

Марина Молчанова



*H. Cavendish*

Генри Кавендиш  
(Henry Cavendish)  
1731 - 1810

Клэпхем – район Лондона, который в конце XVIII века ещё считался деревней. Двести с лишним лет назад там стоял малопримечательный дом, ныне разрушенный, про который соседи говорили своим детям: «Это дом, где был взвешен мир».

Да, именно в этом доме английский физик и химик Генри Кавендиш впервые определил плотность и массу Земли. Это было самое знаменитое его достижение, хотя далеко не единственное.

Внешняя сторона жизни Кавендиша исключительно бедна событиями. Родился в Ницце, учился в Кембридже, жил порой в Лондоне, порой рядом с ним. Ни подвигов, ни скандалов, ни трогательных или страшных эпизодов. И это связано с необычными особенностями его личности – настолько необычными, что даже учёный мир, привыкший к чудачкам и оригиналам, смотрел на этого человека с изумлением.

Дело в том, что Кавендиш был болезненно застенчив и избегал людей. С внешним миром он старался общаться через своего помощника Чарльза Благдена и никогда не заводил ни близких друзей, ни семьи. Когда его знакомили с кем-то, он сильно нервничал. Даже в беседах со старыми знакомыми он при любом неосторожном слове замыкался в себе и старался удалиться. Однажды, гуляя в малолюдном районе и глубоко задумавшись, он встретил

влюблённую парочку, обратившуюся к нему с каким-то вопросом. Кавендиш был так перепуган, что с тех пор гулял только вокруг дома. Единственным видом светского общения, который он признавал, были вечера в клубе Королевского общества: там его глубоко уважали и признавали за ним право на любые странности.

Женщины смущали его настолько, что даже со служанками в доме он общался с помощью за-



Вид Лондона в XVIII веке.

# ТОТ, КТО ВЗВЕСИЛ ЗЕМЛЮ

## ВЕЛИКИЕ УМЫ

писок, и поговаривали, что он специально попросил пристроить к своему дому лишнюю лестницу, чтобы при входе или выходе случайно не столкнуться с эконожкой.

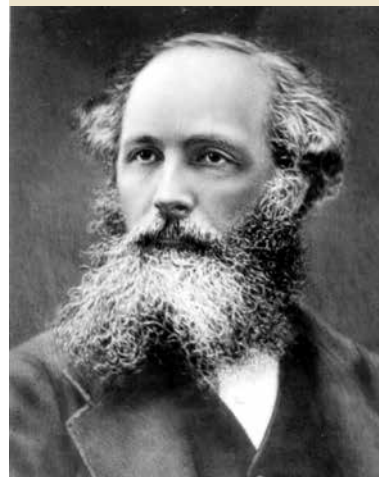
Кавендиш унаследовал огромное состояние и одно время считался богатейшим человеком Лондона. Французский физик Био называл его «самым богатым среди учёных и самым учёным среди богачей». Тем не менее Кавендиш одевался очень скромно и старомодно, а почти все комнаты его дома были заняты книгами и научными приборами (но была одна слабость: красивую мебель он всё-таки себе позволял). Он не хотел принимать никакого участия в своих финансовых делах, и когда банкир предложил ему вложить деньги в какое-нибудь предприятие, Кавендиш ответил: «Делайте что хотите, только меня этим не беспокойте, а то я найду другой банк». Однако его состояние не уменьшалось, и современники удивлялись: неужели он черпает деньги из бездонной бочки? Когда один коллега попросил его о небольшой помощи, Кавендиш выписал ему чек на десять тысяч фунтов – астрономическая сумма по тем временам! Возможно, это была даже не щедрость, а непонимание того, что такое «небольшая помощь».

Он был настолько удалён от треволнений окружающего мира, что ухитрился практически не заметить Великую французскую революцию и наполеоновские войны. Он не позировал художникам, и мы знаем портреты всей его родни, но не знаем его достоверных портретов – только один рисунок, где почти не различить лица.

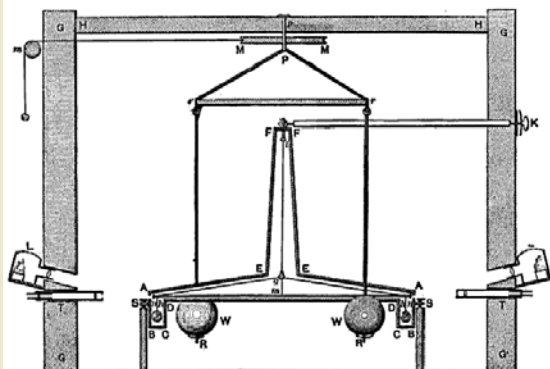
Кавендиш не только не мечтал о славе – он не признавал любой публичности, не печатал книг и почти не писал статей. Многие свои рукописи он не показывал даже коллегам, и о них стало известно через многие десятки лет, когда их оценил, собрал и опубликовал другой великий физик – Джеймс Максвелл. А часть рукописей была и вовсе уничтожена автором, и мы можем только догадываться об их содержании.



