

Cap. VIII.

DE CONSTRVCTIONE NAVIVM
REMIS PROPELLENDARVM

§. 672.

Quoniam in praecedente capite non solum vim, quam remiges exercent, sed etiam celeritatem absolutam, quae datae naui inducitur, determinauimus: cuncta principia iam habemus exposita, ex quibus maxime idonea earum nauium, quae remis ad motum sollicitari solent, structura deriuari ac definiri debet. Quanquam enim eiusmodi naues, quoties opportunitas euenit, praeter remos etiam velis vti solent; tamen ad hunc finem in constructione triremium non admodum attendi conuenit; eo quod vento locus non conceditur, nisi quatenus reliquae circumstantiae id permittunt. Neque vnquam triremes vela adhibent, si aduersus ventum cursus institui debeat; in hoc vero maximum discrimen positum est inter naues, quae solo vento agitantur, et quae remis sunt instructae.

§. 673. Proprietates, quibus naues remis propulsandas praeditas esse oportet, vt in suo genere perfectissimae censi queant, sunt vel communes, vel propriae. Illae in omni nauium genere, quae mari committuntur, vnde cunque vis propellens petatur, aequre requiruntur; hae vero ad vim propellentem maxime accommodatae esse debent, vt inde nauis motum fatis celerem et tutum consequatur. Perpetuo autem necesse est, vt vtriusque generis proprietates coniunctim perpendantur, ne dum vni satisfacere conabimur, reliquis quicquam detrahamus, vnde

§ 56 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

nauis periclitari queat. Saepenumero enim structurae, quas diuersae proprietates postulant, inter se pugnant; hocque casu maxime est cauendum ne vni nimium tribuentes alteri damnum afferamus.

§. 674. Proprietates communes supra iam satis euoluimus, vbi determinauimus, quemadmodum nauis comparata esse debeat, vt aquae commissa tam in statu quietis quam motus incolumis perseueret. Primo scilicet cum figurae nauis tum onerationis ratio debet esse eiusmodi, vt situs erectus simul sit situs aequilibrii, quod euenit, si in hoc statu ambo grauitatis centra ipsius nauis nimirum et voluminis submersi in eandem rectam verticalem incident. Proprietatem hanc quidem nauis iam dum est vacua fere habere debet, ne onera nimis inaequaliter ad hunc situm obtinendum imponi oporteat; interim tamen etiamsi nauis vacua aliquantum aberret, nisi error sit admodum magnus, per onerationem compensari poterit. Ad hoc primum nauem vtrinque similiter fabricari conuenit, ne ratio adsit, cur in vnum latus potius inclinet quam in alterum: deinde quamuis prora puppi dissimilis constituatur, tamen in hac ipsa dissimilitudine efficiendum est, vt ambo illa centra grauitatis in vnam rectam verticalem cadant.

§. 675. Cum igitur positio sectionum nauis tam horizontalium quam verticalium a priori sit data, inde volumen carinae seu partis aquae immersae cognoscitur abscondendo per sectionem horizontalem inferiora versus partem, cuius volumen molem aquae capiat ponderi nauis aequalem. Quoniam ergo pondus nauis a ligno et ferro quibus latera clauduntur et contignatione interna oritur, manifestum est positionem amborum centrorum grauitatis requiri.

requisitam obtineri, si diuisa nauis per sectiones verticales transuersas in plurima segmenta, pondus vniuscuiusque segmenti proportionale sit volumini partis eiusdem segmenti quae sub aqua versatur. Sienim haec regula in fabricandis singulis segmentis obseruetur, necesse est, vt commune centrum grauitatis tam materiae, ex qua segmenta sunt confecta, quam voluminum aquae submersorum in eodem segmento reperiatur.

§. 676 Data magnitudine et figura nauis, copia lignorum et reliquae materiae ad constructionem necessariae a practico facile aestimabitur: vnde pondus nauis vacuae **ex** hocque volumen carinae congoſetur. Hinc ad singula segmenta (quae gallice Gabaris vocantur) construenda regula nascitur ista; vt pondus materiae ad quodvis segmentum impendendae proportionale sit volumini eiusdem segmenti infra aquae superficiem destinato, siue regula aurea adhiberi potest, qua inferatur, vti se habet volumen totius nauis aquae immersum ad simile volumen cuiusque segmenti, ita pondus totius nauis ad pondus eiusdem segmenti. Quodsi autem aliae conditiones prohibeant, quominus ista regula in fabricandis singulis segmentis obseruetur: tum quantum in prora ab hac regula fuerit recessum, tantumdem in puppi ad aequalem a centro grauitatis distantiam ab eadem regula erit recedendum.

§. 677. Si hanc regulam perpetuo obſeruare liceret, Tab. XIX. conſeruationi nauium non parum conſuleretur, quae ſaepe ^{fig. 2.} numero ob defectum huius regulae damnum patitur. Quod, vt clarius perſpiciatur, concipiatur nauis *aADBb*, cuius conſtruētio ab hac regula aberrat, piano transuerſo verticali *cD* per centrum grauitatis ducto in duas partes. *aA*

D_c , et bBD_c diuisa, quarum illa proram haec puppim repreaesentet. Sit prorae aAD_c centrum grauitatis in P , ipsius autem partis aquae submersae ADC centrum magnitudinis M cadat proprius ad medium cD . Simili modo puppis bBD_c centrum grauitatis sit in Q , eiusque partis submersae BDC centrum magnitudinis in N proprius situm sit ad medium cD : qui casus locum habet, si naues circa extremitates prorae et puppis ponderosiores redduntur, quam regula memorata requirit.

§. 678. Huius modi status in plerisque nauibus deprehenditur, propterea quod naues circa proram et puppim fortissimas construi oportet, cum tamen his locis volumen aquae submersum sit minimum. Sic itaque erunt centra illa quatuor P , Q , M et N disposita in omni fere naui vacua, et nisi maxima onerum pars in medio cD collocetur, idem situs manebit in naui onusta. Iam a grauitate prora deorsum in directione Pp vrgebitur vi ipsius ponderi aequali; et puppis in directione Qq deorsum a vi ipsius ponderi pariter aequali. Porro ob actionem aquae, qua latera nauis vndique premuntur, prora sursum sollicitabitur a pondere aquae, quam volumen ADC capit, hocque in directione Mm per centrum magnitudinis M partis prorae aquae submersae ducta. Similique modo pressiones aquae puppim in directione Nn sursum pellunt vi similis voluminis aquae.

