

Химия Биология Медицина

ПОТЕНЦИАЛ

Ежемесячный журнал для старшеклассников и учителей

Sapere Aude – Дерзай знать!

Январь 2011 №01

Вступительное слово

Химия

Биология

Медицина

Олимпиады

Профильное образование

Дистанционное образование

Эксперимент

Сквозь время

Дорогие наши читатели!

С 2005 года выходит журнал «Потенциал», посвящённый физике, математике, информатике. В 2010 году журнал получил диплом Всероссийского конкурса СМИ «PRO-образование – 2010» в номинации «Лучший специализированный журнал по образованию».

Но мы не останавливаемся на достигнутом. Вы заметили, что с нового года к привычному «Потенциалу» добавилась ещё подпись «Математика. Физика. Информатика»?

А почему? Да потому, что с 2011 года появляется новый журнал под маркой «Потенциал», посвящённый химии, биологии, медицине. Вы держите в руках его первый номер.

На страницах журнала вам приоткроется таинственный мир химических реакций и биологических процессов, вы узнаете о неведомых вам ранее свойствах живой материи, о современных способах борьбы с опасными заболеваниями человека и многое другое.

Вы узнаете о достижениях науки, о правилах и секретах решения олимпиадных задач, о том, чему учат в ведущих школах нашей страны, о том, что надо уметь, чтобы стать учёным.

Хотим поздравить редакцию журнала «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» и всех читателей с рождением нового проекта. Желаем нашим коллегам творческих успехов!

*Редакция журнала
«Потенциал. Математика. Физика. Информатика»*



ПОТЕНЦИАЛ

Химия Биология Медицина

Содержание

Январь 2011 (01)

Вступительное слово

- 2** Дорогие читатели! *М.Г. Сергеева*

Химия

- 5** Химия цвета. *М.И. Савельев*
14 Основные элементы задач. *Н.И. Морозова*

Биология

- 23** Механизмы преобразования биологических сообществ. *Э.А. Галоян*

Медицина

- 33** Что такое постгеномные технологии и как они используются в медицине.
М.Г. Сергеева, А.Е. Ивлиев

Олимпиады

- 43** Биология и биологическая олимпиада в вашей жизни.
О.С. Ганчарова
51 Всесибирская олимпиада по биологии. *В.И. Соловьёв*
56 VII Международная естественно-научная олимпиада юниоров (Нигерия, Абуджа, 2–11 декабря 2010)

Профильное образование

- 64** Учиться в МГУ с 10 класса. *М.Г. Сергеева, Н.И. Морозова*

Дистанционное образование

- 68** Дистанционно-очный проект «Школа 5+».
Д.В. Чистяков, Е.А. Леготин

Эксперимент

- 75** Синее пламя. *Н.И. Морозова*

Сквозь время

- 76** Нобелевский лауреат по химии – академик Николай Николаевич Семёнов

Редколлегия

Главный редактор М.Г. Сергеева
Научные редакторы Н.И. Морозова, В.С. Попов, Д.В. Чистяков
Ответственный секретарь Н.Г. Шалару
Шеф-редактор Г.А. Четин

Техническая редакция

Редакторы А.Н. Болгар, Н.А. Курдюмова, Ю.В. Огинова, А.В. Чеботарёва
Вёрстка: И.Ю. Кулакова
Редактор-корректор С.В. Ермаков
Художник А.В. Обухов

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

Адрес: 109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84, редакция журнала «Потенциал. Химия. Биология. Медицина».
Тел. (495) 787-24-94, 951-41-67
E-mail: potential@potential.org.ru
www.potential.org.ru

Подписано в печать 15.01.2011
Печать офсетная. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 5
Формат 70x100 1/16
Тираж 4000 экз.
Заказ № 155
ООО «Азбука-2000»
109544, г. Москва, ул. Рабочая, 84

Журнал выпускается на средства выпускников технических вузов.

ISSN 2221-2353

Вступительное слово



Сергеева Марина Глебовна

Доктор химических наук, зав. кафедрой биологии СУНЦ МГУ им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова. Главный редактор журнала.

Дорогие читатели!

Уже шесть лет выходит «Потенциал» – журнал для старшеклассников и учителей, посвящённый физике, математике и информатике. За это время журнал обрёл постоянных читателей. Многие из тех учеников старших классов, кто читал первые выпуски 2005 года, стали студентами ведущих вузов страны. Ваши многочисленные письма в редакцию позволяют считать, что журнал состоялся и крепко встал на ноги. Поэтому мы начинаем выпуск ещё одного журнала под маркой «Потенциал», посвящённого химии, биологии и медицине.

XXI век часто называют веком биологии. Это связано с тем, что в конце XX века произошли кардинальные изменения в методах исследования живых объектов и, следовательно, изменились сами биологические знания. С их дальнейшим развитием человечество связывает свои надежды на победу в борьбе с неизлечимыми болезнями, на продление жизни. Благодаря достижениям молекулярной биологии современная медицина преобразилась. Это, можно сказать, в наши дни уже точная наука, готовая решать задачи подбора условий ранней диагностики и индивидуального лечения человека на основе знания его ге-

номной последовательности. Об этих новых аспектах развития медицины мы планируем рассказывать вам на страницах журнала.

Мы изучаем живое на уровне молекул – это химия. Разделы химии, связанные с изучением живых объектов, активно развиваются в наше время. Химия играет большую роль в создании материалов нового поколения, в совершенствовании методов анализа различных веществ в биологических объектах и в окружающей нас среде. Все достижения химии будут рассмотрены в новом журнале «Потенциал».

Современные химия, биология и медицина немислимы без достижений физики, математики, информатики. Как можно решить трудную задачу по химии, не привлекая математику?! Как понять проблему перистальтики сосудов или цвета химических веществ, не используя физику?! Вы уже встречались с разделами, связанными с биологией или химией, на страницах физико-математического «Потенциала». Подобная связь с физикой и математикой будет осуществляться и в химико-биологическом «Потенциале», не говоря уже о современном разделе биологии, называемом биоинформатикой.

Всегда хочется проверить свои знания, вступить в соревнования с другими. Вот почему значительная часть публикаций журнала будет касаться сложных олимпиадных задач по биологии и химии. Однако в поле нашего внимания попадут и более простые задачи, которые помогут ученикам в самостоятельной работе в школе, подготовке к ЕГЭ и вступительным экзаменам в вузы.

Наш журнал ориентирован на старшеклассников и учителей. Выпускники школы, как это ни парадоксально звучит, являются самой образованной частью населения. Они имеют знания по многим гуманитарным и естественно-научным предметам. Уже в институтах и университетах происходит специализация, т. е. углубление знаний по одному предмету, остальные постепенно забываются. Большинство взрослых людей вообще сужают круг интересов до решения бытовых проблем. Наш журнал для тех, кто сохранил желание узнавать новости наук и пробовать свои силы в решении задач. Однако создатели издания не планируют замыкаться хотя и в большом, но всё же ограниченном круге «элитных» читателей – старшеклассников, а постараются использовать материал, интересный для тех школьников 5–9 классов, у кого только пробуждается интерес к миру естественных наук.

На страницах издания любознательных читателей ждут различные рубрики.

- *«Загадочный мир»* – о впечатляющих открытиях учёных и ещё нераскрытых тайнах окружающего нас мира.

- *«Химия», «Биология», «Медицина»* – эти три рубрики содержат статьи научно-популярного или учебного характера по проблемам, которые прямо или косвенно включены в школьную программу, а

также интересные задачи и их решения.

- *«Хочу быть...»* – для тех, кто выбирает свой жизненный путь и хочет больше узнать о повседневной работе учёных, а также о различных профессиях, основанных на знаниях в области химии, биологии, медицины; эта рубрика также включает рекомендации, где можно эти профессии получить и как проверить свои способности и правильность выбора.

- *«Олимпиады»* – ознакомление с материалами олимпиад по химии и биологии и получение консультаций по подготовке к олимпиадным соревнованиям.



- *«Вокруг нас»* – эта рубрика про мир предметов, в котором мы живём (химия вокруг нас, болезни людей и животных, а также разбор законов и тех проблем общества, которые связаны с биологией, химией, медициной, их преподаванием в школе).

- *«Профильное образование»* – в этой рубрике будет информация об известных школах, где преподавание химии и биологии поставлено на высокий уровень. Здесь найдут

полезные сведения учителя, которые хотят совершенствовать своё мастерство преподавания, а также будут публиковаться методические материалы по данным учебным предметам, освещаться теоретические и практические аспекты дополнительного профильного образования.

- «Сквозь время» – сведения об интересных исторических событиях и периодах в развитии науки, об организации и становлении различных учебных заведений.

- «Слово о науке» – отрывки из текстов великих естествоиспытателей о науке, о творчестве и об обществе.

- «Исследовательская деятельность» – в данной рубрике мы планируем помещать рассказы об исследовательских работах учащихся, методологических разработках по проведению учебно-исследовательской деятельности старшеклассников, об использовании исследований на уроках и другие сведения о новой образовательной технологии.



- «Эксперимент» – публикация материалов по проведению и анализу опытов по химии и биологии.

- «Полевая биология» – материалы по проведению полевой практики со школьниками и просто ответы на вопросы, которые могут возникнуть у любознательного читателя, наблюдающего природу.

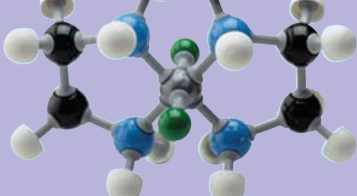


Мы надеемся, что ваши письма с вопросами и предложениями помогут возникновению новых рубрик и разделов журнала, как это уже случилось с физико-математическим «Потенциалом».

Мы будем признательны за идеи и рекомендации по улучшению структуры издания, его оформлению, оптимизации и наполнению его рубрик, качеству и тематике материалов, в них содержащихся. Кроме того, вы можете предлагать нам свои интересные и полезные материалы, которые, на ваш взгляд, могли бы найти место на страницах нового журнала. Мы будем помещать ваши письма в уже традиционной для журнала «Потенциал» рубрике «Нам пишут».

Авторы первого номера и редакция журнала поздравляют вас с наступившим 2011 годом и выражают надежду, что наш журнал поможет любознательным утолить жажду знаний, а учителям помочь в их нелёгком труде «разжигания внутреннего света» в своих учениках. И когда-нибудь сегодняшний читатель станет учёным и откроет тайны мироздания, о которых мы пишем в журнале. И будет России слава, а нам благодарность. ☺

ХИМИЯ



Савельев Михаил Иванович

*Выпускник химического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова. Аспирант кафедры
химической энзимологии МГУ.*

ХИМИЯ цвета

В статье рассказывается о том, что представляют собой свет и цвет, как и почему зависит от электронного строения окраска органических и неорганических веществ.

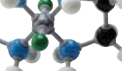
Когда кто-нибудь спросит вас: «Чем отличается один предмет от другого?», и эти предметы будут разного цвета, с вероятностью 8 из 10 вы укажете первым именно на цвет – и немудрено, поскольку он, простите за каламбур, бросается в глаза. С другой стороны, если вы спросите себя: «Почему один предмет жёлтый, а другой – фиолетовый?», то ответ так просто в голову не придёт. Причём жёлтый и фиолетовый цвета способны различать все, а художникам, например, приходится различать десятки и даже сотни разных оттенков. Изучением того, что такое цвет, занимается наука колористика, наука непростая и больше относящаяся к физике; а то, что мы отличаем один цвет от другого – явление, имеющее две стороны: биологическую и химическую. Что же это за стороны?

С одной стороны, чтобы различать цвета, необходим прибор, воспринимающий отражённый от предметов свет, и программный комплекс, непрерывно его анализирующий. У нас есть такой прибор, а если быть точным, то не один, а два –

это наши глаза, а программный комплекс – наш мозг. Глаза умеют оценивать не только интенсивность попадающего в них света (благодаря рецепторам-палочкам, находящимся в клетках сетчатки глаза), но и его длину волны (благодаря рецепторам-колбочкам). В природе способность различать цвета проявляется у всех живых организмов по-разному. Цветовой мир собак и ко-



шек состоит из блеклых оттенков сине-фиолетового и жёлто-зелёного; насекомые могут видеть в ультрафиолетовом свете, а птицы зачас-



тую различают даже более сложную цветовую гамму, чем человек.

Другая сторона различия цветов – химическая, связанная напрямую со строением и свойствами вещества, из которого сделан окрашенный предмет; и с этой стороны цветовых различия разобраться посложнее. Однако если не спешить и постепенно раскручивать запутанный клубок определений, всё оказывается не так уж и страшно.

Для начала спросим себя – почему мы вообще видим что-нибудь?

Видим мы те предметы, от которых отражается падающий на них свет: на улице – солнечный (днём), в комнате – свет лампы; свет и лампы, и солнца – белый. Белый свет состоит из света всех цветов, смешанных между собой. Предметы могут отражать не все компоненты белого света, а лишь его часть. Так, выглядящий белым предмет отражает практически весь спектр (совокупность разных частот) падающего света; выглядящий чёрным – наоборот, поглощает практически весь спектр; зелёный предмет отражает свет с длиной волны около 550 нанометров.

Учёными было открыто, что части спектра, которые тело или вещество способно поглощать и отражать, взаимосвязаны. По сути, они являются *дополнительными* друг к другу – то есть если тело отражает, допустим, преимущественно зелёный цвет (с длиной волны 550 нм), то поглощать оно будет преимущественно красный (с длиной волны 700 нм). Иными словами, от того, какой цвет предмет будет поглощать, зависит то, какой цвет он будет отражать (дополнительный к поглощаемому), а значит, то, как он будет окрашен.

Определить дополнительные цвета можно при помощи цветового круга, изображённого на рис. 1.

Стоит отметить, что у приведённых цветовых кругов есть две особенности.

Первая – на них отсутствуют неспектральные цвета, кроме пурпурного, который связывает фиолетовый и красный концы спектра. *Неспектральными* называются цвета, которым не соответствует свет с одной определённой длиной волны, – те, которые являются исключительно смешением других цветов (к примеру, коричневый). Говоря по-другому, если мы возьмём красный цвет и будем непрерывно уменьшать, укорачивать ему длину волны, пока не достигнем невидимого уже глазу ультрафиолетового диапазона, то ни разу не встретим на этом пути ни пурпурного, ни коричневого.



Рис. 1. Разные типы цветовых кругов

Согласно второй особенности, мы не видим на цветовых кругах цветов

серой шкалы – белого, оттенков серого и чёрного цветов. Эти цвета в колориметрии называются *ахроматическими* («бесцветными» по-гречески) и могут быть получены смешением двух дополнительных цветов. Серая шкала приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Серая шкала

Если посмотреть на третий из приведённых на рис. 1 цветовых кругов, то можно заметить, что в него вписан равносторонний треугольник, своими вершинами указывающий на красный, зелёный и синий цвета. Эти цвета называются основными.

Волновая природа света

Всем наверняка известно, что свет представляет собой электромагнитную волну, иначе говоря – колебания электрического и магнитного полей, которые перпендикулярны к направлению распространения волны.

На рисунке 3 изображена электромагнитная волна. Вектор \vec{k} называется волновым вектором, его

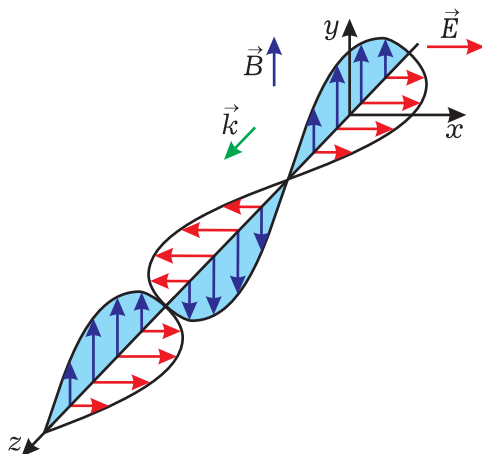


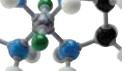
Рис. 3. Электромагнитная волна

Смешивая их в разных пропорциях, можно получить все остальные цвета. На основе этого принципа строится восприятие нашего цветового зрения – в сетчатке глаза есть три типа рецепторов-колбочек, воздействие света разного цвета на которые и определяет видимую окраску.

Теперь стало понятно, как образуются цвета, которые мы видим – это просто свет разного цвета отражается от разных вещей и поглощается ими. Следующий вопрос – почему разные вещи, а точнее, вещества, из которых они сделаны, по-разному отражают и поглощают свет? Сразу ответить на него не получится, для этого придётся совершить небольшой экскурс в волновую физику и задать более простой вопрос – что такое свет?

направление соответствует направлению распространения колебаний. Векторы \vec{E} и \vec{B} соответствуют напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля, и они изменяются с определённой периодичностью – это и соответствует распространению электромагнитной волны. Поперечность колебаний состоит в том, что волновой вектор \vec{k} перпендикулярен обоим векторам \vec{E} и \vec{B} – схожая картинка получается, если смотреть за тем, как от парохода в стороны расходятся волны. Кроме того, векторы \vec{E} и \vec{B} перпендикулярны между собой.

Как и любая волна, электромагнитная волна описывается несколькими важными параметрами: *частотой* (числом колебаний в единицу времени), *периодом* (временем, за которое совершается одно колебание), *начальной фазой* и *амплитудой* (величиной отклонения значения колеблющейся величины от равновесного). Зная скорость вол-



ны, можно определить *длину волны* – расстояние, которое она проходит за период.

Длина волны является удобной и довольно наглядной характеристикой излучения, и иногда использовать её удобнее, чем частоту; скорость распространения же электромагнитной волны в вакууме нам известна. Согласно специальной теории относительности, эта скорость постоянна, неизменна и равна приблизительно 300000000 (если быть

точным, 299792458) метров в секунду для волны с *любой* частотой. Иначе говоря, радиоволна и гамма-излучение распространяются в вакууме с одинаковой скоростью.

Электромагнитные волны принято различать по частотам или длинам волн, диапазон которых простирается от нескольких километров до 10^{-15} метра. Охватывая весь этот диапазон взглядом на рисунке 4, можно встретить много довольно знакомых названий.

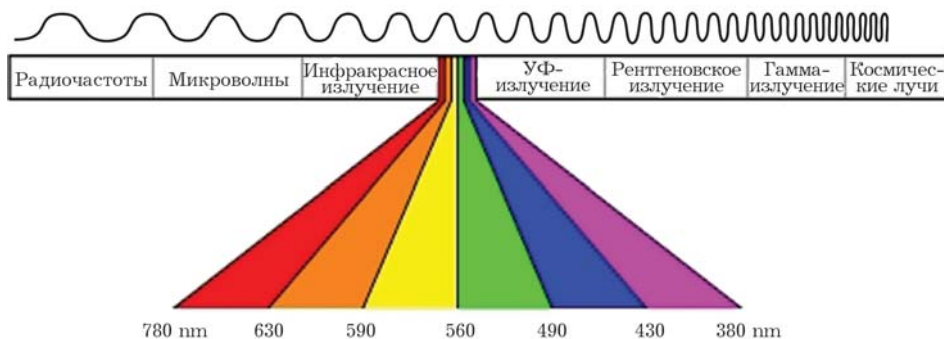


Рис. 4. Диапазон электромагнитных волн

Стоит заметить, что выделенный на этой шкале диапазон видимого света очень узок – всё, что мы можем наблюдать нашим глазом, имеет длину волны от 400 до 750 нанометров. Всё, что лежит за его пределами, глазом не почувствуешь – ни ультрафиолет, ни инфракрасные лучи и микроволны, хотя иным способом ощутить их присутствие можно. Например, тактильно – лёжа на пляже, можно ощущать, как солнце жарит кожу инфракрасными лучами.

Электромагнитная волна переносит электромагнитные взаимодействия в пространстве и времени. Как происходит перенос взаимодействия между двумя точками?

В одной точке изменилось электромагнитное поле, и эта точка испустила электромагнитную волну (волно-частицу), которая приходит во вторую точку и, поглощаясь в

ней, изменяет её состояние. Переносчик взаимодействия в таком случае называется квантом электромагнитного поля, или *фотоном*.

Таким образом, электромагнитное взаимодействие передаётся квантами электромагнитного поля – фотонами, обладающими свойствами как частицы, так и волны.

Мы рассмотрели, что такое свет, почему он бывает разного цвета и то, что он ведёт себя как волна. Теперь задаём следующий вопрос в нашей цепочке – как свет взаимодействует с веществом?

Вещества вокруг нас состоят из молекул, атомов или ионов, поэтому необходимо понять, как свет ведёт себя, когда сталкивается с ними. Мы разберём это на примере молекул и ионов.

Как принято ныне считать в химии, молекула – система, состоящая

из ядер и электронов. Внутри молекулы выделяют электронную и ядерную подсистемы.

Согласно одной из основных аксиом квантовой механики, энергия подсистем не может изменяться непрерывно – она изменяется ступенчато, то есть существует совершенно чёткий набор состояний (называемых также *энергетическими уровнями*), между которыми система может переходить из одного состояния в другое.

Переход между двумя энергетическими уровнями соответствует строго определённой порции энергии. Как мы уже выяснили, порцией энергии электромагнитного взаимодействия является электромагнитный квант – фотон. Если молекула поглотит фотон, её энергия изменится как раз на величину энергии фотона и она перейдёт с более низкого энергетического уровня на более высокий.

В итоге получается, что молекула способна поглощать фотоны и при поглощении фотонов переходить с одного энергетического уровня на другой.

Фотоны являются электромагнитными волнами, то есть обладают

частотой. Раз фотон является волной, то его энергия напрямую связана с его частотой. Чем больше частота фотона (и меньше длина волны), тем большую энергию он несёт.

Наибольшей энергией обладают кванты гамма-излучения, наименьшей – кванты радиоизлучения, которые по традиции называются радиоволнами. Видимый свет обладает немалой по сравнению с радиоволнами энергией, меньшей – инфракрасное излучение и микроволны (СВЧ).

В заключение сформулируем самый важный для нас вывод: молекула поглощает видимый свет, и за счёт этого изменяется её электронное состояние. То, как молекула будет поглощать излучение и какой длиной волны оно будет обладать, зависит от разницы между её электронными энергетическими уровнями, то есть от электронной структуры, а значит, и от структуры вообще. Настало время задать следующий вопрос: что в структуре молекул определяет ширину перехода между электронными уровнями, у каких молекул он больше и у каких меньше?

Структурно-электронные корреляции

Для того чтобы приблизиться к ответу на вопрос, что такое цвет, необходимо установить более явную связь между цветом поглощённого излучения (его длиной волны) и шириной энергетического зазора между электронными уровнями молекулы.

Энергия фотона прямо пропорциональна его частоте и обратно пропорциональна длине волны, так что чем меньший энергетический интервал нужно преодолеть системе при переходе между электронными уровнями, тем меньшей частоты (более длинноволновый) фотон ей нужно будет поглотить. То есть чем меньше энергетический зазор, тем

сильнее цвет фотона смещён в красную область видимого спектра.

Чтобы пойти дальше, нам необходимо понять, какие именно факторы способствуют уменьшению расстояния между электронными энергетическими состояниями. Эти факторы обычно различаются для органических и неорганических соединений.

У неорганических ионов, к которым, например, относятся перманганаты или некоторые комплексные ионы переходных металлов, величина энергии электронного перехода невысока. Это связано с тем, что переход происходит между *d*-орби-

талями центрального атома, которые перестают быть одинаковыми по энергии (*вырожденными*) в присутствии окружения из других частиц, в кристалле или комплексе. Такое окружение создаёт вокруг центрального атома электрическое поле, так называемое поле лигандов. При помещении в поле лигандов пять совершенно равнозначных по энергии d -орбиталей делятся на группы из двух и трёх орбиталей, и какая-то из групп становится выше по энергии, чем другая. Такой процесс называется расщеплением вырожденных d -орбиталей, и его схема приведена на рисунке 5. Орбитали изначально равнозначны, и значения их энергий расходятся друг от друга обычно не настолько сильно, чтобы переход соответствовал ультрафиолетовому излучению. Такое соединение, или комплексный ион оказывается окрашенным, поскольку поглощает, а следовательно, и отражает в видимом диапазоне. Похожие соображения (поле лигандов и влияние окружения атома в кристаллической решётке) верны и для имеющих окраску кристаллов.

Для органических соединений придётся привлечь несколько иные рассуждения, потому что они в основном состоят из углерода. У атома углерода $3d$ -орбитали не заполнены даже частично, и их расщепление не имеет смысла. Поэтому все электронные переходы в атоме углерода представляют собой переходы электрона с s - на p - и с p - на другую p -орбиталь. Но обо всём по порядку.

энергия

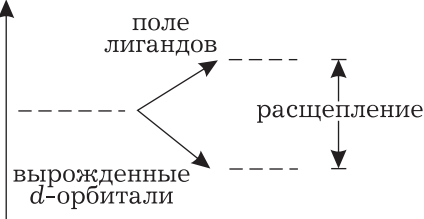


Рис. 5. Расщепление вырожденных d -орбиталей в поле лигандов

Углерод связывается с водородом ковалентно, образуя так называемую σ (*сигма*)-связь. Она характерна тем, что область высокой электронной плотности, соответствующая связи, лежит на линии, соединяющей центры атомов, как изображено на рисунке 6.

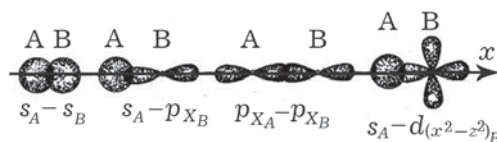


Рис. 6. Различные варианты σ -связи между разными орбиталями

Все одинарные связи в органических соединениях – это σ -связи. Однако существуют также двойные и тройные связи, и они имеют более сложную структуру. К примеру, двойная связь состоит из одной σ -связи, соединяющей центры атомов углерода, и ещё одной связи, которая находится вне линии, связывающей центры, на периферии. Такая связь называется π (*пи*)-связью, и она изображена на рисунке 7. Соответственно, тройная связь состоит из одной σ -связи и двух π -связей.

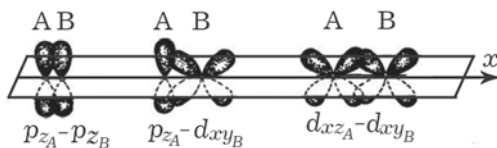


Рис. 7. Различные варианты π -связи между разными орбиталями

Таким образом, в органических молекулах существует два подтипа электронных облаков – π - и σ -облака. Задумаемся теперь: а какие из них более подвижны? Ведь именно подвижность электронов необходима для того, чтобы зазор между электронными уровнями был меньше и молекула поглощала

фотоны видимого света.

Ответ на такой вопрос очевиден – конечно же, более подвижны π -облака, поскольку они лежат вне плоскости, соединяющей центры атомов и способны двигаться вдоль химической связи легче, чем σ -облака. Однако если мы возьмём изолированную

π -связь, она будет поглощать свет в диапазоне жёсткого ультрафиолета, то есть совершенно невидимого глазом, и не даст никакой окраски. Получается, что нужно как-то ещё увеличить подвижность электронных облаков, и следующий вопрос – как это сделать?

Эффекты сопряжения

Органическая химия даёт решение этой проблемы. Рассмотрим молекулу бутадиена-1,3, изображённую на рисунке 8.

