

DISSERTATIO INAUGURALIS PHYSICA

DE

IDENTITATE FLUIDI ELECTRICI ET MAGNETICI,
DEDUCTA EX THEORIA A CLARISSIMO AMPÈRE PROPOSITA,

QUAM

EX RECTORIS MAGNIFICI H. M. GAEDE,

ET SENATUS ACADEMICI AUCTORITATE,

PRÆVIO FACULTATIS SCIENTIARUM PHYSICARUM ET MATHEMATICARUM
DECRETO

PRO GRADU DOCTORIS,

SUMMISQUE IN MATHESI ET SCIENTIIS PHYSICIS HONORIBUS AC PRIVILEGIIS

IN UNIVERSITATE LEODIENSI,

RITE AC LEGITIME CONSEQUENDIS,

PUBLICO EXAMINI SUBMITTIT,

Die Februarii 1823, hora

AUCTOR

MICHAEL GLOESENER, EX HAUT-CHARAGE
IN MAGNO DUCATU LUXEMBURGENSI.

LEODII, TYPIS P.-J. COLLARDIN, TYPOGRAPHI ACADEMICI.
MDCCCXXIII.

Le *Specimen* sera soumis à la censure de la Faculté, afin de s'assurer qu'il ne s'y trouve rien de contraire à la tranquillité publique et aux bonnes mœurs; chacun étant, du reste, libre de présenter au public les résultats de ses opinions, sans que, pour cela, ils puissent être considérés comme ceux de la Faculté ou de l'Université.

Art. 56 du Règlement.

DOCTISSIMIS

FACULTATIS SCIENTIARUM MATHEMATICARUM ET PHYSICARUM

PROFESSORIBUS

H. M. GAEDE,

C. DELVAUX,

J. M. VANDERHEYDEN,

R. VAN REES.

NEC NON VIRIS DIGNISSIMIS

MOLL ET SCHROEDER,

IN ACADEMIA RHENO-TRAJECTINA PROFESSORIBUS,

HASCE PAGELLAS IN PERPETUUM REVERENTIÆ ATQUE GRATITU-

DINIS MONUMENTUM DICAT ATQUE VOVET

Michaël Glasenev.

DOCTISSIMIS
FACULTATIS SCIENTIARUM MATHEMATICARUM ET PHYSICARUM
PROFESSORIBUS
H. M. GADE

Omnis enim philosophiæ difficultas in eo versari videtur, ut a phœ-
nomenis motuum investigemus vires naturæ, deinde ab his viribus de-
monstremus phœnomena reliqua.

NEWTON, *princip. præfat.*

H. VAN RIES
MOUL ET SCHROEDER
HACKE FACILLAS IN TERTIUM REVERTENTE ATQUE GRATIA
HIS MOMENTUM DEAT ATQUE TOTET
Michael Cresswell

PRÆFATIO.

JAMDIU physici phænomena electrica inter et magnetica consensum quemdam observarant. Hunc consensum postea cognitis turmalini effectibus electricis multum confirmatum esse, in posterumque magis adhuc confirmatum iri, opinio generalior evadebat. Ast licet perplura ambobus fluidis essent communia, nihilominus, multis diversis magnetismi atque electricitatis effectibus cognitis, analogiam inter utraque fluida illusoriam esse et apparentem potius, quam veram, plures credebant.

Admirandi pilæ Voltaicæ effectus quidem denuo faciebant, ut physici utriusque fluidi eandem esse causam, idemque principium conjicerent, effectus longe diversos, quos ambo edunt fluida, ab ejusdem tantum principii modificatione dependere dicentes. Diversa tentabantur experimenta, ut inter utraque fluida analogia physica detegeretur; ast labor erat irritus: frustra quærebatur id, quod nodum difficultatis solvisset, nimirum documentum ex quo constaret, fluidum electricum attractiones et repulsiones magneticas edere posse. Veram magnetismum inter et electricitatem existere affinitatem, demonstrandum *Oerstedio* reservabatur.

Quod in hunc usque diem physicis erat incognitum, videlicet electricitates, quæ per conductorem, polos apparatus electrici conjungentem permeant acum magneticam afficere, hoc nunc nos docent *Oerstedii* experimenta nuperrima, qui observavit, eundem polum acus magneticæ ad aliam terræ plagam deturbari, quum supra

acum conductor galvanicus eique parallelus, quam quum infra eandem ponatur; et ad aliam rursus regionem amoveri, si conductor ab acus latere dextero, ac si ab ipsius sinistro collocetur; ac demum apparatus inversum phænomena exhibere inversa.

Eandem rem ingeniose exploravit clar. *Ampère*, qui nos docuit, duos conductores electricos pila clausa pro conditione postea determinanda sese repellere aut attrahere, eosque, quum ad contactum pervenire possint, motu peracto sibi invicem conjunctos manere, quamdiu ipsa pila activa maneat. Idem auctor plurima alia circa eandem materiam detexit. Demum pauci sunt physici, qui non circa eam rem tentamina variatis apparatus instituerint. *Arago*, *Davy*, pluresque alii electricitatem galvanicam non tantum sed etiam electricitatem, quæ frictione excitatur, magnetismum ferro impertiri experti sunt. Porro electricitates actiones chemicas edere, phænomena perplura docent. Itaque maximam probabilitatis speciem præ se fert opinio, fluida electrica revera producere attractiones et repulsiones magneticas. Cuncta illa phænomena, quæ inter duos conductores, apparatus electrici polos conjungentes, et quæ inter unum conductorem et unum magnetem seu ferrum magnetismo nondum præditum obtinentur, *phænomena electro-magnetica* primum dicta, sive communi nomine *electro-magnetismi* designata fuerunt. *Ampère* denominatione *electro-magnetismi* tanquam impropria habita, phænomena, quæ inter duos conductores electricos, inter unum conductorem et magnetem et demum inter duos magnetes eveniunt, una voce *electro-dynamica* appellat, quippe quod experimentis monstrare conatur, singula illa phænomena ab electricitate produci, quum hæc *se moveat*. Itaque triplicis generis effectus electrici distingui queunt.

1^{mo}. Phænomena attractionis et repulsionis momentanea, quæ electricitates, interrupto suo æquilibrio naturali, in corporum superficiebus distributæ in statu quietis edunt, quæque *Ampère electro-statica* vocat. Hujus generis exemplum nobis præbent fila metallica

apparatus electro-motorii elementa opposita jungentia, sed a se invicem separata. 2^{do}. Phænomena chimica quæ conductores pilæ Voltaicæ producant, quum simul in contactum ponuntur cum corporibus, quæ decompositiones chimicas subire queunt. Demum 3^{io}. phænomena, quæ fila conjungentia producant, quum inter se et cum extremitatibus pilæ electricæ oppositis intimum alunt commercium, quæque supra *electro-dynamia* a clarissimo *Ampère* vocari diximus. Hic physicus sagacissimus cuncta illa phænomena ad unam eandemque causam electricam reduxit: in suæ theoriæ basin posuit phænomenon ab experientia demonstratum et præterea admisit, sed simul variis experimentis confirmare studuit, in planis magnetis axi perpendicularibus circa magnetem et quidem circa quamlibet illius particulam fluere in directione motus solaris apparentis (si magnetem situm naturalem in meridiano occupare supponimus) fluctus electricos similes fluctibus, qui conductores electricos juxta longitudinem percurrent.

« *Oerstedius* ad eadem phænomena explicanda admisit electricitates positivam et negativam, conductorem in directione opposita transeuntes, lineam spiralem sinistrorsum factam, cujus spiræ fere circulares sint, describere, negativamque acus magneticæ polum borealem repellere et australem attrahere, positivam autem repellere australem et attrahere borealem. »

« *Faraday* supponit fluctus electricos magnetum et conductorum electricorum axes perpendiculariter ambire inque lateribus oppositis vim monstrare oppositam. Sententiam suam propriis suis experimentis roborat. »

« *Wollaston* et alii admittunt, electricitate per conductorem longitudinaliter transeunte, fluctum electricum oriri, qui conductorem perpendiculariter ambiens magnetes afficiat inque lateribus oppositis vim oppositam producat. »

« *Berzelius*, *Munckius* alique admittunt, electricitate per con-

ductorem transeunte, vires magneticas, quæ quidem naturæ electricæ sint, excitari, easque in quibusdam tantum conductoris locis condensari, ita quidem, ut, si concipiamus, duas lineas in axi conductoris perpendiculares sese sub angulo recto aut recto proximo secare, a puncto intersectionis versus utramque extremitatem ejusdem lineæ dirigatur vis positiva et ab eodem puncto versus utramque extremitatem alterius lineæ dirigatur vis negativa. Quibus de singula intersectione transversaria dictis, intelligimus, in duobus planis sese sub angulo fere recto secantibus, et simul per conductoris axin transeuntibus præsertim sitas esse vires, quæ phænomena attractionis et repulsionis inter duos conductores, necnon inter unum conductorem et unum magnetem producant. Dictam sententiam, quam plures rejiciunt, alii tamen ardentè defendunt, propius quidem examinare conatus fui, ast missis iis omnibus hoc loco mens mihi solummodo est breviter doctissimi *Ampère* theoriam de phænomenis electro-dynamicis exponere, eamque expositam pluribus phænomenis applicare. Priusquam de ipso argumento disseram, prævia quædam phænomenis rite intelligendis necessaria præmittere non inutile duco. Dicam igitur.

