

# 650 річчя оптики: від Альхазена до Ферма і Ремера

Ерік Хог

*Інститут Нільса Бора, Данія*

*Перебуваючи під домашнім арештом у Каїрі з 1010 по 1021 рік, Альхазен написав Книгу про оптику в семи томах (Халіф ал-Хакім засудив його за божевілья).*

*Деякі частини цієї книги потрапили до Європи близько 1200 року, були перекладені на латинську мову і мали великий вплив на розвиток європейської науки впродовж наступних століть.*

*Книгу Альхазена вважали найважливішою книгою з оптики до появи у 1604 році "Оптики в астрономії" (Astronomiae Pars Optica) Йоганна Кеплера.*

*Ідея Альхазена щодо скінченності швидкості світла привела до появи "принципу Ферма" у 1657 році — основи геометричної оптики.*

## Ібн ал-Хайсам

В античні часи уявлення про світло та те, як ми бачимо навколишні об'єкти, було сформовано Платоном, який вважав, що світло у вигляді променів випромінюється оком у напрямку оточення. Оскільки ми бачимо віддалені об'єкти відразу як тільки відкриваємо очі, промені повинні розповсюджуватись з нескінченною швидкістю. Через сто років, близько 280 року до н.е., Евклід висловив думку, що світло рухається вздовж прямої лінії і визначив закони дзеркального відбиття. Близько 60 року н.е. Херон з Олександрії запропонував загальну гіпотезу, згідно з якою світло проходить між двома точками найкоротшим шляхом, і на цій основі зміг отримати ті самі результати, що й Евклід.

У середні віки центр природничих наук перемістився до арабського світу, де Альхазен сформулював погляд на світло, який мав визначний вплив на розвиток науки у Європі. Тому його роботу слід згадати сьогодні при відзначенні 400-річчя із створення телескопів. "Книга з оптики" Альхазена "Kitab al-Manazir" (Book of Optics) у друкованій версії 1572 року знайдена у бібліотеці Лейденського університету в латинському перекладі. Далі наведено пояснення до уявлень про світло Альхазена та європейських "перспективістів", а на рис. 1 і 2 показані сторінки з лейденської книги.

Альхазен зрозумів, що джерело світла міститься ззовні від спостері-

гача, що промені на своєму шляху наштовхуються на предмети, і ми бачимо певний предмет тоді, коли відбиті ним промені потрапляють до наших очей. Таку саму ідею раніше пропонував Аристотель. Альхазен описав око і його функціонування та зробив математичний опис властивостей світла. Він вважав, що світло рухається зі скінченною швидкістю, і що воно рухається повільніше в густому середовищі. Його астрономічні дослідження були спробою теоретично підігнати сфери руху небесних світил одна до іншої. Це завдання не було розв'язане його попередниками, за що він їх критикував, особливо Птолемея.

Альхазен, повне ім'я якого Абу Алі ал-Хасан, ібн ал-Хасан, ібн ал-Хайсан чи просто Ібн ал-Хайсан, народився у Басрі близько 965 року, їздив до Єгипту та Іспанії. Він працював у Каїрі, де і помер у 1040 році. Як зазначено в роботі Steffens (2007) та у Вікіпедії, він проводив дослідження з оптики, математики, фізики, медицини та розробив науковий метод досліджень. Його основна робота, "Книга з оптики", була написана протягом одинадцяти років з 1010 по 1021 рік під час перебування під домашнім арештом у Каїрі. Згідно з Вікіпедією, будучи надміру самовпевненим у можливості практичного застосування своїх математичних знань, він вважав, що зможе регулювати води Нілу під час паводку. Отримавши запрошення від халіфа ал-Хакіма (шостого халіфа з династії Фа-

тимідів) для реалізації цього проекту, Ібн ал-Хайсам на місці швидко переконався у неможливості його здійснення і відступив від його виконання. Боячись за своє життя, він був змушений симулювати божевілья і перебував під домашнім арештом до самої смерті ал-Хакіма. Впродовж арешту і після нього до кінця свого життя він присвятив себе науковій роботі.

