

Взаимосвязь между фундаментальными и прикладными науками и техникой

Академик А. Ишлинский,*) СССР

Мы много слышим и говорим о науке вообще, меньше — о прикладных науках и практически никогда — о науках фундаментальных. Считается, что чистые науки представляют собой весьма далекое от жизни и даже бесполезное занятие, вроде изысканий лапутян из «Путешествий Гулливера» Свифта. В наше время много говорят о связи науки с различными сторонами жизни. Наука и жизнь представляются как две стороны одного и того же явления — общественной жизни. И в самом деле науки, даже самые отвлеченные, например такие, как теория чисел и топология, в наши дни не могут существовать в отрыве от техники. Нельзя не признавать, что повседневная жизнь ставит перед человеком проблемы, решение которых стимулирует развитие науки, а иногда даже дает толчок возникновению новых наук. Сегодня в основе любого определения науки лежит признание за ней роли одной из производительных сил современного общества.

Теперь алгебра, которая прежде считалась лишь одной из составных частей математики, или гидромеханика — ранее лишь один из разделов механики — превратились в самостоятельные науки или считаются таковыми. Возникли новые науки — молекулярная физика, коллоидная химия, химия белка, генетика, психология, политическая экономия и многие другие. При более глубоком подходе мы можем подразделить науки на фундаментальные и прикладные. Последние стоят ближе к жизни и обслуживают ее непосредственные потребности. Фундаментальные науки, напротив, имеют дело с общими законами как природы, так и явлений, возникших в результате деятельности человека.

Целью фундаментальных наук не является немедленное использование результатов исследований в жизни. Но различие между фундаментальными и прикладными науками весьма условно. Часто самые отвлеченные науки вносят крупный вклад в развитие общества и вызывают в нем глубокие преобразования. И наоборот, используя науку в различных областях жизни, мы сталкиваемся с явлениями, которые приводят к важным открытиям фундаментального характера. Приведем несколько примеров. Герц открыл электромагнитные волны. Попов первый понял, как их можно использовать на практике для беспроволочной передачи информации на большие расстояния; и подарил человечеству радио. Нельзя представить себе современную жизнь без радио и телевидения. Мы приняли сигналы автоматической космической станции «Венера-6», которые она посылала из глубин раскаленной атмосферы планеты; удаленной от

Земли на расстояние в 100 миллионов километров. Сверхпроводимость свинца и некоторых других металлов при весьма низких температурах была открыта, можно сказать, совершенно случайно, в ходе работы над криогенной (низкотемпературной) техникой. Это открытие послужило отправной точкой для экспериментов Бардина и Богомолова, которые разработали квантовую теорию металлов. Флеминг приступил к изучению антибиотиков только после того, когда он обнаружил во время практических экспериментов, что некоторые виды растительности влияют на развитие микробов. В результате были созданы такие средства лечения ранений, которые ранее считались совершенно невозможными.

Огромное практическое значение имеют открытия ученых, которые привели к созданию новых веществ с исключительными свойствами или к обнаружению новых явлений. Возможность расщепления атома урана была впервые осознана Ганом и Штрассманом. Это открытие дало толчок теоретическим изысканиям в области атомной энергии, а затем привело к строительству атомных реакторов и, к несчастью, созданию атомных бомб. Когда инженеры поняли, что теоретически вполне возможно увеличить прочность стали и стекла, начались поиски путей для достижения этой цели. Было доказано, что теоретически возможная прочность кристаллов обыкновенной поваренной соли в сто раз больше их прочности в обычных условиях. Честь открытия принадлежит советскому ученому Иоффе, который объяснил это несоответствие дефектами структуры кристаллов соли. Ученые, работающие в области прикладных наук, попытались в сотрудничестве с инженерами устранить эти дефекты. Им сопутствовал успех: удалось увеличить прочность не только общеизвестных «старых» материалов-металлов и стекла, но и появившихся недавно искусственных органических веществ, так называемых полимеров, которые сейчас в большом количестве производятся химической промышленностью. Сами полимеры также весьма наглядно иллюстрируют взаимодействие фундаментальных и прикладных наук. Дело в том, что свойства некоторых полимерных соединений (особенно резины), часто ухудшаются под действием солнечного света. Это явление удалось объяснить только с помощью современной теории света. Полимерные цепи разрываются, когда фотоны проходят через них. В результате цепи становятся короче, и свойства полимеров резко изменяются.

Законы прикладных наук

Прикладные науки отличаются от фундаментальных тем, что они, как правило, игнорируют молекулярную или атомарную структуру ве-

*) Член Академии Наук СССР.

ществ, с которыми им приходится иметь дело. Сфера действия прикладных наук — это прежде всего так называемые феноменологические законы, определяющие различные процессы в природе и технике. Выявить связи, существующие между этими законами и фундаментальными законами взаимодействия микрочастиц, нелегко.