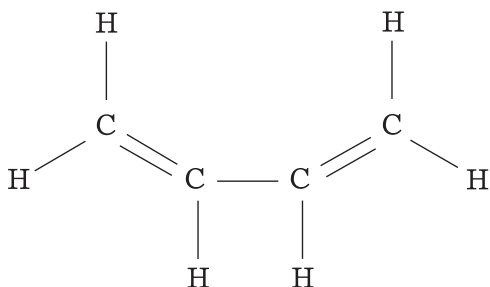


Рис. 8. Бутадиен-1,3 – простейший представитель класса сопряжённых диенов

Бутадиен изображён содержащим две двойные связи, которые отстоят друг от друга на расстояние одной одинарной. Почему это важно? Потому что в результате такой близости π -электронных облаков связей 1 и 3 они взаимодействуют между собой. Этот процесс называется *сопряжением* двойных связей. Суть его проста – π -электронные облака связей 1 и 3 распределяются более или менее равномерно вдоль всех трёх σ -связей 1, 2 и 3. И таким образом, на самом деле в молекуле бутадиена-1,3 существуют не две двойных и одна одинарная связь, а три связи с почти одинаковой кратностью.

Сопряжение приводит к распределению π -облаков на участках молекулы, на которых двойные связи

расположены через одну одинарную. Более наглядно химические связи в бутадиене C_4H_6 показаны на рисунке 9.

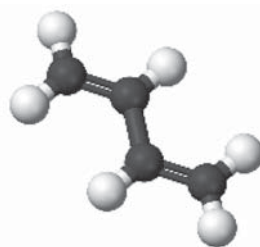
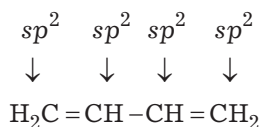


Рис. 9. Химические связи в бутадиене-1,3

Почему не больше, чем одну? Потому что если между двумя двойными связями вставить две и больше одинарных, то «торчащие» из плоскости σ -связей π -связи «не почувствуют» друг друга, а если быть более точным – p -орбитали этих связей просто не перекроются.

Почему не меньше, то есть не две примыкающие друг к другу двойные связи? Потому что у атома углерода все три p -орбитали перпендикулярны между собой. Если он образует сразу две двойные связи, то p -орбитали одной и другой связей будут перпендикулярны между собой и никак не смогут перекры-

ваться. К слову, класс соединений с соседними двумя двойными связями существует. Такие соединения называются кумулированными диенами, однако поглощают эти молекулы в другом диапазоне.

Тем не менее, несмотря на сопряжение, бутадиен-1,3 поглощает всё ещё не в видимой области, а в ультрафиолете. И, стало быть, нужно ещё сильнее понизить ширину интервала между энергетическими уровнями.

Есть два пути. Первый из них – увеличивать длину цепочки сопряжения, делать её не из двух, а, к примеру, из двадцати сопряжённых двойных связей. Так устроена

очень большая часть природных пигментов – веществ, имеющих окраску. Оранжевые и жёлтые каротины, красные и зелёные порфирины (к ним относятся гем – кофактор гемоглобина крови и хлорофилл – зелёный пигмент растений), буро-зелёные жёлчные пигменты, синий гемоцианин (порфириновый комплекс меди, прикрепленный к белку, служащий некоторым организмам вместо гемоглобина для транспорта кислорода по крови) – все они имеют большую протяжённость сопряжённых цепей двойных связей. Структуры некоторых пигментов приведены на рисунке 10.

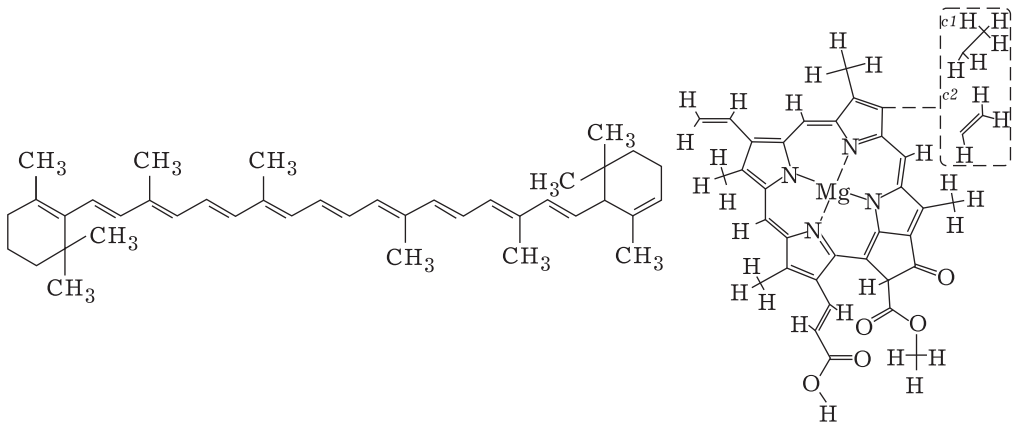


Рис. 10. Структуры некоторых природных пигментов (слева альфа-каротин, справа хлорофилл с)

Второй путь – замкнуть молекулу в кольцо, в цикл. Наиболее устойчивы пяти- и шестичленные циклы из-за наименьшей структурной напряжённости. Представим себе цикл из шести атомов углерода состава C_6H_6 , как показано на рисунке 11.

Изображённая на рисунке молекула C_6H_6 представляет собой известный всем бензол – ароматическое соединение, в котором фактически нет двойных связей, а элек-

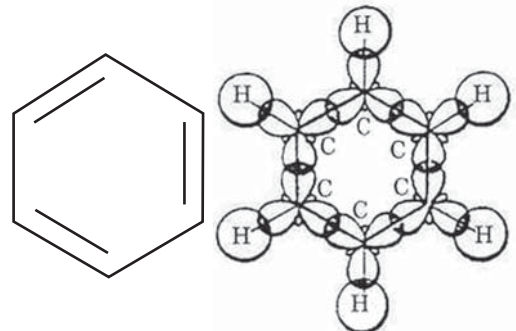


Рис. 11. Бензол

тронная плотность всех трёх π -связей распределена по шести центрам. В итоге в молекуле бензола получается шесть связей с кратностью 1,5. Такой плоский 6-членный цикл обладает особым свойством под названием «ароматичность». Оно выражается в первую очередь в том, что подвижность электронных облаков в нём ещё больше. Это увеличивает длину волны поглощаемого света ещё более – но опять-таки недостаточно для видимого диапазона.

Дальше опять-таки есть два пути уменьшения расстояния между электронными энергетическими уровнями.

Первый – конденсировать бензольные кольца, накапливая π -электроны и уменьшая пространство, по которому они перераспределяются при сопряжении. Идя по этому пути, мы придём к поликонденсированным ароматическим углеводородам (ПАУ). Некоторые из них изображены на рисунке 12, и нужно помнить: многие из высших, наиболее сложных ПАУ – довольно сильные канцерогены.

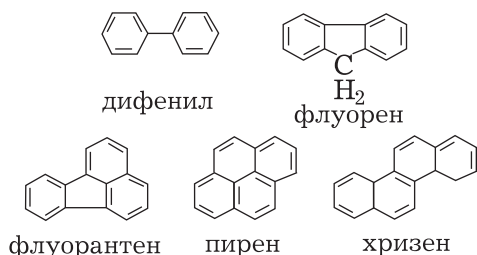


Рис. 12. Поликонденсированные ароматические углеводороды

Второй путь – замещать в бензоле атомы водорода на различные заместители, нагнетающие внутрь кольца дополнительную электронную плотность. Такими заместите-

лями, например, являются NH_2 -группа (бензол, в котором один атом замещён на неё, называется анилином), OH -группа (такой замещённый бензол называется фенолом) и другие – главное, чтобы к бензольному кольцу примыкал атом, у которого есть неподелённые электронные пары, лучше всего азот, кислород или сера. Варьируя заместители и модифицируя их, можно получить вещество, поглощающее на практически любой длине волны, а это значит, что можно получить и практически любой спектральный цвет. На рисунке 13 приведён пример очень структурно сложного красителя, который называется ализариновый жёлтый.

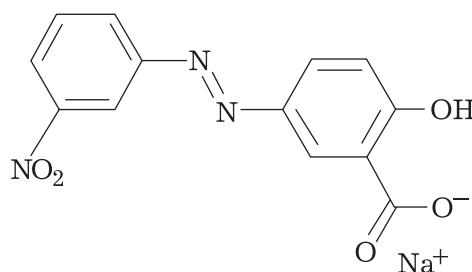
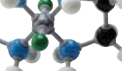


Рис. 13. Ализариновый жёлтый

В конечном итоге мы поняли, что у такого простого явления, как цвет предмета, оказывается сложная фундаментальная природа. За цвет отвечает электронная структура того материала, на который мы смотрим, и в первую очередь величина интервала между энергетическими уровнями. И теперь, когда доведётся вам увидеть, например, синий мяч, надеюсь, что вас посетит мысль – а ведь поглощает он свет с длиной волны около 620 нанометров, жёлтый, как лимон. И это – прекрасно.

**Морозова Наталья Игоревна**

Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, старший преподаватель СУНЦ МГУ, с 1989 г. участвует в работе московских городских олимпиад по химии.

Основные элементы задач

Статья рассказывает о методах решения составных задач в химии. В общем виде решение задач такого типа сводится к расчленению основной задачи на ряд простых задач и к последовательному их решению. Навыки правильной алгоритмизации составных задач непременно пригодятся на различных олимпиадах и вступительных экзаменах.

Многие задачи состоят из элементов. Иными словами, они дробятся на мелкие задачки, решаемые по определённому алгоритму, подобно тому как большая программа в процессе выполнения обращается к стандартным подпрограммам.

Пример 1 (хим. ф-т МГУ, 2002, заочн. тур). Химическое соединение содержит 23,35% калия, 47,90% брома и 28,75% кислорода по массе. Образец этого соединения массой 8,35 г нагрели при температуре более 450 °С с 1,86 г фосфора. Продукты реакции растворили в 150 мл воды и через раствор пропустили 1,92 л аммиака (давление 1 атм, температура 20 °С). Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе.

Эта задача состоит из следующих «подпрограмм»:

1) нахождение формулы исходного соединения на основании элементного состава;



2) составление уравнения реакции исходного соединения с фосфором;

3) оценка избытка/недостатка реагентов, установление реагента, определяющего массы продуктов;

4) расчёт по уравнению;

5) использование газовых законов для нахождения количества аммиака;

6) составление уравнений реакций аммиака с продуктами превращения исходного вещества;

7) оценка избытка/недостатка реагентов, установление реагента, определяющего массы продуктов;

8) расчёт по уравнениям;

9) расчёт массовых долей.

Видно, что даже в пределах одной задачи «подпрограммы» могут повторяться. Такое составление алгоритма полезно, т. к. позволяет вместо огромной задачи, пугающей обилием численных данных, полу-

чить несколько простых задачек, связанных логической цепочкой.

Однако расслабляться не следует. Простые задачки тоже нужно уметь решать, и сверх того – уметь распознавать за кажущейся простотой подвох.

Этот раздел мы посвятим некоторым «кирпичикам», из которых строятся большие задачи, и покажем, где могут таиться подвохи.

Определение формулы на основании элементного состава

Если даны массовые доли элементов в соединении, то самое простое – найти количества веществ элементов в 100 г соединения, а отсюда перейти к мольному соотношению элементов и, следовательно, к индексам в формуле.

Пример 1 («подпрограмма» 1).

	K	Br	O
$\omega, \%$	23,35	47,90	28,75
M_r	39	80	16
$v(100 \text{ г}) =$ $= \omega / M_r$	0,60	0,60	1,80
индекс = $= \frac{v(100 \text{ г})}{v(100 \text{ г})_{\min}}$	1	1	2

Все количества веществ элементов (строка 4) мы разделили на минимальное (0,60), чтобы получить индексы – небольшие целые числа. В итоге получим формулу **KBrO₂**.

Пример 2. Найти формулу оксида, содержащего 72,41% железа.

	Fe	O
$\omega, \%$	72,41	$100 - 72,41 =$ $= 27,59$
M_r	56	16
$v(100 \text{ г}) =$ $= \omega / M_r$	1,293	1,724
индекс = $= \frac{v(100 \text{ г})}{v(100 \text{ г})_{\min}}$	1	1,334

Пользуясь стандартным приёмом, мы не получили целочисленного индекса при кислороде. Что же делать? Умножить оба индекса на 2, затем на 3 и т. д., пока не получим целые числа.

	Fe	O
индекс = $\frac{v(100 \text{ г})}{v(100 \text{ г})_{\min}}$	1	1,334
$\times 2$	2	2,668
$\times 3$	3	4

Итак, формула **Fe₃O₄**.

Это – простейшие случаи. Чаще элементный состав вуалируется. Например, для кислоты или кристаллогидрата не упоминается водород или для соли – кислород. В таком случае нетрудно догадаться о подразумеваемом элементе и вычислить его процентное содержание. Более тонкий «подвох» – умолчать о водороде в составе соли (кислая или основная соль) и оставить школьника гадать, почему сумма массовых процентов не равна 100.

Пример 3. Соединение калия, хрома и кислорода содержит 31,71 масс.% калия. Найдите формулу соединения.

Здесь дано только процентное содержание калия. Как быть с хромом и кислородом? В лоб такую задачу не решить, если не привлечь знания о возможном составе анионов, содержащих хром.

	К	Cr _x O _y		
ω, %	31,71	100-31,71 = 68,29		
M _r	39	Cr ₂ O ₇ 216	CrO ₄ 116	CrO ₂ 84
v(100 г)	0,81	0,32	0,59	0,81
индекс	2,5 (1)	1		
	1,4 (2)		1	
	1 (3)			1

Видно, что в случаях (1) и (2) мы получаем, мягко говоря, странные значения индексов, и лишь случай (3) не противоречит здравому смыслу: **KCrO₂**.

Допустим страшное: Вы знать не знаете состава хромсодержащих анионов. Главное – не теряться. Вспоминаем устойчивые степени окисления хрома: +3 и +6, и составляем условия электронейтральности соединения K_xCr_yO_z:

$$1x + 3y = 2z \text{ или } 1x + 6y = 2z,$$

откуда можно получить перебором натуральных значений x , y , z все возможные комбинации.



Обратите внимание, что таким образом мы получаем только *простейшую* формулу, которая далеко не всегда совпадает с реальной (*молекулярной*) формулой. Так, существует множество органических веществ, имеющих простейшую формулу CH: C₂H₂ (ацетилен); C₄H₄ (циклобутаден, бутатриен или бутен-1-ин-3);

C₆H₆ (бензол, гексадиен-1,5-ин-3 и др.), C₈H₈ (стирол и др.) и т. п. Для того чтобы однозначно найти молекулярную формулу вещества, нам необходимы данные, из которых можно рассчитать молярную массу соединения. Как правило, это плотность газа или пара по другому газу или пару.

Плотность газа (пара) X по газу (пару) Y обозначается D_Y(X) и равна:

$$D_Y(X) = \frac{M(X)}{M(Y)}$$

Чаще всего используются значения плотностей по водороду ($M = 2$) и по воздуху ($M_{\text{средняя}} = 29$), но нельзя исключить и другие варианты

Плотность газа (пара) может быть задана в другом виде: A г/л при температуре T и давлении p. Если температура и давление отвечают нормальным условиям, можно смело составлять пропорцию:

$$1 \text{ л весит } A \text{ г} \\ 22,4 \text{ л (1 моль) - } x \text{ г,}$$

отсюда $M = x = 22,4A$ г/моль.

Если же условия отличаются от нормальных, необходимо вначале привести объём к *нормальным условиям*:

$$\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0} \Rightarrow V_0 = \frac{pVT_0}{Tp_0},$$

где ноликами помечены величины, относящиеся к нормальным условиям ($T_0 = 273$ К, $p_0 = 101,3$ кПа), а $V = 1$ л по условию задачи.

Или можно сразу воспользоваться *уравнением Менделеева-Клапей-*

рона для нахождения молярной массы:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow M = m \frac{RT}{pV}$$

При использовании уравнения Менделеева–Клапейрона следите за соответствием размерностей объёма и давления, с одной стороны, и универсальной газовой постоянной, с другой стороны. Значение

$R = 8,31 \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$ справедливо только для СИ.

Следует различать нормальные, стандартные и обычные условия.

Стандартные условия характеризуются значениями $T = 298 \text{ К}$ ($25 \text{ }^\circ\text{C}$), $p = 101,3 \text{ кПа}$ (1 атм). *Обычные условия* соответствуют атмосферному давлению и комнатной температуре. Обычные условия не определены жёстко, но их границы интуитивно понятны.

Пример 1 («подпрограмма» 5).

$$p = 1 \text{ атм} = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Па},$$

$$V = 1,92 \text{ л} = 1,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

$$T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ К}.$$

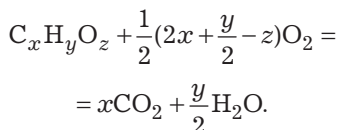
Из уравнения Менделеева–Клапейрона

$$\begin{aligned} v &= pV/RT = \\ &= 101,3 \cdot 10^3 \cdot 1,92 \cdot 10^{-3} / 8,31 \cdot 293 = \\ &= 0,08 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

Пример 4. При сжигании 0,51 г вещества получено 1,32 г углекислого газа и 0,63 г воды. Известно, что плотность паров вещества по водороду равна 51. Определите молекулярную формулу вещества.

Из продуктов горения можно сделать вывод, что в состав вещества входили углерод и водород. Возможно также наличие кислорода. Других элементов в нашем веществе нет.

Составим уравнение реакции:



Чтобы найти простейшую формулу, можно применить два способа.

Способ 1 (химический):

1,32 г CO_2 – это 1,32/44 (моль) = 0,03 моль.

$$v(C) = v(CO_2) = 0,03 \text{ моль}.$$

0,63 г H_2O – это 0,63/18 (моль) = 0,035 моль.

$$v(H) = 2v(H_2O) = 0,07 \text{ моль}.$$

$$m(C) = 0,03 \cdot 12 = 0,36 \text{ (г)},$$

$$m(H) = 0,07 \cdot 1 = 0,07 \text{ (г)},$$

$$m(O) = m(\text{в-ва}) - m(C) - m(H) = 0,51 - 0,36 - 0,07 = 0,08 \text{ (г)}.$$

$$v(O) = 0,08/16 = 0,005 \text{ моль}.$$

$$x:y:z = v(C):v(H):v(O) =$$

$$= 0,03:0,07:0,005 = 6:14:1.$$

Простейшая формула: $C_6H_{14}O$.

Способ 2 (математический):

	$C_x H_y O_z$	xCO_2	$\frac{y}{2} H_2O$
m	0,51	1,32	0,63
M	$12x+y+16z$	$44x$	$9y$

Мы можем составить из этих данных три пропорции, две из которых будут независимы и дадут нам систему из двух уравнений. Например:

$$\begin{cases} \frac{0,51}{12x+y+16z} = \frac{1,32}{44x}, \\ \frac{0,51}{12x+y+16z} = \frac{0,63}{9y}. \end{cases}$$

Решив эту систему, мы получаем то же самое соотношение между x , y и z и, следовательно, ту же простейшую формулу.

Ясно, что способ 1 удобнее для людей, хорошо понимающих, что такое моль. Он проще по вычислениям. Способ 2 не требует «химической» работы мысли, зато подразумевает, что Вы должны хорошо владеть методами решения систем уравнений. Выбирайте на свой вкус...

Находим молекулярную формулу: $(C_6H_{14}O)_n$.

$$M(\text{в-ва}) = D_{H_2} \cdot M(H_2) = 51 \cdot 2 = 102 \text{ (г/моль)}.$$

С другой стороны, $M(\text{в-ва}) =$

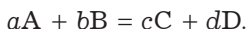
$$= n \cdot (6 \cdot 12 + 14 \cdot 1 + 1 \cdot 16) = 102n.$$

Очевидно, что $n = 1$, и молекулярная формула в данном случае совпадает с простейшей: $C_6H_{14}O$.

Расчёты по химическим уравнениям

В предыдущем примере мы затронули эту тему, поскольку нам волей-неволей пришлось составлять уравнение реакции сжигания вещества и пользоваться им для нахождения его формулы.

Определим в общем виде *принципы расчётов* по химическому уравнению



Химический принцип использует отношения:

$$v(X) = m(X)/M(X)$$

или (для газов и паров)

$$v(X) = V(X)/V_m,$$

где $V_m = 22,4$ л при н. у.

$$(1/a)v(A) = (1/b)v(B) = (1/c)v(C) = (1/d)v(D).$$

Математический принцип использует уравнения:

$$\frac{m(A)}{aM(A)} = \frac{m(B)}{bM(B)} = \frac{m(C)}{cM(C)} = \frac{m(D)}{dM(D)}$$

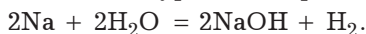
или (для газов и паров):

$$\frac{V(A)}{aV_m} = \frac{V(B)}{bV_m} = \frac{V(C)}{cV_m} = \frac{V(D)}{dV_m}.$$

Продemonстрируем эти принципы еще раз на примере.

Пример 5. X г натрия растворили в избытке воды. Найти массу образовавшегося гидроксида натрия и объём выделившегося водорода.

Составляем уравнение реакции:



Химический способ:

$$v(NaOH) = v(Na) = m(Na)/M(Na) = X/23 \text{ моль},$$

$$m(NaOH) = M(NaOH) \cdot v(NaOH) = 40X/23 = 1,74X \text{ (г)},$$

$$v(H_2) = 0,5v(Na) = 0,5X/23 \text{ моль},$$

$$V(H_2) = 22,4 \cdot v(H_2) = 22,4 \cdot 0,5X/23 = 0,49X \text{ (л)}.$$

Математический способ:

$$\frac{m(Na)}{2M(Na)} = \frac{m(NaOH)}{2M(NaOH)} = \frac{V(H_2)}{V_m},$$

$$\frac{X}{46} = \frac{m(NaOH)}{80} = \frac{V(H_2)}{22,4}.$$

Отсюда

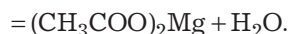
$$m(NaOH) = 80X/46 = 1,74X \text{ (г)},$$

$$V(H_2) = 22,4X/46 = 0,49X \text{ (л)}.$$

Главный подвох при расчётах по химическим уравнениям – это возможность наличия какого-то из реагентов в избытке. Если в условии даны количества обоих (нескольких) реагентов, перед глазами сразу должен зажигаться тревожный огонёк: необходима *оценка избытка/недостатка* реагентов! Дальнейшие расчёты производятся по тому из реагентов, который находится в недостатке.

Пример 6. В реакцию ввели 90 г уксусной кислоты и 40 г оксида магния. Найдите массу полученного ацетата магния.

Составим уравнение реакции:



Нормальное соотношение количеств веществ

$$v(CH_3COOH) : v(MgO) = 2 : 1.$$

Реальное соотношение:

$$\frac{m(CH_3COOH)}{M(CH_3COOH)} : \frac{m(MgO)}{M(MgO)} =$$

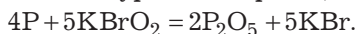
$$= \frac{90}{60} : \frac{40}{40} = 1,5 : 1.$$

То есть количество уксусной кислоты меньше «нормы». Значит, уксусная кислота в недостатке, а оксид магния в избытке. Расчёт ведем по уксусной кислоте:

$$\begin{aligned} m((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}) &= \\ &= \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg})}{2M(\text{CH}_3\text{COOH})} = \\ &= \frac{90 \cdot 142}{2 \cdot 60} = 106,5 \text{ (г)}. \end{aligned}$$

Пример 1 («подпрограммы» 2–4).

Составим уравнение реакции:



Нормальное соотношение реагентов

$$v(\text{P}):v(\text{KBrO}_2) = 4:5.$$

Реальное соотношение:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{P})}{M(\text{P})} : \frac{m(\text{KBrO}_2)}{M(\text{KBrO}_2)} &= \\ &= \frac{1,86}{31} : \frac{8,35}{151} = 0,06:0,055. \end{aligned}$$

Из этого следует, что KBrO_2 в недостатке. С ним реагирует

$$\begin{aligned} v(\text{P}_2\text{O}_5) &= \frac{2}{5} v(\text{KBrO}_2) = \\ &= \frac{2}{5} \cdot 0,055 = 0,022 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

Иногда избыток реагента кажущийся. Это означает, что избыток вступает во взаимодействие с продуктом реакции.

Пример 7. 12,0 г угля сожгли в 16,8 л кислорода. Продукты пропустили через раствор 30 г гидроксида натрия. Найдите массы всех растворённых веществ.

Составим уравнения горения угля:



$$v(\text{C}) = m(\text{C})/M(\text{C}) = 12/12 = 1 \text{ (моль)};$$

$$\begin{aligned} v(\text{O}_2) &= m(\text{O}_2)/M(\text{O}_2) = 16,8/22,4 = \\ &= 0,75 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

По первой реакции углерод в недостатке.

$$v(\text{CO}) = v(\text{C}) = 1 \text{ моль}.$$

В ней расходуется

$$v(\text{O}_2_{\text{расх.}}) = 0,5v(\text{C}) = 0,5 \text{ (моль)}$$

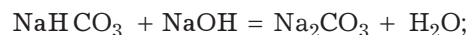
и остаётся

$$v(\text{O}_2_{\text{ост.}}) = 0,75 - 0,5 = 0,25 \text{ (моль)}.$$

По второй реакции в недостатке кислород.

$$v(\text{CO}_2) = 2v(\text{O}_2_{\text{ост.}}) = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

Далее образовавшийся углекислый газ взаимодействует с гидроксидом натрия:



$$\begin{aligned} v(\text{NaOH}) &= m(\text{NaOH})/M(\text{NaOH}) = \\ &= 30/40 = 0,75 \text{ (моль)}. \end{aligned}$$

По первой реакции углекислый газ в недостатке.

$$v(\text{NaHCO}_3) = v(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}.$$

При этом расходуется

$$v(\text{NaOH}_{\text{расх.}}) = v(\text{CO}_2) = 0,5 \text{ моль}$$

и остаётся

$$v(\text{NaOH}_{\text{ост.}}) = 0,75 - 0,5 = 0,25 \text{ моль}.$$

По второй реакции гидроксид натрия в недостатке.

$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = v(\text{NaOH}_{\text{ост.}}) = 0,25 \text{ моль}.$$

При этом расходуется

$$\begin{aligned} v(\text{NaHCO}_3_{\text{расх.}}) &= v(\text{NaOH}_{\text{ост.}}) = \\ &= 0,25 \text{ моль} \end{aligned}$$

и остаётся

$$v(\text{NaHCO}_3_{\text{ост.}}) = 0,5 - 0,25 = 0,25 \text{ (моль)}$$

$$m(\text{NaHCO}_3) = v(\text{NaHCO}_3_{\text{ост.}}) \times$$

$$\times M(\text{NaHCO}_3) = 0,25 \cdot 84 = 21 \text{ (г)}.$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$$

$$= v(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) =$$

$$= 0,25 \cdot 106 = 26,5 \text{ (г)}.$$

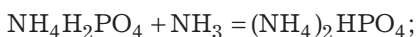
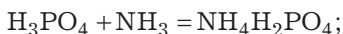
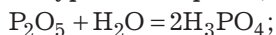
В этом примере нам дважды понадобилось производить оценку избытка/недостатка. При решении задач важно не упустить ни одного «сомнительного» взаимодействия, которое может протекать по стадиям. Чаще всего это реакции с многоосновными кислотами с образованием кислых и средних солей и такие реакции из органической хи-

мии, как взаимодействие галогенов с углеводородами.



Пример 1 («подпрограммы» 6–8).

