилиновый порох на нелетучем растворителе (тротиле). На тот момент это было очень крупным прорывом, который в итоге стал фундаментом для всех последующих достижений отечественных ракетостроителей. Пироксилин-тротиловое топливо содержало 76,5 % пироксилина, 23 % тротила и 0,5 % стабилизатора – централита (несимметричная диэтилдифенилмочевина).



Пироксилин (тринитроцеллюлоза) (https://pbs.twimg.com/media/EEaFkxGWsAAkMsn.jpg) и его формула

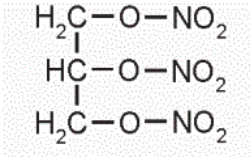


Тротил (тринитротолуол) (https://himya.ru/wp-content/uploads/2019/05/e50be059e0bd9725849734466b9d36413.jpg) и его формула



Одна из формул диэтилдифенилмочевины (централит №2)

Пироксилино-тротиловый порох затем заменили более эффективным баллиститным порохом на основе пироксилина и нитроглицерина. Баллиститный порох марки Н, созданный первоначально для ствольной артиллерии, имел следующий массовый состав: коллоксилин (динитроцеллюлоза) – 57 %; нитроглицерин – 28 %; динитротолуол – 11 %; централит – 3 %; вазелин – 1 %.



Нитроглицерин

В 1937 – 1938 годах реактивные снаряды РС-82 калибра 82 мм устанавливали на истребителях И-55, И-16, И-153.

РС-82 под крыльями истребителя И-16
(http://w.scalemania.ru/forum/viewtopic.php?f=11&t=259&view=next)

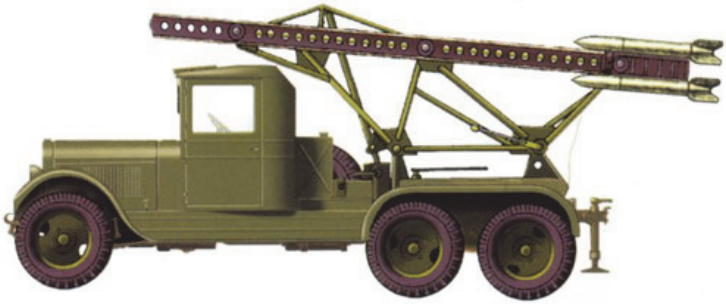
В 1938 году технология баллиститного пороха была отработана. Но появились новые проблемы. Некоторые реактивные снаряды сразу после пуска начинали громко реветь, при этом резко менялась стабильность и дальность их полета. В баллиститный порох Н входил стабилизатор химической стойкости централит №2. В порохе его только 1 %, но без этого стабилизатора порох Н при хранении самовозгорался. Советские химические заводы не производили централит, его до войны закупали в Германии, затем поставляли союзники по ленд-лизу.

Отчасти помогла смежная наука. Скорость горения пороха очень сильно зависит от давления. Математик Юрий Александрович Победоносцев установил, что в канале толстостенной шашки из пороха развивается слишком высокая скорость движения пороховых газов, эти газы начинают размывать стенки канала шашки, изготовленной из пороха Н, поверхность горения неравномерно увеличивается, возникают стоячие волны, которые еще больше размывают стенки шашки, и так далее, вплоть до разрыва ракетного двигателя. Из-за стоячих волн это явление Победоносцев назвал резонансным горением, возник «критерий Победоносцева», который определяет склонность пороха к резонансному горению.

Химик Василий Александрович Сазонов предложил ввести в порох оксид магния – простую в изготовлении и термостойкую жженую магнезию. Частицы тугоплавкого оксида магния не дают образовываться стоячим волнам, и резонансное горение не наступает даже при плохом критерии Победоносцева. За реше-

ние важной научно-технической проблемы резонансного горения Сазонов получил Сталинскую, ныне Государственную премию. Вскоре за разработку высокоэффективных ракетных порохов серии РСИ он получил вторую Сталинскую премию [2]. К сожалению, в результате постоянного преследования со стороны карьериста-начальника профессор Сазонов умер от третьего инфаркта в возрасте всего 54-х лет. А реактивная система залпового огня «Град» с зарядами из пороха типа РСИ все еще состоит на вооружении Российской армии и армий нескольких иностранных государств.

Наиболее массовым реактивным снарядом, применявшимся сухопутными войсками Советской Армии в период Великой Отечественной войны, был 132-мм снаряд М-13 с дальностью стрельбы до 8,5 км. 21 июня 1941 года, буквально за несколько часов до начала войны, было принято решение о развертывании серийного производства реактивных снарядов М-13 и пусковых установок БМ-13 и о начале формирования ракетных войсковых частей.



Пусковая установка БМ-13 (https://karopka.ru/community/user/9106/?MODEL=316465)

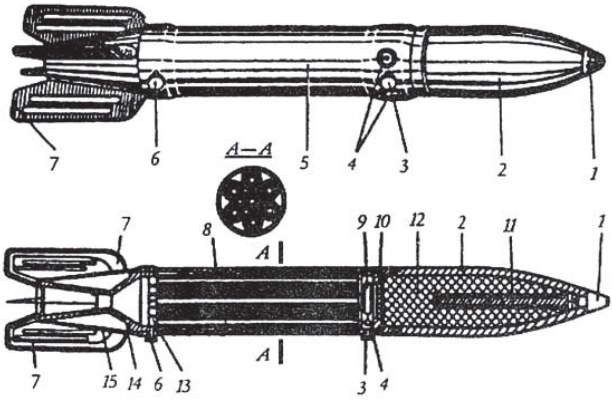


Схема снаряда БМ-13 (http://rbase.new-factoria.ru/missile/wobb/bm13/shema_m13.html): 1 – взрыватель; 2 – корпус боевой части; 3 – направляющий штифт; 4 – пирозапалы; 5 – пороховой двигатель; 6 – направляющий штифт; 7 – стабилизатор; 8 – пороховые шашки; 9 – воспламенитель; 10 – дно боевой части; 11 – дополнительный детонатор; 12 – боевой заряд, 13 – колосниковая решетка, 14 – крышка-сопло, 15 – конус-обтекатель

Официально первый залп 1-я экспериментальная батарея «Катюш» (5 из 7 установок) под командованием капитана Флерова дала в 15 ч 15 мин 14 июля 1941 года по железнодорожному узлу в Орше. Нередко приводится следующее описание произошедшего: «Над лощиной, поросшей кустарником, где затаилась батарея, взметнулось облако дыма и пыли. Раздался грохочущий скрежет. Выбрасывая языки яркого пламени, с направляющих пусковых установок стремительно соскользнуло более сотни сигарообразных снарядов. Какое то мгновение в небе были видны черные стрелы, с нарастающей скоростью набирающие высоту. Из их днищ с ревом вырывались упругие струи пепельно-белых газов. А потом все дружно исчезло. <...> А через несколько секунд в самой гуще вражеских войск один за другим, дробно сотрясая землю, загремели взрывы. Там, где только что стояли вагоны с боеприпасами и цистерны с горючим, взметнулись огромные гейзеры огня и дыма»[2].

