

В. Гершель

1738—1822

Об инфракрасном излучении

В современной физике к оптическому диапазону шкалы электромагнитных волн относят инфракрасное, видимое и ультрафиолетовое излучения. Причина объединения разных видов излучения в одном диапазоне состоит в общности ряда их свойств. Процесс осознания этой общности составляет важную страницу в истории физики. Вследствие относительной простоты экспериментирования с инфракрасными лучами этот вид излучения практически сразу же после его открытия стал предметом многочисленных исследований. Обнаружение сходства многих явлений, характерных для видимого и теплового излучений, сыграло важную роль в установлении связи оптики с другими разделами физики. Инфракрасное излучение было открыто в 1800 г. В. Гершелем, к тому времени уже снискавшим славу выдающегося астронома.

Вильям (Фридрих Вильгельм) Гершель родился в Ганновере (Германия) 15 ноября 1738 г. в семье военного музыканта. Поначалу юноша пошел по стопам отца, став гобоистом в оркестре. В 1757 г. он переехал в Англию, которая стала его второй родиной. В первые годы жизни в Англии Гершель добывал средства к существованию уроками музыки и исполнительской деятельностью. Свой досуг он посвящал изучению иностранных языков и чтению. Увлечение теорией музыкальной гармонии привело его к занятиям математикой, затем он обратился к оптике, от нее перешел к астрономии. С 1773 г., когда мастер-самоучка впервые самостоятельно изготовил зеркало для телескопа-рефлектора, начинается многолетняя плодотворная научная работа Гершеля, результаты которой сделали его одним из ведущих астрономов-наблюдателей своего времени. За заслуги перед наукой Гершель был избран членом Лондонского Королевского общества, а затем и членом ряда других научных организаций (в том числе с 1789 г. он был почетным членом Петербургской АН). В 1782 г. король Георг III назначил Гершеля королевским астрономом, что позволило ученому сосредоточить все силы на научных исследованиях. Достижениям Гершеля во многом способствовала помощь, которую оказывала ему сестра Каролина — одна из первых женщин-астрономов.

Увлечение астрономией в семье Гершеля стало наследственным — его сын Джон стал астрономом с мировым именем. Умер В. Гершель 25 августа 1822 г.

Успех наблюдательной деятельности Гершеля связан прежде всего с высоким качеством изготавливавшихся им самим телескопов. Его инструменты по своим размерам и разрешающей силе превосходили все другие телескопы той эпохи (крупнейший 40-футовый телескоп-рефлектор Гершеля имел диаметр зеркала 48 дюймов). Даже неполное перечисление достижений Гершеля в астрономии показывает, насколько велик его вклад в эту науку: открытие Урана (1781), двух спутников Сатурна (1789), измерение периода вращения Сатурна и его колец (1790), открытие более 2500 туманностей и звездных скоплений, в том числе 182 двойных и кратных туманностей, и т. д. При исследовании собственных движений звезд ученый обнаружил движение Солнечной системы в пространстве. Гершель способствовал и развитию методологии астрономии. Так, он использовал специальный «метод черпков» (т. е. подсчет звезд в избранных площадках небесной сферы), позволивший ему очертить форму Галактики и оценить ее размеры. В итоге им был сделан правильный вывод об изолированности нашей Галактики во Вселенной. Значительный интерес представляет и концепция Гершеля об эволюции космической материи, составной частью которой является небулярная звездно-космогоническая гипотеза сгущения звезд и их скоплений из диффузной материи.

На фоне почти непрерывного потока астрономических открытий Гершеля его основное достижение в физике — открытие инфракрасного излучения — может показаться случайным. Это, однако, не так. Занимаясь исследованием Солнца, Гершель искал способ уменьшения нагрева инструмента, с помощью которого велись наблюдения. Для этого он решил определить, различаются ли в смысле нагрева действия различных частей видимого спектра. Для этого ученый получал на поверхности стола призматический спектр и помещал в различные его части один из двух идентичных по чувствительности термометров, в то время как второй оставался неосвещенным и служил в качестве контрольного. Регистрируя увеличение показаний освещенного термометра, Гершель обнаружил, что «максимум тепла» лежит, вероятно, за насыщенным красным цветом и, возможно, «за видимым преломлением». Вслед за этим наблюдением, о котором Гершель сообщил Лондонскому Королевскому обществу¹, он провел подробное исследование распределения лучистой энергии в спектре, создаваемом призмой. Это исследование и положило начало изучению инфракрасного излучения. Ниже приводится текст этой статьи Гершеля. После нее он опубликовал еще одну работу², посвященную сравнению свойств этого вида излучения со свойствами видимого света. Гершель пришел к выводу о близости эффектов, производимых невидимым инфракрасным излучением и светом, и высказал гипотезу о единстве природы двух видов

