

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

(опыт работы с физико-химической группой  
химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова)

**Новаковская Ю.В., Степанов Н.Ф., Кубасов А.А.**

*Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация*

На протяжении всего двадцатого века, после перехода от классической к квантовой физике и в связи с внедрением прецизионных физических методов изучения различных свойств веществ объем научной информации увеличивался все более быстрыми темпами. Постепенно возникали новые направления в теоретической и практической физике и химии. Многие математические конструкции, появившиеся еще в XIX – начале XX века и длительное время существовавшие лишь как интересные самостоятельные теоретические разработки, нашли практическое применение и оказались весьма нужными. Как следствие, уже в конце XX века в технологической сфере произошли радикальные изменения. Геометрические размеры создаваемых объектов уменьшились до атомных, времена воздействия сократились до фемтосекунд, а мощность источников энергии увеличилась в тысячи раз. Возможности вычислительной техники возрастают на порядки каждое десятилетие. В результате человек получил мощнейшие средства не только изучения окружающего мира, но и воздействия на него. И то, как он распорядится этими возможностями, зависит от его умения не только вести научные исследования, но и просчитывать их последствия. Сегодня эта проблема переходит из сферы научной фантастики в область реальной действительности – либо человечество найдет путь существования в гармонии с природой, либо уничтожит и себя, и планету.

Умение не только поставить научную задачу и найти рациональные пути решения, но и определить, каковы будут последствия претворения этих разработок в жизнь, вырабатывается лишь при всестороннем фундаментальном образовании. Оно базируется на широкой естественной и гуманитарной эрудиции, позволяющей взглянуть на проблему с различных сторон, на знании истории развития науки, дающей прекрасные примеры как перспективного, так и тупикового путей развития модельных концепций и технологических схем, а также на развитом логическом мышлении.

Можно изучить отдельные разделы современной физики или химии, и это позволит работать на так называемом «передовом крае науки». Но ведь этот край возник лишь благодаря тому, что были люди, не ограничившиеся в свое время сведениями, доступными всем, а изобретшие новое. Это новое не может возникнуть в голове человека, знающего (пусть даже блестяще) лишь небольшой, специализированный раздел науки. Такой человек – исполнитель, а не генератор новых идей. Он – винтик в конструируемой другими системе. Инновационный характер развития технологии все в

большой степени требует подготовки специалистов фундаментального профиля, четко понимающих методологию развития новых идей и имеющих теоретическую подготовку высокого уровня по основным направлениям современной науки.

Кто-то скажет, что надежное функционирование любой системы требует наличия большого числа «винтиков», работающих согласованно друг с другом, а разработка системы – дело «избранных». Это так. Но, как справедливо писал блестящий историк, профессор Московского университета В.О. Ключевский, «гении ничего не могут сделать, потому что не имеют подмастерьев». Создать что-то принципиально новое – удел действительно единиц, тех, кого принято называть гениями. Но это новое (чтобы стать реально используемым) требует детальной разработки, и такой разработкой должны и могут заниматься не «винтики», а критически и творчески мыслящие люди. Это те «средние таланты, простые мастера», которых, по мнению Ключевского, в России не было. Именно их и должна готовить система высшего образования. Более того, по мере внедрения все большего числа научных и технологических разработок в нашу жизнь, все актуальнее становится наличие хорошего образования у подавляющей части населения. Как когда-то была нужна просто общая грамотность населения, так теперь людям необходима научная грамотность. И это не громкие слова, а подчас вопрос жизни и здоровья.

Это значит, что в современных условиях необходимо не сокращение, а увеличение числа государственных ВУЗов, ориентированных не на получение денег от студентов, а на качественное их образование. Необходимо расширение штата преподавателей и создание для них существенно лучших условий труда. Однако и то, и другое возможно лишь при условии, что государство (под которым в данном случае понимаются властные структуры страны) осознает, что хорошее образование населения – основное условие и важнейшая составляющая развития и безопасности страны.

Но и не дожидаясь такого осознания, сами ВУЗы могут начать движение в нужном направлении. Существующие еще научные школы и сохранившиеся традиции преподавания – вот та основа, на которой это может быть сделано. И направление движения отнюдь не в сторону Болонской конвенции, которая ориентирует всех как раз на производство «узкоспециализированных винтиков». Движение должно быть в сторону такой модификации существующих учебных планов, которая создаст условия для дифференцированной фундаментальной подготовки специалистов с широкой эрудицией и углубленными знаниями в определенной области науки.

