

если таковой существует в природе. По Томсону, независимо от того, весом эфир или нет, он не может увеличить веса материи, с которой связан. «Если эфир не подвержен силе тяжести, он наверное не может увеличить вес тела, с которым он соединен; если, наоборот, эфир тяготеет, нельзя ожидать, чтобы вес тела, плавающего в эфирном море, увеличился от того, что с ним связана эфирная масса». Таким образом, по Томсону, можно ожидать, что инертная масса тела, в котором достаточно много добавочной инертной массы, способной проявиться в виде энергии, будет больше тяготеющей массы. Один грамм радия за свою жизнь должен излучить огромную энергию в  $6,7 \cdot 10^{16}$  эргов, эквивалентную сотням долей миллиграммма. То же относится и к другим радиоактивным веществам — урану и прочим. Томсон сделал малоизвестные опыты с маятником из радия, но определенного результата не получил. Его сотрудник Соутернс [60] произвел тщательное исследование колебаний тяжелого маятника из препарата урана, сравнивая его с маятником из нерадиоактивного сурика. Разница, превышающей  $5 \cdot 10^{-6}$ , не обнаружилось, в то время как, по предположению Томсона, можно было ожидать различие в  $6 \cdot 10^{-5}$ . Позднее Пекар и Фекете сравнивали бромистый радий с платиной при помощи крутильных весов Этвэша; различие инертной и тяжелой массы оказалось меньше  $5 \cdot 10^{-7}$  [58]. В 1917 г. Зееман с весами Этвэша исследовал кристаллический азотокислый уран и снова не нашел никакого различия масс с точностью до  $3 \cdot 10^{-8}$ . Таким образом, энергетическая масса так же тяготеет, как и обыкновенная.

При образовании гелия<sup>1</sup> из водорода часть массы исчезает (ср. стр. 68). Эта «теплота соединения» настолько велика, что гелий можно считать крайне устойчивой системой, которая в виде целых единиц входит в состав ядер сложных элементов, выделяясь при распаде в виде  $\alpha$ -частиц. По атомным весам элементов можно заключить, что ядра некоторых из них построены исключительно из ядер гелия, в других элементах есть и гелиевые и водородные ядра. Однакова ли гравитационная постоянная для гелиевых и водородных ядер? Такой вопрос недавно поставил Поттер [61] и для решения его изучал на крутильных весах Этвэша, с одной стороны, парафин и фтористый аммоний, в которых имеется от 15 до 24% ядер водорода (в весовом отношении), с другой — латунь, состоящую только из гелиевых ядер. С точностью до  $3 \cdot 10^{-6}$  отношение инертной и тяготеющей масс во всех случаях оказалось одним и тем же.

<sup>1</sup> Конец гл. V написан, разумеется, в терминах, соответствующих состоянию науки четверть века назад, до открытия нейтронов. Но если внести соответствующие изменения, то сущность затронутых здесь вопросов останется неизменной.— Ред.

## VI. ТЯГОТЕНИЕ СВЕТА

«Но действуют ли тела на свет на расстоянии и не изгибают ли этим действием его лучи, и не будет ли, *caeteris paribus*, это действие сильнее всего на наименьшем расстоянии?»

И. Ньютона

Общая теория относительности заключает в себе очень широкое математическое обобщение и экстраполяцию фактического содержания начала эквивалентности инертной и тяготеющей масс. Теория логически последовательна, но столь же последовательными и свободными от внутренних противоречий могут быть и другие математические обобщения, приводящие к другим следствиям [62]. У Эйнштейна идея общей относительности многократно видоизменялась почти в течение десятилетия и только в 1916 г. приняла почти окончательную форму. Поэтому следствия теории и сравнение их с опытом имеют для общей теории несравненно большее значение, чем для частной. Последняя, по крайней мере в формальном отношении, не только логически последовательна, но и необходима, если точны ее постулаты. Поэтому точное подтверждение ее следствий, поскольку предпосылки установлены, до некоторой степени — излишняя роскошь<sup>1</sup>. Для общей же теории проверка следствий — жизненная необходимость.

Учение об относительности всякого движения, а не только прямолинейного и равномерного, основано на свойствах тяготения; обратно, гравитационные проблемы сводятся к общей относительности и при этом получают своеобразное изменение и обобщение. В полях тяготения большой силы, согласно теории Эйнштейна, должны наблюдаться новые, неожиданные явления. Но для осуществления таких феноменов в измеримом масштабе нужны поля необычайно большой силы, и физику приходится уступить роль судьи-наблюдателя астроному. Области около Солнца и звезд — вот самая скромная, минимальная установка, требующаяся для наблюдения эйнштейновских эффектов. В этой главе рассматривается

<sup>1</sup> В тексте «embarras de richesses».— Ред.

один из таких эффектов — необходимость отклонения света в поле тяготения.

