

БОЛЬШОЙ ГАЙД ПО НИИЯФУ

Так уж сложилось, что там учится автор и множество его знакомых, поэтому он будет его пинать будет рассказывать, что сам знает.

Физика микромира. Атомная и ядерная физика

Младшекуры – да и иногда старшекуры – говорят «ядерная физика», говоря в целом о физике микромира. Между прочим, это всего лишь одна из 3 ветвей физики микромира:

	Атомная физика	Ядерная физика	Физика элементарных частиц, она же физика высоких энергий
Сложная ли математика?	Норм	Чуть посложнее	Очень сложная
Какой формализм используется	Квантмех из 4-го семестра	Квантмех из 4-го семестра. Ну, чуть сложнее	Квантовая теория поля. Это очень сложно
Что описывает?	Окружающий нас мир. Кристаллы, полупроводники	Процессы, происходящих на низкоэнергичных ускорителях	Процессы, проходящие на высокоэнергичных ускорителях и коллайдерах
Какие частицы описывает?	Атомы – точнее, их электронную оболочку. Ядро здесь как точка	Нуклоны в составном ядре. Нуклоны считаются точками.	Кварки и другие высокоэнергичные нестабильные частицы. Ядер нет, рассматриваются «голые» частицы
Характерный масштаб по длине	10^{-10} м – характерный масштаб атома	10^{-14} м - характерный масштаб ядра	10^{-15} м - размеры кварков
Характерный масштаб по энергиям	10...1000 эВ (10 эВ для водорода, 1000 эВ для тяжёлых атомов)	10 кэВ (характерная энергия α -распада – деления ядра)	Массы элементарных частиц. Уже электрон – это 511 кэВ, пион – около 100 МэВ, протон и нейтрон – по 1000 МэВ. Это не предел
Учитываемые фундаментальные взаимодействия	Только электромагнитное	В основном сильное, на втором плане электромагнитное	Все, кроме гравитационного
Много ли проги?	Много и её не избежать. Задачи ведь решаются численно	Много и её не избежать. Задачи ведь решаются численно	Если вы обрабатываете экспериментальные данные, то много. Можно избежать, если вы готовы вместо обработки экспериментальных данных придумать

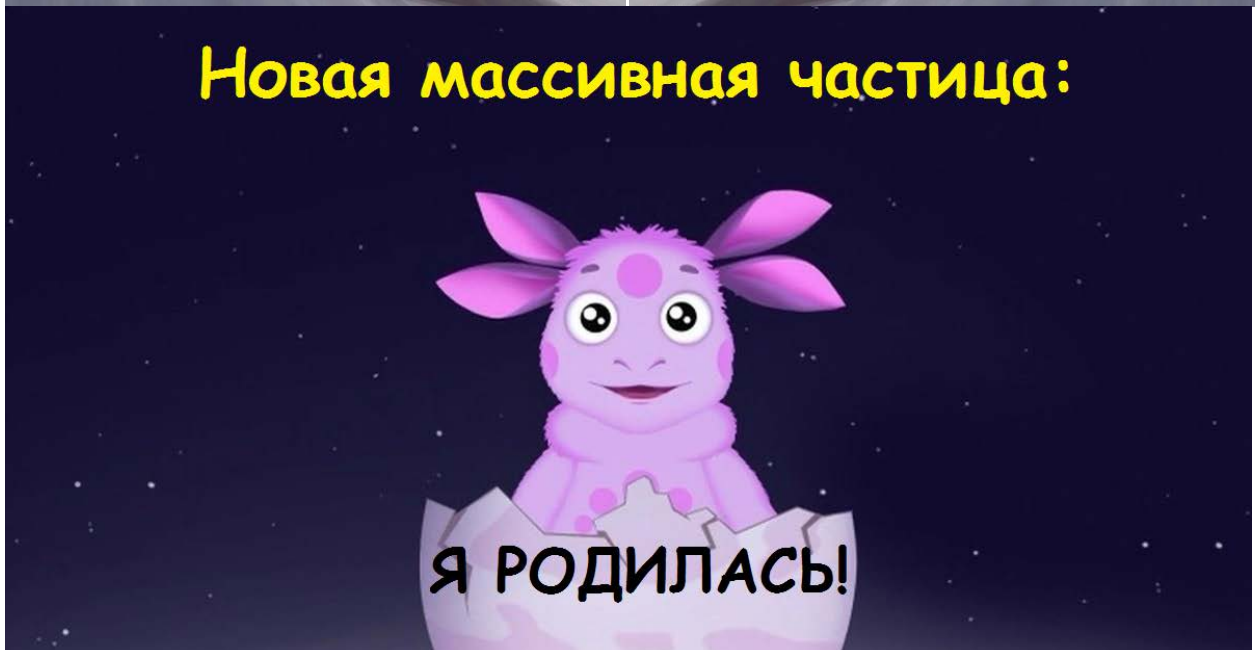
			сложные теории
Какие кафедры занимаются этим	Атомной физики №11, всё отделение твёрдого тела, частично квантстат №7, есть научники с других кафедр (например, есть научная группа с кафедры №8)	Общей ядерной физики №13, физики атомного ядра и квантовой теории столкновений №12, частично кафедры ОИЯИ: ФЭЧ №9 и ФЯВ №38	Все теоркафедры: теорфиз №1 ФЧК №43 частично квантстат №7 КТиФВЭ №8 частично кафедры ОИЯИ: ФЭЧ №9 и ФЯВ №38