### **Необходимость дифференциации направлений подготовки специалистов-химиков**

Химический факультет МГУ и сегодня готовит хороших специалистов, успешно работающих и в России, и за рубежом. Однако учебные планы и программы большинства дисциплин, преподаваемых на химическом факультете, в основном формировались в 60-70-е годы. И порядок, в котором предметы следуют друг за другом (и

принятый в подавляющем большинстве химических ВУЗов или факультетов), был в существенной степени обусловлен состоянием науки того времени.

Как уже отмечалось, за прошедшие десятилетия многое изменилось. Были разработаны многочисленные экспериментальные методы изучения строения, свойств, реакционной способности соединений и механизмов их химических превращений. Но главное – теоретическая химия вышла из границ конструирования феноменологических моделей и превратилась в мощное средство изучения отдельных соединений, их поведения в различных средах и в электромагнитных полях, их реакций между собой.

Все чаще целенаправленному синтезу какого-то нового соединения с заданными свойствами предшествует серьезный теоретический анализ, позволяющий из тысяч вариантов выбрать несколько наиболее приемлемых. Адекватной и однозначной интерпретации результатов экспериментальных исследований структуры молекул добиваются, комбинируя результаты этих исследований с теоретическими расчетами.

Данные теоретической (физической и квантовой) химии не только создают единый базис всех ныне существующих разделов химии (неорганической, органической, аналитической), но и заставляют переосмыслить, а подчас и отказаться от ранее принятых моделей, которые были изобретены для объяснения тех или иных экспериментальных закономерностей.

Такое развитие науки и технологии делает пересмотр учебных планов студентов химического факультета не просто желательным, а уже остро необходимым.

Заметим, что необходимость модернизации учебных планов назрела не только на химическом факультете. Ее признают и начинают реализовывать и на других факультетах Московского университета, в частности на механико-математическом, о чем достаточно подробно говорит, например, академик А.Т. Фоменко, возглавляющий отделение математики мехмата, в недавнем интервью журналу «Компьютерра» (№3 за 2008 г.).

О том, что в настоящее время необходимо усилить подготовку молодых специалистов в области химии, физики и математики с тем, чтобы впоследствии они оказались в состоянии решать новые сложные проблемы и работать на передовом крае науки, создавали прорывные направления развития технологии, говорит и ректор МГУ академик В.А. Садовничий. Это прозвучало в его выступлении «Актуальные аспекты высшего образования в России» на XVIII Менделеевском съезде. Отвечая же на вопросы студентов на конференции самоуправления МГУ (интервью опубликовано в студенческом журнале Exclusive, № 4, декабрь 2007), В.А. Садовничий заметил: «... еще со времен революции 1917 года у нас было 16 факультетов, но за последние 10-12 лет мы довели это число до 40, т.е. более чем удвоили! А все потому, что прорывы надо делать по отдельным направлениям, там, где крупный факультет просто не может быстро повернуться. Ну, например, факультет биоинженерии и биоинформатики. Казалось бы, зачем, когда есть биофак? Зачем нужен факультет наук о материалах, когда есть химфак? Но, понимаете, крупные факультеты не так реагируют на но-

вые научные прорывы, тогда как эти, специализированные, реагируют незамедлительно. Мы их создавали для конкурентоспособности Московского университета».

На наш взгляд, создавать очень большое число независимых факультетов, каждый со своей инфраструктурой и (в оптимальном варианте) своим профессорско-преподавательским коллективом, не единственный и не самый рациональный способ решить проблему. Есть альтернатива: в рамках существующих факультетов со сложившейся структурой и материальной базой дифференцировать программы обучения – создавать отделения (не обязательно такие большие, как отделения механики и математики на мехмате), учебные планы которых могут сильно различаться. Эта независимость учебных планов и относительно небольшая численность студентов (25-50, а не 250) позволят при необходимости оперативно вносить изменения в программу обучения и на практике выявлять более рациональные и продуктивные варианты организации учебного процесса. Единственное условие, которое должно быть выполнено при внесении изменений, – учет программы обучения на других отделениях с тем, чтобы не создавать ситуацию, когда преподаватели какой-то кафедры факультета перегружены в одном семестре и почти свободны в другом. Выполнить это условие как раз проще в том случае, когда речь идет не об отдельном факультете, а об отделениях одного факультета.

