



ЛИГА ШКОЛ РОСНАНО

Е. И. Казакова, А. Б. Гильденберг, А. Г. Тяглый

**УВЛЕКАТЕЛЬНЫЙ МИР
НАНОТЕХНОЛОГИЙ**

Рабочая тетрадь для старшеклассников

Санкт-Петербург

Лема

2010

УДК 372.8:50(47)(076.5)

ББК 74.262(2Рос)

К14

Казакова Е. И., Гильденберг А. Б., Тяглый А. Г.

Увлекательный мир нанотехнологий: Рабочая тетрадь для старшеклассников. СПб.: Образовательный центр «Участие», 2010. 122 с. (Серия «Лига школ РОСНАНО»).

© Е. И. Казакова, А. Б. Гильденберг, А. Г. Тяглый, 2010

Приглашение к диалогу

Обращение к учащимся, их родителям и друзьям, педагогам и научным консультантам исследовательских проектов

Для начала, давайте уточним: что для вас означает аббревиатура NBIK, или в русском варианте написания НБИК? Если бы мы были в классе и кто-то из авторов вел урок, мы бы обязательно сделали многозначительную паузу и выслушали ваши версии ответов. Пока придется сделать вид, что ответ прозвучал, и он — правильный. Конечно, эта модная аббревиатура — отражение наиболее перспективных направлений научных исследований, реализуемых сегодня в мире. «Н» — это нанотехнологии, «Б» — биотехнологии, «И» — информационные технологии, «К» — когнитивные технологии.

Эта рабочая тетрадь представляет собой инструмент, который поможет войти в мир актуальных научных трендов (именно так бы сказали организаторы науки и специалисты по институциональной экономике). Мы предлагаем вам обрести *опыт анализа неадаптированных для учебных целей текстов*, опыт, необходимый для каждого человека, который видит свое будущее связанным с миром науки и конструирования, современной экономики и социального проектирования.

Что сделали мы? Мы отобрали для вас на открытых ресурсах фрагменты научных и научно-популярных текстов, которые в той или иной степени раскрывают магический смысл этих «четырех букв». Мы отбирали тексты по нескольким признакам: они нам нравились, были ясными, достаточно короткими для восприятия, проблемными и интересными. Надеемся, что вы согласитесь с нашим выбором; но, может быть, предложите какие-либо свои тексты, найденные вами в «мировой паутине», энциклопедии или тетради соседа, которые (тексты) в свою очередь составят основу следующих версий рабочих тетрадей.

Что мы сделали еще? Мы придумали задания, которые интересно выполнить после прочтения текста, и сформулировали советы, как именно выполнять задания.

Что мы предлагаем сделать вам? Главное — это прочитать тексты и постараться выполнить задание. Лучше всего сделать это не одному, а в компании единомышленников; если повезет, то под руководством учителя или одного из старших и более опытных исследователей. При выполнении заданий полезно следовать инструкциям и обмениваться мнениями-суждениями со своей учебной командой.

Давайте договоримся, работать с тетрадью можно в любой последовательности. Можно довериться составителям и сначала прочитать инструкции к выполнению заданий,

а потом последовательно осваивать текст за текстом. Так разумно поступить всем, кто чувствует в себе человека, склонного к систематизации, последовательности, порядку.

Но можно поступить иначе: пролистать всю тетрадь и начать читать текст, который заинтересует в наибольшей степени, а к советам и рекомендациям обращаться только по мере возникновения затруднений.

Внимание! Важное уточнение: если вы работаете в команде, то, конечно, необходимо договориться об общих темпах и последовательности работы (но вы люди взрослые, сами отлично понимаете, почему так необходимо поступить).

Еще одно уточнение, которое нам кажется значимым. Разработчики следовали достаточно древней традиции «уважения к тексту», который сам по себе может стать не только источником значимых идей и информации, но и эффективным мотиватором и организатором образовательного (или исследовательского) процесса, им же порожденного. С другой стороны, современное понимание качества образования требует от каждого выпускника общеобразовательной школы достижения уровня исследовательской компетентности, которая бы позволила ему самостоятельно осваивать сложные неадаптированные источники знания. Предлагаемые статьи в этом смысле являются своеобразным тренажером к самостоятельному познавательному восхождению.

Приступим к работе?

Часть первая

Рекомендации для квалифицированного чтения

Обратим внимание учащихся на то, что чтение научного текста требует от них достаточно высокого уровня читательской компетентности.

Задания для индивидуальной и групповой работы.

В данной рабочей тетради представлено несколько форматов заданий; позволим себе остановиться на них подробнее. Первый и базовый формат задания — *прочитать текст* и найти в нем ответ на вопрос. Это *репродуктивное задание*, ориентированное на развитие «внимательного и понимающего» чтения текста. Задание может быть выполнено устно, письменно или с помощью тех или иных маркеров. По сути, предполагается, что ученик может ответить на вопрос путем прямого *цитирования текста*.

Все остальные задания предполагают уже реализацию определенной *продуктивной учебной культуры*.

Эссе (франц. «essai», англ. «essay» или «assay» — опыт, очерк, от латинского «exagium» — взвешивание) — жанр критики и публицистики, свободная трактовка какой-либо литературной, философской, эстетической, моральной или социальной проблемы. Обычно противопоставляется систематическому научному рассмотрению вопроса. Классиком-основателем опытов с эссе считается М. Монтень («Опыты», 1580). Эссе — очень распространенный жанр письменных работ в современной педагогике, в российской школе эта форма и сам термин становятся все более и более популярными в последнее время. Эссе целесообразно использовать на стадии осмысления, обработки прочитанного.

В последнее время в особую группу выделяют академическое эссе, в котором есть три четко выраженные составные части:

- *введение*, в котором потенциальный читатель мотивируется автором к дальнейшему чтению, автор представляет свой ведущий тезис и обосновывает метод, с помощью которого этот тезис будет раскрыт;

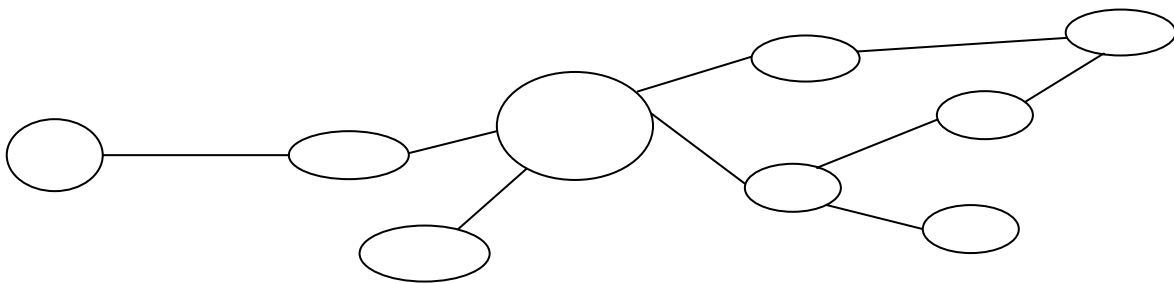
- *основная часть*, в которой тезис (основное утверждение) может быть разбито на группу составляющих его высказываний, каждое из которых в той или иной степени аргументируется (обосновывается) автором;

- **заключение**, в котором автор делает выводы, направленные на собственную оценку успешности раскрытия того положения, которое было сформулировано вначале.

Во многих заданиях предлагается заполнить ту или иную **таблицу**. Таблица — простейшая форма анализа и установления взаимосвязей и взаимозависимостей между различными элементами. Построение таблиц способствует формированию культуры структурирования текста.

Еще один значимый учебный формат — **кластер**. Кластер (от англ. «cluster» — гроздь) — это способ графической организации материала, позволяющий сделать наглядными те мыслительные процессы, которые происходят при погружении в тот или иной текст. Кластер является отражением нелинейной формы мышления. Иногда такой способ называют «наглядным мозговым штурмом».

Последовательность действий при построении кластера проста и логична. Посередине чистого листа нужно написать ключевое слово или тезис, который является «сердцем» текста, а затем вокруг «накидать» слова или предложения, выражающие идеи, факты, образы, подходящие для данной темы (модель «планета и ее спутники»).



Эффективность исследовательских занятий чаще всего зависит от качества учебной **дискуссии**. Для подготовки к дискуссии читателям предлагается сформулировать свою позицию по тому или иному вопросу в виде одного или нескольких утверждений (**тезисов**). Тезис (от греческого thesis) — положение, истинность которого может быть доказана (**подтверждена или опровергнута**); кратко сформулированные основные положения текста, доклада и т.д. Метод опровержения — построение **антитезиса** и попытка доказать его истинность. Для того чтобы продемонстрировать убедительность своей позиции, учащимся предстоит выдвинуть **аргументы**. Подготовка к такой дискуссии должна включать в себя формулировку как тезиса и аргументов к нему, так и антитезиса (и возможных контраргументов).

Еще один вид задания связан с логическим раскрытием метафор или, наоборот, построением метафор к тому или иному фрагменту текста. **Метафора** (от греческого metharphora — перенос) — оборот речи, заключающий скрытое уподобление; образное сближение слов на базе их переносного значения.

Ни один научный семинар не может обойтись без дополняющих текст **выступлений**, выражающих собственные позиции участников или представляющих новый мате-

риал, Подготовка к таким выступлениям может включать в себя создание *тезисного плана* или построения *компьютерной презентации*.

Большинство заданий приглашает читателя к активному *диалогу с текстом*, предлагает выразить свое согласие или несогласие с авторской позицией, сформулировать свою точку зрения. Эта часть работы кажется нам наиболее важной, и именно она в наибольшей степени способствует становлению исследовательской позиции.

При выполнении заданий очень важно придерживаться принципа *текст должен порождать текст*, наш опыт показывает, что учебным ответом на чтение должно становиться письмо. Иначе говоря, очень важно придерживаться требования письменно фиксировать как ход подготовки к занятию, так и ход самого занятия.

Мы предложили к каждому тексту несколько избыточное число заданий. Исследователи имеют право выбрать те из них, которые им покажутся наиболее актуальными и интересными. Мы будем признательны за отзывы о дидактическом инструментарии и за дополнения к новым версиям учебных пособий.

Что значит квалифицированно прочитать и освоить научный текст?

Для ответа на заданный вопрос необходимо задать себе еще один — промежуточный — о *структуре любого учебного текста*. Очевидно, что учебный научный текст, представляя собой сложную систему, должен обладать и структурой. Существует множество подходов к описанию текстовых структур, мы выделим лишь два основных, актуальных для работы с этой тетрадью.

Когда ребенок только учится читать, учитель объясняет ему, что любой текст может быть разбит на фрагменты, ребенок осваивает сложное искусство «озаглавливания текста», создание номинативного плана, плана в вопросной форме, некоторые даже поднимаются до вершин тезисного планирования. Все это — элементы структуры текста. К сожалению, при переходе в среднюю школу эти важнейшие навыки структурирования отходят на задний план и за невостребованностью часто теряются. Та же самая задача содержательного структурирования становится непреодолимой преградой для ученика старшего класса, абитуриента вуза, иногда — и для студентов. Дидакты отмечают, что у большого числа взрослых испытуемых не сформирован навык анализа текста с точки зрения выделения наиболее важных элементов его структуры. Точнее, многие обучающиеся каждый новый текст воспринимают как новую задачу и изобретают соответствующие методы его исследования. Может быть, с точки зрения развития креативности такое изобретательство и имеет смысл, но с точки зрения рационализации работы с большими объемами информации — абсолютно неразумно.

Итак, текст — это система. Как говорили древние, «овладеть системой — это овладеть ее структурой». Какие элементы структуры нужно уметь вычленять в процессе работы с представленными текстами?

1. **Ключевые понятия.** Каждый текст опирается на группу понятий. Термин «ключевое» введен для объяснения особой роли названного понятия по отношению к тексту, это понятие раскрывает смысл текста. Собственно, именно поэтому ключевые понятия выделены в наших пособиях в отдельную группу единиц информации, работе с ключевыми понятиями посвящены и специальные задания в рабочей тетради. Ключевых понятий не может быть много, глава (как и лекция) не должна содержать больше ключевых понятий, чем способен одновременной воспринять человек (5–9 единиц). В текстах, которые посвящены социогуманитарным проблемам, мы можем встретиться с ситуацией, когда то или иное понятие, не отнесенное автором к ключевым, может вызвать неоднозначное толкование в аудитории. Что делать в данном случае тьютору (преподавателю, организующему работу)? Ответ на данный вопрос определяется только наличием или отсутствием временного ресурса. Спор «по понятиям» считается в современной дидактической практике одним из самых непродуктивных. В таких ситуациях имеет смысл обратиться к словарю; принять за основу ту трактовку понятия, которую предлагает один из слушателей; заменить «неудобное слово» на другое, вызывающее большую согласованность; ввести собственную версию. Заметим, все эти действия не могут иметь отношения к ключевым понятиям, специально оговоренным автором. Тщательная работа с ключевыми понятиями тем важнее, чем ближе к области науки мы находимся.

2. **Факты, описания явлений.** Текст может содержать описание того или иного явления, в нем может быть изложен значимый факт. Каждый из этих фактов может остаться просто «меткой в памяти», а может стать поводом для последующих размышлений и поиска информации, если будут поддержан соответствующими вопросами или заданиями.

3. **Идеи, законы, закономерности.** Любой текст опирается на совокупность некоторых теоретических утверждений, изложенных в виде проблем, идей, формулировок законов или закономерностей. Теоретические утверждения в тексте могут быть строго аргументированы, могут быть проиллюстрированы примерами, могут быть приведены без дополнительной аргументации. Мера доказательности, строгости в изложении определяется общими задачами текста и его природой. Если текст представляет собой научную статью, цель которой обоснование нового закона, то он должен содержать доказательства в обязательном порядке. В остальных случаях автор волен сам выбирать характер аргументации: «как всем известно», «введено автором таким-то», «простейшие логические рассуждения показывают», «попробуем применить названный закон на практике».

Мы не утверждаем, что каждый раз читатели должны проводить подробный анализ способа аргументации, но иметь представления о нем имеет смысл. В то же время способность выделения самих теоретических положений, чаще всего сжатых до лаконичных моделей, в процессе работы с текстами должна формироваться у слушателей и поддерживаться тьютором.

Тезис — положение, истинность которого может быть доказана (подтверждена или опровергнута); кратко сформулированные основные положения текста, доклада и т.д.

Таким образом, тезисное изложение текста — это краткое изложение текста, его сухой остаток. Проще говоря, прочтение тезисного плана должно давать читателям полное представление о сущности, обсуждаемых положений. Тезис можно попытаться опровергнуть или утвердить. Метод опровержения — построение антитезиса и попытка доказать его истинность.

4. **Методы.** Важно отметить, что изложение методов представлено во многих учебных текстах, которые предстоит изучать нашим ученикам. Мы уже описывали методы доказательства, аргументации, выделяли дидактические методы. На что имело бы смысл обратить внимание тьютору при работе с такой структурной единицей текста, как метод? **Метод** (от греческого — *methodos*) — способ познания, прием, способ или образ действия.

При характеристике того или иного метода очень важно ответить на следующую группу вопросов:

- к решению какого класса задач относится данный метод, какие аналогичные методы нам известны;
- в чем сущность метода, его «ядро»;
- какова последовательность действий при применении метода;
- обладает ли метод алгоритмической природой, какова мера свободы в применении метода;
- какие отклонения от метода гарантированно снижают его эффект;
- в каком случае мы можем судить об эффективной работе метода.

5. Еще несколько слов о таких структурных элементах, как **примеры** и **метафоры**. Существует немало приемов «заботы о читателе», иначе говоря, автор даже самого сухого научного текста стремится быть понятным. Что уж говорить о жанре научно-популярной литературы, к которой без преувеличений можно отнести предлагаемые тексты? Примеры, иллюстрации, метафоры, образы — все это приемы заботы об адекватности восприятия, о сохранении интереса, достижении убедительности за счет красоты языка.

Метафора — оборот речи, заключающий скрытое уподобление; образное сближение слов на базе их переносного значения. Мастера организации работы с текстами очень любят предлагать обучающимся задания, связанные с поиском метафор в тексте или построением собственных метафор при изложении взглядов и позиций. Философы утверждают, что современный взрослый человек в своем мышлении оперирует целым слоем метафор, речь идет о так называемом метафорическом сознании, построении метафорических мостов.

Внимание! Важная информация

Итак, подведем промежуточные итоги. Основным предложенным методом работы является чтение текстов и выполнение ряда заданий к ним.

Основным признаком культурного чтения выступает способность к структурированию текста:

- графическая или текстовая организация структуры текста (включающая разные виды планов, конспектов, схем);
- построение тезисного (антитезисного плана);
- выделение структурных элементов текста: ключевых понятий, теоретических положений (идеи, законы, закономерности, проблемы), методов, выводов, иллюстративно-мотивирующих приемов.

В работе с текстом мы исходим из убеждения, что не так уж важно читать много, гораздо важнее качественно обрабатывать в своем сознании прочитанное.

Часть вторая

Тексты

Дорогие друзья! Мы предлагаем вам совершить увлекательное путешествие в мир нанотехнологий. В рабочей тетради собраны десять текстов, которые помогут вам разобраться в этом непростом предмете. К каждому тексту предложено от четырех до шести заданий, выполнение которых поможет вам лучше понять смысл текста.

Текст № 1

Крупнейшие научные открытия всегда начинаются с мечты, дерзкой фантазии, с вопроса, который не дает покоя. Автор нашего первого текста Айзек Азимов не стал великим ученым, но стал известным писателем, одним из пророков современного высокотехнологического общества. Читая его эссе, вы удивитесь, как много из того, о чем он лишь мечтал, стало для нас реальностью. Мир нанотехнологий, в который вы погрузитесь с помощью этой рабочей тетради, тоже кажется многим фантастикой, непонятной мечтой. Но на самом деле нанотехнологии — это даже не будущее, нанотехнологии — это настоящее.

Айзек Азимов. Эссе о роботах. Из сборника «Мечты роботов»

Новые учителя

Количество пожилых людей в мире увеличивается, а молодых, наоборот, уменьшается. Эта тенденция будет неуклонно расти, если уровень рождаемости станет падать, а достижения медицины будут продлевать продолжительность жизни человека.

Чтобы пожилые люди не теряли воображения и творческих способностей и не стали обузой для постоянно уменьшающегося числа активных молодых людей, я часто выступал с предложениями модифицировать нашу систему образования таким образом, чтобы человек продолжал учиться до конца жизни.

Но как это сделать? Откуда взять столько учителей?

А кто говорит, что учителя должны быть людьми или вообще живыми существами?

Предположим, что в грядущем веке коммуникационных спутников станет значительно больше, чем сейчас. Кроме того, они будут значительно сложнее и «умнее». Предположим, что вместо радиоволн главным средством связи станут лазерные лучи, которые обладают гораздо более широкими возможностями.

В таком случае появится возможность создать многие миллионы отдельных каналов для звука и изображения, и уж совсем просто представить себе, что каждый человек на Земле получит свой собственный телевизионный канал.

Каждый человек (ребенок, человек средних лет или старик) будет иметь свой собственный выход, к которому он сможет в любое удобное для него время подключать обучающую машину. Это будет гораздо более разносторонняя интерактивная обучающая машина, чем те, что имеются у нас в настоящий момент, поскольку компьютерные технологии тоже не стоят на месте.

Мы можем надеяться, что такие машины будут достаточно сложными и гибкими, чтобы модифицировать свои программы (иными словами, «учиться») в результате деятельности ученика.

Ученик будет задавать вопросы, отвечать на них, делать заключения, высказывать свое мнение, благодаря чему машина оценит его прогресс и в соответствии с этим будет менять скорость и интенсивность курса обучения и, что еще важнее, ставить акценты на вопросах, которые больше всего занимают ученика. Однако персональная обучающая машина не должна быть очень большой. Размером и внешним видом она может походить на телевизор. Возможно ли, чтобы такое маленькое устройство содержало столько информации, сколько необходимо учащемуся, которого интеллектуальное любопытство может завести достаточно далеко? Нет, если речь идет об изолированной обучающей машине, но в таких машинах нет никакой необходимости.

В цивилизации с развитыми компьютерными технологиями, способной производить обучающие машины, непременно будут существовать компьютеризированные библиотеки. Они могут быть соединены единой сетью и подключены к единой планетарной библиотеке.

Все обучающие машины будут иметь прямую связь с планетарной библиотекой и смогут получить в свое распоряжение любую книгу, периодическое издание, документ, звуковую или видеозапись в закодированном виде. Дальше ученик либо увидит интересующий его материал на экране, либо получит в распечатанном виде на бумаге, чтобы иметь возможность изучить его потом, в более спокойной обстановке.

Разумеется, необходимость в учителях-людях не отпадет. Существуют некоторые предметы, например занятия спортом, театральным и ораторским искусством и тому подобное, где взаимодействие ученика с учителем просто необходимо. Кроме того, определенную ценность и интерес представляют групповые занятия студентов, когда они собираются вместе, чтобы обсудить друг с другом и с преподавателем какую-нибудь проблему, поделиться своими умозаключениями, сделать новые открытия.

После такого общения с себе подобными они могут с известным облегчением вернуться к всезнающей, гибкой и бесконечно терпеливой машине.

Но кто будет учить обучающие машины?

Естественно, тот, кто учится у машины, будет одновременно и учить ее. Люди, которые с удовольствием занимаются интересующими их вопросами, склонны думать, наблюдать, размышлять, ставить эксперименты и время от времени изобретать нечто новое, неизвестное до них.

Они будут делиться своими знаниями с машиной, которая в свою очередь зафиксирует полученную информацию (не забыв, разумеется, указать имя изобретателя) в планетарной библиотеке, где ее смогут получить другие машины. Новые сведения останутся в памяти машины и послужат отправной точкой для тех, кто придет следом. Таким образом, обучающие машины позволят людям устремиться к достижениям, которые сейчас невозможно даже предсказать.

Я рассуждал здесь лишь о технической стороне обучения, а как насчет содержания? Какие предметы будут изучать люди? Когда наступит век обучающих машин? Поговорим об этом в следующем эссе.

Все, что ты хочешь

Трудности в решении вопроса о том, какие профессии появятся в будущем, обусловлены тем, какое будущее мы для себя выберем. Если мы позволим цивилизации погибнуть, единственной профессией будет борьба за выживание, и сомневаюсь, что многие добьются в ней успеха.

Предположим, что нам удастся не только сохранить свою цивилизацию, но и сделать ее процветающей и владеющей развитыми технологиями. В таком случае логичным кажется существование в будущем следующих областей деятельности: программирование, добыча полезных ископаемых на Луне, атомная и космическая инженерия, лазерные коммуникации, нейрофизиология и тому подобное.

Однако я не могу не думать о том, что развитие компьютеризации и автоматизации положит конец известным видам деятельности человека — всем этим отупляющим однообразным действиям, как физическим, так и умственным, которые могут превосходно выполняться машинами, причем машинами не сложнее тех, какие мы уже сейчас в состоянии создать.

Короче говоря, мир может стать настолько отлаженным, что потребуется лишь небольшая горстка людей — «прорабов», которые будут следить за тем, чтобы население Земли было накормлено, имело уютные дома и было избавлено от повседневных забот.

А что станет делать большая часть человечества в практически полностью автоматизированном будущем? Как насчет тех, у кого не окажется способности или желания работать по одной из новых профессий будущего или для кого не найдется в них места?

Складывается впечатление, что из-за отсутствия работы в нынешнем понимании этого слова им просто нечего делать.

Пугающая мысль. Что станут делать люди, когда у них не будет работы? Будут сидеть и скучать? Или, что того хуже, станут раздражительны и неуравновешенны? Существует поговорка, что дьявол всегда находит тех, кто бездельничает, и творит зло их руками.

Но мы делаем выводы исходя из существующей в наше время ситуации, когда люди, предоставленные сами себе, неминуемо скатываются в пропасть.

Вспомните, что истории известны времена, когда аристократия жила в праздности, питаясь плодами труда живых машин из плоти и крови — иными словами, рабов и крестьян. При высоком уровне развития культуры аристократия занималась искусствами, литературой и философией. Разумеется, такое времяпрепровождение нельзя рассматривать как полезную работу, но оно давало пищу для ума, часто становилось темой интересных бесед и оживляло жизнь тех, кто мог позволить себе тратить время на подобные вещи.

Речь идет о гуманитарных науках, и ими занимались люди, которым не нужно было ничего делать руками. Считалось, что такие занятия приносят гораздо больше удовлетворения и что они значительно возвышеннее технических наук — всего лишь полезных.

В таком случае, возможно, будущее увидит всемирную аристократию, которой станут служить единственно возможные в данной ситуации рабы — сложные машины. И тогда возникнет гораздо более широкая и интересная программа развития гуманитарных наук, которые будут преподавать машины.

Люди выберут компьютерные технологии, или атомную инженерию, или исследования лунной поверхности и добычу полезных ископаемых, или любую другую профессию, которая в определенный момент будет важной для процветания мира. Почему бы и нет? Такие профессии, требующие от человека определенных умений и развитого воображения, станут привлекательны для многих, и я не сомневаюсь, что желающих найдется достаточно, чтобы заполнить все необходимые места.

Впрочем, большинство людей займется более приземленными делами. Они могут собирать марки, глиняную посуду, живопись, готовить экзотические блюда, пробовать себя в театральном искусстве и тому подобное. Иными словами, будет предоставлен широкий выбор возможностей, и единственным принципом станет следующий: «Все, что ты хочешь».

Каждый человек под руководством обучающих машин, достаточно сложных, чтобы предложить ему разные варианты деятельности, сможет выбрать то, чем он больше всего хотел бы заниматься.

Достаточно ли разумен человек, чтобы понимать, какое именно дело он сможет делать лучше всего? Но почему бы и нет? Кто другой может это знать? А если вам нравится ваше занятие, вы, естественно, добьетесь в нем успехов.

А если люди решат ничего не делать? Просто проспять свою жизнь?

Если они этого хотят — пусть так и поступают. Только я сомневаюсь, что так будет. Ничего не делать — трудная работа, и лично мне кажется, ее выберут те, кто никогда не имел возможности извлечь из своей души нечто более интересное и, следовательно, простое.

Получается, что в по-настоящему автоматизированном и образованном мире машины будут оказывать на людей гуманитарное влияние. Машины будут делать тяжелую работу и тем самым облегчат жизнь человеку, который сможет заняться чем-нибудь более приятным и занимательным для себя.

Законы роботехники

Довольно трудно думать о компьютерах, представляя себе вариант, когда они могут «захватить» наше место.

Заменят ли они нас, превратят ли в какой-то пережиток, выбросят ли на свалку, как мы в свое время расправились с копьями и трутницами?

Если мы представим себе компьютерный мозг внутри металлической имитации человека, которую мы называем роботом, страх окажется еще более ощутимым. Роботы так напоминают людей, что один только их внешний вид может послужить причиной возникновения у них мятежных мыслей.

Эта проблема стала одной из самых популярных в мире научной фантастики в 1920–1930-х годах, когда было написано множество рассказов, темой которых являлись роботы, восставшие и уничтожившие своих создателей.

Когда я был молодым человеком, мне ужасно надоели предупреждения, звучавшие в произведениях подобного рода, поскольку мне представлялось, что робот — это всего лишь машина, а люди постоянно строят машины. Учитывая, что все машины так или иначе представляют для нас опасность, мы специально встраиваем в них самые разнообразные защитные устройства.

В 1939 году я начал серию рассказов, в которых с симпатией описывались тщательно сконструированные машины, выполнявшие определенные задачи, причем в каждой из машин имелось встроенное устройство, обеспечивающее их миролюбие.

В рассказе, написанном в октябре 1941 года, я наконец дал имя этому защитному устройству — Три закона роботехники. (Я изобрел термин «роботехника», который до тех пор никогда и нигде не использовался.)

Они звучат так:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.
2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые отдает человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат Первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в какой это не противоречит Первому и Второму законам.

Эти законы внесены в компьютеризированный мозг робота и явились темой многих моих рассказов, посвященных роботам. По правде говоря, они так понравились читателям и звучали так разумно, что другие писатели-фантасты начали использовать их (никогда не цитируя напрямую — в отличие от меня), и все старые рассказы о роботах, уничтожавших своих создателей, просто умерли.

Ну, это научная фантастика. А как насчет работ по созданию сложных компьютеров и искусственного интеллекта, которые проводятся учеными? Когда строятся машины, обладающие собственным разумом, будут ли в их сознание внедрены законы, подобные Трем законам роботехники?

Разумеется, да, поскольку создатели компьютеров и сами обладают высокоразвитым интеллектом. Более того, защита будет не только иметь некоторое отношение к Трем законам — она будет на них опираться.

В тот момент, когда я придумал Три закона, я не понимал, что человечество уже давным-давно пользуется ими. «Три закона инструментов» звучат следующим образом:

1. Инструмент должен быть безопасным для использования.

(Это же очевидно! У ножей и мечей имеются рукоятки. А инструмент, который может причинить вред тому, кто взял его в руки — если, конечно, человек знает об опасности, — никогда не будет использован, каким бы полезным он ни казался.)

2. Инструмент должен выполнять свои функции при условии, что он не представляет ни для кого никакой опасности.

