

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

МЕТАЛЛУРГИЯ

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



Металлургия

МЕТАЛЛУРГІЯ (от греч. *μεταλλουργέω* – добывать руду, обрабатывать металлы, от *μέταλλον* – рудник, металл и *ἔργον* – работа), в первоначальном значении – искусство извлечения металлов из руд; более широко – область науки и техники и отрасль промышленности, охватывающие процессы получения металлов и сплавов из руд или другого сырья, а также процессы, связанные с изменением их свойств (структуры, химического состава) и изготовлением разнообразных металлических изделий. Строение и свойства металлических материалов в зависимости от их состава и обработки изучает металловедение.

[Большая российская энциклопедия](#)

О металлургии



Фото: Норникель

Содержание

[Нахождение металлов в природе](#)

[Металлургия](#)

[Пиromеталлургия](#)

[Гидрометаллургия](#)

[Электрометаллургия](#)

Большинство металлов обладают высокой химической активностью и поэтому находятся в природе в связанном состоянии в виде различных химических соединений — минералов.

В самородном виде в природе могут находиться такие металлы, которые трудно окисляются кислородом воздуха: золото, серебро, платина, реже — ртуть, медь.

Активные щелочные и щёлочноземельные металлы встречаются в виде солей (карбонатов, нитратов, сульфатов, хлоридов, фосфатов и др.):

NaCl (поваренная соль, галит), $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (глауберова соль, мирабилит);

CaCO_3 (кальцит), $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (гипс);

NaNO_3 (чилийская селитра) и др.

Металлы средней активности встречаются в виде сульфидов и оксидов:

Al_2O_3 (корунд);

Fe_2O_3 (красный железняк, или гематит);

SnO_2 (касситерит);

HgS (киноварь) и др.

Минералы входят в состав горных пород и руд.

Руды – содержащие соединения металлов в количествах, пригодных в технологическом и экономическом отношении для получения металлов промышленным способом.

Металлургия – отрасль химической промышленности, занятая получением металлов



Различают чёрную (производство железа и его сплавов) и цветную металлургию (производство всех других металлов, кроме железа).

Перед получением металла из руды её предварительно обогащают, т. е. отделяют пустую породу и примеси, и получают концентрат, который служит сырьём для металлургического производства.

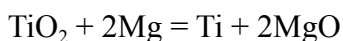
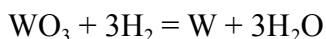
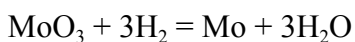
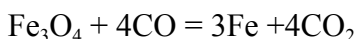
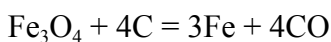
Способы получения металлов обусловлены их химической активностью и типом соединений, в виде которых они встречаются в природе.

В зависимости от метода получения металла из руды существуют следующие основные виды металлургических производств: пирометаллургия, гидрометаллургия, электрометаллургия.

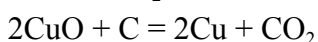
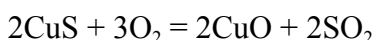
Пирометаллургия

это восстановление металлов из их руд при высоких температурах с помощью восстановителей. В процессах пирометаллургии используются различные восстановители: неметаллические — кокс, оксид углерода (II), водород; металлические — алюминий, магний, кальций и другие металлы. Если в качестве восстановителя применяют алюминий, то процесс восстановления называют алюминотермией.

Пирометаллургическими методами получают: железо, медь, свинец, никель, хром и другие металлы:



Сульфидные руды предварительно обжигают, получая оксиды металлов, из которых затем металлы восстанавливают, например:



Пирометаллургический метод используют для получения железа из оксидов — Fe_2O_3 и Fe_3O_4 , содержащихся в обогащённых рудах. Процесс проводят в доменных печах, восстановителем является угарный газ CO, который образуется при окислении кокса.

В доменной печи протекают процессы восстановления, в результате получают чугун — сплав железа с углеродом, в котором массовая доля углерода составляет от 2 до 6 %. Чугун перерабатывают в сталь, содержание углерода в которой меньше 1,7%. Процесс проводят в мартеновских печах или кислородных конверторах. Через расплавленный чугун пропускают воздух, результате чего углерод частично окисляется. Однако при пропускании кислорода через расплавленный чугун часть железа также окисляется кислородом до оксида.

Для обратного восстановления оксида железа до металла в расплав вводят раскислители, как правило, это марганец, барий, кальций, лантан. Они и восстанавливают окислившееся

железо, а затем отделяются от расплава, всплывая на его поверхность в виде легкоплавких шлаков.

