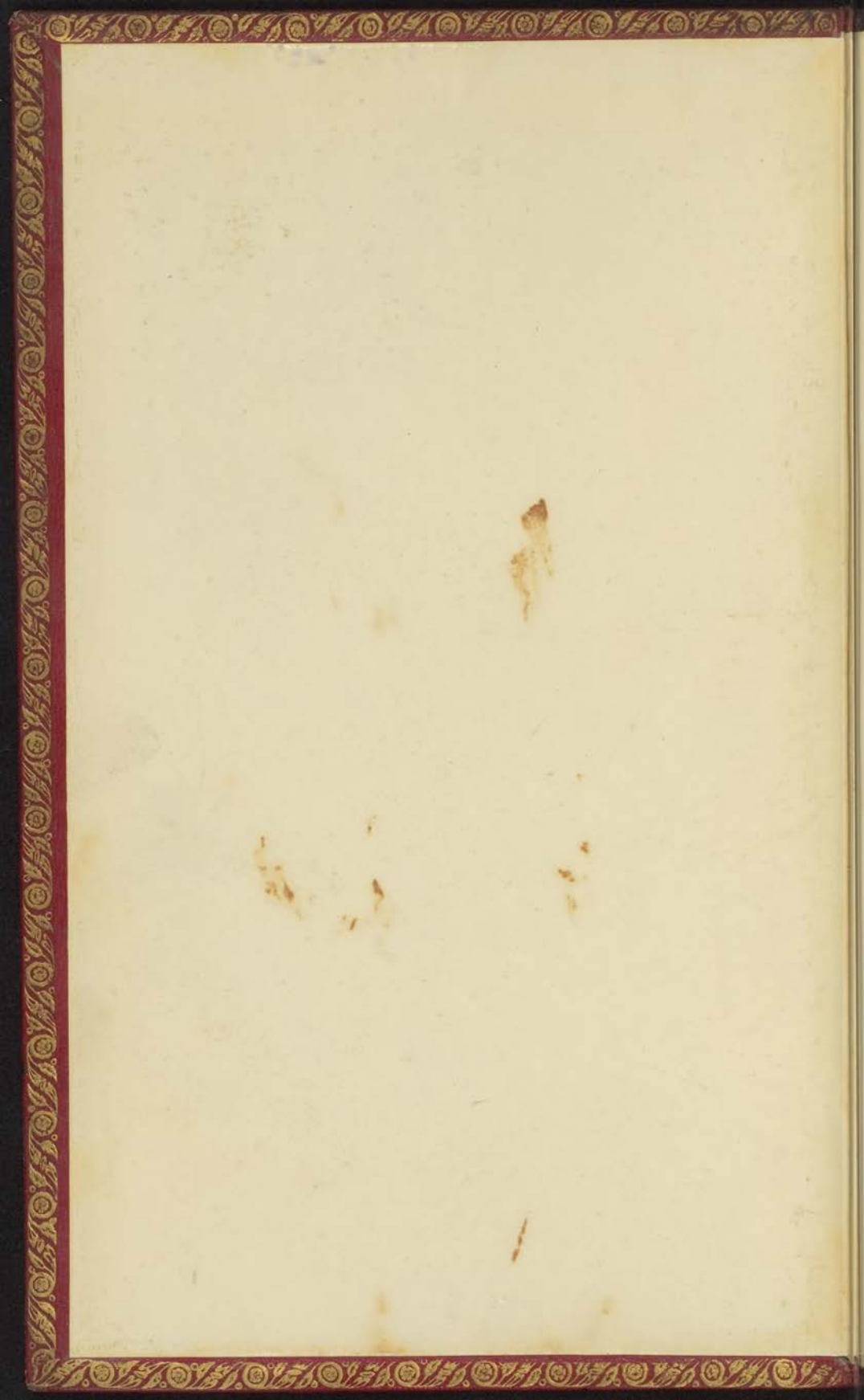
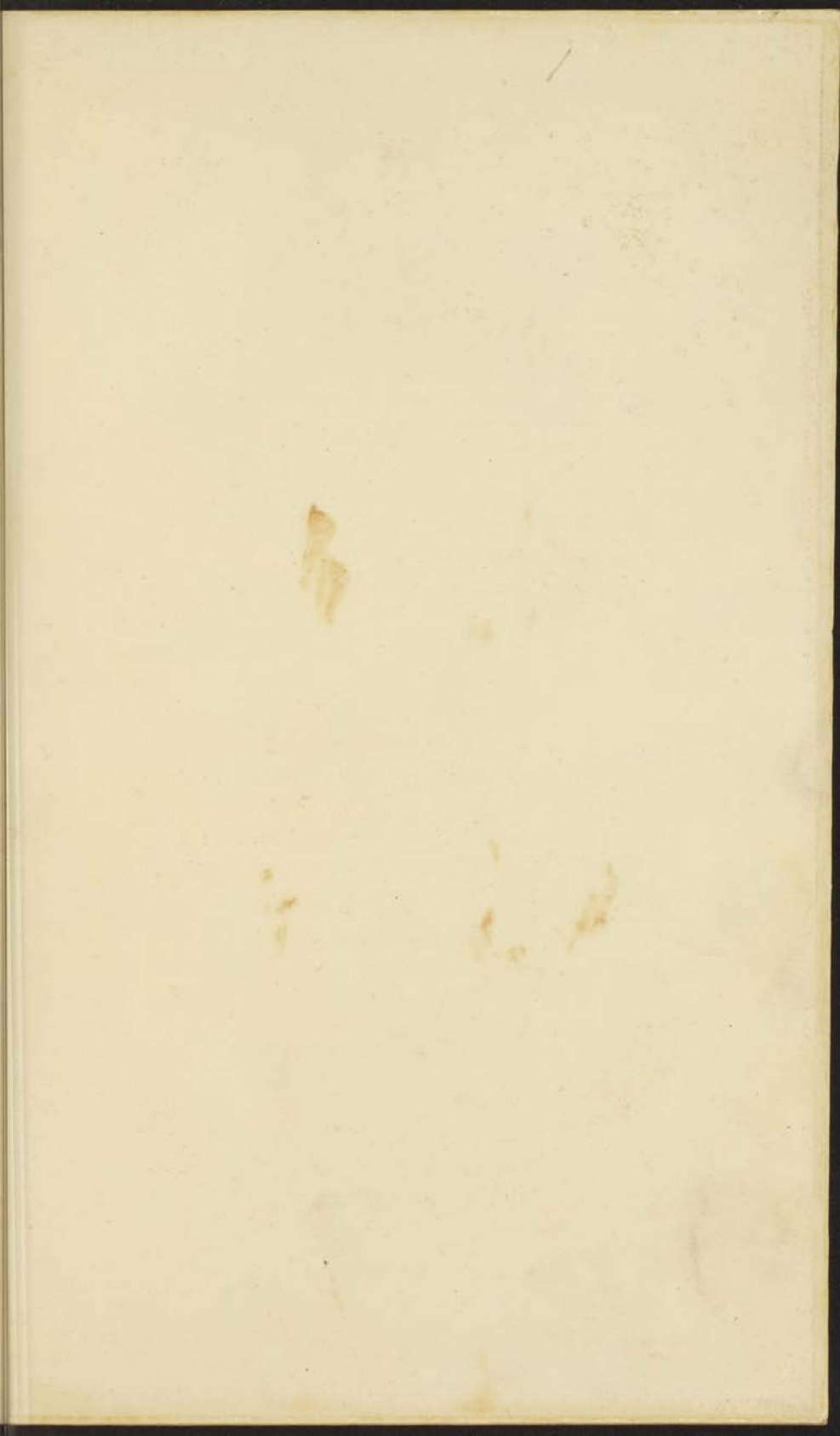