3. Инструмент должен оставаться в целостности и сохранности во время его использования, если только его уничтожение не продиктовано соображениями безопасности или если это не входит в его функцию.

Никто никогда не цитирует эти три закона, поскольку все принимают их как должное. Каждый закон, если о нем говорят вслух, будет встречен дружным восклицанием вроде: «Ну, это же любому ясно!»

В таком случае давайте сравним «Три закона инструментов» с Тремя законами роботехники, и вы увидите, что они полностью совпадают. А разве может быть иначе? Ведь робот, или, если желаете, компьютер, является инструментом, которым пользуется человек.

Но можно ли сказать, что мы защищены от всех неприятностей в достаточной степени? Подумайте об усилиях, которые предпринимаются, чтобы сделать автомобили безопасными, — однако они продолжают убивать около 50 000 американцев в год. Подумайте об усилиях, которые предпринимаются, чтобы обезопасить банки, — однако ограбления продолжаются. Подумайте об усилиях, которые предпринимаются, чтобы защитить компьютерные программы, — однако количество компьютерного мошенничества растет.

Впрочем, если компьютеры станут достаточно разумными, чтобы «перехватить инициативу», они уже не будут нуждаться в ограничениях, предписываемых Тремя законами. И тогда по доброте душевной они решат заботиться о нас и оберегать от неприятностей и проблем.

Однако кое-кто из вас может возразить, что мы не дети и, как только возникнет необходимость нас охранять, мы лишимся своей человеческой сути.

Правда? Посмотрите на сегодняшний мир и мир прошлого и задайте себе вот какой вопрос: в самом ли деле мы не дети (причем склонные к насилию и уничтожению всего вокруг) и справедливо ли утверждение о том, что за нами не нужно присматривать?

Если мы хотим, чтобы с нами обращались как со взрослыми, нам следует вести себя как взрослые. И когда же начнем?

Источник: Айзек Азимов. Мечты роботов: Фантастические произведения / Пер. с англ. В. Гольдича, И. Оганесовой. М.: ЭКСМО; СПб.: Домино, 2009. С. 768–773, 781–784.

Выполните задания к тексту:

1. Как вы думаете, в каком году могли быть написаны эссе Азимова? Объясните свое мнение.

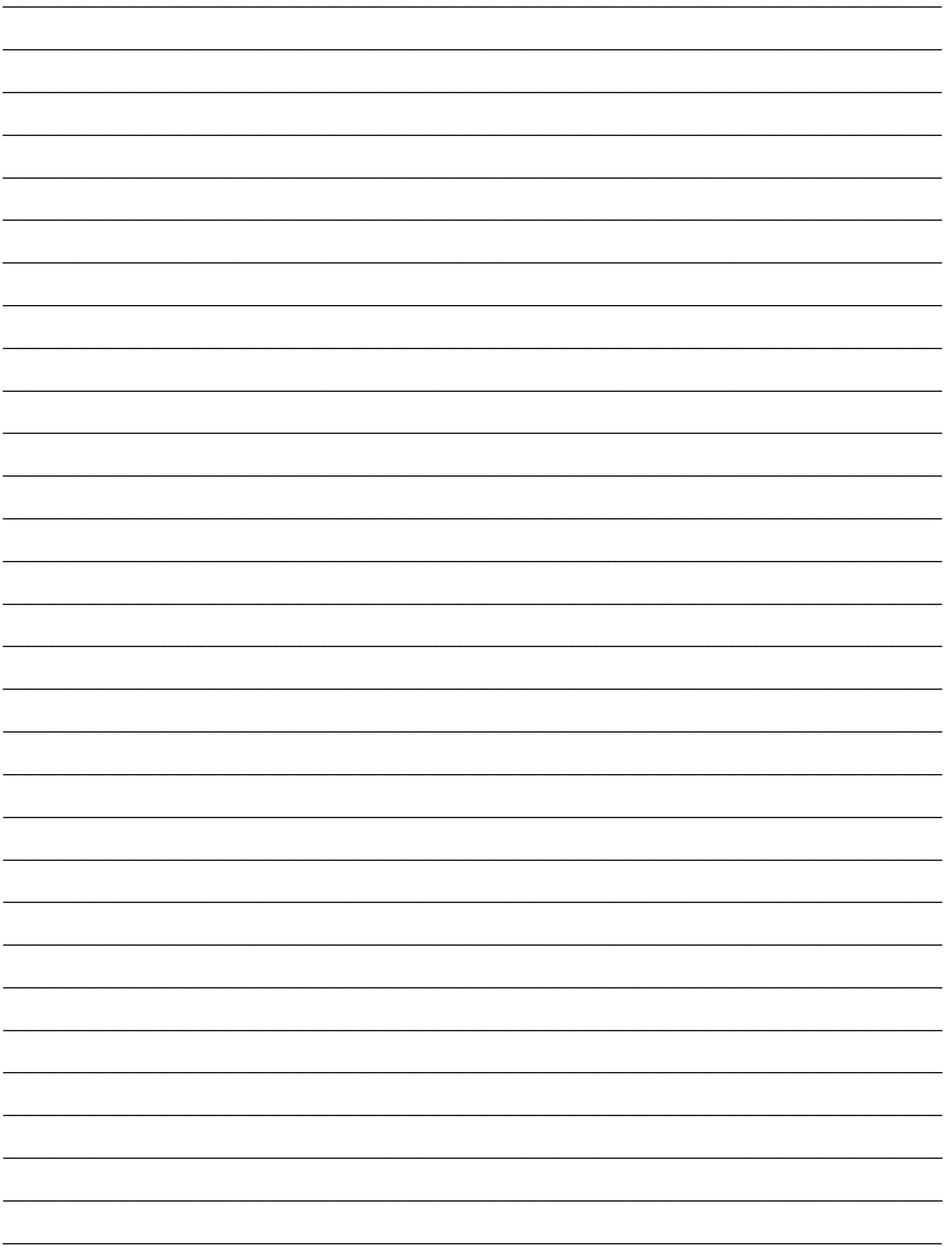
2. Найдите аналогии между идеями Азимова и реальным современным миром; заполните таблицу.

Идея Азимова	Современный аналог
Связь с помощью лазерных лучей	

Собственный телевизионный канал для каждого человека на Земле	
Интерактивная обучающая машина, подключенная к глобальной сети	
Компьютеризированные библиотеки, соединенные в сеть и подключенные к глобальной библиотеке	
Получение из глобальной библиотеки документа, звуковой или видеозаписи в закодированном виде.	

3. В эссе «Все, что ты хочешь» автор говорит о технической и естественно-научной сферах деятельности как о возвышенных, называя при этом гуманитарную и творческую сферы более приземленными. Согласны ли вы с такой позицией? Приведите не менее трех аргументов в поддержку своего мнения.

4. Проанализируйте текст третьего эссе, озаглавленного «Законы роботехники». Как вы думаете, действительно ли Азимова написал его, чтобы рассказать читателям о трех законах роботехники или его интересовали другие вопросы? Объясните свою точку зрения.



Текст № 2

Стивен Хокинг — не только один из величайших ученых современности в области космологии и квантовой гравитации, но и крупнейший популяризатор науки. Его книга «Краткая история времени», рассказывающая о возникновении и устройстве Вселенной, — настоящий бестселлер. Она является прекрасным примером того, как о вещах очень сложных можно говорить очень просто. Прочитайте одну из глав книги Хокинга, и вы поймете, что наука — это не всегда скучно и непонятно.

Стивен Хокинг

«Краткая история времени», глава 3 «Расширяющаяся Вселенная»

Если в ясную безлунную ночь посмотреть на небо, то, скорее всего, самыми яркими объектами, которые вы увидите, будут планеты Венера, Марс, Юпитер и Сатурн. Кроме того, вы увидите огромное количество звезд, похожих на наше Солнце, но находящихся гораздо дальше от нас. При обращении Земли вокруг Солнца некоторые из этих «неподвижных» звезд чуть-чуть меняют свое положение относительно друг друга, т.е. на самом деле они вовсе не неподвижны! Дело в том, что одни несколько ближе к нам, чем другие. Поскольку же Земля вращается вокруг Солнца, близкие звезды видны все время в разных точках фона более удаленных звезд. Благодаря этому можно непосредственно измерить расстояние от нас до этих звезд: чем они ближе, тем сильнее заметно их перемещение. Самая близкая звезда, называемая Проксимой Центавра, находится от нас на расстоянии приблизительно четырех световых лет (т.е. свет от нее идет до Земли около четырех лет), или около 37 триллионов километров ($37 \cdot 10^{12}$). Большинство звезд, видимых невооруженным глазом, удалены от нас на несколько сотен световых лет. Сравните это с расстоянием до нашего Солнца, составляющим всего восемь световых минут! Видимые звезды рассыпаны по всему ночному небу, но особенно густо в той полосе, которую мы называем Млечный Путь. Еще в 1750 г. некоторые астрономы высказывали мысль, что существование Млечного Пути объясняется тем, что большая часть видимых звезд образует одну дискообразную конфигурацию — пример того, что сейчас называется спиральной галактикой. Лишь через несколько десятилетий астроном Уильям Гершель подтвердил это предположение, выполнив колоссальную работу по составлению каталога положений огромного количества звезд и расстояний до них. Но даже после этого представление о спиральных галактиках было принято всеми лишь в начале нашего века.

Современная картина Вселенной возникла только в 1924 г., когда американский астроном Эдвин Хаббл показал, что наша Галактика не единственная. На самом деле существует много других галактик, разделенных огромными областями пустого пространства. Для доказательства Хаббл требовалось определить расстояния до этих галактик, которые настолько велики, что, в отличие от положений близких звезд, види-

мые положения галактик действительно не меняются. Поэтому для измерения расстояний Хаббл был вынужден прибегнуть к косвенным методам. Видимая яркость звезды зависит от двух факторов: от того, какое количество света излучает звезда (ее светимости), и от того, где она находится. Яркость близких звезд и расстояние до них мы можем измерить; следовательно, мы можем вычислить и их светимость. И наоборот, зная светимость звезд в других галактиках, мы могли бы вычислить расстояние до них, измерив их видимую яркость. Хаббл заметил, что светимость некоторых типов звезд всегда одна и та же, когда они находятся достаточно близко для того, чтобы можно было производить измерения. Следовательно, рассуждал Хаббл, если такие звезды обнаружатся в другой галактике, то, предположив у них такую же светимость, мы сумеем вычислить расстояние до этой галактики. Если подобные расчеты для нескольких звезд одной и той же галактики дадут один и тот же результат, то полученную оценку расстояния можно считать надежной.

Таким путем Хаббл рассчитал расстояния до девяти разных галактик. Теперь известно, что наша Галактика — одна из нескольких сотен тысяч миллионов галактик, которые можно наблюдать в современные телескопы, а каждая из этих галактик в свою очередь содержит сотни тысяч миллионов звезд. <...> Наша Галактика имеет около ста тысяч световых лет в поперечнике. Она медленно вращается, а звезды в ее спиральных рукавах каждые несколько сотен миллионов лет делают примерно один оборот вокруг ее центра. Наше Солнце представляет собой обычную желтую звезду средней величины, расположенную на внутренней стороне одного из спиральных рукавов. Какой же огромный путь мы прошли от Аристотеля и Птолемея, когда Земля считалась центром Вселенной!

Звезды находятся так далеко от нас, что кажутся просто светящимися точками в небе. Мы не различаем ни их размеров, ни формы. Как же можно говорить о разных типах звезд? Для подавляющего большинства звезд существует только одно характерное свойство, которое можно наблюдать — это цвет идущего от них света. Ньютон открыл, что, проходя через трехгранный кусок стекла, называемый призмой, солнечный свет разлагается, как в радуге, на цветовые компоненты (спектр). Настроив телескоп на какую-нибудь отдельную звезду или галактику, можно аналогичным образом разложить в спектр свет, испускаемый этой звездой или галактикой. Разные звезды имеют разные спектры, но относительная яркость разных цветов всегда в точности такая же, как в свете, который излучает какой-нибудь раскаленный докрасна предмет. (Свет, излучаемый раскаленным докрасна непрозрачным предметом, имеет очень характерный спектр, зависящий только от температуры предмета — тепловой спектр. Поэтому мы можем определить температуру звезды по спектру излучаемого ею света.) Кроме того, мы обнаружим, что некоторые очень специфические цвета вообще отсутствуют в спектрах звезд, причем отсутствующие цвета разные для разных звезд. Поскольку, как мы знаем, каждый химический элемент поглощает свой определенный набор характерных цветов,

мы можем сравнить их с теми цветами, которых нет в спектре звезды, и таким образом точно определить, какие элементы присутствуют в ее атмосфере.

В 1920-х годах, когда астрономы начали исследование спектров звезд других галактик, обнаружилось нечто еще более странное: в нашей собственной Галактике оказались те же самые характерные наборы отсутствующих цветов, что и у звезд, но все они были сдвинуты на одну и ту же величину к красному концу спектра. Чтобы понять смысл сказанного, следует сначала разобраться с эффектом Доплера. Как мы уже знаем, видимый свет — это колебания, или волны электромагнитного поля. Частота (число волн в одну секунду) световых колебаний чрезвычайно высока — от четырехсот до семисот миллионов волн в секунду. Человеческий глаз воспринимает свет разных частот как разные цвета, причем самые низкие частоты соответствуют красному концу спектра, а самые высокие — фиолетовому. Представим себе источник света, расположенный на фиксированном расстоянии от нас (например, звезду), излучающий с постоянной частотой световые волны. Очевидно, что частота приходящих волн будет такой же, как та, с которой они излучаются (пусть гравитационное поле галактики невелико и его влияние несущественно). Предположим теперь, что источник начинает двигаться в нашу сторону. При испускании следующей волны источник окажется ближе к нам, а потому время, за которое гребень этой волны до нас дойдет, будет меньше, чем в случае неподвижной звезды. Стало быть, время между гребнями двух пришедших волн будет меньше, а число волн, принимаемых нами за одну секунду (т.е. частота), будет больше, чем когда звезда была неподвижна. При удалении же источника частота приходящих волн будет меньше. Это означает, что спектры удаляющихся звезд будут сдвинуты к красному концу (красное смещение), а спектры приближающихся звезд должны испытывать фиолетовое смещение. Такое соотношение между скоростью и частотой называется эффектом Доплера, и этот эффект обычен даже в нашей повседневной жизни. Прислушайтесь к тому, как идет по шоссе машина: когда она приближается, звук двигателя выше (т.е. выше частота испускаемых им звуковых волн), а когда, проехав мимо, машина начинает удаляться, звук становится ниже. Световые волны и радиоволны ведут себя аналогичным образом. Эффектом Доплера пользуется полиция, определяя издалека скорость движения автомашин по частоте радиосигналов, отражающихся от них. Доказав, что существуют другие галактики, Хаббл все последующие годы посвятил составлению каталогов расстояний до этих галактик и наблюдению их спектров. В то время большинство ученых считали, что движение галактик происходит случайным образом и поэтому спектров, смещенных в красную сторону, должно наблюдаться столько же, сколько и смещенных в фиолетовую. Каково же было удивление, когда у большей части галактик обнаружилось красное смещение спектров, т.е. оказалось, что почти все галактики удаляются от нас! Еще более удивительным было открытие, опубликованное Хабблом в 1929 г.: Хаббл обнаружил, что даже величина красного смещения не случайна, а прямо пропорциональна расстоянию от нас до галактики. Иными словами, чем дальше находится галактика, тем быстрее она удаляется! А это означало, что Вселенная не может

быть статической, как думали раньше, что на самом деле она непрерывно расширяется и расстояния между галактиками все время растут.

Открытие расширяющейся Вселенной было одним из великих интеллектуальных переворотов двадцатого века. Задним числом мы можем лишь удивляться тому, что эта идея не пришла никому в голову раньше. Ньютон и другие ученые должны были бы сообразить, что статическая Вселенная вскоре обязательно начала бы сжиматься под действием гравитации. Но предположим, что Вселенная, наоборот, расширяется. Если бы расширение происходило достаточно медленно, то под действием гравитационной силы оно в конце концов прекратилось бы и перешло в сжатие. Однако если бы скорость расширения превышала некоторое критическое значение, то гравитационного взаимодействия не хватило бы, чтобы остановить расширение, и оно продолжалось бы вечно. Все это немного напоминает ситуацию, возникающую, когда с поверхности Земли запускают вверх ракету. Если скорость ракеты не очень велика, то из-за гравитации она в конце концов остановится и начнет падать обратно. Если же скорость ракеты больше некоторой критической (около одиннадцати километров в секунду), то гравитационная сила не сможет ее вернуть, и ракета будет вечно продолжать свое движение от Земли. Расширение Вселенной могло быть предсказано на основе ньютоновской теории тяготения в XIX, XVIII и даже в конце XVII века. Однако вера в статическую Вселенную была столь велика, что жила в умах еще в начале нашего века. Даже Эйнштейн, разрабатывая в 1915 г. общую теорию относительности, был уверен в статичности Вселенной. Чтобы не вступать в противоречие со статичностью, Эйнштейн модифицировал свою теорию, введя в уравнения так называемую космологическую постоянную. Он ввел новую «антигравитационную» силу, которая в отличие от других сил не порождалась каким-либо источником, а была заложена в саму структуру пространства-времени. Эйнштейн утверждал, что пространство-время само по себе всегда расширяется и этим расширением точно уравновешивается притяжением всей остальной материи во Вселенной, так что в результате Вселенная оказывается статической. По-видимому, лишь один человек полностью поверил в общую теорию относительности: пока Эйнштейн и другие физики думали над тем, как обойти нестатичность Вселенной, предсказываемую этой теорией, русский физик и математик А.А. Фридман, наоборот, занялся ее объяснением.

Фридман сделал два очень простых исходных предположения: во-первых, Вселенная выглядит одинаково, в каком бы направлении мы ее ни наблюдали, и во-вторых, это утверждение должно оставаться справедливым и в том случае, если бы мы производили наблюдения из какого-нибудь другого места. Не прибегая ни к каким другим предположениям, Фридман показал, что Вселенная не должна быть статической. В 1922 г., за несколько лет до открытия Хаббла, Фридман в точности предсказал его результат!

Предположение об одинаковости Вселенной во всех направлениях на самом деле, конечно, не выполняется. Как мы, например, уже знаем, другие звезды в нашей галактике образуют четко выделяющуюся светлую полосу, которая идет по всему небу но-

чью — Млечный Путь. Но если говорить о далеких галактиках, то их число во всех направлениях примерно одинаково. Следовательно, Вселенная действительно «примерно» одинакова во всех направлениях — при наблюдении в масштабе, большем по сравнению с расстоянием между галактиками, когда отбрасываются мелкомасштабные различия.

Долгое время это было единственным обоснованием гипотезы Фридмана как «грубого» приближения к реальной Вселенной. Но потом по некоей случайности выяснилось, что гипотеза Фридмана и в самом деле дает удивительно точное описание нашей Вселенной.

В 1965 г. два американских физика, Арно Пензиас и Роберт Вильсон, работавших на фирме Bell Laboratories в шт. Нью-Джерси, испытывали очень чувствительный «микроволновый», т.е. сверхвысокочастотный (СВЧ), детектор. (Микроволны — это то же, что и световые волны, но их частота всего лишь десять тысяч миллионов волн в секунду.) Пензиас и Вильсон заметили, что уровень шума, регистрируемого их детектором, выше, чем должно быть. Этот шум не был направленным, приходящим с какой-то определенной стороны. Сначала названные исследователи обнаружили в детекторе птичий помет и пытались объяснить эффект другими причинами подобного рода, но потом все такие «факторы» были исключены. Они знали, что любой шум, приходящий из атмосферы, всегда сильнее не тогда, когда детектор направлен прямо вверх, а когда он наклонен, потому что лучи света, идущие из-за горизонта, проходят через значительно более толстые слои атмосферы, чем лучи, попадающие в детектор прямо сверху. «Лишний» же шум одинаков, куда бы ни направлять детектор. Следовательно, источник шума должен находиться за пределами атмосферы. Шум был одинаковым и днем, и ночью, и вообще в течение года, несмотря на то что Земля вращается вокруг своей оси и продолжает свое вращение вокруг Солнца. Это означало, что источник излучения находится за пределами Солнечной системы и даже за пределами нашей Галактики, ибо в противном случае интенсивность излучения изменялась бы, поскольку в связи с движением Земли детектор меняет свою ориентацию. Как мы знаем, по пути к нам излучение проходит почти через всю наблюдаемую Вселенную. Коль скоро же оно одинаково во всех направлениях, то, значит, и сама Вселенная одинакова во всех направлениях, по крайней мере в крупном масштабе. Теперь нам известно, что, в каком бы направлении мы ни производили наблюдения, этот шум изменяется не больше, чем на одну десятитысячную. Так Пензиас и Вильсон, ничего не подозревая, дали удивительно точное подтверждение первого предположения Фридмана...

Правда, на первый взгляд, тот факт, что Вселенная кажется нам одинаковой во всех направлениях, может говорить о какой-то выделенности нашего местоположения во Вселенной. В частности, раз мы видим, что все остальные галактики удаляются от нас, значит, мы находимся в центре Вселенной. Но есть и другое объяснение: Вселенная будет выглядеть одинаково во всех направлениях и в том случае, если смотреть на нее из какой-нибудь другой галактики. Это, как мы знаем, вторая гипотеза Фридмана. У

нас нет научных доводов ни за, ни против этого предположения, и мы приняли его, так сказать, из скромности: было бы крайне странно, если бы Вселенная казалась одинаковой во всех направлениях только вокруг нас, а в других ее точках этого не было! В модели Фридмана все галактики удаляются друг от друга. Это вроде бы как надутый шарик, на который нанесены точки, если его все больше надувать. Расстояние между любыми двумя точками увеличивается, но ни одну из них нельзя назвать центром расширения. При этом чем больше расстояние между точками, тем быстрее они удаляются друг от друга. Но и в модели Фридмана скорость, с которой любые две галактики удаляются друг от друга, пропорциональна расстоянию между ними. Таким образом, модель Фридмана предсказывает, что красное смещение галактики должно быть прямо пропорционально ее удаленности от нас, в точном соответствии с открытием Хаббла. Несмотря на успех этой модели и на согласие ее предсказаний с наблюдениями Хаббла, работа Фридмана оставалась неизвестной на Западе, и лишь в 1935 г. американский физик Говард Робертсон и английский математик Артур Уолкер предложили сходные модели в связи с открытием Хаббла...

Источник: Стивен Хокинг. Краткая история времени: От большого взрыва до черных дыр / Пер. с англ. Н. Смородинской. СПб.: Амфора, 2001. С. 56–65.

Выполните задания к тексту:

1. Найдите в тексте главы ответы на вопросы:

- Что такое световой год?

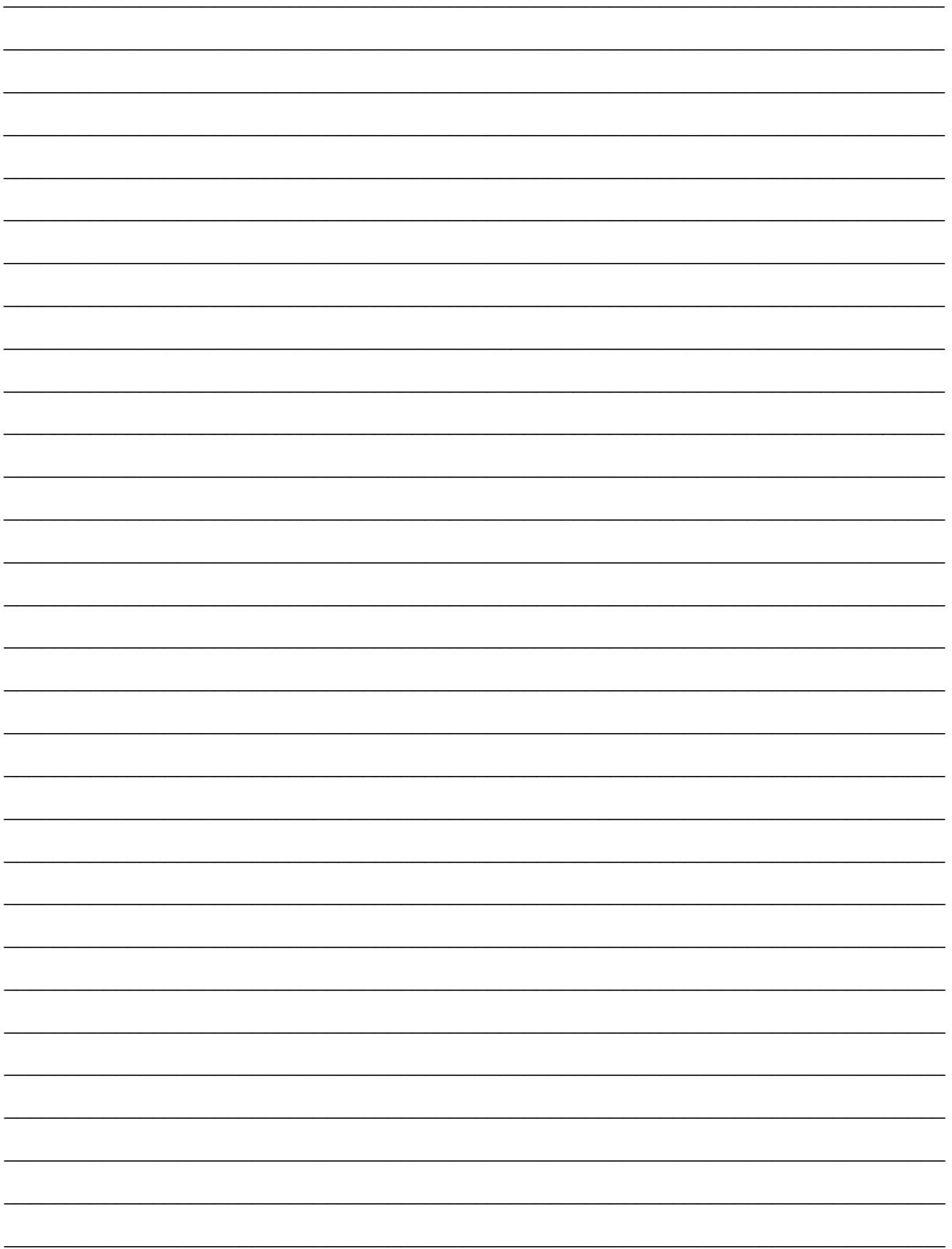
- Почему, когда едущая по дороге машина к нам приближается, звук двигателя выше, а когда, проехав мимо, машина начинает удаляться, звук становится ниже?

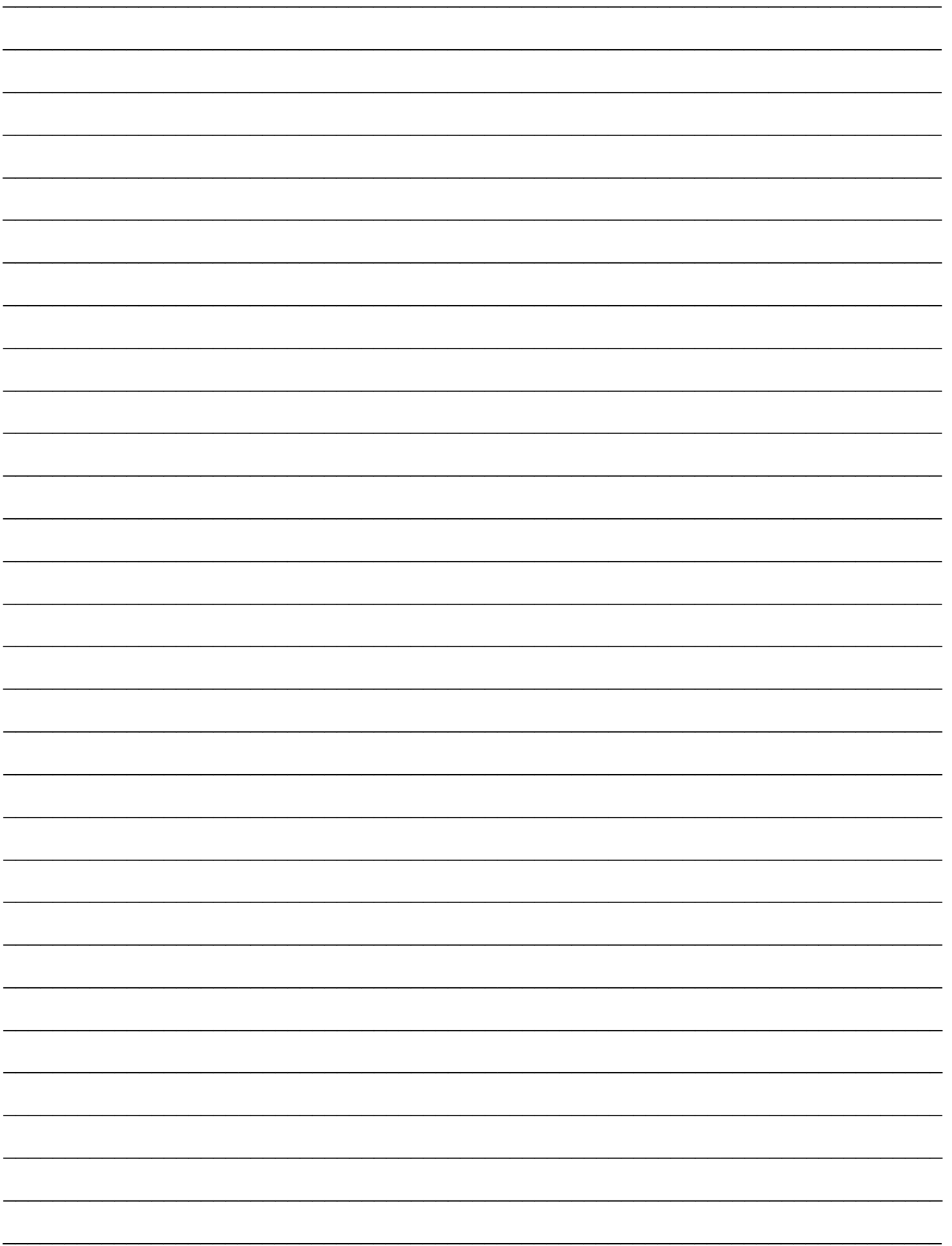
• Почему при замерах сверхвысокочастотного излучения любой шум, приходящий из атмосферы, всегда сильнее не тогда, когда детектор направлен прямо вверх, а когда он наклонен?

