

DISSERTATIO PHYSICA INAUGURALIS,

DE

FLUXUBUS THERMO-ELECTRICIS, ACUS
MAGNETICAE OPE, OBSERVATIS,

QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI,

Joannis Matthiae Schrant,

PHIL. THEOR. MAG. LITT. HUM. DOCT. ET PROF. ORDIN.,

ET

NOBILISSIMI ORDINIS DISCIPLINARUM MATHEMATICARUM ET PHYSICARUM
DECRETO,

PRO GRADU DOCTORATUS ET MAGISTERII,

SUMMISQUE IN MATHESI ET PHILOSOPHIA NATURALI HONORIBUS
AC PRIVILEGIIS,



in Academia Lugduno-Batava,

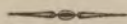
RITE ET LEGITIME CONSEQUENDIS,

DEFENDET

JACOBUS JOHANNES TEDING VAN BERKHOUT,

AMSTELAEDAMENSIS.

AD DIEM XXIX APRILIS NDCCCXLIII, HORA I-II.



AMSTELAEDAMI,

APUD S. DE GREBBER.

MDCCCXLIII.

242
A 5²¹/

PRESENTED BY THE AUTHOR

THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

ANNALS OF THE PHYSICAL MAGNETIC

Journal of the Physical Society

THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

AND OTHER EXPERIMENTS BY MAGNETIC

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

OF THE THERMO-ELECTRIC EFFECTS OF
MAGNETIC ORE, ORBITAL

P A T R I

OPTIMO, CARISSIMO

SACRUM.

PROBATION

1851

1851

1851

PRAEFATIO.

Calorem inter et electricitatem nexum quendam intercedere, nullum amplius dubium. Uti enim fluxus electrici in corporibus conducentibus temperaturam augere possunt, ita etiam calor vel phaenomena polarisationis electricae vel fluxus electricos excitare valet. Fluxus hosce, ita dictos, thermo-electricos ejusdem esse naturae ac voltaicos patuit, quum plerosque horum effectus etiam edere sint observati, quatenus illorum minor intensitas valuit. De thermo-electricis hocce opusculo agere quidem constitui, ea vero tantum pertractare, quae acus magneticae ope de fluxibus illis innotuerunt, quae nempe ex observatis directione et quantitate declinationis acus, actioni fluxus thermo-electrici subjectae, comperta sunt et conjici possunt de ratione, quâ excitantur.

Quum phaenomena haecce, quae jam 20 annis cognita nondum tamen perspecta sunt, etsi multa experimenta a solertissimis physicis sint instituta, examini subicere vellem, mox vidi experimenta instituta non omni vacare reprehensione, et quamvis ad accuratiora instituenda animus ferret, quominus tamen hoc exsequeretur, rei difficultas obstitit. Etsi igitur experimentis institutis omnibus indubitata fidem tribuere nequeamus, ex illis tamen fas erit quaedam generalia deducere observationis data, quae teneri possunt, donec novis accuratis experimentis probentur vel improbentur, certe naturam electricam horum phaenomenorum demonstrant. — Quum ergo phaenomena thermo-electrica nova luce condonare non contingeret, statui, praemissâ expositione objectionum, quas mihi movet ratio experimenta instituendi hucusque adhibita, et difficultatum, quae accuratiori problematis solutioni obstant, ea tradere, quae praecipua docuerunt experimenta, atque ex illis promere, quae, me quidem iudice, de ratione, qua calor ad haec phaenomena excitanda agat, conjici possunt. Pergratum mihi foret, si in meliorem ordinem redigendo ea, quae, ante edita, non bene ordinata fuisse censeo, atque inde problema adhuc solvendum limitibus quibusdam circumscri-

bendo aliquid praestare potuerim ad phaenomena thermo-electrica illustranda. Lectorem, ut hujus opusculi tenuitatem juvenili ingenio et minus puram latinitatem difficultati, in physicis latine pertractandis obviae, condonet, rogo.

Vobis denique, Viri Cl. quos in Athenaeo Amstelaeladamsi, praesertim vero in Academia Lugduno-Batava disciplinarum mathematicarum et physicarum praeceptores habui, pro singulari, quâ me excepistis, humanitate, institutione, consiliis, gratias ago habeoque quam maximas.

CONSPECTUS OPUSCULI.

CAPUT	I.	INTROITUS. EXPERIMENTUM THERMO-ELECTRICUM PRINCEPS EJUSQUE INSTITUENDI RATIO.....	pag. 1.
»	II.	DE CORPORIBUS, IN QUIBUS FLUXUS THERMO- ELECTRICI EXCITARI POSSUNT.....	» 16.
»	III.	FLUXUS THERMO-ELECTRICI EXCITATI ACTIO IN ACUM MAGNETICAM.....	» 30.
§	1.	<i>Directio declinationis acus magneticae.....</i>	» —
»	2.	<i>Quantitas declinationis acus magneticae.....</i>	» 45.
»	IV.	DE CAUSA HORUM PHAENOMENORUM CONJECTURAE QUAEDAM.....	» 57.

CAPUT I.

INTROITUS. EXPERIMENTUM THERMO-ELECTRICUM PRINCEPS EJUSQUE INSTITUENDI RATIO.

1. **P**haenomena thermo-electrica primus observavit SEEBECK, et quidem hac ratione eo adductus est. Experimentis enim quibusdam institutis suspicatus est, etiam sine conductore liquido, in duobus metallis, ad instar annuli conjunctis, magnetismum excitari posse. Non adeo excitationem electricam in contactu ipso metallorum, sed magis inaequalitatem hujus actionis in locis conjunctionis metallorum cum liquido conductore causam esse putavit polarisationis magneticae circuitus electrici clausi, atque inde polarisationem magneticam edi posse, quando diversitas quaedam intercederet inter duo puncta contactus duorum metallorum, quae ad instar annuli secum invicem essent conjuncta. Discus bismuthi super discum cupreum et inter extremas partes laminae cupreae, helices ad instar convolutae, et in meridiano magnetico jacentis, positus, ita ut altera pars extrema laminae inter discos illos metallicos jaceret, altera manu ad discum bismuthi appremeretur, declinationem effecit acus magneticae, quae in medio illo circuitu metallico erat posita. Si discus antimonii ita

cum disco et laminâ cupreis conjungeretur, acus magnetica in oppositam declinabat directionem. Mox pluribus institutis experimentis persuasum sibi habuit SEEBECK, causam horum phaenomenorum quaerendam esse in calore manus, communicato cum puncto conjunctionis laminae cupreae et disci bismuthi vel antimonii. Ut hujus rei certior fieret SEEBECK, supra discum bismuthi, inter partes extremas helicis cupreae dispositum, discus cupreus calefactus et infra discus frigidus apponebatur et statim acus magnetica declinavit. Acus magneticae declinatio etiam cernebatur, quando cum alterutro puncto conjunctionis frigus communicaretur, atque eadem phaenomena majori minorive intensitate observabantur, aliis etiam metallis loco bismuthi adhibitis. Haec phaenomena, inde *thermo-magnetica* a SEEBECKIO vocata et cum Academia Scientiarum Berolinensi communicata, postea *thermo-electrica* dicta sunt, quum declinatio acus magneticae electricitati in metallis excitatae tribueretur. Nova hinc scientiae electricae exstitit pars, quum pateret, *fluxus electricos excitari in duobus metallis heterogeneis ita conjunctis, ut circuitum efficiant, si illae circuitus partes, in quibus contactus metallorum heterogeneorum fiat, diversâ utantur temperaturâ* (1).

2. Ut in naturam horum fluxuum electricorum inquireretur, observandi erant in quâvis combinatione metallorum, et inaequalitas temperaturae in conjunctionis sive contactus punctis notanda. Hoc experimentum

(1) POGGENDORF'S *Annalen der Physik und Chemie* VI. s. 2-4.

thermo-electricum princeps instituerunt SEEBECK, alique post eum physici: quânam ratione instituerint videamus. Deinde objectiones, et difficultates, quibus laborat illa ratio, nostrâ quidem mente, indicandae sunt.

3. SEEBECK metallum, cujus natura thermo-electrica erat inquirenda, conjungebat cum arcu cupreo, quo in medio erat acus magnetica. Altertro puncto conjunctionis apponebatur discus oxydi cupri calefactus, minime autem metalla illa tangens, ut solâ radiatione caloris punctum conjunctionis metalli et cupri calefieret. Observabatur declinatio acus magneticae, num orientem an occidentum versus deflecteretur, ejusque declinationis magnitudo. Sed ratio illa non dare poterat indicationem accuratam diversitatis temperaturae in conjunctionis punctis, quae tamen diversitas causa erat primaria, requisitum princeps atque necessarium fluxuum thermo-electricorum. Hinc adducebantur physici, ut metalla ferruminatione conjungerent, quo facilius conjunctionis punctis ipsis diversam temperaturam darent, eamque diversitatem thermometri ope cognoscerent. Ita jam fecit SEEBECK, fecerunt et alii, atque haec ratio disponendi metalla, in quorum facultatem thermo-electricam inquirendum, fere ubivis recepta et hucusque adhibita. Physici celeberrimi MOLL, VAN BEEK, VAN ZUYLEN VAN NYEVELT in experimentis simultaneis, TRAILL conjungebant baculos diversorum metallorum et extremis applicatas laminas cupri aut alius cujusvis metalli circumvoluto filo cupreo.

4. Rationes memoratae metalla ad experimenta

thermo-electrica disponendi non omni objectione vacant, meo quidem iudicio, cujus iudicii causas hic tradam.

Quando duo metalla, v. c. bismuthum et cuprum ferruminatione secum invicem conjunguntur, haec ferruminatione, si non ipsa metalla paulisper afficit, aliud novum atque heterogeneum corpus in circuitum electricum affert. Hic circuitus non amplius e cupro et bismutho solis constat, ferruminatione addit combinationem metallicam, quae universe suum sibi locum proprium in serie, ita dictâ, thermo-electricâ vindicat. Dispositio ergo non est, bismuthum, cuprum, sed bismuthum, ferrumen, cuprum, ferrumen et bismuthum. Si igitur determinanda est facultas thermo-electrica relativa bismuthi et cupri, hoc attendendum est, quod, ut per se patet, in effectus dispositionis agit, observationem implicat. Si enim ferrumen ipsum, quod inter duo metalla intercedit, calefit, orientur effectus thermo-electrici inter bismuthum et ferrumen, et alia ex parte inter ferrumen et cuprum. Si nunc fluxus electrici ejusdem nominis in duabus illis conjunctionibus, diversas sequantur vias, quod etiam verosimile est ex experimentis SEEBECKIANIS, necesse est, ut v. c. fluxus positivus, ortus in ferrumine conjuncto cum cupro, intensitate aequalis sit fluxui negativo, orto in ferrumine, quod conjunctum est cum bismutho, ut semet invicem tollant et fluxus electrici positivi in bismutho et negativi in cupro non imminuti progrediantur. Num vero de tali justâ aequalitate constat? Nonne fluxus illi electrici positivi in bismutho et negativi in cupro inde afficiuntur?

Objici quidem potest, cum ferrumen etiam secundâ vice in circuitu hocce electrico occurrat, hac dispo-

sitione tolli effectus interpositi ferruminis. In hoc experimento, aequae ac in aliis permultis experimentis physicis, in quorum dispositionem multa sint inferenda, quae non per se juste admittenda viderentur, propter effectum, duplicatione in contrarias agentem directiones, atque inde sublato, ferruminationem adhiberi posse, quum apta sit methodus conjunctionis metallorum efficiendae. Hac ratione, etsi non absolutas, certe relativas facultates thermo-electricas metallorum cognosci, quae facultates relativae omnes, uno eodemque errore affectae, comparandae sint, atque comparatione hacce, rite instituta, tantum opus esse, ut in naturam fluxuum thermo-electricorum accuratius inquiratur. Hujus argumenti vim minime quidem nego, confiteor illud universe etiam in experimentis thermo-electricis adhiberi posse, quod in aliis experimentis physicis optimo eventu adhibitum saepius sit. Verum e contra quaeri posse contendo, num interposito ferrumine, in duobus conjunctionis punctis circuitus thermo-electrici, omnia ita sint prorsus similia, ut effectus, in contrarias agentes partes, tollantur? Num, altero conjunctionis puncto frigido, altero calefacto, actio electrica, inter ferrumen et metalla excitata, sit aequalis? Num, etiamsi aequalis sit electricitas excitata, conductio caloris et electricitatis in duobus illis punctis sit similis, cum constet, conductionem et caloris et electricitatis temperaturam corporum conducentium affici? Quaestiones hae minime adhuc solutae, neque, ut opinor, ita facile solvendae, minoris esse momenti videri possunt, praesertim quum tanta hucusque sit infirmitas adminiculorum scientiae physicae, atque, uti jam

monui, ferruminatio adeo apta methodus videatur metalla firmiter conjungendi, atque in iis phaenomena thermo-electrica indagandi. Indicare tantum volui, methodum illam non omni objectione vacare, atque sperandum, fore ut postea adminicula scientiae eo usque perficiantur, ut, rejecto omni auxilio a quaestione alieno, phaenomena illa accuratius observari possint.