§. 679. Omnino igitur nauis sollicitabitur a quatuor viribus, a duabus scilicet deorsum Pp , Qq ; et a duabus sursum Mm et Nn ; quae quatuor vires sese in aequilibrio continent. Ab iis ergo, si nauis esset corpus maxime rigidum omnisque inflexionis expers, nullus proflus effectus

effectus sensibilis produceretur; at vero manifestum est, si nauis tanto rigore careat, necessario nauem incuruatum iri, ita ut eius spina circa medium D sursum inflectatur. Atque hoc ipsum vitium ab ista causa oriundum in plurimis nauibus annosis saepissime obseruatur, quae ideo ad ultiores cursus ineptae redduntur. Euitaretur ergo hoc vitium, si naues secundum regulam datam construerentur, tum enim ambo centra P et M in eandem rectam verticalem incident pariter ac centra Q et N, hocque casu nulla incuruatio esset metuenda.

§. 680. Verum, vti iam monuimus, ob alias rationes grauissimas naues circa proram ac puppim vehementer fortes et robustae construi debent, quia hic amborum laterum extat iunctura, simulque hae partes maximis impetibus sunt expositae. Contra vero in his locis ampliudo carinae fit minima, cum non solum secundum latitudinem sed etiam secundum altitudinem coarctetur. Hanc ob causam, cum minime expedit corpus nauis in medio praeter necessitatem ligno onerare, istud incommodum per onerum impositionem tolli debet, iis ad nauis medium admouendis. Atque si aliae rationes istam onerationem dissuadeant, in id tamen maxime erit incumbendum, ut distantia inter ambo puncta tam in prora P et M quam puppi Q et N quam minima reddatur. Deinde vero architectos in id magis attentos esse oportebit, ut spinam et contignationem nauis robustiorem effiant, nauique sufficientem vim incuruationi resistendi concilient.

§. 681. Ex hoc principio ratio praecipua intelligitur, cur praelonga nauium rostra improbentur, etiam si alias ad resistentiam minuendam utilissimae videri queant. Namque quo

360 DE CONSTRVCA NAVIVM REMIS PROPEL.

quod longius protenditur prora, eo maiore vi ruptioni resistere debet; cum impetum contra illam factorum momenta augeantur. Hinc eiusmodi rostra perquam robusta, ideoque ponderosa effici oportet; volumine, quo aquae submerguntur valde paruo existente. Nisi igitur simul puppis vel magis producatur, vel oneribus maxime gravetur, natis situm aequilibrii tenere non poterit. Posterior remidium fere prorsus ad scopum nauium est ineptum, si enim nauis vacua puppim iam opulstam requirit, operatio nauis tota non mediocriter impeditur. Ut vero alia incommoda iam supra exposita taceam, vtrumuis remedium adhibeatur, centra grauitatis P et M itemque Q et N, nimirum a se inuicem remouentur, ita ut nauis, quantumvis circa medium robusta incuruatiōni resistere nequeat.

S. 682. Haec ratione situs aequilibrii obseruanda sunt in omni nauium genere, siue propulsio fiat remis siue velis; atque simili modo alterum requisitum, quo situs aequilibrii sufficientem stabilitatem habere debet, vtrique nauium classi commune est. Supra quidem iam docuimus, quemadmodum stabilitas obtineatur ac pro instituto augeatur, vt nauis a viribus sollicitantibus non ultra datum terminum inclinetur. Interim tamen hic circa naues remis propellendas ratione virium, quibus sunt expositae, quaedam singulatim sunt monenda. Sicuti enim in nauibus, quae velis promouentur stabilitas ideo praegrandis esse debet, quod momenta virium venti ad nauem inclinandam sint vehementer magna; ita, dum naues remis motae histrant, viribus non sunt subiectae, tam insigni stabilitatis gradu, salvo ipsarum statu, tuto carere possunt. Quoniam enim vis, quam nauis ab agitatione remorum suscit, fere

in aquae superficie non procul a centri grauitatis libella applicatur , eius momentum ad nauem inclinandam vix attentione est dignum.

§. 683. Duplex autem in quaque naui requiritur stabilitas , altera respectu axis longitudinalis , circa quem navis ad latera inclinatur , altera respectu axis latitudinalis , circa quem modo prora modo puppis deprimitur , et elevatur. Quod ad priorem stabilitatem attinet , remorum vires eam prorsus non afficiunt ; ex quo tantum ad undarum a latere venientium impetus erit attendendum , quibus , nisi latera nauis in superficie aquae vel diuergant vel conuergant , sustinendis exigua vis par esse potest. Intērim tamen non solum ob reliquos tempestatum insultus stabilitas ad latera notabilis esse debet , sed etiam ob velā , quae in triremibus fere secundum longitudinem extendi solent. Dum enim velorum situs est obliquus , tantudem stabilitatis respectu axis longitudinalis requiritur , quantum in nauibus , solis velis propulsis.

§. 684. Ratione axis latitudinalis , si ad solam vim remorum attendamus , quoque per exigua stabilitas requiritur , si enim centrum grauitatis nauis in ipsa superficie aquae sit positum , tum vis remorum nullam prorsus inclinationem intendit ; sin autem centrum grauitatis vel supra vel infra aquae superficiem cadat , nauis a remis vel in puppi vel in prora deprimetur , perpetuo autem haec vis erit valde parua. Quodsi vero nauis insuper velis sit instructa , tum ad horum vim sustinendam utique maior stabilitas requiretur , quae aucta nauis longitudine obtinetur. Cum autem celeritas nauis figuram satis oblongam postulet , eo ipso stabilitas respectu axis latitudinalis multo

362 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

maior efficitur, quam vllarum virium sustentatio requirit. Praecipue igitur ad eam vim inclinantem attendi opportebit, quae in cursu nauis a resistentia prorae oritur, quippe quae si prora oblique superiora versus claudatur, eo maior est, quo celerius nauis promouetur. Hanc autem postea perpendemus, cum structuram nauium remis propulsarum ex professo sumus inuestigaturi.

§. 685. Tertia proprietas nauium aquae innatantium consistit in oscillationum tranquillitate. Celeritas quidem motus oscillatorii pendet partim a stabilitate, partim a momento inertiae nauis respectu axis circa quem oscillationes fiunt, tranquillitas vero maxime tum cum motu oscillatorio coniungitur, quando centrum grauitatis sectionis aquae in eandem rectam verticalem incidit, in qua sita sunt cum centrum grauitatis totius nauis tum centrum magnitudinis partis submersae. Ad hunc autem motum oscillatorium in nauibus, quae remis promouentur, non admodum est spectandum, cum in continua remorum vibratione vehementer turbetur, neque unquam ad uniformitatem peruenire queat. Undarum quidem impulsiones nauem succutiunt, at hinc non eiusmodi oritur motus, cuius moderatio in nostra est potestate.

§. 686. Tertium requisitum ad naues in suo genere perfectissimas reddendas versatur in diminutione resistentiae, qua celeritas nauis augetur. Ad hoc nobis hic potissimum est attendendum, vbi naues remis promouendas tractamus. Cum enim nauis ab eadem vi eo celerius promoueatur, quo minor fuerit resistentia aquae, triremes procul dubio erunt perfectissimae, quae a minima vi celerissime promoueri poterunt. Quae perfectio etsi ad omnes naues

patet, tamen in iis, quae ope remorum propelluntur, maxime requiri solet. Cum enim in nauibus a vento propulsis defectus a nimia resistentia oriundus multiplicatio velorum reparari queat, in triremibus non sine ingentibus sumtibus numerus remigum multiplicatur. Quocirca in hoc praecipue erit elaborandum, ut vel a dato remigium numero nauis maxima celeritas induci, vel eadem celeritas a minimo remigium numero obtineri queat.

