

# ГЛАЗАМИ ФИЗИКА

УОЛТЕР ЛЕВИН /  
УОРREN ГОЛЬДШТЕЙН



[Купить книгу на сайте kniga.biz.ua >>>](http://kniga.biz.ua)

# Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	11
1. ОТ ЯДРА АТОМА К ОТКРЫТОМУ КОСМОСУ .....	21
2. ИЗМЕРЕНИЯ, ПОГРЕШНОСТИ И ЗВЕЗДЫ .....	45
3. ДВИЖУЩИЕСЯ ТЕЛА .....	65
4. МАГИЯ ПИТЬЯ ЧЕРЕЗ СОЛОМИНКУ .....	89
5. НАД И ПОД РАДУГОЙ — А ТАКЖЕ СНАРУЖИ И ВНУТРИ ....	111
6. ГАРМОНИИ ВЕТРА И СТРУН .....	137
7. ЧУДЕСА ЭЛЕКТРИЧЕСТВА .....	163
8. ТАЙНЫ МАГНЕТИЗМА .....	191
9. СОХРАНЕНИЕ ЭНЕРГИИ. НИЧТО НЕ НОВО ПОД ЛУНОЮ...	213
10. РЕНТГЕНОВСКИЕ ЛУЧИ ИЗ КОСМОСА! .....	237
11. КАК МЫ НАЧИНАЛИ ИЗУЧАТЬ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ АЭРОСТАТОВ .....	251

12. КОСМИЧЕСКИЕ КАТАСТРОФЫ, НЕЙТРОННЫЕ ЗВЕЗДЫ И ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ .....	271	
13. ЗВЕЗДНЫЙ БАЛЕТ .....	291	
14. ЗНАКОМЬТЕСЬ: РЕНТГЕНОВСКИЕ БАРСТЕРЫ! .....	307	
15. СПОСОБЫ ВОСПРИЯТИЯ МИРА .....	323	
ПРИЛОЖЕНИЕ I. БЕДРЕННАЯ КОСТЬ МЛЕКОПИТАЮЩЕГО .....		337
ПРИЛОЖЕНИЕ II. ЗАКОНЫ НЬЮТОНА В ДЕЙСТВИИ .....		339
БЛАГОДАРНОСТИ .....	345	
ОБ АВТОРАХ .....	349	

1

# От ядра атома к открытому космосу

---

На самом деле это удивительно: отец моей матери был неграмотным сторожем, а я, всего два поколения спустя, стал штатным профессором Массачусетского технологического института. Я очень многим обязан голландской системе образования. Поступив в свое время в аспирантуру Технологического университета Делфта в Нидерландах, я одним выстрелом убил трех зайцев.

Для того чтобы заплатить за учебу, мне пришлось взять кредит у правительства Нидерландов на условиях ежегодного списания его пятой части в случае, если я буду преподавать полный рабочий день, то есть не менее двадцати часов в неделю. И я сразу же начал преподавать физику! Кроме того, преподавание освобождало меня от армии — еще одно преимущество! Военная служба, безусловно, стала бы для меня абсолютной *катастрофой*. Дело в том, что у меня «аллергия» на любые формы власти — таков уж я от природы! Я был уверен, что в этом случае все закончилось бы вечными пререканиями с командирами и, соответственно, постоянным мытьем полов. Я стал преподавать математику и физику полный рабочий день, по двадцать два часа в неделю, шестнадцати-семнадцатилетним ребятам в лицее Либанон в Роттердаме. И так я убивал своих трех зайцев: избегал армии, погашал кредит и получал учченую степень.

А еще я осваивал искусство преподавания. Возможность учить школьников казалась мне на редкость ценной: я всегда старался

положительно влиять на их сознание, делать свои занятия интересными, даже забавными, хотя порядки в лицее, признаться, были довольно строгими. В верхней части двери каждого класса было сделано окошко, и время от времени кто-нибудь из школьного начальства подставлял стул и следил через него за учителями. Можете себе такое представить?

К счастью, мне удалось не погрязнуть в унылой школьной культуре. Энтузиазм был из меня ключом, и я старался передать его ученикам, чтобы помочь им по-новому взглянуть на красоту окружающего мира. Иными словами, я хотел повлиять на их сознание таким образом, чтобы они оценили прекрасный мир физики и поняли, что физика повсюду, что она пронизывает всю нашу жизнь. И самое главное — я сам очень быстро понял, что важен не *материал*, который ты даешь, а *тайны*, которые им *открываешь*. Излагать перед классом учебную тему обычно довольно скучно, и ученики, конечно же, тоже чувствуют эту скучу. А вот если учитель при объяснении законов физики помогает им увидеть эти законы через формулы и уравнения, он демонстрирует им процесс научных открытий во всей его новизне и воодушевлении, и ребятам очень нравится быть частью этого.

Следует сказать, что я подходил к делу совершенно не так, как большинство учителей и как было принято в нашей школе. Каждый год школа спонсировала недельную поездку учителя с детьми в лагерь, расположенный на природе, далеко от города. Однажды мы с женой возили туда моих учеников, и нам там очень понравилось. Мы все вместе готовили еду и спали в палатках. А поскольку находились очень далеко от городских огней, то однажды мы разбудили детей посреди ночи, напоили горячим шоколадом и пошли смотреть на звезды. Мы показывали им планеты и созвездия, и ребята увидели Млечный Путь во всей его красе.

Я не изучал астрофизику в университете и не преподавал ее. Вообще-то я занимался разработкой научных экспериментов по выявлению некоторых самых мелких частиц во Вселенной, но астрономия всегда притягивала и очаровывала меня. По правде говоря, почти каждый физик хранит в душе любовь к астрономии. Многие мои нынешние коллеги во время учебы в школе создавали собственные телескопы. Например, мой давний друг

и коллега по МТИ Джордж Кларкот, еще будучи школьником, отполировал с этой целью пятнадцатисантиметровое зеркало.

