УДК 165.0

DOI: 10.15372/PS20230209

С.Б. Бондаренко

КОГНИТИВНЫЙ ОПЫТ КОРПУСКУЛЯРНОЙ ОПТИКИ

В статье выделяются и анализируются четыре основных направления развития корпускулярной оптики: Демокрита – Гассенди, Анаксагора – Гоббса, Филолая – Декарта и Ньютона. Дается гносеологическая оценка когнитивных возможностей корпускулярных теорий света.

Ключевые слова: натурфилософия; корпускулярная теория света; оптические эксперименты; математическая физика

S.B. Bondarenko

COGNITIVE EXPERIENCE OF CORPUSCULAR OPTICS

The article identifies and examines four main directions in the development of corpuscular optics: those of Democritus-Gassendi, Anaxagoras-Hobbes, Philolaus-Descartes and Newton. It provides an epistemological assessment of the cognitive capabilities of corpuscular theories of light.

Keywords: natural philosophy; corpuscular theory of light; optical experiments mathematical physics

Геометрическая оптика – это оригинальная физическая теория, применившая евклидову геометрию по причинам ее дедуктивной логической строгости и наглядной эмпирической интерпретации. Но геометрическая оптика не давала понимания механизмов распространения, отражения и преломления света и не отвечала на вопросы о том, что такое свет и световой луч [2]. Евклид, основоположник геометрической оптики, развивал пифагорейское направление в оптике [18, р. 308]. Вслед за Пифагором и Эмпедоклом он верил, что таинственные невидимые лучи испускаются глазами человека, ощупывают материальные объекты и возвращаются обратно в глаза, порождая зрительные восприятия.

© Бондаренко С.Б., 2023

Античные философы и физики (Левкипп, Анаксагор, Демокрит, Эпикур, Лукреций и др.) выдвинули учения о структуре материи, которые содержали предположения о происхождении и свойствах света. Методология истории физической оптики не запрещает выделения теорий света. Термин «теория» имеет множество значений и используется в разнообразных контекстах, включая названия относительно сложных натурфилософских построений. По мнению автора, если выделить устойчивые направления развития корпускулярной оптики, содержащие описания и объяснения световых явлений и поддерживаемые учеными на протяжении длительного периода, то эти направления можно назвать *корпускулярными теориями света*. Б. Вонсен пишет о корпускулярной теории света и упоминает имена Демокрита, Декарта, Ньютона. Вонсен не анализирует термин «корпускулярная теория света». Он полагает, что корпускулярная теория света в истории оптики одна и следующим образом обобщает историю атомистических представлений о свете: «...Идея о том, что свет должен состоять из материальных частиц, берет свое начало у атомиста Демокрита, затем она получила, по крайней мере частичную, поддержку у Декарта в 1637 г. и достигла апогея в работе Ньютона в 1704 г.» [19, р. 76].

Философско-методологический анализ истории философии, физики, астрономии и космологии дает основание для выделения устойчивых направлений в корпускулярной оптике. По мнению автора, в истории физической оптики можно выделить четыре корпускулярные теории света. Термины «физика» и «физическая теория» многозначны. Т. Гомперц в главе «Физики-атомисты» пишет: «Предание издавна старалось связать два великих имени: “отца медицины” Гиппократ и того, кого мы имеем право считать отцом физики, – Демокрита» [7, с. 326]. Натурфилософские теории света тоже можно называть физическими, хотя они состоят из онтологических рассуждений и абстрактных интерпретаций чувственного опыта. Корпускулярными называются теории, в которых свет представляется в виде потока устойчивых однородных материальных образований сравнительно малых размеров. Когнитивные возможности корпускулярной оптики отображаются в результатах основных корпускулярных теорий света.

