



Р. Декарт

1596—1650

О радуге

Реальная история науки сложна и противоречива. Это проявляется и в том, что многие важные открытия на долгие годы погружаются в забвение, и в том, что в течение длительного времени господствующее положение могут занимать в корне ошибочные воззрения. Для правильного понимания хода исторического развития физики необходимо учитывать ее многообразные связи с социальной историей, с философией, с другими естественными науками. Без этого, в частности, невозможно оценить ту роль, которую сыграло в становлении науки Нового времени творчество выдающегося французского философа Р. Декарта.

Рене Декарт родился 31 марта 1596 г. в Лаэ, близ Тура, в знатной, но небогатой семье. Отец Рене считал, что детям следует дать образование, подобающее их дворянскому происхождению, поэтому отдал сына в иезуитский коллеж Ла-Флеш. Декарт закончил коллеж в 1614 г. и затем некоторое время изучал медицину и право в университете в Пуатье. В конце 1616 г. он сдает экзамен и утверждается в звании бакалавра и лиценциата права.

В отличие от многих других выдающихся мыслителей жизненные интересы Декарта определились далеко не сразу. После окончания учебы он какое-то время предавался светской жизни, а затем поступил на военную службу сначала в армию Мориса Оранского, а затем курфюрста Баварского. Именно во время службы в качестве наемника Декарт начал размышлять над проблемами, занимавшими его на протяжении всей жизни. Обострению интереса к проблемам познания способствовало и знакомство Декарта с голландцем И. Бекманом, ставшим близким другом будущего философа, в переписке с которым были впервые сформулированы многие идеи Декарта.

Почти семь лет (1619—1626) Декарт провел в скитаниях по Европе, набираясь жизненных впечатлений и размышляя над проблемами философии и математики. Обращение к математике не было случайным. Убедившись в бесполезности схоластической логики, которой его обучали в коллеже, Декарт пришел

к мысли о том, что единственный надежный путь познания — это использование строгого метода математики. Именно поэтому еще в молодости у него возникла идея создать всеобщую математику, которую он считал наукой о пространственных образах, их расположении и измерении. В математике Декарт добился больших успехов. Он решил ряд задач, касающихся алгебраических уравнений и классификации плоских кривых. Вершиной его творчества в этой области стало знаменитое сочинение «Геометрия» (1637), в котором были заложены основы аналитической геометрии. Отметим, что Декарту принадлежит и заслуга введения алгебраической символики — он предложил обозначать неизвестные буквами x , y , z , а буквенные коэффициенты — a , b , c , ..., ввел обозначения степеней и т. д.

Однако при жизни наиболее широкую известность Декарт приобрел как философ, пропагандировавший скептицизм. Он, вопреки господствовавшим в ту пору религиозным взглядам, считал человеческий разум основой познания и отводил ему главную роль в оценке результатов научных исследований. Эти взгляды Декарт развивал в сочинении «Мир», законченном в 1634 г. Оно, однако, не было издано — и неортодоксальные философские суждения, и изложение системы Коперника делали публикацию книги Декарта крайне опасной. Некоторое время ученый даже размышлял над тем, не отказаться ли ему вообще от издания каких-либо сочинений. Однако размеренная жизнь в небольших городках Голландии, вдали от суеты и жарких дискуссий, постепенно восстановила душевное равновесие Декарта, и в 1637 г. он издал сочинение «Рассуждение о методе, чтобы хорошо направлять свой разум и отыскивать истину в науках» с приложениями «Диоптрика», «Метеоры» и «Геометрия».

К этому времени у Декарта сложились основные физические воззрения. Он построил свою картину мира, основанную на предположении о том, что все пространство заполнено материей, находящейся в состоянии непрерывного движения. Все процессы в природе Декарт сводил к пространственному перемещению и рассматривал закон «сохранения движения» как один из фундаментальных законов природы. В целом материалистическая концепция Декарта была, безусловно, прогрессивной для своего времени. Он боролся за изгнание из науки всех непознаваемых сущностей, которыми ее заполняла средневековая схоластика. В то же время многие суждения Декарта, касающиеся конкретных физических явлений и закономерностей, были ошибочными. В частности, он создал фантастическую теорию тяготения, основанную на представлении о вихрях, с которой пришлось бороться теории тяготения Ньютона. Правила удара, выведенные на основе закона «сохранения движения», не соответствовали данным опыта (Декарт считал скорость сугубо положительной величиной — отсюда и происходят его ошибки). Декарт сформулировал закон преломления света, но данный им вывод этого закона, базирующийся на аналогии между движением мяча че-

рез границу раздела двух сред и распространением света, был внутренне противоречивым.