[ 24 ] Почему физики так любят астрономию, спросите вы. Во-первых, прогресс в физике — взять хоть теорию орбитального движения — часто достигается при изучении вопросов астрономии, в ходе наблюдений и разработки теорий. Кроме того, астрономия — это *и есть* физика, только в контексте увеличенного ночного неба. Все эти затмения, кометы, падающие звезды, шаровые скопления, нейтронные звезды, гамма-вспышки, струи, планетарные туманности, сверхновые звезды, скопления галактик, черные дыры.

Взгляните на небо и задайте себе самые простые вопросы: почему небо голубое, закаты красные, а облака белые? Физика ответит на них на все! Солнечный свет состоит из всех цветов радуги. Проделывая свой путь через земную атмосферу, он рассеивается во всех направлениях на молекулах воздуха и мельчайших частицах пыли, намного меньших по размеру, чем микрон, — длина, равная тысячной доле миллиметра. Это явление называется рассеянием Рэлея. Синяя часть спектра рассеивается сильнее других цветов, примерно в пять раз сильнее красной. Следовательно, когда вы смотрите на небо днем в любом направлении\*, преобладает голубой рассеянный цвет. Поэтому и небо голубое! А при взгляде на небо с Луны (возможно, вы видели фотографии) оно кажется не голубым, а черным, каким мы, земляне, видим его в ночное время. Почему? Да потому что на Луне нет атмосферы.

Почему закаты красного цвета? По той же причине, по которой небо голубое. Когда Солнце находится на уровне горизонта, его лучи проходят через более толстый слой атмосферы, в котором сильнее рассеиваются и отфильтровываются зеленая, синяя и фиолетовая части спектра. К тому времени, когда свет достигает наших глаз — и облаков над нашей головой, — он состоит в основном из желтого, оранжевого и особенно красного цветов. Вот почему иногда кажется, что небо на закате и восходе буквально пылает.

---

\* Осторожно: никогда не смотрите прямо на Солнце!

А почему облака белые? Дело в том, что капли воды в облаках намного крупнее крошечных частиц, делающих небо голубым, а когда свет рассеивается на этих гораздо более крупных частицах, все цвета в нем рассеиваются в равной степени и свет остается белым. Если же облако содержит большое количество влаги или находится в тени другого облака, то свет проходит плохо и облако кажется темным.

Одна из моих любимых демонстраций — создание в классе фрагмента голубого неба. Чтобы показать это, я выключаю свет в аудитории и направляю очень яркий прожектор белого света на потолок комнаты у доски. Прожектор тщательно отгорожен экранами. Затем я зажигаю несколько сигарет и держу их в световом пучке. Частицы дыма достаточно малы для получения эффекта рассеяния Рэлея, и, поскольку синяя часть спектра рассеивается сильнее, студенты видят синий дым. Далее начинается следующий этап демонстрации. Вдохнув дым сигареты, я удерживаю его в легких примерно минуту. Сделать это не всегда легко, но наука требует жертв. Затем я выдыхаю дым в световой луч, и студенты видят белый дым — я создал белое облако! Мельчайшие частицы дыма выросли в моих легких, потому что там много водяного пара. Теперь все цвета спектра рассеиваются одинаково, и рассеянный свет получается белым. Цвет дыма меняется, и это поистине удивительно!

С помощью этого примера я отвечаю сразу на два вопроса: почему небо голубое и почему облака белые? В сущности, есть еще и третий, весьма интересный вопрос о поляризации света, но к нему вернемся в главе 5.

В том лагере на природе я мог показать ученикам туманность Андромеды — единственную галактику, видную невооруженным глазом, потому что она находится на расстоянии всего 2,5 миллиона световых лет (около 24 миллионов триллионов километров) от Земли. По астрономическим меркам это сущие пустяки. Эта галактика состоит из почти 200 миллиардов звезд. Только представьте: 200 миллиардов звезд! А мы видим на небе нечто малюсенькое и нечеткое.

Тогда с ребятами мы наблюдали множество метеоритов, которые обычно называют падающими звездами. Если проявить

терпение, то каждые четыре-пять минут можно увидеть один из них. В годы поездок в лагерь спутников у Земли еще не было, а теперь их множество. В настоящее время на орбите нашей планеты вращается более двух тысяч спутников. И если не отрывать взгляд от неба в течение хотя бы пяти минут, почти наверняка увидишь хоть один — особенно сразу после захода Солнца или перед восходом, когда светило еще не село или уже взошло для спутника и солнечный свет еще отражается от него и попадает в поле зрения. Чем более удален спутник и, соответственно, чем больше разница во времени между заходом Солнца на Земле и на спутнике, тем в более позднее ночное время его можно увидеть. Понять, что это спутник, можно по скорости его движения: он движется быстрее остальных небесных тел, за исключением метеоритов. Однако если он мигает, то, уж поверьте мне, это самолет.

Мне всегда очень нравилось показывать Меркурий: эта планета расположена ближе всех к Солнцу, и ее крайне трудно увидеть невооруженным глазом. Лучше всего планета видна лишь пару десятков вечеров и утр в году. Меркурий оборачивается вокруг Солнца за 88 дней, поэтому и назван в честь быстроногого римского бога-гонца. Увидеть эту планету трудно, потому что ее орбита проходит очень близко к Солнцу. С точки зрения земного наблюдателя, она никогда не отклоняется от Солнца более чем на 25 градусов, этот угол меньше, чем расстояние между часовыми стрелками в одиннадцать часов. Вы можете увидеть Меркурий только вскоре после захода Солнца или прямо перед его восходом, когда планета больше всего удалена от Солнца, если смотреть с Земли. При наблюдении с поверхности Земли Меркурий всегда находится близко к горизонту, поэтому увидеть его, скорее всего, можно в сельской местности, где нет высоких домов. Но как же прекрасен Меркурий, когда все же удается его обнаружить на небе!

Наблюдение за звездами соединяет человека с бесконечностью Вселенной. Если долго вглядываться в ночное небо, до тех пор, пока не привыкнут глаза, можно неплохо рассмотреть структуру дальних уголков нашей Галактики Млечный Путь — 100–200 миллиардов звезд, объединенных в единый кластер, словно вплетенных в восхитительно нежную прозрачную ткань. Размер Вселенной непостижим для человеческого разума, но мы можем

хоть немного осознать ее величие, попытавшись понять грандиозность Млечного Пути.