Законы прикладных наук всегда связаны с техникой и, как правило, базируются на экспериментальных данных. Законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, определяющие свойства газов; закон Ома в электротехнике; закон Гука, относящийся к теории упругости материалов; закон валентности в химии — все они были открыты задолго до того, как удалось придти к современному пониманию природы материи.

Законы прикладных наук имеют ограниченный характер. Они не универсальны, потому что нет определенных границ, ограничивающих сферу их действия. Так, например, закон Гука гласит, что удлинение стальной проволоки пропорционально действующей силе. Если эта сила очень велика, закон пропорциональности нарушается, и стальная проволока может значительно удлиниться при незначительном увеличении приложенной силы. Под действием такой силы вещество, из которого изготовлена проволока, как бы течет. Но если продолжать увеличивать силу, приложенную к проволоке, то при определенном критическом значении проволока рвется, и закон Гука больше не действует.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о том, что законы прикладных наук отражают реальные взаимосвязи объективного мира лишь приблизительно. Как правило, они не столь точны, как законы фундаментальных наук. Но при некоторых условиях и фундаментальные законы могут подвести нас при решении практических проблем. Так, например, некоторые химические реакции могут отличаться от реакций, предсказываемых теорией химического синтеза, так как невозможно предусмотреть все возможные побочные реакции. Полупроводники, изготовляемые из редких элементов, оказываются иногда непригодными из-за мельчайших примесей. Тем не менее, определение законов, быть может, не всегда и не при всех условиях сохраняющих силу, имеет важное практическое значение. Это позволяет строить гипотезы, которые, даже будучи иногда и нереальными, требуют экспериментального подтверждения. Теория вдохновляет и организует эксперимент. Без теории экспериментирование подобно опытам алхимиков, которые пытались превратить свинец в золото. В результате экспериментов мы получаем больше информации, чем можем продуктивно усвоить. Теория помогает нам понять суть явлений. Эксперименты либо подтверждают теорию, снимая тем самым необходимость в дальнейших дорогостоящих экспериментах, либо доказывают несостоятельность теории и помогают понять, как ее можно изменить. Вследствие этого лекарственные препараты были значительно улучшены только после соответствующего прогресса в области таких наук, как физиология, микробиология и химия. К сожалению, в неко-

торых странах даже и сейчас широко рекламируют и продают некоторые вредные лекарства, несмотря на то, что, помимо рекламируемых, они имеют и другие свойства, вредные как для живущих людей, так и для будущих поколений. Дурная слава одного из таких лекарств хорошо известна. Современная медицина ставит перед фундаментальной наукой — химией белка труднейшие проблемы, к числу которых можно отнести механизм работы мозга, структуру вирусов и ряд других проблем. Ученым удалось разработать теорию распространения электрического импульса в нервных волокнах и значительно приблизиться к разгадке законов наследственности.

Роль вычислительных машин

Взаимосвязь между экспериментами в фундаментальных науках и практикой в области медицины, земледелия и растениеводства уже позволила получить результаты, ценные для научного прогресса и развития общества. В настоящее время развитие фундаментальных и прикладных наук в значительной мере стимулируется развитием математики и ее теоретических отраслей, а также расширением возможностей быстро производить большие по объему расчеты с помощью вычислительных машин. Существует целый ряд физико-математических проблем, количественное решение которых имело бы огромное практическое значение. К их числу можно, например, отнести проблему надежного прогнозирования погоды за несколько дней вперед. Мы считаем, что часть таких проблем будет разрешена в ближайшем будущем. Залогом развития атомной физики, квантовой механики и некоторых других отраслей современной физики является разработка специализированного математического аппарата и методов решения некоторых новых уравнений.

Но математика может найти применение и в науках, которые на первый взгляд не имеют с ней ничего общего. Возможно ли, например, количественно определить поток информации или оптимальное размещение новых систем связи? Оказывается, эти проблемы вполне разрешимы, и их решение дает ценные практические результаты. Можно ли применить математику при изучении экономических законов и определить пути дальнейшего развития экономики? И это вполне возможно, если удастся выявить главные факторы экономического прогресса, а также взаимосвязь и взаимодействие этих факторов. В целом, экономическое планирование развития промышленности на базе вычислительной техники развивается вполне успешно.

Говоря об экономике, мы затронули одну из важнейших проблем взаимосвязи и взаимодействия между наукой и жизнью — проблему выделения главных и второстепенных параметров, характеризующих успешное функционирование той или другой конкретной практической системы — машины, устройства, технологического процесса, средств связи. Так, например, химические реакции идут только при определенных температурах, при которых реагирующие ве-

щества вступают во взаимодействие друг с другом. Точнее говоря, эти вещества взаимодействуют в определенном диапазоне температур. Можно сказать, что температурный диапазон является численным параметром, значение которого определяет эффективность химического процесса. Но в некоторых случаях для обеспечения реакции необходим катализатор-вещество, которое вызывает определенные химические реакции, но не входит в конечный продукт. Может оказаться, что одним из определяющих параметров для некоторых химических реакций будет физическое состояние катализатора. Если катализатор не измельчен и используется в виде большого куска, площадь его поверхности может оказаться недостаточно большой, чтобы вызвать химическую реакцию. С другой стороны, слишком сильно измельченный катализатор может быть выведен движущимися частицами из зоны реакции, и реакция прекратится.

