

Optyka

od Keplera do Newtona

Nieudane próby Keplera znalezienia prawa załamania światła (1604)

$$\alpha - \beta = n \sec \alpha$$

$$2\alpha - \beta = n \sin \alpha$$

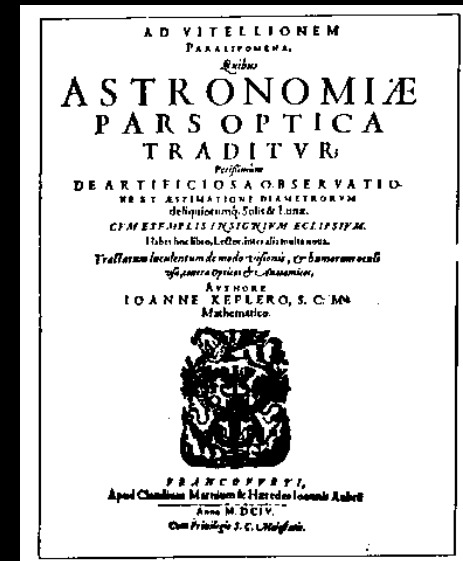
$$\operatorname{tg} \alpha = n \sin (\alpha - \beta)$$

$$1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} (\alpha - \beta) = n \operatorname{tg} \alpha$$

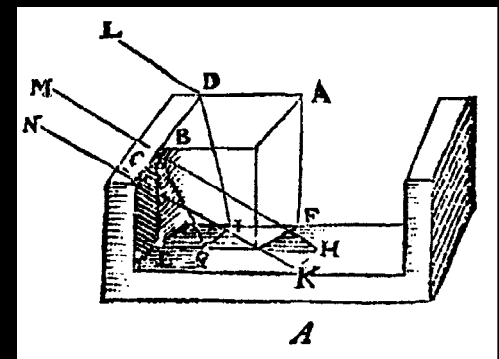
$$1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} (\alpha - \beta) = n \sin \alpha$$

$$1 - \beta = n_1 + n_2 \sec \alpha$$

$$1 - \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} (\alpha - \beta) = n_1 + n_2 \sin \alpha$$



Przyrząd Keplera do
badania załamania światła



IOANNIS KEPLERI S^r C^r. M^{is}. MATHEMATICI DIOPTRICE

SEV

Demonstratio eorum quæ visui & visibilibus pro-
pter Conspicillan non ita pridem inventa
accidunt.



*Premissa Epistola Galilæi de yis, quæ post editionem Nuncij si ery
ope Perspicilli, nova & admiranda in cælo
deprehensa sunt.*

Item,

*Examen præfationis Ioannis Pena Galli in Optica Euclidis, de
usu Optices in philosophia.*



AUGUSTAE VINDELICORVM,
typis Davidis Franci.

Cum privilegio Cæsareo ad annos XV.

M. DCXI.

17
punctum respicitur. Constat vero visibi-
lia puncta sensum. Infinita igitur ta-
lia puncta præter se super papyro, id est
sola res visibilia superferunt.

XLIV. PROPOSITIO.

Pictura lentis inversa est.

Nam lens est bini in quæ insistant bi-
ni utrumque eorum, alterum verum est in
puncto visibili, alterum verum in puncto
pictura super papyro.

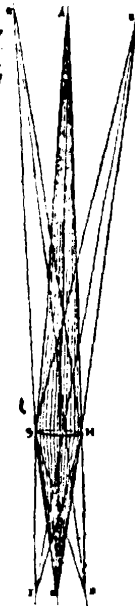
XLV. DEFINITIO.

Dicamus telestem bigam doctissime
causa Pencilium.

Item vero puncti omnes omnium
pencilium in lente oculi in communem bo-
ficonum converunt & transiit lente
easum divergunt: fortiterque plagam
contrariis. In hoc punctum puncti res
sunt A B C D, & E F concurrentes in len-
te convergunt G H, veluti in bini immant.

XLVI. PROPOSITIO.

Sicut se habet Diameter pictura
ad eius distantiam à lente, sic se ha-
bet diameter res visæ ad eius etiam
distantiam à lente, scilicet. Nam axes
penciliorum (scilicet duo) à puncto
visibili ad punctum pictura respon-
denti secant se mutuo omnes penè
C in uno



43
Et quia imago rei visibilis est eversa per unam len-
tem: Lens vero propriè non evertit deorsum, quod accipit
à remotiori, sed sic ut accipit, ad oculum transmittit, ex
superficie. Accipit autem respellentes visibilia, imaginem
eversam: Eversa igitur respellentes visibilia ad oculum
mittit.

Et quia imago ipsa eversa, prope punctum concu-
sum, maior apparet re ipsa, remotius aequalis: & adhuc
remotius, minor, per XLIV. imago igitur hoc sic eversa
vis, ut fuerit ampliata per lentem propiorum, duobus
primis casibus maior omnino evadit re ipsa, ultima ca-
sus vel maior vel aequalis vel minor, prout fuerit lens
amplius se proportio, quæ est in arbitrio artificij: certè
tamen maior, quàm quantitas lens, oculari proxima, cum
acciperet à lente remotiori, per XLV.

XXCVII. PROBLEMA.

Duobus convexis distincta præstare visibilia
& erecta, sed minora.

Hoc duo convexa oportet in sufficienti discrimine
esse convexitatem. Collocetur igitur oculum extra ut-
rumque puncta concurrentium, alterum punctum distinctum
propior à reliquo puncto distinctum remotior, ut
ita utroque solitario eversa distincta æquantur. Si enim
ferriat lentis hoc finem cum oculari in eadem lineam
composita, contraria vitia se mutuo tollunt, & distincta
sequuntur.

Et autem & erecta sit imago, oportet cum huius eor-
ti. Et ut hoc fiat lentem propiorum oportet ipsam eor-
ti esse remotiori à remotiori altera illam puncta con-
currentium.

F a E
T I Y

33
pila applicata lenti in KL iam ampliatu-
re & remotiori omnia divergentes FG
conferunt igitur videtur punctum A, in fi-
tu oculi KL, distinctum in situ oculi HL.

Haec enim lentem de convexis, scor-
sim etiam de cavis: sequitur nunc
de junctis cavæ & convexis.

CL. DEFINITIO.

Tubus usurpatur pro opaco cavo
cylindro, cuius bina ostia clauduntur
visis perspicuis; scilicet pro oculari
illo instrumentum, quo res longinquas
quasi cominus aspiciuntur.

CIL.

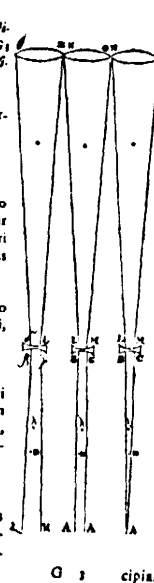
Ostiorum eius alterum cum suo
vitro ad oculum pertinet in situ utili,
alterum ad visibile.

CIII. POSTULATVM.

Vt in tubo linea per utriusque vitri
centra convexitatum & cavitatum
transiens, sit una & eadem. Hoc est,
ut parallela sint vitra, ipsque tribus re-
dis angulus insistant.

CIV.

Si cava lens radiationes unius
puncti quæ trahit à lente convexæ re-
fractionem passæ convergunt, inter-



Q 3 cipiatur

35
conspicuos parvulus, quæ primitus in eorum lentem
venit, aut denique divergat & dilatatur puncti,
& ita magis magisque confunditur pictura cum di-
stincta papyri à lente cavæ. Major autem reddetur
pictura SPT quàm FBD per solam GH convexi-
tam, quæ præcedit F, D, respellens cavæ L. Minor
quantur extrorsum in ST per IC, exteriore sunt
per plus, quàm interiores per LI.

CVI. NOTA.

Quod I. Baptista Porta proficetur radios
solis primum colligere, post collectos in infi-
nitum mittere, & sic comburere, est de spe-
culis loquitur, videtur tamen de perspicillis
intelligi debere, quia de indultis occultat-
is sententiam. Quod si de lentibus intel-
ligi debet, non aliud erit artificium, quàm
primum lente convexa colligere multos ra-
dios, post sic collectos proximè punctum
concurrentes excipere lente cavæ, quæ ex con-
vergentibus parallelis faciat, ut diuam
prop. CV. Itaque vide ea, quæ prop. LVI
sunt dicta contra. Quibus iam addo & hoc
amplius, & si emendaveris in Porta verbis il-
lud de lineæ ulioris infinità, ut sit scilicet, idem
quod convexus ulioris, quantum velis proce-
deris, ut ita adduc per sectionem radiorum
incent-



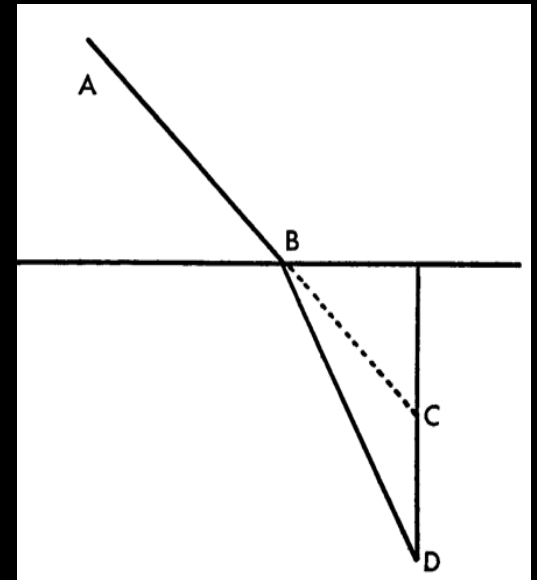
Próby uwieńczone powodzeniem

Willebrord Snell – 1621

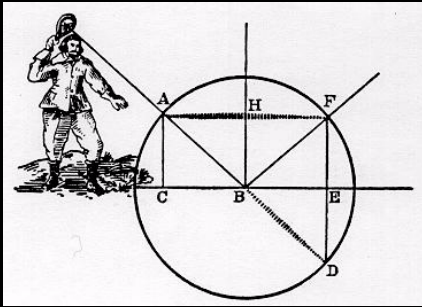


René Descartes – 1637

Thomas Harriot < 1610



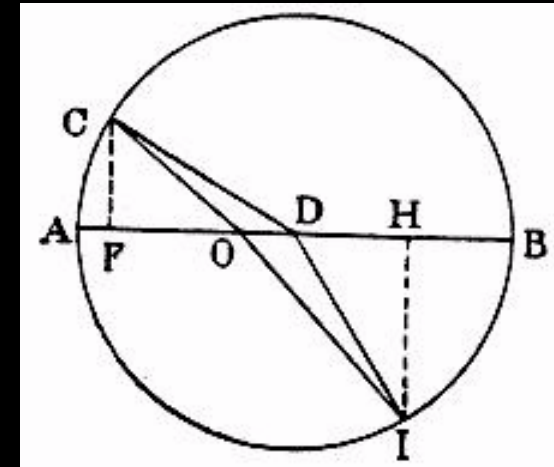
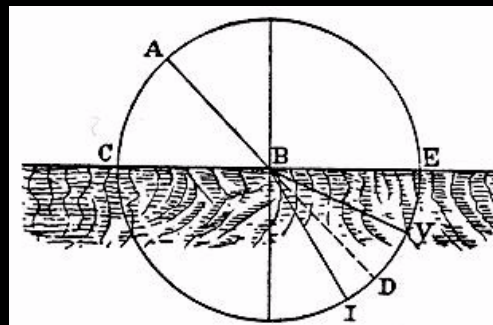
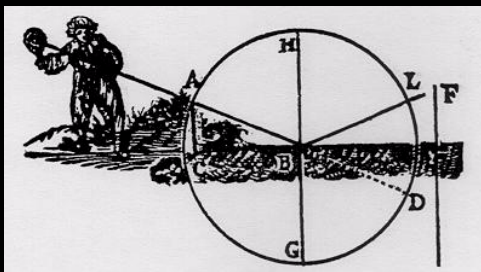
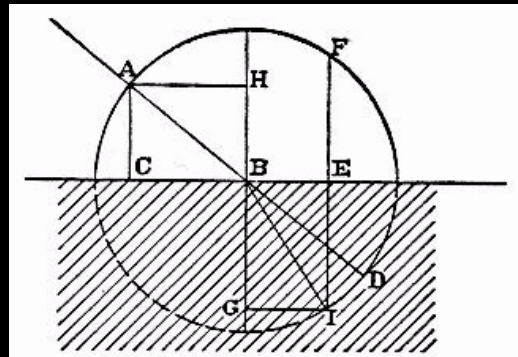
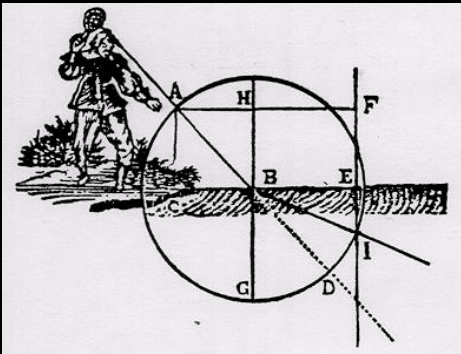
$$BC/BD = \text{constans}$$

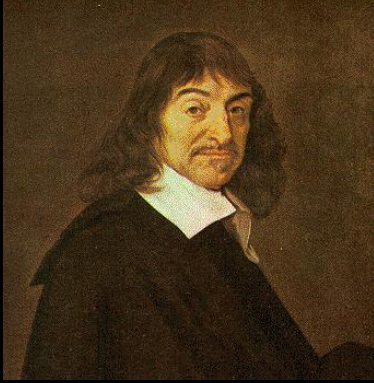


Descartes



Fermat





René Descartes

DISCOURS DE LA METHODE

Pour bien conduire la raison, & chercher
la verité dans les sciences.