Сегодня в науке принято считать, что во Вселенной может быть столько галактик, сколько звезд в нашей Галактике. В сущности, всякий раз, направляя телескоп в открытый космос, человек видит в основном галактики — с таких огромных расстояний звезды по-просту неразличимы, — и каждая из них действительно состоит из миллиардов звезд. Вспомните о недавнем открытии на небосводе огромной структуры, названной Великой стеной Слоуна; ее нанесли на карту благодаря реализации крупного проекта Sloan Digital Sky Survey («Слоуновский цифровой обзор неба»), ради которого объединили усилия более трехсот астрономов и инженеров и двадцать пять университетов и научно-исследовательских институтов. Гигантский телескоп этого проекта, пущенный в работу в 2000 году, наблюдает за небом каждую ночь. Длина Великой стены Слоуна равна более миллиарда световых лет. Ну что, голова закружилась? Если нет, учтите, что наблюдаемая Вселенная, то есть та ее часть, которую мы можем видеть, составляет около **90 миллиардов световых лет**.

Вот она, мощь физики! Только эта наука способна открыть нам, что наблюдаемая Вселенная состоит примерно из 100 миллиардов галактик или что из всей материи в видимой Вселенной лишь около четырех процентов — это обычная материя, из которой состоят звезды и галактики, а также вы и я. Еще около 23 процентов составляет темная материя, невидимая для человека. Нам известно, что она существует, но что это такое — мы не знаем. Оставшиеся 73 процента, или основная часть энергии в нашей Вселенной, — это темная энергия, тоже невидимая. Никто в мире не имеет ни малейшего представления о том, что она такое. Получается, что мы практически ничего не знаем о почти 96 процентах массы/энергии во Вселенной. Физика объяснила человечеству многие вещи, но в мире осталось еще так много неразгаданных тайн. Лично меня это очень вдохновляет!

Физика исследует невообразимо необъятный мир Вселенной, причем она способна проникнуть в суть мельчайших частиц материи вроде нейтрино, составляющих ничтожно малую часть протона. Как раз этой теме я как физик посвящал большую часть

[ 27 ]

своего времени: я изучал сверхмалые частицы, измеряя и регистрируя выбросы частиц и излучение радиоактивных ядер. Этот вопрос изучает ядерная физика, вернее, тот ее отдел, который не имеет никакого отношения к атомной бомбе. Попросту говоря, предмет моего научного интереса составляло изучение на самом фундаментальном уровне того, что заставляет материю функционировать и развиваться.

Вы, должно быть, знаете, что почти вся видимая и осязаемая материя состоит из химических элементов, таких как водород, кислород и углерод, соединенных в молекулы. Наверняка вам также известно, что атом, наименьшая частица химического элемента, состоит из ядра и электронов, а ядро, в свою очередь, из протонов и нейтронов. Самый легкий и наиболее часто встречающийся элемент во Вселенной, водород, имеет один протон и один электрон. Но существует такая форма водорода, в ядре которой есть и нейtron, и протон. Это изотоп водорода — другая форма этого химического элемента, называемая дейтерием. А есть еще и третья форма изотопа водорода, с двумя нейтронами, присоединившимися к протону в ядре; она называется тритием. Все изотопы конкретного химического элемента состоят из одинакового числа протонов, но разного числа нейтронов, а элементы — из различного количества изотопов. Например, существует тридцать изотопов кислорода и тридцать шесть изотопов золота.

Многие изотопы стабильны: они могут оставаться в одном виде более-менее вечно. Но большинство не стабильны, или радиоактивны. Радиоактивные изотопы имеют обыкновение распадаться: рано или поздно они превращаются в другие химические элементы. При этом некоторые из радиоактивных изотопов стабильны: в них распад со временем прекращается. А другие нестабильны, и в них распад продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто стабильное состояние. Из трех изотопов водорода радиоактивен только один — тритий, — он превращается в стабильный изотоп гелия. Из тридцати изотопов кислорода стабильны три; из тридцати шести изотопов золота — только один.

Вероятно, вы помните, что скорость радиоактивного распада изотопов измеряется периодом полураспада, который варьируется от микросекунды (одной миллионной доли секунды)

до миллиардов лет. Говоря, что период полураспада трития составляет около двенадцати лет, мы имеем в виду, что в данном образце трития половина изотопов через двенадцать лет распадутся, следовательно, через двадцать четыре года их останется всего четверть от имеющегося числа. Ядерный распад — один из важнейших процессов, в ходе которого создаются и преобразуются химические элементы. И это никакая не алхимия! Во время работы над докторской диссертацией мне часто доводилось своими глазами видеть, как радиоактивные изотопы золота превращались в ртуть, а не наоборот, как хотелось бы средневековым алхимикам. Впрочем, многие изотопы ртути, как и платины, действительно превращаются в золото. Но только один изотоп платины и только один изотоп ртути превращаются в стабильное золото того типа, которое можно носить на пальце в виде кольца.

Моя работа была чрезвычайно захватывающей: радиоактивные изотопы распадались буквально у меня в руках. Кроме того, она была очень интенсивной. Период полураспада изотопов, с которыми я работал, обычно составлял всего один, максимум несколько дней. Скажем, период полураспада золота-198 — чуть больше двух с половиной дней, так что работать приходилось очень быстро. Я мчался из Делфта в Амстердам, где находился циклотрон, производящий эти изотопы, а затем несся обратно в лабораторию в Делфте. Там я растворял изотопы в кислоте, чтобы получить их в жидком виде, жидкость наливал на тончайшую пленку и помещал в детекторы.

Мне необходимо было проверить теорию ядерного распада, которая говорит о взаимосвязи между гамма-излучением и испусканием электронов из ядер, а эта работа требовала очень точных измерений. Она уже была проделана в отношении целого ряда радиоактивных изотопов, но некоторые недавние измерения несколько отличались от положений вышеупомянутой теории. Тогда-то мой научный руководитель профессор Аалдерт Уапстра и предложил мне найти виновного — либо теория, либо измерения. Это показалось мне чрезвычайно интересным — все равно что собирать фантастически сложный пазл. Трудность задачи, однако, заключалась в том, что мои измерения должны были быть гораздо точнее сделанных до меня другими исследователями.

