



К ИСТОРИИ СОВРЕМЕННОЙ ОПТИКИ И РОЛИ ГОИ ИМ. С. И. ВАВИЛОВА В ЕЕ РАЗВИТИИ В РОССИИ ЧАСТЬ I

А. Белозёров, д.т.н., ОАО "НПО ГИПО"

Двадцать первый век будет веком света: человечество существенную часть своих различных функций будет выполнять с использованием оптических частот электромагнитного поля.

Академик РАН Г.Т.Петровский

Оптические процессы интересуют людей много веков и тысячелетий, практические достижения в оптике реально насчитывают 400–500 лет.

Оптика относится к одному из базовых разделов физики и, как все естественные науки, развивалась вместе с человечеством. К науке "оптика" можно отнести множество легко объясняемых бытовых явлений и опытов, основанных, прежде всего, на их простом наблюдении (например, атмосферные явления – радуга, гало, затмения Луны и Солнца), а также результаты длительных астрономических наблюдений, часто требующих выполнения специальных расчетов. Наряду с интересом к выявлению закономерностей движения Солнца появился интерес и к самой природе солнечного излучения. И хотя "оптические" процессы интересуют людей много веков и тысячелетий, практические достижения в оптике реально насчитывают 400–500 лет. Они получены в разных странах и даже на разных континентах на основе накопленного опыта, знаний и созданных первых несовершенных оптических инструментов, чаще всего храмовой (религиозной) направленности и в интересах астрономии (астрономия всегда давала шанс развитию оптики). Развитие ремесел, связанных с созданием отдельных оптических деталей, используемых в быту, способствовало укреплению государственности, укрупнению городов-царств [1].

TO THE HISTORY OF MODERN OPTICS AND ROLE OF VAVILOV STATE OPTICAL INSTITUTE IN ITS DEVELOPMENT IN RUSSIA

PART I

*A. Belozеров, Doctor of Engineering, OJSC
"Scientific and Production Association "State
Institute of Applied Optics" (OJSC "NPO GIPO")*

The twenty first century will be the century of light: mankind will fulfill significant part of its different functions using the optical frequencies of electromagnetic field.

*G.T.Petrovsky,
member of the Russian Academy of Sciences*

People were interested in the "optical" processes for many centuries and millenniums, the practical achievements in optics are 400-500 years old.

Optics refers to one of the basic branches of physics and, like all natural sciences, it developed together with mankind. The science "optics" includes many easily-explainable everyday phenomena and experiences which are based on their simple observation, first of all (for example, atmospheric phenomena – rainbow, halo, Moon and Sun eclipses), and results of long-term astronomical observations which often require the special calculations. Along with the interest in the determination of regularities of the Sun motion, the interest in the nature of solar radiation occurred. And although people were interested in the "optical" processes for many centuries and millenniums, the practical achievements in optics are 400-500 years old. They were obtained in different countries and even in different continents on the basis of accumulated experience, knowledge and designed initial imperfect optical tools which were used for the temple (religious) purposes and in the interests of astronomy (astronomy always gave chance to the optics development). Development of handicrafts, which were connected with the creation of individual optical parts used in



В античный период человеческого общества (Эллада, Римская империя, Карфаген, Византия) древние философы, определив оптику как науку о свете, были вынуждены дать ответ на вопрос: "а что такое свет?". У многих народов, например египтян, понятия "свет" и "Солнце" были тождественными. Ответ не сводился только к геометрическому показу и демонстрации прохождения световых лучей. При наблюдении и изучении оптических явлений возникли и развивались многие философские категории, например, внешнего и внутреннего, общего и частного, первичного и вторичного, иллюзорного и реального, подобного и противоположного, строились различные теории о природе света. Основные из них [2-4]:

- Теория зрительных лучей.
- Атомистическая теория – теория так называемых отображений и воздушных впечатлений.
- Теория взаимодействия внутреннего света, зрительных и внешних лучей.
- Теория посредничества прозрачной среды, имеющая некоторые черты, сходные с волновыми представлениями.
- Теория воздушного напряжения, являющаяся вариантом теории зрительных лучей (до предметов доходят не сами лучи, а только их воздействие на промежуточный воздух).
- Теория непосредственно психического дальнего действия (телепатия).

Чаще других использовалась "теория зрительных лучей". В течение нескольких веков большая группа философов полагала, что зрительные лучи испускают сами глаза, а не Солнце, затем лучи распространяются по прямым линиям до объекта и создают впечатление видимости к таким философам прежде всего относятся [1-3]. Основатель античной философии и науки Фалес (ок. 625-547 гг. до н.э.), известный математик Пифагор (570-490 гг. до н.э.), Гераклит (544-483 гг. до н.э.), Эмпедокл (490-430 гг. до н.э.), Архит (428-365 гг. до н.э.), Платон (428-347 гг. до н.э.), Евклид (330-277 гг. до н.э.), Архимед (287-212 гг. до н.э.). Каждый философ* более детально излагал свой, часто оригинальный вариант этой теории. Так, Пифагор высказал близкую к современной точку зрения, что тела становятся видимыми благодаря испускаемым ими частицам. В качестве доказательства этой теории ученые приводили светящиеся

household, favored the consolidation of statehood, extension of cities-kingdoms [1].

During the antique period of human society (Hellas, Roman Empire, Carthage, Byzantine Empire), the ancient philosophers having determined the optics as light science had to answer the question: "What is light?" For many nations, for example, for Egyptians, the concepts "light" and "Sun" were identical. The answer did not come to the geometrical presentation and demonstration of light ray propagation. Due to the observation and study of optical phenomena, many philosophic categories have occurred and were developed, for example, concepts of external and internal, primary and secondary, illusory and real, similar and opposite, various theories on the light nature were formed. The main theories are as follows [2-4]:

- Theory of visual rays.
- Atomic theory – theory of so-called mapping and air imprints.
- Theory of interaction of internal light, visual and external rays.
- Theory of intermediation of transparent medium which has some characteristics similar to the wave representations.
- Theory of air tension which is the variant of the theory of visual rays (not rays themselves reach objects but their effect on intermediate air).
- Theory of direct mental long-range action (telepathy).

Theory of visual rays was used more frequently than other theories. During the several centuries, big group of philosophers assumed that visual rays are emanated by eyes and not by Sun and then rays scatter in the straight lines to the object and create the impression of visibility [1-3]. Founder of antique philosophy and science Thales (approx. 625-547 BC), well-known mathematician Pythagoras (572-500 BC), Heraclitus (544-483 BC), Empedocles (490-430 BC), Archytas (435-360 BC), Plato (428-347 BC), Euclid (330-277 BC), Archimedes (287-212 BC). Every philosopher** set forth his own variant of this theory, which often was original, in more detail. Thus, Pythagoras gave his point of view which is close to the modern one and stated that bodies become visible due to the particles emanated by them. As prove to this theory, scientists gave

* Философские течения и биографии философов и мыслителей древности прекрасно изложены профессорами С.К.Стафеевым и М.Г.Томилиным в [2, 3]. Автор, пользуясь случаем, выражает им свою признательность.

* Philosophic schools and biographies of ancient philosophers and thinkers are set forth in detail by the professors S.K.Stafeev and M.G.Tomilin in [2, 3]. Taking this opportunity, author expresses his gratitude to them.



ночью глаза животных. Глаза слепца, по их мнению, не видят по той причине, что не испускают лучей.

Эмпедокл в своих теориях вместо зрительных лучей использовал "сверхтонкие щупальца", исходящие из глаз наблюдателя и "обнимающие" рассматриваемый объект. Он считал белый цвет свойством огня, а черный – свойством воды.

Другая часть мыслителей греческих школ в эти же годы представляла зрение в виде тончайших флюидов, испускаемых от объекта к глазу – Левкипп (500–440 гг. до н.э.) и Демокрит (460–370 гг. до н.э.).

Флюидами из глаза наблюдателя и от внешних источников позднее стали объяснять зрение Эмпедокл и Платон. Эту теорию поддерживали Сократ (469–399 гг. до н.э.), Сенека (4 г. до н.э. – 65), Клавдий Птолемей (ок. 85–165 гг.) и Клавдий Гален (129–201 гг.). Платон полагал, что источник зрения – душа, которая с помощью глаз излучает конусы лучей, освещающие объект. Соединяясь с внешним светом, они создают особое "зрительное тело", простирающееся от наблюдателя до предмета. Эта теория получила название синаугогии [3]. Обратимся к [5]: "Из органов боги, прежде всего, устроили светоносные глаза. По их замыслу, должно было возникнуть тело, которое не имело бы жгучих свойств огня, но доставляло кроткий огонь, свойственный дню. И боги сделали так, что родственный дневному свету огонь, находящийся внутри нас, вытекает очищенным через глаза, которые задерживают грубейшую часть огня". Платон: "Когда дневной свет окружает поток зрения, тогда подобное, исходя к подобному, соединяется с ним и по направлению зрачков образует в связи с родственным одно тело, где бы падающее изнутри не натолкнулось на то, что встречает его извне.". "А когда сродный огонь на ночь отходит, этот огонь глаз обособляется, потому что, исходя к неподобному, он и сам изменяется и гаснет,

example of animal eyes which illuminate at night. According to their opinion, eyes of blind person do not see because they do not irradiate beams.