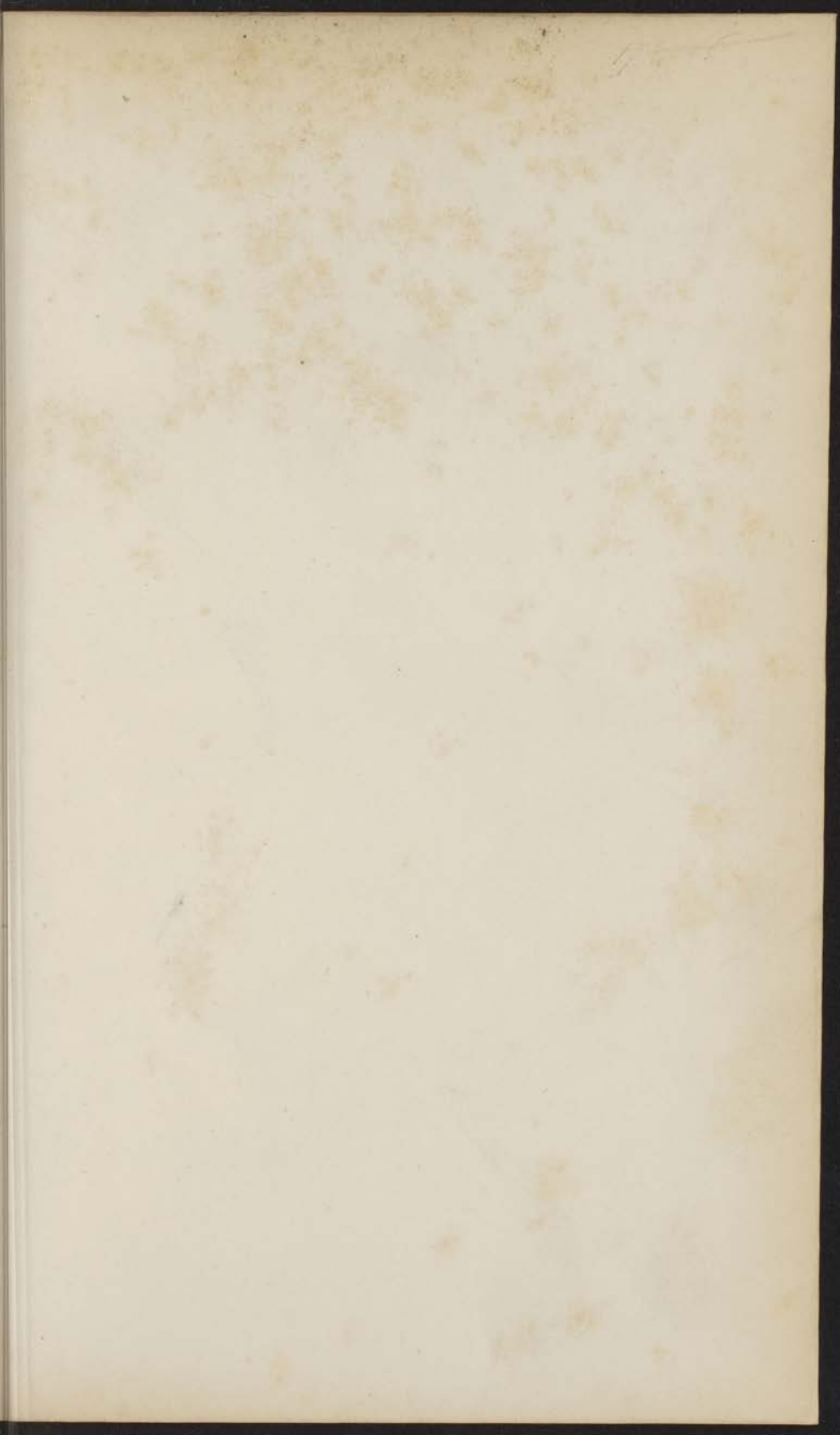
16

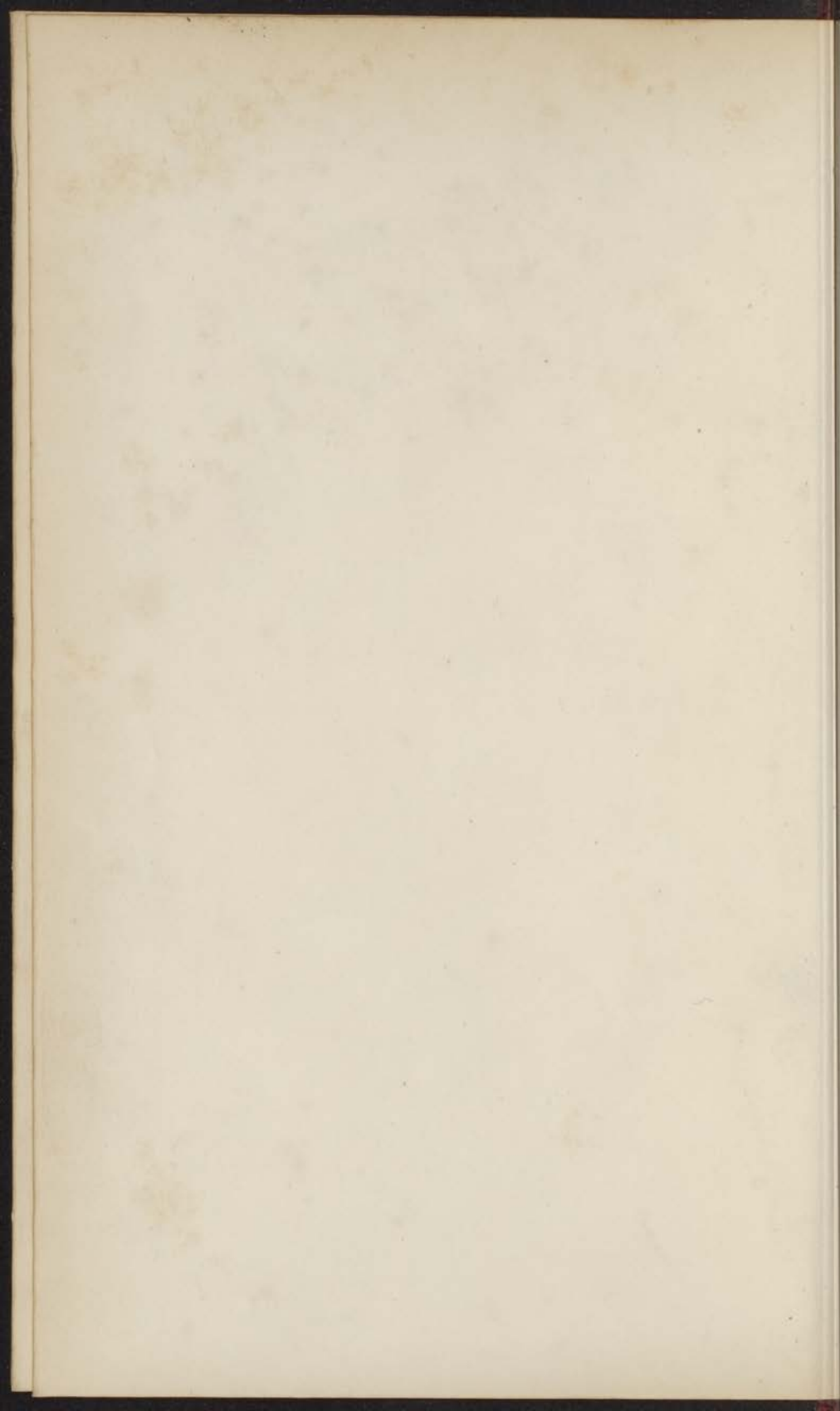


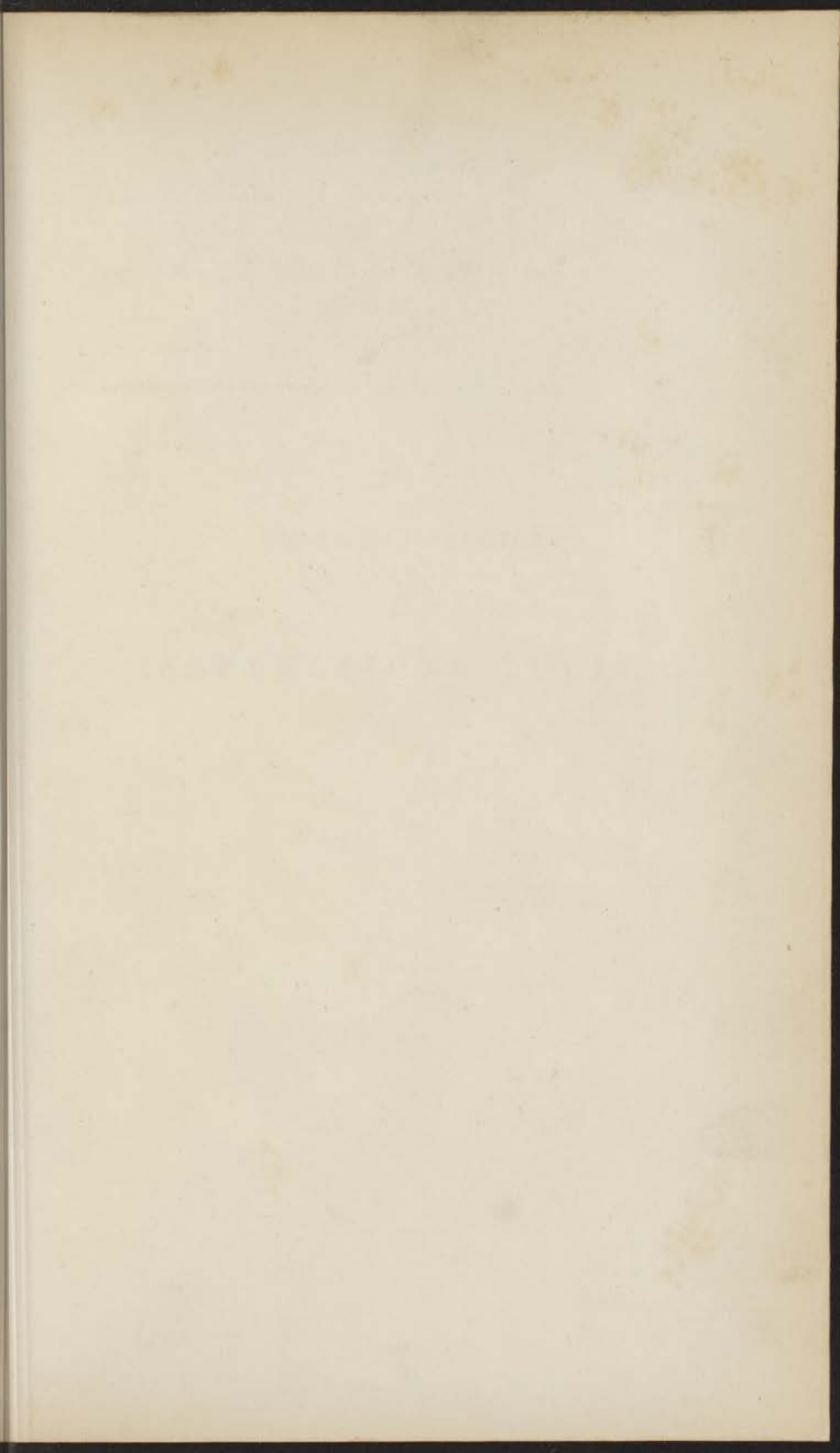


242

(B 10¹⁶ /





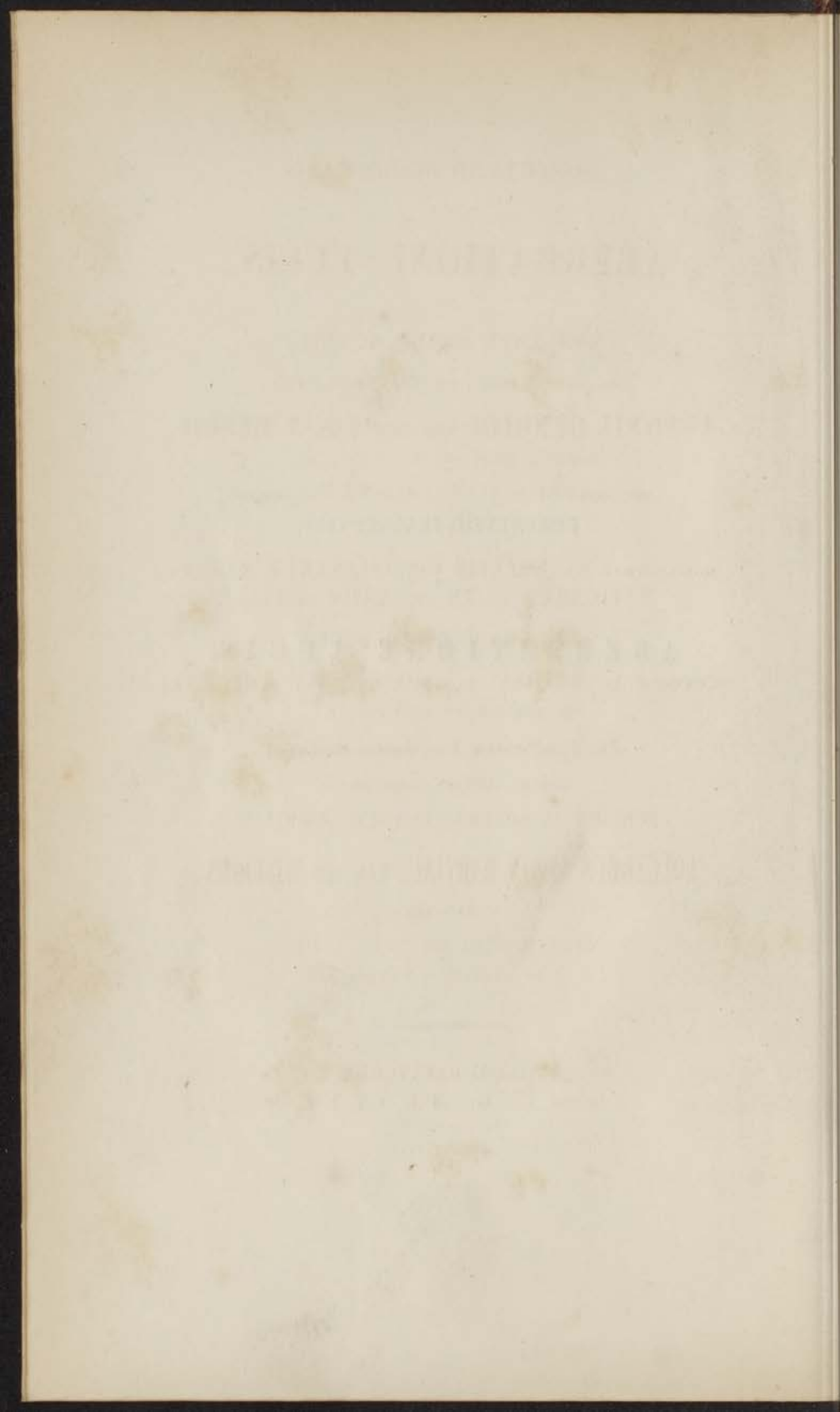


REPRINTED FROM THE

DISSERTATIO INAUGURALIS

DE

ABERRATIONE LUCIS.



DISSERTATIO INAUGURALIS

DE

ABERRATIONE LUCIS,

QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI

ANTONII HENRICI VAN DER BOON MESCH,

MATH. MAG. PHILOS. NAT. DOCT. ET PROF. ORD.,

AMPLISSIMI SENATUS ACADEMICI CONSENSU,

ET

NOBILISSIMAE FACULTATIS DISCIPLINARUM MATHE-
MATICARUM ET PHYSICARUM DECRETO,

PRO GRADU DOCTORATUS,

SUMMISQUE IN MATHESI ET PHILOSOPHIA NATURALI
HONORIBUS AC PRIVILEGIIS,

In Academia Lugduno-Batava,

RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS,

PUBLICO AC SOLENNI EXAMINI SUBMITTET

VOLCARDUS SIMON MARTINUS VAN DER WILLIGEN,

ROCKANGIENSIS.

AD DIEM III. JULII MDCCCXLVII, HORA II.

IN AUDITORIO MAJORI.



LUGDUNI-BATAVORUM,

APUD C. G. MENZEL.

MDCCCXLVII.

LIBRARY OF THE
MUSEUM OF NATURAL HISTORY

NEW YORK
1880

LIBRARY

NEW YORK



PARENTIBUS

Sacrum.

PROBATION

The following is a list of the names of the persons who have been placed on probation during the year ending 31st December 1900. The names are given in alphabetical order of their surnames. The names of the persons who have been placed on probation for the first time are given in italics. The names of the persons who have been placed on probation for a second or subsequent time are given in plain type. The names of the persons who have been placed on probation for a second or subsequent time are given in plain type. The names of the persons who have been placed on probation for a second or subsequent time are given in plain type.

PRAEFATIO.

Cogitantem de dissertationis argumento, quae causae potissimum me moverint ut agerem de aberratione lucis, fusius in ipso hujus speciminis introitu exposui. Hoc tamen loco aliam causam afferre haud abs re esse videatur. Scilicet Cl. KAISER, Promotor aestumatissimus, quoties ei theoriam undulationum proponebam tamquam theoriam jam valde elaboratam ideoque accuratiore consideratione dignissimam, talem denique quae cum theoria de gravitate universali plus minusve jam comparari possit, toties aberrationem mihi objiciebat cujus explicatio ex illa theoria multis difficultatibus laborat. Theoriam illam, ab HUGENIO nostro primo elaboratam et applicatam, toto animo amplexus,

probare studui nullam ei esse cum aberratione pugnam, sperans fore ut ita theoria undulationum clara in luce poneretur. Non quod ignorabam à Doct. FRESNEL, jam abhinc multis annis, explicatam esse aberrationem, sed liberam ille posuit aetheris transmissionem per terram; quae hypothesis non facile probari potest. Et vero diu Mathematicorum operam lusit phaenomenon. CAUCHY frustra explicationem ejus tentavit, ponens aetherem cum terra moveri. Nostro demum tempore STOKES disquisitiones analyticas protulit, quibus phaenomenon certa conditione explicatur, etiamsi aether cum terra moveatur. Vel sic tamen de mea sententia conditio non satis probata est. Hinc quantum possem eo vires adhibere statui, ut usus disquisitione analytica STOKESII, aberrationem et theoriam undulationum conciliarem, ratus fore ut non omnem certe operam in his perdidisse viderer. Interim Amstelodamum vocato, ut in hujus urbis Gymnasio Disciplinas Mathematicas docerem, non animus quidem, sed tempus mihi defuit propositum argumentum omni qua par erat cura tractandi, cum ipsum illud

munus necessitatem mihi imponere videretur dissertationis quam primum conscribendae. Hinc factum, ut jam prodeat haec scriptio inchoata potius quam absoluta, quum nihil magnopere contineat nisi disputationem et iudicium de opera ab aliis eidem argumento impensa. Post-hac si majus nactus fuero otium, quam nunc mihi suppetit, quidquid deest supplebo, quaeque invenero notatu digna plubici juris faciam. Sed satis de his.

Alterum praebet haec praefatio opportunitatem, quam lubens arripio, ut Vos Viros Clarissimos, Ordinis Disciplinarum Mathematicarum et Physicarum Professores, Praeceptores carissimi, paucis compellem. Desiderari jam in vestro numero, quem ultimis, dum in vivis erat, annis Praeceptorem habui optimum, P. J. UYLENBROEK, Virum Clarissimum, est quod doleam gravissime. Vobis autem gratam testificari mentem pro institutione proque benevolentiae documentis, quae per studiorum cursum a Vobis accepi, in dulcissimis pono officiis.

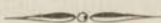
Tibi praesertim, Clarissime VERDAM, velim

*persuasum sit, nunquam mihi ex animo disces-
suram memoriam consiliorum quibus mihi
semper adfuisti, nunquam humanitatis quam
summam a Te perpetuo sum expertus.*

*Tibi, Clarissime KAISER, quem Promotorem
mihi obtigisse maxime gaudeo, quem comitem
magis quam ducem habui studiorum, Tibi
quantum debeam penitus sentio nec unquam
immemorem me actas probabit. Eadem qua
antea me persequi perge benevolentia; pergite
Vos omnes Viri Clarissimi, dum vestris scho-
lis equidem dignum me discipulum praestabo.*

*Vos denique, commilitones amicissimi, valete!
Quod in Academia Lugduno-Batava nos con-
junxit necessitudinis vinculum, id nos conjun-
gat perpetuo, etiam atque etiam rogo optoque.*

INTROITUS.



Inde a COPERNICI tempore jam saepius magnoque ardore tractata fuit quaestio de annua fixarum parallaxi. Licet tamen dubitatio de terrae motu, e non observata parallaxi profecta, etiam tum vigeret invictaque arma anti-Copernicanis suppeditaret, altero jam seculi decimi septimi dimidio omnes fere viros doctos addictos sibi tenebat systema COPERNICI. TYCHO, magnus ille astronomus practicus, ut scriptis effatisque huic systemati fuerat adversatus, ita postea observationibus eidem favit; nam ejus imprimis planetae Martis observationes, KEPLERO viam ad tres illas leges, quae de ejus nomine dicuntur, aperuerunt. COPERNICI doctrinam ut illustraret GALILAEUS omne quo pollebat

ingenium adhibuit ejusque causam carcere redemit. Quibus omnibus factum ut systema illud sensim sensimque propagatum, tum propter simplicitatem, tum propter evidentiam virorum doctorum assensu comprobatum fuerit.

Jam sibi persuasum habebant astronomi parvam esse parallaxin illam annuam. Methodi, quibus inveniretur, nonnullae jam erant propositae, sed nondum tamen in usum vocatae. Hoc quaestionis statu, accuratissimas observationes instituendas sibi proponebant, quibus parallaxin invenirent atque ita amplissimum COPERNICO compararent triumphum.

Alii alio successu hoc munere defuncti sunt; omnibus hoc eventum fuit commune ut certam aliquam parallaxin annuam non detegerent (1).

(1) Nostro demum saeculo perfectiorum instrumentorum ope et accuratiore observandi methodo certae parallaxae constitutae sunt, quorum exiguitas palam facit, cur priorum observatorum operam luserit hoc phenomenon. BESSEL parallaxin constituit 61 Cygni, MACLEAR et HENDERSON parallaxin constituere α Centaur, FAYE 1830 e cat. GROOMBRIDGII, STRUVE α Lyrae et α Urs. min. STRUVE jun. et PETERS plurium stellarum hoc ipso tempore indagant parallaxes.

Etiamsi igitur primi conatus, si quaestionem propositam spectes, fructu caruerunt, tamen praeterquam extensione et evolutione astronomiae practicae, eo praesertim scientiae profuerunt, quod quasi viam straverunt ad detegendam aberrationem lucis. Ut enim diiudicaret et confirmaret observationes Doct. HOOK, primi parallaxeos investigatoris, quae notabilem γ Draconis indicabant parallaxin annuam (1), quinquaginta annis post, Doct. MOLYNEUX novam hujus stellae seriem observationum ingressus est, quae deinde BRADLEY ad dictum phaenomenon aberrationis duxit (2).

Instrumentum, quo ad hanc disquisitionem uteretur, sectorem quendam zenithalem, cujus radius erat 24 pedum et dimidii, conficiendum ei curavit peritissimus GRAHAM. Exeunte m. Novembri anni 1725 ad usum paratus et collocatus erat

-
- (1) Vid. An attempt to prove the motion of the earth from observations. London 1674.
- (2) Vid. de detecta et explicata aberratione: A letter from the reverend Mr. JAMES BRADLEY Savilian professor of astronomy at Oxford, and F. R. S. to Dr. EDMOND HALLEY Astrom. Reg. etc. giving an account of a new discovered motion of the fix'd stars. Phil. Transact. 1728. vol. XXXVI. pag. 637. et seqq.

Kiobae (Kew), ubi tunc etiam aderat BRADLEY. Jam primis sequentis mensis diebus γ Draconis culminantis distantias zenithales determinabant. Nullum tamen motum notabilem, cum perciperent, cumque etiam secundum parallaxeos annuae leges ejusmodi motum hac anni parte stellae illi adjudicare non possent, eo tempore has disquisitiones persequi inutile videbatur. Mera igitur curiositate, ut ipse affirmat, ductus BRADLEY post aliquot dies denuo stellam observavit, quam paullo magis austrum versus transeuntem reperiebat quam prioribus diebus. Hanc discrepantiam primum observationum erroribus tribuebant, nullam aliam causam suspicati; renovata vero observatione novum motum austrum versus detegebant, quo sibi persuadebant motum illum saltem non totum ex erroribus modo commemoratis ortum. Eventum quam maxime mirabantur cum motus repertus plane esset contrarius motui, quem secundum parallaxin annuam se reperturos putaverint. Postea etiam explicatione phaenomenis ex instrumenti modificationibus petita, experimentis institutis, privatis et regularitate effectus de regularitate causae edoctis, nihil aliud iis restabat nisi assidua

stellae observatio. Hanc adeo viam unice veram porro inierunt.

Ineunte m. Martio sequentis anni stellam jam 20' ad austrum progressam reperiebant; stabilis tunc aliquamdiu visa, medio Aprili septentrionem versus regrediebatur et ineunte m. Junio eadem distantia zenithali meridianam transibat ac quum primum observabatur. Motum septentrionem versus retinebat usque ad m. Septembrem, quo rursus stabilis fuit positione 20'' magis septentrionali quam m. Junio. Deinde austrum versus revertabatur et m. Decembri eadem distantia a zenithe culminans reperiebatur, qua anno ante, habita omnino ratione praecessionis acquinociorum. Id quod luculenter monstrabat loci mutationem ab instrumento non pendere et causam cyclum sequi annum.

Discrepantia motus stellae, de qua haecenus egimus, a motu alius (55 Camel.) eadem circiter declinatione sitae, sed semicirculo distantis in ascensione recta, prohibebat ne BRADLEY cuidam axes terrae nutationi tribueret phaenomenon. Ex observatis tamen hanc summam cogebat, nexum quendam existere inter motus causam et solis longitudinem.

Veram autem causam cum nondum perspiceret, ejus investigandae studiosus, alterum sectorem zennithalem, quem Wansteadiae, ubi habitabat, collocaret, parandum sibi curavit ab eodem artifice GRAMHAM, similem sectori, quo hucusque usi erant, arcu tamen multo majori, quo plures in disquisitione complecteretur stellas, longius a zenithe culminantes, radio autem 12 tantum pedum et dimidii. Exeunte m. Augusto observationum fecit initium, quibus, diligentia et cura plane singulari, durante anni spatio continuatis, nactus est confirmationem motus, quem primo sectore invenerat γ Draconis similesque detexit aliarum stellarum. Omnes obnoxias vidit locorum mutationibus, cyclum quidem annum sequentibus, sed e parallaxi tamen annua non repetendis.

Jam semisaeculo ante PICARD motus tales observaverat stellae polaris, quorum tamen causam reperire non potuerat (1); FLAMSTEAD eosdem invenerat tum in polari tum in aliis, quos falso pa-

(1) Vid. Mémoires de l'Académie Tom. X. pag. 366. scriptio: S'il est arrivé du changement dans la hauteur du pôle ou dans le cours du soleil. Par. M. CASSINI. Juill. 1693.

rallaxeos annuae judicaverat effectus (1); etiam RÖMER nonnulla huc pertinentia detexisse videtur, quae tamen eadem axeos terrae nutationi tribuit (2).

