

**НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Р.Е. АЛЕКСЕЕВА (ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ОПОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на проведение технической олимпиады 2021-2022 учебном году

Тема:

**«Программируемая (роботизируемая) материя,
как основа техники и технологии будущей человеческой цивилизации»**

Образовательно-научные институты - участники:

- институт ядерной энергетики и технической физики – ИЯЭиТФ (директор Хробостов Александр Евгеньевич);
- институт радиоэлектроники и информационных технологий – ИРИТ (директор Мякинков Александр Валериевич);
- институт электроэнергетики – ИНЭЛ (директор Дарьенков Андрей Борисович);
- институт физико-химический технологий и материаловедения – ИФХТиМ (директор Мацулевич Жанна Владимировна);
- институт промышленных технологий машиностроения - ИПТМ (директор Панов Алексей Юрьевич);
- институт транспортных систем – ИТС (директор Тумасов Антон Владимирович);
- институт экономики и управления – ИНЭУ (директор Митяков Сергей Николаевич);
- Арзамасский политехнический институт – АПИ филиал НГТУ (директор Глебов Владимир Владимирович);
- Дзержинский политехнический институт – ДПИ филиал НГТУ (директор Петровский Александр Михайлович).

Координаторы игры:

- Первый проректор, проректор по учебной работе, к.т.н, доцент Ивашкин Евгений Геннадьевич;
- Декан факультета довузовской подготовки и дополнительных образовательных услуг, к.т.н., доцент Бушуева Марина Евгеньевна;
- Начальник Управления научно-исследовательских и инновационных работ, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, Почетный работник науки и техники РФ, д.т.н., профессор Беляков Владимир Викторович.

Школы, лицеи, гимназии и другие участники игры: Все желающие.

Компетенции формирующиеся у участника игры:

Требования к компетенциям инженеров сформулированы таким образом, что могут применяться в выполнении различных видов работ независимо от области специализации инженера. Требования к компетенциям включают как профессиональные (анализ задач, проведение исследований, проектирование, оценка инженерной деятельности), так и личностные навыки (коммуникация, соблюдение кодекса профессиональной этики, понимание ответственности инженера перед обществом).

Требования к компетенциям участников деловой игры:

1. *Применение универсальных знаний* (обладание широкими и глубокими принципиальными знаниями и умение их использовать в качестве основы для практической инженерной деятельности).
2. *Применение локальных знаний* (обладание теми же знаниями и умение их использовать в практической деятельности в условиях специфической юрисдикции).
3. *Анализ инженерных задач* (постановка, исследование и анализ комплексных инженерных задач).
4. *Проектирование и разработка инженерных решений* (проектирование и разработка инженерных решений комплексных инженерных задач).
5. *Оценка инженерной деятельности* (оценивание результатов комплексной инженерной деятельности).
6. *Ответственность за инженерные решения* (ответственность за принятие инженерных решений по части или по всему комплексу инженерной деятельности).
7. *Организация инженерной деятельности* (организация части или всего комплекса инженерной деятельности).
8. *Этика инженерной деятельности* (ведение инженерной деятельности с соблюдением этических норм).
9. *Общественная безопасность инженерной деятельности* (понимание социальных, культурных и экологических последствий комплексной инженерной деятельности, в том числе в отношении устойчивого развития).
10. *Коммуникабельность в инженерной деятельности* (ясность общения с другими участниками комплексной инженерной деятельности).
11. *Обучение в течение всей жизни* (непрерывное профессиональное совершенствование, доста-

точное для поддержания и развития компетенций).

12. *Здравомыслие в инженерной деятельности* (руководство здравым смыслом при ведении комплексной инженерной деятельности).
13. *Законность и нормативность инженерной деятельности* (соблюдение законодательства и правовых норм, охрана здоровья людей и обеспечение безопасности комплексной инженерной деятельности).

Методологическая реализация игры:

В рамках технической олимпиады предполагается разработка концептуального эскизного научно-технического проекта и его публичная защита. По результатам защиты экспертная комиссия Оргкомитета определяет Победителей и Призеров олимпиады.

