

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	9
-------------------	---

I. ИСТОРИЯ НАУКИ

1. О пользе астрономии.....	15
2. Искусство открытия	31
3. От Резерфорда до БАК.....	41
4. Преподаватели и ученые в земле Техаса...	59
5. Возвышение стандартных моделей.....	63
6. Мгновения и эпохи	81
7. С оглядкой на современность: виговская история науки	85
8. Виговская история науки: обмен мнениями.....	101

II. ФИЗИКА И КОСМОЛОГИЯ

9. Что такое элементарная частица?	109
10. Всё ещё неизвестная Вселенная	121
11. Разнообразие симметрий	139
12. Бозон Хиггса и последствия	161
13. Почему бозон Хиггса?.....	171
14. Проблема квантовой механики.....	179

III. ОБЩЕСТВЕННЫЕ ВОПРОСЫ

- 15. Обама финансирует космос
правильно 205
- 16. Кризис большой науки 211
- 17. Либеральное разочарование 231
- 18. Льготы нужно сохранить 237
- 19. Критика пилотируемых космических
полетов 243
- 20. Скептики и ученые 251

IV. ЛИЧНЫЕ ВОПРОСЫ

- 21. Меняй курс 259
- 22. О научно-популярной литературе 263
- 23. О признании ошибок 273
- 24. Ремесло науки и ремесло искусства 277
- 25. Из Нью-Йорка в Остин и обратно 303

Примечания 307

Предметно-именной указатель 321

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вы держите в руках третий сборник моих очерков для широкого круга читателей, опубликованный издательством Harvard University Press. Часть очерков посвящена таким спорным вопросам, как вред неравенства, бессмысленность программ пилотируемых космических полетов, ошибочность некоторых подходов к истории науки, опасность глобального потепления и важность поддержки общественных благ, к числу которых относится и фундаментальная наука. Как и раньше, в своей работе я придерживаюсь рационалистической, реалистической, редукционистской и совершенно светской позиции.

В части очерков я попытался осветить, не прибегая к строгой терминологии, некоторые вопросы современной физики и космологии, а также историю их развития. Понятия, смысл которых может быть не очевиден из текста, разъясняются в сносках. Боюсь, мои постоянные читатели обнаружат, что некоторые научные темы кочуют из одного очерка в другой, например нарушение симметрии,

слабые и сильные ядерные взаимодействия, ранняя Вселенная и Мультивселенная. С этим ничего не поделаешь — сегодня эти вопросы занимают умы многих физиков.

Как и материалы предыдущих сборников — Facing Up и Lake Views, большая часть представленных здесь очерков была опубликована в журнале *The New York Review of Books*, в газетах и других периодических изданиях. Главы 20, 23 и 25 содержат не издававшиеся ранее тексты моих кратких выступлений на университетских церемониях вручения дипломов. Текст главы 24 также раньше нигде не публиковался, поскольку все, кто его прочел, высказывали свое несогласие с изложенными в нем мыслями, но мне нравится этот очерк, поэтому я включил его в сборник.

В этой книге я нарушил правило хронологического упорядочивания очерков, которого придерживался в своих предыдущих сборниках. Здесь я сгруппировал тексты в четыре больших раздела и разместил главы в хронологическом порядке в пределах каждого раздела. Однако не стоит воспринимать эти разделы слишком серьезно. Обсуждая исторические вопросы в первом разделе, мне приходится объяснять некоторые вопросы физики и астрономии, а во втором разделе мне не удалось рассказать о физике и астрономии, не высказав мнения об их истории. Как наука, так и ее история появляются то тут, то там в третьем и четвертом разделах, посвященных общественным и личным интересам.

Я в огромном долгу перед редакторами, которые помогли мне донести эти очерки до широкого

круга читателей. В частности, я благодарен Майклу Фишеру, предположившему что Harvard University Press может издать сборник моих очерков, я благодарен Джеффу Дину за отличный совет и за то, что он пролистал этот сборник до его публикации, а также я благодарен ушедшему от нас Роберту Сильверсу, который проявил огромное терпение и мастерство во время работы над улучшением текстов моих статей в *The New York Review of Books*. Я не упущу возможность выразить особую благодарность Луизе Вайнберг. В ущерб собственной работе она читала первые черновики статей, придумывала им названия, а также книгам Facing Up и «Объясняя мир»* (To Explain the World), предложила использовать картину Гримшоу на обложке этого сборника и давала ценные советы по структурированию материала. Благодаря ее помощи удалось избавиться от «детских» ошибок и многих неясностей.

