

$\alpha e = \frac{\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1 + \varepsilon_1}{t}$ . Quare omnium velorum latitudines addantur, atque a summa subtrahatur semisumma velorum primi et vltimi; quo facto residuum per tangentem  $t$  anguli propositi diuisum dabit interuallum  $\alpha e$ ; ex quo cum tota nauis longitudo maior sit quam hoc interuallum  $\alpha e$ , ea censeri poterit aequalis summae omnium velorum latitudinum per tangentem  $t$  anguli diuisae, ac vicissim tota nauis longitudo AB per tangentem  $t$  multiplicata dabit summam omnium velorum latitudinum vt-cunque eae inter se fuerint inaequales.

§. 850. Sic igitur definitur malorum numerus ex data velorum latitudine ac nauis longitudine, hocque modo maxime satisfiet illi requisito principali, secundum quod naues maxima celeritate progredi debent. Hactenus enim tantum motum nauis progressuum spectauimus, neque ad-huc inuestigauimus, quid reliqua nauis momenta, conuersio scilicet circa axem verticalem, quo gubernatio continetur, et inclinatio circa axes horizontales ratione malorum posstulent. Antequam autem huc respiciamus, quoniam circa altitudinem malorum nihil adhuc est definitum, notandum est ex sola motus progressui contemplatione altitudinem malorum minime determinari. Cum enim hoc loco id tantum sit propositum, vt naui maxima celeritas concilietur hoc ipsum commodum eo magis obtinebitur, quo magis vis propellens augeatur. Hinc ergo utique expediret summam malis altitudinem tribuere, quia hoc pacto quantitas velorum et vis a vento excepta plurimum multiplicaretur. Quamobrem ex hoc capite altitudini malorum non solum nulli limites ponuntur, sed etiam mali quantum fieri potest, altissimi suadentur.

§. 851. Cum igitur ex motus progressui contemplatione nihil amplius circa constitutionem malorum praecipiatur, reliqua momenta, ad quae in nauium constructione potissimum attendi oportet, perpendamus. Ac primo quidem patebit ex conuersione nauis circa axem verticalem, nihil, quod ad malorum constitutionem spectet, determinari, si quidem vela ad singulos malos vtrinque aequaliter extendantur. Quoniam enim in cursu directo qui hic nobis est propositus, media directio vis a vento exceptae axi nauis longitudinali est parallela, atque in ipso piano diametrali existit, ea simul per axem nauis verticalem transibit, hincque nullum habebit momentum ad nauem circa istum axem conuertendam. Quamobrem in hoc statu gubernatio nauis a vi venti neque impedietur neque adiuuabitur; sive singula praexcepta quae supra circa gubernationem nauium sunt tradita manebunt inuariata.

§. 852. Longe aliter autem ratio erit comparata, si vela ad unam tantum malorum partem extendantur, seu ita saltem, ut media directio vniuersae vis a vento exceptae extra planum diametrale vel dextrorsum vel sinistrorsum cadat. Tum enim utique huius vis existet momentum ad nauem de cursu suo declinandam. Scilicet si ista media directio ad dextram cadat, prora nauis sinistrorsum conuertetur, dextrorsum autem si media directio ad laeuam partem cadat. Iste ergo effectus cursum nauis magnopere perturbans destrui deberet per actionem gubernaculi, quae saepenumero huic incommodo tollendo ne par quidem foret, nunquam autem sine notabili celeritatis navis detimento exerceri posset. Quamobrem eiusmodi velorum

Iorum status omnino est improbandus, haecque regula in velorum dispositione sedulo obseruanda, vt ad vtramque partem aequalis a vento vis excipiat, sicut media directio per ipsum axem verticalem nauis transeat. Haec vero regula ideo etiam eo magis est tenenda, quod aequali velorum vtrinque dispositione vis venti maxime augetur; nihil autem adhuc sit repertum quod huius vis multiplicationem prohibeat.

§. 853. Huius generis autem incommode vix euitari potest si ventus oblique in vela incidat. Quoniam enim vela tantopere extendere non licet, vt nulla prorsus curvatura ipsis a vento inducatur, vis venti in eam velorum partem, quae regioni venti est opposita, aliquanto maior existet, propterea quod his locis ventus minori cum obliquitate in vela incidit. Hinc primo quidem media directio vis venti aliquantum a directione nauis declinabitur, vnde cursus nauis obliquus oriri deberet; tum vero etiam vis venti fortior erit in partes velorum a vento remotiores. Priori autem incommodo remedium afferetur, si vela aliquantulum ad ventum adducantur, hocque modo obliquitas incidentiae augeatur. Posteriori vero incommmodo, nisi gubernaculum sine notabili detimento occurrere valeat, obuiam ibitur, si in parte nauis vento viciniori vela ultra aequalitatem augeantur, quo per vim ad hanc partem alias praeualentem media directio totius vis in planum diametrale reducatur. Duplici autem hoc remedio tam cursus nauis directus conseruabitur, quam nimia actio gubernaculi euitabitur.

§. 854. Perspicuum autem porro est ab hac vi venti qualis ad cursum directum commode instituendum requiri-

tur, quantacunque demum sit, nullam prorsus inclinacionem nauis circa axem longitudinalem oriri posse. Cum enim media directio vis venti in planum diametrale nauis incidere debeat, in quo simul axis nauis longitudinalis est positus, directio vis cum isto axe in eodem plano iacebit, hincque nullum habebit momentum ad nauem circa hunc axem inclinandam. Neque etiam curuatura velorum hic ullum impedimentum affert, qua vti vidimus, media directio vis venti mutaretur, quoniam si remedia ante memorata adhibeantur, haec declinatio penitus tollitur. Interim tamen si quod momentum vis venti respectu axis longitudinalis resultaret, inclinatio nauis hinc oriunda foret per exigua ac penitus contemnenda, cum nauis eadem in cursu obliquo multo maiora momenta respectu huius axis sustinere debeat. Quamobrem ista consideratio hoc loco merito negligitur.

§. 855. Supereft igitur, vt quemadmodum vim venti ratione inclinationis nauis circa axem latitudinalem comparatam esse oporteat, inquiramus, vnde maximi momenti limites deriuabuntur, quos in velorum multiplicazione atque malorum altitudine sine ingenti periculo transgredi non liceat. Cum enim vis venti momentum respectu amborum reliquorum axium sit nullum, eo maius erit respectu axis latitudinalis, nisi forte haec directio per ipsum nauis centrum grauitatis transeat. Quoniam vero centrum grauitatis nauis in eius corporis medium incidit vela autem supra nauis corpus extendantur, manifestum est, quo altius vela fuerint disposita eo maius inde esse oriturum momentum ad nauem inclinandam. Quamobrem ex hoc capite tam copia velorum quam malorum alti-

altitudo , determinationem atque limites adipiscetur , quibus cum superioribus p̄ceptis coniunctis demum efficietur , vt nauis sine periculo celerrimum motum sit impetratura.