[ 30 ]

Из-за крайне малого размера электронов некоторые ученые считают, что в действительности их нельзя измерить: вообще-то они меньше одной триллионной сантиметра в сечении, да и длина волн гамма-излучения меньше миллиардной доли сантиметра. И все-таки физика дала мне в руки инструменты, чтобы обнаружить и измерить их. Это еще одно качество, за которое я люблю экспериментальную физику: она позволяет прикоснуться к невидимому.

Для получения нужных данных я должен был проводить измерения как можно дольше, ведь чем больше замеров я делал, тем точнее были результаты. Случалось, я работал по шестьдесят часов подряд, иногда без сна, и даже стал немного одержим работой.

Для физика-экспериментатора точность — это все. Точность — *единственное*, что имеет значение. Измерение без указания степени точности просто бессмысленно. Эта простая, мощная и абсолютно фундаментальная идея игнорируется практически во всех вузовских учебниках физики. Точность измерений критически важна в очень многих областях человеческой жизни.

В работе с радиоактивными изотопами добиться нужной степени точности было очень сложно, но результаты, получаемые мной на протяжении трех-четырех лет, становились все лучше и лучше. После усовершенствования детекторов они начали выдавать очень точные данные. Я подтвердил теорию ядерного распада и опубликовал свои выводы, а итогом моей работы стала докторская диссертация. Особенно меня тешила мысль, что мои выводы были ясными, точными и убедительными, что, поверьте, бывает довольно редко. Зачастую в физике, как и в науке в целом, результаты неочевидны. Мне же посчастливилось прийти к твердому и однозначному выводу. Сложив этот пазл, я создал себя как физика, а также помог составить «карту» доселе неизведенной территории субатомного мира. Мне было всего двадцать девять, и я был счастлив оттого, что внес в науку весомый вклад. Конечно же, не каждому суждено стать автором фундаментальных научных открытий, таким как Ньютон или Эйнштейн, но в науке есть еще немало сфер, которые нуждаются в изучении.

Мне очень повезло: получение ученой степени совпало с новой эрой открытий в области природы Вселенной. Астрономы

совершали новые открытия чуть ли не каждый год. Одни в поисках водяных паров изучали атмосферу Марса и Венеры. Другие обнаружили вокруг Земли кольца энергетически заряженных частиц, удерживаемые магнитным полем, — теперь мы зовем их поясами Ван Аллена. Третий выявили огромные, мощнейшие источники радиоволн, известные сегодня как квазары — квазизвездные источники радиоизлучения. В 1965 году было открыто космическое микроволновое фоновое (реликтовое) излучение — следы энергии, высвободившейся после мощного взрыва, что служит убедительным доказательством теории Большого взрыва, в результате которого образовалась наша Вселенная. Прежде эта теория считалась неоднозначной и противоречивой. А вскоре после этого, в 1967 году, астрономы обнаружили еще и новую категорию звезд, названную пульсарами.

Конечно, я мог бы продолжать работать в области ядерной физики, ведь там в те времена происходили великие открытия. Работа исследователей в основном тяготела к охоте на стремительно растущий «зоопарк» субатомных частиц; самые главные из них сегодня называются кварками, и, как оказалось, они служат строительными блоками для протонов и нейтронов. Поведение кварков разнообразно и непредсказуемо, поэтому, чтобы классифицировать их, физики присвоили им определения, на научном жаргоне ароматы: верхний (up), нижний (down), странный (strange), очарованный (charm), самый верхний (top), самый нижний (bottom). Открытие кварков стало одним из тех прекрасных моментов в науке, когда чисто теоретическая идея подтверждается экспериментально. Сначала теоретики предсказали существование кварков, а затем экспериментаторам удалось их обнаружить. Эти частицы оказались весьма экзотическими и показали ученым, что материя в своих базовых основах неизмеримо сложнее, чем считалось раньше. Например, теперь нам известно, что протоны состоят из одного верхнего и одного нижнего кварка, удерживаемых вместе мощной ядерной силой в виде еще одних странных частиц — глюонов. Недавно теоретики подсчитали, что масса верхнего кварка составляет около 0,2 процента массы протона, а масса нижнего кварка — около 0,5 процента массы протона. Это вам не старое доброе ядро атома!

Я и сейчас уверен, что исследовать «зоопарк» субатомных частиц невероятно увлекательно, но, по счастливой случайности, приобретенные мной при измерении излучения ядра науки чрезвычайно пригодились для исследования Вселенной. В 1965 году профессор Бруно Росси из МТИ пригласил меня работать в области рентгеновской астрономии, абсолютно новом в то время направлении, основанном им всего несколько лет назад, в 1959 году.

Приход в МТИ — лучшее, что могло со мной случиться в жизни. Работа Росси в области космических излучений уже тогда слыла легендой. Он возглавлял отдел в Лос-Аламосе во время войны и был первооткрывателем в сфере измерений солнечного ветра, или межпланетной плазмы. Поток заряженных частиц, выбрасываемых Солнцем, заставляет хвосты комет держать направление, противоположное Солнцу, и позволяет нам видеть такое природное явление, как полярное сияние. Позже у профессора возникла идея заняться поиском рентгеновского излучения в космосе. Это были по-настоящему пионерские работы, ведь Росси понятия не имел, найдет он там что-то подобное или нет.

В те времена практически все самое интересное происходило в Массачусетском технологическом институте. Любая идея, если только вы могли убедить других в ее перспективности и выполнимости, получала в МТИ шанс на воплощение. Как же это отличалось от нидерландских университетов! В Университете Делфта, например, существовала строгая иерархия, к аспирантам здесь относились как к людям второго сорта. Так, у всех профессоров были ключи от входной двери лабораторного корпуса, а аспирантам выдавали только ключ от двери в подвал, где хранились велосипеды. Каждый поход через эти велосипедные хранилища неизменно напоминал нам о том, что мы здесь значим *ноль без палочки*.

