

DISSERTATIO PHYSICA
CONTINENS
EXPLICATIONEM PHOENOMENI OPTI-
CI, QUO OBJECTA AQUÆ SUBMERSA
DUPLICATA CONSPICIUNTUR;



QUAM
VENIA AMPL. FACULT. PHILOS. ABOËNS.
PUBLICO EXAMINI SUBMITTIT

AUCTOR.

Mag. GUST. GABR. HÅLLSTRÔM

PHYSICES DOCENS,

RESPONDENTE

ISAACO WILHELMO ROSS,

OSTROBOTNIENS.

In Auditorio Majori die 29 Novembr. 1797.
Horis a. m. Confvetis.



PARS I.



ABOË

In Officina FRENCKELLIANA.

In S:am R:am M:tem

Maximæ fidei Viro

*Episcopo Diœceseos Aboënsis,
Procancellario Reg. Acad. Åuricæ,
Commendatori Reg. Ordin. de Stella Polari,
nec non Reg. Acad. Scient. Suec. Membro,
S. S. Theolog. Doctori
Reverendissimo Domino*

JACOBO GADOLIN,

*Patrono omni animi veneratione colendo
hasce pagellas
D. D. D.*

Nominis sui reverendissimi

Cliens devotissimus

GUST. GABR. HÄLLSTRÖM.



EXPLICATIO PHÆNOMENI OPTICI, QVO OBJECTA
AQVÆ SUBMERSA DUPLICATA CONSPICIUNTUR.

§. I.

Phænomenorum naturæ vel maxime admirandorum, quæ non sine adhibita magna attentione innumera fere observata sunt, atque a naturæ Scrutatoribus sollerter explicata, non minima pars Scientiam Opticam spectat; variæ enim sensim animadvertæ sunt proprietates luminis, quæ vel per se, vel etiam conjunctæ, varia producunt phænomena. Sed ne omnia, quæcunque observata sint, luminis phænomena ad unguem explicata jam esse existimes, nominandum statim erit, in doctrina de Inflexione luminis, quam dicunt hujus proprietatem in proxima vicinia corporum, quæ præterit, a via sua rectilinea deflectendi, plura adhuc occurrere desiderata, atque ideo illam ab Opticis ad liquidum usque nondum perductam æstimari. Nil itaque mirum, si Inflexioni luminis adscribantur phænomena, quæ aliis ejus proprietatibus attributa feliciter explicantur. Inter hæc merito referendum videtur phænomenon illud, quo acus quædam aquæ submersa duplex animadvertitur,

A

titur,

titur, & quod primus ita descripsit *Cel. KLÜGEL* (°). „Tabula, cui duæ acus perpendiculariter adfixæ sunt, in aquam ita verticaliter immittatur, ut acus superior superficiem aquæ tangat. Collocetur dein oculus ita, ut cum duabus illis acubus in recta linea sit situs, quo facto duæ acus loco unius inferioris in aqua conspiciantur. Si parum ante tabulam, ita semper ut in eodem plano cum acubus situs sit, tenetur oculus, in formam furcæ, cujus crura duo multo tenuiores reliqua ejus parte sunt, fissa videtur acus inferior”. Addit *KLÜGEL*, “in loco, ubi incurvata hæc crura coëunt, quod circa extremitatem acus superioris accidere videtur, lineam conspici subrubram. Si ita versus tabulam movetur oculus, ut extremitates acum sibi invicem appropinquare videantur, evanescere conspicitur manubrium furcæ, & duo ejus crura in semicirculum, qui rubrum aliosque colores ostendit, coëunt. Quantitate lineæ unius imago acus inferioris fissa ab acu superiori distare apparet. Quamprimum acus superior superficiem aquæ non tangit, imaginem inferioris illius occultat, & allata phænomena omnino evanescunt”-- His narratis, causam phænomenorum horum paucis indigitare vult *KLÜGEL*,
asserens

(°) Vide *D:r JOSEPH PRIESTLEYS Geschichte und gegenwärtiger Zustand der Optik, vorzüglich in absicht auf den physikalischen theil dieser Wissenschaft, aus dem Englischen übersetzt und mit anmerkungen und zusätzen begleitet von GEORG SIMON KLÜGEL, Leipzig 1776. zweiter theil, 392 f.*

afferens eam in inflexione luminis tuto esse quærendam. Cum vero hæc ad causam allatorum phænomenorum plene intelligendam non sufficere duxerim, cumque, teste ipso KLÜGEL, nullus præter illum ea descriperit, minus explicaverit; experimenta quædam has res attinentia institui, quorum in sequentibus rationem reddere, & ex quibus conclusiones aliquas ad explicandam naturam atque causam phænomenorum memoratorum deducere proposui, rogans, velit L. B. conamina hæc juvenilia meliorem in partem interpretari.