§. 856. Cum igitur a vi venti oriatur momentum ad nauem circa axem latitudinalem inclinandam , inclinatio autem nimis magna sit periculosa , tanta venti vis , ab qua inclinatio periculosa oriatur , tolerari nequit. Quam obrem ex maxima inclinatione , quam nauis sine damno subire potest , magnitudo vis a vento excipendae determinabitur , neque vero hic tam quantitas ipsius vis venti definietur quam eius momentum respectu axis latitudinalis quod est productum ex ipsa hac vi in distantiam eius ab axe. Determinato ergo momento ipsa vis quantumvis augeri posset , dummodo altitudo eius mediae directio- nis supra centrum grauitatis nauis tantundem diminueretur. Ex quo statim nascitur vtilissima regula praecipiens ; vt ve- la adhucantur quam latissima ; sic enim eadem vniuersorum velorum seruata superficie directio media deorsum deducetur , eiusque momentum diminuetur. Maxime ergo nauigationi consuleretur , si modus inueniretur velorum la- titudinem ita magis augendi , vt tuto expandi ac sine molestia tractari dirigique possent , qua in re vtque una maxima nauium perfectio posita esset.

§. 857. Verum inclinatio nauium non a sola vi ven- ti in vela exerta eiusue momento producitur , sed etiam impetus aquae contra proram nauis allabentis plurimum confert ad inclinationem vel augendam vel minuendam. Vtriusque igitur vis momentum ante definiri oportet quam ipsam inclinationem inde oriendam aestimari liceat. Cognito autem hoc vtroque momento tanquam vera inclinatio- nis

nis causa, tum demum stabilitas nauis est consideranda, qua ipse effectus determinatur atque inclinationis oriundae quantitas assignatur. Hoc igitur loco figura prorae, non amplius, quatenus ab ea resistentia nauis pendet, in computum ingredietur, sed etiam quatenus ab aqua vim excepit secundum directionem verticalem unde satis notabile momentum respectu axis longitudinalis nasci debet. Atque his cum minima resistentia coniunctis aptissima prorae figura pro nauibus vento propulsis colligetur.

**Tab. XXV.** §. 858. Representet  $AabB$  nauem cursu directo secundam  $b\alpha$  progredientem, cuius  $A\alpha$  sit prora,  $Bb$  puppis; in  $G$  autem situm sit totius nauis centrum gravitatis; per quod transeat vel malus vel recta imaginaria verticalis  $Dp$ . Sit  $PQ$  media directio totius vis a vento exceptae, ipsa autem vis huius magnitudo ponatur  $= P$ , quae simul recta  $PQ$  indicetur. In hac ergo figura planum tabulae exhibebit nauis sectionem verticalem per axem longitudinalem factam; unde axis longitudinalis erit normalis ad hoc planum, ac per centrum gravitatis  $G$  transbit; ex quo momentum vis  $P$  ad nauem circa axem longitudinalis inclinandam erit  $= P$ .  $PG$ , si quidem directio media vis venti  $PQ$  fuerit horizontalis, si enim directio  $PG$  cum recta  $Dp$  angulum obliquum constitueret, expressio  $P \cdot PG$  insuper per sinum huius anguli multiplicari deberet, posito sinu toto  $= 1$ . Assumam autem directionem  $PQ$ , vt plerumque fieri solet esse horizontalis, postmodum inuestigaturus, quid declinatio huius directionis ab horizonte immutare valeat in conclusionibus hinc deducendis.

§. 859.\* Hinc consideretur resistentia, quam prora navis aquam findens patitur, ac ponatur ad hoc celeritas nauis debita altitudini  $= v$ , quippe qua prora contra aquam impingit. Sit porro RS media directio resistentiae aquae, vtcunque ad horizontem inclinata, cuius inclinatio pendet a figura prorae, vti in superiori libro, vbi resistentiam ad calculum reuocauimus, satis superque est ostensum. Ponatur ergo ducta horizontali Rr anguli SRr sinus  $= m$ , et cosinus  $= n$  erit vis resistentiae tota ad eius partem, qua motui nauis resistit vt sinus totus  $\propto$  ad  $n$ . Quodsi ergo, vt hactenus assumsumus, statuatur resistentia nauis absoluta tanta, quantam pateretur superficies plana ff directe eadem, qua nauis mouetur celeritate, contra aquam vibrata, erit resistentiae vis motui nauis contraria  $=$  ponderi voluminis aquae ff  $v$ , quod pondus ergo erit  $= \frac{Mffv}{v}$ , denotante M totius nauis pondus, ac V eius volumen sub aqua mersum. Hinc itaque erit tota aquae in proram impingentis vis secundum directionem RS  $= \frac{Mffv}{nv}$ .

§. 860. Quoniam vero nauis cursum iam ad statum permanentem reductum esse assumo, erit vtique vis propellens P aequalis resistentiae aquae horizontali  $\frac{Mffv}{v}$ ; vnde nascitur haec aequatio  $P = \frac{Mffv}{v}$  ex qua nauis celeritas supra est determinata, nunc autem indidem ex calculo eliminari poterit. Occurat enim directio RS rectae verticali Dp in puncto S, resistentia aquae eundem exeret effectum, ac si nauis in S secundum directionem ST pelletur a vi ST  $= \frac{Mffv}{nv}$ , vnde ob  $P = \frac{Mffv}{v}$  erit haec vis ST  $= \frac{P}{n}$ , et anguli TSp sinus erit  $= \cos. SRr = n$ .

Pars II.

Nnn

Quo-

a vento propelli incipiunt , leuiores fieri debere , minusque volumen aquae immersum habere , quam si quiescant , quod phaenomenon a nauigantibus luculenter animaduerti solet. Eo magis autem nauis alleuatur , quo celeriorem cursum adipiscatur ; tum enim vis a vento excepta P tanto fiet maior , simulque adeo onus  $\frac{m}{n}$  P , quod de pondere nauis tollitur crescit. Ceteris ergo paribus ista allevatio eo erit maior , quo maior fuerit angulus , rRS quippe cuius tangentis  $\frac{m}{n}$  est proportionalis. Cum igitur sit  $P = \frac{Mffv}{v}$  , erit pondus ab onere nauis ablatum  $= \frac{mMffv}{nv}$  , ideoque se habebit ad pondus nauis totum M vti est  $\frac{m}{n}$  ffv ad V. Erit ergo alleuatio nauis in ratione composta quadrati celeritatis , resistentiae nauis absolute ff et tangentis anguli rRS , quo media directio virium aquae ad horizontem Rr inclinatur.