Судя по прошлому опыту, при моей продуктивности написание статей и подготовка материала для нового сборника занимает лет десять. Тем не менее я надеюсь, что этот сборник будет не последним. Но, учитывая статистические данные, возможно, сейчас самое подходящее для меня время дописать сюда слова благодарности читателям, которые много лет принимали мои мнения и трактовки и таким образом обеспечивали мне драгоценную связь с миром за пределом теоретической физики.

* Вайнберг С. Объясняя мир. Истоки современной науки. — М.: Альпина нон-фикшн, 2018.

I

ИСТОРИЯ НАУКИ

О ПОЛЬЗЕ АСТРОНОМИИ

Идея этого эссе родилась на лекции, которую я прочитал на борту парусного лайнера *Sea Cloud* во время круиза по Эгейскому морю. Пассажирами лайнера были преимущественно мои друзья из Остина, путешествующие по памятным местам Древнего мира. Следуя духу этого морского путешествия, я вызвался прочитать лекцию по теме, занимавшей последнее время мое внимание, — о греческой астрономии.

Спустя несколько лет я переработал материал той лекции для публичного выступления в Центре Гарри Рэнсома* в Остине. В Центре собрана великолепная коллекция литературных и художественных экспонатов, но не слишком много внимания уделяется науке. Тем не менее в сентябре 2009 г. Центру удалось организовать масштабную выставку

* Центр Гарри Рэнсома — это архив, библиотека и музей в Техасском университете в Остине. Центр занимается сбором литературных и культурных памятников в США, Латинской Америке и Европе, способствует развитию искусства и гуманитарных наук. — *Прим. пер.*

под названием «Другие миры: Малоизвестные работы по астрономии», где были представлены среди прочих ранние издания трудов Коперника и Галилея. Будучи увлеченным любителем истории науки, я с радостью откликнулся на приглашение выступить с лекцией, которая могла бы привлечь внимание к этой выставке. Кроме того, я был рад представившейся возможности пройти с критикой по расточительной программе пилотируемых космических полетов NASA — предмету моей особой ненависти.

Позже я отправил текстовую версию выступления в редакцию журнала *The New York Review of Books*. Через месяц, 22 октября 2009 г., статью опубликовали. Для сопроводительной иллюстрации была использована копия одного из экспонатов выставки Центра Гарри Рэнсома, а именно фронтиспис важнейшего сочинения Галилея «Диалог о двух главнейших системах мира», на котором были изображены Аристотель, Птолемей и Коперник. Эссе, которое вы читаете, фактически, воспроизводит текст той статьи с небольшими исправлениями. Позже этот же текст лег в основу главы 6 моей книги «Объясняя мир».

Несколько лет назад я решил, что должен расширить свои познания в области истории науки, поэтому добровольно вызвался преподавать этот предмет. Работая над материалом своих лекций, я с огромным удивлением выяснил, что в Древнем мире астрономия достигла по современным меркам гораздо более высокого уровня точности и сложно-

сти, чем любая другая из естественных наук. Одна из очевидных причин для такого развития состоит в том, что астрономические явления гораздо проще и доступнее для изучения, чем те процессы, которые мы можем наблюдать на земной поверхности. Древние этого не знали, но и Земля, и Луна, и все планеты вращаются почти с постоянной скоростью и перемещаются по своим орбитам под воздействием одной-единственной доминирующей силы — гравитации. В результате наблюдаемые изменения в видимой части неба просты и периодичны: Луна размеренно прибывает и убывает; Солнце, Луна и звезды ежедневно совершают оборот вокруг полюса мира; и каждый год Солнце проходит через одни и те же созвездия зодиакального круга¹. Даже располагая примитивными приборами, эти периодические изменения можно изучать, что и делалось с высокой степенью математической точности, гораздо большей, чем это было возможно в отношении процессов на Земле, таких как полет птицы или течение воды в реке.