Разрабатываемый объект участники команды выбирают самостоятельно совместно с представителями руководства учебного заведения и кураторами от технического университета. Проекты должны носить глобальный характер, с **обязательным включением элементов реальных конструкций, с выполнением классических инженерных проработок по механическим, гидравлическим, пневматическим, электрическим, химическим, биологическим, информационным, комбинированным или иным типам систем, устройств, узлов, деталей и тому подобным объектам проектирования.**

Проект должен содержать пояснительную записку, оформленную в соответствии с требованиями Оргкомитета игры и Приемной комиссии технического университета. Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к техническим документам, и хорошо иллюстрирована. **Документация к проекту не должна носить реферативный характер** и полностью отражать суть выполненного проекта, соответствовать техническому заданию и содержать разделы:

вводную часть, в которой обосновывается актуальность проекта;

научную часть, в которой обосновывается теоретическая возможность реального выполнения проекта и обзор существующих аналогов или проектов;

техническую часть, в которой выполняется эскизный конструкторский проект разрабатываемой системы и важнейших ее узлов;

технологическую часть, в которой представляется как технология реализации разрабатываемой технической системы, так и технология ее функционирования;

материаловедческую часть, в которой обосновывается выбор используемых в конструкции или технологическом процессе материалов;

кибернетическую часть, в которой обосновывается и разрабатывается система управления или элементы управления представляемым в проекте объектом;

экономическую часть, в которой выполняются экономические расчеты целесообразности создания, функционирования разрабатываемой системы и ее конкурентоспособности;

экологическую часть, в которой отражаются вопросы экологии изготовления и функционирования представленной системы в природной среде - «объект - окружающий мир»;

эстетико-эргономическую часть, в которой должно быть представлено соответствие разработанной системы требованиям эргономики и эстетического восприятия разрабатываемого технического решения в антропогенной среде - «объект - человек»;

и **другие разделы**, которые необходимы участнику игры для полного раскрытия содержания проекта.

В записке могут содержаться приложения, в которые выносятся вспомогательные материалы и собственные программные реализации научно-технических расчетов и алгоритмов.

Пояснительная записка должна содержать аннотацию на русском и английском языках (одна страница текста на каждом языке). Аннотация на русском языке дополняется списком фамилий (Ф.И.О. - полностью) авторов проекта, наименованием учебного заведения, подписями руководителей проекта от учебного заведения, утвержденная директором учебного заведения и заверенная печатью учебного заведения. Оформленные материалы проекта в виде тезисов до первого марта года, в котором проходит игра, подаются в оргкомитет конференции «Будущее технической науки» для её публикации в сборнике тезисов.

Также обязательно предоставление в деканат ФДПиДОУ материалов пояснительной записки и другой конкурсной документации по разрабатываемому проекту на жестких электронных носителях: RC, RW, DVD-дисках.

Публичная защита должна носить хорошо организованную PR-акцию, что также будет оцениваться экспертным жюри.

Представляемые на защите графические материалы могут быть выполнены как на бумажных и пленочных носителях, так и с использованием электронных мультимедийных, аудио и видео средств.

Выступление команды (не более 7 человек), с организационной подготовкой к нему, не должно превышать **30 минут**. Все члены команды обязаны выступить по материалу раздела, в котором принимали наибольшее участие как разработчики.

В публичном выступлении команды рекомендуется 2-3 минутное представление резюме проекта на одном из иностранных языков (английском, немецком, французском, итальянском, испанском, португальском, китайском, японском, арабском, фарси или ином языке, которым владеют члены команды).

По итогам публичных выступлений команд жюри подводит итоги и выбирает победителей олимпиады.

«Основная цель стимулирующего конкурса - создание сообщества «решателей» сложных глобальных задач важнее, чем создание конкретного прототипа для очередной госкорпорации». Альберт Ефимов (руководитель лаборатории робототехники Сбербанка)

Благодаря активной инженерной деятельности за последние четверть века было создано многое, необходимое для обеспечения жизнедеятельности и повышения качества жизни человека и общества. Сегодня инженерная мысль подошла к первоосновам создания программируемой (роботизируемой) материи, как основы техники и технологии будущей человеческой цивилизации.