излучения. Дальнейшие эксперименты с инфракрасными лучами, проведенные в первой половине XIX в. Л. Нобли, М. Меллони, Дж. Форбсом и другими учеными, полностью подтвердили гипотезу Гершеля, а теория электромагнитного поля Максвелла дала этой гипотезе теоретическое обоснование.

Опыты по преломляемости невидимых солнечных лучей

В той части моей предыдущей работы, где трактуется о лучистой теплоте, был сделан намек, хотя и на основе несовершенных опытов, что диапазон ее преломляемости, вероятно, шире, чем у призматических цветов; и поскольку недавно стояла благоприятная солнечная погода и было получено достаточное подтверждение этого факта, целесообразно добавить следующие эксперименты к тем, что уже описаны. Я запасся небольшой подставкой на четырех коротких ножках и покрыл ее белой бумагой [рис. 70]. На ней я провел пять линий, параллельных одному из краев подставки, на расстоянии $\frac{1}{2}$ дюйма друг от друга, но так, что первая линия могла быть удалена от края не более чем на $\frac{1}{4}$ дюйма. Эти линии я пересек под прямым углом тремя другими, из которых вторая и третья находились соответственно в $2\frac{1}{2}$ и 4 дюймах от первой. Те же термометры, которые раньше обозначались № 1, 2 и 3, укрепленные на своих маленьких наклонных плоскостях, были затем установлены так, чтобы центры тени от их шариков отбрасывались на пересечении упомянутых линий. Затем, установив мою маленькую подставку на стол, я заставлял призматической спектр падать так, что крайний цвет попадал на край бумаги и ничего не могло проходить за первую линию. При таком расположении весь спектр, исключая ничтожную последнюю четверть дюйма, которая служила направляющей, находился за краем подставки и не мог мешать эксперименту. На этот раз я к тому же воспользовался предосторожностью, затемнив окно, в котором была установлена призма, путем укрепления темно-зеленых штор, с тем чтобы оставалось столько света, сколько удобно.

Когда термометры приняли в точности температуру комнаты, я расположил подставку так, что часть красного цвета, преломленного призмой, падала на край бумаги перед термометром № 1 примерно на полпути, или $1\frac{1}{4}$ дюйма, от термометра № 2. Следовательно, красный цвет не был близок ни к термометру № 2, ни к термометру № 3, которые должны были служить эталонами. Во время эксперимента я удерживал конец видимого красного цвета в точности на первой линии, как на положении ему пределе, слегка перемещая подставку, когда это было необходимо, и обнаружил, что термометры, находившиеся все на второй линии, показали следующее. В данном случае, когда центр

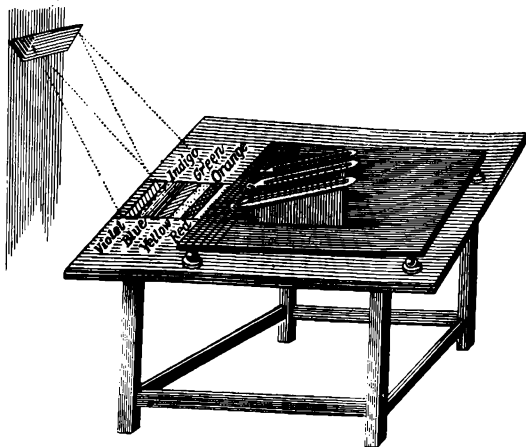


Рис. 70

термометра № 1 помещался на $\frac{1}{2}$ дюйма за видимым светом, он поднялся за 10 мин на $6\frac{1}{2}^{\circ}$ [табл. 1].