Дом Кавендиша



Джеймс Максвелл



Вид экспериментальной установки.

Рисунок Кавендиша, 1798 г.

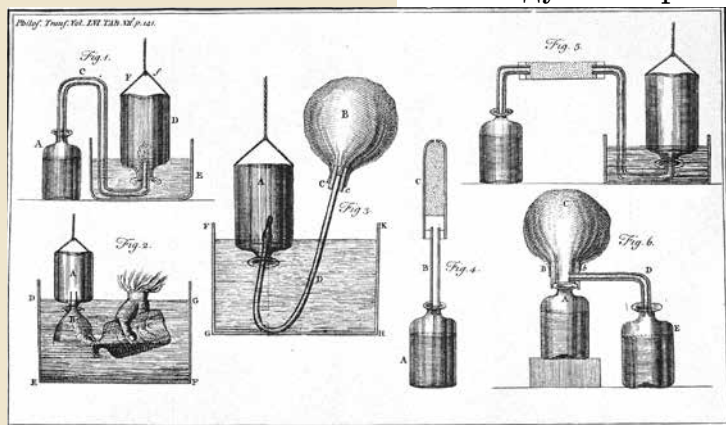
Генри Кавендиш не оставил потомков; другие знаменитые Кавендиши (в том числе Уильям, основатель Кавендишской лаборатории, где потом в XX веке работало около тридцати нобелевских лауреатов) – его дальние родственники.

Биограф Кавендиша писал о нём: «В его натуре не было ничего искреннего, восторженного, героического или рыцарственного, но столь же мало было злого, холуйского или низкого. То, для понимания чего нужно было что-то большее, чем чистый интеллект, или требовались фантазия, воображение, привязанность, вера, было Кавендишу неприятно. Всё, что я вижу, читая его записки, – это умная голова для мышления, пара удивительно острых глаз для наблюдения и пара очень умелых рук для проведения опытов».

Действительно, болезненная робость Кавендиша пропадала за рабочим столом и в лаборатории. Здесь он ставил перед собой самые смелые и масштабные задачи – и блестяще их решал.

Поскольку Кавендиш не публиковал многие работы, а опубликованные статьи никак не продвигал, только через много лет стало понятно, что именно ему принадлежит приоритет ряда открытий. Он фактически открыл закон Кулона (сила взаимодействия между электрическими зарядами в зависимости от

расстояния между ними) за 14 лет до Кулона, закон Ома за десятки лет до Ома, а также ещё многие законы, касающиеся электричества и тепла. Он обнаружил существование инертных газов (точнее, наличие в воздухе важных компонентов помимо азота и кислорода) за сто лет до Рэля и Рамзая. Он не был первооткрывателем водорода, но успешно исследовал его и другие газы. Великий Хемфри Дэви



Аппарат Кавендиша для получения водорода.



# ТОТ, КТО ВЗВЕСИЛ ЗЕМЛЮ

# ВЕЛИКИЕ УМЫ

позднее писал о химических опытах Кавендиша: «Хотя многие из них были проведены лишь в пору младенчества химической науки, их точность и красота не потускнели по сей день».

Но всё-таки самое известное достижение Кавендиша – измерение плотности Земли в 1797–1798 годах. Об этом стоит рассказать подробнее.

## ГЛАВНЫЙ ОПЫТ КАВЕНДИША

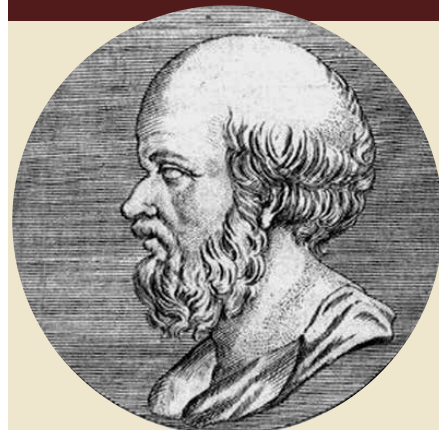
Учёных с давних пор интересовали размеры Земли. Оценить радиус Земли (считая её шаром) не так уж сложно: это проделал ещё Эратосфен в III веке до нашей эры. В день летнего солнцестояния, в тот момент, когда в городе Сиене (ныне Асуан) лучи Солнца падали на Землю отвесно, в городе Александрии точно к северу от Сиены их направление уже не было отвесным: солнечные часы отбрасывали тень. Поняв, под каким углом падают лучи в Александрии – а это можно сделать, узнав отношение длины тени от солнечных часов к их высоте, – и зная расстояние между Александрией и Сиеной, Эратосфен, решив простую геометрическую задачу, узнал радиус Земли (рис. 1). Позднее другие измерили его точнее:  $R \approx 6370$  км.