2. «Какой же огромный путь мы прошли от Аристотеля и Птолемея, когда Земля считалась центром Вселенной!» — отмечает Хокинг, описывая изменение космологических концепций за последние две с лишним тысячи лет. Вспомните курс физики и составьте схему изменения взглядов человечества на устройство Вселенной от античности до настоящего времени.

3. Как вы думаете, почему долгое время «работа Фридмана оставалась неизвестной на Западе»? И почему в итоге она была оценена по достоинству учеными всего мира?

4. Создайте рисунок, который бы иллюстрировал расширение вселенной.





Текст № 3

Из статьи известного российского ученого, декана факультета нанотехнологий и информатики Московского физико-технического института вы узнаете, какое место нанотехнологии занимают в современной науке и экономике.

М.В. Ковальчук

«Нанотехнологии — фундамент новой наукоемкой экономики XXI века»

Любая научно-техническая система развивается по определенным законам: знания накапливаются, потом они трансформируются в технологии, которые приводят к новым видам производства, и наука, в свою очередь, получает новые импульсы. Но из-за того, что разные части системы развиваются с разной скоростью, возникают естественные «конфликты», которые разрешаются переходом системы на качественно новый уровень. Чаще всего подобный переход совершается революционным путем. В качестве примера можно привести замену классической модели мира, созданной во времена Ньютона, на квантовую картину мира, которая возникла во многом благодаря открытиям Резерфорда и Бора. Итогом стала научно-техническая революция, получившая название «Атомный проект». От фундаментальных исследований перешли к ускорителям, от ускорителей — к атомной бомбе, от атомной бомбы — к атомным реакторам. В результате этой научной революции появилась новая наука, новая энергетика, новые виды вооружений — и в конечном итоге принципиально новое геополитическое лицо мира (рис. 1).



Рис. 1.

Вспомним этапы познания человеком окружающего мира. Еще 300 лет назад в глазах ученых природа была едина и неделима, наука об окружающем мире называлась ес-

тествознанием, а ученый, который пытался этот мир изучать, — естествоиспытателем. Постепенно из этого непознанного целого, по мере развития средств изучения окружающего мира, человек начал вычленять сегменты, доступные для анализа. Таким образом, формировались различные научные дисциплины: математика, физика, химия, биология, геология и т.д. Следующим этапом стала еще более узкая специализация, и в результате на сегодняшний день существуют сотни различных узкоспециальных направлений в науке. Двигаясь по пути все более углубленного анализа окружающего мира, человечество создавало узкоспециализированные области в науке и образовании, определившие, в том числе, и отраслевой принцип развития экономики (рис. 2).



Рис. 2.

Важно отметить, что, продвигаясь по пути узкой специализации, человечество достигло колоссальных результатов. Все, что сегодня создано в области материальной жизни, мы имеем благодаря этой узкоспециализированной системе науки и образования.

Но, с другой стороны, мы зашли в некий тупик, потеряв видение целостной картины мира. Как уже говорилось, создание узкоспециальной системы науки, в свою очередь, определило отраслевой принцип построения экономики. На первом этапе развития все производство состояло из отраслевых технологий: деревообработка, добыча полезных ископаемых, металлургия и др. На следующем этапе появились более сложные «межотраслевые интегрированные» технологии: микроэлектроника, авиация, космонавтика, сложное машиностроение. Однако отраслевой характер экономики сохранялся (рис. 3).



Рис. 3.

В последней четверти XX века на арену вышли информационные технологии, имеющие надотраслевой характер, т.к. они применяются абсолютно во всех отраслях науки и производства (рис. 4а). Информационные технологии явились неким обручем, который объединил все межотраслевые науки. И совсем недавно появились нанотехнологии, внутренняя логика развития которых призвана соединить существующую межотраслевую науку и технологии в единую картину естествознания, но уже на новом, атомном уровне (рис. 4б).



Рис. 4.

Появление нанотехнологий, составляющих основу новой научно-технологической революции, в корне изменит окружающий нас мир, нашу жизнь (рис. 5). Но в отличие от информационных технологий наносфера материальна. Нанотехнологии — это базовый приоритет для всех существующих отраслей, которые изменят и сами информационные технологии. В этом заключается синергизм новой системы.



Рис. 5.

Сто лет назад главная цель науки заключалась в стремлении понять, проанализировать, каким образом устроен окружающий мир. Так, новыми измерительными средствами и приборами можно было, например, измерить углы между гранями кристалла — минерала, определить коэффициент преломления. Затем, благодаря открытию рентгеновского излучения и рентгеновской дифракции, стала «видна» трехмерная структура окружающего нас мира, состоящая из отдельных атомов и молекул.

В дальнейшем человечество продолжало двигаться по этому пути анализа уже в область микромира. Физика элементарных частиц, физика ускорителей, ядерная физика определили лицо цивилизации в XX веке.

В середине прошлого столетия, когда появилась возможность манипулировать атомами, молекулами, ученые начали конструировать из них новые вещества. Были созданы искусственные материалы, хорошо известные нам сегодня: полупроводниковые кристаллы кремния, германия, арсенида галлия и др., диэлектрические кристаллы, в частности лазерные, и даже такие материалы, которые обладают свойствами, не существующими у природных веществ. Большие успехи были достигнуты и в органическом материаловедении — был создан синтетический каучук, целый ряд полимеров и других биоорганических объектов. Таким образом, в середине прошлого столетия, наряду с основной линией развития науки — анализом, начала формироваться новая линия — линия синтеза, когда человечество руками и разумом ученых начало синтезировать искусственные материалы.

Фактически сегодня мы живем при смене парадигмы развития науки. Стало очевидно, что наши знания о мироустройстве достигли такого уровня, что мы способны исследовать практически все. Мы можем высадиться и погулять по Луне, жить автономно много месяцев в космическом корабле или в подводной лодке подо льдами океана. Мы даже можем найти панацею от многих болезней, но это все потребует огромного количества

средств — как материальных, так и интеллектуальных. Главная же проблема заключается в том, что ресурсы ограничены.

Отсюда возникает новая постановка проблемы — нужна строго выстроенная система приоритетов. Существуют тысячи задач, но сегодня, используя те ресурсы, которыми мы располагаем, можно решить лишь малую их часть. Поэтому мы должны из этого множества задач выбрать наиболее приоритетные и сконцентрировать на них усилия.

В целом основная тенденция развития сегодняшней науки связана с возвратом к единой, целостной картине мира. Выделим важнейшие, с нашей точки зрения, черты современного этапа развития научной сферы:

- переход к наноразмеру (технологии атомно-молекулярного конструирования);
- междисциплинарность научных исследований;
- сближение органического (живой природы) и неорганического (металлы, полупроводники и т.д.) миров.

Рассмотрим, к примеру, наиболее выдающиеся технологические достижения в твердотельной микроэлектронике — создание метода молекулярных пучков, или метода молекулярно-лучевой эпитаксии, основу которого составляет высоковакуумная камера, в которой есть источники атомов. Манипулируя потоками атомов разного сорта, можно «посадить» на кристалл, слой за слоем, контролируемым образом различные атомы и построить нужную полупроводниковую структуру. Аналогичный метод для конструирования тонких органических пленок (метод Лэнгмюра-Блоджетт) известен уже давно. В этом смысле мы видим полную аналогию процессов конструирования органических и неорганических материалов и сближение технологических достижений в неорганике с реалиями природного мира органики.

Создание неорганических наноструктур с квантовыми точками — еще одно важное достижение в неорганическом (полупроводниковом) материаловедении. В основе формирования этих структур лежит принцип самоорганизации, а принцип самоорганизации — это базовый принцип живой природы (*рис. 6*).

В течение полувека развития твердотельной микроэлектроники на базе полупроводниковых кристаллов человечество, создав компьютер, подошло к принципам, используемым живой природой. Но мы не смогли создать биокомпьютер, моделирующий человеческий мозг, поскольку биологические структуры крайне сложны и в то же время плохо изучены. Так, в элементарной ячейке кристалла белка насчитываются сотни тысяч атомов. Значительно проще было взять в качестве модели простой кристалл кремния, в котором всего восемь атомов в элементарной ячейке. За десятилетия экспериментов с этими восемью атомами наука очень далеко продвинулась, что дало возможность создать современные компьютеры и информационные технологии. Одновременно с этим очевиден значительный прогресс в изучении структуры биоорганических объектов и принципов их функционирования.



Рис. 6.

Фактически теперь мы можем заниматься атомно-молекулярной архитектурой. Например, создавать бислои — модели мембраны человеческих клеток и изучать их взаимодействие со свободными радикалами, приводящее к старению. Или исследовать взаимодействие мембраны с лекарствами, и даже создавать нанолечения и заниматься нанодиагностикой. Наномембраны уже широко используются в промышленности и в быту для очистки воздуха и разных растворов, питьевой воды, а в медицине — для выделения различных вирусов и гемодиализа. Можно создавать разнообразные нанопленки, структуры с разными свойствами — полупроводники, изоляторы, электропроводящие слои, а также углеродные нанотрубки — сверхлегкие и сверхпрочные, область применения которых невероятно широка — от создания новых веществ в их полости и доставки лекарств в нужное место в организме, до построения сверхпрочного космического лифта.

По сути, мы находимся на пороге создания принципиально новых наноприборов и систем бионического характера, в первую очередь на базе технологий твердотельной микроэлектроники, сочетаемых с возможностями нанобиоорганических систем. Например, всем известные приборы «ночного видения». Для их изготовления были специально разработаны материалы на базе монокристаллов теллурида кадмия, но процесс их синтеза весьма энерго- и ресурсоемкий. Между тем в живой природе у ряда животных (например, у змей) имеются подобные «биодатчики». Благодаря достижениям нанобиотехнологий возможно выделить стволовые клетки из такого природного сенсора, и на их основе «вырастить» инфракрасный детектор биологической природы.

Другой пример — создание аналога человеческого глаза. Глаз — уникальный детектор электромагнитного излучения. Мы видим свет, раскладываем его в спектр, меня-

ем резкость, фокусное расстояние и т.д. С одной стороны, это уникальный оптический прибор. С другой — это биологический объект на основе белка родопсина, в котором протекают сложные биохимические процессы. Так что моделирование глаза — это сложная междисциплинарная задача для большой команды специалистов из разных научных областей: физиков и математиков, химиков и биологов, медиков и физиологов, работающих вместе в рамках единого междисциплинарного центра (рис. 7).



Рис. 7.

Но сегодня вся созданная человечеством узкоспециальная система науки и образования, ее организация и финансирование, в принципе, препятствуют решению подобной междисциплинарной задачи, и должны быть коренным образом перестроены.

Принципиальная особенность нанотехнологической революции состоит еще и в том, что в ее ходе происходит смена парадигмы развития науки. Раньше мы шли «сверху вниз», т. е. двигались в сторону миниатюризации создаваемых предметов. Сейчас мы идем «снизу», с уровня атомов, складывая из них, как из кубиков, нужные материалы и системы с заданными свойствами. Создание материалов с необходимыми свойствами принесет ощутимые выгоды и в экономии энергетических и материальных ресурсов. Сейчас это особенно актуально, т.к. напряженность в энергетическом обеспечении мира нарастает. Устойчивое развитие цивилизации возможно только в случае стабильного энергетического обеспечения. Будущее энергетики во всем мире сегодня связывается с атомной энергией, термоядерным синтезом, водородной энергетикой и другими нетрадиционными источниками — энергией ветра, мирового океана и Солнца. Причем Россия — уникальная часть света, самодостаточная с энергетической

точки зрения, и пока наших ресурсов хватает для полноценного энергоснабжения. Помимо этого, мы имеем все необходимое для развития будущей инновационной энергетики.

Не будет преувеличением утверждение, что атомная энергетика начиналась в нашей стране. Нарождающаяся термоядерная энергетика тоже родом из России, из Курчатковского института (и название термоядерной установки ТОКОМАК — аббревиатура русских слов). Что касается будущей водородной энергетике, то и она тесно связана с развитием атомной энергетике. Поэтому нашу страну можно рассматривать как ключевого игрока на поле альтернативной энергетике будущего, причем как в науке, так и на рынке. Курс на создание новых энергетических мощностей поддержан руководством России.

Но, развивая энергетике, например атомную, нельзя забывать о второй стороне медали. С одной стороны, мы предлагаем строить новые атомные электростанции, с другой — необходимо внедрять новые энергосберегающие технологии, придерживаясь разумного баланса. Говоря об энергосбережении, мы сегодня должны активно использовать нанотехнологии, т.е. технологии конструирования объектов, состоящих в пределе из нескольких молекул или даже атомов. Используя нанотехнологии, мы значительно уменьшаем затраты материалов и энергии. Приведу только один пример. Порядка 20 % всей вырабатываемой на Земле энергии сегодня идет на освещение, но если перейти от ламп к светодиодам (а это нанопродукт в чистом виде), то расходы энергии на освещение сократятся на порядок. Это равнозначно постройке нескольких новых атомных станций (рис. 8).



Рис. 8.

Прогресс в развитии нанотехнологий даст импульс для развития практически всех отраслей экономики, промышленности на ближайшие десятилетия. Нанотехнологии существенно повлияют, таким образом, и на экономический уклад мира.

Россия является одним из важнейших элементов мировой нанотехнологической системы. В настоящее время стартовые позиции в области нанотехнологий и наноматериалов развитых стран, включая Россию, примерно равны. Существуют такие области в нанотехнологиях, в которых российские и советские ученые стали первооткрывателями, получив результаты, положившие начало развитию новых научных течений. У нас производится целый ряд нанопродуктов, востребованных на рынке: наномембраны, нанопорошки, нанотрубки. Большой прорыв сделан в наноэлектронике, успешно внедряются новые открытия в медицину. Рынок нанотехнологий можно условно поделить на три уровня (рис. 9).

РЫНОК ПРОДУКЦИИ НАНОТЕХНОЛОГИЙ		
Готовые продукты, имеющиеся на рынке	Продукты, которые будут готовы к выходу на рынок через 3-5 лет	Продукты, которые будут готовы к выходу на рынок через 8-10 лет
<ul style="list-style-type: none"> • нанодисперсные материалы • покрытия • композиты • керамика • полимерные материалы • катализаторы • мембраны • светодиоды • сенсоры • биочипы 	<ul style="list-style-type: none"> • углеродные материалы • наноэлектронные устройства • средства доставки лекарственных препаратов (нанокапсулы) • микросистемная техника • медицинские диагностикумы 	<ul style="list-style-type: none"> • продукция нанобиотехнологий • гибридные устройства и приборы бионического характера • наноэлектросистемы и устройства

Рис. 9.

Первый — готовые продукты. Это нанодисперсные материалы: покрытия, керамика, композиты, катализаторы, мембраны, светодиоды и др. Второй — продукты, которые будут готовы к выходу на рынок через несколько лет, т. е. в ближнесрочной перспективе. К этой группе можно отнести наноэлектронные устройства, средства доставки лекарств, изделия микросистемной техники, наноуглеродные материалы. Третий — продукты, которые будут готовы в средне- или долгосрочной перспективе через 8-10 и более лет. Это группа продуктов, к которой можно отнести нанобиотехнологии, гибридные приборы и системы и ряд других.

Нанопроjekt по своей значимости, масштабам сравним с атомным или космическим, которые дали развитие сотням новейших высоких технологий, благодаря которым Россия до сих пор по праву относится к передовым высокотехнологичным государствам. Но при этом нанопроjekt значительно превосходит предыдущие по силе и глубине воздействия на экономику и общество.

Всестороннее развитие нанотехнологий должно осуществляться только на принципиально новой междисциплинарной основе. Сейчас работы в области нанотехнологий ведутся различными научными институтами, предприятиями Российской Федерации, многие научные программы по всей стране имеют непосредственную взаимосвязь с нанотехнологиями. Но пока мы не имеем отлаженного механизма организации работ и исследований в этой области. Нанопроjekt должен иметь продуманную и четко функционирующую схему, некое организующее ядро, которым может быть научная организация национального масштаба, обладающая мощной междисциплинарной научно-исследовательской базой и ориентированная на создание конечного продукта.

Фактически мы являемся современниками новой научно-технологической революции. В течение ближайших 10-20 лет полностью изменится экономический уклад мира.

В области нанотехнологий мы находимся в равных стартовых условиях с ведущими мировыми державами. Несмотря на трудности последнего десятилетия, у нас сохранился мощный междисциплинарный потенциал и исследовательско-технологическая база. Для того чтобы обеспечить нашей стране достойное место в новом постиндустриальном мире, необходимо выработать стратегию создания и развития национальной наноиндустрии и объединить усилия государства, научного сообщества и бизнеса для развития новой наукоемкой экономики 21 века.

Источник: Ковальчук М.В. Нанотехнологии — фундамент наукоемкой экономики XXI века // Российские нанотехнологии. 2007. № 1–2. С. 6–11.

Выполните задания к тексту:

1. Выделите ключевые понятия статьи.

3. Объясните, что обозначают приведенные ниже слова. При необходимости воспользуйтесь дополнительными источниками информации.

- Революция —

- Эволюция —

- Отрасль —

- Синергизм —

- Структура —

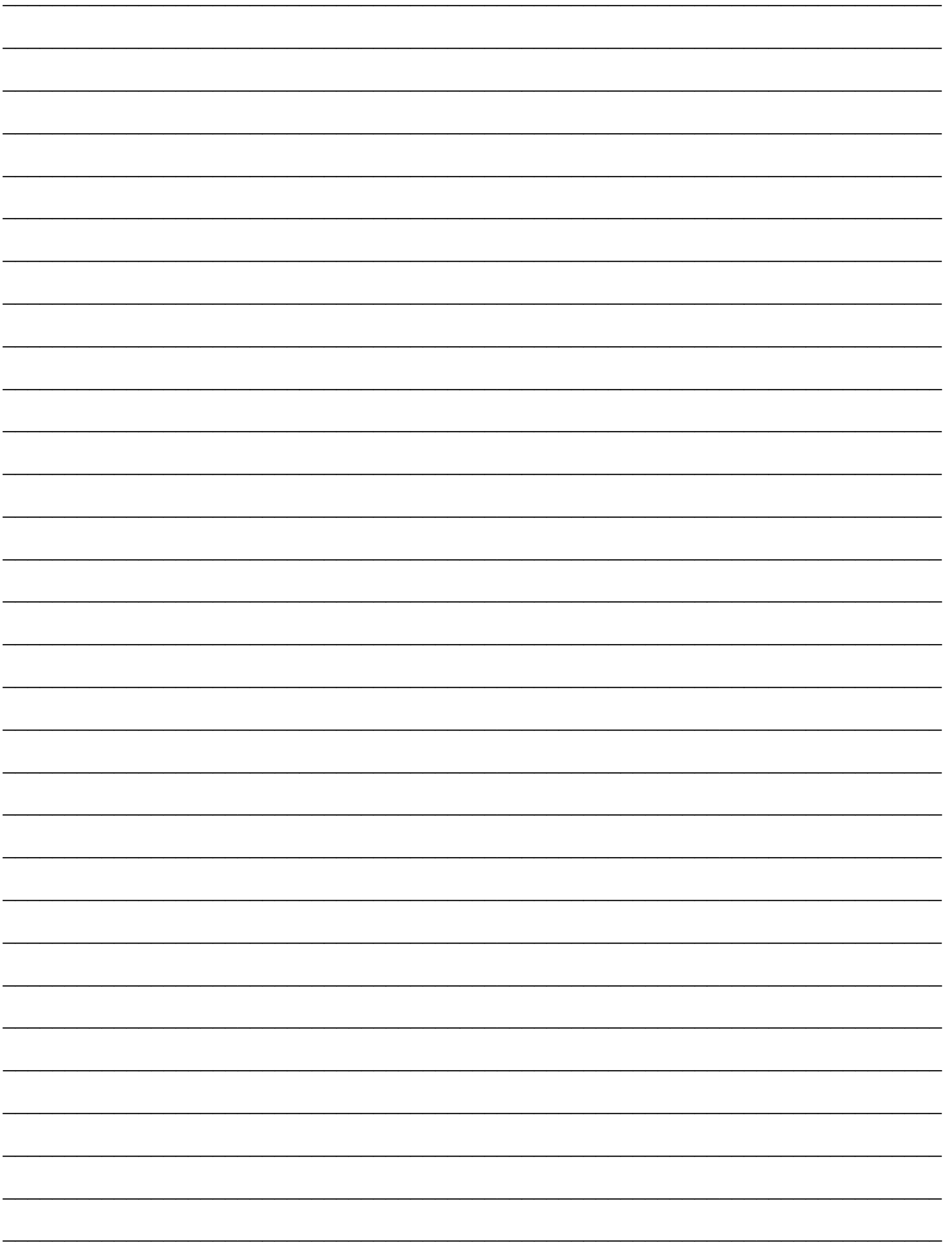
- Синтез —

- Анализ —

- Парадигма —

- Приоритет —

- Тенденция —



Текст № 4

Одного из крупнейших физиков XX века Ричарда Филлипса Фейнмана принято считать отцом-основателем нанотехнологий. Однако Г.В. Эрлих, статью которого вы также найдете в этой рабочей тетради, утверждает, что это не более чем миф. Как бы то ни было, именно Фейнман впервые среди крупных ученых заинтересовался наномиром и поделился своими соображениями с широким кругом коллег. Сделал он это в 1959 году во время лекции, текст которой (с небольшими сокращениями) мы предлагаем вашему вниманию.

Р.Ф. Фейнман

«Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики!»

Мне хочется обсудить одну малоизученную область физики, которая представляется весьма важной и перспективной и может найти множество ценных технических применений. Речь идет о проблеме контроля и управления строением вещества в интервале очень малых размеров. Внизу (т.е. внизу или внутри пространства, если угодно) располагается поразительно сложный мир малых форм, и когда-нибудь (например, в 2000 г.) люди будут удивляться тому, что до 1960 г. никто не относился серьезно к исследованиям этого мира.

Чудеса биологических систем

Поразительны примеры микроскопической, сверхкомпактной записи в биологических системах. В биологии информация не просто записывается, она обрабатывается и используется. Несмотря на то, что сами биологические системы (имеются в виду биоклетки) очень малы, они могут осуществлять весьма разнообразные и очень активные действия: вырабатывать различные вещества, изменять собственную форму и выполнять другие сложные операции. Представьте себе возможности, которые открываются в случае изготовления микроскопических объектов, способных выполнять такие действия!

В сущности, производство таких сверхмалых объектов может быть коммерчески интересным. Например, можно напомнить о некоторых проблемах, связанных с вычислительной техникой. Компьютеры должны хранить огромное количество информации. Очень важно иметь возможность стирать предыдущую информацию и записывать на ее место новую, причем всегда жалко уничтожать материал, на котором осуществляется запись. Однако если для записи требуется лишь ничтожный объем легко воспроизводимого вещества, то материал можно не экономить, а просто выбрасывать после считывания информации.

Миниатюризация компьютеров

Существующие вычислительные машины слишком громоздки, и мне хочется обсудить (не вдаваясь в детали практической реализации предлагаемых идей) возможность существенного изменения их размера. Если, например, диаметр соединяющих проводов будет составлять от 10 до 100 атомов, то размер любой схемы не будет превышать нескольких тысяч ангстрем. Каждый, кто связан с компьютерной техникой, знает о тех возможностях, которые обещает ее развитие и усложнение. Если число используемых элементов возрастет в миллионы раз, то возможности компьютеров существенно расширятся. Они научатся рассуждать, анализировать опыт и рассчитывать собственные действия, находить новые вычислительные методы и т.п. Рост числа элементов приведет к важным качественным изменениям характеристик ЭВМ.

Рассмотрим, например, следующую проблему. Любой из нас без труда воспринимает изображение или лицо другого человека, однако пока не удалось создать компьютер, который был бы способен достаточно быстро воспринимать изображение и распознавать на нем человеческие лица. Разумеется, компьютеры не могут идентифицировать эти лица (пока они способны лишь сопоставить два абсолютно одинаковых изображения). Между тем человек без каких-либо проблем узнает знакомое лицо через много лет, на разных расстояниях или при разном освещении, т. е. микрокомпьютер, заложенный в наш мозг природой, легко справляется с задачей, совершенно непосильной для самых мощных современных вычислительных систем. Причина этого в том, что число логических элементов внутри нашей маленькой черепной коробки (ее можно рассматривать как выполненный из кости корпус этого микрокомпьютера) значительно превышает число элементов в самых высококлассных современных компьютерах, имеющих внушительные размеры. Дело не в том, что существующие компьютеры слишком велики, а в том, что элементы мозга имеют микроскопические размеры, и это наводит меня на мысль о создании субмикроскопических элементов.

Миниатюризация методами напыления

Естественно, нужно задуматься о методах создания таких устройств. Как можно изготавливать такие сверхмалые элементы и какие производственные процессы должны для этого применяться? При мысли об использовании заданным образом расположенных атомов вспоминаются возможности применения тонких напыленных слоев из атомов проводников и изоляторов. Действительно, уже сейчас мы умеем формировать напылением нужные конфигурации, содержащие все требуемые крошечные элементы электрических схем (катушки, конденсаторы, транзисторы и т. п.) в необходимом порядке.

Однако хочется предложить, хотя бы в шутку, и совсем другие методы. Почему бы, например, не производить крошечные компьютеры теми же методами, какими мы производим большие? Почему бы не научиться обрабатывать микроскопические объекты точно так же, как обрабатываются большие изделия, т.е. научиться штамповать или отливать их, сверлить в них отверстия, резать, паять и т.п.?

Давайте всерьез задумаемся над тем, что мешает создать сверхмалую копию какого-либо механического устройства, например обычного автомобиля? Прежде всего должны возникнуть проблемы с точностью обработки деталей. Предположим, что автомобиль изготавливается с точностью 10^{-5} м (при меньшей точности поршни будут, например, застревать в цилиндрах двигателя и работа машины будет нарушена). При микроскопической обработке следует позаботиться о размерах порядка атомных. Копия автомобиля, уменьшенного в 4000 раз, будет иметь в длину около 1 мм, так что указанная выше стандартная точность обработки деталей двигателя (10^{-5} м) должна в крошечной модели соответствовать размерам порядка 10 атомов (разумеется, если несколько снизить требования к эксплуатационным характеристикам этого микроавтомобиля, то можно дополнительно уменьшить его размеры).

Обсуждение проблем, связанных с созданием столь малых механизмов, ставит перед нами ряд интересных физических проблем. Уменьшение размеров ведет, естественно, к соответствующему уменьшению массы и площадей контактов, так что некоторые параметры механизмов (например, масса и силы инерции) теряют свое значение. Другими словами, мы можем просто считать, что прочность используемых материалов значительно возросла. Более того, механические напряжения и связанные с ними деформации (возникающие, например, во вращающихся деталях) должны значительно уменьшиться (они останутся неизменными лишь в том случае, если скорость вращения возрастет во столько же раз, во сколько уменьшатся размеры). В то же время следует помнить и о зернистой структуре металлов, из-за чего на микроуровне могут возникнуть серьезные проблемы, обусловленные микронеоднородностью материалов. Поэтому, возможно, сверхмалые механизмы следовало бы изготавливать из аморфных веществ, обладающих высокооднородной структурой (типа пластиков или стекол).

Некоторые проблемы могут возникнуть и при изготовлении деталей электрооборудования (на пример, медных проводов или магнитных устройств), поскольку магнитные свойства объектов существенно зависят от их размеров (это связано с так называемой доменной структурой магнитных материалов). Поэтому нам придется задуматься о возможностях создания и использования магнитов, состоящих не из миллионов доменов (как принято считать в физике), а из одного единственного домена. Разумеется, схему электропитания автомобиля нельзя просто уменьшить в несколько тысяч раз, а следует существенно изменить. Но я не считаю, что при этом могут возникнуть какие-то принципиальные осложнения.