Литература

1. Хвачха – первая массовая система залпового огня Средневековья. https://topwar.ru/116841-hvachha-pervaya-massovaya-sistema-zalpovogo-ognya-srednevekovya.html

2 В. Соколов. Ракетное оружие XIX века. – В кн. «Огнепоклонники». https://topwar.ru/2254-russkoe-raketnoe-oruzhie-19-veka.html

3. В. Федин. Спецхимики. Порох для Града или Василий Сазонов. https://www.proza.ru/2014/06/15/1589

4. История создания, основные характеристики и научно-технические проблемы производства ракетных зарядов и порохов к реактивным снарядам советской армии периода 1941 – 1945 гг. http://epizodsspace.airbase.ru/bibl/iz-istorii/poroh.html

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Мой любимый металл – алюминий

Алюминий – прекрасный металл, его можно найти где угодно: хоть в продуктовом магазине на полке с консервами, хоть в обшивке самолета.

Он обладает многими положительными свойствами: он легок, он податлив к штамповке, обладает оксидной пленкой, которая делает его стойким к внешним воздействиям.

Благодаря этим свойствам этот металл находит широкое применение, которое к тому же можно расширить с помощью сплавов (ведь создавая их можно получить лучшие, чем чистый металл, материалы, но обладающими его полезными свойствами; например, сплав алюминия с медью, марганцем и магнием – дюралюминий – обладает более высокой прочностью, чем «чистый» металл, а сплав алюминия с литием позволяет получать более легкие детали).

Вот поэтому я и люблю этот металл.

Роман К.

[2] «Катюша»: тайна первого залпа легендарного оружия. // Русская Семерка russian7.ru

Ваймугин Леонид Александрович
студент химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

Лебедева Екатерина Владимировна
студентка филологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

«Мирное» железо в военной прозе

Каждый из нас в школьные годы читал произведения о Великой Отечественной войне. С мыслями о ней пробуждаются воспоминания о защите Москвы, форсировании Днепра, блокаде Ленинграда, битве под Сталинградом, обороне Севастополя, Курской битве, освободительных операциях в восточной Европе и падении Берлина. Военная проза – это не только источник знаний об исторических событиях нашей страны, но и обширное поле для увлекательных исследований.

Для всех нас очевидно, что железо является одним из основных материалов для производства военной техники и снарядов. Однако упоминание этого металла на страницах военных произведений очень обширно: его можно встретить в описании природных явлений, продуктов питания, материалов для медицины и строительства. Обратимся к прозе тех времен.

В повести Алеся Адамовича «Каратели» [1] есть следующий фрагмент: «Кругом ольха, зеленая, живая. А канавы и дороги от ржавчины, как курослепы, желтые. Рудненцы говорили, что когда-то и запорожцы тут бывали, болотное железо варили. Пожалуйста, и железо: нагнулся и бери, как гриб, как ягоду!»

Здесь речь идет о болотной руде, так называемом лимоните, смеси соединений типа $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, где n варьируется в зависимости от состава (вода обычно составляет до 30 % от общей массы). Из-за наличия примесей (фосфатов, силикатов и оксида марганца) лимонит не считается применимым в промышленных

целях, поскольку есть более распространенные железосодержащие руды, такие как магнетит Fe_3O_4 и гематит Fe_2O_3. Лимонит преимущественно образуется на болотах, дне океана, берегах рек и озер, то есть там, где сконцентрировано много минерализованной воды.

Рис. 1. Образцы болотной руды[1]

Снова обратимся к повести. Автор упоминает несколько анатомических фактов, из которых рассмотрим следующий: «Человеческое тело содержит… железа – достаточно, чтобы изготовить средних размеров гвоздь».

Железо – необходимый для человеческого организма микроэлемент. Он встречается в составе сложных белков животных: гемоглобина и миоглобина. Первый участвует в кровообращении благодаря обратимому связыванию с кислородом из воздуха, а второй участвует в создании кислородного запаса на случай его временной нехватки в мышцах. В человеческом организме в среднем содержится от 3,5 до 4,5 г железа. Для отливки гвоздя объемом от 0,004 до 12,217 $см^3$ может потребоваться от 0,032 до 96,2 г стали марок Ст1кп, Ст2кп, Ст3кп, где массовая доля железа достигает 99 %. Так что факт, приведенный автором, можно считать правдивым.

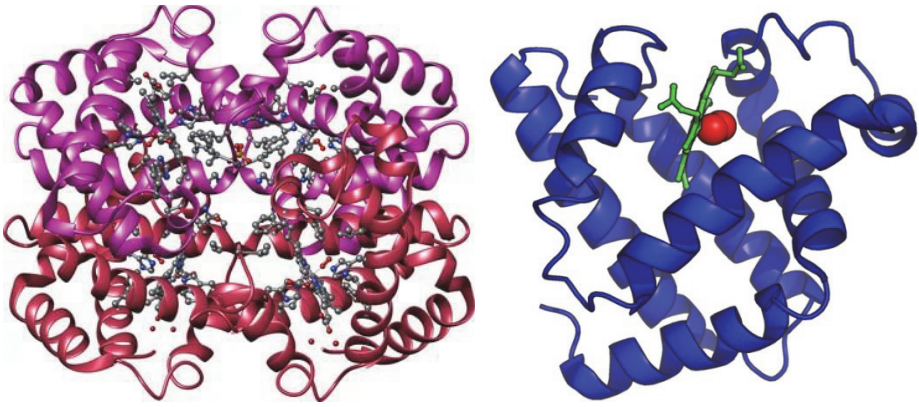


Рис. 2. Модели молекул гемоглобина и миоглобина[2]

[1] http://tehlib.com/inzhenernaya-geologiya/porodoobrazuyushhie-mineraly/, https://bullion.ru/forum/profile/4792-dilettante/content/page/51/?type=forums_topic_post

[2] http://marinky.com/gemoglobin/, https://www.emaze.com/@AFRWCTQF

Теперь обратимся к страницам романа Бориса Васильева «В списках не значился» [2]. В диалоге между героями (Миррой и Плужниковым) завязывается разговор о послевоенной жизни:

«– Какой ты худенький. – Она нежно провела рукой по его заросшей щеке. – Знаешь, мы не сразу поедем в Москву. Мы сначала поживем в Бресте, и моя мама немножечко тебя растолстит. А я буду кормить тебя морковкой.