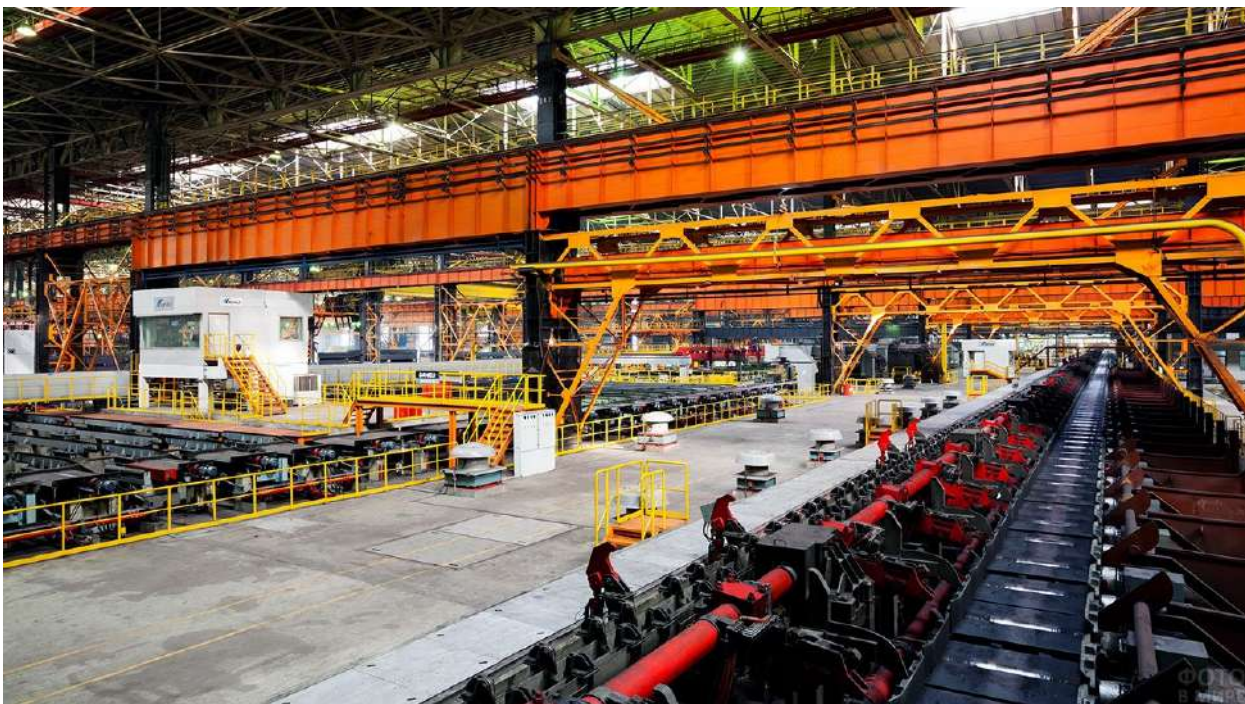


Фото: Челябинский металлургический завод

Гидрометаллургия – восстановление металлов из их солей в растворе.

Гидрометаллургические процессы включают стадию перевода нерастворимых соединений металлов из руд в растворы (например, действием серной кислоты переводят в раствор соли меди, цинка, урана) с последующим восстановлением металлов из полученных растворов с помощью других металлов или электрического тока.

С помощью гидрометаллургии получают медь, кадмий, извлекают золото и серебро.

Например, руду, содержащую оксид меди, обрабатывают серной кислотой, в результате чего образуется растворимый сульфат меди.

Затем проводят реакцию замещения или электролиз раствора и получают медь.

Электromеталлургия – восстановление металлов в процессе электролиза растворов или расплавов их соединений.

Электromеталлургические методы применяют главным образом для получения активных металлов — щелочных и щёлочноземельных, а также алюминия. При этом подвергают электролизу не растворы, а расплавы хлоридов, гидроксидов или оксидов.

Сырьём для производства алюминия служат бокситы, которые прокаливанием переводят в оксид алюминия. Электролизу подвергают раствор оксида алюминия в расплавленном криолите. Криолит понижает температуру плавления оксида алюминия и значительно повышает электропроводность расплава. Производство алюминия относят к числу энергоёмких, поэтому его размещают не рядом с местом добычи сырья, а вблизи источников дешёвой электроэнергии.

Малоактивные металлы, такие как медь, получают путём электролиза водных растворов их солей.

Электролиз применяют также не только для получения металлов, но и их очистки. Этот процесс называется электролитическим рафинированием. Для рафинирования (очистки) металла электролизом из него отливают пластины и помещают их в качестве анодов в электролизёр. При пропускании тока металл, подлежащий очистке, подвергается анодному растворению, то есть переходит в раствор в виде катионов. Затем эти катионы металла разряжаются на катоде и оседают на нём в виде компактного осадка чистого металла. Примеси, находящиеся в аноде, либо остаются нерастворимыми, либо переходят в электролит и удаляются из него.

Большинство металлов переводят в слитки при помощи литья: расплавленный металл заливают в форму, где он застывает. Однако наиболее тугоплавкие металлы, например вольфрам, из которого делают нити накаливания электроламп, расплавить в печи необычайно трудно. Для получения слитков тугоплавких металлов применяют порошковую металлургию — особый метод, позволяющий избежать литья. Он основан на спекании предварительно спрессованного порошка металла при температуре выше 1000°C в атмосфере водорода. Затем через брусок из металла пропускают электрический ток, за счёт чего он разогревается до температуры плавления, и при этом отдельные его зерна свариваются друг с другом. Полученное изделие подвергают горячей ковке и прокатке.



Фото: Магнитогорский металлургический комбинат

Коротко о главном

Руды — содержащие соединения металлов в количествах, пригодных в технологическом и экономическом отношении для получения металлов промышленным способом.

Отрасль химической промышленности, занятая получением металлов, называется **металлургией**.

Способы получения металлов обусловлены их химической активностью и типом соединений, в виде которых они встречаются в природе. В зависимости от метода получения металла из руды существуют следующие основные виды металлургических производств: пирометаллургия, гидрометаллургия, электрометаллургия.

Пирометаллургия — это восстановление металлов из их руд при высоких температурах с помощью восстановителей.

Гидрометаллургия — восстановление металлов из их солей в растворе.

Электрометаллургия — восстановление металлов в процессе электролиза растворов или расплавов их соединений.

Источник: Фоксфорд

Профессия – Металлург

Сейчас трудно себе представить, как бы развивалось человечество, если бы несколько веков тому назад наши предки не смогли выплавить из руды первый кусок металла. Ведь именно металл, выплавляемый металлургами из разных горных пород или металлолома, позволяет человеку реализовать самые смелые технические идеи и изготавливать огромное количество нужных и полезных вещей: инструментов, механизмов, приборов или элементов декора, которые используются во всех сферах нашей жизнедеятельности.

Вполне естественно, что такая большая значимость металлургической отрасли предполагает наличие грамотных специалистов. Ну а поскольку металлургическое производство относится к разряду высокотехнологичных, то и требования к специальной подготовке металлургов выдвигаются достаточно высокие. Причем независимо от того, представители это инженерно-технических или рабочих специальностей. Поэтому будущим металлургам, перед выбором профессии, очень важно досконально изучить все особенности нелегкой работы на металлургических предприятиях.