Повторим, что Московский университет ориентирован именно на подготовку высококлассных специалистов, которые обеспечат в ближайшие десятилетия не просто развитие науки в стране, но будут в состоянии находить *новые пути* ее развития в соответствии с требованиями времени. Современный ученый должен видеть систему в целом. Он должен понимать, какие новые технологии необходимо разрабатывать, каковы могут быть побочные эффекты таких разработок и как исключить любые их негативные последствия для человека и окружающей среды в целом. Имея наиболее полные знания в одной относительно узкой области, он должен хорошо представлять себе и возможности смежных областей знания. Только в этом случае возможно эффективное сочетание усилий различных наук в решении стоящих перед человечеством актуальных задач.

Следовательно, специалист-химик должен иметь достаточно хорошую подготовку и в области математики, и в области физики. Конечно, не все обязаны быть универсалами, всегда нужны и относительно узкие специалисты, прекрасно знающие свою область науки и эффективно решающие поставленные перед ними задачи. Но должны быть и те, кто эти задачи корректно ставит.

Значит, необходима разработка различных учебных планов для студентов, имеющих разные наклонности и способности.

В математике существует целый ряд специальностей (направлений подготовки специалистов): «Математика» (010100 и 010101); «Математика. Прикладная математика» (010200); «Математика. Компьютерные науки» (010300); «Информационные технологии» (010400); «Информационные технологии в дизайне» (010401); «Инфор-

мационные технологии в медиаиндустрии» (010402); «Прикладная математика и информатика» (010500 и 010501); «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» (010503). В физике ситуация аналогична: «Физика» (010700 и 010701); «Астрономия» (010702); «Физика Земли и планет» (010703); «Физика конденсированного состояния вещества» (010704); «Физика атомного ядра и частиц» (010705); «Физика кинетических явлений» (010706); «Медицинская физика» (010707); «Биохимическая физика» (010708); «Физика открытых нелинейных систем» (010710); «Радиофизика» (010800); «Радиофизика и электроника» (010801); «Фундаментальная радиофизика и физическая электроника» (010802); «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы» (010803); «Механика» (010900 и 010901). Более того, на стыке физики и математики есть еще две специальности: «Прикладная математика и физика» (010600) и «Механика. Прикладная математика» (011000).

Как видим, и в физике, и в математике четко разделены фундаментальное и прикладное направления подготовки специалистов, не говоря уже о наличии различных подразделов, прежде всего в прикладной области. Такие подразделы есть и в биологии, и в геологии, и в географии. «Универсализм», и то с рядом исключений, характерен лишь для гуманитарных наук (Приказ Минобрнауки России «Об утверждении перечня направлений подготовки (специальностей) высшего профессионального образования» от 12.01.2005, № 4).

Кажется нелогичным, что в химии до сих пор существует единственное направление: «Химия» (020100 и 020101). Необходимо выделить, как минимум, три направления: «Физическая и квантовая химия», «Прикладная синтетическая химия» и «Химия. Физические методы анализа». При этом, как и в физике, наименование квалификации подготовленного по соответствующему направлению специалиста может быть единым для всех: «химик».

Программы обучения на отделениях, готовящих специалистов по различным направлениям, могут и должны заметно различаться. Конечно, эти программы необходимо согласовывать между собой для того, чтобы в целом процесс обучения на факультете был планомерным. Поэтому начинать создание отделений нужно на базе уже существующих специализированных групп.

### **Отделение теоретической (физической и квантовой) химии**

Специализированная 11 (физико-химическая) группа – это как раз та база, на которой можно формировать первое подобное отделение на химическом факультете МГУ. Причин тому несколько.

1) Необходимо готовить высококвалифицированных специалистов в области физики, химии и математики. На химическом факультете серьезную теоретическую подготовку получают только студенты 11 группы. Более того, это наиболее рациональная программа образования студентов не только химического, но и остальных естественных факультетов, поскольку в итоге выпускники этой группы имеют хорошую мате-

математическую подготовку, неплохое знание физики и хорошее знание как теоретической, так и синтетической химии. И распределяются они не только на кафедру физической химии. Выпускников этой группы можно найти на любой кафедре химического факультета, и везде их работа весьма продуктивна, поскольку хорошее знание теории помогает не только при решении теоретических проблем, но и при «интуитивном» выборе метода синтеза и анализа его продуктов.

