

## Caput. V.

# DE INCLINATIONE, QVAM NAVES A VIRIBVS QVIBVSCVNQVE PATIVNTVR.

### §. 388.

In hoc capite incipiems in effectus quos vires quaecunque externae nauibus applicatae producere valent, inquirere. Quanquam enim hoc argumentum in superiori libro, vbi corpora quaecunque aquae innatantia consideravimus, iam fusius est pertractatum, tamen hic eandem investigationem ad naues in specie transferri conueniet, ut regulas etiam hinc consequamur certas, quas cum in constructione nauium, tum etiam in earum instructione et gubernatione obseruari oporteat. Ex singulis enim circumstantiis ad naues spectantibus propositum nobis est regulas pro nauium constructione, oneratione, et gubernatione elicere, quo deinceps ex omnium harum regularum collisione perfectissima nauium forma colligi queat.

§. 389. Omnes effectus, quas vires quaecunque in naues exerere possunt, ad quinque genera reuocantur. Primum genus eos complectitur effectus, quibus centrum gravitatis nauis, atque adeo ipsa nauis vel sursum vel deorsum vrgetur. Ad genus secundum pertinet motus horizontalis centri gravitatis, quo nauis super aqua a viribus sollicitata progreditur secundum quamcunque regionem. In tertio genere comprehendo motum nauis rotatorium circa axem

axem verticalem per centrum grauitatis transeuntem. Quartum autem et quintum genus inclinationes nauis respicit circa axem horizontalem sive longitudinalem sive latitudinalem. Atque haec duo postrema genera hic diligentius inuestigare, et quanta inclinatio a datis quibusque viribus oriri debeat, determinare est propositum.

§. 390. Plerumque autem una eademque vis plures effectus diuersos in naui producere solet, verum tamen singuli sunt ita comparati et a reliquis disiuncti, ut nullus effectus, a reliquis ab eadem vi oriundis turbetur, quemadmodum in libro superiori demonstratum est. Quamobrem cum hic tantum inclinationem nauis circa axem horizontalem sive longitudinalem sive latitudinalem inuestigare constituerim, hunc effectum solum definire poterimus, sine vlo respectu ad reliquos effectus habito, qui forte ab eadem vi proficiuntur. Atque ita in hoc negotio versari licebit, quasi reliqui effectus vel omnino hanc inclinationem non comitarentur, vel ab aliis viribus, quae nullam inclinationem producant, penitus destruerentur. Semper enim vires eiusmodi contrariae concipi possunt, quae omnes datae vis effectus praeter eum, qui in inclinatione nauis consumuntur, destriuant.

§. 391. Quo igitur clarius eas vires cognoscere queamus, a quibus inclinatio nauis producatur primum eas vires notari iuuabit, a quibus nulla inclinatio oriri potest. Hinc enim in quolibet casu eiusmodi vires contrariae singi poterunt, quae effectus omnes reliquorum generum praeter inclinationem destruant. Imprimis autem hic eae vires considerandae veniunt, quarum directiones per centrum grauitatis nauis transeunt; harum enim virium totus effe-

ctus vel in promotione nauis secundum directionem horizontalem, vel in eleuatione seu depressione nauis tantum consistit. A talibus igitur viribus neque rotatio navis circa axem verticalem neque vlla inclinatio oriri poterit: ex quo huiusmodi vires in hoc capite non locum inuenient, nisi ad effectus ab instituto alienos mente saltem destruendos.

§. 392. Simili modo nulla vis, cuius directio transit per axem horizontalem per centrum grauitatis ductum, inclinationem circa illum axem generare valet; et hanc obrem si inclinatio circa axem longitudinalem tantum consideretur, omnes vires huic effectui erunt impares, quarum directiones transeunt per axem longitudinalem, hoc est, quae productae cum hoc axe vel concurrunt, vel parallelae existunt; quod idem de axe latitudinali est intelligendum. Deinde vero omnes vires, quarum directiones sunt horizontales, atque in ipso plano horizontali per centrum grauitatis transeunte, sitae, circa neutrum axem sive longitudinalem sive latitudinalem nauem inclinabunt. Ex his igitur iam facilius intelligetur, a quibusnam viribus nauis inclinationem patiatur; an vero securus; quodsi enim vis nauem vrgens aliter sit comparata, atque modo indicauimus, certo inclinatio nauis subsequetur.

§. 393. Quaecunque autem oriatur nauis inclinatio a situ naturali, ea circa axem aliquem horizontalem per centrum grauitatis nauis transeuntem fieri censenda. Quanquam vero huiusmodi axes numero infiniti existunt, tamen omnes inclinationes reuocari possunt ad binos memoratos axes principales, longitudinalem scilicet ac latitudinalem; ita ut definita inclinatione, quae a data vi circa vtrumque illum axem

axem generatur, vera inclinatio nauis cognoscatur; simulque axis ille obliquus assignari queat, circa quem nauis durante inclinatione sepe conuerterit. Simili scilicet modo, quo decompositio virium, inclinatio circa axem obliquum resolui potest in binas inclinationes circa ambos axes principales.

§ 394. Sit enim AEBF sectio nauis horizontalis tab. XIII. per eius centrum gravitatis G facta, in eaque ambo axes fig. 1. principales, longitudinalis AB et latitudinalis EF; sitque A prora, B puppis, E latus sinistrum, F dextrum. Ponamus iam nauem duplē pati inclinationem, alteram circa axem AB sinistrorum per angulum  $\alpha$ , alteram circa axem EF prorsum per angulum  $\beta$ , huicque dupli inclinatiōi aequivalere inclinationem simplicem, quae fiat circa axem obliquum MN versus V, per angulum  $\gamma$ . Sumatur iam punctum quoduis V, e quo ad tres illos axes ducantur normales VT, VS, et VR. Nunc pro dupli inclinatiōi, inclinatio circa axēm AB deprimet per spatium  $\alpha$ . TV, altera inclinatio circa axēm EF deprimet idem punctum per spatium  $\beta$ . SV. ita ut punctum V a dupli inclinatiōi deprimatur per spatium  $\alpha$ . TV +  $\beta$ . SV. ita simplici inclinatiōi circa axēm MN deprimitur per spatium  $\gamma$ . RV.

§. 395. Quoniam igitur tam duplex quam simplex inclinatio eundem motum in singulis punctis V producit, fiet  $\alpha$ . TV +  $\beta$ . SV =  $\gamma$ . RV. Ducta ergo recta GV fiet  $\alpha$ . sin. AGV +  $\beta$ . sin. EGV =  $\gamma$ . sin. MGV. Quae aequatio cum ubique locum habere debeat, erit puncto V in A translato  $\beta$  =  $\gamma$ . sin. MGA =  $\gamma$ . cos. MGE; puncto vero V in E translato fit  $\alpha$  =  $\gamma$ . sin. MGE =  $\gamma$  cos?

cos. BGM. ita autem angulis  $\alpha$  et  $\beta$  determinatis erit ubique  $\alpha$  sin. AGV +  $\beta$  sin. EGV =  $\gamma$  sin. MGV. Fiet autem  $\alpha\alpha + \beta\beta = \gamma\gamma$ , ideoque  $\gamma = \sqrt{\alpha\alpha + \beta\beta}$ ; hincque porro positio axis obliqui MN ita definitur ut sit sin. EGM =  $\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha\alpha + \beta\beta}}$  et cos. EGM =  $\frac{\beta}{\sqrt{\alpha\alpha + \beta\beta}}$  seu tang. EGM =  $\frac{\alpha}{\beta}$ .

§. 396. Quodsi ergo nauis duplarem patiatur inclinationem alteram circa axem longitudinalem AB sinistrorum per angulum  $\alpha$ , alteram circa axem latitudinalem EF per angulum  $\beta$ ; duplex haec inclinatio reuocabitur ad inclinationem simplicem circa unicum axem obliquum, quae fiet per angulum  $\gamma = \sqrt{\alpha\alpha + \beta\beta}$ . Positio autem huius axis obliqui sequenti modo definitur. Diuisa superficie nauis sectionis per axes principales in quatuor portiones AGE, BGE, BGF et AGF; binae portiones a dupli inclinacione motus consentientes nanciscentur, ut nostro casu portiones AGE, et opposita BGF; reliquae vero binae oppositae portiones AGF et BGE motus discrepantibus accipient per easque axes ille obliquus MN transibit, ita autem erit positus, ut sit anguli EGM tangens =  $\frac{\alpha}{\beta}$ ; circa quem nauis inclinabitur per angulum =  $\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ .

§. 397. Inclinatio igitur quam nauis a vi quacunque patietur, commodissime definietur, si, quantam inclinationem ea vis circa utrumque axem principalem producat, investigabitur; tum enim simul axis obliquus innotescet, circa quem ab ea vi inclinatio simplex orietur, atque inclinationis quantitas. Quamobrem sufficiet expouisse methodum, cuius ope inclinatio circa alterutrum axem principalem a data vi oriunda determinari queat. Facilime

autem

autem hoc p̄aestabitur , si vis seu potentia nauem sollicitans in ternas vires resoluatur , quarum vnius directio sit verticalis , reliquarum binarum vero directiones horizontales , ita vt alterius directio parallela sit axi longitudinali , altera vero axi latitudinali ; haecque resolutio sine vlla molestia instituitur , dum vis sollicitans , si multiplicetur per cosinum anguli , quem eius directio cum vna ex illis tribus directionibus facit , statim p̄aebet vim resultantem in ea ipsa directione .