PLUS
LA DIOPTRIQUE.
LES METEORES.
ET
LA GEOMETRIE.

Qui sont des essais de cete METHODE.

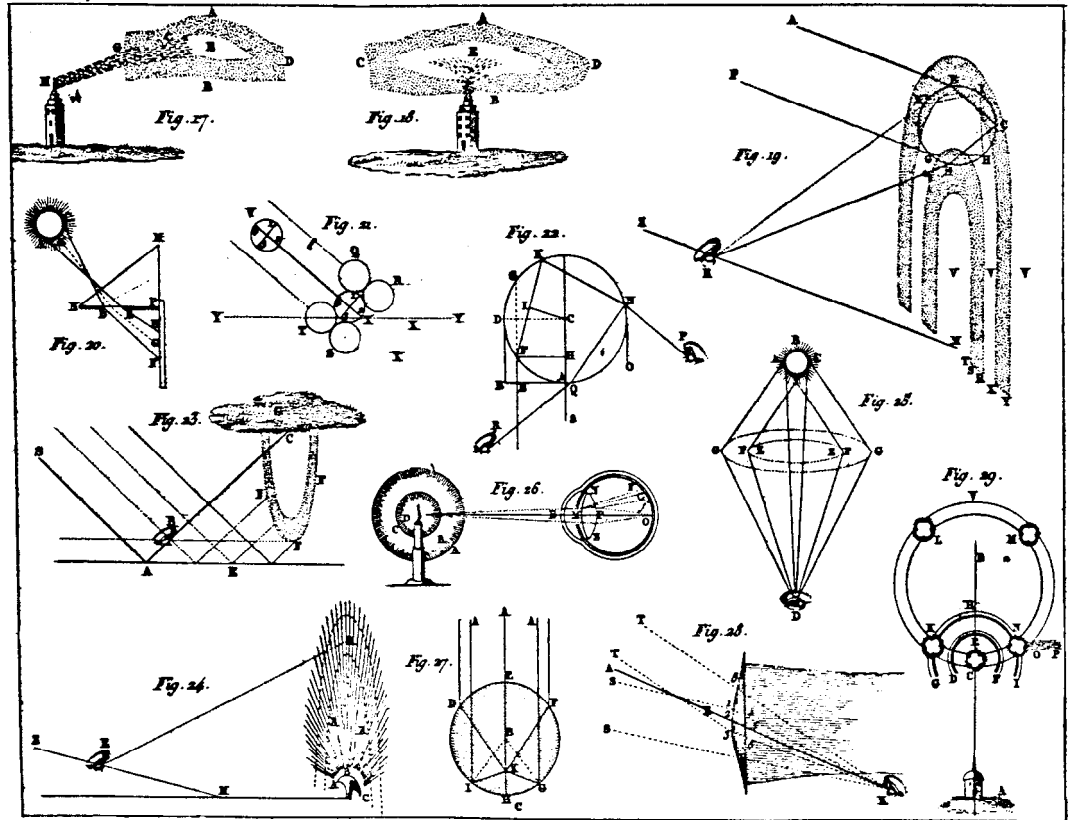


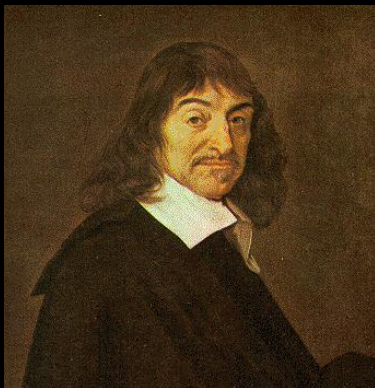
A LEYDE
De l'Imprimerie de IAN MAIRE.
MDCXXXVII
Avec Privilege.

Œuv. comp. de Descartes, T. 5.

Météores.

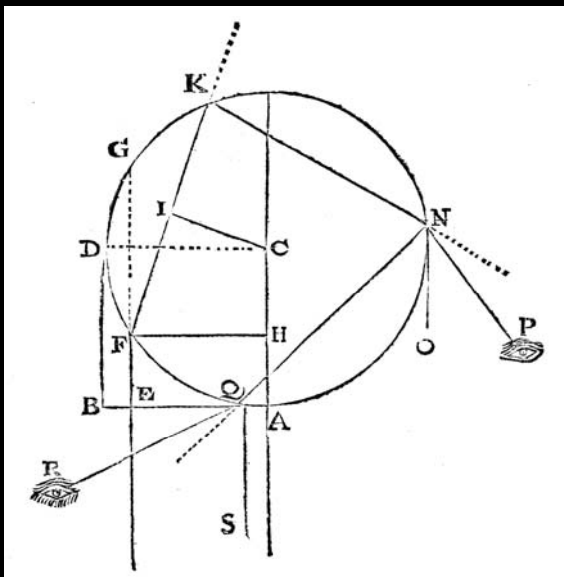
Pl. VII.





René Descartes

Pierwsze ilościowe wyjaśnienie tęczy (1637)



La Ligne HF	La Ligne CI	L'Arc FG	L'Arc FK	L'Angle ONP	L'Angle SQR
1000	748	168, 30	171, 25	5, 40	165, 45
2000	1496	156, 55	162, 48	11, 19	151, 29
3000	2244	145, 4	154, 4	17, 56	136, 8
4000	2992	132, 50	145, 10	22, 30	122, 4
5000	3740	120	136, 4	27, 52	108, 12
6000	4488	106, 16	126, 40	32, 56	93, 44
7000	5236	91, 8	116, 51	37, 26	79, 25
8000	5984	73, 44	106, 30	40, 44	65, 46
9000	6752	51, 41	95, 22	40, 57	54, 25
10000	7480	0	83, 10	13, 60	69, 30
8000	5984	73, 44	106, 30	40, 44	65, 46
8100	6058	71, 48	105, 25	40, 58	64, 37
8200	6133	69, 50	104, 20	41, 10	63, 10
8300	6208	67, 48	103, 14	41, 20	62, 54
8400	6283	65, 44	102, 9	41, 26	61, 43
8500	6358	63, 34	101, 2	41, 30	60, 32
8600	6432	61, 22	99, 56	41, 30	58, 26
8700	6507	59, 4	98, 48	41, 28	57, 20
8800	6582	56, 42	97, 40	41, 22	56, 18
8900	6657	54, 16	96, 32	41, 12	55, 20
9000	6732	51, 41	95, 22	40, 57	54, 25
9100	6806	49, 0	94, 12	40, 36	53, 36
9200	6881	46, 8	93, 2	40, 4	52, 58
9300	6956	43, 8	91, 51	39, 26	52, 25
9400	7031	39, 54	90, 38	38, 38	52, 0
9500	7106	36, 24	89, 26	3, 32	51, 54
9600	7180	32, 30	88, 12	36, 6	52, 6
9700	7255	28, 8	86, 58	34, 12	52, 46
9800	7330	22, 57	85, 43	31, 31	54, 12

„...Nie rozumiałem, dlaczego kolory pojawiają się tylko przy pewnych kątach; wreszcie wziąłem pióro i wykonałem dokładne obliczenia dróg promieni padających w różnych punktach na kulę z wody, w celu wyznaczenia kątów, pod którymi wychodzą i trafiają do oka po dwóch załamaniach i jednym lub dwóch odbiciach. Stwierdziłem wtedy, że po jednym odbiciu i dwóch załamaniach jest znacznie więcej promieni widocznych pod kątami od 41 do 42 stopni, niż pod jakimikolwiek kątami mniejszymi, i że nie ma żadnych promieni widocznych pod kątem większym...(patrz Tablica). Pokazuje to jasno, że barwy tęczy powstają z tej samej przyczyny, jak ta, która je powoduje, kiedy używamy kryształu...”

R. Descartes, *Les meteoros*, rozdział VIII.

MICROGRAPHIA:

OR SOME

Physiological Descriptions

OF

MINUTE BODIES

MADE BY

MAGNIFYING GLASSES.

WITH

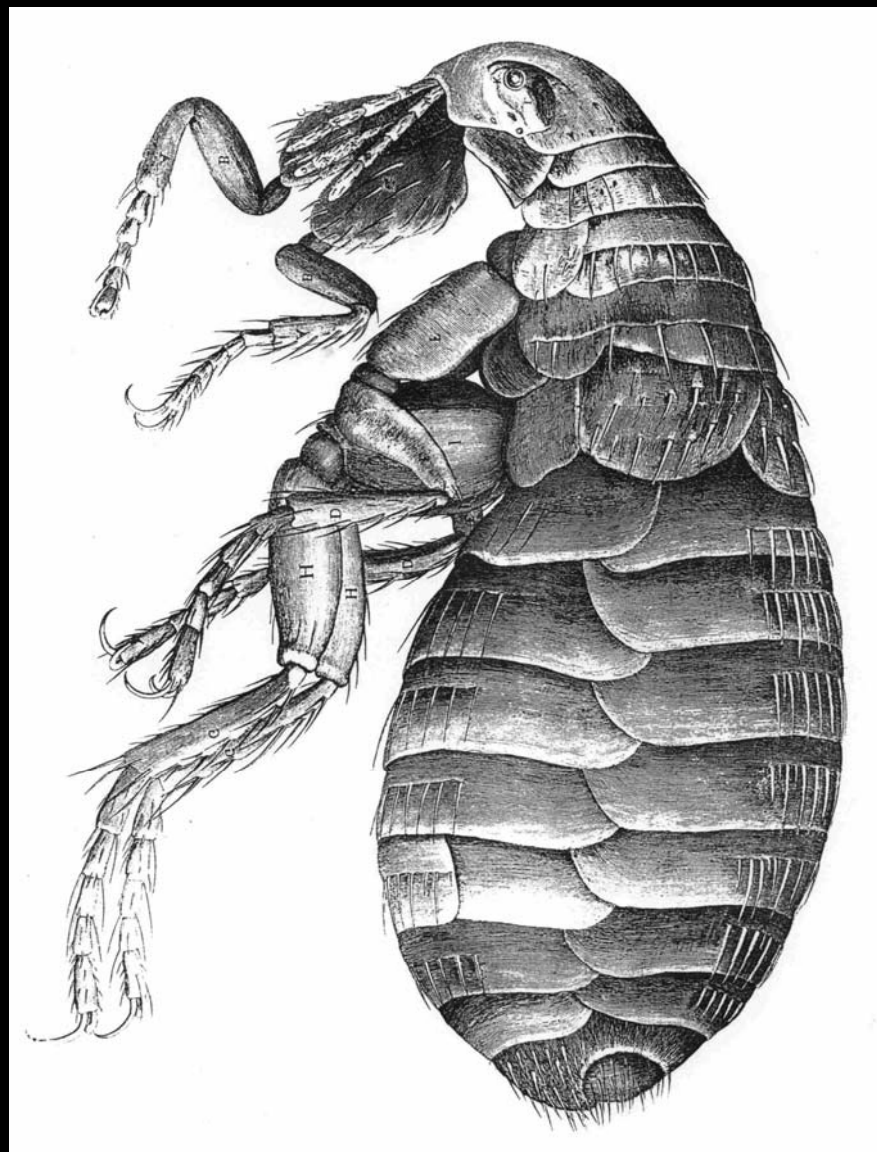
OBSERVATIONS and INQUIRIES thereupon.

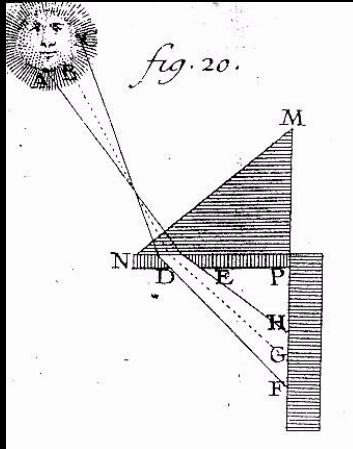
By R. HOOKE, Fellow of the ROYAL SOCIETY.

