

# ILLVSTRISSIME COMES

DOMINE GRATIOSISSIME!

**N**Auigationis Scientia iam pridem inter mathematicas disciplinas referri est coepta, vbi quidem Hydrographiae nomine occurrere solet. Hic scilicet imprimis ratio mapparum nauticarum exponitur, vna cum doctrina de rhumbis lineisque loxodromicis, vnde regulae vtilissimae eliciuntur cursum nauium ita dirigendi, vt ad locum propositum aduehantur: quorsum quoque perti-

)( 2

nent

ment instructiones naucleris tradi solitae, quibus ad latitudinem loci, vbi versatur ex altitudinibus solis vel stellarum definiendam, cursumque navis aestimandum instituantur. Verum haec nauigationis pars ita accurate passim est tractata, vt in hoc opere, quod Tuis, *Comes Illustrissime* auspiciis in lucem producitur, eam attingere plane superfluum fuisset.

Hic enim longe aliud institutum persequi est visum, quod in re nauali non minus maximè est momenti, et quod adhuc parcissime est tractatum. Namque in praesenti opere non tam ad cursum, quem navis tenere debet, directionem respicio quam ad ipsam nauium fabricam et exstructionem, vt ad eum finem, cui sunt destinatae, maxime sint accommodatae. Quae tractatio vt commode suscipi queat, ante omnia necesse est, vt quemadmodum quaeuis navis in omni statu, cui exponitur, sese sit habitura, diligenter inuestigetur. Duo autem hic prae-

praecipue se offerunt status, in quibus  
 navis est consideranda, alter quietis al-  
 ter motus, in quorum utroque plurima  
 occurrunt notanda, sine quibus indoles  
 navium omnino perfecte cognosci nequit,  
 et quae plerumque profundissimas analy-  
 seos inuestigationes requirunt. Primum  
 igitur nauem in statu quietis examini sub-  
 iicere conuenit, dum sine motu aquae  
 insidit seque ad statum aequilibrum com-  
 posuit. Certum itaque navis in aqua te-  
 nebit situm, cuius ratio ex praeceptis  
 hydrostaticae est explicanda; vnde con-  
 stat tantam navis partem aquae immer-  
 gi, donec aequalis aquae moles totius na-  
 vis pondus adaequet, ex quo statim eli-  
 citur modus facilis pondus cuiusque na-  
 vis explorandi: mensuretur enim secun-  
 dum praecepta stereometrica capacitas par-  
 tis navis aquae submersae, et calculo de-  
 finiatur quantum pondus habiturum sit  
 aequale aquae volumen, quod ipsi navis  
 ponderi erit aequale. Verum ad hoc, vt na-

vis in aequilibrio subsistat, non sufficit partem eius submersam tantae esse capacitatis, sed alia praeterea requiritur conditio, ad quam intelligendam duo puncta sunt notanda, quorum alterum est centrum gravitatis totius navis, alterum vero centrum gravitatis partis submersae, quod haec pars esset habitura, si tota ex materia uniformi veluti aqua constaret; hocque posterius punctum, quia tantum a magnitudine pendet, centrum magnitudinis partis submersae appello. Iam ut navis in aequilibrio persistat, praeter illam determinatam partis submersae quantitatem requiritur, ut ambo haec centra, alterum gravitatis totius navis, alterum magnitudinis partis submersae in eandem lineam rectam perpendicularem seu verticalem cadant. His duabus proprietatibus situs aequilibrum ita perfecte determinatur, ut vicissim asseuerare liceat, quoties tanta navis pars, quantam ante diximus, aquae fuerit immerfa, simulque

am-

ambo illa centra in eadem linea recta verticali reperiantur, toties nauim in aequilibrio esse futuram. Veritas huius propositionis ex primis mechanicae principiis euincitur: primo enim spectanda est vis, qua nauis deorsum vrgetur, quae ipsius ponderi est aequalis, cuiusque directio est recta verticalis per eius centrum grauitatis transiens; hac scilicet vi nauis re ipsa deorsum laberetur, nisi ab aqua sustentaretur. Qua autem parte nauis aquae est submersa, ibi ab aqua sursum vrgetur, atque tota vis aquae hinc oriunda, qua nauis sursum pellitur, aequalis est ponderi massae aquae, cuius volumen parti nauis submersae aequatur, eiusque directio est recta verticalis per centrum magnitudinis huius partis submersae transiens. Cum igitur ad aequilibrium requiratur, vt hae duae vires sint inter se aequales et directe contrariae, manifestum est hoc euenire, si primo tanta nauis pars aquae immergatur, quae volumine adaequet  
 mas-