§. 398. Cum autem vis quaecunque nauem sollicitans in huiusmodi tres vires fuerit distributa , singulae seorsim considerentur . Ac primo quidem vis verticalis spectetur , inuestigetur eius distantia ab utroque plano verticali , altero per axem latitudinalem , altero per axem longitudinalis ; quo facto vis verticalis multiplicata per distantiam a plano longitudinali dabit momentum eius respectu axis longitudinalis ; similiisque modo eadem vis multiplicata per distantiam a piano verticali , quod per axem latitudinalem transit , dabit eius momentum respectu axis latitudinalis . Inuentis autem his momentis respectu utriusque axis principalis , diligenter dispiciatur , in utram plagam inclinatio nauis inde debeat oriri , quo pateat , utrum plura eiusmodi momenta ad eundem axem relata per additionem an per subtractionem iungi debeant .

§. 399. Quod autem ad binas reliquas vires horizontales attinet , perspicuum est , eam , cuius directio axi longitudinali est parallela nullum momentum respectu huius axis producere ; neque etiam ab ea , cuius directio parallela est axi latitudinali , respectu huius axis momentum existere . Quare ex vi , cuius directio est parallela axi longitudinali tantum momentum respectu alterius axis lati-

## *ERO DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.*

tudinalis oritur, contraque ex vi, cuius directio est parallela axi latitudinali, tantum nascetur momentum respectu axis longitudinalis. Vtriusque autem huius momenti quantitas obtinebitur, si vtraque vis multiplicetur a distantia sua a plano horizontali per centrum gravitatis ducto, quae adeo distantia pro vtraque vi erit eadem.

§. 400. Quacunque ergo vi nauem sollicitante resoluta in ternas memoratas vires momenta ex ea pro utroque axe principali oriunda facili negotio determinabuntur. Duo autem ad summum momenta pro ambobus axibus reperientur, quorum alterum ex vi verticali, alterum ab una vi horizontali proficiscitur. De his itaque binis momentis dispiciendum est, utrum ad effectus contrarios an consentientes producendos sint accommodata; ut intelligatur, utrum eorum differentia an summa capi debeat, pro toto momento ex illa vi oriundo. Quodsi autem nauis simul a pluribus viribus sollicitetur, simili modo momenta ex singulis viribus pro utroque axe principali colligentur, ex quibus tandem coniunctis momenta totalia pro utroque axe prodibunt.

§. 401. In hoc negotio vires sollicitantes tantum instituto praesenti conformiter sumus contemplati: momenta scilicet tantum ex iis deriuauimus, ad inclinationem producendam idonea, atque a reliquis effectibus cogitationem prorsus abstraximus. Ista vero resolutio cuiusque vis in ternas pariter ad effectus reliquos cognoscendos maxime est accommodata. Nam primo vis verticalis praeter inclinationem producit in nauis vel maiorem vel minorem immersionem. Atque vires horizontales nauem partim secundum horizontem propellent, partim conuentent

tent circa axem verticalem per centrum grauitatis nauis ductum.

§. 402. Quodsi iam ex viribus nauem sollicitantibus deducta fuerint momenta nauem circa ambos axes principales inclinantia , ex iis quae in libro superiori demonstrata sunt facilis negotio inclinatio ipsa circa vtrumque axem determinabitur ; si quidem vti hic perpetuo ponimus, inclinatio fuerit tam parua vt ea in calculo pro infinite parua haberi queat , id quod accedit si sinus inclinationis ipsi inclinationis angulo fuerit proportionalis. Circa vtrumque autem axem duplex oriri potest inclinatio ; circa axem longitudinalem scilicet nauis vel sinistram vel dextram versus inclinari potest ; circa axem latitudinalem vero inclinatio vel proram versus , vel retrorsum fieri potest , quod discriminem ex momentis inclinationem vtramque generantibus facile cognoscetur.

§. 403. Inclinatio vero circa quemcunque axem colligitur ex stabilitate , quam nauis habet respectu illius axis. Si enim stabilitas respectu axis cuiusvis ponatur  $F$  , eaque modo supra adhibito exprimatur , ea ita se habet , vt , si nauis circa illum axem inclinetur angulo  $= w$  , momentum quo ipsa nauis sese restituere conatur , futurum sit  $= Fw$ . posito sinu toto  $= 1$  , et denotante  $w$  vel ipsum arcum , angulum inclinationi aequalem in hoc circulo subtendentem vel eius sinum. Ex quo apparet esse  $F$  momentum , seu productum ex pondere quodam in aliquam longitudinem. Expressimus autem stabilitatem  $F$  per pondus nauis  $M$  in longitudinem datam ductum.

§. 404 Ponamus nunc ex viribus externis sollicitantibus nauem resultasse momentum  $= P$ . ad nauem circa axem siue

212 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.

longitudinalem sive latitudinalem inclinandam , cuius respectu stabilitas sit  $= F$  : atque ab hoc momento oriri inclinationem per angulum  $= w$  , quam quaerimus. Cum igitur ipsa nauis in hoc statu inclinato polleat vi sese restituendi , huiusque vis momentum sit  $= Fw$  , necesse est , vt momentum P virium hanc inclinationem producens aequale sit et contrarium vi restituenti ; ex quo fiet  $P = Fw$  , hincque  $w = \frac{P}{F}$ . Quamobrem fractio  $\frac{P}{F}$  , cuius numerator et denominator quantitates homogeneas momenta scilicet nota denotant , dabit sinum anguli inclinationis oriundae a virium momento P , posito sinu toto  $= I$ .

§. 405. In genere igitur intelligitur , quo maior fuerit stabilitas nauis respectu eius axis , circa quem nauis inclinatur , eo minorem fore inclinationem , eadem manente vi inclinante P , quod quidem ex ipsa stabilitatis idea consequitur. Quamobrem vt nauis minimis inclinationibus sit obnoxia , stabilitas quantum fieri potest , augeri debet , quod , quibus modis efficiendum sit , supra fuisius ostendimus. Atque ideo ad nauium formam perfectissimam inuestigandam hic stabilitate F relicta , dispiciemus , quemadmodum momentum P pro nauis incolumitate comparatum esse debeat.

§ 206. Fractio igitur  $\frac{P}{F}$  , in qua est P ad F vt sinus anguli inclinationis , a momento virium P ortae ad sinum totum , tam exigua esse debet , vt haec inclinatione naui nullum detrimentum afferat. Quamobrem inclinationes illas maximas quas nauis sine vlo periculo subire potest , definiri oportet , vt limites habeantur , quos inclinationes transgredi non liceat. Ac primo quidem pro axe longitudinali videtur inclinationis angulus  $10^\circ$  superare non debere;

bere ; pro axi latitudinali autem inclinatio vltra quinque gradus exsurgere non potest , eo quod ob ingentem nauim longitudinem immersio et emersio in prora et puppi nimis fieret magna. Hos autem limites non quasi fixos assumimus , sed tantum exempli gratia ; atque pro dato nauium statu ii vel maiores vel minores accipi poterunt. Interim tamen incolumitati nauium eo magis consuletur , quo minores isti limites constituantur.

§. 407. Si igitur inclinatio circa axem longitudinalem oriatur , prouidendum est , ne valor fractionis  $\frac{P}{F}$  vnquam excedat  $\frac{1}{2}$ . quae fractio proxime accedit ad sinum anguli  $10^\circ$ . At pro inclinatione circa axem latitudinalem fractionis  $\frac{P}{F}$  valor nunquam maior esse debet quam  $\frac{1}{2}$ . Quare si in nauibus stabilitas respectu vtriusque axis principalis iam fuerit definita , in hoc erit elaborandum , vt nauis nunquam tantis viribus exponatur , quarum momenta inclinationem producentia excedant limites istos definitos , vel alios , qui ad naues magis reperiantur accommodati , qui quidem ab his non multum discrepabant. Cum autem isti limites angulis satis paruis contineantur , id nanciscimur commodi , vt ipsi anguli suis finibus proxime sint proportionales ; ex quo regula data perpetuo tuto adhiberi poterit.

§. 408. Quodsi autem euentus externi , quibus naues expositae esse solent , non ita ad lubitum temperari queant , vt momenta inclinantia , quae ex iis nascentur , infra praescriptos limites redigi queant atque ideo valor litterae P tanquam datus accipi debeat ; tum aliter securitati nauis prospici non potest , nisi vt ipsi tanta stabilitas concilietur , ex qua angulus inclinationis  $\frac{P}{F}$  prodeat innocuus.

D d 3

Atque

**214 DEINCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.**

Atque ex huiusmodi casibus vel fortuito vel necessario se immiscentibus ipsa stabilitatis quantitas determinari debet. Cum enim nauium conseruatio p[ro]ae omnibus reliquis commodis intendatur, in nauium constructione stabilitas p[re]cipue spectari debet, atque effici, vt ea ad debitam quantitatem augeatur. Quod iudicium cum ex quantitate virium externarum, nau[is] interitum minantium, tum ex statu nauium ipso, vnde intelligitur, quantam inclinationem quaeque nauis sine periculo pati queat, institui oportet.

§. 409. Si omnes naues tam ratione constructionis quam onerationis essent corpora inter se perfecte similia, tum earum stabilitates respectu axium homologorum tene-  
rent inter se rationem quadruplicatam laterum homologo-  
rum. Scilicet si maioris nauis fuerit profunditas carinae = C et minoris profunditas carinae = c, erit primo pondus nauis maioris ad pondus minoris vti C : c. Stabilitas autem nauis maioris se tenebit ad stabilitatem minoris vt C : c. Si quidem vtraque stabilitas ad axem eiusdem nominis hoc est siue longitudinalem siue latitudinalem re-  
feratur. Quare si stabilitas maioris nauis ponatur = F et stabilitas minoris = f erit F : f = C : c.