§. 687. Quo autem nexus; qui inter vim propellentem, resistentia aquae, et nauis celeritatem intercedit, clarius ob oculos ponatur, ponamus vim propellentem aequaliter ponderi P , resistentiam nauis absolutam aequaliter esse resistentiae, quam superficies plana ff contra aquam directe mota ea ipsa celeritate, qua nauis progeditur, suffert. Tum vero sit celeritas nauis debita altitudini v . His positis erit vti iam saepius videmus, vis propellens P aequalis ponderi massae aquae, cuius volumen est $= ff v$. Quodsi ergo vis P pariter per volumen aquae aequiponderans exprimatur erit $P = ff v$, hincque nauis celeritas $\sqrt{v} = \frac{\sqrt{P}}{f}$. Manente ergo eadem vi propellente P , celeritas nauis augebitur minuta resistentia. Atque in qua ratione superficies ff resistentiam absolutam metiens diminuitur, in huius ratione subduplicata celeritas nauis augebitur.

§. 688. Hic littera P denotat vim quae ad nauem propellendam immediate impenditur, eiusque adeo loco vim, quam remiges ad remos agitandos adhibent, substituere non licet: quoniam haec vis nauem eo debilius promouet, quo celerius iam promoueatur, etiamsi remiges eadem opera ytantur. Vidimus autem in praecedente ca-

pite, si numerus et vis remigum non mutentur, atque ad maximum effectum producendum accommodentur, fore ut non vti $\frac{1}{f^2}$ sed vti $\frac{1}{\sqrt{f^4}}$, ex quo ipsa nauis celeritas v erit vt $\frac{1}{\sqrt{ff}}$. Celeritates igitur, quae a dato remigum numero nauis induci possunt sunt in ratione reciproca subtriplicata superficiei ff , qua resistentia nauis exprimitur. Aucto autem remigum numero, si resistentia maneat eadem, celeritas nauis in ratione subtriplicata tantum augetur. Ex quibus intelligitur aptissimum remedium ad naues accelerandas in diminutione resistentiae esse quaerendum.

§. 689. Quoniam naues remis motae cursum obliquum instituere non coguntur, hic ea tantum resistentia in computum venit, quam nauis in cursu directo patitur. Pendet autem haec resistentia potissimum a figura inferioris prorae partis, quae in aqua versatur, de qua in superiori libro fuisus est tractatum. At praeter istam prorae figuram non parum consert ad resistentiam cum augendam tum diminuendam ipsa externae superficie indoles; quae si fuerit aspera, motum nauis haud mediocriter impedire, contra autem quo magis est polita, quod fit dum pice oblinitur et laevigatur, eo minus allisio aquae motui reluctatur. Hoc vero casu demum nauis eam sentiet resistentiam, quam calculus ostendit; ita ut, nisi superficies sit perfecte polita, prout in calculo assumi solet, nauis multo maiorem passura sit resistentiam, quam calculus declarat. Ex quo summa utilitas huius praecepti circa externam nauis superficiem distincte perspicitur.

§. 690. Figura prorae, quae in calculum resistentiae ingreditur, a nauis sectione verticali transuersa amplissima incipit;

incipit; quam primum enim figura nauis anteriora versus contrahi incipit, allisionem aquae sentit. In hoc igitur negotio primum considerari debet sectio carinae amplissima, a qua contractio laterum nauis initium sumit; ac tum ipsa haec contractio et attenuatio prorae ad cuspidem usque, sit sectio carinae amplissima $= bb$, quae cum a magnitudine nauis, tum a scopo cui destinatur, pendet; atque manifestum est, si nauis plano verticali hic subito clauderetur seu eadem amplitudine ad extremitatem usque producetur, hanc ipsam sectionem amplissimam bb futuram esse eam superficiem, quam ante ad resistentiam absolutam metiendam adhibuimus, hoc est fore $ff = bb$. Hoc autem casu nauis omnium maximam patietur resistentiam, quae obliquitate quacunque diminuitur.

§. 691. Cum igitur $ff = bb$ indicet maximam resistentiam quam nauis, cuius sectio amplissima est $= bb$, sufferre potest, hanc ipsam quam minimam constitui conveniet; quo minor enim reddetur maxima resistentia, quae in nauem cadere potest, eo magis ea deinceps per obliquam laterum nauis anteriora versus contractionem diminui poterit, vt nauis reipsa minimam sentiat resistentiam. Cum autem ex pondere nauis, quod datum assumimus, volumen carinae determinetur, manifestum est eo minor rem prodituram esse sectionem nauis amplissimam bb , quo longior saturatur nauis. Oportebit itaque longitudinem nauis maxime augeri diminuta eius latitudine: at vero in hac allongatione nauis probe cauendum est, ne ob latitudinem nimis diminutam stabilitas respectu axis longitudinalis detrimentum patiatur. Ad hoc euitandum necesse est, vt simul profunditas carinae ita diminuatur, vt latitudo

366 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

ad eam retineat rationem dupla non minorem, vti in capite de stabilitate nauium ostendimus.

§. 692. Si figuram carinae ponamus parallelepipedum rectangulum, cuius longitudo sit $= a$, profunditas $= c$, et latitudo $= 2c$, vti stabilitas respectu axis longitudinalis requirit, erit volumen carinae seu partis nauis aquae submersae $= 2acc$. Pondus porro nauis vacuae pendet a crassitie fundi et parietum, quam si ponamus $= e$, nauisque tantum super aqua emineat, quantum immergitur, erit quantitas materiae nauis $= 8ace$, cui cum pondus sit proportionale fiet $8ace$ ipsi $2ace$ et hinc profunditas c crassitiei e proportionalis. Determinatur ergo profunditas c , longitudo autem a pro lubitu accipi posse videtur. At cum aucta longitudine momenta virium, quae nauem rumpere conantur, crescant, pro maiori longitudine naues fortiores construi deberent, ex quo earum pondus augeretur. Quae cum ita sint, ratio longitudinis ad latitudinem et profunditatem non ultra datum terminum extendi poterit; qui ab experientia est petendus.