Мысль о возможности притяжения света веществом — старая. Она неоднократно, и повидимому впервые, высказывалась Ньютоном в предположительной форме. Явления отражения, преломления, двойного преломления, дифракции, по Пьютону, могут быть проявлением центральных притягательных или отталкивательных сил между частицами вещества и корпускулами света. Знаменитый Марат произвел огромное количество опытов, — демонстрированных им без успеха парижским академикам, — в которых, по его мнению, обнаруживалось притяжение лучами лучей и разложение их в спектр на больших расстояниях. В 1801 г. Зольцнер сделал расчет ожидаемого отклонения луча при прохождении около Солнца в предположении, что световая корпускула подвергается действию ньютоновского тяготения; отклонение в таком случае должно достигать  $0,84''$  в непосредственной близости к Солнцу [63]. По общему принципу взаимной связи<sup>\*</sup> энергии и массы, пучку света должна быть присдана масса, независимо от того, какова природа света. Поэтому уже в своих первых работах по частному принципу относительности Эйнштейн вывел заключение о необходимости отклонения светового луча на тот же угол, что и у Зольцнера. Мы уже говорили (стр. 62), что инертность света может быть выведена не только из частного принципа относительности, но и из ряда других предположений. В общей теории относительности тяготение света выводится совершенно иначе, и величина для ожидаемого отклонения вдвое больше, чем на основании всех прочих предположений. По Эйнштейну, световой луч, проходя вблизи Солнца, должен отклониться на угол

$$\delta = 1,75'' \cdot \frac{1}{r}, \quad (1)$$

где  $r$  — расстояние от Солнца, выраженное в солнечных радиусах.

В первых сообщениях (1907 г.) Эйнштейн полагал, что проверить это следствие на опыте беспадежно. Но скоро выяснилась возможность астрономического контроля. (Разумеется, земное поле тяготения настолько слабо, что здесь эффект будет при любых условиях опыта исчезающе малым.) Солнце при своем кажущемся движении по небесной сфере покрывает ее различные участки, и лучи некоторых звезд, достигая Земли, проходят вблизи солнечного шара, т. е. подвергаются действию тамошнего огромного поля тяготения. Эффект притяжения луча обнаружится в том, что земному наблюдателю звезда будет казаться смешающей в сторону от Солнца, ибо астроном проектирует направление луча до пересечения его с небесной сферой. Смещение звезды даже в том случае если она кажется находящейся около солнечного диска, очень незначительно, как видно из формулы (1). Однако астрономы могут оп-

ределять угловые смещения, еще раз в 10 меньшие, т. с. ожидаемый эффект, несомненно, поддается наблюдению. Для этого нужно сделать фотографический снимок данного участка неба: один раз — в отсутствие Солнца, а другой раз — когда в середине поля зрения находится Солнце. Затруднение в том, что свет Солнца настолько интенсивен, что совершенно маскирует слабое свечение звезд. Солнце нужно закрыть так, чтобы его свет не действовал на пластинку. Если искусственно преградить ход прямым лучам Солнца к пластинке, поставив на дороге круглый непрозрачный экран, то остается очень яркое свечение земной атмосферы, от которого в конце концов именно и надо избавиться, так как фон лазури и слепит звезды. Получить светофильтры, задерживающие свет лазури и пропускающие свет звезд, повидимому, невозможно. Земная атмосфера не прозрачна для коротких ультрафиолетовых волн, а в области видимых и длинных ультрафиолетовых волн интенсивность рассеянного свечения атмосферы всюду велика. Остаются только короткие и редкие моменты полных солнечных затмений, когда луна закрывает диск Солнца и крайне ослабляет свечение атмосферы<sup>1</sup>.

Таким образом, практически только во время полных солнечных затмений можно обнаружить смещение положения звезд, вытекающее из теории Эйнштейна.

Попытки в этом направлении начались еще с 1907 г. В 1914 г. была снаряжена специальная экспедиция немецких астрономов в Крым для проверки эйнштейновского эффекта (тогда еще половины). Но 21 августа 1914 г. уже гремели пушки по Европе, немецкие астрономы были интернированы, и пришлось ждать конца войны. К этому времени и уверенность в том, что эффект не может ускользнуть от наблюдения, возросла, так как в окончательной форме теории отклонение удвоилось [64].

Во время полного затмения 29 мая 1919 г. двум английским экспедициям впервые удалось получить надежные фотографические снимки. Первая экспедиция работала в Собрабе (северная Бразилия). Удачные снимки были получены с 4-дюймовой трубой (фокусное расстояние 6 м). Свет в трубу падал через цепостат, т. е. зеркало, врачающееся таким образом, чтобы компенсировать кажущееся вращение небесной сферы. Во время затмения было сделано 7 фотографий со звездами, находящимися вблизи Солнца. На каждой пластинке можно было точно определить положение 7 звезд. Кроме того, были сделаны сравнительныеочные снимки той же области неба. Вторая экспедиция находилась на о-ве Принципе у африканских берегов, она имела в своем распоряжении

<sup>1</sup> Сравнительно недавно французский астроном Б. Лио построил интерференционно-поляризационный светофильтр, позволяющий выделить очень узкие спектральные участки (около 1 Å). При помощи такого светофильтра Лио удалось построить коронограф, давший возможность фотографировать солнечную корону и протуберанцы вне затмений.— Ред.