§. 410. Vires autem externae, quibus naues expositae esse solent, siue spectetur vis propellens, siue vis aquarum, tenent rationem duplicatam laterum homologorum. Quodsi enim naues vento propellantur vis venti eadem celeritate vrgentis erit vt superficies velorum, indeque tenebit ratio-  
nem duplicatam laterum homologorum. Simili modo re-  
sistentia aquae, quando omnia sunt paria, superficie na-  
vis in quam irruit est proportionalis, hincque etiam tene-  
bit rationem duplicatam laterum homologorum. Vnde  
efficitur

efficitur ut eiusmodi naues similes ab eiusdem venti impulsu aequales in aqua acquirant celeritates, postquam scilicet ad motum aequabilem fuerint redactae. Quo enim naues fuerint maiores eo tardius hanc velocitatem uniformem asserunt, vti patet ex iis, quae supra de motu progressu sunt tradita.

§. 411. Cum autem vires sollicitantes teneant rationem duplicatam laterum homologorum, earum momenta, ex quibus inclinationem nauium concludere oportet, erunt in ratione triplicata laterum homologorum, eo quod momenta prodeunt, si vires sollicitantes per vectes multiplicentur, qui ipsis lateribus homologis sunt proportionales. Quare si pro naui maiori momentum inclinans ponatur  $= P$  et pro naui minori  $= p$ , erit  $P : p = C^3 : c^3$ . Hinc igitur anguli inclinationum in naui maiori et minori erunt vt  $\frac{C}{c}$  ad  $\frac{c}{c}$ . Hoc est inclinationes in nauibus similibus a viribus quoque paribus productae erunt reciproce vti latera homologa; ita vt, tametsi omnia sint similia, inclinationes tamen maxime fiant dissimiles.

§. 412. Cum igitur in nauibus similibus inclinationes a paribus viribus ortae sint eo minores, quo maiores fuerint naues, manifestum est nauium similiū maximas minimo subuersione periculo esse obnoxias. Ex quo intelligitur quo naues confiantur maiores, eas praeditas esse eo maioribus commodis, si cetera omnia sint paria. Quin etiam si naues minores ita fuerint comparatae, vt sine aperito interitus periculo tempestatum impetibus committi nequeant, tamen naues maiores ad idem exemplum constructae ab eodem periculo ob solam magnitudinem liberantur. Hocque quotidiana experientia clarissime confirmat,

**216 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.**

mat , quippe qua constat minora nauigia tempestatis vehementiam sustinere minime posse , cum tamen naues maiores tuto per mare migrare queant. Accedunt quidem hic alia incommoda ab vndis oriunda , quarum hic nullam habemus rationem ; hoc tamen non obstante theoria manifesto per experientiam confirmatur.

§. 413. Quodsi autem ponamus nauem minorem vim tempestatis sine vlo periculo sustinere posse , tum maior nauis , si quidem omnia sint similia , multo tutius in eadem tempestate versabitur. Deinde vero si aequalis inclinatio cum pari periculo fuerit coniuncta , maior nauis quoque maiorem impetum cum eodem periculo sufferre poterit ; nam si impetus siue venti siue aquae fuerint in ratione simplici laterum homologorum nauium , tum demum naues maiores ac minores aequalem inclinationem patientur ; ac proinde aequali periculo erunt obnoxiae.

§. 414. Perspicuum igitur est maximas naues prae minoribus summis et grauissimis emolumentis esse praeditas , si quidem inclinatio , de qua hic nobis sola sermo est , spectetur , a qua nauis incolumitas potissimum pendet. Praeterea autem facile intelligitur , a motu et impetu vndarum , quibus naues non solum succutiuntur , sed etiam ex situ erecto deturbantur , naues , quo sint maiores , eo minus affici debere , id quod praeter rationem experientia abunde testatur. Laborant vero etiam naues maiores prae minoribus non contemnendis incommidis ; primo enim non tam facile se dirigi ac gubernari patiuntur ; qua de re infra fusius videbimus ; deinde vero si in mari occulti scopuli ac syrtes reperiantur , naues maiores facile naufra-

naufragium patiuntur, dum minores tuto transire possunt: verum huiusmodi casus alieni in theoriam non incurunt.

§. 415. Quodsi autem maxima violentia, in quam naues vñquam incidere possunt, fuerit definita, atque summa inclinatio, quam nauis sine damno pati potest, determinata, similitudo nauium ita poterit alterari, vt naues maiores multo insigniora commoda consequantur. Scilicet, si nauis minor, cuius latus homologum sit  $\equiv c$ , incolmis perseverare queat, in nauis maiori maior velorum copia, quam similitudo requirit, sine periculo adhiberi poterit. Scilicet si maioris nauis latus homologum sit C; superficies omnium velorum in nauis maiori ita constitui potest, vt se habeat ad superficiem velorum in minore vt C<sup>3</sup> ad c<sup>3</sup>, quo impetrabitur, vt nauis maior celerius propeletur quam minor, paremque tamen inclinationem subeat.

§. 416. Quanquam autem haec, quae ad velorum constitutionem spectant, infra data opera sumus evoluturi, tamen, quantum ad praesens institutum nauium scilicet inclinationem attinet, hic paucis tetigisse iuuabit. Vioimus autem, naues, quo sint maiores, maiorem velorum copiam admittere, quam ratio duplicata laterum homologorum requirit; si naues ceterum inter se ita sint similes, vt earum stabilitates teneant rationem quadruplicatam laterum homologorum; atque vt aequales inclinationes eueniant, momenta ex vi venti ad nauem inclinandam oriunda tenere debere rationem pariter quadruplicatam laterum homologorum. Quodsi ergo latitudo velorum ponatur  $\equiv L$  et altitudo  $\equiv A$ , erit vis venti absoluta vt AL eiusque momentum ad nauem inclinandam vt A<sup>2</sup> L, vel neglectis cum velorum conuergentia sursum, tum altitudine supra

218 DE INCL. QVAM NAVES AVIRIB. QVIB. PAT.

centrum grauitatis, vel vbique similibus positis. Hincque debebit esse  $A^* L$  vt  $C^*$ , quo inclinationes prodeant aequales.

§. 417. Si iam in nauibus ceterum similibus latitudo velorum  $L$  ponatur lateribus homologis proportionalis, altitudo velorum  $A$  debebit esse vt  $C \sqrt{C}$ , hoc est altitudines velorum vel malorum tenebunt rationem sesquiplatam laterum homologorum: ita vt in naui quadruplo maiori seu 64 vicibus grauiori, sumta latitudine velorum quadrupla, altitudo malorum capi debeat octies maior. Sumtis vero velorum altitudinibus in ratione laterum homologorum, latitudines accipi poterunt in ratione duplata laterum homologorum. Atque generaliter si latitudo capiatur vt  $C^n$  et altitudo  $A$  vt  $C^m$ , debebit esse  $2m+n=4$ ; vnde fiet vis venti absoluta nauem propellens vt  $C^{4-m}$ , quia est vt velorum superficies  $AL$ .

§. 418. Quodsi autem non expediatur in nauibus majoribus quantitatem virium tantum augere, quantum stabilitas permittit, tum tuto in istiusmodi nauibus majoribus stabilitas diminui poterit. Si enim tam altitudo quam latitudo velorum teneat rationem simplicem laterum homologorum, seu subtriplicatam ponderum in nauibus diuersae magnitudinis, ex quo vires impellentes a vento oriundae rationem laterum homologorum duplicatam, momenta vero ad nauem inclinandam tendentia rationem triplicatam habebunt. Tum igitur sufficiet naues ita adornasse, vt stabilitates inter se feruent rationem triplicatam laterum homologorum: quae, si perfecta constitueretur similitudo, forent biquadratis laterum homologorum proportionales. Huicque hypothesi accommodauimus ea, quae supra in Cap. de Stabilitate §. 251. et seqq. sunt tradita.

§. 419.

*DE INCL. QVAM NAI'ES A VIRIB. QVIB. PAT.* 219

§. 419. Quanquam autem stabilitas tam essentialis ac necessaria nauium est proprietas, ut expedire videatur, eam, quantum fieri queat, augere, tamen lucrum ex eius nimia multiplicatione oriundum parui est momenti, ita ut merito aequiescere queamus, si stabilitas tanta fuerit, ut nauis nunquam ultra datos limites inclinari queat. Si quidem stabilitatis multiplicatio, quae praeter necessitatem instituatur, nullis incommodis aliis naturae esset permixta, tum vtique foret consultum stabilitatem efficere quam maximam; sin autem incommoda hinc oriunda saltem aliquius fuerint momenti, minime conueniret ea negligere. Quae cum ita sint in nauibus maioribus saepenumero conueniet, stabilitatem ex similitudine oriundam aliquantum diminuere, ut alia commoda non parui momenti, quibus alias stabilitas obstat solet, inde obtineantur, atque ad maiorem perfectionis gradum euehantur.

§. 420. Praecipuum igitur momentum, ex quo stabilitatem cuiusque nauis determinari conueniat, petendum est ex viribus, ad quas sustinendas nauis vel de industria accommodata esse debet, vel quibus casu nauis saepe exponitur; vbi maxime prospiciendum est, ne istiusmodi vires contingentes damnum afferant. Atque ex hac consideratione determinabitur quantitas stabilitatis, ut nauis valeat istiusmodi viribus satis resistere, ne ab iis detrimentum patiatur. Quo facto sufficiet navi tantam vel saltem non multo maiorem stabilitatem inducere, et reliqua capita, quibus nauis determinatur, tamdiu indeterminata relinquere, quoad reliquae proprietates omnes, quibus nauem praeditam esse oportet, fuerint sedulo perpensa; quo etiam his facilis per nauis constructionem satisfieri queat. Hactenus

220 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.

quidem eiusmodi proprietates nondum sumus contemplati quae stabilitatis determinationem suadeant, sed infra tales proprietates abunde occurrent.