§. 863. Si duae naues omnino concipientur similes , quarum latera homologa sint vt C ad c ; erunt tam ipsarum pondera M quam volumina aquae submersa V in ratione triplicata vt C<sup>3</sup> ad c<sup>3</sup> ; resistentiae autem absolute ff erunt in ratione duplicata laterum homologorum ratio vero  $\frac{m}{n}$  in utraque erit eadem. Quare si hae naues aequali celeritate propelli ponantur , erunt pondera quibus hae naues diminuentur in ratione duplicata laterum homologorum hoc est vt CC ad cc. Quoniam autem sectiones aquae eandem tenent rationem duplicatam , utraque nauis per aequale spatium ex aqua extrahetur ; scilicet si nauis maxima vnum pedem supra aquam attollitur nauis quoque minima illi prorsus similis et aequa celeriter promota per spatium vnius pedis emerget ; nisi quatenus per

N n n 2 istam

istam eleuationem dissimilem similitudo status vtriusque nauis tollitur. Hinc ergo quo naues fuerint maiores, eo minus erit sensibilis iste effectus ratione totius nauis; ideoque siue commodum siue incommodum inde oriundum eo minus euadet.

§. 864. Reuertamur autem ad malorum constitutionem, ac ponamus nauem malis instruendam iam esse paratam. Dabitur ergo in ea tam positio rectae verticalis  $Dp$  per eius centrum grauitatis  $G$  ductae, quam directio virium aquae  $RS$ ; hincque adeo innotescet intersectio  $S$  duarum istarum linearum. Si iam vela ad tantam altitudinem extendantur, vt media directio vis a vento exceptae  $PQ$  per ipsum punctum  $S$  transeat, tum quanta cunque fuerit vis venti, nullum prorsus ex ea nascetur momentum ad nauem inclinandam; hincque nauis quam maxima vi propulsa in situ prorsus erecto sine vlla inclinatione cursum absoluet. Sin autem vela non ad tantam altitudinem pertingant, ideoque media directio vis venti  $PQ$  infra  $S$  cadat tum non solum prora nauis non magis immergetur, sed etiam eleuabitur, puppi magis immersa. Quodsi autem tanta malis altitudo tribuatur, vt media directio vis venti  $PQ$  supra punctum  $S$  cadat, tum nauis ita circa axem latitudinalem inclinabitur, vt prora profundius immergatur.

§. 865. Cum igitur ille nauis cursus sit optimus simulque tutissimus, qui cum nulla inclinatione est coniunctus, conueniet vela ad tantam altitudinem extendi, vt media directio vis a vento excipiendae per ipsum punctum  $S$  transeat. Quamobrem hinc aptissima malorum altitudo definitur, si enim omnes malos eiusdem altitudi-

titudinis ponamus, atque ad singulos per totam altitudinem vela aequae lata extendi sumamus, cadet vtique media directio vis venti in medianam cuiusque mali altitudinem. Quo circa si vela in loco extendi incipient, fiet tota malorum altitudo  $= DS + CS = CD + 2 CS$ . Sin autem omnes mali non sint aequae alti, cuiusmodi inaequalitatem structura atque indoles nauis omnino requirit, tum quantum breuiores ab altitudine  $CD + 2 CS$  deficiunt, tantum longiores eam superare debebunt, ita vt si singuli velis instruantur, altitudo omnium media aequetur longitudini  $CD + 2 CS$ ; vel si singulorum malorum altitudines addantur ac summa per malorum numerum diuidatur, prodire debedit altitudo haec inuenta  $CD + 2 CS$ .

§. 866. Malos autem in navi constituendos omnino inaequalis tam altitudinis quam crassitie ei esse oportet, cum enim nauis non vbique aequali oneri sustentando par sit, atque circa medium plus habeat roboris quam in extremitatibus, mali extremi minores esse debebunt quam medii. Deinde si quemuis malum seorsim spectemus, is instar columnae inferius multo fortior sit necesse est quam superiorius, quo fit vt in regionibus sublimioribus non tantam velorum vim sustinere possit quam ad nauis superficiem. Hinc vela; quo magis eleuentur, minorem latitudinem habent; et cum plura vela ad eundem malum extendi soleant, inferiora ratione latitudinis superiora multum superabunt, vide fit vt centrum gravitatis seu virium velorum non in medianam altitudinem, sed aliquantum inferius cadat. Eiusmodi vero velorum superiora versus coarctationem etiam operationis ratio postulat, quia vela nimis lata in sublimi posita non ad lubitum tractari et dirigi

licheret. Istam ergo malorum velorumque dipositionem a statu nauis ac tractandi facilitate pendentem hic fusius non attingam.

§. 867. Si iam vela instar trianguli isoscelis sursum conuergerent, atque centrum grauitatis superficiei velorum positum esset in S, tum tota velorum altitudo foret  $= 3CS$ , vnde malorum altitudo prodiret  $= CD + 3CS$ ; quae si vela vbique essent aequa lata tantum erat  $= CD + 2CS$ . Cum igitur reuera vela neque sint vbique aequa lata, neque supra in cuspidem acuminentur, vera malorum altitudo medium tenere debebit inter  $CD + 2CS$  et  $CD + 3CS$ , vnde aptissima malorum altitudo quasi erit  $= CD + \frac{1}{2}CS$ . In nauibus autem pluribus malis instructis, medius seu altissimus non mediocriter hanc altitudinem  $CD + \frac{1}{2}CS$  superare debebit, quia reliqui erunt minores; atque inaequalitas ita erit temperanda vt commune velorum centrum ad altitudinem puncti S sit positum.

§. 868. Ex punto ergo S inuento malorum siue aequalium siue inaequalium, cum numerus iam ante sit definitus, altitudo determinabitur. Contuenienter ergo hoc punctum S a Celebr. Bougero appellatur *centrum velare*, quia media directio omnium virium a vento exceptarum per istud punctum transfire debet. Altitudo itaque malorum non minor esse debet, quam regula ista postulat: primo enim si minor statueretur, ob vim aquae praevalentem nauis ita circa axem latitudinalem inclinaretur, vt puppi magis depresso prora altius eleveretur. Tum vero in quo cardo rei vertitur, praeter necessitatem minor vis ad nauem propellendam impenderetur, quam a naui comodissi-

modissime sustineri posset, vnde nulla urgente causa motus nauis tardior existeret. Omnino autem perfectae navis idea postulat, ut maxima vis, quam quidem sine damno sustentare queat, ad nauem propellendam adhibeatur, quo motu celerrimo vehatur. Quoniam vero altitudine malorum secundum datam regulam definita, nulla prorsus inclinatio napis consequitur, manifestum est magis idoneam malorum altitudinem reperiri non posse, quo nauis tutius ac sine minori periculo instruatur.