Instead of visual rays, Empedocles in his theories used "ultrathin tentacles" which were irradiated by observation eyes and "embraced" viewed object. He deemed white color as the property of fire and black color as the property of water.

Other part of thinkers of Greek school during the same period of time represented the vision in the form of very thin fluids which are emanated from object to eye – Leucippus (500–440 BC), Democritus (460–370 BC).

Later, Empedocles and Plato explained vision through the fluids from observer's eye and external sources. This theory was supported by Socrates (469–399 BC), Seneca (4 BC - 65), Claudius Ptolemy (approx. 85–165) and Claudius Galen (129–201). Plato supposed that vision source is the soul which irradiates beam cones illuminating object with the help of eyes. Connecting with the external light, they create the special "visual body" which extends from the observer to the object. This theory received the name of "sinaugogy" [3]. Let us consider [5]: "First of all, gods arranged luminous eyes from organs. According to their concept, the body, which would not have burning properties of fire but give mild fire inherent to the day, should occur. And gods caused that the fire which is related to the day light and contained inside of us is poured out in pure form through eyes which keep the roughest part of fire". Plato: "When the day light surrounds the vision flow, then the similar object coming to the similar object connects to it and towards the eye pupils forms one body in connection with the related object wherever the falling object from inside would run into the thing which meets it outside". "And when the related fire leaves for night, this fire of eyes stands apart because coming to the dissimilar it changes and



не соединяясь более с ближним воздухом, так как в нем нет огня" (огню Солнца соответствует кроткий огонь глаз, заходу Солнца – смыкание век на ночь). Известный исследователь зрительных теорий древности академик С.И.Вавилов в своих работах часто цитирует Платона: "Не существует только зрящего или только зримого", "Зримое зрит себя в зрящем, и зрящий есть зримое".

Сам глаз, чтобы видеть, должен быть светлым и солнечным: "Если бы не был глаз солнечным, как мы могли бы видеть свет? Если бы не было в нас собственной божественной силы, как могло бы божественное нас восхищать?" [6].

Цветовая картина окружающего мира есть прямое следствие существования глаза. Глаз оказывается энтелехией* физического света: он "формируется на свету для света, чтобы внутренний свет мог встретиться с внешним" [6].

Фундаментальной основой этих двух теорий является принцип зеркальности: зрительное восприятие есть проникновение в глаз эйдел** либо отражение исходящих из глаз зрительных лучей [3].

По представлению знаменитого римского поэта Тита Лукреция Кара (середина I века до н.э.) видимость материальных тел не бесконечна, ее пределом являются "первичные тельца разной формы" (своего рода флюиды), находящиеся в постоянном движении [7]. Этим объясняются запахи, испарение влаги, формирование зрительных ощущений. В своей поэме [8] Лукреций говорит о корпускулярной природе света. Его частицы – корпускулы "...реют повсюду они, состоя из прозрачной ткани, призраки все, наконец, что являются нам, отражаясь в зеркале, или в воде, или в поверхности всякой блестящей, так как по виду они настоящим

goes out not connecting anymore with near air due to the absence of fire in it" (the mild fire of eyes corresponds to the fire of the Sun, and closure of eyelids for the night time corresponds to the sunset). Well-known researcher of ancient vision theories, Academician S.I. Vavilov often quotes Plato in his works: "There is no only seeing object or only visible object", "The visible object sees itself in the seeing object and the seeing object is the visible object".

In order to see, the eye itself must be bright and sunny: "If the eye is not sunny how can we see light? If we do not have own divine power how can the divine things delight us?" [6].

Color picture of the surrounding world is the direct consequence of eye existence. Eye is the entelechy* of physical light: it "is formed at the light for the light that the internal light could meet with the external light" [6].

The fundamental basis of these two theories is the principle of reflectivity: the visual perception is intrusion of eydels** or reflection of the visual rays emanating from eyes [3].

According to the conception of the famous Roman poet Titus Lucretius Carus, the visibility of material bodies is not infinite, "primary corpuscles with different shapes" (kind of fluids) [8] which are in constant movement represent its limit [7]. Odors, moisture evaporation, formation of visual sensation are explained by this concept. In his poem, Lucretius says about the corpuscular nature of light. Its particles – corpuscles "... they fly everywhere consisting of transparent tissue, finally, they are all ghosts which appear to us reflecting in mirror or in water, or in any shiny surface; since in their appearance they are similar

* Энтелехия (по Аристотелю) – целеустремленность, целенаправленность, движущая сила, активное начало.

** Эйделы (греч.) – слепки – образы предметов.

* Entelechy (according to Aristotle) – purposefulness, commitment, motive power, active source.

** Eydels (Greek) – casts – images of items.



предметам подобны, должны из образов быть, что исходят из этих предметов".

Лукреций, Эпикур (ок. 342-271 гг. до н.э.) и Гераклит в своих трудах иногда уходят от метафизических позиций, становясь ближе к материалистическим [7]: "Передача образа от предмета к глазу есть передача света; атомы света "по пути" к глазу могут проходить через воду или стекло, порождая эйделы"; "Свет стремится в темный зрачок, а жар внешнего огня воспринимается холодными водянистыми оболочками глаза, т.е. формирование зрительного образа есть процесс, обусловленный реальностями окружающего мира".

Римский ученый Плутарх (ок. 45 - ок. 127 гг.) объясняет старческую дальновзоркость тем, что область пересечения зрительных конусов из правого и левого глаз, где предмет виден лучше всего, к старости отодвигается от глаз наблюдателя.

В период от 330 до 100 г. до н.э. (в так называемый Александрийский период античности [3]) процветала астрономия и были сделаны крупные астрономические открытия, созданы многие математические законы, построены оригинальные (безлинзовые) визиры, зажигательные параболические зеркала. Александрийские философы, мыслители и ученые - Эратосфен (ок. 276-194 гг. до н.э.), который заведовал знаменитой Александрийской библиотекой, великий астроном Гиппарх (ок. 190-125 гг. до н.э.), Герон (время жизни отнесено ко 2-й половине 1-го века н.э., подробности его жизни неизвестны). Будучи знаменитым оптиком древности, который за 1600 лет до вывода Ферма в 1679 году принципа своего имени, открыл один из основных законов построения оптического изображения [9], - внесли весомый вклад в многовековую разработку теорий зрительного восприятия: это был период становления оптической науки.

Великий философ и мыслитель Аристотель (384-322 гг. до н.э.) вносит материалистические элементы в существующую теорию о природе света: "... свет есть возбуждение среды, находящейся между объектом и глазом. Свет не является ни огнем, ни теплом в обычном смысле, ни истечением из какого-либо тела, но проявлением огня или чего-то огненного в прозрачной среде" [10].

Выдающимся арабским ученым, известным физиком средневековья Альхазеном (Абу Али Хейсама или Ибн-аль - Хайсам) (965-1039 гг.) был написан знаменитый, почитаемый оптиками всего мира трактат "Оптика тезаурус" ("Сокровище оптики") [1], переведенный на латинский язык лишь в 1270 году. Альхазен описывает строение глаза и с помощью опытов доказывает несостоятельность

to the real objects probably they refer to the images which emanate from these objects".

In their writings, Lucretius, Epicurus (approx. 342-271 BC) and Heraclitus sometimes leave metaphysical concepts and become closer to the materialistic concepts [7]: "Image transfer from the object to the eye is the light transfer; "on their way" to the eye atoms of light can go through water or glass generating eydels"; "Light tends to the dark pupil and the heat of external fire is perceived by cold watery eye membranes, in other words, the formation of visual image is the process stipulated by the realities of surrounding world".

The Roman scientist, Plutarch (approx. 45 - approx. 127) explains the presbyopia by the fact that the area of intersection of visual cones from left and right eyes, where the object is seen in the best way, shifts from the observer's eyes in old age.

During the period from 330 BC till 100 BC (during so-called Alexandria period of antiquity [3]) astronomy was prospering and large-scale astronomic discoveries were made, many mathematical laws were formulated, original (lensless) viewfinders and igniting parabolic mirrors were designed. Alexandria philosophers, thinkers and scientists - Eratosthenes (approx. 276-194 BC) who managed the famous Alexandrian Library, great astronomer Hipparchus (approx. 190-125 BC), Hero (lived in the second part of the 1st century AD, details of his life are not known) - famous ancient optician who 1600 years before the formulation of Fermat's principle in 1679 discovered one of the main laws of optical imaging [9], - made great contribution into the centuries-old development of the theories of visual perception: it was the period of optical science establishment.

Great philosopher and thinker, Aristotle (384 - 322 BC) introduces the materialistic elements into the existing theory on light nature: "... light is the excitation of the medium located between the object and eye. Light is not fire or heat in its common sense, it is not emanation from any body but manifestation of fire or something fiery in transparent medium" [10].

Outstanding Arabian scholar, well-known physicist of the Middle Ages, Alhazen (Abu Ali Haytham or Ibn al-Haytham) (965-1039) wrote famous treatise "Opticae thesaurus" ("Optics Treasure") respected by the opticians from all around the world [1] which was translated into the Latin language in 1270 only. Alhazen describes the structure of eye and using the experiments he proves the invalidity of the conceptions of ancient



представлений древнегреческих ученых Платона и Евклида о свете как о лучах, которые выходят из глаза и "ощупывают" предметы. Он выдвинул свою теорию зрения. По Альхазену, "естественный свет и цветные лучи влияют на глаз". Он также считал, что каждой точке наблюдаемого предмета соответствует некоторая воспринимающая точка глаза.