§. 1^{mus}.

Quid sit tensio et quid fluctus electricus.

Quando vi electro-motoria inter duas electricitates in corporibus existentes æquilibrium tollitur, ipsæ electricitates in partes oppositas propelluntur ita quidem, ut in una extremitate positiva, et in altera negativa accumuletur; at vis, qua ambæ sese expandere, inque unionem mutuam inire conantur, intenditur; quod si tum nullus adest conductor, mediante quo hæc conjunctio efficiatur, electricitates inclinant aut tendunt continuo ad mutuam conjunctionem, ast ad eam pervenire nequeunt, quam ob causam in statu *tensionis electricæ* esse dicuntur. Hujus rei exemplum nobis præbet pila,

polis haud conjunctis. Quod si vero conductoris ope apparatus electrici poli jungantur, per illum electricitates in directione opposita transeunt ad mutuum contactum, adeoque et ad mutuam conjunctionem perveniunt. Verum quum vis electro-motoria in pilæ elementis haud agere desinat, continuo novæ electricitates evolutæ ad polos propelluntur, et inde per conductorem transeunt denuo se conjungunt. Atque ita decompositionibus ac compositionibus electricis pro gradu majoris aut minoris conductibilitatis conductoris sibi invicem sine intermissione succedentibus, continuum electricitatis fluxum in conductore ali, dicitur, quam ob causam ipse ille status electricus vocatur *fluctus electricus* (*Courant électrique*). Hic fluctus effectus prodit valde diversos ab effectibus, quos electricitas intensa producit, eique omnia debentur phænomena electrodynamica, itaque, ut fluctus directionem sequens inversam, phænomena edat inversa, quare summi momenti est 1^{mo}. fluctus directionis sensum definire, 2^{do}. ipsius directionem, quocunque apparatu electro-motorio adhibito, determinare et de polorum acus magneticæ denominatione convenire, quæ scire necesse est, ut inter experimentorum eventus harmonia observari queat.

§. 2^{us}.

Directionis fluctus electrici definitio.

In pila aperta celeberrimum *Volta* auctorem habente, elementorum contactu ambæ electricitates ex conjunctione sua naturali separantur, liberæque factæ, directiones sequuntur oppositas, ita ut electricitas positiva ad unam pilæ extremitatem tendat, et negativa ad alteram: jam vero nulla est ratio, cur eadem electricitatum separatio non obtineat in pila clausa æque ac in aperta; unde sequitur, per filum polos apparatus conjungens electricitatem positivam ab elemento positivo percurrere ad negativum, et ita porro, quamdiu ipsa pila maneat activa; et eodem plane modo electricitatem nega-

tivam in directione contraria per conductorem ab elemento negativo positivum versus, et ab hoc per pilæ conductorem liquidum ad polum negativum permeare. Cognita itaque directione electricitatis positivæ, simul cognoscimus, in quem sensum moveatur negativa, quam ob causam cum *Ampère*, *Gilbert* et pluribus aliis physicis per expressionem *fluctus electrici* intelligimus *fluctum electricum positivum*, sub-intelligendo electricitatem negativam per conductorem fluere in directione contraria. Ast si apparatus simplices adhibeantur, fluctus electricus positivus quidem ab elemento positivo tendit ad negativum, sed viam suam non per filum conjungens, verum per conductorem liquidum sumit, unde fit, ut a negativo per conductorem transeat ad positivum (a cupro ad zincum), utque proinde fluctus electricus in omni apparatu electro-motorio quidem ab elemento positivo ad negativum fluat, sed tamen in conductore pilæ Voltaicæ directionem contrariam sequatur, quam in conductore apparatus simplicis; quam ob causam fieri oportet, ut utroque apparatu in eundem situm v. g., in meridianum magneticum collocato, polisque homogeneis ad eandem terræ regionem v. g. ad meridiem conversis, idem polus acus magneticæ ad regionem oppositam amoveatur. Hisce dictis, monendum restat, aliquos ex physicis *polum borealem* vocare dimidiam partem cujuslibet magnetis, quæ vi magneticæ terrestri exposita omni motu peracto septentrionem respiciat et *australem* nuncupare partem, quæ meridiem spectet; alios e contrario *polum australem* appellare partem ad septentrionem spectantem, et *borealem* dicere partem oppositam, quam denominationem et nos in sequentibus sequemur.

 PARS PRIOR.

 THEORIÆ CLARISSIMI AMPÈRE DE PHÆNOMENIS ELECTRO-
 DYNAMICIS EXPOSITIO.

 §. 1^{mus}.

Actio reciproca inter duos conductores electricos.

OERSTEDIUS actionem reciprocā inter acū magneticā et conductorem electricū *primum* observavit : ast doctiss. *Ampère* detexit *primus*, quos effectus in se invicem producunt duo conductores electrici : nimirum duorum apparatusū electricorum polis conjunxit duo fila metallica parallela in eodem plano horizontali posita, quorum unum fixum et alterum mobile erat, sed ita suspensum, ut priori perfacile, sibi ipsi parallelum manens, accedere, vel ab eo discedere posset; quibus præstitis auctor vidit, fluctu electrico per utrumque filum simul transeunte ambo fila se mutuo repellere, quando fluctus per ea in directione opposita transibant, et contra sese attrahere, quando fluctus in eadem directione transibant, simulque animadvertit fila, quum ad mutuū contactum pervenissent, sibi invicem conjuncta manere in modum duorum magnetum, polis heterogeneis juxta-positis. Idem experimentum repetiit, quum conductores in plano verticali collocaret ita, ut mobilis fixo sibi parallelo accedere vel ab eo amoveri posset. Pariter illud in vacuo pneumatico æque ac in aëre felici cum successu instituit, necnō confirmatum vidit, quum fila cum unius ejusdemque pilæ polis communicarent, adeo quidem ut istius phænomeni veritas extra omnem dubitationis aleam posita sit.

Itaque quum electricitates *moventur*, effectus producunt valde

diversos ab effectibus, quos edunt in statu *tensionis*, quippe quod fila eandem pilæ electricæ extremitatem conjungentia sese attrahunt et unita manent, contra, electricitate quiescente, duo fila se non attrahunt, nisi quum communicent cum electricitatibus oppositis, et postquam in contactum pervenerunt, aut subito se repellunt, aut vi ipsius contactus electricitates oppositæ saturatæ in se nullam amplius actionem exercere queunt.

2^{do}. *Ampère* experimentis demonstravit, duos fluctus electricos se mutuo tali modo afficere, ut, quæcunque eorum sit directio, vi actionis reciprocae conductor mobilis transferatur in eam positionem, in qua ambo sint paralleli, in eundemque sensum directi. Hanc positionem monstravit, quum in plano verticali disponeret duos rectangulos, quorum unus fixus erat, et alter mobilis, qui circa axin verticalem utrique communem libere moveri poterat ita, ut modo ipse cum fixo in eodem plano verticali comprehenderetur, ipsiusque crura fixi cruribus essent parallela, utque modo mobilis crura cum fixi cruribus diversos angulos formare possent (1). Hisce effectis utrumque conductorem cum pila electrica conjunxit; at quum fluctus paralleli essent, et in eundem sensum dirigerentur, conductor mobilis e suo situ haud amotus a fixo attrahebatur; sed fluctibus per conductores in directione contraria transeuntibus, per aliquot momenta quidem in quiete relinquebatur, verum vi actionis reciprocae crura conductoris mobilis a fixi cruribus ita afficiebantur, ut mobilis a fixo amoveretur, donec semiperipheria descripta, fixo iterum parallelus esset et uterque fluctus eandem directionem sequeretur. Quod si conductor mobilis cum fixo angulum faceret quemcunque, fixus mobilem in eum situm transposuit, in quo fluctus essent paralleli et in eundem sensum directi.

(1) Vid. Mémoires sur l'action mutuelle de deux courans électriques, etc., par M. Ampère, 1820, pag. 23.

Ad idem argumentum probandum, *Ampère* filum metallicum ita incurvavit, ut ex eo duos faceret rectangulos in eodem plano verticali dispositos ea-ratione, ut eorum cruribus verticalibus in eandem rectam cadentibus horizontalia parallela essent, atque fluctus electricus in utroque rectangulo directionem oppositam sequeretur. Talis conductor motu perfacilis, pilæ extremitatibus junctis in omni positione quiescit, quippe quod ab actione terrestri conductores electricos afficiente, uti infra videbimus, sed tamen in nostro casu in utrumque rectangulum effectum edente contrarium, dirigi haud potest. Dei/aliud filum, cujus unam partem cum una pilæ extremitate junxerat, duxit ita ut in directione horizontali quacunque infra partem horizontalem et inferiorem conductoris mobilis, sed ei proximum extenderet, tumque ad alteram pilæ extremitatem reduceret: Fluctu electrico per utrumque conductorem simul transeunte, eadem omnino auctor observavit phænomena, quæ jamjam indicavimus.