Составим уравнения реакций:



$$v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2v(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,022 = 0,044 \text{ (моль)}.$$

При наличии 0,08 моль аммиака по первой реакции фосфорная кислота в недостатке.

$$v(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,044 \text{ моль}.$$

При этом расходуется

$$v(\text{NH}_3 \text{ расх.}) = v(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,044 \text{ моль}$$

и остаётся

$$v(\text{NH}_3 \text{ ост.}) = 0,08 - 0,044 = 0,036 \text{ (моль)}.$$

По второй реакции аммиак в недостатке.

$$v((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = v(\text{NH}_3 \text{ ост.}) = 0,036 \text{ моль}.$$

При этом расходуется

$$v(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ расх.}) = v(\text{NH}_3 \text{ ост.}) = 0,036 \text{ моль}$$

и остаётся

$$v(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 \text{ ост.}) = 0,044 - 0,036 = 0,008 \text{ (моль)}.$$

$$m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = v \cdot M = 0,008 \cdot 115 = 0,92 \text{ (г)}.$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = v \cdot M = 0,036 \cdot 132 = 4,75 \text{ (г)}.$$

Мы решили пример 1 почти до конца. Дорешайте сами!

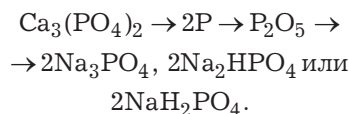
Реакции последовательные и параллельные

Некоторые задачи составляются так, что для их решения недостаточно воспользоваться только одной химической реакцией. Часто имеет место цепочка последовательных реакций (как в примере 1) или реакции, протекающие параллельно с компонентами смеси.

Рассмотрим ещё раз последовательные реакции в «чистом» виде.

Пример 8 (МГУ, предв. экз. 1997). Фосфор, количественно выделенный из 46,5 г фосфата кальция, окислен в атмосфере кислорода, полученный препарат растворён в 400 мл 2 М раствора гидроксида натрия. Какие соли и в каких количествах содержатся в полученном растворе?

Составим цепочку:



Заметьте, что поскольку в задании не требуется написать уравнения реакций, мы можем пока что лишь зафиксировать отношения между количествами веществ реагентов и продуктов.

Итак, из 1 моля фосфата кальция получается 1 моль оксида фосфора.

$$v(\text{P}_2\text{O}_5) = v(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2) = 46,5/310 = 0,15 \text{ (моль)}.$$

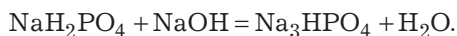
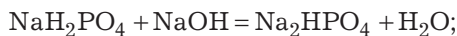
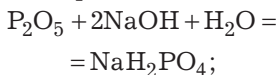
Пользуясь тем, что вещества связаны цепочкой реакций, мы пропустили «честные» расчёты по двум реакциям, заменив их про-

слеживанием числа молей по цепочке.

$$v(\text{NaOH}) = C \cdot V = \\ = 2(\text{моль/л}) \cdot 0,4(\text{л}) = 0,8 \text{ моль.}$$

Обратите внимание, что объём раствора переведён в литры.

Дальше нам потребуется оценить избыток/недостаток в серии последовательных реакций:



По первой реакции P_2O_5 в недостатке.

$$v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 2v(\text{P}_2\text{O}_5) = 2 \cdot 0,15 = \\ = 0,3 \text{ (моль).}$$

При этом расходуется

$$v(\text{NaOH}_{(1)}) = 2v(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,3 \text{ моль}$$

и остаётся

$$v(\text{NaOH}_{(2)}) = 0,8 - 0,3 = 0,5 \text{ (моль).}$$

По второй реакции NaH_2PO_4 в недостатке.

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,3 \text{ моль.}$$

При этом расходуется

$$v(\text{NaOH}_{(3)}) = v(\text{NaH}_2\text{PO}_4) = 0,3 \text{ моль}$$

и остаётся

$$v(\text{NaOH}_{(4)}) = 0,5 - 0,3 = 0,2 \text{ (моль).}$$

По третьей реакции NaOH в недостатке.

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = v(\text{NaOH}_{(4)}) = 0,2 \text{ моль.}$$

При этом расходуется

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4_{\text{расх.}}) = v(\text{NaOH}_{(4)}) = \\ = 0,2 \text{ моль}$$

и остаётся

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_4_{\text{ост.}}) = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ (моль).}$$

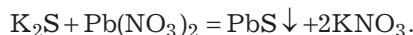
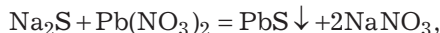
Итак, в растворе содержатся 0,1 моль Na_2HPO_4 и 0,2 моль Na_3PO_4 .

Составление цепочки вместо уравнений и прослеживание числа молей по этой цепочке вместо подробных расчётов – общий приём при решении задач с последовательными реакциями.

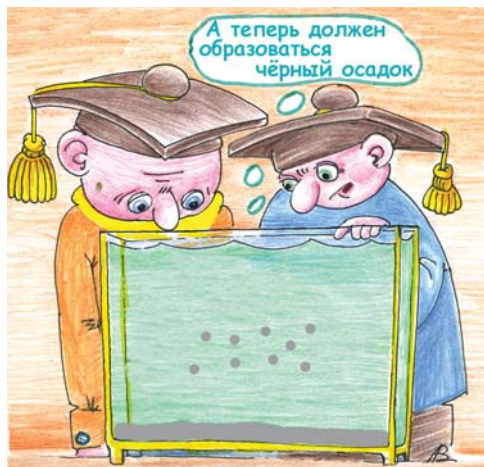
Рассмотрим пример с параллельными реакциями. Ключевое слово в таких задачах – «смесь». Задачи со смесями с вероятностью 90% являются задачами на параллельные реакции.

Пример 9 (МГУ, предв. экз. 1991). 200 г раствора, содержащего 18,8 г смеси сульфидов натрия и калия, обработали избытком раствора нитрата свинца (II), при этом образовалось 47,8 г чёрного осадка. Вычислите массовые доли веществ в исходном растворе.

Составим уравнения реакций:



Стандартная операция – обозначаем количества веществ в смеси за неизвестные и составляем систему уравнений.



Пусть в смеси было x моль Na_2S (превращается в x моль PbS) и y моль K_2S (превращается в y моль PbS). Тогда одно уравнение системы будет связывать количество вещества PbS с его массой, а второе – количества веществ сульфидов с массой их смеси:

$$\begin{cases} 239(x+y) = 47,8, \\ 78x + 110y = 18,8. \end{cases}$$

Решая систему, находим:

$x = 0,1$ моль, $m(\text{Na}_2\text{S}) = 0,1 \cdot 78 = 7,8$ (г),

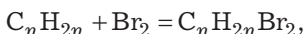
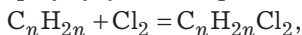
$$\omega(\text{Na}_2\text{S}) = (7,8 \cdot 100/200)\% = 3,9\%,$$

$y = 0,1$ моль, $m(\text{K}_2\text{S}) = 0,1 \cdot 110 = 11,0$ (г),

$$\omega(\text{K}_2\text{S}) = (11,0 \cdot 100/200)\% = 5,5\%.$$

Часто с веществами в задачах производят вроде бы независимые операции: одну часть вводят в реакцию с кислотой, другую – со щёлочью и т. п. По каждой из этих реакций соотношения составляются отдельно, тем не менее по смыслу это – параллельные реакции, связанные количественными отношениями.

Пример 10 (олимп. ФББ МГУ, 2003). При действии на неопределённый углеводород избытка раствора хлора в четырёххлористом углероде образовалось 83,5 г дихлорида. При действии на такое же количество углеводорода избытка бромной воды образовалось 128 г дибромиды. Определите молекулярную формулу углеводорода.



$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2) =$$

$$= m(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2) / M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2) =$$

$$= 83,5 / (14n + 71), v(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) =$$

$$= m(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) / M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2) =$$

$$= 128 / (14n + 160).$$

По условию

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Cl}_2) = v(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2),$$

$$83,5 / (14n + 71) = 128 / (14n + 160),$$

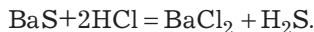
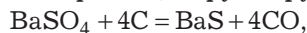
отсюда $n = 7$. Формула C_7H_{14} .

В заключение рассмотрим примеры, когда слово «смесь» не означает параллельных реакций.

Пример 11 (почв. ф-т МГУ, 1996). Смесь сульфата бария и углерода массой 30 г прокалили без доступа кислорода при температуре 1200 °С. Полученный после прокаливания продукт обработали избытком соляной кислоты. Масса нерастворившегося осадка составила 1,9 г. Запишите уравнения соответ-

ствующих реакций и определите массовые доли веществ в исходной смеси.

Здесь компоненты смеси реагируют не с чем-то третьим, а друг с другом:



Нерастворившийся осадок – непрореагировавший углерод.

$$v(\text{C}) = 1,9/12 = 0,16 \text{ (моль)}.$$

Пусть в смеси было x моль BaSO_4 . Тогда количество вещества $\text{C} = 4x + 0,16$.

Свяжем количества веществ с массой смеси:

$$233x + 12 \cdot (4x + 0,16) = 30.$$

Отсюда:

$$x = 0,1 \text{ моль},$$

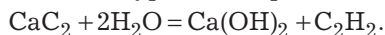
$$m(\text{BaSO}_4) = 0,1 \cdot 233 = 23,3 \text{ (г)},$$

$$\omega(\text{BaSO}_4) = (23,3 \cdot 100/30)\% = 77,7\%,$$

$$\omega(\text{C}) = (100 - 77,7)\% = 22,3\%.$$

Пример 12. Из смеси массой 48 г, состоящей из карбида кальция и оксида кремния (IV), получили 11,2 л ацетилена. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

Составим уравнение реакции:



Из оксида кремния невозможно получить ацетилен, поэтому SiO_2 в данном случае играет роль инертной примеси. Рассчитаем по уравнению массу карбида кальция:

$$m(\text{CaC}_2) = M(\text{CaC}_2) \cdot V(\text{C}_2\text{H}_2) / V_m =$$

$$= 64 \cdot 11,2 / 22,4 = 32 \text{ (г)}.$$

$$\omega(\text{CaC}_2) = (32 \cdot 100/48)\% = 66,7\%,$$

$$\omega(\text{SiO}_2) = (100 - 66,7)\% = 33,3\%.$$



Галоян Эдуард Арташесович

*Аспирант кафедры зоологии позвоночных
биологического факультета МГУ,
ассистент СУНЦ МГУ.*



Механизмы преобразования биологических сообществ

Статья затрагивает тему экологии и эволюции сообществ. В общих чертах раскрывает механизмы изменения биологических систем. Материал, представленный в статье, может быть хорошим дополнением к базовым знаниями по общей биологии и полезным для более глубокого понимания эволюционных принципов. Рассмотрены конкретные примеры экологических кризисов и обсуждается древняя фауна. Надеемся, что статья не только пробудит интерес к описанной проблеме, но и стимулирует читателя к более глубоким исследованиям.

Термин «биосфера» был сформулирован Эдуардом Зюссом в 1875 г., однако, будучи введённым в обращение, длительное время не имел точного значения. В 1926 году в Ленинграде вышла книга Владимира Ивановича Вернадского, в которой он излагал глобальные идеи связи живых организмов со средой их обитания. Согласно воззрениям Вернадского, наша планета включает в себя различные оболочки: водную – гидросферу, почвенную – литосферу и воздушную – атмосферу, заселённые живыми организмами. Хотя границы распространения «живого вещества» весьма ограничены (в атмосфере верхняя граница проходит на высоте 10–20 км, в озоновом слое, а в почве бактерий можно обнаружить на глубине до 1–2 км), оно играет важнейшую роль в перераспределении вещества и энергии. Ор-

ганизмы за короткое время осуществляют сложные биохимические превращения. Благодаря белковым катализаторам (ферментам) органические реакции, требующие большого давления и высоких температур, протекают в клетках при температурах всего 35–40 °С и нормальном атмосферном давлении. Скорость обмена веществ между живыми организмами и средой так велика, что все вещества и даже отдельные молекулы биосферы постоянно проходят через тела животных, что приводит к преобразованию, накоплению или, наоборот, к рассредоточению этих веществ. Всего за 8 лет происходит обновление всего живого вещества Земли, а в океанах этот процесс происходит ещё быстрее. Так, за 3 года Большой Барьерный риф перекачивает весь объём океанической воды.

Фактически биосфера представляет собой глобальную систему, состоящую из многих подсистем низшего ранга, объединённых сложными связями – экосистем, биогеоценозов или сообществ организмов. Эти подсистемы состоят, в свою очередь из популяций разных видов животных, растений и представителей других царств, а те, в свою очередь, сформированы из отдельных особей – элементарных единиц, осуществляющих обмен веществом и энергией с окружающей средой. Любая биологическая система, будь то отдельно взятый организм или совокупность организмов, объединённая на любом уровне, включая собственно биосферу, – открытая система, черпающая энергию извне (в основном это солнечная энергия, преобразованная фотосинтезирующими организмами). Всего 15% энергии солнечного излучения достигает поверхности Земли, и лишь 1% усваивается растениями в виде органических соединений. Количество энергии, передаваемое от одного уровня к другому, падает приблизительно в 10 раз, а большая часть энергии рассеивается или превращается в работу. Таким образом, составные части биосферы, сообщества постоянно осуществляют поддержание оборота веществ и потока энергии в биосфере, поддерживая её функционирование.

Как оказалось, организмы способны значительно изменить состав жизненных оболочек. Тут можно вспомнить и про появление фотосинтеза, что привело к повышению концентрации кислорода и уменьшению концентрации углекислого газа, и многие другие процессы, приведшие к отложениям карбонатов в меловой период, угля в карбоне, и иные преобразования гло-

бального, биосферного или, во всяком случае, биогеоценотического масштаба.

Понятие биосферы и сообщества (биогеоценоза или экосистемы) нам потребовалось, чтобы продемонстрировать сложность устройства сообществ и разобраться в преобразованиях древних и современных экосистем. Изменения крупных сообществ приводят к изменениям в биосфере и в значительной степени связаны с климатическими изменениями и колебаниями уровня мирового океана и концентрацией веществ в атмосфере, гидросфере и литосфере. Сейчас мы разберём механизмы действия экологических кризисов и поговорим о причинах, инициирующих биологические кризисы, и последствиях, к которым кризисы приводят.

Сложно переоценить заслуги известного французского биолога Жоржа Кювье (1769–1832 гг.), создавшего науку «сравнительная анатомия», главная задача которой – изучение строения и преобразования органов и поиск гомологий (общих черт в строении) различных животных, что позволяет установить родство организмов. Очевидно, Ж. Кювье одним из первых развивал концепцию функциональной морфологии и говорил об определяющем влиянии функции на строение органа. Он пропагандировал принцип корреляции органов, согласно которому все органы в организме взаимосвязаны общей функцией и строение одного органа отражает принцип строения организма в целом. Так, у хищников имеются когти, мощные клыки, быстрые ноги, а у травоядных – копыта, зубы, работающие жерновами, нет когтей и т. д. Ж. Кювье утверждал, что пользуясь принципом корреляции, «каждое существо могло бы быть в крайнем

случае распознано по всякому обломку каждой из его частей». Но этим заслуги Ж. Кювье не ограничиваются.



Будучи хорошим анатомом, он экстраполировал свои знания на палеофауну и установил родство современных и древних животных, фактически сформировал палеонтологию как науку. Пользуясь правилом корреляции, он реконструировал облик древних позвоночных животных, даже если сохранность скелетов была неполной. Однако, как ни парадоксально, Ж. Кювье был креационистом и совершенно отрицал возможность эволюционного преобразования живых организмов. Исчезновение ископаемых форм животных Ж. Кювье объяснял резкими изменениями в древних экосистемах (хотя в начале XIX века этого термина, конечно, не существовало), создав «теорию катастроф» (рассуждение о переворотах на поверхности земного шара). Согласно представлениям Ж. Кювье, древние сообщества существовали до определённого момента, пока не случалась локальная катастрофа (наводнение, извержение вулкана или другая беда, свалившаяся на отдельный участок земной поверхности). В результате катастрофы животные и растения, населяющие

подверженный действию природных сил участок, исчезали, а на их место приходили другие животные из других регионов. Из учения о переворотах логически следует, что количество видов постоянно должно уменьшаться. Эту проблему разрешили последователи теории Ж. Кювье, постулируя многократные акты творения (хотя сам автор рассуждения о переворотах никогда не признавал этого и был уверен в уникальности действий Творца).

«Наивность» Ж. Кювье может показаться нам смешной. Казалось бы, странно, что человек, отлично разбирающийся в сравнительной анатомии и палеонтологии, отрицал все доказательства эволюции и вёл ожесточённые споры со своими не менее эрудированными современниками, такими как Жоффруа Сент-Илер (1772–1844 гг.), утверждая невозможность постепенного изменения организмов. Однако представим себя на месте палеонтолога начала XIX века. Допустим, мы копаем яму, делаем геологический срез. На глубине двух штыков нам попадаются остатки млекопитающих, полностью или почти полностью совпадающие с представителями современной фауны, населяющей место раскопок. На глубине четырёх штыков проходит граница с совершенно другими почвенными характеристиками и составом костных остатков. Предположим, что они принадлежат крупным рептилиям, а ещё глубже почвенный горизонт вновь становится отличным от предыдущего, и в нём мы видим останки рыб, чёртовы пальцы и другие образцы морской фауны. Наш пример примитивен, на самом деле отличия значительно тоньше, а количество почвенных горизонтов может быть значительно больше, и в каждом слое встречаются особенные животные и рас-

тения. Обычно не существует плавных переходов от организмов (палеонтологических рядов) при переходе от нижнего почвенного горизонта к верхнему. Чаще всего границы между фаунами резкие, что наталкивает на мысль о катастрофах, уничтоживших древние сообщества, сменившиеся впоследствии иными, новыми животными и растениями, мигрировавшими из других мест. Опираясь именно на фаунистические и флористические отличия древних сообществ в разных почвенных горизонтах, геологи выделили эры и периоды.

Несмотря на то, что рассуждение о переворотах морально устарело, в двадцатом веке к нему вернулись, пытаясь объяснить «величайшие геологические загадки прошлого», такие как «скоропостижное» вымирание динозавров. Безусловно, все в курсе метеоритной теории, популярной на протяжении вот уже нескольких десятков лет. Она и сегодня не утратила своих сторонников, очевидно привлеченных зрелищностью и эффективностью гипотезы. На границе мезозойской и кайнозойской эр, около 65 млн. лет назад, в Мексику, на полуостров Юкатан, упал гигантский метеорит. Двухсоткилометровая воронка до сих пор свидетельствует о масштабности произошедшего события. «Катастрофисты» считают, что при этом в атмосферу Земли была выброшена огромная масса пыли, которая затруднила доступ солнечного излучения к поверхности Земли, случилось глобальное похолодание, отчего хладнокровные ящеры приказали долго жить. В качестве аргумента, подтверждающего эту катастрофу, приводят иридий, обнаруженный в слоях приблизительно той эпохи в различных частях света: от Новой Зеландии до Европы. Полагают,

что этот элемент рассеялся по поверхности планеты вместе с пылью. Иридий действительно входит в состав метеоритов и на Земле встречается редко, однако, как было показано позднее, этот металл вполне мог образоваться в результате извержения вулканов. Вообще говоря, метеориты падали на Землю и до и после юкатанской катастрофы, однако никогда не вызывали подобных эффектов. Кажется странным вымирание отдельных групп хладнокровных и теплокровных животных: метеорит «уничтожил» динозавров, водных и летающих ящеров, первых веерохвостых птиц – ихтиорнисов – и другие группы, избирательно пощадив крокодилов, ящерниц, змей, гаттерий и таких древних и примитивных рыб, как двоякодышащие и кистепёрые, до сих пор благоденствующих в некоторых сообществах.

Интересно, что катастрофу пережили амфибии, хотя известно, что именно эти наземные животные, обладающие водной личинкой, наиболее чувствительны к малейшим экологическим изменениям. Мгновенность вымирания древних ящеров тоже весьма относительна: миллионы лет – это быстро, но только в геологическом масштабе времени. Остатки динозавров находили не только ниже, но и выше иридиевого слоя.

Согласно мнению другой группы катастрофистов – вулканистов – причиной массового вымирания стала повышенная на границе мела и кайнозоя активность вулканов. Они объясняют иридиевый слой массовым извержением, в результате которого в атмосфере образовался плотный слой вулканической пыли, закрывшей поверхность Земли от солнца. Далее повторяется метеоритный сценарий.

Вообще говоря, вымирание динозавров далеко не единственное глобальное событие, случившееся на планете. Были и другие, более грандиозные катастрофы, в которых количество почивших таксонов значительно превышает число таковых в конце мелового периода. Например, известный кризис на границе перми и триаса. Но чтобы понять причины и механизмы природных сил, коренным образом преобразующих сообщество организмов, нам необходимо разобраться в теории экологических кризисов, после чего можно будет говорить предметно.

В 2009 году «внезапно» случился мировой экономический кризис. Мелкие конторы были должны крупным, а те, в свою очередь, ещё более крупным. Когда должники перестали платить по займам, банки и крупные конторы лишились денег, что привело к банкротству не только уважаемых контор, но и мелких дельцов. Система взаимоотношений в экономическом мире чрезвычайно сложна, и не нам в этом разбираться, тем более что написано множество книг, посвящённых этому событию. Интересны два последствия экономического кризиса, логически связанные с интересующей нас темой. Во-первых, кризис не случился раньше, а выход из него стал возможен благодаря сложности системы, состоящей из гигантского количества элементов, что обеспечивает их взаимозаменяемость. Известно, что устойчивость любой системы зависит от количества элементов, её составляющих (закон необходимого разнообразия Эшби): чем их больше, тем лучше система справляется с внешними и внутренними возмущениями. Во-вторых, в самом начале кризиса количество фирм, банков и других юридических лиц резко сократилось, а когда экономические условия улучшились,

свободный рынок позволил новым предприятиям и предпринимателям занять места старых, таким образом, произошло обновление, невозможное без кризиса.

Стабильность системы невозможно описать в рамках статического (можно сказать, замороженного) равновесия. Любая сложная система обладает свойством приобретения и запоминания нового и свойством забывания старого. В устойчивой системе забывание и запоминание уравновешены, а с течением времени система не изменяется и остаётся устойчивой благодаря передаче информации из поколения в поколение. Забывание необходимо, так как оно позволяет избавиться от ненужных элементов и освободить место для новых. В случае экосистем под запоминанием мы понимаем появление новых видов, родов, семейств и т. д. Вымирание таксонов в экосистемах – синоним забывания. В начальном периоде любого кризиса, будь то кризис экологический или кризис в человеческих системах, забывание системы преобладает над запоминанием. Этот период называется периодом *дестабилизации*, в результате чего в системе пропадают старые элементы, хотя новые ещё не появляются. Причины, вызывающие дестабилизацию, могут быть самыми различными: воздействие внешних природных факторов или внутренних популяционных факторов, вызывающих нестабильность взаимодействия элементов системы. Внутренние и внешние факторы могут совместно разбалтывать систему, пока одно маленькое воздействие не послужит поводом для развала всей системы. В период дестабилизации количество вымерших таксонов всегда значительно превосходит количество появившихся.

В конце периода дестабилизации значительно увеличивается число свободных, никем не занятых мест

(экологических ниш). Выжившие виды стремятся занять их. Возникает процесс, результат которого наблюдал Ч. Дарвин на Галапагосских островах: радиация видов и даже таксонов более высокого уровня. Безусловно, все помнят пример с разнообразными вьюрками: близкородственными птицами, произошедшими от одного предка, некогда попавшего на острова. Разнообразие экологических условий подтолкнуло один вид на эволюцию в сторону специализации к различным типам пищи, что привело к образованию множества видов вьюрков с разнообразными формами клюва: длинными для добычи насекомых, толстыми и массивными для раскалывания семян и т. д. Выходит, что виды, пережившие первый этап экологического кризиса, оказываются в положении организмов, «прилетевших» в новое место, они сталкиваются с невероятным разнообразием совершенно свободных от конкурентов экологических ниш, что приводит к массовой *дивергенции* – эволюции, расщепляющей старые виды, в результате чего образуются новые виды, роды и даже таксоны более высокого уровня. В отличие от периода дестабилизации, период дивергенции обычно длится относительно недолго. Десятков и сотен тысяч лет (что совсем немного в геологическом масштабе времени) вполне достаточно, чтобы сформировались основные элементы будущей системы.

Когда все ресурсы в среде вновь перераспределены между молодыми таксонами, темп увеличения числа новых таксонов значительно замед-

ляется. Начинается этап «утрашки» системы, иными словами, организмы встают на путь *специализации*. В результате специализации новые таксоны, конечно, появляются, а место вымершего вида занимает новый, более приспособленный к жизни в тех же условиях потомок, вытесняющий своего непосредственного предка в результате конкуренции. Каждый последующий вид интенсивно, а не экстенсивно использует ресурсы, сужая экологическую нишу. С ростом уровня специализации возрастает устойчивость системы, и в какой-то момент скорость вымирания опять уравнивается скоростью появления новых таксонов. Система опять становится стабильной... до следующего кризиса. Период относительного спокойствия может продолжаться миллионы лет, в течение которых не происходит никаких принципиальных изменений в фаунистическом и флористическом составе биоценозов.

Таким образом, длительные периоды спокойствия (стасиса) чередуются с относительно короткими периодами дестабилизации. Именно во время биоценологических кризисов эволюция делает стремительные скачки, в результате которых образуются переходные формы, однако из-за относительной скоротечности процесса эти формы редки, отчего плохо вписаны в палеонтологическую летопись, что объясняет резкие границы между выраженными палеонтологическими остатками фаун различных эпох.

Массовое вымирание в конце мелового периода

Существует множество гипотез и теорий, объясняющих «таинственное исчезновение» динозавров в конце мелового периода. В сознании масс

укрепилось мнение, что это событие произошло почти мгновенно, во всяком случае, длилось годы или столетия. На границе мезозоя и кайнозоя

исчезло более 40% семейств наземных позвоночных, преимущественно крупных животных весом более 10 кг. Надо отметить, что помимо ящеров вымирание коснулось и других групп животных и растений: различных беспозвоночных, включая насекомых, голосеменные растения. Вымирание коснулось также и океана: в те времена исчезли виды и целые семейства всевозможных моллюсков, рыб, ракообразных и других водных организмов. Одна из наиболее распространённых теорий объясняет это событие столкновением Земли с метеоритом, однако об этом мы уже говорили, поэтому перейдём к рассмотрению более правдоподобных версий.



На самом деле процесс вымирания длился очень долго. Предпосылки вымирания динозавров и других животных, причём не только позвоночных, имели место быть уже в середине мелового периода. Фактически кризис на границе мела и кайнозоя (70–65 млн лет назад) стал следствием средне мелового кризиса, случившегося 100 млн лет назад. Чтобы понять суть происходящего и разобраться в предпосылках деста-

билизации сообществ крупных ящеров в конце мела, необходимо вспомнить, каким образом изменялась поверхность земного шара. В юрском периоде начался необратимый процесс развала гигантского материка Пангеи на две части, Лавразию и Гондвану с океаном Тетис между ними. Одновременно значительно снизился уровень континентальных морей, закрывавших поверхность материковой коры. Начались массовое горообразование и повышение поверхности суши над океаном. Воды на материках стало меньше, а безводные пространства значительно возросли, климат на материках стал континентальным. Зональность в юрский и меловой периоды была выражена слабо, а температура даже в высоких широтах вряд ли падала ниже 0 °С, хотя растительность там была более устойчивой к прохладному климату, чем на юге. В результате климат стал суше, зональность приобрела ярковыраженный характер.