Як зазначали середньовічні біографи, Ібн ал-Хайсам написав понад 200 робіт з різноманітної тематики, з яких відомі щонайменше 96 наукових робіт. Більшість його наукових робіт на сьогодні втрачені, проте більше 50 з них до певної міри збереглися. Близько половини робіт, які збереглися, присвячені математиці, 23 з них — астрономії, 14 — оптиці, декілька — на інших теми. Не всі зі збережених робіт ще вивчені.

## Альхазен в Європі

Деякі частини "Книги з оптики" потрапили до Європи близько 1200 року, були перекладені на латинську мову і мали великий вплив на розвиток європейської науки впродовж наступних століть. Книга Альхазена вважалась найважливішою книгою з оптики до появи у 1604 році "Оптики в астрономії" (Astronomiae Pars Optica) Йоганна Кеплера. Як не дивно, книга Альхазена була майже невідомою у мусульманському світі аж до 1320 років,

як зазначає Denery (2005), на якого я посилаюсь нижче.

Латинський переклад “Книги з оптики” мав великий вплив, наприклад, на роботу Роджера Бекона (Roger Bacon), який згадує його ім'я у своїх працях, а також на Кеплера і Ферма, і спричинив значний прогрес в експериментальних методах. Його дослідження в катоптриці зосереджувались на сферичних та параболічних дзеркалах і сферичній аберації. Він зробив важливе спостереження, що відношення між кутом падіння та заломлення не залишається постійним, і дослідив збільшення лінзи. Його робота з катоптрики також містить важливу задачу, відому як задача Альхазена. Альхазена інколи називали “*батьком оптики*” і “*першим ученим*”.

Учених, які в ті часи в Європі обговорювали проблеми оптики, після виходу у 1270 році книги Роджера Бекона “Перспектива” називають “перспективістами”. Проте слово перспектива за значенням тут дуже відрізняється від того слова, яке застосовувалось у мистецтві малювання в епоху Ренесансу. Тут перспектива означала саму науку про бачення, а перспективісти вважали, що оптика дає глибоке розуміння того, як ми пізнаємо світ. Це починається з емісії світла і кольорів від об'єктів через повітря до очей, а потім до мозку. Цей погляд є базовим у книзі Альхазена.

Роджер Бекон, теолог-францисканець, описує емісію світла і кольорів як “*розповсюдження видів*” (одна з його книг насправді мала таку назву) — цю ідею висував ще Аристотель. Вид (species) ще має назву: сила того, що діє, чи подібність, а види вважаються джерелом усіх природних дій та причин. Вид є реальним джерелом нашого відчуття та інтелектуального розуміння світу. Через види навколишнє середовище асимілюється з об'єктом. Наприклад, полум'я створює види в навколишньому повітрі. Ці види нагрівають повітря й асимілюють таким чином повітря з природою вогню, але повітря при цьому не стає вогнем, і т.ін., за Denery (2005, с. 86-96). Бекон говорить, що видимий об'єкт зі своєю справжньою природою і сутністю входить до ока і відтворює себе всередині нього.

Великою перепоною для розуміння того, як ми бачимо об'єкт, було, кажучи сучасною мовою, те, яким чином зображення формується в оці. Згідно з думкою Альхазена, світло приходить до очей з усіх напрямів, але як око може розрізнити напрями до різних об'єктів? Альхазен дав пояснення, як ми знаємо, хибне, але яке Бекон