Utut est, ante BRADLEY nemo quisquam satis accurate, systematice, ample phaenomenon observaverat; omnes vel omnino non explicaverant vel falsae causae tribuerant. BRADLEY demum, quum variis modis ex hoc quasi labyrintho sese expedire frustra conatus esset, explicationem dedit consentaneam, tum notionibus de lucis natura et motu terrae ejus aetate inter viros doctos acceptis, tum observationibus.

Observatas loci mutationes e combinatione duxit motus terrae cum motu lucis, easque obnoxias demonstravit legi infra proferendae. Cum, secundum ejus explicationem, phaenomenon redeat ad deflexionem quandam radii lucis, quamvis apparentem, vel potius, cum talis judicari possit ejus effectus *aberratio lucis* nominatum est.

(1) Vid. JOHANNIS WALLIS Opera Mathematica, Tom. III. p. 701. ubi invenitur Epistola D. JOHANNIS FLAMSTEAD ad D. WALLISIUM. Dec. 30. 1698.

(2) Vid. HORROBOW. Basis Astronomiae p. 62.

Mirum in modum theoria cum observationibus conveniebat. Nititur explicatio hac lege naturae, non subitum esse motum lucis, quum velocitas ejus cum velocitate terrae possit comparari, et lineis rectis lucem moveri. A cognita hac lege, observationibus RÖMÉRI eclipsium satellitum Jovis probata, ad explicationem phaenomeni processit. Velocitas propagationis lucis, ex observationibus ejus deducta, satis accurate convenit cum velocitate e dictis eclipsibus inventa.

Explicatio conformata est ad theoriam emanationis, vel potius ad naturam corpusculariam lucis, tunc ubique creditam. Nostris temporibus theoria emanationis non amplius praevalens dicenda; theoriae undulationum magis magisque cessit; jam YOUNG et FRESNEL aberrationem huic theoriae conciliare conati sunt, sumta libera aetheris transmissione per terram moventem, ita ut aether per spatium diffusus locum absolutum, licet corpora coelestia in eo moveantur, non mutet. Quae tamen hypothesis auxiliaria non omnibus placuit. Rejecta illa, alii aberrationem contrariam duxerunt theoriae undulationum; alii explicare studuerunt phaenomenon ex hypothesis, terram et

corpora coelestia velocitatem notabilem cum aethere communicare. Diu tamen hac via explicatio, notis naturae legibus consentanea, reperiri non potuit. Itaque ipsae illae observationes Bradleyanae, quae de parallaxi annua nihil docuerant, nisi quod limitem ejus superiorem indicaverant, sed quae, detecta hac aberratione, motum terrae in orbita satis perspicue ostenderant, eodem phaenomeno gravissimae undulationum theoriae insuperabile impedimentum attulisse videbantur.

Nuper vero STOKES, profectus ab hypothese, a terra velocitatem notabilem cum aethere communicari, protulit disquisitiones analyticas, quibus, certis conditionibus, aberrationem et theoriam undulationum inter se conciliavit.

Explicatio phaenomeni, missis etiam theoriis de natura lucis, diu tenebris quibusdam obducta fuit; quod satis probatur variis formis, quibus est proposita. CHALLIS tandem eodem fere tempore, quo STOKES disquisitiones analyticas protulit, explicationem dedit generalem, justo, ut videtur, fundamento superstructam.

Quae omnia cum attenderem et simul animadverte-

rem aberrationem a **DOPPLERO** paulo ante retractatam tamquam nondum recte explicatam et theoriae undulationem aliunde probabili contrariam, factum ut de aberratione lucis scribere mihi proponerem et de ejus et theoriae undulationem conciliatione. Juvat igitur, quae de explicatione et conciliatione illa maxime notatu digna viri docti protulerunt illustrare et, quoad possum, critice diiudicare; juvat praeterea inquirere quatenus, explicatione **CHALLISII** conjuncta cum disquisitionibus analyticis **STOKESII**, absoluta censenda sit disquisitio de conjungenda aberratione cum theoria undulationum, et quatenus ita conciliatio constituta haberi possit optata.

DE

ABERRATIONE LUCIS.

§ 1.

Aberrationem lucis nominaverunt phaenomenon, quo stellae fixae obnoxiae videntur locorum mutationibus, a BRADLEYO detectis. Secundum explanationem, quam dedit, generali hac regitur lege observationibus confirmata: unamquamque stellam a vera positione deflexam videri in plano, per directionem motus terrae in orbita et veram stellae positionem ducto; quum porro directio stellae ut aberratione afficitur, indicetur composita statica velocitatis propagationis lucis a stella advenientis cum velocitate terrae, si hanc opposita directione sumseris.

Ex nota illa lege facile patet, produci aberrationem combinatione quadam motus lucis cum motu terra. His cognitis postulatur tantum ut explicatio quaedam proferenda indicet qualis sit natura combinationis illius, quibus rebus oriatur.

Si stella observata movetur eadem causa, quae in superiori primaria habenda est, quod scilicet velocitas lucis cum velocitate terrae et corporum coelestium universe est comparabilis aliam exercet vim in locum ejus apparentem. Radii enim, ad oculum pervenientes, stellam ei monstrant, loco in spatio, ubi aderat quum emitterentur; itaque observata positio erit positio, quam, ratione puncti, quo est terra, habebat stella tempore emissionis.

Locus igitur observatus a vero discrepat tota quantitate motus angularis stellae, ex illo puncto visi, durante tempore quo lux distantiam inter stellam et terram pervadit. Etiam hoc phaenomenon *aberratio lucis* dici potest, ex eadem causa cum oriatur, ex qua oritur quae supra est descripta.

HERSCHEL nuper ut duas illas distingueret, prio-

rem illam *subjectivam*, hanc alteram *objectivam* nominavit (1); quae tamen nomina, cum priorem nimis causae subjectivae tribuere videantur, non recte discrimen earum exponunt; melius huic consilio accommodatae essent, si ejusmodi essent ut ex iis appareret illam ex motu *terrae*, hanc ex motu *stellae* oriri.

Si stella satis terrae est propinqua ita nempe ut hujus motus angularis, durante tempore quo lux ab una ad alteram propagatur, ex stella, quam, simplicitatis causa, pro fixa habebimus, visus valorem spectabilem habeat parallaxis inde oritur inter locos, quibus stella videtur e terra, tempore quo lucem ejicit et tempore quo lux ad terram pervenit. Parallaxis aequalis erit motui illi angulari terrae e stella viso.

Tria locum habere possunt pro varia distantia stellam inter et terram. Primum tanta esse potest distantia, ut ne tum quidem si terra loci mutationem subiret, axi ejus orbitae respondentem, vel minima observaretur parallaxis. In natura hoc repraesentatur omnibus illis fixis, quarum

(1) Vid. Astron. Nachr. N^o. 520. Vol. XXII. pag. 249.

accuratissimis etiam instrumentis nullam detegere licet parallaxin annuam. Secundum talis esse distantia potest, ut motu terrae aliqua quidem parallaxis provocetur, sed via tamen, quam terra percurrit, dum lux distantiam illam pervadit, nec constanti velocitate percursa, nec recta habenda sit. Hoc videri potest de iis fixis valere, quibus revera parallaxis annua, quamvis parvula, detecta est. Tertium tandem comparative tam parva esse potest distantia stellae a terra, ut dum hujus motus notabilem producit parallaxin, viam, quam facit durante brevi tempore, quo lux a stella ad eam pervenit, et constanti velocitate percursam, et rectam habere licet. Valet hoc de sole, planetis et cometis, et de his quidem, iis saltem orbitalium regionibus, quibus a nobis spectantur.

De primo et secundo casu disputare minoris est momenti, quocirca utrumque praetermittam. Tertius tamen dignissimus est de quo pluribus videamus. Parallaxis, de qua sermo est, univeree aequalis erit producto rationis inter distantias duorum locorum terrae, momenti indicatis et distantiam stellae a terra, et sinus anguli for-

mati directione visionis stellae et linea per duo illa loca ducta. Casu autem nostro speciali, distantia inter illa loca convenit cum via, quam secuta est terra ut ab uno ad alterum transiret. Quae via quum constanti velocitate percursa sit eodem tempore, quo lux distantiam stellae a terram percurrit, ratio inter utrumque, viam terrae dico et distantiam stellae, aequalis erit rationi inter velocitatem terrae et velocitatem lucis. Itaque parallaxis invenitur multiplicanda hac altera ratione cum sinu anguli, formati directione visionis stellae et via terrae, vel potius velocitatis terrae directione; et stellae locum mutabit parallaxis in plano, per stellam et directionem velocitatis terrae transeunte. E lege aberrationis subjectivae supra memorata facile apparet, illam locum stellae mutaturam eodem in plano et eadem quantitate, aequali nempe producto rationis inter velocitates terrae ac lucis et sinus anguli, formati directione visionis stellae et directione velocitatis terrae. Quum tamen aberratio eam promoveat in directionem in quam terra movetur, parallaxis in directionem oppositam eam reducit.

Combinatione igitur duorum horum effectuum

motus terrae et motus lucis, casu nunc exposito, alter alterum tollit; et stella, si fixam ponimus, quae, propter solam parallaxin, recessisse videretur a positione, quam ratione terrae habebat, quum lucem emitteret, quaeque propter solam aberrationem subjectivam eadem quantitate videretur processisse, jam momento observationis apparebit positione vel potius directione, quam habebat, quum lux ab ea abiret. Apparebit igitur unaquaeque stella fixa, cujus talis est distantia, ut tertii hujus casus conditioni satisficiat, ea positione ratione observatoris, quam revera habebat, tanto temporis spatio, ante momentum observationis, quanto luci opus est ut pervadat distantiam inter stellam et terram. Hoc valet de sole, qui fixa habendus est; valebit etiam, sicuti facile patet, de stellis moventibus, positae conditioni satisficientibus, de planetis et cometis, dummodo ratio habeatur aberrationis, supra objectivae dictae, quae proprii eorum motus est effectus. Sed vis hujus in locum visibilem stellae, uti supra indicavi talis est, ut spectetur stella directione, qua erat, quum lucem emitteret, si terram fixam poneremus. Itaque si ab altera parte motum stel-

lae, ab altera motum terrae attendimus, ratione locorum observandorum cometarum et planetarum, propter utrumque per se spectatum conspiciuntur ea directione, qua essent quum lucem emitterent. Igitur etiam conjunctis illis efficietur observari errantes illa in directione qua erant, ratione terrae, tanto temporis spatio ante observationem, quanto opus est luci ut veniat ab iis ad terram. Locus ergo aliquo momento observatus, non tantum solis, sed etiam planetarum et cometarum erit locus eorum geocentricus momento, quo lux eos reliquit; et discrepantia loci observati a vero erit motus geocentricus stellae, durante tempore, quo lux distantiam ejus a terra pervadet. Est haec discrimen, hic conjunctus effectus aberrationum subjectivae et objectivae et parallaxeos, est motus ille geocentricus *planetarum et cometarum*, qui eorum vocatur *aberratio*. Solis specialis quaedam est ratio; cum tamen propter viciniam haberi possit planeta non movens, cujus etiam aberratio generali satisfacit legi de moventibus illis valenti, aberratio ejus generali nomine aberrationis planetarum et cometarum contenta censi potest.

Ex iis, quae supra sunt exposita, manifestum est tamdiu tantum generalem futuram legem, discrepantiam inter locum verum et observatum alicujus planetae vel cometae aequalem esse motui geocentrico, durante tempore propagationi lucis ab eo ad terram necessario, quamdiu observationes nec curvaturam viae terrae nec variationem velocitatis ejus durante illo tempore indicare poterunt.

Ab hac errantium aberratione ut distinguerent aberrationem subjectivam, quae fixis longissime distantibus, unicus est conjuncti motus lucis cum motu terrae effectus, subjectivam aberrationem *fixarum aberrationem* nominaverunt.

Ex observata aberratione subjectiva, annuo terrae motu effecta, aliam deduxerunt ejusdem naturae, sed quae motu terrae diurno gigneretur, unde *aberrationem* eam appellaverunt *diurnam*. Illi igitur nomen dare velim *aberrationis subjectivae annuae*, huic *aberrationis subjectivae diurnae*. Ceterum astronomi observationes etiam propter hanc diurnam corrigunt; vel sic tamen revera eam existere nondum iis probatum est.

§ 2.

In prioribus varia exposita sunt genera aberrationis; redeunt ad subjectivam annuam et objectivam, quae existere satis probatur, observata aberratione fixarum, solis et planetarum ac cometarum; prima enim est mera aberratio subjectiva annua, secunda conjunctus effectus hujus et parallaxeos, tertia tandem est effectus harum duarum et aberrationis objectivae. Duobus his generibus addendum est tertium, aberratio subjectiva diurna, observationibus nondum probata.

Quae si attendimus, explicatio aberrationis latissimo sensu consistet in aberrationis subjectivae annuae, objectivae et subjectivae diurnae conciliatione et notarum naturae legum, vel in earum ex his legibus deductione. Quod attinet ad aberrationem diurnam, cum adhuc observationibus nondum monstrata sit, arctiori sensu de ea sermo esse nequit, si agitur de *conciliatione* theoriae undulationum et aberrationis, tamquam phaenomeni observati et saepius ad illam theoriam labefactandam allati. Nihil contra hanc theoriam probaret, etiamsi aberrationem diurnam explicare non posset.

In sequentibus igitur ubi hanc imprimis quaestionem tractandam mihi proposui, illam aberrationem silentio praeterire licebit (1).

-
- (1) STOKES sequenti modo de aberratione diurna loquitur: »The diurnal aberration is too small to be detected by observations, or at least to be measured with any accuracy." Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVII. p. 12.

Est sententia non facile probabilis. Magnopere profecto mirandum est, quod elementum illud correctionis, institutis observationibus, nondum investigatum videmus. Causa tamen istius investigationis, ut videtur, neglectae duplex censenda est; prima exiguitas aberrationi illi tribuenda, secunda peculiaris ejus natura.

Ex formulis, quae vim indicant, quam habet in locum apparentem stellarum, apparet observationes, nunc institutas, ad inveniendam aberrationem diurnam, non esse aptas.

Itaque aberrationem diurnam non inventam nimis nolo urgere, quo eam prorsus abesse ostenderem. Illud tamen volo, cum observationibus nondum probata sit, atque demonstratio ejus theoretica nitatur theoriis, sicuti videtur, porro non admittendis, nullum aberrationi illi tribui pondus, si sermo est, de phaenomenis probatis contra qualemcunque theoriam afferendis. Si respiciuntur disquisitiones theoreticae de explicatione aberrationis annuae, quas postea exponam, diurna illa non probanda, cum iis saltem non concilianda videtur. Magni igitur momenti habendum ut aliqua via instituantur observationes, quibus eam aut existere aut non existere probetur.

Quid sibi postulet explicatio aberrationis subjectivae annuae ex superioribus clare elucet. Objectiva autem postulat explicationem quare id, quo de directione stellae observatae judicamus, ab ejus velocitate vel statu motus non pendeat. Totam enim ratiocinatio supra habita et phaenomenon ipsum hoc uno nituntur fundamento, motum illum nullam exercere vim in judicium nostrum de directione vel positione.

Quo tamen modo de directione objecti alicujus oculis oblato judicamus? quibus rebus judicium illud regitur? Cum harum quaestionum solutio etiam magni momenti sit, in diiudicandis explicationibus aberrationis subjectivae, pauca de iis hic praemittere lubet. Certe de judicio quodam absoluto loqui non possumus; ut enim omnis notio de directione objecti observati est comparativa, cum ex instrumento non cognoscitur directio objecti sed positio lineae cujusdam comparisonis, quaecumque conveniens censeatur illa directio, sic etiam omne judicium de directione objecti observati comparatione nititur, cum judicare tantum possimus de majore vel minore convenientia directionum, in quibus objecta observantur. Jam vero

si ratione proposita accipiamus quaestionem, facile patet, eam nec in theoria emanationis, nec in theoria undulationum, in abstracto tractari posse. Non ita proponi potest, ut si quaeramus, secundum theoriam emanationis, an posita judicemus objecta in directione viae particularum lucis momento, quo oculum intrant; secundum theoriam undulationum, utrum judicentur in directione normalis in plano undarum an in directione viae, qua ad oculum venit. Cum omne iudicium de directione objecti ejusdam observati comparatione nitatur, objectum comparationis ponit. Igitur intelligere illas quaestiones sic oportet, ut si postulerent indicationem conditionis, qua duo objecta eodem directione posita videantur.

Tunc profecto, si secundum theoriam emanationis loquamur, dubitare non licet, an sit convenientia inter vias particularum, quum ad retinam perveniant, quae faciat ut eadem directione judicentur objecta; et si sequamur theoriam undulationum, huc redit quaestio, utrum sit convenientia viarum planorum undarum an normalium, quae convenientiam efficit directionum quibus apparent objecta. Quod ad hanc alteram quaestio-

nem, animadvertere lubet, nullo modo hac de re certiores nos factum iri, experimentis instituendis, nisi dari possit aetheri, juxta retinam sito, talis constitutio, qualem habet in corporibus birefringentibus. Itaque cum in natura convenientia normalium requirat convenientiam viarum, minoris momenti habenda est theoretica quaestionis solutio, utri vis, de qua locuti sumus tribuenda sit. Si theoretice tamen spectetur naturae et rationi magis consentaneum videtur, eam tribuere non viis, sed normalibus.

Poscit igitur explicatio aberrationis objectivae secundum theoriam emanationis ut, abstractione facta aberrationis subjectivae aliarumque causarum agentium, via, quam sequuntur particulae lucis, quum oculus intrans, sive moveatur stella sive non moveatur, prorsus eadem sit atque illa, quam habebant, quum primum emitterentur. Secundum theoriam undulationum postulatur, ut ultima directio normalis in planum undarum, quum ad retinam perveniat, versus idem vergat punctum ac si stella non moveretur, vel ut planum eandem habeat viam quam sequeretur, si locum stella non mutaret. Cum autem harum conditionum

altera alteram complectatur, universe dicere possumus: postulat, qualemcunque sequimur theoriam, aberratio objectiva propagationem rectilineam lucis a stella ad oculum.