Одним из немногих правильных физических результатов, полученных Декартом, было объяснение явления радуги, привлечавшего внимание ученых-оптиков на протяжении столетий. Оно было дано в приложении «Метеоры» к сочинению «Рассуждение о методе». В исследовании радуги гармонично соединились тонкий, критический анализ явления, характерный для Декарта, экспериментальный метод, который пропагандировал ученый, и математический расчет, проведенный в обоснование качественного объяснения физического эффекта.

Уже при жизни Декарт пользовался широкой известностью и авторитетом в научных кругах. Он поддерживал контакты со многими известными учеными того времени (М. Мерсенн, П. Ферма, Б. Паскаль и др.). Знатные особы считали за честь учиться у него философии. В 1649 г. к нему обратилась шведская королева Кристина с просьбой переехать в Стокгольм и стать ее учителем. Декарт не смог отказать коронованной особе. Он покинул Голландию, ставшую его второй родиной, и переехал в холодную Швецию. Этот шаг стал роковым для Декарта, не отличавшегося крепким здоровьем. Не выдержав непривычного климата и режима работы, ученый заболел и 11 февраля 1650 г. умер.

После смерти ученого влияние его идей не только не ослабло, но и получило более широкое распространение, несмотря на то, что его сочинения были включены в «Индекс запрещенных книг» католической церкви. Вера в силу человеческого разума, пропагандировавшаяся Декартом, стала одним из символов науки Нового времени.

О радуге

Радуга — столь замечательное чудо природы, и над ее причинами, до сих пор столь мало известными, во все времена столь настойчиво задумывались пытливые умы, что мне трудно найти вопрос, на котором я лучше мог бы показать, как при помощи применяемого мною метода можно прийти к знаниям, которыми не обладали те, чьими сочинениями мы располагаем. Во-первых, когда я принял во внимание, что радуга может появляться не только на небе, но также и в воздухе вблизи нас каждый раз, когда в нем находятся капли воды, освещенные солнцем, как это иногда можно видеть на опыте в фонтанах, мне было легко заключить, что она зависит от того, каким образом лучи света действуют на эти капли, а от них достигают нашего глаза. Зная, что эти капли шарообразны, и видя, что и при больших, и при малых каплях радуга появляется всегда одинаковым образом, я поставил себе целью создать очень большую каплю, чтобы иметь возможность лучше ее рассмотреть. Для этого я наполнил

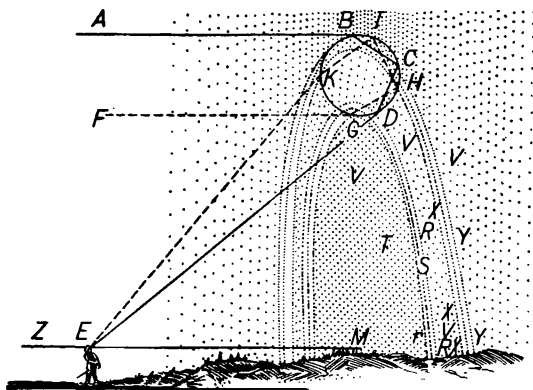


Рис. 20

водой большой стек-
лянный сосуд, впол-
не круглый и вполне
прозрачный, и при-
шел к следующему
выводу: если, на-
пример, Солнце
[рис. 20] находится
в части неба, обо-
значенной AFZ , а
мой глаз — в точке E ,
и я помещал свой
шар в BCD , его
часть D казалась
мне совершенно
красной и значитель-
но более яркой, чем