Præcedentium experimentorum eventum theoria quoque prævidet, namque si ex duobus conductoribus horizontalibus, qui in eodem plano verticali comprehensi se mutuo attrahunt, mobilem e suo situ in plano horizontali ita moveamus, ut cum fixo angulum faciat successive crescentem, utriusque conductoris partes, angulum inter se facientes acutum, sese attrahere pergunt, quia ambo fluctus in eundem sensum diriguntur, et necessario adhuc se attrahunt, cum angulum rectum faciunt; at quum angulus fit obtusus, partes conductorum angulum constituentes obtusum, attrahere se continuant, sed partes angulum acutum facientes sese repellunt, quia fluctuum directio contraria est, verum illæ attractiones et repulsionem conspirant, ut conductor mobilis transferatur in situm, in quo conductori fixo parallelus sit, et fluctus electrici in eundem sensum dirigantur.

(1) Exposé des nouvelles découvertes sur l'électricité, par *Ampère* et *Babinet*, 1822, p. 12.

3^{to}. Experimentis *Ampère* comparavit, quamnam actionem conductor rectus et sinuosus a recto haud multum differens in alium rectum ederent. Eum in finem conductori sinuoso in situm verticalem posito paralellum et in eodem plano verticali comprehensum erexit alium rectum, et in medio inter utrumque intervallo, sed iis paralellum collocavit conductorem mobilem. Ne conductorum partes, quarum actionem reciprocā physicus haud observare voluit, effectum observandum complicarent, eas ita disposuit, ut multum a conductore mobili distarent, prætereaque partes æquales æqualiterque distantes actionem oppositam ederent. Hisce peractis conductores apparatus electro-motorii extremitatibus conjunxit ea ratione ut per omnes tres conductores simul fluctus electricus eandem directionem sequeretur, quæ quum ita essent, conductorem mobilem in quiete relinqui observavit, quod signum erat, eum a sinuoso et recto vi æquali attractum fuisse, at mobilis aut recto aut sinuoso paululo propius admotus ad eum accessit, ipsique adhæsit, quippe quod propter minorem distantiam fortius attraheretur, oportebat. E contrario fluctu electrico per conductorem sinuosum et rectum fixum in eadem, per mobilem vero in opposita directione transeunte, mobilis inter utrumque situ gaudens symmetrico in quiete mansit; sed conductorem mobilem sive recto sive sinuoso paululo propius positum subito repelli vidit, donec rursus situm symmetricum inter utrumque occuparet, ex quibus sequitur, in priori casu conductorem rectum et sinuosum in mobilem repulsionem æqualem edidisse, in posteriori vero proximiorē effectum repulsivum majorem exercuisse. Itaque conductor rectus et sinuosus a recto parum differens se ejusdem longitudinis et eundem fluctum transmittens æqualem effectum producit (1) quod argumentum verum esse quoque videmus, decom-

(1) Vid. Exposé des nouvelles découvertes sur l'électricité et le magnétisme, par *Ampère* et *Babinet*, 1822, p. 13 et 14.

posita qualibet particula partis sinuosæ in duas alias, quarum una est verticalis et altera horizontalis. Summa partium verticalium adæquat conductorem rectum; partes autem horizontales in alium conductorem, a quo æqualiter distant, fluctus transmittunt ita directos, ut dimidia illorum pars directionem oppositam sequatur quam altera pars, unde liquet ambas partes sibi invicem æquilibrio tenentes nullum in corpora ambientia effectum edere posse. — Ex facto jam exposito eruitur, proportioni parvæ curvilineæ fluctus electrici substitui posse portionem rectam a curva haud multum diversam, verum quum portio curvilinea repræsentari quoque possit per duas vel tres rectas, directionem quamcunque sequentes, etiam quælibet parva portio rectilinea per duas vel tres alias rectas in sensus arbitrarios directas repræsentari potest, quo principio posito *Ampère* feliciter explicavit actionem reciprocam conductorum rectorum angulum inter se facientium, ad quam rem inintelligendam supponamus, duas lineas in se esse perpendiculares, et secundum utramlibet ab anguli apice extremitates versus dirigi fluctum electricum; sumamus in utralibet duas portiones æquales, ad æqualemque distantiam ab anguli apice sitas, atque utramlibet portionem in duas alias decomponamus in se perpendiculares, qua decompositione facta, duæ portiones per quatuor repræsentantur, eosdem, experientia magistra, effectus edentes, atqui ex illis quatuor duæ sunt parallelæ, quæ se attrahunt, quia fluctuum directio eadem est: duæ aliæ in eandem rectam cadunt, quæ se pariter attrahunt, quippe quod fluctus in iis directionem sequitur oppositam, atque *Ampère* experimentis demonstravit, duos fluctus electricos eandem lineam in eadem directione sequentes, sese repellere et contra sese attrahere, si secundum eandem lineam in sensum inversum dirigantur (1). Demum actio duorum fluctuum unius portionis decomp-

(1) Vid. Annales de chimie et de physique, par MM. *Gay-Lussac* et *Arago*, tome XXI, Septembre 1822, p. 47.

sitæ perpendicularium in duos fluctus alterius portionis decompositæ, *Ampère* docente, nulla est. Si itaque eadem ratione singulas unius fluctus partes cum singulis fluctus alterius ad æqualem ab angulo distantiam sumptas comparemus, videmus, duos fluctus electricos angulum inter se facientes, sese mutuo attrahere, si ambo ab anguli apice avertantur, et proinde eos adhuc se attrahere, quum ambo anguli apicem versus dirigantur, quia virium decompositione facta, fluctus parallelos, et qui in eandem rectam cadunt, sese attrahere perspicimus, unde simul patet, fluctus electricos sese repellere, quum unus angulum versus dirigatur, alter vero ab eodem angulo avertatur. Ex omnibus hucusque dictis, quæ experientia de actione reciproca inter duos conductores docet, *Ampère* conclusiones deduxit sequentes : „

I^{ma}. *Fluctus electrici sese attrahunt, si paralleli in eadem directione per conductores apparatus electro-motorii transeunt, et contra sese repellunt, si paralleli in directione opposita transeunt.*

II^{da}. *Quæcunque sit duorum fluctuum electricorum directio, si ex filis, quæ illi percurrunt, unum est fixum et alterum mobile, hoc autem non nisi in plano parallelo conductori fixo circa axin utrique perpendiculararem moveri potest, vi actionis reciprocæ, filum fixum transponit mobile in situm, in quo ambo fluctus paralleli in eundem sensum diriguntur.*

III^{ia}. *Attractiones et repulsiones inter duos conductores, pilam electricam claudentes, omnino differunt ab attractionibus et repulsionibus, quas electricitates in statu TENSIONIS existentes producunt.*

IV^a. *Conductor rectus et sinuosus seu flexuosus formæ cujuscunque, a recto haud multum differens sed ejusdem longitudinis eundemque fluctum transmittens, eandem omnino actionem edunt in conductorem alium, a quo æqualiter distant.*

V^a. *Quando fluctus electrici angulum inter se constituunt, attractio locum habet, si ita diriguntur, ut ambo anguli apicem*

versus fluant, aut ambo ab anguli apice avertantur. E contrario repulsio incidit, quum unus ex fluctibus anguli apicem versus dirigatur, alterque ab eodem avertatur. Quodsi vero conductores in eodem plano haud comprehendantur, loco apicis anguli sumenda est perpendicularis, distantiam brevissimam inter fluctus repræsentans.

Examinatis duorum conductorum electricorum actionibus reciprocis, analysi submitendi sunt effectus inter unum conductorem et magnetem, nec non inter ducos conductores.

§. 2^{us}.

Phænomena, quæ conductor electricus et magnes interse exhibent.

1^{mo}. *Ampère* meditatus novas proprietates, quas ipse inter duos conductores et *Oerstedius* inter unum conductorem et acum magneticam obtineri viderant, observavit, actionum *naturam* ex utraque parte eandem videri, eandemque causam, quæ dirigat, attrahat aut repellat conductorem electricum etiam dirigere, attrahere vel repellere acum magneticam. Verum quum phænomena inter conductores electricos ab eorum statu electrico et a particulari dispositione, quam electricitates subeunt, cum per conductores *moveantur*, dependeant, inde deduxit, similem dispositionem electricam, si in magnetibus juxta directiones determinatas existeret, cuncta producere phænomena magnetica, aliaque fluida, quam electrica admittere, meram et gratuitam esse suppositionem, et simul perspexit, ut singula phænomena electro-dynamica ab eadem causa proveniant, requiri, ut fluctus electrici magnetem quemlibet in planis axi perpendicularibus ambiant.

Hocce ratiocinium confirmaturus, *Ampère* magnetes, in quantum potuit, per conductores electricos repræsentare studuit. Eum in finem in helicem circa tubum vitreum curvavit filum metallicum, cujus unam extremitatem immediate cum uno pilæ electricæ polo junxit,

alteram vero per medium tubum ad alterum polum reduxit ita quidem, ut ipsius helices axin quasi formaret.