Огромную популярность приобрела атомистическая натурфилософская система Демокрита. В теории Демокрита распространение света объяснялось как поток отпечатков тел, переносимых воз-

духом до зрительного аппарата человека: «От предметов отделялись бесконечно тонкие чешуйки, или пленки, которые в случае непосредственной близости проникали в глаз и делались видимыми как изображения в зрачке» [7, с. 369]. Демокрит обосновывает вывод, что материальные тела не обладают цветом, и рассматривает цвета только как наши световые ощущения, состояния души. Натурфилософия Демокрита имеет ярко выраженный антимифологический и антипифагорейский характер.

Основной аргумент П. Гассенди в защиту атомистической структуры материи звучит так: бесконечная делимость материи превратит тело в ничто. Поэтому Гассенди поддерживает натурфилософию Демокрита и Эпикура. Он предложил свой вариант атомистического объяснения природы света: «...С поверхности тел исходят какие-то эманации непрерывно отлетающих атомов, у которых сохраняется то же положение и тот же порядок, что и в плотных телах и их поверхностях. Эти эманации представляют собой поэтому как бы формы, образцы или изображения тел, от которых они исходят, и, будучи сходны с этими последними по внешним своим очертаниям, они значительно превосходят всякую видимую вещь своей тонкостью» [5, с. 237]. Атомы Демокрита – Гассенди увидит или пощупать человек не способен, а соответствующих натуральных экспериментальных доказательств Гассенди не представил. Ф. Розенбергер отметил: «Гассенди принадлежит к натурфилософскому направлению физиков» [13, с. 135]. За две тысячи лет натурфилософская теория света Демокрита – Гассенди не разработала физико-математические методы описания свойств света и не дала их конкретное объяснение. Одна из неразрешимых проблем в модели световых явлений Демокрита – Гассенди – почему в темноте человек не видит окружающих предметов, хотя истечения и движения атомов-копий не прекращаются. Атомистическая физика Демокрита – Гассенди не объясняла смену дня и ночи. Еще одна неразрешимая проблема атомистической физики и астрономии – признание бесконечной скорости света при сохранении общей модели движения атомов. Введение Гассенди представления о комбинации атомов-копий не улучшило методы описания и объяснения свойств света. Ответ атомистов на вопрос «что такое Солнце?» не соответствует требованиям методологии науки: если Солнце есть стабильная комбинация круглых атомов, то разнообразных солнц было бы много, а Солнце одно и движение Солнца периодическое.

Номиналистическое направление корпускулярной оптики начинает развиваться в физике и космологии Анаксагора [15, с. 505–535]. Анаксагор выступил с резкой критикой атомистики. Он категорически отвергает возможность существования пустоты и признает бесконечную делимость материи. Наблюдаемые формы движущейся материи, по его заключению, всегда образуют прочные смеси качеств материального субстрата. Поэтому заявление Анаксагора о бесконечной делимости отражает непоследовательность и противоречивость его физики на фоне его утверждений о движении материи в виде структурированных корпускул. Анаксагор ограничивается онтологическими рассуждениями о наблюдаемых формах существования материи и формулирует закон физики: все содержится во всем в разных пропорциях. Этот закон он применяет для объяснения возникновения цветов, которые отождествляет с качествами или свойствами тел.

Комментаторы указывают на единственный первоисточник движения материи в космологии Анаксагора – таинственный космический нематериальный разум: «вращательное движение не приуще материи и Анаксагор дает этой причине название нус» [14, с. 270]. Анаксагор публично объявил об антимифологическом и антипифাগорейском характере его физики и космологии. Он утверждал, что Солнце – огненный шар из раскаленного железа размером с полуостров Пелопоннес, освещающий Землю, Луну и близкие к Земле космические тела. Звезды – это удаленные раскаленные тела, излучающие свет. Известно, что свет излучают холодные и теплые тела (некоторые жуки, черви, рыбы, глаза животных, гниющее дерево, растворы, соли). Анаксагор не дает конкретного описания свойств света и не объясняет причины его возникновения и распространения. Он не раскрывает связи между огнем и излучаемым им светом.