В середине мелового периода значительно возросло количество цветковых растений. Благодаря быстрому росту вегетативных частей покрытосеменные играли роль сорняков, занимающих пространства, оставленные голосеменными растениями. Устойчивые сообщества голосеменных растений не пускали покрытосеменных, однако цветковые растения постепенно, на протяжении долгих миллионов лет, проводили планомерную экспансию. Даже сейчас покрытосеменным не удалось отвоевать у голосеменных зоны высоких широт (сосновые и лиственничные леса Сибири), а в горах тропиков и субтропиков встречаются сосновые и папоротниковые леса – древние рефугиумы мезозойских сообществ. В отличие от голосеменных растений, редко бывающих лис-

топадными, цветковые деревья с большими листьями сбрасывали много органического вещества на поверхность почвы. В листьях покрытосеменных содержатся продукты метаболизма и разнообразные алкалоиды – защита от фитофагов. Эти продукты растительной жизнедеятельности и огромное количество органики, привносимой с отмершей листвой, значительно преобразовали химический состав почвы и внутренних водоёмов, что отражено в видовом составе беспозвоночных, в первую очередь насекомых. В эпоху царства голосеменных растений озёра были олиготрофными (с небольшим количеством растворённых органических соединений). Покрытосеменные «замусорили» внутренние водоёмы листвой, значительно повысив концентрацию органики, что не могло не сказаться на видовом составе водоёмов. В таких богатых органическими веществами озёрах быстро размножаются бактерии, практически полностью использующие кислород, растворённый в воде. Иногда летом приходится видеть цветение водоёма, после которого начинается замор рыбы и других водных животных. В середине мелового периода повышенная концентрация бактерий во внутренних водоёмах привела к уничтожению требовательной к содержанию кислорода фауны водных беспозвоночных.

В начале мелового периода листопадными были лишь леса, занимающие территорию современной Канады и Сибири – хвойно-гинкговые сообщества. В таком лесу было относительно прохладно и влажно, а длина светового дня в высоких широтах, как и в настоящее время, отличалась в различные периоды года. На юге царствовали древние голосеменные растения: беннеттитовые, саговники и хвойные. В середине мелового периода

появились широколиственные леса (платановые, дубовые, кипарисовые). Настоящих тропических лесов, в современном понимании, тогда ещё не было – это относительно молодые сообщества, появившиеся лишь в олигоцене (30 млн лет назад). Капитальная перестройка растительных сообществ стала причиной массового вымирания растительноядных насекомых и других беспозвоночных животных, питавшихся голосеменными растениями. Сотни семейств не преодолели рубеж среднего и позднего мела, и если бы геологи проводили границу между мелом и кайнозойем, основываясь на фауне беспозвоночных, им пришлось бы сделать это на 30–40 млн лет раньше. Палеоботаники так и поступили, разделив меловой период на мезофит и кайнофит. А вот разницы между позднемеловыми и кайнозойскими насекомыми почти нет совсем: к концу мезозойской эры сформировались все основные семейства нектароядных и листоядных насекомых, образовавших сложные экологические связи с растениями. Эти семейства мы видим в современных лесах.

Биоценотический средне меловой кризис значительно преобразовал потоки вещества и энергии в биоценозах, однако в первую очередь он затронул растительную компоненту и консументы первого порядка: кроме насекомых появились новые растительноядные динозавры, приспособившиеся питаться невкусными листьями цветковых растений, и даже возникли плодоядные ящеры: пситтакозавры (попугаеобразные динозавры) и их потомки, цератопсиды, обладающие мощным клювом, пригодным для раскалывания плодов и семян. Однако темпы вымирания крупных животных были относительно слабыми. Динозавры обитали в сохранившихся старых сообществах и даже частично приспособо-

бились к жизни в новых условиях, поэтому хотя среднемиловый кризис растительных сообществ послужил первотолчком позднемилового кризиса, этого было мало и требовались дополнительные воздействия, способные запустить процесс преобразования в сообществах крупных позвоночных животных.

В результате движения материков и изменений течений в конце мелового периода климат стал похож на современный: похолодало и появилась ярко выраженная зональность, благодаря чему теплокровные животные получили преимущество над хладнокровными. На это можно возразить, ведь динозавры и многие другие ящеры обладали крупными размерами, поэтому были фактически теплокровными. Однако не следует забывать, что у каждого крупного ящера были детёныши, вылуплявшиеся из относительно мелких яиц. Даже у гигантских завроподов размер яйца не превышал в длину 10–20 см, соответственно детёныш, вылупившийся из такого яйца, не обладал инерционной теплокровностью и был похож на современных ящериц. Хотя современные архозавры – крокодилы – заботятся о своём потомстве, и динозавры, скорее всего, тоже так делали, крупным родителям было затруднительно взаимодействовать со своими совсем крохотными детёнышами. Таким образом, детёныши динозавров и других крупных пресмыкающихся замерзали по ночам и зимой, а тут ещё млекопитающие – эти хитрые и умные, относительно некрупные звери, надо сказать, хищные, вели охоту на маленьких ящеров. Конечно, родители спуска им не давали и тоже отыгрывались: в желудках хищных динозавров находят зубы и кости млекопитающих, тем не менее, общего положения это не спасало.

Таким образом, целая масса факторов, действующих на протяжении миллионов лет, постепенно привела к полной деградации групп крупных хищных рептилий.



Несколько сложнее обстояли дела в толще океана. Климатические изменения коснулись водных масс. Температура в морях понизилась, и принципиальным образом изменились глубинные течения, а мест, богатых органическими веществами, где кормились планктонные организмы и рыба, стало меньше, в результате чего пищу стало добывать сложнее, да ещё появились конкуренты. Крупные птерозавры, специализировавшиеся в конце мела на поедании морской рыбы, которую доставали подобно современным альбатросам, паря над поверхностью океана на гигантских крыльях, периодически занырявая за добычей или опуская в воду клюв, не могли конкурировать с более продвинутыми зубатыми птицами – ихтиорнисами. Эти птицы были способны, подобно современным бакланам, нырять и плавать, догоняя плывущую рыбу, уходя глубже поверхностного слоя воды. Лёгкий скелет и большие крылья птеро-

завров не позволяли им применять этот способ охоты на рыбу.

Так или иначе, изменение климата, появление и развитие современных, продвинутых групп постепенно подточило могущество мезозойских пресмыкающихся. Хотя в течение 150 миллионов лет существования им зачастую приходилось нелегко, ведь были и другие кризисы, например, в юрский период, с которым ящеры худо-бедно справились, конец мела оказался завершающим периодом господства крупных рептилий.

В конце мелового периода млекопитающие и птицы, а также другие группы рептилий и амфибий освоили экологические ниши, занимаемые до этого крупными ящерами. Были и курьёзы: полагают, что место крупных хищных динозавров могли занять крокодилы, вылезшие из воды и превратившиеся в грозных наземных хищников.

Млекопитающие большую часть мезозойского периода были мелкими (не более 1–2 кг) яйцекладущими животными, вроде современных ехидн и утконосов. Настоящие плацентарные звери появились лишь в начале мелового периода (125 млн лет назад, род *Eomaia*). Крупные травоядные и хищные звери появились значительно позже позднемелового кризиса, в эоцене, около 50 млн лет назад. Тогда сформировались современные отряды плацентарных млекопитающих – главные макрофаги в современных экосистемах, вместе с другими животными постепенно перешедшие в новый период относительного спокойствия.

Выходит, что экологические кризисы – это важное условие прогрессивной эволюции сообществ. Они периодически случались, причём затрагивали не просто отдельные сообщества, но и биосферу в целом,

глобальным образом перестраивая взаимодействие видов и потоки вещества и энергии. Существует мнение, что сейчас мы находимся на пороге нового кризиса, причиной которого может быть наш вид. За период существования человечества уже было истреблено много животных, в основном крупных, вроде мамонтов, шерстистых носорогов в Старом Свете, гигантских ленивцев, глиптодонов в Новом Свете и т. д. Многие животные значительно сократили свой ареал и стали редкими. Так, ещё тысячу лет назад в Европе жили представители африканской фауны: гепарды и львы. А ещё раньше слоны водились в Средиземноморье. Буквально недавно (ещё пару сотен лет назад) по островам Новой Зеландии ходили гигантские страусы моа, на которых охотились гигантские орлы Хааста, весившие до 14 кг. Однако все эти последствия ничто по сравнению с тем, что нас ожидает, если не остановить истребление лесов, болот и загрязнение водоёмов. В наши дни скорость появления новых таксонов значительно ниже темпов вымирания, что само по себе говорит о начале периода дестабилизации. Если человечеству удастся сломать ключевые сообщества, играющие определяющую роль в круговоротах вещества и энергии биосферы в целом, людям придётся столкнуться с массовым исчезновением видов, родов и семейств растений и животных. Однако само по себе это нестрашно, после начнется бесконтрольный этап эволюции новых таксонов и компоновки новых сообществ. В период массовой дивергентной эволюции могут появиться организмы с непредсказуемым поведением, способные повлиять на все виды деятельности человека, в особенности на сельское хозяйство.



Медицина

Сергеева Марина Глебовна

*Доктор химических наук, зав. кафедрой биологии СУНЦ
МГУ им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник
Института физико-химической биологии
им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова.
Главный редактор журнала.*



Ивлиев Александр Евгеньевич

*Аспирант факультета биоинженерии
и биоинформатики МГУ им. М.В. Ломоносова.*

Что такое постгеномные технологии и как они используются в медицине

В 2003 году была опубликована последовательность генома человека, к настоящему времени известны последовательности геномов более 100 животных. Что эти исследования дали для развития науки биологии и что для развития современной медицины? В статье разбираются понятия «геном», «постгеномные технологии», обсуждается роль этих исследований в решении проблем современной медицины.

Задачи исследований в области медицины в XXI веке – научиться лечить болезни, которые не только являются основными причинами смерти в развитых странах, но и стремительно «молодеют», т. е. если раньше эти болезни были уделом людей пожилого возраста, то теперь ими заболевают во всё более раннем возрасте. Это сердечно-сосудистые заболевания, ишемическая болезнь сердца, инсульты, диабет, метаболический синдром, онкологические заболевания. Какие задачи важно на-

учиться решать врачам и учёным? Во-первых, своевременно определять, есть ли генетическая предрасположенность к возникновению этих заболеваний у обследуемого человека. Это позволит принимать меры, предупреждающие развитие болезней. Во-вторых, создавать более эффективные лекарства для лечения уже заболевших людей. И, в-третьих, научиться в процессе лечения отслеживать реакции организма на терапию и хирургическое вмешательство. Это позволит обес-



печить индивидуальный подход к каждому отдельному пациенту, а не прописывать всем больным одинаковое лекарство. Ещё 20 лет назад такие задачи относились к области научной фантастики, сегодня они решаются в научно-исследовательских лабораториях.

Осенью в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова прошла научная конференция «Постгеномные методы анализа в биологии, лабораторной и клинической медицине». Обсуждались возможности использования данных, полученных при изучении генома, для прогнозирования и лечения различных заболеваний человека. Были отдельные разделы конференции, где обсуждались результаты использования компьютерных методов анализа для создания новых лекарств, а также различные подходы к генетической хирургии. Уже из простого перечисления исследований, представленных на конференции, становится понятно, что скачкообразное развитие новых методов молекулярной биологии изменяет облик современной медицины, даёт человечеству новые надежды на борьбу с ранее неизлечимыми заболеваниями.

Давайте попытаемся разобраться в терминах и методах. Что такое «постгеномный»? «Пост» означает «после чего-то» (например, из предмета «Мировая художественная культура» нам известно слово «постмодернизм» – художественное течение, которое было после модернизма), «геномный» – прилагательное от слова «геном». Геном – совокупность всех генов организма, т. е. имеется у каждого. Как может быть «после всех генов»? Это название – дань крупнейшему проекту конца XX века. «Постгеномный» означает время после завершения проекта «Геном человека». Из школьного

учебника все знают, что эпоха молекулярных исследований в биологии началась в 1953 году с открытия Джеймсом Уотсоном и Френсисом Криком структуры молекулы ДНК – двойной спирали. Это открытие ознаменовало новую эру в биологии, которая изменила наши представления об окружающем мире. В результате исследований стало понятно, что все живущие на Земле организмы при всём своём разнообразии, от бактерий до человека, имеют единую природу: все белки состоят примерно из 20 аминокислот, а вся информация о наследственности закодирована в виде генов в ДНК, которая состоит из четырёх нуклеотидов (аденин, гуанин, тимин и цитозин). Белки являются основными «рабочими лошадками» в клетке и решают разнообразные задачи, такие как многократное ускорение химических реакций, обеспечение движения клеток в пространстве, транспортировка различных веществ, передача сигналов, которыми клетки обмениваются между собой для того, чтобы сосуществовать, не конфликтуя. В построении нашего организма участвуют около сотни тысяч разных белков, каждый из которых предназначен для выполнения определённой функции. Одних белков – много «штук» в каждой клетке, другие существуют в единичных экземплярах. Когда возникает потребность в выполнении определённой функции, клетка синтезирует необходимое число молекул соответствующего этой функции белка. Инструкцией для такого синтеза является последовательность нуклеотидов из гена, кодирующего данный белок. Для того чтобы обеспечить сохранность ДНК в процессе её считывания, клетка не синтезирует белки непосредственно на генах, а использует молекулы-посредники, каждая из которых является копией гена и поэтому назы-

вается «транскрипт» (от англ. слова transcript – копия; равноправное название для транскриптов – матричная рибонуклеиновая кислота «мРНК») (рис. 1). Таким образом, информация, закодированная в

ДНК, проходит путь от гена через транскрипт к образованию белка, и для того чтобы понять, как работает клетка, важно знать последовательность нуклеотидов в ДНК – первоначальный источник информации.

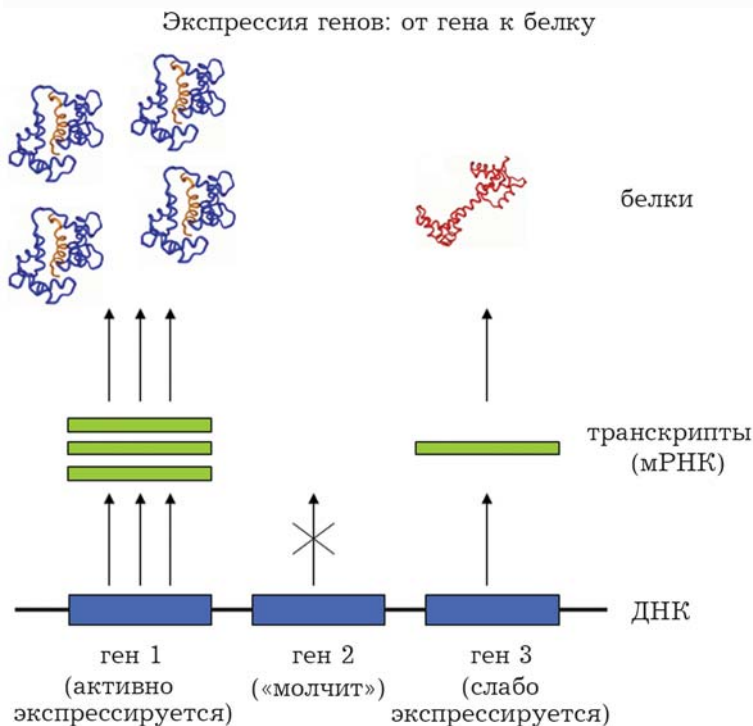


Рис. 1. Каждый ген кодирует информацию для синтеза молекул одного белка. Если клетке нужен белок, она считывает несколько копий (транскриптов) с соответствующего гена и на их основе синтезирует столько молекул белка, сколько требуется. Поскольку не все белки одновременно нужны клетке, одни гены работают (экспрессируются), а другие молчат

В 1990 году совместными усилиями учёных из многих стран был запущен проект по секвенированию генома человека (от англ. слова sequence – последовательность). Геном человека – это полная последовательность нуклеотидов в цепи ДНК. Его копия хранится в каждой клетке. Перед научным сообществом стояла задача определить эту последовательность нуклеотидов, составляющую «энциклопедию» генетической информации человеческого

организма. Секвенирование генома велось множеством отдельных исследовательских групп, каждая из которых получила свой фрагмент ДНК для прочтения. Первоначально это была медленная рутинная работа. Многие не хотели ею заниматься, опасаясь, что проведут всю жизнь в выполнении однообразной работы, определяя в «бесконечной» нити ДНК нуклеотид за нуклеотидом. Однако, как это часто бывает в истории научных исследований, сама



постановка задачи стимулировала развитие новых методов и соответствующего оборудования. В ходе работы были сформированы специализированные центры секвенирования, похожие скорее на высокотехнологичные фабрики, чем на исследовательские лаборатории. Законченная последовательность генома была открыта для использования всему научному сообществу в 2003 году. Оказалось, что общая длина последовательности составляет 3 миллиарда букв. Как это себе представить? Возьмите книгу «Война и мир» Л.Н. Толстого. В ней около 3 миллионов букв. Если взять тысячу экземпляров книги, то это и будет сопоставимо с 3 миллиардами букв генома человека. Сейчас последовательность генома находится в открытом доступе (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/genome/>) и, хотя для её анализа требуются профессиональные знания в области молекулярной биологии, саму последовательность может загрузить на свой компьютер каждый, кто имеет доступ к сети Интернет.

Проект «Геном человека» сопоставим с освоением человечеством космоса по размаху замыслов и объёму привлечённых материальных и человеческих ресурсов. Исследования учёных всего мира, их взаимодействие друг с другом, с правительственными и коммерческими организациями изменили облик науки и во многом определили её современное положение и организацию. Вот почему 2003 год, когда была опубликована последовательность генома человека, является вехой, от которой начинается современный – постгеномный – этап развития молекулярной биологии.

Прочтение генома позволило узнать полный набор генов, который содержится в клетках любого человека. Предварительная оценка числа

генов человека колебалась около величины в 100 тысяч генов. Однако оказалось, что общее их число составляет приблизительно 25 тысяч. Так экспериментальные результаты нередко приводят к корректировке предварительных теоретических оценок в несколько раз! В ходе прочтения последовательности многие из этих генов были открыты впервые – об их существовании раньше не было известно. Проект «Геном человека» для биологии сыграл роль, сходную со значением великих географических открытий для формирования представлений о карте земного шара. Это дало молекулярной биологии «твёрдую почву под ногами», обозначив всех «действующих лиц» в молекулярной жизни человеческого организма, которую учёные продолжают активно изучать.

Применительно к медицине последовательность генома человека позволила намного точнее находить связь известных заболеваний с нарушениями в ДНК. Для решения этой задачи сравнивают последовательности нуклеотидов в генах больных и здоровых людей. Это позволяет обнаружить мутации (различия в последовательностях геномов), характерные для заболеваний. Открытие существования мутаций во многих генах и их связь с болезнями позволяет, во-первых, направленным способом разрабатывать новые лекарства и, во-вторых, определять предрасположенность человека к соответствующим заболеваниям. Например, уже известно, что мутации в гене под названием BRCA1 связаны с повышенным риском у женщин заболеть раком груди, а нарушения в гене ADH1 предсказывают высокую склонность к алкоголизму.

Вот почему важно разрабатывать всё более эффективные и дешёвые методы чтения генома. Если первый геном «читали» почти 15 лет и стоило это несколько миллиардов



долларов, то теперь сокращаются затраты и времени, и денег. По прогнозам, уже в ближайшие годы каждый человек сможет за две-три недели и сумму около 30 тыс. рублей получить последовательность своего собственного генома на диске. А ещё лет через десять в развитых странах это будут делать в рамках обязательного медицинского страхования.

Однако при всех своих достижениях молекулярная биология находится только в начале большого пути. Например, после того, как были прочтены последовательности геномов ряда других биологических видов, оказалось, что по количеству генов человек лишь незначительно отличается от многих более примитивных организмов. Так, количество генов у человека и микроскопических бактерий отличается всего лишь в несколько раз. Например, кишечная палочка, живущая в пищеварительном тракте, имеет около 5 тысяч генов, т. е. всего в 5 раз меньше, чем у человека. Каким образом при сравнительно небольшом изменении количества генов из примитивных бактерий в ходе эволюции возникли сложно устроенные виды растений и животных, включая человека, остаётся до конца непонятным. По-видимому, здесь сыграло роль формирование сложной сети взаимодействий между генами на уровне образующихся из них белков. Гены обладают способностью «включаться» и «выключаться» в различных комбинациях в зависимости от потребностей клетки. В каждый момент времени одни гены в клетке «работают», а другие «отдыхают» (или, как принято говорить, «молчат»). Это означает, что на одних генах образуются их копии-посредники (транскрипты), которые затем используются клеткой для синтеза белков, а на других генах – нет (рис. 1). Количество ком-

бинаций, в которых могут активироваться гены у таких сложных организмов, как человек, намного больше, чем у бактерий. У человека различные комбинации экспрессии одних и тех же генов позволяют развиваться принципиально разным типам клеток (эритроциты крови, миоциты мышц, нейроны мозга, эпителиальные клетки кожи и т. д.). Таким образом, геном содержит всю информацию, доступную клеткам организма «на все случаи жизни», однако использовать эту информацию в разных обстоятельствах клетки могут по-разному. Не только генетическая (унаследованная от родителей) предрасположенность, заключённая в геноме, но и изменения работы генов под воздействием внешних факторов (условия среды проживания организма и его образ жизни) могут приводить к заболеваниям.

Хотя этот общий принцип динамичного использования генома является доказанным, молекулярным биологам предстоит изучить, какие именно комбинации генов экспрессируются, а какие молчат в разных условиях: в норме и при различных патологиях, в обычном состоянии и в ответ на принятие лекарств, в процессе эмбрионального развития и в старости и т. д. Основной подход к экспериментальному определению, какие гены активно работают в клетке в данный момент, называется «транскриптомика». Он заключается в измерении для каждого гена количества соответствующих молекул транскрипта, находящихся в клетке. Поскольку в клетке содержится около 25 тысяч генов, задачей является измерить в ходе одного эксперимента концентрацию 25 тысяч разных транскриптов в изучаемом биологическом образце. Это достигается с помощью высокотехнологичных приборов под названием микрочипы (рис. 2). Микрочип представ-



ляет собой пластину, к которой с высокой плотностью (около сотни на один миллиметр) нанесены зонды (короткие молекулы ДНК). Каждый из этих зондов является «липким» только для своего транскрипта (т. е. для определённой молекулы мРНК). Такое соответствие достигается за счёт того, что последовательность нуклеотидов в каждом зонде заранее подобрана так, чтобы она была «обратной» к последовательности измеряемого им транскрипта: тогда между зондом и «проплывающими мимо» молекулами транскрипта могут образоваться сцепляющие пары аденин-тимин и гуанин-цитозин, о которых вам известно из школьного учебника. Перед нанесением на микрочип из анализируемой ткани выделяются все транскрипты, которые в ней присутствовали, и к ним добавляется флуоресцирующее (светящееся)

вещество, которое присоединяется к каждому транскрипту за счёт химической связи. Когда такая выжимка из ткани наносится экспериментатором на микрочип, молекулы каждого транскрипта «прилипают» к соответствующему зонду. Зонд начинает светиться тем сильнее, чем большее количество молекул транскрипта к нему присоединилось. В результате по яркости свечения разных зондов можно определить, каких транскриптов было много, а каких – мало в проанализированных клетках. Поскольку создание таких приборов потребовало знания последовательности генов в геноме, данная технология относится к постгеномным. Информация, получаемая с помощью микрочипов, позволяет понять, насколько интенсивно экспрессируется в клетке каждый ген.

Измерение экспрессии генов в опухолях мозга

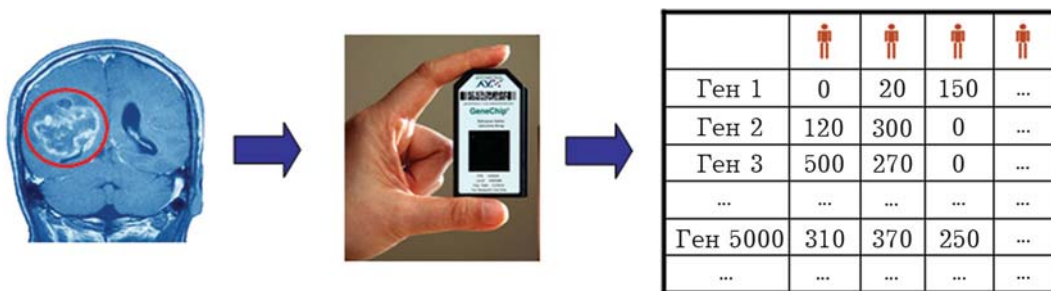


Рис. 2. Ткань опухоли наносится на специальный прибор – микрочип, который измеряет уровень экспрессии для 25 тысяч генов одновременно. Уровни экспрессии генов, измеренные у разных пациентов, заносятся в общую таблицу

Что дают исследования экспрессии генов для медицины? Ключевой проблемой для лечения большинства заболеваний является их ранняя диагностика. Например, среди пациентов, страдающих раком, высокие шансы на выживание, как правило, имеют только те больные, чья опухоль была замечена на ранней ста-

дии и на момент начала лечения ещё не успела пройти длительный путь развития. Поэтому во всем мире проводятся исследования, направленные на то, чтобы определить, какие гены имеют нарушенную интенсивность экспрессии в клетках крови или других легкодоступных тканях уже на ранней ста-



дии рака. Такие гены могут быть использованы в качестве раннего признака онкологического заболевания при медицинском осмотре. Например, повышенное содержание белка под названием специфический антиген простаты (PSA) в крови является маркером, применяющимся для ранней диагностики рака предстательной железы у мужчин.

Другой важной медицинской задачей является выбор оптимального режима лечения для каждого больного. Рассмотрим эту задачу на примере лечения рака груди. По статистике, в течение своей жизни, раком груди заболевает приблизительно каждая пятнадцатая женщина в развитых странах, при этом более трёх четвертей заболевших излечивается. Основным методом лечения является хирургическое удаление опухоли. Далее большинство пациентов получают дополнительное лечение химиотерапевтическими препаратами. К сожалению, такие препараты высокотоксичны и тяжело переносятся организмом (вызывают снижение иммунитета, выпадение волос и другие побочные эффекты). Исследования показали, что многие женщины выздоравливают и без дополнительной химиотерапии. Однако как отличить таких пациентов от остальных и по ошибке не лишит лечения тех больных, для кого химиотерапия полезна как метод лечения? Одним из способов обнаружения таких пациентов, имеющих благоприятный тип рака груди, является измерение активности генов в образце опухоли, полученном во время операции. Высокая активность экспрессии определённых генов (так называемых «генов-маркеров») является более надёжным признаком таких пациентов, чем признаки, используемые в методах классической диагностики. Данная разработка в разных странах уже проходит внедрение в кли-

ническую практику. Она может освободить часть женщин, проходящих лечение, от необходимости принимать токсичное лекарство.