Quam primum fluctus electricus per helicem transibat, eum a magnete admoto afflci vidit eodem plane modo, quo alius magnes in helices locum substitutus affectus fuit. Ab uno magnetis polo una helices extremitas attracta et altera ab eodem polo repulsa fuit. Sive helix mobilis et magnes fixus, sive versa vice helix fixa et magnes mobilis erat, inter helicem et magnetem nulla occurrit differentia, in quocunque situ magnes respectu helices poneretur, unde *Ampère*, magnetem ut conductorem electricum helici descriptæ similem habendum esse deduxit. Et quidem helices extremitas polum *australem* (1) repræsentans ad *sinistram* et extremitas helices vicem agens poli *borealis* ad dextram observatoris sita est, qui in fluctus directionem ita poritur, ut ipse, faciem conductorem versus convertat, et fluctus ab ipsius pedibus ad caput dirigatur, quamobrem *Ampère* quoque conclusit, fluctuum electricorum, quibus omnis vis magnetica adscribenda, directio talis sit, oportere, ut magnetis polus *australis* ad eorum *sinistram* et *borealis* ad *dextram* situs sit, si ea vocabula in sensu mox exposito sumantur, quod eo redit, ut dicamus, magnetem in situ suo naturali, id est in meridiano magnetico positum fluctus electricos perpendiculariter ambire, adeo ut in facie superiore ab occidente ad orientem, et contra in facie inferiore seu terræ proximior ab oriente occidentem versus dirigantur.

2^{do}. *Ampère* ad eam conclusionem corroborandam construxit duas helices modo jam dicto, easque suspendit ita ut in plano horizontali una fixa esset, alteraque mobilis, hæc autem in eodem plano horizontali facile sibi parallela ad fixam moveri, vel ab ea amoveri posset. At fluctu electrico in eadem directione per utriusque helices latera proxima simul transeunte, helices se attraxerunt, et contra se repu-

* (1) Qui septentrionem spectat.

lerunt, quum fluctuum directio in lateribus proximis esset opposita. Hisce effectis, primum in locum helices mobilis, dein vero in locum helices fixæ magnetem posuit, relictæ alteræ helice; at fluctu electrico per helicem transeunte, attractio aut repulsio locum habuit, prout magnetis et helices fluctus proximi simul in eundem aut in oppositum sensum dirigebantur. Tandem in locum utriusque helices duos magnetes substituit, verum hi sese attraxerunt vel repulerunt, prout positi erant ita, ut eorum fluctus proximi paralleli in eundem sensum dirigerentur, vel ita ut iidem fluctus proximi et paralleli directionem contrariam haberent, quæ attractiones et repulsionem phænomenorum magneticorum legi conformes fuerunt.

3^{to}. Ut physicus gallus completam redderet demonstrationem, magnetes suum magnetismum fluctibus electricis debere, duas parvas acus magneticas adhibuit (1) et primum unam conducturi horizontali rectilineo, qui sibi parallelus libero ad alterum fixum in eodem plano horizontali moveri poterat, verticaliter affixit ita quidem, ut fluctus electrici in conductore fixo et acus facie (côté) proxima paralleli essent et in eundem sensum dirigerentur, deinde acum ita posuit, ut fluctus proximi paralleli essent et in sensum oppositum dirigerentur, quibus effectis et fluctu electrico per conductorem fixum transeunte, acus in priore casu attrahebatur et in posteriore repellebatur eodem plane modo, quo, acu remota, conductorem mobilem per quem fluctus transit, a fixo attrahi vel repelli convenienter legi primordiali §. 1^{mi}. experientia docet.

Dein fluctu electrico interrupto, conductori mobili unam acum et fixo alteram in situ verticali affixit et quidem ita, ut fluctus in faciebus parallelis et proximis primo in eundem et tum ita ut in

(1) Ces aiguilles étoient garnies d'un double crochet, au moyen duquel elles s'adaptoient sur des conducteurs horizontaux dans une situation, où la ligne, qui joint leurs pôles, étoit verticale, et où leurs courans, toujours parallèles aux conducteurs, étoient à volonté dirigés dans les mêmes sens ou dans des sens opposés.

oppositum sensum dirigerentur; ast eadem phaenomena occurrerunt, quæ, si in priore casu fluctus electrici per utrumque conductorem in eadem, et in posteriore in contraria directione transirent.

4^o. Actionem inter acum magneticam et conductorem electricum *Ampère* accuratiori; examini subiecit; nimirum acum *astaticam* construendam curavit, quam, ne a magnetismo terrestri afficeretur, in eum situm collocavit, ut moveri haud posset nisi in plano perpendiculari in directionem, quam ipsi globus terrestris imprimit: supra acum, eique parallelum conductorem duxit, qui pilæ extremitatibus junctis acum amovit ea ratione, ut cum fluctu electrico angulum rectum faceret, polusque australis ad fluctus *sinistram* (1) situs esset, quam positionem acus constanter occupavit, postquam illius celeritas motu acquisita, peractis pluribus oscillationibus, nulla evasisset. Eam legem *Ampère* semper observavit, quæcunque fluctus directio, et quiscunque illius angulus cum axi acus magneticæ fuerit. Quod si fluctus quidem cum axi acus angulum rectum faceret, sed polus australis ad illius dextram positus esset, acus a conductore repulsa semi-peripheriam descripsit, ut ille polus ad fluctus sinistram poneretur, quem situm, quum acus teneret, integra illius massa a conductore attrahebatur.

Posuit pariter auctor magnetem in situ horizontali infra vel supra conductorem horizontalem, qui circa axiu verticalem moveri, nec tamen ab actione terrestri agitari, poterat, et conductor in eum situm transferebatur, in quo ipse in lineam magnetis polus jungentem perpendicularis, simulque polus australis ad fluctus sinistram essent, quo incidente casu fluctus proximi paralleli erant, in eundem sensum dirigebantur, et ipse conductor a magnete attrahebatur. Ut *Ampère* attractionem et repulsionem inter conductorem et magnetem ab ac-

(1) Ad dextram vel ad sinistram fluctus electrici idem est ac ad dextram vel ad sinistram observatoris ita in fluctus directionem collocati, ut fluctus ab illius pedibus ad caput dirigatur et facies magnetem versus convertatur.

tione directrice sejunctas observarent, acum magneticam in plano verticali, ne ab actione terrestri afficeretur, fili bombycini ope suspendit, illiusque lateri prope centrum admovit conductorem horizontalem, qui clauso circuitu electrico acum ad se attraxit aut a se repulit, prout fluctus proximi paralleli eandem aut oppositam directionem sequebantur.

Experimentis expositis *Ampère* sibi persuasit, conductorem mobilem a magnete fixo vel magnetem mobilem a conductore fixo dirigi, attrahi et repelli eadem omnino ratione, qua conductorem mobilem ab alio fixo dirigi, attrahi et repelli ab experientia edoctus erat. — Vidit, conductores heliciformes esse magnetes et vice versa magnetes esse conductores heliciformes; una facies magnetis, parallelepipedum formam habentis repræsentat conductores rectos numero infinito juxta se positos, et totus magnes ex conductoribus infinitis, juxta se positis componitur. Magnes a conductore electrico attrahitur et repellitur, quia ipse est conductor electricus. Duo magnetes se attrahunt, polis heterogeneis juxta-positis, et sese repellunt, polis homogeneis juxta-positis, quia duo magnetes juxta-positi sunt duo conductores heliciformes ita juxta-positi, ut in priore casu fluctus proximi et paralleli eandem directionem et in posteriore casu oppositam directionem sequantur.

Omnia phænomena exposita satis conspirare Cl^o. *Ampère* videntur ad ostendendum, omnis magnetismi causam dependere a fluctibus electricis magnetes per transversum ambientibus, ast ut clare pateat, illos fluctus in magnetis axin perpendiculares esse, observandum est, quamlibet helicis portionem infinite parvam in duas alias decomponi posse in se invicem perpendiculares, quarum una helicis axi parallela est; altera vero in plano helicis axi perpendiculari dirigitur, nihilque aliud est, nisi portionis decompositæ in illud planum projectio, quod quum de singulis portionibus infinite parvis unius spiræ integræ valeat, videmus, omnes portiones decompositas, quæ axi parallelæ

sunt, æquivalere parti conductoris recti, quæ spiræ altitudinem exhibet (1), et contra omnes portiones decompositas in axin perpendiculares, simul sumptas æquales esse fluctui circulari, helici in axin perpendiculari, unde patet, eadem decompositione cujuslibet spiræ facta, actionem helici integræ æqualem esse actioni, quam producunt 1^{mo}. fluctus juxta lineam axi parallelam et æqualem transmissus. 2^{do}. tot fluctus in planis circularibus inque axin perpendicularibus fluentes, quot helici sunt spiræ, ast pars rectilinea conductoris per tubi, circa quem helix formatur axin, transiens æquilibrium facit fluctui axi longitudinali parallelo, adeoque helici descriptæ in magnetem aut conductorem electricum ambientem effectus unice producit a fluctibus circularibus et comprehensis in planis axi perpendicularibus. At quum helix quoad agendi modum omnino magnetem repræsentat, ab iisdem effectibus ad easdem causas conclusione facta *Ampère* statuit, omnem magnetem suam vim magneticam debere fluctibus electricis lineæ polos jungenti perpendicularibus. Convenienter præcedenter dictis poli magnetum non a se invicem differunt, nec effectus, quos edunt, a vi prope extrema residente præcipue dependet, sed contra a cunctis fluctibus transversariis simul sumptis, quod *Ampère* videtur probasse *Boisgiraud*, qui ceræ ope parvulam acum magneticam supra aquam fluitare curavit, et dein in sit horizontali supra acum perpendiculariter posuit conductorem, per quem primo fluctus ab occidente orientem versus transibat et postea contra ab oriente occidentem versus. Quum pila clausa conductoris et acus fluctus proximi paralleli in eundem sensum dirigerentur, conductorque acus centro corresponderet, hæc quiescebat, quoniam