Метафизическое представление о природе света было широко распространено. Так, в XVI-XVII веках в Киеве и ряде других городов Украины существовали в качестве культурных центров братства, школы, коллегии (их названия со временем изменялись). В 1701 году Указом Петра I Киевской коллегии были даны права академии.

В 1708 году Феофаном Прокоповичем (1681-1736 гг.) в академии читался двухгодичный курс физики, в котором было представление о свете: "Свет – это блестящий слой сияющих тел, а освещение – это расширение, либо вид или какое-то отображение света, которое также связано с другими вещами. Свет существует на Солнце или в огне, освещение же – в освещенном воздухе. Свет мы не можем видеть. Разве что видим то, что есть освещенность".

Новый курс физики читался в Киевской академии в 1793 году Иринею Фальковским (1762-1823 гг.). Предмет оптики обозначался так: "Оптика есть наука о зрении предметов посредством лучей, проходящих от оных в глаз по прямой дороге" [1].

Результат размышлений и опытов античных мыслителей и философов привел к созданию ряда моделей зрения [3].

Экстрамиссия. Мы видим потому, что глаза испускают прямые зрительные лучи, охватывают контур зрительным конусом с вершиной в зрачке (Пифагор, Евклид).

Интрамиссия. Все тела испускают летучие образы, которые частично попадают в глаза наблюдателя (Демокрит, Эпикур, Лукреций).

Синаугогия и синестазис. Зрение – комбинация двух факторов: лучей внутреннего огня, бьющих из глаз, и внешнего дневного света. Встречаясь, они создают единое зрительное тело, которое соприкасается с наблюдаемым предметом и передает расположенному за глазом зрительному центру упругое давление (Эмпедокл, Платон).

Актиденция. Зрение порождается возмущением окружающей среды, внешним оболочкам глаза мгновенно передаются ощущения, возникающие при движениях всепроникающей светонесущей среды – пеллуцида, прозрачное состояние которого активируется внешним светом, а зрительные

Greek scientists Plato and Euclid concerning the light as the rays which emanate from eye and "probe" objects. He proposed his own vision theory. According to the conception of Alhazen, "natural light and color rays influence on the eye". He also deemed that some perceptive eye point corresponds to every point of observed object.

Metaphysical conception of the light nature was widespread. Thus, in 16th – 17th centuries in Kiev and in many other cities of Ukraine, brotherhoods, schools and collegiums (with the course of time their names were changed) existed in the capacity of cultural centers. In 1701 on the basis of order of Peter I Kiev Collegium was granted the rights of academy.

In 1708 Theophan Prokopovich (1681-1736) gave two-year course in physics in the academy and this course contained the following conception on light: "Light is the shiny layer of luminous bodies and illumination is the broadening or type or some representation of light which is also connected with other things. Light exists on the Sun or in fire and illumination exists in illuminated air. We cannot see light. We only see what the illumination is".

The new course in physics was given in the Kiev Academy in 1793 by Iriney Falkovsky (1762-1823). The optics subject matter was defined in the following manner: "Optics is the science on the vision of objects by means of the rays propagating from objects to eyes on straight road" [1].

Results of thoughts and experiments of antique thinkers and philosophers led to the creation of a number of vision models [3].

Extramission. We see because our eyes emanate straight vision rays and cover the contour by the vision cone with the peak located in pupil (Pythagoras, Euclid).

Intramission. All bodies emanate flying images which partially get into the observer's eyes (Democritus, Epicurus, Lucretius).

Sinaugogy and synaesthesia. Vision is the combination of two factors: rays of internal fire emanating from eyes and external day light. When meeting they generate the common vision body which touches the observed object and transfers the elastic pressure to the vision center located behind the eye (Empedocles, Plato).

Accidentia. Vision is generated by the excitation of surrounding medium, sensation occurring during the movement of pervasive luminous medium – pellucid, transparent state of which is activated by the external light, is transferred



Леонардо Да Винчи



Галилей Галилео


 Гримальди
Франческо


Декарт Рене


 Торричели
Эванджелиста


Гук Роберт



Гюйгенс Христиан

образы возникают благодаря цветовым различиям предметов (Аристотель).

Академик С.И.Вавилов (1891-1951 гг.), один из крупных отечественных исследователей истории мировой оптики, отметил, что теория зрительных лучей "вовсе не была никакой ошибкой, она явилась гипотезой, позволившей древним построить геометрическую оптику отражательных поверхностей с правильными количественными выводами, несмотря на отсутствие сведений о глазе" [9].

Даже 300 лет назад, когда ученые и инженеры на практике начали использовать законы оптики (иногда не всегда полностью осознанно) и уже имели множество конструкций очков, зрительных труб, телескопов, природа света оставалась не изученной и световые явления по-прежнему объяснялись на основе примитивных и метафизических представлений о свете.

Следуя идеям Леонардо да Винчи (1452-1519 гг.) и развивая работы Франческо Гримальди (1618-1663 гг.) и Роберта Гука (1635-1703 гг.), Христиан Гюйгенс (1629-1695 гг.) полагал, что световое возбуждение – это импульсы упругих колебаний эфира. В 1678 году он завершил разработку волновой теории света, которая была опубликована в 1690 году в знаменитом "Трактате о свете" [1]. В нем Гюйгенс пытался дать объяснение известных ему оптических явлений с позиций "подобно волне". Исаак Ньютон (1643-1727 гг.) в 1704 году возразил ему, что свет распространяется в виде лучей. Это мнение видного ученого-физика имело значительный вес в научных кругах, что на многие десятилетия задержало открытие ряда законов в оптике.

Ньютон давал такие формулировки основных законов и определений оптики [11]:

"Под лучами света я разумею его мельчайшие части, как в их последовательном чередовании вдоль тех же линий, так и одновременно существующие по различным линиям. Ибо очевидно, что

to the external membranes of eye and vision images occur due to the color distinction of objects (Aristotle).

Academician S.I.Vavilov, one of the most outstanding domestic researchers in the history of world optics, noted that the theory of vision rays "was not mistake at all, it was hypothesis which allowed constructing the geometrical optics of reflective surfaces with correct quantitative conclusions by the ancient people despite the absence of information about the eye" [9].

Even 300 years ago, when scientists and engineers started using the optics laws in practice (sometimes they did it without complete realization) and had many structures of glasses, spotting scopes, telescopes, the nature of light still remained unexplored and light phenomena were still explained on the basis of primitive and metaphysical conceptions of light.

Following the ideas of Leonardo da Vinci (1452-1519) and developing the papers of Francesco Grimaldi (1618-1663) and Robert Hooke (1635-1703) Christiaan Huygens (1629-1695) assumed that the light excitation refers to pulses of elastic oscillations of ether. In 1678, he finished the development of wave theory of light which was published in 1690 in the famous "Treatise on Light" [1]. In it Huygens tried to explain the known optical phenomena from the perspective "similar to wave". In 1704 Isaac Newton (1643-1727) disagreed with him in the concept that light propagates in the form of rays. This opinion of outstanding scientist-physicist played significant role in the scientific community and it caused delay of the discovery of many optical laws for many decades.

Newton gave such formulations of the basic laws and definitions of optics [11]:

"I understand that light rays refer to the smallest particles in their sequential alternation



Ньютон Исаак

Прокопович
ФеофанЛомоносов Михаил
Васильевич

Эйлер Леонард

Жан-Поль Марат

Юнг Томас

Френель
Огюстен Жан

свет состоит из частей как последовательных, так и одновременных, потому что в одном и том же месте вы можете остановить части, приходящие в один момент, и пропустить приходящие в следующий, и в одно и то же время вы можете остановить свет в одном месте и пропустить его в другом. Остановленная часть света не может быть той же самой, которая уже прошла. Наименьший свет или часть света, которая может быть остановлена одна, без остального света, или же распространяется одна, или совершает или испытывает одна что-либо такое, чего не совершает и не испытывает остальной свет, я называю лучом света".

"Преломляемость лучей света есть их расположение к преломлению или отклонению от своего пути, при переходе из одного прозрачного тела или среды в другую. Большая или меньшая преломляемость лучей есть их расположение к большему или меньшему отклонению от своего пути при одинаковых падениях в ту же среду".

"Отражаемость лучей - их расположение отражаться или возвращаться назад в ту же среду от другой среды, на поверхность которой они падают. Лучи отражаемы больше или меньше в зависимости от большей или меньшей легкости их возвращения назад. Такие сорта лучей, которые при равных падениях отражаются наиболее обильно или же скорее всех отражаются нацело при возрастающем наклоне лучей, суть лучи наиболее отражаемые".

"Свет, лучи которого все одинаково преломляемы, я называю простым, однородным и подобным; свет же, одни лучи которого более преломляемы, чем другие, я называю сложным, неоднородным и разнородным".

"Цвета однородного света я называю первичными, однородными и простыми, цвета же неоднородного света - неоднородными и сложными". "Лучи, отличающиеся по цвету, отличаются и по степеням преломляемости."

and simultaneous existence in various lines as well. It is obvious that light consists of sequential and simultaneous parts as well because at the same place you can stop the parts which come at one moment and let pass the parts which come at the next moment, and at the same time you can stop light in one place and let it pass in other place. The stopped part of light cannot be the same as the part which passed through. The smallest light or part of light which can be stopped alone without the rest of light is spread by itself or acts or experiences by itself something like this. I call the light ray the thing that the rest of light does not act on and does not experience".