Можно почитать <http://anti-moda.ru/yadro/Scaling%20-%20три%20ветви%20физики%20микромира,%20или%20как%20не%20тупить%20на%20праках%20.pdf>, где я рассказывал об этом в контексте «как не тупить на ядерных праках», здесь я дополню свой рассказ.

Что такое физика высоких энергий? Эта когда частицы движутся быстро-быстро, с релятивистскими скоростями. Представьте, что нам нужно родить одну крутую частицу с огромной массой (энергией покоя). Нужно взять две поменьше, разогнать их.... ух, разогнать! А затем столкнуть. Для этого строятся ускорители, БАК тот же.



Новая массивная частица:



Как правило, в ФВЭ используется крутая матеша с мехмата. **Ремарка:** если вам понравились курса кафмата, это вообще не значит, что вам зайдёт ФВЭ (и весь теорфиз в т.ч.). Как раз скорее наоборот: на кафмате у нас математики-прикладники, и вам скорее зайдёт считать что-то численно в атомной физике, физике конденсата или в ядре.

А в ФВЭ матеша не с кафмата, а с мехмата – т.е. фундаментальная. Индикатором тут должен служить теормех. Если вам НЕ зашёл Лагранжев формализм, не идите в ФВЭ: она стоит на Квантовой Теории Поля (КТП), а она – на Лагранжевом формализме.

Ядерка – какое-то представление о ней у вас есть из 3-го сема. Для многих она является балансом между твёрдым телом и ФВЭ: и что-то фундаментальное есть (глюоны, например), но забойной матеши нет.

Что такое физика конденсированного состояния? Тут я приведу одну иллюстрацию – но очень яркую.

[http://jupiter.chem.uoa.gr/thanost/papers/Hon_thesis/JPAMG_24\(1991\)1481.pdf](http://jupiter.chem.uoa.gr/thanost/papers/Hon_thesis/JPAMG_24(1991)1481.pdf)

У кристаллов горной породы наблюдали необычное свечение. Оказалось, что это из-за молекул газа близ поверхности. Они ведут себя совсем не так, как молекулы газа вдали от кристалла, а совсем иначе. Они вообще не похожи на тот газ, к которому мы привыкли – вместо шатания сидят в потенциальных ямах. И переходы между уровнями в ямах и вызывают свечение.

Подобное состояние, где частицы, которые при нормальных условиях классические, из-за внешних обстоятельства начинают вести себя «ненормально», называют сконденсированным. Всё это объясняется квантовой механикой: решается стационарное уравнение Шрёдингера и доказывается.

Что там по кафедре физики высоких энергий?

