

ХИМИЯ ДЛЯ ФИЗИКОВ В МОСКОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Еремин В.В.

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

Химия и физика – две науки, составляющие основу современного естествознания. Физика изучает наиболее общие свойства и законы движения объектов материального мира, а предмет химии более узок – она исследует то, из чего построены эти объекты, – вещества. Химия работает в значительно более ограниченном, чем физика, масштабе времен, расстояний и энергий:

	Диапазон времен, с	Диапазон расстояний, м	Диапазон энергий, эВ
Химия	$10^{-14} - 10^{13}$ (27 порядков)	$10^{-11} - 10^{-1}$ (10 порядков)	$10^{-3} - 10^1$
Физика	$10^{-35} - 10^{18}$ (> 50 порядков)	$10^{-18} - 10^{26}$ (> 40 порядков)	до 10^{10}

Несмотря на различие масштабов и объектов этих наук, они давно и тесно взаимодействуют между собой, образуя на границах раздела такие области знания, как физическая химия и химическая физика. Словосочетание «физико-химический» давно вошло в лексикон всех естественных наук и означает комплексный, многосторонний подход к изучаемым явлениям.

В учебной области взаимодействие физики и химии – значительно хуже, чем в области науки, причем оно имеет явную асимметрию. Возьмем в качестве примера Московский государственный университет. На химическом факультете абитуриенты сдают вступительный экзамен по физике, а студенты младших курсов изучают общую физику в течение 4 семестров. На физическом же факультете МГУ химии до 2007 года не было вообще никакой – ни вступительных экзаменов, ни учебных курсов для студентов, ни практических занятий. Последний раз химию на физфаке МГУ преподавали более 40 лет назад. Рассказывают, что в свое время, когда обсуждался вопрос о том, возобновить ли курс химии на физфаке, руководство факультета обратилось с просьбой высказать свое мнение об этом к выдающемуся ученому – академику Н.Н.Семенову, который имел физическое образование, но получил Нобелевскую премию по химии и заведовал кафедрой на химическом факультете. И Семенов ответил: «Если бы я хорошо знал химию, будучи студентом, я бы никогда не получил Нобелевскую премию». И вопрос был закрыт на целые десятилетия. Именно поэтому в настоящее время химики знают физику гораздо лучше, чем наоборот.

Однако, современные мировые стандарты физического образования требуют наличия химии в учебном плане физических факультетов. Поэтому в 2007 году сотрудниками кафедры физической химии химфака МГУ был разработан новый учебный курс «Общая и физическая химия для физиков». О создании и содержании этого курса мы и хотим рассказать.

Перед тем, как создавать свой курс, мы детально проанализировали опыт других стран и с удивлением обнаружили, что химия для физиков – достаточно редкая дисциплина. К началу 2007 года во Всемирной сети мы нашли только три учебных плана.

1) В университете Падерборн (Германия) физикам преподают общую и неорганическую химию, всего 240 часов (только лекции и семинары).

2) В университетском колледже Корка (Ирландия) существует полноценное «Введение в химию» для физиков и математиков – лекции (72 ч), семинары, практикум, коллоквиумы. Этот курс включает общую и неорганическую химию, физическую химию, органическую химию. Итоговый письменный экзамен проводится в форме тестов.

3) В Карловском университете (Прага) химия преподается на физ.-мат. факультете. Этот курс носит довольно специальный характер и включает следующие разделы: а) основные понятия химии; б) строение вещества; в) неорганическая химия – водород, элементы главных подгрупп, переходные металлы; г) химическая технология материалов для микроэлектроники.

Кроме учебных планов, мы проанализировали научную литературу, главным образом материалы конференций и научных семинаров, и выяснили, какие научные вопросы, связанные с химией, интересуют физиков больше всего. К ним относятся:

- Химия неорганических наноматериалов – нанокластеры и нановолокна
- Биомолекулы
- Органические материалы для наноэлектроники
- Электрохимия: ионные жидкости, нанотехнологии, фотоэлектрохимия
- Синтез углеродных нанотрубок
- Термодинамика и кинетика самосборки

Эти вопросы так или иначе должны были быть затронуты в новом курсе.

При разработке курса мы исходили из того, что уровень знаний по химии у студентов-физиков абсолютно нулевой. Физики о химии не знают НИЧЕГО. Первые семинарские занятия подтвердили, что это действительно так. Физики не умеют составлять молекулярные формулы веществ и находить коэффициенты в уравнениях реакций, не знают, что такое аллотропные формы простых веществ, не представляют, в каких агрегатных состояниях находятся конкретные вещества при обычных условиях, из органической химии они знают только формулу бензола и больше ничего. Все это – прямое следствие реформы системы образования и введения профильного обучения. Как известно, в большинстве физико-математических классов в России химию вообще не изучают. Ее заменили невнятным предметом под названием «Естествознание», который носит откровенно эклектичный характер и большую часть которого просто отдали физике.