Третьей важной задачей является изучение молекулярного механизма развития заболеваний. Эти исследования позволяют предложить новые методы для лечения болезней. Действительно, гены, интенсивность экспрессии которых меняется по мере развития заболевания, часто являются одной из движущих сил болезни. В этом случае может оказаться возможным разработать лекарство, которое способно заблокировать активность чрезмерно активированного гена или, наоборот, активировать ген с пониженным уровнем экспрессии. Такое лекарство помешает дальнейшему развитию заболевания или даже приведёт к ремиссии (ослаблению или исчезновению признаков болезни). Поиск генов-мишеней осуществляется крупными фармацевтическими компаниями по всему миру, в том числе с помощью методов изучения генной экспрессии. Такой подход к созданию лекарств, нацеленный на выбранные гены, является, в определённом смысле, противоположностью к более раннему подходу, который использовался на заре фармацевтических исследований и заключался в слепом переборе всевозможных веществ с целью найти подходящее без понимания механизма заболевания. Один из самых успешных примеров нового (направленного) подхода является проект по созданию препарата против одного из типов рака крови (хроническая миелоидная лейкемия). Этот проект был основан на открытии повышенной активности гена ABL1 в белых клетках крови (лейкоцитах) у больных раком. Оказалось, что если снизить активность мутированного белка ABL1 с помощью направленно синтезированного



химического вещества (получившего название «иматиниб»), это резко снижает количество раковых клеток и увеличивает продолжительность жизни больных. Разработанный препарат используется в клинической практике.

В качестве более подробного примера исследований в постгеномную эру рассмотрим работу в области транскриптомики, которая ведётся на опухолях мозга совместно лабораториями разных стран мира. Злокачественные опухоли мозга носят название глиомы. Это сравнительно редкое (5–10 случаев на 100000 человек), однако плохо поддающееся лечению заболевание. Средняя продолжительность жизни больных с момента диагноза составляет 2–3 года. Причины возникновения данного типа опухолей до конца не ясны, однако, как и в случае других форм рака, связаны с появлением случайных изменений в ДНК – в данном случае в определённых клетках мозга. Накопление случайных изменений в ДНК (мутаций) неизбежно происходит во всех клетках здорового организма на протяжении его жизни, и у клеток существует множество механизмов контроля этого процесса. Однако, по трагическому стечению обстоятельств, мутации могут повредить в определённый момент времени сразу несколько генов с важными функциями. Тогда клетки могут потерять контроль над процессом своего деления и начать бесконтрольно увеличиваться в числе. Это приводит к появлению опухоли. Характерной особенностью глиом является их диффузный рост: как правило, опухоль не имеет четких границ, а проникает в виде тонких отростков в здоровую ткань мозга, в связи с чем полностью очистить мозг от опухоли хирургическим путём оказывается сложно. Поэтому после

операции по удалению опухоли в ткани мозга часто остаётся небольшое количество раковых клеток, которые со временем могут вызвать новую волну болезни (рецидив). Для подавления дальнейшего роста этих клеток после операции используются дополнительные методы лечения: обработка ионизирующим излучением полости на месте удалённой опухоли (лучевая терапия) и применение лекарств (химиотерапия). Однако эффективность существующих в настоящее время способов лечения является недостаточной.

Как и при изучении других заболеваний, основными задачами для исследователей глиомы являются:

- 1) поиск генов, характеристики которых можно использовать для прогнозирования течения заболевания у каждого отдельного пациента;
- 2) изучение молекулярных нарушений в клетках глиомы с целью создания лекарств.

В 2008 году в США был запущен проект, в рамках которого образцы опухолей, полученные при хирургическом лечении больных, транспортируются из разных больниц в общий исследовательский центр, где в каждом образце измеряют интенсивность экспрессии всех известных генов. К настоящему времени получены измерения экспрессии приблизительно 25 тысяч генов у приблизительно 500 пациентов. Исследователи, вовлечённые в проект, анализируют и публикуют свои результаты в научных статьях. При этом важно, что в соответствии с действующей в современной науке договорённостью об общедоступности новых знаний, после первичного анализа экспериментальные данные открыто публикуются в сети Интернет для их последующего углублённого анализа учёными других стран. В постгеномный период развития биологии объёмы экспериментальных данных часто превышают воз-

возможности их исчерпывающего анализа одной исследовательской группой. Поэтому такой международный подход расширяет эффективность научного поиска.

В качестве примера таких исследований рассмотрим работу в области изучения биологии глиомы методами транскриптомики, в которой принимали участие авторы в 2010 году в МГУ им. М.В. Ломоносова. В нашем исследовании данные, полученные в США при изучении транскриптома больных, были загружены на компьютер. Такие исследования называются биоинформатическими, поскольку используют методы математического анализа применительно к биологическим задачам. Как же проводить анализ данных по экспрессии всех генов в геноме? Несложно догадаться, что ключевой трудностью при анализе таких данных является их объём и внутреннее разнообразие. Действительно, если экспериментаторы измерили интенсивность экспрессии для 25 тысяч генов у 500 больных, это означает, что предстоит изучить таблицу данных, состоящую из 25 тысяч

строк и 500 столбцов, целиком заполненную числами (рис. 2). Это составляет приблизительно 10 миллионов чисел и, разумеется, напрямую не поддаётся осмыслению. Для анализа таких данных были разработаны специальные компьютерные алгоритмы. Эти алгоритмы сортируют гены на группы – в каждую группу объединяются гены, которые выполняют сходные функции в клетке, и потому ведут себя сходным образом, т. е. у одних пациентов согласованно работают, а у других – согласованно молчат. Благодаря тому, что функционально родственные гены, т. е. связанные с одним и тем же биологическим процессом, работают синхронизированно друг с другом, 25 тысяч отдельных генов можно объединить в сравнительно небольшое количество групп. В анализируемом нами массиве данных по глиоме таких групп оказалось 20 (рис. 3). По сравнению с исходным массивом данных такая система стала намного более доступной для понимания.

Компьютерный анализ данных по экспрессии генов

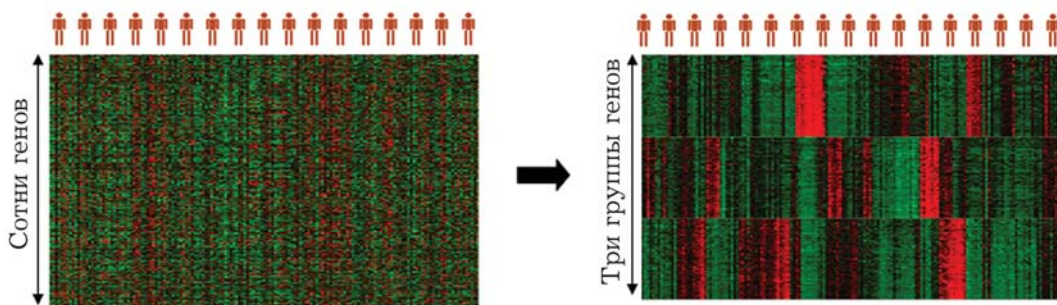


Рис. 3. Компьютерный анализ позволяет выявить в данных скрытую структуру путём группировки генов со сходным рисунком уровней экспрессии. Столбцы соответствуют пациентам, строки – генам. Красным цветом обозначена высокая интенсивность экспрессии, зелёным – низкая. В каждую из трёх групп вошло несколько сотен генов

Благодаря такому анализу удалось установить, что некоторые группы генов в глиоме активно экс-

прессируются у пациентов с высокой продолжительностью жизни и молчат у пациентов с низкой. Например, если



в клетках опухоли активированы гены, свойственные нормальным клеткам мозга (таким, как нейроны и астроциты), это является признаком благоприятного прогноза. По-видимому, биологическая программа развития клеток опухоли, которая активируется у некоторых больных, делает клетки глиомы отчасти похожими на нормальные клетки мозга и снижает их агрессивные свойства. Хотя за процессами развития клеток можно наблюдать и с помощью обычного микроскопа (гистологический анализ), точность такого наблюдения невелика. Оценка характеристик клеток по интенсивности экспрессии генов является более точным и количественным методом. Поэтому гены хорошего и плохого прогнозов, найденные в работах по экспрессии генов, позволяют прогнозировать течение заболевания точнее, чем это делает стандартная диагностика, принятая сейчас в медицинской практике.

Следует отметить, что наряду с продвижением вперед, в биологических исследованиях в постгеномную эру есть и трудности. Основная из них – это сложность изучаемого предмета: молекулярное устройство клетки в норме и при заболеваниях. Так, мы теперь знаем полный набор генов человека, однако всё ещё очень далеки от исчерпывающего понимания того, как и в каких комбинациях эти гены работают в разных условиях. Большинство широко распространённых заболеваний, для которых требуется лечение, включая сердечно-сосудистые, онкологические, сахарный диабет, старческие болезни и другие, имеют многофакторную природу. Они формируются в результате мутаций сразу в нескольких генах, так что каждый ген вносит лишь частичный вклад в формирование заболевания. Это

усложняет процесс поиска таких генов, а также требует разностороннего подхода в лечении. Кроме того, развитие заболеваний происходит в клетках в контексте динамичной работы 25 тысяч разных генов. Даже если большинство из этих генов не участвует напрямую в изучаемом заболевании, представляете, насколько сложно для исследователя разобраться в том, что происходит в каждый момент в системе с таким большим общим количеством «действующих лиц»? Поэтому задачи, которые ставит медицина, являются сложными, и их решение требует продолжительной совместной работы специалистов из разных научных областей.

Развитие молекулярных исследований уже долго идёт по пути взаимодействия разных наук. Новые шаги в физике и технологиях обеспечивают появление более точных и высокопроизводительных аналитических приборов, которые расширяют возможности молекулярной биологии. Исследовательская работа в лабораториях много «берёт» от химии: экспериментальное воздействие на клетки и сбор информации об ответных событиях в клетках часто осуществляются путём добавления к клеткам разнообразных химических веществ. Массивы информации, получаемые в экспериментах, требуют анализа математическими методами. Объединяющую роль в этих исследованиях живых объектов, конечно, по-прежнему играет биология. Очевидно, что творческое взаимодействие этих наук будет продолжаться и далее. Мы надеемся, что новые исследования позволят людям ближе прикоснуться к красоте молекулярной жизни клетки и будут давать новые знания, важные для медицины.

Олимпиады



Ольга Сергеевна Ганчарова

Многократный призёр и победитель всероссийских олимпиад по биологии, золотая медаль Международной олимпиады по биологии 2005 г.

Выпускница факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ 2010 г., в настоящее время аспирантка этого факультета.

Биология и биологическая олимпиада в вашей жизни

Статья является вводной к циклу о биологических олимпиадах. Большинство знает об олимпиадах с «внешней» стороны, представляя олимпиаду как сбор знатоков какого-то предмета, в данном случае биологии, и соревнование между ними, в ходе которого выясняется, кто из них лучше знает любимый предмет. А потом школы об этом победно рапортуют, вывешивают фото и грамоты счастливыхчиков на досках почёта. Мы планируем рассказать о жизни олимпиады «изнутри», глазами человека, который прошёл её от участника и победителя до руководителя команды. Что могут дать олимпиады самому школьнику, как они помогают (а может, мешают?) в его дальнейшей карьере – об этом будет рассказано в этом цикле статей.

Как человек начинает участвовать в олимпиаде

Представьте – вы родились, выросли до вполне сознательного возраста семи, десяти, двенадцати или, может быть, пятнадцати лет. И на очередной день рождения вам дарят не компьютерная игра, не ролики, не только торт, но и «лучший подарок». Что по сей день считается лучшим подарком? Верно, книга. Опять же, подаренная вам книга – не художественная и не учебная, а научно-популярная, и на её обложке в том или ином падеже фигурирует слово «биология». Вероятно, эта наука знакома вам по школьным урокам, а возможно, вы совсем не знаете, что представляет собой биология; тем не менее вы заинтересовываетесь книгой, её

заметками. Пусть вам непонятна добрая половина терминов, слова «мейоз» и «клеточный цикл» составляют перелистнуть соответствующие разделы, зато главы про жизнь растений и животных привлекают.





Следующую книгу, посвящённую науке о жизни (вы ведь теперь узнали, что значит «биология»!) вы или ваши родители уже приобретаете целенаправленно. Идёт время, вы с большим удовольствием читаете биологические книги, которые ваши приятели не понимают. Ситуация с извечной детской «почемучкой» постепенно обращается – уже не вы мучаете родственников и старших товарищей вопросами, а они вас, потому что только вы из всего вашего окружения и можете ответить – почему кровь красная, а лист растения зелёный, существуют ли полезные бактерии, почему глаза кошки светятся в темноте, кто дышит кожей... Вы решаете занимательные задачи по биологии, слышите среди приятелей человеком, интересующимся природой, смотрите на окружающий мир как наблюдатель, почти как настоящий учёный! И в какой-то момент вам становится интересно – насколько много я знаю? что ещё можно узнать? с кем обсудить вопросы, которые мне самому непонятны, но интересны? Вы пробуете читать сугубо научные книги, но оказывается, что их язык слишком сух, а термины ещё более заковыристые, чем «мейоз». Однажды (всё самое интересное начинается со слова «однажды») в обыкновенный осенний школьный день ваш учитель по биологии говорит: «Представляете, пришёл приказ о школьной биологической олимпиаде, нужно, чтобы кто-то поучаствовал». Вы поднимаете руку, или учитель заранее просит вас принять участие, поскольку лучше вас в классе биологию не знает никто... И вот вы осторожно вступаете на мелководье (биологи говорят – литораль) океана олимпиад по биологии.

Именно так, как описано, случилось со мной. С шести лет я увлекалась биологией, наукой об окружающей нас и находящейся в нас

самих жизни, а в десять лет впервые прочла и попробовала ответить на задания школьной олимпиады. Прежде чем продолжить, расскажу ещё немного о себе. Меня зовут Ольга Ганчарова, родилась и выросла я в городе Барнауле Алтайского края, училась в обыкновенной школе (лицей №86), в шестом классе которой меня и захлестнуло олимпиадное движение. Из этой волны я не выплыла до сих пор, да и не собираюсь. Несмотря на пока что не достойный уважения возраст, я и побывала простой рядовой участницей олимпиад, и ездила на Международные соревнования, и преподавала у олимпийцев профильные предметы, и была руководителем немаленькой команды ребят на Всероссийской олимпиаде... Большую половину своей жизни я участвовала в олимпиадах, и кажется, что олимпиадное движение прочувствовано мной на всех уровнях. Именно поэтому я пишу для вас, настоящих и будущих участников олимпиадного движения. Перед вами попытка открыть интересующемуся уму мир школьных олимпиад по биологии. Эти слова – не оборот речи; олимпиада – действительно целый мир, своеобразное сообщество, где встречаются школьники, преподаватели и учёные. Кто-то уходит из этого мира легко, лишь заглянув туда, но многие люди не могут забыть олимпиады, и даже когда кончается их срок участия в ней, они поддерживают связь с олимпиадными друзьями и руководителями, а иногда и сами становятся преподавателями, вдохновителями и строителями олимпиад разных уровней. Меня также не минула чаша сия: я была школьницей, студенткой, теперь аспирантка, но олимпиада по биологии во все времена была для меня более чем значима, и я по мере сил и времени принимала участие в биологическом олимпиадном движении.



Безусловно, каждый начинает свою олимпиадную «карьеру» по-своему. Все по-разному принимались интересоваться биологией и открывали для себя путь на олимпиаду. У кого-то были биологи или, допустим, ветеринары или агрономы среди родственников и друзей се-



ми; кого-то любимый учитель пригласил в кружок природоведения или естествознания при школе (по-больше бы таких кружков!), кто-то сам нашёл книгу на полке или материал в сети Интернет. Как известно, многие ребята – от малень-

ких детей до вполне осознающих серьёзность своих притязаний старшеклассников – мечтают и хотят стать врачами, а некоторые – и ветеринарами.

А разве можно лечить, устранять болезни и ошибки природы, в которых не разбираешься, помогать организму, строения и основ функционирования которого не знаешь? Понятно, что медики должны хорошо разбираться во многих разделах биологии. Поэтому среди олимпиадников достаточно людей, не оставляющих надежду познать не только биологическую, но и медицинскую науку. Эти люди начали интересоваться биологией с практической целью узнать её поглубже, дабы это помогло им с будущей профессией.

Бывает и так, что человек сначала нехотя, по просьбе учителя, со стиснутыми зубами и словом: «Надо!» – пишет школьную олимпиаду, и только потом понимает, как интересны те вопросы, которыми ему пришлось задаться. Такие люди потом говорят, что попали на олимпиаду случайно. Мне же продолжает казаться, что случайные люди среди олимпиадников встречаются редко и не задерживаются в их рядах.

Самая жизненная наука

Те люди, которые сначала приходят на биологические соревнования с нежеланием, только по просьбе учителя, часто находятся под влиянием бытующего стереотипа, что биология – лишь нелогичная, зубрильная наука, одна из числа школьных обязанностей, просто запись напротив оценки среди других строк будущего аттестата. Меня поражает, насколько зачастую сильной оказывается у школьников и студентов ассоциация «биология – зубрёжка». И, к счастью, именно олимпиады, начинающиеся со школьного уровня, занимательные биологические турниры, соревнова-

ния юных биологов, кружки по естественным наукам становятся первым оплотом борьбы против навязшего уже на зубах стереотипа. Олимпиадные задания обычно выгодно отличаются от заданий, принятых в школе (срезов, контрольных, экзаменов), широтой охвата материала и подачей самих вопросов: с одной стороны, вопросы научные, с другой стороны – занимательные. Несмотря на обманывающее название «школьная», как правило, олимпиады по биологии предполагают тот багаж биологических знаний, которым человека нагружают в средней школе, всего



лишь базовым и подталкивают любознательного человека к изучению биологии всё в более и более серьёзных объёмах.

Олимпиады всех мастей показывают человеку, что биология может быть занимательна, логична и интересна, что она, как и другие науки, предполагает не только знание, но и мышление, некую внутреннюю логику. В этом биология как учение о жизни близка к некоторым другим наукам – астрономии (которую многие считают либо несерьёзным «глядением на звёзды», либо зубрёжкой слов наподобие «эклиптики»), лингвистике (до её изучения все отказываются верить, что слова могут иметь семьи, построение языка логично и неслучайно, правила языка не всегда требуют зубрёжки), географии... Но нечто особое выделяет биологию, есть у неё особенное свойство, которое я назвала бы «жизненностью».

Посмотрите вокруг – что интересует человека больше всего? Как правило, это он сам. Вы сразу обвините меня в потакании эгоизму, на что я отвечу – нормальное развитие личности предполагает закономерный интерес к себе! А что есть человек? Тело и душа, мозг и мышление, ощущения и чувства. И если вторым из каждой пары названных терминов занимается психология, то первое – объект внимания биологической науки! Биология – это, в числе прочего, изучение себя, проблемы положения человека в окружающем его живом мире, вопросы возможностей человеческого организма, задачи излечения недугов.

Какие вопросы задаёт маленький ребёнок? Почему когда поранишь пальчик, становится больно, зачем поют птицы, почему трава зелёная... Получив ответы от взрослых, дети успокаиваются и переключаются на иные вопросы. Но часть ребят в будущем возвращается к этим, на пер-

вый взгляд, банальным и понятным вещам – свойствам своего организма и окружающего живого мира. Вопросы растут вместе с человеком и превращаются в такие: живые ли существа вирусы? можно ли человеку «привить» скорость гепарда, выносливость верблюда, силу муравья? почему бы не пересадить человеку жабры? как возникла жизнь на третьей от Солнца планете и почему она не возникла на второй и четвёртой планетах (Венере и Марсе)? Ответы на все эти разнообразные вопросы даёт биология. Биология раскрывает нам секреты и человека, и окружающего его мира – те простые и сложные загадки, которые интересуют практически любого *Homo sapiens*.

Биологию можно «потрогать». Вот ведь она – на упаковке печенья – все эти белки, жиры, углеводы. Кто их изучит, если не биохимия? Кто подскажет, сколько их нужно организму, кроме физиологии и цитологии? Вот она, биология – в тарелке супа: почему суп вкуснее, если кусок мяса положили в холодную воду, а не бухнули в кипяток? Это вопрос к биологам! И они на него знают ответ. Почему на пакете ряженки написано, что напиток сделан с применением бактерий, ведь бактерии – вредные, они вызывают болезни?! Кровь красная, это все видели, в крови есть гемоглобин и эритроциты, так говорит школьный учебник. Как соотносятся эти понятия? Бывает ли не красная кровь, а голубая, которая притча во языцех? Оказывается, голубая кровь бывает, а вот голубых роз природа не создала, но люди, вооружившись знанием физиологии растений и генетики, вырастили-таки эти удивительные цветы! Если без астрономии и лингвистики многие обходятся, то обойтись совсем-совсем без биологии очень сложно.

Читатели, задумайтесь – ведь *вы знаете о биологии больше, чем можете помыслить*. А всё потому,

что многие бытовые знания являются биологическими. Если пьёте чай с лимоном, завариваете покрепче, потому что чай светлеет, когда в него опускают кружок лимона; если умудрились пораниться, аккуратно смазываете йодом или спиртом не саму рану, а вокруг – иначе нельзя, да и больно; знаете, что вредно читать лёжа или в транспорте, потому что «глаза испортятся»; ставите приготовленное блюдо в холодильник, а опару дрожжевого теста – наоборот, в тёплое место, чтобы первое не испортилось, а второе поднялось, наполнилось мельчайшими пузырьками и превратилось после духовки в пышный пирог.

Все эти «надо», «можно» и «нельзя» определяются бытовыми биологическими знаниями, накопленными

людьми за долгие времена. Все описанные мной ситуации биология может разъяснить научно. Биология не только рассказывает нам о жизни, не только незримо находится вокруг, но она, её знание, помогают нам с вами жить лучше. Человек может забыть какие-то науки после окончания школы и университета, но биологию лучше не забывать. А главное, куда лучше не воспринимать её как зубрёжку непонятных сочетаний терминов, чисел и событий, а понять внутреннюю логику этой науки и её жизненность. Тогда учебные данные о делениях клетки перейдут в знания закономерностей роста бактерий и порчи пищевых продуктов, а записи, сделанные на занятиях по общей биологии и биохимии – в понимание того, почему масло полезнее маргарина.

Чем биоолимпиада может расцветить вашу жизнь?

Разве не замечательно знать, почему трёхцветными бывают только кошки женского пола; как из одной-единственной клетки развивается сложно устроенный организм, например, человек; что морские звёзды гораздо ближе к человеку, чем насекомые? Разве не полезно уметь хотя бы в теории оказывать первую помощь, знать, где находятся сердце, печень и селезёнка? Все эти и многие другие вопросы открывают перед нами по очереди школьный учебник и университетские лекции по биологическим наукам. Но между школьной партой и студенческой скамьёй есть ещё один уровень изучения науки – олимпиады, о которых и ведётся наше повествование. В этих олимпиадах, соревнованиях и турнирах принимают участие именно школьники – средне- и старшеклассники, но знания и вопросы там зачастую университетского уровня! Поэтому олимпиады можно рассматривать как переходное звено между школой с её базовым уровнем пред-

лагаемых знаний и университетом с его научной спецификой знаний. Олимпиады учат думать, возбуждают в человеке некий азарт познания и обучения новому, развивают память, в конце концов, они служат ступенькой для будущего поступления школьника в вуз (об этой функции олимпиадной системы мы поговорим в одном из следующих номеров журнала). Участие в олим-



Самый приятный момент олимпиады – церемония награждения



пиаде наиболее серьёзно раскрывает перед школьником специфику науки, которой он заинтересовался. Даже если человек пришёл в олимпиадное движение, поучаствовал в нескольких соревнованиях, подучил биологию, начал разбираться, что в ней к чему, а потом ушёл, сказав: «Это всё-таки не моё», – то такой поворот событий вовсе недурён, как может показаться на первый взгляд. Известная научная поговорка: «Отрицательный результат – тоже результат» – здесь очень к месту. Представьте, что человек, о котором мы ведём речь, сначала хотел заниматься биологией, но на его жизненном пути не произошла встреча с биологической олимпиадой. Этот школьник знаком только с базовой биологией, он сдаёт экзамены в вуз, учится пару курсов и понимает, что на самом деле биология «как она есть», как наука, как занятие, как дело всей жизни ему не нравится! Только на втором курсе человек понимает: «Это не моё!». Не лучше ли было заранее разобраться? В данном вопросе олимпиада, а именно разные этапы всероссийской олимпиады школьников по биологии, лучше всего поможет заглянуть из школьного мира простых истин, известных величин и понятных учебников в мир науки, исследований, теорий и пробирок. Олимпиадные задания предполагают приобретение школьником таких знаний и умений, которые используются и развиваются дальше в университетской и научной жизни. Задания практического тура олимпиады – это простейшие модели происходящего в биохимических лабораториях и во время зоологических полевых исследований. И если школьнику абсолютно неинтересны все эти тесты, задачи, обсуждения, пипетки, зверюшки и расчёты – интересна ли ему биология вообще? Олимпиада помогает разобраться в себе, своём

предназначении и увлечениях, пути в жизни. Безусловно, существуют люди, которые с удовольствием участвуют на протяжении нескольких лет в биоолимпиадах, завоёвывают места, как говорится, «берут» дипломы, а потом поступают на технический или гуманитарный факультет и занимаются весьма далёким от биологических наук делом. Для таких ребят олимпиада служит интересным, занимательным, развивающим память и мышление хобби, открывает перед ними мир науки как таковой, становится занятием, отличным от обычной школьной жизни. Я не говорю, что биология должна составить большую часть жизни любого человека, но быть с ней знакомым для любого интересно и полезно, поверьте! Поэтому призываю моих читателей-школьников не ограничиваться только учебником, попробовать увидеть вокруг себя очевидные и интересные биологические явления, а также, если вам предлагают написать школьный тур олимпиады, не отказываться. В начале этой статьи я говорила, что все узнают о биологии и олимпиадах из разных источников. Может быть, кто-то из читателей журнала узнает о биоолимпиадах из моих слов! Мне будет безумно приятно, если даже один человек, прочтя материал, попробует себя в биологических соревнованиях, либо просто обернётся вокруг и ещё раз вспомнит свой детский вопрос «почему трава зелёная», да поразмыслит над ним на взрослый лад. Именно с этого начинается увлечение биологией, а биологические олимпиады – всего лишь одна форма этого увлечения, но очень своеобразная, перспективная и важная.

Данный материал служит вводным к циклу статей о биологических олимпиадах. Сегодня я лишь коснулась многих вопросов, каждый из которых требует отдельного обсуждения. К примеру, вопрос влияния олимпиад на посту-



пленение в вуз, вопрос уровня знаний, необходимых для участия и победы в олимпиадах, проблема соотношения олимпиадных заданий «на знания» и «на мышление». Всё это, а также многое другое, послужит нам темой для плодотворных обсуждений в дальнейшем. Школьная биологическая олимпиада – чрезвычайно многогранный мир, настолько большой, что существует и олимпиадный фольклор, и олимпиадный сленг, олимпиадные шутки, песни, стихи... Мне хотелось бы рассказать вам о многом – например о том, что люди, приходя на олимпиаду, вдруг становятся приблизительно одного возраста – школьники начинают ощущать себя серьезными, понимать, как важны их знания; наставники и преподаватели – отрываются от привычной рутины и

окунаются в вечно молодой олимпиадный мир, снова вспоминают вопросы не только из их профессиональной деятельности, но и из других отраслей биологии. Из ниоткуда появляются гитары, слова привычных песен скрещиваются по законам Менделя с терминами из учебников, и получившиеся гибриды передаются олимпиадниками и их руководителями из поколения в поколение. Я хочу вспомнить для вас, что представляла собой олимпиада пять-шесть лет назад, и что изменилось в ней к настоящему времени. Я хочу показать вам олимпиаду не только в сухих цифрах (вот такое количество школьников участвовало, столько-то дипломов увезено в такую-то область), но в живых воспоминаниях и рассуждениях, показать олимпиаду снаружи и изнутри.