Кто такой металлург?

Металлург – обобщенное понятие, охватывающее все специальности, так или иначе связанные с металлургической промышленностью. Среди основных металлургических профессий, востребованных сегодня больше всего, можно выделить: шахтер, горновой доменной печи, сталевар, разлищик стали, вальцовщик холодного металла, прокатчик горячего металла, плавильщик, техник-технолог доменного производства, машинист крана металлургического производства, нагреватель металла, инженер-металлург доменного производства.

Название профессии произошло от древнегреческого μέταλλον (копь, шахта, жила, рудник) и οὐρῶς (делатель), что полностью отображает суть работы металлурга – добыть руду и сделать из нее металл. История этой профессии началась в глубокой древности (около 6000 лет назад), когда наши предки заметили, что под воздействием высоких температур медная руда превращается в очень прочный и твердый материал, из которого можно было сделать удобные орудия защиты и труда. С тех пор металлургия проделала огромный путь: от кустарного ремесла, облегчившего жизнь первобытного общества, до промышленного производства, совершенствование которого оказывает большое влияние на развитие всего человечества.

Профессиональные обязанности представителей профессии металлурга напрямую зависят от специальности. Так, горновой доменной печи, в составе бригады по обслуживанию домны обеспечивает своевременность выпуска чугуна и шлака из печи. Сталевары и

плавильщики – помимо знаний технологии сталеварения, должны иметь представление об особенностях процесса выплавки стали всех марок и специальных сплавов, которые обрабатываются на предприятии. Разливщик стали работает в тесном сотрудничестве со сталеваром. Он принимает жидкую сталь в сталеразливочный ковш и разливает ее в формы. От его знаний особенностей работы с той или иной маркой металла, зависит качество слитков и их пригодность для дальнейшей обработки.

Подготовка печи, нагревание основы и различных деталей, регулировка подачи воздуха и нефтепродуктов – основные обязанности нагревателя металла. Но основной регулировщик работы всего цеха – это машинист крана металлургического производства, который перемещает заготовки, формы, полуфабрикаты, неисправные детали над производством.

Техническое организационное руководство производством осуществляет инженер-металлург, в основные функциональные обязанности которого входит:

- разработка и осуществление технологических процессов работы с металлами и получение изделий из них;
- обеспечение мероприятий по охране окружающей среды и использования энерго-, ресурсосберегающих технологий;
- обеспечение и контроль качества продукции;
- организация производства, труда, технического контроля, информационного обслуживания;
- проведение маркетинговых мероприятий.



Какими личностными качествами должен обладать металлург?

Работа металлурга, которая характеризуется очень тяжелыми условиями труда, требует от работников абсолютного физического здоровья и наличия определенных личностных качеств. К качествам, которые позволяют на высоком уровне выполнять свои профессиональные обязанности работникам металлургической отрасли, можно отнести:

- эмоциональную и волевую устойчивость;
- оперативность мышления;
- высокую скорость реакций;
- наличие организаторских способностей;
- коммуникабельность;
- умение концентрировать внимание;
- дисциплинированность.

Отметим, что к отдельным специальностям работников металлургии предъявляются дополнительные требования:

- прокатчик горячего металла и разлищик стали должны обладать значительной физической силой;
- сталевар и плавильщик, помимо хорошего физического здоровья, обязаны иметь значительную выносливость и устойчивость к воздействиям высоких температур;
- машинист крана металлургического производства характеризуется отсутствием страха высоты, крепким вестибулярным аппаратом, хорошим зрением и слухом;
- инженерно-технические специалисты должны владеть навыками педагогики и социологии взаимоотношений в коллективе.

Преимущества профессии металлурга

Работа на металлургическом предприятии – это тяжелый труд, который по силам только настоящим мужчинам, обладающим стальными нервами и железным здоровьем. Тем не менее, огромное количество молодых людей каждый год "штурмует" стены учебных заведений, на базе которых осуществляется подготовка специалистов металлургической промышленности. Почему? Да потому что преимущества профессии металлурга заставляют их не думать о "прелестях" более "легких" специальностей. К таким преимуществам можно отнести:

- востребованность – постоянно растущая потребность в металле, и, соответственно, активное развитие металлургической промышленности, делает профессию металлурга стабильно востребованной на современном рынке труда;
- высокий уровень заработной платы – тяжелые условия труда компенсируются высокой зарплатой (средняя зарплата металлурга в России составляет около 50-60 тысяч рублей). Кроме того, не стоит забывать о различных льготах и "горячем" стаже.
- разнообразие специальностей – среди огромнейшего разнообразия металлургических специальностей люди с крепким здоровьем с легкостью могут выбрать именно ту, которая будет максимально соответствовать их потребностям и возможностям;
- престижность – металлургическая промышленность оказывает значительное влияние на позитивное развитие экономики любой страны, поэтому к металлургам всегда было, есть и будет особое отношение со стороны общества: их ценят, уважают и прославляют.

Особенности профессии металлурга

Чтобы реально оценить свои возможности стать работником металлургической промышленности, необходимо принимать во внимание не только преимущества, но и недостатки профессии металлурга. В частности, тяжелые условия труда накладывают на представителей металлургических специальностей целый ряд ограничений по медицинским показателям: медицинское учреждение может не рекомендовать к работе на производстве плавильных работ человека при наличии у него заболевания нервной, психической, сердечно-сосудистой систем, дефектах зрения и органов дыхания, нарушениях функций опорно-двигательной системы, болезнях, связанных с потерей сознания.

