

Дорогие друзья!

Мы предлагаем вам совершить увлекательное путешествие в мир нанотехнологий. В рабочей тетради собраны девять текстов, которые помогут вам разобраться в этом непростом предмете. К каждому тексту предложено 4-6 заданий, выполнение которых поможет вам лучше понять смысл текста.

Текст № 1

Крупнейшие научные открытия всегда начинаются с мечты, с дерзкой фантазии, с вопроса, который не дает покоя. Автор нашего первого текста, Айзек Азимов, сам не стал великим ученым, но стал известным писателем, одним из пророков современного высокотехнологичного 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 ей 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 её 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 оупляющим 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 потребуются 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 насчёт тех, у кого не окажется способности или желания работать по одной из новых профессий будущего – или для кого не найдётся 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 идёт 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 определённый момент будет важной для процветания мира. Почему бы и нет? Такие профессии, требующие от человека определённых умений и развитого воображения, станут привлекательны для многих, и я не сомневаюсь, что желающих найдётся достаточно, чтобы заполнить все необходимые места.

Впрочем, большинство людей займётся более приземлёнными 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: «Всё, 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, добьётесь 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, её 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 тяжёлую 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.

Заменяют 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, звучащие 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?

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.
5. Вы имели возможность познакомиться с жанром эссе. Теперь вам самим предстоит его освоить. В качестве темы возьмите предпоследнее предложение «Законов роботехники»: «Если мы хотим, чтобы с нами обращались как со взрослыми, нам следует вести себя как взрослые». На эту тему напишите небольшое (100 — 200 слов) эссе.

Текст № 3

Из статьи известного российского ученого и 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 21 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*).

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

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).

В последней четверти 20 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).

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.

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 20 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.

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 нанолекарства 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, меняем 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).

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 Курчатовского института (и название термоядерной установки ТОКОМАК — аббревиатура русских слов). Что касается будущей водородной энергетики, то и она тесно связана с развитием атомной энергетики. Поэтому нашу страну можно рассматривать как ключевого игрока на поле альтернативной энергетики будущего, причем как в науке, так и на рынке. Курс на создание новых энергетических мощностей поддержан руководством России.

Но, развивая энергетику, 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).

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).

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.

Выполните задания к тексту:

1. Выделите ключевые понятия статьи Ковальчука
2. Создайте тезисный план текста
3. Объясните, что обозначают приведенные ниже слова. При необходимости воспользуйтесь дополнительными источниками информации.
 - Революция
 - Эволюция
 - Отрасль
 - Синергизм
 - Структура
 - Синтез
 - Анализ
 - Парадигма
 - Приоритет
 - Тенденция
4. «В целом основная тенденция развития сегодняшней науки связана с возвратом к единой, целостной картине мира» - утверждает автор статьи. Поясните данное утверждение

Ковальчука.

5. Как вы думаете, какое место займут нанотехнологии в нашей жизни через десять лет? Напишите на эту тему небольшое (100 — 200 слов) эссе, опираясь на текст статьи.
6. Как вы помните из текста Хокинга, расширение Вселенной могло быть предсказано на основе ньютоновской теории тяготения еще в XVII веке, но вера в стереотипы мешала ученым сделать это открытие до начала XX века. Обсудите в группах или всем классом, почему нанотехнологии стали развиваться только во второй половине XX века. Могли ли они появиться раньше?

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 высокотехнологичных 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 может 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 конструктивных 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.

Выполните задания к тексту:

1. Создайте тезисный план текста.
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.