Мне хочется рассказать про неё отдельно, потому что у неё не работает сайт, поэтому она кажется самой таинственной. Ведёт электрод и квантовую теорию. 3 семестра проги на Си в качестве спецкурса (не любите прогать – не идите). Но есть и вкусные спецкурсы вроде теории групп, говорят, читают хорошо.

На этой кафедре очень много толковых научных. То, что кафедра читает общие курсы, хорошо отражается на преподавателях отсюда: они представляют себе программу, уровень студентов и умеют хорошо объяснять. Хорошая кафедра – но не распиаренная.

Кафедра физики атомного ядра и квантовой теории столкновений

Могу сказать, почему в своё это время эту кафедру выбрал я: полная свобода.

Поясню:

Как экспериментальные, так и теоретические спецкурсы.

Отсутствие какого-то одного вектора. Кафедра космоса всё-таки занимается космосом. Кафедра атомки – атомкой.

Спецкурсы халявные. Хотите ботать – у вас будет такая возможность. Не хотите – тоже прокатит (в отличие от кафедры физики космоса, где могут отправить на комиссию по спецкурсам – удивительное по меркам физфака дело). Так что если не знаете, чем хотите заниматься – добро пожаловать ☺

Дубненские кафедры – физики элементарных частиц и физики ядерных взаимодействий

Автор выражает благодарность Егору Недорезову за помощь в рассказе.

На кафедре (его, Егора, т.е. ФЭЧ) занимаются разными штуками, можно теорией и экспериментом. Конкретно я в научной группе Апарина А.А. которая занимается обработкой экспериментальных данных с коллайдеров (в данный момент работаем с экспериментом STAR на RHIC в США, когда в Дубне построят наконец свой коллайдер NICA то ещё данные с него подключатся. Проводим обработку данных с помощью языка CERN ROOT, это C++ с дополнительными пакетами для удобного построения графиков и т.д. Конкретно мы занимаемся так называемой кварк-глюонной плазмой, ищем следы ее образования в столкновениях тяжёлых ионов, пытаемся исследовать ее свойства. Это все должно помочь лучше понять теорию сильного взаимодействия.

На обеих кафедрах стипендии ОИЯИТ: для 3 курса 10к, для 4 курса 15к, для 5-6 курсов 25к. Стипендия выплачивается вне зависимости от ваших оценок и в дополнение к физфаковской стипендии (которая как раз привязана к оценкам), просто за то, что вы слушаете спецкурсы ОИЯИ. Напоминаю: в Дубне (т.е. в ОИЯИ) деньги есть. На физфаке нет.

Насчёт самой работы: летом после второго курса можно съездить недельки на три на летнюю практику в ОИЯИ в Дубне (оплачивается 1000 рублей в день и предоставляется общежитие для жилья (общага не фонтан, но жить можно)) и уже в лаборатории поработать и с коллективом пообщаться, на экскурсии сходить на установки. Начиная с 4-го курса, часть занятий проходят в Дубне. Как правило, на 4 курсе это два дня, один день это практика в лаборатории, второй день это спецкурсы. Общега тоже представляется. На 5-6 курсах количество дней в Дубне возрастает до 3-5 дней.

В чём отличие двух кафедр? Кафедра ядерных взаимодействий – бывшая кафедра нейтронография. После того, как на неё несколько лет приходило 0-1 человека, руководители смекнули «наверное, отпугивает слишком узкое название» и провели ребрединг. Теперь там всякие более прикладные технологии (ну и нейтронография осталась), а ФЭЧ – это ФЭЧ, тут тебе элементарные частицы.

Атмосферные фотки из Дубны:





Кафедра физики космоса.

На всякий случай:

1) Эта кафедра не для астрономов! (как я думал на первом курсе), а для нас, физиков-гетеросексуалов (астрономы, простите, но я просто не мог не пошутить ☺)

2) Напоминаю: космологи – теоретики, там жёсткая матеша и много расчётов. А космос изучает космические лучи, которые падают на Землю. Они экспериментаторы - ставят огромные детекторы и набирают статистику. Точнее, не ставят – человечество уже поставило 1000 телескоп, поставляющих 1000000000 терабайт информации в наносекунду. Учёные по всему миру выбирают небольшой условный мегабайт из них и пытаются из него что-то вытащить.