Также, выбирая эту профессию, необходимо учитывать высокий риск получения производственной травмы. Ведь даже малейшая ошибка, допущенная в процессе работы с расплавленным металлом, грозит, как минимум, сильнейшим ожогом, а как максимум – травмами, несовместимыми с жизнью. Именно поэтому неукоснительное соблюдение всех пунктов техники безопасности является обязательным условием работы металлурга.



Где можно получить профессию металлурга?

В России сегодня большое количество профильных учебных заведений разного уровня аккредитации. Выбор места обучения во многом зависит от амбициозности и планов развития карьеры будущего металлурга. Первой ступенькой может стать получение металлургической рабочей специальности в техникуме или колледже. При этом важно понимать, что если не продолжить образование, то лучше не рассчитывать на какие-либо грандиозные перспективы карьерного роста.

А вот если получить высшее инженерное образование, то из простого сталевара в дальнейшем может вырасти как начальник цеха, так и директор металлургического предприятия. Россия по праву может гордиться качеством подготовки специалистов металлургической отрасли. Поэтому принципиального значения выбор профильного учебного заведения не имеет.

Источник: [Навигатор образования](#)

Материаловедение

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, комплекс фундаментальных научных знаний и технологических приёмов, направленных на создание материалов, удовлетворяющих потребности человека. Под общим термином «материалы» в Материаловедении обычно подразумевают простые или сложные вещества, их смеси, гетерогенные композиции, используемые или пригодные к использованию для решения практических задач. Предметом Материаловедения

является установление закономерностей взаимосвязей «состав – структура (электронная, атомная, нано-, мезо-, микро-, макро-) – технология получения – функциональные (механические, термические, электрические, магнитные, оптические и др.) свойства» материала, а также направленное совершенствование свойств уже известных материалов и создание новых материалов с заданными свойствами. Задачи, решаемые современным Материаловедением, определяют развитие энергетики, электроники, информационных и нанотехнологий, химической и др. отраслей промышленности, транспорта, медицины и здравоохранения. Основопологающая черта современного Материаловедения – междисциплинарность, поскольку стоящие перед ним задачи не могут быть решены в рамках одной научной дисциплины.

[Большая российская энциклопедия](#)

Новые материалы и нанотехнологии

«Современные технологии вышли на такой уровень, когда любое усовершенствование требует настоящего прорыва. Основные ограничения развития заложены в привычных материалах, чьи возможности уже практически исчерпаны. Все прорывные технологии в ближайшие 5-10 лет будут базироваться на новых материалах», — говорит Алевтина Черникова, ректор Национального исследовательского технологического университета «МИСиС».



Материалы будущего – это композиты, создаваемые, в том числе, с применением наноструктур. Они оставляют далеко за собой традиционные материалы (дерево, металл, камень) по показателям прочности, легкости и даже стоимости. Сфера применения

композитов огромна – аэрокосмическая промышленность, машиностроение, строительство и др.

Композиты начали использоваться во 2-й половине XX века. Россия в десятки раз отстает от Запада по объемам применения композитов. В последнее время разрыв сокращается, но нехватка кадров тормозит процесс. Поэтому в 2020 и далее будут востребованы специалисты в области материаловедения, создания новых и модификации уже существующих материалов.

Помимо композитов большой перспективой обладает направление 3D-printing. Это технология, позволяющая печатать из специальных составов любые объекты, будь то компьютерная плата, музыкальный инструмент, оружие или медицинский протез.

В ближайшие годы можно ожидать перехода от модульного производства к производству цельных продуктов с помощью 3D-принтера. А, значит, будет расти спрос на специалистов по 3D-печати.

Будущий материаловед может получить базовое образование по специальности:

04.03.02 Химия, физика и механика материалов

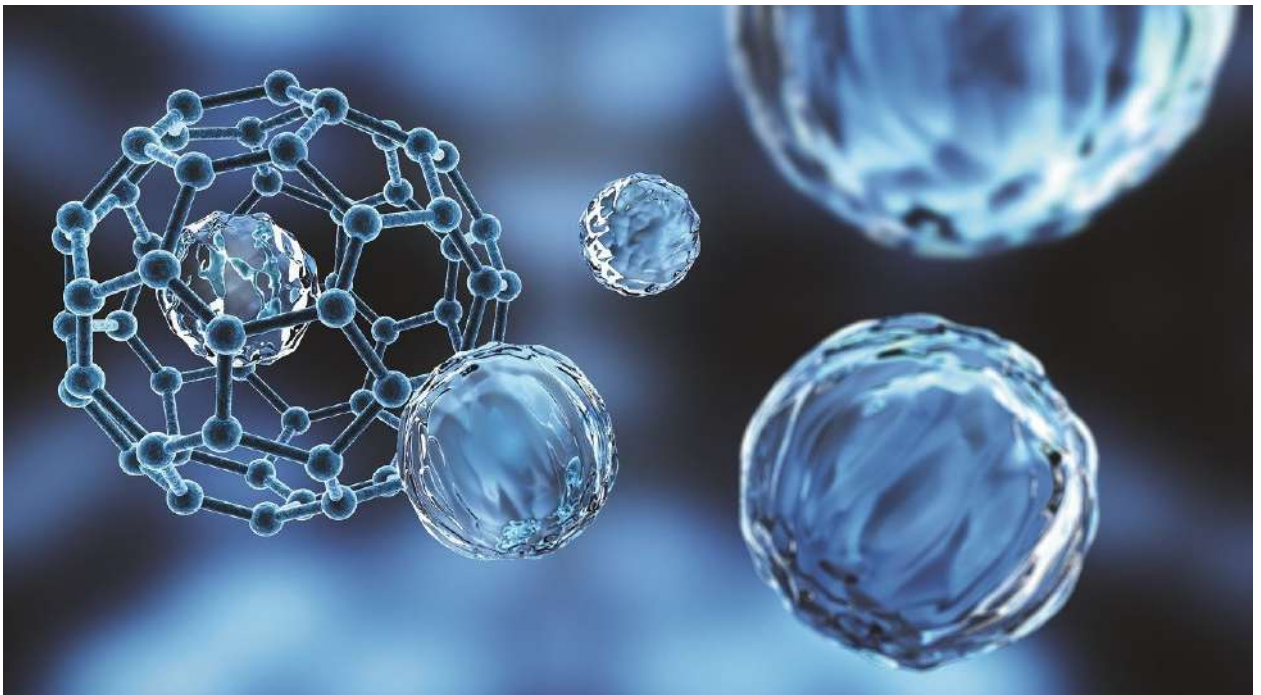
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