massam aqueam toti naui pondere aequa-  
 lem: tum vero ambo illa ante descri-  
 pta centra in eandem rectam verticalem  
 incidant: per prius enim efficitur, vt duae  
 illae vires, quibus naus vrgetur, fiant  
 inter se aequales, per posterius autem, vt  
 sibi e diametro fiant contrariae. Atque  
 haec sunt fere, quae iam ab Archime-  
 dis temporibus de ratione situs aequilibrii  
 corporum aquae insidentium fuerunt co-  
 gnita, quae etsi in nauium doctrina ma-  
 ximae sunt vtilitatis, tamen ad eam si-  
 tus aequilibrii cognitionem, quae in na-  
 vibus potissimum desideratur, minime est  
 sufficiens. Cum enim naus a fluctibus  
 aliisque causis continuo de situ aequilibrii  
 deturbetur, plurimum interest nosse  
 vtrum sese sponte eo restituat nec ne?  
 atque imprimis requiritur, vt quanta vi  
 haec restitutio fiat, accurate definiatur.  
 Quae quo clarius perspiciantur, similes  
 casus in corporibus solidis perpendisse iu-  
 vabit. Conus basi sua tabulae insistens  
 non

non solum in situ suo permanet, sed etiam si parumper inclinetur, sponte se erigit; verum etiam fieri potest vt idem conus tabulae cuspide impositus aequilibrium teneat, at simulac vel leuiter tangatur, prolabetur. Vtroque quidem casu conus in aequilibrio stare dicitur, verum inter hos duos status aequilibrum maximum discrimen intercedit, dum prior stabilitate est praeditus, alter autem ad labendum sit procliuis. Simile omnino discrimen locum habet in corporibus, quae aquae incumbunt, alia enim statum suum aequilibrum ita firmiter tenent, vt etiam si inde declinentur, tamen continuo eo reuertantur: alia vero, veluti si baculus aquae perpendiculariter immittatur, quo situ in summa quidem tranquillitate persistere posset, a minima vi prolabantur. Hinc igitur grauissimum oritur discrimen inter varios aequilibrum status, ex quo alii stabiles alii vero labiles vocantur: corporis scilicet aquae

infidentis status aequilibrum erit stabilis, si corpus statim ac paulisper inclinatur, sese in eundem situm restituat; contra vero si corpus post quamquam inclinationem procumbat, eius aequilibrum situs labilis dicitur. Etsi igitur utrique huic aequilibrum generi ambae supra memoratae proprietates sunt communes, tamen sua natura tantopere inter se discrepant, ut, cum de nauibus agitur ad hoc discrimen sit potissimum attendendum. Non solum enim naues huius indolis esse oportet, ut aquae situ erecto immissae aequilibrium seruent, sed etiam vel maxime ut iste aequilibrum situs sit stabilis, nauesque, ubi fuerint inclinatae, vi sese in situm erectum restituendi sint praeditae. Deinde etiam hi ipsi aequilibrum stabiles status plurimum inter se quantitate differunt, prouti in aliis restitutio promptius in aliis lentius absoluitur, ex quo eiusmodi stabilitatis notionem adipiscimur, qua eam ad determinatas mensuras revocari debere



bere intelligimus: atque hinc concludimus, ut cuiusque navis status aequilibrum maxime sit stabilis, ita eam reliquis maxime praestare. Verum ex characteribus ante expositis, quibus aequilibrum situs continetur, minime diiudicare licet, utrum propositus aequilibrum situs navis aquae insidentis stabilis sit futurus nec ne? multo minus inde ipse stabilitatis gradus definiri poterit; quae tamen res in scientia navali ita est maximi momenti, ut sine ea navigatio nullo modo tuta esse queat. Architecti quidem navales longa experientia edocti ita naues fabricari didicerunt, ut plerumque sufficienti stabilitatis gradu sint praeditae, etiam si nonnunquam in hoc ipso non leuiter decipiantur; verum tamen ne per experientiam quidem eas res enumerare, et accurate definire valent, quibus naui stabilitas conciliatur. Hunc defectum in architectura navali summi momenti primus accuratius perspexisse videtur vir Gallus

in hoc negotio versatissimus Dominus de la Croix, qui in duobus opusculis, quae circa annum 1736 *de mechanismo motus corporum aquae insidentium* cum Academia Scientiarum Imperiali communicavit, non solum hunc defectum luculenter indicavit, sed etiam eundem supplere pro viribus est conatus. Quanquam autem speculationes, quas in hunc finem exposuit, negotium minime conficere statim sunt visae: tamen dignitatem huius argumenti tam dilucide demonstravit, ut ab eo tempore omnibus viribus in eo evolendo laboraverim. Primum igitur ea mechanicae principia, quibus stabilitatis determinationem inniti perspexeram, diligentius sum perscrutatus, indeque mox quicquid ad hanc rem pertinere videbatur, feliciter sum affecutus. Ad hoc autem problema totam hanc disquisitionem perduxeram, ut proposita vi, quae navem de suo aequilibrii situ inclinare conatur, angulum definirem, ad quem na-