Ferruminationem enim non tantum quaestionem propositam complicare sed etiam naturam circuitus thermo-electrici mutare patet e natura ferruminis, ejusque adhibendi ratione. E natura, cum ferrumen adhibeatur, uti vulgo occurrit, quod rarius e purissimis metallis est conflatum, quae metalla ideo in circuitum thermo-electricum inferuntur. Quod ad adhibendi rationem, non tantum cylindri crassiores metallorum adhibentur in experimentis thermo-electricis sed et fila tenuissima, atque haec etiam ferruminatione conjuncta fuerunt. BECQUEREL, physicus celeberrimus atque observator diligentissimus, componit circuitum thermo-electricum ex 8 filis diversorum metallorum, quorum quodque duo decimetra longum, diametro *dimidii millimetri*, atque eorum extrema conjungit ferruminatione (*soudés bout à bout*) (1). Pace viri celeberrimi sit dictum, non quidem intelligo, quomodo fila adeo tenuia sint ferruminatione conjungenda, nisi ferrumine non tantum partes extremae sed et spatio certe duorum aut trium millimetrorum quodque filum obducatur, si firmiter sibi adhaerere debent. Quaestio ergo oritur maximi momenti, num tale integumentum adeo extensum non

(1) *Traité de l'Electricité et du Magnétisme*. II. p. 52.

afficiat effectus hujusmodi circuitus, facultates thermo-electricas relativas observatas filorum metallicorum? Negat POUILLET (1), observator accuratissimus, dicendo: «facile esse cognitu, extensionem ferruminis non afficere effectus, dummodo omnia ejus puncta eâdem utantur temperaturâ;» addendum esset, ni fallor, *eodem temporis momento*. Incrementum enim *simultaneum* temperaturae praesertim requiritur ob causas, e theoria facile explicandas, atque hoc difficile mihi videtur effectui, quando extensio ferruminis sit major. Sed praeterea talis obductio ferruminis superficiem metallorum mutat, atque inde conducendi facultatem circuitus, inde etiam intensitatem fluxus thermo-electrici.

5. Quod ad alteram conjunctionis efficiendae rationem, quam TRAILL praefert ferruminationi, pauca sufficient. Filum cupreum, ad conjungenda metalla cum laminis circumvolutum, cum metallo aequae ac lamina cuprea applicata actionem thermo-electricam, intensitate forte minori, non tamen penitus negligendâ, excitabit. Porro, si lamina, uti in experimentis, quae instituerunt Viri Cel. MOLL, VAN BEEK, VAN ZUYLEN VAN NYEVELT, etiam est alius metalli, circuitus, cujus quaeritur facultas thermo-electrica, e tribus constabit metallis. Inde hoc casu problema solvendum complicatur, et ferruminatio forsitan praeferenda videretur.

6. Sed ad excitanda phaenomena thermo-electrica,

(1) *Elemens de Physique et de Meteorologie*, 4^e Edit. n^o 282.

dispositis metallis, alterutrius puncti conjunctionis temperatura est augenda, refrigeratio nempe rarius adhibetur. Hoc item variis modis efficere physici conati sunt: quod ad hoc argumentum valet universe observatio haecce.

Notissimum est, fluxus electricos variâ ratione in corporibus, electricitatem conducentibus, excitari posse. Actio chemica, ipsa adeo varia et multiplex, in his facile princeps. Si igitur diversitas temperaturae vel inaequalis distributio et progressus caloris in metallis, secum invicem conjunctis, fluxus electricos excitare valet, atque fluxus illi electrici sunt determinandi, probe cavendum, ne in dispositione experimenti ansa praebeatur actioni electricae, a causâ chemicâ oriundae. Atque hoc non ita bene semper observatum.

Sic antea, metallis, quorum facultas thermo-electrica quaerebatur, ipsis flamma lampadis, spiritu vini impletæ, admovebatur. Pleraque autem metalla, huic actioni subjecta, oxidantur, naturam itaque sensim sensimque mutant: aliud inde corpus heterogeneum in circuitum electricum illatum. Oxydatio illa actionem chemicam insuper demonstrat, et oritur quaestio, num huic, an actioni caloris fluxus electricus excitatus sit tribuendus? Num haec actio chemica augeat vel minuat, quatenus afficiat actionem propriam caloris? Haec ratio experimenta instituendi igitur prorsus est dimittenda atque rite dimissa est.

Alia est ratio, quam inter alios adhibuit Vir. Clar. DRAPER (1). Fila diversorum metallorum, secum invi-

(1) *London and Edinb. Phil. Mag.* 3^d Series XVI. p. 451—461.

cem ferruminatione conjuncta, tangebant bulbum thermometri, immersi in vas vitreum, aqua majori pro parte impletum, cujus aquae temperatura, admotâ lampade augebatur. Sed constat, quaedam metalla in aquâ oxydari, multo magis in aquâ calidâ, imo fervidâ: hoc in casu igitur denuo actio chemica exercetur. Idem dicendum de ratione temperaturam punctorum conjunctionis augendi, quam adhibuit POUILLET (1), quum partes extremas, ferruminatione conjunctas, bismulhi et cupri immergeret in vasa, impleta glacie aut aquâ calidâ, quum hac aquâ cuprum chemice afficiatur.

7. Tertio loco, quum fluxus electrici, ut appareant, multiplicatoris ope sint condensandi, attendenda est ratio, metalla ad experimentum disposita cum filo multiplicatoris conjungendi. Ad hoc efficiendum, quum in ceteris phaenomenis electricis observandis multam opem afferat mercurius, hic etiam in phaenomenis thermo-electricis saepius, imo vulgo, adhibitus. Sed mercurius ipse actionem quandam thermo-electricam excitare dicitur, de quâ recentius observatâ, infra agitur: foret positivus ratione bismulhi, negativus ratione ceterorum metallorum. Hinc actio thermo-electrica propria mercurii afficeret fluxum thermo-electricum, qui illi esset conducendus, atque denuo complicaret problema. Hinc in phaenomenis thermo-electricis observandis mercurius non ad illum usum adhibendus videtur, quem in phaenomenis electricis, ex actione chemicâ oriundis, praestat,

(1) *El. de Phys. et de Meteorol.* Ed. 4. n° 291.

certe quamdiu quaestio de actione propria non penitus sit soluta.

8. Tales sunt objectiones quas mihi movet ratio experimenta thermo-electrica instituendi vulgo adhibita: si in quibusdam nimis sollicitus fuisse videar, nullus dubito, quin lectori aequo sententia sit ferenda, iis magnâ certe pro parte observationem premi. Neque ita facile penitus removendae videntur, quum natura problematis propositi multas praebet difficultates, quae accuratiori observationi obstant. Quanam difficultates istae sint, jam videamus.

9. Quum quaerenda sit facultas thermo-electrica diversorum metallorum, effectus, quos edunt, secum invicem comparandi sunt. Ad comparisonem autem justam instituendam praestabit eandem quantitatem et eandem formam cujusque metalli adhibere. Si formam cylindricam aut prismaticam adhibere velimus, magnum pretium obstat ne hanc etiam in metallis quibusdam, v. c. argento, auro, platino servemus. Si tantum fila, quaedam metalla in fila tenuia duci poterunt, alia penitus non, vel tantum ad minorem tenuitatem.

Quâ ratione foret huic difficultati occurrendum? non alia, me iudice, quam resolvendo problemate in plura, inquisitione scilicet accuratâ, in metallis, quae in variis adhiberi possunt formis, quamnam vim habeat forma, quamnam quantitas ad afficienda phaenomena thermo-electrica, in iis obvia. Talis observatio accurata, vel in uno metallo, instituta, meliora jam nos docebit de naturâ electricitatis hoc casu excitatae. Ad observationem

hance instituendam, conjungendum erit metallum quodlibet cum alio, nunc diversum volumen, nunc diversam quantitatem actioni caloris offerente, sed in omnibus illis experimentis *ejusdem* naturae chemicae, ne diversa haec natura problema complicitet. Si haec observatio in aliis metallis institui potest, effectuum editorum comparatio naturam thermo-electricam relativam horum metallorum dabit. Atque etiamsi non ita in omnia metalla, quod ad volumen, quod ad quantitatem inquiri possit, data observationis, dictâ ratione institutae, cum comparatione accuratâ metallorum, quod ad naturam, scientiam thermo-electricam certiolem praestare possunt. Probatur quidem infra, (59), tensionem thermo-electricam non affici volumine vel quantitate materiae, omnino vero intensitatem in circuitu, atque inde observatam declinationem acus magneticae et deinde etiam facultatem thermo-electricam, e declinatione illâ computatam.

Sed observationes indicatae illa imprimis premuntur difficultate, quod status plus minusve purus metallorum, quae adhibentur, est attendendus, atque metalla chemice pura adhibenda sunt, ne corpora heterogenea in circuitum electricum inferantur. Quanti momenti haec observatio sit, indicant experimenta SEEBECKII, quum in constituendâ serie, ita dicta, thermo electrica occupatus esset. Physicus ille metalla, quam purissima posset, adhibuit, magna tamen diversitas apparuit, vel et in platino, quod non nisi rarius chemice afficitur. Metalla igitur chemice pura adhibenda sunt, quod non ita facile semper efficiendum, atque insuper methodi aliae aliam naturam metallis ita reductis praebent. Exemplum affert series prior SEEBECKIANA, in quâ

cuprum ex oxydo nigro reductum, *septimum* locum, cuprum ex sulphate oxydi cupri reductum ope zinci vel ferri, *vicesimum septimum* tenet. Quum praeterea metalla et purissima esse et in disponendo experimento purissima conservari oporteat, desperandum foret, quamdiu non ulterius progrediatur chemia, de metallis *purissimis* adhibendis. Rebus igitur ita se habentibus, sufficere nunc videtur, metallis, *quantum possit* purissimis uti, atque sperandum, fore ut aliquando error observationis, hinc oriundus, eliminari possit.

10. Magna etiam difficultas versatur in augendâ temperaturâ alterutrius puncti conjunctionis. Non enim tantum augenda est sed et aucta accuratius notanda et quidem eo temporis momento, quo declinatio acus magneticae, fluxu electrico effecta, observatur.

Simplicissima quidem agendi ratio foret, conjunctionis punctum ipsum caloris subijcere actioni; impedit autem actio chemica forte oriunda, uti supra animadvertimus. Conjunctionis ergo punctum medio quodam immergendum, hujus medii temperatura augenda est, sed probe cavendum, ne medium quoddam assumamus, quod, vel in temperaturâ communi vel auctâ, chemice agere possit in metalla immersa.

Augetur difficultas eo, quod alterum conjunctionis punctum frigori est subijciendum, quo diversitas temperaturae sit major: hoc casu vulgo minuitur temperatura usque ad punctum fixum thermometri, quo glacies et nivis liquescunt. Quum autem rarius et difficiliter sit, eâ temperatura ambiente, experimenta instituere, metallorum vel medii, quo immersa sunt,

arte temperatura est reducenda. Medium itaque assumendum est, quod nullâ temperaturâ chemice agere potest in metalla, et cujus temperatura pro libitu ad gradum thermometricum satis altum augeri et ad punctum fixum inferius deduci potest.

Sed etiamsi medium detur, omnibus numeris perfectum et proposito inserviens, magna datur difficultas eo, quod aucta temperatura est accurate notanda. Observanda est temperatura non medii sed puncti conjunctionis metallorum, illo immersis: constat enim, quum corpora certo quodam temporis intervallo indigeant ad conducendam quandam caloris quantitatem, dato quodam temporis momento discrimen adesse inter illas temperaturas. Hinc non sufficit observare temperaturam medii, atque exinde eam, veluti esset temperatura, ad quam metalla sunt redacta, conferre cum declinatione acus magneticae in multiplicatore observata.

Hinc praefendum videtur medium, cujus temperatura aucta vel minuta certa quaedam puncta fixa praebet, ita ut calor major adhibitus non ultra alterutrum punctum fixum in thermometrum agere queat. Talis est aqua, sed hoc casu procuranda erunt duo media propter aquae actionem chemicam. Metalla immergenda erunt medio quodam, actioni aquae, cujus temperatura augeri vel minui potest, subjecto. Si medio priori admoveatur thermometrum, hujus temperatura, quando aqua ebullit et postquam tempus elapsum est, requisitum ad communicandum calorem, erit constans. Si aqua ergo adhibetur, constantes temperaturae nivis liquescentis et aquae ebullientis observandae erunt.

Haec vero dispositio experimenti non amplius valet, quando temperatura alterutrius puncti conjunctionis ultra punctum ebullitionis aquae est augenda.

Has ob causas merito mihi praeferenda videtur, quod ad hanc partem dispositionis experimenti, ratio, quam adhibuit BECQUEREL (1), quum indicationes multiplicatoris sui conferre vellet cum intensitate fluxuum electricorum, vel tabulam, ita dictam, intensitatum conficere. Fila enim metallica, secum invicem conjuncta imposuit tubis vitreis, altera parte clausis, et mercurio immersis. Tuborum vitreorum crassities, quantum poterat, eadem erat, quae thermometri, mercurio immersi, qui mercurius actioni caloris subiciebatur. Accuratius etiam, me iudice, temperatura notari possit, si tubi sint ejus aperturae, ut thermometri illis ipsis immitti queant, quo casu nulla crassitiei tuborum ratio habenda est.

11. Quae sint difficultates, observationi phaenomenorum thermo-electricorum propriae, jam vidimus: porro notanda, quae omnibus phaenomenis electricis communis est, atque in accurata mensurâ intensitatis ope multiplicatoris versatur. Denique in omni experimento thermo-electrico probe omnia ea sunt vitanda, quae actionem electricam alienam a propositâ excitare possint. Hoc naturae experimenti est consentaneum: curae autem illi non aequae facile semper est providendum.

12. Si ad illa, quae hoc capite memorata sunt,

(1) *Traité de l'El. et du Magnét.* II. p. 21.

attendamus, sequitur, ea, quae physici hactenus observata memoriae tradiderunt de phaenomenis thermo-electricis caute esse accipienda, quum ratio experimenti instituendi, hucusque adhibita, non omni objectione vacet. Illa hanc ob causam penitus dimittere non suaderem praesertim quum tantae difficultates accuratiori observationi obstant, quas omnino remove praesens infirmitas adminiculorum scientiae non valet. Si quidem ergo non omnia ea perspecta habeamus, quae ad fluxus electricos, diversitate temperaturae in corporibus heterogeneis conjunctis excitatos, pertineant, si lateant etiam multa, quod ad vim, quam natura horum corporum habeat ad afficiendos fluxus excitatos, et quod ad illam, quam diversitas ipsa temperaturae, quaedam vero generalia observationis data memorari possunt, quae nunc tradenda.