Именно этот симбиоз теории и практических навыков необходим в современных условиях для разработки новых методов и материалов. Все остальные варианты подготовки специалистов требуют создания коллективов, в которых одни являются теоретиками, другие практиками, причем почти все оказываются узкими специалистами. Это подчас ведет к непреодолимым проблемам при решении сложных задач, ибо люди просто не понимают друг друга или в силу узости своей области неспособны оценить возможности других областей знания и способы сочетания их друг с другом.

2) Наука и технология непрерывно изменяются, спектр решаемых задач и используемых при этом подходов постоянно расширяется. На пути разработки новых технологий в современных условиях ключевым становится размерная приставка нано. А свойства веществ таких размеров уже практически доступны для изучения методами квантовой химии и динамики. Недаром вице-президент РАН, Нобелевский лауреат, академик Ж.И. Алферов в своей статье «Навстречу золотому веку» («Поиск», №4, 25 января 2008 г.) говорит о том, что «от будущих нанотехнологов (а профессия эта должна стать массовой при развитии наноиндустрии) требуется умение мыслить квантовомеханическими категориями, существенно отличающимися от обычных представлений, на которых основана классическая физика».

Из всех студентов МГУ относительно полные знания в области квантовой механики и динамики молекулярных систем получают только студенты 11 группы. Но объем этих знаний уже становится недостаточным. И это тоже аргумент в пользу модификации программы обучения студентов и разработки нового учебного плана, отвечающего требованиям времени.

3) В существующих условиях заметно изменившихся приоритетов, методов и сфер применения синтетической и аналитической химии требуется изменение всего порядка преподавания этих дисциплин. Необходим такой учебный план, когда студент получал бы сначала достаточную теоретическую подготовку (математика, физика, физическая химия и основы теории химического строения); затем изучал различные разделы химии (неорганическую, органическую, полимеры), оперируя при этом едиными базовыми теоретическими понятиями и законами и понимая, что существует единая основа всех этих разделов. После этого должно происходить существенное расширение знаний в области электронно-ядерного строения вещества, квантовой механики и квантовой химии. И только после этих этапов студент переходил бы к изучению отдельных специальных разделов современной химии и физики веществ в различных условиях и различных агрегатных состояниях, а также к изучению методов

исследования этих веществ. Такое построение необходимо для того, чтобы будущий специалист мог бы определить пути модификации свойств веществ, создания новых классов соединений и разработки новых технологий.

Необходимая для всего этого отдельная программа обучения легче всего может быть сформирована именно на базе учебного плана 11 группы. Во-первых, почти все необходимые предметы студенты 11 группы изучают и сейчас. Надо лишь изменить их порядок и соответственно скорректировать содержание. Во-вторых, 11 группа лекции практически по всем предметам и в настоящее время слушает отдельно. Поэтому больших проблем с формированием лекторского и преподавательского коллектива быть не должно.

Итак, целесообразным является создание на факультете нескольких отделений, на первом этапе – двух: одного на базе учебной программы студентов общего потока и второго на базе программы 11 группы. При этом возможно включение в это отделение и других специализированных групп.

Опыт, полученный при формировании отделения физической и квантовой химии и обучения студентов по новой программе, может (и, скорее всего, будет) затем использован при модификации учебных планов студентов основного отделения (и вероятного последующего выделения в нем еще нескольких специализированных отделений).

#### **Учебный план отделения теоретической (физической и квантовой) химии**

Основные предлагаемые изменения учебного плана по сравнению с ныне существующим (по порядку преподаваемых дисциплин близким к общепринятому в химических ВУЗах страны) перечислены и обоснованы ниже.