Если же аспирант хотел оставаться поработать после пяти часов вечера, ему нужно было заполнить форму — в тот же день и обязательно до четырех часов, — детально обосновав в ней причины задержки (я оставался практически каждый день). Вся эта бюрократия была для молодых ученых настоящей мукой.

Вот вам история о нашем университете. Три профессора, руководившие нашей альма-матер, имели постоянные парковочные места у самого входа. Один из них, собственно мой начальник, в основном работал в Амстердаме и приезжал в Делфт только раз в неделю, по вторникам. Однажды я спросил его: «Можно мне воспользоваться вашим парковочным местом, когда вас нет в университете?» На что он ответил: «Конечно же нет!» А когда я все же припарковался на его месте, тут же по громкой университетской связи весьма убедительно мне приказали убрать машину. А вот другой случай. Поскольку за изотопами мне приходилось ездить в Амстердам, университет делал мне скидку в 25 центов за выпитую там чашку кофе и в 1,25 гульдена за съеденный там обед (по тем временам 1,25 гульдена — это примерно треть доллара США), но я был обязан представить чек на каждый расход. Как-то раз я спросил, нельзя ли прибавить 25 центов к сумме за обед и сдавать только один чек на 1,50 гульдена. В ответ на это заведующий кафедрой профессор Блэссе написал мне письмо, в котором говорилось, что если я хочу в командировках питаться в ресторанах для гурманов, то мне придется делать это за свой счет.

Так что можете себе представить, каким счастьем для меня стало приглашение в МТИ: я словно заново родился! Тут делалось все, чтобы поощрить сотрудника. Я сразу же получил ключ от главного входа и мог работать хоть круглые сутки. Для меня этот ключ фактически стал ключом ко всему. Глава факультета физики предложил мне штатную должность через полгода после прибытия в университет, в июне 1966 года. Я согласился и уже никуда оттуда не уходил.

Переход в МТИ так много значит для меня еще и потому, что я пережил ужасы Второй мировой войны. Нацисты убили половину моей семьи — с этой трагедией я до сих пор не смылся. Очень-очень редко я говорю об этом, потому что это невыносимо тяжело, хотя прошло уже больше шестидесяти пяти лет. По сей день те события заставляют меня страдать. Когда мы с моей сестрой Беой вспоминаем об этом, то почти всегда плачем.

Я родился в 1936 году; когда 10 мая 1940 года немцы напали на Нидерланды, мне было всего четыре года. Одно из самых

ранних моих воспоминаний о том, как все мы — родители моей матери, мама, папа, сестра и я — прятались в ванной комнате своего дома (Гаага, ул. Амандельстраат, 61); в страну входили гитлеровские войска. Мы прижимали к носам мокрые носовые платки, потому что жителей предупредили о вероятности газовой атаки.

Голландская полиция схватила моих бабушку и дедушку, Эмму Левин-Готтфельд и Густава Левина, в 1942 году. Примерно в это же время сестру моего отца Джуллию, ее мужа Джейкоба (все звали его Дженно) и троих их детей, Отто, Руди и Эмми, погрузили на грузовики с чемоданами и отправили в Вестерборк, перевалочный лагерь в Голландии. Через это место по пути в другие лагеря прошли более ста тысяч евреев. Вскоре нацисты отправили моих бабушку и дедушку в Освенцим, на следующий же день после прибытия, 19 ноября 1942 года, они погибли в газовой камере. Им обоим было по семьдесят пять лет, и они не годились для работы в трудинных лагерях.

Вестерборк, как ни странно, казался курортом для евреев. Там даже показывали балет и работали магазины. Мама часто пекла картофельные оладьи, которые потом по почте отправляла нашим родственникам в Вестерборк.

Дядя Дженно был *statenloos*, или, как говорят голландцы, человек без гражданства, поэтому ему удавалось тянуть время и оставаться в Вестерборке с семьей целых пятнадцать месяцев, после чего нацисты все-таки разделили их и отправили в разные лагеря. Тетя Джуллия и мои кузены Эмми и Руди сначала попали в женский концлагерь Равенсбрюк в Германии, а затем в Берген-Бельзен тоже в Германии, где и находились до самого конца войны. Тетя Джуллия умерла через десять дней после освобождения лагеря союзниками, но Эмми и Руди выжили. Самого старшего двоюродного брата Отто тоже отправили в Равенсбрюк, в мужской лагерь, а ближе к концу войны, в апреле 1945 года, оказавшись в концлагере в Заксенхаузене, он пережил там ужасающий «марш смерти». Дядя Дженно попал в Бухенвальд, где был убит вместе с более чем пятьюдесятью пятью тысячами других узников.

Каждый раз во время просмотра фильма о холокосте — чего я довольно долго не мог делать — я проецирую происходящее на экране на свою семью. Вот почему мне ужасно тяжело смотреть

фильм «Жизнь прекрасна»\*. Трудно представить, как можно шутить о столь страшной вещи, как война. Мне до сих пор снятся кошмары: за мной гонятся нацисты, и иногда я просыпаюсь в холдном поту. А однажды мне даже приснилось, как нацисты меня казнят.

Мне бы очень хотелось однажды пройти от железнодорожного вокзала до газовых камер в Освенциме — последний путь моих бабушки и дедушки. Не знаю, решусь ли когда-нибудь на это, но, по-моему, это один из способов увековечить память о них. Возможно, такие вот маленькие жесты — все, что мы можем сделать в борьбе против столь уродливого явления, как нацизм. Это, да еще отказ забыть: я, например, никогда не говорю, что мои родные умерли в концентрационных лагерях, а всегда использую слово «были убиты», потому что нельзя позволять себе забывать правду.