*Non possis oculo quantum contendere Linceus,
Non tamen idcirco contemnas Lippus inungi. Horat. Ep. lib. 1.*

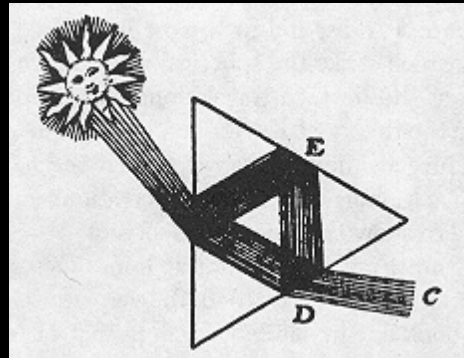
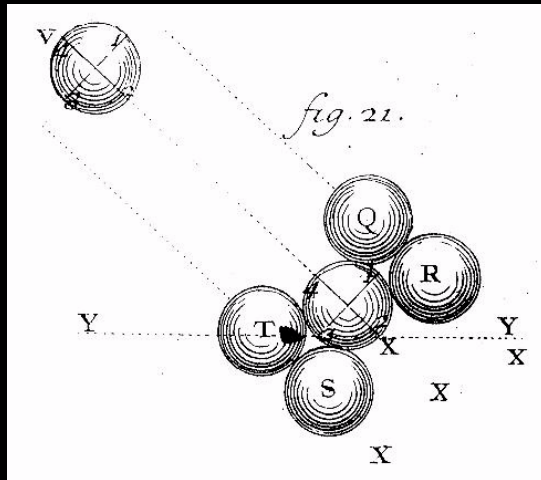


LONDON, Printed by Jo. Martyn, and Ja. Allestry, Printers to the
ROYAL SOCIETY, and are to be sold at their Shop at the Bell in
S. Paul's Church-yard. M DC LX V.

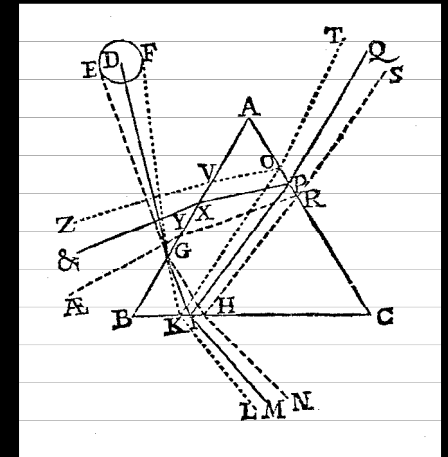




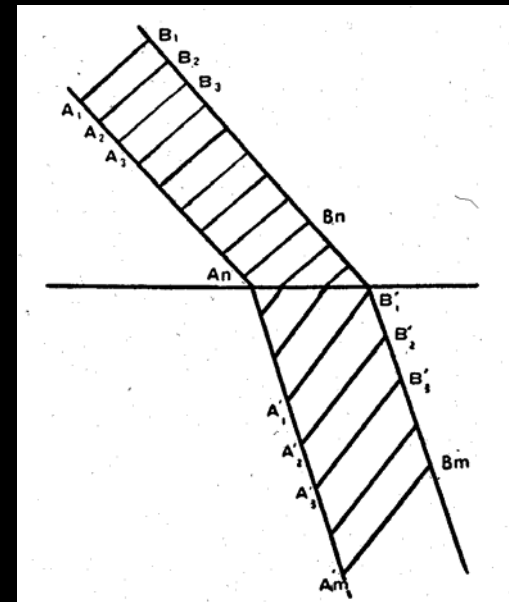
Descartes (1637)



La Chambre (1650)



Grimaldi (1665)



Hooke (1665)



Olaus Roemer (1644-1710)

*Demonstration touchant le mouvement
de la lumiere*

Journal des Sçavans, 7 grudnia 1676 r.

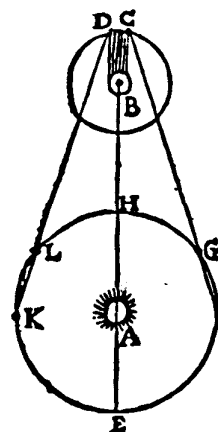
„Filozofowie zastanawiali się od wielu lat, by rozstrzygnąć przez jakieś doświadczenie, czy działanie światła może przenosić się na odległość natychmiastowo, czy też wymaga czasu. Pan Roemer z Królewskiej Akademii Nauk wynalazł sposób oparty na obserwacjach pierwszego satelity Jowisza, którym wykazuje, że dla przebycia około 3000 mil, co jest bardzo bliskie wielkości średnicy Ziemi, światło potrzebuje mniej niż sekundę czasu...”

DEMONSTRATION TOVCHANT LB
mouvement de la lumiere trouvé par M. Römer de
l'Academie Royale des Sciences.

IL y a long-temps que les Philosophes sont en peine de decider par quelque experience, si l'action de la lumiere se porte dans un instant à quelque distance que ce soit, ou si elle demande du temps. Mr Römer de l'Academie Royale des Sciences s'est avisé d'un moyen tiré des observations du premier satellite de Jupiter, par lequel il démontre que pour une distance d'environ 3000 lieues, telle qu'est à peu près la grandeur du diametre de la terre, la lumiere n'a pas besoin d'u-

1676.

N n n



Soit A le Soleil, B Jupiter, C le premier Satellite qui entre dans l'ombre de Jupiter pour en sortir en D, & soit EFGHKL la Terre placée à diverses distances de Jupiter.

Or supposé que la terre estant en L vers la seconde Quadrature de Jupiter, ait vu le premier Satellite, lors de son émerison ou sortie de l'ombre en D ; & qu'en suite environ 42. heures & demie après, sçavoir après une revolution de ce Satellite, la terre se trouvant en K, le voye de retour en D : Il est manifeste que si la lumiere demande du temps pour traverser l'intervalle LK, le Satellite sera vu plus tard de retour en D, qu'il n'auroit esté si la terre estoit demeurée en K, de sorte que la revolution de ce Satellite, ainsi observée par les Emersions, sera retardée d'autant de temps que la lumiere en aura employé à passer de L en K, & qu'au contraire dans l'autre Quadrature FG, où la terre en s'approchant, va au devant de la lumiere, les revolutions des Immer-sions paroistront autant accourcies, que celles des Emersions avoient paru alongées. Et parce qu'en 42 heures & demy, que le Satellite employe à peu près à faire chaque revolution, la distance entre la Terre & Jupiter dans l'un & l'autre Quadrature varie tout au moins de 210. diametres de la

Terre, il s'ensuit que si pour la valeur de chaque diamètre de la Terre, il falloit une seconde de temps, la lumiere employeroit 3 $\frac{1}{2}$ min. pour chacū des intervalles GF, KL, ce qui causeroit une differēce de près d'un demy quart d'heure entre deux revolutions du premier Satellite, dont l'une auroit este observée en FG, & l'autre en KL, au lieu qu'on n'y remarque aucune difference sensible.

Il ne s'ensuit pas pourtant que la lumiere ne demande aucun temps : car apres avoir examiné la chose de plus près, il a trouvé que ce qui n'étoit pas sensible en deux revolutions, devenoit tres-considerable à l'égard de plusieurs prises ensemble, & que par exemple 40 revolutions observées du costé F, estoient sensiblement plus courtes, que 40. autres observées de l'autre côté en quelque endroit du Zodiaque que Jupiter se soit rencontré; & ce à raison de 22. pour tout l'intervalle H E, qui est le double de celui qu'il y a d'icy au soleil.

La necessité de cette nouvelle Equation du retardement de la lumiere, est établie par toutes les observations qui ont esté faites à l'Academie Royale, & à l'Observatoire depuis 8. ans, & nouvellement elle a esté confirmée par l'Emersion du premier Satellite observée à Paris le 9. Novembre dernier à 5. h. 35. 45. du soir, 10. minutes plus tard qu'on ne l'eût deū attendre, en la déduisant de celles qui avoient esté observées au mois d'Aoust, lors que la terre estoit beaucoup plus proche de Jupiter; ce que Mr Römer avoit predit à l'Acade-

mie dès le commencement de Septembre.

Mais pour oster tout lieu de douter que cette inégalité soit causée par le retardement de la lumiere, il demontre qu'elle ne peut venir d'aucune excentricité, ou autre cause de celles qu'on apporte ordinairement, pour expliquer les irregularitez de la Lune & des autres Planetes : bien que néanmoins il se soit aperceu que le premier Satellite de Jupiter estoit excentrique, & que dailleurs ses revolutions estoient avancées ou retardées à mesure que Jupiter s'approchoit ou s'éloignoit du soleil, & même que les revolutions du premier Mobile estoient inégales; sans toutesfois que ces trois dernieres causes d'inégalité empêchent que la premiere ne soit manifeste.

**Wielu
autorów
podręczników
fałszywie
pojmuje
znaczenie
odkrycia
Roemera**

Author		Value of c ascribed to Roemer in km/s	Year of Roemer's discovery
(a) English texts			
French		> 160 000	1675
	Wolf	~ 193 120	1672–1676
	Blum, Roller	~ 200 000	1675
	Giancoli	200 000	1675
	Halliday, Resnick	200 000	1675
	Servay	~ 210 000	1675
	Brandt, Maran	~ 210 000	1675
	Froome, Essen	~ 214 000	1676
	Sanders	~ 214 000	1676
	Bergstrand	214 300	1676
	Kittel, Knight, Ruderman	214 300	1676
	Jeans	~ 222 000	1676
	Jeans	...	1675
	Kenworthy	~ 225 000	1675
	Shortley, Williams	225 000	1675
	Meyer-Arendt	227 000	1675
	Arya	~ 230 000	1676
	Monk	≥ 300 000	1676
	Lipson and Lipson	~ 300 000	1678
	Lipson	< 320 000	1675
	Fincham, Freeman	~ 306 000	1675
	Morgan	309 000	1675
	Dampier	309 000	1676
	Longhurst	310 000	1676
	Ditchburn	350 000	1676
	Brown	350 000	1666
	Wood	351 000	1876
	Wood	308 000	1676
	Weidner, Sells	...	1666
	Feynman	...	1656

(b) German texts

Grimsehl	214 000	1673
Weller, Winkler	214 000	1676
Bergmann, Schaefer	214 450	1676
Pohl	230 000	1676
Feicht, Graf	~ 300 000	1676
Recknagel	300 000	...
Gerthsen, Kneser, Vogel	300 000	1676

(c) Russian texts

Frish, Timoryeva	215 000	1676
Landsberg	215 000	1676
Savyelyev	215 000	1676
Yavorsky, Detlaf	215 000	1676
Korolyev	215 000	1675
Putilov, Fabrikant	~ 220 000	1666
Govorkov	225 000	1676
Zisman, Todes	> 225 000	...

(d) Books on the history of science

Dorfman	212 222	1676
Laue	300 000	1676
Spasski	300 870	1670–1679
Kudryavcev	311 300	...
Guaydier	327 000	1676

Robert Hooke, *Lectures on Light*, 1680

„Przypuśćmy, że [obserwacje Roemera] udowadniają, że światło rozchodzi się stopniowo, a nie natychmiastowo, ale znajdujemy je tak niezwykle szybkie, że jest to poza wszelką wyobraźnią; sądzi on bowiem, że światło przebiega przestrzeń równą średnicy Ziemi, albo blisko 8000 mil, w czasie mniejszym od jednej sekundy, co jest czasem tak krótkim, że zaledwie można policzyć: jeden, dwa, trzy, cztery. Jeśli tak, to nie znam przyczyny, dla której nie mogło by się przemieszczać natychmiastowo...

...Jest znacznie trudniej wyobrazić sobie ruch tak szybki, ale ze skończoną prędkością, niż ruch natychmiastowy. Albowiem ruch kuli armatniej jest o tyle wolniejszy od ruchu światła, o ile ruch ślimaka - od ruchu kuli armatniej...”

„Ale niezwykle wielka prędkość światła i inne jego właściwości nie pozwalają przypuszczać, że ruch jego odbywa się w taki sposób. Pokażę tu, jak sobie wyobrażam, że ten ruch zachodzi. W tym celu trzeba wyjaśnić właściwość przekazywania ruchu, jaką mają ciała twarde. Jeśli pewną liczbę kul jednakowej wielkości, wykonanych z jakiegoś bardzo twardego materiału ułożymy w szereg wzdłuż linii prostej, aby się nawzajem dotykały, to stwierdzimy, że kiedy podobną kulą uderzymy kulę pierwszą z szeregu, to ruch przejdzie jakby momentalnie aż do ostatniej kuli, która się oddzieli od szeregu, chociaż nie widać, aby inne się poruszały; a kula, która uderzyła, pozostaje wraz z innymi w szeregu nieruchoma.”

Huygens, *Traité de la lumière*

„Widzimy tu rozchodzenie się ruchu z niezmiernie wielką prędkością, tym większą, im twardsza jest materia kul. Jest jednak pewne, że to postępowanie ruchu nie jest momentalne, lecz stopniowe, wymaga zatem czasu... Stwierdziłem bowiem, uderzając kulą szklaną, lub z agatu, o duży i bardzo gruby kawałek tej samej materii, która miała powierzchnię gładką i trochę przymgloną przez chuchnięcie, lub innym sposobem, że pozostawały na tej powierzchni znaki okrągłe, większe lub mniejsze, zależnie od tego czy uderzenie było silne czy słabe. Widać z tego, że te materie poddają się przy swym zderzeniu, a potem powracają do swego kształtu, na co przecież muszą zużywać czas.”