Занимательные задачи

Кстати, об олимпиаде изнутри! Кроме рассказов об олимпиадных буднях и праздниках, в каждом номере журнала я предлагаю вам порешать вместе со мной разные занимательные биологические задания.

Дело о черепаховом окрасе

Олимпиадники, как и многие люди, любят кошек. Но, в отличие от большинства людей, олимпиадники ещё и любят и знают генетику! А окрасы кошек – очень интересная и занимательная область для генетики. Законы наследования цвета шерсти кошек несложны и наглядны. В тексте статьи были упомянуты трёхцветные кошки, давайте решим задачку про них, но не думайте, что это обычная школьная генетическая задача!

Кошки, которые в русском и английском языке получили название «черепаховых», знакомы каждому из нас своим чёрно-рыжим окрасом. Часто к чёрным и красным (именно «красной» на языке фелинологов-кошководов называется рыжая расцветка) пятнам примешивается бе-

лый, такая трёхцветная кошка зовётся уже черепаховой с белым и, согласно древнему поверью, приносит счастье. Но биологам кошки-«черепашки» интересны не этим! Оказывается, что если целиком чёрную или полностью рыжую шубку носит животное любого пола, то сочетанием чёрного и красного может похвастаться только мурка женского пола. Почему???

Как известно, все внешние признаки кошки (как и любого живого существа) определяет набор его генов – *генотип*. Гены расположены в хромосомах, которых у кошки 38 штук, точнее, 19 пар. Большая часть этих хромосом – 18 пар – называется аутосомами, и только одна пара носит название половых хромосом. Именно наличие тех или иных половых хромосом отвечает за пол живого существа. У кошки пол определяется точно так же, как у человека: если клетки животного несут в качестве половых две одинаковые хромосомы X, на эту кошку можете смело надевать розовый бантик – она жен-



ского пола. Если же в пару к хромосоме X попадает непохожая на неё хромосома Y , то владелец таких половых хромосом тревожит наш покой мартовскими вечерами – получился кот. Хромосомы X и Y негомологичны, это означает, что на них запросто могут быть разные гены, и ген, имеющийся на хромосоме X , не найдёт себе пары на маленькой хромосоме Y .



Вся интрига черепахового цвета в том, что в отличие от других окрасов, его гены расположены именно на половых хромосомах. Как в компьютерной программе, перед окрасом кошки стоит вопрос – быть красным или чёрным, и ответ на этот вопрос машина синтеза пигментов находит, «заглянув» в хромосому X . Эта хромосома несёт на себе ген O , от английского слова «orange» – рыжий, оранжевый. Наверное, вы знаете, что гены бывают по отношению друг к другу доминантными и рецессивными, при этом доминантный ген «подавляет» рецессивный, когда они встречаются вместе. В нашем случае ген O , кодирующий рыжий цвет меха кошки, хоть и обозначается большой буквой, не подавляет действия гена o , который определяет чёрный окрас. Подобная ситуация в генетике называется *кодминированием*. Итак, кажется, всё просто: O – рыжий окрас, o – чёрный окрас, если встреча-

ются два разных варианта гена, то есть O и o – кошка носит шубку, испещрённую чёрными и рыжими пятнами одновременно. Но самое интересное, что два этих гена не могут находиться на одной и той же хромосоме. У кошки-самки две хромосомы X , каждая из которых несёт по гену O . Из этого следует, что кошка женского пола может иметь такие варианты генотипа (набора генов) и соответствующего ему фенотипа (набора признаков):

OO – рыжий окрас,

oo – чёрный окрас,

Oo – «черепаховый окрас», сочетание чёрного и рыжего.

Мы с вами доказали очевидное – что кошка может носить чёрно-рыжую шубку. Теперь давайте-ка объясним, почему кот не может быть черепаховым!

У кота, как у любого другого самца млекопитающего животного, половые хромосомы разные – X и Y , при этом «мужская» половая хромосома Y непохожа на хромосому X и несёт другие гены. На хромосоме Y вообще нет локуса (места) для гена O ! Любой уважающий себя кот несёт в себе одну X -хромосому и вместе с ней всего один ген *Orange* (неважно, в каком варианте – O или o). Поэтому коты бывают чёрные (они несут ген o) или рыжие (обладатели гена O), но не чёрно-рыжие. Чтобы нести два цвета – чёрный и рыжий, нужно иметь две хромосомы X , а нормальный кот имеет всего одну такую хромосому.

Как видите, всё оказалось несложно! Сразу вопрос по той же теме к вам, дорогие читатели. Известно, что редко, менее, чем в проценте случаев рождения котят, всё же появляются на свет двух- или трёхцветные коты, несущие на своей шерсти пятна и рыжего, и чёрного цветов. Почему это случается, как вы думаете?

В следующем номере я расскажу об этой шутке природы, так что думайте над задачей и ждите правильного ответа!



Соловьёв Владимир Игоревич

Выпускник факультета естественных наук Новосибирского государственного университета (НГУ), преподаватель СУНЦ НГУ, руководитель объединения дополнительного образования «Планета Изумрудный город». В разные годы принимал участие в работе жюри, оргкомитета и в методической комиссии Всесибирской олимпиады по биологии.

Всесибирская олимпиада по биологии

(что ждать от неё и что она ждёт от вас)

В статье дан общий обзор Всесибирской олимпиады и приведены некоторые увлекательные задачи, из которых видно, что задачи по биологии требуют интеграции знаний биологии, физики, математики, химии.

Из истории Всесибирской олимпиады

История Всесибирской олимпиады насчитывает почти пятьдесят лет. Она была основана ещё в 1962 году. Академик М.А. Лаврентьев организовал первую Всесибирскую олимпиаду для привлечения талантливых школьников Сибири и Дальнего Востока в созданную им Физико-математическую школу при

НГУ. И вот уже многие годы эта олимпиада собирает способных одарённых детей, лучшие из которых после обучения в Специализированном учебно-научном центре (СУНЦ) НГУ поступают в Новосибирский государственный университет и другие ведущие вузы Новосибирска.

Всесибирская олимпиада на современном этапе

Всесибирская олимпиада школьников проводится по предметам естественно-научного и гуманитарного циклов. В рамках Всесибирской олимпиады существует и олимпиада по научному творчеству – школьная секция Международной научной студенческой конференции, которую организует НГУ. Олимпиада проходит весь учебный год в не-

сколько туров. В олимпиаде есть и очные, и заочные этапы, что особенно важно для тех, кто живёт не в Новосибирске. Очные (первый и третий) туры проводятся на базе НГУ, для них необходима регистрация на сайте олимпиады. Первый тур олимпиады проходит в октябре. На этом этапе предлагается за 3 часа письменно ответить на ряд заданий



в виде тестов и задач. Второй тур является заочным, проходит в декабре–январе. Задания этого тура размещаются на сайте олимпиады (<http://www.vsesibolymp.narod.ru/>), ответы участники могут присылать по почте. Первые два тура олимпиады носят открытый характер, то есть на каждом туре могут принимать участие любые желающие вне зависимости от участия и результатов выступлений в предыдущих турах. Для заключительного тура организаторы приглашают участников предыдущих

туров. Заключительный тур олимпиады проходит на базе НГУ, а также на выездных площадках, которые организуются сотрудниками СУНЦ НГУ и НГУ в городах Сибири. В 2010 году таких выездных площадок для олимпиады по биологии было четыре: Бийск, Барнаул, Железногорск и Омск. На выездных площадках организуется проведение и сбор олимпиадных работ; проверка работ осуществляется в Новосибирске. Третий, заключительный тур проводится в марте.

Статус олимпиады

Организаторы олимпиады – СУНЦ НГУ, НГУ, Сибирское отделение РАН и администрация Новосибирской области.



По решению Российского совета олимпиад школьников Всесибирская открытая олимпиада включена в Перечень олимпиад школьников на 2010/2011 год по математике (2 уровень), физике (2 уровень), химии (3 уровень), биологии (3 уровень) и информатике (2 уровень).

Диплом победителя или призера на заключительном этапе Всесибирской олимпиады даёт право выпускникам школ иметь ряд льгот при поступлении в вузы:

- быть приравненными к лицам, набравшим максимальное количество баллов по ЕГЭ по соответствующему предмету;
- быть приравненными к лицам, успешно прошедшим дополнительные вступительные испытания;
- быть зачисленными в образовательное учреждение без вступительных испытаний.

Победителями олимпиады считаются участники, получившие дипломы первой степени. Призёрами олимпиады считаются участники, получившие дипломы второй и третьей степеней. Количество победителей олимпиады может достигать 10 процентов от общего количества участников заключительного этапа олимпиады, а суммарное количество победителей и призёров олимпиады может достигать 45 процентов.

Победители и призёры всех этапов Всесибирской открытой олимпиады школьников – ученики 9 и 10 классов – приглашаются в Летнюю физико-математическую и химико-биологическую школы, проводимые Сибирским отделением РАН и Новосибирским государственным университетом.



Задания Всесибирской олимпиады по биологии

Особенностью Всесибирской олимпиады по биологии является то, что наряду с тестовыми заданиями, аналогичными заданиями Всероссийской олимпиады школьников по биологии, в ней представлены творческие задачи, требующие от участников не только знания биологии и химии, но и математики и физики. Это обусловлено тем, что НГУ и СУНЦ НГУ реализуют в своих образовательных программах идею широкого физико-математического образования для биологов и химиков, нацеливая будущих учёных на поиск новых идей на стыках наук и нестандартное отношение к исследуемым проблемам. Для иллюстрации приведём несколько примеров творческих заданий Всесибирской олимпиады с кратким разбором решений.

Задача 1. У человека известен синдром *Картагенера*, который характеризуется предрасположенностью к бронхолегочным заболеваниям и синуситам, бесплодием, а также ровно в половине случаев (статистически достоверно) зеркальным относительно обычного расположением внутренних органов (т. е. сердце справа, печень слева и т. д.). Известно, что заболевание вызывается мутацией гена, ответственного за синтез динеина – одного из компонентов ресничек или жгутиков.

1) Объясните причины симптомов данной болезни.

2) Почему зеркальное расположение органов наблюдается ровно в половине случаев?

(Подсказка. До некоторого периода развития эмбрион полностью симметричный. Поворот органов происходит на 10 неделе внутриут-

робной жизни и обусловлен движением ресничек.)

3) Почему, несмотря на наблюдаемое бесплодие при этом синдроме, всё равно рождаются дети с синдромом *Картагенера*? Предположите характер наследования этого синдрома. (Всесибирская олимпиада по биологии. 2009–10. 1 этап. 10–11 кл.)

Решение. 1) Из условия явно следует, что синдром вызван мутацией гена динеина – компонента ресничек и жгутиков. Легко предположить, что симптомы данного синдрома связаны именно с неработоспособностью ресничек и жгутиков. С этой точки зрения легко объясняется предрасположенность к бронхолегочным заболеваниям и бесплодие. Дыхательные пути выстилает многорядный мерцательный эпителий. Его реснички колеблются и создают ток слизи, выносящий из организма пыль, попавшую в дыхательные пути. А у больных синдромом *Картагенера* этого не происходит, пыль с бактериями накапливается в лёгочных путях и никак не выводится, что повышает вероятность развития бронхолегочных заболеваний. Мужское бесплодие у больных этим синдромом связано с неработоспособностью жгутика у сперматозоидов. Женское бесплодие объясняется тем, что мерцательный эпителий маточных труб не может переместить яйцеклетку из брюшной полости в матку.

2) Поскольку зеркальное положение органов наблюдается ровно у половины носителей синдрома, можно предположить, что при отсутствии работы ресничек процесс размещения органов идёт случайным образом. Это связано с тем, что у 10-недельного эмбриона интенсивно



растут органы пищеварительной системы, в определённый момент их длина превышает размер эмбриона, и пищеварительная система вынуждена изгибаться, нарушая симметрию; выбор того в какую сторону пищеварительная система начнёт изгибаться, абсолютно случаен и имеет равную вероятность.

3) Поскольку люди, обладающие синдромом Картагенера, бесплодны, они не могут передавать мутантный ген динеина популяции. В то же время у здоровых внешне людей рождаются дети с синдромом Картагенера. Это наводит на мысль о том, что здоровые родители больного синдромом Картагенера являются носителями мутантного гена. Поскольку родители здоровы, у них есть и нормальный ген динеина, а значит, они являются гетерозиготами. Из этих рассуждений следует вывод о том, что синдром Картагенера наследуется аутосомно-рецессивно. Можно вспомнить и о том, что природные популяции живых организмов насыщены рецессивными мутациями, среди которых немало и вредных (т. н. генетический груз популяции).

А вот пример простой расчётной задачи, которая проверяет скорее не знание биологии, а владение элементарной математикой и азами решения химических задач.

Задача 2. Сколько грамм глюкозы должно окислиться в мышцах в условиях недостатка кислорода (анаэробное клеточное дыхание), чтобы обеспечить бег спринтера в течение 10 с, если вес спортсмена 70 кг, а мышцы составляют 40% от его веса? Расход АТФ в период усиленной мышечной активности 300 мкмоль/мин·г (мышечной ткани). Молярная масса глюкозы $M(C_6H_{12}O_6) = 180$ г/моль. (Всесибирская олимпиада по биологии. 2009-10. 4 этап. 11 кл.)

Решение. Из приведённых данных посчитаем количество АТФ, необходимое спортсмену для бега в течение 10 с. Для этого сначала найдём массу мышц: $M = 70 \text{ кг} \cdot 40 \% = 28 \text{ кг}$. Значит, расход АТФ за 10 с составит $\nu = 300 \text{ мкмоль/мин} \cdot \text{г} \times 1/6 \text{ мин} \cdot 28\,000 \text{ г} = 1,4 \text{ моль}$. При анаэробном окислении глюкозы из 1 моля глюкозы получается 2 моля АТФ, следовательно, спринтеру потребуется 0,7 моль глюкозы. Используя молярную массу глюкозы, получаем ответ: 126 г.



В тоже время встречаются задачи, «маскирующиеся» под расчётные.

Задача 3. Робин Гуд в 15 лет пробил стрелой молодой дубок, когда ствол был ещё гибок. Он нашел свою стрелу в 30 лет на высоте 3 метра. На какой высоте стрела пробила дерево, если в год дуб подрастал на 15 см? (Всесибирская олимпиада по биологии. 2008-09. 3 этап. 10 кл.)

Решение. Сначала приведём ответ: Робин Гуд обнаружит свою стрелу на высоте 3 метра. Рост у двудольных, к которым относится дуб, обеспечивается апикальными меристемами (верхушечными образовательными тканями), высота расположения стрелы не менялась в течение этих лет.



Очень часто во Всесибирской олимпиаде встречаются задачи на рассуждение о физике биологических явлений. Приведём несколько примеров, некоторые без разбора, иллюстрирующих эту особенность Всесибирской олимпиады по биологии.

Задача 4. Если выставить коконовый орех на солнце и присоединить к нему электроды, то он превращается в батарею, способную снабжать электричеством транзисторный приёмник в течение месяца. Предложите возможный механизм явления. (Подсказка: бактерии.) (Всесибирская олимпиада по биологии. 2008-09. 4 этап. 11 кл.)

Задача 5. Чем ограничен рост деревьев в высоту? (Всесибирская олимпиада по биологии. 2009-10. 4 этап. 11 кл.)

Решение. Приведём разбор автора задания (см. <http://vsesib-olymp.narod.ru/2009-2010/4/491011bio200910.pdf>).

«Могут быть разные разумные предположения.

- Объём клеток, на поддержание жизнедеятельности которых требуются затраты энергии, растёт быстрее, чем площадь фотосинтезирующих поверхностей, обеспечивающих получение энергии;

- трудность доставки воды и минеральных веществ наверх;

- значительно увеличивается давление на клетки в нижней части растения;

- чтобы обеспечить устойчивость, должен расти и диаметр растения;

- растение занимает определённую площадь, и по мере роста ресурсы минеральных веществ в пределах этой площади исчерпываются;

- необходима крайне развитая вглубь и вширь корневая система;

- на определённой высоте меняется состав атмосферы и т. д.»

Обратите внимание на количество физических факторов, которые упоминает автор задачи. Это задача лишний раз демонстрирует связь биологии в задании Всесибирской олимпиады с физикой, математикой, а в других случаях и с химией.

Как видно, для Всесибирской олимпиады характерны задачи, требующие комплексного подхода в их решении, использования знаний из разных областей биологии и других наук. И это касается не только биологии, но и других предметов. Здесь вы увидели лишь часть Всесибирской олимпиады по биологии. Олимпиада развивается как живой организм. Меняется время, приходят новые люди, усложняются задания, иным становится её статус, но неизменным остаётся лишь одно: стремление организаторов привлечь как можно больше участников интересными, оригинальными задачами и выявить способных, оригинально мыслящих детей.



VII Международная естественно-научная олимпиада юниоров (Нигерия, Абуджа, 2–11 декабря 2010)

Перед вами репортаж с Международной олимпиады, которая проводилась со 2 по 11 декабря 2010 года в г. Абуджа, Нигерия. Эта олимпиада отличается от «предметных» тем, что соревнования проходят по физике, химии и биологии, состоят из тестового, экспериментального и теоретического туров. Мы вам предлагаем вопросы тестового тура для проверки своих знаний. Ответы вы найдёте на последней странице обложки.

Впервые Международная интеллектуальная олимпиада проводилась на Африканском континенте, да ещё в такой стране, где обстановку трудно назвать благополучной. Конечно, число стран-участниц в связи с этим несколько сократилось. Не рискнули приехать команды из Германии, Англии, Сингапура. Если в 2009 году в Азербайджане было 49 стран-участниц, то в 2010 году их только 30. Число медалей тоже пропорционально уменьшилось.



«Потёмкинская» деревня для туристов

О самых важных медалях

Нашу команду, как и школьников из Тайваня, Южной Кореи и ещё нескольких стран-лидеров, традиционно интересуют золотые медали в индивидуальном зачёте, которых было на этот раз всего 18. Особое отношение к любым медалям экспериментального тура (их

всего 3 комплекта, и это редкий случай, когда получить даже бронзу – большая удача). Хочется отметить, что наши ребята практически всегда получают медаль за эксперимент и являются признанными фаворитами в этой части соревнований. Здесь есть, конечно,

элемент везения относительно оборудования, которое не всегда позволяет сделать всё аккуратно и точно. С оборудованием нам очень не повезло. Его замена отняла много времени. Но наши ребята умеют побеждать даже в таких условиях! Итак, счастливые обладатели медалей за экспериментальный тур: Индия (золото), Россия (серебро), Бразилия и Индонезия (бронза).

В индивидуальном зачёте ни одна команда не получила полный комплект (6) золотых медалей. Страна-победительница (определяется по сумме баллов всех участников) Тайвань – 4 золота и 2 серебра. По 3 золотых и 3 серебряных награды получили Россия, Индия, Южная Корея. По одной золотой медали – команды Индонезии, Таиланда, Бразилии, Казахстана и Голландии.

Страны, получившие по шесть медалей, в том числе и золотые

№	Страна	Медаль в общем зачёте			Медаль в эксперименте	Место команды
		Золотая	Серебряная	Бронзовая		
1	Тайвань	4	2			1
2	Индия	3	3		золотая	2 – 4
3	Россия	3	3		серебряная	2 – 4
4	Южная Корея	3	3			2 – 4
5	Таиланд	1	5			5
6	Индонезия	1	4	1	бронзовая	6
7	Бразилия	1	2	3	бронзовая	7

О системе отбора и подготовки команды

Отбор кандидатов в сборную юниоров (24 школьника) проводится в апреле на основании тестирования участников заключительных этапов Всероссийских олимпиад по физике и химии. Здесь есть строгое ограничение по возрасту: не старше 15 лет. В июне на базе Московского физико-технического института проходят первые (летние) сборы. В течение двух недель с утра до позднего вечера ребята занимаются физикой, химией и биологией. Параллельно проводятся отборочные туры: тестовые, теоретические, экспериментальные. Конкуренция жёсткая – остаётся 12 кандидатов, показавших лучшие результаты. Ребята получают задания и готовятся к следующим сборам либо самостоятельно, либо в летней школе (г. Киров). В октябре снова сборы на Физтехе: лекции, эксперимент, отборочные туры и непро-

стое решение тренерского совета: остаться должно только 6 человек – будущая сборная. В конце ноября последние сборы и отъезд на олимпиаду.

С ребятами занимаются преподаватели МФТИ, МГОУ, аспиранты, студенты (многие из них победители международных олимпиад прошлых лет). В этом году в их числе был абсолютный лидер прошлой олимпиады (Азербайджан, 2009) Илья Езепов.

Особое внимание на сборах уделяется эксперименту. К сожалению, очень талантливые, теоретически подготовленные ребята зачастую лишены возможности проведения практических работ в своих школах. Микроскопы, бюретки, рефрактометры, рН-метры, мультиметры, вискозиметры и многие другие приборы должны освоить наши юниоры, чтобы в экспериментальном туре провести необходимые измерения быстро и точно.



Победители

Юниоры 2010

В Нигерии лучший результат в нашей команде показала Саша Васильева. У неё второй абсолютный результат этой олимпиады. Впервые в истории IJSO такие баллы набирает девочка!

В эксперименте российской команде досталась очень плохая бюретка, причём пришлось заменять её дважды, а это требует времени, которое и так очень ограничено. Буквально в последние 10 минут Кирилл Петрюков, зажимая пальцем капаю-

щий кран, правильно измерил объём раствора и получил необходимые для медали значения! Молодец!

Кстати, на олимпиаде в Баку у нас случилась очень похожая история и тоже закончилась серебром в эксперименте.

В таблице приведены результаты наших ребят с перечнем побед, указанием их родных школ, которые они прославили своими трудами.

Александра Васильева	Золото в личном зачёте, серебро в эксперименте.	Москва, лицей «Вторая школа».
Кирилл Петрюков	Золото в личном зачёте, серебро в эксперименте.	Санкт-Петербург, гимназия №526.
Никита Сопенко	Серебро в личном зачёте, серебро в эксперименте.	Тамбов, лицей №14.
Ивашковский Иван	Золото в личном зачёте.	Москва, лицей №1581.
Александр Мазов	Серебро в личном зачёте.	Камчатский край, Елизовский район, Паратунская средняя школа.
Георгий Поляков	Серебро в личном зачёте.	Белгород, лицей №38.

Далее приведены условия тестового тура по химии и биологии. При выполнении тестового тура отводится один час на каждый предмет. За каждый правильный ответ – плюс 1

балл, отсутствие ответа – 0 баллов, ошибочно выбранный вариант ответа – минус 0,5 балла. Хотите протестировать свои знания? Тогда можно засекают время...

Тестовый тур Химия

1. Дисперсионные системы могут быть описаны с точки зрения дисперсной фазы и дисперсной среды как:

- a. Жидкость – газ.
- b. Жидкость – жидкость.
- c. Жидкость – твёрдое.
- d. Твёрдое – жидкость.

Примерами систем (a) – (d), указанных выше, являются:

- I. Шампунь.
- II. Желатин.
- III. Туман.
- IV. Краска.

Какие из следующих соответствий являются правильными?

- A. a – I, b – II, c – III, d – IV.
- B. a – II, b – I, c – IV, d – III.
- C. a – IV, b – III, c – II, d – I.
- D. a – III, b – I, c – II, d – IV.

2. Образец металлического цинка, содержащий хлорид цинка в качестве примеси, прореагировал с избытком разбавленной соляной кислоты при 27 °С и был собран при давлении 760 мм рт. ст, при этом получилось 780,0 см³ водорода. При 27 °С давление водяного пара составляет 14 мм рт. ст. Каков объём H₂ при нормальных условиях? (Молярный объём газа при н. у. = 22,4 дм³).

- A. 746 см³.
- B. 697 см³.
- C. 750 см³.
- D. 300 см³.

3. Вещество, содержащее 53,10% углерода, 15,95% водорода и азот,

имеет молярную массу 90 г/моль. (Молярные массы равны: С – 12 г/моль, Н – 1 г/моль, N – 14 г/моль.) Молекулярная формула вещества:

- A. C₄H₁₄N₂.
- B. C₂H₇N.
- C. C₃H₁₂N₂.
- D. C₂H₁₄N₂.

Используйте рис. 1, чтобы ответить на вопрос 4.

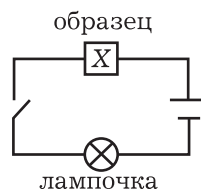
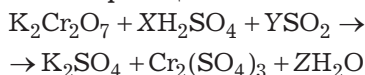


Рис. 1. Электрическая цепь

4. Если выключатель замкнуть, лампочка загорится, когда:

- A. X – срез апельсина.
- B. X – часть высушенного плода авокадо.
- C. X – дистиллированная вода.
- D. X – мензурка с 95% раствором этилового спирта.

5. Для окислительно-восстановительной реакции



коэффициенты X, Y и Z равны:

- A. 1, 3, 1.
- B. 4, 1, 4.
- C. 3, 2, 3.
- D. 2, 1, 2.

6. Биохимики обнаружили более 400 мутантных разновидностей ге-



моглобина. Гемоглобин – белок крови, который переносит кислород по телу. Врач изучает разновидность этого белка, вызывающую тяжёлое заболевание сердца. Для начала ему надо найти молярную массу (M). Он растворил 21,5 мг белка в воде при $5,0\text{ }^\circ\text{C}$, приготовил $1,50\text{ см}^3$ раствора и измерил осмотическое давление, которое составило $0,00475\text{ атм}$. Какова молярная масса этой разновидности гемоглобина?

$$(R = 0,0821\text{ л}\cdot\text{атм}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1},$$

осмотическое давление $\pi = CRT$.)

- A. $6,89\cdot 10^4\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$.
- B. $7,89\cdot 10^4\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$.
- C. $8,88\cdot 10^4\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$.
- D. $6,47\cdot 10^4\text{ г}\cdot\text{моль}^{-1}$.

7. В таблице даны интервалы pH для некоторых индикаторов:

Индикатор	Интервал pH
Метил фиолетовый	0,3–1,8
Метилоранж	2,8–3,8
Конго красный	2,8–4,8
Метилловый красный	3,8–6,1
Бромтимоловый синий	6,0–7,9
Феноловый красный	6,8–8,6

Учитывая, что $K_{\text{дис}}$ для H_3BO_3 составляет $7,3\cdot 10^{-10}$, выберите индикатор, который можно использовать для титрования $0,1\text{М}$ KH_2BO_3 с помощью $0,10\text{М}$ HCl .

- A. Метилоранж.
- B. Конго красный.
- C. Метилловый красный.
- D. Феноловый красный.

8. Газ X под давлением 1 атм пропускают через раствор, содер-

жащий смесь 1М Y^- и 1М Z^- при $25\text{ }^\circ\text{C}$. Если порядок в электрохимическом ряду соответствует соотношению $Z^- > Y^- > X$, тогда

- A. Y^- окислит X , но не Z^- .
- B. Y^- окислит Z^- , а не X .
- C. Y^- окислит и X , и Z^- .
- D. Y^- восстановит и X , и Z^- .