§. 693. Hanc igitur nacti sumus regulam, vt naues, quae remis propelli debent, tam fiant longae, quam earum robur ad conservationem requisitum admittit. Quodsi autem experientiam consulamus, patebit nauibus sufficiens robur adhuc conciliari posse, si longitudo ad latitudinem teneat rationem sextuplam siue septuplam, ac fortasse hanc rationem ad decuplam usque, si necessitas exigat, extenderet licet. Pendet hoc praecipue a robore ligni quod ad constructionem nauium adhibetur eiusque pondere, quae, cum ad calculum reuocari nequeant, omnino per experientiam determinari debebunt. Quod vero ad profunditatem attinet,

ea

ea semissem latitudinis superare haud potest; quinimo expeditret profunditatem adhuc minorem accipi, quo nauis facilius omnibus tempestatum impetibus resistere possit. Maxime autem haec cautela erit obseruanda, si centrum gravitatis nauis non solum supra centrum magnitudinis carinae, sed etiam supra aquae superficiem cadat; qua de re ea consuli debebunt, quae supra de stabilitate nauium fusius sunt tradita.

§. 694. Postquam, quantum fieri potest, elongata navi eius sectio amplissima *bb* ad minimum valorem est perducta, resistentia vltius vehementer diminui potest, dum latera nauis in prora oblique coeunt, atque in aciem vel cuspidem conformantur. Videmus enim in superiori libro resistentiam eo reddi minorem, quo acutior efficiatur prora. Triplici vero modo coarctatio prorae anteriora versus fieri potest; primo scilicet seruata carinae vbique eadem profunditate latitudo continuo magis diminuitur, quoad, latera in aciem verticalem coeant. Secundo latitudo carinae eadem manere potest, dum fundus nauis paulatim elevatur, donec superficiem aquae attingat. Tertia contractio, quae plerumque in nauibus adhibetur, ex vtraque praecedentium est composita, atque fit tam latitudinem carinae quam eius profunditatem diminuendo, donec in summa aquae superficie tam latitudo quam profunditas carinae simul evanescat.

§ 695. In qualibet coarctatione infinita varietas locum habere potest; primum scilicet longitudo prorae inter sectionem amplissimam et extremitatem in superficie aquae magnum discriminem affert; quo lentius enim prora clauditur, eo minor fit eius resistentia ceteris paribus. Deinde

368 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

inde maxime spectanda est linea, secundum quam tam latera nauis coeunt, quam spina sursum inflectitur, utrum sit recta an curua, hincque innumerabiles diversae figurae prorae nascuntur, vti in primo capite huius libri exposuimus. Denique ex his omnibus figuris ea inuestigari posset, quae minimam creet resistentiam, sub datis conditionibus, quemadmodum in praecedente libro plura huius generis problemata extant soluta. Quoniam vero in praxi summa geometrica accuratio ad effectum deduci non potest, sufficiet praecipuas prorae species generatim perpendisse, et quantum fructum ex singulis sperare liceat, definiuisse.

Tab. XIX.
fig. 3

§. 696. Species itaque simplicissimas trium memoratorum generum prorae contemplabimur, quae non nisi lineis rectis contineantur, cum ex his indoles diminutae resistentiae non solum facillime perspiciatur, sed etiam si curvae lineae ingrediantur, satis prope aestimari queat, praecipue, si in subsidium vocentur ea, quae in superioris libri capite sexto integro hac de re fusius exposuimus. Sit igitur sectio amplissima $E F f e$ parallelogrammum rectangle, a qua prora claudatur in rectam verticalem $A a$, ita vt figura prorae sit prisma basin habens triangularem $a e f$. Sit latitudo carinae maxima $E F = 2b$, profunditas $C c = c$, erit area sectionis amplissimae carinae $= 2bc$, quam supra posuimus $= bb$. Et cum ff nobis constanter denotet planum, quod directe contra aquam motum eandem patitur resistentiam, quam nauis eadem celeritate mota, foret vtique $ff = bb = 2bc$, si longitudo prorae $A C$ euansceret; tum enim nauis ipsa superficie $E F f e$ in aquam incurreret.

§. 697. Ponamus iam longitudinem prorae $AC = a$, erit $CAE = CAF$ angulus, sub quo aqua vtrinque in latera prorae impingit, hinc erit resistentia vnius semissis $AEEa = AE.Aa$. $\frac{CE^2}{AE^2} = \frac{AaCE^3}{AE^3}$, quae cum sit normalis ad superficiem $AEEa$, dabit vim motui nauis directe contrariam $= \frac{Aa.CE^3}{AE^2} = \frac{b^3c}{aa+bb}$; cui cum resistentia ex altera parte orta sit aequalis, erit resistentia tota $= \frac{2b^3c}{aa+bb}$; siue habebitur superficies resistentiam repraesentans $ff = \frac{2b^3c}{aa+bb}$. Hinc cum sit $bb = 2bc$ erit $ff = \frac{bb}{aa+bb}. bb$; ex quo resistentia huius prorae erit ad resistentiam sectionis amplissimae, vti bb ad $aa+bb$, hoc est vt CE^2 ad AE^2 . Quo longior itaque statuitur prora AC eo magis resistentia nauis diminuitur, hocque in ratione duplicata laterum AE , manente sectione carinae amplissima $EFfe$ eadem.

§. 698. Si igitur longitudo AC capiatur aequalis semissi latitudinis CE , tum resistentia nauis iam sit duplo minor; quam si nauis nuda superficie $EFfe$ in aquam irrueret: sin autem AC capiatur aequalis toti latitudini EF resistentia nascitur quintuplo minor; decuplo autem minor erit resistentia, si sit $AC = 3 CE$. Quodsi autem vt fere consuetudo praecipit, statuatur $AC = 4 CE = 2 EF$, fiet resistentia decem et septem vicibus minor. Interim tamen tanta resistentiae diminutio in praxi non est expectanda, cum quia latera nauis non possunt fieri politissima, vti hic assumuntur, tum vero propter aquae tenacitatem, quae implicat resistentiae speciem, quae aucta prorae superficie augetur potius, quam diminuitur. Denique si prorae nauis eiusmodi tribuatur forma, vti descripsimus tum

Pars II.

A a a

aqua

376 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

aqua nullam vim nauis inferet sursum urgentem; ideoque a resistentia aquae nauis non inclinabitur circa axem latitudinalem, quod commodum in nauibus remorum ope propellendis maximi momenti videri queat.

§. 699. Cum enim in hoc nauium genere nulla adsit vis reluctans vi aquae proram nauis eleuanti, ista prorae structura huic scopo aptissima videtur; neque ullum dubium super esset, si modo nauis perpetuo ita progredetur ut bases AEE et aef horizontalem situm conferuarent. Quoniam autem hoc minime sperari potest, commodum memoratum ingenti incommodo coniungitur: statim enim ac nauis tantillum inclinatur, prora vi non contempnenda elejabitur, cum ante nulla adasset, hincque cum vis contraritens nulla adsit, nauis subito inclinabitur, atque adeo, dum prora eleuatur, vis illa eleuans augebitur; ex quo cum situs nauis obliquus, tum succussions et reciprocationes violentiae nascentur, unde nauis in mari turbido praesertim periculo pereundi obnoxia futura esset; cuiusmodi incommodum nullo modo ab hoc genere nauium removeri potest.