Однако существовала и другая причина, благодаря которой астрономия стала столь выдающейся наукой в Древние и Средние века. Она приносила практическую пользу, в отличие от физики и биологии тех времен. Издревле люди использовали видимое движение Солнца как примитивные часы, календарь и компас. Эти функции стали выполняться точнее с появлением гномона (вероятно, первого научного прибора), изобретение которого одни приписывали Анаксимандру, другие — вавилонянам.

Гномон представляет собой прямой шест, вертикально установленный на горизонтальной площадке, открытой для солнечных лучей. В течение дня длина тени, отбрасываемой гномоном, меняется, и, если она минимальна, значит, наступил полдень. На широте Греции или Месопотамии полуденная тень гномона указывает на север, что позволяет точно разметить шкалу компаса на земле вокруг гномона. Наблюдая изо дня в день за полуденной тенью, можно отметить те дни, когда ее длина минимальна и максимальна. Так определяются точки летнего и зимнего солнцестояния. По длине полуденной тени в точке летнего солнцестояния рассчитывается географическая широта. Весной и летом тень на закате указывает немного южнее направления на восток, а осенью и зимой — немного севернее; когда тень на закате направлена строго на восток, это означает, что наступило весеннее или осеннее равноденствие².

Используя гномон в качестве календаря, афинский астроном Евктемон примерно в 430 г. до н.э. совершил открытие, беспокоившее астрономов на протяжении 2000 лет: продолжительность четырех времен года, начало и конец которых в точности определяются точками солнцестояния и равноденствия, немного отличается. Этот факт исключает вероятность того, что Солнце обращается вокруг Земли (или Земля вокруг Солнца) по кругу, в центре которого расположена Земля, с постоянной скоростью, поскольку в таком случае равноденствия и солнцестояния были бы равномерно распределены во времени. Это откры-

тие стало одной из причин, по которой Гиппарх Никейский, величайший астроном Древнего мира, примерно в 150 г. до н.э. счел необходимым ввести идею эпициклов, согласно которой Солнце (и планеты) движутся по круговым орбитам, центры которых тоже движутся по окружностям вокруг Земли. Тремя веками позже Клавдий Птолемей подхватил и развил эту идею.

Даже Коперник, убежденный в том, что орбиты представляют собой окружности, сохранил верность идее эпициклов. И только в начале XVII в. Иоганн Кеплер наконец нашел объяснение явлению, для описания которого Гиппарх и Птолемей использовали эпициклы. Орбита Земли относительно Солнца представляет собой не окружность, а эллипс; Солнце находится не в центре эллипса, а в точке, называемой фокусом эллипса; скорость движения Земли по орбите не постоянна, она увеличивается по мере приближения к Солнцу и уменьшается с удалением от него.

У тех методов использования наблюдений за Солнцем, о которых я рассказал выше, есть свои ограничения. Определять время суток или направление по Солнцу можно, конечно, только в течение светового дня, а до появления гномона по годовому движению Солнца о времени года можно было судить довольно смутно. С самых древних времен этот недостаток восполняли звезды. Еще Гомер знал, что ночью компасом служат звезды. В поэме «Одиссея» Калипсо дает Одиссею указания, как отправиться от ее острова на восток к Итаке: нужно держать Медведицу по левую руку. Медведица — это, конечно,

созвездие Большой Медведицы, расположенное около Северного полюса небосклона и на широте Средиземноморья никогда не скрывающееся за горизонтом (или, как у Гомера, «...лишь одна непричастна к купанью в волнах Океана»^{*}). Направляя корабль так, чтобы север оставался слева, Одиссей плыл бы на восток, в сторону своего дома³.

К звездам обращались и как к календарю. По всей видимости, древние египтяне довольно рано научились предсказывать разлив Нила, наблюдая за восходом звезды Сириус. Примерно за 700 лет до н.э. древнегреческий поэт Гесиод в поэме «Труды и дни» советовал земледельцам братья за плуг, сверяясь с положением звездного скопления Плеяды на небе, а именно в тот день года, когда Плеяды появляются из-за горизонта прямо перед рассветом.

Наблюдения позволили многим древним цивилизациям заметить, что существует пять «звезд» (греки называли их планетами), которые в течение года перемещаются по небу на фоне всех других звезд, при этом их путь повторяет видимый путь Солнца по зодиакальному поясу, но иногда они начинают двигаться вспять. Над задачей описания этого движения астрономы бились тысячелетиями, и в результате многовековых усилий появился труд Исаака Ньютона, который ознаменовал рождение современной физики.