– Я похож на кролика?

– Морковка очень полезна. Очень, потому что мама говорила, что в ней есть железо. И когда ты растолстеешь, мы поедем в Москву».

Действительно, железо в значительных количествах содержится в моркови. В National Nutrient Database[3] можно обнаружить, что на каждые 100 г моркови приходится 0,3 мг минерализованного железа. Поэтому допустимо использование морковного сока при лечении анемии – синдрома, связанного со снижением уровня гемоглобина; анемия сопутствует заболеваниям и патологическим состояниям[4].

Рис. 3. Морковь – источник железа[5]

Во все времена особенно ценились строительные материалы, из которых сооружались долговечные строения. Один из них можно не редко встретить в произведениях о Великой Отечественной войне. Речь идет о железобетоне, который является основой многих сооружений.

В историческом романе Валентина Пикуля «Реквием каравану PQ-17» [3] подчеркивается важность этого материала: «Порядок на базах Лориана был такой: если вернулись живы, адмирал давал 27 дней, из которых 9 – для работы, 9 – для разгула, 9 – для поездки домой. <...> Англичане не раз бомбили Лориан, надеясь накрыть «волков» поближе к ночи, когда они разбредаются по притонам. Но предусмотрительный «папа» Дениц заранее вынес публичные дома из Лориана за черту города, а железобетонные навесы, под которыми стояли подводные лодки, как лошади в стойлах, фугаски не могли пробить...»

В романе Георгия Владимова «Генерал и его армия» [4] этот материал также встречается, но уже как часть городских развалин: «Не начать ли с того, как в один из последних дней августа возник в окулярах стереотрубы огромный город на том берегу, весь в грудах кирпича и обломков железобетона, дымящиеся развалины проспекта, наклонно и косо выходившего к Днепру, и черный ангел с крестом на плече, высоко вознесшийся над зеленым холмом, над кущами парка? Вернее, это так выглядело, как будто ангел, устав нести к реке тяжелый крест, упер его в землю комлем и отдыхал, привалясь к нему и опустив голову».

Известно, что железобетон как строительный материал использовался еще с первой половины XIX века. Он представляет собой композитный материал, состоящий из стальной арматуры и бетона.

[3] https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170393/nutrients
[4] https://edaplus.info/produce/carrot.html
[5] https://ok.ru/group/53990477660345/topic/70276165367225

Первый компонент[6] – горячекатанная сталь для армирования, состав которой сильно меняется от одной марки к другой. Второй компонент[7] – тяжелый конструкционный каменный материал, в состав которого могут входить оксид магния (не больше 5 – 6 %), оксиды калия и натрия, ангидрид серной кислоты (1 – 4 %), фосфогипс, фторогипс или борогипс, электротермофосфорные или гранулированные доменные шлаки, обоженные алуниты и каолины, сульфоалюминаты и сульфоферриты, а также пластификаторы или гидрофобилизаторы (не более 0,3 %).

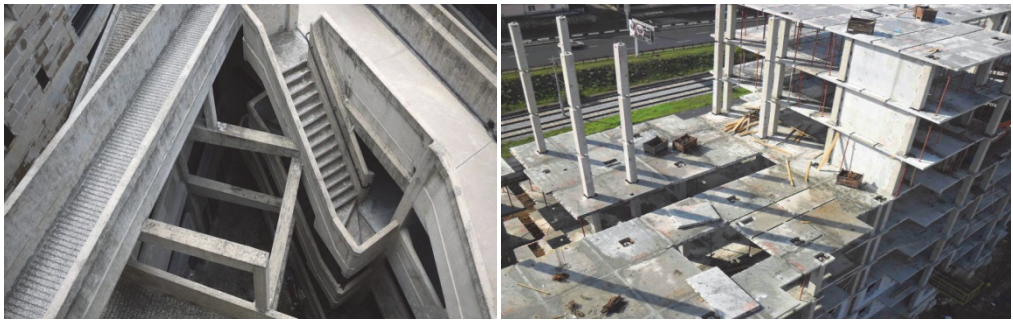


Рис. 4. Железобетон – основа многих строительных конструкций недавнего прошлого и современности[8]

Рассмотрев некоторые яркие эпизоды из прозы о Великой Отечественной войне, мы убедились, что железо – это не только материал для производства военной техники и снарядов. Он упоминается в самых разнообразных сферах жизни: его можно встретить как в окружающем нас живом мире, так и в человеческой деятельности. И главное – в «мирных» отрывках военной прозы.

Литература

1. Адамович А. Каратели: Радость ножа, или Жизнеописания гипербореев. – Минск: Попурри, 2014, с. 368.
2. Васильев Б. В списках не значился. // Юность, 1974, № 2 – 4.
3. Пикуль В. Реквием каравану PQ-17. // Роман-газета, 1984, № 9 (991).
4. Владимов Г. Генерал и его армия. – М.: ЛитРес, 2015, с. 630.

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Мой любимый металл – осмий

Осмий – металл, который знает себе цену. Он не просто платиновый, он даже среди этой группы выделяется. Его трудно изменить: его температура плавления и кипения столь же высоки, сколь и его цена. Он даже на царскую водку смотрит с презрением.

Лучших всегда мало (производство – несколько килограммов в год), а лучший осмий во многом. Готов даже переплюнуть платиновые катализаторы.

Антон С.