28.03.02 Наноинженерия

28.03.03 Наноматериалы

Нанотехнологии и наноматериалы



Нанотехнологии и области их применения

Нанотехнологии – это новое направление науки и технологии, активно развивающееся в последние десятилетия. Нанотехнологии включают создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноструктурой, то есть ее упорядоченными фрагментами размером от 1 до 100 нанометров.

Приставка «нано», пришедшая из греческого языка («нанос» по-гречески – гном), означает одну миллиардную долю. Один нанометр (нм) – одна миллиардная доля метра.

Термин «нанотехнология» (nanotechnology) был введен в 1974 году профессором-материаловедом из Токийского университета Норио Танигучи (Norio Taniguchi), который определил его как «технология производства, позволяющая достигать сверхвысокую точность и ультрамалые размеры ...порядка 1 нм ...».

В мировой литературе четко отличают нанонауку (nanoscience) от нанотехнологий (nanotechnology). Для нанонауки используется также термин – nanoscale science (наноразмерная наука).

Важнейшей составной частью нанотехнологии являются наноматериалы, то есть материалы, необычные функциональные свойства которых определяются упорядоченной структурой их нанофрагментов размером от 1 до 100 нм.

Согласно рекомендации 7-ой Международной конференции по нанотехнологиям (Висбаден, 2004 г.) выделяют следующие типы наноматериалов:

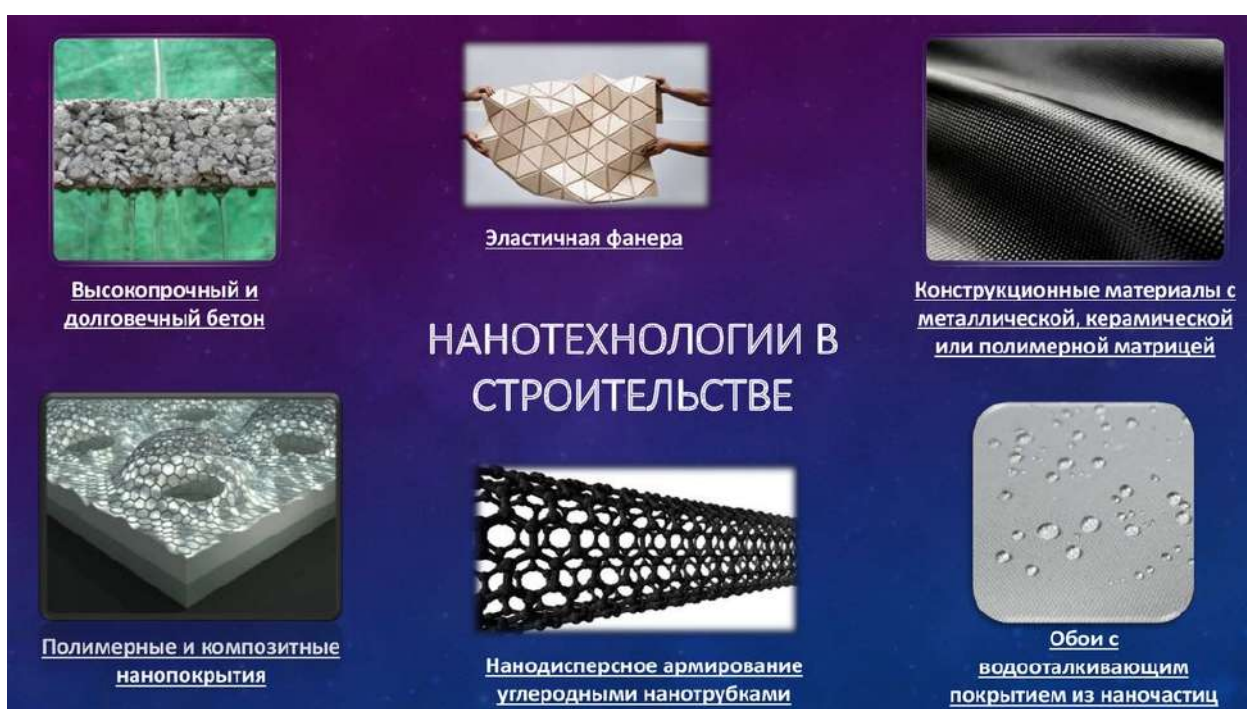
- нанопористые структуры;
- наночастицы;
- нанотрубки и нановолокна;
- нанодисперсии (коллоиды);
- наноструктурированные поверхности и пленки;

нанокристаллы и нанокластеры.

Наносистемная техника - полностью или частично созданные на основе наноматериалов и нанотехнологий функционально законченные системы и устройства, характеристики которых кардинальным образом отличаются от показателей систем и устройств аналогичного назначения, созданных по традиционным технологиям.

Области применения нанотехнологий

Перечислить все области, в которых эта глобальная технология может существенно повлиять на технический прогресс, практически невозможно.