Основу идеи создания программируемой материи составляет **клэйтроника** - абстрактная концепция будущего, состоящая в объединении наномасштабных роботов и информатики с целью создания индивидуальных компьютеров атомных размеров, называемых клэйтронными атомами или к-атомами. Они могут вступать в контакт друг с другом и создавать материальные 3-D объекты, с которыми может взаимодействовать пользователь.

Согласно публикации «Инженер-клэйтроник или Программист материи»? [источник https://planet-works.3dn.ru/news/inzhener_klejtronik_ili_programmist_materii/2009-10-30-89] Клэйтроника - новая область в науке, технике и технологии, позволяющей собирать различные предметы из отдельных универсальных нанороботов микроскопических размеров (clay — глина, claytronics — «умная глина»). Благодаря развитию нанотехнологий (размер ядра этих роботов будет около 10 микрон, для сравнения: диаметр эритроцита - красной кровяной клетки - составляет 8 микрон), а также исследований в области искусственного интеллекта и нейросетей, первые образцы этой умной и высокотехнологичной «глины» планируется получить в ближайшие 20 лет. Инженер-клэйтроник или программист материи будет «гончаром» нового тысячелетия. В его задачи будет входить создание программ, позволяющих превращать облаку нанороботов в нужные предметы или электронные устройства.

Клэйтроника, как наука, родилась благодаря исследованиям профессоров университета Карнеги Меллон (Пистбург, штат Пенсильвания) Сета Голдстейна (Seth Goldstein) и Тодда К. Мори (Todd C. Mowry). В данный момент этой науке уделяет большое внимание и Intel. Джастин Рэттнер, СТО Intel рассказал на Intel Developer Forum, прошедшем в 2008 году в Сан-Франциско, о том, что в лабораториях компании, крупнейшего производителя чипов, активно ведутся разработки в области создания claytronic atoms, или satoms – нанороботов, способных принять любую форму, будь то сотовый телефон, ботинок или даже человек.

Параллельные проекты ведутся и под эгидой DAPRA (программа Chemical Robots, сокращённо ChemBots) – агентства, работающего на Пентагон, из-под чьей крыши, как известно, вышло много изобретений, в том числе и Интернет. Контракт на разработку такого робота получила компания iRobot, которая уже начала разработку аморфных роботов. Проект ChemBot – многолетняя и многомиллионная работа, в результате которой свет увидят роботы из мягких материалов, способные проникать сквозь отверстия, уступающие по размерам «скелету» машины. Разумеется, роботы должны быть умными – способными идентифицировать препятствия и сообщать о полученных данных. В сотрудничестве с компанией iRobot будут трудиться ученые из Гарварда и Массачусетского технологического института; предстоящая, очевидно, работа касается не только создания электронных узлов нового поколения, но и новых технологий в области химии. Несомненно, ChemBot – проект более узкий и целевой, однако очевидно, что исследования, выполненные в его рамках, внесут свою лепту в развитие клэйтроники.

Хорошим фундаментом для создания программ, отвечающих за морфинг к-атомов станут также и разработки японских учёных. Проект M-Trap, инициированный 10 лет назад Национальным институтом передовой индустриальной науки и техники Японии (AIST) и Токийским технологическим институтом уже достиг больших успехов и может похвастаться системой, способной в зависимости от количества доступных модулей, передвигаться как змея, катиться как колесо и даже ходить на четырёх «ногах» как животное.

Несомненно, свой вклад в развитие клэйтроники внесут и исследования в области «Роевого интеллекта» (Swarm intelligence - SI), который является типом искусственного интеллекта, основанного на коллективном поведении децентрализованных, самоорганизованных систем. Выражение было введено Херардо Бени и Джингом Уонгом в 1989, в контексте клеточных автоматизированных систем (cellular robotic systems). Системы SI собираются из большого количества простых организмов (boids), взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой. Сам по себе boid следует очень простым правилам, и, несмотря на то, что нет никакой структуры централизованного управления, диктующей, как отдельные организмы должны вести себя, местные, и до известной степени случайные, взаимодействия между ними приводят к появлению «интеллектуального» глобального пове-