Huygens, *Traité de la lumière*



Francesco Maria Grimaldi
(1618-1663)

„Światło rozprzestrzenia się nie tylko wprost, przez załamanie i przez odbicie, ale także w czwarty sposób przez dyfrakcję...”

PHYSICO-MATHE- SIS DE LVMINE COLORIBVS, ET IRIDE.

Alijsque sequenti pagina indicatis.

AD ILLVSTRISSIMVM, AC REVERENDISSIMVM D.

D. CAROLVM ANTONIVM
DE SANCTO PETRO

Bonoqiesem Patritium,

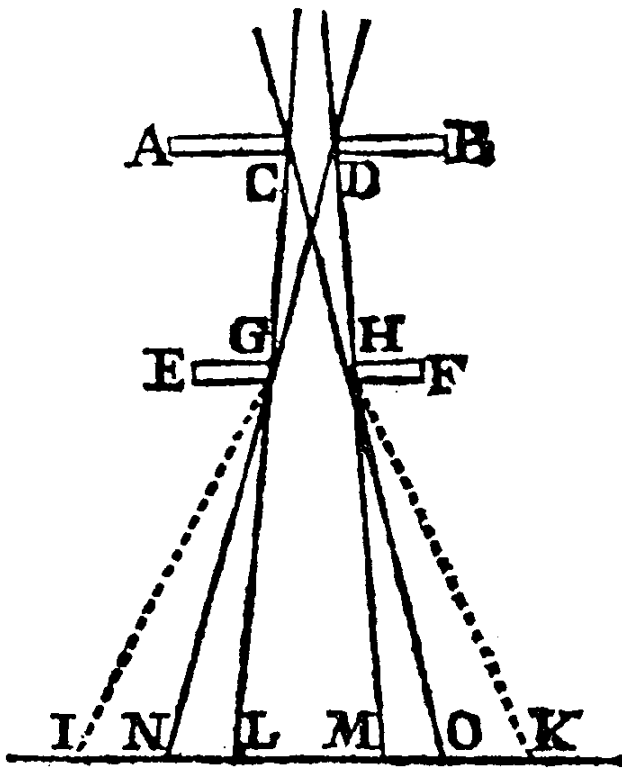
ABBATEM, ET COMMENDATARIVM SANCTÆ LVCIÆ DE ~~LOTTINO~~.
L V. D. COLLEGIATVM.



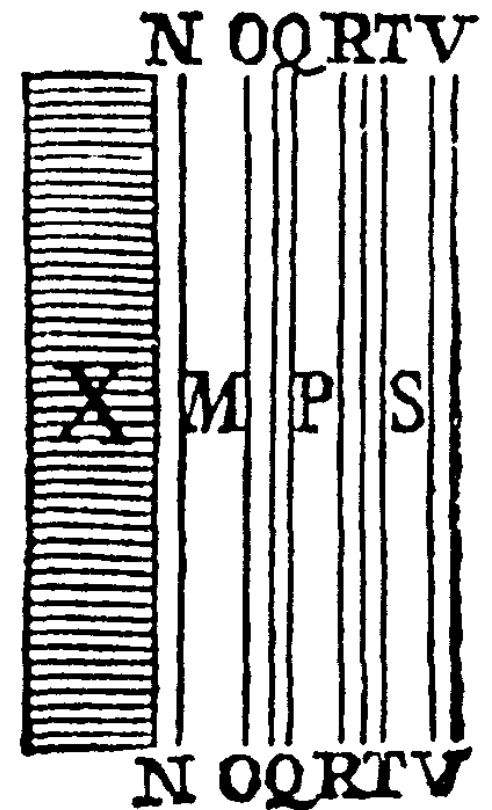
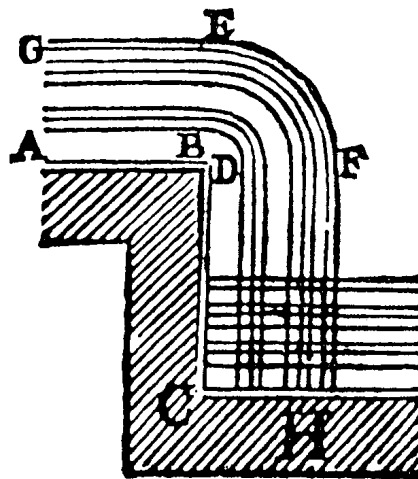
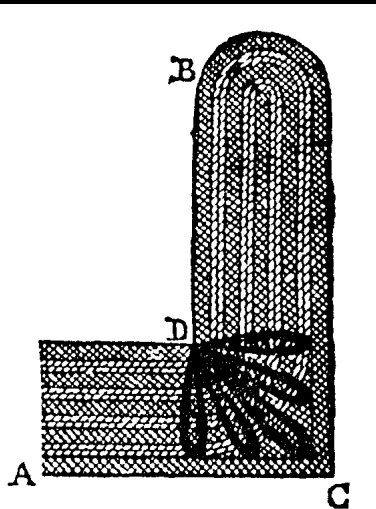
BONONIÆ. M. DC. LXV.

Ex Typographia Heredis Vxorij Baccij.

Superiorum permiffa.



Dyfrakcja światła na rysunkach Grimaldiego w *De lumine*



Huygens, Mariotte i de la Hire odnosili się sceptycznie do odkrycia dyfrakcji światła i po wykonaniu doświadczeń w Paryżu uznali, że nie jest to żadne nowe zjawisko

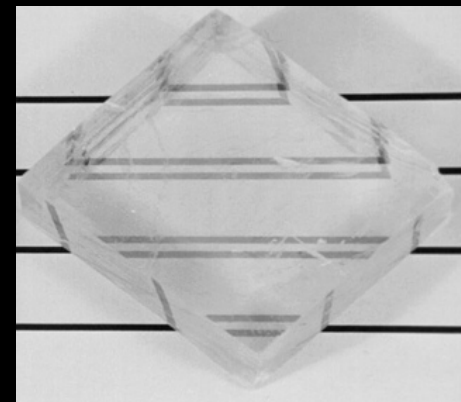
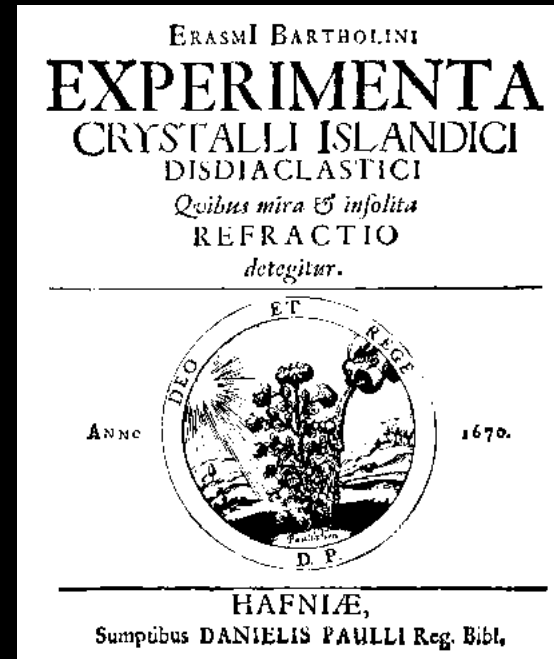


„...kiedy się przeprowadza bardzo precyzyjne doświadczenia, to zawsze znajduje się zgodność z hipotezą o prostoliniowym rozchodzeniu się promieni, bez żadnej dyfrakcji, co sprawdziłem w wielu dokładnych obserwacjach, wykonanych wraz z bardzo inteligentnymi osobami.”

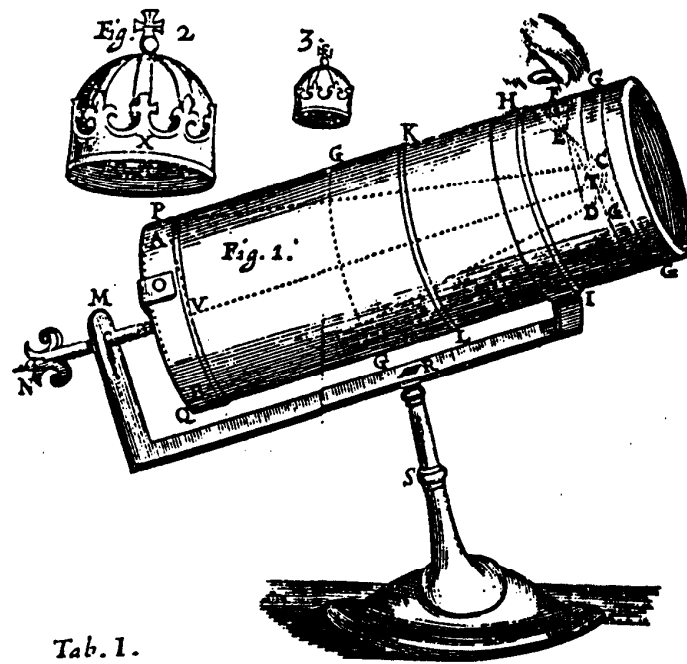
E. Mariotte (1681)



W 1669 r. Duńczyk
Erasmus Bartholinus
opisał dwójłomność
kryształu islandzkiego
(kalcytu)



An Account of a New Catadioptrical Telescope invented by Mr. Newton, Fellow of the R. Society, and Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge.



Tab. 1.

THIS Excellent Mathematician having given us, in the *Transactions of February* last, an account of the cause, which induced him to think upon *Reflecting* Telescopes, instead of *Refracting* ones, hath thereupon presented the Curious World with an *Essay* of what may be performed by such Telescopes; by which it is found, that Telescopical Tubes may be considerably shortned without prejudice to their magnifying effect.

This new instrument is compos'd of two Metalline *speculum's*, the one Concave, (instead of an Object-glass) the other Plain; and also of a small plano-convex Eye-glass.

By *Figure I.* of *Tab. I.* the structure of it may be easily imagin'd; viz. That the Tube of this Telescope is open at the end which respects the object; that the other end is close, where the said Concave is laid, and that near the open end there is a flat oval *speculum*, made as small as may be, the less to obstruct the entrance of the rays of Light; and inclined towards the upper part of the Tube, where is a little hole furnish't with the said Eye-glass. So that the rays coming from the object, do first fall on the Concave placed at the bottom of the Tube; and are thence reflected toward the other end of it, where they meet with the flat *speculum*, obliquely posited, by the reflection of which they are directed to the little plano-convex Glass, and so to the Spectator's Eye, who looking downwards sees the Object, which the Telescope is turned to.

To understand this more distinctly and fully, the Reader may please to look upon the said *Figure*, in which

AB is the Concave *speculum*, of which the *radius* or semi-diameter is $12\frac{1}{2}$ or 13 inches.

CD another metalline *speculum*, whole surface is flat, and the circumference oval.

PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS.

February 19. 1671.

The CONTENTS.

A Letter of Mr. Isaac Newton, Mathematick Professor in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: Where Light is declared to be not Similar or Homogeneous, but consisting of difform rays, some of which are more refrangible than others: And Colors are affirm'd to be not Qualifications of Light, deriv'd from Refractions of natural Bodies, (as 'tis generally believed;) but Original and Connate properties, which in divers rays are divers: Where several Observations and Experiments are alledged to prove the said Theory. An Account of some Books: I. A Description of the EAST-INDIAN COASTS, MALABAR, COROMANDEL, CEYLON, &c. in Dutch, by Phil. Baldæus. II. Antonii le Grand INSTITUTIO PHILOSOPHIÆ, secundum principia Renati Des-Cartes; novâ methodo adornata & explicata. III. An Essay to the Advancement of MUSICK; by Thomas Salmon M. A. Advertisement about Thæon Smyrnezus. An Index for the Trails of the Year 1671.

A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: sent by the Author to the Publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671; in order to be communicated to the R. Society.

S I R,

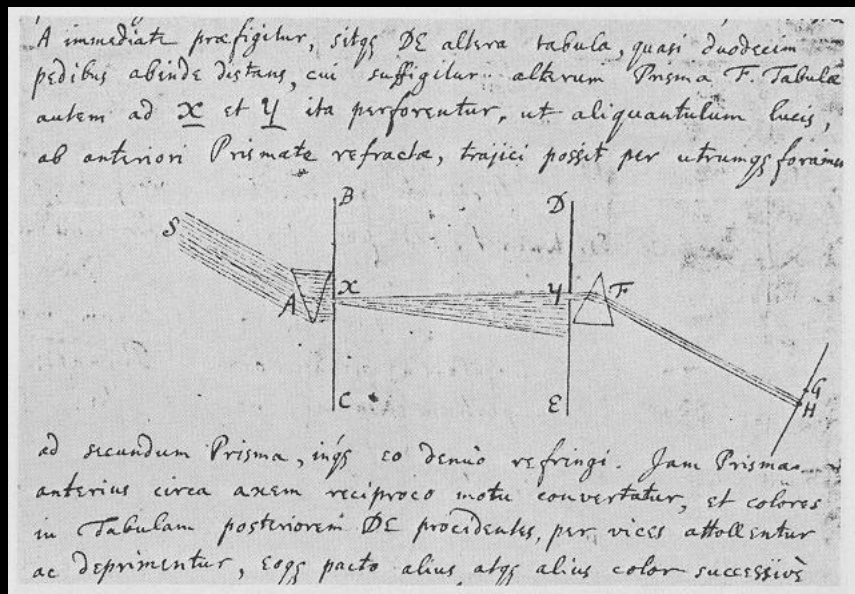
TO perform my late promise to you, I shall without further ceremony acquaint you, that in the beginning of the Year 1666 (at which time I applyed my self to the grinding of Optick glasses of other figures than Spherical,) I procured me a Triangular glass-Prisme, to try therewith the celebrated *Phænomena* of

G g g g

Colours.