Вообще энергия частиц, которые падают из космоса, колоссальна. А чем больше энергия – тем интереснее эффекты, которые мы можем наблюдать. Настолько, что до 80-х годов именно космические лучи были основным источником получения высокоэнергетических частиц. А потом уже ускорители и коллайдеры доросли до того, чтобы мы могли их получать в земных условиях, а не ловить из космоса. На



каком-то праже мне попался грустный дед, который с грустью вспоминал те времена, когда специалисты по космическим лучам были более востребованы...

Но по-прежнему космические лучи – это тема, потому что они халявны (а ускорители стоят денег), да и помогают нам понять, что там происходит в космосе. Например, всю информацию о Солнце мы получаем благодаря космическим лучам.

Лучи фотонов – это просто тот свет, который собирают телескопы. А есть ещё лучи протонов (они обычно неинтересны, см. <http://anti-moda.ru/yadro/Космические%20лучи.%206%20ядерному%20праку%20посвящаетс я.pdf> подробнее), лучи электронов и особенно лучи нейтрино!

Как вы понимаете, кафедра экспериментальная в смысле «вот тебе файл в блокнот на мегабайт, обработай в С/Питоне/гду угодно». Есть и ПО специальное. На каком-то спецпраке мы видели картинку с 1000 торчащими стрелками. Это было рождение какой-то частицы и выпускание 1000 других частиц, треки которой отображаются в виде стрелок (там 3D программа, можно вертеть, хоть и с

лагами). Какие стрелки длинее, какие короче? Они все в разные стороны или есть выделенное направление? Есть что поисследовать ☺

Сугубо графические методы тоже есть – исследование треков во всяких камерах Вильсона и пузырьковых камерах. А вы знали, что аудитория 5-11 (кажется) специально имеет максимально тонкую крышу в этом месте (только чтобы дождь не капал) – чтобы детекторы в этой аудитории могли фиксировать частицы из



космоса? Вот где нужна шапочка из фольги...

Кафедра общей ядерной физики

Как кажется из названия, тут только ядерная физика. На самом деле нет (как и то, что ядерная физика только на этой кафедре. Например, на атомного ядра и квантовой теории столкновений она тоже вполне себе есть).

Ядерная физика – это про модели. Как в и в химии, у нас нет теории, описывающей всё, и мы пытаемся использовать более-менее адекватные модели, каждая из которых описывает какой-то пласт экспериментальных явлений. Про некоторые из них вы слышали из курса ядерки в 3-м семестре. Есть и те, про которые вы не слышали: например, мой одногруппник занимается осцилляторным приближением (это когда все силы заменяются гукскими, т.е. с пружинками). Это приближение позволять подсчитать то, что раньше не считалось (всё-таки $U = \frac{kx^2}{2}$ проще, чем $U = -\frac{A}{r^6} + \frac{B}{r^{12}}$), и иногда оно даже выдаёт правдоподобные результаты.

Пример не-ядерной науки на кафедре ядерной физики (спасибо Тиме Михалькову):

ЛЭУ - сколько слов в этих трёх буквах...

Лаборатория электронных ускорителей.

Одна из базовых научных групп кафедры общей ядерной физики, также здесь обитает несколько людей с кафедры радиационной медицины или же тесно сотрудничают с этой лабораторией. Основная цель работы - выпуск электронных ускорителей для прикладных целей, а также модернизация уже существующих исследовательских систем.

Чем здесь заниматься?

Почти всем, несмотря на то, что состав группы не так уж и велик, но занимаются здесь многим. Моделирование ускорительных систем от начала до конца, настройка и отладка уже собранных ускорителей, программирование плат и микроконтроллеров для системы экстренного выключения, питания и многое

другое.

Кому здесь понравится?