дения, характеризующие действия всей совокупности этого «роя». Учёные подглядели эти особенности у пчёл (отсюда и Swarm – рой англ.), колоний муравьёв и бактерий. «Понаблюдайте за муравьём, и вы будете поражены, насколько он несообразителен», - говорит Дебора М. Гордон, биолог из Стэнфордского университета. Как же тогда примерно двенадцати тысячам известных видов муравьёв удалось успешно просуществовать на Земле целых сто сорок миллионов лет? Должны же они были чему-то на учиться за это время? «Муравьёв не назовешь умными, - продолжает Гордон. - Другое дело - муравьиные колонии». Колония может решать задачи, немыслимые для одного муравья: находить кратчайший путь к источнику пищи, распределять обязанности между работницами, защищать свою территорию от соседей. И если отдельно взятый муравей - довольно глупое создание, колония способна быстро и эффективно реагировать на возникающие проблемы. Все это становится возможным благодаря так называемому роевому интеллекту.

Поведение стаи голубей так же подчиняется законам, описанным в концепции SI. Птицы, издавна живущие в соседстве с человеком, заинтересовали Крейга Рейнолдса, специалиста в области компьютерной графики. В 1986 году он создал простую на первый взгляд программу, в которой участвовали похожие на птиц роботы, или «птицоиды». Они должны были соблюдать следующие три правила: во-первых, не сталкиваться со своими братьями, во-вторых, выбирать среднюю траекторию полета, ориентируясь на соседей, и, в-третьих, держаться поблизости от остальных роботов. Когда модель начали тестировать, на экране компьютера очень достоверно был воспроизведен полет птичьей стаи и даже ее хаотичные метания (точь-в-точь как в реальности).

Команда роботов, способная координировать свои действия подобно птицам, работала бы значительно эффективнее. Рассредоточившись по большой территории, эти роботы служили бы передвижной сенсорной сетью: собирая информацию, они могли бы контролировать обстановку. Натолкнувшись на что-то неожиданное, группа могла бы быстро сориентироваться и вовремя отреагировать, даже если роботы были бы устроены довольно просто. К тому же в случае поломки одного робота его место заняли бы другие. Но самым главным преимуществом подобной системы является децентрализованное управление: работоспособность группы не зависела бы от «самочувствия» центрального робота.

Все эти тренды научных исследований обрисовывают русло, в рамках которых будет развиваться клейтроника. Области применения клейтроники практически безграничны.

Например, человек носит на руке часы из к-атомов. Дома же он кладёт эти часы на стол, похожий на Surface, который автоматически синхронизирует всю информацию с домашним цифровым хранилищем. Этот стол так же состоит из к-атомов и может превращаться в стереосистему, видеопанель, виртуальный камин и т.д.

Жители планеты смогут приобрести достаточное количество к-атомов для того, чтобы иметь машину-трансформер, которая будет менять цвет или форму в зависимости от настроения хозяина (почему бы сегодня не поехать на кабриолете, денёк выдался солнечный) или даже самолёт.

К-атомы смогут собираться и в людей. Создатели фильма «Терминатор-2», в котором на смену обычным роботам приходит робот из жидкого металла, могут оказаться провидцами. Единственное – это не будет металлом, это будет масса нанороботов, самоорганизующаяся в того человека, которого он увидел. Надеемся, что этот робот не будет убивать людей колющими предметами, вырастающими из его конечностей, а будет, например, выступать в качестве заменителя людей в тех местах, где их присутствие сопряжено с опасностью для жизни, или разделять досуг с хозяином в виде зоморфа или антропоморфа.

К примеру, применением самоорганизующихся нанороботов могут быть операции, связанные с разминированием бомб. В таком случае сапёр одевается в экзоскелет, который снимает все движения тела и передаёт их роботу, который может находиться за тысячи километров от места расположения взрывного устройства. В экзоскелет передаются визуальный и аудио-поток из глаз-камер и ушей-микрофонов робота, тактильные ощущения так же транслируются, что позволит добиться максимального эффекта присутствия. И в случае, если надо было резать всё-таки не синий провод, а красный, то никто не пострадает – в результате взрыва нанороботы просто разлетятся и через некоторое время те частицы, которые не пострадали, снова соберутся в единый комок «умной глины».