остальное. Если я приближался к сосуду или удалялся от него и помещал его вправо или влево [от себя], или даже поворачивал вокруг своей головы, эта часть казалась все такой же красной, если только линия DE составляла угол около 42° с линией EM , соединяющей центр глаза с центром Солнца. Но если я несколько увеличивал этот угол, красный цвет исчезал, если же я его немного уменьшал, то он исчезал не так внезапно, а предварительно разделялся как бы на две менее яркие части, в которых можно было видеть желтый цвет, голубой и другие цвета. Глядя на то место шара, которое обозначено K , я заметил, что, когда угол составлял около 52° , эта часть K также представлялась красной, но менее яркой, чем D . Если я его немного увеличивал, то в ней появлялись и другие более слабые цвета; если же я его чуть-чуть уменьшал или сильно увеличивал, больше никакой окраски не появлялось. Это было для меня явным доказательством того, что если весь воздух, находящийся в M , наполнен такими шариками или, на их месте, каплями воды, то в каждой из этих капель, — для которых линии, проведенные к глазу E , составят угол около 42° с EM и которые я обозначаю R , — должна появиться точка очень яркого красного цвета. Поскольку мы обозреваем эти точки все вместе, отмечая места, где они находятся лишь углом, под которым мы их видим, они должны представиться нам в виде непрерывного круга красного цвета. Точно так же должны существовать и точки в S и T , для которых линии, проведенные из E , составляют с EM более острые углы и которые образуют круги более слабой окраски; в этом и состоит первая и главная радуга. Если угол MEK составляет 52° , то в каплях, обозначенных X , должен появиться красный круг, а в каплях, обозначенных Y , — круги более слабых цветов. Они вызывают появление второй, побочной радуги. И наконец, во всех остальных каплях, обозначенных V , не появится никаких цветов. Когда я затем рассмотрел подробнее, почему в шарике BCD часть D

представлялась красной, я нашел, что здесь дело в лучах Солнца, которые, проходя из A в B , преломлялись, входя в воду в точке B , и шли в C , откуда они отражались в D , и преломлялись вновь при выходе из воды, направляясь в E , ибо как только я помещал непрозрачное или темное тело в каком-либо участке линий AB , CD , BC или DE , этот красный цвет исчезал, а если я закрывал весь шар, кроме точек B и D , и помещал темные тела во всяких иных местах, красный цвет продолжал появляться. Затем, отыскивая причину красного цвета, возникшего в K , я нашел, что это были солнечные лучи, идущие из F в G , где они преломлялись по направлению к H , а из H отражались в I , а из I вновь отражались в K и, наконец, преломлялись в точке K и направлялись в E . Таким образом, первая радуга происходит от лучей, которые достигают глаза, после двух преломлений и одного отражения, а вторая — от других лучей, которые его достигают лишь после двух преломлений и двух отражений; поэтому она не может быть такой яркой, как первая. Но оставалась еще главная трудность, а именно — выяснить, почему при наличии многих других лучей (которые после двух преломлений и одного или двух отражений могут попасть в глаз, когда шар находится в ином положении) все же лишь те лучи, о которых я говорил, дают различные цвета. <...>

...я еще не знал, почему цвета появлялись там лишь под известными углами, пока я не взял перо и не вычислил подробно хода всех лучей, которые падают на различные точки водяной капли, чтобы узнать, под какими углами они могут попасть в наш глаз после двух преломлений и одного или двух отражений. Тогда я нашел, что после одного отражения и двух преломлений оказывается гораздо больше лучей, которые могут быть видны под углом от 41° до 42° , чем таких, которые видны под каким-либо меньшим углом, и нет ни одного, который был бы виден под бóльшим. Я нашел также, что после двух отражений и двух преломлений имеется гораздо больше лучей, падающих в глаз под углом от 51° до 52° , чем таких, которые падали бы под каким-либо большим углом, и нет совсем таких, которые падали бы под меньшим. Вследствие этого получается тень, ограничивающая по одну и по другую сторону свет, который, пройдя через бесчисленное число дождевых капель, освещенных Солнцем, попадает в глаз под углом 42° или немного менее и дает, таким образом, первую и главную радугу. Так же получается и тень, ограничивающая свет, падающий под углом 51° или немного больше и дающий внешнюю радугу. <...>

Но чтобы те, кто знает математику, могли судить, достаточно ли правильны сделанные мною вычисления для этих лучей, мне следует их здесь пояснить.