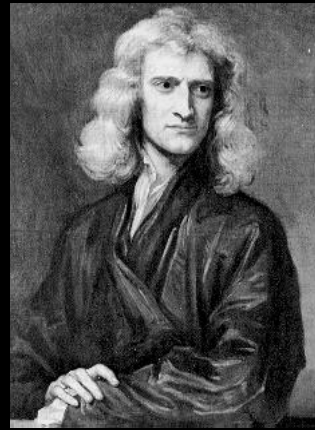
New Theory about Light and Colors (1672)



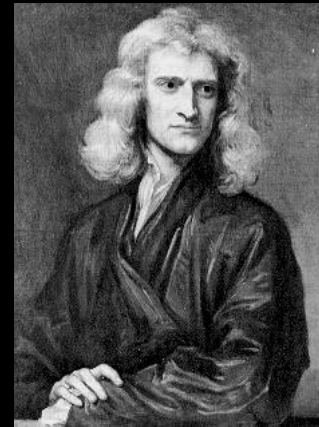
Fragment rękopisu
Newtona z wyjaśnieniem
jego *experimentum
crucis* dotyczącego
natury światła białego

„Stopniowe usuwanie tych podejrzeń skłoniło mnie do przeprowadzenia eksperymentu krzyżowego (*experimentum crucis*), który wyglądał tak: Wziąłem dwie tablice, z których pierwszą umieściłem tuż za pryzmatem przy oknie, tak że światło mogło przechodzić przez mały otwór w tej tablicy i padać na drugą, którą umieściłem w odległości około 12 stóp i też zrobiłem w niej mały otwór do przepuszczania padającego na nią światła. Za tą drugą tablicą umieściłem drugi pryzmat, tak że światło przechodzące przez otwory w obu tablicach musiało przezeń przechodzić i było znów załamywane zanim doszło do ściany.”

New Theory about Light and Colors



„Następnie wziąłem w rękę pierwszy pryzmat i obracałem go powoli wokół jego osi tam i z powrotem, aby różne części obrazu rzucanego na drugą tablicę przeszły przez wykonany w niej otwór i bym mógł zobaczyć na jakie miejsce ściany załamie je drugi pryzmat.. W ten sposób zobaczyłem, że światło, które po załamaniu w pierwszym pryzmacie było skierowane ku końcowi obrazu, doznało w drugim pryzmacie załamania o wiele większego niż światło na drugim końcu obrazu. I tak zostało odkryte, że prawdziwą przyczyną wydłużenia obrazu jest nic innego, jak to, że światło składa się z promieni o różnym stopniu łamliwości, które niezależnie od różnicy ich kąta padania, przechodziły ku różnym częściom ściany zgodnie ze swymi stopniami łamliwości...”



New Theory about Light and Colors

New Theory about Light and Colors (1672)

„1. Podobnie jak promienie światła różnią się stopniem swej łamliwości, różnią się też zdolnością wykazywania tej czy innej szczególnej barwy. Barwy nie są - jak to się powszechnie przypuszcza - modyfikacjami światła powstającymi wskutek jego załamania lub odbicia od ciał przyrody, lecz są pierwotnymi i przyrodzonymi właściwościami, które są różne w rozmaitych promieniach. Niektóre promienie są zdolne wykazywać kolor czerwony i żaden inny, niektóre - kolor żółty i żaden inny, wreszcie jeszcze inne - kolor zielony i żaden inny i tak dalej. Istnieją nie tylko promienie należące do tych głównych barw, lecz także do wszystkich leżących między nimi stopniowań.”

New Theory about Light and Colors (1672)

„2. Jednakowemu stopniowi łamliwości odpowiada zawsze jedna i ta sama barwa i odwrotnie. Najmniej załamujące się promienie dają tylko barwę czerwoną i odwrotnie, wszystkie promienie wykazujące barwę czerwoną załamują się najmniej. Najbardziej załamujące się promienie wykazują barwę mocno fioletową i odwrotnie, promienie dające taką fioletową barwę są najbardziej łamliwe. Odpowiednio do tego wszystkim kolorom pośrednim odpowiadają pośrednie stopnie łamliwości. Ten związek między barwami i stopniami łamliwości jest bardzo dokładny i ścisły; promienie albo zupełnie dokładnie zgadzają się pod obydwojma względami, albo odpowiednio różnią się względem nich...

7. Najbardziej jednak zadziwiającym i cudownym złożeniem barw jest to, które daje białość. Nie ma takiego rodzaju promieni, które same mogą ją wykazywać. Światło białe jest zawsze złożone i aby je otrzymać potrzeba wszystkich wymienionych barw pierwotnych w odpowiednich proporcjach...”

Komentarz Hooke'a na temat pracy Newtona (1672):

„...światło białe jest niczym innym jak pulsem czy ruchem rozchodzącym się w jednorodnym i przezroczystym ośrodku, a barwa - tylko zaburzeniem tego światła wskutek przeniesienia tego pulsu do innego przezroczystego ośrodku, to znaczy jego załamania; białość i czarność są niczym innym jak obfitością lub niedoborem niezaburzonych promieni światła...”

Twierdzenie, że wszystkie barwy mieszczą się w zwykłym promieniu światła, byłoby - zdaniem Hooke'a - podobne do zapewniania, iż wszystkie dźwięki są obecne w powietrzu zawartym w miechach organów, lub w strunie, z których wydobywa się je przez naciskanie lub uderzanie.

Fragmenty odpowiedzi Newtona:

„Nie rozumiem dlaczego mój oponent tak występuje przeciw mojej hipotezie, która z pewnością jest znacznie bliższa jego własnej, niż to mu się wydaje. Drgania eteru są jednakowo użyteczne i potrzebne i w mojej i w jego hipotezie. Jeśli bowiem przypuścimy, że promienie światła są to małe ciała wyrzucane we wszystkie strony przez świecące ciała, to padając na jakąkolwiek załamującą lub odbijającą powierzchnię muszą wywoływać drgania w eterze równie nieuniknione, jak kamienie rzucane do wody...

...Kiedy mój przeciwnik chce wskazać na trudności tych rzeczy odwołując się do porównania z istnieniem dźwięków w strunach instrumentów muzycznych przed ich uderzeniem, lub w powietrzu w miechach organowych, zanim dotrze ono do piszczałek, to muszę przyznać, iż pojmuję to równie mało jak to, gdyby ktoś mówił o istnieniu światła w kawałku drewna, zanim się je zapali, albo w oleju lampy, zanim się podniesie w knocie do podtrzymania płomienia...”

Fragmenty odpowiedzi Newtona (c.d)

„...Drgające cząstki ciał wywołują, zależnie od różnych swych wielkości, kształtów i ruchów, drgania w eterze o różnej głębokości czyli wielkości, które dochodząc nierozdzielone do naszego oka przez ten ośrodek wywołują wrażenie światła białego; jeżeli jednak w jakiś sposób oddzielają się jedne od drugich, to odpowiednio do swych nierównych wielkości wywołują wtedy wrażenia różnych barw: największe drgania wywołują wrażenie barwy czerwonej, najmniejsze, czyli najkrótsze - głęboko fioletowej, a pośrednie - barw pośrednich, zupełnie podobnie do tego, jak ciała zależnie od swych rozmiarów, kształtów i ruchów wywołują w powietrzu drgania różnej wielkości, które - zależnie od tej wielkości - wytwarzają różne tony dźwięków. Największe drgania są najlepiej przystosowane do pokonywania oporu załamujących powierzchni i dlatego przy przechodzeniu najmniej się załamują. Zatem drgania różnej wielkości, to znaczy promienie różnych barw, które są zmieszane w świetle, muszą się rozdzielać przy załamaniu i powodować zjawiska obserwowane w pryzmatach i innych załamujących substancjach.”

Fragmenty odpowiedzi Newtona (c.d)

„Tylko od grubości cienkiej przezroczystej błonki lub bańki mydlanej zależy to, czy drganie się odbije od tylnej powierzchni błonki, czy przejdzie na drugą stronę, tak że zależnie od liczby drgań mieszczących się między dwiema powierzchniami będą one odbijane lub przepuszczane. Ponieważ drgania, które wywołują barwę niebieską, są krótsze od tych, które wywołują barwę czerwoną lub żółtą, więc odbijają się przy mniejszej grubości błonki. Wystarcza to do wyjaśnienia wszystkich zjawisk obserwowanych w tych warstwach lub błonkach, jak również we wszystkich ciałach przyrody, których części są podobne do fragmentów takich warstw.

...Moim zdaniem, nie do utrzymania jest jego [Hooke'a] zasadnicze twierdzenie, że fale lub drgania jakiegokolwiek cieczy mogą się rozchodzić, jak promienie światła, po liniach prostych, nie zakrzywiając się i rozszerzając we wszystkich kierunkach w nieruchomym ośrodku, który je ogranicza...”

„Przypuszczam, że światło nie jest ani eterem, ani jego ruchem drgającym, lecz czymś innym, co rozprzestrzenia się ze świecących ciał...Sądzę, że czymkolwiek ono jest, to składa się z promieni, które różnią się od siebie pod różnymi względami, wielkością, formą lub siłą, tak jak różnią się od siebie ziarenka piasku na brzegu morza, fale na morzu lub twarze ludzkie... Światło i eter oddziałują na siebie wzajemnie: eter załamuje światło, a światło ogrzewa eter, przy czym gęstszy eter wywiera silniejsze działanie... Aby wyjaśnić dlaczego spośród promieni padających na tę samą powierzchnię (na przykład, kryształ, szkło lub wodę) niektóre się odbijają, a inne załamują, przypuszczam, że promienie padające na taką powierzchnię wywołują w niej drgania, jak kamienie wrzucane do wody tworzą drgania na jej powierzchni; drgania te rozchodzą się w obu ośrodkach, rzadszym i gęstszym...w wyniku czego eter na przemian rozszerza się i kurczy...”

Newton, tekst z 1675 r. (odczytany w Royal Society, niepublikowany)

„Kiedy promień światła pada na eter, kiedy jest on sprężony, to zostaje odbity, ponieważ eter jest zbyt gęsty i sztywny, by promień przepuścić; natomiast promienie padające wtedy, kiedy eter albo rozszerza się między dwoma drganiami, albo nie jest zbyt ściśnięty, zostają przepuszczone i ulegają załamaniu... Można przyjąć, że chociaż światło jest niewyobrażalnie szybkie, to te drgania eteru wzbudzone przez promienie rozchodzą się jeszcze szybciej i przeganiają je jeden za drugim... Światło może nie być tak szybkie, jak niektórzy myślą, nie znam bowiem żadnego argumentu, który przeczyłby temu, że biegnie ono do nas od Słońca godzinę lub dwie, a może jeszcze dłużej...”

Newton, tekst z 1675 r.

(odczytany w Royal Society, niepublikowany)

TRAITE DE LA LUMIERE.

Où sont expliquées

Les causes de ce qui luy arrive

Dans la REFLEXION, & dans la
REFRACTION.

Et particulièrement

Dans l'étrange REFRACTION

DU CRISTAL DISLANDE.

Par C. H. D. Z.

Avec un Discours de la Cause

DE LA PESANTEUR.



A L E I D E,

Chez PIERRE VANDER A A, Marchand Libraire.
M D C X C.

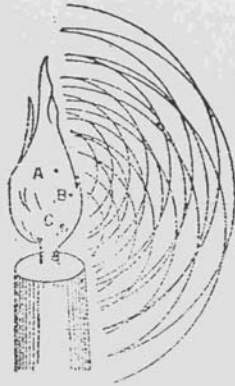
„Podobnie jak to bywa we wszystkich naukach, w których stosujemy geometrię do materii, dowodzenia dotyczące optyki są oparte na prawdach wziętych z doświadczenia. Takimi są na przykład, że promienie światła rozchodzą się po liniach prostych, że kąty padania i odbicia są sobie równe, i że przy załamaniach promienie załamują się zgodnie z prawem sinusów, które jest obecnie tak dobrze znane i nie mniej pewne niż fakty poprzednie... Większość tych, którzy pisali o różnych działach optyki, zadawała się przyjęciem

tych prawd... Z drugiej strony dziwię się jednak, że nawet ci uczeni często chcieli podawać rozumowania mało przekonywające jako pewne i udowodnione. Nie znajduję bowiem, aby ktokolwiek podał prawdopodobne wyjaśnienie najważniejszego zjawiska dotyczącego światła, a mianowicie, dlaczego rozchodzi się ono tylko wzdłuż linii prostych i jakim sposobem promienie widzialne, wychodzące z nieskończonej mnogości różnych miejsc, przecinają się, wcale sobie nie przeszkadzając.”



flamme d'une chandelle (Fig. 4), étant distingués les points A, B, C, les cercles concentriques décrits autour de chacun de ces points représentent les ondes qui en proviennent. Et il en faut concevoir de même autour de chaque point de la surface et d'une partie du dedans de cette flamme.