(1) L'ensemble des actions exercées par les petits courans parallèles à l'axe, équivaut à un courant égal en longueur au pas de l'hélice et parallèle à son axe, tandis que l'ensemble de toutes les actions des petits courans transversaux se réduit à celle d'un courant circulaire égal en longueur à la circonférence de la section du cylindre, par un plan perpendiculaire à son axe.

utraq̃ue illius extremitas vi æquali a conductore attrahebatur. Ast quam primum conductor sive polo australi sive boreali propius admoveretur, acus pars longior conductorem accedebat, donec rursus acus centrum infra conductorem positum esset; quippe quod major fluctuum numerus majorem attractionem edere, oportebat. Eodem modo, fluctibus parallelis proximis in sensum oppositum directis acus in quiete manebat, quum illius centrum e regione conductori poneretur, quoniam repulsioni utramque partem æqualis erat; sed mox ac conductor aut polo australi aut boreali propius collocatus erat, pars longior repellebatur acusque continuo magis magisque a conductore recedebat. Præcedens experimentum *Ampère* magnum pondus suæ theoriæ addere, opinatur, quum monstret magnetum polos ejusdem generis actionem edere, et ex cunctis phænomenis supra expositis, necnon pluribus aliis hoc loco omissis, conclusiones deduxit sequentes:

I. *Actiones magnetum et conductorum electricorum apparatus electro-motorii polos conjungentium ab eadem causa electrica dependent, magnetesque suum magnetismum debent fluctibus electricis, qui dispositi in curvis in se ipsas redeuntibus magnetem et quidem quamlibet illius particulam perpendiculariter ambiunt ita quidem, ut in facie superiore ab oriente ad occidentem et contra in facie inferiore ab oriente ad occidentem dirigantur, supposito nimirum, magnetem suum situm naturalem in meridiano magnetico occupare.* »

II. *Poli magnetici ejusdem generis actionem edunt; nec aliud inter eos intercedit discrimen, nisi quod polus australis a fluctuum sinistra et borealis ab eorum dextra situs sit.* »

III. *Phænomena cognita inter duos aut plures magnetes nec non inter unum magnetem et unum conductorem pilam electricam claudentem, submissa sunt legi primariæ inter duos conductores observatæ.*

IV. *Communicatio magnetica in eo tantum consistit, ut particulae chalybeae et ferreae disponantur seu propriae reddantur ad fluctus electricos in planis transversariis producendos, quales actio electro-motoria pilae galvanicae, turmalinus calefactus etc. producunt, cum ea tantum differentia, quod in magnete electricitates inter particulas homogeneas ejusdem corporis, ut boni conductoris excitatae nunquam in statu tensionis existant sed fluctus electricos forment continuos, qui attrahant et repellant alios fluctus sive conductorum sive magnetum juxta legem §. 1^{mo}. expositam.*

Omnis quoque magnetismus terrestris fluctibus electricis adscribendus, uti modo propius visuri sumus.

§. 3.

Actio reciproca globum terrestrem inter et conductorem electricum.

Ut experiretur *Ampère*, quemnam effectum in conductorem mobilem ederet magnetismus terrestris, filum cupreum in circulum incurvavit, ipsiusque extremitates tali modo disposuit, ut cum duobus filis platinicis, pilae electricae extremitates oppositas perbene conjungentibus, communicarent, totusque conductor in plano verticali libere moveri posset (1). Quam primum per conductorem fluctus electricus transiit, ille vi actionis terrestris movebatur ita ut illius planum in meridianum magneticum perpendiculare poneretur, et fluctus electricus in parte inferiore seu terrae proximior ab oriente occidentem versus dirigeretur. Quum physicus sagacissimus loco conductoris circularis exhiberet helicem, qualem supra descripsi, idem qui modo relatus, eventus erat. Quod si auctor conductorem quidem in eo situ collocaret, sed fluctus in parte inferiore ab occidente orientem versus dirigeretur, eum moveri, integramque semi-

(1) Vid. *Mémoires sur les courans électriques*, par *Ampère*, 1820, p. 43.

peripheriam describere vidit, ut illius planum in meridianum esset perpendiculare, et simul fluctus electricus in parte inferiore ab oriente occidentem versus flueret. Hanc veritatem pariter *Ampère* confirmavit, conductoribus aliarum formarum adhibitis, et nullus est physicus, qui de ea dubitet.

2^{do}. *Ampère* quoque motum acus inclinatoriæ imitari studuit : hunc in finem unam illius acus sectionem transversariam repræsentavit per conductorem rectangulum, quem axi horizontali affixit ita æquilibratum, ut nullam subiens inflexionem perfacile pila clausa inclinaret; axin simul in meridianum magneticum ad perpendicularum posuit, ut nimirum actio terrestris integra in conductorem influeret, diversæque illius partes ab uno et altero axeos latere sibi æquilibrium facientes, in omni positione gravitati subducerentur. Rectangulus rite cum apparatus electro-motorii extremitatibus oppositis communicans movebatur et vi actionis terrestris in talem transponebatur situm, ut illius planum in acus inclinatoriæ directionem esset perpendiculare, simulque fluctus electricus ab oriente occidentem versus flueret per partem horizontalem meridiem spectantem, quæ tamen, ipso rectangulo quiescente infra planum horizontalem per axin transiens inclinabat. Rectangulus in omni alio situ positus movebatur adeo ut positionem jam dictam accederet; ibique peractis pluribus oscillationibus in quiete relinqueretur.

3^{to}. Demum *Ampère* monstravit uti supra dictum, acum magneticam in situ horizontali positam a fluctu electrico deturbari ita ut e sua positione amota angulum rectum faceret cum conductore, polusque *australis* ad fluctus *sinistram* poneretur, et probavit, fluctu electrico ab oriente occidentem versus fluente, polum australem septentrionem respicere, si acus supra conductorem posita ab actione terrestris haud afficeretur. Ex altera parte ab experientia edocti scimus, acum magneticam soli actioni terrestris expositam ita dirigi, ut omni motu peracto polus *australis* septentrionem spectet. Ex

experimentis 1^{mo}. collatis cum dictis in §. 2^{do}. *Ampère* intulit, conductorem mobilem ab actione terrestri haud aliter affici, ac si in tellure fluctus electrici in directione in meridianum magneticum perpendiculari ab oriente occidentem versus fluerent.

Ex experimento 2^{do}. patet non solum phænomena declinationis sed et inclinationis ita evenire, uti fieri ea, fluctibus electricis tellurem ab oriente occidentem versus ambientibus, lex primordialis §. 1^{mo}. jubet. Rectangulus quidem situm in acus inclinatoriæ directionem perpendicularem haud tenet, sed contra inclinat, ast hoc ita sit, oportet, quoniam a loci, in quo experimenta fiunt, facie meridionali plures fluctus siti rectangulum ad se terram versus attrahunt fluctum horizontalem ab oriente ad occidentem directum, quum contra a se altum versus repellant fluctum ab occidente orientem versus fluentem (1).

Experimentis 3^{io}. *Ampère* probavit, actione magnetismi terrestris in conductorem mobilem et magnetem omnino *eandem* esse, et quidem talem, qualem fluctus electricus ab oriente ad occidentem directus produceret, et directe monstravit, fluctum electricum ab oriente ad occidentem fluentem eundem, quem magnetismus terrestris, edere effectum, adeoque monstravit ab iisdem effectibus ad easdem causas conclusione facta, talem fluctum veram causam omnis magnetismi terrestris repræsentare. — Cunctis experimentis relatis innixus *Ampère* in principium statuit: « *omnem magnetismum terrestrem non aliam causam habere, nisi fluctus electricos, qui ab oriente occidentem versus fluant, in æquatore magnetico maxima intensitate gaudentes.* »

Ast quum fluctus electrici sunt causa magnetismi terrestris, et ex altera parte globus ipse verum repræsentat magnetem, cujus polus

(1) Vid. Exposé des nouvelles découvertes sur l'électricité et le magnétisme, par *Ampère* et *Babinet*, 1822, p. 23.

australis meridiem respicit, posito, omnem alium magnetem ita esse collocatum, ut ipsius polus australis meridiem et borealis septentrionem respiciat, in eo magnete juxta modo dicta admittendi sunt fluctus electrici qui ab oriente ad occidentem directi illius axin perpendiculariter ambiunt. Quod non solum conforme est, sed et magnum addit pondus argumentis §. 2^{do}. expositis probantibus, quemlibet magnetem suam vim magneticam debere fluctibus electricis juxta sensum ibidem dictum directis.

Perfacile nobis persuadere possumus fluctus electricos in tellure oriri posse in directione motus solaris apparentis (ab oriente ad occidentem) vi terræ rotationis, radiorumque solarium in globum actione calorifica, et effectu magnæ copię substantiarum heterogenearum, quæ in vasto telluris sinu atque in ipsius superficie dispersæ mutuo suo contactu in se invicem agentes non possunt non producere diversos processus chimicos.

Porro variationes declinationis et inclinationis magneticæ haud difficulter explicamus, attendentes ad variationes, quas fluctus modo descriptus propter variam solis in terram intensitatem, variamque mutationem situs globi partium patitur.