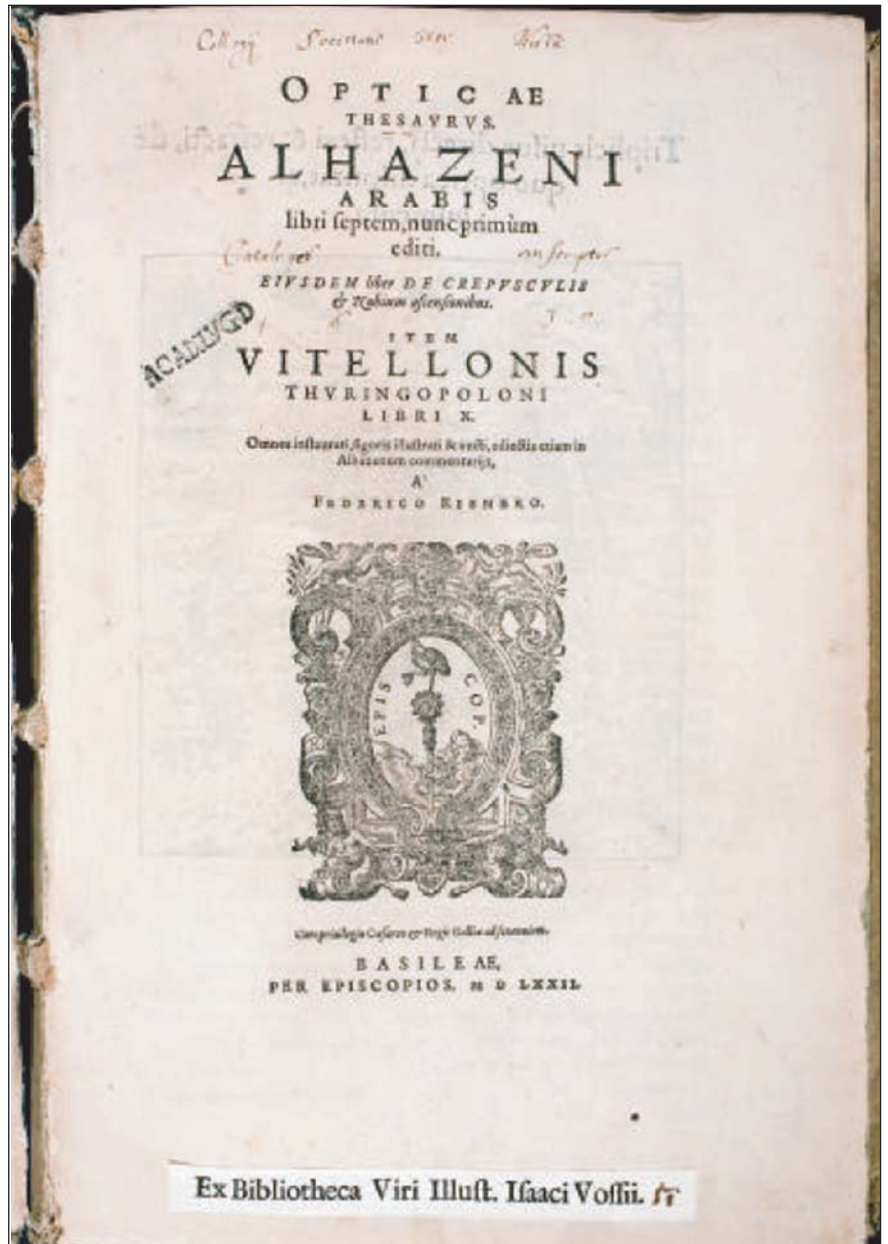


Рис. 1 Титульна сторінка “Kitab al-Manazir” (“Книги з оптики”) у перекладі на латинську мову, версія надрукована в 1572 році і знайдена в бібліотеці Лейденського університету

підтримав: види розповсюджуються у всіх напрямках, але тільки ті види, які досягли поверхні ока по перпендикулярній прямій, справді відчувуються. Інші види заломлюються лінзою ока і нейтралізують один одного. Зрозуміло, що види потрібно розуміти у віддаленому історичному контексті, а не як “попередників” сучасних фотонів.