Fig. 4.



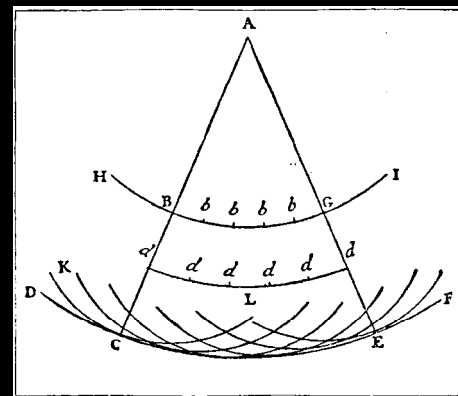
Mais comme les percussions au centre de ces ondes n'ont point de suite réglée, aussi ne faut-il pas s'imaginer que les ondes mêmes s'entresuivent par des distances égales; et si ces distances paraissent telles dans cette figure, c'est plutôt pour marquer le progrès d'une même onde en des temps égaux, que pour en représenter plusieurs venues d'un même centre.

Il ne faut pas au reste que cette prodigieuse quantité d'ondes, qui se traversent sans confusion ni sans s'effacer les unes les autres, semble inconcevable, étant certain qu'une même particule de matière peut servir à plusieurs ondes, venant de

Teoria światła opracowana przez Huygensa była „teorią impulsową”, a nie „teorią falową”.

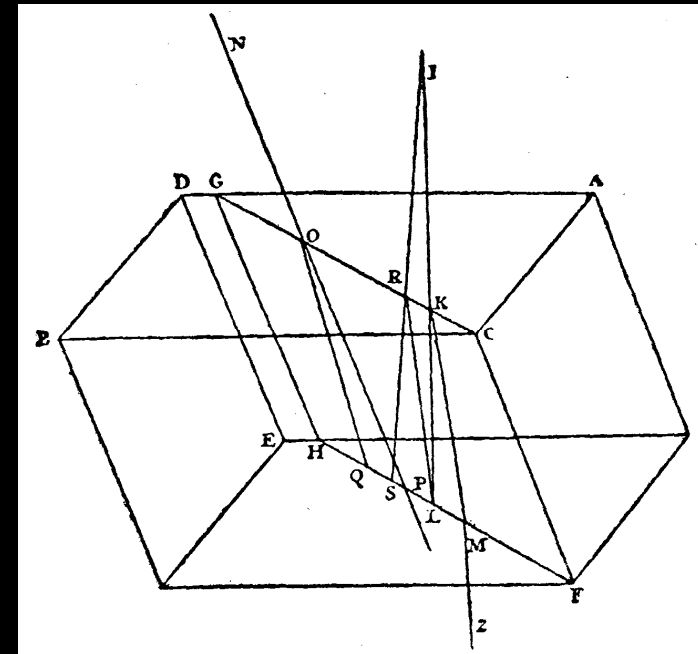
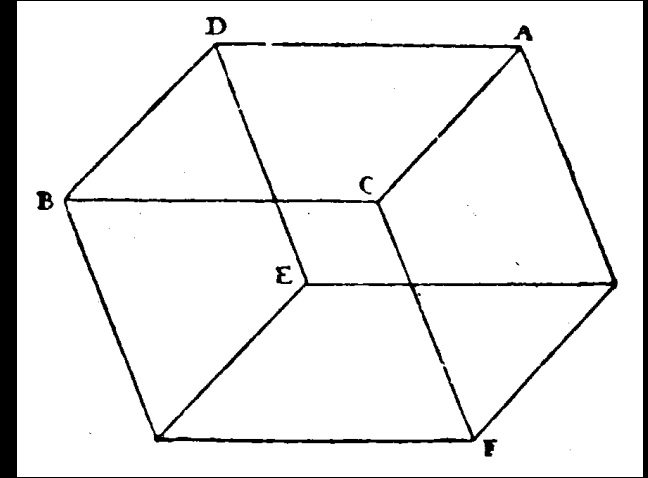
Jednak impulsy w centrach tych fal nie następują regularnie, toteż nie należy sobie wyobrażać, że same fale następują po sobie w równych odległościach. Jeżeli odstępny na rysunku wydają się równe, to uczyniono tak po to, aby zaznaczyć posuwanie się jednej i tej samej fali w równych odstępach czasu, a nie w celu przedstawienia kilku fal wychodzących z tego samego centrum.

„Trzeba jeszcze wziąć pod uwagę przy rozważaniu wysyłania tych fal, że każda cząstka materii, w której fala się rozchodzi, musi przekazywać swój ruch nie tylko cząstce sąsiedniej znajdującej się na prostej poprowadzonej z punktu świecącego, lecz także oddaje jego część wszystkim innym cząstkom, które się z nią stykają i sprzeciwiają się jej ruchowi. W ten sposób wokół każdej cząstki wytwarza się fala, dla której ta cząstka jest środkiem. Zatem jeśli DCF jest falą, która wyszła z punktu świecącego A, będącego jej środkiem, to cząstka B, jedna z zawartych w kuli DCF, wytworzy swą własną [cząstkową] falę KCL, która zetknie się z falą DCF w punkcie C w tej samej chwili, w której fala główna wychodząca z punktu A dotrze do DCF. Jest oczywiste, że z falą DCF zetknie się tylko ten obszar fali KCL, który znajduje się na prostej poprowadzonej przez AB. Podobnie inne cząstki w kuli DCF, jak np. bb, dd itd., wytworzą każda swoją falę. Lecz każda z tych fal może być tylko nieskończenie słaba w porównaniu z falą DCF, do której wytworzenia przyczyniają się wszystkie inne tą częścią swej powierzchni, która jest najbardziej oddalona od środka A...”

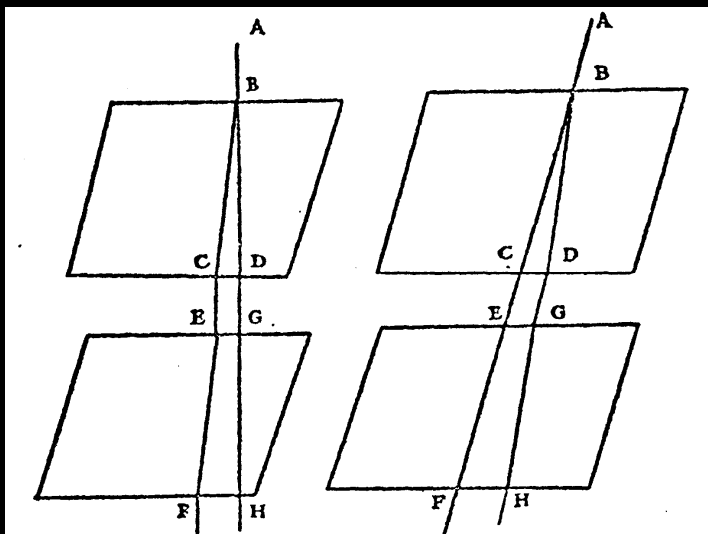


Rozdział V. O osobliwym załamaniu kryształu islandzkiego

„Przywożą z Islandii... rodzaj kryształu lub przezroczystego kamienia, niezwykłego pod względem kształtu i innych właściwości, ale przede wszystkim ze względu na osobliwe załamania. Przyczyny tych załamań wydały mi się godne szczegółowego zbadania, tym więcej, że między ciałami przezroczystymi jedynie to jedno nie podlega zwykłym prawom w stosunku do promieni światła... Pierwszą o tym wiadomość ogłosił Erasmus Bartholinus, który podał opis kryształu islandzkiego i głównych jego zjawisk...”

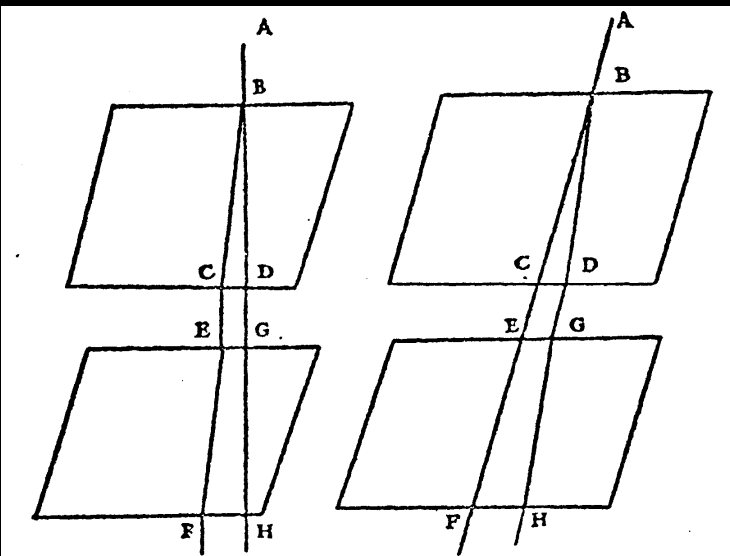


[illegible]



„...podam jeszcze wiadomość o zadziwiającym zjawisku, które odkryłem po napisaniu powyższego... Zjawisko polega na tym, że biorąc dwa kawałki tego kryształu i przykładając jeden do drugiego, zauważymy, co następuje. Jeżeli wszystkie krawędzie jednego są równoległe do krawędzi drugiego, to promień światła, jak tu AB, rozszczepi się w pierwszym kawałku na dwa, BD i BC, zgodnie z dwoma załamaniami, prawidłowym

i nieprawidłowym. Przechodząc stamtąd do drugiego kawałka, każdy z promieni przejdzie przezeń nie dzieląc się już na dwa; lecz promień, który powstał z załamania prawidłowego, DG, ulegnie dalej tylko załamaniu prawidłowemu wzdłuż GH, a drugi – załamaniu nieprawidłowemu wzdłuż EF. I to samo zachodzi nie tylko w tym ustawieniu, lecz także we wszystkich, w których przecięcia główne jednego i drugiego kawałka są w tej samej płaszczyźnie, nie jest zaś potrzebne, aby powierzchnie były do siebie równoległe. Jest zdumiewające, że promienie CE i DG, przechodząc z powietrza do kryształu dolnego, nie dzielą się jak promień pierwszy AB.”



„Można by powiedzieć, że promień DG przechodząc przez górny kawałek kryształu utracił coś, co jest potrzebne do poruszania materii przy załamaniu nieprawidłowym, a CE stracił coś potrzebnego do poruszania materii przy załamaniu prawidłowym; jest jednak coś, co obala to rozumowanie. Jeśli mianowicie umieścimy dwa kryształy tak, że płaszczyzny

stanowiące przecięcia główne będą do siebie prostopadłe (a powierzchnie do siebie zwrócone mogą być równoległe lub nie), wtedy promień, który powstał z załamania prawidłowego, jak DG, podlega w kawałku dolnym tylko załamaniu nieprawidłowemu, a przeciwnie – promień powstały przez załamanie nieprawidłowe, jak CE, podlega tylko załamaniu prawidłowemu. Lecz we wszystkich innych nieskończenie licznych położeniach, oprócz tych, które właśnie określono, promienie DG i CE przy załamaniu w kryształach dolnym dzielą się znowu każdy na dwa, tak że z jednego promienia powstają cztery, czasem jednakowej jasności, czasem mniej jasne niż inne, zależnie od różnego położenia kryształów....

Jeśli mam powiedzieć jak to się dzieje, to przyznaję, że dotychczas nie znalazłem niczego, co by mnie zadowalało.”

OPTICKS:

OR, A
TREATISE
OF THE
REFLEXIONS, REFRACTIONS,
INFLEXIONS and COLOURS
OF

LIGHT.

ALSO
Two TREATISES
OF THE
SPECIES and MAGNITUDE
OF

Curvilinear Figures.

LONDON,

Printed for **SAM. SMITH**, and **BENJ. WALFORD**,
Printers to the Royal Society, at the *Prince's Arms* in
St. Paul's Church-yard. MDCCIV.

[1]

The FIRST BOOK OF OPTICKS.

PART I.

MY Design in this Book is not to explain the Properties of Light by Hypotheses, but to propose and prove them by Reason and Experiments: In order to which, I shall premise the following Definitions and Axioms.

DEFINITIONS.

DEFIN. I.