А вот как узнать массу Земли? Долгое время эта задача казалась неразрешимой. Теоретическая возможность подступиться к ней возникла, когда Ньютон открыл закон всемирного тяготения: ведь не только Земля и небесные тела притягивают к себе разные объекты, но и вообще все предметы в мире притягиваются друг к другу. Сила тяготения между ними вычисляется (в современной записи) как

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы первого и второго тела,  $R$  – расстояние между их центрами, а  $G$  – некое число, которое называется *гравитационной постоянной*.

Мы знаем, с какой силой  $F$  тело определенной массы  $m_1$  притягивается к Земле. Мы знаем расстояние между их центрами – это радиус Земли  $R$ . Но во времена Ньютона были неизвестны ни постоянная



Эратосфен

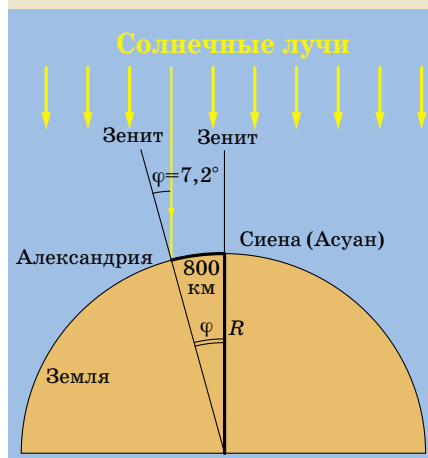


Рис. 1. Определение радиуса Земли



Исаак Ньютон

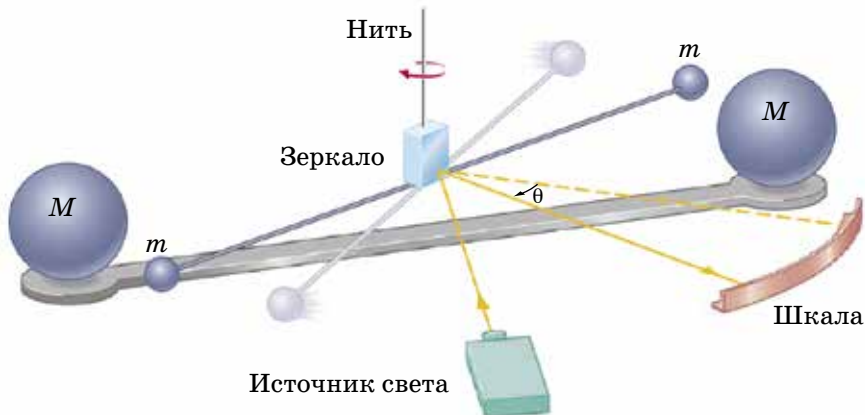


Рис. 2. Схема прибора для опыта Кавендиша

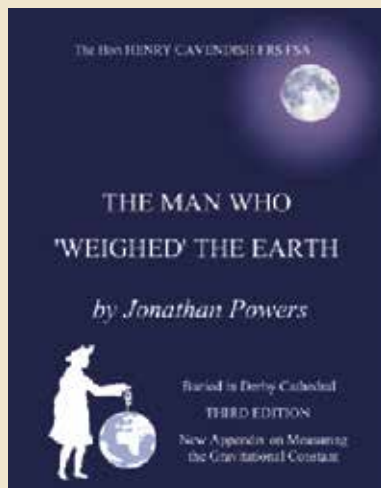
$G$ , ни масса Земли  $m_2$ , и не было способа их найти. Вот если бы мы могли измерить силу притяжения между двумя известными массами (и сравнить с силой притяжения к Земле), было бы совсем другое дело... Но измерить трудно: ведь притяжение между любыми предметами разумных размеров, которые может сконструировать человек, будет очень слабым.

В 80-е годы XVIII века прибор для измерения этой силы попытался создать английский геолог Джон Мичелл. Но он умер, не завершив работу. И позднее Кавендиш построил свой прибор по аналогии с аппаратом Мичелла и провёл свои знаменитые измерения (рис. 2).