Ідеї Альхазена не вдосконалювались аж до часів Кеплера і Снела; Вілеброд Снел ван Расен і Рене Декарт сформулювали закон заломлення світла в математичному вигляді в 1621 і 1637 роках відповідно. Проте П'єр де Ферма не визнавав обґрунтування Декарта чи демонстрації закону Снела, яке базувалось на аналогії з механічними явищами. Спираючись на ідеї Херона про найкоротший шлях і при-

пущення Альхазена про скінченність швидкості світла, меншої у густішому середовищі, він сформулював у 1657 році принцип Ферма, який стверджує, що світло розповсюджується по шляху, який займає найменше часу. Потім Ферма вивів закон про прямолінійний рух світла, а також закони відбиття та заломлення, таким чином удосконаливши геометричну оптику.

Підтвердження припущення Ібн ал-Хайсама про різні скінченні швидкості світла, яке міститься у “Книзі з оптики”, розтягнулося на шість століть, завершившись формулюванням принципу Ферма у 1657 році та, зрештою, визначенням скінченної швидкості світла в космосі, здійсненим Оле Ремером у 1676 році.

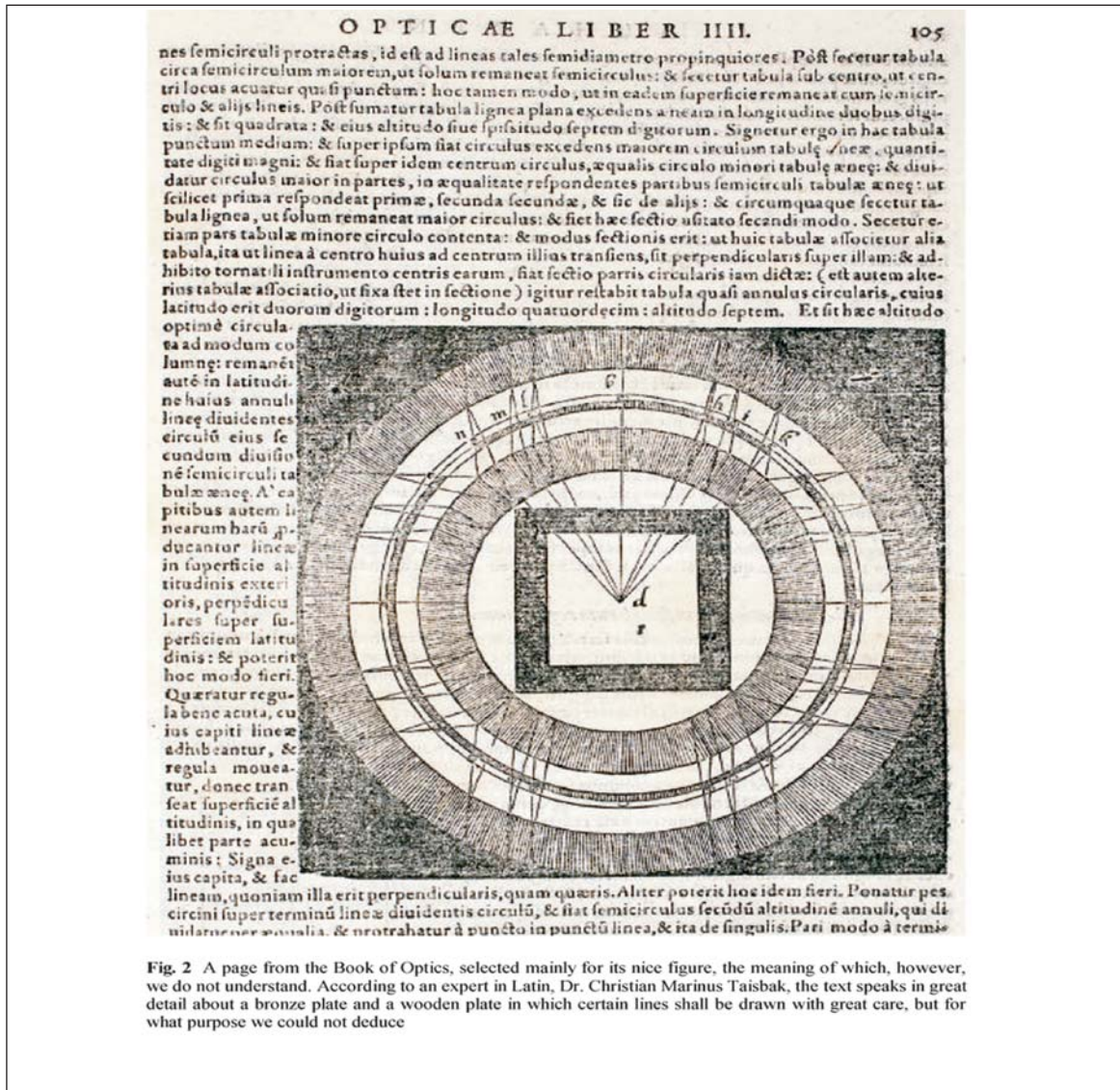


Fig. 2 A page from the Book of Optics, selected mainly for its nice figure, the meaning of which, however, we do not understand. According to an expert in Latin, Dr. Christian Marinus Taisbak, the text speaks in great detail about a bronze plate and a wooden plate in which certain lines shall be drawn with great care, but for what purpose we could not deduce

Рис. 2. Сторінка “Книги з оптики”, вибрана в основному за гарний малюнок, значення якого, проте, ми не розуміємо. Як відзначає експерт з латини, доктор Christian Marinus Taisbak, у тексті дуже детально сказано про бронзову та дерев’яну пластинки, на які слід дуже обережно нанести певні лінії, але ми не змогли визначити, з якою метою.

#### Коментар

Роджер Бекон (1214-1294), один з найоригінальніших мислителів тринадцятого століття, народився в Англії.