8-дюймовый телескоп с фокусным расстоянием в 3,5 м. Здесь удалось получить только 3 снимка, на которых с уверенностью можно было определить положение 5 звезд на каждой пластинке.

Ожидаемые смещения положения звезд на пластинах могут достигать только сотых долей миллиметров; поэтому сравнение ночных снимков с фотографиями во время затмений составляет очень тонкую и долгую задачу.

Окончательные результаты статистической обработки измерений экспедиции в Собрале видны из табл. 12. В первом столбце указаны расстояния от Солнца в солнечных радиусах; во втором — средние наблюденные отклонения; в третьем — вычисленные по формуле (1); в четвертом — разница наблюденных и вычисленных величин.

Таблица 12

$r$	$\delta$ набл.	$\delta$ вычисл.	$\Delta$
1,99	1,02"	0,88"	+0,14"
2,07	0,97	0,85	+0,12
2,33	0,84	0,75	+0,09
3,19	0,54	0,53	+0,01
4,21	0,56	0,40	+0,16
5,03	0,32	0,33	-0,01
5,22	0,20	0,32	-0,12

Если экстраполировать по данным наблюдениям величину отклонения на самом краю Солнца ( $r = 1$ ), то получается:

$$1,98'' \pm 0,18''.$$

Данные экспедиции на о-ве Принципе дают величину:

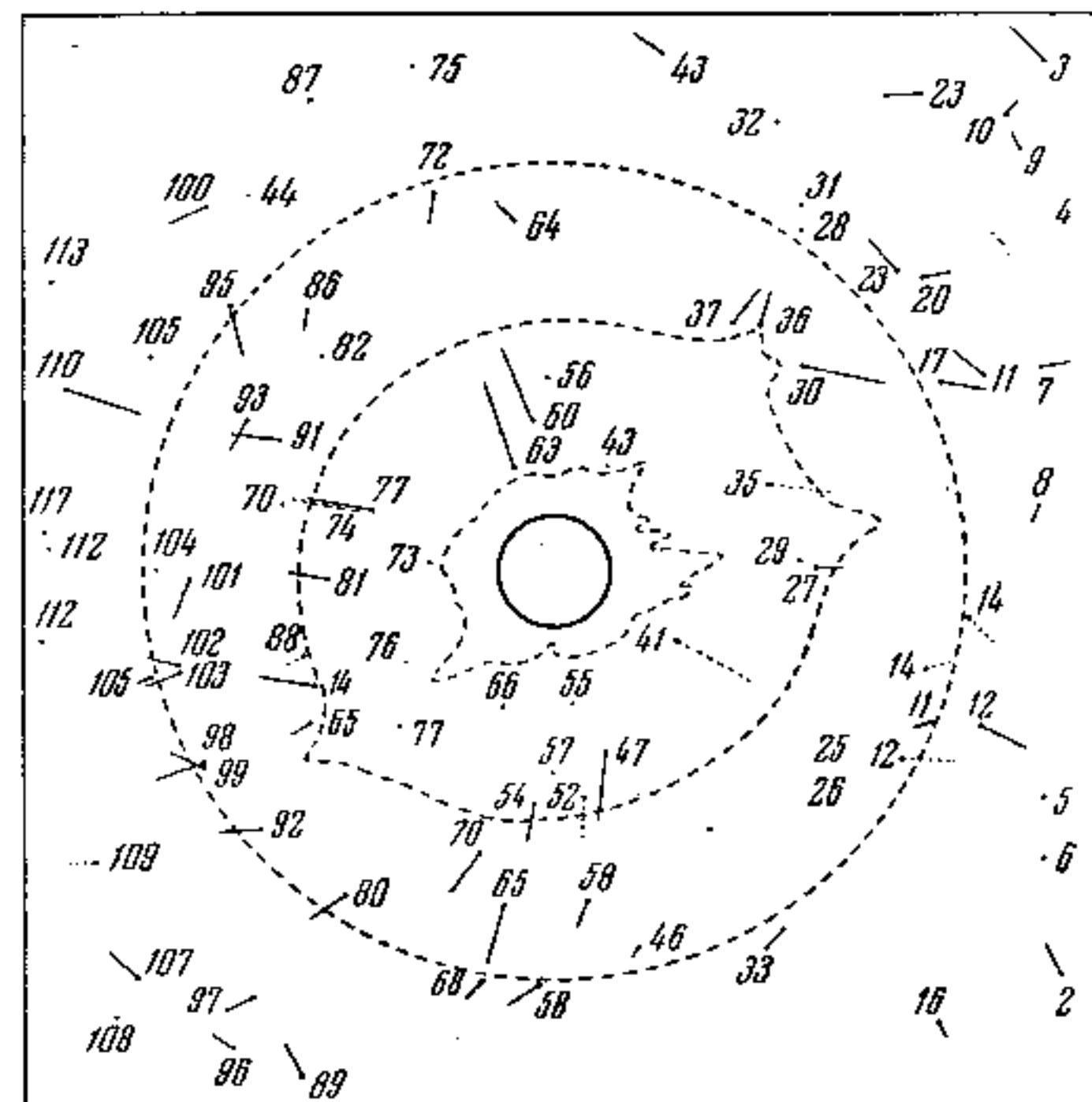
$$1,61'' \pm 0,45''.$$

Обе величины довольно хорошо согласуются с теоретической, т. е.  $1,75''$ .

Даже в бурное время, непосредственно после войны, такое подтверждение предсказания Эйнштейна произвело потрясающее впечатление на культурный мир. Теория относительности существует с 1905 г., но тот исключительный интерес к теории, который принимал одно время гипертрофические размеры, начался с 1919 г.

Прежде чем перейти к критическому рассмотрению наблюдений 1919 г., мы изложим значительно более обширные результаты наблюдений, сделанных во время полного затмения 1922 г. Кэмпбеллом и Трюмплером в северо-западной Австралии. За полгода до затмения Трюмплер отправился на о-в Таити, находящийся на той же широте, что и место наблюдения

затмения. Там были заранее произведены сравнительные снимки неба, соответствующие тому же часовому углу и зенитному расстоянию, что и во время полной фазы предстоящего затмения. Во время затмения были сделаны 4 снимка, на которых удалось зарегистрировать около 80 звезд (до звезд 11-й величины включительно). На фиг. 34 представлено звездное поле темного снимка. Солнце находится посередине, вокруг него