"Refractivity of light rays is their inclination to the refraction or deviation from their way upon the passage from one transparent body or medium to the other one. Larger and smaller refractivity of rays is their inclination to the larger or smaller deviation from their way upon the analogous incidences to the same medium".

"Reflectivity of rays - their inclination to reflect or go back to the same medium from the other medium on the surface of which they get. The rays are reflected in larger or smaller degree depending on larger or smaller readiness to go back. Such types of rays which are reflected the most upon different incidences or which are entirely reflected faster than other rays upon the increasing ray slope refer to the rays which are reflected the most".

"I call the light which rays are equally refracted as simple, homogeneous and similar light; and I call the light containing the type of rays which are refracted in greater degree than others as complex, inhomogeneous and diverse light".

"I call the colors of homogeneous light as primary, homogeneous and simple colors and the colors of inhomogeneous light as inhomogeneous and complex colors". "The rays which differ by color differ by reflectivity degrees as well".



"Солнечный свет состоит из лучей, различающихся по отражаемости, причем, более других отражаются те лучи, которые более преломляются".

Ньютон обращал большое внимание на периодичность световых явлений и допускал возможность их волновой интерпретации, но отдавал предпочтение корпускулярной концепции света, считая его потоком частиц, действующих на эфир (термин "эфир" для обозначения наделенной механическими свойствами среды - переносчика света и вызывающих в нем колебаний ввел Рене Декарт (1596-1650 гг.). Движением световых частиц через эфир переменной плотности и их взаимодействием с материальными телами, по Ньютону, обусловлены преломление и отражение света, цвета тонких пленок, дифракция света и его дисперсия. Поляризация, согласно Ньютону, - изначальное свойство света, объясняемое определенной ориентацией световых частиц по отношению к образуемому ими лучу.

Интересный след в оптике оставил Жан-Поль Марат (1743-1793 гг.), деятель Великой французской революции, в жизни - философ, публицист, врач-практик, ученый-физик. Его представления о свойствах света [12] не соответствовали мнению известных ученых того времени. В частности, он критикует доктрину Ньютона о различной преломляемости световых лучей. Ниже приведены несколько выборок из трактата Марата (создается впечатление, что трактат написан только на основе собственного опыта и своих размышлений).

Об источнике света: "Вопрос состоит в том, окружает ли нас свет непрерывно или он порциями испускается светящимися телами. Достаточно поразмыслить о некоторых хорошо известных явлениях, чтобы увериться в том, что он нас окружает непрерывно и в то же время имеет некоторую степень подвижности...".

О движении света: "Без движения, принимаемого или передаваемого, свет не мог бы сообщать органу зрения впечатление об объекте наблюдения - это неоспоримо. Но состоит ли это движение в давлении, оказываемом видимыми телами последовательно, от места к месту, на световые молекулы, или в материальном переносе световых молекул от тел, которые их отталкивают, к телам, на которые они воздействуют? На основе изучения реальных явлений становится ясным, без сомнения, что это движение заключается в материальном переносе: наличие давления, передаваемого от места к месту, от участка к участку, обязательно требовало бы, чтобы молекулы

"Sunlight consists of the rays which differ by reflectivity and the rays, which are refracted in greater degree, are also reflected in greater degree than others".

Newton paid great attention to the periodicity of light phenomena and admitted the possibility of their wave interpretation but he preferred the corpuscular concept of light considering it as the flow of particles which effect the ether (the term "ether" was introduced by Rene Descartes (1596-1660) for the designation of the medium-light carrier which has mechanical properties and causes oscillation in light). Light refraction and reflection, colors of thin films, light diffraction and dispersion are caused by the movement of light particles through the ether with variable density and their interaction with material bodies, according to the concept of Newton. Also Newton assumed that polarization is the initial property of light which is explained through the certain orientation of light particles in relation to the ray formed by them.

Jean-Paul Marat (1743-1793), figure of the French revolution who was philosopher, publicist, practicing physician, scientist-physicist left interesting mark in optics. His conceptions of light properties [12] did not correspond to the opinion of well-known scientists of that time. In particular, he criticizes the Newton doctrine on different refractivity of light rays. Several extracts from Marat treatise are given below (it appears that the treatise was written only on the basis of his own experience and thoughts).

On the light source: "The question is following: does light surround us constantly or is it emanated by luminous bodies in portions. In order to make sure that light surrounds us constantly and at the same time has some degree of mobility, it is sufficient to think of some well-known phenomena..."

On light movement: "Without received or transferred movement light would not be able to inform the visual organ about impression on the observation object, it is indisputable. But does this movement consist in the pressure caused by the visible bodies sequentially, from one place to another, on light molecules or in the material transfer of light molecules from the bodies which push them away to the bodies on which they act? It becomes clear on the basis of the study of actual phenomena without doubts that this movement consists in the material transfer: availability of the pressure transferred from one place to another,



светового флюида составляли непрерывную среду и никакое частичное движение не могло бы иметь места, потому что давление (слабое или сильное) на какую-либо часть этого флюида распространялось бы во всех направлениях".

"Так как свет все время находится в движении и вовсе не испускается светящимися телами, то последние его просто отражают, как и тела непрозрачные; если и имеется какая-либо разница между ними в этом смысле, так она состоит в том, что первые сообщают свету движение, тогда как последние ограничиваются поддержанием его (движения)".

О свойствах света: "Помимо качеств, общих для всех тел, световой флюид имеет свои отличительные качества. В первую очередь, необходимо отметить его крайне тонкую структуру, которая проявляется в той легкости, с которой он проходит через весьма плотные прозрачные тела, в том числе и такие наиболее плотные, как стекло, хрусталь, алмаз и так далее. К его крайней тонкости добавляется исключительная подвижность: мельчайшие по размерам светящиеся тела приводят его в движение, скорость которого восемьдесят тысяч лье в секунду, такая быстрота едва ли укладывается в воображении*.

В свои свойства наш флюид включает также способность возбуждать особые ощущения: будучи составленным из отдельных частей существенно различного характера, свет может за счет объединения их создавать ощущение белого, их полное исключение образует черное, а каждая из них характеризуется способностью производить ощущение отдельного цвета. Элементарные части, вызывающие ощущение одного конкретного цвета, называются "гомогенными"; части же, способные возбуждать ощущения различных цветов, называют "гетерогенными"; итак, цвета относятся исключительно к свету, а не являются внутренне присущи телам.

По крайней легкости, с которой наш флюид проходит сквозь все прозрачные тела, можно заключить, что все части флюида состоят из дискретных

* Об этом можно судить по затмениям спутников некоторой планеты. Постоянные наблюдения, сделанные в течение многих веков, показали регулярность движения планет; известен точный момент времени, когда спутник должен выйти из тени планеты, в которой он находился; поскольку же этот момент, как оказывается, наступает с опозданием на несколько минут, последнее с основанием истолковывают как время, которое нужно свету для пробегания пути от объекта, заслоняющего источник, до нашей планеты (Жан-Поль Марат).

from one area to another area, would require molecules of light fluid to compose continuous medium, and no partial movement could take place because the pressure (weak or strong) on any part of this fluid would spread in all directions".

"Due to the fact that light is in movement all the time and it is not emanated by luminous bodies these bodies just reflect it in the same way as non-transparent bodies; if there is any difference between them in this sense it consists in the fact that the luminous bodies transfer movement to the light and non-transparent bodies just maintain it (movement)".

On light properties: "Besides the qualities which are common for all bodies, the light fluid has its distinctive qualities. First of all, it is necessary to mention its extremely thin structure which is demonstrated in such readiness with which it passes through very dense transparent bodies including the densest bodies such as glass, crystal, diamond etc. Exceptional mobility is added to its extreme thinness: luminous bodies which are the smallest by size cause its movement which velocity is thousand league per second and such rapidity is beyond our imagination**".

The properties of our fluid include also the capability to agitate the special sensation: consisting of separate parts with considerably different character, the light can create the sensation of white at the expense of their combination, and their complete absence generates black color, and each one of them is characterized by the capability to evoke the sensation of individual color. Elementary parts causing the sensation of one specific color are called "homogeneous"; the parts which are capable to agitate sensation of different colors are called "heterogeneous"; thus, colors refer exclusively to the light and they are not appropriate for bodies.

By the extreme readiness with which our fluid passes through all transparent bodies, it can be concluded that all parts of fluid consist of discrete particles with spherical shape and striking velocity

* It can be judged on the basis of eclipses of some planet satellites. Constant observations made during many centuries showed the regularity of planets movement; the accurate instant of time when the satellite should come out of the planet shadow in which it was located is known; since this moment occurs with the delay of several minutes, as it turns out, this delay is explained with reason as the time which is needed for the light to travel to the object, which hides the source, to our planet (Jean-Paul Marat).

частичек шарообразной формы, а поразительная скорость их движения приводит к выводу, что эти частички сильно удалены друг от друга, т.е. флюид является крайне разреженным".