§. 421. Ingenere haec valent ad stabilitatem nauium cum ratione axis longitudinalis tum latitudinalis ex viribus, quibus naues actu exponuntur, determinandam; quo in negotio hoc tantum est cauendum, ne ab his viribus inclinatio nauibus damnsa afferatur; id quod stabilitate iustae magnitudinis nauibus inducenda obtinebitur. Infra vero, vbi vires, quibus naues vrgeri solent, curatius examinabimus, in earumque veram magnitudinem inquiremus, pro quo quis casu ipsam stabilitatem ad nauium in columitatem requisitam accurate definire licebit. Quamobrem hoc loco istam doctrinam eatenus tantum exposuisse sufficiat, vt post modum, quando vera virium sollicitantium quantitas definitur, statim inclinatio ab iis oriunda assignari queat, ex quo deinceps pracepta ad nauium conseruationem necessaria dederantur.

§. 422. Hic vero adhuc obiter notari conueniet vires, quibus naues circa axem latitudinalem inclinantur, multo maiores esse iis, quae naues circa axem longitudinalis inclinare conantur. Cum enim praecipuus nauium scopus in cursu sit positus, qui maximam partem secundum directionem axis longitudinalis institui solet, vires etiam tam propellentes, quam quae nauis reluctantur, secundum eandem fere directionem sollicitabunt; ex quo eae maxime valebunt ad naues circa axem latitudinalem inclinandas, parum vero circa axem longitudinalis; nisi forte in cursu nauis, quae a vento propelluntur obliquo, cursus aduersus plagam venti instituitur; vbi virium

mo-

momentum respectu axis longitudinalis satis fit magnum. Hinc igitur sequitur regula maximi momenti, quae postulat, vt in omnibus nauibus stabilitas respectu axis longitudinalis multo reddatur maior, quam respectu axis longitudinalis.

§. 423. Quodsi autem AEBF denotet sectionem aquae, AB eius axem longitudinalem, EF axem latitudinalem, et CD profunditatem carinae; porro vero centrum magnitudinis carinae positum sit in O, et totius navis centrum gravitatis in G: in capite de stabilitate vimus, si nauis totius pondus ponatur = M, fore stabilitatem respectu axis longitudinalis proxime =  $M(\frac{EF^2}{10CD} - OG)$ , stabilitatem vero respectu axis latitudinalis =  $M(\frac{AB^2}{10CD} - OG)$ . Hanc ob rem ista quantitas  $\frac{AB^2}{10CD} - OG$  multo maior esse debet, quam illa  $\frac{EF^2}{10CD} - OG$ ; vnde sequitur in omnibus nauibus esse debere  $AB > EF$ . Quo circa patet ratio praecipua huius regulae constantissimae, qua in omnibus nauibus longitudine AB multum superare debet latitudinem EF.

§. 424. Commemorata generatim nauium inclinatio-  
ne, quae a vi venti oriri potest, sequeretur, vt etiam inclinationem nauium a vi remorum oriundam, quae est altera vis praecipua, qua naues propelli solent, contem-  
plaremur, sed quia ob directionem harum virium fere horizontalem, et parum a plano horizontali per centrum gravitatis nauis ducto distantem, momentum harum virium fit satis exiguum, nulla inde inclinatio proficiendi potest, quae nauis detrimentum afferat; idque eo magis cum istas vires pro lubitu moderari liceat. In huiusmodi igitur nauibus, quae remis tantum propelluntur, stabilitas ex aliis viribus, in quas naues fortuna incident, debebit definiri,

222 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB QVIB. PAT.

quarum vtique in omnibus nauibus ratio maxime est habenda , cum eae non a nostro arbitratu pendeant , et plerumque de improviso tam vehementer irruunt , vt naues in maximum pereundi periculum incident . Qui casus , quo minus euitari possunt , eo magis est laborandum , vt naues tantam violentiam sustinere queant .

§. 425. Post ventum vires , quibus naues maxime agitantur , in aqua sunt positae , quae ad duo genera commode reuocantur . Primo scilicet etsi mare est tranquillum , tamen , si nauis celeriter vehitur , magnam ab aquae resistentia vim suffert , cuius effectus quidem potissimum in motus retardatione constat , verumtamen etiam pro figura nauis momentum ad inclinationem producit . Alter effectus multo vehementior cernitur , si aqua vndis vehementer turbatur ; tum enim non solum naues ab allisione vndarum vim patiuntur inclinationem efficientem , verum etiam ob superficiem aquae non amplius horizontalem situs aequilibrii nauium maxime perturbatur , ex quo ingentes inclinationes et alterationes in portione , quae aquae est submersa , oriri possunt .

§. 426. Quod ad vires prioris generis attinet , eae sunt eo fortiores , quo celerius nauis in aqua progreditur , et propemodum sequuntur rationem celeritatum duplicatam . Fit autem iste impetus potissimum aduersus proram , si quidem nauis cursu directo progrediatur ; in cursu obliquo autem non multum a prora distabit . Effectus autem in naui inclinationem generans imprimis ab obliquitate prorae AC pendet ; quae si esset nulla , proraque verticaliter spinae CD insisteret , momentum resistentiae ad inclinationem producendam perquam esset paruum , dum tan-

Tab XIII.  
fig 3.

tantum penderet a distantia mediae directionis resistentiae a plano horizontali per centrum grauitatis nauis directo. Atque hoc casu resistentia proram deprimeret, si media directio infra centrum grauitatis caderet, contra autem eleuaret.

§ 427. Maioris autem momenti fiet ista resistentiae vis inclinationem importans, si prora AC oblique descendat, tum enim media directio resistentiae aquae RS sursum dirigetur eo magis, quo linea AC plus a siti verticali recesserit. Hinc itaque momentum inclinans eo maius existet, quo longior fuerit nauis, eo quod a distantia horizontali puncti R a recta verticali per centrum grauitatis ducta pendet. Tali igitur vi RS prora nauis eleuabitur, eoque inclinatio circa axem latitudinalem puppim versus generabitur. Effectus iste etiam ad nauis utilitatem traduci solet, cum eo inclinatio proram versus, quae a viribus nauem propellentibus oritur, diminuatur, nauisque magis in situ erecto detineatur: quin etiam tali prorae obliquitate resistentia admodum diminuitur, quod est commodum non leuis momenti; siquidem aliae rationes non aduersentur.

§. 428. Tametsi vero istiusmodi prorae obliquitas duplarem utilitatem affert, decrementum scilicet resistentiae et destructionem inclinationis a viribus propellentibus oriundae, tamen eam ultra certos limites augere non expediat, modumque in ea obseruari oportet. In nauibus enim, quae vento propelluntur, in quibus effectus ab hac prorae declinitate oriundus maximi vsus esse videatur, alias grauiores rationes ista declinitas, quantum fieri potest, debet eutari; namque per eam centrum resistentiae nimis a cen-

## 224. DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.

a centro grauitatis anteriora versus remouetur , quo fit , vt gubernaculi vsus fiat admodum difficultis ; quo de argu-  
mento autem infra fusus agetur. In nauibus autem, quae  
solis remis cientur , quia vis proram versus inclinans non  
est sensibilis , etiam destructione tantopere non indiget ;  
propter resistentiae vero diminutionem istae naues maiorem  
obliquitatem admittunt , quia nunquam cursu obliquo vti  
coguntur.

§. 429. Vt autem pro instituto huius capituli solam  
inclinationem ab hac resistentiae vi oriundam contemple-  
mur , ante omnia videmus , eius momentum ad nauem  
inclinandam eo fieri maius , quo magis obliqua constitua-  
tur prora. Ponamus enim proram tam oblique esse for-  
matam , vt speciem rostri *C a* referat , etiamsi ipsa resi-  
stantia sit minor , tamen momentum ad nauem inclinan-  
dam augebitur ob duplicem rationem , primo scilicet , quia  
media directio *r s* proprius ad situm verticalem accedit ac  
deinde , quia ipsa media directio *r s* magis a medio na-  
vis versus rostrum *a* remouetur. Hinc igitur non solum  
inclinatio crescat , sed etiam in ipso rostro *a* ob magnam  
a centro grauitatis distantiam magis fiet sensibilis , ex quo  
perquam magna portio rostri aquae modo immergetur ,  
modo eminebit.

§. 430. Incommode hoc , etiamsi in se spectatum  
leue videatur , tamen , quia rostrum *a* admodum alte supra  
aquam exstrui atque confirmari deberet , ne vnquam a-  
quae submergeretur , in reliquis scopis , quos in structura  
nauium attendere oportet , magnum impedimentum infer-  
ret. Ad haec vero accedit impetus vndarum , quae pari-  
ter in obstacula normaliter agentes tale rostrum vehementius  
sursum

sufsum pellerent, atque oscillationes circa axem latitudinem nimis violentas producerent; vnde nauis hoc modo instructa proram haberet nimis mobilem, resistentiamque propterea valde inaequabilem pateretur, vt hinc motus perturbatus et incertus oriri deberet. Has ob rationes nunc quidem praelonga illa rostra, quibus veteres naues suas exornarunt, maximam partem sunt abolita, cum experientia incommoda eorum satis clare monstrauisset.

