

Наследие Эйнштейна

Интервью с Хервигом Шоппером

В июне прошлого года Организация Объединенных Наций провозгласила 2005 год Международным годом физики и предложила ЮНЕСКО взять на себя руководство празднованием столетия легендарных статей Альберта Эйнштейна, посвященных теории относительности, квантовой теории и броуновскому движению.

Хервиг Шоппер – бывший Генеральный директор Европейской организации ядерных исследований (CERN, 1981–1988 годы), лауреат Золотой медали ЮНЕСКО им. Альберта Эйнштейна 2004 года за заслуги в области физики и в деле упрочения международного сотрудничества. Он также является действующим президентом Совета, руководящего новым исследовательским центром SESAME по Ближнему Востоку, основанного под эгидой ЮНЕСКО. В этом интервью он рассказывает, как теория Эйнштейна коренным образом изменила представления по фундаментальным вопросам и как этот прорыв в свою очередь коренным образом изменил общество. Он считает - все самое интересное еще впереди.

Почему 1905 год вспоминают как “annus mirabilis” – “год чудес”?

Эйнштейн сформулировал две теории относительности: первая из них, *специальная* теория, расширяет механику Ньютона до ситуаций, в которых скорость движущегося объекта приближается к максимально возможной скорости, скорости света. Эта теория содержит выводы, которые, кажется, полностью противоречат здравому смыслу.

Однако они были подтверждены бесчисленными экспериментами. Например, эксперименты доказали, что часы идут по-разному в системах, движущихся относительно друг друга, или что масса тела зависит от его скорости. Еще одним выводом теории является возможное превращение энергии в материю и наоборот. Понимание этого, выведенное из отвлеченного теоретического исследования, легло в основу применения ядерной физики для производства энергии в мирных и военных целях.

Специальная теория относительности, например квантовая механика, определяет новые рамки для описания природы, которые, однако, предстоит усовершенствовать путем проведения дополнительных независимых исследований поведения материи и сил, действующих в природе. Термин “относительность” был и остается источником многих недоразумений.

Специальная теория относительности не подвергает сомнению научные результаты; напротив, она основана на “инвариантах”, которые не зависят от позиции наблюдателя. *Общая* теория относительности пытается объяснить силу гравитации с точки зрения структуры пространства-времени. Воздействие относительности на повседневную жизнь настолько мало, что им можно пренебречь; однако относительность все же нужно принимать в расчет для глобального позиционирования системы навигации – еще один пример того, как определенные эффекты теоретических исследований могут неожиданно обнаружить свою важность для прикладных применений.

Теории Эйнштейна и последующие исследования в области ядерной физики проложили путь к созданию водородной бомбы, которая дает человечеству средство для самоуничтожения. Этот факт и катастрофы на атомных электростанциях в Три-Майл-Айленд в 1979 году и в Чернобыле в 1986 году, не говоря уже о наболевшей проблеме захоронения радиоактивных отходов, привели к тому, что к ядерной физике стали относиться с опаской. Насколько оправдана сегодня такая репутация?

Такая точка зрения совершенно безосновательна в силу ряда соображений. Помимо использования ядерной энергии ядерная физика нашла себе массу других применений. Диагностика в современной медицине немыслима без использования ядерных эффектов. Наиболее важным применением, вероятно, является визуализация с помощью ядерного магнитного резонанса, от которого ведут свое происхождение используемые в медицине сканеры. По иронии судьбы термин “ядерный” был опущен, чтобы не пугать пациентов, что является свидетельством того, насколько предвзятая и нелогичная общественная позиция сформировалась в отношении ядерных вопросов!

Рентгеновские лучи стали незаменимым средством в медицине с момента их открытия немецким физиком Вильгельмом Рентгеном в 1895 году. Сейчас они применяются, в частности, в томографии - методе создания изображений различных частей тела в поперечном сечении. Ускорители частиц, такие, как бетатроны и линейные ускорители, применяются почти в каждой больнице для лечения рака с помощью рентгеновского облучения, а источники синхротронного излучения становятся бесценным инструментальным средством для многих других применений в научных исследованиях и промышленности. Радиоактивные изотопы широко используются не только в терапевтических целях в медицине, но также и для испытания материалов. При диагностике с помощью позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) вещество уничтожается антивеществом с целью получения информации об обмене веществ внутри

головного мозга. Протоны и другие тяжелые частицы осваиваются в качестве средства лечения определенных форм злокачественных опухолей, например рака головного мозга.