О средах: "Все пустое пространство и все тела, которые имеют заметное светопропускание, называются "средами", но только те из них, которые воздействуют на свет, именуются "преломляющими средами". Отсюда видно, что это наименование применимо только для сред телесных, твердых, жидких или флюидов; пустота не может оказывать на свет никакого действия. Соответственно своей силе воздействия на свет они называются "средами различной энергии".

"В свободной и однородной среде лучи нормально движутся по прямой линии; но они изменяют направление движения всего в четырех различных случаях: когда они попадают на периферию какого-либо тела; когда они падают на полированную поверхность; когда они наклонно проходят через более или менее преломляющую среду и когда они собираются выйти из среды, более преломляющей, чем та, с которой она граничит. В первом случае лучи изгибаются в некоторой степени у тел, которые им встречаются (рис.1a); во втором случае они отскакивают от поверхности, на которую они падают, образуя угол противолежащий, но равный таковому при их падении, стоит только начертить перпендикуляр к ней (рис.1b); в третьем случае они ломаются на поверхности среды, в которую они входят или из которой выходят, образуя с поверхностью углы, находящиеся в определенном соотношении (рис.1c); в последнем случае они возвращаются назад от границы среды, которую они едва не покинули, следуя по пути, по которому они и следовали бы, если бы они были отражены на границе последней среды (рис.1d)."

Первое из этих измерений называется "отклонением", второе - "отражением", третье - "рефракцией", четвертое - "ретракцией"

От каждого из этих терминов, взятых в качестве корневых элементов, получаются

* Это возвращение лучей, произведенное силой притяжения среды, которую они собираются покинуть. Подобные явления происходят на второй поверхности призм, линз, стеклянных пластинок и т.д. Не говоря о рефракции на первой поверхности подобных сред, такие явления аналогичны собственно отражению; однако основа их другая, так как они не вызываются отскакиванием шариков, падающих на воздух при выходе из стекла, потому что эти явления проявляются еще заметнее, когда поверхность стекла соседствует с безвоздушным пространством (Жан-Поль Марат).

of their movement results in the conclusion that these particles are far away from each other, in other words, the fluid is extremely sparse".

On media: "The whole empty space and all bodies which have noticeable light transmission are called "media" but those media which have effect on light are called "refractive media". It indicates that this name is applicable only for the bodily, solid and liquid media or fluids; emptiness cannot influence on the light in any manner. According to their impact on light they are called "media of various energies".

In free and homogeneous medium the rays are normally moved in straight line but they change their movement direction only in four different cases: when they get on the periphery of any body; when they get on the polished surface; when they pass through more or less refractive medium at the angle and when they are going to leave the medium which is more refractive than the

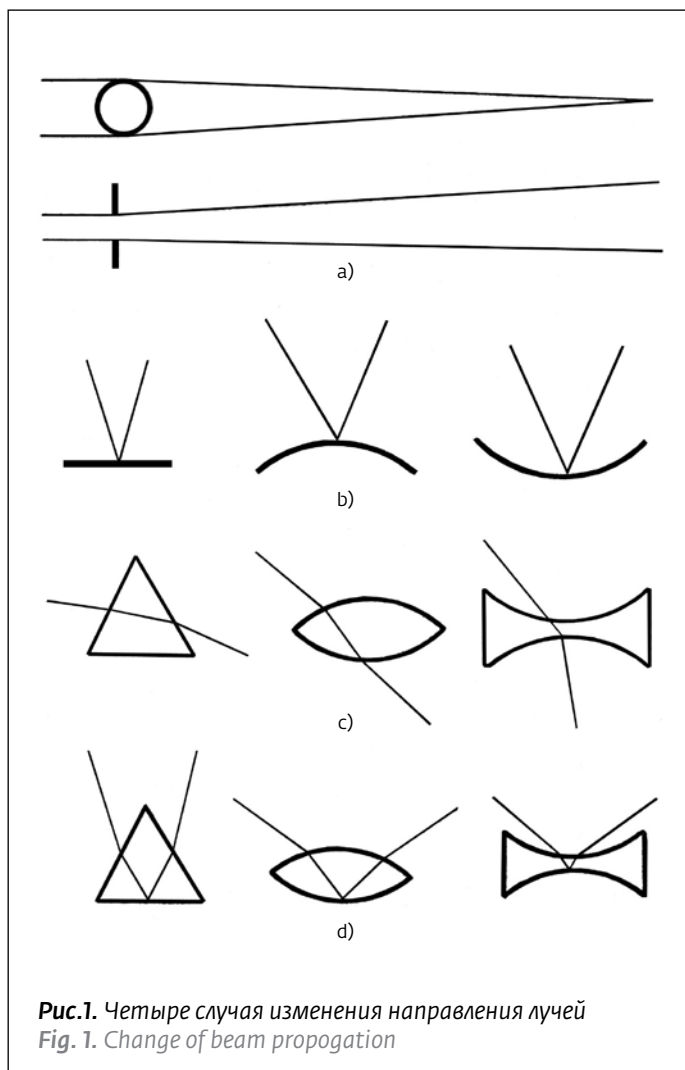


Рис.1. Четыре случая изменения направления лучей
Fig. 1. Change of beam propagation

производные: отклоняемость, отражаемость, преломляемость, возвращаемость есть свойства быть отклоненными, отраженными, преломленными или возвращенными.

В соответствии с изменением направления распространения, проявляемом лучами, оптику целесообразно разделить на четыре части:

Пероптрика – изменения направления, которые лучи проявляют, проходя по периферии тел;

Катоптрика – изменение направления при падении на полированные поверхности;

Диоптрика – при прохождении различных сфер;

Опизоптрика – при возвращении лучей в среду, через которую они только что прошли.

Пероптрика (по Жан-Полю Марату) – новая область, которая охватывает его (Марата – авт.) основные открытия и должна рассматриваться как основа всех остальных частей; именно здесь рассматривается множество явлений, бывших ранее неизвестными, именно в ней имеется возможность осветить множество других явлений.

Приведенные выше формулировки световых законов, написанные пером авторитетнейших ученых-физиков, помогают нам понять, как трудно рождается истина.

Корпускулярная теория сохраняла господствующее положение в оптике до начала XIX века, хотя некоторые крупные ученые, в том числе российский академик Леонард Эйлер (1707–1783 гг.) и Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765 гг.) отдавали предпочтение волновым представлениям о природе света.

Демонстрация Томасом Юнгом (1773–1829 гг.) в 1801 году явления интерференции света стала крупным свидетельством волновой природы света. В 1815 году Огюстен Жан Френель (1788–1827) уточнил принцип Гюйгенса, дополнив его принципом интерференции Юнга. Принцип Гюйгенса – Френеля не только дал возможность объяснения прямолинейности распространения света, но и объяснил многочисленные дифракционные явления.

Несмотря на еще не завершенную многовековую дискуссию между сторонниками корпускулярной и волновой теорий света, до конца XIX века на оптических заводах, созданных в Германии, Франции, Англии, а также в российских небольших, часто примитивных, мастерских, были созданы десятки типов оптических приборов военного (зрительные трубы, прицелы, бинокли)

medium with which it shares borders. In the first case, rays bend in some degree close to the bodies with which they meet (Fig. 1a); in the second case, they bounce off from the surface, on which they get forming the opposite angle equal to the angle upon their incidence, if the perpendicular to it will be drawn (Fig. 1b); in the third case, they break on the surface of the medium, into which they get or from which they come out forming the angles with the surface which have certain correlation (Fig. 1c); in the last case, they go back from the boundary of the medium which they almost left following the way, which they would follow if they were reflected on the boundary of the last medium (Fig. 1d).

The first such measurement is called "deflection", the second one – "reflection", the third one – "refraction" and the fourth one – "retraction"*)

If we take each of these terms as the root elements, we will obtain derivatives: deflectivity, reflectivity, refractivity, ability to go back; also there are properties of rays to be deflected, reflected, refracted or drawn back.

In accordance with the variation of scattering direction demonstrated by rays, it is reasonable to divide optics into four parts:

Peroptrics – changes of direction which are demonstrated by rays passing on the periphery of bodies;

Catoptrics – change of direction in case of the incidence on polished surfaces;

Dioptrics – when passing through different spheres;

Opizoptrics – when rays go back to the medium through which they just passed.

Peroptrics (according to the conception of Jean-Paul Marat) refers to the new area which covers his (Marat) main discoveries and must be considered as the basis of all other parts; and many phenomena which were not known earlier are considered here and particularly in this area it is possible to cover many other phenomena.

Corpuscular theory retained its predominant position in optics till the beginning of the 19th

* This is coming back of the rays accomplished by the attracting force of the medium which they are going to leave. Similar phenomena occur on the second surface of prisms, lenses, glass plates etc. Not speaking of the refraction on the first surface of such media, such phenomena are analogous to the reflection proper; however, their basis is different because these phenomena are shown more noticeably when the glass surface is close to the airless space (Jean-Paul Marat).



и общего, и научного применения (телескопы, проекционные приборы, фотометры, радиометры, "волшебные" фонари и т.п.).

Конструкторы и инженеры-оптики разработали оригинальные технологии изготовления деталей из стекла и кристаллов. Среди них наиболее известен (более 100 лет) и используется до настоящего времени так называемый "метод оптического притира" – весьма простой и достаточно производительный.