CAPUT II.

DE CORPORIBUS, IN QUIBUS FLUXUS THERMO- ELECTRICI EXCITARI POSSUNT.

13. Quia capite primo non nisi de metallis egimus, non inde concludas, in illis tantum fluxus thermo-electricos excitari posse: sunt et alia corpora, in quibus haec phaenomena observantur, atque brevitatis causa metalla tantum hactenus memoravimus. Nunc autem videamus, quaenam corpora electricitatem conducentia haec phaenomena exhibere valeant.

14. Primum inter corpora electricitatem conducentia tenent locum metalla, principem etiam in thermo-electricis. SEEBECK in naturam thermo-electricam inquisivit fere omnium illorum metallorum, quae natura suâ adaptari poterant ad experimentum hujusmodi instituendum, atque in illis, secum invicem combinatis, fluxum thermo-electricum excitari posse invenit: series, ita dicta, thermo-electrica metallorum, capite sequenti traditur. In seriem illam etiam retulit mercurium; quum vero hocce metallum id habeat singulare, quod fluidum sit temperaturâ communi, disquisitionem, num

revera in mercurio fluxus thermo-electrici excitari possint, agemus, ubi de corporibus aliis fluidis erit sermo.

Sed non tantum in metallis heterogeneis, secum invicem conjunctis, fluxus electrici diversitate temperaturae excitantur, verum etiam in metallis homogeneis. SEEBECK enim, BECQUEREL et NOBILI fluxum thermo-electricum observarunt, quando filum metallicum calefactum ad filum frigidum ejusdem metalli admoveretur, cujus fluxus intensitas, etsi exigua atque propemodum nulla in stanno et plumbo, in aliis metallis erat major. Haec phaenomena, etsi diversa ab illis, quae in circuitu metallico, e duobus metallis heterogeneis composito, cernuntur, cum his nexu quodam cohaerere videntur. Non hic quidem de diversitate temperaturae in punctis conjunctionis in circuitu sermo esse potest, inaequalis vero temperatura filorum, certe in nonnullis metallis, fluxum electricum excitare valet, quando contactus efficitur.

Tertia tandem ratione fluxus thermo-electrici excitantur in metallis quibusdam; SEEBECK nempe, STURGEON, alii physici, fluxus electricos observarunt in annulis et baculis bismuthi vel antimonii, in quibus inaequalis erat partium temperatura. Haec phaenomena praesertim in illis metallis exhibentur, quae structuram crystallinam habent, atque ratione quadam hucusque incognitâ e structura illâ pendent, quum si quid hanc afficiat vel tollat, illa etiam minuere imo tollere videatur. Aliâ ex parte BECQUEREL fluxum electricum excitavit in filo platini continuo, cum partibus extremis fili multiplicatoris conjuncto, quando pars ejus ad instar annuli aut helicis erat convoluta et flamma lampadis a parte

dextra vel sinistra hujus annuli vel helicis admovebatur. Patet inde, metalla inter corpora thermo-electrica principem obtinere locum.

15. Praecipuum post metalla locum inter corpora conducentia tenent sulphureta metallorum, aliaque hujus generis corpora, quae itidem thermo-electrica sunt. Multa enim SEEBECK examini subjecit atque fluxus electricos in illis excitari observavit: si qua invenit, in quibus haec phaenomena observanda non erant, tribuendum videtur rationi instituendi experimenti, cum nudá acu magnetica, non multiplicatore usus sit. Certe pleraque tales exhibent fluxus, qui non nisi multiplicatione apparent. SEEBECK etiam experimenta quaedam instituit de facultate thermo-electrica combinationum chemicarum metallorum inter se, quibus experimentis illustrata est paululum horum corporum natura, atque quaedam, iis propria, innotuerunt. Quia autem haec phaenomena in praesenti scientiae thermo-electricae statu nihil hactenus valent ad illustrandam theoriam, quum ob naturam illorum corporum compositam problema potius complicari videatur, hic indicasse sufficiat.

16. Quum inter corpora electricitatem conducentia inveniatur carbo, quaestio oritur, num etiam in hocce corpore fluxus thermo-electrici excitari queant. SEEBECK carbonem communem querceum vel fagineum, non thermo-electricum invenit; omnino vero carbonem, ita dictum, thermoxydatum: qualis autem fuerit, non indicavit physicus clarissimus. CUMMING carboni locum tribuit in serie, quam confecit ipse, atque item plum-

bagini. Unde explicandum sit hoc discrimen non certo indicari posse videtur: forsán carbo, a SEEBECKIO adhibitus, non bene erat ustus. Constat praeterea ex experimentis de facultate conducendi in carbone a PRIESTLEYO institutis, hunc physicum invenisse carbones saepius hoc respectu multum differre (1). Ceteroquin e seriebus SEEBECKIANIS metallorum, infra tradendis, in quibus chalybs et ferrum proximum sibi invicem locum tenent atque observant, videretur, carboni exiguam facultatem thermo-electricam esse tribuendam, quum carbonis admistio ferri facultatem thermo-electricam adeo paululum mutaverit.

17. Hactenus de corporibus solidis egimus; num in fluidis etiam fluxus thermo-electrici excitari possunt? Quaestio magni momenti esse videtur atque digna, quae accuratiori subjiciatur examini.

BECQUEREL (2), memorans phaenomena thermo-electrica quae observavit NOBILI, quando cylindrum argillae acuminatum, calefactum et calore rubentem appremebat ad alium cylindrum homogeneum frigidum, ea explicat e reactione aquae calidae in aquam frigidam. Non vero patet, quaenam aqua hic intelligenda sit, cui facultatem thermo-electricam tribuit.

E contra phaenomena electrica, quae observantur, quando aqua pura calida cum frigida commiscetur causae tribuit chemicae, quia, ex experimentis, quae instituit PELTIER, declinatio acus magneticae observata,

(1) *History of Electricity*, 2^d Edit. p. 571.

(2) *Traité de l'Electricité et du Magnet*, II. p. 59.

magna erat in multiplicatore, e filo longiori confecto, exigua in multiplicatore, filo breviori instructo (1). Haece autem ratiocinatio eo innitur fundamento, quod fluxus thermo-electrici propter exiguam tensionem non nisi galvanometris, filo breviori instructis, sint detegendi, et effectus mutati multiplicatoris hoc casu contrarius sit naturae talis fluxus electrici. Obstat vero observatio Viri Cl. GAUSS (2), fluxus thermo-electricos aequae bene ac fluxus alios electricos, ex alio fonte oriundos, longiori filo metallico conduci. Si igitur filum longius multiplicatoris non eam fluxui thermo-electrico offerat resistantiam, quâ evanesceret, dimittenda quidem est ratiocinatio illa, et experimentum hocce PELTIERI aliter explicandum, causa vero diminutae declinationis acus magneticae non facile patet. Quamdiu autem lateat, experimentum memoratum nihil facere videtur ad probandam vel negandam facultatem thermo-electricam aquae purae: quaestio haece aliâ ratione, aliis experimentis erit solvenda.

18. Recens est accuratior inquisitio in facultatem thermo-electricam mercurii, quae ob frequentissimum mercurii usum in electricis experimentis majoris esse momenti videtur. SEEBECK et CUMMING jam mercurio locum in serie thermo-electrica metallorum tribuerunt, sed longe diversum, ille enim fere in mediâ serie, hic locum secundum. Videtur vero in utriusque experimentis mercurius cum alio metallo conjunctus fuisse, ita ut circuitus efficeretur, e duobus compositus me-

(1) *Traité* V, I. p. 247.

(2) *Resultate aus den Beob. des Magnet. Vereins*, 1837. s. 12, 13.

tallis. In disquisitione, num mercurio facultas thermo-electrica tribuenda sit, duplex oritur quaestio, nempe num in mercurio, cum alio quodam metallo conjuncto, fluxus thermo-electricus excitari queat, atque deinde num etiam in conjunctione mercurii calidi cum mercurio frigido. Duplex enim illa ratio in plerisque valet metallis, atque probe distinguenda videtur. Hinc primo loco videamus, quid fiat, quando mercurius interponitur inter fila ejusdem vel diversi metalli, deinde quando mercurius calidus cum frigido commiscetur.

19. Primus denuo hanc quaestionem solvere conatus est physicus Italus MATTEUCCI (1), qui observavit haecce. Si duo fila cuprea jungantur cum filo multiplicatoris et alterum calefactum admoveatur ad alterum frigidius, fluxus electricus excitatur, qui a metallo calido ad frigidum progreditur: si fila ferrea adhibeantur, fluxus progreditur a metallo frigido ad calidum. Si vero fila cuprea non ad se invicem admoveantur, sed immergantur in mercurium, contentum in duobus vasculis, siphone conjunctis, quorum alterum est altero calidius, fluxus thermo-electricus non amplius a metallo calido ad frigidum sed a frigido ad calidum progreditur. Idem obtinet si fila, unum post alterum, in idem vasculum calefactum immergantur.

20. Vir. Cl. VORSSELMAN DE HEER, (2) invenit, directionem fluxus electrici in cupro et platino, in quibus

(1) *Bibl. Univ. de Geneve*, Nov. 1837. *Phil. Mag.* Series III. Vol. XII. p. 295.

(2) *Konst- en Letterbode*, 1833. I. p. 283.

a metallo calido ad frigidum progreditur, non mutari, si conjunctio filorum per *guttulam* mercurii efficeretur, et alterutrum filum calefieret. Sin vero mercurius interpositus quasi filum, 0^m,1 longum et 0^m,002 crassum, constitueret, et alterutrum filum calefactum in mercurium immergeretur, fluxus electricus observabatur progredi a filo homoganeo frigido, adhibitis platino, cupro, zinco, argento, ferro, antimonio: idem obtinebat si partes extremae mercurii calefierent. Si bismuthum conjungeretur cum multiplicatore, in mercurio etiam directio fluxus electrici erat a frusto metallico calefacto ad frustum frigidius. Hinc seriem thermo-electricam ita constituit: — E, Bismuthum, Mercurius, Platinum, Cuprum, Zincum, Argentum, Ferrum, Antimonium + E. Hanc facultatem thermo-electricam eo comprobari credit experimento, quod, quando duo fila heterogenea, e g. cuprum et platinum, adhiberentur et platinum calefactum et cuprum in canalem illum mercurii immergerentur, fluxus electricus progrediretur non a platino ad cuprum, uti e serie thermo-electricâ sequeretur, sed a cupro ad platinum.

21. Quum autem haec experimenta Viri Cl. repperem, non prorsus similia observavi. Duo fila platini, aequae crassa atque fere ejusdem longitudinis, conjungebantur cum filo cupreo multiplicatoris: alterutro calefacto atque admoto ad frigidum, declinatio acus magneticae observabatur et directio fluxus electrici cernebatur esse a metallo calefacto ad metallo frigidum. Si vero filum alterum immersum erat in *guttulam* mercurii, vasculo contentam, atque alterum calefactum

in flammâ lampadis, spiritu vini impletae, immergebatur in *mercurium*, fluxus electricus intensitatis debilissimae progredi videbatur a metallo frigido ad metallum calefactum, directio enim erat inversa: sin non mercurium sed metallum ipsum frigidum tangebatur, denuo directio fluxus erat a calefacto ad frigidum. Hoc prorsus non consentit cum experimentis jam citatis Viri Cl. DE HEER, qui majori tantum quantitati mercurii facultatem tribuit directionem fluxus electrici invertendi. Illius vestigia seculus etiam majorem quantitatem mercurii inter duo fila metallica interposui. In tabulâ ligneâ canalem feci, $0^m,11$ longum, $0^m,01$ latum: altero filo huic canali, mercurii pleno, infixi, alterum calefactum in mercurium immergebatur; directio fluxus electrici erat inversa, a metallo frigido ad metallum calefactum progredi videbatur. Quod autem insuper notandum videtur, declinatio acus magneticae eadem erat, intensitas fluxus electrici, licet debilissima, eadem, quae ante observata, quum guttula mercurii conjunctionem effecit. Hinc minime agere in effectum thermo-electricum hoc casu videtur distantia, quae inter fila intercedebat, quae fila in vasculo non amplius quam $0^m,002$, in canale e contra $0^m,1$ a se invicem distabant. Hinc major illa quantitas mercurii, canali contenta, idem efficere visa, quod guttula in vasculo.

22. Haecce actionis aequalitas, licet varietur quantitas, mercurii interpositi, confiteor, me in suspicionem adduxit, num revera in hisce experimentis actio thermo-electrica propria mercurii cerneretur, num haec inversio directionis fluxus electrici alii causae sit tribuenda.

