

## От редактора

Двадцать девятого декабря 1959 года в Калтехе (шестьдесят лет назад – достойная дата, чтобы упомянуть о ней) Ричард Фейнман произнес свою знаменитую речь «Как много места в глубине». Она была адресована Американскому физическому обществу. В ней «отец нанотехнологий», опередив на десятилетия свое время, рассказал о будущей эре миниатюризации. Фейнман, чтобы привлечь внимание к теме, заключает несколько своих знаменитых пари. Приведем два небольших отрывка из лекции.

### Приглашение в новую область физики

Думаю, физики-экспериментаторы должны чаще с завистью вспоминать о таких людях, как Камерлинг-Оннес<sup>1</sup>. Этот человек открыл целую область физики – физику низких температур, бездонную область, в которую ученый может погружаться все глубже и глубже. Такой ученый – настоящий лидер, обладающий на определенный срок монополией в рискованных научных изысканиях. Перси Бриджмен<sup>2</sup>, открывший способ получения высоких давлений, открыл другую новую область и сделал в ней ряд важных работ, предложив круг исследований в этом направлении. Создание наиболее глубокого вакуума – уже продолжение подобных исследований.

Я хотел бы рассказать еще об одной области физики – физике малых масштабов, в которой в принципе можно создать несметное количество вещей. Эта область не совсем похожа на другие, в ней мы не будем много говорить о фундаментальной физике (в том смысле, что мы не задаем вопроса: «Что такое странная частица?»), она больше похожа на физику твердого тела и расскажет нам много интересного о своеобразных явлениях, которые происходят в сложных системах. Более того, ее важнейшей особенностью является гигантское количество технических приложений. То, о чем я собираюсь говорить, – это проблема манипулирования и контроля системами малого масштаба. Стоит мне упомянуть об этом, как все заговаривают о миниатюризации – насколько далеко в этом направлении можно продвинуться в настоящий момент. Мне рассказывают об электромоторах, имеющих размеры наперстка на мизинце. Мне рассказывают, что на рынке существуют приборы, с помощью которых можно записать «Отче наш» на булавоочной головке. Ничего подобного нет, это самый примитивный, искаженный шаг в направлении, о котором я намерен рассказать. Загляните в глубину материи – и вам откроется ошеломляюще малый мир. В 2000-м, когда люди оглянутся назад, они будут удивлены, почему до 1960 года никто не начал всерьез заниматься этим направлением...

<...>Однако интересно, что для физика принципиально возможно синтезировать любую химическую субстанцию, которую описывает химик (по крайней мере я так думаю). Задайте очередность – и физик синтезирует ее. Как? Разложите атомы там, где говорит химик, и вы получите субстанцию. Теперь вы могли бы спросить: «Кто это должен делать и зачем?» Да, указав несколько экономических приложений, я понимаю, что у вас может возникнуть причина для веселья. Так повеселитесь немного! Давайте устроим соревнование между лабораториями. Пусть одна лаборатория сделает крошечный мотор, который она передаст другой лаборатории, а та возвратит ее обратно с приспособлениями внутри вала первого мотора.

<sup>1</sup>Хейке Камерлинг-Оннес (1853–1926) – лауреат Нобелевской премии по физике 1913 года за исследования свойств вещества при низких температурах, которые привели к получению жидкого гелия. – *Примеч. ред. иностр. издания.*

<sup>2</sup>Перси Бриджмен (1882–1961) – лауреат Нобелевской премии по физике 1946 года за изобретение аппарата для создания экстремально высоких давлений и за последующие работы в физике высоких давлений. – *Примеч. ред. иностр. издания.*

## Конкурс высших школ

Отчасти для развлечения, а отчасти чтобы получить интересные устройства-малютки, пусть кто-нибудь, у кого есть контакт с высшими учебными заведениями, подумает о своего рода конкурсе между высшими школами. Мы даже не начали ничего предпринимать в этой области – крохотные вещи можно записывать еще более мелко, чем говорилось в этой лекции. Можно устроить конкурс между высшими школами. Высшие учебные заведения Лос-Анджелеса перешлют булавку в высшее учебное заведение Венеции, на которой написано: «Как это сделать?» Потом булавка возвратится назад и в точке над «i» будет написано: «Не так уж и трудно». Возможно, это не побуждает вас к действию, и это сделать вас заставит только экономика. Я хотел бы предпринять что-либо в этом направлении, но не могу ничего сделать в настоящий момент, потому что почва не подготовлена. Предлагаю премию в 1000 долларов первому, кто информацию со страницы книги сможет перенести в область, уменьшенную в 25000 раз в линейном масштабе, так чтобы ее можно было прочитать с помощью электронного микроскопа. Хочу также предложить другую премию – если я смогу понять, как выразить все словами, так чтобы не произошло путаницы в аргументации относительно определений – еще 1000 долларов первому, кто сделает работающий электрический мотор – вращающийся электрический мотор, которым можно управлять извне, размером в 1/64 кубического дюйма, не считая проводов на вводе. Не думаю, что эти премии будут очень долго ждать своих претендентов.

В заключение приведем комментарий пары Фейнмана из книги «Радость познания» Ричарда Фейнмана, в которой лекция изложена полностью (Москва: Издательство АСТ, 2019, с. 157–186).

(В конце концов Фейнману пришлось выплатить обе премии. Это следует из обзора «Фейнман и вычислительные методики» под редакцией Энтони Хей (Perseus, Reading, MA, 1998), перепечатано с разрешения. – Примеч. ред.) Он выплатил обе премии – первую премию менее чем через год Биллу Маклеллану, бывшему питомцу Калтеха, за миниатюрный мотор, который удовлетворял заданным спецификациям, но который вызвал разочарование Фейнмана – его конструкция не требовала новых технических достижений. Фейнман сделал обновленную версию своего доклада в 1983 году в Лаборатории реактивного движения. Он предсказал, «что с технологиями сегодняшнего дня мы сможем легко... конструировать моторы в одну сороковую размера в каждом направлении, то есть в 64 000 раза меньше, чем... Мы можем сделать за раз мотор Маклеллана и тысячи таких же». И только почти через 26 лет он выплатил вторую премию аспиранту Стэнфорда Тому Нейману. Предлагаемый масштаб в задаче Фейнмана – записать 24 тома Британской энциклопедии на булавочной головке. Нейман вычислил, что каждая отдельная буква будет составлять по ширине около пятидесяти атомов. Когда его руководителя не было в городе, он использовал литографию электронным пучком и смог записать первую страницу книги Чарльза Диккенса «Повесть о двух городах» в уменьшенном масштабе 1 к 25000. Статья Фейнмана часто считается началом эры нанотехнологий, и теперь существуют регулярные конкурсы, называемые «Премией Фейнмана по нанотехнологии».

Зам. главного редактора,  
чл.-корр. РАН

*Д.И. Трубецков*