§. 431. Similiter ratio est comparata, quando vndae ad latera nauis impingunt, tum enim ex directione impetus intelligetur, quantum nauis debeat inclinari. Ac primo quidem si latera essent verticalia, tum media directio vis vndarum foret horizontalis, atque aliquantum infra aquae superficiem caderet, quod si iam centrum gravitatis in eadem altitudine esset positum, tum momentum ad nauem inclinandam foret nullum, at quia centrum gravitatis nauis plerumque altius collocatur, inclinatio orietur eiusmodi, vt superior nauis pars versus vndas inclinetur. Sin autem latera nauis in sectione aquae vehementer sursum diuergant, tum directio vis ab allisione vndarum ortae magis sursum verget, nauemque in contrarium partem inclinabit.

§. 432. Inter binos igitur hos casus contrarios dabitur media laterum nauium constitutio, in quaे si vndae impingant, nulla sensibilis inclinatio oriatur. Pendebit scilicet haec constitutio a loco centri gravitatis nauis; si enim latera ita fuerint disposita, vt media directio impetus vndarum per centrum gravitatis transeat, tum nulla omnino inclinatio eueniet. Quare si centrum gravitatis nauis altius sit positum, quam superficies aquae, tum expediet

226 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.

si latera sursum aliquantum diuergant, vt media directio impetus vndarum pariter aliquantum sursum tendat, hancque diuergentiam conueniet esse eo maiorem, quo altius centrum grauitatis fuerit situm. Quoniam vero etiam accidit, vt vndae in superiorem partem laterum impingant, ideo diuergentia memorata iterum diminui debet.

§ 433. Quae cum ita se habeant, manifestum est, notabilem laterum diuergentiam sursum in regione superficie aquae tolerari omnino non posse. Nimirum enim directio impetus vndarum inclinaretur ad horizontem, indeque momentum ad nauem inclinandam fieret maius. Et quoniam ista vis latera vrgens tendit ad nauem circa axem longitudinalem inclinandam, cuius respectu stabilitas est minima, maxime erit cauendum, ne momenta ad nauem circa hunc axem inclinandam oriri queant notabilis magnitudinis, quia alias, si aliae vires inclinationem in eandem plagam accederent, stabilitas iis coniunctim resistere non valeret. Supra aquam ergo minime conuenit latera nauium diuergentia constituere, quae regula in praxi quoque diligenter obseruari solet, nisi aliae rationes grauiores absolute contrarium postulant.

§. 434. Ponamus igitur latera nauis supra aquae superficiem neque conuergere neque diuergere, hoc est in situ erecto perpendiculariter horizonti insistere. Vndae igitur in haec latera impingentes vim exerent in directione horizontali, et nisi centrum grauitatis nauis admodum profunde sit positum, vix sensibile producent momentum ad inclinationem. Quodsi autem nauis multum supra aquam emineat, centrumque grauitatis admodum sit humile, tum vndae in latera istiusmodi verticalia impingentes multum valerent.

valerent ad nauem inclinandam. His igitur casibus iuabit latera nauis sursum aliquantum conuergentia reddere, quo fiet, vt media directio impetus vndarum aliquantum deorsum magisque versus centrum grauitatis dirigatur.

§. 435. Omnino autem impetus vndarum ad latera nauis impingentium nullam inclinationem circa axem longitudinalem producent, si latera superiora versus ita incuruentur, vt centrum curuaminis incidat in axem longitudinalem per centrum grauitatis ductum. Scilicet si M E <sup>Tab. XIII.</sup>  
DFN repreaesentet sectionem transuersalem ad axem longitudinalem verticalem, in qua G sit intersectio axis longitudinalis, EF sectio aquae atque latera EmM et FnN formentur in arcus circulares, centrum in G habentes, quae curuatura aliquantulum etiam infra aquae superficiem porrigitur; manifestum est, ab allisione vndarum ad latera EM et FN medium impulsus directionem per centrum G esse transituram; hincque momentum, quod nauem inclinare conatur, prorsus euaneſcere, ita vt nauis ab vndis nullam inclinationem sentire queat.

§. 436. Hoc igitur pacto efficietur, vt ab allisione vndarum ad latera nauium nulla inclinatio circa axem longitudinalem oriatur. Quod vero ad inclinationem circa axem latitudinalem attinet, ea quidem erit quoque nulla, si vndae in medio nauis, vbi existit centrum grauitatis, in latera impingant; at si impulsus fiat prope proram seu puppim, momentum aliquod ad nauem circa axem latitudinalem inclinandam, si quidem naues per totam longitudinem eandem feruarent latitudinem, oritur. Verum cum naues versus proram ac puppim incuruentur, directio istiusmodi impulsuum proprius versus centrum grauitatis dirigitur

## 228 DE INCL. QVAM NAVES AVIRIB. QVIB. PAT.

rigitur, quam ob causam inclinatio diminuetur. Suadet vero hanc nauium versus proram ac puppim incuruatio etiam cum diminutio resistentiae tum potissimum actio gubernaculi, quae ab impulsu vndarum in laterum extremitates nimium difficilis redderetur.

Tab. XIII.  
fig. 2.

§. 437. Videamus nunc etiam, quid perturbatio in superficie aquae horizontali ab vndis orta in statu nauium efficere valeat. Sit igitur ADB sectio quaedam nauis, AB linea horizontalis in superficie aquae, dum est tranquilla, ducta, ac ponamus subito ob vndarum motum, lineam rectam  $\alpha b$  factam esse aquae superficiem, quae cum horizontali AB faciat angulum  $AC\alpha$  vel  $BCb = w$ . In hoc ergo statu portio laterum  $A\alpha$  immergitur, quae in statu naturali extra aquam eminebat, ex altera autem parte portio  $Bb$  ex aqua quasi educitur; ponamus autem volumen  $\alpha Db$  aequale esse volumini ADB calculi faciliter gratia, si enim volumen nunc sub aqua versans maius esset vel minus quam ADB, tota nauis vi propria vel emerget vel magis immergeretur.

§. 438. In hoc igitur statu nauis erit quasi in situ inclinato, cum alia portio, ac in statu naturali aquae sit immersa. Perspicuum autem est, nauem in hoc statu, etiamsi obliquitas superficie  $\alpha b$  maneret, perseverare non posse; quare videamus an nauis de hoc situ sese in aliud peiores magisque damnosum recipere debeat, an in magis conuenientem. Desunt quidem verae leges, quas aqua in statu violento posita, ubi eius superficies non est horizontalis, in pressione obseruat; interim tamen non multum a veritate aberrabimus, si ponamus easdem esse leges, quae in aqua tranquilla, atque sic pressio aquae in volu-

**DE INCL. QVAM NAVES AVIRIB. QVIB. PAT. 229**

volumen nauis submersum huic ipsi volumini erit proportionalis, eiusque media directio transibit per centrum magnitudinis voluminis submersi  $aDb$ , eritque ad superficiem aquae  $ab$  normalis; quam hypothesin tuto assumere licet, si quidem angulus  $ACa$  quam minimus ponatur.

§. 439. Sit iam  $O$  centrum magnitudinis voluminis  $ADB$  et  $G$  centrum grauitatis nauis, cuius pondus sit  $= M$ , volumen autem aquae submersum  $= V$ . Iam vim restituentem quaerendo vt supra, erit vis ex pressionibus aquae in volumen  $ADB$  agentibus orta  $= M$ , eiusque momentum ad nauem conuertendam secundum sensum  $BDA$  erit  $= M \cdot GO \cdot w$  tendetque haec vis ad portionem  $Aa$  ex aqua extrahendam, eaque fiet, vt debitum volumen sub aqua restet. Ex portione vero  $ACa$  oritur vis quae erit ad  $M$  vt volumen  $ACa$  ad  $V$ , ita vt fit  $= \frac{M \cdot AC^2 \cdot w}{2V}$ ; similiisque modo vis ex portione  $BCb$  orta erit  $= \frac{M \cdot BC^2 \cdot w}{2V}$ ; at ob spatia  $ACa$  et  $BCb$  aequalia erit  $BC = AC = \frac{1}{2}AB$ .

§. 440. Vis autem prioris ex spatio  $ACa$  orta directio erit  $Pp$  normalis ad  $ab$ , ita vt fit  $CP = \frac{1}{2}AC$ , quae in longitudinem vectis  $Pg = \frac{1}{2}AC + CG \cdot w$  ducta dabit momentum nauem in eandem plagam  $BDA$  inclinare annitens, quod adeo erit  $= \frac{M \cdot AC^2 \cdot w}{2V} (\frac{1}{2}AC + CG \cdot w)$  Simili modo vis ex spatio  $BCb$  orta tenderet in plagam contrariam, at quia spatum  $BCb$  subtrahiri debet vt obtineatur spatum  $aDb$ , eius vis fiet conspirans cum binis praecedentibus. Erit igitur haec vis  $Qq = \frac{M \cdot AC^2 \cdot w}{2V}$ , et est  $CQ = \frac{1}{3}BC = \frac{1}{3}AC$ . Haec vis ducatur in longitudinem vectis  $Qg = \frac{1}{3}AC - CG \cdot w$ , prodibitque momentum  $= \frac{M \cdot AC^2 \cdot w}{2V} (\frac{1}{3}AC - CG \cdot w)$ . Ex his igitur

nascitur totale momentum , quo nauis vrgebitur in situm naturalem , cuius pars aquae submersa est ACB, =  $M_w$  ( $\frac{2AC^3}{3V} + GO$  ).