Но вернемся к главной теме нашего сообщения — к вопросу о взаимодействии между наукой и техникой. С первого взгляда может показаться, что выдвинутое в начале доклада утверждение о практическом значении всех без исключения наук неверно. Мне могут возразить, что исследование проблем теории музыки или языка мифа с помощью вычислительных машин не имеет ничего общего с техникой. Но не хлебом единым жив человек. Кроме повседневных нужд человека, науки удовлетворяют его неиссякаемую жажду знаний и красоты. Они являются жизненно важным источником интеллектуальной жизни человека и поэтому не обязательно непосредственно связаны с техникой. Кроме того, общеизвестно, что эмоции, испытываемые человеком, могут влиять на его творческую деятельность и на общественную жизнь в целом. Техническая эстетика и инженерная психология имеют важное значение для дальнейшего прогресса промышленности и для решения новых проблем техники. Суммируя все вышесказанное, можно сказать, что любая наука так или иначе связана с жизнью. Математика и естественные науки — механика, физика, химия, биология тесно связаны с техникой. В то же время, взаимосвязи и взаимодействия этих наук с техникой могут быть многосторонними и характеризоваться рядом особенностей. Иногда может казаться, что развитие техники не зависит от развития науки. Но если в реальной жизни люди сталкиваются с чем-то непредвиденным (авария, катастрофа, нарушение технологического процесса), то они немедленно обращаются за помощью к науке. Это, с другой стороны, содействует дальнейшему развитию науки. После того, как с помощью ученых возникшая проблема находит свое решение, инженеры, как правило, больше не проявляют интереса к науке до тех пор, пока техника в своем развитии снова не упирается в тупик. Именно поэтому трудно заранее предсказать, какого рода исследования и в какой конкретно области будут полезны для развития техники и, наоборот, какие исследования не будут иметь практической ценности. Вот почему трудно не согласиться с теми инженерами, которые осуждают непрошенные «вторжения» ученых (особенно ученых, во-

оруженных вычислительной техникой) в различные области техники. Речь идет о тех ученых, которые склонны к непродуманным решениям и рекомендациям, не учитывающим всех особенностей технологических процессов и их количественных характеристик. Вместе с тем, никак нельзя согласиться с теми инженерами, которые не желают анализировать и систематизировать накопленный опыт, не стремятся использовать достижения науки для дальнейшего усовершенствования, а если это необходимо — и для коренного изменения техники.

Стыки наук

Любая наука развивается по своим законам. Может случиться, что сделанные наукой открытия не найдут немедленного практического использования, как это случилось, например, с геометрией Лобачевского и с теорией сверхзвуковых газовых потоков Чаплыгина. Без связи с жизнью наука, особенно точная наука, какой является математика или механика, может развиваться отвлеченно, как «чистая наука» и в конце концов зайти в тупик. В наше время самые интересные открытия делаются, как правило, на стыке наук. Это особенно справедливо для химии и физики, механики и химии, химии и биологии. Только комплексные исследования, предпринятые одновременно представителями разных наук, могут разрешить такие сложные технические проблемы, затрагивающие области нескольких наук, как проблемы уменьшения трения, сокращения износа машин, очистки и переработки морской воды. Именно техника, имеющая дело с перемещениями реальных объектов и с различными технологическими процессами, может стимулировать исследования, затрагивающие сферы нескольких наук.

Фактически, наука изучает не реальную жизнь, а абстрактную модель жизни, которая, так сказать, отражает основные особенности реальной жизни. Насколько точно и полно такая модель отражает реальную жизнь зависит от способности ученого выделять главные свойства объекта от используемых им методов и средств. Но если модель, разработанная ученым, не обоснована научно, его исследование будет носить отвлеченный характер и приведет к ложным выводам. Оно не укрепит, а подорвет взаимное доверие ученых и инженеров друг к другу, нарушит процесс обмена опытом между ними.

Мне кажется, что в настоящее время мы являемся свидетелями глубокого взаимопроникновения науки и техники. В результате приходит конец старым и непроизводительным методам голубого экспериментирования, которые до сих пор используются инженерами и конструкторами. Наступило время новых научных методов исследования, в основе которых лежит научный взгляд на естественные явления. В свою очередь, науке пришлось избавиться от феноменологических методов исследования, которые не учитывают реальную структуру изучаемой материи. Наука во все большей мере обращается к исследованиям на молекулярном и атомарном уровне, используя при этом теорию и методы измерения новейшей физики, а также совершенные вычислительные машины.