Т. Гоббс создает деистическое учение о мире, в котором существуют материальные тела, имеющие три пространственные координаты. Он обосновывает возможность бесконечной делимости и отрицает существование пустоты. В номиналистической онтологии Гоббса материя существует в виде бесконечного множества тел, подверженных механическим действиям (принцип близкодействия). Безграничный универсум заполнен крупными и мелкими твердыми телами и жидким веществом [6, с. 211]. Онтология номинализма Гоббса направлена против пифагорейской мистики и атомистической картины мира [6, с. 180]. Световой луч в физике Гоббса – пря-

молинейно распространяющийся процесс передачи движения мелких, невидимых глазу человека частиц. Цвет возникает при нарушении движения потока частиц. «Белый цвет, – поясняет Гоббс, – есть свет, нарушенный вследствие множества отраженных световых лучей, действующих на глаз в пределах тесного пространства» [6, с. 213].

Науку Гоббс определяет как совокупность теоретических положений и дедуктивных выводов из них [6, с. 236]. Поэтому точные эмпирические методы физического описания он подменяет абстрактными теоретическими рассуждениями и определениями. Он ограничивается натурфилософскими аргументами и объяснениями, не предпринимая попыток экспериментального исследования свойств света и математического обобщения результатов. В корпускулярной теории света Анаксагора – Гоббса при объяснении происхождения и распространения света возникают такие же неразрешимые проблемы, что и в теории света Демокрита – Гассенди.

Пифагорейцы связывали свойства света с огнем. Древнегреческое пифагорейство не было монолитной мировоззренческой школой. В разбросанных по Греции территориальных подразделениях были свои лидеры. Он породил мощное течение в пифагорейской философии. Филолай построил эзотерическую систему мира с мировым Огнем («Дом Бога») в центре и с обращающимися вокруг него небесными телами (Антиземля, Земля, Луна, Солнце, пять планет) и десятой сферой звезд. Центральный Огонь – главный источник тяготения, тепла и света во вселенной, его зажег таинственный и всемогущий нематериальный дух (Хронос – бог времени), создавший вселенную и обитающий во вселенском огненном Доме. Филолай верил в то, что человек – временное единство тела и нетелесной души, и в бессмертие души, способной покидать тело человека. Опираясь на аналогию с человеком, Филолай строит антропоморфную картину мира. Небесные тела обращаются в одном направлении и приводятся в движение тонкой материей [15, с. 432–446]. Филолай признает трехмерность мирового пространства и выдвигает арифметико-геометрическую интерпретацию наблюдаемых объектов.

Не составляет труда показать сходство физики и космологии Декарта с философией Филолая. О. Дарригол ясно изложил сущность декартовской концепции света: «Из всех наук геометрия лучше всего противостояла систематическим сомнениям. Это объясняет, почему новая натурфилософия Декарта основывалась на учении

о том, что материя – это пространственное расширение. Он считал пространство полностью заполненным абсолютно твердыми частицами различных размеров и форм. Тела “третьего элемента”, или обычной материи, являются самыми грубыми и имеют произвольную форму. Частицы “второго элемента”, или “тонкой материи”, круглые и заполняют пространство настолько, насколько возможно. Частицы “первого элемента” произвольно мелкие и заполняют оставшиеся промежутки; это соскобы, образовавшиеся при обтирки шаров второго элемента в процессе взаимного истирания; в этом процессе они приобрели сильное волнение. Свет есть не что иное, как давление со стороны Солнца и звезд на шары второго элемента. Это давление мгновенно и прямолинейно передается в глаз благодаря примыканию шариков и их идеальной жесткости» [16, р. 39].