Quando filum calefactum platini in mercurium immergitur, filum ipsum subito refrigeratur, calor cum mercurio communicatur et ab hoc denuo cum altero filo platini in mercurium jam immerso. Nonne fortasse ita fluxus thermo-electricus excitaretur, progressus a filo, quocum calor est communicatus ad alterum, prius quidem candens, nunc vero subitam depressionem temperaturae passum? Insuper nunc demum, quod antea saepius negatum, certissime constat, mercurium optime calorem posse conducere: hinc forsitan mercurius interpositus conducendo tantum calori, secum communicato, inserviret. Objectio quidem moveri possit, tempus quoddam esse requisitum ad conductionem caloris per mercurium interpositum: respondeo vero, mihi sane in pluries repetitis experimentis, intervallum temporis, elsi brevissimum, elabi visum, antequam acus magnetica multiplicatoris moveretur. Insuper observavit Vir. Cl. DE HEER, fluxum thermo-electricum, ita interpositâ majori quantitate mercurii, excitatum, diutius subsistere, qui, non interposito mercurio, momentaneus est. Haec facile explicantur ex hypothesi, mercurium hoc casu tantum conducendo calori inservire, e quâ hypothesi etiam sequeretur, majorem vel minorem quantitatem mercurii interpositi tantum eâ ratione declinationem acûs magneticae affecturam, quod post temporis aliquod intervallum majus vel minus cerneretur, uti observatum: utroque casu declinationis quantitas eadem foret. Haec qualiscunque explicatio, quam minime indubitatum esse contendere ausim, valeret etiam quando fila duorum diversorum metallorum in mercurium immergantur, quo casu propter refrigerationem alterius

et calorem cum altero communicatum, directio fluxus, serie thermo-electricâ data, inverteretur. Hinc nondum Viro Cl. assentiri possum, propter memorata experimenta facultatem thermo-electricam mercurio tribuenti.

23. Si igitur, hucusque certe, neganda sit facultas thermo-electrica mercurio, duo tamen sunt phaenomena, quae longe aliter neque facile explicanda videntur. Alterum est illud non inversae directionis fluxus electrici, quando bismuthum adhibetur, quod fortasse explicatur iis, quae de directione in duobus frustulis bismuthi, secum conjunctis, capite sequenti erunt dicenda (42). Alterum, quod, si mercurius in vasculo calefit et fila cuprea, unum post alterum, in mercurium, ita calefactum, immerguntur, fluxus electricus excitatus progreditur a filo, posterius immerso, hinc frigidiori. Si loco filorum cupreorum adhibeantur duo baculi bismuthi, fluxus electricus progreditur a baculo prius immerso. Fluxus est momentaneus atque evanescit, simulac filum utrumque metallicum eâdem utatur temperaturâ. Haec experimenta facultatem thermo-electricam mercurii probare asserit Vir. Cl. DE HEER atque non facile ex alia hypothesis explicanda esse confiteor, probant certe, quaestionem, num in mercurio, ita cum alio metallo conjuncto, ut circuitum efficiat, fluxus thermo-electrici excitari queant, minime adhuc esse solutam.

24. Experimenta etiam instituta sunt ad dirimendam quaestionem alteram, num in commistione mercurii calidi cum mercurio frigido fluxus thermo-electricus excitetur

MATTEUCCI (1) adhibuit tria vascula, mercurii plena, juncta duobus siphonibus, in quorum extrema immergebantur fila multiplicatoris. Sublato alterutro siphone et calefacto vasculo medio, deinde restituto siphone, mercurius calefactus cum frigido conjungebatur: exigua et dubia actio in acum magneticam observata, cujus directio nunc haec, nunc illa.

Vir Cl. DE HEER (2), hoc experimentum repetens, in tabulâ ligneâ fecit canalem, fere $0^m,2$ longum: in medio erat apertura, quae obturabatur lamella ferrea aut vitrea. Pars mercurii, in canali contenta, a quâ erat haec lamella, calefiebat, admotâ lampade, et pars altera mercurii chartâ vel ligno interposito impediabatur, quo minus cum alterâ conjungeretur: tandem partibus extremis canalisis immersa erant fila metallica, cum galvanometro conjuncta. Parte nunc alterâ calefactâ et, sublato impedimento, cum alterâ conjuncta, fluxus electricus cernebatur, a *mercurio calido ad frigidum* progredi visus; acus tamen declinatio non major erat quam 6° ad 10° in galvanometro, breviori filo instructo: actio, etsi exigua, in acum non tamen dubia erat. Idem observavi ipse, quum haec experimenta repeterem, atque, ut quantum possem omnem actionem chemicam excluderem, aperturam clauderem, ope lamellae vitreae et in canalem immergerem fila platini, cum filo cupreo multiplicatoris conjuncta.

MATTEUCCI (3) nuper actionem thermo-electricam, hac ratione in mercurio excitatam, novis subjecit ex-

(1) l. l.

(2) *Konst- en Letterbode*, 1838 I. p. 357.

(3) DE LA RIVE, *Archives de l'Electricité*, II p. 227-231.

perimentis. Adhibuit vasculum fictile quod lamellâ ligneâ in duas dividebatur partes; utrique parti infigebatur siphon vitreus. Siphones implevit ad aequalem altitudinem mercurio, in quem immergebantur fila extrema multiplicatoris: deinde in alteram partem vasculi infudit mercurium frigidum temperaturae -10° et in alteram mercurium calidum temperaturae $+180^{\circ}$: nunc sublatâ tabellâ ligneâ, atque igitur conjunctis mercurio calido et frigido, etsi pluries repeteretur experimentum, acus magnetica multiplicatoris non declinabat. Bis tantum fluxum electricum observavit, idque quando, sublatâ lamellâ ligneâ, et altitudine mercurii in utroque siphone inaequali, mercurius in illis elevari vel descendere observabatur, et quidem illo casu fluxus a (*mercurio?*) calido ad frigidum, hoc vero a frigido ad calidum progredi visus.

Hoc experimentum, quod summa cura institutum fuisse videtur, auctori et subinde mihi probat, facultatem thermo-electricam propriam hoc casu mercurio esse negandam. Rarus fluxus electricus observatus, in hisce aequae ac in experimentis, quae Vir. Cl. DE HEER et ipse instituimus, forsâ explicatur motione mercurii atque ita nunc majori nunc minori superficie fili conductentis, quam ante, caloris actioni subjecta, quae motio mercurii in ratione disponendi experimenti, prius adhibitâ, latens quam certissime apparet in ratione nunc descriptâ. Addendum videtur, quod MATTEUCCI fluxum thermo-electricum, quem Vir. Cl. DE HEER observavit, explicari velit inaequalitate temperaturae *in partibus extremis* fili multiplicatoris. Neque ratio latet, quia filum multiplicatoris, mercurio calefacto

immersum, ab hocce calorem accipiens, calidioris metalli partes agit ratione fili alterius, mercurio frigido infixi. Praeterea fluxus hicce est momentaneus atque exiguus, uti e dispositione experimenti necessario sequitur, momentaneus quia apparere debet eo temporis momento, quo mercurius circuitum electricum claudit et exiguus, quia diversitas temperaturae in filis illis extremis non magna esse potest. Nullus igitur fluxus thermo-electricus excitatur, quando mercurius calidus cum frigido commiscetur.

25. Haec de mercurio: quod ad alia metalla fusa quaedam etiam instituta sunt experimenta. MATTEUCCI (1), qui fluxum electricum insignem excitari observavit, quando lamina bismuthi calefacta tangeretur filis extremis multiplicatoris, eum vero evanescere vidit fuso bismutho, filisque illis ei immersis; acus magnetica multiplicatoris denuo declinabat, quando bismuthum refrigeratum solidescere coepit. Idem in antimonio observatum.

26. E contra ANDREWS (2) fluxus thermo-electricos observavit, quando sales quidam, calore fusi, conjungerentur cum filis platini, cum filo multiplicatoris junctis, atque diversâ usis temperaturâ. Primum quidem adhibuit boratam sodae, deinceps vero, eodem eventu, chloruretum et ioduretum potassii, carbonatam potassae, sulphatam sodae, chloruretum strontii, imo

(1) *Phil. Mag.*, Series III. Vol XII p. 295.

(2) *Ibid*, Vol. X. p. 433—440.

et acidum boracicum, alia. Deinde loco platini vel unum vel duo altera fila metallica heterogenea substituit, quo casu autem saepius actio chemica oriebatur, vel filum metallicum ipsum admoto calore fundebatur. Luculentior vero in his erat boras sodae, ad quem fusum in filo platini, alterum filum platini calefactum admovebatur, atque illa erat fluxus electrici intensitas, ut, quando charta, madefacta solutione iodureti potassii, imponeretur laminae platini, cum altero filo platini conjunctae, et alterum filum admooveretur ad chartam, ioduretum potassii decomponeretur. Imo, hac dispositione filorum platini et interpositi boratis sodae *quater* tantum repetita, aqua decompositionem passa est chemicam: *vicies* repetitâ, actio in linguam cognosci poterat. Hinc fluxus, ita excitati, intensitas superare etiam videtur illius, qui excitatur diversitate temperaturae in metallis heterogeneis: fluxum autem revera esse thermo-electricum, imprimis adhibito platino, facile patet.

27. In corporibus recensitis fluxus thermo-electrici hucusque observati sunt. Quaedam autem ad fluxuum illorum naturam illustrandam ope acus magneticæ sunt comperta, nunc exponenda.

CAPUT III.

FLUXUS THERMO-ELECTRICI EXCITATI ACTIO IN ACUM MAGNETICAM.

28. In exponendâ hacce actione praecipuas ad examen revocabimus observationes; non enim nostrum est propositum omnes observationes singulas, omnia experimenta recordari. Sufficere videtur, ut ea tantum indicemus, quae eo majoris momenti sunt, quo, accuratius observata, illustrandae horum phaenomenorum causae inservire possint.

Actio fluxus thermo-electrici in acum magneticam duabus cognoscitur notis, directione nempe et quantitate declinationis ipsius acus.

§ I. *Directio declinationis acus magneticæ.*

29. Quod ad phaenomena thermo-electrica excitata in duobus metallis heterogeneis conjunctis, SEEBECK jam statim observavit directionem polarisationis magneticæ, atque inde metalla distribuit in *occidentalia* et *orientalia*. Alii physici vero, phaenomena actioni

electricae tribuentes, metalla diversa, prout conjuncta diversos ederent effectus, distribuerunt in *positiva* et *negativa*. Haec etiam sola vera videtur esse ratio, quum physici hodie in illud consentiant, quod fluxus electrici tamquam causae horum phaenomenorum assumendi sint, qui fluxus electrici excitantur diversitate temperaturae in conjunctionis punctis. Inde, quippe quidem a diversâ causâ oriundi, diversi, cum fluxubus electricis, aliâ ratione excitatis comparari possunt. Praestare ergo videtur in omnibus similia dare similibus nomina. Si igitur ponitur, fluxum electricum excitatum (positivum) a loco calefacto progredi, metallum quodque in serie erit negativum ratione habitâ sequentis, quod positivi partes aget, et series progredietur a metallo, quod quam maxime erit negativum, a quo, cum alio quodam sequentium conjuncto, fluxus electricus positivus *ad hoc* progreditur in loco calefacto, usque ad metallum, quod quam maxime erit positivum, uti in serie voltaica. Si autem cum SEEBECKIO facimus, ita ratiocinandum erit: duobus metallis ita conjunctis, ut faciant cylindrum, atque hoc cylindro posito in meridiano magnetico, quum linea *inferior* conjunctionis calefiat altera pars dimidia cylindri *orientalis* erit, quae negativa foret e theoriâ electricâ jam citatâ, altera, quae *positiva* foret, *occidentalis*. Si haec attendamus, *orientalis* et *negativus*, *occidentalis* et *positivus* voces erunt ejusdem significationis. His praemissis, series thermo-electrica metallorum quod ad directionem fluxus electrici excitati, quam confecit SEEBECK, ita se habet:

Orientalia. Negativa.

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Bismuthum. | 19. Chromium. |
| 2. Niccolum. | 20. Molybdaenum. |
| 3. Cobaltum. | 21. Cuprum (2). |
| 4. Palladium. | 22. Rhodium. |
| 5. Platinum (1). | 23. Iridium. |
| 6. Uranium. | 24. Aurum (2). |
| 7. Cuprum (0). | 25. Argentum. |
| 8. Manganum. | 26. Zincum. |
| 9. Titanium. | 27. Cuprum (3). |
| 10. Aurichalcum (1). | 28. Wolframium. |
| 11. Aurum (1). | 29. Platinum (4). |
| 12. Cuprum (1). | 30. Cadmium. |
| 13. Aurichalcum (2). | 31. Chalybs. |
| 14. Platinum (2). | 32. Ferrum. |
| 15. Mercurius. | 33. Arsenicum. |
| 16. Plumbum. | 34. Antimonium. |
| 17. Stannum. | 35. Tellurium. |
| 18. Platinum (3). | Occidentalia. Positiva. |

Series autem haecce a SEEBECKIO confecta est, quando
temperaturae diversitas erat minor.

30. CUMMING confecit seriem sequentem:

- | | | |
|----------|---------------|------------------------|
| Negativa | 1. Bismuthum. | 9. Plumbum. |
| | 2. Mercurius. | 10. Aurichalcum. |
| | 3. Niccolum. | 11. Rhodium. |
| | 4. Platinum. | 12. Aurum. |
| | 5. Palladium. | 13. Cuprum. |
| | 6. Cobaltum. | 14. Iridium et Osmium. |
| | 7. Manganum. | 15. Argentum. |
| | 8. Stannum. | 16. Zincum. |

17. Carbo. 20. Arsenicum.
 18. Plumbago. 21. Antimonium. Positiva.
 19. Ferrum.

BECQUEREL tandem dedit hancee:

— E. Bismuthum, Platinum, Plumbum, Stannum, Cuprum, Aurum, Argentum, Zincum, Ferrum, Antimonium. . . + E.

Alias series, ab aliis physicis confectas, praetermittimus.

31. Si qua diversitas, in his seriebus obvia, pendet ab observatore ipso, et a diversâ experimenti instituendi ratione, ex aliis etiâ causis explicanda videtur.