Людам, которым нравится работать с реальным железом и моделировать реальные процессы, попутно разбираясь в сложной технике и совершенствуя свои навыки каждый день. Людям, которым нравятся всё доводить до ума, модернизировать, обладающим терпением и умеющим кайфовать от того самого момента, когда всё получилось.

Дальнейшие перспективы.

На данный момент, лаборатория находится в стадии активного расширения, рабочих рук на текущий уровень амбиций не хватает. При хорошей отдаче, спустя какое-то время студентов могут оформить на частичную занятость, чтобы мотивировать заниматься в лаборатории и дальше. После выпуска лаборатория искренне надеется, что вы останетесь здесь работать и дальше. По зарплате конкретных цифр называть не буду, чтобы люди не пришли только за этим, скажу лишь, что ставка ощутимо выше средней по МГУ.

Теперь опишу свой опыт, чем конкретно занимаюсь.

Занимаюсь 70% времени моделированием различных частей ускорителя, а именно подбираю параметры для дальнейшего создания непосредственно самих деталей. Плюс подбор некоторых характеристик важен для упрощения отладки уже собранной системы.

Ещё 20% времени тратится на модернизацию исследовательского ускорителя постоянного действия на 1 МэВ. У других людей это работа над другими ускорителями.

И последние 10% уходят на проведение облучений. К нам часто заходят другие сотрудники НИИЯФа, сотрудники из других институтов, компаний и прочих, чтобы обучить образцы и посмотреть, как они меняются после обучения. Сталь, к примеру, упрочняется, а всякие биологические продукты (удивительно) деградируют.

Как устроено моделирование?

Как правило, сижу в лабе за компом, там удобнее, так как рядом есть научник, плюс локалка с некоторыми документами, чтобы процесс не стоял на месте. Под разные части ускорителя используются свои программы для моделирования. Для моделирования электронной пушки используется Стенфордовская прога egun, она написана на фортране, запускается только Windows XP, она стара как мир, но её огромный плюс - настраиваемость. Стоит поменять пару строчек в фортранном коде и данные выводятся в том формате, который нужен для будущей обработки. Для моделирования ускоряющих структур используется современная программа с 3D графическим интерфейсом CST Studio. В этой программе как правило осуществляется моделирование оптимальной геометрии резонаторов, чтобы в последствии моделировать динамику пучка.

Динамика пучка моделируется уже в программе Parmella, так как высокоуровневый интерфейс cst ест очень много времени, поэтому приходится для оптимизации времени работать с более низкоуровневыми консольными программами. Огромный плюс данной программы - система ввода, её можно автоматизировать, написав простой скрипт на Python или C++.

Помимо моделирования ускорительной системы, часто приходится численно решать дифференциальные уравнения, описывающие эксклюзивные для каждого ускорителя процессы. Например, я занимался расчётом системы охлаждения, численно решал уравнения теплопроводности. Для численного решения диффузов пользуюсь Wolfram Mathematica.

И напоследок, полученные в результате данные как-либо образом надо интерпретировать, для этого нужно овладеть аппроксимацией и интерполяцией, в этом очень хорошо помогают: Origin, Desmos, библиотеки SciPy и NumPy в Python.

Как к нам попасть?

Кафедра общей ядерной физики постоянно проводит экскурсии студентам в нашу лабораторию в осеннем семестре, вы можете прийти и посмотреть, как всё выглядит изнутри. Чтобы попасть на экскурсию, нужно сообщить о своём желании семинаристу по физике атомного ядра и частиц. Если же вы хотите попасть в весеннем семестре, то можете мониторить дни открытых дверей и новости в студсовете физфака, там есть информация о ближайших экскурсиях. После экскурсии (можно и без неё, но крайне рекомендую с ней) можете написать на почту В. И. Шведунову, чтобы узнать, чем можно заниматься, договорится о встрече с потенциальным научным руководителем. Контакты ищите в группе кафедры общей ядерной физики, в посте в закрепе. Оставлять контакты здесь не буду, прочитайте лучше файл из https://vk.com/wall-152234374_396, быть может, вас заинтересуют больше другие вещи и вам не придётся тратить своё драгоценное время.