В философии Декарта множество противоречий и неоднозначных утверждений. Б. Рассел подчеркнул, что только благодаря этим противоречиям Декарт не оказался создателем новой схоластики и сумел использовать достижения современной ему науки [12, с. 686]. Декарт – убежденный сторонник библейского учения о сотворении мира из ничего. Его доказательства существования Бога и божественной природы человека копируют рассуждения и доказательства Филолая по данным проблемам. Конечная причина возникновения и движения материи в натурфилософии Декарта – Бог. Многие западные историки науки обвиняют Декарта в замаскированных заимствованиях у известных западно-европейских ученых (У. Гильберта, В. Снелля и др.) и демонстративно пренебрежительном отношении к Г. Галилею. Хотя отдельные элементы физики Декарта имеют сходство с механикой Галилея. М. Льюэлли настаивает на том, что Декарт возвращается к древнему оккультизму: «...Тонкая материя обладает тремя действиями: светом, теплом и тяготением. Этим Декарт создает основы того представления о флюидах, которое господствовало в физике в течение всего XVIII века и частично XIX века» [9, с. 84].

В корпускулярной теории света Филолая – Декарта предпринимаются попытки применить математические методы и связать их с натурфилософскими механическими понятиями. Декарт продолжает античную традицию признавать истинными логичные теории и дедуктивные выводы из них без тщательной проверки опытами. Закон преломления света выведен Декартом из непроверенных оптических экспериментами и ошибочных предположений, что ско-

рость света всегда увеличивается в более плотных средах и величина составляющей скорости света, параллельной поверхности раздела сред, при переходе из одной среды в другую не изменяется. Но глаз, по мнению Декарта, также мог вызывать давление на внешнюю среду, а это уже прямая поддержка представлений о свете, принадлежащим Пифагору. Декарт исключает из своих механогеометрических моделей объяснения богов античных мифов [4].

Т. Гоббс и П. Ферма подвергли сокрушительной критике оптику Декарта [13, с. 133]. Представление Декарта о свете противоречит его теории вихрей, так как вторые и третьи элементы находятся в некогерентных движении и вращении. Декарт попытался построить оптику на основе своей натурфилософской механики и принципа близкодействия, которые имели глубокие корни в античной физике и космологии.

Полноценная корпускулярная теория света, соответствующая требованиям экспериментальной и математической физики XVIII в., – это теория И. Ньютона [11]. Ф. Араго приводит аргументы, подтверждающие приверженность Ньютона корпускулярно-механической теории света [1, с. 101]. Ньютон в «Оптике» подчеркивает, что он понимает свет как поток дискретных корпускул, обладающих массой и скоростью. Он попытался построить оптические модели средствами новой механики, включающей законы динамики, представление о силе тяготения, законы Кеплера, принцип дальнего действия. Оптические эксперименты Ньютона продемонстрировали неограниченные когнитивные возможности натуральных экспериментов, но ему не удалось применить полученные экспериментальные данные для доказательства истинности корпускулярной теории света.

Т. Ламперт, анализируя экспериментальный метод Ньютона, утверждает, что экспериментальные исследования позволяли Ньютону делать правильные выводы о причинах преломления света посредством индуктивных рассуждений [17, р. 263]. Но Ньютон не отступал от корпускулярных представлений о свойствах света, с определения которых он начинает «Оптику», и не смог сделать правильный вывод об электромагнитной природе световых лучей. Механические модели в оптике оказались неправильными. Расчеты силы притяжения световых корпускул к призме, построенные по аналогии с притяжением макротел, приводили к результатам, не совпадающим с экспериментальными данными. Ньютонская корпускулярная теория света зашла в тупик. И тем не менее оптика

Ньютона имела феноменальный успех. М. Борн прямо указывает на причины господствующего положения корпускулярной теории света Ньютона в XVIII в.: во-первых, сказался авторитет Ньютона в физике; во-вторых, экспериментальные доказательства существования световых волн впервые были получены О.-Ж. Френелем в XIX в. [3, с. 39].

Анализ корпускулярно-волнового дуализма не входит в задачи настоящей статьи. Поэтому приведу ценное замечание Л.И. Мандельштама о когнитивном значении теории света Ньютона: «...Иногда говорят, что мы приблизились к точке зрения Ньютона, и этим объясняют теперешний повышенный интерес к его исследованиям. Я не думаю, чтобы это было так. Слова действительно похожи, но физическое содержание, которое вкладываем мы теперь в понятия частицы и волны, совершенно другое, чем то, которое вкладывал Ньютон» [10, с. 129]. Следует учитывать, что понятие волны в физике не имеет однозначного смысла. Поэтому можно говорить о волнах материи в античных физике и космологии.