Для подтверждения этого факта я охладил термометр № 1 и поместил на его место термометр № 2; термометр № 3 я поместил на место № 2, а первый — на место № 3; установив их, как и раньше, на второй линии и подвергнув их воздействию, я получил такие результаты. Теперь термометр № 2 за 12 мин поднялся на $2\frac{3}{4}^{\circ}$, и, будучи гораздо более чувствительным, чем № 1, он приобрел температуру, соответствующую этому положению, в более короткое время. Однако я подвергал его воздействию дольше, дабы быть совершенно уверенным в результате. Тот факт, что его показания возросли только на $2\frac{3}{4}^{\circ}$, в то время как у № 1 — на $6\frac{1}{2}^{\circ}$, уже объяснялся ранее [табл. 2].

Поскольку теперь очевидно, что имело место преломление лучей, приходящих от Солнца, которые, хотя и недоступны зрению, все же наделены значительной способностью в создании тепла, я продолжил исследования их протяженности следующим образом. Термометры были установлены на третьей линии вместо второй; подставка до первой линии освещалась окрашенной полоской исчезающих красных лучей. Результаты таковы. Здесь термометр № 1 поднялся на $5\frac{1}{4}^{\circ}$ за 13 мин, находясь на расстоянии 1 дюйм за видимым светом красных лучей [табл. 3].

Затем я поместил термометры на четвертую линию вместо третьей и, действуя, как и раньше, получил следующие результаты. Термометр № 1 поднялся на $3\frac{1}{8}^{\circ}$ за 10 мин, находясь на расстоянии в $1\frac{1}{2}$ дюйма за светом красных лучей [табл. 4].

Теперь я мог перейти к пятой линии; но такой прекрасный день в смысле чистоты неба и совершенного безветрия не часто можно ожидать в это время года; поэтому я поспешил провести испытания с другим концом призматического спектра. Это было

Таблица 1

№ 1	№ 2	№ 3
45	45	44
49	45	44
51	$44\frac{3}{4}$	44
$50\frac{1}{4}$	$43\frac{3}{4}$	$43\frac{1}{2}$

Таблица 3

№ 1	№ 2	№ 3
46	46	$45\frac{3}{4}$
50	$46\frac{1}{2}$	46
$51\frac{3}{4}$	$46\frac{3}{4}$	$46\frac{1}{4}$
$52\frac{1}{4}$	47	$46\frac{3}{4}$

Таблица 5

№ 1	№ 2	№ 3
48	48	$47\frac{3}{4}$
48	48	$47\frac{3}{4}$
48	$47\frac{1}{2}$	47
$48\frac{1}{2}$	$47\frac{1}{2}$	47
48	48	$47\frac{3}{4}$

Таблица 7

№ 1	№ 2	№ 3
$48\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{2}$	48
$55\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{2}$	48
$55\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{2}$	48

Таблица 9

№ 1	№ 2	№ 3
57	49	$48\frac{1}{2}$
$58\frac{1}{2}$	$49\frac{3}{4}$	49
59	$50\frac{1}{4}$	$49\frac{3}{4}$
59	50	$49\frac{1}{2}$

Таблица 2

№ 1	№ 2	№ 3
44	44	45
47	44	45
$46\frac{3}{4}$	44	45
$46\frac{3}{4}$	44	45

Таблица 4

№ 1	№ 2	№ 3
$48\frac{1}{4}$	$48\frac{1}{4}$	$47\frac{3}{4}$
$51\frac{1}{2}$	$48\frac{3}{8}$	$47\frac{7}{8}$

Таблица 6

№ 1	№ 2	№ 3
48	48	$47\frac{3}{4}$
$48\frac{1}{2}$	48	$47\frac{3}{4}$
$48\frac{3}{4}$	$48\frac{1}{2}$	$47\frac{3}{4}$
49	$48\frac{1}{2}$	$47\frac{3}{4}$

Таблица 8

№ 1	№ 2	№ 3
$48\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{2}$	48
$55\frac{1}{2}$	$48\frac{1}{2}$	48
57	49	$48\frac{1}{2}$