На думку Р.Бекона, фізика — це наука, що вивчає природних діячів (agentes, efficientes) та їхні дії (actiones) чи ефекти (effectus). У свою чергу, для будь-якої дії, крім діяча, необхідне і pars patiens, середовище, в якому він діє. Його філософ часто називає матеріальним началом (principium materiale) чи просто “матерією”. Стосовно діячів, на Бекона великий вплив мали Роберт Гроссетест та оптика арабів, а саме: теорія розповсюдження видів (species), де вид — не логічне поняття, а фізична чи духовна еманация, яка перетікає від однієї речі до іншої. Усі субстанції, а також деякі акциденції (тепло, холод, волога, сухість, світло, колір, запах, смак, до яких Бекон іноді додає звук) активні, завдяки чому виконують певні дії, причому першою такою дією є вид, який називається також силою діяча (virtus agentis), подібністю (similitudo), образом (imago) та іншими іменами. За допомогою цих видів відбуваються усі дії та зміни в природі. Усі види виникають і розповсюджуються за єдиними законами, а тому оптика, яка вивчає закони виникнення, розповсюдження і дії видимих видів, у першу чергу — світла, дозволяє пояснити будь-яке природне явище геометрично, лініями, і є універсальною наукою, яка дозволяє математично точно пояснити будь-яку природну дію.

(А. Аполонов. Передмова і вступна стаття до перекладів Р. Бекона)

#### Література

Alhazen 1021, Book of Optics, Extracts from a version printed in 1572 found in the Leiden University Library in the Latin translation from the Kitab al-Manazir (Book of Optics).

Denery II Dalas G. 2005, Seeing and being seen in the later medieval world? Optics, Theology and Religious Life. 202 pp.

Steffens B. 2007, Ibn al-Haytham: First Scientist (Profiles in Science). Greensboro, NC: Morgan Reynolds Publishing, 2007.

Wikipedia 2008, Ibn al-Haytham In: Wikipedia, the free encyclopaedia.