Это лишь некоторые примеры того, какую выгоду извлекает человечество из применения ядерной физики. К сожалению, в общественном сознании ядерная физика ассоциируется в основном с атомной бомбой. Физике перестали доверять в связи с тем, что физические процессы, используемые для производства атомной бомбы и выработки энергии в мирных целях, очень сходны: и в том, и в другом случае происходит преобразование массы в энергию, согласно знаменитой формуле Эйнштейна: $E = mc^2$, или, другими словами, энергия равна произведению массы на квадрат скорости света.

Разумеется, ядерная энергия, как и любой другой источник энергии, сопряжена с рисками, которые необходимо принимать во внимание. Дальнейшие разработки, как например, использование процессов синтеза взамен деления ядер, приведут к сокращению рисков. Различие между двумя этим процессами состоит в том, что при ядерном синтезе происходит слияние двух элементов, приводящее к образованию более массивного элемента, тогда как при ядерном делении происходит расщепление массивного элемента на фрагменты. При том и другом явлении наблюдается процесс выделения энергии, однако при делении фрагменты обладают высокой радиоактивностью и длительным процессом полураспада, тогда как при синтезе образующаяся “зола” нерадиоактивна.

Весьма маловероятно, что нам удастся избежать проблемы загрязнения атмосферы избыточным CO_2 без использования ядерной энергии. Естественно, альтернативные источники энергии должны разрабатываться и эксплуатироваться по мере возможности, однако невозможно будет удовлетворить оправданные энергетические потребности третьего мира, не воспользовавшись всеми источниками энергии, в том числе ядерной. Что, собственно говоря, и движет такими странами, как Китай, когда они признают необходимость ядерной энергии для своей экономики.

Первые десятилетия после Второй мировой войны стали “золотым веком” для Европы, США и Японии, когда такие изобретения, как холодильники, стиральные машины и транзисторные радиоприемники, сделали жизнь людей более комфортной и подстегнули экономический рост. Переживаем ли мы сейчас еще один такой “золотой век”?

На протяжении многих столетий высокий уровень жизни был уделом знати, очень узкого, привилегированного слоя человеческого общества. Эта ситуация начала коренным образом изменяться примерно в середине девятнадцатого века, когда появились современные технологии, такие, как паровой двигатель, железная дорога и электричество, приведшие к прогрессу, на основе которого мы продолжаем развиваться и сегодня. Лишь с помощью современных технологий стало возможным увеличение производства до того уровня, когда благами его будет пользоваться большинство населения¹, пусть даже по большей части только в индустриально развитых странах. Без этой технической революции не могла бы произойти отмена рабства, явного или завуалированного; никакая новая общественная идея не могла бы решить проблему обеспечения достаточного питания,

жилья и времени для культурного досуга. По большому счету, даже демократия не могла бы развиваться при условиях, вынуждавших людей практически все свое время проводить в борьбе за выживание.

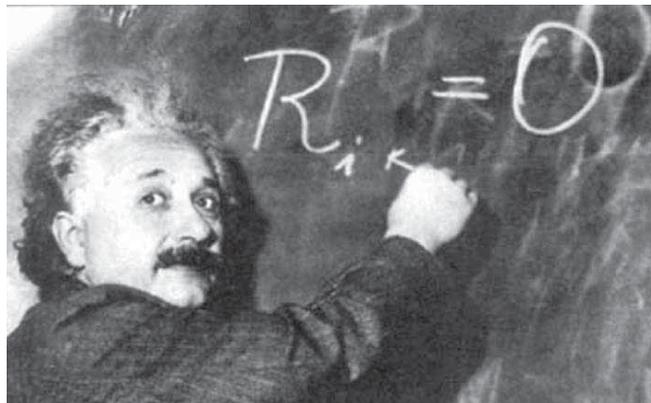
Все технологические новшества, до неузнаваемости изменившие нашу повседневную жизнь, были основаны на результатах теоретических исследований, но во многих случаях эти результаты считались в то время совершенно бесполезными. Лишь по прошествии длительного времени была обнаружена их применимость для определенных целей. Известным примером здесь служит случай Майкла Фарадея², который работал над различными явлениями, связанными с электричеством. Когда представитель Казначейства посетовал на то, что исследования подобного рода не внушают особых надежд обществу на получение от них пользы, Фарадей возразил, что, возможно, он не способен предсказать будущее, но тем не менее он уверен, что однажды Казначейство обложит его исследования высокими налогами. И он оказался прав! Его работа стала основой современной электротехники. В том, что касается персонального компьютера, кто бы мог вообразить себе, что он будет иметь такое глубокое влияние на нашу повседневную жизнь? Кто бы мог даже мечтать о том, что веб-технологии, изобретенные ЦЕРНе в 1990 году для нужд физики элементарных частиц, этой самой абстрактной из наук, приведут к революции в области коммуникаций?