В период античности и, особенно, в период ренессанса создавались оригинальные станки для изготовления оптических деталей. Известно, что один из последователей Галилео Галилея (1564–1616) Эванджелиста Торричелли (1608–1647) изготовил по созданной им технологии оптические детали телескопа, которые он смог проконтролировать с высочайшей точностью (интерференционные опыты Ньютона ему не были известны). В 1923 году итальянский ученый-оптик В.Ронки разработал новый метод контроля оптических деталей и систем (метод сдвиговой интерферометрии [14]), с помощью которого осуществил контроль качества поверхности линзы диаметром 83 мм, изготовленной Э.Торричелли (1608–1647 гг.) около 1642 года. Линза поразила ученых высокой степенью совершенства и была отнесена к классу современной точкой оптики. Торричелли умер, так и не открыв своего способа изготовления и контроля линз.

Следует отметить теоретические работы и практические достижения в оптике Рене Декарта (1596–1650), который не только независимо от Виллеброрда Снеллиуса (1580–1623) сформулировал закон преломления лучей света, мог проводить расчеты оптических приборов с гиперболическими и эллиптическими поверхностями, но и научился обрабатывать линзы с асферическими поверхностями (АП). В трактате [13] в разделе "Диоптрика" он приводит чертежи конструкции шлифовального станка для обработки линз с АП (рис.2). Даже в наши дни далеко не все оптики включают (АП) в создаваемые ими оптические приборы из-за технологической сложности их массового изготовления.

Россия подключилась к решению оптических проблем и оценке физических явлений, имеющих оптическую природу, в основном, для военных целей. В Петровский период и к середине 1700-х годов она неплохо преуспела здесь: успешно создавались теоретическая база, основы стекловарения и оптического приборостроения

century, although some outstanding scientists including the Russian academicians Leonhard Euler (1707–1783) and Mikhail Vasilyevich Lomonosov (1711–1765) gave preference to the wave conceptions on the nature of light.

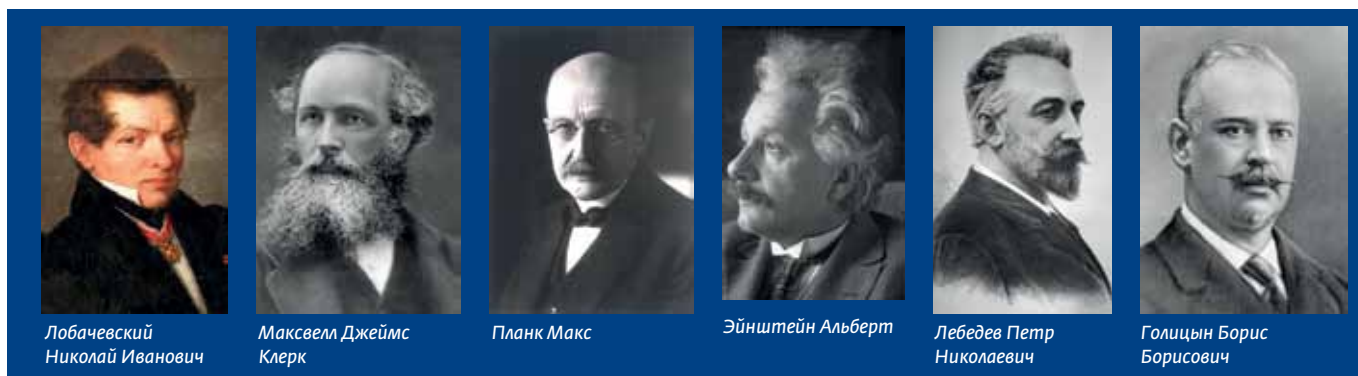
Above-mentioned formulations of light laws which were written by the pen of distinguished scientists-physicists help us to understand the challenge of truth birth.

Demonstration of the phenomenon of light interference in 1801 by Thomas Young (1773–1829) became large-scale evidence of the wave nature of light. In 1815 Augustin-Jean Fresnel (1788–1827) defined Huygens principle more accurately supplementing it with the interference principle of Young. Principle of Huygens-Fresnel did not only give opportunity to explain the linearity of light propagation but also it explained many diffraction phenomena.

Despite the centuries-old discussion between the supporters of corpuscular and wave theories of light which has not finished yet, till the end of the 19th century at the optical plants established in Germany, France, England and in the Russian small and often primitive workshops, tens of types of optical devices for the application in military (spotting scopes, sights, binoculars) and general scientific purposes (telescopes, projection apparatus, photometers, radiometers, "magic" lanterns etc.) were designed.

Constructors and engineers-opticians developed original fabrication methods for glass parts and crystals. Very simple and quite effective so-called "method of optical lap" is the best known method (for more than 100 years) and it is used till the present time.

During the antique period and especially during the Renaissance period original machines for the fabrication of optical parts were designed. It is well known that one of the followers of Galileo Galilei (1564–1616), Evangelista Torricelli (1608–1647) made the telescope optical parts which he could control with the highest accuracy on the basis of his developed method (he did not know interference experiments of Newton). In 1923 Italian scientist-optician V. Ronki developed the new method of control of optical parts and systems (method of shearing interferometry [14]) with the help of which he controlled the quality of lens surface with the diameter of 83 mm made by E. Torricelli approximately in 1642. Lens stroke scientists due to its high degree of perfection and was referred to the class of modern fine optics.



трудами великого русского ученого-первопроходца М.В. Ломоносова, а также ряда ученых-иностранцев, приглашенных на императорскую службу (Иоганн Георг Лейтман (1667-1736), Георг Вольфганг Крафт (1701-1754) и в созданную Петербургскую Академию наук (Леонард Эйлер (1707-1782) и др.), однако сохранить технический, да и научный потенциал России не удалось [1] по ряду причин, главным образом, из-за утраты начавшей создаваться научной школы да и дворянские дети предпочитали военную карьеру и службу Отчизне, но не научную или инженерную*, а военную (их вклад в укрепление военной славы страны, безусловно, велик).

В части оптики Россия в течение 150 лет "пребывала в анабиозе", но никогда не прекращала, хотя и не форсировала деятельность отдельных энтузиастов и гениев – механиков, часто самоучек, работавших в небольших мастерских (Иван Беляев, Шаппер, Колосов, Иван Беляев-сын, Андрей Нартов, Иван Кулибин, Осип Шишорин, Корнелий Рейссиг, Владимир Гауфман, Семен Трындин, Теодор Швабе, Иван Урлауб) [1].

Гром грянул ожидаемо и в то же время, как всегда, неожиданно: отставшая технически Россия в начале XX века проиграла войну Японии: сухопутные войска и морская армада адмирала Рождественского потерпели поражение в значительной степени из-за отсутствия современных оптических прицельных артиллерийских систем.

К чести Российского правительства и Морского министерства надо отнести ускоренное их вмешательство в организацию оптических производств (как всегда, были и видные противники решения проблемы) с выделением финансирования.

Torricelli died not having discovered his method of lens fabrication and control.

Theoretical works and practical achievements of Rene Descartes (1596-1650) should be marked out; he formulated the law of light ray refraction independently from Willebrord Snellius (1580-1623), managed to perform the calculations of optical devices with hyperbolic and elliptic surfaces and learned to treat lenses with aspherical surfaces as well. In the treatise [13] in the Section "Dioptrics" he gives drawings of the structure of polishing machine for the treatment of lenses with aspherical surfaces (Fig. 2). Even nowadays, not all opticians include aspherical surfaces (AS) into their made optical devices due to the processing complexity of mass production of AS.

Russia got involved into the solution of optical problems and evaluation of physical phenomena having the optical character mainly for the military purposes during the period of Peter I and by the middle of 1700th succeeded in this area considerably: theoretical base, fundamentals

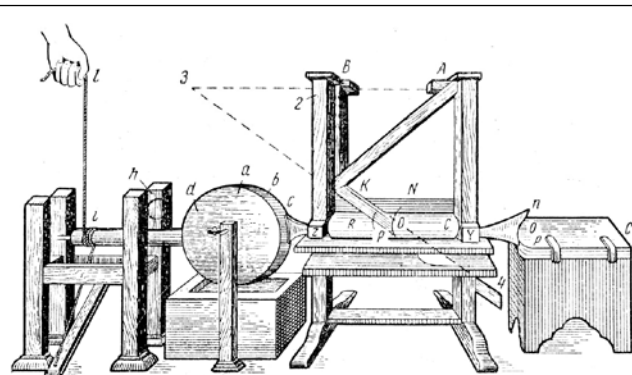
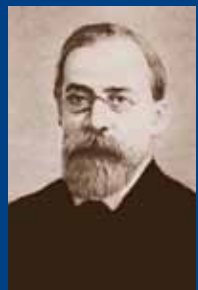


Рис.1. Шлифовальный станок Р.Декарта для обработки линз с асферическими поверхностями
Fig. 1. The polishing machine for lenses with the aspheric surfaces

* К концу XIX века ситуация стала быстро меняться.