§. 869. Quodsi autem hanc regulam transgredi conveniat, maiorem potius malis altitudinem tribui expediet, quam minorem, cum hoc pacto vis nauem promouens augeatur, siveque ipsi maior celeritas concilietur. Inclinabitur autem utique hoc casu nauis proram versus, quia momentum inclinans a vi venti ortum superat alterum momentum ex vi aquae reluctante natum. Transeat enim vis propellentis media directio per punctum  $p$ , ac posita vi propellente tota  $= P$ , erit momentum eius nauem inclinans  $= P \cdot S_p$ , a quo quanta inclinatio sit proditura ex stabilitate nauis respectu axis latitudinalis indicari debebit. Sit igitur posito totius nauis pondere  $= M$ , stabilitas respectu huius axis  $= M \cdot p$ , eritque sinus anguli inclinationis productae  $= \frac{P \cdot S_p}{M \cdot p}$ . Eousque igitur altitudinem malorum ultra datum terminum angere licebit, quoad angulus inclinationis non fiat maior, quam a naui sine ullo periculo subiri possit; quem angulum non multum  $5^\circ$ . supereare oportet, ita ut fractio  $\frac{P \cdot S_p}{M \cdot p}$  non excedere debeat.

§. 870. Quo major ergo fuerit stabilitas nauis respectu axis latitudinalis, eo magis altitudinem malorum ultra terminum praescriptum augere licebit, ceteris partibus.

Quo-

Quoniam vero vis  $P$  praeter velorum latitudinem a celeritate venti pendet, manifestum est quo maior fuerit venti celeritas, eo minus esse debere interuallum  $Sp$ . Atque hinc istud spatium maius concedi nequit, quam a quo etiamsi ventus sit vehementissimus nulla inclinatio periculosa resultare queat; quamobrem ex valore maximo, quem vis  $P$  obtinere poterit, vento vrgente fortissimo, magnitudinem interualli  $Sp$  definiri conueniet, ne vñquam nauis periculo ex nimia inclinatione oriundo exponatur. Hinc ergo fit, quod naues, in quibus punctum  $p$  supra centrum velare  $S$  cadit, non solum proram versis inclinentur, sed etiam inclinatio eo maior existat, quo fortior fuerit ventus; cum contra naues in quibus punctum  $p$  in ipsum punctum  $S$  incidit, etiam a vehementissimo vento nullam inclinationem patientur. Quo igitur nauis celerrimum motum sine damno impetrat, maxima magnitudo interualli  $Sp$  ex stabilitate et maxima venti celeritate colligi debet, vti est paeceptum.

§. 871. Hic autem probe est notandum, quod aucto interuallo  $Sp$ , eadem manente venti vehementia, etiam ipsa vis  $P$  augeatur, ideoque momentum  $P$ .  $Sp$  dupli modo crescat. Erit autem vis venti  $P$  proxime altitudini velorum  $\frac{2}{3} Cp$  ideoque ipsi altitudini  $Cp$  proportionalis; vnde eius momentum erit vt  $Cp$ .  $Sp$  hoc est vt  $(CS + Sp)$   $Sp$ . Ponamus iam eiusmodi pro  $Sp$  valorem puta  $\alpha$  esse per experientiam repertum, quo nauis etiam a fortissimo vento non ultra dimidium gradum inclinetur, ita vt foret  $\frac{P\alpha}{M_p} = \frac{1}{2}$ ; quoniam igitur sine periculo inclinatio ad 5 gradus augeri potest, ponamus interuallum  $Sp$  hanc inclinationem producens esse  $= x$ ; erit pro-

propemodum  $(CS + \alpha) \alpha : (CS + x) x = 1 : 10$ , vnde  
 $10 CS \cdot \alpha + 10 \alpha \alpha = CS \cdot x + xx$  ideoque  $x + \frac{1}{2} CS =$   
 $\sqrt{\left(\frac{1}{4} CS^2 + 10 CS \cdot \alpha + 10 \alpha \alpha\right)}$ , vnde orietur idonea in-  
terualli  $Sp$  magnitudo  $x = \sqrt{\left(\frac{1}{4} CS^2 + 10 CS \cdot \alpha + 10 \alpha \alpha\right)} - \frac{1}{2} CS$ . Et, si  $CS$  prae  $\alpha$  fuerit vchermehter magnum  
erit  $x = 10 \alpha - \frac{90 \alpha \alpha}{CS}$ .

§. 872. Plurimum igitur interest in determinatione altitudinis malorum nosse cum centrum velare  $S$ , seu intersectionem mediae directionis impetus aquae  $RS$  cum recta verticali  $DS$  per centrum grauitatis nauis  $G$  ducta, tum etiam nauis stabilitatem. Vtrumque quidem ex figura et constitutione nauis cognita per calculum secundum methodum supra traditam definiri poterit, at cum status nauis ad calculum reuocatus plerumque multum ab eius statu vero discrepare possit, expediet vtrumque practice per experimenta explorare; quae cum in ipsis nauibus non ad libitum institui queant, curetur nauicula fabricari naui per omnia similis, similique modo onerata. Inseratur huic nauiculae verticaliter per centrum grauitatis bacillus, cui alligetur in quacunque altitudine filum, cuius ope nauicula in aqua protrahatur a pondere filum horizontaliter extende, ac notetur vtrum durante motu antrosum an retrorsum inclinetur; priori casu filum humilius posteriori sublimius alligetur ac tractio repetatur, donec nauicula in motu prorsus non inclinetur. Quod cum effenerit punctum alligationis fili dabit centrum velare  $S$ , quod secundum regulam similitudinis ad nauem ipsam transferetur.

§. 873. Dum haec experimenta instituuntur eadem opera stabilitas nauis explorari, atque adeo magnitudo interualli  $Sp$ , quae tolerari possit, assignari poterit. In-

Pars II. Ooo

vento

vento enim in nauicula puncto  $S$ , filum aliquantum supra  $S$  alligetur ac dum a dato pondere protrahitur, diligenter inclinatio notetur. Hinc enim concludetur, si maior nauis in simili puncto  $p$  a vi horizontali propellatur, quae se habeat ad illam vim, qua nauicula erat protracta in ratione triplicata laterum homologorum seu in ratione ponderum tum eandem inclinationem consequi debere. Quodsi autem unico casu constet, quantum nauis a data vi  $P$  in dato puncto  $p$  applicata inclinetur, inclinatio a quaus alia vi alibi applicata oriunda definiri poterit; erunt enim inclinationes momentis  $P$ .  $S_p$  proportionales. Tum igitur cognita velorum superficie, ventoque maxima data celeritate facile aestimabitur vis illa  $P$ , unde interuallum  $S_p$  determinabitur tantum, ut nunquam inclinatio damnsa euenire queat.