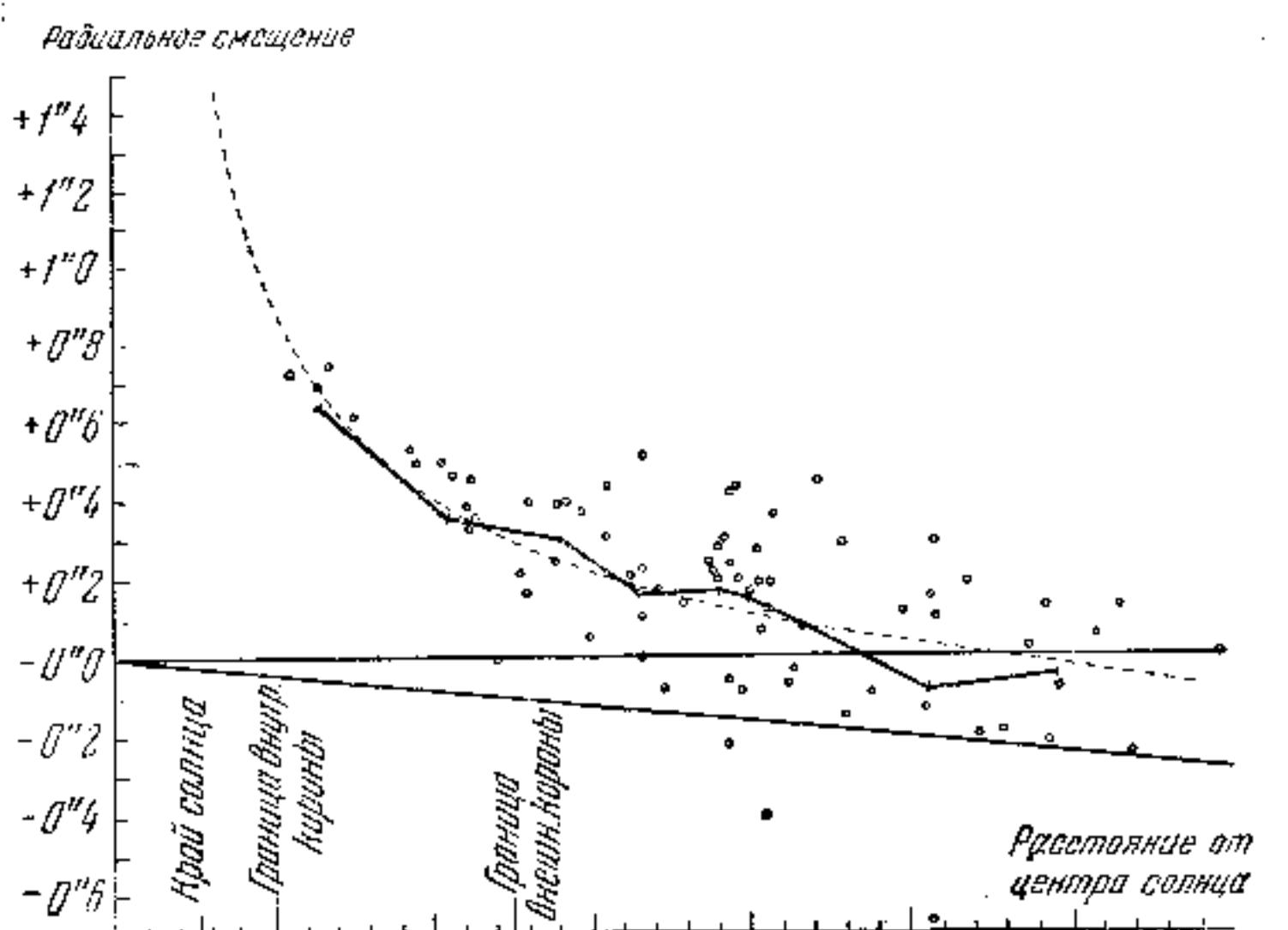


Фиг. 34.

отмечены внутренняя и внешняя короны и, кроме того, нанесен круг, соответствующий угловому радиусу в  $2^\circ$ . Смещения звезд отмечены стрелками, показывающими величину и направления смещений.

Еще яснее «сырые» результаты наблюдений графически представлены на фиг. 35. По оси абсцисс отложены угловые расстояния от центра Солнца, по оси ординат — радиальные смещения.

Благодаря некоторой разнице в масштабе между снимком во время затмения и сравнительным ночным снимком ось абсцисс приходится несколько наклонить соответственно нижней прямой, идущей от  $0,0''$ . Черными кружочками изображены измеренные смещения, величина кружочков дает представление о точности, с которой произведено данное наблюдение: чем кружочек больше, тем больше «вес» данного наблюдения. Пунктирная кривая изображает теоретическую кривую, согласно



Фиг. 35.

формуле (1). Ломаная линия соединяет средние значения наблюдений, вычисленные по группам. Как окончательный результат обработки своих наблюдений Кэмпбелл и Трюмплэр дают следующую таблицу.

Таблица 13

Число звезд	$r$	$\delta$ набл.	$\delta$ вычисл.	$\Delta$
8	2,40	+0,69"	+0,70"	-0,01"
11	3,98	0,46	0,37	+0,09
10	5,26	0,39	0,24	+0,15
8	6,2	0,22	0,17	+0,05
9	7,1	0,21	0,13	-0,08
8	7,5	0,17	0,11	-0,06
11	8,3	0,08	0,08	0,00
13	9,5	-0,14	0,02	-0,16
14	11,7	-0,08	-0,03	-0,05

В первом столбце указано число звезд, использованных для обработки, во втором — расстояние от центра Солнца в солнечных радиусах, в пятом — разница наблюдаемых и вычисленных величин. Производя экстраполяцию до края Солнца по найденным величинам, Кэмпбелл и Трюмплэр находят

$$\delta = +1,78'' \pm 0,17''$$

в хорошем согласии с формулой (1).

Результаты наблюдений 1919 и 1922 гг. были подвергнуты многосто-

ронней критике, которую мы кратко излагаем. Возможны сомнения трех родов: 1) Объективно ли найденное смещение и не вызывается ли оно какими-либо недостатками в измерительных приборах? 2) Если отклонения объективны, то не связаны ли они с другими причинами, не имеющими ничего общего с эффектом Эйнштейна? 3) Если отклонения объективны и вызываются целиком тяготением Солнца, то достаточно ли установлена количественная сторона явления, т. е. имеем ли мы дело с полным эйнштейновским эффектом (1) или только с половиной?

Возражения первой группы имели некоторую почву в 1919 г. и для случая, если бы была только одна экспедиция. Можно было подозревать влияние температурных вариаций на зеркало целостата, деформацию чувствительного слоя пластиинки и пр. Эти обстоятельства были основательно разобраны и признаны незначительными. Помимо того, совпадение результатов трех различных экспедиций, произведенных с разными инструментами в разных местах (в Бразилии и Австралии) в разное время, повидимому безупречно доказывает объективность факта. Благодаря присутствию Солнца видимое положение звезд оказывается смещенным, смещение уменьшается с возрастанием расстояния от Солнца и в отношении порядка величины согласуется с эффектом Эйнштейна. Это заключение на основании опубликованных данных бесспорно.

Чему точнее соответствует найденное смещение: полному эффекту Эйнштейна или половине? (третья группа сомнений). Достаточно взглянуть на последние столбцы таблиц 12 и 13, чтобы видеть, что в наиболее достоверной области наблюдений, вблизи Солнца, где отклонения значительны, разности  $\Delta$  не велики и положительны, т. е. наблюденный эффект даже несколько больше эйнштейновского. Следовательно, наблюдения никоим образом не подтверждают половинного эффекта.