§. 700. Huiusmodi ergo prorae figura admitti nequit, nisi aqua sit admodum tranquilla, ita ut nauis et raro et parum de situ erecto deturbetur. In mari vero et aqua minus quieta ista species adhiberi non potest, sed eiusmodi figura requiritur, quae mutato situ non tantam resistentiae alterationem patiatur. Contemplemur itaque secundam speciem, in qua prora sursum tantum contrahitur. Scilicet existente carinae sectione amplissima EEf parallelogrammo rectangulo, conuergat prora in aciem horizontalem BD, ita ut prora sit prisma triangulare bases Babens

habens verticales BE_e et DF_f . Quodsi iam haec nauis directe secundum CA in aqua progrediatur, sola facies $BDfe$ resistentiam patietur; quae adversus aquam incurrit sub angulo CAc , cuius sinus est $= \frac{Cc}{Ac} \cdot \frac{Ee}{Be}$. Resistentia ergo huius prorae se habebit ad resistentiam sectionis amplissimae $EFfe$, quam ponimus $= bb$, vti Ee^* , ad Be^* . Quare si planum, quod parem resistentiam patitur, ponatur $= ff$ erit $ff = \frac{Ee^*}{Be^*} bb$.

§. 701. Ponamus vt ante latitudinem nauis $EF = 2b$, siue eius semissem $CE = b$; profunditatem sectionis amplissimae $Ee = c$, erit $bb = 2bc$. Sit porro prorae longitudo $AC = a$, erit $Be^* = aa + cc$, hincque resistentia huius prorae erit $= \frac{cc}{aa+cc} bb$, quae ergo aequalis erit resistentiae prorae primo loco consideratae, si fuerit $c = b$, seu si profunditas carinae aequetur semisfi ipsius latitudinis. Quae ratio inter latitudinem ac profunditatem, cum fere in omnibus nauibus obseruetur, siue prora contrahatur priori modo siue hoc posteriori, pro eadem longitudine eadem oritur resistentiae diminutio. Videmus autem supra profunditatem c semissem latitudinis b superare non posse, atque adeo stabilitati nauium maxime consuli, si profunditas c adhuc minor statuatur. His igitur casibus pro eadem prorae elongatione magis resistentia diminuetur, si prora sursum contrahatur, quam si tantum secundum latera coarctetur, in qua contractione prima species versabatur.

§. 702. Praecipuum autem discriminem, quod inter proram huius speciei ac praecedentis intrecedit, consistit in vi, qua prora sursum virgetur, quae in priori specie erat nulla,

372 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

in hac autem ad resistentiam eo maiorem habet rationem, quo longior statuatur prora. Cum enim vis aquae incur-
rentis in planum $BDfe$ sit ut $BD : Be \frac{Ee^2}{Be^2} = \frac{2bc}{\sqrt{aa+cc}}$,
huiusque directio sit normalis ad planum $EDfe$, ac per
eius centrum gravitatis R transeat, existente $AR = \frac{1}{2} AC$.
Ex hac vi, praeter resistentiam horizontalem nascitur vis
proram verticaliter eleuans $= \frac{2abcc}{aa+cc}$, in directione RS
existente $AS = \frac{1}{2} AC = \frac{1}{2} a$. Quoniam igitur horizonta-
lis vis, qua motus nauis directe impeditur, est $= \frac{2bc^3}{aa+cc}$,
erit constanter vis proram eleuans, ad vim motui nauis
reluctantem in ratione $a:c$, seu vti longitudo prorae BE
ad profunditatem Ee. Haec autem vis nauem eleuans ae-
quatur ponderi massae aqueae, cuius volumen est $= \frac{2abccv}{aa+cc}$,
existente v altitudine debita celeritati, qua nauis progre-
ditur.

§. 703. Quia vis nauem eleuans $\frac{2abccv}{aa+cc}$ a celeritate
nauis haec vero a vi propellente pendet, ponamus vim
nauem propellentem esse $= P$; eritque $\frac{2bc^3v}{aa+cc} = P$;
vnde vis nauem eleuans erit $= \frac{ap}{c}$. Quamobrem vis na-
uem propellens est ad vim, qua prora ab aqua sursum
ergetur, vti profunditas Ee ad longitudinem prorae AC.
Ab hac ergo vi nauis primo quasi leuior redditur, ac
volumen aquae submersum diminuitur. Deinde vero, ad
quem effectum maxime spectari oportet, ab hac vi na-
vis circa axem latitudinalem inclinatur ascendentे prora;
huiusque momentum, quo magis augetur prorae longitu-
do, duplē ob causam crescit, primo scilicet ob an-
ctam ipsam vim eleuantem $\frac{ap}{c}$, tum vero etiam ob eius
maiorem remotionem a centro gravitatis nauis.

§. 704.

DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL. 373

§. 704. Si duo exp̄sita prorae genera in vnum coalescant, nascitur genus tertium, quo prora tum secundum latitudinem quam profunditatem simul coarctatur et in cuspidem A terminatur: vbi quidem notandum est, hic non de tota prora, sed tantum de eius parte in aqua versante esse sermonem, ita vt superficies aquae supremum terminum AEF prorae constitut. Quanquam ad hoc genus innumerabiles species pertinent, tamen casum vnicum simplicissimum hic contemplabimur, quo sectio amplissima est triangulum isosceles EcF, e quo prora in mucronem A contrahatur, ita vt eius figura sit pyramis triangularis AEFc. Ponamus longitudinem AC = a . Semissim latitudinis CE = CF = b , et profunditatem Cc = c ; erit propter aream basis EcF = $b^2 c$ soliditas totius prorae = $\frac{1}{3}abc$. Atque dum haec prora directe in aqua mouetur, resistentiam patientur binae facies laterales AEc et AFc inter se similes et aequales, ex quo resistentia utrinque erit eadem.

§. 705. Haec igitur prora ab allisione aquae dupl̄cem sustinebit vim, quarum altera est horizontalis motuque resistens, altera verticalis. Prior vis aequiualeat ponderi massae aqueae, cuius volumen est = $\frac{b^3 c^3 v}{aa bb + aa cc + bb cc}$; vnde nauis tantam patietur resistentiam, quantam patetur superficies plana $ff = \frac{b^3 c^3}{aabb + aacc + bbcc}$, directe et eadem celeritate contra aquam mota. Cum igitur sit sectio amplissima $hh = bc$, erit $ff = \frac{bbcc}{aabb + aacc + bbcc} \cdot hh$. Quod si sumatur vti sere fert consuetudo, $c = b$, erit $ff = \frac{bb}{2aa + bb} hh$; cum igitur posito $c = b$ sit in vtroque praecedente prorae genere $ff = \frac{bb}{aa + bb} hh$, manifestum est proram

374 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

ad hoc tertium genus relatam minorem pati resistentiam: et quidem si sit $a=4b$, erit pro hoc genere tertio $ff=\frac{1}{3}bb$, cum pro vtroque praecedentium sit $ff=\frac{1}{7}bb$, ita vt resistentia praesenti casu fere duplo sit minor quam in praecedentibus.