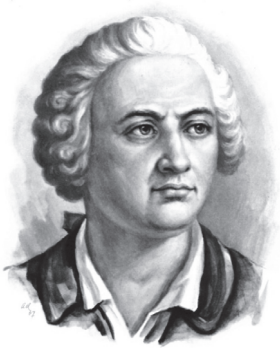
[6] http://docs.cntd.ru/document/1200001876
[7] http://docs.cntd.ru/document/871001094
[8] http://nevsedoma.com.ua/index.php?newsid=124053, http://www.kub-sk.ru/about/news/details_211.html

Нечипоренко Юрий Дмитриевич[1]
Старший научный сотрудник Института молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, работы связаны с изучением ДНК и математическим моделированием в молекулярной биофизике

Наука и ученые. Часть 2

В прошлом номере мы напечатали первую часть статьи о том, что такое наука и как она возникла. Вторая часть рассказывает о дальнейшем ее развитии.

Михаил Ломоносов



Михаил Васильевич Ломоносов[2]

Ломоносова считают первым учёным и одновременно первым поэтом России, но вокруг его имени до сих пор ведутся споры. Михаил Ломоносов родился под Холмогорами, в семье промышленника и судовладельца Василия Ломоносова. В соседней избе он нашел три книги, которые открыли ему «врата учения» – Арифметику, Псалтырь и Грамматику. Книги тогда были редкостью, и не в простой крестьянской семье рос наш герой, образованные люди окружали его с детства и помогали ему на пути.

Известно, что ушёл он из дома в Москву с рыбным обозом и закончил Славяно-греко-латинскую Академию, а потом был послан в числе лучших учеников в Петербург, в Академию наук. Почти сразу от этой Академии Михайло Ломоносов был послан в Германию учиться наукам. После возвращения он занялся минералогией, физикой и химией. Одним из первых дел он перевёл на русский язык учебник физики своего преподавателя Христиана Вольфа.

Расцвет деятельности Ломоносова пришёлся на правление дочери Петра I Елизаветы. Она вступила на престол в декабре 1741 года, вскоре после возвращения Ломоносова из Германии. Ломоносов стал придворным поэтом Елизаветы Петровны, её любимцем: за оду 1748 года она по-

[1] Фото Л. Осепяна.
[2] https://pustunchik.ua/uploads/checkyourself/ab97ce27b505e4bd51be64b7b0962668.jpg

дарила ему две тысячи рублей – такие огромные деньги, что их привезли к нему домой на двух возах! На эти деньги тогда можно было купить стадо в 700 коров.

Ломоносов выполнял самые разные повеления царицы. Вдруг она обнаружила, что нет описания истории Отечества. Кто напишет историю Государства Российского? Конечно, Ломоносов! И наш физик и химик отставляет свои дела, начинает заниматься историей. Он стал основателем и отечественной исторической науки.

Ломоносов похож на Балду из сказки Пушкина, который выполняет любое задание. Возникает искушение эксплуатировать Ломоносова, проверять, на что он ещё способен. Стихи слагает отменные, истории пишет славные, опыты показывает чудесные, доклады читает увлекательные! На все руки мастер – так говорят в народе... Но ведь у Ломоносова, в отличие от Балды, были свои научные интересы. Царских заказов на его голову падает столько, что он не может заняться наукой. В письме к своему другу, знатному вельможе Ивану Шувалову, с которым они вместе основали Московский университет, Ломоносов защищает свои химические и физические занятия: мол, всякому человеку нужен отдых, иной в качестве отдыха играет на бильярде, учёный вместо бильярда ставит опыты в «физическом театре». Заметим, что бильярд возник тут не случайно – в бильярд Ломоносов тоже отменно играл!

Ломоносов свои статьи сопровождал рисунками, особенно же любил делать зарисовки северного сияния. Когда его покровитель Михаил Воронцов привёз из Флоренции мозаику, восторгам при дворе не было предела: какое чудо, какая красота, – вздыхали все, начиная с самой императрицы. Ломоносов заявил, что сможет сделать такое чудо и такую красоту. Ему никто не поверил: секреты изготовления мозаики на Руси давно были утрачены, а итальянцы не собирались их раскрывать.

Для Ломоносова не было преград – он начал опыты по окрашиванию стекла оксидами металлов. Тысячи опытов пришлось сделать, пока не получилась цветная смальта – так называли кусочки стекла, которые использовались в мозаиках. Заодно Ломоносов научился делать стекло для бисера и всяких украшений.

Переходя от занятия к занятию, Ломоносов отдыхал. Можно насчитать более полутора десятков специальностей, которыми он владел и в которых сделал решительные шаги. Кроме того, он создал язык российской науки. Ведь многих слов, обозначающих научные понятия, на русском языке не было.

Ломоносов имел крутой нрав и дерзкий характер. Ему обещали, что по возвращении из Германии, если он будет прилежно заниматься там и делать успехи в науке, его сделают академиком, но власти Академии слова своего не сдержали. Однажды Ломоносов устроил по этому поводу скандал, за что оказался на гауптвахте.

Свои лучшие стихи Ломоносов написал, будучи в заключении...

Со временем Ломоносов принёс свои извинения академическому собранию, и его назначение в академика состоялось. Однако для проверки учёности Ломоносова труды его всё же переправили в Берлин Эйлеру. Здесь-то Эйлер и показал всю свою доброжелательность, он написал письмо, в котором очень высоко оценил труды Ломоносова. И это несмотря на то, что в математике Ломоносов нового ничего не сделал, он не освоил дифференциальное исчисление...

Любовь к электричеству, или жертва науки

Электричество – дитя XVIII века, и хотя давно было известно, что от натирания янтаря и стекла образуются заряды, связать это явление с молниями и громами, с атмосферным электричеством удалось лишь во времена Ломоносова и при непосредственном его участии.

Первые опыты по наблюдению зарядов от грозовых облаков сделал «самоучка» американец Бенджамин Франклин в 1752 году. Это тот самый Франклин, изобретатель и политик, которого мы знаем как одного из основателей США и лицо которого красуется на банкноте в сто долларов. В Европе его опыты вошли в моду. Берлинская Академия наук ещё раньше – в 1744 году – объявила конкурс на решение задачи о природе электричества. Леонард Эйлер предложил в письме учёным Петербургской Академии включиться в соревнование. Первым на призыв откликнулся Георг Рихман – он изготовил электрическую машину и начал ставить опыты. Такая машина позволяет электризовать стеклянный шар при помощи трения, а потом наблюдать разряды электричества. Рихман предложил измерять силу электричества по отклонению наэлектризованной нити от железной линейки (такой принцип действует и в современных приборах).