Наиболее серьезного внимания заслуживает вторая группа сомнений. Состояние пространства вокруг Солнца, даже на больших расстояниях, во многих отношениях загадочно. Солнечная корона, простирающаяся на много солнечных радиусов, до сих пор не получила удовлетворительного объяснения. Некоторая часть ее свечения вызывается рассеянием солнечного света в крайне разреженной газовой атмосфере, доля свечения обусловлена слабой люминесценцией газов, по основной, большая часть света короны — пока неизвестного прохождения<sup>1</sup>. Во всяком случае

<sup>1</sup> За последние годы экспериментальные и теоретические исследования солнечной короны сильно подвинулись вперед. Корона, повидимому, представляет собою весьма разреженный газ, близкий по химическому составу к составу солнца, нагретый до чрезвычайно высокой температуры — около  $10^6$  градусов (см. Н. С. Шляиковский — «Солнечная корона», М.—Л., 1951). — Ред.

помимо гравитационного поля огромного напряжения, окрестности Солнца имеют и другие особенности. Здесь перекрещиваются световые потоки необычайной плотности, пространство пронизывается кориускующими излучениями, имеются следы газообразной материи и т. д. На первый взгляд самое простое объяснение отклонения световых лучей около Солнца дает преломление лучей в разреженной солнечной атмосфере, простирающейся на огромные расстояния. Нетрудно подсчитать, однако, что для этого пришлось бы предположить, что на расстоянии одного солнечного радиуса от Солнца плотность атмосферы достигает по крайней мере сотой доли плотности земной атмосферы. Луч звезды должен пробегать длинный путь в такой атмосфере и неминуемо практически полностью поглотиться в веществе атмосферы. Иными словами, области около Солнца были бы непрозрачными для света. Конечно, не запрещается думать об атмосфере совершенно необычного типа, крайне разреженной, но обладающей большой преломляющей способностью. Но для такой гипотезы нет реальных оснований.

После затмения 1919 г. некоторые пытались объяснить отклонения в положении звезд испарнальным преломлением земной атмосферы, находящейся в конусе тени Луны. По подсчету Эддингтона, для этого потребовалось бы изменение температуры на  $20^{\circ}$  в минуту, чего, разумеется, нет. Во всяком случае, это обстоятельство может только слегка увеличить наблюдавшийся эффект.

Более сильным конкурентом интерпретации Эйнштейна является, с 1904 г., известный и загадочный эффект Курвуазье — так называемая «годичная, или космическая, рефракция». Обработка многочисленных измерений положения звезд показала, что последние в течение года испытывают небольшие изменения, «как будто бы свет звезд преломлялся в гипотетической атмосфере Солнца, простирающейся на громадные расстояния». Гопман дает такую таблицу для эффекта Курвуазье, в которой собран весь материал.

Таблица 14

$d$	90°	90	90	76	60	60	50	31	31	30	24
$\delta$	0,07"	0,11	0,08	0,09	0,09	0,14	0,24	0,14	0,28	0,28	0,26
$d$	23	20	16	7	6,2	6,0	5,0	3,9	3,6	3,0	2,6
$\delta$	0,28"	0,32	0,27	0,36	0,44	0,40	0,55	1,00	0,86	0,45	0,57

Здесь  $d$  — угловое расстояние от Солнца,  $\delta$  — смещение.

Мы не беремся судить о степени достоверности «годичной рефракции». По мнению геттингенского астронома Киппа [65], она весьма сомнительна и не может считаться твердо установленной. Конф [66] считает, что весь «эффект Курвуазье» вызывается систематическими ошибками при визуальных наблюдениях с меридианом кругом, на которых он основан. Он пишет: «На основании имеющегося до сих пор материала можно сказать только следующее: при данных наблюдениях с меридианным кругом есть систематическая ошибка, выражющаяся в том, что в среднем предполуденные наблюдения дают несколько иные результаты, чем послеполуденные. Инструментальные и физиологические ошибки, всегда зависящие в той или иной степени от положения Солнца, дают достаточно возможностей для объяснения без того, чтобы попадалось прибегать к «космической» причине. Эффект Курвуазье есть систематическая ошибка, вызванная способом наблюдения. Он не имеет ничего общего со смещением звезд, наблюдавшимся во время затмения на фотографических пластинах». С другой стороны, Курвуазье и Гопман считают эффект, повидимому, объективным. По Курвуазье, наблюденные величины укладываются в эмпирическую формулу:

$$\delta = 0,55'' \left(1 - \sqrt{\sin \frac{d}{2}}\right).$$

Из табл. 14 легко, однако, видеть, что около Солнца формула совершенно перестает быть верной, около  $4^{\circ}$  имеется сильный максимум, после которого эффект падает по направлению к Солнцу. никаких приемлемых объяснений объективной «годичной рефракции» не существует. Если ее объяснить преломлением в гипотетической атмосфере Солнца, то пришлось бы, как указал Фрейндлих, предполагать, что даже на расстоянии, равном радиусу земной орбиты, плотность этой атмосферы достигает  $\frac{1}{10000}$  плотности земной атмосферы. Эта газообразная оболочка представляла бы такое сопротивление движению Земли, что за 100 лет длительность года уменьшилась бы на 3 суток. Масса такой атмосферы во много раз превосходила бы массу самого Солнца, и, разумеется, такой газ поглощал бы весь свет, идущий к нам от звезд. Гопман считает, что «годичная рефракция», может быть, объясняется влиянием земной атмосферы. По Конфу, как уже говорилось, «годичная рефракция» — результат субъективных систематических ошибок при визуальных наблюдениях.