§. II.

Primum ad detegendam naturam phænomenorum laudatorum necessarium mihi est visum experiri, sub quibus conditionibus ea observentur, ut inde concludere liceret, a quibus rebus circumstantibus ea maxime pendeant. Siccam itaque acum aquam tangere primum feci; cum vero phænomenon expectatum animadvertere nequibam, & solum acus superior inferiorem, aquæ submersam, occultare videbatur, posito nimirum oculo inspiciente in idem planum cum acubus, deprimebam parum tabulam, cui insistebant acus meæ, ita ut aquæ superficies circa acum superiorem concava evaderet, (quod fieri notum est, imprimis si sebo leviter illinitur acus^(*)). Cum autem

A 2

nec

(*) Cfr. *Dissert. de Æquilibrio corporum aquæ innatantium*, a Clariss. Es. WEGELIO, Præs. Cel. ANDR. PLANMAN, an. 1766 Aboæ edit. §. X. pag. 21. seqv.

nec tum non solum ullam animadvertēbam duplicationem imaginis acus inferioris, uti exspectabam, sed omnino contrarium observabam, nimirum nullam omnino ejus imaginem, quamdiu oculus intuens ita erat collocatus, ut linea recta, ex eo ad acumen superiorem ducta, sub angulo minori quam 10° vel 12° plano, quod per acumen ducitur, occurreret; hac rejecta acumen positione, utpote ad finem obtinendum inepta, parum adhuc deprimebam tabulam, ut latus superius acus superioris, cujus reliqua pars itaque aquæ immersa erat, superficiem aquæ tangeret, quo factō nihil aliud nisi acumen superiorem, quæ inferiorem illam tegere videbatur, observare poteram. Factis itaque allatis periculis ad phænomenon desideratum producendum frustra susceptis, (etiamsi alio respectu mox memorando abs re minime erant), elevabam rursus tabulam, curans semper, ut acumen superior horizonti esset parallela, cum madefacta acumen hacce, aquam in formam dorsi versus inferiores ejus partes elevari iisque adhærere animadvertēbam. Quamprimum vero elevatio hæcce incipiebat, observabam quoque duplicationem imaginis acus inferioris aquæ submersæ, diu exspectatam, & quo altius aquam assurgere faciebam, eo etiam majorem evadere videbam distantiam inter imagines illas duas, quæ aut erant duæ diversæ, aut in stilum circa extremitatem acus superioris coeuntes, aut etiam in hoc loco arcu semicirculari conjunctæ, prout, moto oculo in eodem plano cum ambabus acubus, situs erat hic, ut linea recta, ex
 eo

eo per extremitatem acus superioris ducta, aut acui inferiori in loco aliquo, inter extremitatem ejus & tabulam fito, occurreret, aut extra eam omnino caderet, aut quoque per extremitatem ejus progrediretur.

§. III.

Cum jam ex iis experimentis, quæ in §. II. nar-
 ravimus, intelligitur, quid respectu figuræ superficiẽ
 aquæ ad producendum phænomenon duplicationis
 imaginis acus illius, quæ aquæ est submersa, requi-
 ratur; difficile non erit judicare, an radii luminis, qui
 ex acu inferiori, aquæ submersa, egrediuntur, acum
 superiorem proxime prætereuntes utrinque ita infle-
 ctantur, ut innuit KLÜGEL, vel an ex aqua in aërem
 transeuntes ita refringantur, ut ab oculo inspiciente
 quasi ex duobus diversis objectis emissi excipiantur.
 Quatuor illi situs, quos respectu superficiẽ aquæ suc-
 cessive in experimentis occupabat acus superior, tales
 erant, ut inflexio luminis, semper eadem manens, non
 potuerit, quin in omnibus hisce casibus per se eos-
 dem semper produceret effectus. Cum vero duplices
 imagines acus non nisi semel & in unico acus supe-
 rioris situ conspiciabantur, patet, solam inflexionem
 luminis duplicationem laudatam efficere non valere.
 Experimenta præterea (§. II.) allata ostendunt, quam-
 diu superficies aquæ plana manet, tamdiu nihil aliud,
 nisi idem, quod animadverteretur si omnino abesset
 aqua, observari; quamprimum vero mutatur figura
 A 3 super-