§. 874. Potissimum igitur pendet altitudo malorum ac proinde copia velorum a figura prorae, quippe a qua angulus ille  $SRr$  determinatur. Quo magis enim media directio impetus aquae  $RS$  supra horizontem eleuatur, eo sublimius positum erit punctum  $S$ , si quidem distantia  $Rr$  fuerit eadem; erit namque altitudo  $Sr = Rr$  tang. A.  $SRr$ . Quamobrem si media directio aquae  $RS$  fuerit horizontalis, centrum velare caderet in punctum  $r$ , quod semper est sub aqua; ex quo minima velorum copia nauem inclinaret, et tametsi stabilitas nauis esset admodum magna, tamen iis venti viribus, quae ad modicum cursum instituendum requiruntur, sustinendis minime foret par. Hoc ergo incommodum in eius generis naues competit, quae omnes sectiones horizontales sub aqua inter se habent similes et aequales, quippe quae vim aquae alla-

allabentis vbiue secundum directionem horizontalem exceptiunt. Huiusmodi ergo formae naues omnino sunt ineptae ad malos gestandos, neque eae sine insigni periculo vento committi possunt, talis igitur forma iis tantum nauibus est relinquenda, quae vel remis promouentur, vel a cursu fluminis deferuntur.

§. 875. Naves ergo velorum ope propellendas eiusmodi prora praeditas esse oportet, quae ascendendo ab imo spinae diuergat, ita ut sectiones horizontales vsque ad superficiem aquae crescant, vel descendendo a superficie aquae continuo decrescant; sic enim in singulis punctis recta ad superficiem prorae normalis ad horizontem inclinabitur, et cum vis aquae directionem huius normalis sequatur, erit directio media vniuersae aquae vis ad horizontem inclinata. Ad hanc formam cunctae naues vento propellendae construi solent, ita ut hic plenissimus consensus theoriae cum praxi deprehendatur. Quae igitur in superiori libro de vi, quam nauis in aqua promota sustinet, sunt tradita, hic commode in subsidium vocabuntur, quo media directio virium aquae RS definiatur. Resoluta quidem ibi est vis aquae in laterales, horizontalem scilicet et verticalem et vtraque seorsim est definita, ab his binis viribus cognitis facillime eae coniungentur, atque directio vis aequivalentis determinabitur, cuius quidem positionem RS hoc loco nosse sufficit.

§. 876. Quo magis ergo prora sursum allongatur et extenuatur, eo magis media directio aquae eleuabitur atque ad situm verticalem proprius accedet; ac, si prora in infinitum extenderetur, fieret media directio RS prorsus normalis ad horizontem. Hinc semper prora tantisper

pere elongari posset, vt malorum altitudo quantumuis magna prodiret; sed praeter incommoda plura praelongarum prorarum, quorum nonnulla iam sunt commemora- ta, ipsa malorum altitudo non nimis magna admitti potest. Non solum enim nimis magnum tam paealtorum malorum pondus nauem vehementer oneraret, sed etiam constitutio et confirmatio tantorum malorum maximas afferret molestias, vt lucrum inde sperandum penitus cessaret. Quin etiam velorum expansio ac directio plurimum difficilis redderetur, vt taceam plura alia incommoda, quae a tam vastis malis orirentur; quorum ingenti pondere atque apparatu ad eos sustentandos necessario centrum gravitatis totius nauis nimis eleuaretur, simulque oneratio, cui nauis est destinata, impediretur.

§. 877. Hancobrem ex natura ac robore vna cum scopo, cui nauis destinatur, altitudinem malorum, quos nauis sine incommodo gestare queat, definiri conueniet; qua inuenta prora nauis ita adstrui debebit, vt per directio nem medium virium aquae eadem malorum altitudo, quae iam erat determinata, resultet. Scilicet ex data malorum altitudine ac velorum latitudine concludetur facile altitudo puncti S seu centri velaris super centro grauitatis G; ex punto S ad proram ducatur recta SR; atque tum pro ram ita formari oportebit, vt media directio virium aquae in hanc ipsam rectam RS incidat. Hoc igitur pacto non solum figura prorae propemodum sed etiam eius elongatio determinabitur; sicque naues ita construentur, vt pri mum tanta velorum copia sint instructae, quantam sine damno gestare valeant; tum vero vis venti inclinans ita a vi aquae aequilibretur, vt etiam a fortissimo vento nulla

la inclinatio subsequatur, quae sine dubio est perfectissima malorum constitutio, quatenus ex cursu directo proficiscitur.

§. 878. Sequenti autem modo curvatura spinae anterior, qua prora clauditur commodissime determinabitur. Sit  $ab$  spina nauis,  $G$  centrum gravitatis, per quod ad spinam ducatur normalis  $DS$  in eaque ex apta malorum altitudine statui nauis conuenienti notetur centrum velare  $S$ , per quod scilicet velis omnibus passis media directio venti sit transitura. Tum centro  $S$  amplitudine  $S\alpha$  describatur arcus circularis  $\alpha A$  donec ad superficiem aquae  $AB$  aut ultra pertingat; qui arcus praebebit curvaturam seu eleuationem spinae prorae formandae aptam. Cum enim omnes pressiones aquae ad  $A\alpha$  sint normales, singularum directio-nes ac proinde media directio  $RS$  per punctum  $S$  transibit. Inuenta autem sic sectione nauis diametrali si dentur pro arbitrio sectio aquae et sectio amplissima per curvas affines tota prora formabitur, vti capite primo est ostensum. Quamuis autem hoc modo directio media vniuersae aquae vis aliquantum alteratur, tamen discrepantia non erit tanta, vt inde periculum sit metuendum. Neque enim in hoc negotio ad minutias est attendendum, cum positio puncti  $S$  ob stabilitatem nauis modicam patiatur amplitudinem.

§. 879. Neque vero hic arcus circularis  $A\alpha$  solus ea gaudet proprietate, vt media directio vis aquae impingentis  $RS$  per punctum propositum  $S$  transcat; haec enim eadem proprietas in infinitas alias lineas curvas competit. Quin etiam omnes arcus circulares per puncta  $A$  et  $\alpha$  transseuntes, quorum numerus est infinitus eadem proprietate erunt praediti. Arcuum enim circularium per puncta  $A$  et  $\alpha$  ductorum centra erunt in recta  $SR$  an-

gulum AS $\alpha$  bisecante, hincque media directio vis aquae in quemcunque eiusmodi arcum impingentis cadet in eandem rectam RS. Tum vero etiam linea recta puncta A et  $\alpha$  iungens seu corda arcuum A $\alpha$  dabit idoneam prorae figuram. Inter hos ergo innumerabiles arcus circulares, qui per puncta A et  $\alpha$  duci possunt pro libitu eligi poterit is, qui ad proram determinandam propter alias rationes videatur maxime accommodatus, et hanc obrem non opus erit ad alias lineas curuas configere.