vis reuera inclinari debeat. Hic quidem primo ratio erat habenda illius axis , circa quem inclinatio fit futura , aliam enim inclinationem produci debere manifestum est , si naus proram puppimue versus fit inclinanda , aliam , si ad alterutrum latus , vel in aliam quamuis regionem obliquam : deinde quoque perspicuum est effectum inclinationis non tam pendere a quantitate vis inclinantis , quam ab eius momento , ad illum axem , circa quem fit inclinatio , vel potius ad axem huic parallelum per naus centrum grauitatis transeuntem applicato. Quibus notatis inueni inclinationem partim a distantia centrorum grauitatis naus et magnitudinis partis submersae pendere , partim ab amplitudine eius naus sectionis , quae secundum aquae superficiem fit facta. Tum vero intellexi , quamdiu inclinationes sint satis exiguae , eas ceteris paribus ipsis vis inclinantis momenti esse proportionales. Quare cum stabilitas eo maior censi de-

beat , quo minus navis a data vi inclinetur , vel quo maior vis requiratur ad datam inclinationem navis inducendam, stabilitatem eiusmodi quantitate expressi, vt si momentum vis inclinantis per eam diuidatur , quotus ipsum angulum inclinationis fit indicaturus : hocque modo stabilitatis mensura mihi est quantitas virium momentis homogenea, ideoque productum ex vi quadam in lineam quandam rectam. Ad hunc ergo modum si cognita fuerit stabilitas navis pro quocunque axe , circa quem inclinatio efficitur , ex ea statim ipsa inclinatio, quae navis a quacunque vi data inducetur cognosci poterit , haecque sine dubio est maxime naturalis , atque ad usum aptissima ratio stabilitatem cuiusque navis aestimandi. Cum autem stabilitas ad inclinationem referatur , navis autem potissimum vel secundum longitudinem vel latitudinem inclinationem patiatur , duplex stabilitas in omni navis praecipue est

est consideranda, quarum altera inclinationi secundum longitudinem, altera vero inclinationi ad latera resistit: duplici vero hac stabilitate cognita regulam elicui, cuius ope stabilitas navis respectu uniuscuiusque inclinationis mediae obliquae definiri potest. Vnde cum cuiusque navis longitudo latitudinem multum superare soleat, hoc meminisse iuuabit, in qualibet navi stabilitatem secundum longitudinem esse maximam. Stabilitatem vero secundum latitudinem minimam, seu naves proram puppimue versus difficillime, ad alterutrum latus vero facillime inclinari. Ex formulis igitur, quas pro stabilitate navium exhibui a priori cognoscere licet, quantum quaevis navis a datis viribus inclinari debeat, vnde si a viribus, quibus navis exponitur, maior inclinatio produci deprehendatur, quam navis sine damno pati queat, hoc incommodum in tempore praecaveri poterit, propterea quod dilucide exposui, quibus rebus stabili-

bilitas navis augeri queat. Tribus autem hoc modis effici posse ostendi: primo enim si totius navis centrum gravitatis in humiliorem locum deprimatur, quod fit grauioribus oneribus in profundiora loca translocandis, stabilitas navis augetur, deinde idem effectus obtinetur, si partis submersæ centrum magnitudinis sursum eleuetur, de quo in ipsa nauium constructione est prospiciendum, ne navis nimis profunde aquae immergatur. Tertium remedium navis stabilitatem augendi in amplitudine navis ad aquae superficiem est positum, ita ut quo amplior navis in hac regione efficiatur, eo maior eius stabilitas euadat. Ita si navis inclinationi ad latera non satis resistat, nauim secundum latitudinem ampliorem effici conueniet, quod nauim nouis parietibus obducendo fieri solet.

Cum igitur hanc de stabilitate doctrinam accurate esse persecutus, cum ea vniuersam scientiam naualem tam ar-

ctis

Etis vinculis connexam sensi, vt non solum sine hac doctrina nihil plane in hac scientia praestari posse intelligerem, sed etiam ea stabilita viam ad reliquas huius scientiae partes pertractandas patefactam viderem. Consilium itaque cepi primaria difficultate feliciter superata totam hanc disciplinam naualem omni studio euoluendi, atque ad certam scientiae formam reuocandi, vnde istud opus est natum. Cum igitur explorare constituissem, quemadmodum naus antequam ad cursum incitatur, in statu quietis se sit habitura, exposita stabilitatis theoria ipsas inclinationes, quae naui a quibuscunque causis inducuntur, accuratius sum contemplatus, motusque quibus naus ex situ inclinato in situm aequilibrum se recipit, sum persecutus. Hos motus ad similitudinem oscillationum penduli absolui debere comperi motumque istum oscillatorium, qui vel secundum longitudinem naus fieri solet, vel secundum la-

))((

titu-

titudinem, ita per calculum determinavi, vt quouis casu longitudinem penduli simplicis assignauerim, quod aequis temporis interuallis suas oscillationes perageret. Non exigui est momenti haec inuestigatio in scientia nauali, cum in nauigatione non solum plurimum intersit hunc motum oscillatorium nosse, quibusque rebus intendi remmittiue queat, perspectum habuisse, sed etiam obseruata duratione harum oscillationum, plura momenta ad nauim pertinentia inde cognosci possunt, quorum notitia ad reliquas nauium proprietates indagandas maxima subsidia affert.