In serie SEEBECKIANA numeri, quibusdam metallis adjecti, indicant diversa specimina ejusdem metalli, a physico illo adhibita. In genere, quam purissima posset, metalla adhibuit, nonnumquam autem, qualia vulgo comparanda sunt. Inde patet, metalla, qualia vulgo occurrunt, saepius longe alium locum in serie occupare, quam quae chemice et accuratissime ex oxydis vel aliis combinationibus reducta sunt. Hinc sequitur, diversitatem illam imprimis esse tribuendam conditioni plus minusve purae metallorum, atque diversam naturam chemicam metallorum afficere directionem fluxus electrici in illis excitati.

32. Sed praeterea directio illa ipsâ diversitate temperaturae afficitur, uti jam observavit SEEBECK, qui confectam seriem citatam mutari invenit, quando temperaturae diversitas in conjunctionis punctis erat major. Tunc enim ita se habebat:

Orientalia. Negativa.

- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. Bismuthum. | 11. Aurichalcum (1). |
| 2. Niccolum. | 12. Cuprum (0). |
| 3. Palladium. | 13. Cuprum (1). |
| 4. Platinum (1). | 14. Cuprum (2). |
| 5. Platinum (3). | 15. Aurum (1). |
| 6. Platinum (4). | 16. Aurum (2). |
| 7. Plumbum. | 17. Zincum. |
| 8. Stannum. | 18. Argentum. |
| 9. Chalybs. | 19. Antimonium. |
| 10. Ferrum. | Occidentalia. Positiva. |

33. Quum numeri, hic adjecti, idem specimen metalli indicent, quod in serie priori eodem numero notatum est, institutâ comparatione patet:

1°. diversitate majori temperaturae tolli vim, quam diversa natura chemica speciminis in afficiendam directionem fluxus electrici haberet: exemplo sint platinum, cuprum, aurum: diversa horum metallorum specimina, in priori serie multum a se invicem distantia, nunc semet consequuntur.

2°. Ferrum, hoc casu, imprimis mutavisse locum, quum in priori serie valde positivum, nunc in posteriori medium quendam locum occupet. Chalybs eandem patitur mutationem.

34. Etsi, me quidem iudice, haec caute accipienda videantur ob methodum instituendi experimenti, in hisce a SEEBECKIO adhibitam, quam supra (3) tradidimus, atque dolendum sit, quod non indicata sit temperatura, quâ series haec posterior confecta, quod de ferro dictum majoris esse momenti videtur atque con-

firmari accuratiori observatione CUMMINGII et BECQUERELII. CUMMING enim observavit, directionem fluxus electrici excitati in ferro conjuncto cum argento, cupro, aurichalco, auro et zinco, quando minor erat temperatura diversitas, inverti quando temperatura alterius puncti conjunctionis eo augebatur, ut rubesceret. (Belg. *in de donkerroode gloeihitte*.) Eandem autem inversionem non observare potuit in conjunctione ferri cum platino vel cum plumbo. Notatu dignissima videtur haec observatio, quae plane cum experimentis Seebeckianis convenit, atque e serie Seebeckianâ posteriori explicatur, in quâ ferrum non platinum neque plumbum, sed cuprum, aurichalcum, aurum, argentum et zincum antecedit. Neque huic observationi contraria videntur experimenta, quae instituit POUILLET (1), quum tubum ferreum (sclopetum) jungeret cum duobus filis platini: in his enim, etsi diversitas temperatura quam maxime augetur, nulla fluxus electrici directionis inversio, atque causa patet e serie saepius citatâ, in quâ platinum locum superiorem occupare quam ferrum pergit. Variatio vero quaedam intensitatis fluxus excitati observata, de qua alio loco erit dicendum. Insuper BECQUEREL, in ferro et cupro conjunctis, quando alterius puncti conjunctionis temperatura erat glaciei liquescentis, alterius temperaturam auxit, atque invenit, in temperaturâ jam citatâ directionem fluxus electrici mutari. Hinc ferri proprietates, quod ad directionem fluxus thermo-electrici, indubitata stare videtur.

(1) Utî indicare videtur PFAFF, in GEHLER'S *Phys. Wörterb.* Neue Ausgabe, IX. 736.

35. Non tantum autem in ferro hoc proprium cernitur, observatum etiam in zinco, teste BECQUERELIO, qui, junctis zinco et argento, quando temperatura alterius puncti conjunctionis erat constanter 0° thermometri Celsiusi, invenit declinationem acus magneticae multiplicatoris, initio constanter crescentem, mox subsistere, minui et nullam esse, quando temperatura alterius puncti conjunctionis erat 225° , atque hiuc, auctâ etiam temperaturâ, acum magneticam denuo declinare, directione jam inversâ. Idem observavit junctis zinco et auro, nunc vero temperatura, quâ inversio illa locum habebat, erat 150° . Haec proprietas zinci, quae e posteriori serie Seebeckiana non explicatur, erit notanda propter ea, quae alio loco de zinco nobis erunt dicenda. Sequitur autem ex illis experimentis, proprietatem illam zinci affici diversâ naturâ metalli, quocum est conjunctum, quum temperatura, quâ inversio fit, in conjunctione zinci et argenti non sit eadem, quae in conjunctione zinci et auri.

36. Phaenomenon hocce inversae directionis fluxus electrici non explicandum esse e quadam actione chemica, quam aër in zincum calefactum exerceret, patet ex experimentis, quae datâ operâ hac de re instituit BECQUEREL, quum observarit, idem locum habere etsi punctum conjunctionis non in aëre calefieret, sed in oleo aëre et aquâ privato, quod itaque in zincum nullam actionem chemicam exercere valeret.

37. Physicus Americanus EMMET (1) quaedam etiam

(1) In exponendis hisce experimentis ducem secutus sum PFAFFIUM

experimenta instituit de directione fluxus thermo-electrici excitati in duobus metallis heterogeneis conjunctis. Experimenta hæecce id habent singulare, quod non tantum punctum conjunctionis, sed alterutrum metallum totum calefactum adhibuerit: disci enim calidi et frigidi diversorum metallorum, cum filo multiplicatoris conjuncti, sibimet invicem imponebantur. Hac dispositione experimenti quaedam notatu dignissima sunt observata: ita, si bismuthum sive calidum cum discis frigidis aliorum metallorum, sive frigidum cum calidis conjungeretur, fluxus semper progrediebatur a bismutho ad hæc metalla, uti etiam bismuthum in serie quam maxime negativum est. Idem dicitur observatum in platino, conjuncto cum cupro, argento, zinco, auro et aurichalco; in cupro, conjuncto cum argento et mercurio; in plumbo, conjuncto cum zinco et ferro; in ferro conjuncto cum auro, niccolo et mercurio. Quum antimonium conjungeretur cum aliis metallis irregularia quaedam sunt observata, sed cum niccolo et mercurio fluxus electricus ad antimonium sive calidum, sive frigidum progressus. Si discus arsenici calefieret, nullus fluxus electricus in conjunctione cum platino, cupro, argento, plumbo, stanno, zinco, ferro, sin vero hæc metalla erant calida, fluxus electricus ad arsenicum frigidum progrediebatur. Arsenicum, sive calidum sive frigidum, positivum erat ratione mercurii et niccoli. Platinum calidum conjunctum cum stanno et plumbo fluxum intensitatis exiguae, cuprum frigidum cum plumbo calido nullum, cuprum calidum cum

in *GEHLEN'S Lexico*, cit. quum diarium Americanum, quo contenta, non mihi praesto fuerit.

plumbo frigido fluxum omnino dedit. Niccolum, sive calidum sive frigidum, positivum erat cum cupro, negativum cum zinco.

38. Si brevem, atque non, uti mihi quidem videtur, perlucidam expositionem PFAFFII bene intellexerim, in hisce experimentis generalis consensus cernitur cum seriebus metallorum jam citatis, qui consensus imprimis observatur in bismutho, platino, plumbo, arsenico frigido. Ex hoc consensu sequitur, certe in hisce metallis, directionem fluxus electrici non affici majori quantitate metalli calefacti, quod metallum calefactum easdem ageret partes, quas calefactum punctum conjunctionis inter metalla haecce heterogenea. Directio, sive tantum punctum hocce conjunctionis, sive alterutrum metallum totum calefieret, eadem erat, intensitas vero, in conjunctione bismuthi cum alio quodam metallo major erat, quando bismuthum frigidum, quam quando calidum erat: ad haec denuo animadvertendum erit postea.

In hisce experimentis praeterea mercurius et niccolum longe diversas agunt partes, quam quas series citatae darent: quod ad mercurium vero, experimenti dispositio me in suspicionem adducit, ne alia causa actioni electricae adsit: pendet etiam e quaestione, capite secundo motâ, atque nondum penitus solutâ. Eliminato igitur interim mercurio idem consensus cum seriebus citatis etiam cernitur in cupro. Quod ferrum calidum cum auro frigido conjunctum, fuerit negativum, explicatur e serie Seebeckiana posteriori, sed quod etiam negativum sit, quando frigidum cum auro calido conjun-

gatur, explicare nequeo. Multa sunt in his experimentis, quae adeo omni normae sunt contraria, ut accuratiori et repetitae observationi subjicienda videantur.

39. Quod ad directionem fluxus thermo-electrici excitati in metallis homogeneis *continuis*, experimenta instituta quaedam quidem docuerunt, multa vero jam observanda sunt. Nulla autem adhuc ex illis regula promi posse videtur, quum directio pendeat a formâ et naturâ metalli adhibiti, in quoque experimento mutatis et quatenus pendeat nondum constet. Illas igitur observationes, e nostro proposito supra indicato, hic praetermittere liceat.

40. Quando fluxus thermo-electrici excitantur in metallis homogeneis *non continuis*, regula videtur esse, quod dirigantur a parte calidiori ad frigidiorum, cui regulae quaedam dantur exceptiones. Constat ex experimentis, quae hac de re accuratius instituit NOBILI, qui illam directionem observavit in *bismutho*, *argento*, *platino*, *cupro*, *aurichaleo*, *auro*, *stanno* et *plumbo*, contrariam in *zinco*, *ferro* et *antimonio*. Animadvertendum est, quod hoc loco etiam ferrum et zincum, quae metalla jam proprium quid exhibuerunt, exceptionem regulae facere videantur. Sed et de loco, *argento* tribuendo, num in classe priori, an in posteriori dubitatur: NOBILI quidem in priori argentum collocat, SEEBECK vero, qui partes extremas laminae argenteae unam post alteram in argentum fusum immergebat, eandem declinantis acus magneticae directionem observavit, quam adhibitis ferro et zinco. Idem etiam in-

venit DE HEER, qui et argentum vulgare et purissimum adhibuit. E contra EMMET (1), qui discos calefactos metallicos frigidis homogeneis imponebat, fluxus directionem a calido ad frigidum esse observavit in *platino, auro, argento, cupro* et *niccolo*, a frigido ad calidum in *stanno, plumbo, zinco, ferro, aurichalco, arsenico, antimonio, bismutho*.

41. Unde autem haec regulae contraria directio in nonnullis metallis, non patet. BECQUEREL, qui eam metallis facile oxydandis tribuere videtur, paullo post dicit obtinere etiam, etsi experimenta in oleo, aëre et aquâ privato insituantur, nulla ergo oxydationis causa appareat. Insuper in cupro, facile in flammâ lampadis oxydando, directio semper est a parte calidâ ad frigidam, quod secus foret, si oxydatio causa esset contrariae directionis. Quae enim in *cupro*, uti et in *antimonio*, nunc orientalis, nunc occidentalis a SEEBECKIO observata fuit directio, causam habebat heterogenitatem partium extremarum laminae adhibitae (2).

Quod autem attineat ad directionem observatam in *zinco* et *ferro*, illa forsân explicatur e temperaturâ, in quâ experimenta NOBILI aliiq; insituerunt. Supra enim vidimus in metallis illis, conjunctis cum aliis, inversionem directionis obtinere, quando temperatura valde est aucta in alterutro conjunctionis puncto. Non quidem constat, quâ temperaturâ usus sit NOBILI, fila vero metallica *fortiter calefacta* dicuntur, inde forsân

(1) GEHLER'S *Wörterb.* IX. s. 771.

(2) POGGENDORFF'S *Ann. der Physik und Chemie*, VI. s. 254, 255.

ultra illum temperaturae gradum, quò inversio observatur, ita ut filum calidum initio negativum, nunc sit positivum. Haec explicatio confirmari videtur experimentis physici Angli PRIDEAUX (1), qui observavit fluxum thermo-electricum in baculis zinci, calefacto conjunctionis puncto usque ad 200° (*Fahrenheit*) progredi a metallo *calido* ad *frigidum*, inter 200° et 250° nullum, deinde usque ad temperaturam fusionis a metallo *frigido* ad *calidum*. Additur vero, baculos zinci adhibitos diversa edidisse phaenomena, quum quidam in conjunctione semper essent negativi, etiamsi nunc hi, nunc alteri conjuncti calefierent, atque actionis memoratae constantiam quodammodo e texturâ crystallinâ pendere. Huic vero explicationi obstant experimenta, quae instituit EMMET, hic enim, etsi non indicetur, certo non adhibuerit discum ferreum ad ruborem calefactum. Ceterum temperaturam directionem afficere probant experimenta SEEBECKII, qui eam majori temperaturâ inverti observavit in auro et aurichalco, quae, accuratiori instituto examine, etsi impura, corpora heterogenea admista uniformiter distributa exhibebant.