При таком положении дела, разумеется, не может быть и речи об экстраполяции по данным табл. 14 на край Солнца. Данные об эффекте Курвуазье имеются (ср. таблицу) только до  $3^{\circ}$ , не доходя до края Солнца; наоборот, эффект Эйнштейна измерялся до  $3^{\circ}$ , начиная от края

Солнца<sup>1</sup>. Если признать «годичную рефракцию» объективно существующей, то могут быть две точки зрения. Либо наблюдаемые во время затмений смещения полностью определяются эффектом Курвуазье и эйнштейновского смещения нет, либо «годичная рефракция» незначительна вблизи от Солнца в сравнении с влиянием тяготения и только несколько искажает эффект Эйнштейна. Строго говоря, решить альтернативу невозможно, ибо теоретической формулы для «годичной рефракции» нет, а ход эмпирической кривой таков, что экстраполяция непозволительна. Гопман указывает, что ошибки наблюдений (ср. фиг. 35) таковы, что те же точки с той же мерой точности удовлетворяют не только гиперболе Эйнштейна, но и прямой линии, при помощи которой можно «сгладить» эмпирическую среднюю ломаную на фиг. 35. Если заподозрить значительную разность масштаба основного снимка при затмении и сравнительного ночного, то вполне возможно получить хорошее согласие почти линейной формулы Курвуазье с указанной прямой. По Гопману, точки рис. 35, строго обработанные по способу наименьших квадратов, приблизительно одинаково хорошо согласуются с формулами

$$\delta = -0,0673'' d + 1,77'' \frac{0,2661}{d}, \quad \delta = -0,266'' d + 0,676'',$$

где  $d$  — расстояние от центра Солнца (в градусах), множитель 0,2661 в первой формуле — радиус Солнца в градусах. Первая формула соответствует эффекту Эйнштейна, причем первый член связан с разницей масштаба. Этот член очень невелик и вносит незначительную поправку, например на расстоянии двух радиусов от края Солнца по первой формуле  $\delta = -0,053'' \pm 0,59''$ , т. е. поправка составляет 10%. По второй формуле для того же расстояния  $\delta = -0,213'' + 0,676'' = 0,463''$ , т. е. поправка достигает почти 50%. Поправочный член второй формулы таков, что для центра Солнца получается величина, экстраполированная по формуле Курвуазье. На этом основании Гопман заключает, что наблюдаемые точки одинаково хорошо согласуются с формулой Эйнштейна и Курвуазье.

По этому поводу можно сделать следующее замечание. Можно придумать не две, а бесконечное количество формул с несколькими эмпирическими постоянными, которые будут одинаково хорошо охватывать распределенные точки наблюдений. Э. Осклангон указал еще несколько кривых,

<sup>1</sup> Трюмплер коротко сообщил в 1924 г. об анализе снимков, сделанных двумя малыми телескопами. На этих фотографиях запечатлено положение от 400 до 500 звезд в пределах от  $0,5^\circ$  до  $10,4^\circ$  от центра Солнца. Смещения этих звезд по Трюмплеру совершенно не соответствуют эффекту Курвуазье и, наоборот, вполне согласуются с эффектом Эйнштейна. Если внести поправку на масштаб, то расхождения средних наблюдаемых смещений от теоретических не превосходит  $0,05''$ . Подробного сообщения об этих измерениях пока не появлялось. Если результаты Трюмплера верны, то вопрос об «эффекте Курвуазье» можно полагать исчерпанным.

которые также охватывают наблюдения Кэмбелла и Трюмплера. На фиг. 36 изображены такие кривые, из них нижняя гипербола соответствует кривой Эйнштейна. Это обстоятельство указывает только на большие ошибки измерений. Существенно, однако, то, что в эйнштейновской формуле требуется ничтожная поправка, практически не важная, а в формуле Курвуазье — большая, определяющая значительную долю эффекта; эта поправка не имеет никаких реальных оснований.