Ut theoriæ Ampereanæ expositio absolvatur, examinandum modo remanet, quomodo conductoris electrici et magnetis actio identica sit, quum chalybi aut ferro magnetismo haud prædito vim magneticam impertiantur.

§. 4.

Methodus vim magneticam communicandi.

Arago experimentis probavit, fluctus electricos non solum agere in magnetes, sed et in corpora, quæ magnetismum recipere queunt. Limaturas ferreas et particulas chalybeas a conductore attrahi, ipsique inhærere expertus est, at fluctu electrico interrupto, subito

eas ab illo separatas observavit. Idem auctor monstravit conductorem rectum vim magneticam impertiri acui chalybeæ, quæ ipsi sub angulo recto admoveretur, et contra nullos polos excitari, quum acus conductori parallela poneretur. Experimentis ducti et theoriæ face illustrati *Arago* et *Ampère* filum metallicum circa ferrum magnetismo haud præditum in formam heliciis involverunt, in spem erecti, fore ut, fluctu electrico per helicem transeunte, ferrum reciperet polos magneticos, eo ordine excitatos, ut polus australis ad sinistram et borealis ad dextram situs sit observatoris, qui in fluctus directionem positus faciem ad conductorem vertit et pedes ad eam partem, a qua ipse fluctus venit. Ea omnia complete ab experientia monstrata viderunt, et confirmata experimentis clar. *Davy*, qui in acubus chalybeis, quas conductori in planis in ipsum fluctum perpendicularibus admovit, excitaret polos juxta sensum modo expositum, supposito observatorem se sistere in conductoris latere acui admotæ proxima. Itaque experientia docet, (et theoria quoque facile prævidet), omnem magnetismi communicandi methodum in eo consistere, ut in chalybe et ferro magnetismo haud prædito fluctus electrici excitentur in planis axi perpendicularibus, qui eandem, quam fluctus excitantes directionem sequantur. Unde elucet, inversa fluctus electrici directione simul polorum excitatorum ordinem inverti, quod et distincte nos docuit *Arago* (1); porro patet, acum chalybeam polos recipere oppositos, quum supra conductorem helici-formem ponitur, ac si intra eundem collocetur. Tandem patet, conductores helici-formes ad perpendicularum positos in ferrum magnetismo nondum prædito excitare fluctus in ferro, qui eandem quam qui in helice sunt, directionem sequuntur. Verum enim vero quum magnetes nihil aliud sint quam conductores helici-formes, etiam

(1) Vid. Exposé des nouvelles découvertes sur le magnétisme et l'électricité, par *Ampère* et *Babinet*, 1822, p. 69.

eodem modo magnetismum aliis corporibus impertiantur oportet, quod quoque clare explicat *Ampère* (1).

In genere magnetes haud aliter agunt, ac conductores electrici, sed in interpretandis phænomenis caute observare oportet, fluctus magnetis particulas ambientes, omnes simul sumptos, non solum qui conductori electrico aut alteri magneti proximi sint, attractiones et repulsiones magneticas producere. — Unius fluctus in alterum actio non solum a mutua eorum distantia dependet, sed et ab angulo, quem eorum directiones inter se faciunt, quam ob rem sæpe fit, ut ex duobus fluctibus in alium tertium agentibus remotior majorem effectum edat, quippe quod actionum utriusque fluctus valoribus inter se comparatis patet, remotioris intensitatem magis crescere, si angulorum, quam decrescere, si distantiarum ratio habeatur.

Præcedentibus de ipsa theoria dictis, ad alteram modo argumenti nostri partem transeamus.

(1) Vid. loc. modo citato, p. 79-83.

 PARS POSTERIOR.

THEORIA EXPOSITA PLURIBUS PHÆNOMENIS APPLICATA.

 §. 1^{mus}.

Duorum conductorum actionis reciprocæ explicatio.

Quum conductores electrici sunt paralleli, lex primaria §. 1^{mi}. partis prioris ipsa explicatio est; ast si angulum inter se faciunt et præsertim si unus rectilineus est, alter vero ex pluribus partibus rectis aut curvis constat, difficilius est videre, quemnam effectum conductor rectus in singulas alterius conductoris partes exerceat. Hujus reiexplicationem quidem nobis suppetit principium VI^{tum}. §. 1^{mi}. partis prioris, sed quum illud principium ibidem haud fuisse tractaverimus, idem hoc loco experimentis haud inconvenienter applicabimus. Doctissimus *De la Rive* exploraturus, qua ratione singulæ partes conductoris rectanguli mobilis ab actione terrestri afficerentur, quamlibet partem successive suppressit, et primo quidem inferiorem abstulit et dein superiorem, quibus effectis, pilaque clausa, eadem occurrerunt phænomena, quæ rectangulus integer exhibuisset, dummodo fluctus directio eadem maneret in partibus verticalibus. Hoc experimento edoctus *De la Rive*, rectanguli motum præcipue ab illius partibus verticalibus dependere, partem superiorem et inferiorem simul suppressit; at fluctu electrico locum habente perspexit, duas partes verticales, per quas fluctus directionem habebat contrariam, et quæ non nisi circa axin utrique communem verti poterant, ita ab actione terrestri affici, ut quum quiescerent, illorum planum in meridianum magneticum esset perpendiculare, fluctusque electricus ascenderet per partem occidentem versus sitam

et descenderet per partem ad orientem vergentem. Tandem suppressis utraque parte horizontali et una ex verticalibus idem physicus vidit conductorem verticalem, propagantem fluctum electricum, ab actione terrestri in situm transponi, in quo illius planum per axin, circa quem ille vertebatur, simul transiens, in meridianum magneticum esset perpendiculare, conductorque ipse, fluctu descendente, orientem versus, et ascendente fluctu, occidentem versus poneretur, ex quibus auctor conclusit, fluctu electrico per ambas partes verticales simul vel ascendente vel descendente nullum motum oriri posse, quippe quod ambæ partes versus eandem regionem propellerentur, adeoque et ipsæ quiescerent, quod et experimentis monstravit.

Ampère et Faraday probarunt 1^{mo}. conductorem horizontalem immobilem actioni terrestri expositum in omni positione sibi ipsi parallelum in una aut altera directione moveri, non aliter ac si a viribus parallelis et æqualibus singula illius puncta afficerentur, 2^{do}. eundem conductorem in omni positione quiescere, si nonnisi circa axin per ipsius punctum medium transeuntem moveri posset, et contra eum motu continuo circa axin rotari, quum punctum suspensionis prope unam aut alteram extremitatem positum esset.

Jam videamus, quomodo paucis præcedentia experimenta ex legibus electro-dynamicis derivemus. — Supponamus, duos fluctus, haud in eodem plano comprehensos, esse in se invicem perpendiculares, unumque in situ horizontali ab oriente ad occidentem fluere, et alterum a Zenith ad Nadir priorem versus dirigi, et dein fingatur perpendicularis, ab uno fluctu ad alterum distantiam brevissimam indicans. Sumatur nunc portio aliqua in parte fluctus horizontalis inter perpendicularem et illius extremitatem orientalem sita. Hæc portio attrahit portionem quamcunque in fluctu verticali sitam, quia fluctus ambo perpendicularem versus diriguntur (principium V^{um}. §. 1^{mi}. partis prioris). Pariter in parte fluctus horizontalis perpendicularem inter et extremitatem occidentalem sumatur altera

portio priori similis et æqualiter a perpendiculari distans. Hæc eandem portiunculam verticalem, quam attrahit prior, repellit, quippequod unus ex fluctibus perpendicularem versus dirigitur, et alter ab eadem avertitur. Ast quum portio attrahens et repellens sibi invicem sunt æquales, juxtaque lineas obliquas æquales suos effectus edunt, effectus attractivus et repulsivus conspirant, eorumque resultans parallela esse debet fluctui horizontali, et in nostro casu resultantis fluctus directionem sequitur oppositam directioni fluctus horizontalis, id est ab occidente orientem versus. Itaque, quum de conductoribus integris valeat, quod de eorum portiunculis diximus, patet, conductorem verticalem mobilem moveri in situ parallelo conductori fixo, talemque assumere positionem, ut, si in plano verticali contineatur, hoc planum conductori horizontali sit parallelum, ipseque conductor vertatur versus extremitatem attrahentem, id est versus orientem. Eadem ratione videmus, fluctu electrico per conductorem verticalem ascendente, hunc moveri ita ut planum verticale eum comprehendens parallelum sit fluctui horizontali, ipseque ponatur versus conductoris fixi extremitatem occidentalem. Igitur ex dictis, convenienter legibus electro-dynamicis, eruitur lex sequens : « *Quando conductor mobilis, angulum rectum cum conductore fixo constituens, totus ab uno latere fixi et plani horizontalis in mobilem perpendicularis et per fixum simul transeuntis positus est, vi actionis reciprocae movetur mobilis fixo parallelus, et quidem in directione opposita directioni fluctus conductoris fixi, si fluctus conductoris mobilis versus fixum fluit, et contra in eadem directione, si fluctus conductoris mobilis a fixo avertitur :* » ea lex nihil aliud est nisi enunciatio experimentorum doctissimi *De la Rive* paucis verbis alio modo prolata. Ea explicat, quare conductor horizontalis mobilis ab actione terrestri ita agitur, ut sibi ipsi parallelus ad unam regionem vel ad oppositam moveatur pro varia fluctus directione per conducto-