Астрономия была полезна и важна не только потому, что концентрировала свое внимание

^{*} Пер. с древнегреч. В. Вересаева. — *Прим. пер.*

на Солнце, звездах и планетах и таким образом способствовала совершению научных открытий. Практическое применение также имело важное значение для развития науки, ведь когда научная теория используется не просто для размышлений, а действительно применяется в жизни, это дает огромные преимущества. Если бы Калипсо посоветовала Одиссею держать по левую руку Луну, он бы плывал кругами и не смог вернуться домой. И наоборот, аристотелевская теория движения небесных тел пережила Средние века только потому, что она никогда не применялась на практике, иначе ее несостоятельность была бы обнаружена. Астрономы пытались применить планетарную систему Аристотеля (ее основы были заложены учеником Платона Евдоксом Книдским и его последователем Каллиппом Кизикским), согласно которой Солнце, Луна и планеты двигались по взаимосвязанным прозрачным сферам, в центре которых находится Земля, — теорию, согласующуюся (в отличие от теории эпициклов) с аристотелевской физикой.

И выяснилось, что эта теория не работает. Например, с ее помощью нельзя объяснить изменение во времени яркости планет — изменение, которое Птолемей совершенно правильно связал с тем, что расстояние между планетами и Землей непостоянно. Благодаря авторитету философии Аристотеля многие философы и физики (но лишь немногие практикующие астрономы) оставались верны его теории Солнечной системы на протяжении всей Античности и Средних веков, однако во времена Галилея всерьез ее уже никто не вос-

принимал. В своей работе «Диалог о двух главных системах мира» Галилео обсуждал системы Птолемея и Коперника, но не Аристотеля.

Существовала и еще одна причина, по которой практическая польза астрономии была важна для развития науки: благодаря ей научные исследования получали государственную поддержку. Первым отличным примером был Александрийский музейон, основанный греческими царями Египта на заре эпохи эллинизма около 300 лет до н.э. Он не был музеем в современном смысле, то есть местом, куда можно прийти, чтобы поглазеть на древности и картины. Александрийский музей был исследовательским учреждением, посвященным музам, в том числе музе астрономии Урании. Цари Египта поддерживали исследовательские работы по созданию катапульт и других артиллерийских орудий, а также летающих снарядов, проводившиеся в Александрии, предположительно в Музее, но вместе с тем Музей финансировал работу Аристарха Самосского, определившего размеры Солнца и Луны и расстояния до них, и работу Эратосфена Киренского, измерившего длину большой окружности поверхности Земли. Музей стал первым в ряду исследовательских центров с государственной поддержкой, среди которых можно назвать Дом мудрости, основанный примерно в 830 г. халифом ал-Мамуном в Багдаде, и обсерваторию Тихо Браге Ураниборг на острове, пожалованном ученому датским королем Фредериком II в 1576 г. Традиция государственной поддержки научных исследований про-

должается и в наши дни. Например, лаборатория ядерных исследований CERN и Фермилаб или космические телескопы, такие как Hubble, WMAP и Planck, запущенные в космос NASA и Европейским космическим агентством.

Фактически в прошлом астрономия выигрывала от того, что ее польза была слишком высоко оценена. Наследие вавилонской и эллинистической эпох — это не только серьезный корпус точных астрономических наблюдений (и еще, наверное, гномон), но и псевдонаука астрология. Птолемей был автором не только великого научного трактата «Альмагест», но еще и книги по астрологии «Тетрабиблос». В Средние века и в начале Нового времени поддержка работ по составлению астрономических таблиц царями во многом определялась тем, что эти таблицы использовались астрологами. Кажется, это противоречит тому, что я сказал о важности правильного применения научного знания, однако астрологи в основном использовали астрономию корректно, по крайней мере в том, что касается видимого движения планет и звезд, и они могли оправдывать неудачи в описании человеческих отношений туманностью формулировок своих предсказаний.