Можно назвать только некоторые из них:

- элементы нанoeлектроники и нанофотоники (полупроводниковые транзисторы и лазеры;
- фотодетекторы; солнечные элементы; различные сенсоры);
- устройства сверхплотной записи информации;
- телекоммуникационные, информационные и вычислительные технологии; суперкомпьютеры;
- видеотехника — плоские экраны, мониторы, видеопроекторы;
- молекулярные электронные устройства, в том числе переключатели и электронные схемы на молекулярном уровне;
- нанолитография и наноимпринтинг;

- топливные элементы и устройства хранения энергии;
- устройства микро- и наномеханики, в том числе молекулярные моторы и наномоторы, нанороботы;
- нанохимия и катализ, в том числе управление горением, нанесение покрытий, электрохимия и фармацевтика;
- авиационные, космические и оборонные приложения;

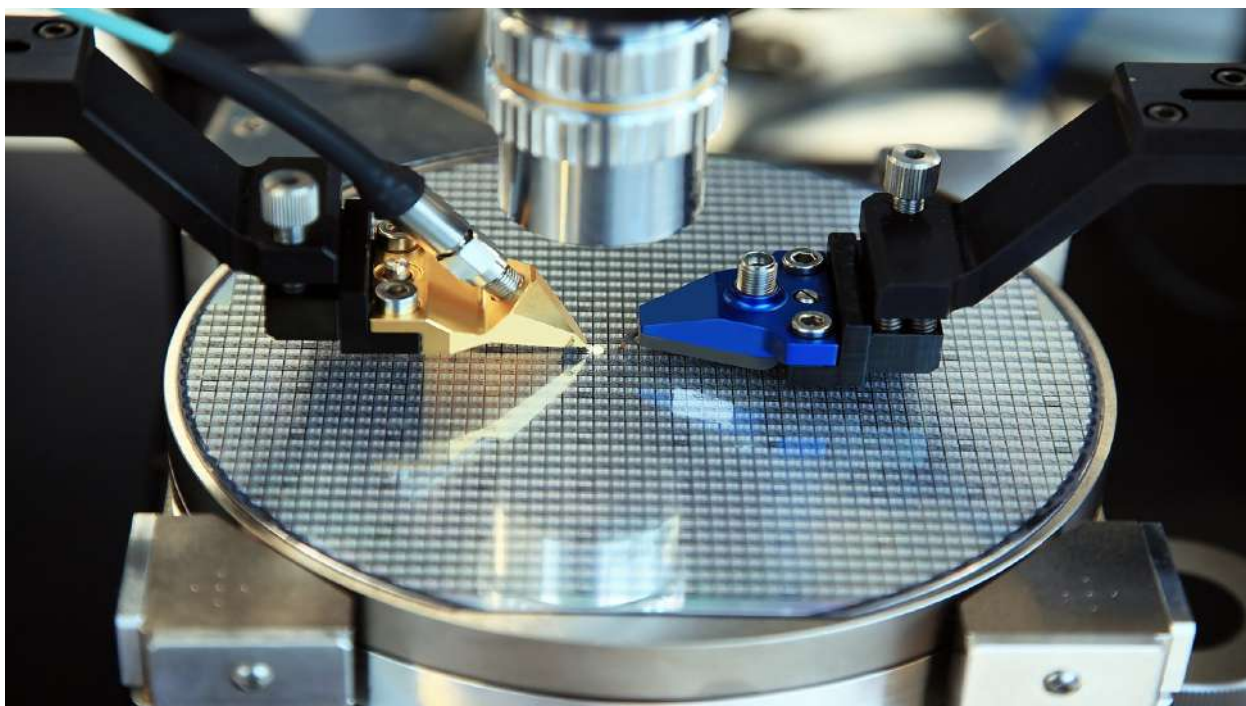


- устройства контроля состояния окружающей среды;
- целевая доставка лекарств и протеинов, биополимеры и заживление биологических тканей, клиническая и медицинская диагностика, создание искусственных мышц, костей, имплантация живых органов;
- биомеханика;
- геномика;
- биоинформатика;
- биоинструментарий;



- регистрация и идентификация канцерогенных тканей, патогенов и биологически вредных агентов;
- безопасность в сельском хозяйстве и при производстве пищевых продуктов.

Компьютеры и микроэлектроника



Нанокomпьютер — вычислительное устройство на основе электронных (механических, биохимических, квантовых) технологий с размерами логических элементов порядка