§ 3.

His praemissis primo loco de explicatione phaenomeni, quam secutus theoriam emanationis dedit BRADLEY, paulo accuratius videamus, cum quod ad principium quasi fundamentum fuerit omnibus deinceps explicationibus, quamvis ad theoriam undulationum conformatis. Hoc enim principio nititur, omnem notitionem de directione stellae observatae tantum comparativam esse, dum propter combinationem quandam motus lucis et motus terrae, linea comparationis falsam tribuit stellae directionem. Varias explicationes unice differunt in indicanda causa, cur ita semper falsam accipiamus notionem, quae causa ex motu terrae aliquo modo est repetenda.

Inquit BRADLEY (1), quomodo tubus telescopii,

(1) Vid. Phil. Transact. 1728. Vol. XXXVI. pag. 647 et seqq.

cujus talem fingit diametrum, ut una tantum particula lucis transeat, dirigendus sit, ut, licet tubus cum terra moveatur, particulae a stella advenientes sine detrimento eum percurrant. Directionem tubi, quae huic satisfaciatur conditioni, convenire invenit cum directione compositae staticae supra descriptae. Hinc profectus eandem sententiam tulit de axi amplioris tubi; cumque directio telescopii etiam directionem stellae observatae indicare existimetur, inde concludit, ita falsam oriri de hac directione notionem, talem quidem, qualem requirit aberratio subjectiva.

Non plane quidem sic ratiocinatur; sed in iis, quae attulit, contineri video ejusmodi sententiam. In diiudicanda autem ejus narratione et explicatione tenenda sunt, quae nuper scripsit **BADEN POWELL**: »**BRADLEY** himself seems to have felt an anxiety to dwell on any circumstance, capable of aiding the better conception of his idea. Indeed, in the manner of his whole discussion, we may acknowledge the justice of a remark made by **Prof. RIGAUD** on one part of it, viz. that it »conveys the strong impression of its being the result of an inquiry, which was new to the wri-

ter of it; and shows an evident unwillingness to omit anything which might bear upon the subject" (1). Ponit manifesto lucem rectis lineis moveri a stella ad oculum, quae hypothesis satis probabilis est in theoria emanationis, cum nulla adesse videatur causa, cur motus terrae, motum rectilineum, qui sine eo universe obtinet, aliquo modo restringeret.

CLAIRAUT, qui paullo post BRADLEY aberrationem tractavit (2), eam comparavit cum iis, quae fieri videmus, quando corpuscula cadentia e. g. guttae pluviae in tubum moventem recipiuntur. Ne parietibus impingantur corpuscula, sed tota longitudine percurrant tubum inque fundum cadant, illum dirigendum demonstrat secundum compositam staticam velocitatis corpusculorum et propriae ejus velocitatis, opposita directione sumtae. Inde eandem conditionem requiri efficit, quando particulae lucis recipiendae sunt in tubum telescopii. Mera haec est illustratio explicationis, quam dedit BRADLEY; certe majorem lucem phaenomeno attu-

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXIX. pag. 426.

(2) Vid. Mémoires de l'Académie, 1737. p. 205 et seqq.

lit, non tamen tantam, quanta opus erat ut eo tempore phaenomenon recte ab omnibus intelligeretur, cum etiam diu post multae minus justae opiniones de aberrationis natura haberentur.

§ 4.

Quamcunque theoriam de lucis natura sequimur, si servare velimus explicationem, a BRADLEY datam in formam redactam illi theoriae congruam, necesse est demonstrare ex illa theoria nasci posse conditionem, luci motum esse rectilineum tum in majore tum in minore distantia a terra. Quae conditio, si etiam de planetis valet et cometis vel universe de corporibus coelestibus moventibus, tuebitur omnia, quae supra de aberratione objectiva dicta sunt; continetur enim iis explicatio hujus aberrationis, unicuique theoriae accommodata, dummodo lineis rectis moveatur lux. Itaque si sermo est de conciliatione theoriae undulationum et aberrationis sic accipi potest quaestio, ut si quaereretur quomodo fieri possit, ut motus corporum coelestium nullam habeat vim in directionem motus undarum lucis, quae

in eorum propinquitate propagantur, quum aetherem pervadant corpora illa, cujus vibrationes undas lucis constituunt. Ab altera parte, si, nulla habita ratione explicationum vulgo receptarum, quaeritur explicatio aberrationis tum subjectivae tum objectivae secundum theoriam undulationum, si supra exposita attenduntur, huc redit quaestio: cur notio, quam accipimus de directione stellae, falsa sit habenda et cur universe motus corporum coelestium vim exercent nullam in id, quo judicamus de eorum directione et cujus immutabilitas requiritur, ut eadem notio de eorum directione oriatur.

Prima illa forma quaestionem accepit YOUNG; omnes autem opiniones ejus aetate de aberratione receptae nitentur motu rectilineo lucis, minore aequae ac majore distantia a terra. Pauca, quae de relatione inter terram moventem et aetherem per spatium diffusum scripsit, unice spectant ad conservandum motum illum rectileum lucis. Dicit: »I have not — found any reason to suppose the presence of such an inflecting medium in the neighbourhood of dense substances as I was formerly inclined to attribute to them; and upon considering the phae-

nomenon of the aberration of the stars, I am disposed to believe that the luminiferous ether pervades the substance of all material bodies with little or no resistance, as freely perhaps as the wind passes through a grove of trees" (1). Non igitur ducit aberrationem e theoria undulationum; verum ex ea, vel potius e motu rectilineo lucis in propinquitate terrae, quem ad eam explicandam necessarium judicat, relationem statuit inter terram moventem et aetherem circumdantem. Exinde porro universalem quandam legem naturae ducit de relatione inter corpora et aetherem externum. Liberam ponit aetheris transmissionem per terram moventem.

Attamen, in iis quae scripsit, YOUNG tetigit magis quaestionem quam pertractavit. Diligentius primo eam tractavit FRESNEL, qui magis quidem elaboratam, retulit hypothesin propositam a YOUNG. Ad tractandam aberrationem impulsus est FRESNEL phaenomeno quodam ab ARAGO observato, ut nempe motus terrae nullam vim exerce-

(1) Vid. Phil. Transact. 1804. Experiments and calculations relative to physical optics § 4.

at in refractionem apparentem, id est, ut lux prismate quodam eadem ratione refringatur, sive eadem qua terrae motus directione sive contraria progrediatur. Ex iis, quae mox afferam satis liquet, virum illum de conciliando aberrationis et theoriae undulationum quaestionem latiore sensu accepisse, quam quae unice solvi posset hypothese de libera transmissione aetheris per terram. Praeterea e forma, quam, admissa ea, in explicando sumsit, manifestum est eum quodam modo repudiasse explicationem Bradleyanam. Cum vero alio modo aberrationem e theoria undulationum ducere non posset, hypothesin a YOUNG positam iterum recepit.

— Scripsit autem »Si l'on admettait que notre globe imprime son mouvement à l'éther dont il est enveloppé, on concevrait aisément, pourquoi le même prisme réfracte toujours la lumière de la même manière, quelle que soit le côté d'où elle arrive. Mais il paraît impossible d'expliquer l'aberration des étoiles dans cette hypothèse; je n'ai pu jusqu'à présent du moins concevoir nettement ce phénomène qu'en supposant que l'éther passe librement au travers du globe et que la vi-

tesse communiquée à ce fluide n'est qu'une petite partie de celle de la terre, n'en excède pas la centième par exemple."

Ut hypothesin probabilem redderet sequentia addit: » Quelque extraordinaire que paraisse cette hypothèse au premier abord, elle n'est pas en contradiction, ce me semble avec l'idée que les plus grands physiciens se sont faite de l'extrême porosité des corps. On peut demander, à la suite, comment un corps opaque très-mince interceptant la lumière il arrive qu'il s'établisse un courant d'éther au travers de notre globe. Sans prétendre répondre complètement à l'objection, je ferai remarquer que ces deux sortes de mouvement sont d'une nature trop différente pour qu'on puisse appliquer à l'un ce qu'on observe relativement à l'autre. Le mouvement lumineux n'est point un courant, mais une vibration de l'éther. L'on conçoit que les petites ondes élémentaires dans lesquelles la lumière se divise en traversant les corps peuvent, dans certains cas, se trouver en discordance lorsqu'elles se réunissent, en raison de la différence des chemins parcourus ou des retards inégaux, qu'elles

ont éprouvés dans leur marche; ce qui empêche la propagation des vibrations, ou les dénature de façon, à leur ôter la propriété d'éclairer, ainsi que cela a lieu d'une manière bien frappante dans les corps noirs, tandis que les mêmes circonstances n'empêcheraient pas l'établissement d'un courant d'éther. L'on augmente la transparence de l'hydrophane en la mouillant et il est évident que l'interposition de l'eau entre les particules, qui favorise la propagation des vibrations lumineuses, doit au contraire être un petit obstacle de plus à l'établissement d'un courant d'éther; ce qui démontre bien la grande différence qui existe entre ces deux espèces de mouvement.

L'opacité de la terre n'est donc pas une raison suffisante pour nier l'existence d'un courant d'éther entre ses particules, et l'on peut la supposer assez poreuse pour qu'elle ne communique à ce fluide qu'une très-petite partie de son mouvement."

Porro sequenti modo de explicatione aberrationis loquitur: » A l'aide de cette hypothèse le phénomène de l'aberration est aussi facile à con-

cevoir dans la théorie des ondulations que dans celle de l'émission; car il résulte du déplacement de la lunette pendant que la lumière la parcourt; or d'après cette hypothèse les ondes lumineuses ne participant point au mouvement de la lunette que je suppose dirigée sur le lieu vrai de l'étoile, l'image de cet astre se trouve en arrière du fil placé au foyer de l'oculaire d'une quantité égale à celle que parcourt la terre pendant que la lumière parcourt la lunette" (1). Haec explicatio vero, cum unice motum rectilineum lucis postulet, valet utram sequamur theoriam. Aequè ac Bradleyana nititur principio, omnem, quam observatione de stellae directione accipiamus, notionem esse comparativam, cum directio vel positio stellae directione telescopii indicata censeatur; dum falsa est, notio, ea ratione orta, cum, propter motum terrae, linea comparationis, id est, axis telescopii a vera stellae directione sit deflectenda.

Non tamen mera est repetitio explicationis

(1) Vid. Annales de chimie et de physique 1818. Vol. IX. pag. 56 et seqq.

Bradleyanae, quoad opus sit, in formam theoriae undulationum congruam redactae. Non enim docet telescopium a vera stellae directione deflectendum esse, ut lux axin ejus per totam longitudinem percurrat, vel, sicuti est in illustratione, quam dedit CLAIRAUT, ne lux contra parietes feratur iisque extinguatur. Refert autem explicatio Fresnelliana imaginem stellae non cadere in filum foco ocularis extensum nisi telescopium a vera stellae directione deflectatur, idque dirigatur secundum compositam staticam aberrationis lege postulatam. Quo has statuere mihi videtur conditiones, ut ab altera parte undae lucis et objectivum eodem momento eodem adsint loco, quo imago formetur, et ut ab altera parte imago, ea ratione formata cadat in filum foco ocularis extensum, quo in axi videatur stella. Quibus conditionibus conjunctis, cum lineis rectis moveantur undae, necessario requiritur telescopii deflexio, quam aberratio indicat.

Non labefactatur igitur explicatio, de qua agimus, iis, quae nuper protulit DOPPLER, scilicet non licere telescopii parietes tamquam aetheri impenetrabiles accipere, dum tota terra facile eo

penetraretur (1). Ne tum quidem explicatio-
nem labefactarent si opus ei esset, ut parietes
luci, vel potius dicam, undis lucentibus transi-
tum non permitterent; etenim si undulationibus
non sunt pervii, tamen aetheri pervii esse pos-
sunt, quod profecto etiam de terra docet hypo-
thesis fundamentalis, quam supra exposuimus.

Hypothesin tamen illam quodammodo mutare,
vel potius accuratius definire debuit FRESNEL, ut
inde etiam refractionem et reflexionem apparen-
tes a motu terrae non pendentes explicaret. As-
sumit scilicet, non totam aetheris massam, quae
corporibus terrestribus continetur, locum absolu-
tum in spatio conservare, dum terra cum corpo-
ribus ab ea recedat; sed istam partem tantum-
modo, quae, eodem volumine ac corpus, densita-

(1) Vid. A. C. DOPPLER. Ueber die bisherigen Erklärungs-Ver-
suche des Aberrations-Phänomens. Prag. 1845. p. 8.

Locutus de minore probabilitate hypotheseos Fresnellianae
pergit: »Endlich verdient auch noch der nachfolgende
Umstand einige Beachtung. Vermöchte der Aether die Er-
de so ganz ungehindert zu durchdringen, so würde er um
so mehr noch die dünnen Seitenwände des Fernrohres
durchdringen, und demnach abermals aller Grund ent-
fallen zu einer Schiefstellung des Fernrohres.»

tem haberet aetheris per spatium diffusi. Pars altera contra, qua densitas aetheris in corpore densitatem aetheris in spatio superat, cum terra et corpore moveretur. Quae omnia altera nituntur hypothese, discrepantiam indicium refractionis corporum oriri ex diversa densitate aetheris iis inclusi.

Pars aetheris, quae locum absolutum non mutat, dum corpus decedat, ratione habita corporis, mota dicenda, contra pars altera, quae cum corpore progreditur, quiescens habenda est. Ex quo concludit FRESNEL velocitatem lucis, per corpus propagatae, ratione ejus materiei, inveniri si augetur vel diminuitur velocitas propagationis in vacuo velocitate centri gravitatis totius massae aetheris, eodem modo rata. Augenda est velocitas, quam in vacuo habet, si lux venit e directione motui terrae contraria, diminuenda si eadem directione ac terra procedit.

Inde refractionem et reflexionem apparentes terrae motu non mutatas ducit. Demonstrat motum terrae, iis probatis, nullam habere vim in refractiones et reflexiones, quae fiunt corporibus in superficie terrae positus, et radios lucis eadem ratione refringi et reflecti ac si terra cum aethere

otio absoluto gauderet; ita ut hac via locus apparens stellarum motu terrae non afficiatur.

STOKES nuperrime explicationem aberrationis Fresnellianam tractavit; hypothesin autem hanc secundariam diversa posuit forma. Aetherem, qui corporibus continetur, non existimat partim quasi cum iis moveri, partim quasi locum in spatio retinere; sed totam massam, ratione corporum, motu praeditam sumit, tali modo ut, dum ea intret, statim condensetur ad requisitam densitatem, quam in iis habere debet, et dum exeat, rursus statim dilatetur ad tenuitatem, quam in spatio vacuo habebat. Facile patet, talem eo requiri velocitatem aetheris in corporibus ut, si fingitur planum cum terra progrediens et perpendiculare in motus directione, eadem quantitas aetheris, unitate temporis, unitatem areae plani pervadat, vel extra vel intra corpora sumtam, quo idem obtineatur, quod FRESNEL ex sua duxerat hypothesi, nimirum nec refractionem nec reflexionem apparentem motu terrae affici. Quod cum FRESNEL aperte tantummodo demonstravisset de refractione, STOKES etiam de reflexione demonstravit. Dilucide tandem STOKES enuntiat id quod necessario inde

sequitur: radios nempe lucis a stella aliqua advenientes, tum in reflexione tum in ordinaria refractione eodem modo sese habere ac si stella esset loco aberratione ei tributo et corpora cum terra quiescerent (1).

Ut breviter repetamus, quae hucusque de hypothesis et explicatione FRESNELLI disseruimus: quum velocitatem notabilem a terra cum aethere communicari posuisset, ut apparet, frustra aberrationem explicare conatus, deinceps ad explicationem usitatam rediit et elaboravit hypothesin, ex qua aether libere per terram transiret, quam posuerat YOUNG, ut ea motum rectilineum lucis et motum terrae conciliaret.

Quae valent de motu terrae, eadem ratione, ex analogia, valere debent de motu ceterorum corporum coelestium, itaque nec iis directio motus lucis mutabitur. Rectis igitur lineis moventur undae lucis a stella ad oculum; unde, ratione habita eorum, quae supra exposuimus, facile prodit, hypothesin, de qua agimus, aberrationem non tantum subjectivam sed etiam objectivam explicare.

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVIII. p. 76 et seqq.

Ut absolvam; refert hypothesis illa motum rectilineum lucis inmutatum oriri ex parallelismo plani undarum, subsequentibus ejus positionibus, id est, ex non mutata ejus positione, licet propageetur aethere, in quo corpora coelestia moventur. Quod majoris est momenti, si comparatur hypothesis alteri quam infra exponam, quae lucem lineis rectis moveri contendit, etiamsi planum undarum, subsequentibus ejus positionibus, sibi parallelum non maneat.

Inde a tempore, quo FRESNEL disquisitiones expositas edidit, quaestio de explicatione aberrationis inter physicos fere mutata est cum hac altera de relatione inter terram sese moventem et aetherem per spatium diffusum. Quicumque aberrationem, secundum theoriam undulationum, explicatam habebat, tacite liberam censebat transmissionem aetheris per terram. Gravia tamen afferenda sunt argumenta ad hypothesis hanc fundamentalem refutandam, ex analogia praesertim sumenda. Si enim corpus per aërem movetur, velocitatem cum eo communicat; quare simile quoddam non obtineret, si terra aetherem pervadit, cum aether aequae ac aër fluidum habendus sit elasticum, licet fluidis communibus elasticis non prorsus similis

sit? Urgere nolo ea, quae derivari possent ex resistantia quadam, quam subiret cometa Enckiana. Instabile enim tantum praebet fundamentum, tum hypothese, quae aetherem existere postulat, tum alterae, quae aetherem illum corporibus coelestibus motum requirit. Sed superest illud, quod non plane refutasse se ipse profitetur FRESNEL, quomodo nempe fieret ut corpora opaca, quae vim quandam, qualiscunque sit naturae, habent in vibrationes particularum aetheris, nullo modo afficerent progressionem illarum particularum; cum vis illa in vibrationes certe ad actionem in particulas redeat et impedimentum progressionem oblatum ex simili quadam actione esset repetenda.