His expositis ad cursum nauium examinandum sum progressus, vbi primum resistentia, quam nauis ab aqua patitur, inuestiganda occurrit. Quod argumentum etsi iam ab aliis satis accurate est pertractatum, tamen ad meum institutum data opera ex primis principiis explicare est visum, vbi praecipue ad duplicem

na-



navis motum respexi; quorum alter cursus navis directus vocari solet, quo navis secundum longitudinem seu directionem spinae promouetur, alter vero cursus vocatur obliquus, quo directio motus differt a directione spinae, seu lineae rectae a puppi ad proram productae: cursum autem obliquum naues vento propulsae potissimum sequuntur, cum vela ad ventum excipiendum oblique expanduntur. Vtroque cursu resistentia aquae a figura navis anteriori pendet, qua contra aquam impingit, et cum vis resistentiae ad singula superficiei navis puncta sit perpendicularis, totam resistentiae vim ad ternas vires reuocavi, quarum primae directio est horizontalis, et spinae navis parallela, alterius directio quoque horizontalis et ad illam normalis, quae tantum in cursu obliquo locum habet, dum in directo evanescit, tertiae denique vis ex resistentia resultantis directio est verticalis, qua navis sursum vrgetur. Hoc lo-

co regulas tradidi, quarum ope, si cognita fuerit figura partis navis anterioris, singulae hae tres vires a resistentia oriundae definiri queant, quas ceteris paribus quadrato velocitatis, qua navis in aqua promouetur, proportionales esse constat. Iam igitur eo erat peruentum, ut qualem effectum hae tres vires in nauim exerant, esset inquirendum quae indagatio quo latius pateret, indeque simul omnium virium, quibus navis in omni statu sollicitetur, effectus colligi queant, hoc argumentum copiosius omni cura pertractavi. Cuius ratio quo facilius perspici queat, ante omnia notandum est, omnes motus, qui in nauim inesse possunt, ad duo genera referri debere. Prioris generis motus vocatur progressiuus, quo tota navis simul ita promouetur, ut eius situs sibi perpetuo maneat parallelus, cuiusmodi motus duplex in nauim cadere potest alter secundum directionem horizontalem, alter secundum verticalem, quorum

rum ille quidem praecipue spectatur, ac prout siue secundum navis directionem fiat, siue ab ea declinet, vel cursus directus appellari solet vel obliquus: motus autem verticalis, quo navis vel ex aqua magis extollitur, profundiusve immergitur, rarissime occurrit, ideoque vix attingi meretur. Posterius genus complectitur motus gyratorios vel rotatorios, quibus navis circa quempiam axem per eius centrum grauitatis transeuntem convertitur; hique motus vel seorsim in navi inesse possunt sine motu progressiuo, vel coniunctim cum motu progressiuo. Plures autem species huiusmodi motuum sunt notandae pro diuersitate axium, circa quos fit motus gyratorius, imprimis vero hic distinguendi sunt axes horizontales ab axe verticali, si enim navis circa axem quempiam obliquum vertatur vel inclinetur, eius motus resolui potest in duos, quorum alter circa axem horizontalem fiat, alter circa verticalem. Simi-

li quoque modo omnes axes horizontales ad duos reuocantur ; quorum alter secundum longitudinem nauis , alter secundum latitudinem per centrum grauitatis traicitur ; motus enim , qui circa alium axem horizontalem fieret , in hos duos resolvere liceret. Hinc igitur triplex motus gyratorius existit , quorum primus fit circa axem longitudinalem , quo nauis ad alterutrum latus inclinatur : secundus fit circa axem latitudinalem , eoque nauis vel proram versus vel puppim versus inclinatur : utroque non tam motum , quo inclinatio efficitur , quam ipsam inclinationem ; quae nauis a quibuscunque viribus inducitur , inuestigari conuenit , quoniam iste effectus statim producitur , parumque interest nosse , quoniam motu is fuerit productus ; ob stabilitatem enim nauis motus statim cessat , et nauis in ea inclinatione , cui efficiendae vires inclinantes pares fuerint , persistit. Aliter autem est comparata ratio tertii motus ro-  
tato-

tatorii , qui fit circa axem navis verti-  
calem , quo tota navis in gyrum agitur,  
et qui tamdiu durat , quamdiu navis a  
viribus tali motui producendo paribus fol-  
licitatur , huc imprimis pertinet motus,  
qui naui a gubernaculo induci folet, ve-  
rum etiam de reliquis viribus , quibus na-  
vis vrgetur , plurimum interest eas con-  
templari quae naui similem motum im-  
primere valeant. Cum igitur navis a vi-  
ribus quibuscunque fuerit follicitata, prae-  
cepta dedi ac dilucide exposui , quorum  
ope omnes motus et inclinationes ab  
illis viribus oriundae facili opera dignosci  
et determinari queant. Quod enim pri-  
mo ad motum progressiuum attinet, om-  
nes vires , quibus navis follicitatur secun-  
dum suas quaeque directiones in ipsum  
centrum grauitatis sunt transferendae ,  
omnesque secundum staticae praecepta  
in vnam colligendae vel in duas quarum  
alterius directio fit horizontalis alterius  
verticalis , haec posterior eundem prae-  
stabit