К решению этой задачи подключился и Ломоносов. Два ретивых друга – Ломоносов и Рихман – наперегонки стали изучать электричество. Ломоносов и Рихман с головой ушли в исследования, опыты с грозовым электричеством проводили у себя на дому и ждали грозовых облаков как манны небесной.

Георг Вильгельм Рихман[3]

В чём же состоял такой опыт? Бенджамин Франклин предложил доказать родство молнии и того электричества, которое образовывалось при трении посредством «уловителя молний» (попросту громоотвода). Надо на высоком месте соорудить будку, из которой бы торчал стержень, и не заземлять этот стержень, как в обычных громоотводах, а посмотреть, будут ли во время грозы сыпаться из него искры, как от «кабинетного электричества». Опыт этот очень опасен... Впервые его провёл по описанию Франклина французский физик Томас Долибард и получил положительный результат: кабинетное и атмосферное электричество – одно и то же. Потом и сам Франклин исхитрился и получил такой же результат, но так как он жил на ровной местности, ему пришлось для связи с небесным электричеством использовать воздушного змея.

Российские учёные хотели не только повторить эти результаты, но и оценить силу электричества от молнии. Рихман первым сопоставил

[3] http://900igr.net/up/datai/137505/0012-009-.jpg

силу электричества и расстояние до молнии, которое он придумал измерять, как это делается сейчас, по запаздыванию грома после вспышки. На Собрании Академии наук было предложено сделать громоотвод без заземления (его назвали «громовой машиной») и на нём измерить силу электричества.

Рихман установил железный двухметровый шест на крыше собственного дома, протянул проволоку и довёл её до своих сеней, где прикрепил к гвоздю, вбитому в стену. К проволоке подвесил вертикально железную линейку. Рихман писал: «Я наблюдал не только отталкивание нити от линейки, но и электрический огонь, с шипением вырывающийся из конца железной линейки; из проволоки также с треском извлекались электрические искры...» К Рихману в сени сбежались наблюдать за диковинным явлением соседи, а через пару дней об этом опыте сообщили в газете «Санкт-Петербургские ведомости».

В следующем году Ломоносов изготовил две громовые машины – одну у себя на фабрике в Усть-Рудице, другую – на квартире в Петербурге. Он «чинил» немало рискованных опытов с электричеством.

26 июля 1753 года в 10 утра Ломоносов и Рихман встретились на заседании в Академии наук. Через два часа за окнами потемнело – на Петербург надвигалась грозовая туча. Испросив разрешения удалиться, оба учёных пожали друг другу руки и поспешили по домам. Рихман пригласил с собой для зарисовки электрических искр академического гравировщика и художника Ивана Соколова.

Ломоносов жил ближе к Академии: обнаружив, что нить не отклоняется от линейки, он сел перекусить. Рихман же, едва зайдя в дом, бросился к громовой машине. Он успел предупредить Соколова не приближаться – и тут как раз из железного шеста выскочил бледно-синеватый огненный шар величиной с кулак и ударил Рихману в лоб. По воспоминаниям Соколова, раздался такой звук, как будто выстрелили из малой пушки. Рихман и Соколов упали вместе – и когда Соколов встал, Рихман был уже мёртв. Сейчас известно, что сила тока в молнии достигает десяти тысяч ампер, а минимальное напряжение – сто миллионов вольт.

Когда слуга Рихмана вбежал к Ломоносову с известием о гибели своего господина, тот сам ставил опыт... Ломоносов бросился в дом друга, но ничем помочь ему уже не мог. Позже он описал Шувалову происшедшее и попросил помочь вдове и сиротам Рихмана. По столице пошёл слух, что случившееся – Божья кара; так считали многие влиятельные вельможи, и выступление Ломоносова на Собрании Академии вначале было отменили... Однако Ломоносов добился того, чтобы доклад состоялся, рассказал об опытах Рихмана, о его безвременной кончине. В этой лекции, собравшей много публики и имевшей большой успех, Ломоносов развил идеи об электризации облаков. Это была одна из самых интересных работ Ломоносова.

Наука и поэзия

Ломоносов был наделён удивительной интуицией, он прекрасно чувствовал именно атмосферные, небесные явления: северное сияние, гром и молния, свечение солнца – всё это притягивало его с детства и являлось для него как будто родной стихией...

Вот как он писал о солнце:

Когда бы смертным толь высоко
Возможно было возлететь,
Чтоб к солнцу бренно наше око
Могло приближившись воззреть,
Тогда б со всех открылся стран
Горящий вечно Океан.

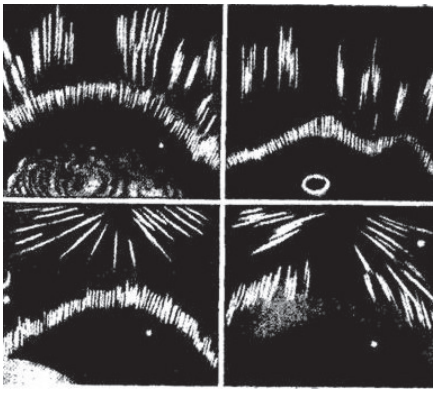
Там огненны валы стремятся
И не находят берегов,
Там вихри пламенны крутятся,
Борющись множество веков;
Там камни, как вода, кипят,
Горящи там дожди шумят.

Гоголь, будучи гимназистом, переписал этот стих к себе в тетрадку и использовал в своих повестях образы Ломоносова, которого считал первым из российских поэтов. Но Ломоносов был и первым русским учёным, и в его творчестве поэзия и наука порой соединяются вместе. Как учёный, он описывал явления, как поэт – живописал, то есть находил художественные образы, которые позволяют лучше видеть и чувствовать явления. Не имея достаточно развитого в те времена математического аппарата, не строя модели, Ломоносов верно описывал как явления атмосферного электричества, так и процессы, происходящие на Солнце. Этому удивлялся еще академик Сергей Вавилов в XX веке, по мнению Вавилова, Ломоносов был «лучшим, гениальным выразителем существа задач и достижений» Российской Академии Наук.

В творчестве Ломоносова поэзия и наука шли рука об руку, помогая друг другу, поэтический восторг будил мысли учёного, вызывал прозрения... В живой науке именно так и происходят открытия – творческая мысль не ограничивается только холодом разума, она питается жаром сердца, все тело участвует в процессе творческого мышления.