§. 706. Altera vis nauem sursum sollicitans in libro superiori (630) reperta est valere pondus voluminis aquae $= \frac{ab^3 cc v}{a^2 b^2 + a^2 c^2 + b^2 c^2}$; huiusque vis directio verticalis RS transit per rectae AC punctum S ita vt sit $AS = \frac{aa+cc}{3a}$ et $CS = \frac{aa-cc}{3a}$, qua vi nauis cum leuior redditur, tum prora eleuatur puppi magis submersa. Ceterum haec vis nauem sursum vrgens se habet ad resistentiam vti a ad c seu vti AC ad CC. Quare si P fuerit vis nauem propellens, erit $P = \frac{b^3 c^3 v}{a^2 b^2 + a^2 c^2 + b^2 c^2}$, hincque fiet vis nauem in directione RS sursum vrgens $= \frac{aP}{c}$; quae est eadem ratio inter vim propellentem et vim eleuantem quam casu praecedente inuenimus.

§. 707. Ex his trium prorae generum casibus simplissimis, quos hic euoluimus, satis prope colligere poterimus, quomodo pro quavis prorae figura proposita tam resistentia quam vis nauem eleuans sit comparata. Quamvis enim figurae curuilineae, quae cum sectioni amplissimae tum contractioni prorae tribuuntur, calculum maxime varient, ac saepenumero vix superabilem reddant, tamen determinationes inde manantes a conjecturis, quas ex consideratione casuum tractatorum elicere licet, tanto pere non abhorrebunt, vt iis in nostro instituto acquiescere nequeamus. Colligemus autem ex tribus casibus allatis regulas quasdam generales, quarum ope vtrumque resistentiae

tiae effectum pro quacunque prorae figura proposita, tam exacte existimare poterimus, quantum ad praxin, ad quam hic solum attendimus, sufficit.

§. 708 In omni igitur prora ante omnia ratio contractionis, qua latera a sectione amplissima ad extremitatem usque conuergunt nauemque claudunt, spectari debet; quae duplex est. Vel enim prora utique eandem seruat profunditatem, et secundum latitudinem tantum contrahitur, quemadmodum fit in casu primum tractato, vel prora ubique eandem conseruat latitudinem, et secundum profunditatem tantum contrahitur, quemadmodum fit in casu secundo. Hucque referimus omnes casus, siue contractiones istae fiant secundum lineas rectas, uti assuimus, siue secundum lineas curvas quascunque. In priori contractione prorae omnes sectiones horizontales inter se sunt aequales et similes; in posteriori autem sectiones verticales secundum longitudinem factae aequalitatem inter se seruant: utroque vero casu sectiones verticales secundum latitudinem factae continuo decrescunt, quoad tandem in extremitate prorae penitus euaneant.

§. 709. Si sectiones horizontales omnes a superficie aquae descendendo sint inter se aequales uti fit in specie prima ab alluvione prorae aduersus aquam nulla omnino nascitur vis verticalis, qua nauis sursum vrgetur. Sed tota vis ab aqua excepta directionem habebit horizontalem, quae tota ad motum nauis retardandum imperiditur. In huiusmodi igitur prorae figura sectiones verticales secundum longitudinem nauis factae a medio AC ad latera recedendo continuo decrescunt, quoad tandem in extremitatibus E et F euaneant. Eo minor autem erit resistentia, quo vehementius istae sectiones decrescunt; hoc est

quo

quo maior fuerit sectio diametralis A C c a pro eadem navis latitudine : ex quo intelligitur eo magis resistentiam diminui , quo longior statuatur prora pro eadem sectione amplissima.

§. 710. Si sectiones verticales secundum longitudinem factae omnes sint inter se aequales , sectiones autem horizontales a superficie aquae descendendo continuo decrescant resistentia aquae propemodum vti in praecedenti casu eo magis diminuitur , quo maior capiatur prorae longitudo. Verum insuper ex allisione aquae resultat vis verticalis navem cum subleuans , tum circa axem latitudinalem inclinans. Atque vis ista eo maior euadit , quo magis per elongationem prorae resistentia diminuitur : tenet enim ista vis ad vim totam , qua nauis propellitur , rationem fere vti longitudo prorae ad ipsius profunditatem , nisi quatenus ista ratio ab incuruatione prorae variatur. Momentum ergo , quod ex hac vi oritur ad nauem inclinandam erit fere in duplicata ratione longitudinis prorae , quemadmodum supra iam innuimus.

§. 711. Omnis igitur prorae figura , quae quidem concipi potest , vel ad alterutram formam expositam est comparata , vel vtraque contractionis ratio simul in ea deprehenditur ; prorae autem , in quibus alterutra contractio sola in est , hoc laborant incommodo , quod subitanea mutatio in effectu ex allisione aquae nato oriatur , quam primum siue directio nauis siue fluctuum vel tantillum mutetur. Si enim prora ad primum genus pertinens pauxillum eleuetur , nascitur vis ab aqua in fundum incurrente sursum vrgens , cum ante nulla eiusmodi vis adesset ; prora autem ad alterum genus relata , si parumper a cursu directo

directo declinet, vel fluctus a latere impingant, subito nascetur vis lateralis. Quare cum istiusmodi mutationes per saltum factae motum nauis vehementer turbent, in iis tollendis opera maxime erit collocanda. Hincque in praxi ista regula maximi est momenti, quae in superficie navium omnes angulos vetat, et aequabilem curuaturam vbi-que requirit.

§. 712. In huiusmodi autem prorae figura, angulis ac subitaneis incuruationibus carente, utriusque generis coarctatio simul inheret, atque tam sectiones horizontales a superficie aquae deorsum descendendo, quam verticales secundum longitudinem nauis factae a medio ad latera recedendo continuo decrescent. Aqua igitur in huiusmodi proram incuriens duplē exeret effectum, resistentiam et vim verticalem: ex allatis autem facile colligitur, resistentiam eo magis diminui, quo longius prora producatur; resistentia vero hoc modo diminuta alteram vim sursum urgentem augeri, eamque fere ad vim nauem propellentem sequi rationem, quam habeat longitudo prorae ad ipsius profunditatem. Vtrumque autem effectum in libro superiore accurate definiuimus, unde si necessitas exigat, depromere licebit; ad praesens vero institutum hae generaliores obseruationes sufficient.