Невежество физиков в отношении химии имеет достаточно агрессивный характер. Как известно, невежды делятся на три категории¹: а) простой невежда, который ничего не знает; б) полный невежда, который полностью ничего не знает; в) воинствующий невежда, который полностью ничего не знает и ничего не хочет знать. Перед началом занятий по химии большая часть студентов-физиков относилась к третьей категории, меньшая – ко второй. Многие физики противопоставляли физику и химию, не понимая, что эти науки тесно взаимодействуют и вместе дают гораздо более объемный взгляд на мир, чем каждая из них по отдельности. Сейчас, после полутора лет занятий с физиками, мы можем сказать, что их отношение к химии изменилось в лучшую сторону, и это – один из главных позитивных результатов. Невежества стало значительно меньше.

Другое стартовое условие состояло в том, что к началу II курса из физических дисциплин, используемых в химии, студенты-физики еще не проходят ничего. У них отсутствуют представления о важнейших термодинамических величинах (энергиях связи, энтальпии, константе равновесия), нет никаких знаний о строении вещества, даже о строении атома, они совсем ничего не знают о химической кинетике (даже слова такого не слышали).

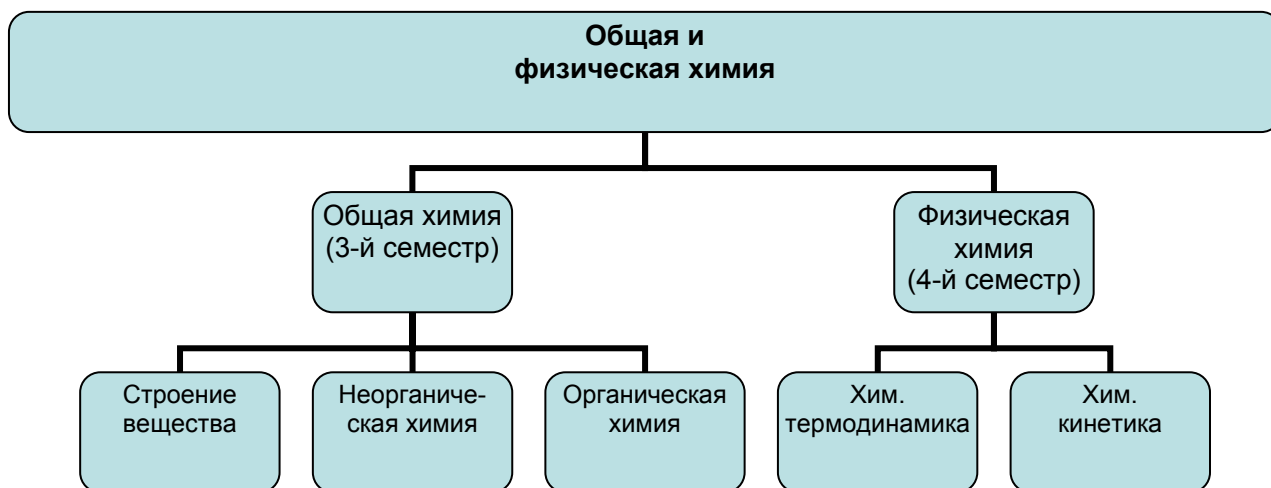
В результате предварительного анализа мы пришли к выводу, что практически всю программу надо рассказывать «с чистого листа», рассчитывая на то, что студенты не знают ни химии, ни физики. Это требует довольно большого числа занятий. Мы рассчитываем на одну лекцию и один семинар в неделю в течение всего года, это более 100 часов занятий. Только при таких условиях можно заложить в головы физиков представления о химическом способе познания мира. И, надо сказать, что такое количество химии привело физиков в состояние «культурного шока», из которого они сейчас постепенно выходят. В результате долгого и трудного узнавания химии они поняли две главные вещи: 1) химики пришли к ним всерьез и надолго; 2) химия может быть полезна в физических исследованиях.

Перейдем к содержанию курса общей и физической химии для физиков. Говоря коротко, «физический смысл» данного курса состоит в ликвидации химической безграмотности физиков, можно сказать, что это – «химия для чайников». Общие задачи курса состоят в следующем:

- 1) Сопоставить взгляды химиков и физиков на природу. Получить удовольствие и (или) пользу от взаимного общения химиков и физиков.
- 2) Доказать физикам необходимость и плодотворность химического подхода к изучению мира. Показать области применения химии в физике.
- 3) Сформировать у физиков представление о языке и законах химии.
- 4) Продемонстрировать применение физических теорий к химическим процессам.
- 5) Уменьшить асимметрию в преподавании химии и физики.

¹ Цитата взята из книги: Л.Арбатский, «Ругайтесь правильно». – М.: ЭКСМО-Пресс, 1999.

Курс читается на 2-м курсе физического факультете МГУ, в течение двух семестров. Он состоит из двух базовых блоков – по одному на каждый семестр: а) общая химия, б) физическая химия. Структура курса показана на диаграмме:



Раздел «Общая химия» знакомит студентов с основными понятиями химии, элементами строения вещества и дает основные сведения о важнейших классах органических и неорганических веществ. О содержании раздела можно судить по темам лекций:

1. Введение. Основные представления о химии.