Porro et commemoratum volo aetheris transmissionem per terram et corpora, ex hypothesis secundariis a FRESNEL et STOKES constitutis, non prorsus liberam esse, sed diversam pro diversa materie corporum. Quo, cum ad explicanda phaenomena necessarium sit iudicatum, ab hac parte corporibus partim tribuitur vis, quae ab altera parte iis abnegatur, facultas scilicet motum aetheris afficiendi. Non video quare corpora modo partem quandam definitam aetheris retinerent, non

vero totam ejus massam; non intelligo cur partem tantam definitam non aliam velocitatis quam habent cum aethere communicarent.

§ 5.

Multi physici ejusmodi argumentis moti videntur, ne porro animum attenderent ad hypothesein circa relationem inter terram sese moventem et aetherem circumdantem, et ut magis sese converterent ad indagacionem et justam expositionem modi, quo oritur aberratio, posito motu rectilineo lucis, sperantes hypothesein Fresnellianam aliquando plausibiliore cessuram, quo ita argumentis ex ea contra theoriam undulationum sumendis finis statueretur.

Inter quos numerandum judico HERSCHEL, qui, quamquam certe theoriae undulationum fautor dicendus sit, de aberratione egit, nulla habita ratione theoriarum de natura lucis, tantum lucem lineis rectis progredientem ponens. Sequenti modo phaenomenon exponit. Duo fingit plana parallela cum terra procedentia, quorum anterius perforatum est. Lux a stella adveniens, quam simplicitatis causa in vertice ponit, postquam transiverit foramen in anteriore plano, cadit in posterius et

punctum lucens ibi format. Linea foramen et punctum illud jungens cum verticali conveniret, si plana loca non mutarent; convenientia tamen ea in natura non obtinet, cum plana aequae ac terra moveantur; punctum enim lucens a verticali ex foramine demissa deflexum invenietur in directionem motui planorum contrariam, atque tanta distantia, quanta indicatur motu planorum, durante tempore, quo lux a primo plano ad secundum movetur. Observator igitur, qui stellam positam censet in producta linea, foramen et punctum lucens jungente, falsam ita de ejus positione accipiet notionem, et a verticali distantem eam existimabit angulo, qui tum positione tum magnitudine accurate convenit cum aberrationis angulo stellae observatae. Oculum deinceps tali apparatus comparat; duo plana in eo formantur iride et retina; foramen in primo anteriore est pupilla. Ex iis, quae de planis invenit, colligit etiam oculo stellas deflexas censerit, ratione et quantitate quas modo indicavimus (1).

(1) Vid. *Traité de la lumière* par J. F. W. HERSCHEL traduit par P. F. VERRULST et A. QUETELET. Paris 1829. Tom. I. p. 9.

Ex quibus omnibus certe clare etiam elucet principium, omnem notionem de directione stellae, observatione effectam, esse falsam, cum sit comparativa, dum linea comparationis, quacum directio stellae convenire censeatur, propter motum terrae a vera directione stellae deflectenda sit. Linea comparationis est quae foramen in anteriore plano et punctum in posteriore jungit, vel quae a pupillo ad imaginem in retina formatam ducitur. Profecto directionem primae illius lineae accurate definitam videmus mutua positione foraminis et puncti lucentis; directionem tamen alterius hujus a pupilla ad imaginem ductae accurate cognoscere non possumus, nisi prius referatur ad directionem alius extra oculum sitae. Justa igitur aestimatio aberrationis nudo oculo fieri non potest. Quibus tamen negatum nolo ex tensione musculorum, quibus oculus in stellam vel universe in objectum feratur, habita ratione positionis corporis, aliquam de directione oriri posse conjecturam, missa etiam omni comparatione cum linea externa.

Causae phaenomeni aberrationis semper adsunt; sunt enim motus terrae et motus rectilineus lucis velocitate priori comparabilis; ut tamen appa-

reat phaenomenon necessario locum habere debent conditiones, quibus oritur. Conditio autem primaria est comparatio positionis apparentis stellae cum linea quadam motui terrae obnoxia; quae nisi fiat, phaenomenon non adest. Explicationi igitur semper opus erit introductione lineae cujusdam comparationis, sit vel axis telescopii vel linea in oculo a pupilla ad imaginem ducta, vel alia quaedam linea. Cum vero positionem lineae illius in oculo fictae cognoscere non possimus, nisi prius referatur ad lineam externam, quacum conveniens censetur, aberratio tamquam phaenomenon observabile nudo oculo non adest, quamquam a vera stellae directione deflexa sit linea, de qua agimus. Unde introductionem hujus lineae in explicationibus improbandam duco.

§ 6.

Explicationes, de quibus hucusque egimus, diversis viis necessitatem demonstrant deflexionis lineae, quae stellae apparentem positionem indicans censetur, a vera directione in qua sita est stella. Illa vero demonstratio in omnibus plus

minusve obscuritate laborat. Nuper vero CHALLIS (1) generali modo de aberratione egit, missa omni hypothese circa lucis naturam; tantum ponit eam lineis rectis a stella ad oculum moveri. Sicuti ceterae omnes nititur explicatio, quam dedit, principio, omnem notionem de directione stellae observatione acquisitam esse comparativam eoque falsam, cum linea comparationis motui terrae sit obnoxia. Modum, quo referatur positio apparens stellae ad positionem talis lineae, quae cum terra movetur, accuratius indagavit eoque nactus est explicationem magis perspicuam ex qua magis eminet proxima aberrationis causa. Sicuti supra exposuimus, objecta in eadem directione posita observantur, si lux eadem via ab iis ad oculum venit. Hinc profectus inquit CHALLIS quisnam sit nexus inter veras duorum objectorum directiones, alterius coelestis, alterius terrestris, si lux eadem via ab iis ad oculum venit, id est, si in eadem directione conspiciantur. Facile invenit veras illas directiones separatas esse angulo quodam, qui aequalis est producto rationis inter velocitates terrae

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVII. p. 321 et seqq.

et lucis cum sinu anguli, vera objecti terrestris directione et directione motus terrae formati, dum vera objecti terrestris directio, veram objecti coelestis directionem, quae simul viam absolutam indicat, qua lux ab utroque ad oculum venit, in directionem motus terrae antecedit. Agit porro de veris duorum objectorum, utriusque terrestris, directionibus, quae in eadem directione conspiciuntur, easque inter se convenientes demonstrat; dum vero communis vera directio communem viam absolutam, qua lux ab iis ad oculum venit, in directionem motus terrae antecedit, scilicet angulo quodam, qui aequae ac in casu, quem modo tractavimus, aequalis erit producto rationis inter velocitates terrae et lucis cum sinu anguli, vera objectorum directione et directione motus terrae formati.

Ex his omnibus colligit CHALLIS, casu priore, objectum coeleste conspici vel apparere in directione, in qua revera situm est, contra objectum terrestre conspici in directione, quae angulo, quem modo indicavimus, a vera ejus directione diversa est. Casu autem posteriore, objecta terrestria, aequae ac in priore, conspici docet in directione, quae eodem illo angulo a vera eorum directio-

ne discedit. Quam tamen sententiam improbandam duco. Manifeste CHALLIS ea oculo iudicium absolutum de directione tribuit, itaque non attendit ad principium, omne iudicium de directione ope oculi factum tantum esse comparativum atque ex comparatione oriri. Nihil tamen absolutum hoc iudicium docet; minorem tantum vel maiorem convenientiam ostendit directionum, in quibus objecta comparata cernuntur. Directionem vero, in qua conspicitur objectum, quaecumque sit, cognoscere non possumus; iudicium absolutum de ea facere non possumus. Igitur, ex mea saltem sententia, de directione, in qua conspectum iudicatur objectum, agere non licet. Quare profecto sententiam, quam tulit CHALLIS, improbandam habeo.

Paullo accuratius autem videamus de absoluta directionis perceptione, quam nonnulli docent, inter quos et numerandus videtur CHALLIS. Si loquimur secundum theoriam emanationis, ultimam viam, qua ad oculum veniunt particulae lucis, perceptam et pro directione, in qua positum est objectum, habitam docent. Tunc vero perceptio illa necessario oriri deberet ex percepta

directione impulsus particularum in retinam; ex quo manifesto sequitur, non, sicuti in supra expositis ostendit CHALLIS, viam absolutam sed viam relativam particularum, ratione retinae, indicare directionem objecto conspecto tributam. Si hinc profecti inspiciamus quae obtinent, quando objectum terrestre et coeleste vel quando duo objecta terrestria in eadem directione conspiciuntur, facile patet, directionem motus relativi, ratione retinae, particularum lucis, quibus objecta conspecta observantur, tum in priore tum in posteriore casu convenire cum vera objectorum terrestrium directione. Ex quo sequitur, saltem secundum theoriam emanationis, si de absoluto iudicio de directione per oculum vel potius per retinam facto loqui velimus, objecta terrestria percipi vel iudicari in directione, in qua revera sunt, contra objectum coeleste in directione vera objecti terrestris, quocum in eadem directione videtur; ita ut, directio, in qua percipitur vel iudicatur objectum terrestre, cum vera ejus directione accurate convenit, dum contra directio in qua percipitur vel iudicatur objectum coeleste, directionem in qua revera situm est, angulo supra indicato, in directionem motus terrae antecedit.

Si sequimur theoriam undulationum animadvertendum est moveri posse quaestionem, utrum judicentur objecta in directione viae plani undarum, an in directione normalis in eo. Omnino naturae et rationi magis consentanea videtur hypothesis, objectum judicari in directione normalis, quae igitur percepta censenda esset. Si tamen ponimus objectum in directione viae judicari, omnino, sicuti in superiore, attendendum est ad motum lucis, ad retinam relatum. Ex quo idem colligimus de directione, in qua judicantur objecta, ac modo, theoriam secuti emanationis, ex eo collegimus.

Cum vero statuimus objecta judicari in directione normalis in plano undarum, sicuti facile patet, secundum hypothesin, quae aetherem libere per terram transmitti docet, objecta coelestia judicarentur vel perciperentur in directione in qua sita sunt; terrestria autem in directione, quae angulo quodam a vera recedit. Tali nempe ratione directio, in qua judicaretur objectum terrestre, a vera ejus directione recedit, ut revera, in casu priore supra posito, in eadem directione judicarentur objecta, alterum terrestre, alterum coeleste,

quorum verae directiones angulo indicato sunt separatae. In casu posteriore igitur aequae ac in priore, vel universe, directio, in qua judicarentur objecta terrestria, a vera, in qua sunt posita, in directionem motui terrae oppositam, recedit angulo, qui aequalis est producto rationis inter velocitates terrae ac lucis et sinus anguli, vera eorum directione et directione motus terrae formati.

Secundum hypothesin vero dein exponendam, quae aetherem cum terra moveri ponit, normalis in plano undarum, quod ab objecto coelesti dimissum est, cum ad oculum perveniat planum, minore vel majore angulo deflexa est a prima ejus directione, id est, a vera stellae positione. Normalis vero in plano undarum, quod ab objecto terrestre dimissum ad oculum pervenit, minore vel majore angulo distabit a via, quam secutum est planum, ut ab objecto ad oculum transiret. Quorum talis est ratio ut, si velocitas aetheris, in superficie terrae positi, aequalis sit velocitati terrae, in casu, de quo supra egimus, objecta, alterum coeleste, alterum terrestre, in eadem directione visa, judicarentur in vera directione terrestri; dum etiam, in posteriore casu,

vel universe, objecta terrestria judicarentur in directione, in qua revera sunt. Si tamen velocitas aetheris a velocitate terrae discrepet, in priore casu, communis directio, in qua judicarentur objecta, magis magisque a vera terrestris directione recedit, pro minore aetheris velocitate. Universe objecta terrestria judicarentur in directione, quae minore vel majore angulo a vera distaret, pro majore vel minore velocitate aetheris.

Quae si conferuntur cum iis, quae modo ex hypothesi, qua nulla aetheri esset velocitas, duximus, generalis inde prodit ratio: si velocitas aetheris in superficie terrae positi, velocitati terrae aequalis sit, objecta terrestria et coelestia cum iis in eadem directione visa, in vera terrestrium judicantur directione; si contra velocitas illa nulla sit judicantur in vera coelestium directione. Pro qualicumque valore velocitatis aetheris, objecta terrestria et igitur etiam coelestia, in eadem directione cum iis visa, judicarentur in directione, quae a vera in directionem motui terrae oppositam recedit angulo, qui aequalis est producto ex ratione differentiae velocitatum terrae ac aetheris et velocitatis lucis cum sinu anguli di-

rectione vera et directione motus terrae formati.

Quae omnia si respicimus patet, absoluto posito iudicio de directione, objecta terrestria re- vera, isto casu speciali, iudicatum iri in directio- nibus, quae angulis aberrationis a veris recedunt, contra coelestia in directionibus, in quibus sunt sita, quo casu aether libere per terram transmitta- tur et objecta iudicentur in directione normalis in plano undarum. CHALLIS tamen sententiam tulit, missa omni hypothesi de lucis natura, dum tan- tum motum rectilineum ei tribuit; igitur in diu- dicanda illa sententia specialem hypothesin sequi non licet.

Manifesto CHALLIS directionem viae absolutae lucis directionem habet, in qua objecta iudicantur. Ab altera parte tamen, si hac in re ratio habenda est viae, ad viam, relativam ratione oculi, non ad absolutam attendendum esse censeo. Ab altera parte, fundamentum quo nititur, nobis nempe esse iudicium absolutum de directione, falsum esse contendo. Verumtamen amplior horum discussio nimis ab argumento nostro recedit et, si explica- tionem aberrationis spectas, minoris momenti est habenda, quum nullo modo a iudicio quodam

absoluto de directione penderet phaenomenon.

CHALLIS aberrationem jure satis explicatam habet iis, quae obtinent in priore casu supra exposito, quo objecti coelestis positio apparens comparatur cum positione apparente objecti terrestris. Revera omnis observatio positionis stellae, ad talem comparisonem redit; comparatio illa unica via est, qua positionem stellae invenire possumus; omnis igitur notio de positione stellae accepta necessario obnoxia est errori, quem unica illa via semper secum fert. Objectum terrestre CHALLIS ponit filum in foco ocularis extensum. Cum autem, sicuti exposui, ex iis, quae in casu de quo sermo est obtinent, collegisset, non objectum coeleste sed terrestre extra verum locum judicari, forma eo usque inusitata effectum aberrationis enuntiat. Porro eadem de discrepantia inter verum et apparentem objecti terrestris locum sententia motus, affirmat, quamquam ita locus apparens objectorum motu terrae mutetur, tamen nullo modo observationes geodeticae eo affectum iri, cum enim in eadem directione sint objecta terrestria quae in eadem directione judicantur. Sic loquitur: »This result is a complete explanation of

the phaenomenon of aberration, if only the following remark be added, which, as far as I am aware, has not been before made with reference to this subject. The visual direction of a celestial object is necessarily referred to the visual direction of an object which partakes of the earth's motion, and astronomical observation has discovered that these directions are relatively affected by aberration, but does not determine whether the star or the wire of the telescope is seen out of its true place. We are therefore at liberty to suppose, as the foregoing theory requires, that the apparent place of the *wire* is affected by aberration. It is clear that observations of terrestrial objects alone could not detect aberration (its maximum amount being very small), simply for the reason that two objects partaking of the earth's motion are really in the same direction when they appear to be so, though they may not be seen in their true direction. On this account geometrical observations are unaffected by the aberration of light" (1).

(1) Vid. l. l. p. 322.

Quibus omnibus CHALLIS perspicuam aberrationis subjectivae dedit explicationem, quae nulla obscuritate laborat; clare indicat modum, quo falsa nobis oritur notio de directione stellarum. Explicatione illa disquisitio de explicanda aberratione absoluta censi potest, dummodo probari possit, lucem lineis rectis a stella ad oculum moveri. Eundem motum rectilineum autem postulat aberratio objectiva. Igitur aberrationem tum subjectivam tum objectivam explicatam et cum qualicunque hypothese de lucis natura conciliatam habebimus, dummodo ex ea luci sit motus rectilineus a stella usque ad oculum. Conciliatio igitur aberrationis et theoriae undulationum constituta erit, dummodo motus ille rectilineus ex theoria undulationum deduci possit.

Qualiscunque autem sit natura iudicii nostri de directione, absolute vel comparatione tantum de directione iudicemus; quocunque loco iudicentur objecta, in eadem directione visa, semper aberratio existet eadem quantitate et eadem directione. Semper enim comparatione opus est cum objecto terrestri, ut cognoscamus directionem vel positionem objecti coelestis; vera directio objecti

terrestris, cum coelesti eadem directione visi, quae etiam vera directio coelestis censetur, nulla ratione pendet a positione communis directionis, in qua judicantur objecta. Angulus, quem verae formant directiones objecti coelestis et objecti terrestris, quae in eadem directione videntur, idem erit, qualiscumque sit positio directionis communis, in qua judicantur.