Очевидно, что на первых порах к-атомы собираться в сложные конструкции без помощи специальных инженеров-программистов не смогут. Задача специалистов будет состоять в написании программ и сценариев, по которым должны действовать нанороботы, собираясь в те или иные устройства.

Специалисту-клейтронике нужны будут следующие знания:

1. Глубокое понятие нанотехнологий и строения к-атомов, чтобы досконально знать о технических

возможностях морфинга будущих моделей.

2. Теория и практика распределённых вычислений GRID (англ. grid — решетка, сеть — по определению, введённому Я. Фостерером и К. Кессельманом в начале 1990-х годов, представляет из себя согласованную, открытую и стандартизованную компьютерную среду, которая обеспечивает гибкое, безопасное, скоординированное разделение вычислительных ресурсов и ресурсов хранения информации, которые являются частью этой среды, в рамках одной виртуальной организации или системы). В виду того, что оснащать каждый катом сверхмощным процессором будет экономически нецелесообразно, специалист должен будет уметь применять технологии распределённых вычислений, благодаря которым чем больше к-атомов будет объединены в единую сеть, тем более мощным процессором будет оснащено собираемое устройство.

3. Умение работать в Microsoft Robotics Developer Studio

4. 3D-моделирование, сопротивление материалов, беспроводные технологии связи и прочие интересные науки.

Кроме того, в зависимости от специализации, потребуются уже конкретные знания в конкретных областях. Если, к примеру, моделируются роботы, которые будут способны вводиться в организм человека для лечения Рака, то, несомненно, инженеру-клейтронику нужны будут познания в медицине.

Ясно одно: профессия инженера-клейтроника будет весьма перспективной.

Контурь будущего: программируемая материя

I. Квантовая точка – гипотетическое электронное устройство, способное "захватывать" электроны и удерживать их в малом пространстве. Электроны, захваченные квантовыми точками, ведут себя так же, как если бы они находились в обычном атоме, даже если в "искусственном атоме" нет ядра. Какой атом представляет данный набор электронов, зависит от их количества в квантовой точке. Таким образом, различными наборами электронных ловушек, создается искусственная программируемая материя... При этом такие характеристики как цвет, прозрачность, теплопроводность и магнитные свойства вещества могут изменяться в реальном времени.

Интервью с Уиллом МакКарти (<http://www.nanotech-now.com/Wil-McCarthy-interview-06132003.htm>). На его сайте можно свободно скачать книгу Hacking Matter. [<http://www.wilmccarthy.com/hm.htm>]

James C. Ellenbogen «Matter As Software» [<https://www.mitre.org/publications/technical-papers>]

II. Два хирурга готовятся к сложной операции. Однако в операционной лишь один действительно является живым человеком. Второй представляет собой «реплику» - физическую модель, с высокой точностью воспроизводящую форму и движения реального специалиста, находящегося за тысячи километров от этого места. Реплика фактически состоит из миллиардов микроскопических роботов (катомов) сферической формы, которые в отключенном состоянии рассыпаются в «песок». Из этого «песка» собирается предмет практически любой формы, текстуры и прочности, будь это реплика живого существа, стул или инструменты.

В Intel также разрабатывают концепцию нового средства сообщения «pario», для замены передачи аудио и видео воссозданием снимаемых сцен на месте. Иными словами, зритель сможет «присутствовать» прямо на финале чемпионата мира по футболу, глядя не на экран телевизора, а на площадку, где миллиарды катомов соединятся для воспроизводства матча в уменьшенном масштабе.

Dynamic Physical Rendering Research at Intel

видео_1 [<https://www.youtube.com/watch?v=yjJCGr8F6Fw>],

видео_2 [https://www.youtube.com/watch?v=o5FE6N_mz_g]

Claytronics Project

Фантом со скальпелем – статья из ж-ла Популярная Механика (№ 8, 2008)

Nokia Nanotech «Morph» Concept: видео <https://www.youtube.com/watch?v=rpJQNMBNtOo>