9. Воздух, входящий в лёгкие, попадает в крошечные мешочки, называемые альвеолами, в которых кислород всасывается в кровь. Средний радиус альвеол составляет $0,0050\text{ см}$. Воздух внутри альвеол содержит 14 мольных процентов кислорода. Предполагая, что давление в альвеолах $1,0\text{ атм}$, а температура $37\text{ }^\circ\text{C}$, вычислите число молекул кислорода в одной альвеоле.

$$(R = 0,08206\text{ л}\cdot\text{атм}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}).$$

- A. $1,7\cdot 10^{11}$ молекул кислорода.
- B. $1,7\cdot 10^{13}$ молекул кислорода.
- C. $1,7\cdot 10^{12}$ молекул кислорода.
- D. $1,7\cdot 10^{10}$ молекул кислорода.

10. В процессе метаболизма пища расщепляется, обеспечивая организм энергией для роста и жизнедеятельности. Основная реакция этого сложного процесса – реакция окисления глюкозы ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) до CO_2 и H_2O . Этот метаболический процесс включает много стадий. Его энтальпия (ΔH) называется энтальпией сгорания. Название дано потому, что то же самое количество теплоты выделяется при сжигании 1 моля глюкозы на воздухе. Какое из следующих уравнений может использоваться для правильного вычисления стандартной энтальпии этого метаболического процесса?

$$A. \Delta H^\circ = [\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] -$$

$$- [\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + \Delta_f H^\circ(\text{O}_2)].$$

В.

$$\Delta H^\circ = [3\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 3\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] -$$

$$- [\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + 3\Delta_f H^\circ(\text{O}_2)].$$

С.

$$\Delta H^\circ = [3\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 6\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] -$$

$$- [\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + 3\Delta_f H^\circ(\text{O}_2)].$$

D.

$$\Delta H^\circ = [6\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 6\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})] -$$

$$- [\Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) + 6\Delta_f H^\circ(\text{O}_2)].$$

Биология

Информация для вопросов 1 и 2. В возрасте 17 лет мистер Джимо Белло получил глубокий порез левой ноги, который привёл к продолжительному кровотечению без образования тромба. При нормальных условиях, если ткань повреждена, кровотечение продолжается до тех пор, пока кровь не свернётся, образовав тромб. Тромб препятствует дальнейшей потере крови и проникновению патогенных микроорганизмов. Процесс образования тромба зависит от факторов свёртывания крови, которые работают согласованно друг с другом. Исследования показали, что кровь Джимо не свёртывается. Нарушения свёртывания наблюдаются только у мужчин и вызываются рецессивной наследственной мутацией, связанной с X-хромосомой. Мать отца Джимо не была носителем этой рецессивной мутации. Используя эту информацию, ответьте на вопросы 1 и 2.

1. Из сказанного выше понятно, что:

I. У матери мистера Джимо кровь точно свёртывалась.

II. Мать Джимо была носителем гена предрасположенности к продолжительным кровотечениям.

III. У отца мистера Джимо был ген предрасположенности к продолжительным кровотечениям.

Какое (какие) из утверждений верны?

A. Только I.

B. II и III.

C. Только III.

D. I и II.

2. Если Джимо женится на нормальной женщине, которая не является носителем ненормального аллеля, какова вероятность, что в семье родится сын, страдающий продолжительными кровотечениями?

A. 3/4.

B. 1/2.

C. 1/4.

D. 0.



Обсуждение задач по биологии

3. Не составляет труда оценить количество воздуха, в норме присутствующего в системе органов дыхания, и интенсивность вентиляции легких. Максимальное количество воздуха, которое может быть выдохнуто после глубокого вдоха, называется жизненной ёмкостью лёгких. Количество воздуха, вдыхаемое и выдыхаемое при спокойном дыхании, называется нормальным объёмом дыхания. Остаточный объём — это то количество воздуха, которое остаётся в лёгких после глубокого



выдоха, предохраняя альвеолы от слипания. Резервный объём выдоха – это то количество воздуха, которое можно с усилием выдохнуть после спокойного вдоха.

Общий объём легких будет равен:

А. Нормальный объём плюс резервный объём выдоха.

В. Жизненная ёмкость плюс резервный объём выдоха.

С. Жизненная ёмкость плюс остаточный объём.

Д. Остаточный объём плюс резервный объём выдоха.

4. Какое утверждение в отношении людей, живущих в горах, по сравнению с людьми, живущими на уровне моря, истинно?



Лидеры олимпиадного движения
Индонезии и Тайваня

А. У людей, живущих в горах, больше жизненная ёмкость лёгких и увеличен размер грудной полости.

В. У людей, живущих в горах, меньше жизненная ёмкость лёгких и уменьшен объём грудной полости.

С. Жители гор вдыхают меньший объём воздуха, чем люди, живущие на уровне моря.

Д. У жителей гор концентрация красных кровяных телец ниже, чем у людей, живущих на уровне моря.

5. Животные пустыни используют для удержания воды различные адаптивные механизмы. Почки регулируют концентрацию солей и воды в крови, синтезируя и выделяя мочевину. Эти органы

состоят приблизительно из миллиона элементарных структур, называемых нефронами. Почки животных пустыни имеют модифицированные нефроны, которые помогают им переживать долгие периоды без воды. Какое из приведённых утверждений лучше всего описывает эти модификации?

А. Короткая собирательная трубка.

В. Очень длинная петля Генле.

С. Очень короткий дистальный каналец.

Д. Большая капсула Боумена.

Используйте приведённую ниже диаграмму (рис. 2) для ответа на вопросы 6 и 7.

Количество ДНК, присутствующее в клетке на разных стадиях её деления, представлено на рис. 2.

6. Какой вид деления клеток представлен на рис. 2?

А. Митоз.

В. Мейоз.

С. Цитокинез.

Д. Ни один из перечисленных.

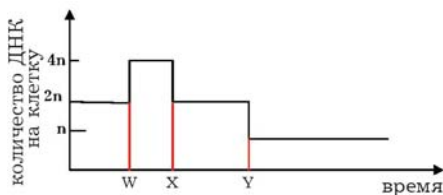


Рис. 2. Изменения количества ДНК в клетке

7. Какие стадии деления отмечены линиями W, X, Y?

А. Интерфаза, телофаза 1, телофаза 2.

В. Интерфаза, профаза, телофаза 2.

С. Профаза, интерфаза, телофаза 1.

Д. Интерфаза, анафаза, телофаза 1.

8. Знание возрастной структуры популяции важно для понимания динамики численности, поскольку способность к размножению зависит от возраста, в том числе и у людей. Удобным спосо-

бом отображения возрастной структуры популяции являются возрастные диаграммы, или возрастные пирамиды, подобные при-

ведённым ниже. Какая из пирамид на рис. 3 с некоторой долей приближения соответствует статичной популяции?

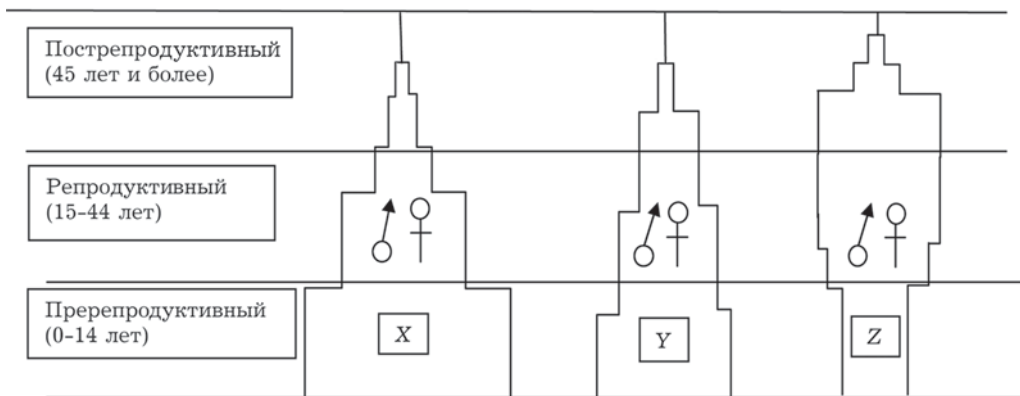


Рис. 3. Возрастные пирамиды

- A. X.
- B. Y.
- C. Z.
- D. Ни одна из приведённых.

9. Животным, обитающим в воде, необходимо иметь приспособления для получения кислорода, используемого при дыхании. Рыбы, например, извлекают кислород, растворённый в воде, с помощью жабр. Какой (какие) из приведённых источников кислорода используется (используются) насекомыми, живущими в воде?

- i. Атмосфера.
- ii. Кислород, растворённый в воде.
- iii. Содержащие воздух полости подводных растений.

- A. iii;
- B. i, ii;
- C. i, ii, iii;
- D. ii, iii.

10. Для роста зародыша растения необходимы определённые условия среды, такие как доступность воды, оптимальные темпера-

тура и содержание кислорода. Иногда для прорастания семени также необходим свет. Семена, которые требуют света для прорастания, обычно относительно малы. Какое из следующих утверждений лучше всего объясняет значение малого размера?

A. Маленькие семена обычно требуют освещения перед тем, как начнётся прорастание.

B. Маленьким семенам обычно требуется свет для инактивации ингибиторов роста в их коже перед прорастанием.

C. Маленькие семена имеют относительно малый запас питательных веществ. Поэтому для проростка важно как можно раньше оказаться на свету, чтобы быстрее начать фотосинтезировать, пока ресурсы питательных веществ не иссякли.

D. Маленьким семенам обычно требуется свет, чтобы найти подходящее место для прорастания.



Профильное образование



Сергеева Марина Глебовна

Доктор химических наук, зав. кафедрой биологии СУНЦ МГУ им. М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник Института физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского МГУ им. М.В. Ломоносова. Главный редактор журнала.

Морозова Наталья Игоревна

Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, старший преподаватель СУНЦ МГУ, с 1989 г. участвует в работе московских городских олимпиад по химии.



Учиться в МГУ с 10 класса

Перед вами рассказ о химико-биологическом отделении уникальной в нашей стране школы-интерната. Учатся в ней дети из всех уголков России. Поступить может любой школьник по результатам экзаменов. Школа является специальным факультетом Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

СУНЦ (Специализированный учебно-научный центр МГУ) – это школа-интернат, основанная в 1963 году выдающимся математиком, академиком А.Н. Колмогоровым. Как физико-математическая школа (интернат №18, или школа Колмогорова) она вошла в золотую летопись среднего образования СССР и воспитала многих учёных и государственных деятелей. «Усилия в прошлом дают плоды в настоящем»: выпускники школы, добившиеся успехов в бизнесе, выделяют средства для материальной поддержки учащихся. Это очень важно, поскольку в школе учатся дети из семей с разным уровнем достатка. Финансовая поддержка позволяет отбирать учащихся только по результатам экзаменов.

Некоторые наши выпускники возвращаются работать преподава-

телями. Так что нам есть чем гордиться. Подлинная слава школы именно в её выпускниках, в их отношении к родной «альма-матер».



В 1991 году школа была преобразована в СУНЦ, получила статус факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и формально появилось химико-биологическое отделение. Химический класс, однако, был открыт двумя годами ранее, в 1989 году, при курировании химическим факультетом МГУ, а биологический класс появился в 2003 году при ку-

ровании факультетом биоинженерии и биоинформатики.

Что изучают школьники на химико-биологическом отделении? Казалось бы, химию и биологию? Не всё так просто. Программы в химическом и биологическом классах существенно различаются. Это связано со спецификой их направленности. Профиль химкласса – физико-химический, биологии в расписании – всего ничего, необходимый минимум, зато химии – 8 основных часов в неделю (лекции, семинары, практикум на химическом факультете МГУ) плюс дополнительные часы (по желанию). А вот в биологическом классе глубоко изучают и химию, и биологию. Правда, львиной долей химического практикума приходится жертвовать для этого класса в пользу биопрактикума. Но и биология здесь непростая. Биоинженерный профиль не позволяет ограничиться привычными в средней школе дисциплинами: ботаникой, зоологией, анатомией, общей биологией. Ведётся преподавание специальных предметов (например, молекулярная биология) на высоком научном уровне.

Кроме того, ни один естественнонаучный профиль не может обойтись без сильной физико-математической компоненты. В этом помогают традиционная физико-математическая направленность СУНЦ, сформированная ещё до появления химико-биологического отделения концепция обучения и замечательный коллектив преподавателей.

Поступить в СУНЦ может любой школьник страны, если он пройдёт вступительные экзамены. В школе обучают по одногодичной программе два физико-математических класса, которые проходят испытания по физике и математике в 10 классе и учатся в интернате только в 11 классе. Девятиклассников набирают

в три физико-математических и один «информатический» класс (экзамены по математике и физике, учиться два года). На химико-биологическом отделении существует только двухгодичная программа. Вступительные экзамены – по химии и математике в химический класс; химии, математике и биологии – в биологический. Олимпиадам, т. е. тем, кто побеждает в предметных олимпиадах разного уровня, предоставляются различные льготы (можно поступить без экзаменов, но об этом подробнее читайте на сайте школы www.pms.ru/priem/).

Многие из тех, кто учится в биологическом классе, прошли следующий путь. Узнали из газет или от учителя про заочную олимпиаду факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ (это многопредметная олимпиада, подробности смотри на сайте www.fbb.msu.ru), решили задачи не менее чем трёх предметов из четырёх (математика, химия, физика и биология), оказались в числе призёров и победителей, далее приехали на очный экзамен, который представители СУНЦ проводят на факультете биоинженерии и биоинформатики. Вопросы заочной олимпиады действительно олимпиадные, т. е. надо подумать, покопаться в книгах. На очном экзамене проверяют только школьные знания предмета. Кстати, не обязательно приезжать в Москву, представители СУНЦ выезжают «по городам и весям» страны, и очный экзамен можно сдавать и недалеко от дома. Просто надо следить за расписанием выездов, которые публикуются на сайте СУНЦ.

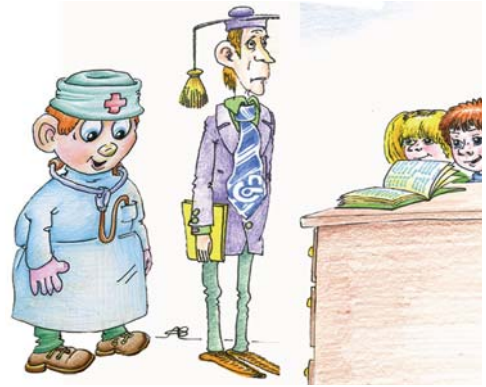
В химический класс редко поступают через олимпиаду факультета биоинженерии и биоинформатики (хотя это не возбраняется). Для первоначального отбора используются заочный тур университетской олимпиады «Покори Воробьевы го-

ры» и интернет-олимпиада университетских школ, проводимая совместно с Академической гимназией СПбГУ и Екатеринбургским СУНЦ. На их основании школьники приглашаются на очный тур.

Участие в заочных олимпиадах полезно, но не обязательно. Если кто-то не преуспел в заочном туре или пропустил его, можно сразу участвовать в очных экзаменах, которые проводятся в марте-апреле.

Итак, вы набрали достаточное количество баллов, чтобы попасть в летнюю школу. Это важный этап. На него приглашаются школьники из расчёта 1,2 – 1,5 человека на место. Это означает, что не учится далее в СУНЦ один из шести приехавших на школу. Кто же это? Некоторые не хотят учиться сами, проведя две недели в общежитии. Если вы дома привыкли жить в отдельной комнате и с полным комфортом обслуживания родителями, то жить в СУНЦ будет тяжело. Кормят по расписанию, живут по 3 – 4 человека в комнате, существует такое понятие как отбой и подъём, утренняя зарядка. За своими вещами надо ухаживать самому, соседи не любят, когда разбрасываются по комнате грязные носки и прочие детали гардероба. Да, это компенсируется свободой от ежедневной опеки со стороны родителей, но свобода – это не вседозволенность, а осознанная необходимость. Вы как бы становитесь взрослее на два года раньше. Учитесь принимать решения самостоятельно, обслуживать свою жизнь самостоятельно. Некоторые решают ещё два года пожить в комфорте детства и возвращаются к родителям. Специально для родителей следует отметить, что организацией жизни учеников школы-интерната ежедневно занимаются более 80 человек, в том числе классные руководители, воспитатели, кураторы,

врачи. Но всё-таки это не родная мама. Да и дисциплина заметно жёстче, чем дома.



Некоторые уходят после последнего вступительного испытания, поскольку не выдерживают темпа обучения. Особенность летней школы в том, что обычно дают новый материал и в том темпе, в котором будут далее учить в 10 классе. Это значительно быстрее, чем в обычных школах. И некоторые не успевают усваивать. Тем более, что система обучения уже как в высшей школе, т. е. идут лекции и семинары, а не уроки. Это означает, что домашнее задание проверяют не на следующем уроке, а могут и через неделю проверить, а могут и не само домашнее задание проверить, а усвоенные знания через контрольную работу. Короче, другая система тоже подходит не всем детям (в возрасте девятиклассников). Некоторые просто не успевают переключиться. Позади экзамены за девятый класс, за окном лето (школа проходит в конце июня – начале июля), а надо учиться математике, физике, химии, биологии. Вот и получается, что летняя школа – это конкурс по отбору мотивированных детей, тех, кто действительно хочет учиться в МГУ им. М.В. Ломоносова.

А почему так интересно учиться в СУНЦ? Спросите наших выпускников, и они назовут тысячу и одну

причину. Во-первых, после всех конкурсов и экзаменов оказывается, что вокруг тебя много умных и интересных одноклассников. СУНЦ – это целый мир из более чем 300 учащихся 10–11 классов. Разнообразна и внеучебная деятельность – танцы, спортивные секции, походы, кружки. Насыщенная культурная жизнь – театры, музеи, выставки, концертные залы. Регулярно проводятся самые разнообразные спортивные соревнования. Во-вторых, много интересных преподавателей, большинство из которых кандидаты и доктора наук. Это даёт неожиданный своеобразный элемент обучения, близкого соприкосновения с наукой. Действительно, важнейшей задачей школы-интерната является раннее развитие научных интересов и вовлечение школьников в исследовательскую деятельность. Поэтому в рамках дополнительного образования организовано много разнообразных спецкурсов, клубов по интересам, семинаров. Полное время дополнительных занятий составляет около 70 часов в неделю, из которых школьник выбирает несколько в соответствии со своими научными интересами. Да и МГУ со всеми его лабораториями, лекциями учёных с мировым именем (своих и приезжих), разве это не магнит для того, кому интересны знания! В-третьих, это реальный шанс учиться в МГУ на выбранном факультете. Ежегодно половина выпускников школы становятся студентами досрочно по результатам олимпиад. Более 80% наших учеников поступают на механико-математический, физический, химический, биологический факультеты, факультеты фундаментальной медицины, биоинженерии и биоинформатики, вычислительной математики и кибернетики, наук о материалах. Но остальные 20% также

поступают в лучшие вузы Москвы и других регионов!

В школе-интернате учатся дети из различных регионов страны, из семей с разным уровнем достатка. Обучение, проживание в школе-интернате и пятиразовое питание оплачивается университетом. Родители только частично возмещают расходы на содержание детей в интернате: охрана, медикаменты, услуги связи, прачечной и др. Как уже упоминалось, за многих учеников вместо родителей платят выпускники школы, добившиеся успехов в бизнесе. Так делают во всём мире. СУНЦ воспитывает будущую интеллектуальную элиту нашей страны, поэтому отбор в эту школу не может определяться материальным достатком, а зависит только от способности учеников и их желания учиться в МГУ.



Каждый старшеклассник, проживающий в Европейской части России, имеет реальные возможности поступить и учиться в СУНЦ МГУ. Отдел приёма ответит на вопросы по телефону (495) 445-11-08, по электронной почте priem@pms.ru или через форум в Интернете forum.pms.ru. Смотри также сайты о достижениях школы: www.VIPschool.ru; дайджест школы: www.kolmogorovschool.ru, о достижениях биологического класса www.dedu.ru/bio.



Дистанционное образование



Чистяков Дмитрий Викторович

Выпускник химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, аспирант центра «Биоинженерия» РАН. Руководитель дистанционного проекта «Школа 5+».



Леготин Евгений Александрович

Победитель Всероссийской олимпиады школьников по химии в 2004 и 2006 годах. Выпускник СУНЦ МГУ. Студент химического факультета МГУ.

Дистанционно-очный проект «Школа 5+»

Более 650 школьников из разных регионов страны бесплатно обучились на курсах «Школа 5+». Этот проект – молодёжная инициатива студентов и аспирантов естественных факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова. В статье рассказывается о курсах и практикумах. Приведены примеры олимпиадных задач с решениями по химии.

История проекта связана с работой летней школы, проведённой СУНЦ МГУ в 2006 году совместно с фондом «Вольное дело». В СУНЦ ежегодно проводят летние школы по набору учащихся для обучения, а также различные предметные школы подготовки к олимпиадам. Это, однако, была особенная школа. Во-первых, приехали «обычные» дети из учебных заведений различных регионов страны, которые курировал фонд. Во-вторых, для работы в летней школе кафедрой биологии СУНЦ МГУ были привлечены студенты и аспиранты факультета биоинженерии и биоинформатики, а также химического факультета, среди которых был и автор данной статьи. Мы проводили разнообраз-

ные занятия с детьми, выступали с лекциями и сами слушали лекции преподавателей, имеющих большой опыт работы с учениками: к. б. н. В.А. Фуралёва, к. б. н. А.С. Саввичева. Нами были разработаны специальные анкеты по оценке эффективности преподавания, опрошены дети по их желаниям и предпочтениям в учёбе. Стало понятно, что многие дети живут в регионах, где не всегда можно найти хорошую школу или хорошего учителя по тому предмету, который их интересует. Сама идея сделать общедоступным элитное образование, которое в очной форме получают учащиеся многих школ г. Москвы или одарённые дети школы-интерната СУНЦ, показалась достойной наших усилий.

Мы прониклись идеей «просвещения масс» и в 2008 году организовали дистанционный проект «Школа 5+». Для его совершенствования на Всероссийском конкурсе юношеских исследовательских работ имени В.И. Вернадского в 2008 и 2009 году проводили анкетирование участников. Хотелось бы выразить благодарность всем, кто принял участие и подробно ответил на вопросы анкеты. Это помогло нам в разработке и совершенствовании курсов. И конечно, необходимо поблагодарить организаторов Чтений, без чьей поддержки само анкетирование не состоялось бы. В настоящее время «Школа 5+» активно сотрудничает с Общероссийским общественным движением творческих педагогов «Исследователь» (www.oodi.ru).

Говоря иными словами, наш проект – это молодёжная инициатива студентов и аспирантов естественных факультетов МГУ им. М.В. Ломоносова. Цели создания нашей школы: сделать доступным элитное образование для одарённых детей через дистанционное обучение; создать систему вовлечения студентов и аспирантов в организаторскую и преподавательскую деятельность при работе со школьниками, популяризировать естественно-научные знания. Наша задача – способствовать приобретению учениками навыка познания мира с помощью исследования – непереносимое, как мы считаем, качество каждого современного человека.

Для нашего проекта была выбрана дистанционная форма обучения как охватывающая наибольшее количество людей. По той же причине с самого начала было решено, что обучение на наших курсах будет совершенно бесплатным для всех ребят. Обучением «на расстоянии» дело

не заканчивается. Лучших учеников мы приглашаем для участия в очной Международной исследовательской школе.



Практикум по биоинформатике

За время работы проекта с 2008 года участие в нём приняли более 650 школьников из 70 различных городов и посёлков России, начиная с Владивостока и Магадана, заканчивая Ростовом-на-Дону, Москвой и Медвежьегорском. По итогам обучения на дистанционных курсах 12 лучших учеников приняли участие в работе международных исследовательских школ IRS-2008, IRS-2009 и IRS-2010.

Многие наши ученики теперь учатся на различных факультетах МГУ (биологическом химическом, факультете фундаментальной медицины), хотя когда они начинали у нас учиться, обучение в МГУ казалось им такой же утопической идеей, как полёт в космос обычному человеку. Однако непосредственное общение с теми, кто уже учится в МГУ, решение задач и заданий, которые предлагаются на курсах, позволило ученикам понять, что «покорение этой вершины» для них возможно. Ребята поверили в свои силы и победили.

Дистанционные курсы

Наш проект с самого начала развивался в двух направлениях. Первое – это создание качественных дистанционных учебных курсов по естественно-научным направлениям. Были подготовлены курсы по *Основам молекулярной биологии и основам биохимии* для школьников, интересующихся биоинженерией и молекулярной медициной. Автор курса – к. б. н. В.А. Фуралёв, который читает эти два предмета в 10 и 11 классах СУНЦ МГУ. Этот курс знакомит с основными открытиями молекулярной биологии XX и XXI веков, а также рассказывает о современных тенденциях развития этой науки. В курсе рассматриваются основные особенности строения «молекулы наследственности» – ДНК, излагаются механизмы её удвоения – репликации. Особое внимание уделено этапам реализации генетической информации – транскрипции, сплайсингу и трансляции, а также механизмам регуляции этих процессов. В курсе также содержатся некоторые примеры медицинских приложений молекулярно-биологических исследований. Кроме лекций занятия содержат задачи, которые надо еженедельно решать и отсылать на проверку тьюторам – студентам и аспирантам МГУ. Они проверяют задания, советуют, как их улучшить, подсказывают пути к правильному решению. В конце курса – проверочный тест по материалам лекций, который можно выполнить за срок, установленный в программе автором курса. Победители приглашаются для участия в исследовательской школе под патронажем международного движения содействия научно-техническому творчеству молодёжи МИЛСЕТ.

Курс *Современные подходы к проблеме зарождения жизни* был

создан выпускниками биологического и химического классов СУНЦ Сергеем Сосниным и Евгением Леготиным. Нам хотелось заинтересовать тех, кому нравится химия. Показать, что кроме взрывов (привлекательное для школьников приложение знаний по химии) есть и другие, не менее интересные задачи. Среди них – современная проблема зарождения жизни на Земле и установление роли химических процессов в современной жизни планеты. Курс рассчитан на школьников 9–10 классов.



Анализ воды

Курс *Эволюция планеты Земля* был создан аспирантом биологического факультета и преподавателем СУНЦ МГУ Эдуардом Галояном. Этот материал для тех, кто интересуется биологией и современными взглядами на эволюцию жизни. Курс интегрирован с задачами освоения базовых компьютерных программ и предназначен для школьников 7–8 классов.

Курс *Нанотехнологии для всех* создан аспирантом кафедры неорганической химии МГУ Михаилом

Мойzych. Пожалуй, сейчас уже трудно найти человека, который не слышал о нанотехнологиях. Что же в них такого выдающегося? Какие достижения «нано-науки» реально используются сейчас, какие будут доступны в недалёком будущем? В курсе рассказывается, почему при переходе к наномасштабу материалы начинают проявлять необычные свойства: описывается сущность квантового-размерного эффекта, принцип работы фотонного кристалла и как на основе наноразмерной трубки из атомов углерода можно сделать транзистор, радиоприёмник или даже электродвигатель – размером в сотню атомов. Рассказывается, каким образом можно «увидеть» такие маленькие объекты, вплоть до отдельных атомов, и как можно ими манипулировать, собирать в весьма сложные структуры. Курс рассчитан на 9–11 классы.