Проблемы смазки

Гораздо более важные проблемы должны возникнуть при обеспечении смазки таких сверхмалых механизмов.

Дело в том, что вязкость смазочных масел растет по мере уменьшения размера зазоров (и при соответствующем увеличении скорости). Если не стремиться к очень высоким скоростям и применять вместо масла керосин или другие жидкости, то ситуация мо-

жет оказаться небезнадежной. Однако я хочу обратить внимание на то, что реально можно обойтись, вероятно, вообще без смазки! Существует масса других возможностей. Например, микроскопические подшипники смогут работать и в сухом состоянии, поскольку выделяющееся в таких устройствах тепло может рассеиваться настолько легко и быстро, что подшипники не будут нагреваться.

Однако мгновенный отвод тепла в микрообъемах не позволит нагреть до достаточной температуры бензин в камере сгорания, вследствие чего в микроавтомобильчиках нельзя использовать привычные двигатели внутреннего сгорания. Придется поискать какие-то другие химические реакции, позволяющие получать энергию при низких температурах (возможно, наилучшим решением станет просто подача электроэнергии от внешнего источника).

Сотни крошечных манипуляторов

Я думаю о создании системы с электрическим управлением, в которой используются изготовленные обычным способом обслуживающие роботы в виде уменьшенных в четыре раза копий рук оператора. Такие микромеханизмы смогут легко выполнять операции в уменьшенном масштабе. Я говорю о крошечных роботах, снабженных серводвигателями и маленькими руками, которые могут закручивать столь же маленькие болты и гайки, сверлить очень маленькие отверстия и т. д. Короче говоря, они смогут выполнять все работы в масштабе 1:4. Для этого, конечно, сначала следует изготовить необходимые механизмы, инструменты и руки-манипуляторы в одну четвертую обычной величины (на самом деле, ясно, что это означает уменьшение всех поверхностей контакта в 16 раз). На последнем этапе эти устройства будут оборудованы серводвигателями с уменьшенной в 16 раз мощностью и присоединены к обычной системе электрического управления. После этого можно будет пользоваться уменьшенными в 16 раз руками-манипуляторами! Сфера применения таких микророботов, а также микромашин может быть довольно широкой — от хирургических операций до транспортирования и переработки радиоактивных материалов.

Я надеюсь, что принцип предлагаемой программы, а также связанные с ней неожиданные проблемы и блестящие возможности понятны. Более того, можно задуматься о возможности дальнейшего существенного уменьшения масштабов, что, естественно, потребует дальнейших конструкционных изменений и модификаций (кстати, на определенном этапе, возможно, придется отказаться от рук привычной формы), но позволит изготовить новые, значительно более совершенные устройства описанного типа.

Ничто не мешает продолжить этот процесс и создать сколько угодно крошечных станков, поскольку не имеется ограничений, связанных с размещением станков или их материалоемкостью. Их объем будет всегда намного меньше объема прототипа. Легко рассчитать, что общий объем 1 млн. уменьшенных в 4000 раз станков (а следовательно, и масса используемых для изготовления материалов) будет составлять менее 2 % от объема и массы обычного станка нормальных размеров.

Понятно, что это сразу снимает и проблему стоимости материалов. В принципе можно было бы организовать миллионы одинаковых миниатюрных заводиков, на которых крошечные станки непрерывно сверлили бы отверстия, штамповали детали и т. п.

По мере уменьшения размеров мы будем постоянно сталкиваться с очень необычными физическими явлениями. Все, с чем приходится встречаться в жизни, зависит от масштабных факторов. Кроме того, существует еще и проблема слипания материалов под действием сил межмолекулярного взаимодействия (так называемые силы Ван-дер-Ваальса), которая может приводить к эффектам, необычным для макроскопических масштабов.

Например, гайка не будет отделяться от болта после откручивания, а в некоторых случаях будет плотно приклеиваться к поверхности и т.д. Существует несколько физических проблем такого типа, о которых следует помнить при проектировании и создании микроскопических механизмов.

Атомная архитектура

И наконец, рискну предложить еще одну идею (рассчитанную, возможно, лишь на очень далекое будущее), которая мне представляется исключительно интересной.

Речь идет о возможности располагать атомы в требуемом порядке — именно атомы, самые мелкие строительные детали нашего мира! Что произойдет, когда мы научимся реально выстраивать или укладывать атомы поштучно в заданной последовательности (разумеется, при этом будут сохраняться какие-то ограничения, например укладка атомов в структуры, соответствующие нестабильным химическим соединениям).

С древних времен человечество старательно добывает из недр Земли минералы, перерабатывает их в огромных количествах и изготавливает из них различные предметы. Мы заботимся о химической чистоте веществ, о составе и уровне примесей и т. д., однако при этом мы всегда работаем с тем набором и распределением атомов, которые предоставляет нам природа. Например, у нас нет возможности изучать или использовать вещество с шахматной структурой, где атомы примесей аккуратно располагаются на расстоянии 100 нм друг от друга.

Мы даже не очень задумываемся над тем, что можно сделать со слоистой структурой, состоящей из правильно уложенных слоев атомов. Какими свойствами, вообще говоря, могут обладать материалы, построенные из атомов, которые мы сами будем располагать в заданном порядке? Это очень интересный вопрос с точки зрения чистой теории, и я уверен (хотя, конечно, на эту тему нельзя пока сказать ничего определенного), что, научившись регулировать и контролировать структуры на атомном уровне, мы получим материалы с совершенно неожиданными свойствами и обнаружим совершенно необычные эффекты.

Предположим, например, что мы создали кусочек вещества, внутри которого сформированы маленькие электрические цепи из конденсаторов и катушек индуктивности (или их твердотельные аналоги). Такие цепи, с размером от 100 до 1000 нм, могут

быть снабжены антеннами и, будучи взаимосвязаны, могут покрывать довольно значительную площадь. Такие наборы сетей и антенн обычного размера уже в настоящее время широко используются для излучения радиоволн, поэтому существует вероятность, что аналогичный набор атомарных антенн будет излучать световые волны или даже точно направленные пучки света.

Применительно к сверхмалым электрическим цепям наиболее важными представляются проблемы, связанные с электрическим сопротивлением. Дело в том, что с уменьшением размеров цепи ее собственная частота возрастает (поскольку длины волн собственных колебаний уменьшаются), однако толщина поверхностного слоя (так называемого скин-слоя) при этом уменьшается пропорционально лишь квадратному корню из характерного размера, вследствие чего при расчете электрического сопротивления должны возникать дополнительные сложности. Возможно, впрочем, что эти проблемы удастся решить, используя какие-либо специальные технические приемы (сверхпроводимость при достаточно низкой частоте и т.п.).

При переходе к изучению самых маленьких объектов предлагаемого типа (например, электрических цепей, составленных из нескольких атомов) мы сталкиваемся со многими разнообразными явлениями, создающими новые возможности. Поведение отдельных атомов подчиняется законам квантовой механики и не имеет аналогов в макроскопическом масштабе, поэтому внизу мы будем постоянно наблюдать новые закономерности и эффекты, предполагающие новые варианты использования. Например, очень возможно, что в мире атомов, вместо привычных электрических цепей, мы научимся работать с квантовыми уровнями энергии, с взаимодействиями квантовых спинов и т.п.

Известные нам принципы физики не запрещают создавать объекты атом за атомом. Манипуляция атомами, в принципе, вполне реальна и не нарушает никаких законов природы. Практические же трудности ее реализации обусловлены лишь тем, что мы сами являемся слишком крупными и громоздкими объектами, вследствие чего нам сложно осуществлять такие манипуляции.

И наконец, размышляя в этом направлении, мы доходим до проблем химического синтеза. Сейчас химики используют для синтеза сложные и разнообразные приемы. Как только физики создадут устройства, способные оперировать отдельными атомами, многие методы традиционного химического синтеза могут быть заменены приемами атомной сборки. Мне представляется особенно интересным то, что физики, в принципе, действительно могут научиться синтезировать любое вещество, исходя из записанной химической формулы. Химики будут заказывать синтез, а физики — просто укладывать атомы в предлагаемом порядке. Развитие техники манипуляции на атомарном уровне (а я убежден, что этого нам просто не избежать) позволит решить многие проблемы химии и биологии.

Источник: Фейнман Р.Ф. Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики! / Пер. с англ. А. Хачояна // Российский химический журнал. 2002. № 5. Т. XLVI. С. 4–6.

2. Найдите в тексте лекции ответы на вопросы:

- Какие физические принципы не позволяют конструировать объекты из отдельных атомов?

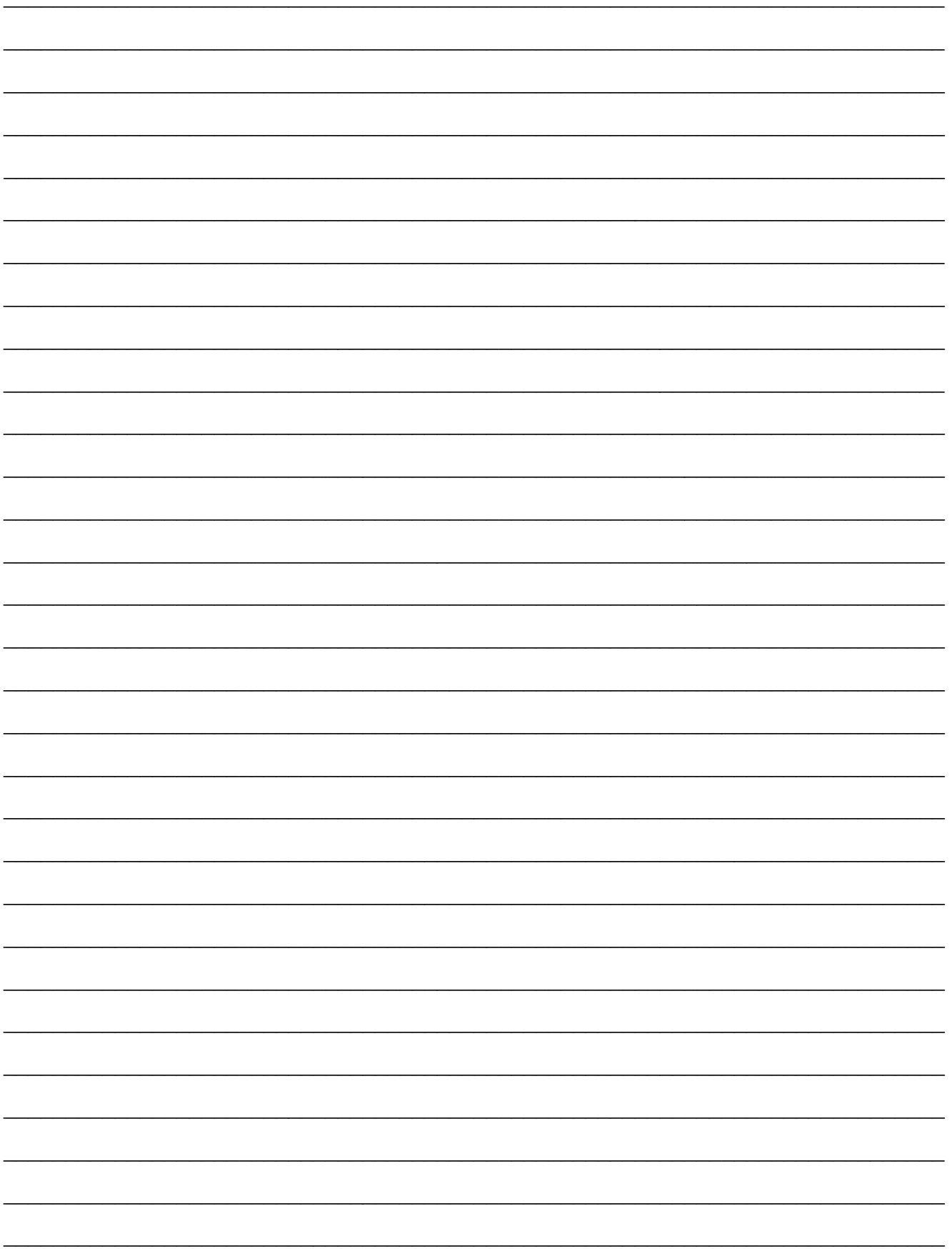
- В чем, по мнению Фейнмана, заключается причина превосходства человеческого мозга над современными ему компьютерами?

- Почему кузов автомобиля длиной в миллиметр скорее всего не будет металлическим?

3. Современник Фейнмана, присутствовавший на лекции, утверждал, что большинство слушателей не восприняло физика всерьез. Проще говоря, коллеги Фейнмана решили, что он шутит. Согласны ли вы с ними? Приведите не менее трех аргументов в поддержку своего мнения.

4. Нарисуйте кластер к лекции Фейнмана.

5. Придумайте и опишите свой вариант механизма, с помощью которого можно было бы делать очень маленькие предметы.



Текст № 5

Американский инженер Ким Эрик Дрекслер занимался серьезными исследованиями и работал в NASA. Но широкую известность он получил, выпустив в 1986 году книгу «Машины создания», в которой впервые ввел термин «нанотехнологии». На данный момент доказано, что многие из идей Дрекслера невозможно воплотить в принципе. Но, тем не менее, именно благодаря Дрекслеру к нанотехнологиям до сих пор приковано огромное внимание не только ученых, но и далеких от науки людей.

К.Э. Дрекслер «Машины создания. Грядущая эра нанотехнологий», из главы 1. «Машины строительства»

Два Стиля Технологии

Наша современная технология основывается на древней традиции. Тридцать тысяч лет назад обтесывание камня было высокой технологией. Наши предки брали камни, содержащие триллионы триллионов атомов, и удаляли слои, содержащие миллиарды триллионов атомов, чтобы сделать их наконечники для стрел. Они делали прекрасную работу с мастерством, трудновоспроизводимым сегодня. Также они делали рисунки на стенах пещер во Франции распылением краски, используя свои руки и трафареты. Позже они делали горшки обжиганием глины, потом — бронзу, обжигая породу. Они придавали бронзе форму, выковывая ее. Они делали железо, потом сталь, и придавали им форму, нагревая, выковывая и снимая стружку.

Мы теперь готовим чистую керамику и более прочные стали, но мы все еще придаем им форму с помощью выковывания, снятия стружки и т.п. Мы готовим чистый кремний, пилим его в пластины и делаем рисунок на поверхности, используя крошечные трафареты и пучки света. Мы называем эти изделия «чипами» и считаем, что они удивительно малы, по крайней мере, в сравнении с наконечниками стрел...

Эти микросхемы могут считаться маленькими в стандартах тесальщиков кремня, но каждый транзистор все еще содержит триллионы атомов, и так называемые «микрокомпьютеры» все еще видимы невооруженным глазом. По стандартам более новой, более мощной технологии они будут выглядеть гигантскими.

Древний стиль технологии, который можно проследить от чипов кремня до кремниевых чипов, обращается с атомами и молекулами в больших совокупностях; назовем это балк-технологией (bulk — оптовый). Новая технология будет манипулировать индивидуальными атомами и молекулами, под контролем и прецизионно, — назовем такую технологию молекулярной. Она изменит наш мир в большем количестве областей, чем мы можем вообразить.

Микросхемы имеют части, измеряемые в микрометрах, то есть в миллионных долях метра, но молекулы измеряются в нанометрах (в тысячу раз меньше). Мы можем использовать термины «нанотехнология» и «молекулярная технология» взаимозаменяемо для описания нового вида технологии. Разработчики новой технологии будут строить и наносхемы, и наномашин.

Молекулярная технология сегодня

Одно из определений машины по словарю — «любая система, обычно из твердых частей, сформированных и связанных так, чтобы изменять, передавать и направлять используемые силы определенным способом для достижения определенной цели, такой как выполнение полезной работы». Молекулярные машины подходят под это определение вполне хорошо.

Чтобы представить себе эти машины, нужно сначала дать наглядное представление о молекулах. Мы можем изобразить атомы как бусинки, а молекулы как группы бусинок, подобно детским бусам, соединенным кусочками нитки. На самом деле, химики иногда представляют молекулы наглядно, строя модели из пластмассовых бусинок (некоторые из которых связаны в нескольких направлениях чем-то, подобным спицам в наборе Tinkertoy). Атомы имеют круглую форму подобно бусинам, и хотя молекулярные связи — не кусочки нитки, наша картинка, как минимум, дает важное представление о том, что связи могут быть порваны и восстановлены.

Если атом был бы размером с маленький мраморный шарик, довольно сложная молекула была бы размером с кулак. Это дает полезный мысленный образ, но на самом деле размер атома — около 1/10 000 размера бактерии, а размер бактерии — около 1/10 000 размера комара. (Размер ядра атома, однако, составляет около 1/100.000 размера самого атома; разница между атомом и ядром — это разница между огнем и ядерной реакцией).

Вещи вокруг нас действуют как они действуют в зависимости от того, как ведут себя их молекулы. Воздух не держит ни форму, ни объем, потому что молекулы двигаются свободно, сталкиваясь и отскакивая рикошетом в открытом пространстве. Молекулы воды держатся вместе в процессе перемещения, поэтому вода сохраняет постоянный объем в процессе изменения своей формы. Медь сохраняет свою форму, потому что ее атомы связаны друг с другом в определенную структуру; мы можем согнуть ее или ковать ее, потому что ее атомы скользят друг относительно друга, оставаясь при этом связанными вместе. Стекло разбивается, когда мы ударяем по нему молотком, потому что его атомы отделяются друг от друга раньше, чем начинают скользить. Резина состоит из цепочек перекрученных молекул, подобно клубку веревок. Когда ее растягивают и отпускают, ее молекулы распрямляются и сворачиваются опять. Эти простые молекулярные схемы образуют пассивные вещества. Более сложные схемы образуют активные наномашин живых клеток.

Биохимики уже работают с этими машинами, которые в основном состоят из белка — основного строительного материала живых клеток. Эти молекулярные машины имеют относительно немного атомов, и они имеют бугорчатую поверхность, подобно объектам, сделанным склеиванием вместе горстки мраморных шариков. Также многие пары атомов связаны связями, которые могут сгибаться и вращаться, поэтому белковые машины необычно гибки. Но подобно всем машинам, они имеют части различной формы и размеров, которые выполняют полезную работу. Все машины используют группы атомов в качестве своих частей. Просто белковые машины используют очень маленькие группы.

Биохимики мечтают о проектировании и создании таких устройств, но есть трудности, которые еще необходимо преодолеть. Инженеры используют лучи света, чтобы наносить схемы на кремниевые чипы, но химики вынуждены использовать намного более сложные методы, чем этот. Когда они комбинируют молекулы в различных последовательностях, у них есть ограниченный контроль над тем, как молекулы соединяются. Когда биохимикам нужны сложные молекулярные машины, они по-прежнему должны заимствовать их из клеток. Однако продвинутое молекулярные машины, в конечном счете, позволят им строить наносхемы или наномашин так же просто и непосредственно, как сейчас инженеры строят микросхемы и мочные машины. После этого прогресс станет впечатляюще стремительным.

Генные инженеры уже показывают путь. Обычно, когда химики делают молекулярные цепи, называемые «полимерами», — они сваливают молекулы в сосуд, где они в жидкости сталкиваются и связываются случайным образом. Появляющиеся в результате цепи имеют различные длины, а молекулы связываются без какого-либо определенного порядка.

Но в современных машинах генного синтеза генные инженеры строят более организованные полимеры — специфические молекулы ДНК, соединяя молекулы в определенном порядке. Эти молекулы — нуклеотиды ДНК (буквы генетического алфавита), и генные инженеры не сваливают их все вместе. Вместо этого они заставляют машины добавлять различные нуклеотиды в определенной последовательности, чтобы составить определенную фразу. Вначале они связывают один тип нуклеотидов с концом цепи, потом они вымывают лишний материал и добавляют химические вещества, чтобы подготовить конец цепи к связыванию со следующим нуклеотидом. Они растягивают цепи, нанизывая нуклеотиды по одному за раз в запрограммированном порядке. Они прицепляют самый первый нуклеотид в каждой цепи к твердой поверхности, чтобы удержать цепь от размывания химической средой, в которой она находится. Таким образом, они заставляют большую неуклюжую машину собирать определенные молекулярные структуры из частей, которые в сотни миллионов раз меньше, чем она сама.

Но этот слепой процесс сборки случайно пропускает в некоторых цепях нуклеотиды. Вероятность ошибок растет, поскольку цепи становятся более длинными. Подобно рабочим, откладывающим в сторону плохие части перед сборкой автомобиля, генные

инженеры уменьшают ошибки, отбраковывая плохие цепи. Далее, чтобы соединить эти короткие цепи в работающие гены (обычно длиной в тысячи нуклеотидов), они обращаются к молекулярным машинам, имеющимся в бактериях.

Эти белковые машины, называемые ферментами ограничения, интерпретируют некоторые последовательности ДНК как «резать здесь». Они считывают эти участки гена контактно, приликая к ним, и они разрезают цепь, меняя порядок нескольких атомов. Другие ферменты соединяют части вместе, «читая» соответствующие части как «склеить здесь», аналогично «читают» цепи выборочным прилипанием и соединяют их, изменяя порядок нескольких атомов. Используя генные машины для чтения, а ферменты ограничения для разрезания и склеивания, генные инженеры могут написать и отредактировать любую фразу ДНК, которую захотят.

Но сама по себе ДНК — довольно бесполезная молекула. Она не является прочной как кевлар, не обладает цветом как красители, не активна подобно ферменту, все же она имеет нечто такое, что промышленность готова тратить миллионы долларов, чтобы это использовать, — способность направить молекулярные машины, называемые рибосомами. В клетках молекулярные машины вначале производят транскрипцию ДНК, копируя информацию с нее на «ленты» РНК. Далее, подобно старым машинам, управляемым цифровым кодом, записанным на ленте, рибосомы строят белки, основываясь на инструкциях, хранящихся на нитках РНК. А уже белки полезны.

Белки, подобно ДНК, походят на бугорчатые нити бусинок. Но в отличие от ДНК, молекулы белка сворачиваются, чтобы образовывать маленькие объекты, способные что-то делать. Некоторые — ферменты, машины, которые создают и разрушают молекулы (а также копируют ДНК, расшифровывают их и строят другие белки в этом же жизненном цикле). Другие белки — гормоны, связывающиеся с другими белками, чтобы давать сигналы клеткам изменять свое поведение. Генные инженеры могут производить эти объекты с небольшими затратами, направляя дешевые и эффективные молекулярные машины внутрь живых организмов для выполнения этой работы. В то время как инженеры, управляющие химическим заводом, должны работать с цистернами реагирующих химических веществ (которые часто приводят атомы в беспорядок и выделяют вредные побочные продукты), инженеры, работающие с бактериями, могут заставлять их абсорбировать химические вещества, аккуратно изменяя порядок атомов, и сохранять продукт или высвободить его в жидкость вокруг них.

Генные инженеры сейчас запрограммировали бактерии делать белки, от человеческого гормона роста до ренина, фермента, используемого при создании сыра. Фармацевтическая компания Eli Lilly (Индианаполис) сейчас продвигает на рынок Хьюмулин, молекулы инсулина человека, произведенные бактериями.

Второе поколение Нанотехнологии

Несмотря на универсальность, белок имеет недостатки как технический материал. Белковые машины перестают функционировать при высушивании, замерзают при охла-

ждении и свариваются при нагревании. Мы не строим машины из плоти, волос и желатина; за многие столетия мы научились использовать свои руки из плоти и костей, чтобы строить машины из дерева, керамики, стали и пластмассы. Аналогично мы будем поступать в будущем. Мы будем использовать протеиновые машины, чтобы строить наномашин из более прочного вещества, чем белки.

Как только нанотехнология двинется дальше использования белков, она будет становиться более обычной с точки зрения инженера. Молекулы будут собираться подобно компонентам набора монтажника, а хорошо связанные части будут оставаться на своих местах. Так же как обычные инструменты строят обычные машины из частей, так же и молекулярные инструменты будут связывать молекулы так, чтобы образовывать крошечные двигатели, моторы, рычаги, обшивки и собирать их в сложные машины.

Части, содержащие только несколько атомов, будут бугристыми, но инженеры могут работать с бугристыми частями, если они имеют гладкие подпорки, их поддерживающие. Достаточно удобно, некоторые связи между атомами делают прекрасные подпорки; часть может быть установлена посредством единственной химической связи, которая будет позволять поворачивать ее свободно и плавно. Так как подпорка может быть сделана с использованием только двух атомов (и поскольку для движущихся частей нужно лишь несколько атомов), наномашин могут на самом деле иметь механические компоненты размера молекулы.

Как эти усовершенствованные машины будут построены? За эти годы инженеры использовали технологию, чтобы улучшить технологию. Они использовали металлические инструменты, чтобы оформлять металл в лучшие инструменты, и компьютеры, чтобы проектировать и программировать лучшие компьютеры. Они будут аналогично использовать белковые наномашин, чтобы строить лучшие наномашин. Ферменты указывают путь: они собирают большие молекулы, «выхватывая» маленькие молекулы из воды, в которой они находятся, и удерживают их вместе так, что образуются связи. Ферменты собирают этим способом ДНК, РНК, белки, жиры, гормоны и хлорофилл — на самом деле, практически весь спектр молекул, обнаруживаемых в живых организмах.

Далее инженеры-биохимики будут строить новые ферменты, чтобы собрать новые структуры атомов. Например, они могли бы делать ферментоподобную машину, которая будет присоединять углеродистые атомы к маленькому пятнышку, слой на слой. Будучи правильно связаны, атомы будут наращиваться и формировать прекрасное, гибкое алмазное волокно, более чем в пятьдесят раз прочнее, чем алюминий того же веса. Аэрокосмические компании будут выстраиваться в очередь, чтобы покупать такое волокно тоннами, чтобы делать детали с улучшенными характеристиками (это показывает только одну маленькую причину, почему конкуренция в военной сфере будет двигать молекулярную технологию вперед, как она двигала многие сферы в прошлом).

Но действительно большой прогресс будет тогда, когда белковые машин будут способны делать структуры более сложные, чем простые волокна. Эти программируемые белковые машин будут походить на рибосомы, программируемые РНК, или старое

поколение автоматизированных станков, программируемое перфорированными лентами. Они откроют новый мир возможностей, позволяя инженерам избежать ограничения белков для построения прочных компактных машин прямым проектированием.

Проектируемые белки будут расщеплять и соединять молекулы, как это делают ферменты. Существующие белки связывают множество меньших молекул, используя их как химические инструменты; заново проектируемые белки будут использовать все эти инструменты и т.д.

Далее, органические химики показали, что химические реакции могут приносить замечательные результаты, расставляя молекулы по нужным местам даже без наномашин. Химики не имеют никакого прямого контроля над кувыркающимися движениями молекул в жидкости, поэтому молекулы свободны реагировать любым образом, которым они могут, в зависимости от того, как они сталкиваются. Однако химики, тем не менее, добиваются, чтобы реагирующие молекулы образовывали правильные структуры, такие как кубические или двенадцатигранные молекулы, и образовывать структуры, выглядящие невероятно, такие как молекулярные кольца с высоконапряженными связями. Молекулярные машины будут иметь еще большую неустойчивость в образовании связей, потому что они могут использовать подобные молекулярные движения для образования связей, но они могут выполнять эти движения такими способами, какими не могут химики.

Действительно, поскольку химики еще не могут направить молекулярные движения, они редко способны собирать сложные молекулы в соответствии с определенными планами. Самые большие молекулы, которые они могут делать с определенными сложными структурами, — это линейные цепи. Химики формируют эти структуры (как в механизмах гена), добавляя молекулы по одной последовательно к растущей цепи. Только с одним возможным участком связывания в цепи они могут быть уверены, что добавили следующую часть в правильном месте.

Но если округленная, бугристая молекула имеет, скажем, сотню водородных атомов на своей поверхности, как химики могут отколоть только один специфический атом (5 атомов вверх и 3 атома по диагонали спереди на выпуклости), чтобы добавить что-либо на его место? Смешивание вместе простых химикалий редко делает эту работу, поскольку маленькие молекулы редко могут выбрать специфические места, с которыми надо реагировать в больших молекулах. Но протеиновые машины будут более избирательными.

Гибкая, программируемая белковая машина схватит большую молекулу (объект работы), в то время как маленькая молекула будет установлена именно напротив правильного места. Подобно ферменту, она тогда свяжет молекулы вместе. Привязывая молекулу за молекулой к собираемому куску, машина будет собирать все большую и большую структуру, в то время как будет сохраняться полный контроль над тем, как его атомы упорядочены. Это есть ключевое умение, которым не обладают химики.

Подобно рибосомам, такие наномашины могут работать под управлением молекулярных лент. В отличие от рибосом, они будут иметь дело с широким разнообразием маленьких молекул (не только аминокислот) и присоединять их к собираемому объекту не только в конце цепи, но и в любом желаемом месте. Белковые машины, таким образом, объединят расщепляющие и склеивающие способности ферментов с возможностью программирования рибосом. Но в то время как рибосомы могут строить только неплотные складки белка, эти белковые машины будут строить маленькие, твердые объекты из металла, керамики или алмаза — невидимо маленькие, но прочные.