Конечно, высокий уровень жизни в промышленно развитых странах не лишен отрицательных побочных эффектов, в частности угрозы для окружающей среды. С такими проблемами можно справиться только с помощью еще более прогрессивных технологий. Главная задача будет заключаться в том, чтобы внедрить эти современные технологии в развивающихся странах, для того чтобы и там ограничить экологический вред. Если этого удастся добиться, мы станем свидетелями появления на горизонте нового “золотого века” – такого, который не будет ограничен несколькими привилегированными нациями.

Какие передовые исследования ведутся сегодня физиками во всем мире и какую пользу принесут эти исследования обществу?

Физические исследования продвигаются по различным направлениям. В области теоретических исследований физика частиц и ядерная физика проникают все глубже в микрокосм в поисках ответов на загадки строительных кирпичиков материи и сил, действующих между ними. Все ли силы природы нам известны? Сильные и слабые ядерные взаимодействия были открыты лишь в прошлом веке. Унификация магнитных и электрических сил привела к появлению современной электротехнической промышленности, к появлению радио, телефона, телевидения и компьютеров. Благодаря изучению атомов³, молекул, конденсированных сред и исследованиям в области оптики были открыты новые явления, такие, как высокотемпературные сверхпроводники или так называемые феномены конденсации Бозе–Эйнштейна, длящиеся менее одной миллиардной доли секунды; кроме того, это позволило прийти к более глубокому пониманию квантовой механики. Как и в прошлом, новые знания находят самое неожиданное применение.

Кроме того, фундаментальные исследования в настоящее время непосредственно нацелены на их практическое применение, поскольку границы между фундаментальными и прикладными исследованиями становятся все более



размытыми. Нанотехнология, имеющая дело с объектами размером меньше толщины человеческого волоса, построена на элементах как теоретических, так и прикладных исследований.

Возможно, наиболее важной услугой, оказанной теоретическими исследованиями обществу за последние 200 лет, является совершенно новая картина мироздания, космоса и положения в нем человечества, представляющая культурный феномен, не уступающий по значимости материальному прогрессу. Если гром не воспринимается больше как гнев богов, если суевериям больше нет места в нашей жизни, если мы согласились с тем, что Земля не является центром космоса и что тот вид вещества, из которого мы состоим, не является превалирующим во Вселенной (как выяснилось совсем недавно), все это стало возможным лишь благодаря достижениям современной науки. Все это имеет огромное значение для самопознания человечества.

Если бы министр по делам науки и техники самой наименее развитой страны попросил Вас привести доводы в пользу того, что этой стране следует вкладывать капитал в физические исследования и образование, что бы Вы ему ответили?

Политики уже несколько раз задавали мне этот вопрос. Развивающиеся страны стоят перед необходимостью решения актуальных проблем, таких, как обеспечение продовольствия и воды, строительство инфраструктуры и реформа образования. Огромные суммы, предоставляемые правительственными программами развития или гуманитарными организациями, тратятся на возмещение краткосрочного дефицита в этих областях. Несмотря на это, разрыв между промышленно развитыми и развивающимися странами во многих случаях грозит лишь увеличиться.

Для того чтобы сократить отставание, развивающимся странам придется найти кратчайший путь от большей частью сельскохозяйственного или мелкоторгового общества к индустриализованной экономике. На этот процесс у современных промышленно развитых наций ушло около 150 лет. Чтобы ликвидировать этот разрыв, развивающимся странам придется выделить несколько процентов имеющихся у них средств на развитие науки, исследовательской деятельности и высшего образования.

Не делая инвестиций в такие долговременные проекты, развивающиеся страны по мере индустриализации непременно столкнутся с другими проблемами, например с безработицей. В промышленно развитых странах занятость

В центре внимания – “Физика помогает миру”

Проводимый в этом году Научный форум МАГАТЭ с наступлением последних месяцев *Года физики* охватила “физическая лихорадка”.

Этот Форум (27-28 сентября) в рамках 49-й Генеральной конференции МАГАТЭ носит название “Физика помогает миру”, и его заседания посвящены проблемам удовлетворения энергетических потребностей с помощью ядерной энергии и их возможным решениям. Участники форума также обсудят разработку улучшенных материалов и передовых технологий для нужд ядерной энергетики. Третье заседание посвящено вопросам использования ионизирующих излучений для диагностики и лечения таких заболеваний, как рак, и на нем будет обсуждена возросшая потребность развивающихся стран в хорошо обученных специалистах в области медицинской физики. На заключительном заседании будет рассмотрен режим глобальной безопасности.