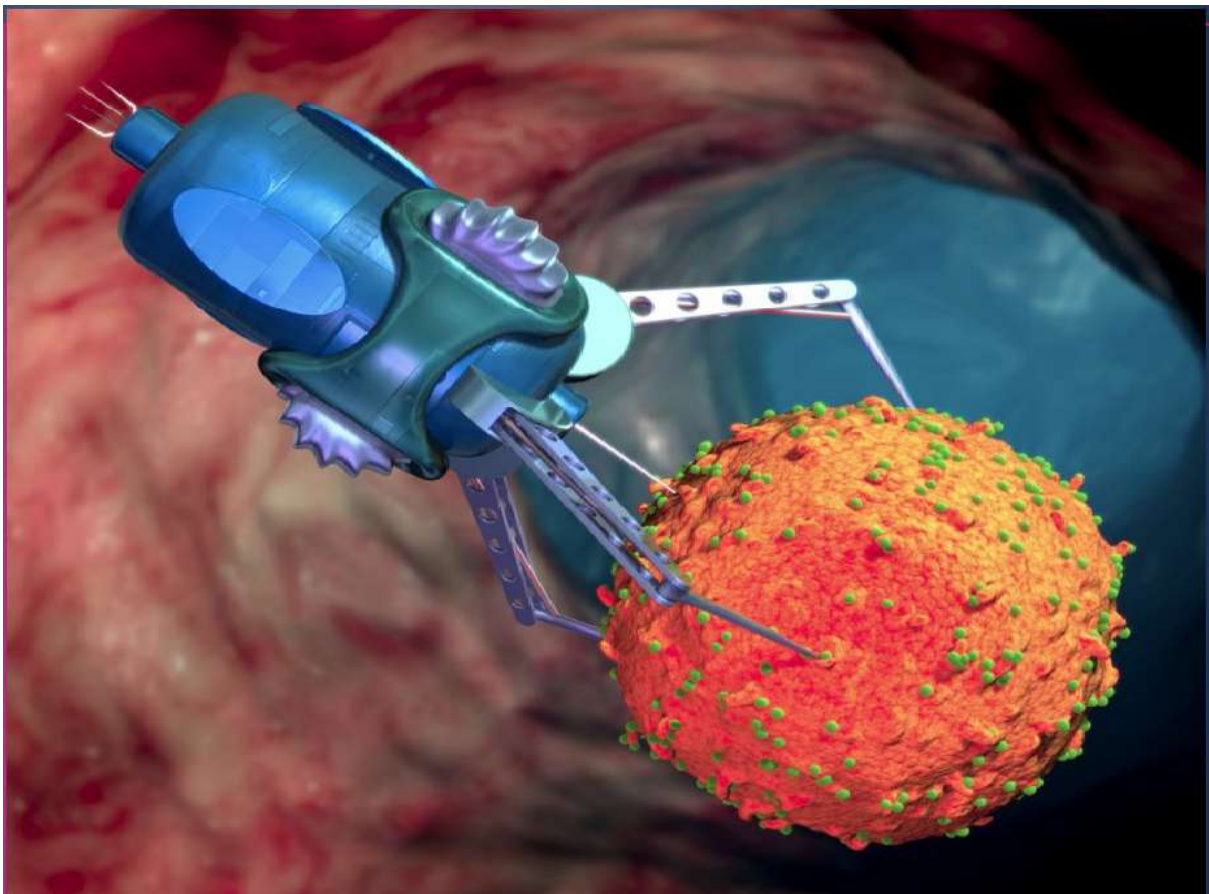
нескольких нанометров. Сам компьютер, разрабатываемый на основе нанотехнологий, также имеет микроскопические размеры.

ДНК-компьютер — вычислительная система, использующая вычислительные возможности молекул ДНК. Биомолекулярные вычисления — это собирательное название для различных техник, так или иначе связанных с ДНК или РНК. При ДНК-вычислениях данные представляются не в форме нулей и единиц, а в виде молекулярной структуры, построенной на основе спирали ДНК. Роль программного обеспечения для чтения, копирования и управления данными выполняют особые ферменты.

Атомно-силовой микроскоп - сканирующий зондовый микроскоп высокого разрешения, основанный на взаимодействии иглы кантилевера (зонда) с поверхностью исследуемого образца. В отличие от сканирующего туннельного микроскопа (СТМ), может исследовать как проводящие, так и непроводящие поверхности даже через слой жидкости, что позволяет работать с органическими молекулами (ДНК). Пространственное разрешение атомно-силового микроскопа зависит от размера кантилевера и кривизны его острия. Разрешение достигает атомарного по горизонтали и существенно превышает его по вертикали.

Антенна-осциллятор - 9 февраля 2005 года в лаборатории Бостонского университета была получена антенна-осциллятор размерами порядка 1 мкм. Это устройство насчитывает 5000 миллионов атомов и способно осциллировать с частотой 1,49 гигагерц, что позволяет передавать с ее помощью огромные объемы информации.

Наномедицина и фармацевтическая промышленность



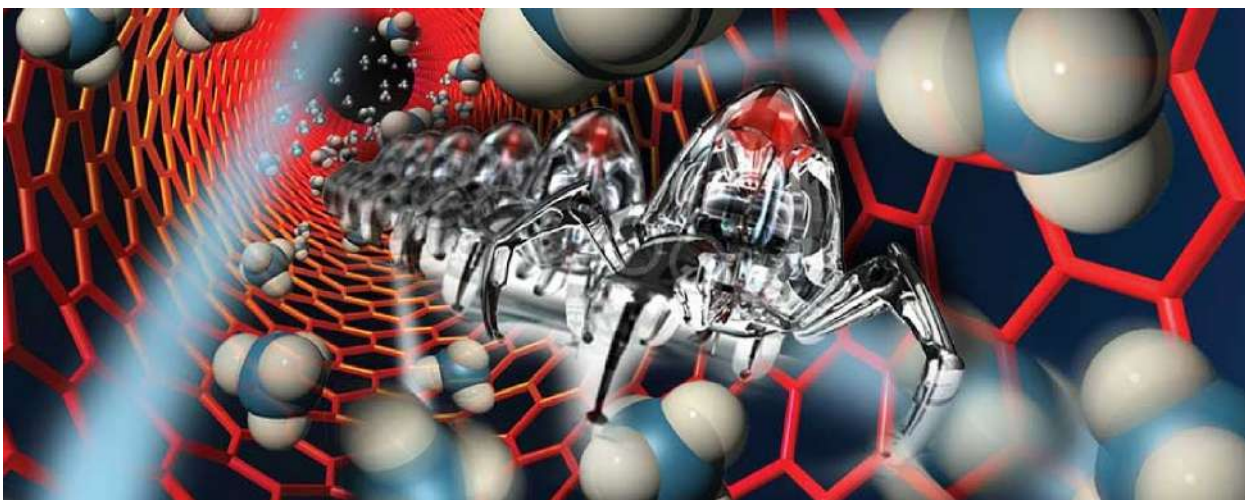
Направление в современной медицине, основанное на использовании уникальных свойств наноматериалов и нанообъектов для отслеживания, конструирования и изменения биологических систем человека на наномолекулярном уровне.

ДНК-нанотехнологии - используют специфические основы молекул ДНК и нуклеиновых кислот для создания на их основе четко заданных структур.

Промышленный синтез молекул лекарств и фармакологических препаратов четко определенной формы (бис-пептиды).