Таблица 10

№ 1	№ 2	№ 3
$50\frac{1}{2}$	$50\frac{1}{2}$	50
$57\frac{3}{4}$	50	$49\frac{1}{2}$
$58\frac{1}{2}$	50	$49\frac{1}{2}$
$58\frac{3}{4}$	50	$49\frac{1}{2}$

исполнено с некоторым трудом, поскольку освещенность фиолетовыми лучами настолько слаба, что нельзя уловить их точное окончание. Однако, насколько можно было судить, я поместил термометры на 1 дюйм за предел досягаемости фиолетовых лучей и получил такие результаты. Теперь несколько показаний термометров, два из которых, № 1 и 2, использовались как переменные, тогда как № 3 оставался эталоном, считывались в течение 12 мин. Однако, как можно видеть при внимательном рассмотрении, результаты не дают оснований приписывать какому-либо из их малых изменений другую причину, чем случайное возмущение, которое должно происходить от движения воздуха в комнате, где проводятся какие-то работы [табл. 5].

Затем я поставил термометры на линию самого первого заметного фиолетового света, но так, что № 1 и № 2 вновь были освещены, тогда как № 3 оставался эталоном. Результаты оказались следующими. Термометр № 3 поднялся за 15 мин на 1° ; а термометр № 2 — на $1/2^{\circ}$ за то же время. Эти последние эксперименты в достаточной степени убедили меня в том, что никакие лучи, которые могут падать за фиолетовым [цветом], не могут иметь ощутимой способности ни к освещению, ни к нагреванию и что обе эти способности сосуществуют на протяжении всего призматического спектра и заканчиваются там, где исчезает самый слабый фиолетовый [свет] [табл. 6].

Оставалось решить еще один очень существенный вопрос, а именно: определить положение максимума нагревательной способности. Поскольку я уже знал, что он не лежит с фиолетового края красного [света], я начал с полновесного красного цвета и поместил расположенные в линию термометры так, чтобы иметь шарик термометра № 1 в середине таких лучей, в то время как другие два термометра оставались в стороне и не были подвержены их действию. В этом случае термометр № 1, подставленный под полновесные лучи, поднялся на 7° за 10 мин [табл. 7].

Я сдвигал подставку назад до тех пор, пока центр шарика термометра № 1 не оказался в точности в исчезающем красном цвете, так что половина его шарика была внутри, а половина — вне видимых солнечных лучей. Здесь термометр № 1 поднялся на 8° за 10 мин.

Не теряя времени, дабы лучше связать вместе эти последние наблюдения, я не стал возвращать термометр № 1 к комнатной температуре, будучи уже хорошо знаком со скоростью [изменений] его показаний в сравнении с № 2, а перешел к следующему эксперименту, сдвинув подставку настолько, что шарик термометра № 1 был полностью вне видимых солнечных лучей, помещая все же линию границы красного цвета столь близко к наружной стороне шарика, сколь было возможно без того, чтобы коснуться его. Здесь термометр № 1 за 10 мин поднялся еще на 1° по сравнению с тем, насколько он смог подняться в его предшествующем положении; теперь это составляло 9° выше эталона. Шарик этого термометра имел диаметр в точности полдюйма, и поэтому его

центр находился на $\frac{1}{4}$ дюйма за видимым освещением, действию которого не подвергалась ни одна его часть [табл. 8, 9].

Для получения истинного максимума было бы неправильно сравнивать эти последние наблюдения с теми, что были выполнены раньше этим же утром, поскольку теперь солнце было сильнее, чем в тот период времени. По этой причине я сделал так, чтобы линия окончания видимого света снова находилась на расстоянии $\frac{1}{2}$ дюйма от этого шарика, и получил такие результаты. Теперь, когда центр шарика термометра № 1 находился на расстоянии $\frac{1}{2}$ дюйма от видимых солнечных лучей, он за 16 мин поднялся на $8^{\frac{3}{4}} \text{°}$, и разность слишком незначительна, чтобы предположить, что последнее положение термометра было гораздо дальше максимума нагревательной способности; хотя в то же время эксперимент в достаточной степени указывает, что нет необходимости искать место, о котором идет речь, на большем расстоянии [табл. 10].