§. 713. Cum igitur in nauibus, quae remis propelluntur iure requiri soleat, ut vel a data vi celerime promoueantur, vel data celeritas ipsi a minima vi inducatur, manifestum est huic requisito maxime satisfieri, si prora fiat quam longissima. Supra vero iam quaedam incommoda commemorauimus, quibus prorae nimis longae sint obnoxiae; vidimus enim §. 681. quo longior statu-

atur prora , puppim quoque simul produci oportere , tum vero vt nauis ruptioni sufficienter resistat et proram et puppim ligno nimium onerari ac ponderosam reddi debere: quo fit vt nauis minorem onerum copiam capiat , eorumque idoneae dispositioni refragetur. Hinc porro profunditas carinae augebitur , ad quam cum latitudo nauis datam tenere beat rationem , nauis simul latior effici deberet; hocque adeo pacto nauis non solum elongaretur , sed auctis singulis dimensionibus , maior omnino nauis resultaret, ad quam propellendam eo ipso maior vis requireretur.

§. 714. His igitur rationibus pro data nauis profunditate sub aqua , a qua eius latitudo iam determinatur, terminus seu limes praestituitur , quem nauis longitudine supereare nequeat. Qui terminus pro variis nauium generibus multum variare potest , quippe qui pendet partim ex robo , quod nauis habere debet , partim a figura carinae , partim a scopo , cui nauis destinatur , quae res ita sunt comparatae , vt non nisi per experientiam determinari possint. Praeter has autem rationes nunc perpendi debet vis illa , qua nauis ab allisione aquae sursum vrgetur , quae vis eo maior euadit , quo longior prora statuitur. In navibus enim , quae solis remis propelluntur , nulla adest vis , quae illi actioni aquae reluctetur , eiusque effectum impedit: etenim , quoniam remi in superficie aquae vibrantur , a qua centrum grauitatis non admodum distat , a vi remorum vix sensibile nascatur momentum , quo prora deorsum deprimatur , atque actioni illi aquae occurratur.

§. 715. In triremibus ergo omnibusque nauibus , quae remis ad motum incitantur , vi illi verticali aquae proram eleuanti libera relinquitur agendi potestas. Effectum ita-

itaque ista vis exeret duplcam: primo scilicet totam navem reddet leuorem, tantam partem ab ipsius pondere adimendo, quanto ponderi ipsa illa vis aequatur: qui effectus vtique non est eiusmodi, vt nauis damnum afferre queat, quin potius frequenter non spernendam vtilitatem addit, dum ob minutam carinam ipsam resistentiam diminuit. Neque igitur opus est, vt istum effectum destruere annitamur. At vero alter effectus huius vis consistit in inclinatione nauis circa axem latitudinalem, circa quem nauis, nulla vi externa obluctante, tantum inclinabitur, quantum stabilitas nauis respectu eiusdem axis permittit; atque omnino necesse est vt huius effectus ratio habeatur, cum ex nimia inclinatione nauis certum damnum patiatur.

§. 716. Quo igitur angulum cognoscamus, ad quem vis aquae verticalis nauem de situ recto actu inclinabit, momentum istius vis respectu axis latitudinalis vna cum stabilitate respectu eiusdem axis contemplari oportet; momentum enim illius vis diuisum per stabilitatem dabit angulum inclinationis seu potius ipsius sinum posito sinu toto $= 1$. Namque hunc angulum tam paruum accipio, vt cum sinu facile confundi possit; id quod in omnibus angulis, quos nauis sine periculo sustinere potest, sine sensibili errore assumere licet. Quodsi enim angulus inclinationis tantus prodiret, vt enormiter a suo sinu discreparet, tum eo ipso structura nauis tantae inclinationi obnoxia esset reicienda. Quamobrem si momentum vis aquae verticalis respectu axis latitudinalis ponatur $= Q$, atque stabilitas nauis respectu eiusdem axis $= F$, dabit $\frac{Q}{F}$ sinum seu ipsum angulum inclinationis, ad quem nauis e situ directo inclinabitur.

§ 80 DE CONSTRVC. NAVIVM REMIS PROPEL.

§. 717. Ad hanc formulam euoluendam ponamus vim qua nauis propellitur $= P$; sit porro longitudo prorae $= a$ eiusque profunditas sub aqua $= c$, erit vti supra vidimus vis aquae verticalis $= \frac{aP}{c}$; quae expressio et si tantum in casibus simplicissimis ante expositis locum habet, tamen ea in praesenti instituo vti poterimus, quoniam non ipsam hanc vim absolutam, sed tantum quantitatem ipsi proportionalem spectamus; hinc autem tuto assumere licet, quo magis prora elongetur, in eadem ratione vim illam aquae verticalem augeri. Quodsi iam assumamus centrum grauitatis nauis in sectionem amplissimam incidere, erit distantia huius vis a centro grauitatis proxime longitudini prorae α proportionalis, ex quo momentum istius vis ad nauem inclinandam Q erit vti $\alpha \alpha P$, siue quadrato longitudinis prorae erit proportionale proxime.

§. 718. Si igitur sectio nauis amplissima maneat eademque vis nauem propellens P statuatur, erit pro diuersis prorae longitudinibus momentum vis aquae inclinationem nauis producens in ratione duplicata longitudinis prorae α , proxime: si quidem figura prorae externa, aucta minutaue longitudine eiusdem maneat speciei. Praeterea autem quo ista ratio minus a veritate dissentiat, longitudinem prorae iam satis magnam prae eius profunditate ponit oportet. Cum enim in casu §. 706. tractato sit distantia vis aquae verticalis a sectione amplissima $= \frac{a}{3} - \frac{cc}{3a}$, quae in ipsam vim ducta praebet eius momentum existente α longitudine et c profunditate prorae: manifestum est nisi α multum excedat c hanc distantiam longitudini prorae proportionalem censi^{re} omnino non posse. Quoniam igitur hic proras diuersae longitudinis inter se comparare confitul-

tuimus, longitudo breuissimae multo maior existat, quam profunditas carinae c , necesse est.

§. 719. Nisi igitur stabilitas nauis respectu axis longitudinalis pro aucta prorae longitudine crescat in eadem ratione duplicata vel maiore; angulus inclinationis circa axem longitudinalem maior euaderet, quo magis elongaretur prora. Quodsi eneniret, duplex incommode elongationem prorae vitiaret, ac damnosam redderet; primo enim aucta inclinatio per se maxime est vitanda. Tum vero, etiam si inclinatio maneret eadem, tamen in prora longiori mox fieret periculosa. Aucta enim longitudine prorae, in eadem ratione spatium, quo extremitas nauis vel eleuaretur vel deprimeretur, cresceret; hincque tandem puppis, nisi sit altissima, penitus submergeretur. Quamobrem ne elongatio prorae damnum afferat, necesse est ut stabilitas F in maiore quam duplicata longitudinis prorae ratione crescat.