Пусть DFA [рис. 21] — капля воды, полудиаметр которой CD или AB я делю на столько равных частей, сколько я хочу вычислить лучей, чтобы на долю одних пришлось столько же света, сколько и на долю других¹. Затем я рассматриваю один из этих

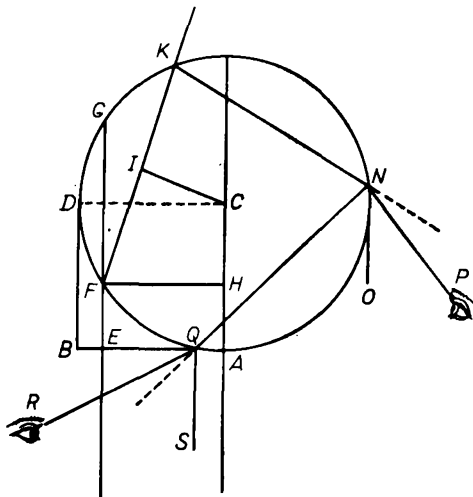


Рис. 21

лучей в отдельности, например FE , который вместо того, чтобы пройти в G , отклоняется в K , а из K отражается в N , а оттуда идет в глаз P ; или отражается еще раз из N в Q , и оттуда отклоняется к глазу R . Если провести CI под прямым углом к FK , я знаю из того, что было сказано в «Диоптрике», что AE или FH и CI находятся между собой в отношении, которым измеряется преломление воды. Если FH содержит 8000 частей таких, каких AB содержит 10 000, то CI будет содержать их примерно 5984, ибо преломление воды немного больше, чем отношение трех к четырем, и, насколько точно я мог измерить, оно составляет 187 к 250. Имея, таким образом, две прямые FH и CI , я легко нахожу две дуги: FG , которая равна $73^{\circ}44'$, и FK , которая равна $106^{\circ}30'$. Затем, вычитая удвоенную дугу FK из суммы дуги FG и 180° , я получаю $40^{\circ}44'$ для угла ONP , ибо я предполагаю ON параллельным FE . И, отнимая эти $40^{\circ}44'$ из FK , я получаю $65^{\circ}46'$ для угла SQR , ибо я полагаю также SQ параллельным FE . Вычисляя таким же способом все другие дуги, параллельные FE , которые проходят через деления диаметра AB , я составляю следующую таблицу:

Линия FH	Линия CI	Дуга FG	Дуга FK	Угол ONP	Угол SQR
1000	748	$168^{\circ}30'$	$171^{\circ}22'$	$5^{\circ}40'$	$165^{\circ}45'$
2000	1496	$165^{\circ}55'$	$162^{\circ}48'$	$11^{\circ}19'$	$151^{\circ}29'$
3000	2244	$145^{\circ}4'$	$154^{\circ}4'$	$17^{\circ}56'$	$136^{\circ}8'$
4000	2992	$132^{\circ}50'$	$145^{\circ}10'$	$22^{\circ}30'$	$122^{\circ}4'$
5000	3740	120°	$136^{\circ}4'$	$27^{\circ}52'$	$108^{\circ}12'$
6000	4488	$106^{\circ}16'$	$126^{\circ}40'$	$32^{\circ}56'$	$93^{\circ}44'$
7000	5236	$91^{\circ}8'$	$116^{\circ}51'$	$37^{\circ}26'$	$79^{\circ}25'$
8000	5984	$73^{\circ}44'$	$106^{\circ}30'$	$40^{\circ}44'$	$65^{\circ}46'$
9000	6732	$51^{\circ}41'$	$95^{\circ}22'$	$40^{\circ}57'$	$54^{\circ}25'$
10000	7480	0	$83^{\circ}10'$	$31^{\circ}40'$	$69^{\circ}30'$

Легко видеть из этой таблицы, что имеется гораздо больше лучей, составляющих угол ONP приблизительно 40° , чем лучей, которые составляли бы меньший угол, или угол SQR приблизительно 54° , чем лучей, которые составляли бы больший угол; чтобы сделать ее еще более точной, я даю:

Линия <i>FH</i>	Линия <i>CI</i>	Дуга <i>FG</i>	Дуга <i>FK</i>	Угол <i>ONP</i>	Угол <i>SQR</i>
8000	5984	73°44'	106°30'	40°44'	65°46'
8100	6058	71°48'	105°25'	40°58'	64°37'
8200	6133	69°50'	104°20'	41°10'	63°10'
8300	6208	67°48'	103°14'	41°20'	62°54'
8400	6283	65°44'	102°9'	41°26'	61°43'
8500	6358	63°34'	101°2'	41°30'	60°32'
8600	6432	61°22'	99°56'	41°30'	58°26'
8700	6507	59°4'	98°48'	41°28'	57°20'
8800	6582	56°42'	97°40'	41°22'	56°18'
8900	6657	54°16'	96°32'	41°12'	55°20'
9000	6732	51°41'	95°22'	40°57'	54°25'
9100	6806	49°0'	94°12'	40°36'	53°36'
9200	6881	46°8'	93°2'	40°4'	52°58'
9300	6956	43°8'	91°51'	39°26'	52°25'
9400	7031	39°54'	90°38'	38°38'	52°0'
9500	7106	36°24'	89°26'	37°32'	51°54'
9600	7180	32°30'	88°12'	36°6'	52°6'
9700	7255	28°8'	86°58'	34°12'	52°46'
9800	7330	22°57'	85°43'	31°31'	54°12'

и я вижу отсюда, что самый большой угол *ONP* может быть равен $41^{\circ}30'$, а самый маленький *SQR* — $51^{\circ}54'$; прибавляя или отнимая приблизительно $17'$ для полудиаметра Солнца, имею $41^{\circ}47'$ для наибольшего полудиаметра внутренней радуги и $51^{\circ}37'$ для наименьшего полудиаметра внешней. <...>

Впрочем, мне не стоило труда узнать, почему красный цвет находится снаружи у внутренней радуги и почему он находится внутри внешней. Ибо та же причина, по которой красный цвет виден через призму *MNP* [рис. 22] в *F*, а не в *H*, вызывает следующее: если поместить глаз на место белого полотна *FGH* и смотреть на эту призму, мы увидим красный цвет в более толстой ее части *MP*, а синий — в *N*. Это происходит потому, что окрашенный в красное луч, идущий в *F*, исходит из *C*, т. е. части Солнца, более близкой к *MP*. И по той же причине, поскольку центр водяных капель, а стало быть более толстая их часть, находится снаружи по отношению к окрашенным точкам, образующим внутреннюю радугу, то и красный цвет должен появляться в ней снаружи. Поскольку этот центр расположен внутри по отношению к точкам, образующим внешнюю радугу, то и красный цвет также должен возникать в ней внутри. <...>

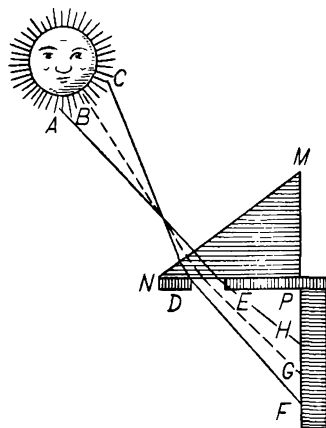


Рис. 22

Комментарий

Перевод с французского сочинения Р. Декарта выполнен Г. Г. Слюсаревым. Отрывки воспроизводятся по изданию: Декарт Р. Рассуждение о методе. М., 1953. Полное название на языке оригинала: Discour de la Methode, pour bien conduire sa raison et chercher la verité dans les sciences. Plus La Dioptrique. Les Metheores et la Geometrie qui sont des essais de cette Methode.

Первое издание этого сочинения Декарта вышло в Лейдене в 1637 г.

¹ Этот остроумный метод расчета световой энергии находит применение и в настоящее время в тех случаях, когда нельзя пользоваться аналитическим способом.

Литература

- [1] Собрание сочинений Декарта: Oeuvres de Descartes. Publ. par C. Adam, P. Tannery. T. 1—12, Paris, 1897—1913.
- [2] Scott J. F. The scientific work of René Descartes. London, 1952
- [3] Sabra A. I. Theories of light from Descartes to Newton. London, 1967, ch. 1—4.
- [4] Матвиевская Г. П. Рене Декарт. М., 1976.

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