Трудные задачи ЕГЭ. Хотя данный курс имеет в названии столь ненавистное многим слово «ЕГЭ», он включает и разбор решений олимпиадных задач. Написан он в помощь будущим студентам химических, биологических и медицинских специальностей. При его написании мы старались не просто изложить необходимый для успешной сдачи ЕГЭ материал, но и объяснить трудные для понимания моменты. Много внимания уделено методам решения задач группы В и С. Курс предложил и ведёт Евгений Леготин, сам в прошлом победитель Всероссийской олимпиады по химии.

Физика для всех. В жизни нас с вами окружает множество объектов и устройств, являющихся результатом деятельности научного гения человечества, как простых, используемых в быту, так и сложнейших, гигантских аппаратов, о которых большая часть людей лишь слышала. Все они – плод непрерыв-

ного труда и эволюции технической мысли – зачастую основаны как на простейших физических эффектах, так и на сложнейших, труднообъяснимых явлениях. Любой любознательный человек, особенно в пору юности, стремится познать многое, и наверняка многих привлекает техника, её сложность и в то же время компактность, стопроцентная прикладная реализация весьма фундаментальных научных принципов. Однако у всех свои увлечения, один человек хочет знать, как светит лазерная указка или как монитор его мобильного телефона показывает MMS со свежей фотографией любимой девушки. Другие бы не отказались узнать, что необходимо для того, чтобы запустить термоядерную реакцию или накопить в световом луче мощность, достаточную для того, чтобы резать живые ткани (в лазерной хирургии); третьи наверняка будут рады ознакомиться с принципом работы солнечных батарей или узнать, откуда в природе, живой и неживой, может возникать свет. Данный курс в довольно доступной форме излагает физические принципы, лежащие в основе работы различных устройств и установок, приборов и аппаратов, как встречающихся в обычной жизни, так и глобальных систем, осуществляющих процессы промышленного значения; для восприятия материала курса не нужно никаких специальных познаний в физике, достаточно хорошо помнить школьный курс. В лекциях присутствуют в популярной форме ядерная физика, физика конденсированных сред, физика полупроводников, спектроскопия и многие другие разделы как теоретической, так и экспериментальной физики. Курс создан аспирантом кафедры химической энзимологии химического факультета МГУ Михаилом Савельевым. Рассчитан на учеников 9–11 классов.

Очные школы и выездные практикумы

Важное направление нашей работы – это проведение различных «очных» мероприятий. Прежде всего это проекты по молекулярной биологии, которые мы ведём в международной исследовательской школе МИЛСЕТ.

Проекты посвящены современным методам анализа биологических объектов, что в настоящее время представляет важную задачу в медицине, сельском хозяйстве и т. д. Среди множества видов анализов такого рода заметную часть составляют иммунохимические методы. Основой всех этих методов является взаимодействие антиген-антитело. Антитела – это особые белки, вырабатываемые В-лимфоцитами в качестве ответа организма на попадание в него чужеродных веществ, а антигены – это вещества, способные вызывать подобного рода реакцию. Антитела способны специфично и эффективно связываться с антигеном, образуя прочный комплекс. Разработка и применение этих методов стали возможными только после того, как подробно была изучена работа иммунной системы. Таким образом, главная цель наших проектов – показать, как на основе теоретических представлений об иммунной системе был разработан широкий круг методов анализа различных объектов. Важным разделом проекта является «биоинформатическая часть», в которой участники проекта учатся работать *in silico* (на компьютере) с трёхмерными структурами белков-антител и моделировать различные процессы, происходящие при взаимодействии антиген-антитело.

Уже больше двух лет мы занимаемся развитием концепции выездных научно-исследовательских практикумов по медицине, молекулярной биологии, биохимии, биоинформатике. Практикум проводится

непосредственно в школе, в качестве дополнительных факультативных занятий для учеников. Почему практикум выездной? Да потому, что наши тьюторы, студенты и аспиранты МГУ выезжают со всеми своими приборами в ту школу, которая их пригласила.

Основные цели и задачи наших практикумов таковы.

- Познакомить учащихся с современными концепциями и методами, используемыми учёными для изучения причин возникновения болезней человека, их диагностики и лечения.

- Наглядно показать основные принципы научной работы, правила работы с приборами и реактивами, ведения лабораторных журналов, работы с автоматическими семплерами, которые учёные используют при работе с биологическими объектами.

Определение гормонов в сыворотке крови, определение антибиотиков в молоке, анализ на наличие свиного белка в мясе – реальные научно-медицинские задачи, которые решаются в лабораториях каждый день. В рамках практикума школьники получают теоретические и практические навыки работы с современными приборами и методами медицинской диагностики. *Ученики самостоятельно проводят весь цикл исследования.* Фактически практикум – это самостоятельная работа с реальными биологическими объектами.

За время работы выездных практикумов в них приняло участие более 120 учеников из различных школ, были проведены занятия в различных школах г. Москвы, в городах Тамбове, Моршанске (Тамбовская область), в селе Раевский (республика Башкортостан) и других городах России.

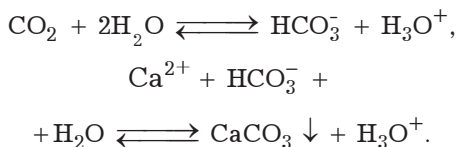


Практикум по иммуноферментным методам анализа

Далее мы предлагаем вам ознакомиться с рядом задач из курса *Трудные задачи ЕГЭ (и олимпиадные задачи)*.

Задача 1. Почему в жаркое время года куры несут яйца с хрупкой скорлупой?

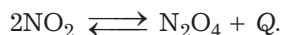
Решение. Формирование скорлупы яйца основано на равновесиях:



Курица, в отличие от человека, не может потеть. Охлаждение куриного организма возможно за счёт учащения дыхания (так называемой гипервентиляции). При этом происходит чрезмерная потеря CO_2 из лёгких, и уровень углекислоты в крови падает. Равновесия обоих процессов смещаются влево.

Задача 2. В трубке, закрытой с одной стороны пробкой, а с другой – поршнем, находится смесь воздуха и газа, полученного взаимодействием меди с концентрированной азотной кислотой. Сравните интенсивность окраски смеси в трёх состояниях: исходном равновесном, сразу после быстрого сжатия смеси поршнем и после установления нового равновесия.

Решение. При взаимодействии меди и азотной кислоты (конц.) образуется диоксид азота, который способен к обратимой димеризации:



Диоксид азота бурый, а его димер бесцветный. Значит, интенсивность окраски будет пропорциональна концентрации диоксида в смеси. Дальше можно идти двумя путями: воспользоваться принципом Ле Шателье, либо не воспользоваться, а поставить эксперимент. Мы же с вами проведём эксперимент, но принципом всё равно воспользуемся, чтобы объяснить результаты.

Объяснение опыта. Сразу после сжатия смеси примерно то же количество NO_2 окажется в меньшем объеме. Следовательно, интенсивность окраски возрастёт. Однако постепенно устанавливается новое равновесие, и окраска вновь ослабевает. В конечном состоянии окраска смеси будет ещё более бледной, чем в исходном (т. е. до сжатия). Эксперимент хорошо согласуется с принципом Ле Шателье: при повышении давления равновесие в системе смещается в сторону продуктов с меньшим объёмом, т. е. в сторону бесцветного N_2O_4 .

Однако не всё так просто, как кажется. В частности, как объяснить столь медленное движение системы к новому равновесию? Есть соблазн отнести это к «плохой» кинетике процесса. Однако исследования показывают, что константа скорости диссоциации N_2O_4 при 25°C составляет $5 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$. В таком случае равновесие должно устанавливаться примерно за одну десятитысячную долю секунды! Единственное разумное объяснение – это попутный нагрев смеси за счёт адиабатического сжатия. Часть механической энергии поршня переходит в тепло. Так как димеризация NO_2 – реакция

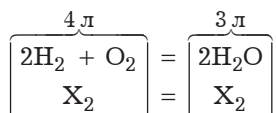
экзотермическая, то при повышении температуры равновесие будет смещаться в сторону образования NO_2 . Таким образом, реальное положение равновесия системы будет определяться конкуренцией двух противоположных устремлений. По мере охлаждения смеси окраска её будет всё более бледной.

Задача 3. (Заочная олимпиада ФББ МГУ, 2005 г.) 2 л смеси водорода с кислородом (н. у.) взорвали. Продукты взрыва при 1 атм и 273°C занимают объём 3 л. Определите возможное содержание кислорода (в % по объёму) в исходной смеси.

Решение. Температура 273°C – это 546 К, что вдвое больше, чем «нормальная» температура (если измерять в кельвинах). Сначала необходимо привести объёмы начальной и конечной смесей к одной температуре. Более корректно искать объём начальной смеси при 546 К, так как вода, возникающая в продуктах, при 273 К является твёрдым веществом. Воспользуемся объединённым газовым законом. Объём начальной смеси при 546 К:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} = 2 \cdot \frac{546}{273} = 4 \text{ л.}$$

Исходные газы могут быть смешаны в стехиометрическом отношении, либо один из них может быть взят в избытке. Этот избыточный газ мы обозначим как X_2 . Запишем условие задачи:



По реакции, число молей газа сокращается на единицу:

$$\Delta n = -1.$$

Этому соответствует уменьшение объёма смеси на 1 л. По реакции, число молей H_2O в два раза больше Δn . Следовательно, воды образовалось 2 л. Остальные объёмы равны:

$$V_{X_2} = 3 - 2 = 1 \text{ л,}$$

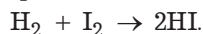
$$V_{\text{H}_2} = 2 \text{ л,}$$

$$V_{\text{O}_2} = 1 \text{ л.}$$

Таким образом, если в избытке был водород, то $\varphi_{\text{O}_2} = \frac{1}{4}$, если же кислород, то $\varphi_{\text{O}_2} = \frac{1+1}{4} = \frac{1}{2}$. Правильный ответ: 25 или 50%.

Задача 4. (Химия и жизнь, 10, 1983 г.) В замкнутом сосуде находится смесь водорода и паров йода. При каких начальных объёмных долях компонентов скорость реакции между ними будет максимальной?

Решение. Уравнение реакции между водородом и йодом:



В данном случае реакция имеет первый порядок по каждому из компонентов:

$$r = k[\text{H}_2][\text{I}_2].$$

Обозначим объёмную долю водорода за x , тогда объёмная доля паров йода будет $1-x$, и

$$r = k'x(1-x),$$

где k' – некоторый постоянный коэффициент.

Ну и остаётся вспомнить, что максимум функции $y = -x^2 + x$ приходится на $x = 0,5$. Это можно проверить, если взять производную этой функции и приравнять её нулю:

$$y' = -2x + 1 = 0 \Rightarrow x = 0,5.$$

Следовательно, в начальный момент времени скорость реакции максимальна при соотношении $\text{H}_2 : \text{I}_2 = 1 : 1$. Но в условии нас спрашивают про скорость реакции в любой момент времени. Поскольку HI больше ни в какие реакции с H_2 или I_2 не вступает, то и тогда максимум скорости будет достигаться при сохранении компонентов 50%.

Эксперимент



Морозова Наталья Игоревна

Закончила химический факультет МГУ, кандидат химических наук, старший преподаватель СУНЦ МГУ, с 1989 г. участвует в работе московских городских олимпиад по химии.

Синее пламя

Многие химические превращения нужно долго и упорно стимулировать. Нагревать реагенты, да ещё под давлением, да ещё, может, с каким-нибудь катализатором... Бывает, что реакцию надо «зажечь», а дальше она идёт сама. Поджигаем уголь, и он горит... А случается и так, что даже делать ничего не надо. Только смешать!



Начальная стадия реакции

На асбестовую сетку, лежащую на треножнике, насыпаем небольшой горкой твёрдую «марганцовку». Марганцовка, она же перманганат калия KMnO_4 – тёмно-фиолетовые кристаллы, которые лучше не брать руками, – на коже остаются тёмные пятна. Перманганат применяется в виде довольно разбавленных растворов для отбеливания тканей, в медицине – для очищения организма от некоторых ядов, а также как антисептик. Почему? Всё потому, что перманганат-ион – сильный окислитель, сильнее хлора. На его окислительных свойствах основана

и реакция с глицерином.

В горке марганцовки делаем ямку, похожую на кратер вулкана. В кратер мы нальём немного глицерина. Глицерин – известное вещество, даже съедобное. Его используют в кондитерском деле для приготовления разных помадок, добавляют в ликёры как загуститель, применяют в фармацевтике. Он содержится в мыле, добавляется в косметику: кремы, помады и т. п. Ещё из глицерина можно приготовить тринитроглицерин. Это двуликое вещество. С одной стороны, это лекарство, в разбавленном виде употребляемое при стенокардии. С другой стороны, тринитроглицерин – основа для динамита.

Налив в «кратер» глицерин, отходим и говорим магическую фразу: «Гори ты синим пламенем!». И спустя несколько секунд синее пламя возникает само собой, будто повинуюсь нашим словам.



Спустя несколько секунд



Сквозь время

Нобелевский лауреат по химии – академик Николай Николаевич Семёнов



(1896–1986)

Лауреат Нобелевской премии по химии (1956 г.) Николай Николаевич Семёнов является одним из создателей физической химии. Открыл разветвлённые цепные реакции, явления цепного и теплового взрыва, создал теорию процессов горения.

Николай Николаевич Семёнов родился в Саратове 15 апреля 1896 года. В его детстве и юности сплелись все условия, которые считают важными для формирования учёного. Во-первых, в семье культивировались такие качества как любовь к знаниям, работоспособность, умение ставить перед собой задачи и добиваться их решения. Его отец был чиновником, к концу службы получившим чин статского советника и личное дворянство. Во-вторых, получение хорошего образования – школа и университет. В 17 лет Николай Николаевич Семёнов окончил Самарское реальное училище и поступил на физико-математический факультет Петербургского университета. Третьим важным условием формирования будущего учёного явилось его раннее приобщение к науке под руководством выдающегося Учёного и Учителя – Абрама Фёдоровича Иоффе. Николай Николаевич Семёнов уже на втором курсе пришёл в лабораторию этого знаменитого русского физика, из школы которого

вышли П. Капица, Ю. Харитон, И. Курчатов и другие известные учёные. Эти исследования можно отнести к области физики.

Механизмы химических реакций Николай Николаевич начал изучать с 24 лет, когда стал работать в Государственном физико-технологическом и рентгенологическом институте в Петрограде. Здесь важную роль сыграл тот факт, что Семёнов пришёл как бы из «смежной области» – он рассматривал химические превращения с точки зрения физики (теперь эта наука называется физической химией, или физика химических процессов). В 1925 году Николай Николаевич изучал цепную реакцию – горение паров фосфора в кислороде. Он обнаружил, что реакция горения останавливается, когда давление кислорода падает до некоторого уровня («критическое давление»). Реагенты не взаимодействуют до определённого порога, после которого происходит вспышка. Дальнейшие исследования этого явления выявили, что величина нижнего предела зависит от давления паров фосфора и от размеров сосуда. «Критическое давление» изменялось обратно пропорционально квадрату диаметра сосуда, в котором протекала реакция. Для объяснения результатов экспериментов Николай Николаевич выдвинул гипотезу, что

возможны не только простые, неразветвлённые цепи химических превращений (простые цепные реакции, протекающие с постоянной скоростью, уже были в это время описаны), но и разветвлённые, когда один ведущий радикал вводит в реакцию не один, а три радикала. В результате реакция идёт с большим ускорением. Далее он подтвердил свою гипотезу экспериментами, т. е. гипотеза стала теорией. Эта теория позволила управлять цепными реакциями. Как выяснилось позже, деление ядер урана-235 и плутония под действием нейтронов подчиняется тем же законам, что и химические реакции (хотя скорость и энергия ядерных реакций гораздо выше).



Н.Н. Семёнов показывает свою лабораторию детям

В 30 лет Семёнов опубликовал работу «О некоторых химических реакциях», где описал новое явление – бурный переход от почти полной инертности к быстрому взаимодействию реагентов, сопровождающе-

муся воспламенением. Через два года им была опубликована работа «К теории процесса горения», где он практически подошёл к открытию цепных химических реакций. Ещё через шесть лет вышла его книга «Цепные реакции». За эти работы он и был удостоен Нобелевской премии по химии (вместе с английским химиком С. Хиншелвудом).

В автобиографии о своих достижениях он написал: «Мой главный труд – монография «Цепные реакции» – написана в 1931 – 1934 годах (она также переведена на английский язык). Развита мною и моими учениками цепная теория химической реакции сейчас общепризнана. Главнейшими своими научными достижениями я считаю: 1) теорию теплового пробоя диэлектрика, 2) цепную теорию, 3) теорию взрыва. Последние два направления широко развиваются в Институте химической физики моими бывшими учениками и учениками моих учеников, ставшими теперь самостоятельными крупными учёными».

Кроме чисто научной деятельности Семёнов руководил Институтом химической физики в Ленинграде (в годы Великой отечественной войны институт перевели в Москву, где он существует и поныне). С 1945 года организовал кафедру химической кинетики на химическом факультете Московского университета им. М.В. Ломоносова. Учениками Николая Николаевича были многие известные учёные – Ю. Харитон, Я. Зельдович, В. Кондратьев, А. Вальтер и другие. Скончался в 1986 году, когда ему было 90 лет.

Занятие наукой – это не только создание нового знания, но также сохранение и передача существующего (и вновь создаваемого) знания. Вот почему Николай Николаевич Семёнов в автобиографии с



особенной гордостью вспоминает о своём участии в воспитании учеников, создании новых кафедр, о разработке методических основ преподавания физхимии и связанных с ней областей знания, а также о своём непосредственном участии в создании всех российских физико-химических научных журналов.

Об увлечённости наукой

«Говорят, что учёные делятся на романтиков и классиков. Я думаю, что такое деление вряд ли оправдано, ибо настоящие учёные всегда романтики, только открытые и скрытые (это вопрос темперамента человека), и они же одновременно все классики, если под этим понимать точное и объективное изложение своих исследований и сугубо критическое и сугубо добросовестное отношение к своим идеям и трудам».

«У настоящего учёного занятие наукой является непреодолимой потребностью, более того, подлинной страстью, которая всегда ведь романтична. Эта страсть делает слабого человека сильным, безвольного – волевым, плохо видящего – зорким, ленивого – активным и трудолюбивым. В само понятие «талантливый человек» наряду со способностями входят в ещё большей степени наличие страсти к научному творчеству. Если этого нет, никогда ему не стать учёным, хотя бы он и окончил школу и вуз на одни «отлично»».

«Занятие наукой требует от человека сосредоточения всех душев-

ных и физических сил. Это даёт великой страстью к науке и непрерывным трудом. Как пианисту надо ежедневно по многу часов играть на рояле, как композитору надо днём и ночью жить в мире музыкальных образов, так и учёному надо непрерывно, систематически трудиться над совершенствованием методов эксперимента, над анализом их результатов, постоянно раздумывать над значением опытов, мечтать о новых экспериментах и теориях, думать о практическом их применении» (из газеты «Московский комсомолец» 10 декабря 1961 г.).

«Мне представляется целесообразным, чтобы в основной массе в естественно-научные вузы приходили юноши и девушки непосредственно из средней школы, ибо молодой возраст и отсутствие перерывов в учёбе являются очень важным условием для развития научного творчества молодого человека, приобщения к тому комплексу знаний, о котором сказано выше» (из газеты «Правда» 17 июля 1958 г.).

что физик не может вести работу без применения химии, химик без использования физики и математики, биолог без применения физики, химии и математики. Таким образом, объём знаний, необходимых для подготовки современного научного

О роли исследовательской деятельности в образовании

«Развитие науки в XX в. происходит столь быстро, что общий объём знаний по каждой дисциплине увеличивается, скажем, вдвое за каждые несколько десятков лет. Одновременно идёт процесс быстрого взаимного проникновения наук, так

что физик не может вести работу без применения химии, химик без использования физики и математики, биолог без применения физики, химии и математики. Таким образом, объём знаний, необходимых для подготовки современного научного

работника или инженера-исследователя, в противоположность тому, что было, скажем, 50 лет назад, огромно. А ещё через 20–30 лет станет практически безграничным. Само собой разумеется, что уже сейчас невозможно обеспечить студента таким комплексом знаний, даже если мы будем в течение всех 5–6 лет обучения по восемь часов в день читать соответствующие лекции. Да если бы даже это было возможно, то мы превратили бы мозг молодого человека в какую-то кладовую, сплошь забитую пассивными знаниями и, таким образом, начисто ликвидировали бы в нём всякую творческую активность».

«Строить систему образования на основе вкладывания в студенческие головы максимального количества знаний по современным наукам и рассчитывать, что после окончания вуза на работе они начнут применять эти запасы, бессмысленно. Это, в сущности, сейчас понимают уже почти все работники вузов. Но хоть умом и понимают, а практически многие профессора никак не могут удержаться от стремления непрерывно расширять свои курсы по мере развития их науки. Я уверен, что единственным выходом из создавшегося положения может быть сокращение обязательных лекций, упражнений и лабораторных занятий до минимума с таким расчётом, чтобы общеобязательные предметы полностью заканчивались, скажем, в пятом–шестом семестрах. Основным же направлением высшего образования для будущих научных работников и инженеров-исследователей я считаю путь самостоятельной научно-исследовательской

работы и связанного с ней самообразования студентов. Этот путь я назвал бы путём познания общего через частное».

«Конечно, молодой специалист, выходящий из вуза, при таком образовании не будет знать всей современной науки, но он будет активно владеть на современном уровне некоторыми разделами её. Через этот частный опыт он приобретёт опыт собственными силами ставить в дальнейшем любые исследования и самостоятельно изучать необходимые в ходе этих его будущих исследований другие разделы науки. Он выйдет в жизнь вооружённым и смелым, уверенным в своих силах, готовым исследователем и сразу займёт в лаборатории место исследователя, а не ученика» (из статьи в журнале «Смена» №2, 1969 г.).



Н.Н. Семенов руководит работой аспирантов

О руководителях и молодых учёных

Н.Н. Семёнов выделил несколько основных положений, которыми

должен руководствоваться глава научной школы.



«1. Подбирай по возможности только способных, талантливых учеников, притом таких, в которых видно стремление к научному исследованию.

2. В общении с учениками будь прост, демократичен и принципиален. Радуйся и поддерживай их, если они правы; сумей убедить их, если они не правы, научными аргументами.

3. Никогда не приписывай своей фамилии к статьям учеников, если не принимал как учёный прямого участия в работе. Если интересы дела требуют от тебя, как руководителя, переключения группы сотрудников на новую тематику, объясни, почему она нужна государству.

4. Не увлекайся чрезмерным руководством учениками, давай им возможность максимально проявлять свою инициативу, самим справляться с трудностями. Только таким образом ты вырастишь не лаборанта, а настоящего учёного».

«У старшего поколения учёных есть большие обязанности по отношению к молодёжи. Эти обязанности прежде всего заключаются в

создании для молодёжи таких условий, при которых всемерно развивались бы её научный энтузиазм и творческая активность, устранялись бы всякого рода попытки превратить молодых учёных просто в подсобную, лаборантскую силу. Настоящий учёный должен понимать, что интересы развития его собственной школы заключаются в расширении и видоизменении заложенных в ней идей под действием инициативного творчества его молодых сотрудников».

«Но было бы непростительной ошибкой думать, что обязанности есть только у руководителя, а у молодых людей их нет. Руководитель может лишь создать благоприятную обстановку для роста молодого учёного, само же превращение вчерашнего студента в настоящего учёного – дело самого молодого научного работника» (из статей в газете «Московский комсомолец» за 7 сентября 1958 г. и 10 декабря 1961 г.).

Выдержки из статей цитируются по сборнику: Семёнов Н.Н. Наука и общество. – М.: Наука, 1973.

Материал подготовил Чистяков Д.В.

Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор Юмор

Берцелиус о смысле химии

Слугу шведского химика Йенса Берцелиуса как-то его знакомые спросили, чем занимается его учёный хозяин. Слуга гордо ответил:

– Я достаю утром из шкафа порошки, кристаллы и жидкости.

– Ну и что?

– Он приступает к работе и всё это перемешивает в большой посуде.

– А дальше?

– А затем он все полученные растворы переливает в другую, меньшую, приготовленную мной посуду.

– А потом?

– Потом он всё это снова выливает в ведро, которое я ежедневно выношу.

Подписку на журнал «Потенциал. Химия. Биология. Медицина» можно оформить несколькими способами:

1. По Объединённому каталогу Пресса России «ПОДПИСКА-2011, первое полугодие», С января 2011 года на почте проводится подписная кампания на январь-июнь 2011 года.

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

ИНДЕКС ПОДПИСКИ 41476.

Контактный номер телефона специалиста по распространению и Агентства ИД «Экономическая газета» – (495) 661-20-30

2. По квитанции через Сбербанк.

Подписка оплачивается **ПО РЕКВИЗИТАМ:**

через Сбербанк из расчёта:	Наименование организации – 000 «Азбука – 2000»
840 рублей за 12 месяцев	ИНН 7726276058
450 рублей за 6 месяцев	КПП 772601001
240 рублей за 3 месяца	Расч. счёт – 40702810338330102512
82 рубля за 1 месяц	Корр. счёт – 30101810400000000225
	БИК 044525225 Московский банк
	ОАО «Сбербанк России»

3. В редакции журнала и её представительствах по адресам:

а) 115184, г. Москва, Климентовский пер., д. 1/18, тел. (495) 951-41-67

б) 109544, г. Москва, ул. Рабочая, д.84, тел. (495) 678-35-86;

в) Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д.9, тел.(495) 408-89-89

Внимание! Теперь Вы можете оформить электронную подписку на наш журнал. Стоимость любого номера в pdf-формате составляет 30 рублей. Вся дополнительная информация на нашем сайте www.potential.org.ru

Где можно приобрести журнал

1. В магазине математической книги при МЦНМО

(Московский Центр непрерывного математического образования)

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

2. В редакции журнала. Адреса см. выше

Журнал «Потенциал» выпускает серию учебных пособий «МФТИ помогает готовиться к ЕГЭ». Вышли в свет следующие пособия:

- Иррациональные уравнения
- Иррациональные неравенства
- Показательные и логарифмические уравнения
- Показательные и логарифмические неравенства
- Уравнения и неравенства, содержащие модули
- Преобразования. Целые числа

В ближайшее время ожидается выпуск новых пособий:

- Рациональные уравнения и неравенства
- Задачи с параметрами
- Текстовые задачи
- Элементы математического анализа

Пособия нашей серии можно заказать по телефону (495) 951-41-67 или купить в интернет-магазине «Физтех-книга», ссылку на который вы найдете на нашем сайте www.potential.org.ru



В следующем номере:

- ◆ Нанохимия и нанотехнологии. *М.Е. Мойзык, Д.В. Чистяков*
- ◆ Биология в горнометаллургических технологиях XXI века. *К.Ю. Федорченко, А.М. Белокрыс*
- ◆ Классификация ошибок, наиболее часто встречающихся при выполнении учащимися исследовательских работ. *О.Д. Калачихина*
- ◆ Биологическая олимпиада как она есть. Этапы биологической олимпиады. *О.С. Ганчарова*
- ◆ Задачи по химии на сравнение свойств. *Н.И. Морозова*

ОТВЕТЫ

Ответы на задания олимпиады (стр. 56)

ОТВЕТЫ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Химия	D	B	A	A	A	A	C	A	C	D
Биология	A	D	C	C	A	A	B	C	D	B

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

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

Тел. (495) 787-24-95, (495) 951-41-67

E-mail: potential@potential.org.ru

Наш спонсор

ISSN 2221-2353



АЗБУКА

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