Практическая сторона астрономии увлекала не всех. В диалоге Платона «Государство» обсуждается среди прочего образование, которое должны получать будущие цари-философы. Сократ полагает, что астрономия обязательно должна изучаться, а его собеседник Главкон поспешно соглашается, поскольку «внимательные наблюде-

ния за сменой времен года, месяцев и лет пригодны не только для земледелия и мореплавания, но не меньше и для руководства военными действиями»*. Бедный Главкон Сократ называет его наивным и объясняет, что настоящая причина для изучения астрономии состоит в том, что эта наука заставляет разум взирать ввысь и размышлять о вещах более величественных, чем наш будничный мир.

Основная область моих собственных исследований — физика элементарных частиц — не имеет прямого практического применения⁴, понятного всем (хотя сюрпризы всегда возможны), поэтому лично для меня невелика радость говорить о важности прикладного аспекта в историческом развитии науки. Сегодня в фундаментальной науке, вроде физики частиц, выработаны стандарты верификации, которые делают практическое применение необязательным для проверки нашей правоты (ну, или нам так кажется), и ученые работают без оглядки на практическое применение, только ради интеллектуального удовлетворения. Однако фундаментальным исследованиям по-прежнему приходится конкурировать за государственную поддержку с прикладными науками, такими как химия и биология, практическая польза которых очевидна.

К сожалению, аргументы в борьбе за поддержку астрономии, построенные на тех ее практиче-

* Цит. по: Платон. Соб. соч. в 4 т. Т. 3 / Под общ. ред. А.Ф. Лосева, В.Ф., Асмуса, А.А. Тахо-Годи; Пер. с древнегреч. — М.: Мысль, 1994.

ских применениях, о которых я говорил выше, совершенно устарели. Теперь для отсчета времени мы используем атомные часы, настолько точные, что мы можем измерить малейшие изменения в длительности суток и года. Текущую дату мы узнаем, взглянув на наручные часы или экран компьютера. А недавно звезды потеряли свою значимость и для навигации.

В 2005 г., путешествуя на борту парусного лайнера *Sea Cloud*, совершавшего круиз по Эгейскому морю, как-то вечером я обсуждал с капитаном корабля вопросы навигации. Он показал мне, как пользоваться секстантом и хронометром для определения координат в море. Изменяя секстантом угол между горизонтом и положением определенной звезды в известный, благодаря хронометру, момент времени, можно определить, что ваше судно должно находиться где-то на заданной кривой на карте Земли. Проведя измерение с другой звездой, можно получить еще одну кривую, точка пересечения которой с первой кривой и укажет ваше местоположение. Если повторить процедуру с третьей звездой, можно проверить, не совершили ли вы ошибку: третья кривая должна пересечь первые две в той же точке. Продемонстрировав все это, мой друг капитан посетовал, что молодые офицеры торгового флота уже не умеют определять свое местоположение с помощью хронометра и секстанта. Из-за появления спутниковых систем глобального позиционирования навигация по звездам стала ненужной.

У астрономии осталось одно полезное назначение: она сохранила ключевую роль в нашем познании законов природы. Как я упоминал, именно задача о движении планет привела Ньютона к открытию законов движения и закона всемирного тяготения. Тот факт, что атомы поглощают и излучают свет только определенных длин волн, был обнаружен в начале XIX в. в результате изучения спектра Солнца, а впоследствии, уже в XX в., это открытие привело к развитию квантовой механики. Кроме того, в XIX в. эти наблюдения за Солнцем позволили открыть новые, прежде неизвестные, химические элементы, например гелий. В начале XX в. общая теория относительности Эйнштейна (ОТО) была проверена на астрономических объектах — сначала на основе сравнения теоретических расчетов с наблюдаемым движением планеты Меркурий, а затем благодаря успешному предсказанию отклонения света звезд гравитационным полем Солнца.

После экспериментального подтверждения ОТО источник данных, обеспечивающий прогресс фундаментальной физики, на некоторое время сместился из области астрономии сначала в область атомной физики, а затем, в 1930-х гг., в область ядерной физики и физики элементарных частиц. Однако прогресс в физике частиц замедлился после создания в 1960–1970-х гг. Стандартной модели элементарных частиц, которая обобщала все имеющиеся на тот момент данные об их поведении. Единственное открытие, сде-

ланное за последние годы в этой области, которое выходит за рамки Стандартной модели, — определение мизерных масс различных типов нейтрино, и это открытие имеет некоторое отношение к астрономии, поскольку исследовались нейтрино, испускаемые Солнцем.