superficie aquæ, ut vel cava vel in formam dorsi elevata fiat, mutari quoque apparentias acus, & quidem ita, ut unice per elevatam hanc aquæ columnam duplices animadvertantur imagines. Cum itaque ex his patet, elevatam aquæ figuram unicam conducere ad producendum phænomenon laudatum, manifestum quoque est, ex illa proprietate luminis, quæ, variante aquæ figura, diversas ostendit apparentias, id pendere; quare certo concludere possumus, causam duplicis imaginis acus in refractione radiorum luminis, ex acu ad oculum emisorum, esse quærendam. Sed an sola, an ad aliquam partem ab inflexione adjuta, phænomenon hocce producat refractione illa, ex experimentis quoque judicari potest. Comperimus enim, radios luminis, quibus duas illas imagines acus inferioris conspicit oculus, acum superiorem prætereuntes in quibusdam experimentis fere 2 lin. geom. ab acu distare; quæ vero distantia major certe est, quam ut radii isti ab acu superiori inflectantur. Nam ex experimentis DU TOUR (°) facile concluditur, radios luminis, qui corpus quoddam

(°) Vide *Memoires de Mathem. & Phys. présentés à l'Acad. Roy. des Sciences par divers Savans, &c. Paris 1768, Tom. V, pag. 655, n:o XLII.* Experiebatnr DU TOUR, atmosphæram seu materiam illam subtilem, quam, ut ope ejus phænomena inflexionis luminis explicaret, corpora quævis ambire assumebat, parvæ admodum esse extensionis. Talem vero eam assumebat, ut extra eam nulla omnino existeret inflexio luminis. — Cfr. IS. NEWTONI *Optic. Lib. III, Obs. VI*, ubi distantiam $\frac{1}{4000}$ uncie radii luminis a corpore id inflectente remotissimi invenit.

dam prætereunt, non nisi in parva admodum ab eo distantia inflecti. Quare si ab inflexione luminis aliquo modo penderent duplices imagines, aut contiguæ acui superiori, aut in parva admodum distantia ab illa animadverterentur, quod contrariatur experimentis, quæ minimam hancce, quam observare potui, distantiam apparentem majorem quam 0.5 lin. geom. esse ostendunt. Idem quoque DU TOUR, cum radios luminis, per foramen parvum in cameram obscuram ingredienti, corpus quoddam præterire fecit, eos ita ibi inflecti observavit, ut proxime post corpus inflectens se mutuo secarent, & ideo inflexi imaginem corporis, ex quo egressi sunt, conversam pingerent (^o). Experta vero tali natura inflexionis luminis, difficillime ope hujus explicari possunt phænomena ista, quæ in antecedentibus atullimus. — Ut ulterius adhuc experirer, an sine ope inflexionis luminis allatis similia a sola refractione effici possint phænomena, Prisma triangulare æquilaterum ex planis vitreis, quæ 1 poll. geom. lata erant, emplastro conjunctis confeci, & aqua implevi. Cum latus unum hujus Prismatis superficiem aquæ, qua vas quoddam implevi, tangere feci, ut, cohærente quasi aqua in vase atque in Primate, hac arte in formam dorsi eam elevarem, & eum oculum meum supra Prisma in distantiam aliquam ab eo posui, duas, unam per quodque planorum vitreorum supra superficiem aquæ ele-

va-

(^e) Cfr. *l. c.* pag. 675. n:o LXXXIV.