rem mobilem permeantis, quia singula illius puncta a fluctibus parallelis æqualiter unam regionem versus attrahuntur vel repelluntur. Dein quare quiescat conductor, si axi verticali per ipsius punctum medium transeunte suspenditur, quoniam hoc in casu fluctus paralleli, eum æqualiter afficientes, sibi invicem necessario æquilibrium faciunt. Et demum quare conductor continuo circa axin verticalem per unam ex illis extremitatibus euntem rotetur, quippequod si conductor mobilis parallelus est fluctibus terrestribus, et eandem sequitur directionem, illius extremitas libera attrahitur a fluctibus terrestribus, ita ut cum æquatore magnetico conductor angulum faciat; quodsi jam fluctus versus æquatorem fluat, eadem extremitas vi legis modo expositæ orientem versus continuo movetur; si fluctus iterum sunt paralleli sed in sensum oppositum directi, extremitas mobilis repellitur vi legis primariæ, ita ut fluctus conductoris cum æquatore magnetico angulum faciat et simul ab eo avertatur, quo in situ extremitas mobilis vi principii supra dati occidentem versus propellitur, atque hac ratione intellectu facile est, talem conductorem phænomenon rotatorium exhibere. — Ex præcedentibus in unum collectis, clare videmus, cur rectangulus electro-dynamicus vi magnetismi terrestris moveatur, donec situm in meridianum magneticum perpendicularem occupaverit, fluctusque electricus in parte horizontali inferiore ab oriente ad occidentem dirigatur; etenim si rectangulus alium situm quemcunque teneat, secundum superius dicta non solum partes illius verticales, sed et horizontales fluctus terrestres ita afficiunt, ut ille haud quiescere queat, donec conditio mox enunciata adimpleta fuerit.

Ita pariter in oculos cadit, fluctus terrestres non solum in conductoris spiralis aut circularis latera (côtés) terræ parallela et proxima agere, sed simul fluctus ascendentes et descendentes cum ipsis angulos facientes afficere ita ut, vi actionis integræ in singula latera editæ conductor non in quiete relinquatur, donec plana fluctus com-

prehendentia in meridianum magneticum sint perpendicularia, fluctusque in lateribus inferioribus ab oriente ad occidentem dirigantur, adeoque in lateribus occidentem spectantibus ascendant et contra in lateribus orientem insipientibus descendant.

Ex dictis simul patet, acum magneticam magnetismo terrestri expositam non solum moveri vi fluctuum terrestrium et ipsius fluctuum prioribus parallelorum, sed et præterea vi eorum, qui in terrestres sunt perpendiculares. Acu meridianum magneticum occupante, fluctus proximi sunt paralleli, inque eundem sensum directi, sed etiam verticaliter ascendentes occidentem et verticaliter descendentes orientem inspiciunt, quemadmodum id supra quoad rectangulum vidimus, qui unam tantum sectionem transversariam magnetis, paralleppedi formam habentis, repræsentat. — Expositis perplura alia phænomena inter magnetem et conductorem explicatu haud difficiliora sunt, uti modo visuri sumus.

§. 2^{us}.

Explicatio actionis reciprocae magnetem inter et conductorem electricum.

Quando acus magnetica supra conductorem horizontalem, per quem fluctus a meridie septentrionem versus transit, in situ parallelo ponitur, polus australis ad orientem declinat, et acu infra eundem conductorem posita, idem polus occidentem versus amovetur, quoniam convenienter principiis in parte priorè expositis, acus ita declinet, oportet, ut fluctus conductoris et acus fluctus conductori proximi, sint paralleli in eundemque sensum directi, qui casus haud incidit, nisi quum acus in conductorem sit perpendicularis et in priori casu supra relato polus australis orientem et in posteriori occidentem respiciat, — quodsi conductor in eodem plano horizontali, in quo acus est, sed ab ipsius latere orientali collocatur, acus non

declinat, sed ipsius polus australis elevatur, at conductore a latere orientali collocato idem polus in plano verticali deprimitur, quia nimirum in priori casu *sinistra* observatoris versus *Zenith* et in posteriori versus *Nadir* sita est. Hic observandum, acum vix unquam ita declinare ut in conductorem sit perpendicularem, quemadmodum id lex primaria exigit, et ne in hac re anomaliam esse, credatur, animadvertendum, acus magneticæ declinationem a duabus causis dependere, nimirum a fluctu terrestri et a fluctu conductoris. Prior semper eandem sequitur directionem, posterior vero pro vario apparatus electrici situ variam sequitur directionem, adeoque hic vel ita collocari potest, ut utrique fluctus in eundem sensum directi conspirent ad acum in meridiano magnetico firmiter tenendam, si v. g. fluctus conductoris ab oriente ad occidentem sub angulo recto infra acum in suo situ naturali positam transit; vel ita conductor collocari potest, ut ambo fluctus sibi invicem directe oppositi sint, quo in casu acus in quiete relinquitur, si fluctus terrestris fortior est fluctu conductoris, et si contrarium obtinet, in situm oppositum transfertur, semi-peripheriam describens vi excessus fluctus conductoris supra terrestrem. In cæteris positionibus acus declinat vi, cujus magnitudo et directio per resultantem utriusque fluctus indicatur. Ut itaque phænomena cum lege primaria quadrent, prius effectum magnetismi terrestris tollere oportet, quo præstito rei facta legi conformia esse clare probat experientia.

Mutata fluctus electrici directione in contrariam, phænomena occurrunt inversa.

Quando conductor verticalis, per quem fluctus electricus ascendit, primum inter polum borealem et centrum acus, in meridiano magnetico quiescentis et dein inter polum australem et ejusdem acus centrum ponitur, polus conductori proximior occidentem versus declinat, sive ille a latere orientali sive ab occidentali collocetur: namque conductore a latere orientali posito, fluctus paralleli et

proximi directionem sequuntur oppositam, adeoque polus proximior repellitur a conductore orientem versus. (§. 1^{mi}.) At conductore ad latus occidentale collocato fluctus proximi paralleli eandem directionem habent, quare acus occidentem versus a conductore attrahitur.

Verum eodem conductore verticali posito e regione polo australi aut boreali, vel a latere occidentali vel orientali acus magneticæ, sed ante extremitatem (devant l'aiguille), et demum inter extremitatem et polum, polus borealis æque ac australis orientem versus amovetur. Ut hanc declinationem ad legem primariam reducere possimus, animadvertendum est, actionem reciprocam inter fluctum conductoris ac fluctus repellentes et attrahentes acus magneticæ non solum a distantia dependere, sed simul ab angulis, quos fluctuum consideratorum directiones cum lineis eorum puncta media jungentibus faciunt; ast si illorum angulorum ratione habita supponimus prope magnetem horizontalem positum esse conductorem verticalem, in cujus portionem unam infinite parvam æstimamus actionem duarum portionum infinite parvarum magnetis, quæ ambæ in eodem plano verticali per magnetem transeunte sitæ sunt, una autem posita est in linea intersectionis illius plani et magnetis faciei, quæ fluctus attrahentes et conductori parallelos continet, altera autem sita est in linea intersectionis plani verticalis cum facie opposita et priori parallela: verum calculus factu facilis monstrat, conductorem in tali collocari posse situ respectu magnetis, ut actio reciproca inter fluctus parallelos proximiores minor sit, quam inter parallelos remotiores, et *Ampère* formulis algebraicis demonstrare studuit, punctum, ubi attractio in repulsionem et vice versa mutetur, quoad conductores heliciformes in ipsis extremis residere, quoad magnetes autem ab extremitatibus paululum magis centrum versus remotum esse, si conductor verticalis a latere conductoris helici vel magnetis horizontalis a centro versus extremitates successive amoveatur. Itaque conductore posito e regione illius puncti sive a latere orientali sive ab occiden-

tali, acus in quiete manet, quia vires oppositæ sibi æquilibrium tenent, quod et experientia docet. At conductore posito inter illud punctum et extremitatem, vel ante extremitatem, polus proximior declinat vi fluctuum remotiorum, quamobrem conductor a latere acus orientali positus polum australem æque ac borealem ad se successive orientem versus attrahit, quia fluctus remotiores paralleli eandem directionem habent; et conductore successive prope utrumque polum a latere occidentali collocato, ambos a se repellit orientem versus, quippequod fluctus remotiores in sensum oppositum diriguntur. Fluctus acus horizontales et in conductorem perpendiculares sese mutuo tollentes hic in computum haud veniunt. Eadem omnino res est, quum conductorem collocamus in situ horizontali juxta magnetem, qui in plano verticali fili ope suspensus moveri potest. — Si conductor non multum a magnetis centro et a latere ubi fluctus propinquiores in eadem directione fluunt, ponatur, magnetem ad se attrahit v. g. meridiem versus, et conductor a latere, opposito collocatus eum a se meridiem versus repellit, ast conductor directe infra magnetis extremitatem positus, magnetem ad se attrahit septentrionem versus, et simul vi fluctuum directionem sequentium contrariam, eundem magnetem a se septentrionem versus repellit, unde elucet, a conductore inter extremitatem et centrum collocato magnetem repelli versus regionem oppositam, ac quum ex illius regione ante extremitatem ponatur. Hac ratione quoque explicanda est declinatio orientalis, quum conductor verticalis directe ponitur e regione polo boreali vel australi acus in meridiano magnetico quiescentis. Ast notandum tamen, conductoris situm respectu acus magneticæ talem esse posse, ut effectus, observatus in omni positione, fluctibus propinquieribus attribuendus sit, v. g. quando infra conductorem fluctum positivum ab occidente orientem versus propagantem acus magnetica ceræ ope libere supra aquam natans sub angulo recto ponitur, attrahitur acus aut repellitur pro varia direc-