Столетов Александр Григорьевич



Гольдгаммер Дмитрий Александрович



Чиколев Владимир Николаевич



Ульянин Всеволод Александрович



Петрушевский Федор Фомич



Гершун Александр Львович

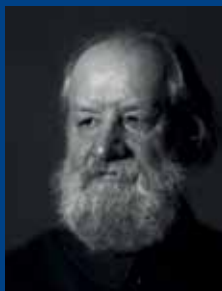
Создание оптических заводских производств опиралось на крупные достижения отечественных ученых – физиков, механиков, кадровых военных специалистов (прежде всего, в ГРАУ и Морском министерстве) в области оптики, исследования которых в XIX и начале XX в.в. обогатили мировую науку и создали научную базу для подготовки инженерного корпуса строящейся Российской оптической промышленности. Среди них В.В.Петров (1761–1834), А.Г.Столетов (1839–1896), П.Н.Лебедев (1866–1912), Б.Б.Голицын (1862–1916), В.Н.Чиколев (1845–1898), Г.И.Вильд (1833–1902), Н.И.Лобачевский (1793–1856), Д.А.Гольдгаммер (1860–1922), А.Н.Крылов (1863–1945), Ф.Ф.Петрушевский (1829–1904), В.Ф.Петрушевский (1829–1891), В.Н.Михаловский (1856–1913), А.Л.Гершун (1868–1915), Я.Н.Перепелкин (1874–1935), С.И.Фрейберг (1887–1957) и многие другие известные ученые.

В 1865 году Джеймс Клерк Максвелл (1831–1879) показал, что свет представляет собой не упругие, а электромагнитные волны, распространяющиеся со скоростью света. Вскоре стало ясно, что для их распространения не нужен и эфир. Уравнения Максвелла стали фундаментом волновой оптики [1].

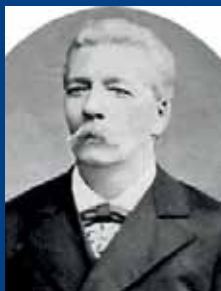
for glass manufacturing and optical instrument engineering were developed by the efforts of great Russian scientist-pioneer M.V. Lomonosov and other scientists-foreigners who were invited to the emperor's service (Johann Georg Leutmann (1667–1736), Georg Wolfgang Kraft (1701–1754)) and into the established Saint Petersburg Academy of Sciences (Leonhard Euler (1707–1782) and others); however, Russia did not succeeded in the retention of technical and scientific potential [1] for a number of reasons and mainly because of the loss of scientific school which just started to be established: children of noble people preferred the military career and service to the Homeland and not scientific or engineering career*) but the military one (their contribution into the consolidation of country military glory is undoubtedly great).

In the area of optics "Russia during 150 years was in anabiosis" but it never stopped to work in this area although it did not force the activities of individual enthusiasts and geniuses-mechanicians who often were self-educated people working in small shops (Ivan Belyaev,

* By the end of the 19th century situation started to change quickly.



Крылов Алексей Николаевич



Перепелкин Яков Николаевич



Фрейберг Сергей Иванович



Фабрикант Валентин Александрович



Басов Николай Геннадиевич



Прохоров Александр Михайлович



Несмотря на успехи электромагнитной теории света, к концу XIX века выяснилось, что она недостаточна для описания процессов поглощения и испускания света.

В 1900 году Макс Планк (1858–1947) пришел к выводу, что элементарная колебательная система (атом, молекула) отдает волновую энергию электромагнитному полю или получает ее от этого поля квантами – порциями. В 1905 году Альберт Эйнштейн (1879–1955 гг.) приписал квантам света – фотонам не только энергию, но также импульс и массу. При поглощении фотона он перестает существовать, а поглотившая его система получает его энергию и импульс* [1]. Развитие идеи Планка привело к решению проблемы теплового излучения и заложило основы квантовой физики.

Работы Планка и Эйнштейна вернули оптике многие черты корпускулярных представлений. Квантовая теория света, объяснив (уже в XX веке) основные законы фотоэффекта, явления фотохимических превращений, взаимодействия света с веществом, эффект Комптона, стоковский сдвиг частоты излучения фотолюминесценции по отношению к частоте возбуждающего света, комбинационное рассеяние света, стала крупным вкладом в развитие оптики.

Пройдут еще 100 лет, и в первом десятилетии XXI века российский профессор М.М.Мирошников (род.в 1926) вновь обратится к мировому сообществу ученых-оптиков с предложением необходимости соблюдения и, в отдельных случаях, согласованного уточнения принятой и устоявшейся терминологии в оптике, дуализм которой (волновая природа и корпускулярность) в полной мере проявился в XX веке через "лазерную революцию"** и "голографию"*** и стал рабочим

* У М.Планка большой интерес вызывали работы профессора Казанского университета В.А.Ульянина (1863–1931), а также труды российского профессора Б.Б.Голицина.

** Вклад отечественных ученых – оптиков и физиков в этот новый виток развития оптической науки чрезвычайно велик и многообразен. Первооткрыватели в этой области новейшего знания – профессор Валентин Александрович Фабрикант (1907–1991), академики Николай Геннадьевич Басов (1922–2001) и Александр Михайлович Прохоров (1916–2002) (Вместе с Н.Г.Басовым и А.М.Прохоровым Нобелевскую премию за открытие лазеров получил американец Чарльз Таунс (род. в 1915 г.).

*** Академик Юрий Николаевич Денисюк (1927–2006) своим от-

Schapper, Kolosov, son of Ivan Belyaev, Andrei Nartov, Ivan Kulibin, Osip Shishorin, Kornelius Reissig, Vladimir Kaufman, Semen Tryndin, Theodor Schwabe, Ivan Urlaub) [1].

The drastic changes came expectedly and unexpectedly at the same time: Russia which was left behind technically in the beginning of the 20th century lost in the war with Japan; ground forces and marine armada of the admiral Rozhdestvensky suffered defeat mainly due to the absence of modern optical aiming artillery systems.

Accelerated intervention in the organization of optical productions should be referred to the honor of the Russian government and Navy Department (as always, there were overt opponents to the problem solution) with the financing for these purposes.

Establishment of the optical manufacturing relied on the achievements of domestic scientists-physicists, mechanical engineers, regular military specialists (first of all, in the Main Missile and Artillery Directorate and Navy Department) in the area of optics; in the 19th and beginning of the 20th centuries their research enriched the world science and created the scientific base for training of the corps of engineers of developing Russian optical industry. These scientists are V.V.Petrov (1761–1834), A.G.Stoletov (1839–1896), P.N.Lebedev (1866–1912), B.B.Golitsyn (1862–1916), V.N.Chikolev (1845–1898), H.I.Wild (1833–1902), N.I.Lobachevsky (1793–1856), D.A.Goldhammer (1860–1922), A.N.Krylov (1863–1945), F.F.Petrushevsky (1829–1904), V.F.Petrushevsky (1829–1891), V.N.Mikhailovsky (1856–1913), A.L.Gershun (1868–1915), Y.N.Perepelkin (1874–1935), S.I.Freiberg (1887–1957) and many other well-known scientists.

In 1865, James Clerk Maxwell (1831–1879) demonstrated that light represents not elastic but electromagnetic waves which propagate with the speed of light. Soon it became clear that ether is not needed for their propagation. Maxwell equations became the fundament of wave optics [1].

Despite the progress of electromagnetic theory of light by the end of the 19th century it has become clear that it is not sufficient for the description of the processes of light absorption and emission.

In 1900 Max Planck (1858–1947) came to the conclusion that the elementary oscillating system (atom, molecule) gives the wave energy to



инструментом, а не предметом каких-либо дискуссий неопытных сотрудников.

Весь комплекс оптических наук М.М.Мирошников разделил на базовые части [15] единой науки – **оптика**:

Волновая оптика – наука, изучающая совокупность явлений, в которых проявляется волновая (электромагнитная) природа света;

Физика фотонов (квантовая оптика) – наука о корпускулярных (квантовых) свойствах света, его микроструктуре;

Иконика – наука об изображении, его качестве и распознавании с учетом законов зрительного восприятия;

Оптотехника (традиционное оптическое приборостроение) – наука о приборах, основанных на волновой оптике;

Фотоника (прикладная) – наука о приборах, основанных на физике фотонов;

Оптическое материаловедение – наука о свойствах и технологиях создания оптических сред с заранее заданными свойствами (стекло, кристаллы, керамика, волоконная оптика т.д.).

В декабре 1918 года в Петрограде был организован Государственный оптический институт (ГОИ), которому в 2014 году исполняется 96 лет. Об истории рождения института и становлении его традиций продолжим рассказ в следующих номерах журнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Белозёров А.Ф.** Оптика России. Очерки истории и развития. – Казань: Центр инновационных технологий. 2012–2014, т. 1–3.
2. **Стафеев С.К., Томилин М.Г.** Пять тысячелетий оптики: Предыстория. – СПб.: Политехника, 2006.
3. **Стафеев С.К., Томилин М.Г.** Пять тысячелетий оптики. Т. 2.: Античность. – СПб: Формат. 2010
4. **Зубов В.П.** Античные зрительные теории и вытекающие из них особенности античной оптики. – Из теории мировой науки. Избранные труды. 1921–1963. – СПб.: Алтей, Изд-во С. – Петерб. университета, 2006.
5. **Платон.** Диалоги. – М., 1986.

крытием в области голографии упрочил позиции волновой оптики, показав и реализовав возможность восстанавливать с голограммы (типично "корпускулярного" продукта) фазовый, амплитудный и спектральный состав объектной световой волны.

electromagnetic field or receives it from this field by quanta – portions. In 1905 Albert Einstein (1879–1955) attributed not only energy but pulse and mass as well to the light quanta – photons. Development of Planck idea led to the solution of the problem of thermal radiation and laid the foundation of quantum physics. During the photon absorption the photon ceases to exist and the system which absorbed it receives its energy and pulse [1]*).