Так как наши пальцы из плоти подвержены ушибам или ожогам, мы обращаемся к стальным клещам. Там, где белковые машины, вероятно, могут быть разрушены или распадутся, мы обратимся к наномашинам, сделанным из более жесткого материала.

Универсальные ассемблеры

Это второе поколение наномашин, построенных не просто из белков, они будут делать все, что могут делать белки, и более того. В частности, некоторые будут служить как усовершенствованные устройства для сборки молекулярных структур. Устойчивые к кислоте или вакууму, замораживанию или нагреву, в зависимости от цели использования, ферментоподобные машины второго поколения будут способны использовать в качестве «инструментов» почти любую из молекул, используемых химиками в реакциях, но они будут с ними обращаться с точностью программируемых машин. Они будут способны связать атомы для получения практически любой устойчивой структуры, добавляя понемногу за раз к поверхности рабочего куска до тех пор, пока сложная структура не будет завершена. Думайте о наномашинах как об ассемблерах.

Поскольку ассемблеры позволят нам размещать атомы почти любым разумным образом (как — это обсуждается в Примечаниях), они позволят нам строить почти все что угодно, чему законы природы позволяют существовать. В частности, они позволят нам строить почти все что угодно, что мы можем разработать, включая новые ассемблеры. Последствия этого будут глубокими, потому что наши грубые инструменты позволяют нам исследовать только малую часть всего спектра возможностей, которые позволяет природа. Ассемблеры откроют мир новых технологий.

Успехи в медицинских, космических, вычислительных, военных технологиях — все они зависят от нашей способности упорядочивать атомы. С ассемблерами мы будем способны повторно переделать наш мир или уничтожить его. На этом этапе кажется разумным отступить назад и посмотреть настолько внимательно, насколько это возможно, чтобы убедиться, что ассемблеры и нанотехнология — не просто футурологический миф.

Источник: Дрекслер К.Э. Машины создания. Грядущая эра нанотехнологий // <http://www.mista.ru/nano/chapter01.html> (17.11.2010)

Выполните задания к тексту:

1. Заполните пропуски:

• Нанометр — это единица измерения расстояния, равная одной _____ доле метра.

• _____ называются белки, связывающиеся с другими белками, чтобы давать сигналы клеткам изменять свое поведение.

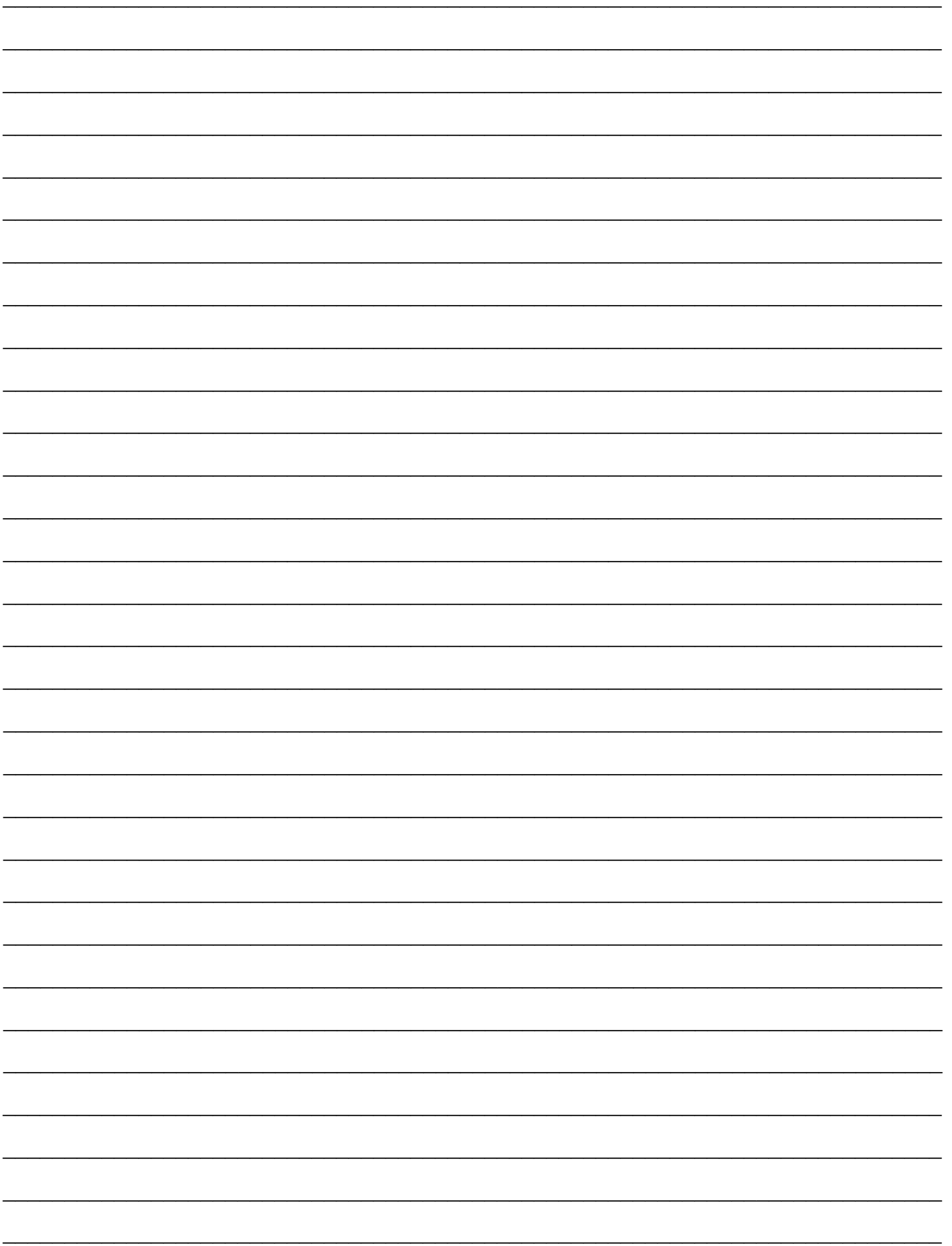
• Белки, которые создают и разрушают молекулы, а также копируют ДНК, расшифровывают их и строят другие белки, — это _____.

• Русским, не заимствованным, синонимом слова ассемблер будет слово _____.

2. Может ли, по мнению Дрекслера, химия стать основой нанотехнологий, и могут ли химические методы использоваться для создания нанобъектов? Приведите доказательства из текста и объясните их.

3. В тексте книги клетки человеческого тела и отдельные их части не раз сравниваются с машинами, механизмами. Как вы думаете, уместно ли подобное сравнение? Приведите два-три аргумента.

4. Нарисуйте схему этапов развития нанотехнологий, описанную в предложенном тексте.



Текст № 6

Статья Генриха Владимировича Эрлиха, доктора химических наук, члена Редакционно-издательского и Информационного совета Нанотехнологического общества России, поможет вам разобраться, что из ваших знаний о нанотехнологиях — правда, а что — всего лишь миф. Статья приведена с небольшими сокращениями.

Г.В. Эрлих «Мифы нанотехнологий»

Любой вид человеческой деятельности обрастает мифами. Нанотехнологии, главный научно-технологический проект современности, не исключение. Более того, здесь мифотворчество касается самой сути. Большинство людей, даже принадлежащих к научному сообществу, убеждены, что нанотехнологии — это в первую очередь манипулирование атомами и конструирование объектов посредством сборки из атомов. Это — главный миф.

Научные мифы имеют двоякую природу. Одни порождаются неполнотой нашего знания о природе или недостатком информации. Другие создаются сознательно, с определенной целью. В случае нанотехнологий мы имеем второй вариант. Благодаря этому мифу и вытекающим из него следствиям удалось привлечь внимание власть имущих и резко ускорить запуск проекта «Нанотехнологии» с автокаталитическим ростом объема инвестиций. В сущности, это было небольшое шулерство, вполне допустимое правилами игры на высшем уровне. Миф сыграл свою благотворную роль инициатора процесса и был благополучно забыт, когда дело дошло собственно до технологий.

Но мифы обладают удивительным свойством: родившись, они начинают жить собственной жизнью, демонстрируя при этом поразительную живучесть и долголетие. Они настолько прочно укореняются в сознании людей, что влияют на восприятие действительности. Реальные нанотехнологические процессы, как зарубежные, так и проекты «Роснано», в корне противоречат мифу, что порождает сумятицу в головах (большинство людей до сих пор не понимает, что такое нанотехнологии), неприятие (это не настоящие нанотехнологии!) и даже отрицание нанотехнологий как таковых.

Помимо главного мифа история нанотехнологий являет нам несколько сопутствующих мифов, которые возбуждающе действуют на разные группы населения, порождая необоснованные надежды у одних и панический страх у других.

Миф об отце-основателе

Самый безобидный в череде мифов — приписывание Ричарду Фейнману, специалисту в области квантовой теории поля и физики элементарных частиц, роли отца-основателя нанотехнологии. Этот миф возник в 1992 году во время выступления проро-

ка нанотехнологии Эрика Дрекслера перед сенатской комиссией на слушаниях на тему «Новые технологии для устойчивого развития». Для продавливания придуманного им нанотехнологического проекта Дрекслер сослался на высказывание нобелевского лауреата по физике, незыблемый авторитет в глазах сенаторов.

К сожалению, Фейнман скончался в 1988 году и поэтому не мог ни подтвердить, ни опровергнуть это высказывание. Но если бы он мог его услышать, то, скорее всего, весело рассмеялся бы. Он был не только выдающимся физиком, но и знаменитым шутником, недаром его автобиографическая книга носила название: «Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!» Соответственно была воспринята та самая прославленная речь Фейнмана, которую он произнес на предновогоднем ужине Американского общества физики в Калифорнийском технологическом институте. По воспоминаниям одного из участников того собрания американского физика Пола Шликта, «реакцию зала в общем и целом можно назвать веселой. Большинство подумало, что докладчик валяет дурака».

Но слова: «Известные нам принципы физики не запрещают создавать объекты «атом за атомом». Манипуляция атомами вполне реальна и не нарушает никаких законов природы», — были сказаны, это факт. Остальное представляло собой рассуждения на тему миниатюризации вкупе с футурологическими прогнозами. По прошествии четверти века некоторые из высказанных Фейнманом идей были «творчески» развиты Эриком Дрекслером и породили главные мифы нанотехнологии. Далее мы будем часто возвращаться к этой речи, чтобы напомнить, что на самом деле говорил Фейнман, а заодно получить удовольствие от четкости и образности формулировок великого ученого.

Миф о безотходной технологии

Создавая объект атом за атомом, мы, очевидно, применяем безотходную технологию. Слово «очевидно» употреблено здесь в самом что ни есть первоначальном смысле — когда люди, в первую очередь чиновники, смотрят на картинки, изображающие процесс манипулирования атомами, они не видят никаких отходов, никаких дымящих труб, загрязняющих атмосферу, и промышленных стоков, загрязняющих водоемы. По умолчанию понятно, что для перетаскивания почти невесомого атома на расстояние в несколько нанометров требуется ничтожное количество энергии. В общем, идеальная технология для «устойчивого развития» — концепции, чрезвычайно популярной в 90-е годы прошлого столетия.

Вопрос, откуда появляются атомы для сборки, почти неприличен. Естественно, со склада, откуда их, наверно, доставляют экологически чистые электрокары. Подавляющая часть населения вообще слабо представляет, откуда что берется. Например, материалы, из которых сделаны различные промышленные товары, которые мы потребляем во все большем количестве. Связь этих товаров с химической промышленностью не просматривается. Химия как наука скучна и не очень нужна, а химическая промышленность как безусловно вредная для окружающей среды подлежит закрытию.

Помимо всего прочего, химическая промышленность, по мнению большинства, хищнически расходует природные ресурсы, используя для своих процессов нефть, газ, руды, минералы. А для новой технологии, как представляют ее приверженцы, нужны лишь атомы: вот в этом отсеке склада у нас хранятся атомы золота, в следующем — атомы железа, потом атомы натрия, атомы хлора, в общем, вся Периодическая система Менделеева. Вынуждены разочаровать авторов этой идиллической картины: атомы сами по себе, за исключением атомов инертных газов, существуют лишь в вакууме, во всех остальных условиях они вступают во взаимодействие с себе подобными или другими атомами, в химическое взаимодействие с образованием химических соединений. Такова природа вещей, и с этим ничего нельзя поделать.

Любая технология требует некоторых приспособлений, средств производства, которые также ускользают от внимания апологетов сборки объектов из атомов. Впрочем, иногда, наоборот, привлекают их внимание и потрясают до глубины души. Действительно, туннельные и силовые микроскопы — это красивейшие устройства, зримое свидетельство мощи человеческого разума. И в целом лаборатории, в которых занимаются манипулированием атомами, являют образ технологий будущего в духе «Третьей волны» Элвина Тоффлера: так называемые чистые комнаты с кондиционированием и специальной очисткой воздуха, устройства, исключающие малейшую вибрацию, оператор в специальной одежде с университетским дипломом в кармане.

Все это тоже будут безотходно собирать из атомов? Включая фундамент, стены и крышу помещений? Полагаем, что утвердительно ответить на этот вопрос не рискнут даже самые ярые приверженцы этой технологии.

Человечество когда-нибудь создаст безотходные, экологически чистые технологии, но они будут основаны на других принципах или на принципиально другой технике...

Миф о нанороботах

Предположим, что мы создали на бумаге или на экране компьютера эскиз наноробота. Как бы его собрать, и желательно не в одном экземпляре? Можно, следуя Фейнману, создать «крошечные станки, которые непрерывно сверлили бы отверстия, штамповали детали и т. п.» и миниатюрные манипуляторы для сборки готового изделия. Эти манипуляторы должны управляться человеком, то есть иметь некую макроскопическую оснастку или, по крайней мере, действовать согласно заданной человеком программе. Кроме того, необходимо как-то наблюдать за всем процессом, например, с помощью электронного микроскопа, также имеющего макроразмеры.

Альтернативную идею выдвинул в 1986 году американский инженер Эрик Дрекслер в футурологическом бестселлере «Машины созидания». Выросший, как все люди его поколения, на книгах Айзека Азимова, он предложил использовать для производства нанороботов механические машины соответствующих (100–200 нм) размеров — нанороботы. Речь уже не шла о сверлении и штамповке, эти роботы должны были собирать устройство непосредственно из атомов, поэтому они были названы ассемблерами —

сборщиками. Но подход оставался чисто механическим: сборщик был оснащен манипуляторами длиной в несколько десятков нанометров, двигателем для перемещения манипуляторов и самого робота, включая упомянутые ранее редукторы и передачи, а также автономным источником энергии. На круг выходило, что наноробот должен состоять из нескольких десятков тысяч деталей, а каждая деталь — из одной-двух сотен атомов.

Проблема визуализации атомов и молекул как-то незаметно растворилась, казалось вполне естественным, что наноробот, оперирующий объектами сопоставимых с ним размеров, «видит» их, как человек видит гвоздь и молоток, которым он забивает этот гвоздь в стену.

Важнейшим узлом наноробота был, конечно, бортовой компьютер, который управлял работой всех механизмов, определял, какой атом или какую молекулу следовало захватить манипулятором и в какое место будущего устройства их поставить. Линейные размеры этого компьютера не должны были превышать 40–50 нм — это как раз размер одного транзистора, достигнутый промышленной технологией нашего времени, через 25 лет после написания Дрекслером книги «Машины созидания».

Но ведь Дрекслер и адресовал свою книгу в будущее, в далекое будущее. На момент написания книги ученые еще не подтвердили даже принципиальную возможность манипулирования отдельными атомами, не говоря о сборке из них хоть каких-нибудь конструкций. Это случилось лишь через четыре года. Устройство, использованное для этого впервые и используемое до сих пор — туннельный микроскоп, — имеет вполне осязаемые размеры, десятки сантиметров в каждом измерении, и управляется человеком с помощью мощного компьютера с миллиардами транзисторов.

Но мечта-идея о нанороботах, собирающих материалы и устройства из отдельных атомов, была настолько красивой и заманчивой, что это открытие лишь придало ей убедительности. Не прошло и нескольких лет, как в нее уверовали далекие от науки сенаторы США, журналисты, а с их подачи — общественность и, что совсем удивительно, сам автор, который продолжал отстаивать ее даже тогда, когда ему доходчиво объяснили, что идея нереализуема в принципе. Аргументов против таких механических устройств множество, приведем лишь самый простой, выдвинутый Ричардом Смолли: манипулятор, «захвативший» атом, соединится с ним навеки вследствие химического взаимодействия. Смолли был лауреатом Нобелевской премии по химии, в этом, наверно, было дело.

Но идея продолжала жить своей жизнью и дожила до наших дней, заметно усложнившись и дополнившись различными приложениями.

Миф о медицинских нанороботах

Наиболее популярен миф о миллионах нанороботов, которые будут шнырять по нашему организму, диагностировать состояние различных клеток и тканей, ремонтировать поломки с помощью наноскальпеля, рассекать и демонтировать раковые клетки, наращивать костную ткань сборкой из атомов, соскребать холестериновые бляшки с

помощью нанолопатки, а в мозгу избирательно разрывать синапсы, ответственные за неприятные воспоминания. И еще докладывать о проделанной работе, передавая через наноантенну сообщения вроде: «Алекс — Юстасу. Выявлено повреждение митрального клапана. Поломка устранена». Именно последнее вызывает серьезную озабоченность общественности, ведь это разглашение частной информации — сообщение наноробота может быть получено и расшифровано не только врачом, но и посторонним. Эта обеспокоенность подтверждает, что во все остальное люди верят безоговорочно. Как и в нанороботов-шпионов, в «умную пыль», которая будет проникать в наши квартиры, наблюдать за нами, подслушивать наши разговоры и опять же передавать полученные видео- и аудиоматериалы посредством нанопередатчика с наноантенной. Или в нанороботов-убийц, поражающих людей и технику с помощью нанозарядов, возможно, даже ядерных.

Самое удивительное, что почти все описанное может быть создано (а что-то уже создано). И инвазивные диагностические системы, сообщающие о состоянии организма, и лекарственные средства, действующие на определенные клетки, и системы, очищающие наши сосуды от атеросклеротических бляшек, и наращивание костной ткани, и стирание воспоминаний, и невидимые системы дистанционного слежения, и «умная пыль».

Однако все эти системы настоящего и будущего не имеют и не будут иметь никакого отношения к механическим нанороботам в духе Дрекслера, за исключением размера. Они будут созданы совместными усилиями физиков, химиков и биологов, ученых, работающих на ниве синтетической науки, называемой нанотехнологиями.

Миф о физическом методе синтеза веществ

В своей лекции Ричард Фейнман невольно выдал тайную вековечную мечту физиков: «И наконец, размышляя в этом направлении (возможности манипулирования атомами. — Г.Э.), мы доходим до проблем химического синтеза. Химики будут приходить к нам, физикам, с конкретными заказами: “Слушай, друг, не сделаешь ли ты молекулу с таким-то и таким-то распределением атомов?” Сами химики используют для приготовления молекул сложные и даже таинственные операции и приемы. Обычно для синтеза намеченной молекулы им приходится довольно долго смешивать, взбалтывать и обрабатывать различные вещества. Как только физики создают устройство, способное оперировать отдельными атомами, вся эта деятельность станет ненужной... Химики будут заказывать синтез, а физики — просто “укладывать” атомы в нужном порядке».

Химики не синтезируют молекулу, химики получают вещество. Вещество, его получение и превращения — предмет химии, по сей день загадочный для физиков.

Молекула — это группа атомов, не просто уложенных в нужном порядке, но еще и соединенных химическими связями. Прозрачная жидкость, в которой на два атома водорода приходится один атом кислорода, может быть водой, а может быть и смесью жидких водорода и кислорода (внимание: не смешивать в домашних условиях!).

Предположим, что нам каким-то образом удалось сложить кучку из восьми атомов — двух атомов углерода и шести атомов водорода, изображенную на рисунке. Физику эта кучка представится, наверное, молекулой этана C_2H_6 , но химик укажет еще как минимум две возможности соединения атомов.

Пусть мы хотим получить этан методом сборки из атомов. Как это можно сделать? С чего начинать: сдвинуть два атома углерода или приставить атом водорода к атому углерода? Вопрос на засыпку, в том числе и для автора. Проблема в том, что ученые пока научились манипулировать атомами, во-первых, тяжелыми, а во-вторых, не очень реакционноспособными. Довольно сложные конструкции собраны из атомов ксенона, золота, железа. Как оперировать легкими и чрезвычайно активными атомами водорода, углерода, азота и кислорода, не совсем понятно. Так что с поатомной сборкой белков и нуклеиновых кислот, о которой некоторые авторы говорят как о деле практически решенном, придется повременить.

Есть еще одно обстоятельство, существенно ограничивающее перспективы «физического» метода синтеза. Как уже было сказано, химики не синтезируют молекулу, а получают вещество. Вещество состоит из огромного числа молекул. В 1 мл воды содержится $\sim 3 \cdot 10^{22}$ молекул воды. Возьмем более привычный для нанотехнологий объект — золото. В кубике золота объемом 1 см^3 содержится $\sim 6 \cdot 10^{22}$ атомов золота. Сколько времени потребуется, чтобы собрать такой кубик из атомов?

Работа на атомно-силовом или туннельном микроскопе по сей день сродни искусству, недаром для нее требуется специальное и очень хорошее образование. Работа ручная: зацепи атом, перетащи на нужное место, оцени промежуточный результат. По скорости приблизительно как кирпичная кладка. Чтобы не пугать читателя немислимыми числами, предположим, что мы нашли способ как-то механизировать и интенсифицировать процесс и можем укладывать по миллиону атомов в секунду. В этом случае на сборку кубика объемом 1 см^3 мы затратим два миллиарда лет, примерно столько же, сколько потребовалось природе, чтобы методом проб и ошибок создать весь живой мир и нас самих как венец эволюции.

Именно поэтому Фейнман говорил о миллионах «заводиков», не оценивая, впрочем, их возможную производительность. Именно поэтому даже миллион нанороботов, снующих внутри нас, не решат проблемы, потому что нам не хватит жизни, чтобы дождаться результата их трудов. Именно поэтому Ричард Смолли настоятельно призывал Эрика Дрекслера исключить из публичных выступлений всякое упоминание о «машинах созидания», дабы не вводить общественность в заблуждение этой антинаучной чушью.

Так что же, на этом методе получения веществ, материалов и устройств можно ставить крест? Нет, отнюдь.

Во-первых, с помощью той же самой техники можно манипулировать не атомами, а существенно более крупными строительными блоками, например углеродными нанотрубками. При этом снимаются проблемы легких и реакционноспособных атомов, а производительность автоматически возрастет на два-три порядка. Это, конечно, еще слыш-

ком мало для настоящей технологии, но таким методом уже сейчас ученые получают в лабораториях единичные экземпляры простейших наноустройств.

Во-вторых, можно придумать множество ситуаций, когда внесение атома, наночастицы или даже просто физическое воздействие иглы туннельного микроскопа инициирует процесс самоорганизации, физических или химических превращений в среде. Например — цепной реакции полимеризации в тонкой пленке органического вещества, изменения кристаллической структуры неорганического вещества или конформации биополимера в определенной окрестности точки воздействия. Высокоточное сканирование поверхности и многократное воздействие позволят создать протяженные объекты, характеризующиеся регулярной наноструктурой.

И наконец, этим способом могут быть получены уникальные образцы — шаблоны для дальнейшего размножения другими методами. Скажем, шестиугольник из атомов металла или единичная молекула. Но как размножить единичную молекулу? Невозможно, скажете вы, это какая-то ненаучная фантастика. Почему же? Природа прекрасно умеет создавать множественные, абсолютно идентичные копии как отдельных молекул, так и целых организмов. В обиходе это называется клонированием. О полимеразной цепной реакции слышали даже люди, далекие от науки, но хотя бы раз посетившие современную медицинскую диагностическую лабораторию. Эта реакция позволяет размножить единственный фрагмент молекулы ДНК, извлеченный из биологического материала или синтезированный искусственно химическим путем. Для этого ученые используют «молекулярные машины», созданные природой, — белки и ферменты. Почему мы не можем сделать аналогичные машины для клонирования других молекул, не только олигонуклеотидов?

Рискну немного перефразировать Ричарда Фейнмана: «Известные нам принципы химии не запрещают клонировать единичные молекулы. «Размножение» молекул по образцу вполне реально и не нарушает никаких законов природы». <...>

Заключение

Перечень мифов можно продолжить. Миф о нанотехнологиях как локомотиве экономики достоин отдельной статьи. Ранее в статье «Нанотехнологий как национальная идея» (см. «Химию и жизнь», 2008, № 3) мы старались развеять миф о том, что «Национальная нанотехнологическая инициатива» США — это сугубо технологический проект.

Мифом является и каноническая история нанотехнологий, ключевым событием которой считается изобретение туннельного электронного микроскопа. Последнее легко объяснимо. «Историю пишут победители», а глобальный проект под названием «Нанотехнологии», в значительной мере определяющий лицо (и финансирование) современной науки, пробил физики. За что мы все, исследователи, работающие в этой и смежных областях, выражаем физикам свою бесконечную признательность.

Мифы сыграли свою положительную роль, они породили энтузиазм и привлекли внимание политической и экономической элиты, а также общественности к нанотехнологиям. Однако на этапе практической реализации нанотехнологий пора забыть об этих мифах и перестать повторять их из статьи в статью, из книги в книгу. Ведь мифы тормозят развитие, задают неверные ориентиры и цели, порождают непонимание и страхи. И наконец, необходимо написать новую историю нанотехнологий — новой науки XXI века, области естествознания, объединяющей физику, химию и биологию.

Источник: Эрлих Г.В. Мифы нанотехнологий // <http://nauka.izvestia.ru/analysis/article101468.html> (16.11.2010)

Выполните задания к тексту:

1. Найдите в тексте ответы на вопросы:

- На какие два типа можно разделить все научные мифы?

- Кого можно считать отцом-основателем нанотехнологии?

- Является ли производство на основе нанотехнологий безотходным?

• Почему невозможно создать нанороботов, какими их представлял себе Эрик Дрекслер?

- Возможно ли появление «умной пыли»?

- В чем заключается разница между химическим и физическим методами синтеза веществ?

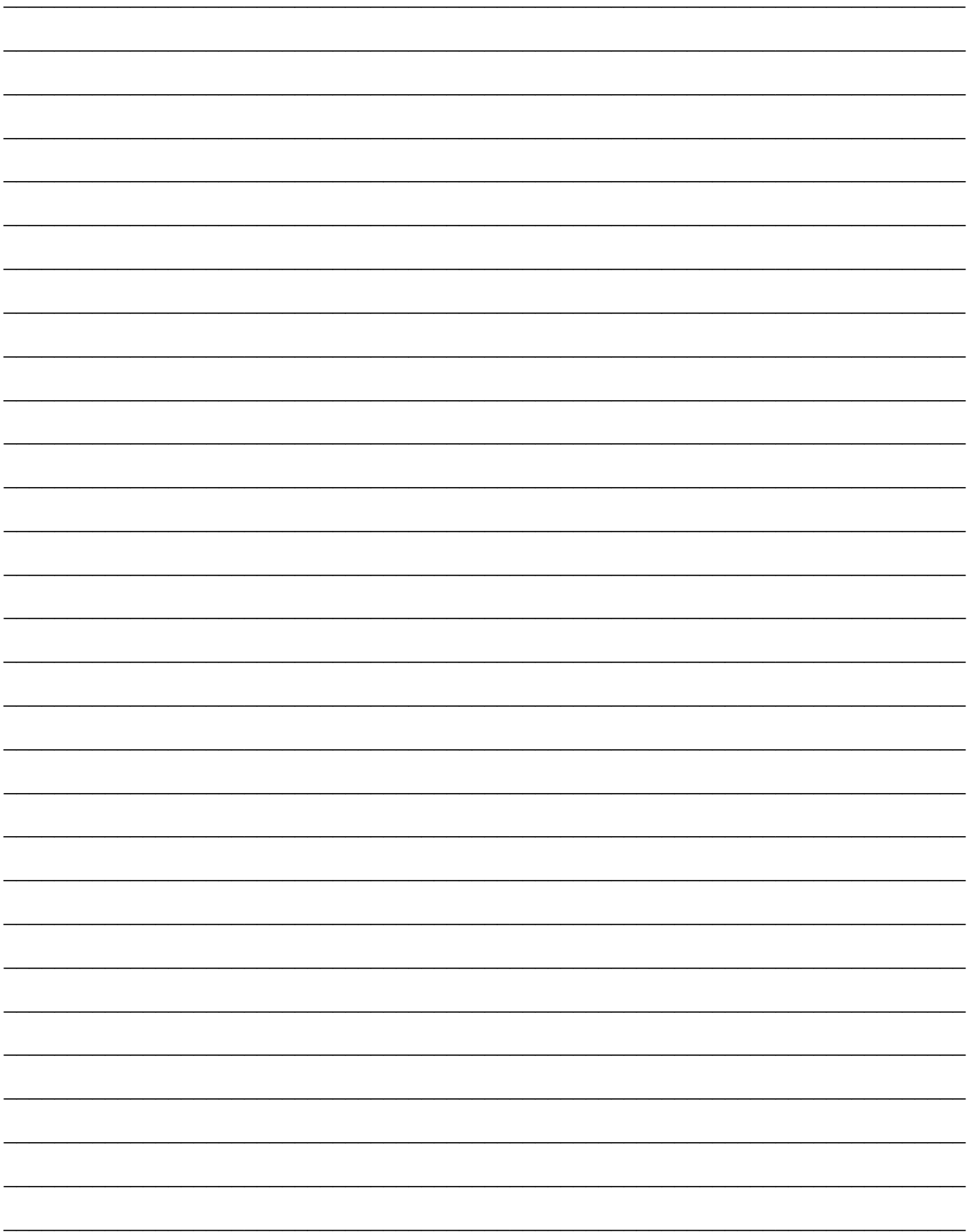
- Какой из методов синтеза вещества, по мнению Эрлиха, более перспективен?