tionem fluctuum proximorum, sive conductor e regione puncto inter polum et centrum sito, sive inter polum et extremitatem, sive demum e regione extremitati acus collocetur. Conductore prope acus punctum medium posito, æquilibrium locum habet; in cæteris autem positionibus pars longior attrahitur aut repellitur, uti primus *Boisgiraud* observavit (1). Ut ad oculum pateat, quare attractio in nulla positione mutetur in repulsionem, quamdiu conductor supra acum tenetur, et vice versa repulsio in attractionem, quum infra acum tenetur, seu aliis verbis quare in omni conductoris positione respectu acus magneticæ, fluctus proximi majorem actionem edant, animadvertendum est, magnetismum terrestrem et ipsius acus gravitatem impedire, ne hæc ab aliis fluctibus, quam qui axi longitudinali paralleli sunt, moveatur; quare virium decompositione facta non partes in axin perpendiculares, sed contra partes axi parallelæ tantum computandæ sunt, ast hæc cum lineis jungentibus conductorem ac fluctus repellentes et attrahentes, simul in eodem plano verticali sitos, angulos formant eo minores, quo proximiores conductori sunt fluctus magnetis; verum quum fluctuum intensitas per cosinum illorum angulorum multiplicanda sit, ut vis directrix habeatur, et ex altera parte cosinus decrescat quum angulus crescat, videmus, magnetis fluctus proximi non solum majorem in conductorem edere effectum, quia proximiores sunt, sed et ideo, quia sub angulis acutioribus actiones suas exerunt. Contrarium incidit, cum fluctus in axin perpendiculares acum dirigant. Hi decompositione virium facta, angulorum ratione habita, minorem edunt effectum, si proximiores sunt, quam ob causam cernere facile est, conductorem respectu magnetis in tali situ collocari posse, ut fluctibus remotioribus, non autem propinquioribus acus motus attribuendus sit.

Biot et jam ante eum *Oersted* observarunt, acum magneticam

(1) Vid. *Annales de chimie et de physique*, tome 15, p. 279.

in plano horizontali positam, e cujus regione in eodem plano sed perpendiculariter juxta-ponitur conductor, haud declinare, sed inclinare in plano verticali; etenim hoc in casu, si conductoris et acus fluctus paralleli inferiores in eundem sensum dirigantur, acus altum versus attrahitur; et dein in eundem sensum propellitur vi fluctuum parallelorum directionem contrariam sequentium, unde fiat, necesse est, ut acus polus proximior a conductore in plano verticali elevetur; et contra ut deprimatur, si conductoris fluctus in sensum oppositum dirigatur.

Præcedentibus haud difficilius est explicare phænomena rotatoria, quæ inter conductorem electricum et unum polum cujusdam magnetis, ex quibus unus mobilis et alter immobilis redditur, *primi* obtineri viderunt *Faraday* et *Ampère*. Etenim si in magnetis faciebus oppositis consideramus duo puncta symmetrice sita respectu conductoris, hunc unum ex punctis attrahit, et alterum repellit; ast utriusque actione in duas alias decomposita, quarum una in conductorem perpendicularis est et altera ipsi parallela, videmus duas perpendiculares vim æqualem sed oppositam edere, adeoque sibi mutuum tenere æquilibrium, ab una autem ex duabus parallelis conductorem repelli et ab altera attrahi versus eandem regionem. Hæ parallelæ quidem, quibuscum præterea docente clarissimo *Ampère* conspirant fluctus excitati in mercurio, cui conductor et magnes immerguntur (1), motum translationis et non rotationis producerent, nisi celeritas acquisita quolibet momento mercurii resistentia tolleretur.

Expositæ theoriæ face perplura alia phænomena illustratu sunt facillima; sed eam ulterius applicare limitibus præscriptis prohibeor. Ipsa theoria est sane pulchra, sui que auctoris ingenium sat superque monstrat. Experimenta ad eam confirmandam instituta sine

(1) Vid. Expériences relatives aux nouveaux phénomènes électro-dynamiques obtenues, etc. Mois de Décembre 1822, par *Ampère*, p. 148.

omni contradictione ingeniosa sunt, et methodus logica, qua usus auctor suam hypothesin demonstrare studuit, ipsius sagacitatis documenta præbet haud æquivoca. Verum quæri tamen potest, utrum singulis phænomenis, quæ supra electro-dynamica vocavimus, interpretandis sufficiat? Ad hanc quæstionem respondere hujus loci esse nequit, quum examen criticum instituere experimentis innixum hujus argumenti angustia prohibet et a scopo proposito alienum est. At consulta experientia, et cum theoria exposita sigillatim comparatis omnibus phænomenis cognitis, reticere haud possum, graves adhuc mihi videri obesse difficultates. Interim tamen hypothesium significationis haud immemor sum: perbene scio, nemini mortalium concessum esse in naturæ secreta penetrare, et lubens cum immortali *Hallero* profiteor: „Ins Innere der Natur dringt kein erschaffener Geist, zu glücklich, wenn Sie Ihm die äussere Schale weist.“ rerum naturæ in perpetuum ignaris nobis opus sunt hypotheses, ad relationes inter eas intercedentes exprimendas. Hypotheses rerum solummodo imagines sunt, quibus haud raro fallimur; quandoque duæ simul probabiles videntur, ast neutra vera est, quippe quod vera rei ratio sæpe nos latet, in perpetuumque latebit. Continuatis disquisitionibus novæ rei imagines, novæ comparationes, alii intuitus, aliæque theoriæ se offerunt. Theoria est tantum modus inter se ligandi et explicandi phænomena, quæ observatio et experientia docent, et quæ hæc non præstat, rejicienda, quæ autem præstat, admittenda est, quæcunque speculatio ipsi originem dederit.

DIXI.

THESES.

I.

Affinitas chimica fluidis electricis tribuenda.

II.

Theoria atomorum et voluminum pro identicis habendæ.

III.

Quod combinationum vere chimicarum inorganicarum leges attinet, requiritur et sufficit, ut corpus compositum constet ex numero *simplici et integro* atomorum cujuslibet elementi ingredientis. Nec credo, ut naturæ legem admittendam esse legem a summo chimico *Berzelio* statutam, vi cujus in composito, duo vel plura corpora oxigenio conjuncta amplectente numerus atomorum oxigenii cujuslibet ingredientis compositi *multiplum* esse debet per numerum *integrum* et *simplicem* numeri atomorum oxigenii in oxido minimo contenti. Vi cujus v. g. in sale quocunque oxigenium acidi multiplum esse debet oxigenii oxidi.

IV.

Characteres externi in dignoscendis mineralibus non solum utilissimi sed et maxime necessarii : ast ad systema scientificum condendum in determinandis speciebus primum locum tenere nequeunt.

V.

In physica et chimia experientia quidem optima, sed non sola magistra.

VI.

In experimentis galvanicis conductorem liquidum simpliciter electricitatem vehere haud credo.

VII.

In physica uti in chimia hypotheses non solum utilissimæ sed et maxime necessariæ sunt.

VIII.

A suis elementis ipsa theoria caute distinguenda.

IX.

Summa perfectio, quæ in physica desiderari potest, in eo consistit, ut experimentorum eventus calculo inter se ligentur, legesque physicae paucis et brevibus formulis analyticis exprimantur.

X.

Theoria de polarisatione mobili a sagacissimo *Biot* inventa, haud admittenda.

XI.

Theoria a *Berzelio* et *Munckio* de electro-magnetismo proposita haud sufficiens est.

XII.

Pila galvanica aquam haud ita decompōnit, ut oxigenium a cupro ad zincum et hydrogenium a zinco ad cuprum nonnisi successivis et momentaneis compositionibus et decompositionibus accedat, sed contra ea in statu gazoso usque ad mediam partem aquæ transvehi, ibidemque rursus aquam formare, arbitror.

Electricitas, quæ frictione excitatur, galvanicæ ad magnetismum impertiendum comparative anteponenda.

XIV.

Utrum chlorum sit substantia simplex an composita argumentis decisivis determinari nequit, sed tamen illud simplex esse, potius credo.

XV.

Theoria a doctissimo *Faradey* proposita ad phænomena electromagnetica explicanda non approbanda.

Electricitas, quae frictione excitatur, galvanica ad magnetismum
impertinendum comparative anteposenda.

XIV

Utrum chlorum sit substantia simplex an composita arguatur
decisive determinari nequit, sed tamen illud simplex esse, potius
credo.

XV

Theoria a doctissimo Faraday proposita ad phaenomena electrico-
magnetica applicanda non approbando.

XVI

Utrum a Faraday proposita ad phaenomena electrico-
magnetica applicanda non approbando.

XVII