Hisce satis etiam refutata censeo, quae attulit DOPPLER contra explicationem aberrationis ex libera aetheris transmissione per terram derivandam. Aequè ac CHALLIS perceptionem absolutam directionis admittit; directionem normalis in plano undarum directionem objecto adjudicatam censet. Non tamen respicit in explicanda aberratione animadvertendum esse ad notionem non ad iudicium de directione. Cum igitur attendat ad directionem, in qua iudicatur objectum coeleste, dum attendendum est ad directionem, quam instrumenti ope petimus, ex immutata positione normalis, si aether libere per terram transmittatur, colligit neque directionem in qua stellam positam habemus mutatum iri motu terrae, id est, nullam ex illa hypothesis, existere aberrationem.

tionem subjectivam (1). Patet tamen, tantum de directione ope instrumenti, motui terrae obnoxii, petita disputari posse, si agitur de directione in qua posita existimatur stella. Hoc prae se fert explicatio, quam dedit CHALLIS; luculenter ille exponit quae inde necessario sequuntur.

§ 7.

Redeamus ad quaestionem de conciliatione aberrationis et theoriae undulationum. Ex iis, quae supra allata sunt, satis patet FRESNEL jam alia viam quaesivisse, quam qua libera habenda esset transmissio aetheris per terram. CAUCHY dein, aliquot annis post, quaestionem de relatione inter terram se moventem et aetherem per spatium diffusum tractavit, cum de eodem phaenomeno ab ARAGO observato ageret, quo etiam FRESNEL impulsus fuit ut relationem illam tractaret. Certe, cum de minore probabilitate liberae transmissionis aetheris per terram sibi persuasum esset, sequentia scripsit CAUCHY: »... si l'on admet, comme il est

(1) Vid. scriptio supra laudata. p. 9.

naturel de le supposer, que la terre emporte avec elle dans l'espace non seulement son atmosphère aérienne, mais encore une masse considérable de fluide éthéré. Dans cette hypothèse, tous les phénomènes de réflexion et de réfraction observés à la surface de la terre seront les mêmes que si la terre perdait son mouvement de rotation diurne, et son mouvement annuel de translation autour du soleil. Ces mouvements ne pourront faire varier que la direction des plans des ondes, par conséquent la direction du rayon lumineux, en produisant, comme l'on sait, le phénomène de l'aberration. Au reste l'atmosphère éthérée, qui entourerait la terre, dans l'hypothèse proposée, et les atmosphères semblables, qui entoureraient le soleil, la lune et les autres astres venant à se mouvoir avec ces astres, vers les limites de ces atmosphères, et à ces limites l'éther pourrait être mis en vibration par des mouvements semblables à ceux qu'on observe quand une trombe traverse l'air ou quand un vaisseau nagère sur une mer tranquille."

» Observons enfin que, si la densité de l'éther était plus considérable dans le voisinage des corps

célestes, la vitesse de la lumière pourrait n'être pas la même à une grande distance de deux étoiles, et près de l'une d'entre elles."

« Addit porro quae sequuntur: » Une lettre adressée à M. ARAGO et insérée dans les Annales de chimie et de physique" (est scriptio supra laudata) » m'apprend que l'hypothèse ci-dessus proposée s'était déjà présentée à l'esprit de FRESNEL. De plus après avoir entendu la lecture de la présente note M. SAVARY m'a dit avoir songé à déduire de la même hypothèse une grande partie des conséquences que j'ai indiqué. Mais les difficultés que l'on rencontre quand on veut en tirer l'aberration par des calculs précis avaient détourné l'un et l'autre de l'hypothèse dont il s'agit. Toutefois ces difficultés ne paraîtront peut-être pas suffisantes pour qu'on doive l'abandonner, surtout si l'on considère combien elle est conforme à toutes les analogies. En effet, nous voyons sans cesse les corps qui agissent les uns sur les autres se mouvoir de concert. Notre soleil s'il se meut dans l'espace entraîne avec lui tout le système planétaire. Les mouvements de translation et de rotation de la terre sont parta-

gés par les corps qu'elle porte, par la mer qui la recouvre comme par la masse d'air qui pèse sur elle, et il serait singulier que le fluide éthéré, sur lequel les corps solides et fluides ont une action évidente, comme le prouvent les phénomènes de la réflexion et de réfraction fit seule exception à cet égard" (1).

Optavit igitur ut aberratio duceretur ex naturae magis consentanea hypothese, quae aetherem cum terramoveri docet et argumenta attulit, quibus hypothesein probaret. Satis definitam quaestionem solvendam posuit; viam tamen, qua ad solutionem veniret, non invenit ita ut eodem fere statu manserit quaestio, etiamsi magis definita et circumscripta esset proposita. DOPPLER (2) haec, quae ediderat CAUCHY, elaborare conatus est et quaestionem solvere tentavit, quod tamen ei non successit.

Quae CAUCHY indaganda sibi proposuerat, nuperrime quodammodo, saltem de motu progressionis corporum coelestium, revera inventa videmus disquisitionibus analyticis a STOKES institutis,

(1) Vid. Comptes rendus 1839. Tom. VIII. p. 327.

(2) Vid. scriptio supra laudata. p. 14 et seqq.

circa aetheris motum ex motu corporum coelestium oriundum ejusque vim in positionem plani undarum per aetherem propagati. Cum enim motum aetheris conditioni alicui satisfaciendam possisset, pervenit ad ea quae inveniri desideravit
 CAUCHY.

Si undae lucis propagantur in aethere sese movente, unoquoque momento, praeter propriam propagationis velocitatem, iis erit etiam velocitas particularum aetheris, quibus momento illo inhaerent; quae velocitates, secundum notas mechanicas leges, in unam componentur. Si igitur in diversis punctis superficiei undarum, quam simplicitatis causa planum ponamus, diversa est velocitas particularum aetheris, etiam in illis punctis diversa erit tum directio, tum intensitas velocitatis compositae, unde sensim sensimque oriri debet mutatio positionis vel torsio hujus plani. Cognita velocitate aetheris unoquoque puncto, per quod planum undarum transit, facile determinari possunt continuas positionis mutationes et tandem ultima plani positio cum aethere sese moventem percurret.

His principiis nituntur disquisitiones, quas in-

stituit STOKES (1), quasque jam exponam. Posito aethere sese movente cum terra, planum undarum a stella dimissum, ut ad observatorem in superficie terrae positum perveniat, necessario aetherem sese moventem transire debet.

Planum coördinarum x et y parallelum sit plano undarum, positione qua ad superiorem limitem aetheris terra moti advenit; ita ut directio normalis illo limite cum axi coördinarum z conveniat. Sit V propria velocitas propagationis lucis et u , v et w velocitates, secundum axes coördinarum, particulae aetheris, cui coördinatae sunt x , y et z . Si aether non moveretur, aequatio plani undarum tempore t esset:

$$z = C + Vt,$$

in qua C quaedam constans est. Propter motum tamen aetheris, secundo hujus aequationis membro tertius terminus addendus est, qui functio erit coördinarum x et y et temporis t , dum magnitudo erit ejusdem ordinis ac u , v , et w , a quibus pendet; notatur illa functio

$$Z = f(x, y, t).$$

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3 Vol. XXVII. p. 9 et seqq.

Aequatio tali modo mutata fiet:

$$z = C + Vt + Z \quad (1).$$

Cum autem in natura u , v et w itaque etiam Z parvae sint, ratione V , in sequentibus negliguntur producta et quadrata illarum magnitudinum. Si α , β et γ sunt anguli, quas cum axibus coördinatarum x , y et z format normalis in illo plano, erunt:

$$\text{Cos. } \alpha = -\frac{dZ}{dx}, \text{ Cos. } \beta = -\frac{dZ}{dy}, \text{ Cos. } \gamma = 1 \quad (2).$$

Propter solam igitur velocitatem propagationis, quae secundum normalem directa est, punctum plani, quod tempore t habet coördinatas x , y et z , tempore $t + dt$ haberet coördinatas:

$$x - \frac{dZ}{dx} V dt, y - \frac{dZ}{dy} V dt, z + V dt,$$

quae autem, propter motum particulae aetheris, qua illo tempore punctum inhaeret, cujusque igitur velocitatis est particeps, augendae sunt $u dt$, $v dt$ et $w dt$, quibus motus particulae, durante temporis spatio dt , indicatur. Ergo coördinatae puncti tempore $t + dt$ erunt:

$$x' = x + \left(u - \frac{dZ}{dx} V \right) dt, y' = y + \left(v - \frac{dZ}{dy} V \right) dt, \\ z' = z + (w + V) dt.$$

Si valores coördinatarum x , y et z , ex his formulis sumtos, substituimus in aequatione (1) accipimus, posito $f(x, y, t)$ loco Z :

$$z' - (w + V) dt = C + Vt + f \left[x' - \left(u - V \frac{dZ}{dx} \right) dt, y' - \left(v - V \frac{dZ}{dy} \right) dt, t \right].$$

Si evolvimus functionem f et negligimus dt^2 et quadrata ac producta, quae supra negligenda posuimus, invenimus, posito Z loco $f(x, y, t)$ et omissis accentibus:

$$z = C + Vt + Z + (w + V) dt \quad (3),$$

quae autem erit aequatio plani undarum tempore $t + dt$. Ex formula vero (1) habebimus pro eadem aequatione, eodem tempore,

$$z = C + Vt + Z + \left(V + \frac{dZ}{dt} \right) dt \quad (4).$$

Ex qua comparata cum priore, prodit:

$$w = \frac{dZ}{dt} \text{ unde } Z = \int w dt.$$

Neglecta parva quantitate Z , aequatio (1) redit ad

$$z = C + Vt \text{ unde } dz = V dt \text{ et } dt = \frac{dz}{V} \text{ Quem}$$

si substituimus valorem in priore aequatione, obtinetur:

$$Z = \int w dt = \frac{1}{V} \int w dz;$$

et aequatio (1) transibit in hanc aliam:

$$z = C + Vt + \frac{1}{V} \int w dz,$$

dum ex aequationibus (2) prodibit:

$$\cos \alpha = -\frac{1}{V} \int \frac{dw}{dx} dz, \quad \cos \beta = -\frac{1}{V} \int \frac{dw}{dy} dz,$$

unde, si tantum ratio habetur magnitudinum primi ordinis, sequentur:

$$\alpha - \frac{\pi}{2} = \frac{1}{V} \int \frac{dw}{dx} dz, \quad \beta - \frac{\pi}{2} = \frac{1}{V} \int \frac{dw}{dy} dz.$$

Quibus cognitam habebimus variationem, quam subirit positio plani undarum, inter limites quosdam indicandos coördinatae z , dummodo nota est lex qua velocitates particulae a coördinatis pendent. STOKES, profecto cum attenderet ad ea, quae obtineri possunt in fluidis ordinariis, ponit nexum inter velocitates u v et w significari conditione ut

$$u dx + v dy + w dz$$

sit differentialis exacta, quae si valet de uno systemate coördinatarum rectangularium etiam valebit de unoquoque alio. Ex ea sequuntur aequationes:

$$\frac{dw}{dx} = \frac{du}{dz}, \quad \frac{dw}{dy} = \frac{dv}{dz}.$$

Quos si substituimus valores in aequationibus modo elicitis, fiunt:

$$\begin{aligned} \alpha - \frac{\pi}{2} &= \frac{1}{V} \int \frac{dw}{dz} dz = \frac{1}{V} \int du = \frac{u}{V} + A \\ \beta - \frac{\pi}{2} &= \frac{1}{V} \int \frac{dv}{dz} dz = \frac{1}{V} \int dv = \frac{v}{V} + B \end{aligned} \quad (5).$$

in quibus formulis A et B sunt constantes integrationis.

Sint α_1 et β_1 valores angulorum α et β , prima quadam plani undarum positione, cum α_2 et β_2 eosdem indicant angulos, cum ad ultimam quandam positionem pervenierit planum; sint porro u_1 et v_1 valores velocitatum u et v prima et u_2 et v_2 eadem velocitates ultima plani positione. Quibus positis ex aequationibus (5) sequuntur:

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \frac{u_2 - u_1}{V}, \quad \beta_2 - \beta_1 = \frac{v_2 - v_1}{V} \quad (6).$$

Sumamus autem, primam esse positionem plani undarum momento, quo aetherem motum intrat; ultimam, positionem ejus cum ad terrae superficiem pervenerit; tunc manifesto u_1 et v_1 erunt nullae et α_1 et β_1 aequales erunt $\frac{\pi}{2}$, cum planum coördinarum x et y plano undarum, positione, qua

aetherem motum intrat, parallelum sit suppositum. Aequationes (6) igitur dabunt:

$$\alpha_2 - \frac{\pi}{2} = \frac{u_2}{V} \quad \beta_2 - \frac{\pi}{2} = \frac{v_2}{V}.$$

Facile patet u_2 et v_2 , esse projectiones velocitatis aetheris terrae superficiei appositi, in axes coördinatorum x et y .

Formularum autem summa haec est: normalis in plano undarum, ultima positione, cum ad superficiem terrae pervenerit a prima directione, quam habebat, cum planum aetherem motum intrabat, in directionem motus aetheris erit deflexa angulo, qui indicatur producto rationis inter velocitatem aetheris in superficie terrae ac velocitatem propagationis lucis et sinus anguli directione motus aetheris, superficiei terrae appositi, et prima normalis directione formati.

STOKES, prima illa scriptione, ex qua expositas disquisitiones analyticas desumsi, velocitatem aetheris superficiei terrae appositi, velocitati terrae aequalem posuit. Quo posito, si simplicitatis causa planum coördinatorum x et y per directionem motus terrae ducitur, ultimae aequationes fient:

$$\alpha_2 - \frac{\pi}{2} = \frac{u_2}{V}, \quad \beta_2 - \frac{\pi}{2} = 0,$$

ubi u_2 est projectio velocitatis terrae in plano coördinarum x et y . Ex quibus facile prodit, angulum deflexionis, quem modo circumscripsimus, hoc casu, tum valore tum directione, accurate convenire cum angulo aberrationis, cui obnoxia est stella, quae planum undarum dimiserit.

STOKES autem iudicium absolutum de directione, vel potius dicam, absolutam perceptionem directionis nobis tribuit et simul directionem normalis in superficie vel plano undarum directionem habendam animadvertit, in qua iudicantur objecta, quae undas dimiserunt. Cum insuper attenderet ad directionem, in qua iudicatum habet objectum coeleste, dum vero attendendum est ad directionem instrumentorum ope petitam, mera hac normalis deflexione, quam disquisitiones indicant, prima saltem illa scriptione, aberrationem satis explicatam censuisse videtur. Peracta enim substitutione modo indicata velocitatis terrae pro valore finali velocitatis aetheris in superficie terrae positi, unde prodit deflexio normalis, quae aberrationem accurate aequiparat, addebat:

»That is the star will appear to be displaced towards the direction in which the earth is moving, through an angle equal to the ratio of the velocity of the earth to that of light, multiplied by the sine of the angle between the direction of the earth's motion and the line joining the earth and the star" (1).

Quod ad aberrationem planetarum et cometarum, hac ratione de ea egit: describit trajectoriam orthogonalem in subsequentibus positionibus planetarum, a planeta, vel univere, a stella progrediente, ad terram demissi quam in earum vicinia eodem modo curvatam invenit ac in vicinia terrae. Ex quo collegit stellam, non habita ratione aberrationis ex terrae motu ortae, videri in loco, quo erat cum undas dimitteret, quandoquidem minimam negligere licet aberrationem, quam ex curvatura trajectoriae in vicinia stellae oriri censebat. Unde aberrationem planetarum et cometarum, una cum motu aetheris, consistere ducit. Sicuti vero ex sequentibus patebit nullius momenti est curvatura illa trajectoriae orthogonalis,

(1) Vid. scriptio laudata p. 12.

in vicinia stellae, cum vero via absoluta per spatium sit rectilinea.

CHALLIS postea in scriptione, de qua supra egimus, aberrationis explicationem generalem, quam protulerat et hypothesin, quae aetherem a terra motum docet, conjungere conatus est. Duce disquisitione, quam instituerat STOKES, geometricè inquit in ultimam directionem normalis in plano undarum, cum ad superficiem terrae pervenerit. Easdem invenit formulas finales quas invenerat STOKES. Non tamen necessarium habet, motum aetheris satisfacere conditioni ut $udx + vdy + wdz$ sit differentialis exacta, quo obtinerentur aequationes, quae requiruntur ut ex formulis illis elicitis prodirent quae de deflexione normalis a prima ejus positione, ex iis deduxerat STOKES. Cum recte distinxisset inter directionem, in qua stellae judicatur et directionem, instrumento motui terrae obnoxio, ei tributam, quarum postrema tantum a vera directione deflexa demonstranda sit ut aberratio explicetur, porro non mera illa deflexione normalis aberrationem explicatam habet. Ab inventa vero illa procedit ad demonstrationem semper, etiamsi aether moveatur, veras

directiones duorum objectorum, alterius terrestris, alterius coelestis, quando normales in planis undarum conveniunt, quando igitur in eadem directione judicantur objecta, separatas esse angulo, quem aberrationis explicatio requirit.

Fusius hac de re jam supra egi et simul directionem circumscripsi, quae ex diversis hypothesibus, circa velocitatem aetheris, superficiei terrae appositae convenientibus illis normalibus tribuenda esset.

Exposito modo disquisitionis summam cum accepisset CHALLIS, facile intelligitur ei ad explicandam aberrationem non opus fuisse, ut velocitas aetheris superficiei terrae appositae aequalis sit velocitati terrae; unde qualemcunque eam posuit.

Licet STOKES jure quidem, (1) argumentatus sit contra totam disquisitionem, ex qua CHALLIS deflectionem normalis indicata ratione definitam ducit, tamen omnia de explicatione aberrationis, ex deflectione illa ducta, ut recte CHALLIS (2) animadversit, quum et ipse, quae a STOKES sunt objecta, probave-

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVIII. p. 16.