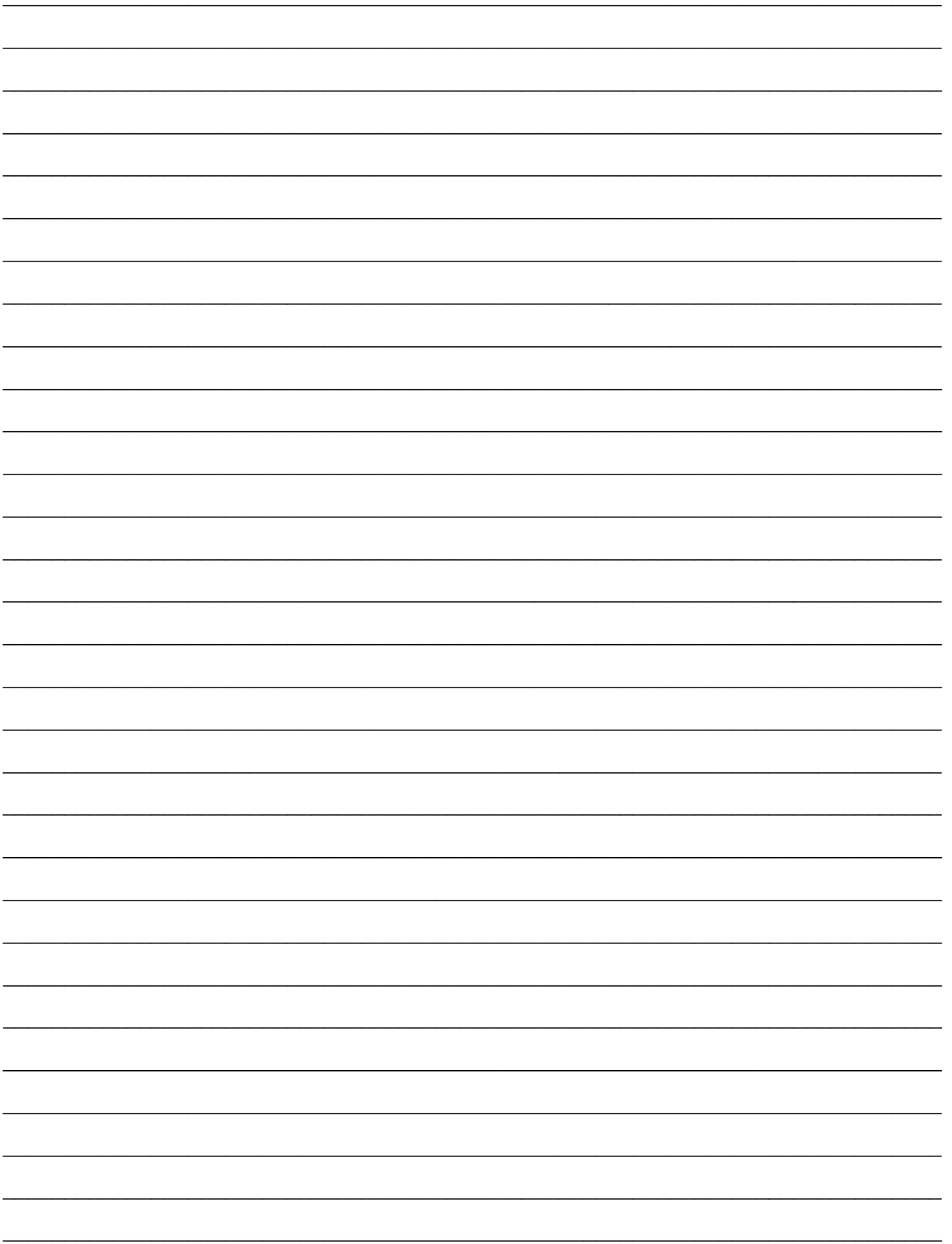
- Каким образом физический метод может быть сделан более производительным?

2. Вспомните, что вы знали о нанотехнологиях до того, как начали изучать их в школе? Напишите, что из этого оказалось мифом, а что реальностью.

3. Нанороботы «будут созданы совместными усилиями физиков, химиков и биологов, ученых, работающих на ниве синтетической науки, называемой нанотехнологиями», — пишет Эрлих. Поясните, что в данном случае значит словосочетание «синтетическая наука».

4. Согласно Эрлиху, вокруг нанотехнологий было специально создано несколько мифов, которые позволили получить финансирование и дали толчок всей индустрии. «В сущности, это было небольшое шулерство, вполне допустимое правилами игры на высшем уровне. Миф сыграл свою благотворную роль инициатора процесса и был благополучно забыт, когда дело дошло собственно до технологий». Как вы думаете, допустимо ли использовать ложь для достижения благих целей? Можно ли было обойтись без мифологизации нанотехнологий. Свое мнение изложите в небольшом эссе.





Текст № 7

Любое достижение науки — и нанотехнологии не исключение — порождают неизвестные ранее проблемы, создают новые риски. О вопросах этики в науке и о том, какие проблемы таят в себе нанотехнологии, читайте в тексте Хартманна.

У. Хартманн

«Очарование нанотехнологий», из главы 9. «Этические аспекты»

НТ может рассматриваться как одна из самых важнейших и ключевых технологий XXI века. Новые фундаментальные знания в этой области и возможности практического развития НТ в исследовании наноструктуры и технологический поворот в методах производства продукции буквально зачаровывают, обещая фантастические преобразования в экономике и общественной жизни. С другой стороны, представляется крайне важным, чтобы (наряду с дальнейшим развитием междисциплинарной научно-естественной и технической основы НТ) процесс внедрения новой технологии сопровождался критической дискуссией по вопросам этики, которая позволит выработать правильные решения и предотвратить возможные опасности. Как всякая другая область науки и техники, НТ потенциально чревата риском неправильного применения, созданием новых социально-экономических или этических конфликтов и т. п. В настоящее время наблюдается острый интерес общественности к проблемам, связанным с возможностями развития НТ и ее широкого применения в технике, быту, социальной жизни и т.п.

В профессиональной среде уже выработан термин *наноэтика* но пока речь идет лишь о формальном признании наличия этических проблем, связанных с НТ (Mnyusiwalla и др., 2003). Систематические исследования по этой теме отсутствуют, так что пока можно лишь констатировать интуитивное и бессистемное осознание этической значимости НТ. Некоторые общественные группы интересов связывают этически релевантные аспекты с областью возможных рисков развития новой технологии. С точки зрения профессиональной этики и социологии нам необходимо проанализировать в целом реальное и предполагаемое развитие НТ и ответить на следующие вопросы. В чем, собственно, заключаются этические проблемы НТ? Какие ответы уже получены в процессе проводимых дискуссий? Какие вопросы (например, отличные от проблем биоэтики) возникают в связи с развитием НТ? Можно ли сформулировать новые вопросы?

Вопросы этики очень часто возникают в технике, биологии, медицине, антропологии и даже в философии науки вообще, поскольку они связаны с проблемами воздействия научно-технического прогресса на человечество. Они возникают при оценке роли и длительности научных достижений, рисков развития и многих других проблем, возникающих в точках, где деятельность оказывается связанной с «пересечением» или взаи-

* НТ — нанотехнологии (*Прим. сост.*).

модействием между человеком и техникой (или, другими словами, даже между живой и технологической природой). Поэтому многие этически значимые аспекты НТ не являются новыми и не связаны конкретно с нанотехнологиями. Новым является столкновение различных традиционных линий этического поведения ученых (McDonald, 2004), что может быть связано непосредственно с многосторонностью и междисциплинарным характером самой НТ, которая объединяет в себе многие направления и тенденции науки, включая инженерно-научные, медицинские и фармацевтические, не говоря уже о широком спектре возможных применений.

Оценки технических последствий и этических проблем, связанных со стремительным и широким развитием НТ, могут быть получены при эффективно организованном общественном обсуждении, необходимом при внедрении новых технологий. Этические суждения и оценки могут дать ориентиры развития техники, например, в отношении вопросов справедливости распределения возникающих возможностей и рисков. В дальнейшем процессе конкретного внедрения НТ абстрактные идеи приобретут конкретную форму и позволят нам осмыслить и этически новую ситуацию.

В истории техники и науки развитие новых идей и технологий очень часто вызывало «соревнование» новых социальных и этических теорий или учений. В связи с этим, можно лишь подчеркнуть, что выделяемые на изучение общественного мнения и восприятия средства являются очень незначительными. Изучение этических проблем НТ могло быть увязано с исследованием отношения общественности к известному проекту «Геном человека» (Mnyusiwalla и др., 2003). Эксперты-философы уверены, что существующий «разрыв» между научными достижениями и общественной моралью можно значительно сократить, используя дискуссии и широкий обмен информацией. Возобновление организованной ранее в Германии этической дискуссии (получившей название «этической паутины») по вопросам НТ позволило бы уточнить существующие проблемы. Дискуссия затрагивала следующие ключевые вопросы, связанные с развитием науки и техники вообще. В чем заключаются этические аспекты науки в настоящее время? В чем заключаются конкретно этические аспекты НТ? Являются ли они специфичными только для данной технологии? Лишь получив ответ на эти вопросы, мы сможем судить о том, насколько оправдана потребность в существовании наноэтики (как самостоятельной науки или раздела философии науки). Для конкретизации рассматриваемых проблем ниже предлагается список некоторых основных понятий НТ, каждое из которых, как будет видно из текста, действительно требует хотя бы какой-то оценки и обсуждения на основе этических соображений и доводов.

Наночастицы

Напомним, что получаемые искусственным путем наночастицы будут проникать в человеческий организм или окружающую среду (при производстве, использовании изделий или их утилизации), а также преодолевать большие расстояния и распределяться диффузно. Способы распространения наночастиц в природе и их воздействие на здоро-

вье человека и состояние среды почти не изучены, особенно в отношении потенциальных и долгосрочных последствий (Krug и др., 2004). Стоит подчеркнуть такие особенности наночастиц, как мобильность, химическая активность, способность проникать в легкие человека и растворимость. На это можно возразить, что вопросы экологии и токсичности относятся, конечно, не столько к этике, сколько к точным научным дисциплинам (типа медицинской токсикологии и химии), вследствие чего существующие законы, директивы и предписания относительно обращения с опасными веществами нуждаются скорее в юридическом обосновании, а не в философско-этическом анализе.

Однако этически значимые вопросы возникают, например, в тех случаях, когда мы начинаем обсуждать возможные риски для людей, которым в будущем придется работать с наночастицами, а также меры возможной профилактики. Неясно, должны ли мы рассматривать возникающую опасность в качестве совершенно нового фактора или будем рассматривать ее в качестве варианта известной проблемы «асбестовой пыли». Иными словами, создает ли НТ действительно новую проблему? Некоторые общественные деятели уже требовали ввести мораторий на использование наночастиц вообще, но при этом остается неясным, можно ли вообще искать решение проблемы, пытаясь оценивать риски и преимущества производства.

С одной стороны, существенно, что прогнозы рисков являются очень неясными, но с другой — мы не можем оценить ущерб, связанный с введением предлагаемого полного запрета (моратория) на использование наночастиц. Оценка приводит к сравнению рисков и шансов, носящих совершенно разный характер: так, неясно, в какой мере мы можем реально оценить вред и риск использования наночастиц, исходя из опыта работы с новыми химическими веществами и медикаментами. Этическая проблема, связанная с использованием наночастиц, заключается в оценке потенциалов использования и рисков на основе недостаточного набора данных и точных знаний, что очень часто наблюдается при оценке ситуации и в других науках.

Справедливость распределения получаемых преимуществ

Теоретические размышления по поводу справедливости связаны с тем, каким образом полученные при использовании НТ преимущества будут затем распределяться между членами общества. Справедливое распределение связано, конечно, с рисками внедрения НТ, как в кратковременном, так и в долгосрочном плане. Любая система распределения и использования возможностей и рисков должна быть основана на идеале длительного и разумного использования новых технологий. Знание о потенциале временного развития НТ может быть конструктивно использовано для технической организации развития с учетом этики и долговременного использования природных ресурсов. Этические вопросы касаются при этом меры ответственности за длительный период развития общества (Krug и др., 2004; Kopfmuller и др., 2001).

Проблемы справедливости распределения связаны также с тем, что очень часто технический прогресс усиливает неравномерность социального развития. Например,

высокотехнологические НТ могут оказаться доступными лишь небольшому числу стран с развитой научной базой, в результате чего научно-техническая революция приведет лишь к дальнейшему углублению раскола мира между богатыми и бедными государствами.

Особым примером неравномерного распределения благ может стать основанная на нанотехнологиях медицина. Уже сейчас в очень многих странах наблюдается огромный разрыв в медицинском обслуживании различных слоев населения. Развитие высокотехнологичной медицины на основе НТ может значительно усугубить социальное неравенство, так как создаваемые эффективные лекарства, с весьма большой вероятностью, будут дорогими. В распределении благ возникнет новое неравенство, для описания которого можно даже ввести термин *нано-распределение* (напоминающий *цифровое распределение*, используемое для описания неравенства в потреблении цифровой бытовой техники). Впрочем, проблемы справедливого распределения достижений науки, вообще говоря, относятся к важнейшим этическим аспектам современной жизни и, таким образом, не являются наноспецифическими. Можно лишь отметить, что ускоренная динамика развития НТ делает уже существующие проблемы еще более насущными и острыми.

Право на защищенность частной жизни

В связи с этическими аспектами НТ очень часто упоминается сфера защищенности частной жизни человека от новейших технологий контроля и наблюдения. НТ невероятно увеличивает возможность незаметного сбора информации, что открывает невиданные возможности для сбора данных о жизни граждан. не говоря уже о промышленном и военном шпионаже. Некоторые специалисты уже обсуждают возможности конструирования прямых методов технического доступа к человеческому мозгу (и, соответственно, к нервной системе), что сделает возможным замену пассивного наблюдения активным, но незаметным контролем.

Особенно уязвимым в отношении нарушений прав личности является состояние здоровья человека. Технологии типа лаборатория на чипе позволяют осуществлять анализ, а также строить прогнозы и диагнозы для огромного числа пациентов, непрерывно создавая массовые базы данных о здоровье населения. Это делает технически возможным массовое экранирование (то есть проверку) личной генетической предрасположенности, что может быть использовано, например, работодателями или страховыми компаниями. Без достаточной защиты сведений о частной жизни можно будет очень легко манипулировать отдельными гражданами и целыми группами населения, что делает уязвимыми их гражданские права и свободу действий. Общество должно выяснить, как следует обращаться с результатами медицинских исследований, особенно при тяжелых заболеваниях или (еще сложнее!) при возможности прогноза таких заболеваний. Создание достаточно точного диагноза всегда было серьезной этической проблемой для врачей, но сейчас этические вопросы затрагивают даже права на знание генетической предрасположенности и т. п., что уже стало предметом ожесточенной

дискуссии в среде медиков, занятых биотехнологиями. Проблемы сохранения прав личности, врачебной тайны, защиты банков медицинских данных и сложных социальных последствий нарушения этих норм известны уже давно, а развитие НТ лишь возвращает нас к этим темам, заставляя рассматривать их более серьезно и внимательно.

Медицинские сферы применения

По-видимому, медицина и фармакология являются теми областями науки, где специалисты наиболее четко пытались и продолжают пытаться регламентировать отношение к рискам и экспериментам. Развитые в последние годы технологии типа лаборатория на чипе способствуют укреплению традиций и подходов так называемой индивидуальной медицины, так что развитие новых технологий задает новый стимул классическим вопросам медицинской этики, даже тогда, когда речь не идет о принципиально новых этических вопросах.

С другой стороны, внедрение нанотехнологий обещает привести к весьма значительному увеличению продолжительности человеческой жизни, что сразу создает множество этических проблем. Например, с этических позиций совершенно неясно, что следует понимать под качеством жизни, учитывая утопические возможности бесконечного существования. Сценарии будущего, заключающиеся в том, что при несчастных случаях или заболеваниях можно будет просто вводить организм в «стационарное» состояние, то есть прекращать в нем все процессы до молекулярного уровня, вновь поднимают вопросы об этических границах применения новых технологий.

В области медицинского применения, несомненно, главенствующей этической проблемой является определение целесообразных границ возможного вмешательства в работу организма, предполагающего, с одной стороны, гарантии, что этические принципы не будут выработаны слишком поздно, а с другой, — они сохраняют свою практическую значимость.

Преодоление границы между техникой и человеком

Прогресс в области НТ позволяет по-новому контролировать многие биотехнологические процессы, например, за счет сочетания естественных биологических процессов с техническими операциями. Любое такое применение НТ стирает классическую границу между техническими и живыми (биологическими) системами, что подразумевает создание интерфейсов (поверхностей раздела, стыков) между живыми и техническими системами и возможность объединения различных по существу элементов. Именно в этой области развития НТ, возможно, следует ожидать возникновения особо сложных этических аспектов нового типа, а также (что имеет особую важность) необходимость анализа ошибок во многих разработках прошлых лет.

Очень важной областью нанобиотехнологии в настоящее время является создание нанoeлектронных нейронных имплантантов. Прогресс в экспериментальной технике работы с нейронами (и процессами передачи информации в них) уже позволяет создать

имплантанты, размеры и возможности которых близки к параметрам естественных систем и к их мощности. Этические проблемы в этом отношении, главным образом, состоят в распознавании и предотвращении возможного злоупотребления, так как технический доступ к нервной системе позволяет создать множество систем вероятных манипуляций и контроля над поведением человека.

Продолжением дискуссий в области этики стали размышления о мыслимых рамках создания и поведения киборгов, то есть искусственно создаваемых сочетаний человека с развитыми техническими системами, что связано с вопросами высокой этической значимости представлений о естестве человека. В футуристических построениях предсказывается, прежде всего, информационно-техническое сохранение человеческого сознания, что сразу заставляет задуматься о том, может ли претендовать на статус человека техническое (соответственно, отчасти техническое или частично биологически сконструированное) существо типа «машина-человек». Формальное определение такого существа требует решения целого ряда сложнейших вопросов, касающихся основ антропологии и этики. Специфическим проявлением НТ в этой проблеме выступает то, что именно нанотехнологии позволяют осуществить особым образом конвергенцию наук и технологии на основе принципов синергизма (Россо и Bainbridge, 2002).

Техническое совершенствование человека

Стремление совершенствовать свой организм возникло у человека еще на заре истории, однако сейчас НТ в комбинации с биотехнологией и медициной делают это желание вполне реализуемым. Многие применения НТ действительно заставляют задуматься о коренном преобразовании человеческого организма на основе новых технических достижений. В настоящее время серьезно обсуждаются вопросы замены тканей и целых органов, а также восстановление и расширение возможностей восприятия с использованием так называемых нейроимплантантов. В отличие от классической медицины, НТ обещает не только совершенствовать организм, но и принципиально перестраивать человеческое тело, подобно тому, как мы «ремантируем» автомобили, добавляя в них новые детали. Методы достижения идеального состояния здорового организма постепенно совершенствуются и превращаются в методы расширения физических или психических способностей человека. Например, сейчас рассматривается возможность прямого присоединения человеческого мозга к компьютеру, что позволило бы человеку перерабатывать информацию с использованием ресурсов ЭВМ. С другой стороны, существует и возможность совершенствования организма с использованием разнообразных биологических систем.

НТ открывает новые перспективы «денатурнизации» человеческого организма, значительно более широкие, чем те, которые уже достигнуты современными био- и генными технологиями. Грань между лечением и совершенствованием организма, вообще говоря, является очень условной, хотя бы потому, что мы до сих пор не имеем точных определений терминов «здоровье» и «болезнь» (Habermas, 2001). В соответствии со стан-

дартным определением понятия «здоровье» по версии ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), оно означает состояние полной удовлетворенности физическим, психическим и социальным самочувствием, а не отсутствие заболевания или увечья. Строго говоря, старость можно считать специфической болезнью, с которой следует бороться медицинскими средствами, подобно тому, как мы боремся с гриппом. Это позволяет даже определить первой целью новой (назовем ее нанотехнологически ориентированной) медицины постепенную «отмену» процессов старения и смерти вообще. Не стоит даже говорить о том, с какими сложными этическими проблемами столкнутся исследователи и общество при реализации этой задачи. Возможно, нам следовало бы задуматься об этом уже сейчас, создавая этические и юридические нормы «про запас».

Выводы

В развитии НТ следует придавать особое значение проблемам безопасности. Исследователи и технологи должны проникнуться духом ответственности, соблюдать этические нормы и тщательно изучать любые потенциальные опасности, связанные с новыми технологиями, особенно относящиеся к здоровью людей, безопасности и охране окружающей среды. Необходимо упорядочить относящиеся к НТ законодательные акты с учетом мнения общественности и прогнозов развития. Особое внимание должно быть уделено информированию общественности и социальных групп, а также проведению серьезных дискуссий, чтобы обсуждение реальных проблем НТ не превращалось в рассмотрение интересных и занимательных научно-фантастических сценариев.

Источник: Хартманн У. Очарование нанотехнологий / Пер. с нем. Т. Захаровой. М.: Бином; Лаборатория знаний, 2008. С. 141–149.

Выполните задания к тексту:

1. Автор считает, что этическим аспектам науки необходимо уделять внимание, тратить на них время и средства, которые могли бы пойти на практические исследования. Согласны ли вы с мнением автора? Приведите 2–3 аргумента или контраргумента.

2. В тексте несколько раз встречается словосочетание «технологии типа лаборатория на чипе», смысл которого автор не поясняет. Исходя из тех знаний, которые у вас есть, попробуйте предположить, что за технологии имеются в виду.

3. Вспомните знаменитые три закона роботехники Азимова, о которых вы читали в одном из его эссе. Попробуйте на основании текста Хартманна сформулировать не менее трех этических законов для ученого, занимающегося нанотехнологиями.

4. Попробуйте оценить текст Уве Хартманна критически. Можно ли утверждать, что автор находится под влиянием мифов, описанных в предыдущем тексте? Для доказательства используйте цитаты из приведенного отрывка, а при необходимости и из «Мифов нанотехнологий» Эрлиха.

Текст № 8

Теперь мы предлагаем вам текст, который показывает, что такое нанотехнологии на самом деле...

М.Е. Боздаганян

«Фуллерены и перспективы их применения в биологии и медицине»

Углерод является уникальным в своем роде элементом. В зависимости от типа, силы и количества связей он может образовывать множество соединений с различными физическими и химическими свойствами. До 1985 года было известно всего три аллотропных формы углерода: алмаз, графит и карбин.

Открытие молекулы фуллерена было случайностью. Гарольд Крото, астрофизик по специальности, изучал межзвездную пыль, представляющую собой длинноцепочечные молекулы полиенов (соединения, содержащие в молекуле не менее трех изолированных или сопряженных связей $C=C$), формирующиеся из красных гигантских звезд. Ричард Смолли и Роберт Керл примерно в это же время разработали метод анализа атомных кластеров, образующихся при облучении лазером, с использованием масс-спектрометрии. Именно это и требовалось Крото для исследования образования цепочек полиенов. В сентябре 1985 года Гарольд Крото, Роберт Керл и Ричард Смолли при изучении масс-спектров паров графита наблюдали пики, соответствующие массам 720 и 840 а.е. Они предположили, что данные пики отвечают молекулам C_{60} и C_{70} и выдвинули гипотезу, что молекула C_{60} имеет форму усеченного икосаэдра. Для молекулы C_{70} была предложена структура с более вытянутой эллипсоидальной формой. Исследователи назвали данные молекулы, представляющие собой новую форму углерода, фуллеренами — по имени американского архитектора Бакминстера Фуллера, использующего своеобразную структуру, напоминающую футбольный мяч, в своих строительных композициях (рис. 1). Вот почему в зарубежных научных публикациях часто используется термин «buckminsterfullerene». В 1996 г. первооткрывателям фуллеренов была присуждена Нобелевская премия по химии.

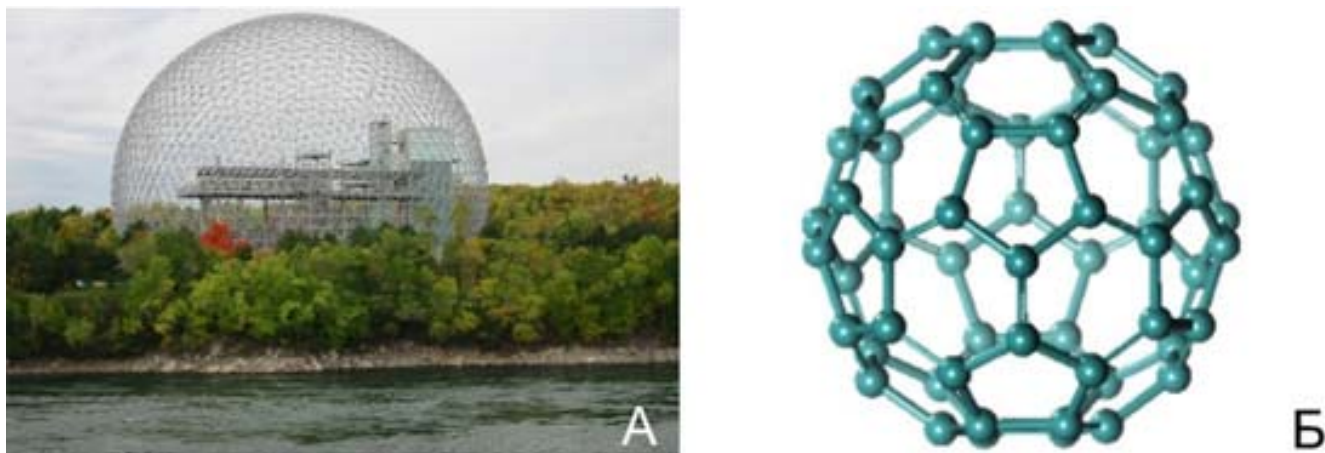


Рис. 1.

А — Здание Биосферы в Монреале (архитектор Бакминстер Фуллер).

Б — Молекула фуллерена C_{60}

Со времени открытия фуллерена C_{60} и особенно со времени разработки методов получения его в макроколичествах, органическая химия фуллерена приобрела невиданную популярность и превратилась в самостоятельную ветвь органической химии.

Производные фуллерена могут применяться в самых различных областях науки и техники. Кристаллические фуллерены и пленки представляют собой полупроводники и обладают фотопроводимостью при оптическом облучении. Кристаллы C_{60} , легированные атомами щелочных металлов, обладают металлической проводимостью и переходят в сверхпроводящее состояние при температурах 19–33 К в зависимости от типа щелочного металла. Растворы фуллеренов обладают нелинейными оптическими свойствами и поэтому могут быть использованы в качестве основы для нелинейных оптических затворов, применяемых для защиты оптических устройств от интенсивного оптического излучения. Фуллерены используются как катализаторы для синтеза алмазов [1].

Особый интерес представляет приложение фуллеренов в области биологии и медицины (рис. 2). В основе биологической активности фуллеренов лежат, в первую очередь, три свойства этих молекул: липофильность, определяющая мембранотропные свойства, электронодефицитность, приводящая к способности взаимодействовать со свободными радикалами, и способность их возбужденного состояния передавать энергию молекуле обычного кислорода и превращать его в синглетный кислород.



Рис. 2. Биологические активности фуллеренов

Под действием света молекула фуллерена возбуждается. Возбужденная форма C_{60} способна либо сама образовывать радикалы, либо передавать свою энергию молекулярному кислороду, переводя его в синглетное состояние 1O_2 . Все эти активные формы веществ могут атаковать биомолекулы: липиды, белки, нуклеиновые кислоты. Итак, существует два механизма действия радикалов: первый тип — повреждение обусловлено любыми молекулами, кроме 1O_2 , тип второй — повреждение осуществляется синглетным кислородом. Для ДНК оба пути ведут к окислению нуклеотидов, что понижает стабильность фосфодиэфирной связи, в результате чего при щелочных рН происходит ее гидролиз. Свойство фуллерена образовывать активные формы кислорода используется в фотодинамической терапии, являющейся одним из способов лечения рака. В кровь пациенту вводят фотосенсибилизаторы (вещества, способные генерировать активные формы кислорода под действием света, в данном случае — фуллерены или их производные). Поскольку кровоток в опухоли слабее, чем в остальном организме, то фотосенсибилизаторы накапливаются в ней. После направленного облучения опухоли происходит возбуждение молекул фотосенсибилизатора и генерация активных форм кислорода, что вызывает апоптоз раковых клеток и разрушение опухоли. С другой стороны, фуллерены обладают антиоксидантными свойствами — являются активными акцепторами радикалов, что позволяет использовать их в качестве ловушек для АФК.