Неорганическая и органическая химия – два основных раздела химии, которые должны восприниматься студентами как базирующиеся на одном и том же теоретическом фундаменте и дополняющие друг друга. Поэтому они должны преподаваться последовательно, не будучи разделены курсом аналитической химии, и после того, как студенты получают базовые знания в области физических основ строения и превращения веществ, т.е. теоретических основ химии, термодинамики и кинетики. Эти базовые знания должны быть строгими, без ненужных упрощений или необоснованных утверждений. Поэтому *преподавание неорганической химии переносится с первого курса на второй*, и из ее программы исключается часть, посвященная законам термодинамики, растворам и фазовым равновесиям, кинетике и механизму химических реакций, а также строению атома, периодической системе Менделеева, химической связи и теории кристаллического поля и поля лигандов. Все эти проблемы должны рассматриваться в соответствующих отдельных курсах. Обычно они в несколько менее строгом виде читаются студентам в первой части курса неорганической химии, а затем, в более строгом и углубленном варианте, – в курсе физической химии.

*В первом семестре* вместо ныне читаемого (в значительной степени иллюстративного) курса «Введение в специальность» будет прочитан более объемный курс

*«Общие теоретические основы химии»*, включающий основные представления теории строения молекул и веществ, их превращений, экспериментальных и теоретических методов их исследования. Параллельно (и как дополнение к нему) будет преподаваться курс *«Кристаллохимия»* для которого, как показывает опыт, студентам не требуется специальная математическая или физическая подготовка. Таким образом, в первом семестре студенты получают общее представление о строении веществ и его связи с физическими и химическими свойствами.

После этого, во втором и третьем семестре, студенты будут слушать курсы термодинамики и кинетики и катализа, практически такие же по содержанию, как читаемые ныне на третьем курсе, с единственным изменением. В эти физикохимические курсы не будут включены теоретические разделы, для понимания которых необходимо знание квантовой химии и строения молекул. Наличие этих разделов и в нынешней программе 11 группы создает ряд проблем в усвоении студентами материала, поскольку «Квантовая химия» читается сейчас после курса термодинамики, одновременно с кинетикой (весна третьего курса), а «Строение молекул» – вообще после курса «Физическая химия» (осень четвертого курса). Исключение статистической термодинамики и теорий кинетики из этого курса физической химии ни в коей мере не сузит возможности использования физической химии студентами при изучении неорганической и органической химии. Сами же эти разделы логично войдут в программу читаемого на четвертом курсе «Строение молекул».

При этом прочитанный (как и сейчас) в первом семестре курс «Математический анализ» даст студентам базовые знания о пределах и дифференцировании, а курс «Математический анализ» второго семестра – об интегрировании.

Кроме того, базовый курс физики будет полностью прочитан на первом курсе, а именно *«Механика и электричество»* – в первом семестре, и *«Колебания и волны»* – во втором семестре. Это реально с точки зрения общей нагрузки студентов, поскольку из программы первого курса будет исключена «Неорганическая химия».

Итак, к окончанию первого курса студенты будут знать основы физики, термодинамику и кристаллохимию. Это и есть тот необходимый теоретический базис, на котором далее строится преподавание собственно химических дисциплин. Первой из них станет *неорганическая химия*. Этот курс будет немного сокращен в осеннем семестре за счет исключения всех перечисленных выше разделов, рассматриваемых в курсе физической химии и кристаллохимии. В весеннем семестре (когда студенты уже изучат курс кинетики и катализа) программа неорганической химии может остаться практически без изменений.

В весеннем семестре второго курса студенты (как и сейчас) будут изучать курс *«Классическая механика и теория поля»*. Это первый из специальных теоретических курсов, в конечном итоге дающих им представление о современной теории строения молекул и веществ.

*Органическая химия*, как второй основной раздел химии, будет по-прежнему преподаваться на третьем курсе. Параллельно с ней студенты будут слушать курсы лекций «Химические основы биологических процессов» и «Высокомолекулярные соединения». Первый из этих предметов и сейчас читается осенью на третьем курсе, второй же – весной четвертого курса. Однако благодаря тому, что курс физической химии уже прочитан, и в учебном плане появилось свободное время, курс «Высокомолекулярные соединения» можно перенести именно на третий курс, поскольку он логично продолжает и развивает материал неорганической, органической и физической химии. Кроме того, в это же время будет прочитан и курс «Химическая технология», в котором на основании знаний об общих закономерностях синтетической химии и как развитие физикохимических представлений изучаются способы организации технологических процессов и их макрокинетические особенности.