42. Magnum discrimen observari videtur inter ea, quae observavit NOBILI, et quae EMMET, quod ad directionem in *bismutho*, explicari vero eo, quod DE HEER anomala quaedam in bismutho et antimonio observaverit. Fluxus enim excitati directio pendebat e diversitate temperaturae, ita ut, si haec esset infra limitem quendam, esset directio in bismutho a frigido

(1) *Philosophical Magazine*, Series III. Vol. III. p. 263.

metallo ad calidum, in antimonio a calido ad frigidum, inverteretur vero, quando alterutrum metallum magis calefieret: haec inversio imprimis in antimonio facile cernebatur. Hinc sequeretur, NOBILI majorem in hisce experimentis quam EMMET adhibuisse temperaturam, quod etiam verosimile est. Haecce observatio, nempe directio fluxus a metallo frigido ad calidum in bismutho infra quendam temperaturae limitem, explicaret etiam forsitan non inversam directionem fluxus electrici excitati in bismutho, etiamsi interponatur mercurius, de quo experimento supra (20, 23) locuti sumus. Hoc casu enim bismuthum calefactum atque immersione in mercurium refrigeratum frigidioris metalli partes ageret ratione alterius bismuthi partis, mercurio jam immersae et fluxus electricus, qui a bismutho calido videretur progredi, revera progrediretur ab eodem bismutho sed frigidiori ad alterum, temperatura quum esset non satis magna, quae inversionem directionis efficeret. Hancce vero qualemcunque explicationem veram esse nondum contendere ausim, offero tantum, donec diversa ratio bismuthi quod ad mercurium interpositum melius et certius explicetur.

43. Jam supra, capite secundo, quum de facultate thermo-electrica propria mercurii egimus, directionem fluxus thermo-electrici excitati, quando fluidum illud interponitur, attendimus. Supra etiam (26) citavimus experimenta, quae instituit ANDREWS, et quibus probavit, interpositis quibusdam salibus fuis, fluxus thermo-electricos excitari posse in filis metallicis homo-

geneis vel heterogeneis immersis. Quod ad fluxuum illorum directionem observavit quaedam maximi momenti.

Quum primo adhiberet sola fila platini, itaque homogenea, directio fluxus erat a filo calidiori per salem fusum ad frigidius. Eadem directio obtinebat, etsi alius sal interponeretur et mutaretur quantitas salis fusi interpositi, pendere tantum videbatur e diversitate temperaturae, quâ utebantur fila metallica, ita ut calidum partes negativi metalli ageret.

Quando vero postea fila heterogenea, inaequali usa temperaturâ, in salem fusum immergebantur, non tantum, uti e serie thermo-electrica sequeretur, fila califacata metallorum in serie antecedentium electro-negativa erant, sed etiam fila metallorum, magis positivorum, dummodo haec essent calidiora. Hinc ordo, metallis in serie tributis, minime afficiebat directionem fluxus thermo-electrici excitati, qui semper a calidiori metallo progrediebatur. Non quidem saepe, ob naturam experimenti, hujus facti probatio facilis erat, quum temperatura, ad fundendum salem necessaria, alterutrum metallum adhibitum etiam funderet, uti plumbum, zincum, stannum sed, debitâ adhibitâ curâ, in metallis, ita dictis nobilibus, observatio erat perficienda. Ita, interpositis carbonatibus sodae et potassae commixtis, fluxus progredi cernebatur ab auro vel argento calefacto ad platinum, quum haec salium commixtio facilius funderetur quam alterutrum metallum. Sin oriatur actio chemica inter salem interpositum et metallum, fluxus directio ita mutatur ut a metallo magis corrosivo, etsi frigidiori, progrediatur: in hisce ergo experimentis actio chemica, forte oriunda, erit vitanda.

ANDREWS insuper quaedam notatu dignissima observavit, quod ad directionem fluxus, quando sal interpositus non erat prorsus fusus. In cochleari parvo platini fundebatur carbonas sodae, salique fuso immittebatur filum crassius platini, ita ut cochlear ipsum non tangeret. Postquam sal erat frigidus, filum et cochlear cum filo galvanometri admodum sensilis conjungebantur. Si nunc cochlear platini modice calefieret, fluxus exiguus ceruebatur progredi a cochleari ad filum, sive a metallo calido ad frigidum: aucto calore, ita ut funderetur sal, dum sal filum circumdans erat solidus, fluxus insignis progrediebatur a filo ad cochlear, sive a metallo frigido ad calidum. Quando vero tota salis quantitas erat fusa, fluxus directio statim erat inversa. Notandum est discrimen, quod inter hoc experimentum atque experimenta, quae FARADAY de facultate conducendae electricitatis voltaicae, salibus fuis tribuenda, instituit (1), intercedit. Hic enim invenit fluxum electricum non conduci, nisi inter fila immersa fluidum interponeretur, et restringi si filum alterutrum immersum salis quaedam pars solida circumdaret: hinc sequitur, revera in hisce experimentis fluxus quosdam proprios thermo-electricos observatos fuisse.

44. Quod tandem attinet ad directionem fluxus thermo-electrici excitati, quando combinationes chemicae metallorum secum invicem vel cum metallis conjunguntur, series quaedam a SEEBECKIO sunt con-

(1) *Experimental Researches*, Series IV. n. 395, 396 sqq.

fectae, quas autem observationes locupletiores ob causam supra (15) datam praetermittimus.

§ II. *Quantitas declinationis acus magneticae.*

45. Altera nota, quâ actio caloris ad efficienda phaenomena thermo-electrica cognoscitur, est *quantitas declinationis acus magneticae*. Haec autem non aequè facilis cognitu, atque directio, omnibus illis laborat difficultatibus, quibus omnis accurata fluxus electrici intensitatis mensura ope galvanometri. Hinc, quamdiu physici non adhibeant galvanometra ad instar typi, quem proposuit NOBILI, instructa, atque inde indicationes galvanometricae non secum invicem comparari possint, singulis accuratis observationibus ea tantum fides tribuenda, quae non indubitata, ex ingenio cognito observatoris pendeat, atque novis forte experimentis vel probanda vel improbanda sit. Praeterea, quum e naturâ experimenti, circuitus thermo-electricus adhibitus vel chemicas vel physicas varias induere formas possit, hinc multi et permagni discriminis origo, quod non permittat a quibusdam observationibus statim ad omnes, a casu forte speciali ad generaliora concludere, certe quamdiu non constet, quamnam vim diversae illae formae in experimentum ipsum habeant. Quae autem hucusque de intensitate fluxus thermo-electrici sunt observata, singularia sunt dicenda, quum ad accuratam quandam exhibendam intensitatis mensuram experimenta tantum instituerint BECQUEREL et PODILLET in *metallis* nonnullis, atque alia corpora thermo-electrica hujus mensurae causa nondum accu-

rato subjecta sint examini. Ratio est in promptu, quia metalla adhibita facile ad illa experimenta adaptari poterant.

46. Quod igitur attinet ad fluxus thermo-electricos, in metallis *homogeneis non continuis* excitatos, paucis expediri possunt, quae de intensitate observata. SEEBECK invenit, si fluxus ejusdem intensitatis in illis, atque in metallis heterogeneis excitandi essent, majori opus esse temperatura. Hinc etiam NOBILI aliique physici phaenomena haecce observarunt, *fortiter* in flammâ lampadis alterutro metallico filo calefacto. SEEBECK, quum ratione indicatâ (40) experimenta institueret, nullum fluxum thermo-electricum in plumbo et stanno observavit, quae etiam metalla NOBILI (40) debilissimam edere actionem vidit. PFAFF, in lexico physico GEHLERIANO (1), credidit ad haecce experimenta applicandam esse mensuram intensitatis, quam VON YELIN in metallis continuis observavit, e quâ intensitas maxima foret in *bismutho*, dein in *antimonio*, *zinco*, *argento*, *platino*, *cupro*, *aurichalco*, *auro* et *stanno*. Hunc autem ordinem non hujus loci esse contendere, quum ratio dispositi circuitus non sit eadem et fluxus thermo-electrici in metallis illis *continuis*, quae quam maxime crystallinam texturam praebent, in bismutho, antimonio et zinco, facilius atque majoris intensitatis excitentur, quam in ceteris, quae non adeo sunt crystallina, in quibus continuis tales fluxus non nisi a physico Bavaro observati, et quae ideo poste-

(1) l. c. p. 770.

riorem locum occuparent, quam revera ipsis debeatur. Hinc enim sequeretur v. g. in filis *non continuis* platini fluxum intensitatis minoris observandum fore, quam in zinco vel argento: quae autem experimenta in filis non continuis platini institui, superiorem locum huic metallo tribuerent.

47. Fluxus thermo-electrici, in metallis heterogeneis conjunctis excitati, intensitas majori cum curâ est observata. Quae inde comperta, sunt haecce.

Intensitas fluxus eadem est in omnibus circuitus punctis: hoc constat experimentis, quae POUILLET in circuitu filorum diversorum metallicorum atque sectionis diversae, per quem trajecit fluxum thermo-electricum, instituit (1).

BECQUEREL (2) plura fila ferri et platini diversae longitudinis et sectionis secum conjunxit, atque unius qualiscunque puncti conjunctionis temperaturam auxit, dum cetera utebantur temperaturâ glaciæ liquescentis; ita alio post alium punctorum conjunctionis calefacto ad eandem temperaturam, declinationis acûs magneticæ quantitas eadem fuit observata. Non vero ex his experimentis deducenda credo, quae inde probata vult physicus clarissimus, nempe facultates, ita dictas, thermo-electricas non pendere a majori minorive quantitate caloris admoti, quae hic non variatur, neque a refrigeratione, ope aëris, partium filorum, quae non ipsi caloris actioni sunt subjectae. Sed his experimentis probatur *constantem esse intensitatem thermo-electrici*

(1) l. c. n. 281.

(2) l. c. p. 57.

*fluxus in toto circuitu, quando vis electro-motrix est constans: calor enim admotus est constans, metalla, in quae agitur, sunt eadem, si quae adsit variatio, afficit tantum circuitus dispositionem, qui circuitus tamen integer est constans. Haec experimenta cum supra memoratis, quae instituit PUILLET, arctissimo mihi videntur cohaerere nexu. Quae adjicit BECQUEREL (1): «il faut donc admettre, que, pour la «même conductibilité électrique et la même température — l'intensité du courant est indépendante de la «longueur ou du diamètre des fils» non admittenda sunt. Quum enim conducendi facultas circuitus pendeat e longitudine et diametro filorum, quae conducendi facultas constans assumitur, nulla datur variatio dimensionis filorum, neque ita intensitas fluxus in hisce experimentis ab hacce variatione pendere vel non pendere probari potest, sed constans est, quia natura totius circuitus non variatur. Haec si vocibus illis *conductibilité électrique* et *intensité du courant* intelligendae sint conducendi facultas circuitus et intensitas fluxus in circuitu, atque e contextu, loco operis citati, crederem auctorem hic locutum fuisse de conducendi facultate circuitus, et voci *intensité* memoratum dedisse sensum, quo casu, quae adjecit, vera non sunt. PUILLET enim experimentis probavit, intensitatem fluxus thermo-electrici, quando vis electro-motrix est constans atque circuitus ex eodem constat corpore conducenti, esse in ratione directâ sectionis hujus circuitus, inversâ vero ejus longitudinis (2).*

(1) l. c. p. 53.

(2) l. c. n. 232.

48. De ratione, quâ intensitas fluxus thermo-electrici excitati in metallis heterogeneis conjunctis, in eodem circuito, pendeat e majori minorive temperaturâ in punctis conjunctionis, et a diversâ naturâ metallorum, experimenta imprimis instituit BECQUEREL.

In pluribus combinationibus metallicis, in *ferro* et *argento*, *ferro* et *cupro*, *cupro* et *platino*, *argento* et *stanno*, *cupro* et *argento*, physicus ille probavit (1) intensitatem fluxus electrici observati esse in ratione directâ temperaturae alterius puncti conjunctionis, altero puncto temperaturâ uso glaciei liquescentis, certe usque ad gradum 40^{um} thermometri Celsiusi. Ultra illam vero temperaturam, constanter aucto calore, non etiam constanter augetur intensitas, nisi in conjunctis platino et palladio, in quibus observatio est producta usque ad gradum 350^{um}. Jam supra, ubi de inversâ directione fluxus thermo-electrici in quibusdam combinationibus metallicis locuti sumus, vidimus, in illis quâdam temperaturâ fluxum esse nullum, temperaturam etiam hancce in diversis metallis et in diversis combinationibus ejusdem metalli diversam esse. Hoc igitur cohaerere videtur cum naturâ physica vel et chemicâ metallorum, ita ut quodvis hancce afficiat, fluxus etiam thermo-electrici intensitatem, quatenus autem, nondum constat. Ita in *ferro* et *cupro*, qualiscunque sit sectio florum et ratio conjungendi, variatio illa constans observatur, in *zinco* et *auro*, *zinco* et *argento* est secus. Notatu dignissima etiam est observatio PUILLETI, qui junctis *platino* et *ferro* (34) invenit, intensitatem fluxus,

(1) l. c. p. 51.

pro 1° (therm. Cels.) auctae differentiae temperaturae in punctis conjunctionis, decrescere, quando differentia illa ab 100° usque ad 550° augebatur, atque hinc, etiam auctâ differentiâ, denuo crescere, donec eadem esset, quando temperaturae punctorum conjunctionis 1000° a sese invicem distabant, quae erat, quando differentia illa 100°. Inde conclusionem fecit, intensitatem illam minimam esse, quando punctum conjunctionis vel potius ferrum in illo rubescere coepit, quâ etiam temperaturâ directio fluxus in ferro, cum aliis bene multis metallis juncto, invertitur. Inde rubescentia illa in ferro eam modificationem perficere videtur, quae ejus facultatem thermo-electricam afficiat.

49. BÉCQUEREL (1) observavit, in conjunctis filis ferreo et cupreo, quando punctorum conjunctionis temperatura ad diversum augetur gradum thermometri, intensitatem fluxus thermo-electrici excitati aequalem esse differentiae intensitatum, quae observarentur, si punctum conjunctionis alterum usque ad alterutram ex illis diversis temperaturis calefieret, dum alterum utebatur temperaturâ glaciei liquescentis. POUILLET etiam invenit in combinatione thermo-electrica, quando temperatura utriusque puncti conjunctionis erat eadem et superior temperaturâ medii ambientis, duos fluxus aequales et sibi invicem oppositos simul in circuitu moveri, quasi quisque fluxus solus fuisset excitatus.