elevatorum, observabam imagines objecti cujusdam; quod in fundo vasis aquæ immersum erat. Illa quoque inter experimentum hocce & id, quod cum acubus institui, obveniebat similitudo, quod, sicut imagines acus ipsa acu tenuiores conspiciebam, ita etiam objectum hic latius animadverterem imaginibus, quæ per Prisma observabam. Ita ex. gr. imagines objecti, quod formam habebat circularem, figuram ostendebant Ellipseos, cujus axis major planis Prismatis parallela erat. Tantam in hocce experimento elegi distantiam objecti, quod in fundo vasis jacebat, a superficie aquæ, ut imagines conspicerentur per partes infimas laterum illorum Prismatis, quæ supra aquam elevata erant, hoc est, per partes, quæ erant proximæ juncturis planorum horum cum plano horizontali, si superficiem aquæ hoc in vase tangebatur; vel etiam, si verticaliter deprimebam parum Prisma meum, ut observarentur prope ea loca, ubi superficies aquæ lateribus Prismatis elevatis occurrebat. Hæc vero loca laterum Prismatis charta agglutinata obtegi, quo factò nullas observabam imagines antea conspicuas. Manifesto itaque hinc patet, etiam si omnino abfuiisset pars suprema Prismatis, ubi juncta erant latera ejus elevata, atque ubi inflexionem pati possent radii luminis, nihilominus easdem observari potuisse imagines objecti submersi, quoniam radii luminis duas illas prius jam repræsentabant, quam præterirent juncturam supremam planorum vitreorum. Veritatem conclusionis hujus experimentum
deinde

deinde cum Prismate, cujus latera elevata superne conjuncta non erant, institutum confirmabat. Nihil itaque ad apparentias in experimentis allatis efficiendas valere videtur inflexio luminis, cum etiam in casu isto, ubi omnino abest objectum, quod radios luminis inflecteret, eadem & immutatae observentur. Similiter in experimento acum charta parva, superficiei aquae elevatae innatante, imagini acus inferioris, priusquam acum superiorem præterirent radii luminis, imaginem hanc oculo repræsentantes, officere potui; unde concludere quoque licet, si id facere potuissem, ut absente omnino acu superiori, mansisset tamen figura superficiei aquae æque elevata, ac erat cum acui huicce adhærebat, eadem præcise observata fuisse phænomena, ac si adfuisset acus ille superior. Tum vero nulla omnino ut præsens excogitari potest inflexio luminis. Dubium itaque non est, quin in sola refractione radiorum luminis quærenda sit causa phænomenorum in antecedentibus allatorum. Quomodo vero ope refractionis ista producantur phænomena, in paragrapho sequenti explicare conabor.

§. IV.

Dispositis ita duabus acubus, inter se parallelis & in eodem plano sitis, ut submersa aquae una, elevet altera, quæ horizontalis erit, partem superficiei hujus aquae, quod ad producendum phænomenon duplicis imaginis acus submersæ requiri animadverti-

B

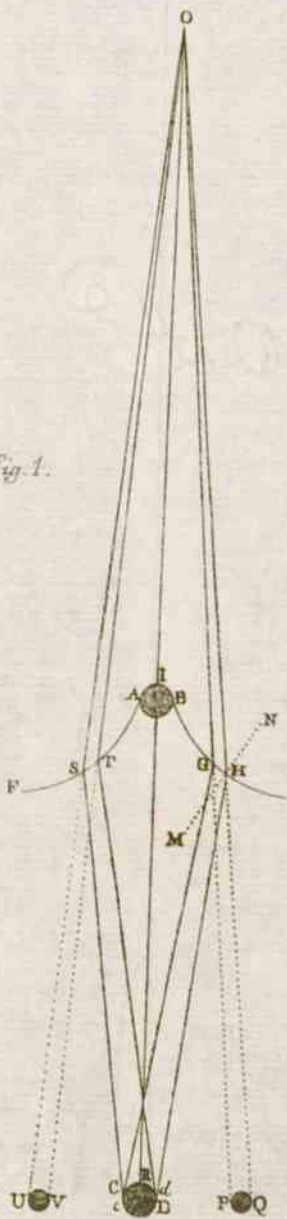
mus;