Тема: Строение вещества

2. Строение атомных частиц.
3. Электронное строение и химическая связь в молекулах. Симметрия и геометрия молекул.
4. Межмолекулярные взаимодействия. Структура простых кристаллических веществ.
5. Строение ионных кристаллов.

Тема: Неорганическая химия

6. Общие понятия неорганической химии. Классификация и номенклатура соединений. Химические свойства основных классов неорганических веществ.
7. Кисотно-основные взаимодействия.
8. Окислительно-восстановительные реакции.
9. Комплексные соединения.
10. Химия неметаллов.

11. Химия металлов главных подгрупп.
12. Химия переходных металлов.

Тема: Органическая химия

13. Общие понятия органической химии и классификация органических веществ. Особенности реакций между органическими веществами.
14. Химические свойства углеводов.
15. Химические свойства кислородсодержащих органических соединений.
16. Химические свойства азотсодержащих органических соединений. Элементы биохимии.

При данном построении курса подчеркивается одна из основных идей химии: строение вещества определяет его свойства. Строение изучается в обычной последовательности: атом → молекула → вещество. Темы «Неорганическая химия» и «Органическая химия» логически выстроены одинаково: сначала обсуждаются основные принципы, определяющие свойства и реакционную способность веществ. В неорганической химии это – кислотно-основные и окислительно-восстановительные закономерности, в органической – свойства углеродных скелетов и функциональных групп, электронные и пространственные эффекты. Далее свойства конкретных органических и неорганических веществ обсуждаются в контексте общих закономерностей.

В разделе «Физическая химия» студенты знакомятся с двумя классическими разделами этой области знания – химической термодинамикой и химической кинетикой. Изложение материала замкнутое: предварительное знакомство с предметом не предполагается и не требуется. Принципы, постулаты, законы и приложения кинетики и термодинамики даются «с нуля». Содержание этой части курса:

Тема: Химическая термодинамика

17. Основные понятия и аппарат термодинамики. Первый закон. Применение термодинамики к химическим реакциям.
18. Второй закон термодинамики. Энтропия. Фундаментальное уравнение Гиббса.
19. Фазовые равновесия.
20. Химический потенциал. Растворы.
21. Химическое равновесие.
22. Ионные равновесия в растворах.
23. Равновесная электрохимия. Химические источники тока.
24. Поверхностные явления и адсорбция.

Тема: Химическая кинетика

25. Основные понятия и постулаты химической кинетики. Реакции целого порядка. Определение порядка реакции. Температурные эффекты.
26. Механизмы химических реакций. Сложные реакции. Приближенные методы решения кинетических уравнений.
27. Гомогенный, гетерогенный и ферментативный катализ.
28. Фотохимия. Цепные реакции.
29. Теория столкновений и теория переходного состояния.

Изучение этих разделов курса химии помогает студентам понять, почему и как идут химические реакции, каким образом законы кинетики и термодинамики дополняют друг друга в описании свойств химических систем и позволяют делать прогнозы относительно химических превращений.

В качестве учебной литературы по общей и неорганической химии студентам предлагаются классические, выдержавшие много изданий учебники: Н.Л.Глинка, «Общая химия»; Н.С.Ахметов, «Неорганическая химия». Органическую химию рекомендуется изучать по книге «Начала химии» Н.Е.Кузьменко, В.В.Еремина и В.А.Попкова. Вся эта литература отсутствует в библиотеке МГУ, зато есть в сети и доступна студентам. Основной книгой по физической химии выбран университетский учебник «Основы физической химии. Теория и задачи».

Вся информация об этом курсе представлена в Интернете на сайте химического факультета МГУ: www.chem.msu.ru/rus/teaching/fizfak/. Там содержатся презентации всех лекций, программы семинарских занятий, список литературы, вопросы к экзамену и другие материалы.

Безусловно, отрицательной стороной нового курса является полное отсутствие практических работ. Это вызвано объективными причинами – в учебном плане физфака совсем нет времени на практикум по химии, а в лабораториях химфака нет ни времени, ни места для 400 студентов-физиков. Но, все равно, без практических занятий любой курс химии будет неполноценным.

Подводя итоги годовой работы химиков со студентами-физиками, надо отметить, что эта деятельность оказалась очень интересной и полезной. Мы не узнали от студентов почти ничего нового о физике и о том, как химия может быть использована в физике, зато хорошо поняли, как надо преподавать химию тем, кто ее почти не знает. Мы убедились, что этот курс жизненно необходим физикам, и те из них, кто отнесется к нему серьезно, получают глубокие знания о веществах и их свойствах. Первый – самый главный потенциальный барьер между химиками и физиками преодолен, процесс взаимного привыкания завершился, и дальше начнется обычная работа по совершенствованию курса, причем мы уверены, что эта работа будет происходить с обеих сторон «барьера» – и со стороны преподавателей, и со стороны студентов.