Tab. XXVI.  
fig. 2.

§. 880. Ex datis ergo centro velari S, et termino spinae anteriori  $\alpha$  vna cum superficie aquae AB definiatur corda A $\alpha$ , super qua omnes arcus circulares constructi eiusmodi prorae figuram exhibebunt, vt media directio vis aquae per punctum S transeat, erit enim haec media directio ad cordam A $\alpha$  normalis, eamque bisecabit. Cum igitur vnumquemque horum arcuum AR $\alpha$  pro figura prorae accipere liceat, ne in electione ancipiter haerreamus, conueniet eam potissimum arcum AR $\alpha$  prae reliquis eligi, qui prorae minimam resistentiam hotizontalem conciliat. Sic enim inter omnes arcus circulares AR $\alpha$  qui ad malorum altitudinem propositam aequa sunt accommodati is ad proram formandam deligetur, a quo nauis celerrimum motum adipiscatur. Hoc ergo modo duobus requisitis principalibus simul satisfaciemus, scilicet vt nauis conuenienti velorum copia instructa et celerrime promoveatur, et nullam prorsus inclinationem sensibilem siue antrorsum siue retrorsum patiatur. Neque igitur aliunde magis idonea determinatio prorae reperiri poterit.

§. 881. Cum igitur corda A $\alpha$  magnitudine et positione sit data, ponatur AE =  $\alpha$ E =  $\alpha$ ; sitque angulus SEF

SEF, quem recta SR cum horizonte EF constituit,  $= q$ ; cuius sinus ponatur  $= m$  et cosinus  $= n$  posito sinu toto  $= 1$ . Sit O centrum arcus AR $\alpha$ , ac ponatur OE  $= b$ ; et radius circuli OA  $= O\alpha = c$  vt sit  $c = \sqrt{aa + bb}$ ; et anguli AOR seu  $\alpha$ OR sinus  $= \frac{a}{c}$  et cosinus  $= \frac{b}{c}$ . Iam ad resistentiam explorandam consideretur elementum Mm, in quod aqua secundum directionem NM irruat: ducto radio OM sit angulus ROM  $= s$ , erit vis aquae in Mm incidentis vt Mm per quadratum sinus incidentiae RMN multiplicatum: est autem producta NM in Q sinus anguli RMN  $= \cos. OMQ = \cos.(q+s)$ ; vnde erit vis, quam elementum Mm sustinet vt  $cds (\cos. \overline{q+s})^2$ , cuius directio est MO normalis ad Mm, quare vis secundum directionem horizontalem MQ seu resistentia erit vt  $cds (\cos. \overline{q+s})^2$  ideoque resistentia arcus RM erit vt  $\int cds (\cos. \overline{q+s})^2$ .

§. 882. Ad hanc formulam  $\int cds (\cos. \overline{q+s})^2$  integrandam manifestum est esse  $(\cos. \overline{q+s})^2 = \cos. \overline{q+s} (1 - (\sin. \overline{q+s})^2)$  vnde erit  $\int \cos. \overline{q+s} (1 - (\sin. \overline{q+s})^2) ds = \int \cos. \overline{q+s} ds - \int \cos. \overline{q+s} \sin. \overline{q+s} ds$  quae utraque formula cum sit integrabilis erit integrale quaesitum  $= c \sin. \overline{q+s} - \frac{1}{3} c (\sin. \overline{q+s})^3 + C$ ; haecque constans C ita debet definiri, vt posito  $s = 0$ , et resistentia euaneat, ex quo erit  $C = -c \sin. \overline{q} + \frac{1}{3} c (\sin. \overline{q})^3$ . Quam obrem resistentia arcus RM erit  $= c \sin. \overline{q+s} - \frac{1}{3} c (\sin. \overline{q+s})^3 - c \sin. \overline{q} + \frac{1}{3} c (\sin. \overline{q})^3$ . Sin autem angulus ROM  $= s$  ad alteram partem versus A capiatur erit resistentia simili modo computata  $= \int cds (\cos. \overline{q+s})^2$  cuius

cuius integrale erit  $= -c \sin. q - s + \frac{1}{3}c (\sin. q - s)^3 + c \sin. q - \frac{1}{3}c (\sin. q)^3$ . Ponatur angulus AOR  $= a$  OR  $= g$ , ac in vtraque formula posito  $g$  pro  $s$  summa ambarum formularum dabit resistentiam totius arcus AR  $a = c \sin. q + g - c \sin. q - g - \frac{1}{3}c (\sin. q + g)^3 + \frac{1}{3}c (\sin. q - g)^3$ , ad directionem horizontalem reductam.

§. 883. Cum vero sit  $\sin. q + g = \sin. q \cdot \cos. g + \cos. q \cdot \sin. g$  et  $\sin. q - g = \sin. q \cdot \cos. g - \cos. q \cdot \sin. g$ , erit resistentia arcus AR  $a = 2c \cos. q \cdot \sin. g - 2c (\sin. q)^2 \cos. q (\cos. g)^2 \sin. g - \frac{2}{3}c (\cos. q)^3 (\sin. g)^3$ . Quoniam nunc est  $\sin. q = m$ ,  $\cos. q = n$ ; et  $\sin. g = \frac{a}{c}$ , atque  $\cos. g = \frac{b}{c}$ , erit his valoribus substitutis resistentia arcus AR  $a = 2na - \frac{2m^2na^3b}{cc} - \frac{2}{3}\frac{n^3a^3}{cc}$ . Nunc ob  $cc = aa + bb$  et  $mm = 1 - nn$ , erit resistentia  $= \frac{2na}{cc} (aa + bb - bb + nnbb - \frac{1}{3}nnaa) = \frac{2na}{3cc} (3aa - nnaa + 3nnbb)$ . Quodsi ergo fiat  $b = c = \infty$  quo casu arcus AR  $a$  cum corda A  $a$  confunditur, erit ob  $a$  prae  $b$  euanscens resistentia  $= 2n^3a$ , vti alias constat. Sin autem OE  $= b = 0$ , vt sit  $c = a$  et AR  $a$  semicirculus, erit resistentia  $= \frac{2}{3}na (3 - nn)$ , nisi quatenus ob inclinationem rectae A  $a$  non totus semicirculus aquae allapsii exponitur.