mus; ducatur per acus planum verticale atque his perpendicularare, cujus cum acu superiori intersecctio fit circulus AB (Fig. 1), cum acu inferiori circulus CD, & cum superficie aquæ elevatæ lineæ curvæ BE, AF, quæ versus acum inferiorem convexæ esse observantur. Ope experimentorum (*) notum habemus, curvas has proxime ad B & A, ubi acui superiori occurrit superficies aquæ elevatæ, verticales fere esse, atque existente diametro intersecctionum AB & CD æcum, quæ cylindricæ & æque crassæ supponantur, 0.2 lin. geom. longa, in E & F in distantia circa 4 lin. geom. a linea recta OIR, quæ per centra harum intersecctionum ducitur, fere horizontales. Sint D & C puncta ista circuli DRC, diametraliter fere opposita, & quarum D cum curva BE, C vero cum AF ad eandem partem lineæ IR situm est, ubi radii luminis DH & CG ex iis emissi, qui refracti ad oculum in O perveniunt, & de quibus mox dicetur, circulum DRC tangunt, ita ut ultima utriusque sint, quæ hujus circuli oculo in O repræsententur. Talis itaque in loco aliquo lineæ BE, ex E parum versus B sito, erit curvatura ejus, ut radius luminis ex D eo missus lineæ huicce sit normalis, quare secundum leges dioptricas, cum ex aqua in aërem ibi transit,

(*) Si aqua in vase continetur pellucido, ut infra superficiem ejus collocatus oculus per parietes vasis in eam conspiciere queat; optime animadvertere possumus, qualis sit curvatura superficiem aquæ, quando acui cuidam adhærens elevata est.

transit, a via sua rectilinea non frangitur, sed a linea RIO etiam in aëre divergit; inspicientes enim curvaturam superficiei aquæ, animadvertimus punctum curvæ hujus, ubi ex D ducta linea ei est normalis, magis quam punctum D a linea RIO distare. Si jam radium huncce incidentem ex situ suo normali circa D ita rotare supponimus, ut illud punctum, quo curvæ BE occurrit, versus B moveatur; ita a linea, quæ in puncto isto curvæ est perpendicularis, sensim refringitur radius, ut refractus ille, postquam primum a linea IO divergebat, dein lineæ istæ fit parallelus, atque tum ad eam convergat. Accedente itaque radio incidente versus B, versus I quoque accedit punctum concursus radii refracti & lineæ RIO, idque eo celerius, quo magis convergant radius hic refractus & linea IO, propius ad B accedente radio incidente. Cum itaque proxime ad B pervenit radius incidens, proxime ad I, ob diametrum acus non magnam, descendit quoque punctum concursus radii refracti & lineæ IO, usque quo in acum ipsam AB incidit radius hic refractus. In quemcunque ergo ab AB distantiam talem, ut acus distincte videri queant, in linea IO supra acum superiorem collocatus sit oculus, radium aliquem luminis ex D egressum & in BE refractum excipit. Sit jam H punctum illud superficiei aquæ curvæ, per quod oculus, in O in data distantia IO ab acu superiori collocatus, radium luminis ex D exeuntem excipit. Radius itaque DH, in H ex aqua in aërem transiens, a

Fig. 1.



C. L. Schaller Sculptor

MN ad curvam in H perpendiculari ita refringitur, ut, facto Sinu anguli refractionis NHO ad Sinum anguli incidentiæ DHM in data ratione $1:m$, in oculum O incidat. — Qui ex C exit radius luminis ipsi DH parallelus, ab hocce DH refracto, h. e. ab HO secundum leges dioptricas post refractionem in superficie aquæ diverget, quare in loco aliquo, inter O & I sito, lineæ IO occurrit; qui vero radius ex C ad H pervenit, adeo in H frangatur necesse est, ut radium DHO in H secans a refracto HO ad alteram partem divergat, cum lineæ IO aut supra O, aut omnino non occurrit. Inter hos itaque, quos nominavimus, radios ex C egredientes necessario unus CG ad DH ita converget, ut refractus ille GO in O lineæ AO occurrat, & ideo in oculum incidat. Si enim simili ratione, qua radium DH circa D moveri supposuimus, radius incidens CG circa C roteatur, talem necessario obtinebit inter DH & radium, qui ex C ipsi DH parallelus ducitur, situm, ut radius refractus GO in oculum O incidat. Simili ratiocinio invenitur, radios omnes intermedios, qui ex sectione CD acus inferioris inter C & D exeunt, in suo quosque loco superficiæ aquæ, inter G & H sito, (qui locus eo est propior ad G, quo propior ad C in CD erat locus ille, unde egrediebatur radius), ita frangi, ut in O coëuntes in oculum omnes intrent. In eodem itaque ordine, ac ex CD exierant radii luminis, eos ex GH excipit oculus, quare per GH videt imaginem perfectam ipsius CRD, non vero in lo-