Весной на третьем курсе, как дополнение и продолжение уже изученного курса физической химии, студенты будут слушать лекции по курсам «Электрохимия», «Адсорбция» и «Теории твердого тела». Для корректного восприятия всех этих лекций студентам нужно знание основ электронного строения молекулярных систем, которое является предметом курса «Квантовая химия», читаемого в этом же семестре. Все эти три предмета (электрохимия, адсорбция и теории твердого тела) в нынешнем учебном плане входят в программу четвертого курса, причем два из них (электрохимия и теории твердого тела) читаются в весеннем семестре четвертого курса, когда уже произошло распределение студентов по кафедрам и сформировались новые учебные группы с различными лекционными программами, что создает дополнительные трудности при формировании расписания.

Осенью и весной на третьем курсе студенты (как продолжение курса «Классическая механика и теория поля») будут изучать сначала «Квантовую механику», а затем «Квантовую химию» (электронное строение молекулярных систем). Таким образом, к четвертому курсу у них будут базовые знания по физической и квантовой химии.

Поэтому осенью на четвертом курсе они будут изучать предмет «Строение молекул», который будет отличаться от ныне существующего тем, что в него войдет помимо решения ядерной задачи (изучения возможных ядерных состояний молекулярных систем) еще и статистическая термодинамика и теории химической кинетики (оба раздела базируются на решениях электронной и ядерной задач). При этом из этого курса будут исключены вопросы, связанные со взаимодействием молекулярных систем с излучением. Этот раздел составит отдельный курс, читаемый в следующем (весеннем) семестре.

Соответственно, в программе весеннего семестра на четвертом курсе будут два дополняющих друг друга предмета: «Взаимодействие молекулярных систем с излучением» и «Физические методы исследования». В первом даются теоретические основы тех методов, которые детально (включая аппаратную реализацию) рассматриваются во втором.

На четвертом же курсе, после того, как студенты уже изучили неорганическую и органическую химию (как основы препаративной аналитической химии) и физическую химию (включая электрохимию), им будет преподаваться курс «Аналитическая химия», который логично дополняет курс «Физические методы исследования», и в котором уже не надо будет уделять внимание основам термодинамики и электрохимии (в частности, кислотно-основным и окислительно-восстановительным равновесиям, которые будут уже знакомы студентам).

Одновременно, осенью четвертого курса студенты будут изучать «Коллоидную химию», а весной – дополнительные разделы физической химии: «Статистическая термодинамика конденсированных систем» и «Современные теории кинетики».

Таким образом, все предметы будут выстроены в следующие две связанные между собой логические цепочки.

1) Теоретические основы химии: «Механика и электричество», «Общие теоретические основы химии», «Кристаллохимия» (осень I курса) — «Термодинамика», «Коллебания и оптика» (весна I курса) — «Кинетика» (осень II курса) — «Классическая механика» (весна II курса) — «Квантовая механика» (осень III курса) — «Квантовая химия», «Электрохимия», «Адсорбция», «Теория твердого тела» (весна III курса) — «Строение молекул», «Коллоидная химия» (осень IV курса) — «Взаимодействие молекул с излучением», «Статистическая термодинамика конденсированных систем» и «Современные теории кинетики».

(2) Экспериментальная (прикладная и синтетическая) химия: «Неорганическая химия» (II курс) — «Органическая химия», «Химические основы биологических процессов», «Высокомолекулярные соединения» (III курс).

И как общее завершение двух этих цепочек – методы исследования веществ и их химических реакций: «Аналитическая химия» и «Физические методы исследования» (IV курс).

Заметим, что это как раз те самые три основных направления подготовки специалистов-химиков, которые, по нашему мнению, должны быть официально утверждены Министерством Образования и Науки РФ. Дисциплины всех трех циклов должны быть представлены в учебном плане каждого из отделений, но число часов, содержание и объем читаемых курсов должны варьироваться соответственно специализации, хотя общий порядок преподавания дисциплин, на наш взгляд, должен быть общий, причем такой, как описано выше.