B*Y the Rays of Light I understand its least Parts, and those as well Successive in the same Lines as Contemporary in several Lines.* For it is manifest that Light consists of parts both Successive and Contemporary; because in the same place you may stop that which comes one moment, and let pass that which comes presently after; and in the same time you may stop it in any one place, and let it pass in any other. For that part of Light which is stop't cannot be the same with that which is let pass. The least Light or part of Light, which may be stop't alone without the rest of the Light, or propagated alone, or do or suffer any
A thing

Optyka czyli traktat o odbiciach, załamaniach, ugięciach i barwach światła

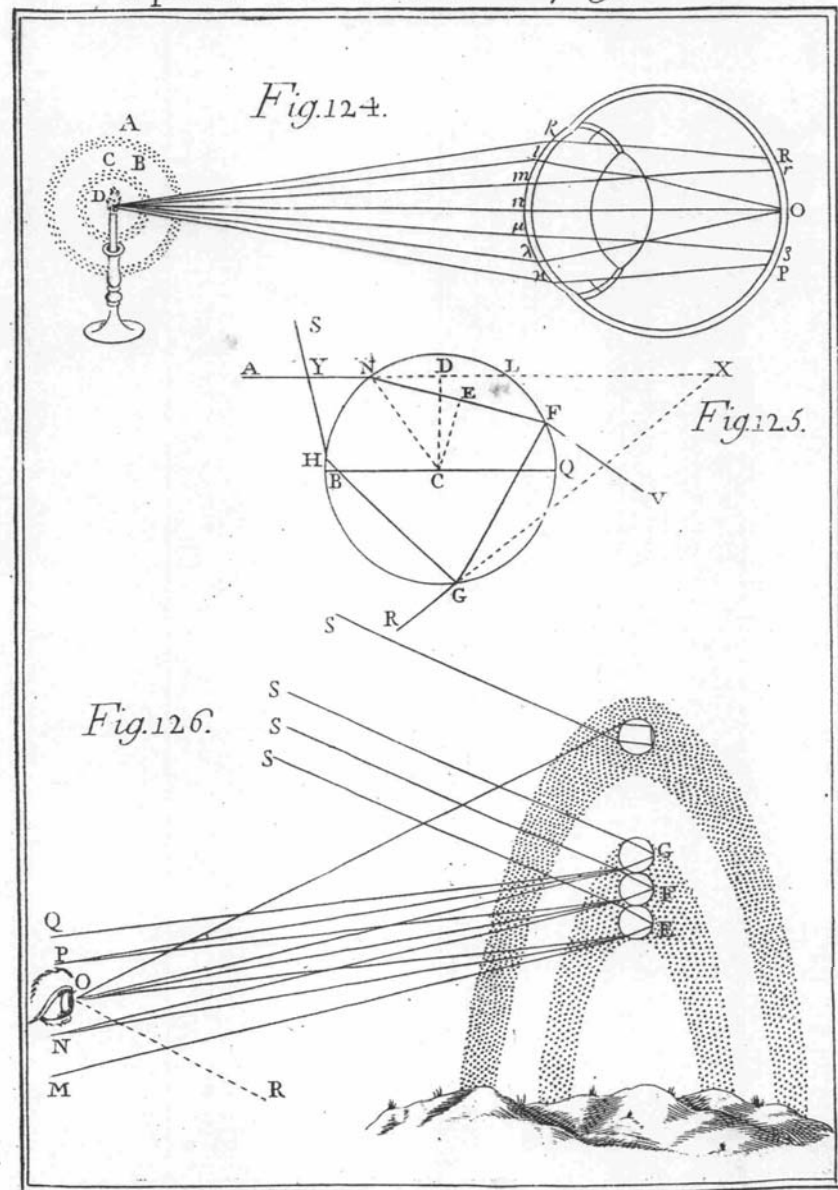
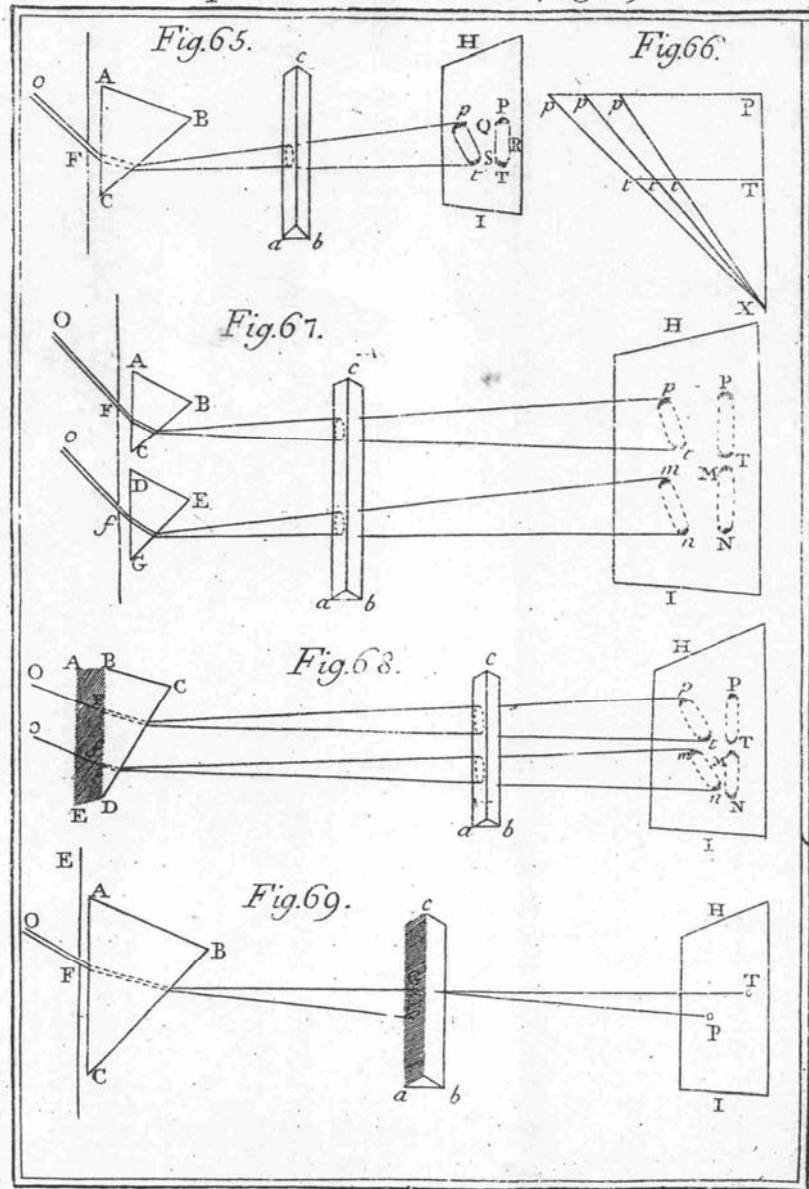
Trzy księgi nie mające osobnych tytułów.

Księga pierwsza (ma 2 części): zasady optyki geometrycznej, omówienie zjawisk odbicia, załamania i dyspersji światła oraz właściwości światła białego, a także wyjaśnienie zjawiska tęczy oraz budowy teleskopów.

Księga druga (ma 4 części): interferencja światła w cienkich warstwach.

Księga trzecia (ma tylko część 1!): dyfrakcja i podwójne załamanie światła.

„Przeprowadzając te obserwacje miałem zamiar powtórzyć większość z nich z większą starannością i dokładnością oraz wykonać nowe doświadczenia, aby określić w jaki sposób promienie światła uginają się przy przejściu koło ciał, kiedy tworzą barwne obwódki podzielone ciemnymi liniami. Ale moja praca została przerwana, a teraz nie mogę myśleć o tym, by zabrać się znów do badań. Ponieważ nie skończyłem tej części mej pracy, postawię tu tylko pewne pytania, aby inni mogli badać ten przedmiot.”



Newton - *Opticks* (Query 12)

„Czy promienie światła padające na dno oka nie wzbudzają w siatkówce drgań, które rozchodząc się wzdłuż twardych włókien nerwów optycznych do mózgu wywołują wrażenie widzenia?...”

Newton - *Opticks* (Query 13)

„Czy różne rodzaje promieni nie wykonują drgań różnej wielkości i nie wzbudzają przez to uczucia różnych barw, podobnie do tego jak drgania powietrza stosownie do swej wielkości wzbudzają wrażenie rozmaitych dźwięków? I czy szczególnie najbardziej łamliwe promienie nie wzbudzają drgań najkrótszych wywołujących wrażenie barwy ciemnofioletowej, najmniej łamliwe promienie - drgań największych, dających wrażenie głębokiej czerwieni, a różne promienie pośrednie - drgań pośredniej wielkości powodujących wrażenie różnych barw pośrednich?...”

Newton - *Opticks* (Query 28)

„Czyż nie są błędne wszystkie hipotezy, według których światło ma polegać na ciśnieniu lub ruchu rozchodzącym się w pewnym fluidzie? Gdyż w tych wszystkich hipotezach zjawiska światła tłumaczono przyjmując, że powstają wskutek nowych modyfikacji promieni, co jest przypuszczeniem błędnym.

Gdyby światło polegało tylko na ciśnieniu rozchodzącym się bez istnienia ruchu, to nie mogłoby wzbudzać i nagrzewać ciał, które je załamują i odbijają...”

Newton - *Opticks* (Query 31)

„Czyż małe cząstki ciał nie posiadają pewnych mocy, sposobności lub sił, którymi mogą działać na odległość nie tylko na promienie światła, odbijając je, załamując i uginając, lecz także na siebie wzajemnie, z czego pochodzi znaczna część zjawisk przyrody? Dobrze bowiem wiadomo, że ciała działają na siebie przez przyciągania grawitacji, magnetyzmu i elektryczności; te przykłady pokazują bieg przyrody i czynią prawdopodobnym istnienie jeszcze innych sił przyciągania... Przyciągania siły ciężkości, magnetyzmu i elektryczności sięgają na znaczne odległości i wskutek tego widać je gołym okiem, lecz mogą też istnieć inne, które sięgają tylko do tak małych odległości, że dotychczas uchodziły obserwacji; być może przyciąganie elektryczne rozciąga się na tak małe odległości, nawet kiedy nie jest wzbudzane przez tarcie...”

Newton - *Opticks* (Query 31) cd.

„...Są więc czynniki w przyrodzie zdolne sprawić, aby cząstki ciał przylgnęły do siebie wskutek bardzo silnego przyciągania.

A zadaniem filozofii eksperymentalnej jest ich poznanie. Najmniejsze cząstki materii mogą się łączyć przez najsilniejsze przyciągania i tworzyć większe cząstki o mniejszej sile. Wiele z tych ostatnich może się wiązać i tworzyć nowe cząstki, których siła jest jeszcze mniejsza, i tak dalej przez rozmaite generacje, aż postęp ten kończy się na cząstkach największych, od których zależą procesy w chemii i barwy ciał naturalnych i które łącząc się tworzą ciała o wielkości dostępnej zmysłom...”