§. 441. Perspicitur ergo hoc momentum , quo nauis per propriam vim conabitur partem Aa submersam ex aqua extrahere , perfecte conuenire cum expressione stabilitatis supra inuenta . Ex ratiocinio enim adhibito intelligitur , si loco triangulorum ACa et BCb vera spatia essemus contemplati , tum similiter loco  $\frac{2}{3} AC^3$  momentum sectionis aquae proditurum fuisse , quod in expressionem stabilitatis ingreditur . Quamobrem nunc clare intelligimus nauem eiusmodi sitibus obliquis in aqua vndis turbata per ipsam stabilitatem resistere : atque si nauibus sufficiens stabilitas sit conciliata , tum etiam eo ipso potestatem esse habituras eiusmodi aquae viribus ex superficie non horizontali ortis resistendi ; ita vt ad pericula , quae hinc oriri queant , evitanda nouis cautelis non sit opus .

§. 442. Sic itaque satis dilucide exposuimus , si indoles nauis perfecte fuerit cognita , hoc est eius stabilitas , situs centri grauitatis , sectio aquae , et volumen aquae submersum , quomodo inclinatio nauis , quae a viribus quibuscumque oritur , definiri debeat . Verum ex hac ipsa doctrina etiam insignem utilitatem haurire possumus , ad ipsam nauium indolem inuestigandam , si ea nondum satis fuerit perspecta . Quemadmodum enim ex statu nauis cognito et viribus sollicitantibus cognitis inclinatio nauis potest definiri , ita vicissim , si inclinatio fuerit explorata , quae a datis viribus nauem sollicitantibus generatur , inde poterit natura nauis cognosci , atque si data sufficient , ex iis tam locus centri grauitatis , quam stabilitas nauis eius qne

que reliquae proprietates colligi poterunt, quarum rerum cognitio, quae alioquin non tam accurate haberi potest, maxime necessaria est ad euentus omnes determinandos ac prouidendos.

§. 443. Primum autem ex inclinatione, quae a vi quacunque, nauem horizontaliter sollicitante, circa axem latitudinalem producitur, statim centrum grauitatis sectionis aquae cognoscitur. Quodsi enim naui vis applicetur eam vel versus proram vel puppim inclinans, eiusque vis directio fuerit horizontalis, qua sit ut neque maius neque minus volumen aquae immergatur, tum sectio aquae, quam in statu inclinato habebit, intersecabit sectionem aquae, quam in statu libero<sup>1</sup> occupat in ipso sectionis aquae centro gravitatis. Scilicet si AEBF fuerit sectio aquae in statu naturali, et, postquam nauis a vi horizontali quacunque circa axem latitudinalem fuerit aliquantillum inclinata, notetur intersectio nouae sectionis aquae cum priore, quae fiat in recta EF, tum haec recta EF transibit per centrum grauitatis I sectionis aquae, cuius positio adeo per vnicum experimentum inuenitur.

§. 444. Ex vnica porro inclinatione diligenter observata locus centri grauitatis satis exacte definiri poterit. Quod ut appareat, ponamus nauem in prora A sursum trahi a pondere P ope funis A m n P circa trochleas m et n extra nauem fixas ducti, in puppi vero B deprimi a pondere Q in ipsa naui k suspenso, pondera autem P et Q inter se esse aequalia. Primum ergo manifestum, quia horum ponderum alterum sursum trahit alterum deorsum, nauis vim grauitatis non mutari, quare post inclinationem tantum volumen aquae erit submersum, quantum in

Tab. XII.  
fig. 4.

Tab. IV.  
fig. 1.

## 232 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.

in statu nauis libero. Deinde vero, quia utriusque vis directio est verticalis, nauis ad motum horizontalem omnino non incitatatur. Quocirca, dum nauis ab his duobus ponderibus circa axem latitudinalem inclinabitur, eius centrum grauitatis G prorsus immotum manebit.

§. 445. Quo autem ipsa inclinatio curatius obseruari, atque centri grauitatis locus G determinari queat, conueniet nauem secundum longitudinem prope parietem fixum in porta vbi aqua est tranquilla constitui; latusque navis parietem versus instrui aliquot stylis ad parietem usque pertingentibus, qui in pariete motum, quem in inclinatione acquirent, designent. Sint huiusmodi styli duo in prora A et in puppi B infixi; qui dum nauis inclinatur in pariete binos arcus circulares Aα et Bβ depingent, commune habentes centrum in loco, vbi axis latitudinalis per centrum grauitatis nauis G transiens parieti occurrit. Datis autem his duobus arcubus Aα et Bβ, si super medietatibus chordarum normales αG et βG ducantur, earum intersectio G in pariete monstrabit vestigium axis latitudinalis, unde in naui cum ipse axis latitudinalis tum centrum grauitatis G innotescet.

§. 446. Facilius autem verus centri grauitatis locus inuenietur, si ante positio axis verticalis per centrum gravitatis ducti inuestigetur, id quod sequenti modo satis commode fieri poterit. Sit AEBF sectio nauis horizontalis quaecunque per quam transeat axis verticalis in G, quod punctum inuestigari oporteat. Applicentur naui in A et B duae vires horizontales AP et BQ aequales et in plagas oppositas trahentes; hisque adeo neque navi motus progressivus neque vlla inclinatio inducetur. His autem

Tab. XIII.

fig. 5.

autem duabus viribus nauis conuertetur circa axem verticalem per centrum gravitatis G ductum. Quodsi iam conversio admodum parua fuerit secuta, notentur puncta *a* et *b*, in quae prora A et puppis B sint promotae; atque intersectio rectae *ab* cum AB dabit positionem axis verticalis in G, eiusque in piano verticali diametrali AB distantiam tam a prora quam a puppi.

§. 447. Cum autem hoc modo axis verticalis per centrum gravitatis ductus fuerit recte determinatus, modo ante tradito multo facilius ac tutius ipse centri gravitatis situs in hoc axe verticali determinari potest. Hinc enim iam cognitus erit situs rectae gD verticaliter per centrum gravitatis G ductae; ex quo si unicus arcus Aa fuerit notatus ex sola inclinatione eius ad rectam AB statim definitur positio centri gravitatis G in recta gD. Atque si difficile fuerit inclinationem aliquam circa axem latitudinalem, ob ingentem stabilitatum, generare, poterit simili modo nauis circa axem longitudinalis inclinari, quod facilis effici potest, indeque situs centri gravitatis G in axe verticali gD assignari.

§. 448. Si autem cognitus fuerit locus centri gravitatis nauis G, ope experimentorum, quibus inclinatio a datis viribus orta inquiritur, stabilitas nauis propositae tam respectu axis longitudinalis quam longitudinalis poterit explorari eiusque vera quantitas assignari. Sit ADB sectio nauis verticalis siue secundum longitudinalem nauis facta siue secundum latitudinem, quae transeat per axem verticalem CD in quo situm est centrum gravitatis nauis G. Scilicet ad stabilitatem ratione axis longitudinalis explorandam debebit sectio nauis ADB secundum longitudinem

234 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.

dinem accipi; at pro stabilitate ratione axis longitudinalis sectio ADB erit verticalis transuersalis per centrum gravitatis G ducta, vtrumque enim casum coniunctim pertractabimus, quia tam experimentorum quam conclusionis inde facienda ratio est eadem.

§. 449. In tali ergo nauis sectione ADB quam descripsimus constituatur malus MN sufficientis longitudinis, eique in puncto quodam N ope funis Nn P circa trochleam n extra nauim firmatum appendatur pondus P, quo ergo malus MN in directione Nn quae sit horizontalis trahetur vi  $\equiv$  P. Contra vero in puppi B nauis a pondere Q aequali ipsi P trahatur etiam in directione horizontali Bm; quibus duabus aequalibus viribus fiet, vt centrum gravitatis nauis G quiescat, atque simplex inclinatio versus A producatur, siquidem momentum ponderis P praeualeat momento ponderis Q; haecque inclinatio fiet vel circa axem latitudinalem vel longitudinalem prout sectio ADB fuerit facta vel secundum longitudinem vel latitudinem nauis. Perspicuum autem est, si malus MN in ipso axi verticali CD constituantur, tum eundem inferuire posse ad experimenta vtriusque generis instituenda.

§. 450. Ponamus iam longitudinem mali MN  $\equiv$  f, eosque scilicet sumtam, vbi ipsi vi P applicatur, atque interuallum CG, quo centrum gravitatis G infra horizontalem AB est positum, esse  $\equiv$  h. His positis momentum vis P ad nauem versus A inclinandam erit  $\equiv$  P(f + h) et momentum vis Q reluctans huic inclinationi  $\equiv$  Qh. Cum igitur sit Q  $\equiv$  P, erit momentum, quo nauis actu versus A inclinabitur  $\equiv$  Pf. Sit iam  $\vartheta$  angulus inclinationis hinc oriundae seu eius sinus, si quidem inclinatio

poni-

ponitur quam minima , atque stabilitas nauis huic inclinationi resistens sit  $= F$  , erit  $\frac{Pf}{F} = w$  , hincque  $F = \frac{Pf}{w}$  , unde vera stabilitatis quantitas cognoscitur.

§. 451. Huiusmodi experimenta ad stabilitatem nauis respectu vtriusque axis principalis cognoscendam institui possunt , vel in ipsa nave , si apparatus et occasio idonea habeatur , vel in exemplo minoris moduli ad similitudinem propositae nauis perfecte tam fabricato , quam onerato. Quodsi autem stabilitas huiusmodi minoris nauiculae fuerit explorata , ex eo facile stabilitas maioris nave ex similitudine concludi poterit. Cum enim stabilitates nauium similium respectu axium analogorum teneant rationem quadruplicatam laterum homologorum , haec illatio per regulam auream perfici poterit. Atque hoc modo iudicium ferri poterit , vtrum nave proposita viribus quibus exponi debet , sustinendis par sit an secus.