Поклонники творчества Леонардо да Винчи недовольны тем, что его имя не фигурирует в истории оптики. В системе мира Леонардо да Винчи место мистического центрального огня заняло Солнце. Леонардо, находившийся под сильным воздействием пифагорейских представлений о природе и веривший в магическую силу Солнца, пытался соединить пифагорейскую мистику с корпускулярными представлениями о свете: «Каждое тело наполняет окружающий воздух своими образами, которые все во всем и все в каждой части. Воздух полон бесчисленных прямых и светящихся линий, которые пересекают друг друга и переплетаются друг с другом, не вытесняя друг друга» [8, с. 264]. Леонардо да Винчи проводил простые физические эксперименты, с помощью которых доказывал огненную природу света. Однако у историков науки и техники нет достаточных оснований для выделения особого, леонардовского, пути в оптике. Он не создал новой теории света и не открыл новых свойств света.

Литература

1. Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. Т. 1. 496 с.

2. *Бондаренко С.Б.* Методы описания и объяснения в геометрической оптике // *Философия науки*. 2023. № 1 (96). С. 134–144.
3. *Борн М.* Физика в жизни моего поколения. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. 535 с.
4. *Декарт Р.* Мир, или Трактат о свете // *Декарт Р. Сочинения*: В 2 т. М.: Мысль, 1989. Т. 1. С. 179–249.
5. *Гассенди П.* Свод философии Эпикура // *Гассенди П. Сочинения*: В 2 т. М.: Мысль, 1966. Т. 1. С. 107–400.
6. *Гоббс Т.* Основы философии // *Гоббс Т. Сочинения*: В 2 т. М.: Мысль, 1989. Т. 1. С. 66–506.
7. *Гомперц Т.* Греческие мыслители. Минск: Харвест, 1999. 752 с.
8. *Леонардо да Винчи.* О науке и искусстве. СПб.: Амфора, 2005. 414 с.
9. *Льюици М.* История физики. М.: Мир, 1970. 464 с.
10. *Мандельштам Л.И.* Оптические работы Ньютона // *Успехи физических наук*. 1946. Т. XXVIII, вып. 1. С. 103–129.
11. *Ньютон И.* Оптика, или Трактат об отражениях, преломлениях, изгибаниях и цветах света. М.: Гостехиздат, 1954. 368 с.
12. *Рассел Б.* История западной философии. М.: Академический проект, 2009. 1008 с.
13. *Розенбергер Ф.* История физики. Москва; Ленинград: Гос. техн.-теорет. изд-во, 1933. Т. 2. 342 с.
14. *Таннери П.* Первые шаги древнегреческой науки. СПб.: Тип. В. Безобразова и К°, 1902. 449 с.
15. *Фрагменты ранних греческих философов*. Ч. 1: От эпических теокосмогоний до возникновения атомистики. М.: Наука, 1989. 576 с.
16. *Darrigol O.* A History of Optics: From Greek Antiquity to the Nineteenth Century. Oxford: Oxford University Press, 2012. 327 p.
17. *Lampert T.* Newton's experimental proofs // *Theoria: An International Journal for Theory, History and Foundations of Science*. 2021. Vol. 36, No. 2. P. 261–283.
18. *Lindberg D.C.* The Beginnings of Western Science. Chicago: University of Chicago Press. 1992. 455 p.
19. *Vohnsen B.* A short history of optics // *Physica Scripta*. 2004. Vol. 109. P. 75–79.