§. 884. Quo igitur totus arcus AR  $a$  allisioni aquae opponatur, necesse est vt angulus RO  $a$  minor sit angulo ROP seu EOF, si enim sit aequalis tum tangens eius in puncto infima  $a$  fiet horizontalis, et si esset maior, arcus ad  $a$  iam sursum reflecteretur proraque alicubi profundius immergeretur quam tota spina, quae adeo figura ad proram constituendam est inepta. Debet ergo sinus anguli RO  $a$  qui est  $= \frac{a}{c}$  non maior esse sinu anguli EOF seu

seu cosinu anguli QEF, qui est  $= n$ , eritque igitur vel  $\frac{a}{c} = n$  vel  $\frac{a}{c} < n$ . Sit primo  $\frac{a}{c} = n$  vt sit  $\frac{b}{c} = m$ , erit resistentia  $= \frac{2}{3} n a (3nn - n^4 + 3mmnn) = \frac{2}{3} n^3 a (3 - 2nn)$ . Quae resistentia vel aequalis esse potest cordae vel maior vel minor; erit enim aequalis si  $3 = 2(3 - 2nn) = 6 - 4nn$ , vnde  $n = \frac{\sqrt{3}}{2}$ , ideoque angulus EOF  $= 60^\circ$ , sin autem angulus EOF fuerit maior minorue  $60^\circ$ , tum quoque resistentia arcus minor erit, maiorue quam resistentia cordae.

§. 885. Hinc appareat quandoque per incuruationem prorae resistentiam diminui, quandoque vero proram rectam AE $a$  praestare; qui casis quo melius distingui queant, consideremus diligentius resistentiam arcus AR $a$  eamque comparemus cum resistentia, quam corda ipsa A $a$  patitur. Cum ergo sit  $bb = cc - aa$  erit resistentia  $= \frac{2na}{3cc} (3aa - 4nnaa + 3nncc) = 2na(nn + \frac{(3 - 4nn)aa}{3cc})$ ; atque resistentia cordae sit  $= 2n^3 a$ ; patet diiudicationem ex valore  $3 - 4nn = 0$ , seu angulus EOF vel angulus RSG sexaginta graduum, resistentia prorae erit eadem siue constituatur recta secundum cordam, siue incuruetur secundum arcum circularem quemcunque per puncta A et a transiunt, dummodo nulla prorae pars profundius immergatur quam ipsa spina. Sin autem sit  $n < \frac{\sqrt{3}}{2}$  seu angulus RSG  $60^\circ$  gradibus minor, tum resistentia cordae minor erit quam resistentia cuiusvis arcus circularis per puncta A et a ducti.

§. 886. Casus hic, quo angulus RSG minor est  $60^\circ$  Tab. XXVI,  
gradibus in omnibus sere nauibus, quae malis solent esse fig. 1.

instructae, locum habet; quocirca in his nauibus aptissima prorae figura erit linea recta puncta A et  $\alpha$  iungens, quippe quae minimam nauis producit resistentiam. Omnis ideo curvatura, quae his casibus prorae induceretur motum nauis retardaret, sicque effectum velorum qui vnicet intendi solet, diminueret. Sequenti ergo modo ista prorae figura aptissima definietur; centro S interuallo S $\alpha$ , quod ad finem spinae anteriorem pertingit describatur arcus circuli  $\alpha RA$ , donec superficiem aquae in A fecerit ductaque corda A $\alpha$  dabit prorae elevationem atque adeo figuram conuenientissimam. Ceterum aliae rationes, quae omnes angulos, cuiusmodi oriretur in  $\alpha$ , prohibent, applicationem huius regulae saepissime impediunt; quare ne his rationibus vis inferatur, proram in  $\alpha$  tam parum incuruari oportebit, quam circumstantiae permittunt, ita ut minime a figura descripta aberretur.

Fig. 2.

§. 887. Sin autem naues occurrant eiusmodi, in quibus postquam arcus  $A\alpha$  fuerit delineatus, angulusque AS $\alpha$  recta SR bisectus, angulus RSG maior fiat 60 gradibus, ideoque quantitas  $3 - 4m$  valorem obtineat negatum, tum manifestum est quo magis prora incuruetur, eo minorem prodituram esse eius resistentiam. His igitur casibus conveniet proram in arcum circularem  $AR\alpha$  incuruare, eius radio tam exiguo assumto, quantum fieri potest. Quoniam vero prora nusquam infra spinam descendere debet, manifestum est, angulum RO $\alpha$  non maiorem esse posse angulo EOF. Quare ut prorae maxima idonea curvatura tribuatur, ex punto  $\alpha$  erigatur recta normalis, eiusque intersectio cum recta SR notetur; haec enim intersectio dabit centrum circuli, quo arcum  $AR\alpha$  describi conueniet.

Hoc

Hoc modo fiet prorae  $\alpha RA$  tangens in imo puncto  $\alpha$  horizontalis sicque prora quasi continuum corpus cum spina constituet, nullique occurrent anguli, quos ob alias rationes euitari oporteret.

§. 888. Eo magis igitur prora ad horizontem inclinabitur quo minor fuerit angulus  $RSD$ , ac simul quo minor fuerit nauis profunditas sub aqua. Sit enim recta  $SD = a$  profunditas carinae  $CD = b$ ; et distantia  $\alpha D = c$ ; erit  $Sa = SA = \sqrt{aa + cc}$ , et  $AC = \sqrt{aa + cc - (a-b)^2} = \sqrt{cc + 2ab - bb}$ . Ducta iam corda  $A\alpha$ , quae proram constituet, quoties angulus  $DSR$  non fuerit maior quam  $60^\circ$ , erit eius inclinatio ad horizontem = angulo  $CA\alpha$ , cuius tangens est  $= \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2 - bb} - c}$ , et sinus  $= \frac{b}{\sqrt{2cc + 2ab - 2c\sqrt{cc + 2ab - bb}}}$ , vnde cum resistentia sit vt  $CD$  in quadratum huius sinus erit resistentia huius prorae rectae  $A\alpha$  vt haec expressio  $\frac{b^3}{2cc + 2ab - 2c\sqrt{cc + 2ab - bb}}$ . Deinde vero est  $A\alpha = \frac{b}{\sin CA\alpha} = \sqrt{2cc + 2ab - 2c\sqrt{cc + 2ab - bb}}$ , angulus autem  $RSD$  aequalis est angulo  $CA\alpha$ , vnde perspicuum est quo minor fuerit angulus  $DSR$  eo resistentiam fore minorem hincque nauem celerius esse progressuram.

§. 889. Quo igitur resistentia magis diminuatur, efficiendum erit vt angulus  $DSR$  plurimum diminuatur, quod fiet si cum altitude  $SD$  augeatur, tum vero intervallum  $\alpha D$  minuatur. Quod quidem ad posterius attinet, quoniam  $\alpha D$  a longitudine nauis pendet, quam ob gravissimas causas prorsus non diminuere licet, sed etiam elaborandum sit vt ea quoad fieri potest, augeatur; hoc relinquitur vt centrum gravitatis  $G$ , quantum fieri potest,

antrorsum promoueatur , quo interuallum  $D\alpha$  hoc pacto minimum praestetur . In sequenti autem capite aliae occurrent rationes quae eandem centri grauitatis ad proram admotionem postulant ; quibus itaque dum satisfit , simul motus nauis accelerabitur . Quo autem centrum grauitatis proram versus permoueatur , necesse est , vt maior onerum copia in hac nauis parte imponatur , ne autem hinc prora nimium immergatur , eius quoque volumen sub aqua amplius fieri oportet , vnde regulae ad constructionem navium requisitae magis determinabuntur .