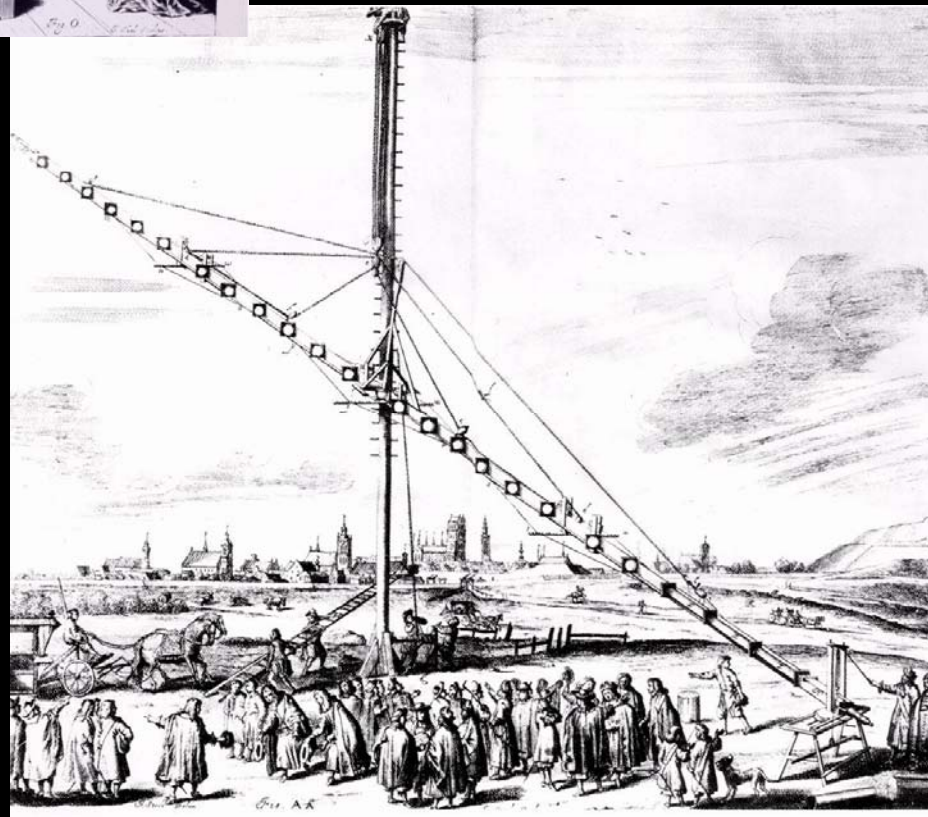
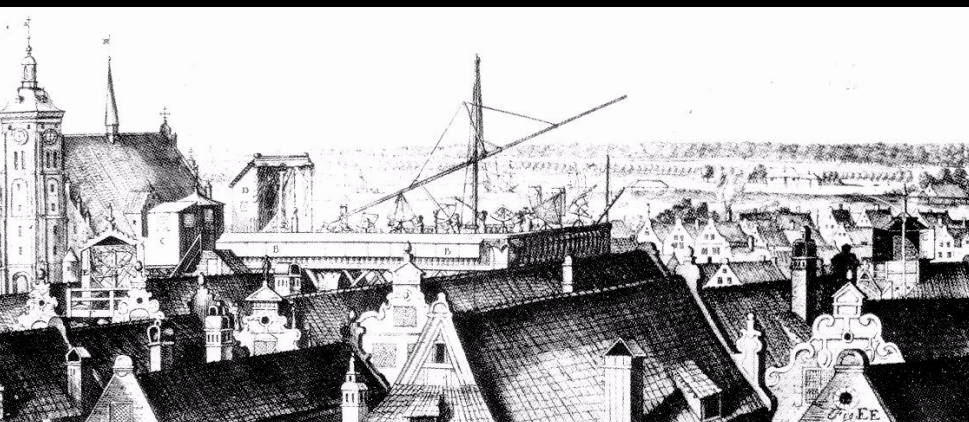
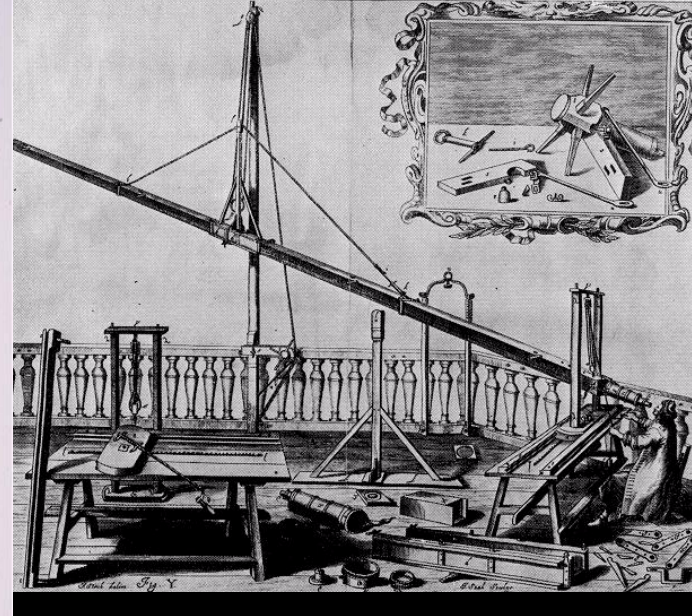
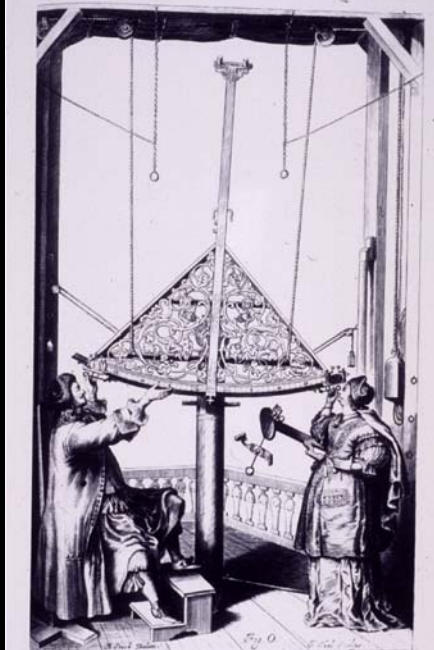
Newton - *Opticks* (Query 31) cd.

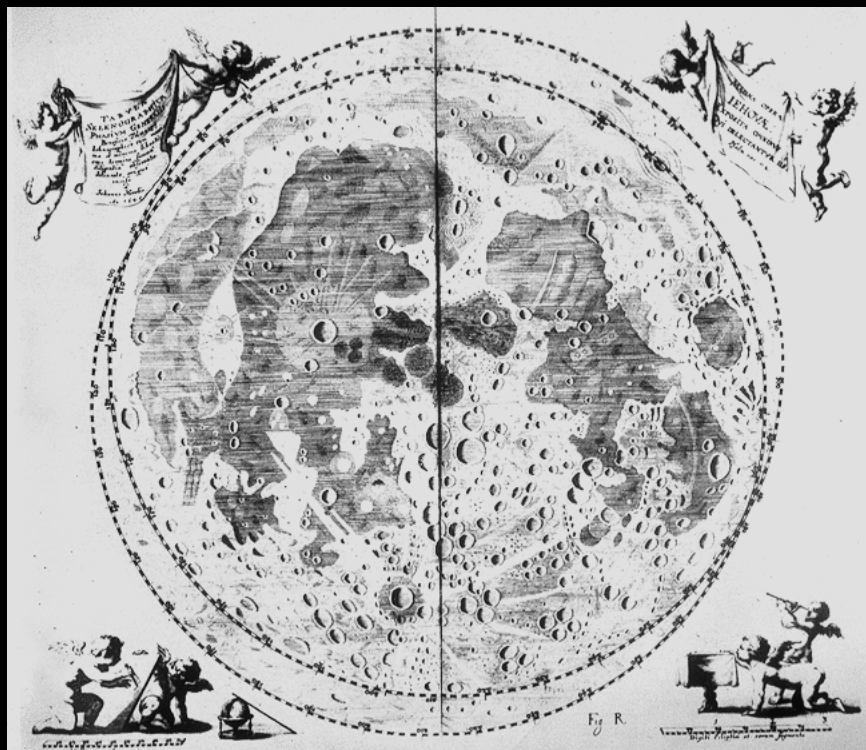
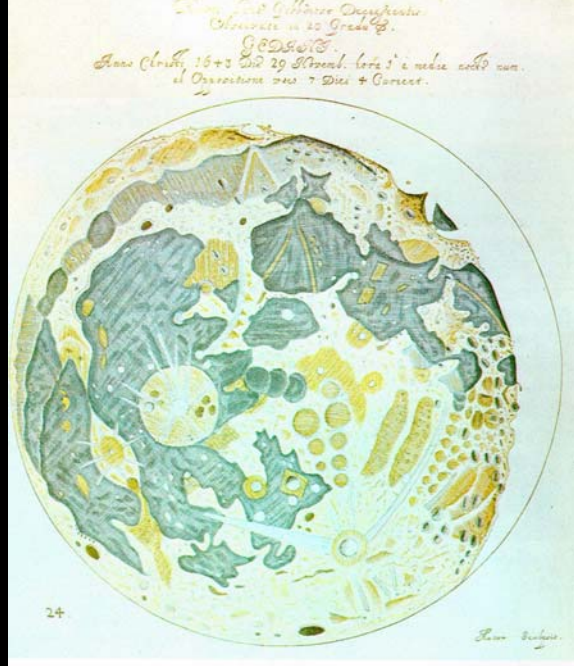
„Rozważając to wszystko dochodzę do przekonania, że prawdopodobnie na początku Bóg stworzył materię w postaci twardych, masywnych, nieprzenikliwych i ruchomych cząstek o takich właściwościach i proporcjach w stosunku do przestrzeni, aby najbardziej odpowiadały celowi, dla którego zostały stworzone. Te początkowe twarde cząstki są nieporównanie twardsze od jakiegokolwiek złożonego z nich ciała, w którym są pory, i tak twarde, że nigdy się nie niszczą, ani ulegają podziałowi na części. Żadna zwykła siła nie może rozdzielić tego, co sam Bóg uczynił przy pierwszym akcie stworzenia. Ponieważ cząstki te pozostają w całości, mogą tworzyć ciała tej samej natury i składu przez wszystkie wieki. Gdyby cząstki te ulegały niszczeniu lub dzieliły się na części, to zmieniałaby się natura ciał z nich utworzonych. Woda i ziemia utworzona ze starych zniszczonych cząstek i ich części miałyby teraz naturę inną od wody i ziemi stworzonych na początku z całych cząstek...”

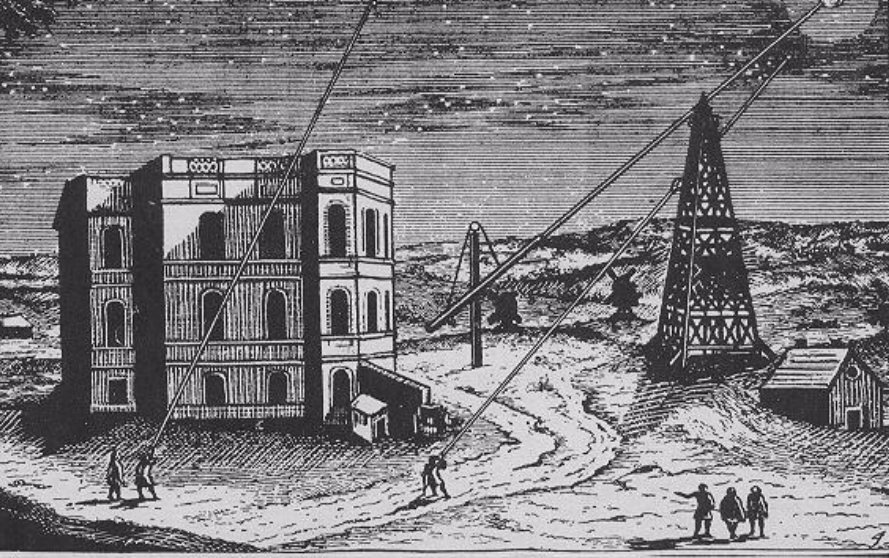
Postęp w astronomii



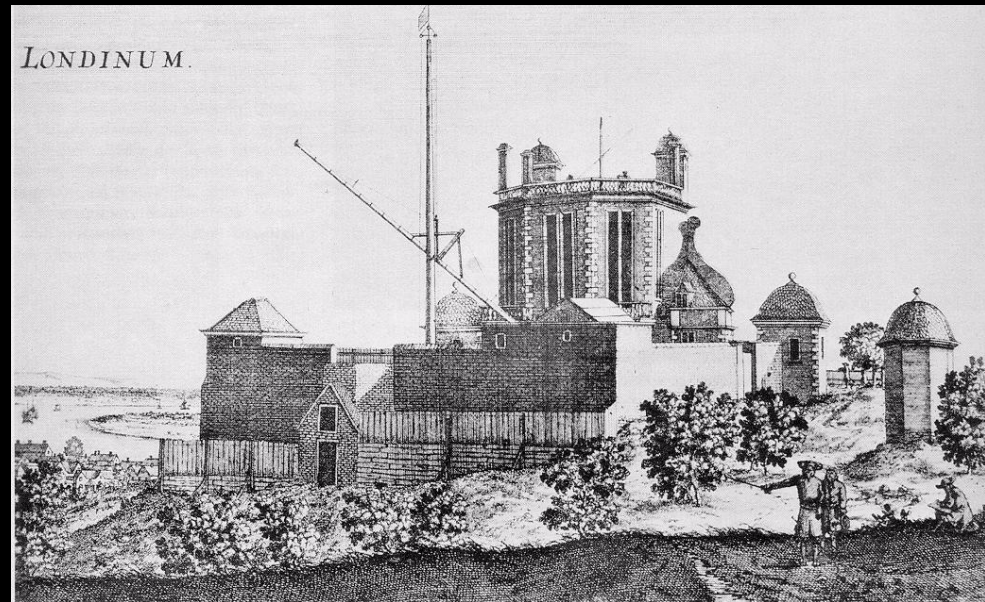
**Jan Heweliusz
(1611-1687)**



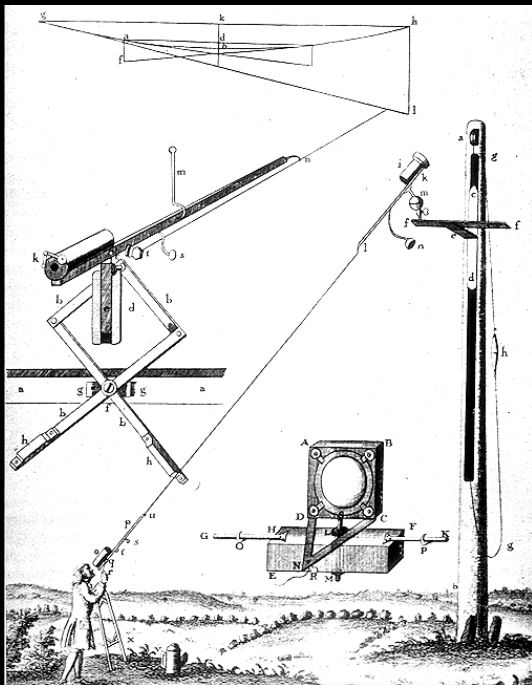




Obserwatorium w Paryżu



Obserwatorium Greenwich



Pierścień Saturna od Galileusza do Huygensa