stabit effectum, prout vel sursum agat  
 vel deorsum ac si pondus navis tantum-  
 dem siue decrementum siue augmentum  
 accepisset; navisque proinde vel ex aqua  
 magis eleuabitur, vel magis immerge-  
 tur. Ex horizontali autem vi verus na-  
 vis motus progressivus ita definietur se-  
 cundum praecepta mechanica, vt vis  
 haec per massam seu pondus totius na-  
 vis diuisa praebeat accelerationem motus  
 secundum eam directionem, in quam vis  
 vrget; vnde si huius vis directio, motus,  
 quem navis iam habet, directioni sit vel  
 secunda vel aduersa vel obliqua, motus  
 navis vel acceleratio vel retardatio  
 vel inflexio definiri, ideoque motus  
 continuatio determinari poterit. Ad  
 inclinationem navis ab iisdem viribus  
 oriundam et primo quidem circa a-  
 xem longitudinalem inueniendam, sin-  
 gularum virium momenta respectu hui-  
 us axis in vnam summam colligantur,  
 quae per stabilitatem navis respectu eius-  
 dem

dem axis diuisa praebebit angulum inclinationis, arcum scilicet, qui eius existit mensura in circulo, cuius radius unitati aequalis assumitur: similique modo inclinatio circa axem longitudinalem elicitur. Pro motu gyrationis navis circa axem verticalem per eius centrum gravitatis ductum, pariter singularum virium momenta respectu huius axis colligantur, haecque momentorum summa per momentum inertiae totius navis respectu eiusdem axis diuisa dabit accelerationem motus huius gyrationis. Momentum autem inertiae navis respectu cuiuspiam axis voco id aggregatum, quod inuenitur, si singulae navis partes ratione sui ponderis per quadrata distantiarum suarum ab eo axe multiplicentur, haecque producta omnia in vnam summam coniiciantur. His positis a resistentia primum motus navis impeditur, qui est praecipuus eius effectus, a quo nomen inuenit, deinde a vi verticali ex resistentia

resultante naus ex aqua parumper attollitur et quasi leuior redditur tum vero plerumque puppim versus reclinatur, atque in cursu obliquo etiam tam inclinatio circa axem longitudinalem seu ad latera, quam conuersio circa axem verticalem inde oriri potest, qui effectus quemadmodum quouis casu se habeant, distincte exposui. Verum vis resistentiae non seorsum sed cum omnibus viribus, quibus naus impellitur coniunctim considerari debet, vt inde veri naus motus colligi queant. Hancobrem vires, quibus vulgo naues propelli solent, in computum erant ducendae, quae duplicis potissimum sunt generis, vires scilicet venti et vires remorum, de quorum vtroque genere seorsim erat agendum. Primum igitur naues, quae per ventum velorum ope propelluntur, ad examen reuocauit hique iis, quae de vi venti in genere erant notanda, praemissis, quantam vim quodque velum a vento excipiat, accuratius



ratius determinavi , quo loco simul curvatura , quae velis a vento imprimitur, definienda occurrit , quoniam ab ea quoque quantitas vis exceptae pendet. Tum vero ad malos sum progressus , ex quorum numero et situ tam quantitas omnium virium a vento exceptarum, quam earum directio colligi debet , vbi iterum duo casus sunt perpendendi , alter quo directio vis a vento exceptae directioni navis est parallela , quo casu cursus navis directus instituitur ; alter vero, quo directio illa ab hac declinat , vnde cursus obliquitas existit. In cursu igitur directo , quem priori loco euolvere convenit , vela ad directionem navis normaliter sunt expansa , vbi ante omnia ad angulum sub quo ventus in vela irruit , est respiciendum , quoniam ab obliquitate incidentiae non solum vis venti imminuitur , sed etiam dum navis prouehitur , ex compositione veri motus venti et navis cum alia vis venti in vela tum

alia directio exoritur. Vi autem venti hoc modo pro cursu directo determinata, duplex inde effectus in nauim redundat, alter quo nauis propellitur, et eo usque propellitur, quoad resistentia ipsi vi propellenti fiat aequalis, nauisque tum motu vniformi prouehatur; qui status aequalitatis, cum mox eueniat, ex vi propellente cum resistentia comparata statim celeritas nauis, qua vniformiter progredietur, colligi potest.