Когда речь шла о приоритете в открытии явлений электричества и связи его с северными сияниями, Ломоносов сослался на свои стихи, в которых использовал понятие эфира. Эфир, по его мнению, это среда, заполняющая все пространство между телами и их мельчайшими частицами; сам он тоже состоит из движущихся частиц и служит для передачи теплоты и света. Эфир в понимании Ломоносова, оказался очень близок понятию электромагнитного поля, введенному впоследствии Фарадеем.

О единой природе электричества и света Ломоносов писал в работе «Слово о происхождении света», опубликованной в 1756 г. В ней он подвел итог своим изысканиям, начатым еще в 1749 г. при получении окрашенных стекол и исследовании природы цвета. Интересно, что природа одного из самых величественных зрелищ – северного сияния – волновала Ломоносова с детства и до последних дней жизни. К сожалению, из-за ранней кончины учёного незаконченной осталась статья «Испытание причин северных сияний». К ней Ломоносов подготовил несколько десятков рисунков полярных сияний, с которых были сделаны гравюры на меди, сохранившиеся до нашего времени (рисунок).



Северные сияния (рисунки М.В. Ломоносова, 1753 г.)[4]

[4] http://lomonosov.niv.ru/lomonosov/bio/pavlova-fedorov-lomonosov/trudy-v-oblasti-fiziki.htm

Живое электричество

Луиджи Гальвани родился в Болонье в 1737 году и вначале получил богословское образование. Но потом он увлёкся медициной, преуспел в ней и занял кафедру анатомии в университете (после смерти своего тестя). Жена Гальвани Лучия помогала мужу в опытах. Когда Гальвани препарировал лягушку, то случайно рядом оказалась электрическая машина – и жена заметила, что когда машина искрит, ножка лягушки самопроизвольно сокращается. Так было открыто явления живого электричества, которое получило название «гальванизм». Оказалось, что под действием тока мышцы сокращаются!

Опыты Гальвани стали повторять многие ученые. К тому времени уже было известно, что существует электричество у рыб: так, электрический скат имеет батарею, позволяющую ему использовать удар током. Алессандро Вольта был немного младше Гальвани, но имел, в отличие от него, физическое образование. Это позволило ему при повторении опытов Гальвани обнаружить, что электричество рождается при погружении в жидкость двух разных металлов. Он впервые поместил пластины из цинка и меди в кислоту и обнаружил, что так можно получать электрический ток. Вольта сделал первую в мире батарею из гальванических элементов, изобрел конденсатор и много других приборов. В честь его названа единица измерения напряжения – вольт.

Луиджи Гальвани и Алессандро Вольта[5]

Вольта показал, что причиной сокращения являются нервы лягушки, что именно по ним бегут электрические импульсы. Эффектная демонстрация сокращения мертвых тел животных так повлияла на императора Наполеона, что он дал учёному титул графа.

Так опыты над животными стали источником открытий в физике. Если говорить на современном языке, то Гальвани и Вольта были первыми биофизиками, которые применили физические методы для изучения явлений живой природы.

[5] https://4fasol.com/img/encycl/16080.jpg; https://www.eduspb.com/public/img/ biography/v/volta_a.jpg

Гаусс и Лобачевский

Королем математиков в XIX веке считали Иоганна Гаусса, который родился в небольшом немецком городе Брауншвейг, а закончил жизнь в знаменитом университетском центре Геттинген. Гаусс внёс огромный вклад в науку, хотя скупо публиковал свои труды, только в том случае, когда считал работу над темой завершенной. Он имел свою печать, где был написан девиз: *«Pauca sed matura»* (лучше меньше, да лучше). Изучение архива Гаусса показало, что он медлил с публикацией ряда своих открытий, и в результате его опередили другие математики. В перечне из упущенных им приоритетов на первом месте стоит неевклидова геометрия. И опередил Гаусса русский математик Лобачевский.

Иоганн Гаусс и Николай Лобачевский[6]

Николай Лобачевский – самый известный из русских математиков – заслуживает отдельного рассказа. Личностью он был легендарной. Родился он в Нижнем Новгороде в 1892 году. Начинал свою карьеру с весёлых проказ в Казанском университете, а закончил ректором там же. За свои заслуги получил дворянство, но признания в математике на родине так и не обрёл. Наоборот, известные математики из Санкт-Петербурга подвергли разносу работу провинциального учёного, который бросал вызов самому Евклиду! Пришлось Лобачевскому пересылать свои работы за границу. Любопытно, что Гаусс и Лобачевский были учениками одного и того же математика – Мартина Бартельса, который как будто специально, чтобы выучить Лобачевского, переехал из Брауншвейга в Казань.

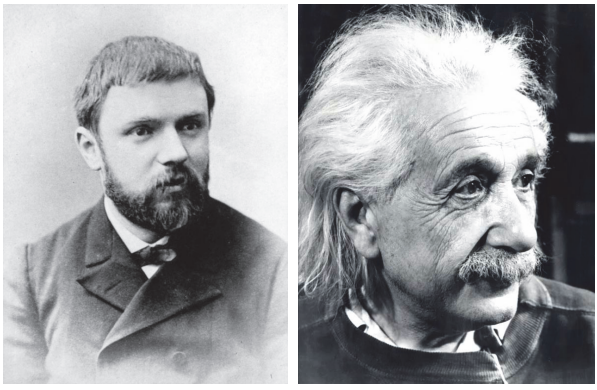
Гаусс, познакомившись с трудами Лобачевского, увидел в них те же начала, над которыми он работал много лет. Может быть, Гауссу, который был на 15 лет старше Лобачевского, не хотелось встретить нелицеприятную критику от коллег – ведь идеи неевклидовой геометрии были настолько революционными, что совершали переворот в науке, недаром же их не приняли в России. Великодушный Гаусс постарался помочь молодому русскому учёному обрасти признание. А сам, чтобы лучше познакомиться с трудами Лобачевского, начал учить русский язык. И попросил прислать ему «Капитанскую дочку» Пушкина.