§. 890. Multo sensibilius autem aucta altitudine  $DS$  angulus  $DSR$  ac proinde resistentia nauis diminuetur . Hinc ergo summa utilitas perspicitur , quam mali altissimi nauibus afferunt . Primo enim pluribus velis utiliter extendendis locum concedunt , quo vis propellens fortior redditur ; ex quo si eadem esset resistentia , celeritas nauis augeretur . Verum praeterea quo altiores constituuntur mali , eo magis angulus  $CA\alpha$  ac proinde resistentia diminuetur , vnde denuo acceleratio nauis existit . Cum igitur duplē ob causam celeritas nauis aucta malorum altitudine multiplicetur , eo magis erit curandum , vt naues quam altissimis malis instruantur . Quodsi ergo impedimenta , quae nunquam quidem nimiam malorum altitudinem dissuadent , tolli vel superari , vel alia ratione altitudo malorum augeri posset , hoc quidem nauigatio plurimum perficeretur . Interea autem probe est cauendum , ne praeter necessitatem malorum altitudo minor adhibeatur , quam nauis quaque pro robore suo sustinere posset .

§. 891. Haec igitur sunt tenenda , si naues ita fabricari debeant , vt in cursu suo directo nullam prorsus in-

clinationem patientur. Quoniam vero ob insignem stabilitatem ratione axis latitudinalis, quam cum figura ipsa nauibus tribuit, tum incolumitas maxime postulat, naues sine periculo inclinationem sustinere possunt, eam ita in usum conuersti conueniet, vt inde status nauium magis perficiatur. Supra quidem, vbi prorae figuram iam datam assumsimus, ita ab hac regula recessimus, vt malos altiores fieri suaderemus, quam resistentiae ratio postularet; unde cum inclinatio nauis antrorsum sequeretur, ita malorum altitudo determinari debebat, vt ne inclinatio inde oriunda nauis damnum afferre queat. Nunc autem si ita a regula data recedere velimus, vt inclinatio nauis antrorsum oriretur, quantam quidem sustinere posset, prora magis sursum eleuari deberet, quo media directio R S infra punctum S, per quod media directio vis venti transit, cadat; hinc autem non solum nullum lucrum sed etiam insigne damnum nauibus inferretur.

§. 892. Si enim prora A & magis eleuaretur atque ad situm verticalem proprius adduceretur, tum resistentia nauis augeretur hincque cursus retardaretur. Atque adeo hoc pacto inclinatio in nauis produceretur cum insigni incommodo. Quocirca multo erit consultius proram magis ad horizontem inclinare, quam regula ante data requirit; hoc autem modo, quia media directio vis aquae R S supra medium directionem venti cadet, inclinatio nauis retrorsum producetur, quae dummodo non sit maior, quam sine damno sustineri potest, admitti poterit. Emolumenatum autem, quod per hanc ab regula recessionem in navem redundat, minime erit contemnendum; sic enim resistentia nauis non mediocriter diminuetur, eoque motus

navis celerior reddetur. Eiusmodi ergo inclinatio circa axem latitudinalem innoxia vtique admitti poterit, cum tam insigne lucrum, nauis scilicet acceleratio impetretur; alia vero praeterea accedunt commoda, quae eiusmodi proram eo magis suadebunt.

§. 893. Primo enim dum prorae Aα inclinatio ad horizontem minor redditur, simul longitudo nauis in superficie aquae AB augetur, vnde praeter alia auctae longitudinis commoda etiam stabilitas nauis respectu axis longitudinalis augetur; hincque nauis eo facilius inclinationem sustinebit, minusque damnum ab ea erit metuendum. Deinde si hoc modo prora nauis elongetur, non solum centrum gravitatis G sponte ad α propius accedit, sed etiam maius spatium in prora suppetit, vbi maior onerum copia collocari, hocque pacto centrum gravitatis adhuc propius antrorum prodici poterit; hac autem ipsa centri gravitatis promotione, quam punctum S sequitur, inclinatio nauis retrorsum oriunda diminuetur, atque incommodum si ullum ex hac parte esset metuendum, tollatur. Quin etiam si ob tantam prorae operationem in navis statu quietis, prora aliquanto profundius immergetur, quam par est, hic ipse defectus ab inclinatione retrorsum nata emendabitur, nauisque in situ erecto cursum absoluat.

Fig. 3. §. 894. Ad haec commoda accedit aliud non minoris pretii lucrum, quod ex ipsa nauis inclinatione retrorsum facta nascitur. Dum enim prora nauis eleuatur, eius minor portio resistentiam aquae sentiet, siveque ipsa resistentia diminuetur. Contra quidem in hoc statu nauis aqua contra uniuersum fere fundum ad puppim usque impin-

pingit, quo resistentia iterum augeri videatur. At vero in superioribus vidimus resistentiam non magis diminui posse, quam prora maxime elongata; quamobrem in praesenti casu, quo tota fere nauis prorae vicem sustinet et aqua ubique sub maxima obliquitate allidit, resistentia vehementer diminui debet. Denique hic non est praete-reundum per talem inclinationem aquam liberius in gubernaculum incurrere; quae omnia tam insignia commoda nullis incommodis inquinata eiusmodi prorae figuram, quae magis ad horizontem inclinetur, quam regula requirit, omnino suadent; dubiumque nullum superesse potest, quin in praxi a tali malorum ac prorae constitutione summus fructus percipiatur.

§. 895. Vnica supereffet tractatio de malis non verticaliter constitutis, seu potius de velis, quorum superficies expansa ad horizontem sit inclinata; verum tanta incommoda occurunt, ut eiusmodi velorum dispositio penitus sit improbanda. Primo enim per obliquitatem eorum superficies augeretur, ac propterea plus lintei requireretur, tum vero non obstante superficie incremento, vis nauem propellens adeo in ratione duplicata sinus anguli, quem vela cum horizonte constituunt, diminueretur, quae rationes utique sufficiunt ad eiusmodi velorum positionem reiiciendam. Praeterea quidem per talem velorum inclinationem tota nauis vel aquae profundius immergi, vel altius ex aqua extrahi posset; sed haec non sunt eiusmodi, ut memorata incommoda ideo admitti queant: nisi forte certae circumstantiae quandoque eiusmodi effectum absolute requirant, quae cum eueniunt, ipsae potius quam motus nauis erunt spectandae.