Мой отец был евреем, но не мать, и как еврей, женившийся на нееврейке, он не сразу стал мишенью для нацистов, хотя это произошло достаточно быстро, уже в 1943 году. Помню, что он должен был носить на одежде желтую звезду. Ни мама, ни сестра, ни я ее не носили, а он носил. Мы не слишком обращали на это внимание, по крайней мере поначалу. Отец часто прикрывал ее одеждой, хотя это было запрещено. Во всем этом по-настоящему страшно было то, что постепенно он смирялся с нацистскими запретами и ограничениями, которые становились все жестче. Сначала евреям запретили пользоваться общественным транспортом. Потом бывать в общественных парках. Затем ходить в рестораны. Отец стал персоной нон грата в местах, которые посещал много лет! Какая же это невероятная вещь — способность человека приспосабливаться к любым обстоятельствам!

---

\* Итальянская трагикомедия 1997 года с Роберто Бенини и Николеттой Брасси в главных ролях. В основу сюжета положена биография Рубино Ромео Сальмони, итальянского еврея, узника Освенцима. По сюжету во время Второй мировой войны в Италии в концлагерь были отправлены евреи, отец и его маленький сын. Жена, итальянка, добровольно последовала за ними. В лагере отец сказал сыну, что все происходящее вокруг — это очень большая игра за приз в настоящий танк, который достанется тому мальчику, который сможет не попасться на глаза надзирателям. Он сделал все, чтобы сын поверили в игру и остался жив, прячась в бараке, даже пожертвовал ради сына жизнью. *Прим. ред.*

После того как евреям запретили пользоваться общественным транспортом, отец стал говорить: «Ну и ладно, часто ли я на нём езжу?» После запрета на посещение общественных парков, он сказал: «Ну и пусть, не так часто я туда и хожу». И когда он впервые не смог пойти в ресторан, мы услышали то же самое. Отец пытался сделать так, чтобы эти ужасные вещи казались обыденными, всего лишь незначительным неудобством — возможно, он делал это ради нас, детей, а может, и ради собственного спокойствия. Я не знаю.

Мне и сегодня чрезвычайно трудно об этом говорить. Откуда у людей эта способность видеть, как вода медленно поднимается, но не признавать, что со временем она может поглотить? Как можно было это видеть и в то же время не видеть? Для меня это непостижимо. Впрочем, в каком-то смысле это вполне понятно; не исключено, что в некоторых жизненных ситуациях самообман — единственный способ выжить.

Хотя нацисты сделали общественные парки недоступными для евреев, посещать кладбища отцу разрешалось. Я хорошо помню, как часто ходил с ним на близлежащее кладбище. Мы фантазировали о том, как и почему умерли похороненные там люди; бывало, например, четверо членов семьи умерли в один день. Я и сейчас иногда делаю это, гуляя в Кембридже по знаменитому кладбищу Маунт-Оберн.

Самым драматическим событием моего детства было внезапное исчезновение отца. Я очень хорошо помню тот день. Я пришел домой из школы и каким-то образом почувствовал, что он ушел. Мамы не было дома, и я спросил нашу няню Лени: «А где папа?» — и услышал в ответ слова, которые, очевидно, должны были меня обнадежить, но почему-то я сразу понял, что отец не вернется.

Моя сестра Беа видела, как он уходил, но рассказала мне об этом только много лет спустя. Мы все четверо в целях безопасности спали тогда в одной спальне, и в четыре часа утра она видела, как отец встал, сложил в сумку кое-какую одежду, поцеловал маму и ушел. Мама не знала, куда он идет, да и знать это было очень опасно, ведь если бы немцы пытали ее, она могла бы проговориться. Потом выяснилось, что его спрятали бойцы движения сопротивления. Со временем мы даже стали получать через них от него весточки, однако поначалу не знали, где он и жив ли. И это было ужасно.

В силу возраста я тогда еще не понимал, насколько глубоко повлияло отсутствие отца на маму. Мои родители еще до войны открыли у нас дома школу — что, без сомнения, сказалось на моей любви к преподаванию, — и мама изо всех сил старалась продолжать дело одна. У нее всегда была склонность к депрессии, и после того, как муж ушел, она страшно боялась, чтобы нас, детей, не отправили в концлагерь. Наверное, ей было по-настоящему страшно, потому что, как она призналась мне пятьдесят пять лет спустя, однажды вечером она приказала нам с Беа лечь спать на кухне, а сама заткнула шторами, одеялами и полотенцами щели в окнах и под дверями, чтобы не поступал воздух снаружи. Она собиралась включить газ, чтобы мы все тихо умерли во сне, но так и не решилась на это. Разве кто-то вправе винить ее за такие мысли? Во всяком случае, не мы с Беа.

Мне тоже было очень страшно. Наверное, это звучит смешно, но тогда я был единственным мужчиной в доме, хотя и семи лет от роду. В Гааге, где мы жили, на побережье было много наполовину разрушенных немцами домов, и я ходил туда воровать дре-весину (я хотел сказать «собирать», но это было самое настоящее воровство), чтобы топить печь и готовить еду.

Одежда из грубой, колючей, низкокачественной шерсти помогала нам согреться холодными зимами. С тех пор я не могу носить шерстяные вещи. Моя кожа настолько чувствительна, что приходится спать только на дорогущих хлопковых простынях. По этой же причине я заказываю очень тонкие хлопчатобумажные рубашки, которые не раздражают кожу. Моя дочь Полин утверждает, что я и сегодня, увидев на ней шерстяной свитер, стараюсь на нее не смотреть, так повлияла на меня война.

Отец вернулся домой еще до конца войны, осенью 1944-го. Члены нашей семьи рассказывают об этом разные истории. По известной мне версии дело было так: моя замечательная тетя Лаук, мамина сестра, однажды поехала в Амстердам, что примерно в 50 километрах от Гааги, и встретила там моего отца с другой женщиной! Проследив за ними, она увидела, как они вошли в дом. Чуть позже ей удалось выяснить, что отец живет там с этой женщиной.

Тетя сообщила об этом маме, и та, невзирая на пережитый шок от услышанного, взяла себя в руки, села на корабль и отправилась

в Амстердам (поезда тогда не ходили). Там она прыжком направилась к дому отца, позвонила и заявила открывшей дверь женщине: «Я хочу поговорить со своим мужем». Женщина возразила: «Это я жена господина Левина». Но мама настаивала: «Позовите моего мужа». В итоге отец вышел, и она сказала ему: «Даю тебе пять минут, чтобы собраться и вернуться со мной домой, иначе ты получишь развод и больше никогда не увидишь своих детей». Через три минуты он спустился по лестнице с вещами, и они вместе вернулись в Гаагу.