Praeterea vero vis venti momentum afferet ad nauim antrorsum inclinandam, dum contra ex resistentia oritur vis ad nauim retrorsum inclinandam, quare si hae duae vires fuerint aequales, nauis nullam inclinationem subibit. Illud autem momentum praecipue pendet ab altitudine malorum, quo enim altius vela expanduntur, eo maius inde resultat momentum ad nauem inclinandam: dum ratione motus progressiui perinde est, siue vela altius siue humilius sint expansa,

sa, dummodo eandem vim a vento excipiant. Hinc igitur altitudo malorum ita definiri potest, ut ab actione venti naui nulla inclinatio inducatur: verum haec, quae ad malos attinet, atque dispositionem velorum, ex contemplatione cursus obliqui potissimum sunt determinanda.

Cursus autem obliquus, ut iam notavimus, existit si vela non normaliter ad navis directionem expanduntur, ita ut media directio omnium virium a vento exceptarum a navis directione declinet. Secundum hanc ergo mediam directionem navis primum propelletur, sed in eadem directione motum non profectur, propterea quod vis resistentiae hoc modo vi propellenti nunquam aequalis et directe contraria fieri posset. Statim enim atque navis oblique fertur, quoniam alterutrum latus in aquam impingit, resistentia lateralis mox fit perquam magna prae resistentia, quae secundum na-

vis directionem agit ; vnde in quouis motu obliquo directio resistentiae multo magis a directione navis declinat , quam ipsa directio motus : sic verbi gratia evenire potest , vt , dum directio cursus a directione navis tantum angulo  $10^{\circ}$  declinat , directio resistentiae inde  $30^{\circ}$  declinare possit. Ex quo perspicuum est si directio vis propellentis fuerit obliqua, obliquitatem cursus eiusmodi fore , vt media directio resistentiae fiat directioni vis propellentis contraria. Sic in casu modo memorato , si directio vis propellentis cum directione navis faciat angulum  $30^{\circ}$  , cursus navis tantum  $10^{\circ}$  a directione navis declinabit , quia ex hoc cursu resistentia nascitur , cuius directio  $30^{\circ}$  declinans fit directioni vis propellentis contraria ; navis autem tantam celeritatem adipiscetur , vt vis resistentiae vi propellenti etiam quantitate aequalis eueadat ; ex quo non solum obliquitatem cursus sed etiam eius celeritatem determinare

re licebit. Ex hoc autem discrimine inter directiones vis propellentis et ipsius cursus maximum commodum in nauigatione obtinetur quod cursus eam regionem versus, vnde ventus spirat, institui queat; ita scilicet, vt vento flante borea, cursus nauis vltra ortum vel occasum boream versus dirigi possit; atque naues eo praestantiores censerentur solent, quo propius ad venti regionem contendere valent. Pendet igitur haec insignis virtus potissimum a resistentia laterali prae resistentia directa, ita vt quo magis resistentia lateralis augeatur, vel resistentia directa minuatur, eo propius nauis aduersus ventum conari valeat: ceteris autem paribus, naues quo fuerint longiores, eo magis hac praerogatiua gaudebunt.

Ex vi autem venti in cursu obliquo momenta nascuntur ad motus nauis circa omnes tres axes ante memoratos imprimendos. Primo enim vt in cursu directo nauis proram versus deprimatur, nisi

si quatenus hic effectus a resistentia aquae  
 impeditur vel saltem diminuitur. Cum  
 autem stabilitas navis, qua huic inclina-  
 nationi reluctatur, sit maxima, nulla hinc  
 tanta inclinatio oriri potest, quae esset  
 metuenda, neque igitur ex hoc capite  
 copia velorum neque malorum altitudo  
 restringitur. Verum cum in cursu ad-  
 modum obliquo vela fere secundum na-  
 vis longitudinem explicentur, directio  
 vis a vento exceptae propemodum ad di-  
 rectionem navis fit normalis, unde maxi-  
 mum oritur momentum ad nauem in la-  
 tus seu circa axem longitudinalem incli-  
 nandam, quod momentum eo erit ma-  
 ius, quo altiores fuerint mali, neque hoc  
 casu vis resistentiae multum istam incli-  
 nationem diminuere valebit. Quare cum  
 stabilitas navis respectu huius axis sit mi-  
 nima, seu inclinationi minime resistit,  
 hinc in cursu obliquo admodum notabi-  
 lem inclinationem ad latus oriri necesse  
 est, unde navis facile in summum dis-  
 cri-

crimem incidere posset, si vel vis a vento excepta fuerit nimis magna, vel nimis alte applicata. Atque hinc, cum velorum amplitudo per navis capacitatem determinetur, eorum altitudo quoque ac proinde altitudo malorum definitur, quae maior esse non debet, quam ut navis inclinationem inde in cursu obliquo oriundam sine periculo sustinere queat.