Между тем сегодня мы живем в золотой век космологии, как бы банально это ни звучало. Астрономические наблюдения и космологическая теория подкрепляют друг друга, и сегодня мы с полной уверенностью можем сказать, что Вселенная в своей текущей фазе расширения существует 13,73 млрд лет с ошибкой, не превышающей 0,16 млрд лет. Эти исследования показали, что только 4,5% всей энергии Вселенной приходится на обычное вещество — электроны и атомные ядра. Примерно 23% всей энергии запасено в массе темной материи — частиц, которые не взаимодействуют с обычным веществом или излучением и о существовании которых мы можем судить только по воздействию создаваемых ими гравитационных сил на вещество и свет. Большая часть энергетического баланса Вселенной — около 72% — это темная энергия, которая запасена не в форме массы частиц какого-либо типа, а в самом пространстве, и именно она ускоряет расширение Вселенной. Объяснение темной энергии сегодня является сложнейшей задачей физики элементарных частиц.

Несмотря на эти перспективы, и астрономии, и физике частиц все тяжелее бороться за государственную поддержку. В 1993 г. конгресс

США отменил программу строительства ускорителя — Сверхпроводящего суперколлайдера (Superconducting Super Collider, SSC). В этом ускорителе можно было бы получить новые частицы с массами в более широком диапазоне значений, в том числе, возможно, и частицы темной материи. Европейский консорциум CERN подхватил эту задачу, но его новый ускоритель — Большой адронный коллайдер (БАК) — сможет работать с частицами, диапазон значений масс которых втрое уже, чем тот, которого можно было бы достичь на SSC, а финансирование строительства следующего после БАК ускорителя становится все менее вероятным. Что касается астрономической науки, то здесь NASA урезало программы Beyond Einstein и Explorer — главные программы астрономических исследований, вроде тех, что обеспечили огромный прогресс последних лет в космологии.

Конечно, есть множество проблем, достойных государственной поддержки. Что особенно возмущает многих ученых, так это существование чрезвычайно дорогостоящих программ NASA, которые зачастую только прикидываются наукой⁵. Я имею в виду, конечно, программу пилотируемых космических полетов. В 2004 г. президент Буш объявил «новое перспективы» для NASA — возвращение астронавтов на Луну, за которым последует пилотируемая миссия на Марс. Через несколько дней дирекция по космическим наукам NASA сообщила о сокращении своих программ автоматических полетов Beyond Einstein и Explorer, объяснив это

тем, что они не поддерживают новые планы президента.

Астронавты не слишком эффективны для научных исследований. На средства, которые потребуются для безопасной доставки астронавтов на Луну или планеты и возвращение их обратно, можно отправить сотни роботов, чьи исследовательские возможности намного шире. Астронавты на орбитальных астрономических обсерваториях будут создавать вибрации и излучать теплоту, что повредит чувствительным астрономическим наблюдениям. Все космические станции, благодаря которым в последние годы был достигнут прогресс в космологии, например Hubble, COBE, WMAP или Planck, управляются автоматически. На обитаемой Международной космической станции (МКС) не было выполнено никаких значительных для науки исследований, и трудно себе представить такую важную работу, которую нельзя было бы выполнить дешево на автоматическом оборудовании.

Часто можно услышать, что пилотируемые космические полеты необходимы для науки, поскольку без них общество не поддержит ни одну космическую программу⁶, в том числе и автоматические миссии, вроде Hubble и WMAP, в рамках которых и делается настоящая наука. Я в этом сомневаюсь. Я считаю, что существует значительный интерес к астрономии в целом и к космологии в частности, который мало связан со зрелищным «спортом» пилотируемых космических полетов. В качестве иллюстрации приведу слова Клавдия Птолемея, которыми и завершу эту главу:

Знаю, что смертен, что век мой недолог, и все же —
Когда я сложный исследую ход круговращения звезд,
Мнится, земли не касаюсь ногами, но, гостем у Зевса,
В небе амвросией я, пищей бессмертных, кормлюсь*.

* Пер. с древнегреч. Л. Блуменау. Цит. по: Греческая эпиграмма / Пер. с древнегреч. под ред. Ф. Петровского. — М.: Гос. изд-во худ. лит., 1960.