В начале 2000-го года, благодаря быстрому прогрессу в технологии изготовления частиц наноразмеров, был дан толчок к развитию новой области нанотехнологии - наноплазмонике. Оказалось возможным передавать электромагнитное излучение вдоль цепочки металлических наночастиц с помощью возбуждения плазмонных колебаний.

Робототехника



Нанороботы - роботы, созданные из наноматериалов и размером сопоставимые с молекулой, обладающие функциями движения, обработки и передачи информации, исполнения программ. Нанороботы, способные к созданию своих копий, т.е. самовоспроизводству, называются репликаторами.

В настоящее время уже созданы электромеханические наноустройства, ограниченно способные к передвижению, которые можно считать прототипами нанороботов.

Молекулярные роторы - синтетические наноразмерные двигатели, способные генерировать крутящий момент при приложении к ним достаточного количества энергии.

Профессия – Нанотехнолог

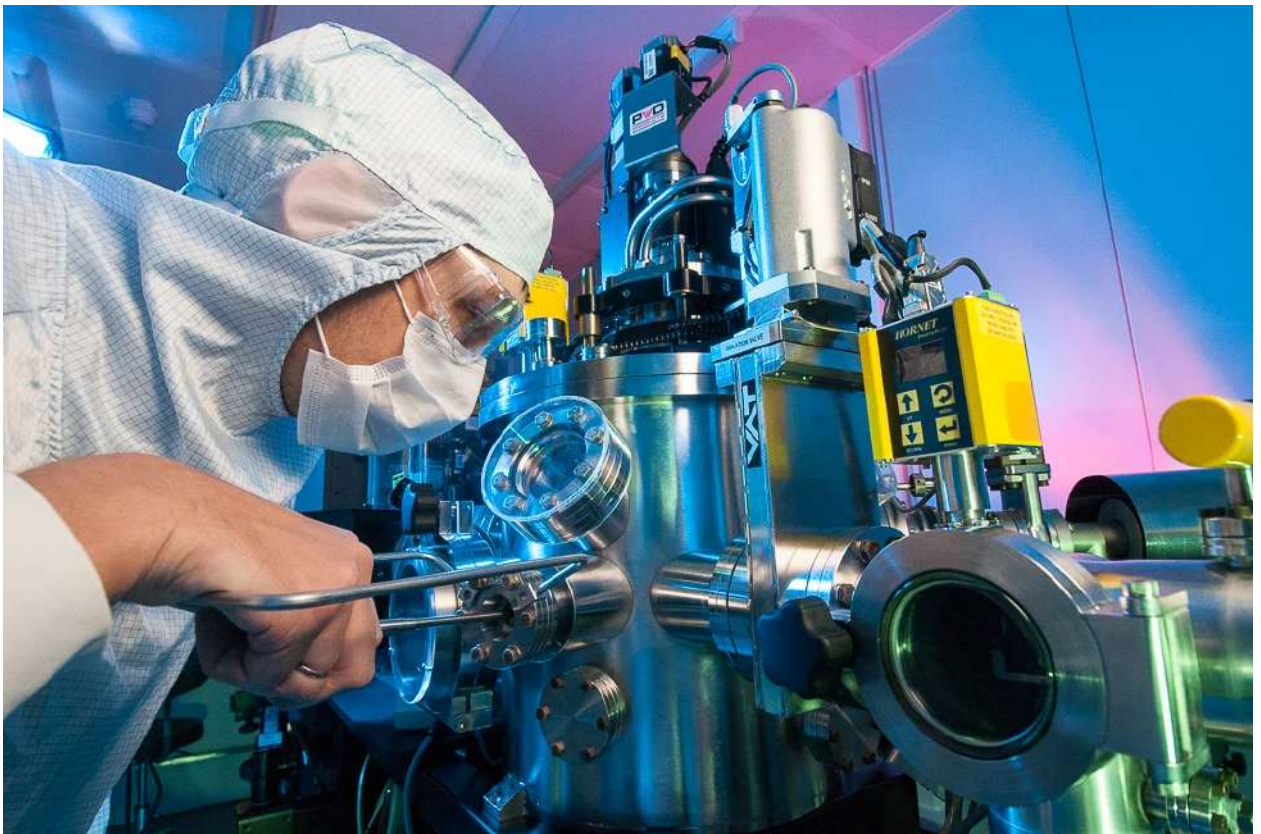
Обобщающее наименование специалистов различных направлений науки и техники: от медицины до космонавтики и от электроники до машиностроения. Объединяет их то, что объекты работы (системы, устройства, материалы) относятся к нанодиапазону, то есть, имеют размер меньше 100 нанометров (в одном и более измерении). В результате изменения порядка величины вещество приобретает принципиально новые физико-химические свойства и качества.

На каких специальностях лучше учиться

Подготовка специалистов осуществляется в рамках направления «Нанотехнологии и наноматериалы» по нескольким специальностям:

- нанотехнологии и микросистемная техника;
- наноинженерия;
- наноматериалы.

Также вузы разрабатывают профильные программы по специальностям «материаловедение и технологии материалов», «химическая технология», «прикладные математика и физика», «электроника и наноэлектроника» и др.



Чем заниматься на работе

Рабочее место нанотехнолога обычно представляет собой исследовательскую или проектно-техническую лабораторию, наполненную оборудованием, позволяющим погружаться в мир нанодиапазона. Среди устройств могут быть АСМ (сканирующий атомно-силовой микроскоп), РЭМ (растровый электронный микроскоп), ультрамикротомы, зондовые микроскопы, генераторы, позволяющие создавать дуговой электроразряд в плазме, компьютеры и т. д. С помощью инструментария нанотехнолог исследует свойства объектов наномира, разрабатывает и реализовывает программу изменения состояния материалов и вещества (например, воздействует на него катализатором), организывает компоненты, «собирая» наноразмерные устройства, микроприборы и системы разного назначения с топологической размерностью менее 100 нм.

Использованы материалы <https://edunews.ru>