(2) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVIII. p. 91.

rit, valebunt, dummodo disquisitioni refutatae substituatur ipsa hujus disquisitio, de qua supra egimus, vel similis quaedam. STOKES autem eodem tempore, quo contra disquisitionem illam argumenta protulit, explicationem probavisse videtur aberrationis, tamquam phaenomeni ex instrumentorum usu orti, quam exposito modo dedit CHALLIS.

Si proprius spectamus generalem et veram explicationem aberrationis a CHALLIS propositam, patet, ad conciliationem illius phaenomeni et hypotheseos, qua aether a terra motus docetur, tantummodo requiri ut undae momento, quo oculum intrant, moveantur secundum lineam versus veram stellae positionem directam. Disquisitionum analyticarum haec summa est: planum undarum, ab altera parte, secundum normalem deflexam movetur propria propagationis velocitate, ab altera, cum aethere procedit; talis vero est ratio deflexionis normalis ut composita duarum illarum velocitatum, id est absoluta plani via, versus veram stellae positionem directa sit. Hujus autem demonstratione CHALLIS phaenomenon disquisitionibus illis explicatum dilucide demonstrat (1).

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVIII. p. 92.

STOKES dein magis generali modo hanc disquisitionis summam posuit cum undas a stella ad oculum lineis rectis moveri monstraverit, (1) quod facile invenitur. Ponatur planum undarum, quod jam a limite, quo aether non movetur, eum percurrerit, advenisse ad partem aetheris, cujus velocitas secundum axin coördinatarum x sit v_n ; si planum coördinatarum x et z per directionem motus aetheris illa parte transeuntem sumimus, velocitas secundum axin coördinatarum y nulla erit. Plani undarum ibi talis erit positio, ut normalis in eo angulo $\alpha_n - \frac{\pi}{2} = \frac{v_n}{V}$ a directione, qua aetherem intrabat, id est a directione axeos coördinatarum z , deflexa sit versus partem negativam axeos coördinatarum x . Propter solam propagationis velocitatem, planum undarum secundum lineam illam normalem, velocitate V , versus terram moveretur. Cum tamen sit particeps velocitatis aetheris, velocitate illius v_n , moveretur secundum partem positivam axeos coördinatarum x . Movebitur igitur secundum compositam staticam illarum velocita-

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXIX. p. 8.

tum. Cum autem directio velocitatis V et axis coördinarum z forment angulum $\frac{v_n}{V}$, dum directio velocitatis v_n et eadem axis formant angulum $\frac{\pi}{2}$, compositae illius directio accurate cum axi coördinarum z convenit. Movebitur igitur planum undarum per spatium, secundum axin coördinarum z , id est secundum directionem, quam habebat normalis cum aether intraret, quaeque directio erat motus plani undarum per aetherem quiescentem. Igitur licet planum undarum aetherem a terra motum percurrat, tamen directio ejus motus per spatium eadem est ac erat, quum per aetherem quiescentem propageretur. Omnia illa, eadem ratione, valebunt, si planum undarum opposita directione, id est a superficie corporis moventis ad limitem, quo aether quiescit, propagitur. Igitur planum undarum, a corpore aliquo coelesti progrediente, dimissum in atmosphaera, ut ita dicam, aetheris moti eandam habet viam absolutam, quam habebit in aethere quiescente, et directio illius viae accurate vergit versus punctum, quo erat stella cum planum dimitteret. Unde colligitur in universo lucem linea

recta moveri a stellis ad oculum, sive moveantur sive non moveantur.

Ut paucis omnia complectar. Ex disquisitionibus, quas instituit STOKES, prodit motum aetheris dummodo satisfaciat conditioni propositae, non afficere motum rectilineum lucis. Obtinebitur motus ille rectilineus, qualiscunque sit velocitas aetheris in superficie terrae positi. Posito autem lucem lineis rectis moveri, aberratio subjectiva perspicue explicata est iis, quae protulit CHALLIS. Igitur disquisitionibus STOKESI aberratio et theoria undulationum conciliatae dicendae erunt, dummodo demonstratum sit, motum aetheris, ex terrae motu ortum, satisfacere conditioni modo indicatae. Cum porro, licet stella moveatur, undae lucis lineis rectis moveantur, a loco ubi erat stella, cum eas dimiserit ad oculum, mutabitur nec via qua ad oculum veniunt undae nec ultima directio normalis cum ad oculum pervenerint, etiamsi stella progrediatur. Invenimus igitur a stellae motus non mutari id, cujus major vel minor convenientia plus vel minus in eadem directione iudicata facit objecta. Aberratio igitur objectiva, cujus explicatio non mutatum illud postulat, aequae ac sub-

jectiva, disquisitionibus a STOKESIO institutis, quae motum rectilineum lucis demonstrant, ex theoria undulationum deducta censenda est et magis profecto probanda hypothesi, quae docet aetherem per spatium diffusum a terra et reliquis corporibus sese moventibus moveri.

STOKES, ultima scriptione, etiam non absolute necessariam animadvertit aequalitatem velocitatum terrae et aetheris in superficie ejus positi; dein tali etiam modo enuntiari sinit disquisitionum summam ut iis probata profitetur absentia omnis deflexionis ultimae directionis lucis.

§ 8.

Omnia vero, quae in priore de conciliatione aberrationis et motus aetheris, ex motu terrae et reliquorum corporum coelestium orti exposuimus, eo nituntur, ut talis sit motus aetheris, ut satisfaciat conditioni

$$u \, dx + v \, dy + w \, dz \quad (a).$$

esse differentialem exactam, vel potius, quod in prima scriptione, de qua egimus, anteposuit CHAL-

LIS (1) ut sint:

$$\frac{dw}{dx} = \frac{du}{dz} \text{ et } \frac{dw}{dy} = \frac{dv}{dz} \text{ unde etiam } \frac{du}{dy} = \frac{dv}{dx} \quad (b).$$

In disquisitione autem supra exposita quantitates secundi ordinis neglectae sunt; quadrata aberrationis negleximus. Sufficiet igitur aequationes (b) valere de motu illo aetheris, neglectis iisdem quantitatibus secundi ordinis, quadratis nempe et productis velocitatum u , v et w . Quod vero in universe fieri posset etiamsi motus ille non restrictus sit conditione ut (a) sit differentialis exacta. Omnium igitur summa est, probabilitatem conciliationis propositae inter theoriam undulationum et aberrationem redire ad probabilitatem, qua de motu aetheris, qui ex motu terrae oritur, valentes judicari possunt aequationes (b), dum in hujus probabilitatis demonstratione propter parvitatem aberrationis negligere licet quantitates secundi ordinis.

Universe spectemus motum fluidi elastici. Ex principio d'ALEMBERTII sequentes habemus aequationes generales, quibus regitur (2):

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVII. p. 326.

(2) Vid. POISSON Traité de mécanique, Tom. II. p. 669 et 687.

$$\begin{aligned}\frac{dP}{dx} &= X - \frac{du}{dt} - u \frac{du}{dx} - v \frac{du}{dy} - w \frac{du}{dz} \\ \frac{dP}{dy} &= Y - \frac{dv}{dt} - u \frac{dv}{dx} - v \frac{dv}{dy} - w \frac{dv}{dz} \\ \frac{dP}{dz} &= Z - \frac{dw}{dt} - u \frac{dw}{dx} - v \frac{dw}{dy} - w \frac{dw}{dz}\end{aligned}\quad (A)$$

in quibus $P = \int^1/\rho dp$, dum p est pressio et ρ densitas. X , Y et Z sunt componentes secundum axes coördinatarum x , y et z virium in punctum agentium; u , v et w sunt velocitates illius puncti. Si tam parvae sunt u , v et w ut earum quadrata et producta negligere liceat, transeunt aequationes (A) in:

$$\frac{dP}{dx} = X - \frac{du}{dt}, \quad \frac{dP}{dy} = Y - \frac{dv}{dt}, \quad \frac{dP}{dz} = Z - \frac{dw}{dt} \quad (B)$$

quae, si nullae agunt vires in fluidum, dabunt:

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{du}{dt}, \quad \frac{dP}{dy} = -\frac{dv}{dt}, \quad \frac{dP}{dz} = -\frac{dw}{dt} \quad (C)$$

ex quibus sequuntur:

$$\begin{aligned}\frac{dP}{dx \cdot dy} &= -\frac{du}{dt \cdot dy} = -\frac{dv}{dt \cdot dx}, \quad \frac{dP}{dx \cdot dz} = -\frac{du}{dt \cdot dz} = -\frac{dw}{dt \cdot dx}, \\ \frac{dP}{dx \cdot dz} &= -\frac{dv}{dt \cdot dz} = -\frac{dw}{dt \cdot dy}\end{aligned}$$

vel:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{du}{dy} - \frac{dv}{dx} \right) = 0, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{du}{dz} - \frac{dw}{dx} \right) = 0, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{dv}{dz} - \frac{dw}{dy} \right) = 0$$

Si implicite tantum a tempore penderent velocitates u , v et w , in aequationibus (B .) ratio habenda esset

terminorum neglectorum cum eo casu $\frac{du}{dt}$, $\frac{dv}{dt}$ et $\frac{dw}{dt}$

disparerent. Igitur ultimae aequationes non verae

sunt judicandae, quia functiones $\frac{du}{dy} - \frac{dv}{dx}$ etc. ex-

plícite tempus non continent; sed quia verae sunt, dum u , v et w , explicite a tempore pendentes supponuntur, ex iis profluunt aliae sequentes,

$$\frac{du}{dy} = \frac{dv}{dx}, \quad \frac{du}{dz} = \frac{dw}{dx}, \quad \frac{dv}{dz} = \frac{dw}{dy},$$

quae igitur ex iis, vel potius dicam, ex aequationibus (B) necessario prodeunt (1).

Quod si referatur ad aetherem, quem pro fluido elastico habemus, apparet fore ut ejus motus appropinquatione saltem satisfaciat, aequationibus (b) licet non satisfaciat conditioni ut formula (a) sit differentialis exacta, dummodo negligere liceat quadrata et producta ejus velocitatum u , v et w et si vires in eum non agant dum porro velocitates explicite a tempore non pendeant. Quod si pro vero posueris, sequetur, lucem lineis rectis

(1) Conf. CRALLIS descriptione modo laudata p. 327.

moveri a stella ad oculum et conciliatio aberrationis et motus aetheris constituta erit, missa conditione, ut (*a*) sit differentialis exacta, quam necessariam judicavit STOKES.

CHALLIS autem loco, quem modo laudavi, revera generaliori illo modo, aequationes (*b*) de motu aetheris terra effecto valentes, exhibuit, ut eo aberrationem explicaret licet aether moveretur; et motum illum aetheris, ad explicandam aberrationem, nulla conditione restrictum ponendum censebat. et nulla conditione motum aetheris restringendum

Uti supra jam memoravi STOKES opinionem illam rejecit, idque CHALLIS ipse dein probavit (1). Cum enim motus aetheris fere sit symmetricus circum lineam, quae est terrae motus directio, cumque si centrum terrae progredientis origo ponatur coördinatorum, parum absit quin functiones, quibus repraesentantur velocitates *u*, *v* et *w*, a tempore explicite non pendeant, recte dubitat CHALLIS an revera ad motum aetheris applicari possent aequationes approxymatae (*B*). Tam exigua profecto fieri potest explicita mutatio veloci-

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVIII. p. 93.

tatis propter meram temporis mutationem ut efficiens differentialis partialis $\frac{du}{dt}$ ejusdem sit ordinis ac quantitates, quas negleximus, ut ab formulis (A.) ad formulas (B.) perveniremus. Exiguitas autem illa, ob causas, quas attulit CHALLIS, revera in motu aetheris a terra efficiendo obtinere videtur.

Cum igitur ope aequationum (B.) vel potius, aequationum (C.), demonstrare non posset, ne approximatione quidem, valere aequationes (b.) in motu aetheris, qui corporibus coelestibus efficitur, si qualiscunque poneretur ille motus, aggressus est CHALLIS ad opinionem, quam emisit STOKES, quaeque iis postulatam docet conditionem, qua revera restringitur motus aetheris; dum conditio haec est ut in illo motu formula (a.) sit differentialis exacta. Hac igitur disquisitione adire cogimur ad conditionem illam, quae motum, aetheris restringit et videtur ab ea pendere tota conciliatio aberrationis et theoriae undulationum cumque ea et stare et cadere. Non mirum igitur a STOKES omnia allata esse argumenta, ut eam probabilem redderet.

Posita conditio eadem illa est, de qua agitur in hydrodynamica; si obtinet generales ae-

quationes (A.), tum pro fluidis elasticis, tum pro iis, quae comprimi nequeunt, reducuntur ad unam aequationem differentialem partialem primi ordinis et velocitates u , v et w ab una tantum quantitate pendent. Si valet de uno systemate axium coordinatarum rectangularium, etiam valebit de quovis alio utque obtineat aliquo momento motus, necesse est ut obtineat initio ejus. LA GRANGE et POISSON, in tractatibus de mechanica, indicaverunt casus, quibus revera valet de motu alicujus fluidi. Nuper CHALLIS dubia protulit contra conditionem illam tamquam nimis generaliter applicatam (1). Demonstrare conatus erat, in hydrodynamica, praeter notas duas aequationes fundamentales, ex immutata massa elementorum differentialium et ex principio D'ALEMBERTII deductas, tertia quadam etiam opus esse aequatione, quae exprimat superficies, in directionibus motus ejusdem particulae elementaris normales, subsequentibus momentis, esse geometrice continuas, quamque adeo aequationem continuitatis motus vocat. Ope hujus aequa-

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVI, p. 25. et scriptiones ibi laudatas.

tionis deinde concludit functionem $udx + vdy + wdz$ tum unice esse posse differentialem exactam quum motus particularum, id est motus ipsius fluidi, sit rectilineus. Hac autem de re sub iudice videtur lis; solutionem saltem quaestionis non vidi. Si tamen justis argumentis nititur dubitatio et vera censenda est conditionis restrictio, quae ea continetur, certe primaria erit quaestio, quod ad motum aetheris, an rectilineus haberi possit.

Haec profecto ante oculos habuit atque huic dubio occurrere studuit STOKES scribens: » Now even were I to allow that $udx + vdy + wdz$ cannot in the case of ordinary fluids, be an exact differential unless the motion is rectilinear, that would not be a fatal objection. For the equations of motion of fluids commonly employed are formed on the hypothesis that the mutual action of two elements of the fluid is normal to the surface which separates them whereas one of the most remarkable properties of the aether with which we are acquainted, is the great tangential force which it is capable of exerting, in consequence of which the transversal vibrations which consti-

tate light are propagated which such an immense velocity (1).”

Certe si motus rectilineus aetheris ex analogia eorum, quae obtinent in fluidis ordinariis, facile defendi nec probari possit, his unicum indicavit viam, discrepantiam constitutionis aetheris a constitutione ordinariorum in auxilium vocans. Ultima tandem quadam descriptione, STOKES denuo et magis data opera id egit ut demonstraret probabiliter valere dictam conditionem in motu aetheris, qui ex motu terrae oritur. Eatenus magis enucleate exposuit sententiam ut aetherem, constitutione vel potius legibus, quibus paret in statu motus, partim convenire cum fluidis ordinariis, partim ab iis diversum esse censeat. Ex iis, quae locum habent in fluidis ordinariis, habita ratione proprietatum aetheris specialium, efficit quae similibus conditionibus in eo obtinebunt.

Hoc modo disputat de motu fluidi ordinarii compressioni haud obnoxii, in omnes directiones infinite extensi, quum solido movetur. » If we suppose the solid and fluid to be first at rest and the solid to

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXVIII. p. 17.

be then moved in any manner, it follows from the three first integrals of the ordinary equations of fluid motion obtained by M. CAUCHY that the motion of the fluid at any time will be such that $udx + vdy + wdz$ is an exact differential. From this it may easily be proved that if at any instant the solid be reduced to rest, the whole of the fluid will be reduced to rest likewise; and that the motion of the fluid is the same as it would have been if the solid had received by direct impact the motion which it has at that instant. Practically however the motion of the fluid after some time would differ widely from what would be thus obtained, at least if the motion of the solid be progressive and not oscillatory. This appears to be due to two causes; first the motion considered would probably be unstable in the part of the fluid behind the solid; and secondly, a tangential force is called into play by the sliding of one portion of fluid along another; and this force is altogether neglected in the common equations of hydrodynamics, from which equations the motion considered is deduced. If instead of supposing the solid to move continuously, we supposed it

first to be in motion for a very small interval of time, then to be at rest for another equal interval, then to be in motion for a third interval equal to the former, and so on alternately, theoretically the fluid ought to be at rest at the expiration of the first, third etc. intervals, but practically a very slight motion would remain at the end of the first interval, would last through the second and third, and would be combined with a slight motion of the same kind, which would have been left at the end of the third interval, even if the fluid immediately before the commencement of it had been at rest; and the accumulation of these small motions would soon become sensible" (1).

His praemissis de motu fluidi ordinarii motu solidi effecto, inquit in constitutionem aetheris. Hoc autem modo loquitur: »We know that the transversal vibrations of light are propagated with a velocity 10,000 times as great as the velocity of the earth; and Mr. GREEN has shown that the velocity of propagation of normal vibrations is in all probability incomparably greater than that of trans-

(1) Vid. Phil. Magaz. Series 3. Vol. XXIX. p. 6.

versal vibrations (Cambridge Phil. Transact. Vol. VII p. 2). Consequently, in considering the motion of the aether due to the motion of the earth, we may regard the aether as perfectly incompressible. To explain dynamically the phaenomena of light it seems necessary to suppose the motion of the aether subject to the same laws as the motion of an elastic solid. If the views with I have explained at the end of a paper On the friction of fluids etc. (Cambridge Phil. Transact. Vol. VIII. p. 5) be correct, it is only for extremely small vibratory motions that this is the case while if the motion be progressive or not very small, the aether will behave like an ordinary fluid. According to these views, therefore, the earth will set the aether in motion in the same way as a solid would set an ordinary incompressible fluid in motion (1)."