Основу установки Кавендиша – крутильные весы. На длинной металлической нити было закреплено коромысло с двумя одинаковыми свинцовыми шарами – примерно по 730 граммов. К каждому из них подводился на одной высоте с ним тяжёлый шар (около 150 кг), также из свинца. И тогда коромысло поворачивалось на небольшой угол! Этот угол определяется, с одной стороны, силой притяжения между шарами, с другой стороны – упругостью нити. Поскольку упругость нити можно было измерить (для этого удаляли большие шары и смотрели, как колеблется коромысло вокруг нити), сила притяжения между шарами тоже легко вычислялась.

Но не так всё просто. Кавендиш не использовал ту удобную терминологию и систему обозначений, которую мы применяем сейчас. Свою задачу Кавендиш формулировал даже не как «измерение массы Земли», а как «измерение плотности Земли». Кстати, его результаты были удивительно точными: сред-

Книга «Experiments to Determine the Density of Earth»



Книга «Experiments to Determine the Density of Earth»

# ТОТ, КТО ВЗВЕСИЛ ЗЕМЛЮ

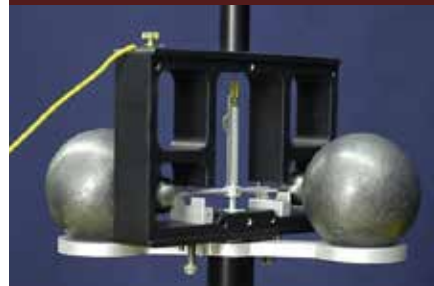
## ВЕЛИКИЕ УМЫ

ная плотность Земли получилась примерно в 5,48 раз больше плотности воды (современная цифра – около 5,51 г/см<sup>3</sup>), и измерения лучшего качества удалось провести только через сто лет. Даже сейчас для этого нужны установки примерно того же типа, а высокая точность остаётся проблемой.

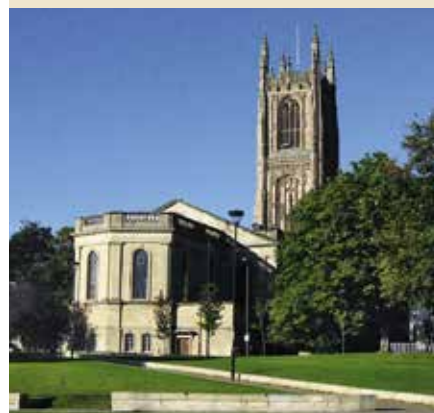
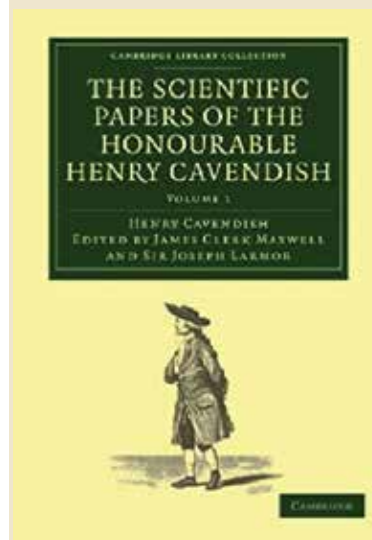
Почему остаётся проблемой? Потому что при фиксации таких небольших сил очень трудно избавиться от случайных помех. Кавендиш приложил максимум стараний. Его установка была помещена в деревянный ящик, чтобы на неё не влияли потоки воздуха и перепады температуры. Наблюдатель смотрел на происходящее в телескоп через дырки в стенках ящика. Большие шары с помощью специального механизма подводились к малым то с одной, то с другой стороны, чтобы получить нужный результат даже для случая, когда здание или установка чуть-чуть наклонены по отношению к горизонтали. Эксперимент был повторен десятки раз. Словом, нужна была исключительная добросовестность, и недаром этот опыт Кавендиша считался образцовым.

Что же люди узнали из опыта Кавендиша? Во-первых, стало ясно, что именно в глубинах Земли сосредоточены тяжёлые вещества: ведь плотность поверхностных слоёв нашей планеты гораздо ниже, чем 5,5 г/см<sup>3</sup>. И это отлично согласуется с современными представлениями о ядре Земли, состоящем в основном из железа и никеля. Во-вторых, зная плотность Земли и объём (напомним, что объём шара радиуса  $R$  вычисляется как  $\frac{4}{3}\pi R^3$ ), мы знаем и массу Земли. А в XIX веке, когда запись Закона всемирного тяготения приобрела современную форму, была вычислена и постоянная  $G$ . Теперь мы можем подсчитать силу притяжения между любыми двумя объектами.

Кавендиш был бы сильно удивлён, узнав, что о нём когда-нибудь будут писать в журнале для детей и что описание его опыта войдёт во все учебники по физике. Но сложилось именно так.



Современная модель прибора Кавендиша.  
Фото Clive Grainger



Собор Всех Святых в Дерби.  
Здесь могила Кавендиша