Более подробную информацию можно найти на страницах Генеральной конференции МАГАТЭ на сайте www.iaea.org

Для получения подробной информации о Международном годе физики посетите сайт www.wupr2005.org

взрослого населения в сельском хозяйстве, составлявшая 150 лет тому назад 60-70%, упала в настоящее время до жалкой отметки в несколько процентов. Странам третьего мира придется создавать какие-то отрасли промышленности на основе новых технологий. То, что этого можно достичь за сравнительно короткий промежуток времени, было наглядно продемонстрировано, помимо прочих, такими странами, как Республика Корея и Тайвань (Китай).

Технологии во многих отношениях базируются на науке и в особенности на физике. Физика также служит основой для других наук, таких, как химия и биология. Для поиска ключа к решению многих проблем, будь то охрана окружающей среды, энергосбережение и производство или улучшение методов диагностики в медицине – и это лишь некоторые из этих проблем – требуется проведение углубленных физических исследований. Вообще междисциплинарное сотрудничество между физикой и другими областями не только открывает новые перспективы, но и станет в ближайшие десятилетия непременным условием любых научных исследований.

Если можно было бы совершить путешествие во времени, какое общество, на Ваш взгляд, открылось бы нашему взору в 2030 году?

Делать прогнозы всегда трудно, особенно когда они касаются будущего! Кто бы мог предвидеть 30 лет назад появление персональных компьютеров, коммуникационных технологий, качественных скачков в здравоохранении или новых возможностей для отдыха и развлечения человека, таких, как спутниковое телевидение, компакт-диски, мобильные телефоны или современный объем воздушных перевозок. Наука и исследовательская деятельность готовят нам новые сюрпризы, но основной вопрос заключается в том, будет ли морально-этическое развитие человека успевать за

технологическим прогрессом. Ответственность за то, будем ли мы использовать дальнейший прогресс на благо или во вред человечеству, лежит на политиках. Наиважнейшая из всех задач будет состоять в создании таких условий, когда менее обеспеченные также смогут вкушать плоды промышленно развитого мира.

Это интервью Сюзан Шнееганс взяла для ежеквартального научного журнала ЮНЕСКО “Мир науки”, Вып. 3, № 1, январь–март 2005 года.

Примечания

1. Одним из первых примеров массового производства был автомобиль “Форд Т”. В 1914 году Генри Форд распорядился, чтобы его фабрика в штате Мичиган, США, выпускавшая автомобили модели Т, использовала исключительно черную краску: черная эмалевая краска сохла быстрее, чем краски других цветов, что означало большее количество автомобилей, производимых в день при более низких издержках. Низкие издержки производства позволили Форду повысить заработную плату рабочим и сделать его автомобиль модели Т более доступным: отпускная цена, составлявшая в начале серийного выпуска 850 долларов, упала менее чем до 300 долларов к началу 1920-х годов. Как следствие, годовой объем продаж взлетел от приблизительно 300 000 единиц в начале выпуска до пикового значения в 1,8 миллионов единиц.

2. Фарадей (английский ученый, 1791-1867 годы) был одним из тех, кто занимался изучением электромагнетизма. Он был поистине одаренным экспериментатором, наделенным талантом физической интуиции и визуализации. О его таланте свидетельствует тот факт, что в колллекции его лабораторных журналов нет ни одного уравнения. В XIX веке он ввел понятие электрических полей как пространства, окружающего заряженное тело и пронизанного силовыми линиями, которые теперь обычно называют силовыми линиями электрического поля. Наиболее знаменитым законом Фарадея является закон электромагнитной индукции, одно из фундаментальных объяснений электромагнетизма. Его работа заложила основу для разработки в будущем таких устройств, как электрические двигатели, телевизионные передатчики и приемники, телефоны, факсимильные аппараты и микроволновые печи.

3. Открытие и описание атомов является, пожалуй, самым выдающимся триумфом физики XX века. Сейчас широко известным фактом является то, что атом состоит из электронов, протонов и нейтронов. Размер атома составляет 10^{-8} м в поперечнике, и 99,9% его массы заключено в ядре. Электрон имеет массу, составляющую $1/1837$ долю массы ядра водорода, и обладает отрицательным зарядом. Один или более электронов могут быть смещены со своей траектории при воздействии на атом достаточного количества энергии. Ядро примерно в 10^5 раз меньше самого атома и составляет порядка 10^{-14} м в поперечнике. Протон, располагающийся в ядре, является электрической противоположностью электрона и имеет равный с ним, но противоположный по знаку заряд. Ученые изобретают все более изощренные методы проникновения в глубины секретов материи. Ускорители частиц придают частицам весьма высокие скорости и энергии, и тогда при столкновении частиц открывается подробная внутренняя структура атома. Эти методы исследований привели к практическим изобретениям, кардинально изменившим биологию, химию и медицину. Среди них можно назвать электронный микроскоп, растровый туннельный микроскоп и ядерный магнитный резонанс. К концу XX века физикам удалось в мельчайших подробностях изучить поведение атомов