[6] http://mathemlib.ru/books/item/f00/s00/z0000038/pic/000195.jpg; https://multiurok.ru/img/312085/image_5a21062f23585.jpg

Анри Пуанкаре и Альберт Эйнштейн – взгляд вверх

В конце XIX века математика двигалась вперед семимильными шагами – дело в том, что в физике происходили открытия, которые требовали для своего описания математический аппарат. Француз Анри Пуанкаре был одним из первых, кто увидел, что геометрия Лобаческого может подходить для описания явлений, связанных с распространением света. Описание действия недавно открытых электромагнитных полей привело учёных к ряду парадоксов. Очень трудно было понять, как это так: скорость света не может быть больше какой-то величины. Казалось, заставь источник света двигаться, и скорость света будет складываться со скоростью движения источника... И здесь на помощь физикам пришла новая, неньютоновская механика и геометрия Лобачевского. Анри Пуанкаре смог описать такие преобразования пространства, которые прямо вели к принципу относительности, к идеям о едином пространстве-времени – в общем, к тому набору идей, которые знаменуют уже физику XX века.

Но Пуанкаре был прежде всего математиком, он не собирался колебать основы физики, не делал из своих открытий далеко идущих выводов, не хотел приписывать им общего значения. Кроме того, он был скромным человеком и не боролся за приоритет своих работ, и по этим причинам все лавры создания новой физики, которая получила название «теории относительности», достались Альберту Эйнштейну.



Анри Пуанкаре и Альберт Эйнштейн[7]

Эйнштейн был удивительным человеком, в отличие от большинства героев этой истории, он в подростковом возрасте под влиянием чтения научно-популярных книг стал критически относиться к религии – да и вообще мало кто был для него авторитетом. Поэтому немудрено, что и к своим преподавателям в высшем техническом училище в Цюрихе он относился критично – а они отвечали ему взаимностью. Обычно талантливые молодые люди остаются при учебных заведениях, чтобы продолжить карьеру учёного, совмещая его с преподаванием – однако Эйнштейну никто не предложил такую возможность. Пришлось

[7] https://fc.vseosvita.ua/002txp-b362/012.jpg; https://copypast.ru/foto5/7567/Einstein/albert_einstein_76.jpg

ему устраиваться на работу в патентное бюро. Здесь, совмещая экспертизы поданных патентов с занятиями теоретической физикой, он совершил целую серию удивительных открытий.

Он сделал в науке ряд настолько смелых шагов, что большая часть современных ему известных учёных не согласилась с его идеями. Он оказался от идеи мирового эфира, которой придерживались тогда физики и против которой не осмелился выступить Пуанкаре. Математику Пуанкаре были известны преобразования Лоренца, которые связывают между собой время и пространство при переходе от одной системы отсчета к другой (до Лоренца, как это часто бывает в истории науки, их вывели другие ученые, но Пуанкаре об этом не знал и назвал эти формулы в честь Лоренца).

Удивительная идея, что при движении тел на больших скоростях, сравнимых со скоростью света, их размеры сокращаются, не укладывалась в головах учёных. Пространство и время раньше были чем-то вроде «инструментов» в руках физиков, при помощи которых они описывали движение тел. Эйнштейн же стал говорить об искажении пространства и относительности времени. Тем самым физика стала изучать свои инструменты – и вдруг оказалось, что при движении со скоростями, близкими к скорости света, начинают действовать другие законы: меняется и масса тела, и размер его... Возникла другая, неньютоновская механика, которая называется еще релятивистской («релятивизм» происходит от слова «относительность).

Ряд работ, которые Эйнштейн опубликовал в 1905 году, произвели в науке фурор... С той поры Эйнштейн считается самым известным учёным XX века – и до сих пор вокруг его наследия ведутся споры. Общая теория поля, над которой учёный работал до конца жизни, призвана была создать новую картину мира, где были бы связаны механика, электродинамика и гравитация. И до конца XX века в науке бытовало мнение, что так и есть, теперь мы знаем почти всё о мире благодаря прозрениям учёных...

Но сравнительно недавно в связи с наблюдениями астрофизиков оказалось, что больше половины мира составляют «тёмная материя» и «тёмная энергия», о которых мы толком ничего не можем сказать! Так что у молодых учёных появилась возможность сделать ещё одну революцию в науке и разобраться с тем, что так тревожит людей – в каком мире мы живем, какова его реальность?

Эйнштейн, как и Пуанкаре, оставил большое число работ, в которых он высказывал оригинальные идеи не только в области физики, любопытно его отношение к религии, философия науки. Но еще интереснее его ответы на вопросы в многочисленных интервью.

Вот что он сказал однажды:

«Почему именно я создал теорию относительности? Когда я задаю себе такой вопрос, мне кажется, что причина в следующем. Нормальный взрослый человек вообще не задумывается над проблемой пространства и времени. По его мнению, он уже думал об этой проблеме в детстве. Я же развивался интеллектуально так медленно, что пространство и время занимали мои мысли, когда я стал уже взрослым. Естественно, я мог глубже проникать в проблему, чем ребёнок с нормальными наклонностями».

Интересны его мысли о соотношении науки и религии:

«Наука может быть создана только теми, кто насквозь пропитан стремлением к истине и пониманию. Но источник этого чувства берёт начало из области религии. Оттуда же – вера в возможность того, что правила этого мира рациональны, то есть постижимы для разума. Я не могу представить настоящего учёного без крепкой веры в это. Образно ситуацию можно описать так: наука без религии – хрома, а религия без науки – слепа».

Нильс Бор: взгляд вглубь

Работы Эйнштейна касались многих областей физики – и порождали споры. Но интересны не споры о приоритетах, а научные дискуссии, которые велись в форме спора между известными людьми. Одним из самых яростных спорщиков с Эйнштейном был Нильс Бор, датский физик. Бор создал модель атома, был одним из родоначальников квантовой механики. Об этой самой новой, необычной механике микромира и спорили двое ученых. Но оба они были теоретиками и опирались на те данные, которые были получены экспериментально, то есть опытным путём. К их полемике прислушивался весь научный мир.

Нильс Бор[8]

А началось всё с работ французских физиков Анри Беккереля и Пьера и Марии Кюри, которые открыли и исследовали новое явление – радиоактивность. В начале XX века стало понятно, что отдельные химические элементы – целые атомы – могут превращаться друг в друга. Но эти превращения происходили не так, как воображали ранее алхимики, а в пути реакций ядерного распада, который сопровождается испусканием лучей – радиоактивностью. Мария Кюри (девичья фамилия её была Склодовская, и родилась она в Польше, которая входила тогда в состав Российской империи) оказалась первой женщиной-учёной, которая по своим работам в науке превзошла многих именитых тогда учёных.