Было показано, что фуллерен может понижать активность ВИЧ-интегразы. Напомним, что ВИЧ-интеграза — белок, отвечающий за встраивание вирусной кДНК в ДНК человека. Фуллерены, взаимодействуя с этим белком, способны изменять его конформацию, влияя, таким образом, на его функции. Некоторые производные фуллерена способны взаимодействовать непосредственно с ДНК и препятствовать действию рестриктаз (ферментов, разрезающих ДНК в специфических местах).

Впервые в 2007 году появились сообщения об использовании водорастворимых фуллеренов в качестве противоаллергических средств. Производные $C_{60}(OH)_x$ и $C_{60}(NEt)_x$ исследовались на человеческих тучных клетках (ТК) и базофилах периферической крови (БПК). В экспериментах *in vivo* (на живых организмах) введение 2нг/г (2нг=2*10⁻⁹г вещества на грамм веса мыши) производных фуллерена в мышей ингибирует анафилаксию (патологическую реакцию живого организма на введение чужеродных веществ), при этом токсического эффекта не наблюдается. Учитывая то, что для остановки анафилаксии требуются концентрации производных фуллерена в 400-300000 раз меньшие, чем те, что вызывают токсический эффект, водорастворимые фуллерены в будущем могут быть применены в лекарственных препаратах против аллергии.

Благодаря гидрофобности C_{60} проникновение в мембрану клетки осуществляется достаточно легко. В этом аспекте удобно использовать молекулу фуллерена в качестве вектора для доставки лекарств. Эритропоэтин, один из гормонов почек, является физиологическим стимулятором эритропоэза — активирует митоз и созревание эритроцитов из клеток-предшественников эритроцитарного ряда. Если вводить эритропоэтин непосредственно в кровь, то происходит значительная деградация его, однако при введении гормона вместе с фуллеренами концентрация активного и доступного для клеток эритропоэтина возрастает вдвое: благодаря адсорбции на фуллерен, большая часть попадает внутрь клетки [2].

В последние годы в несколько раз увеличилось производство фуллеренов и их производных. В связи с вышеперечисленными активностями производных фуллерена довольно остро стоит вопрос об их токсичности. Результаты токсикологических экспериментов весьма противоречивы: по одним данным, фуллерен, вызывая перекисное окисление липидов мембраны, ингибирует рост клетки и ведет к нарушению ее функционирования, по другим — фуллерены и их производные не способствуют нарушению целостности клетки. Последние исследования указывают на то, что цитотоксичность C_{60} зависит от способа приготовления вещества: ведь при выделении фуллерена из углеродной «сажи» используются различные органические растворители — сильные яды для клеток.

Однако до сих пор не ясны механизмы взаимодействия нативных фуллеренов с клетками. Изучить этот процесс на молекулярном уровне экспериментально невозможно, тогда на помощь приходят методы молекулярного моделирования, в том числе и метод молекулярной динамики.

Для фуллерена с использованием метода молекулярной динамики показано, что его проникновение в мембрану осуществляется через несколько наносекунд (10^{-9} секунд) (рис.3). Причем C_{60} остается внутри мембраны длительно время, что влияет на ее свойства: диффузию липидов, толщину, форму. Известно, что растворимость фуллеренов в воде крайне низка, поэтому в полярных растворителях происходит агрегация молекул. Исследовано, что большие агрегаты (16 и более молекул) не способны проникнуть внутрь мембраны пассивно. Однако агрегаты из 10 и менее молекул оказываются внутри билипидного слоя уже через 1 мкс. При проникновении образуется пора, куда проникает первый фуллерен из кластера. После этого остальные фуллерены проникают внутрь мембраны и на временах порядка микросекунд и дезагрегируют. При молярной концентрации фуллерена 11,1 % понижается коэффициент латеральной диффузии липидов (характеристика текучести мембраны) на 40%, на 10% уменьшается модуль сжатия и на 20 % модуль изгиба, что свидетельствует об общем смягчении мембраны. Однако изменение механических свойств мембраны не привело к каким-либо видимым повреждениям: разрыву, мицеллообразованию или формированию больших пор на временах расчета.

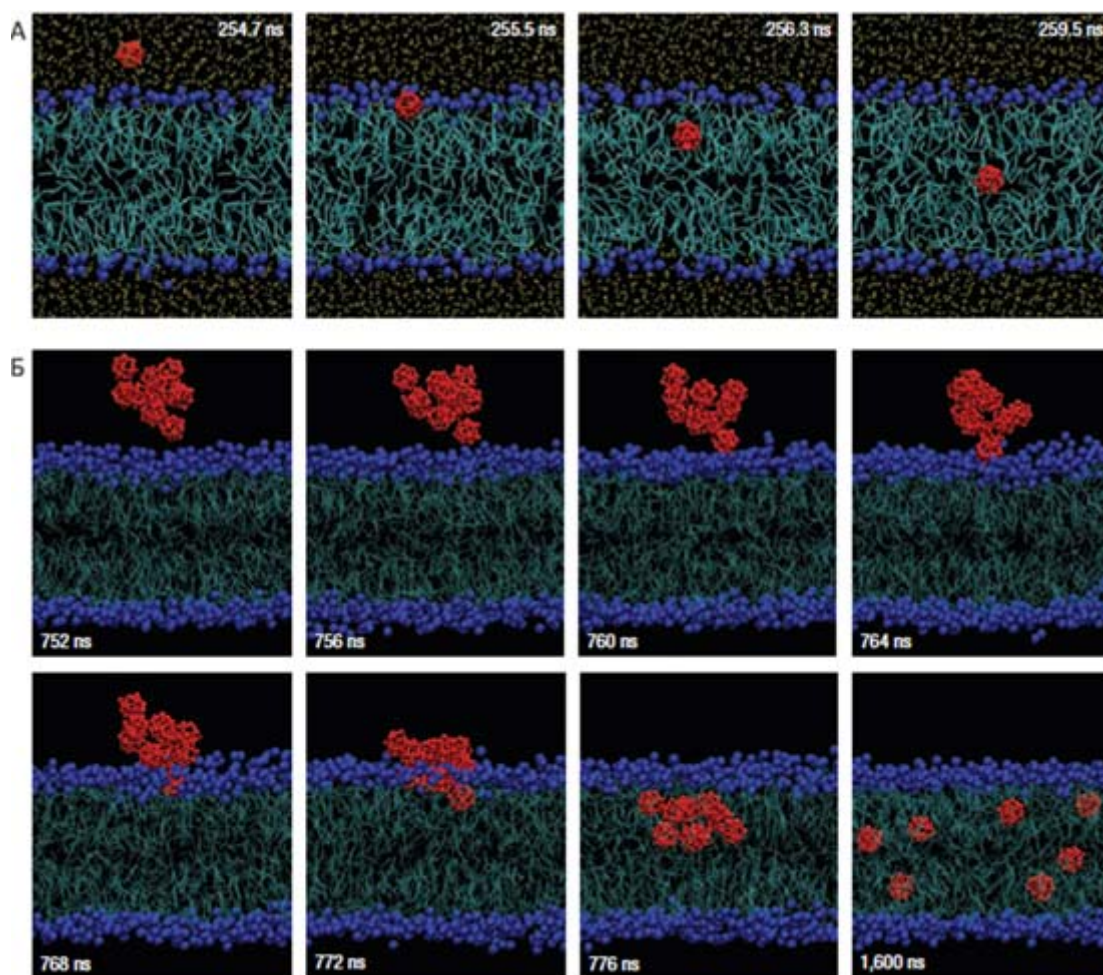


Рис. 3. Изучение проникновения фуллерена в мембрану методом молекулярной динамики [3]

Таким образом, авторы делают вывод, что фуллерены даже при очень высокой концентрации не способны вызвать механических повреждений в мембранах [3].

На сегодняшний день фуллерены являются перспективными и многообещающими объектами нанобиотехнологий. Однако исследования фуллеренов и их свойств находятся лишь на начальной стадии, и до применения их в медицинской практике необходимо детально изучить влияние на живые организмы, механизмы взаимодействия с клеткой и отдельными ее компартментами.

Список использованной литературы:

1. *Елецкий А.В., Смирнов Б.М.* Фуллерены // УФН. 1993. Т. 163. №2. С. 33–60; Фуллерены и структуры углерода // УФН. 1995. Т. 165. № 9. С. 977.
2. *Tatiana Ros.* Twenty Years of Promises: Fullerene in Medicinal Chemistry Medicinal Chemistry and Pharmacological Potential of Fullerenes and Carbon Nanotubes (2008). P. 1–21.
3. *Jirasak Wong-Ekkabut, Svetlana Baoukina, Wannapong Triampo, I-Ming Tang, Peter D. Tieleman, Luca Monticelli.* Computer simulation study of fullerene translocation through lipid membranes // Nat Nano. 2008. Vol. 3. No. 6. P. 363–368.

Источник: Боздаганян М.Е. Фуллерены и перспективы их применения в биологии и медицине // http://www.nanorf.ru/events.aspx?cat_id=223&d_no=1514 (17.11.2010).

Выполните задания к тексту:

1. Попробуйте нарисовать арт-объект или предмет быта, в основе которого бы лежал усеченный икосаэдр (аналогично тому, как он используется Бакминстером Фуллером в его архитектурных проектах).

2. Подумайте, случайно ли то, что одни и те же формы могут лежать как в основе микрообъектов (соединений углерода), так и макрообъектов (зданий). Попробуйте придумать объяснение, почему так происходит.

3. Создайте кластер к статье.

4. Из статьи Боздаганяна становится понятно, что работать в области нанотехнологий невозможно без серьезного естественнонаучного или технического образования. Поинтересуйтесь, где в России такое образование можно получить — поговорите с вашими учителями и/или найдите информацию в Интернете. Ниже укажите не менее трех подходящих вузов (лучше выбрать те, которые ближе всего к месту, где вы живете).

Текст № 9

В нашем последнем тексте речь идет о профессиях будущего — профессиях, большая часть которых не могла бы появиться без нанотехнологий. Возможно, какая-то из них привлечет и вас...

«Профессии будущего»

Случалось ли вам, собираясь поехать в гости, звать ямщика? Приходилось ли диктовать номер абонента телефонистке? Увидев в тексте слово «писец», вспомните ли вы, что много веков существовала такая профессия? Наконец, знаете ли вы, кто такой фореитор? Жизнь меняется, и многие некогда важные профессии уходят в небытие. Может быть, вам тоже пора задуматься о новой специальности? «Популярная механика» представляет самые перспективные профессии ближайшего и далекого будущего.

Нанохирург

Микрохирургия — это наша повседневность. Значит, в будущем можно ожидать появления нано-, пико- или фемтохирургов. Правда, инструментами их будут не скальпели и даже не лазеры. Да и сами хирурги, скорее всего, лишатся привычных нам хала-

тов, масок, ритуалов по мытью рук, да и самих операционных. Их рабочим местом станет терминал управления миниатюрными хирургическими роботами, работающими внутри человеческого организма.

Впервые эта мысль проскользнула в фильме Джо Данте «Внутреннее пространство» (Innerspace, 1987). Именно там уменьшенный до размеров эритроцита (6–8 мкм) аппарат путешествовал по всем органам и системам и даже умудрялся перебраться от человека к человеку. Правда, аппарат управлялся не извне, а уменьшенным до соответствующих размеров пилотом. Более близкий к реальности прототип появился в сериале «Звездные врата: Атлантида» (Stargate: Atlantis, 2004–2009). В тело человека вводились роботы-наноциты, которые могли замещать собою поврежденные клетки. Сценаристы как в воду глядели — в 2009 году американские ученые сначала сумели отследить движение раковых клеток, помеченных углеродными наночастицами, а затем приноровились и уничтожать их. В The Journal of Clinical Investigation была опубликована статья, где исследователи из Университета Вашингтона в Сент-Луисе (штат Миссури) создали четырехнанометровые частицы из перфтор-углерода, несущие основной компонент пчелиного яда — аминокислотный полимер мелиттин. Самое интересное, что наночастицы атаквали и уничтожали только раковые клетки, не затрагивая здоровые.

Теперь дело за малым: оснастить частицы элементами управления, приемником/передатчиком сигналов, научить их использовать «местный» строительный материал — и о рубцах на месте инфаркта миокарда можно будет забыть, как о страшном сне. Тем более что такие нанороботы в перспективе выглядят более управляемыми, чем живые и потому менее предсказуемые стволовые клетки.

«Хирургия уверенно движется в сторону минимизации инвазивности. Уже сейчас срединная лапаротомия воспринимается как архаичность. Плановые же операции постепенно становятся уделом эндохирургов, — говорит кардиохирург Андрей Филиппов из медицинской школы Стэнфордского университета. — Буквально пару десятилетий назад, чтобы спасти человека от ишемической болезни сердца, приходилось вскрывать ему грудную клетку. Сегодня достаточно войти в сосуды бедра, подняться по ним до сердца и установить стент. И мастерство хирурга сегодня оценивается по способности строить в голове пространственную модель человеческого организма, оперативности реагирования на изменение ситуации на мониторах и т.п. Первоначально прогресс пойдет по пути уменьшения размеров эндохирургического инструментария. Уже к середине XXI века мы сможем проникать практически в любой более или менее крупный сосуд. Не секрет, что именно с патологией сосудов связана основная масса хирургических заболеваний. Вероятно, наступит и такой момент, когда хирургу не придется вручную управлять проводником для зонда. Но приблизить этот момент сами медики не могут, потребуются усилия специалистов из Кремниевой долины. Ведь внутрисосудистый хирургический робот должен быть стопроцентно управляемым, даже самый минимальный лаг при передаче команды может стоить пациенту жизни».

Специалисты по управлению погодой

Попытки моделировать климатические явления и влиять на погоду предпринимаются и в наши дни — но вот беда, даже прогнозы погоды на три дня вперед сбываются не стопроцентно, а с активным воздействием на атмосферу мы знакомы преимущественно по эпизодам так называемого разгона облаков в праздничные дни. Есть, однако, основания полагать, что ситуация в будущем серьезно изменится и человечество научится заказывать погоду и предотвращать климатические катаклизмы вроде торнадо или аномальной засухи. В связи с этим потребуется множество специалистов, которые обеспечат функционирование глобальной системы точного прогнозирования атмосферных явлений и их корректировки. Во-первых, важно продвинуть к новым горизонтам математические методы нелинейного моделирования. Погода зависит от массы факторов, и эти факторы находятся в постоянной динамике, так что описание математическим языком столь нестабильных систем потребует решения многих задач. Для расчета климатических процессов в глобальном масштабе уже сейчас используются суперкомпьютеры, однако в будущем для этих целей потребуются намного более производительные вычислительные мощности. Впрочем, для того чтобы суперкомпьютерам было что обсчитывать, потребуется и более совершенная система глобального мониторинга воздушной и морской среды, включающая в себя разнообразные сенсоры, установленные на спутниках, судах, буях, самолетах, аэростатах, наземных метеостанциях. И наконец, потребуются новые технологии, а значит, и новые специалисты в области активного воздействия на атмосферные процессы.

В качестве примера такой перспективной технологии можно привести идею американца Росса Хоффмана, который, будучи еще студентом знаменитого Массачусетского технологического института, предложил воздействовать на атмосферу точечным нагреванием на 2–3 градуса ее отдельных участков. Главная посылка Хоффмана заключается в том, что характер и направление мощных атмосферных процессов можно корректировать относительно малым воздействием. Например, не обязательно уничтожать ураган, противопоставляя ему столь же масштабную мощь. А можно, например, подогрев участок атмосферы, слегка изменить направление воздушных потоков и увести торнадо в сторону от густонаселенных районов. Но как этого можно добиться — не втыкать же в небо кипятильник? Хоффман предлагает запустить на околоземную орбиту группу спутников, которые смогут перерабатывать энергию Солнца в электромагнитное излучение частой 183 ГГц. Эти космические «микроволновки» будут по команде компьютера направлять энергию на заданный участок атмосферы, нагревая там воздух. Такой способ управления погодой, конечно же, станет реальным лишь тогда, когда последствия подобного воздействия на атмосферу можно будет точно рассчитать математически. Правда, в этом случае появится возможность использовать управление погодой как климатическое оружие, то есть насылать на недругов смерчи, ураганы, ливни или засухи. К теме управления погодой близки также проекты в области геоинжиниринга, направленные на изменение климата в целом, например на противодействие глобальному

потеплению. Среди них — засеивание атмосферы серой для поглощения части солнечных лучей или вывод на орбиту отражающих зеркал.

Программист транспортных потоков

Как одно из средств борьбы с автомобильными заторами в городах в наши дни применяются интеллектуальные системы управления дорожным движением. Датчики и камеры измеряют интенсивность потоков, центральный компьютер обчисляет эту информацию, вычисляет на ее основе наиболее оптимальную схему движения и перенаправляет автомобили с помощью светофоров информационных табло. В будущем специалистам по управлению городским движением придется решать более серьезные задачи. В крупных городах весь транспорт будет представлять собой единую систему, управляемую автоматически. Для этого, скорее всего, понадобятся новые виды транспорта. Перед проектировщиками встанут две главные задачи: во-первых, определить, что будет управляться только автоматом, а что останется человеку; во-вторых, задать оптимальное соотношение общественного и индивидуального транспорта.

Эти две задачи тесно связаны. Общественный транспорт идет по заданным маршрутам, и автоматизировать его — задача в принципе несложная и уже частично решаемая. Но если по улицам будут по-прежнему ездить индивидуальные автомобили, водители которых ведут себя намного непредсказуемее автоматов, общественный транспорт придется разносить в пространстве с персональным — убирать его на рельсы, эстакады и в тоннели. Согласно некоторым современным проектам личные автомобили в конце концов будут вытеснены из густонаселенных городов и заменены парком автоматических или полуавтоматических индивидуальных транспортных средств. Эти транспортные средства не будут принадлежать отдельным лицам, их можно будет брать напрокат или вызывать как такси. Поначалу эти движущиеся кабинки станут перемещаться по специальным путям, поднятым вверх (по типу фуникулера), и доставлять пассажиров максимально близко к нужной точке в городе благодаря густой сети путей. Более смелые проекты рисуют полностью автоматизированные улицы и магистрали, на которых движение организовано вообще без участия человека. При этом правильно рассчитанный поток индивидуальных транспортных средств может давать большую пропускную способность, чем общественный транспорт с большим количеством посадочных мест. Иными словами, на улицах городов будущего не останется ни водителей, ни автоинспекторов. Специалистам предстоит лишь создать аппаратуру и алгоритмы, которые позволят сделать передвижение по городу быстрым и безопасным.

Генетический инженер растений

Пока политики и потребители определяются со своим отношением к генетически модифицированным растениям, попробуем представить, как могла бы выглядеть лаборатория генетической инженерии в будущем. Сначала биотехнолог подбирает для работы гены в базе данных, отправляет файлы с последовательностями нуклеотидов через

интернет в компьютер синтезатора, и уже на следующий день заказанные гены приходят в лабораторию в виде готовых молекул. В стерильных боксах лаборанты в белых халатах встраивают свежесинтезированные молекулы ДНК в геном растений. Растительные экспланты со встроенными ДНК-молекулами сначала растут в колбах, позже их переносят в огромные теплицы. На каждом растении — электронный чип со всей нужной информацией. В полностью автоматизированных теплицах за растениями наблюдают видеокамеры и датчики. Как только появляется растение с нужными характеристиками, робот тут же отбирает его для последующей селекции, собирает и взвешивает семена, снабжает их этикеткой со штрих-кодом и отправляет в хранилище. В год такая лаборатория сможет производить около 50 000 трансгенных растений. Впрочем, это не будущее, а вполне реальное настоящее: именно так выглядит лаборатория фирмы Cropdesign в Бельгии на платформе TraitMill.

Если такие технологии существуют уже сейчас, что же ждет нас в будущем? К сожалению, чудес биотехнологии с растительным геномом «под заказ» придется подождать. «В молекулярной биологии мы наблюдаем тот редкий случай, когда скорость развития технологии значительно опережает наши знания. Современная генетическая инженерия уже способна обеспечить не только повышенную резистентность к гербицидам или устойчивость к вредителям, — говорит Руслана Радчук, научный сотрудник отдела молекулярной генетики Инсти- Гатерслебене (Германия).— Но чтобы сотворить чудо, сначала надо найти те гены, которые привнесут в растение нужное качество. Однако на сегодняшний день треть генов в растениях вообще не изучены, роль еще половины можно только предположить. Поэтому в ближайшем будущем параллельно с грандиозными коммерческими проектами ученые продолжают изучение функций отдельных генов».

Чтобы лучше понять перспективы развития генной инженерии, стоит вспомнить самые значимые достижения последнего времени. По мнению многих ученых, настоящим прорывом можно считать создание «золотого риса», который синтезирует витамин А. На сегодняшний день это, пожалуй, один из немногих практически готовых продуктов, ценность которого очевидна не только производителям, но и потребителям. Такой рис в качестве надежного источника витамина А незаменим в регионах, где ему нет альтернатив. Кроме того, «золотой рис» — настоящая гордость биоинженерной мысли, позволившей встроить в геном целый ряд генов, обслуживающих один путь биохимического синтеза. Другим важным достижением стоит назвать производство вакцин в трансгенных растениях.

Какие качества трансгенных растений находятся сейчас под прицелом генных инженеров? Прежде всего это урожайность, повысить которую методами классической селекции уже не удастся, так что все надежды возлагаются на молекулярную биологию. Ученые старательно изучают гены, ответственные за устойчивость к засухе, защиту от вредителей и прочих неблагоприятных факторов. В ближайшей перспективе, по видимому, именно это направление останется основным.

Вторым важным направлением будет улучшение питательных качеств растений: изменение биохимической композиции семян, повышение содержания белка, полиненасыщенных жирных кислот, антоцианов, увеличение содержания витаминов и уменьшение — аллергенов и плохоперевариваемых компонентов.

Еще одно направление — производство лекарственных препаратов и вакцин. Пока что лекарственные препараты, содержащие белок, производятся в основном с помощью бактерий, но использование для этого трансгенных растений в будущем выглядит весьма перспективно. Правда, не в качестве «растительных таблеток» или «растительных прививок» (при этом возникают проблемы с точной дозировкой), а в качестве растительных биофабрик, синтезирующих лекарства, которые затем выделяют из растений. Впрочем, подобные биофабрики тоже уже существуют.

Наконец, самое молодое направление — разработка трансгенных растений для технологических нужд: от изменения композиции картофельного крахмала для бумажной промышленности до производства паутинового полимера для хирургии.

Превентивный полицейский

В рассказе Филипа Дика «Особое мнение» полицейские арестовывали и сажали в тюрьму людей не за совершенные преступления, а лишь за намерение преступить закон в будущем. Имена несостоявшихся убийц, грабителей и насильников называли ясновидящие-мутанты как минимум за неделю до предполагаемой трагедии. Поправ священную презумпцию невиновности, общество практически полностью избавилось от преступности: опасаясь получить наказание, даже не реализовав свой преступный замысел, граждане покорно склонили головы пред всевидящим законом.

Вполне вероятно, что сам Филип Дик оказался провидцем. Фундамент будущей системы предупреждения преступности колоссальными темпами строится в наши дни. Речь идет о компьютерных базах данных с личной и биометрической информацией о преступниках, потенциальных преступниках, а в будущем — обо всех людях планеты. В 1999 году Скотланд-Ярд начал собирать национальную базу ДНК NDNAD с образцами генетического материала всех лиц, признанных виновными в совершении преступления. В 2003 году полиция получила право заносить в NDNAD ДНК всех арестованных лиц, независимо от финального вердикта. Когда в 2006 году власти стали арестовывать нарушителей за мелкие преступления, база вновь пополнилась записями, на этот раз о практически добропорядочных гражданах. Также в NDNAD хранятся ДНК несовершеннолетних правонарушителей — потенциальных взрослых преступников.

На сегодняшний день британская база ДНК занимает второе место по количеству записей. Возглавляет список американская база CODIS. Пока что полиция не собирает ДНК добропорядочных граждан. Однако ограничивает ее скорее колоссальный объем работы по сбору и систематизации информации, нежели многочисленные протесты общественных организаций. А поводы для протестов есть. В отличие от обезличенного почтового адреса или номера паспорта, ДНК содержит очень личные сведения: о про-

исхождении, расе, физиологических особенностях и даже предрасположенности к психическим заболеваниям.

На основе статистических данных профессор Ричард Берк из Университета Пенсильвании вывел формулу «индекса смертоносности», присвоив относительные баллы 30 различным параметрам, от состава семьи и уровня достатка до возраста, в котором гражданин совершил первое правонарушение. Индекс указывает вероятность, с которой тот или иной человек может совершить убийство. Разумеется, исследования Берка встретили яростное неодобрение общества. И дело тут не только в презумпции невиновности или расовых стереотипах. Это тот случай, когда исследователь может повлиять на результат эксперимента. Создав и растиражировав образ «типичного преступника» (скажем, нелегальный эмигрант рабочей профессии с низким уровнем дохода), власти могут сами подтолкнуть представителей этой группы к преступлениям.

Боб Бернс и специалисты министерства внутренней безопасности США работают над выявлением невербальных признаков, выдающих злоумышленника. Они изучают едва заметные сокращения мимических мышц лица в надежде уловить закономерности. Исследователи кадр за кадром рассматривают сотни видео с тестовыми интервью. Если Бернсу удастся отыскать секрет предательской гримасы, дело будет за малым — создать компьютерную программу по распознаванию лиц с соответствующей функцией. Вы все еще гадаете, устоит ли презумпция невиновности? Взгляните правде в глаза: фундаментальный столп римского права уже пошатнулся, как Пизанская башня. Исследования Бернса — всего лишь попытка подложить научную основу под работу, которую каждый день выполняют тысячи офицеров полиции в аэропортах всего мира. За последние годы только в США более 1100 человек были арестованы лишь за подозрительное выражение лица. Выбирая между покоем и справедливостью, общество, безусловно, предпочтет первый пункт.

Генетический терапевт

Генетика уже в наше время добилась весьма впечатляющих успехов. О расшифровке генома человека всего столетия назад можно было только мечтать. Генетическая диагностика позволяет выявлять предрасположенность к огромному перечню заболеваний. Это уже сейчас позволяет модифицировать образ жизни конкретного человека так, чтобы не создавать условий для превращения предрасположенности в суровую, но объективную реальность.

Что же дальше? А дальше, безусловно, должно появиться лечение на генетическом уровне. И для этого определенно потребуются специалисты, которых нет в современной нам медицине, — генетические терапевты. Впрочем, с таким же успехом их можно назвать генетическими хирургами, ведь им придется выполнять ювелирные операции на молекулярном уровне — в пределах человеческой ДНК.

Например, можно будет восстановить утраченный в результате травмы палец. Или вырастить полосатый фосфоресцирующий хвост — боди-морфинг, скорее всего, будет

весьма популярен. Ведь это возможно даже сейчас, правда, лишь у лабораторных животных. Так, исследователи из The Wistar Institute (Филадельфия, США) обнаружили у млекопитающих один-единственный ген, блокирующий способности к регенерации тканей. История с ящерицей, которая способна «отбросить» некоторые части своего тела, а затем вырастить их заново, не давала ученым покоя. Если на это способны рептилии, то и у более высокоразвитых существ эта опция должна присутствовать. Пусть даже и в «молчащем виде». И действительно, стоило «отключить» у мышей ген p21, регулирующий клеточный цикл, как скорость регенерации тканей у них возросла в разы. Не исключено, что через пару сотен лет в травмпунктах будут сидеть генетические травматологи, способные временно блокировать аналогичные гены у человека, и от надоевшего всем гипса наконец-то можно будет отказаться.

«Действительно, мы уже знаем много генов, нарушения в структуре и функциях которых способствуют возникновению болезней. Например, рака. Теоретически можно их «включить» или «выключить», и все вернется на круги своя. Сложность в том, что в большинстве случаев нет какого-то одного-единственного «проблемного» или «исцеляющего» гена, обычно дело приходится иметь с целой группой, в которой каждый отдельный ген отвечает одновременно за несколько процессов, — объясняет старший научный сотрудник Института молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН Александр Иванов. — Кроме того, пока что есть проблемы с «генетическим инструментарием». Для вставки информации используются искусственные (или модифицированные естественные) вирусы, а также короткие интерферирующие РНК. И на современном этапе невозможно гарантировать безопасность манипуляций. Встраивание вирусов в геном нередко приводит к возникновению рака. Просто из-за неудачного места встраивания, потому что точно прогнозировать это самое место мы еще не научились. Но кое-что умеем. Можно вставлять при помощи генной терапии не поломанный ген, а другой, наличие которого позволит «отравить» целевую клетку. Например, ген тимидинкиназы (ТК) герпесвирусов позволяет фосфорилироваться ганцикловиру — препарату, применяемому для лечения цитомегаловирусной инфекции. Сам ганцикловир не токсичен, а вот его трифосфат — очень даже. Соответственно, если в клетки опухоли вставить ген ТК герпесвирусов, а потом дать пациенту ганцикловир, раковые клетки умрут в страшных муках. Впрочем, скорее всего, в первую очередь будет развиваться именно генетическая диагностика. Уже сейчас при помощи генной диагностики возникает иная классификация заболеваний. Те же виды рака — лейкозы, твердые опухоли, одинаковые для медиков XX века, на самом деле оказываются несхожими. В XXI веке делают специфические лекарства для лечения конкретных подвидов рака с «поломкой» определенного гена. Грядет эра «индивидуальных лекарств», созданных для лечения конкретной патологии у конкретного пациента. С определенными допущениями это уже можно считать прообразом генетической терапии».