§. 452. Hactenus inclinationes tam exiguae tantum sumus contemplati , quae in calculo instar reuera infinite paruarum tractari queant ; atque de huiusmodi inclinationibus regula data tantum valet , qua inuenimus momentum inclinationis per stabilitatem nave diuisum praebere angulum inclinationis. Assumimus enim in inclinatione nave sectionem aquae ratione magnitudinis sensibiliter non mutari , quod euenit cum in omnibus inclinationibus infinite paruis , tum etiam in maioribus ; quando latera nave superficie aquae perpendiculariter insistunt. Haecque laterum positio propemodum maximam partem eligi solet , atque etiam debet , prouti ante ostendimus curvaturaे laterum centrum incidere debere in centrum grauitatis nave seu potius in axem longitudinalem.

§. 453. Quanquam autem in tali navium statu inclinationes iam satis sensibiles pro infinite paruis haberi possunt, tamen non abs re erit monstrare, quomodo inclinationes finitae magnitudinis, qua tales spectatae, tractari debeant. Hinc enim eo magis elucebit, quibus casibus inclinationes finitae tanquam infinite paruae considerari queant sine errore, et si error committatur, quantus is sit futurus. Fieri namque poterit, ut inclinatio a datis viribus producta, si exacte inuestigetur, vel maior vel minor sit proditura, quam regula hactenus usurpata ostendit, atque hinc tutius iudicare licebit, quando naues subuersione fiant obnoxiae, cum omnimoda subuersio semper cum inclinationibus satis magnis debeat esse coniuncta.

§. 454. In hac igitur disquisitione positio laterum naus prope sectionem aquae maxime considerari debet, cum ab ea sectio aquae, quam nauis inclinata occupat, pendeat, haecque adeo insuper in determinationem inclinationis a datis viribus oriundae ingredietur, atque cum stabilitate coniunctim inclinationem veram indicabit. Quod si autem inclinatio fuerit quam minima, ratio huius positionis laterum naus in inclinatione afficienda evanescent. Quamobrem, si quantum laterum naus constitutio inclinationem secundum praecedentem methodum inueniendam perturbet, fuerit compertum, tum etiam maxime conuenientem laterum naus constitutionem definire licebit, de qua adhuc nihil, nisi ex allisione vndarum quicquam definiri potuit.

§. 455. Quo autem hanc inuestigationem facilius expedire queamus; vnicam nauis sectionem verticalem, quae normaliter ad eum axem, circa quem fit inclinatio, sit facta, contemplabimur; atque inclinationem, quae huic tan-

tantum sectioni inducetur, determinabimus, prouti supra in stabilitatis determinatione initio fecimus. Hoc tamen non obstante ista investigatio latissime patere censenda erit: primo enim eo referri poterunt omnia corpora prismatica, quae scilicet omnes sectiones parallelas ei, quam hic consideramus habeant eidem similes et aequales. Deinceps vero etiam si perpendamus, quomodo expressio stabilitatis ex totius corporis consideratione orta comparata sit ad eam ex vnica sectione verticali inuenitur; non difficulter hanc ipsam determinacionem transferre poterimus ad figuras nauium quascunque.

§. 456. Sit igitur ADB eiusmodi sectio nauis verticalis normaliter facta ad axem circa quem nauis inclinari ponitur; in qua sit G centrum grauitatis. AB sectio aquae in statu erecto, et O centrum magnitudinis partis submersae. Latera porro nauis Aa et Bb ad sectionem aquae AB quomodocunque sint inclinata; ponamus autem obliquitatem laterum utriusque esse aequalē, seu angulum CAa aequalē esse deinceps posito anguli CBb: neque vero lateribus in spatiis Aa et Bb ullam inesse curvaturam. Denique etiam assumimus, hanc sectionem ADB duas medietates ADC et BDC habere inter se similes et aequales, vti in sectionibus nauium transuersalibus, ad quas hanc inquisitionem potissimum accommodari conuenit, euenire solet.

§. 457. Sit iam a viribus quibuscumque huic sectioni inclinatio inducta, qua recta ab perducta sit in superficiem aquae, quae adeo nunc erit horizontalis, atque portio aDb nunc erit aquae submersa. Ponamus autem a viribus sollicitantibus inclinationem tantum produci, neque iis centrum grauitatis affici; ita vt post inclinationem

Tab. XV.  
fig. 1.

volumen aquae submersum aequale sit illi, quod in statu naturali sub aqua versatur. Erit itaque triangulum  $AV_a$  = triangulo  $BV_b$ , ex qua aequalitate intersectio V novae aquae sectionis  $ab$  cum praecedente AB determinabitur. Hinc igitur sequitur ob angulos ad V aequales fore  $AV_a = BV_b$ ; atque ob sinus angulorum  $CA_a$  et  $CB_b$  aequales erit etiam  $AV_a \cdot AA_a = BV_b \cdot BB_b$ , hincque  $AA_a : AV_a = BB_b : BV_b$ .

§. 458. Ponatur  $AC = BC = a$  seu  $AB = 2a$ , sinus anguli  $CA_a = m$ , cosinus =  $n$ , erit anguli  $CB_b$  sinus =  $m$ , cosinus =  $-n$ . Sit porro anguli inclinationis  $AV_a$  seu  $BV_b$  sinus =  $s$ , et cosinus  $\sqrt{1-s^2} = u$ ; atque  $CV = x$ , erit  $AV_a = a+x$ , et  $BV_b = a-x$ . Ex his reperitur anguli  $AaV$  sinus =  $mu+ns$ ; et anguli  $BbV$  sinus =  $mu-ns$ ; hincque porro  $AA_a = \frac{s(a+x)}{mu+ns}$ ;  $BB_b = \frac{s(a-x)}{mu-ns}$ ;  $Va = \frac{m(a+x)}{mu+ns}$  et  $Vb = \frac{m(a-x)}{mu-ns}$ . Quamobrem erit trianguli  $AV_a$  area =  $\frac{ms(a+x)^2}{2(mu+ns)}$ , et area trianguli  $BV_b$  =  $\frac{ms(a-x)^2}{2(mu-ns)}$ ; quae binae areae, cum sint aequales, erit  $(a+x)^2(mu+ns) = (a-x)^2(mu-ns)$  hincque  $xx = \frac{2muax-nsaa}{ns}$  et  $x = \frac{mua-av(m^2u^2-n^2s^2)}{ns}$  seu  $x = \frac{mua-av(mm-ss)}{ns}$

§. 459. Prohibit ergo  $a+x = \frac{a(mu+ns)-av(mm-ss)}{ns}$  et  $a-x = \frac{-a(mu-ns)+av(mm-ss)}{ns}$ ; atque  $AA_a = \frac{a}{n} - \frac{a}{n} \sqrt{\frac{mu-ns}{mu+ns}}$ ; et  $BB_b = \frac{-a}{n} + \frac{a}{n} \sqrt{\frac{mu+ns}{mu-ns}}$ , areaque vnius trianguli vel  $AV_a$  vel  $BV_b = \frac{mmua-maav(m\bar{m}-ss)}{nns}$ ; cui vis, qua vtrunque triangulum ab aqua vrgetur, est aequalis. Eius vero directio vtrinque normalis est ad horizontalem  $ab$ , atque per vtriusque trianguli centrum grauitatis P. et Q. transit. Bisectis ergo  $AA_a$  et  $BB_b$  in  $a$  et  $b$ , erit  $VP = \frac{2}{3}Va$ , et  $VQ = \frac{2}{3}Vb$ ; atque ex P. et Q. in  $ab$  demissis perpendiculari-

pendiculis  $Pp$  et  $Qq$ , erit  $Vp = \frac{2}{3}Va + \frac{1}{3}(au - ns)$   $Aa$   
 et  $Vq = \frac{2}{3}Vb - \frac{1}{3}(ma + nu)Bb$ . seu  $Vp = \frac{m(a+x)}{3(mu+ns)} +$   
 $\frac{u(a+x)}{3}$  et  $Vq = \frac{m(a-x)}{3(mu-ns)} + \frac{u(a-x)}{3}$ .

§. 460. Cum nunc sit portio aquae submersa  $aDb$ ,  
 resoluatur ea in partes has  $ADB + BVb - AVa$ . Ha-  
 rum prima  $ADB$ , quae representat volumen naturaliter  
 submersum  $V$ , agit vi  $= M$  ponderi nauis, eiusque mo-  
 mentum ad nauem restituendam est  $= M. og$ , demissis  
 ex  $O$  et  $G$  in horizontalem  $ab$  perpendiculis  $Gg$  et  $Oo$ ,  
 fiet autem  $og = GO.s$ , ita ut momentum a prima par-  
 te ortum sit  $= M. GO.s$ . Partis  $BVb$  vis reperitur,  
 si fiat ut  $V : M = BVb (\frac{ms(a-x)^2}{2(mu-ns)})$  ad quartam, quae er-  
 go est  $= \frac{M. ms(a-x)^2}{2V(mu-ns)} - \frac{Maa(mmu-m\sqrt{mm-ss})}{nns V}$  alteriusque partis  
 $AVa$  vis est  $= \frac{M. ms(a+x)}{2V(mu-ns)} - \frac{Maa(mmu-m\sqrt{mm-ss})}{nns V}$ . Vtrius que  
 autem coiunctim momentum ad restitutionem tendens erit  
 $= \frac{2Maa(mmu-m\sqrt{mm-ss})}{3nns V} - \frac{(2mma-ssua-mnsx)}{mm-ss}$ , quod loco  $x$  po-  
 sito valore inuenito abit in  $\frac{2M. msa^3(u-m\sqrt{mm-ss})}{3nnV\sqrt{mm-ss}}$  ita ut mo-  
 mentum totale futurum sit  $= Ms(GO + \frac{2ma^3(u-m\sqrt{mm-ss})}{3nnV\sqrt{mm-ss}})$ .