Английский физик Эрнст Резерфорд обнаружил в экспериментах, что в атомах есть сердцевина - плотное ядро. Вот это самое ядро может распадаться, из него могут вылетать частицы... Немецкий физик Макс Планк немного раньше получил удививший весь научный мир результат – оказалось, энергия изменяется не непрерывно, а скачком, и вот скачки энергии при испускании назвали квантами. Любопытно, что ученые к началу XX века напрочь забыли предостережение Лейбница, который открыл исчисление бесконечно малых, о том, что сила по природе своей не может быть бесконечно малой, так как является актом действия.

Нильсу Бору и Альберту Эйнштейну было о чем поспорить: уж

[8] https://www.syl.ru/misc/i/ai/141052/400842.jpg

очень необычными явлениями тогда стали заниматься физики... Вспомнился и старый спор между Ньютоном и Гюйгенсом о природе света: свет – волна или частица?

Нильс Бор выдвинул принцип дополнительности, который вскоре стал знаменитым. Для описания таких микроскопических объектов, как квант света, Бор предложил применять два взаимоисключающих и дополняющих друг друга способа: квант можно описывать и как волну, и как частицу.

Многие учёные долго не могли согласиться с этим принципом, и Эйнштейн даже придумывал специальные опыты, чтобы его опровергнуть. Однако если взглянуть в историю культуры, то еще пять тысяч лет назад, в «Сказании о Гильгамеше», при описании главного героя есть строки:

На две трети бог,
На одну человек он.

То есть в древности люди спокойно относились к такому «необычному сочетанию». В христианстве подобным образом описывается Троица.

Можно сказать, что подход Нильса Бора реабилитировал чудо в науке. Действительно, как, если не чудом, можно назвать то, что частицы, которые рождены в одной реакции, чувствуют друг друга на расстоянии, как бы далеко они не разлетелись? Этот эффект называется квантовой телепортацией – то есть мгновенным перемещением на далекие расстояния. И сейчас он считается доказанным! Из этого следует, что целое неразложимо на части, что в микромире процессы взаимосвязаны так, что в окружающем нас макромире эту связь иначе, чем чудом, не назовёшь.

Науки порой трудно разорвать на части – и развитие химии, биологии и геологии шло параллельно достижениям физики, порой даже подталкивая (как это было в случае Вольты и Гальвани) физиков на новые открытия. На стыке наук рождались новые дисциплины – к примеру, электрохимия и биоэнергетика, биохимия и биофизика...

Калейдоскоп Калейдоскоп Калейдоскоп

Мой любимый металл – железо

Железо – наиболее важный в жизни человека элемент. Без него невозможна жизнь человека, так как Fe(II) поддерживает клеточное дыхание. Дефицит железа ведет к анемии, летаргии, слабости.

К тому же железо участвует в одном из ключевых биологических процессов – цикле Кребса – в составе фермента аконитазы. Каталитическая активность фермента зависит от железосерного кластера.

Такая же структура есть в черной соли Руссена; только без одной вершины. Эта соль проявляет антибактериальную активность и используется в пищевой промышленности.

Одно из интересных современных направлений использования железа – супербатареи (super-iron battery) на основе K_2FeO_4, $BaFeO_4$ или $SrFeO_4$ (катод), энергоёмкость которых на 50 % превышает MnO_2–Zn батареи. На основе Fe получены сверхпроводники с температурой перехода около 55 K – NaFeAs, Fe_2P_2 и т.п.

Дарья К.

1. По квитанции через Сбербанк

Электронная подписка
Стоимость любого номера в pdf-формате составляет 50 рублей
Вся информация на сайтах
www.potential.org.ru
www.karand.ru

Реквизиты

ООО «Азбука – 2000»
ИНН 7726276058/КПП 772601001
БИК 044525225
Расч. счёт – 40702810338330102512
Корр. счёт – 30101810400000000225
Московский банк ПАО «Сбербанк России»

2. В редакции журнала
115184, г. Москва, Климентовский пер., д. 1/1,
(м. «Третьяковская», «Новокузнецкая»), тел. (495) 787-24-95.

Где можно приобрести журнал?

1. В интернет-магазине Карандаш (www.karand.ru);

Теперь вы можете читать журнал со своего планшета!

32-я Международная компьютерная школа

ОИЯИ

32-я Международная компьютерная школа будет проходить в этом году с 19 июля по 2 августа в набирающим обороты ИТ-формате: онлайн...

МКШ – это летняя детская школа, где реализуется подход к образованию, несколько отличный от общепринятой школьной традиции. Мы не даем готовых ответов, как это принято в классической поурочной форме образования, а строим обучение в форме исследовательской работы. В нашей парадигме нет однозначного и определяющего «правильного мнения» учителя — есть руководитель проекта, выступающий в роли *научного руководителя*. Нет однозначного плана и учебника — ход всего проекта определяется исследовательской любознательностью участников. На МКШ слушатели выбирают тему научной работы (проект) и выстраивают исследовательскую работу в выбранном направлении.

Участникам Школы 7 июня будут объявлены мини-проекты, мини-спецкурсы и досуговые онлайн мероприятия, продолжительность которых составит 5-6 учебных дней. Среди проектов – физика, химия, математика, биология, робототехника и другие. Для участия в МКШ-2020 необходимо:

- в период с 15 мая по 5 июня пройти предварительную регистрацию на сайте mksh.ru, заполнив анкету участника;
- в срок с 7 июня до 12 июня записаться на вид деятельности;
- пройти он-лайн собеседование с наставником.

В следующем номере:

- Добываем железо. Секреты восстановления. *Морозова Н.И.*
- Параллельная ДНК. *Нечипоренко Ю.Д.*
- Логарифмы в химии и биологии. *Семенов А.А., Ухов С.А.*

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

Журнал для старшеклассников и учителей «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» выпускается на средства выпускников МГУ им. М.В. Ломоносова. 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

Наши спонсоры

ISSN 2221-2353

АЗБУКА
Полиграфическая компания
Тел: (985) 768-25-48,
(495) 787-24-95
www.azbukaprint.ru

www.internat.msu.ru