Специалист по терраморфингу

Терраморфинг — одно из самых дерзких мечтаний человечества. Если вдруг на Земле однажды станет слишком тесно или слишком опасно жить, человечество или его часть сможет отправиться в заранее подготовленное убежище — в Солнечной системе или за ее пределами. Представить себе, какие специалисты потребуются для придания одной из планет свойств Земли, трудно, прежде всего потому, что речь идет об отдаленнейшем будущем и недоступных сегодняшнему человеку технологических возможностях. Можно себе представить, что пионерами терраморфинга станут участники пилотируемых экспедиций к условно пригодным для переработки в Землю небесным телам. К этим последним, кстати, можно отнести планеты теллурического (землеподобного) типа — в основном Марс, а также Луну и некоторые спутники планет-гигантов. Люди создадут постоянные базы, построят первичную транспортную и энергетическую инфраструктуру, оставаясь при этом под защитой скафандров и сооружений космической базы. Среди предлагаемых методов терраморфинга небесных тел Солнечной системы — выработка кислорода из реголита для насыщения им лунной атмосферы, поселение на планеты генномодифицированных бактерий, которые смогут поглощать углерод и водород и вырабатывать кислород, перенесение на безводные планеты воды с помощью изменения орбит содержащих лед комет. Причем для терраморфинга, возможно, придется не только создать пригодную для жизни атмосферу на планете, но и, скажем, удлинить год и укоротить сутки. Все эти мероприятия задействуют усилия разных специалистов — от робототехников до биологов и от химиков до астрономов. Вот только столь масштабные вмешательства в природу потребуют такой мощи и настолько масштабных работ, что людям придется привлечь к этим трудам множество надежных и самовоспроизводящихся машин. Тех, что смогут десятилетиями, а возможно, веками и тысячелетиями перерабатывать одну природную среду в качественно другую.

Анабиозолог

Редкий фантастический фильм или роман обходится без анабиоза или стазиса. Впрочем, кратковременный анабиоз возможен уже в наше время. Самое близкое современное понятие — управляемая кома, которую врачи применили для лечения смертельной инфекции — бешенства. С помощью коктейля из четырех препаратов, относящихся к группам противовирусных, седативных средств и инъекционных анестетиков, пациентов погружают в некое подобие анабиоза. Методика получила название «протокола Милуоки», известны два случая успешного ее использования: впервые она была применена в США в 2004 году, а в 2008-м ее использовали в Бразилии. Логично предположить, что именно нынешние анестезиологи-реаниматологи в будущем могут стать специалистами, без которых будет невозможен ни один длительный космический перелет.

«Теоретически погрузить человека в анабиоз возможно уже сейчас. Но задача реаниматологов не ограничивается тем, чтобы ввести пациента в состояние управляемого сна. Его еще нужно вернуть обратно. Это куда более сложная задача, — объясняет

анестезиолог-реаниматолог Наталья Войцеховская. — Основных проблем три: первая — что делать с продуктами жизнедеятельности, причем не обязательно на макроуровне, проблем хватит и с «отходами» работы клеток. Органом выделения и дыхания на время анабиоза может стать кожа, благо и в обычных условиях она наделена такими функциями. Вторая проблема сложнее. Даже за год комы мышцы у пациента атрофируются так, что ему приходится заново учиться ходить. Что станет с ними за десятилетия или даже столетия, и представить невозможно. О быстром восстановлении высшей нервной деятельности, моторных навыков, знаний и умений пока можно лишь мечтать. И третья, главная проблема — старение. Нет никаких гарантий, что замедленный в сотни и тысячи раз организм после пробуждения не наверстает украденное у него биологическое время в сжатые сроки». Остается надеяться, что к моменту массового распространения анабиоза человечество разберется с теломеразам и навсегда забудет понятие «возраст». Но ясно одно: для управления анабиозом потребуются высококлассные специалисты и сложнейшая техника. Иначе придется оборудовать все стазисные камеры системами «экстренного слива», как в «Матрице».

Психокорректор

Порой неприятное воспоминание, засевшее в глубинах памяти подобно компьютерному вирусу, способно с бесконечным упорством отравлять человеку жизнь. Имея дело с компьютером, мы просто удалили бы вредоносный файл. Нельзя ли поступить так же с человеческим мозгом?

Специалисты по стиранию памяти в фильме «Вечное сияние чистого разума» составляли карту воспоминаний пациента. Герой пересказывал врачам воспоминания, от которых хотел избавиться, при этом датчики фиксировали, какие участки мозга наиболее активны в этот момент, определяя, где именно хранятся нужные образы. Затем доктора «играли в морской бой», стирая нежелательные события из памяти прицельными электрическими импульсами.

Локализовать зоны наибольшей активности мозга медики могут и сейчас. Принцип функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) основан на том, что обогащенную кислородом кровь томограф видит иначе, чем уже отдавшую кислород клеткам. Более активные нейроны быстрее поглощают кислород, тем самым выдавая себя.

С помощью фМРТ ученым из Института Макса Планка в Германии удалось поставить первые эксперименты по чтению мыслей. Участники опыта видели перед собой два числа. Им предлагалось сложить их или вычесть одно из другого. В зависимости от намерений карты мозговой активности выглядели тем или иным образом. Записав показания фМРТ, ученые смогли с вероятностью 70% предсказывать, что собирается делать подопытный: складывать или вычитать числа.

Удалить из мозга воспоминания далеко не так просто, как локализовать их хранилище. И все же исследователям Нью-Йоркского университета удалось стереть из памяти конкретное воспоминание. Принцип основан на взаимодействии краткосрочной и долго-

срочной памяти. За наши текущие мысли и «архив воспоминаний» отвечают разные участки мозга. При запоминании события происходит физический перенос информации из одной нейронной сети в другую. Когда мы вспоминаем прошлое, происходит обратный переход. Ученые решили не копаться в архивах, а попробовать перехватить воспоминание в пути.

Подопытные крысы прослушивали два разных звука, получая после каждого удар током. фМРТ миндалевидного тела мозга, отвечающего за страх, точно зафиксировало условный рефлекс: крысы стали бояться звуков, даже не получая одновременно с ними дозы электричества. Затем половине крыс ввели препарат U0126, вызывающий потерю кратковременной памяти (сразу скажем, на людей он не действует). Тут-то им и дали прослушать один из звуков, поймав дурное воспоминание на переходе из долгосрочной памяти в краткосрочную. Эксперимент показал стопроцентный результат: крысы, подвергшиеся стиранию памяти, теперь боялись лишь одного из звуков. Второй же не вызывал у них ровным счетом никаких эмоций.

Так что в будущем психоаналитикам не придется подолгу искать способ примирить пациента с душевными травмами. Достаточно будет просто нажать Delete.

Космический архитектор

Как только человечество придет к необходимости активного заселения ближайшего космоса, профессия космического архитектора станет необходимой.

Почти ничего общего космическая архитектура с земной не имеет. В первую очередь это связано со сложными условиями среды. В открытом космосе гравитация отсутствует; на других планетах она заметно отличается от земной. Космические постройки требуют других материалов и связанных с ними расчетов. Отсутствие атмосферы или ее несхожесть с земной порождают необходимость герметизации построек и организации подачи кислорода. Нельзя забывать об отсутствии естественного освещения на многих потенциальных участках строительства. Наконец, радиация, инопланетная пыль, космический мусор — это факторы, затрудняющие строительство сооружений за пределами Земли. Разделим специализации космических архитекторов: «планетарные» и «орбитальные» мастера.

Орбитальный архитектор должен иметь более серьезную инженерную подготовку, нежели «земной». Классический сопромат не подходит, особенно в купе с повышенными требованиями к легкости конструкции — доставка тяжелых грузов к месту строительства слишком дорога. Такой специалист — скорее инженер по созданию космических челноков, нежели архитектор. Отсутствие необходимости в пространственной ориентации приведет к изменению формы космических зданий в пользу сферически симметричных. Наиболее логичными формами представляются колесо или составленная из колес сложная сфера. Она может быть и неправильной формы — если колеса пересекаются по хордам. Если убрать перегородки во внутренних помещениях подобных сооружений, они будут напоминать длинные загибающиеся коридоры.

Строительство в гравитационном поле другой планеты близко к земному. Еще в 1970-х годах КБ общего машиностроения СССР под руководством Владимира Бармина занималось разработкой лунного города. И по их проекту, и по более поздним проектам NASA подразумевалось подземное строительство — жилые отсеки в виде подземных полукруглых коридоров. Если отталкиваться от современных реалий, строительство на Луне не будет сильно отличаться от земного. Общим требованием ко всем космическим постройкам станет возможность повторного использования конструкций: второй, третий и даже четвертый циклы. Слишком дорогим представляется снесение космических «зданий» и строительство новых из свежезавезенного материала.

Профессии, которые скоро уйдут в прошлое

Журналист

Текстовая и графическая информация распространяется через блоги (сетевые дневники) и сообщества. Блогосфера полностью заменяет журналистику как профессию и явление.

Продавец-кассир

Большинство товаров покупается и продается через Интернет. В «реальных» магазинах установлены автоматические терминалы оплаты и упаковки товаров. Ежемесячное обслуживание терминала обходится в несколько раз дешевле, чем минимальный размер оплаты труда.

Почтальон

Вся переписка производится посредством электронной почты. Посылки и особо важные письма адресату из рук в руки доставляют курьеры.

Турагент

Туроператоры работают только через Интернет. Документы оформляются по сети, билеты на самолеты и поезда — только электронные.

Инспектор ГИБДД

Телекамеры и датчики безошибочно фиксируют до нескольких нарушений в секунду. Квитанции на оплату штрафа доставляются нарушителям посредством электронной почты.

Рабочий

Промышленные предприятия полностью переведены на автоматическое производство под управлением одного-двух квалифицированных операторов. Человеческое вмешательство необходимо только в случае нештатной ситуации.

Чиновник

Все услуги оказываются посредством сетевых сервисов. Выдача паспортов и прочих документов, миграционный учет ведут компьютеры. Чиновничество остается только на высшем уровне в виде правительства и кабинета министров.

Водитель, машинист, пилот

Поездами, автомобилями, самолетами управляют операторы со стационарных пультов. Частные транспортные средства оборудованы автопилотом, которому достаточно задать пункт назначения, скорость и маршрут.

Пожарный, спасатель

Спасательные операции и мероприятия по борьбе с огнем проводятся специальными роботами под управлением операторов.

Переводчик

Перевод при разговоре выполняют компактные электронные устройства, встроенные в телефоны, часы, фотоаппараты.

Вечные профессии

Повар

Несмотря на успехи генетики, никто не стремится получать питание внутривенно или с помощью фотосинтеза. Видимо, люди просто не хотят отказываться от простых плотских удовольствий. По той же причине не приходится волноваться и представительницам древнейшей профессии.

Артист

Людам нравится сопереживать писателям и художникам, музыкантам и актерам кино. Сочувствовать бездушным железкам мы никогда не научимся.

Священнослужитель

Благотельным агнцам всегда нужен пастырь. Не исключено, что в будущем церковь превратится в компьютерную социальную сеть. И все же даже за самым высокотехнологичным культом должен стоять харизматичный лидер.

Политик

В фантастических рассказах компьютеры могут прекрасно управлять государством: они внимательны, производительны, рациональны, беспристрастны и справедливы. Лишь одно искусство не подвластно машине — дарить людям надежду на светлое будущее.

Источник: Профессии будущего // Популярная механика. 2010. № 10 (96). Октябрь. С. 58–68.

Выполните задания к тексту:

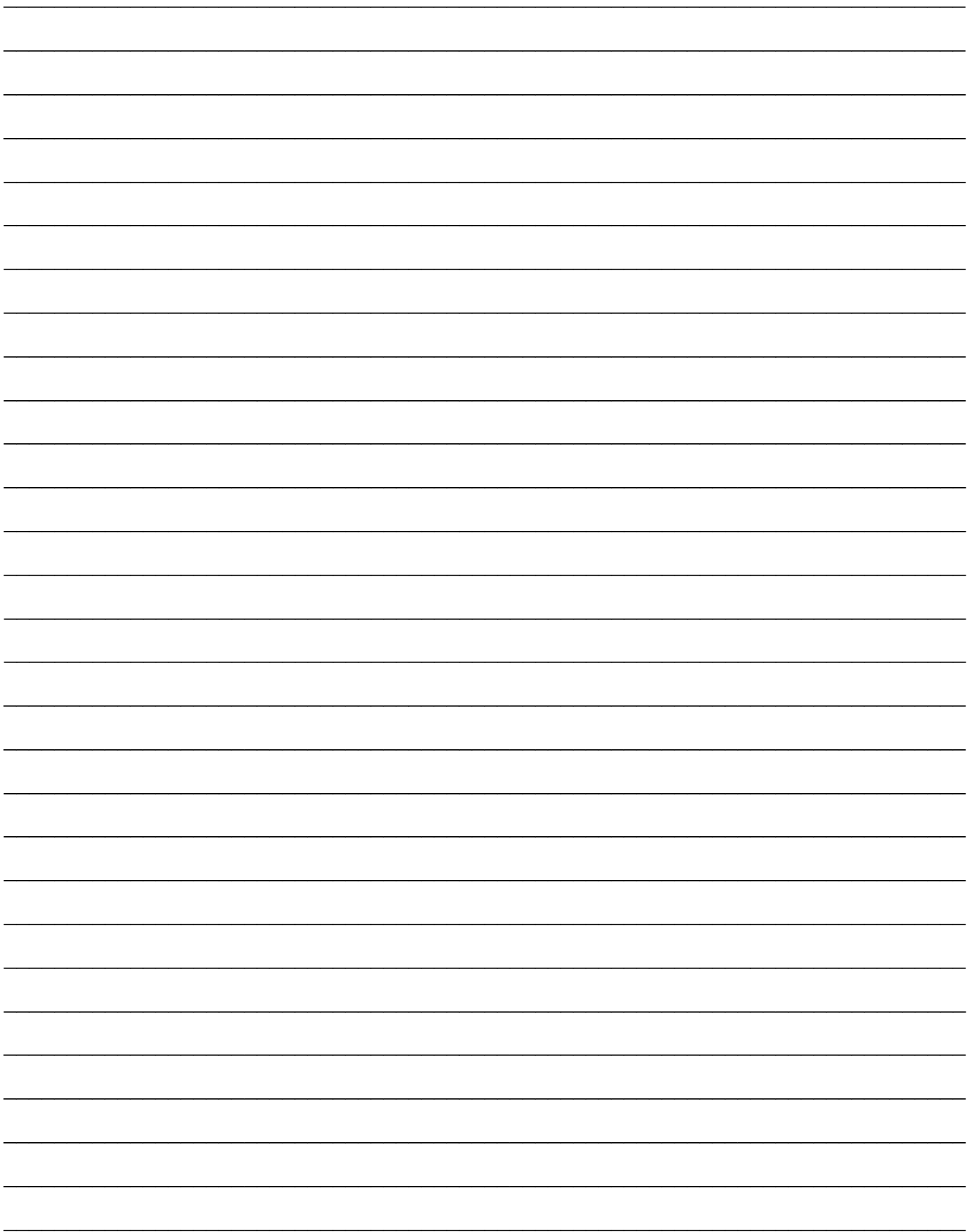
1. Вспомните эссе Айзека Азимова «Все, что ты хочешь». Напишите, насколько со времен Азимова изменилось представление о том, какие профессии будут полезными и востребованными, а какие — нет?

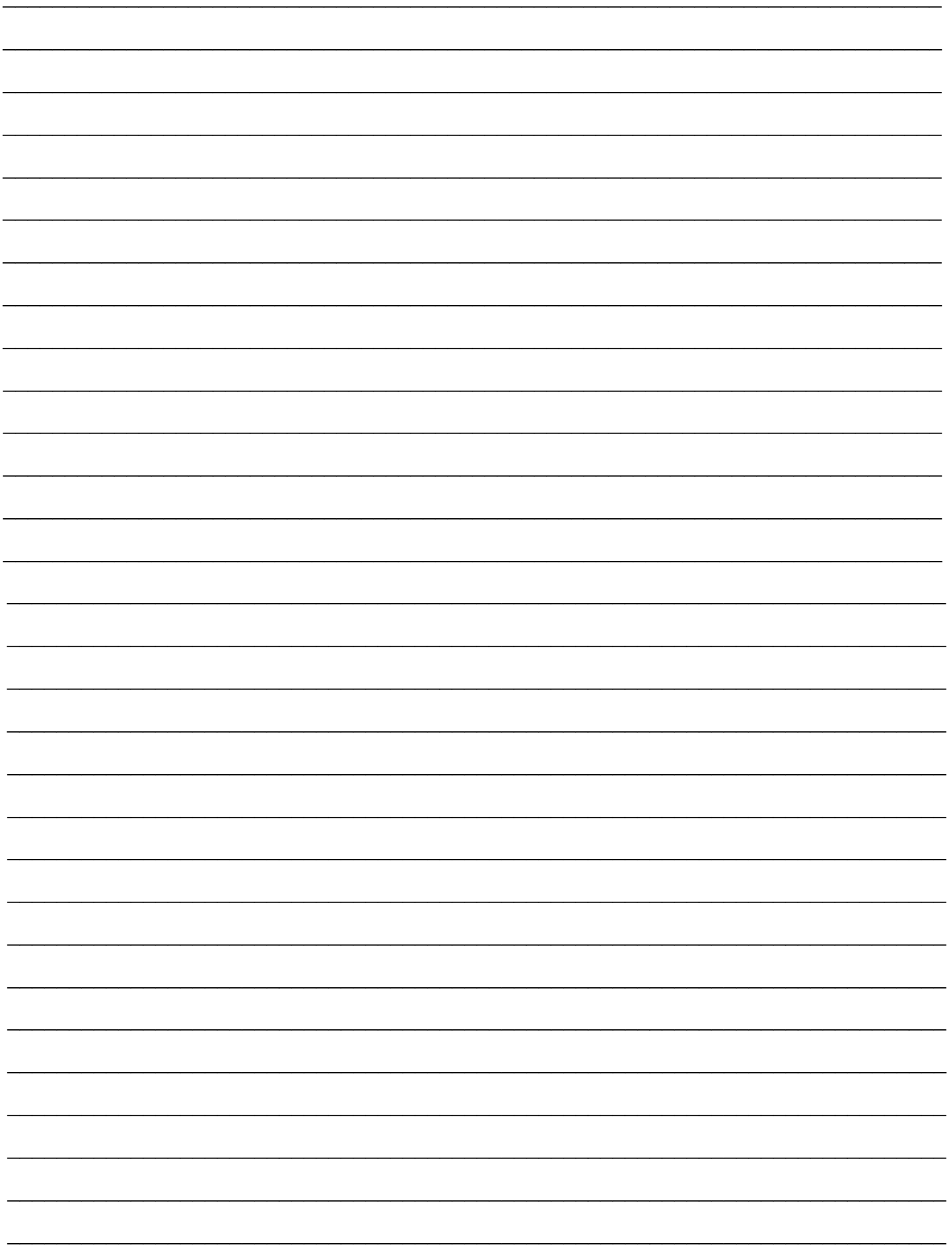
2. Обсудите в группах по несколько человек или всем классом, какие из представленных в статье профессий:

- востребованы уже сейчас?
- будут востребованы нескоро?
- окажутся невостребованными совсем?

Согласны ли вы со списком профессий, которые уйдут в прошлое? Обсудите, какие из них могут остаться и почему.

3. Какие из перечисленных в статье профессий будут включать в себя работу с нанотехнологиями. Объясните свой выбор.





Текст № 10

И последний текст. Помните формулу, с которой начиналась эта тетрадь? Предлагаемый текст посвящен последней букве, когнитивным технологиям, и принадлежит перу известного британского ученого Эдварда де Боно.

Эдвард де Боно «Серьезное творчество»

Ни один город в мире не хотел проводить у себя Олимпийские Игры после Игр в Монреале, убытки от которых составили около 1 миллиарда американских долларов. Москва приняла у себя олимпийские Игры в 1980 году, так как для нее финансовые затраты не были решающим фактором. В 1984 году Питер Юберроут обеспечил такой финансовый успех Игр в Лос-Анджелесе (более 250 миллионов долларов чистой прибыли), что сейчас города соревнуются за право проводить Олимпийские Игры у себя. Необычайный успех Олимпийских Игр во многом зависел от новых концепций и творческих идей, разработанных и осуществленных на практике Питером Юберроутом. При этом сам Питер в интервью газете «Вашингтон Пост» признавался, что добиться такого результата ему помогли приемы развития творческого мышления.

В Интернете имеется более чем 4 000 000 ссылок на мои работы. Это означает, что если вы потратите 1 минуту на каждую такую ссылку и будете работать 12 часов в день, то вам понадобится более 12 лет, чтобы получить доступ к каждой ссылке.

У нас нет недостатка в информации. Информация стала товаром (предметом широкого потребления). Технология тоже становится товаром, при этом — больше прибыли получают не те организации, которые владеют более высокими технологиями, а те, которые обладают технологиями, поддерживающими значимые и прогрессивные идеи.

Таким образом — говоря о будущем, мы должны признать, что процветание в нем будет зависеть не от владения информацией и технологиями, а от творчества, направленного на преобразование имеющихся и рождение новых идей и концепций.

Принято утверждать, что на смену технологической культуре приходит информационная культура устройства общества, это неверно — им на смену идет эра культуры творчества.

Исходя из моего опыта, еще ни одна организация в мире в достаточной степени не оценила эту сторону дела. В действительности ни одна организация не относится к творчеству серьезно. Творчество для большинства — нечто отдаленное, о котором руководители много говорят, но ради которого делают очень мало. Причина в том, что очень немногие понимают — что такое творчество.

О творчестве написано и сказано много всякой ерунды.

В первую очередь, очень важно разделять понятия творчество и искусство. Творчество, представляющее собой перемену представлений, идей, концепций и восприятия имеет очень мало общего с искусством. У художников, поэтов, артистов есть много талантов: особое восприятие, умение выражать испытываемые эмоции, эстетические чувства и т.д. Но создание новых идей — это что-то другое. Вам совсем не обязательно быть художником, чтобы быть творческой личностью. Художники не являются особо творческими в порождении новых идей. Именно по этим причинам я употребляю термин «серьезное творчество», с целью сосредоточиться непосредственно на механизме порождения новых идей и концепций.

Многие старомодные представления о творчестве (такие как мозговой штурм) делают упор на, так называемое высвобождение разума, на свободу говорить что угодно. Сторонники этих теорий считают, что если воздать свободное пространство, то из хаоса высказываний и суждений родятся новые идеи. Это очень несостоятельный подход к творчеству. Представьте себе связанного веревкой человека. Пред ним лежит скрипка. Разве можно утверждать, что если разрезать эту веревку, то человек сразу же станет скрипачом?

Конечно, путы, наложенные традиционным образованием, заставляющим ребенка осваивать тысячи единиц ненужной информации и стереотипов, серьезно мешают развиваться творчеству. Но снятие барьеров — только часть и очень незначительная часть условий, ведущих к становлению творческих личностей.

Мозг устроен настолько специфически, что по природе своей он не является творческим. Если бы каждую задачу мозг решал творчески, то жизнь вообще не была бы возможна. Назначение мозга — выдавать определенные модели, унаследованные от предыдущего жизненного опыта, и использовать эти модели в жизни. Если вы встаете утром и при этом вам нужно надеть 12 предметов одежды, то существует 39 916 800 различных путей, как вам одеться. Только установленный мозгом порядок дает вам возможность действовать.

Я утверждаю, что возможность творить — это на какой-то таинственный талант, данный только избранным, а умение, которое каждый может в себе выработать. Как и любыми навыками (такими как катание на лыжах, игра на гитаре, приготовление пищи) — творчеством можно овладеть и мера овладения зависит не только и не столько от определенных природных задатков, сколько от тренировки. Творчеству можно и нужно учиться. Творчество — это не только сущность таланта, и еще менее разумно связывать творчество с божественным вдохновением или блужданием вокруг и около идеи в надежде, что на вас снизойдет озарение. Творчество — как залог успеха и процветания — это свойство хорошо организованной системы, готовой к активному усвоению и преобразованию получаемой информации.

Цель культуры — внедрение в жизнь идей. Цель образования — обмен этими воспринятыми идеями. Цель обоих — такое совершенствование идей, чтобы они постоянно

шли в ногу со временем. Единственный возможный путь изменения идей, применяемый ранее — конфликт, который может протекать в двух направлениях.

В одном случае — это лобовая конфронтация между идеями-соперницами. Одна идея добивается господства над второй, при этом вторая — подавляется, но не изменяется. Во втором случае происходит конфликт между новыми данными и старыми представлениями. В результате подобного конфликта устаревшая идея должна быть устранена. Таков метод науки, ибо она постоянно стремится выискать какие-то новые данные, чтобы низвергнуть старые идеи и поднять на щит новые. И этим методом пользуется не только наука, таков общепринятый путь человеческого познания.

Метод конфликта при изменении идей действителен только там, где информация может быть оценена строго объективно. Но он совершенно перестает работать там, где новые данные оцениваются лишь через призму старых идей. Вместо того чтобы подвергаться изменениям, старые представления только усиливают свои позиции и становятся еще более незыблемыми.

Наиболее эффективный метод изменения идей — это действовать не извне, конфликтным путем, а изнутри, прибегая к интуитивной перегруппировке доступной информации. Интуиция — единственный продуктивный способ преобразовывать идеи в неопределенной ситуации, когда информации слишком много, она противоречива или ее невозможно оценить объективно. Но сама по себе интуиция сработать не может, она действительна только в тех случаях, когда соединяется с порядком, структурой и умением вырабатывать продуктивные модели.

Таким образом — серьезное творчество, направленное на выработку идей, обеспечивающих прогресс (то есть идей, идущих впереди, а не плетущихся в хвосте информации) — есть продукт хорошо организованного и тренированного мозга. Можно назвать четыре основных качества, которые должен выработать у себя человек, заинтересованный в прогрессе:

- чувство юмора;
- умение опираться на интуицию;
- умение упорядочивать информацию и превращать ее в хорошо структурированные модели;
- умение активизировать мозг, сосредоточивая усилия на быстром свободном восприятии, оценке и переработке информации.

Выполните задания к тексту:

1. Попробуйте найти в Интернете информацию об авторе этой статьи. Оказалась ли она для нас всех интересной? Обсудите с классом найденную информацию.

2. Выделите не более 7 тезисов, в которых содержится основной смысл статьи.

3. Найдите метафоры, употребленные автором в тексте, объясните необходимость их использования.

МЕСТО ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

Спасибо, что работали с нами!

Содержание

Приглашение к диалогу	3
Часть первая. Рекомендации для квалифицированного чтения.....	5
Часть вторая. Тексты.....	11
Текст № 1. А. Азимов. Эссе о роботах	11
Задания к первому тексту	17
Текст № 2. Стивен Хокинг. «Краткая история времени».....	21
Задания ко второму тексту	26
Текст № 3. М.В. Ковальчук. «Нанотехнологии — фундамент новой наукоемкой экономики XXI века»	31
Задания к третьему тексту.....	40
Текст № 4. Р.Ф. Фейнман. «Внизу полным-полно места: приглашение в новый мир физики!»	46
Задания к четвертому тексту	52
Текст № 5. К.Э. Дрекслер. «Машины создания. Грядущая эра нанотехнологий»	56
Задания к пятому тексту	63
Текст № 6. Г.В. Эрлих. «Мифы нанотехнологий».....	67
Задания к шестому тексту	74
Текст № 7. У. Хартманн. «Очарование нанотехнологий»	80
Задания к седьмому тексту.....	86
Текст № 8. М.Е. Боздаганян. «Фуллерены и перспективы их применения в биологии и медицине»	89
Задания к восьмому тексту.....	94
Текст № 9. «Профессии будущего»	96
Задания к девятому тексту	109
Текст № 10. Эдвард де Боно. «Серьезное творчество»	113
Задания к десятому тексту	115
Место для записей.....	119

АНО «Образовательный центр «Участие»
195196, Санкт-Петербург, ул. Стахановцев, 13а
тел./факс: (812) 444-38-62
www.fondedu.ru

Подписано в печать 08.12.2010.
Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать лазерная.
Усл. печ. л. 14,2. Тираж 600 экз.
Заказ № 1817.

Отпечатано в ООО «Издательство "ЛЕМА"»
191014, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Жуковского, д. 41, тел./факс: 468-11-04
e-mail: izd_lemma41@mail.ru
<http://www.lemaprint.ru>