В некотором смысле его возвращение усугубило положение, потому что все вокруг знали, что отец был евреем. Сопротивление сделало ему фальшивые документы на имя Яапа Хорзмана, и нам с сестрой приказали называть его дядей Яапом. Просто чудо — нам с Беа до сих пор это кажется непостижимым, — что никто из соседей не донес на отца. Знакомый плотник сделал на первом этаже нашего дома люк. В случае опасности мы его поднимали, и отец спускался вниз и прятался в подвальном помещении. Как ни удивительно, но отцу удалось избежать ареста.

Так он прожил месяцев восемь, до окончания войны, в том числе и худший ее период, голодную зиму 1944 года — *hongerwinter*, как ее называют в Нидерландах. Люди массово умирали от голода, погибло почти двадцать тысяч человек. Чтобы согреться, мы спускались в подвал, а на дрова вытаскивали большие, поддерживающие пол балки второго этажа. В ту голодную зиму люди ели луковицы тюльпанов и даже кору деревьев. На отца могли донести, просто чтобы получить еду или деньги. Кажется, немцы платили за каждого сданного еврея пятьдесят гульденов, по тем временам приблизительно пятнадцать долларов.

Однажды нацисты все же пришли в наш дом. Оказалось, они собирают пишущие машинки. Они осмотрели наши, те, на которых родители учили людей печатать, и решили, что машинки слишком старые. Вообще-то нацисты были по-своему довольно глупы: им было приказано собирать пишущие машинки, они это и делали, начисто забыв о евреях. Я знаю, это звучит немного по-киношному, но так и было на самом деле.

Несмотря на все травмы, оставленные войной, в целом у меня все же было более-менее нормальное детство. Школа моих родителей,

Haagsch Studiehuis, открытая еще до войны, продолжала работать и в военное время; они учили людей печатать и стенографировать, обучали языкам и навыкам ведения бизнеса. Я тоже там преподавал, когда учился в колледже.

[ 39 ]

Мои родители любили искусство, поэтому я рано начал его изучать. А еще я отлично провел время в колледже — как в плане учебы, так и общения. В 1959 году я женился, в январе 1960-го поступил в аспирантуру, а чуть позже в том же году родилась моя первая дочь Полин. Сын Эмануэль (мы теперь называем его Чаком) появился на свет спустя два года, а наша вторая дочь Эмма родилась в 1965-м. Второй сын, Якоб, родился уже в США в 1967 году.

По прибытии в МТИ удача была на моей стороне: я оказался в самом центре научных открытий того времени. Мой опыт идеально подходил для команды Бруно Росси, пионера в области рентгеновской астрономии, хоть я тогда ровно ничего не знал об исследованиях космоса.

Ракеты «Фау-2» пробили границы земной атмосферы, открыв принципиально новые перспективы для научных изысканий в этой области. Кстати, по иронии судьбы «Фау-2» разработал нацист Вернер фон Браун. Он создал их во время Второй мировой войны, чтобы убивать мирных жителей стран-союзников, и это было поистине разрушительное оружие. Ракеты строили узники концлагерей на полигоне ракетного центра Третьего рейха в Пенемюнде и на печально известном подземном заводе Миттельверке в Германии; за это время там умерло около двадцати тысяч человек. И сами ракеты убили более семи тысяч мирных жителей, в основном в Лондоне. Пусковая площадка находилась в полутора километрах от дома родителей моей матери, недалеко от Гааги. Я до сих пор помню шипение запущенного двигателя и рев взлетающей ракеты. Однажды союзники попытались разбомбить оборудование для производства «Фау-2», но промахнулись и вместо ракет уничтожили почти пять сотен мирных голландцев. После войны американцы пригласили фон Брауна в США и он стал героем. Мне этого никогда не понять. Он же настоящий военный преступник!

На протяжении пятнадцати лет фон Браун вместе с армией США работал над созданием «потомков» «Фау-2», ракет-носителей

[ 40 ]

ядерных боеголовок «Редстоун» и «Юпитер». В 1960 году он пришел в НАСА, где возглавил Центр космических полетов имени Джорджа Маршалла в штате Алабама и разработал там ракету «Сатурн», которая перенесла американских астронавтов на Луну. Потомки его детищ со временем позволили основать рентгеновскую астрономию, так что хотя ракеты и создавались изначально как оружие, они нашли отличное применение и в большой науке. В конце 1950-х — начале 1960-х годов они поистине распахнули новые окна в мир — нет, во Вселенную! — предоставив нам бесценную возможность заглянуть за пределы земной атмосферы и найти там то, что иначе мы никогда не увидели бы.

Должен сказать, что в своих попытках выявить рентгеновское излучение в открытом космосе Росси действовал исключительно по наитию. В 1959 году он отправился к своему бывшему ученику Мартину Эннису — в те времена тот возглавлял в Кембридже исследовательскую компанию под названием American Science and Engineering, — и попросил: «Давай просто посмотрим, есть ли в космосе рентгеновское излучение». И команда American Science and Engineering во главе с будущим лауреатом Нобелевской премии Риккардо Джаккони установила три счетчика Гейгера — Мюллера на ракете, запуск которой состоялся 18 июня 1962 года. Потребовалось всего шесть минут, чтобы ракета преодолела более 80 километров и вышла за пределы земной атмосферы — условие, необходимое для подобных исследований, поскольку атмосфера отлично поглощает рентгеновские лучи.

Конечно же, ученые обнаружили рентгеновское излучение, и самое важное — им удалось установить, что его испускает источник, находящийся за пределами Солнечной системы. Это открытие поразило всех как гром среди ясного неба и в корне изменило астрономию. Никто не ожидал ничего подобного, и никто не мог дать более-менее вразумительных объяснений, почему в космосе оказались рентгеновские лучи. Да что там, никто толком не понимал, что это вообще значит! Росси просто высказал идею и предложил проверить ее резонность. Такие догадки и делают ученых великими.