Теперь легко уложить полученные результаты в очень узкие рамки. Первые четыре эксперимента доказывают, что существуют лучи, приходящие от Солнца, которые преломляются слабее, чем любые из лучей, действующих на глаз. Они наделены сильной способностью к нагреву тел, но лишены способности освещать тела. Это и объясняет причину, почему до сих пор они ускользали от внимания. В мои намерения не входит указание угла наименьшего преломления для этих лучей, поскольку для этой цели необходимы более точные, повторяющиеся и пространственные опыты. Но на расстоянии 52 дюйма от призмы все еще имелась значительная способность к нагреву, проявляемая нашими невидимыми лучами на расстоянии $1\frac{1}{2}$ дюйма за красными лучами, измеренном по их проекции на горизонтальную плоскость. У меня нет сомнений, что их действительность может быть прослежена и несколько далее. Опыты 5 и 6 показывают, что способность к нагреванию тянется до крайних пределов видимых фиолетовых лучей, но не далее их; и она постепенно ослабляется по мере того, как лучи становятся все более преломляемыми. Последние четыре эксперимента доказывают, что максимум нагревательной способности находится в невидимых лучах, и, вероятно, он находится на расстоянии не менее полудюйма за последними видимыми лучами, когда они проецируются так, как указано выше. Эти эксперименты показывают также, что невидимые солнечные лучи в своем наименее преломляемом состоянии и значительно дальше максимума все еще демонстрируют способность к нагреванию, полностью равную способности к нагреванию красного света. Следовательно, если мы можем вывести количество действующего фактора из производимого действия, то по числу невидимые солнечные лучи, возможно, значительно превышают видимые.

В заключение, если мы называем светом те лучи, которые освещают объекты, и лучистым теплом те, что нагревают тела, то можно задать вопрос: существенно ли отличается свет от лу-

чистой теплоты? Ответ, который я мог бы предложить, состоит в том, что по правилам философствования мы не можем принять две разные причины для объяснения определенных эффектов, если их можно отнести за счет одной. Пучок лучистого тепла, исходящий от Солнца, состоит из лучей, по-разному преломляющихся. (...) Если это правильное описание солнечного тепла, в поддержку которого я ссылаюсь на свои опыты, то нам остается лишь принять, что те солнечные лучи, которые имеют преломляемость лучей, содержащихся в призматическом спектре, благодаря строению органов зрения воспринимаются под видом света, а остальные, будучи задержанными оболочками и соками глаза, действуют на органы зрения, как и на все другие части нашего тела, вызывая ощущение тепла.

Комментарий

Перевод с английского работы В. Гершеля выполнен С. Р. Филоновичем по публикации: *Philosophical Transactions*, 1800, vol. 90, Pt. 11, p. 284. Название работы на языке оригинала: «*Experiments on the Refrangibility of the invisible Rays of Sun*».

- ¹ Речь идет о статье Гершеля «Исследование способности призмных цветов нагревать и освещать тела; с замечаниями, которые доказывают различную преломляемость лучистой теплоты; к чему прибавлено исследование метода удобного наблюдения Солнца посредством телескопов с большой апертурой и высоким увеличением». В ней Гершель предложил использовать в качестве фильтра, уменьшающего нагрев телескопа, слой воды, подкрашенной чернилами.
 - ² Эта работа называется «Опыты с солнечными и земными лучами, которые вызывают тепло; со сравнительным обзором законов, которым подчиняются свет и теплота, или, точнее, лучи, которые их вызывают, с целью определить, одинаковы они или различны».
 - ³ Гершель измерял изменение температуры в газах шкалы Фаренгейта.
-

Литература

- [1] Собрание научных трудов В. Гершеля: *The Scientific Papers of Sir William Herschel. Vols. 1—2.* London, 1912.
- [2] King H. C. *Sir William Herschel and the discovery of radiant heat.* «*Journal of British Astronomical Association*», 1955, vol. 65, n 7.
- [3] Еремеева А. И. *Вселенная Гершеля.* М., 1966.

Голин Г. М., Филонович С. Р.

Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. — М.: Высш. шк., 1989. — 576 с.: ил. ISBN 5-06-000058-3