50. BÉCQUEREL (2) item fila septem diversorum metal-

(1) I. c. p. 47, 48.

(2) I. c. p. 51—53.

lorum ejusdem longitudinis atque ejusdem sectionis conjunxit, atque dum cetera conjunctionis puncta temperaturam habebant 0° C., unius temperaturam auxit, atque ita alius post alium, ad gradum eundem thermometricum, nempe 20° C. atque in quovis experimento observavit declinationem acus magneticae, atque inde computavit intensitatem fluxus thermo-electrici excitati. Hinc, quum in quovis experimento circuitus, per quem trajiciebatur fluxus, esset constans, observata intensitas mensura erat vis electro-motricis in puncto conjunctionis duorum diversorum metallorum, ope datae et constantis temperaturae, excitatae. Ita in illâ temperaturâ comperta est, nempe calefacto puncto conjunctionis

+		—		
Ferri	cum	Stanno	intensitas	31,24
+		—		
Cupri	»	Platino	»	8,55
+		—		
Ferri	»	Cupro	»	27,96
+		—		
Argenti	»	Cupro	»	2,00
+		—		
Ferri	»	Platino	»	36,07
+		—		
Cupri	»	Stanno	»	3,50
+		—		
Zinci	»	Cupro	»	1,00
+		—		
Argenti	»	Auro	»	0,50

Ex his observatis sequitur, quando a se invicem subtrahantur intensitates observatae in combinationibus ejusdem metalli cum duobus aliis, prodire intensitatem

in combinatione horum metallorum, ferme aequalem observatae. In computo illo signa metallorum, quibus indicatur, num in combinatione electro-positivi an electro-negativi metalli partes agant, cum signis algebraicis positivis et negativis eandem vim habere ponuntur. Ita e. g.

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{intensitas, calef. puncto conj. Ferri cum Stanno} & = & 31,24 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{» » » » Cupri » Stanno} & = & 3,50 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{» » » » Ferri » Cupri} & = & 27,74 & \\ \text{aequalis fere observatae} & = & 27,96. & \text{Ita etiam} \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{intensitas, calef. puncto conj. Ferri cum Cupro} & = & 27,96 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{» » » » Argenti » Cupro} & = & 2,00 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{» » » » Ferri » Argento} & = & 25,96 & \end{array}$$

aequalis fere intensitati = 26,20, quam inter observatas retulit BECQUEREL, etsi in dispositione experimenti ferrum et argentum interpositis zinco et cupro disjungantur. Hac ratione computari potest intensitas, quae observaretur, ordine dispositionis filorum metallicorum mutato, quando quodvis punctum conjunctionis ad temperaturam illam 20° C. calefieret. Insuper quum sit

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{intensitas, calef. puncto conj. Ferri cum Cupro} & = & 27,96 & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} & + & - & \\ \text{» » » » Cupri » Stanno} & = & 3,50 & \end{array}$$

et nunc addantur intensitates, quia cuprum in alterâ

combinatione est electro-positivum, in alterâ vero electro-negativum, prodit intensitas, calefacto puncto conjunctionis Ferri cum Stanno = 31,46, aequalis fere observatae = 31,24. Ita etiam

intensitas, calef. puncto conj. Ferri cum Cupro = 27,96

» » » » Cupri » Platino = 8,55

erit » » » » Ferri » Platino = 36,51

aequalis fere observatae = 36,07. Hinc sequitur, quum ea seriei thermo-electricae sit vis, ut metallum quodque in illâ positivum sit vel negativum ratione habitâ ejus metalli quod in serie antecedit vel sequitur, vim electro-motricem, ejus mensura est observata vel computata intensitas, in puncto conjunctionis duorum metallorum aequalem esse summae virium electro-motricium, quae excitantur in punctis conjunctionis quando metalla combinantur, quae inter duo illa metalla in serie thermo-electrica interponuntur. In serie itaque thermo-electrica eo potentior est vis electro-motrix in conjunctione duorum metallorum excitata, quo longius haec metalla a se invicem distent, uti in serie voltaica. Hoc probatur compute instituto: tenendum tamen est, intensitates memoratas valere tantum in circuitu et temperatura adhibitis.

51. Idem physicus BECQUEREL alia etiam experimenta instituit, quae certo quodam nexu cum memo-

ratis cohaerere mihi videntur. Coniunxit (1) enim fila ferrea et cuprea ita, ut uno tantum loco sese tangerent, ceteroquin aliis diversis filis metallicis interpositis distarent, ad instar hujus schematis

cuprum, ferrum, platinum, cuprum, stannum, fer-
 a b c d e
 rum, zincum, cuprum, cet.
 f g

et puncti *a* temperaturâ auctâ, usque ad gradum 50^{um} thermometri Celsiusi, dum alia puncta conjunctionis utebantur temperaturâ glaciei liquescentis, quantitas declinationis acûs magneticae observata constans erat, etsi loco puncti *a*, vel *b* et *c* simul, vel *d* et *e*, vel *f* et *g* calefierent usque ad eundem illum gradum 50^{um}. Inde concludit auctor, fluxum thermo-electricum non oriri e qualicumque actione contactus sed e differentiâ temperaturae in utroque metallo, nempe ferro et cupro. Sed aliunde cognitum est, non quidem actionem e contactu oriri, contactu vero metallorum ad illam excitandam opus esse, uti invenit SEEBECK, interpositâ chartâ papyraceâ inter metalla cessare actionem in acum magneticam. PRIDEAUX etiam actionem thermo-electricam tolli vidit, interpositis filis tenuissimis inter discos metallicos, restitui, ut primum metalla sese tangerent. (2) Sed haec BECQUERELLI experimenta longe aliud quid mihi indicare videntur: quid enim in illis fit? Calefactis punctis conjunctionis *b* et *c* simul, oriuntur duo fluxus thermo-electrici, alter in puncto *b* inter ferrum et platinum, alter in puncto *c* inter

(1) l. c. p. 46.

(2) *Phil. Mag.*, Series III. Vol. III. p. 211, 212.

platinum et cuprum, qui fluxus, cum in contrarias vergunt directiones, sese tollere quâdam parte poni posse videntur, ita ut intensitas in *toto* circuitu sit differentia intensitatum fluxuum illorum. Quando ita progredimur, accidet etiam hic et illic, calefactis simul aliis punctis conjunctionis, quod fluxus oriantur, qui versus eandem progrediuntur directionem, itaque sint addendae intensitates, ut intensitas fluxus in *toto* circuitu innotescat. Si ita facimus, atque loco temperaturae constantis 50°, uti BECQUEREL, adhibemus temperaturam constantem 20°, ut uti queamus tabulâ intensitatum, quas hac temperatura BECQUEREL in conjunctione diversorum metallorum observavit, habemus

	—	+		Intensitas
Exp. 1. a.	Cuprum,	Ferrum		27,96
» 2. b et c.	+ Ferrum,	— — Platinum,	+ Cuprum	
	36,07	8,55	subst.	27,52
» 3. d et e.	+ Cuprum,	— — Stannum,	+ Ferrum	
	3,50	31,24	subst.	27,74
» 4. f et g.	+ Ferrum,	— + Zincum,	— Cuprum	
	26,96	1	add.	27,96
» 5. h et i.	— Cuprum,	+ — Argentum,	+ Ferrum	
	2	26,20	add.	28,20 cet.

Quum differentiae intensitatum in hisce quinque experimentis adeo parvae sint, intensitas in omnibus *constans* dici potest, uti BECQUEREL observavit.

Ex hisce ergo experimentis, in quibus nulla mentio

fit dimensionis filorum, quae adhibita sunt, probatur etiam BECQUERELLI formula, quâ si δ indicet intensitatem fluxus excitati calefacto puncto conjunctionis ferri et cupri, quando facultas conducendi in circuitu est $= 1$ et temperatura $= 1$, et δ' intensitatem, calefacto puncto conjunctionis ferri et platini,

$$\frac{\text{Intensitas fluxus excitati in puncto conj. ferri et cupri}}{\text{Intensitas fluxus excitati in puncto conj. ferri et platini}} = \frac{\delta}{\delta'}$$

et quae adjicit, nempe rationem hancce observari in circuitu quocunque cujus facultas conducendi alia sit, et diversa adhibeatur temperatura, certe minor quam 50° thermometri Celsiusi. Dubitari autem potest, num ea ratio valeat, quando temperatura major adhibetur, neque igitur inutile foret, talia accurata experimenta instituere, auctâ temperaturâ punctorum conjunctionis etiam ultra 50° .

52. Tandem SEEBECK jam dispositionem metallorum ad instituenda experimenta thermo-electrica duplicavit, FOURIER et OERSTED pluries repetiverunt. Quod ad intensitatem fluxus excitati in hac, ut ita dicam, pila thermo-electrica, comperta est in ratione esse directâ numeri punctorum conjunctionis, in quibus fluxus electrici excitantur.

CAPUT IV.

DE CAUSA HORUM PHAENOMENORUM CONJECTURAE QUAEDAM.

53. **E**tsi SEEBECK imprimis naturam magneticam horum phaenomenorum respexerit, electricitatem causam esse jam pridem inter physicos convenit, praesertim quum innotuerint declinatione acûs magneticæ et paullo ante actio fluxus electrici in acum magneticam esset observata. Inquirendum hinc erat, num fluxubus electricis illis, quibus tribuenda haec phaenomina, eadem esset vis, quae electricitati communi vel voltaicae sese moventi, num actionem chemicam, physiologicam, magnetismum, calorem edere valerent.

54. Non autem facilis haec indagatio erat in fluxubus thermo-electricis, neque nunc etiam perfecta. FARADAY, qui datâ operâ in identitatem electricitatis, e variis fontibus atque variâ ratione oriundae, inquisivit, quod ad fluxus thermo-electricos paucis absolvit, imo innuit, fluxubus illis non eam esse vim, quae affinitates chemicas solvat (1). Chemica autem actio

(1) *Experimental Researches*, n. 937½.

illis negari non amplius potest, postquam BOTTO jam anno 1832 ope 120 filorum ferri atque totidem platini aquam decomposuit, idemque facilius etiam effecit ANDREWS (26). Actionem physiologicam in ranam cognoverunt OERSTED, FOURIER, NOBILI, actione in acum magneticam ipsi fluxus cognoscuntur, magnetismum in ferro excitare observati. Hinc, etsi fluxus thermo-electricus nondum calorem edere observatus, etsi nondum observata sit scintilla, nisi adhibitâ longâ laminâ cupreâ in spiras convolutâ, ob similitudinem aliorum effectuum non dubitari potest de similitudine causae, atque de actione fluxuum electricorum hic admittendâ.

55. Aliunde etiam probari potest, fluxus revera thermo-*electricos* haec phaenomena excitare, quum in his etiam valeat celeberrima illa formula, quam de intensitate fluxus voltaici dedit OHM, quâ, si T denotet summam tensionum et L, *longitudinem reductam* circuitus, intensitas fluxus electrici in hoc circuitu erit

$$I = \frac{T}{L}$$

vel si l denotet longitudinem, s sectionem et c conducendi facultatem circuitus, quia

$$L = \frac{l}{cs}$$

erit

$$I = T \times \frac{cs}{l}$$

Quae autem e formula hacce sequuntur, experimentis, capite tertio memoratis, quod ad fluxus thermo-electricos etiam probata.

Inde enim sequitur,

1°. intensitatem fluxus eandem esse in omnibus circuitus punctis: probatum, quod ad haec phaenomena, experimentis, quae instituit **POUILLET** (47).

2°. intensitatem constantem esse, non mutatâ vi electro-motrice neque naturâ totius circuitus: probatum experimentis **BECQUERELLII** (ibid).

3°. intensitatem, si vis electro-motrix sit constans, atque idem corpus circuitum efficiat, esse in ratione directâ sectionis et inversâ longitudinis circuitus: item experimentis probavit **POUILLET**. Haec formula igitur etiam de fluxibus thermo-electricis valet. Quae insuper consimilis vis seriei metallorum thermo-electricae atque voltaicae ex observationibus **BECQUERELLII** supra (50) est comperta, mihi identitatem causae, certe proximae, probare videtur. Hinc phaenomena, de quibus agimus, fluxibus electricis sunt tribuenda.

56. Inde sequitur, haec phaenomena non esse observanda, nisi in corporibus illis, quae electricitatem conducant, atque hinc electricitati diversi nominis opportunitatem praebeant sese conjungendi. Ubi vero corpora non vel saltem multo minus conducant, phaenomena thermo-electrica excitari possunt, quae polarisatione cognoscuntur atque observata sunt in turmalino aliisque crystallis. Phaenomena ergo, quae turmalinum et haec alia corpora praebent nexu quodam cum phaenomenis thermo-electricis, de quibus egimus, cohaerent, diversa autem sunt ab his, de quibus solis hic sermo.

Hinc etiam, capite secundo, in plerisque corporibus

conducentibus fluxus thermo-electricos excitari posse cognovimus: hinc explicandum, uti jam monuimus (16), quod saepius in carbone nulli fluxus thermo-electrici observati sint.

ANDREWS tamen exceptiones huic regulae dari invenit; in experimentis enim, quae instituit, dispositis salibus quibusdam fisis inter fila metallica (26), ope acidi boracici interpositi, declinationem insignem acūs magneticae observavit, dum FARADAY ex experimentis institutis *nullam* conducendi facultatem acido boracico tribuit (1). Alia exceptio, ab eodem physico observata jam supra tradita est (43).