Praeterea vero etiam in cursu obliquo euenire potest, ut a vi venti navis ad motum gyratorium circa axem verticalem incitetur, cum qua vi coniungenda est ea, quae ad similem effectum producendum ex resistantia nascitur, ac nisi vel vtraque haec vis evanescat, vel ambae se mutuo destruant, maximo inde vitio naues afficiuntur. Ne enim hoc casu navis actu in gyrum agatur, actione gubernaculi est providendum, quae etiam saepenumero huic effectui compescendo impar esse solet, ut taceam tam continua gubernaculi actione cursum navis non

)()()()()

medi-

mediocriter impediri. Quae naues hoc vitio laborant, eae regimen gubernaculi respuere dicuntur, quod merito inter summa nauium incommoda numeratur: imprimis ergo in fabrica nauium in id est incumbendum, vt hoc vitium euitetur, quod idonea malorum collocatione effici poterit. Namque vt naui a viribus sollicitantibus nullus motus gyratorius circa axem verticalem, qui per centrum grauitatis nauis ductus concipitur, imprimatur, necesse est vt media directio omnium virium per ipsum hunc axem transeat, tum enim momentum harum virium respectu huius axis sumtum euanescet. Quamobrem malos in quaque naui ita collocari oportet, vt omnibus velis expansis cunctarum virium, quae ipsis a vento imprimuntur, media directio per axem illum verticalem transeat, seu vt planum verticiale, quod per mediam virium directionem ductum intelligitur, simul per nauis centrum grauitatis transeat.



eat. Hoc scilicet tenendum est, si media directio virium resistentiae iam sponte per istum axem transit, sin autem hoc fecus eueniat, etiam malorum collocatio modo tradita tantum immutari debet, vt momentum virium venti cum momento virium resistentiae in aequilibrio consistat. Quotcunque enim fuerint mali, semper eorum loco vnus concipi potest, qui aequali velorum copia onustus eundem producat effectum; huiusque mali locus per praecepta exposita determinatur: atque hinc porro singulorum malorum loca, et altitudines definiuntur, si interuallorum, quibus inter se ob latitudinem velorum distare debent ratio habeatur, ne vela posteriora anterioribus ventum penitus praeripiant. In praxi quidem vix vnquam haec aptissima malorum constitutio obtineri posse videtur, vt gyratio nauis plane euiteatur, postremus enim malus in puppi positus, et velo plerumque triangulari in-

structus, ad hoc ut plurimum adhiberi solet, ut vis venti ab eo excepta non tam ad nauem propellendam, quam ad eam gubernandam, viresque reliquas, quae nauem in gyrum agere conantur, destruendas impendatur, quo pacto nauis non exiguam vis propellentis iacturam patitur, simulque eius facultas aduersus ventum nauigandi non mediocriter impeditur. In hoc ergo capite, quod fusius sum profecutus, omnia diligentissime determinavi, quae ad locum, numerum, et altitudinem malorum pertinere videbantur.

In doctrina porro de cursu obliquo multa alia occurrunt, quae non parum utilitatis ad praxin afferre videntur. Proposita enim cursus, quem nauis tenere debet, directione, nisi ea nimis prope ad regionem venti dirigatur, pluribus imo infinitis modis vela ita disponi possunt, ut nauis eum cursum sequatur; ex omnibus igitur eum determinavi,  
quo

quo naui motus celerrimus imprimere-  
tur, quae determinatio vsu non carebit,  
etsi nautae quotidiana experientia edo-  
cti hanc aptissimam velorum dispositio-  
nem iam satis accurate eligere norint.  
Quando autem aduersus ventum est ni-  
tendum, eam tam naus quam velorum  
directionem assignaui, qua contra ventum  
maximum lucrum impetretur, ad quod  
commodum nautae maxime respicere so-  
lent.

Expensis viribus venti et resistentiae,  
quibus naus vrgetur, superest vt actio  
gubernaculi ad examen reuocetur, quod  
puppi annecti solet. Hic primum corpus  
naus puppim versus ita est attenuandum, vt  
aqua satis libere in gubernaculum impin-  
gere, sicque effectum desideratum pro-  
ducere valeat. Ad ipsam vero gubernaculi  
actionem explicandam, eius primo vis,  
quae gubernaculo imprimitur, momentum  
respectu axis per naus centrum grauita-  
tis traducti est colligendum, quod per

momentum inertiae navis respectu eiusdem axis diuisum praebebit accelerationem, qua navis conuertetur. Hinc patet, cum gubernaculum puppi annexum a centro grauitatis maxime distet, eius actionem esse maximam, simulque ex momento inertiae navis cognito, ipsa gubernaculi magnitudo ita facile definitur, vt eum, qui requiritur, effectum exhibeat.