§. 461. Si anguli ad  $A$  et  $B$  fuerint recti, fiet  $m=1$   
 et  $n=0$ , atque momentum virium ad inclinationem  
 praescriptam producendam fiet  $= Ms(GO + \frac{a^3(1+uu)}{3uuV})$  ;  
 atque si angulus inclinationis fiat infinite parvus, ut sit  $s$   
 infinite parvum et  $u=1$ , prodit momentum hinc in-  
 clinationi producenda par  $= Ms(GO + \frac{2a^3}{3V})$  quae est  
 expressio pro stabilitate supra inuenta. Haec si com-  
 paretur cum momento, si  $s$  ponitur finitum, patebit  
 expressionem pro  $s$  finito maiorem esse quam pro  $s$  in-  
 finite paruo; et hanc obrem vis qua nauis inclinationibus  
 resistit

240 DE INCL. QVAM NAVES AVIRIB. QVIB. PAT,

resistit, in maiori ratione crescit, quam in ratione sinuum inclinationum; adeo ut naues inclinationibus magis relinquentur quam ex stabilitate hactenus conclusimus.

§. 462. Videamus iam vtrum obliquitas laterum navis maiorem stabilitatem producat an minorem, quam si latera verticaliter constituantur. Hancobrem ponamus angulos ad A et B quam minime a rectis discrepare, ita ut anguli VAA cosinus n sit vehementer parvus, fietque  $m = \sqrt{(1 - nn)} = 1 - \frac{m}{2} - \frac{n^4}{8}$ , et  $\sqrt{(mm - ss)} = \sqrt{(uu - nn)} = u - \frac{nn}{2u} - \frac{n^4}{8u^3}$ . Quibus valoribus substitutis obtinebitur momentum ad inclinationem producendam requisitum =  $M_s(GO + \frac{a^3(1+uu)}{3uu\sqrt{v}} + \frac{nna^3ss(1+uu)}{4u^4\sqrt{v}})$ . Maius igitur est hoc momentum, quam si omnino esset  $n = 0$ , at incrementum, cum etiam s sit valde parvum, fiet insensibile. Quod si autem obliquitas laterum nauis finita ponatur, tum momentum inclinationem producens perpetuo eo erit maius, quo maior fuerit cosinus angulorum ad A et B.

§. 463. Tametsi autem hinc videatur nauibus eiusmodi laterum obliquitatē cum ingenti emolumento induci posse, tamen si rem penitus scrutemur, utilitatem inde oriundam parui atque etiam nullius momenti comprehendemus. Primo enim cum intersectio V eo magis a punto medio C remoueat, quo magis anguli ad A et B a rectis discrepant, oscillationes, quas nauis recipiet, eo maioribus succussionibus erunt coiunctae. Deinde vero convergentia laterum nauis deorsum spectans stabilitatem nauis ideo diminuit, quod cum volumen aquae submersum datae magnitudinis esse debeat, profunditas carinae eo maior sit proditura respectu latitudinis AB, quo ipso stabilitas multum diminuitur. Quod si autem quis velit latitudinem

titudinem nauis superiora versus tantopere augere , eo ipso stabilitati parum consultit , dum nauis eandem latitudinem maiorem in aquae superficie non tribuit ; quo multo maius stabilitatis incrementum lucraretur , quam per laterum diuergentiam . Si enim latera nauis in A et B verticaliter descendant , tum profunditas carinae , salua eius capacitate , maxime diminuitur , hocque stabilitas plurimum augetur . Minime autem expedit latera diuergentia deorsum confidere , quia tum latitudo nauis in sectione aquae praeter necessitatem contraheretur , quam perpetuo praefstat quam amplissimam fieri .

§. 464. Quodsi autem in veram causam inquiramus , cur maior vis requiratur ad eandem inclinationem nauis inducendam , quo maior fuerit laterum nauis obliquitas ad horizontalem AB; reperiemus huius phænomeni rationem in eo esse positam , quod dum nauis inclinatur , sectio aquae ab continuo crescat , a cuius quantitate , ut supra vidi mus potissimum stabilitas nauium seu vis inclinationi resistendi pendet . Ex quo concludere licet , quo magis sectiones aquae crescunt auctis inclinationibus nauis , tum conatum nauis sese restituendi non solum augeri , sed etiam in maiori ratione augeri quam inclinationes . Contra autem intelligitur , si sectiones aquae fiant minores , dum inclinatio crescit , tum nauis reluctantiam in minori ratione augeri , atque etiam nulla amplius incrementa capere ; quo fiet , ut nauis omnino subuertatur . Quam primum enim vis reluctans inclinationi cessat augeri , aucta inclinazione , tum vis , a qua haec inclinatio est orta , continuo nauem magis inclinabit , donec eam prorsus subuertat .

242 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. P. AT.

Tab XV  
fig. 2.

§. 465. Ponamus EADBF esse nauis sectionem verticalem, in qua sit AB sectio aquae et ADB portio aquae submersa, dum nauis situm erectum tenet. Inclinetur iam haec nauis a viribus externis, vt  $\alpha C b$  frat sectio aquae. In hoc iam statu vt nauis detineatur non sufficit, si momentum virium inclinantium aequale sit conatui proprio nauis sese restituendi, verum etiam requiritur, vt, si nauis aliquantillum plus inclinetur, conatus sese restituendi crescat: si enim pro maiori inclinatione conatus sese restituendi seu inclinationi resistendi non cresceret, sed vel eadem maneret vel adeo decresceret, tum eadem vis, quae minorem inclinationem importauit, etiam maiorem nauis induceret, tandemque nauem subuerteret. Ad hoc ergo evitandum necesse est nauis latera ita constituere, vt aucta inclinatione sectiones aquae non sensibiliter diminuantur.

§. 466. Haec igitur cautela per totum illud nauis spatium est obseruanda, in quod sectiones aquae, dum nauis a viribus externis inclinationes inducuntur, cadunt, vt eae nimirum non multo minores euadant, quam sectio aquae naturalis AB. Inclinationes autem, quas quaeque nauis sine subversionis periculo sustinere debet, usque ad supremum nauis limbum EF pertingunt, eritque adeo inclinatio per angulum FCB, qua sectio aquae FH supremam nauis oram F attingit, maxima, quam nauis suscipere potest; si enim inclinatio ultra augeatur, tum aqua non solum in nauem irrueret ac submergeret, verum etiam ob sectionem aquae subito minorem factam, nauis, etiamsi aqua non intraret, subversioni resistere non valeret.

§. 467. Si ergo, antequam inclinatio nauis totalem subversionem affert, latera nauis ita collocentur, vt maiores

res inclinationes etiam maiores vires requirant; tum angulus FCB determinabit maximam inclinationem, quam nauis sine subuersionis periculo sustinere poterit. Pendet autem quantitas huius anguli FCB cum ab eleuatione supremae nauis ora<sup>e</sup> EF supra aquam AB, tum etiam a situ ipsius orae F respectu rectae AB; quo enim proprius ora F ad punctum medium summitatis I, manente eleuatione CI eadem, accedit, hoc est quo magis latera nauis supra aquae superficiem conuergant, tum maxima inclinatio FCB, quae in nauem cadere potest, fit quidem maior; contra vero ob diminutam sectionem aquae FH huic inclinationi respondentem, nauis huic inclinationi, etsi majori, minus resister, fierique poterit, vt nauis adeo, antequam han<sup>c</sup> inclinationem attingat, ob rationes ante allegatas, penitus subueritur.

§. 468. Sin autem suprema nauis margo EF latius extendatur, vt abeat in *ef*, et nauis latera sint Ae et Bf, tum nauis quidem ob maiores aquae sectiones *fb*, quas inclinata occupat, magis inclinationibus reluctatur, verum maximus angulus inclinationis, quam sustinere potest, *fCb* minor erit quam in casu praecedente; atque quo magis latera nauis superiora versus diuergant, ita vt ad eandem altitudinem supra horizontem AB ascendant, eo minor fiet angulus BCf qui maximam inclinationem praebet. Manifestum autem est, fieri posse, vt figura EA DBF inclinationi BCF, quia est maior, aequa vel magis resistat, quam figura eADBf inclinationi minori BCf; adeo vt adhuc ambigendum sit, vtrum latera sursum divergentia an conuergentia nauibus magis conueniant.

**244 DE INCL. QVAM NAVES A VIRIB. QVIB. PAT.**

§. 469. Hanc quaestionem ergo decidi oportebit ex aliis circumstantiis, naues spectantibus: hucque apprime pertinere videtur, quae supra de figura laterum dicta sunt, ut a fluctibus minimam naui inclinationem inducant. Quam obrem figura laterum AE et BF etiamnum erit commodissima, quae latera AE et BF ita habet incuruata, ut centrum habeant in centro grauitatis G. Interim tamen quoque ad figuram portionis aquae submersae AD.B. resipiendum est, quippe per quam sectiones aquae ab, FH quoque determinantur. Tum igitur curvatura laterum ex centro grauitatis G sumta maxime erit admittenda, quando sectio aquae FH non multo minor euadit quam AB; ita ut inclinatione aucta simul vis nauis fese restituendi adhuc sensibiliter augeatur.