57. Quum, uti exposuimus, formula OHMII hic etiam applicari possit, sequitur discrimen, si quid sit, inter fluxus voltaicos et thermo-electricos inde tantum trahere originem, quod valor coefficientis T sit inaequalis in diversis illis fluxubus; illo coefficiente autem denotavimus summam tensionum in circuitu. Adeo verissimum est, quod monuit PUILLET (2): «les sources électriques « ne peuvent en aucune sorte être définies ou caractérisées, ni par la *quantité d'électricité*, qu'elles mettent en circulation, ni par *l'intensité* des courants, « qu'elles produisent, car ces éléments sont essentiellement variables et liés, — par des lois très simples « à la *nature du circuit*, dans lequel passe le courant « émané de la source. Mais il y a un autre élément, « qui peut caractériser les sources électriques, c'est la « *tension*. »

(1) *Experimental Researches*, n. 403.

(2) l. c. n. 299.

Atque revera *permagnum* esse discrimen inter fluxus voltaicos et thermo-electricos experimentis atque mensuratione probavit POUILLET, quod discrimen e differentia, quae inter tensiones datur, explicandum. Neque mirum quod hoc casu discrimen tensionum detur; quando enim originem chemicam fluxus voltaici ponimus, majori opus erit vi ad affinitatem chemicam, quâ elementa liquidi conducentis conjunguntur ita tollendam, ut, quam primum contactus metallorum locum habeat, atque circuitus inde claudatur, elementa illa in contrarias progrediantur directiones, quam ad disjungendas electricitates diversi nominis, ope caloris, in puncto conjunctionis metallorum, quo casu neque insignis illa vis affinitatis chemicæ, neque cohaesio vincenda, verum tantum molecularum dispositio, uti videtur, afficienda est. Si theoriam fluxuum thermo-electricorum perspicere velimus, quaestio ergo illa maximi momenti erit solvenda, unde in his *tensio* oriatur. Quaestio autem haecce minime adhuc soluta est: experimenta enim, quae instituta sunt, et observationes physicorum eo quidem adducunt, ut in his phaenomenis fluxus *electrici* agere cognoscantur, verum non plene solvere posse videntur quaestionem illam, de causa tensionis, quum hoc respectu non omni semper objectione vacent experimenta, hucusque instituta, ideo quod in illis instituendis physici quaedam usurpaverint, atque ut *non-activa*, si hac voce uti liceat, consideraverint, quae, uti aliunde probatum, revera fluxum thermo-electricum modificare valeant. Quaestionem illam limitibus quibusdam restringere conati, ad fluxus thermo-electricos in metallis heterogeneis con-

junctis excitatos primo loco attendemus, quia hi fluxus melius innotuerunt, subinde etiam quaedam monebimus de fluxibus thermo-electricis in metallis homogeneis continuis vel non continuis observatis.

58. Ut, e nostro proposito, ordine procedamus, primo loco videbimus, quatenus requirantur, ut in metallis heterogeneis junctis fluxus thermo-electrici excitentur.

Requiritur contactus, uti jam supra monuimus, atque exemplis probavimus (51): nulla radiatio caloris inter metalla sese non tangentia ad excitanda haec phaenomena valet: hinc etiam omnis interpositio corporis alieni evitanda foret, omnis ferruminatio.

Requiritur elevatio vel depressio temperaturae in altero puncto conjunctionis, dum alterius temperatura est constans. Etsi enim hucusque semper de auctâ temperaturâ locuti simus, phaenomena ejusdem intensitatis observantur, si temperatura eâdem quantitate *minuatur* infra temperaturam alterius puncti conjunctionis: discrimen in eo tantum cernitur, quod, si puncti *a* temperatura minuatur, easdem agat partes quas punctum *b*, quando *a* calefit: directio fluxus inde tantum invertitur. Refrigeratio igitur quasi calefactio est *negativa*, et non nocetur horum phaenomenorum theoriae, si, uti hucusque fecimus, de aucta temperaturâ alterutrius puncti conjunctionis loquamur.

59. Secundo loco videndum, quatenus in metallis et calore admoto tensionem thermo-electricam afficiant.

Non afficere videtur quantitas major minorve metalli

adhibiti: jam patet ex experimentis BECQUERELLII memoratis (47), ubi etsi fila ferri et platini diversae sectionis et longitudinis secum invicem conjungerentur, fluxus thermo-electrici, in puncto conjunctionis quocumque excitati, intensitas constans erat. DRAPER (1) etiam eandem quantitatem declinationis acûs magneticæ observavit, quando duo disci, cupreus et ferreus, ejusdem magnitudinis ferruminatione erant conjuncti, vel quando dimensio discorum multo minuebatur, vel etiam quando cuprum puncto exiguo (*by a mere point*) ferrum tangebatur.

Patet naturam diversam chemicam metallorum per magnam habere vim, ad afficiendam tensionem, quia alieni metalli vel et oxydi admistio naturam prorsus metalli mutat: patet insuper, diversa metalla, etsi chemice purissima, diversam edere vim electro-motricem.

Quod ad calorem admotum, non hujus nascendi ratio, uti SEEBECK observavit, qui ope radiatorum coloratorum luminis refracti etiam phaenomena thermo-electrica observavit, sed tantum quantitas tensionem afficit.

60. Quando ad haec attendimus, non admittendae mihi videntur theoriae quas BECQUEREL et NOBILI proposuerunt, fluxum caloris causam esse phaenomenorum thermo-electricorum tradentes. Nimirum BECQUEREL censuit, fluxum caloris, ubi obstaculum quoddam dispositione molecularum metallicarum propagationi obiectum invenit, electricitatem naturalem in fluxus

(1) *Phil. Magazine*, Series III. Vol. XVI. p. 458.

electricos diversi nominis disjungere. NOBILI vero fluxus electricos esse exonerationes caloris, vel aequales prorsus esse fluxibus caloris, qui dispositione molecularum ita modificantur. Factum illud, quod supra attulimus (58), refrigerationem aequae ac calefactionem alterutrius puncti conjunctionis phaenomena thermo-electrica excitare, directione tantum fluxûs inversa, has theorias ita probare videretur, quod tunc fluxus electricus eadem pergeret directione, quâ fluxus caloris, aequilibrium caloris in circuitu restituere conatus. Verum unde ergo, in combinationibus quibusdam metallicis, fluxus thermo-electricus excitatus non in directionem corporis progrediretur, quod melius *calorem* conduit, et saepius directione contrariâ ab illâ caloris moveretur? Unde etiam si *motus* caloris esset necessarius, fluxus thermo-electricus eadem intensitate in punctis exiguis, quâ in discis et laminis metallicis excitari posset? Motus enim, vel caloris, vel fluxus thermo-electrici in circuitu non attendendus videtur, nisi quatenus intensitas afficiatur naturâ hujus circuitus, sed inquirendum est in naturam fluxus, *antequam in circuitum transeat*, si ita loqui licet, *tensionis* origo explicanda.

61. Haec autem quaestio difficilis mihi videtur ideo, quod, me quidem iudice, hic de actione, quae inter moleculas corporum intercedit, agitur. Mihi enim ex observationibus et experimentis constat, quando duo metalla heterogenea secum conjunguntur, atque punctum conjunctionis calefit, tensionem electricam in *puncto ipso conjunctionis* oriri, ita ut calore electricitas na-

turalis in quâcunque moleculâ dissolvatur, atque electricitates diversi nominis in partibus extremis appareant, quae tamen polarisatio electrica necessario modificatur reactione molecularum heterogearum contiguarum. Sed quia actio molecularis hic excitari videtur, longius pateret campus hypothesibus e natura nondum percognitâ talium actionum, quam ut amplius in describendâ actione, hic conspicuâ, progredi auderem, quum praeterea non nisi hypotheses hypothesibus addere possem. Hoc tantum, quod necesse videtur, ut structura molecularum maximopere polarisationem illam electricam afficiat; phaenomena thermo-electrica eo facilius atque eo majoris intensitatis excitantur in metallis, quo magis crystallinam prae se ferunt texturam.

Quia calor hanc actionem molecularem excitat, et corpora diversa diversam requirunt caloris quantitatem, ut temperatura in hisce uno gradu thermometrico augeatur, sequitur, calorem specificum actionem illam afficere. Atque revera BECQUEREL inter seriem suam thermo-electricam metallorum, a metallo quam maxime electro-negativo progressam, et seriem, quâ datur calor specificus horum ipsorum metallorum, initio facto a metallo, cujus minimus est calor specificus, analogiam quandam invenit. Ex hac comparatione sequeretur, metalla, quo minorem habeant calorem specificum, eo magis esse electro-negativa: exceptiones vero quaedam dantur, quae probant, calorem specificum non solum hic agere. Calor tamen specificus aliquatenus directionem indicare videtur, quâ fluxus electrici diversi nominis progrediantur.

62. Quam primum vero tensio illa electrica orta ponatur, quaestio aliquatenus solvi posse videtur. Quia in puncto conjunctionis corporum conducentium excitatur, electricitates diversi nominis per corpora haecce distribuuntur et, clauso circuitu, oritur *fluxus*, qui fluxus itaque non a fluxu caloris, per corpora item calorem conducentia progressu, pendet, verum majori praeditus celeritate hunc praecedit. Fluxus thermo-electrici intensitas, quae major vel minor est, prout major vel minor caloris illa in conjunctionis puncto actio, deinde afficitur naturâ circuitus, per quem trajicitur. Illa fluxus thermo-electrici, jam jam in circuitum progressuri, intensitas diversa erit pro diversâ metallorum combinatione, quum et structura molecularum et calor specificus in diversis metallis varientur. Facultates illae thermo-electricae metallorum inde summâ cum curâ erunt determinandae. Ratio experimenti instituendi illas facultates, quales prodeunt experimentis, afficiet, metallorum nempe, quae adhibentur, natura chemica plus minusve pura, et, quum in *puncto ipso conjunctionis* excitentur, hujus temperaturam augendi ratio. BECQUEREL facultates thermo-electricas, ab ipso observatas, comparavit cum facultatibus, quibus ab ipsis radiat calor: non inutile foret eandem instituere comparisonem in aliis observatis facultatibus thermo-electricis, ut dijudicari posset, num revera analogia quaedam inter facultates illas corporum detur.

63. Sin vero non punctum ipsum conjunctionis duorum metallorum heterogeneorum calefiat, sed calor

dextrorsum vel sinistrorsum admoveatur, calor movetur neque fluxus electricos excitare videtur, donec in punctum conjunctionis perveniat ibique actione suâ tensionem electricam eliciat. Difficile forsân foret experimentis hoc probare, atque ita in puncto tantum conjunctionis tensionem oriri; probaretur, si tempus quoddam post admotum calorem elabi videretur, temporis autem hocce intervallum exiguum foret. Metalla insuper, quae adhiberentur, perfecte homogenea tota sua dimensione esse deberent: omne enim punctum, ubi homogeneitatis mutatio, partes ageret puncti conjunctionis inter metalla heterogenea. Ita etiam explicanda videntur phaenomena thermo-electrica in metallis plerisque continuis, quae homogenea quidem videntur, non semper autem sunt: quae phaenomena in metallis continuis, quam maxime crystallinis, observantur, e crystallina illâ texturâ forte explicanda, ideoque nexu quodam arctissimo cum phaenomenis, quae turmalinum praebet, cohaerent. Continuitatis denique solutio in quibusdam metallis dispositionem molecularum ita afficere videtur, ut eandem vim quam homogeneitatis discrimen habeat. Ubi in circuitu clauso duo simul puncta conjunctionis calefiunt, in utroque oritur fluxus, qui si vis electro-motrix sit aequalis, erit idem, directione autem contrariâ. Si punctum alterutrum non calefiat sed frigori subjicitur, in altero puncto oritur fluxus, calore in hoc puncto excitatus, qui ab hoc ad illum progredietur. Phaenomena haecce inde facile explicanda.

64. Haec, hypothetica quidem, de causa phaenomenorum, quae habui, dedi, meliora vero tradi hucus-

que non possunt. Accuratis inde postea institutis experimentis, origo tensionis thermo-electricae erit illustranda, e quâ illustratâ fluxus thermo-electrici ad phaenomena haecce varia excitanda actio explicari possit.

T A N T U M.

T H E S E S.

I.

De Mathesi, ad Physicam adhibenda, egregia est BACONIS VERULAMII sententia: « terminare eam, non generare aut procreare debet. »

II.

Electricitas, e variis hausta fontibus, tensione tantum distinguitur.

III.

Vocibus, *tensio electrica* et *intensitas electrica*, ea tribuenda est vis, quod *tensio* tantum appareat in corporibus electricitatem non conducentibus, in corporibus vero conducentibus, simulac orta sit, in fluxum electricum transeat, cujus *intensitas* a naturâ pendet circuitus, per quem trajicitur.

IV.

Electricitas non causa efficiens grandinis est verum phaenomenon concomitans.

V.

In procellis motus aeris rotatorius admittendus est.

VI.

Nulla tribuenda est vis lamellis glaciei forte cadentibus ad augendam scintillationem stellarum hiberno tempore, uti physicus celeberrimus BRANDES voluit.

VII.

Aërolithorum origo atmosphaerica non est.

VIII.

Quae recenter institutae sunt analyses chemicae quam maxime verosimilem reddunt hypothesin, quam protulit Cl. PROUT, nempe pondera atomistica corporum simplicium esse mera multipla ponderis atomistici hydrogenii.

IX.

Quae aquae et chlorico cum aqua commixto competit

facultas destruendi pigmenta, tribuenda est oxygenio
ipsis contento.

X.

Causae efficaces in alterandam superficiem crustamque
telluris antiquitus et recentiori tempore neque indole
neque intensitate inter se differunt.

ERRATUM.

Pag. 6. lin. 20 deleatur numerus 8.

C. C. B. L.