Я отлично помню точную дату своего прибытия в МТИ, 11 января 1966 года, потому что один из наших детей заболел свинкой.

Пришлось нам задержаться с переездом в Бостон; KLM\* не позволила бы нам лететь, так как свинка заразна. В свой первый рабочий день я познакомился с Бруно Росси и Джорджем Кларком, который в 1964 году первым в мире поднял аэростат на огромную высоту — около 43 тысяч метров (140 тысяч футов), чтобы обнаружить источники высокогенергетического (жесткого) рентгеновского излучения того типа, которое могло проникать на эту высоту из космоса. Джордж тогда мне сказал: «Если вы хотите присоединиться к моей группе, это здорово». Вот уж действительно, я оказался в нужном месте в нужное время!

Если вы делаете что-то первым, вас обязательно ждет успех — а наша команда делала одно открытие за другим. Джордж оказался на редкость щедрым человеком, и уже через два года он полностью передал мне бразды правления группой. Это было просто замечательно — находиться на переднем крае новейшего направления в астрофизике.

Мне невероятно повезло оказаться в гуще самых захватывающих исследований в области астрофизики, впрочем, по правде говоря, все сферы физики удивительны и полны интригующего воссторга изысканий и возможностей сделать поистине потрясающие научные открытия. Например, пока мы искали новые источники рентгеновского излучения, физики, занимающиеся элементарными частицами, открывали все более фундаментальные строительные блоки ядра атома, раскрывая тайну того, что удерживает ядро вместе. В частности, они открыли W- и Z-бозоны, переносчики слабого ядерного взаимодействия, и кварки и глюоны, переносчики сильного взаимодействия.

Именно физика позволила человечеству заглянуть в ретроспективе в самые удаленные уголки Вселенной и составить из данных, полученных благодаря космическому телескопу Хаббл, потрясающее изображение, известное теперь как Hubble Ultra Deep Field\*\*, показав миру то, что представляется бесконечностью га-

---

\* Нидерландская авиакомпания. Прим. ред.

\*\* Изображение небольшого региона космоса, составленное из данных, полученных космическим телескопом Хаббл в период с 24 сентября 2003 года по 16 января 2004 года. Прим. ред.

лактик. Непременно посмотрите в интернете, как выглядит это изображение. У меня есть друзья, которые сделали его заставкой на экране своих компьютеров.

Нашей Вселенной около 13,7 миллиарда лет\*. Однако из-за того, что космос сам по себе сильно расширился в результате Большого взрыва, мы в настоящее время наблюдаем галактики, которые образовались через 400–800 миллионов лет после него и теперь находятся от нас значительно дальше, чем 13,7 миллиарда световых лет. Астрономы подсчитали, что сегодня от крайней границы наблюдаемой Вселенной нас в любом направлении отделяют около 47 миллиардов световых лет. Из-за расширения космоса многие далекие галактики сейчас удаляются от нас со скоростью, превышающей скорость света. Это может показаться шокирующим, и даже невозможным, любому, кто воспитывался на идее, которую постулировал Эйнштейн в своей специальной теории относительности, о том, что ничто не может двигаться быстрее скорости света. Однако, согласно общей теории относительности Эйнштейна, при расширении космического пространства никаких ограничений скорости между двумя галактиками не существует. И сегодня, безусловно, имеются веские причины, дающие ученым основание полагать, что мы живем в золотой век космологии — науки, изучающей вопросы происхождения и эволюции Вселенной в целом.

Физика уже объяснила нам очень многое: красоту и хрупкость радуг, существование черных дыр, особенности движения планет, последствия взрыва звезд, причину увеличения скорости вращения фигуристки при опускании рук, причину невесомости астронавтов в космосе, формирование химических элементов во Вселенной, время рождения Вселенной, а также ответила на вопросы о том, как флейта создает музыку, как генерируется электричество, которое движет нашими телами и экономикой, каким был звук Большого взрыва. Физика позволила нам заглянуть и в наименьшие зоны субатомного мира, и в самые дальние уголки Вселенной.

---

\* По другим данным — 13,8. См., например, Гриббин Дж. 13,8. В поисках истинного возраста Вселенной и теории всего. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016. Прим. ред.

Мой друг и коллега Виктор Вайскопф, который к моему прибытию в МТИ уже по праву считался его старейшиной, написал книгу под замечательным названием *The Privilege of Being a Physicist* («Привилегия быть физиком»), весьма точно отражающим чувства, испытанные мной в тот момент, когда я оказался в центре одного из самых захватывающих периодов астрономических и астрофизических открытий с тех времен, как земляне впервые начали пристально всматриваться в ночное небо. Люди, с которыми я работал бок о бок в МТИ, изобретали потрясающие творческие и сложные методы, позволяющие им отвечать на самые фундаментальные научные вопросы. И это была моя безусловная привилегия — помогать расширять коллективные знания человечества о звездах и Вселенной и при этом вносить посильный вклад в то, чтобы несколько поколений молодых людей поняли и полюбили эту великолепную область науки.

С того дня, как изотопы впервые распались буквально в моих руках, я не перестаю восторгаться открытиями в физике, и старыми, и новыми; ее богатой историей и постоянно расширяющимися границами; тем, как она раз за разом открывает мне глаза на неожиданные чудеса окружающего мира. Для меня физика — эффективный способ увидеть мир, величие и будничное, огромное и сиюминутное и то, как красиво и тесно все в нем переплетено.

Именно в таком ключе я и стараюсь представить физику своим ученикам. По-моему, гораздо важнее помнить о красоте открытий, чем сосредоточиваться на сложных расчетах и формулах — в конце концов, большинство из них не собираются становиться физиками. Я делал и делаю все возможное, чтобы помочь им взглянуть на мир по-другому; начать задавать вопросы, которые они никогда и не думали задавать; увидеть радугу так, как они никогда не видели ее раньше; сфокусироваться на изысканной красоте физики, а не на скучных математических деталях. Цель этой книги — открыть вам глаза на замечательные способы, которыми физика открывает мир, показать ее удивительную элегантность и красоту.