**Приложение.** Приблизительный новый порядок преподавания дисциплин (с указанием всех изменений по сравнению с текущим состоянием)

| Предложение изменений |   |                                      |   | Было раньше            |   |
|-----------------------|---|--------------------------------------|---|------------------------|---|
| Семестр               | дисциплина                                  | часы (лекции + семинары + практикум) | Общее количество часов в этом семестре (плюс к оставленным неизменными курсам)<br>Стало/ Было | семестр                | часы (лекции + семинары + практикум)          |
| 1 (осень)             | 1. механика + электричество                 | $36 + 36 = 72$                       | 252 / 252   | 2 семестр (весна)      | $32 + 32 = 64$                                |
|                       | 2. общие теоретические основы химии         | $72 + 36 = 108$                      |   | отсутствовал           | 0   |
|                       | 3. кристаллохимия                           | $36 + 36 = 72$                       |   | 3 семестр (тоже осень) | $36 + 36 = 72$                                |
| 2 (весна)             | 1. термодинамика (без статистики)           | $56 + 28 + 60 = 144$                 | 208 / 208   | 5 семестр (осень)      | $72 + 36 + 72 = 180$<br>(включая статистику)  |
|                       | 2. колебания, оптика                        | $32 + 32 = 64$                       |   | 3 семестр (осень)      | $36 + 36 = 72$                                |
| 3 (осень)             | 1. кинетика (без теории активир. комплекса) | $56 + 28 + 78 = 162$                 | 342 / 342   | 6 семестр (весна)      | $64 + 32 + 80 = 176$<br>(включая теории)      |
|                       | 2. неорганическая химия                     | $54 + 36 + 90 = 180$                 |   | 1 семестр (осень)      | $72 + 36 + 126 = 234$<br>(включая все теории) |
| 4 (весна)             | 1. классическая механика                    | $64 + 32 = 96$                       | 240 / 240   | 4 семестр (весна)      | $64 + 32 = 96$                                |
|                       | 2. неорганическая химия                     | $80 + 16 + 64 = 144$                 |   | 2 семестр (весна)      | $80 + 16 + 64 = 144$                          |
| 5 (осень)             | 1. квантовая механика                       | $36 + 36 = 72$                       | 486 / 486   | 5 семестр (осень)      | $36 + 36 = 72$                                |
|                       | 2. органическая химия                       | $72 + 36 + 54 = 162$                 |   | 5 семестр (осень)      | $72 + 36 + 54 = 162$                          |
|                       | 3. ХОБП                                     | 72                                   |   | 5 семестр (осень)      | 72  |
|                       | 4. ВМС                                      | $15 + 60 = 75$                       |   | 8 семестр (весна)      | $15 + 60 = 75$                                |
|                       | 5. химическая технология                    | $60 + 45 = 105$                      |   | 8 семестр (весна)      | $60 + 60 = 120$                               |

| Предложение изменений |   |  |   | Было раньше   |   |
|-----------------------|---|--|---|---|---|
| Семестр               | дисциплина  | часы (лекции + семинары + практикум)   | Общее количество часов в этом семестре (плюс к оставленным неизменными курсам)<br>Стало/ Было | семестр   | часы (лекции + семинары + практикум)                                      |
| 6 (весна)             | 1. квантовая химия<br>2. органическая химия<br>3. электрохимия<br>4. адсорбция<br>5. теория твердого тела   | 32 + 32 = 64<br>64 + 16 + 80 = 160<br>60<br>36 или 48<br>36 или 48               | 356 или 380 / 400   | 6 семестр (весна)<br>6 семестр (весна)<br>8 семестр (весна)<br>7 семестр (осень)<br>8 семестр (весна) | 32 + 32 = 64<br>64 + 16 + 80 = 160<br>60<br>36<br>30                      |
| 7 (осень)             | 1. строение молекул (ядерная задача + стат. термодинамика + теории кинетики)<br>2. аналитическая химия<br>3. коллоидная химия   | 32 + 32 = 64<br>64+34+90 = 188<br>(или 36 + 36 + 116 = 188)<br>36 + 0 + 72 = 108 | 360 / 360   | 7 семестр (осень)<br>3 семестр (осень)<br>7 семестр (осень)   | 64 (строение молекул)<br>36 + 36 + 90 = 162<br>36 + 0 + 72 = 108          |
| 8 (весна)             | 1. взаимодействие молекул с излучением<br>2. физические методы исследования<br>3. стат. термодинамика конденсир. систем<br>4. современные теории кинетики<br>5. аналитическая химия | 60<br>60<br>60<br>60<br>32 + 32 + 0 = 64   | 304 / 285   | Отсутствовал<br>7 семестр (осень)<br>7 семестр (осень)<br>отсутствовал<br>4 семестр (весна)           | 0<br>72 (реально меньше)<br>72 (реально меньше)<br>0<br>32 + 32 + 80 = 14 |