Papers of Planck and Einstein gave back many characteristics of corpuscular conceptions to the optics. Quantum theory of light having explained (in the 20th century) the main laws of photoeffect, phenomena of photochemical transformations, interaction of light with substance, Compton effect, Stokes frequency shift of photoluminescence radiation in relation to the frequency of exciting light, combined light scattering became large contribution into the development of optics.

Another 100 years will pass and in the first decade of the 21st century the Russian professor М.М. Miroshnikov (was born in 1926) will address the world community of scientists-opticians again with the suggestion on the necessity to keep and, in individual cases, to clarify concordantly the approved and established terminology in optics, the dualism of which (wave nature and corpuscularity) has become apparent in full in the 20th century through "laser revolution"**) and "holography"***) become the operating tool and not subject matter of any discussions of inexperienced employees.

* Papers of the professor of Kazan University V.A. Ulyanin (1863–1931) and proceedings of the Russian professor B.B. Golitsin aroused great interest of M. Planck.

** Contribution of domestic scientists-opticians and physicists during this new phase of the development of optical science is extremely great and diverse. The pioneers in this area of new knowledge include the professor Valentin Aleksandrovich Fabrikant (1907–1991), academicians Nikolai Gennadyevich Basov (1922–2001) and Aleksandr Mikhailovich Prokhorov (1916–2002) (together with N.G. Basov and A.M. Prokhorov, Charles Townes (was born in 1915), American scientist, was awarded the Nobel prize).

*** Academician Yuri Nikolaevich Denisyuk (1927–2006) with his discovery in the area of holography strengthened positions of wave optics having demonstrated and implemented the capability to restore the phase, amplitude and spectral structure of object light wave from the hologram (typically "corpuscular" product).



6. **Вавилов С.И.** Глаз и Солнце. – М.: Изд-во АН СССР, 1961.
7. **Войцеховский А.И.** Загадки древних святынь. – М.: Вече, 2005.
8. **Тит Лукреций Кар.** О природе вещей. Пер. Ф.А.Петровского. – М., 1958.
9. **Вавилов С.И.** Галилей в истории оптики. – Галилео Галилей. 1564–1642. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1943.
10. **Аристотель.** Сочинения; в 4-х т. – М., 1976–1983.
11. **Ньютон И.** Оптика или трактат об отражениях, преломлениях и цветах света. Пер. с третьего английского издания, 1721 с примечаниями С.И.Вавилова. Издание 2-е, просмотренное Г.С.Ландсбергом. – М.: ГИТТЛ, 1954.
12. **Марат Жан-Поль.** Элементарные записки по оптике / пер. с фр. В.Г.Вафиади, А.М.Котова. – Л.: ГОИ им. С.И.Вавилова, 1981 (Копия. инв.№ 115195).
13. **Декарт Р.** Рассуждение о методе, с приложениями. Диоптрика, метеоры, геометрия. – М.: Изд-во АН СССР. 1953.
14. **Ронки В.** Галилей и Торричелли – мастера точной оптики. – Труды ИИЕТ, 1959. Т. 28, с. 276–301.
15. **Мирошников М.М.** Слово об оптике. – Оптический вестник, 2009, № 125, с.16–17.

The whole complex of optical sciences М.М.Мирошников divided into the basic parts [15] of the single science – **Optics**:

Wave optics – science studying the complex of phenomena in which the wave (electromagnetic) nature of light is demonstrated;

Physics of photons (quantum physics) – science on the corpuscular (quantum) properties of light, its microstructure;

Iconics – science on the image, its quality and recognition taking into account the laws of visual perception;

Optical engineering (traditional optical instrument engineering) – science on the devices based on the wave optics;

Photonics (applied) – science on the devices based on the physics of photons;

Optical material science – science on the properties and methods of generation of optical media with the previously set properties (glass, crystals, ceramics, fiber optics etc.).

In December 1918 in Petrograd the State Optical Institute (SOI), which will be 96 years old in 2014, was established. Read the next issue of magazine about the history of the institute establishment and formation of its traditions.

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ ШКОЛА-СИМПОЗИУМ ПО КОГЕРЕНТНОЙ ОПТИКЕ И ГОЛОГРАФИИ

Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ) и Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) при поддержке Минобрнауки России организуют 18–22 мая 2015 года в Томске Школу-симпозиум по когерентной оптике и голографии. Сопредседатели научного мероприятия: В.В. Демин, проректор по учебной работе ТГУ, и С.М. Шандаров, зав. кафедрой электронных приборов ТУСУР. Школа включает в себя лекции ведущих ученых, работающих в различных областях современной фундаментальной и прикладной когерентной оптики, в основном голографии и родственных ей методам, и доклады молодых участников школы. Планируется провести мероприятие, организовав его работу по следующим направлениям.

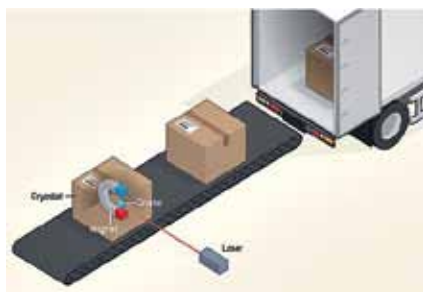
- Теоретические методы анализа свойств голограмм.
- Голографические методы обработки информации.
- Голографическая спекл-интерферометрия и спекл-корреляционные методы.
- Изобразительная голография (физические и цифровые методы).
- Голографическая микроскопия и методы оптического сверхвысокого разрешения.
- Голография в биологии и медицине.
- Голограммные и дифракционные оптические элементы.
- Фотоматериалы, среды для регистрации голограмм.
- Голография и образование.

Организационный комитет предполагает, что во время научной встречи будут работать мастер-классы для молодых участников Школы. Более подробную информацию о проведении школы-симпозиума могут предоставить Ольшук Алексей Сергеевич (+79069473006; olshukov@mail.tsu.ru) и Кистенева Марина Григорьевна (+79138051910; m-kisteneva@mail.ru).

С. Шандаров, сопредседатель
XXIX Международной Школы-симпозиума
по когерентной оптике и голографии

КУБИТЫ ПОЧТОЙ

Считается, что для передачи квантовой информации на большие расстояния лучше всего подходят фотоны – быстрые и слабо взаимодействующие с окружением частицы. Однако и они не идеальны: рассеиваются, дифрагируют, поглощаются, в результате чего портятся их хрупкие суперпозиционные состояния. Это приводит к ограничениям на предельную дальность передачи информации: около 200 км по оптоволокну и 140 км по открытому пространству – меньше, чем от Москвы до Питера. В работе [Zhong M. et al. – Nature, 2015, № 517, p.177] (Австралия, США, Франция, Германия, Новая Зеландия) показано, что при $T=2\text{K}$ и $H=1\text{ Тл}$ ядерные спины примесей $^{151}\text{Eu}^{3+}$ в ортосиликате крем-



Квантовая почтовая служба

ния сохраняют когерентность очень долго – в течение (370 ± 60) мин. Поэтому для передачи закодированной в ансамбле таких спинов квантовой информации оказывается проще (и надежнее) физически переместить содержащий эти спины кристалл, нежели прибегать к услугам посредников-фотонов, благо сравнительно компактные рефрижераторы и источники магнитного поля в нашем распоряжении имеются. Если пофантазировать, то дальнейшее уменьшение скорости декогерентизации кубитов и повышение рабочей температуры до комнатной способны сделать возможным появление "квантовых паспортов" и даже "квантовых денег" [Morton J.J.L., Mølmer K. – Nature, 2015, № 517, p.153]. Квантовая информация записывается в коллективные возбуждения ядерных спинов кристалла $^{151}\text{Eu}^{3+}$, после чего этот кристалл перемещается в пункт назначения наземным или воздушным транспортом.

Л. Опенов

Печатается с разрешения информ. бюл. "Перст"

ОТКРЫТИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО ГОДА СВЕТА И СВЕТОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПАРИЖЕ



Инициатива проведения Года света принята ООН для того, чтобы граждане мира узнали больше о важности света в их жизни, чтобы они понимали, как оптические технологии содействуют устойчивому развитию общества и обеспечивают решение проблем в области энергетики, образования, сельского хозяйства, связи и здравоохранения, и почему научные поиски и достижения технологий способствуют укреплению международного сотрудничества. 19 января в Париже состоялось открытие Международного года света и световых технологий (IYL 2015). Научным спонсором мероприятия выступило Европейское физическое общество (EPS). В течение года страны мира будут проводить научные форумы и симпозиумы: Discovering Light – Португалия; Light and Shadow – Германия; Hikari – the wonder of Light – Япония, International Year of Light 2015 Literary Competition "Words and Light" – Россия. О многих других интересных мероприятиях можно узнать на сайте проекта: www.light2015.org. Кстати, Ана Луиза Симойш Гамбоа, ответственный секретарь Санкт-Петербургского комитета по проведению Международного года света и световых технологий, доцент кафедры промышленной экологии Университета ИТМО, стала членом делегации, которая представляла Университет ИТМО в Париже. Возглавил российскую делегацию Владимир Васильев, ректор университета ИТМО.

По материалам www.light2015.org и www.ifmo.ru