His rebus expeditis non erit difficile omnium nauum, ad quamcunque normam sint extractae, commoda atque incommoda perspicere ac determinare: quin etiam id, in quo summa scientiae naualis versatur, praestari poterit, vt proposito scopo, cui navis destinatur, aptissima ac proinde perfectissima navis construi queat. Primum enim explicatum est, quomodo nauem comparatam esse oporteat, vt datum stabilitatis gradum tam respectu axis longitudinalis quam latitudinalis consequatur, tum etiam os-

cil-

cillationes et agitationes ab impulsu fluctuum oriundae, ad libitum attemperari poterunt. Tertio prolixè exposui, quomodo proram navis conformatam esse oporteat, ut pro ratione cuiusque instituti minimam resistantiam patiatur, sicque navis quam celerrime prouehi queat. Quarto eam navis figuram descripsi, quae ad cursum contra ventum instituendum ita sit accommodata, uti fuerit praescriptum; et quae simul facillime actioni gubernaculi obtemperet, sexto quoque locum, numerum et altitudinem maiorum itemque velorum copiam ita assignavi, ut tam in cursu directo, quam obliquo nauigatio optimo successu institui queat. Fieri quidem potest, ut plura requisita diuersam nauium structuram postulent, et quasi inter se pugnare videantur, verum perspectis omnibus, quae ad quodque requisitum pertinent, rationibus, non difficile erit quouis casu diuersas conclusiones inter se conciliare,

om-

omnibusque requisitis coniunctim sumtis tantum satisfacere, quantum rei natura permittit.

Alterum nauium genus, quae remis propelluntur, non leuiore inuestigatione requirit; postquam enim iam Aristoteles vim remorum ex natura vectis infelici cum successu explicare est conatus, recentiores mathematici eius quidem errorem agnouerunt, sed nemo hoc negotium pro dignitate expediuit. Operam igitur dedi, ut eam vim, qua navis per remos sollicitatur, ex ipsis primis mechanicae principiis eruerem, atque celeritatem, quam remi quotcunque et viribus quibuscunque agitati naui imprimere valeant accurate definiui. Quoniam huiusmodi naues nunquam velis aduersus ventum contendunt, sicque inclinationi, quae in cursu obliquo existit, non sunt obnoxiae, in hoc tantum erit elaborandum, ut cum sufficienti stabilitatis gradu quam minimam in cursu di-

recto

recto resistantiam offendant. Deinde cum remus secundum longitudinem in duas partes sponte distinguatur, alteram anteriorem, quae intra nauim versatur, et a remigibus agitur, alteram vero posteriorem pala instructam, qua per aquam vibratur; eam proportionem inter partem anteriorem et posteriorem determinauit, ut ab eadem vi remum agitante maxima vis ad nauem propellendam proficiscatur; haec quidem proportio cum a pondere nauis eiusque resistantia, tum a numero remorum pendet, sed tamen inueni partem posteriorem semper longitudine anteriorem excedere debere, quae maxime idonea proportio theoriae innixa in praxi etiam diligenter obseruatur. Hic autem magnopere dissentit Vir Celeb. Bouguer Academiae Regiae Parisinae Socius, in eximio tractatu gallico, quem nuper *de nauis* edidit, ubi in capite de remorum actione, ad quasdam circumstantias minus attentus, concludit,

)()()()()

vt

vt nauis a remis promptissime proPELLatur, requiri, vt pars interior longior sit exterior. Verum hic leuis est lapsus, atque excellentia reliquorum, quae in hoc opere pertractauit, argumentorum largissime compensatur.

De hoc opere plurimum mea interest, vt quaedam, quae ad hos meos libros ab omni suspicione plagii liberandos faciunt, paucis admoneam, plura enim argumenta, quae vterque tractauimus, ita simili modo sunt exposita, vt equidem ea ex illo opere, quod fere quadriennium ante meum prodiit, hausisse non immerito videri possem. Verum toti Academiae Imperiali, cuius iussu meum tractatum iam ab Anno 1737 conscribere coepi, satis superque notum est, priorem librum iam tum, cum Petropoli abiissem, quod factum est anno 1740, omnino fuisse absolutum, ac posteriorem librum, ad medietatem vsque perductum, quem deinceps hic Berolini statim post meum aduen-



aduentum penitus perfeci, ita vt vterque liber iam anno sequente publicam lucem aspicere potuisset, testes quoque in hanc rem allegare possem plures amicos meos, quibuscum iam ab illo tempore praecipua capita meditationum mearum communicaueram; sed auctoritas Academiae mihi abunde sufficit ad me vindicandum. Huc accedit, vt Celeb. Bougueris toto illo tempore, quo ego in hoc studio laboravi in America sit commoratus, vbi etiam opus suum conscripsisse dicitur, ita vt inter nos nullum commercium litterarium intercedere potuerit, ex quo alter ab altero quicquam proficere potuisset.

Atque haec sunt fere, quibus Te, *Comes Illustrissime* de instituto meo, quod in his libris sum persecutus, certiolem facere visum est, vt quanti momenti haec scientia naualis in republica existimari mereatur, hinc conuicere possis, Gratias autem Tibi, quod

quod opus hoc meum publicatione dignum iudicare voluisti , perfoluo maximas , atque qua me adhuc dignatus es gratia ac beneuolentia , vt me porro profequi velis enixe rogo. Vale Tuoque Fauore complectere

**COMES ILLVSTRISIME**

**DOMINE GRATIOSISIME**

Dabam Berolini  
d. 25 Ian. A. 1749

**Tuum obsequiosissimum**

**L. EULERVM.**