Porro, quae attulit de motu fluidi ordinarii, qui solido efficitur, ea refert ad motum aetheris, motu terrae effectum, habita ratione specialis constitutionis aetheris modo expositae. Ut solidum ita terram interrupte moveri ponit. Terram et

(1) Vid. l. l. p. 7.

aetherem, initio primi temporis intervalli, quiescere fingit. Secundum ea, quae supra sunt exposita, durante primo intervallo, aether movebitur eodem modo ac si esset fluidum compressioni haud obnoxium; et si, finito hoc intervallo, ad quietem redit terra, etiam tota aetheris massa ad quietem redibit, parva excepta quantitate motus, quam retinet, sicuti obtinere vidimus quando fluidum solido movetur. Quae tamen quantitas tum accumulabatur jam velocitate lucis in spatium propagabitur. Atque ita, ante initium tertii intervalli, intervallo secundo, quo terra quiescit, a primo separati, etiam ad quietem rediisse existimari potest aether, et omnia ad eum statum redacta erunt, quo erant, ante initium primi. Si autem infinite magnus ponatur numerus et infinite parvum temporis spatium intervallorum, pervenimus ad ea, quae fiunt in natura, ubi terra continue movetur. Apparet igitur, inquit STOKES, secundum has opiniones de constitutione aetheris, aequationem supra commemoratam (*a.*) fore differentialem exactam, nisi prohibeatur actione aëris in aetherem.

De vi illa aëris in motum aetheris sic pergit:
 »We know too little about the mutual action of

the aether and material particles to enable us to draw any very probable conclusion respecting this matter; I would merely hazard the following conjecture. Conceive a portion of the aether to be filled with a great number of solid bodies, placed at intervals, and suppose these bodies to move with a velocity which is very small compared with the velocity of light, then the motion will still be such that (*a.*) is an exact differential. But if these bodies are sufficiently close and numerous, they must impress either the whole, or a considerable portion of their own velocity on the aether between them. Now the molecules of air may act the part of this solid bodies. It may thus come to pass that (*a.*) is an exact differential and yet the aether close to the surface of the earth is at rest relatively to the earth (1).”

Ut recte intelligerentur et diiudicarentur, quae dixit STOKES, ipsa ejus verba referre necessarium duxi; quae examinaturi initium faciamus ab iis, quae de constitutione aetheris protulit. De ejus igitur sententia, GREEN probabile reddidit, velocita-

(1) Vid. l. l. p. 8,

tem propagationis vibrationum normalium in aethere multo majorem esse quam velocitatem propagationis transversalium, quae ipsa jam toties velocitatem superat terrae in orbita. Quo posito statuit, haberi posse aetherem compressioni non obnoxium, quum moveatur terra sese movente. Ut dynamicè explicentur phaenomena lucis necesse ei videtur ut iisdem legibus parere censeatur ejus motus, quibus paret motus solidi elastici; quod tamen tamdiu tantum locum habeat, quamdiu de motibus vibratoriiis parvis agamus. Quum contra in motu quodam progressivo, quem sinit, vel non admodum parvo, aether cum fluidis ordinariis conveniat. Quod ad convenientiam inter leges, quibus reguntur vibrationes aetheris et solidi elastici animadvertere primo loco lubet, vibrationes tum longitudinales tum transversales chordae extensae et longitudinales virgae elasticae et transversales seriei particularum aetheris, lucem constituentes, eadem posse comprehendere aequatione differentiali secundi ordinis, quum contra aequatio differentialis transversalium virgae elasticae quarti sit ordinis.

Jam propius spectemus motum vibratorium particularum, tam fluidorum quam solidorum in-

finite extensorum. Mutuo attrahuntur et repelluntur particulae illae, secundum lineam qua junguntur, et si aequilibrium est inter omnes inde ortas vires in particulam quandam agentes, haec particula quiescit. Si autem particula, aliquo modo, movetur, aequilibrium illud tollitur; si quantitas motus, quam adeptam est, non est major, quam quae corporis elasticitatem superat post vacillationem ad locum aequilibrum redibit particula. Vacillatio tamen, vel potius vibratio, illa per totam massam propagabitur. Particula enim, dum movebatur, alias in directione motus sitas propulit, alias contraria directione positas secum traxit, et sic omnes, quibus circumdatur, propulit vel secum traxit, minore vel majore quantitate, pro directione, qua sitae erant ratione directionis motus. Inde oriuntur vibrationes longitudinales aut normales per massam propagatae. Etiam cum particulis, juxta quas progressa est, motum communicavit easque secum traxit, ratione quadam frictioni simili. Itaque etiam illae vibrare incipient, et movebantur directione motus primitivi directioni parallela. Hujus naturae motum cum omnibus quibus circumdatur particulis communicabit,

minore vero vel majore quantitate pro directione, qua sitae sunt ratione directionis motus. His gignentur vibrationes transversales, id est, perpendiculares in directione, qua propagantur. Vibrationes et longitudinales et transversales ex particula mota defundentur tamquam ex centro. Alia vero erit earum intensitas pro alia radii, quo propagantur, directione, ratione directionis motus primitivi. Rationi et naturae consentanea videtur ut ponamus decrescere transversalium vel longitudinalium intensitatem ratione sinus vel cosinus anguli, quem format radius, quo propagantur, cum directione motus primitivi. In natura vero si unam particulam, quasi ictu quodam movemus, etiam multas alias circum eam sitas in varias directiones movemus. Plura inde oriuntur systemata superposita vibrationum transversalium et longitudinalium, quae longius ab origine remotae tamquam ex communi centro diffunduntur. Sic ex iis superpositis unum oritur systema transversalium et unum longitudinalium, in quibus, omnibus in directionibus, ejusdem intensitatis esse potest vibratio, eadem distantia a centro. Quod ad velocitatem propagationis vibrationum transversalium

et longitudinalium ea ratione ortarum, non vana videatur opinio, et in fluidis elasticis et in com pressioni non obnoxiiis ordinariis, eadem velocitate propagari illas species, quum contra, si quid video, in solidis secundum experimenta de vibrationibus longitudinalibus et transversalibus virgae elasticae, velocitas vibrationum transversalium major sit quam longitudinalium.

Haec de fluidis ordinariis et solidis sufficiant; eadem valere putaverim de aethere, eo sensu, ut in eo quoque gigni posse ponamus vibrationes longitudinales aut normales, dummodo satisfaciant conditioni, earum propagationis velocitatem minorem esse vel majorem quam transversalium, quae lucem constituunt, quod huc redit ut adesse ponamus tertium quendam radium. Nisi enim hoc concedatur e. g. explicare mihi non possum confirmatas experientia leges intensitatis lucis reflectae et refractae, si in corpus pellucidum cadit radius, quas leges theoretice indagavit FRESNEL, quaeque solis vibrationibus transversalibus tamquam fundamento nituntur; poscunt saltem ut non pendeant illae a vibrationibus longitudinalibus. Ad quae tantum si respicio, parum curo an minor sit vel major

velocitas propagationis longitudinalium quam transversalium. GREEN vero, sicuti ex prioribus STOKESII patet, probabile reddit, velocitatem longitudinalium majorem esse quam transversalium. Quo posito, videtur omnino convenientiam aliquam existere inter aetherem et solidum elasticum, si ad parvas attendimus vibrationes. Ab altera parte compressioni non obnoxium habere aetherem licet, ratione terrae se in ea moventis; quo major enim est velocitas propagationis vibrationum longitudinalium eo magis fluidum compressioni resistit, eo magis accedit ad naturam eorum, quae comprimi nequeunt. Haec mihi de constitutione aetheris in mentem venerunt consideranti quae scripsit STOKES.

Consulere mihi non contigit scriptiones, quas citat ille; itaque argumenta, quibus in iis usi sunt GREEN et STOKES ipse dijudicare non potui. Utut est omni dubio non carere videntur quae de aetheris constitutione ex STOKESIO supra attuli cum nimis latere videatur natura mutuae particularum aetheris actionis, quae talem constitutionem produceret. FRESNEL quodam loco constitutionem aetheris docet, qua nullam compressioni opponeret resistantiam dum vero mutuo lapsui particularum magnopere resisteret.

Dispiciamus tandem de modo, quo STOKES, posita hac aetheris constitutione, probabile reddere conatus est de motu aetheris, a terra producto, valere conditionem, $udx + vdy + wdz$ esse differentialem exactam. Quae in motu fluidi compressioni non obnoxii, ex causis duabus allatis, oriretur discrepantia inter motum theoretice deductum et motum observatum ea in motu aetheris non appareret, propter magnam velocitatem qua residui motus in spatium propagarentur. Non negaverim quidem, si saltem superiora spectem, quando terra interrupte moveretur, fore ut parvi motus sic tanta velocitate et forma vibrationum evanescerent; sed quando terra continue movetur, parvi illi motus residui perpetuo addentur ad majorem motum, sequenti temporis momento, terra productum et cum eo in unum motum confluent. Statim igitur ut oriuntur apparent tamquam partes majoris motus; quum ratione majoris motus non comprimi posse putetur aether evanescere nequeunt ut si per se parvos motus constituerent. Quamquam igitur negare noluerim fore ut, interrupto motu terrae, evanescerent magna velocitate, inde tamen concludere non licet idem obtinere in motu continuo.

In eo posita est omnis difficultas. A subita enim illa propagatione pendere videtur, an in motu aetheris valeat conditio saepius memorata necne. Nisi enim sic evanescant, ipse STOKES formulam (*a.*) non habet pro differentiali exacta in motu aetheris. Est igitur hic velut cardo totius demonstrationis et quae movi dubia, ea haud sine veri specie movisse mihi videor.

Si respicimus ad ea, quae supra retulimus quaeque contra conditionem, de qua agimus, nimis generalius acceptam argumentatus est CHALLIS, ratiocinatio STOKESII redeat necesse est ad demonstrationem motus rectilinei aetheris. Jam universe sic proponi possit summa disquisitionis analyticae, quam instituit STOKES: rectis lineis movebitur lux a stella ad oculum, si aether quoque in motu, corporum coelestium motu, effecto rectis lineis movetur.

Cum angustis limitibus adhuc circumscripta sunt quae nobis innotuerunt tum de natura aetheris tum de motu fluidorum, qui motu corporum sese in iis moventium efficitur, parvis in discrepantiis haerere non licet. Motus tamen residui, de quibus sermo est in superiore disquisitione, sensim sensimque

accumulantur, unde, generalius spectata quaestione, magna oriri potest discrepantia inter motum aetheris et motum rectilineum.

Quod ad vim aëris in motum aetheris, si primum solutum est problema de terra ipsa, nulla residere difficultas in illis videtur; adeoque quae hac de re docuit STOKES, plane probo.

Et sic quidem omnia summatim retuli et didicavi, quibus STOKES probare studuit, valere dictam conditionem in motu aetheris. Jam paucis complectar quae de natura motus aetheris sunt posita, ut aberratio vel potius motus rectilineus lucis per aetherem sese moventem et theoria undulationum concilientur. Si demonstrari possit, explicite pendere a tempore velocitates particularum aetheris, secundum ratiocinationem CHALLISHI cum earum quadrata negligere liceat, qualiscumque ceteroquin est motus aetheris, lux rectis lineis aetherem pervadens haberi poterit; si motus aetheris parvus, ex instabilitate motus, qui post terram obtinet, et ex frictione mutua particularum ortus negligi possit quia magna velocitate in spatium propagetur ut per se parvum motum constitueret, a toto motu aetheris sejunctum, secundum STOKES satisfaciet

motus aetheris conditioni $udx + vdy + wdz$ esse differentialem exactam atque inde orietur motus rectilineus lucis. Priorem explicationem jam ipse CHALLIS rejecit; posterior argumentis, quae adduxit STOKES, nondum omni dubio major esse videtur. Profecto viam aperuit STOKES et satis jam, quaestione analytica spectata, disquisitionibus ejus conjunctis cum generali phaenomeni explicatione, quam dedit CHALLIS, aberratio et theoria undulationum conciliatae haberi possunt, quum potius exiguae nostrae notitiae de natura aetheris et minori evolutioni ipsius hydrodynamices tribuendum sit non plane absolutam esse quaestionem.

THESES.

I.

Proxima aberrationis subjectivae causa sita est in eo, ut positio objecti cujusdam terrestris habeatur positio stellae, quae cum eo in eadem directione videtur.

II.

Nulla est absoluta directionis perceptio. Percipitur tantum major vel minor convenientia imaginum objectorum in retina, quae efficitur convenientia viarum, quibus superficies undarum ab objectis ad oculum perveniunt, vel potius convenientia normalium in iis.

III.

Ut explicetur aberratio, unice opus est demonstratione, lucis motum esse rectilineum inde a stella ad oculum.

IV.

Ut solvatur quaestio de relatione inter corpora coelestia sese moventia et aetherem per spatium diffusum, maximi momenti est ut, observationibus instituendis, aberrationem diurnam aut existere aut non existere probetur.

V.

Ex comparatis observationibus tum eclipsium satellitum Jovis, tum locorum mutationum, quibus universe stellae, propter aberrationem subjectivam, sunt obnoxiae, hucusque colligere non licet aliam esse velocitatem propagationis lucis pro alio corpore coelesti, a quo erat dimissa.

VI.

Recte CHALLIS conditionem, qua in fluidis sese moventibus $udx + vdy + wdz$ esset differentialis exacta, nimis generalem admissam dicit.

VII.

Etiamsi ex disquisitione, quam instituit PETERS (Vid. Bull. etc. de l'Acad. Imp. de St. Petersb. Tom. II. N^o. 22), certam quandam his temporibus nutationem axeos terrae in massa ejus locum habere prodissset, nullum tamen argumentum praestitisset iis, qui antiquitus polos, alios tenuisse locos in superficie terrae docent, ut eo phaenomena geologica explicent.

VIII.

Criteria convergentiae serierum, specialia tantum sunt habenda.

IX.

Non omni dubio carent series infinitae, secundum potentias variabilis, ope coefficientium indeterminatarum, evolutae.

X.

Ut theoretice inquiretur in vibrationes planorum elasticorum, accipiendae sunt illae ac si essent vibrationes superpositae vel appositae laminarum elasticarum.

XI.

Theoretica disquisitio de centro gravitatis systematis nostri stellaris, quam instituit MAEDLER, probanda est; observationes vero nondum sufficientiunt ut conclusio ab omni parte probetur.

XII.

Etiamsi posteriores observationes requiri videntur ad confirmanda ea, quae ex suis et CII. WALKER et BOND investigationibus collegit Cl. PEIRCE »That the planet Neptune is not the planet to which geometrical analysis had directed the telescope; its orbit is not contained within the limits of space which have been explored by geometers searching for the source of the disturbances; and its discovery by GALLE must be regarded as a happy accident.» »Neptune cannot be the planet of M. LEVERRIER's theory and cannot account for the observed perturba-

tions of Uranus under the form of the inequalities involved in his analysis." (Astron. Nachr. n^o. 599.) tamen constat LEVERRIER et ADAMS haud vulgari ratione fortuna esse adjutos.

XIII.

Nullum pondustribuendum est iis, quae ope Methodi Quadratorum minimorum ex observationibus deducuntur, nisi spectent magnitudines sensibus etiam manifestas.

XIV.

Duplicem refractionem in quartzo nondum ab omni parte theoretice explicatam dico.

XV.

Licet quidem argumenta, ex analysi desumenda, afferri possint, tamen omni fundamento, ex re ipsa orto, carere videtur modus quo FRESNEL imaginarias explicat formulas, in transitu, qui constituitur completa reflexione.

XVI.

Recte JOULE (Phil. Magaz. Series 5. Vol. XXVI. p. 569.) calorem et vim mechanicam sese mutuo excipere ratus est.

XVII.

Si penitus inquiruntur vibrationes, quae producantur ope fluxus galvanici fortasse melior inde orietur cognitio structurae, quae in corporibus magneticis obtinet.

XVIII.

Hypothesis, quam de stellis cadentibus retulit ARAGO, rejicienda est.

XIX.

Photosphaerae planetarum observationibus non indicantur.

XX.

Videtur omnino, sicuti conjecit КЛУЧКЪ (Comptes Rendus Vol. VIII. p. 527.) ex aethere corporibus coelestibus moto, peti posse explicationem luminis zodiacalis.

XXI.

Praesens terrae forma non probat statum ejus primitivum fuisse fluiditatis.

XXII.

Duplicium stellarum cursus iisdem regitur legibus, quibus errantium cursus regitur.

XXIII.

Electro-magnetismus vaporem aquosum tamquam vim motricem excipere nequit in technicis.

XXIV.

Nitrogenium compositum videtur.

XXV.

Isomorphismus luculenter probat formam et structuram corporum, ab externis etiam pendere causis.

XXVI.

Phosphorus et arsenicum, inter se comparanda

transitum quemdam formant ab inorganicis ad organica.

XXVII.

Recte Cl. SCHLEIDEN (Grundzüge der Wissenschaftl. Bot. p. 201.) »Die Selbständigkeit und Fortpflanzungsfähigkeit der Zelle ist die Grundlage für die Fortpflanzung der Gewächse».

XXVIII.

Cambium in plantis, materies cruda non est habendum.

XXIX.

Organa vibratoria non unice regni animalis characterem constituunt, sed utrique regno organico competunt.

XXX.

Licet experimenta Cl. BREWSTER de diffusione colorum in spectro accurata habeam, licet ea, quae ex iis collegit, probam, tamen colorem refringibilitatis radii lucis criterium habeo.