References

- 1 *Arago, F.* (2000). Biografii znamenitykh astronomov, fizikov i geometrov [Biographies of Distinguished Scientific Men], Vol. 1. Izhevsk, Scientific-Publishing Center "Regularnaya i Khaoticheskaya Dinamika" ["Regular and Chaotic Dynamics"], 496. (In Russ.).
2. *Bondarenko, S.B.* (2023). Metody opisaniya i obyasneniya v geometricheskoy optike [Methods of description and explanation in geometric optics]. *Filosofiya nauki* [Philosophy of Science], 1 (96), 134–144.
3. *Born, M.* (1963). Fizika v zhizni moego pokoleniya [Physics in My Generation]. Moscow, Inostrannaya Literatura Publ., 535. (In Russ.).
4. *Descartes, R.* (1989). Mir, ili traktat o svete [The World, or Treatise on the Light]. In: *R. Descartes. Sochineniya: V 2 t.* [Works: In 2 vol.], Vol. 1. Moscow, Mysl Publ., 179–249. (In Russ.).

5. *Gassendi, P.* (1966). Svod filosofii Epikura [Epicurus, His Life and Doctrine]. In: P. Gassendi. Sochineniya: V 2 t. [Works: In 2 vol.], Vol. 1. Moscow, Mysl Publ., 107–400. (In Russ.).
6. *Hobbes, T.* (1989). Osnovy filosofii [Principles of Philosophy]. In: T. Hobbes. Sochineniya: V 2 t. [Works: In 2 vol.], Vol. 1. Moscow, Mysl Publ., 66–506. (In Russ.).
7. *Gomperz, T.* (1999). Grecheskie mysliteli [Greek Thinkers]. Minsk, Kharvest Publ., 752. (In Russ.).
8. *Leonardo da Vinci.* (2005). O nauke i iskusstve [On Science and Art]. St. Petersburg, Amfora Publ., 414. (In Russ.).
9. *Liozzi, M.* (1970). Istoriya fiziki [History of Physics]. Moscow, Mir Publ., 464. (In Russ.).
10. *Mandelstam, L.I.* (1946). Opticheskie raboty Nyutona [Newton's works on optics]. Uspekhi fizicheskikh nauk [Advances in Physical Sciences]. Vol. XXVIII, Iss. 1, 103–129.
11. *Newton, I.* (1954). Optika [Optics]. Moscow, Gostekhizdat Publ., 367. (In Russ.).
12. *Russel, B.* (2004). Istoriya zapadnoy filosofii [History of Western Philosophy]. Moscow, Akademicheskii Proekt Publ., 1008. (In Russ.).
13. *Rosenberger, F.* (1933). Istoriya fiziki [History of Physics], Part 2. Moscow & Leningrad, Gostekhteorizdat Publ., 342. (In Russ.).
14. *Tanneri, P.* (1902). Pervye shagi drevnegrecheskoy nauki [The First Steps of Ancient Greek Science]. St. Petersburg, V. Bezobrazov and Co. Printing House, 449. (In Russ.).
15. *Fragmenty rannikh grecheskikh filosofov.* Chast 1: Ot epicheskikh kosmogoniy do vozniknoveniya atomistiki [Fragments of the Early Greek Philosophers. Part 1: From Epic Theocosmogonies to the Rise of Atomism]. (1989). Moscow, Nauka Publ., 576 .
16. *Darrigol, O.* (2012). A History of Optics: From Greek Antiquity to the Nineteenth Century. Oxford, Oxford University Press, 327.
17. *Lampert, T.* (2021). Newton's experimental proofs. Theoria: An International Journal for Theory, History and Foundations of Science, Vol. 36, No. 2, 261–283.
18. *Lindberg, D.C.* (1992). The Beginnings of Western Science. Chicago, University of Chicago Press, 455.
19. *Vohnsen, B.* (2004). A short history of optics. Physica Scripta, 20, 109, 75–79.

Информация об авторе

Бондаренко Станислав Борисович. Курский государственный университет (305000, Курск, ул. Радищева, 33).
bonds@rambler.ru

Information about the author

Bondarenko, Stanislav Borisovich. Kursk State University (33, Radishcheva st., Kursk, 305000, Russia).
bonds@rambler.ru

Дата поступления 09.06.2023