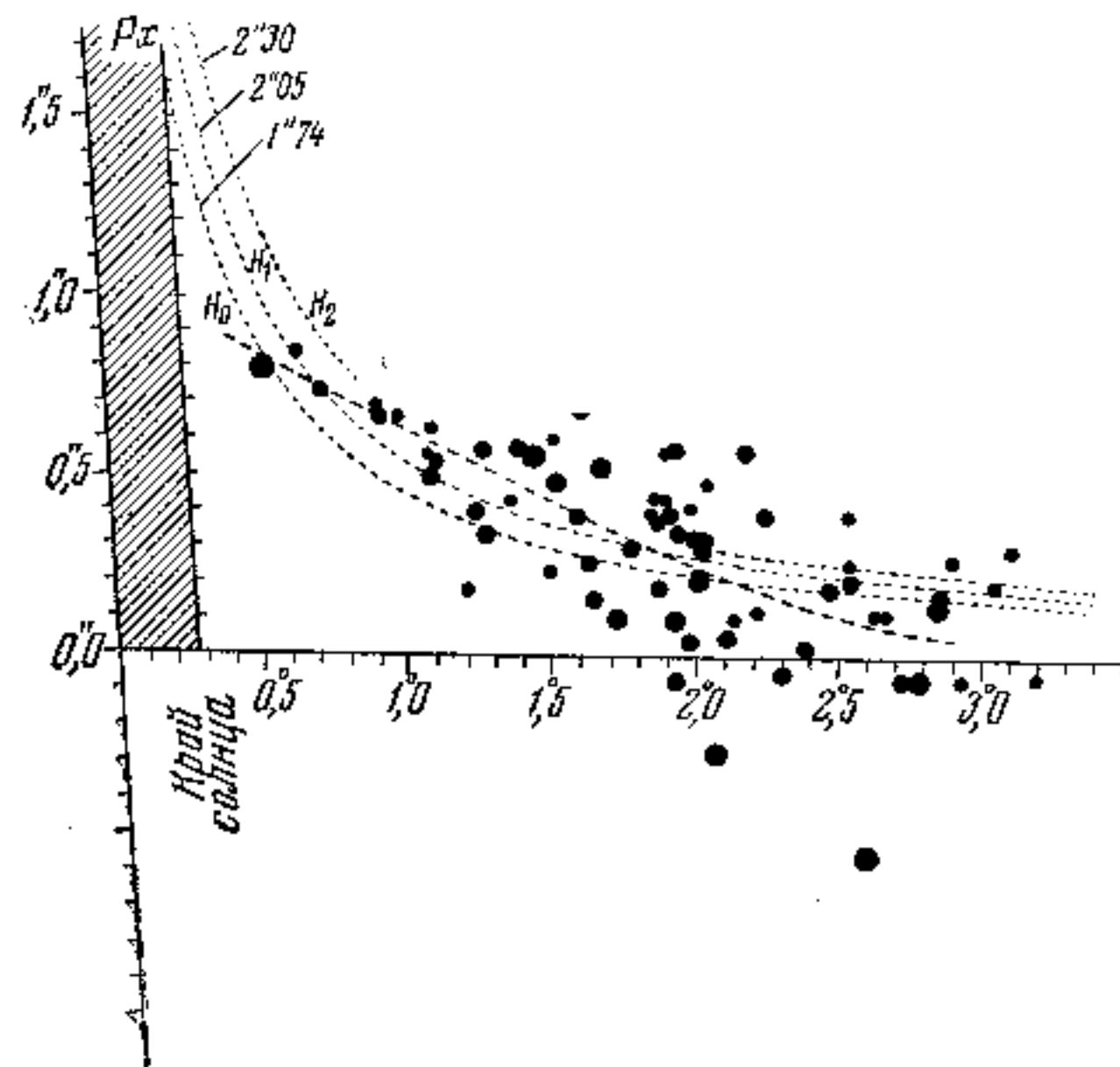
Из анализа Гопмана, по нашему мнению, можно вывести, что формула Эйнштейна хорошо оправдывается с количественной стороны, формула же Курвуазье резко расходится в количественном отношении, и для исправления

этого приходится вводить добавочный член, наличие которого не оправдано. Если «годичная рефракция» действительно объективна, то она, конечно, должна несколько искажать чистый эйнштейновский эффект, — может быть, положительные разности наблюдаемых и вычисленных величин в таблицах 12 и 13 объясняются наличием чего-либо вроде «годичной рефракции».

Главным аргументом того, что наблюдаемые величины соответствуют эйнштейновскому отклонению света, а не чему-либо другому, является количественное совпадение теории и наблюдения. Мало вероятно, чтобы другая причина приводила не только к качественному, но и количественному совпадению результатов.

Разумеется, очень желательно повторение наблюдений и новьшение их точности, а также выяснение вопроса о «годичной рефракции». Настоящее положение вопроса можно коротко охарактеризовать так: смещение звезд около Солнца, предсказанное общей теорией относительности, подтверждается как с качественной, так и с количественной стороны. Свет тяготеет к Солнцу и не по Пьютошу, а по Эйнштейну.

Проблематический эффект Курвуазье как причина отклонений мало вероятен, но сомнения, связанные с ним, делают желательным повторение наблюдений.



Фиг. 36.