§. 720. Inquiramus igitur in rationem illam, in qua stabilitas nauis aucta longitudine crescit. Sit pondus totius nauis $= M$, volumen aquae submersum $= V$, eleuatio centri grauitatis nauis supra centrum magnitudinis carinae $= g$ atque momentum sectionis aquae respectu axis horizontalis secundum latitudinem nauis per ipsius sectionis aquae centrum grauitatis ducti sit $= K$; his positis supra vidimus fore stabilitatem nauis respectu axis longitudinalis $= M(\frac{K}{V} - g)$. Quodsi ergo assumamus ambo illa centra grauitatis nauis et magnitudinis carinae in se inuicem incidere, vel minime inter se distare, quae hypothesis a veritate non multum abhorrebit, quantitas g , respectu valoris $\frac{K}{V}$ facile reiici poterit: atque cum sit M ipsi V proportiona-

tionale , erit stabilitas nauis respectu axis latitudinalis vti K, momentum sectionis aquae.

Tab. XX. §. 721. Consideremus ergo duas aquae sectiones AE
fig. 1. BF et αEbF , quae communem habeant latitudinem EF; quae simul per centrum grauitatis vtriusque sectionis aquae C transeat , vicemque axis latitudinalis sustineat, cuius respectu momentum sectionis aquae vtriusque est inuestigandum : quem in finem ponamus in vtraque sectione aquae medietates anteriores AEF, αEF similes et aequales posterioribus BEF, $b EF$. Iam quia momentum sectionis aquae K inuenitur, si singula ipsius elementa per quadrata distantiarum suarum ab axe EF multiplicentur haecque producta omnia in vnam summam coniificantur. Sumamus in sectione aquae AEBF elementum MNNM, rectis infinite propinquis MM et NN, et axi EF parallelis absctissum: cuius cum singulae particulae ab axe EF aequaliter distent, ex hoc elemento nascetur totius momenti quaesiti differentiale $= MM \cdot PQ \cdot CP^2$; ex quo momentum sectionis aquae AEBF erit $= fMM \cdot PQ \cdot CP^2$.

§. 722. Sit iam relatio inter sectionem aquae longorem αEbF et breuiorem AEBF ita comparata, vt longior per elongationem ex breuiori nascatur. Scilicet ductis ordinatis ad axem EF normalibus RM m , SN n , sit ratio inter RM : R m et SN : S n vbiue eadem , et aequalis rationi CA : C a . Quodsi ergo in sectione longiore capiatur elementum mnnm respondens elemento MNNM breuioris , ita vt sit $mm = MM$ et $nn = NN$, erit $Cp = CP = Ca : CA$; et $pq : PQ = Ca : CA$; ideoque $Cp = \frac{Ca}{CA} \cdot CP$. et $pq = \frac{Ca}{CA} \cdot PQ$. Cum igitur momentum huius sectionis longioris respectu axis EF ob rationes similes

les sit $= fmm.pq.Cp^2$ erit hoc momentum $= \frac{Ca^3}{CA^3} fMM.$
 $PQ.CP^2$. Ex hisque erit momentum sectionis aquae longioris $aEbF$ ad momentum sectionis breuioris $AEBF$ in ratione Ca^3 ad CA^3 ; scilicet haec momenta erunt in ratione triplicata longitudinum prorae.

§. 723. Cum igitur stabilitas nauis F ceteris paribus sit vt cubus a^3 longitudinis prorae, momentum autem nauem inclinans Q sit tantum vt quadratum a^2 , erit angulus inclinationis nauis $\frac{Q}{F}$ vt $\frac{1}{a}$ hoc est reciproce vt longitudine prorae. In nauibus ergo diuersae longitudinis extremitates prorae ac puppis per aequalia spatia siue eleuabuntur siue deprimentur. Neque igitur ex hoc capite opus est, vt in nauibus longioribus prora ac puppis altiores extruantur quam in breuioribus, sed eadem altitudo pro quavis longitudine tuto retineri potest. Cum ergo haec ratio proras quantumuis longas non prohibeat, vtique conveniet in nauibus remis propellendis proram tam longam efficere, quantum rationes supra allegatae id permittunt; hocque modo resistentia nauis maxime diminuetur.

§. 724 Per praxin ergo maxima prorae longitudine, quam quidem nauis sustinere queat, determinata contracatio prorae antrorsum idonea atque ad praxin accommodata est eligenda, quae cum inaequalitatibus subitaneis careat tum etiam minimam resistentiam patiatur. Atque in hac indagatione in subsidium vocari possunt, quae superiori libro de figuris, quae sub datis conditionibus minimam resistentiam recipiunt, sunt eruta. Imprimis autem e re erit figuram prorae eiusmodi feligere, quae minimam ab aqua recipiat vim verticalem, quo nauis minorem inclinationem subeat. Quamuis enim in aqua tranquilla inclinatio

natio sine vlo periculo esse videatur , tamen in aqua fluctibus turbata , dum aqua mox sese prorae subducit , mox multo maiori copia irruit , a minima inclinatione vehementes perturbationes in statu nauis erecto proficiuntur , quae eo maiores erunt , quo sensibilior fuerit inclinatio naturalis in aqua tranquilla orta.

§. 725. Quoniam prora , cuius singulae sectiones horizontales sunt inter se aequales , ab aqua nullam excipit vim verticalem ; etsi praxis hanc figuram respicit , tamen manifestum est , vim verticalem eo magis diminutum iri , quo propius prorae figura ad hanc speciem accedat . Cum igitur in ista specie sectio amplissima sit rectangulum , conuenit sectionibus verticalibus vbique deorsum eandem fere latitudinem relinquere , easqueae satis repente incuruari et cum spina coaptari , ita vt fundus nauis non multum a superficie plana discrepet . Deinde eundem scopum eo magis assequemur , si spina non pedentim , sed satis subito in extremitate prorae demum ascendat , et supra superficiem aquae promineat . His autem regulis non obstantibus latitudo antrorum ita sensim diminui potest , vt resistentiae aquae maxima vis adimatur .

§. 726. Quae igitur hactenus circa constructionem nauium remorum ope propellendarum sunt pracepta , ea praeter regulas generales in constructione nauium obseruandas huc redeunt vt primo maxima longitudo , quam nauis sustinere queat , ipsis tribuatur , ac puppis prorae ratione longitudinis non nimis dissimilis statuatur , quo axis nauis verticalis per centrum grauitatis ductus simul per centrum Tab. XX. grauitatis sectionis aquae proxime transeat . Tum sectioni fig. I. aquae q E b F eiusmodi detur forma , quae antrorum satis lente

lente conuergit , ita vt resistentia , quam ipsa haec superficies in directione $C\alpha$ mota pateretur , tam fiat parua , quam aequabili curvatura fieri potest. Huic ergo requi-
sito satisfiet , si curuae lineae αE et αF quam minime a chordis rectis αE et αF distent ; hoc enim modo obli-
quitas aquae incurrentis vbique propemodum erit eadem ,
atque allisio directa seu ad directam accedens maxime e-
vitatur. Quo magis autem sectio aquae ad resistentiam
minuendam fuerit accommodata , tum ipsa prora tota eo
minori resistentiae erit obnoxia , eo quod sectiones hori-
zontales deorsum captae vix sensibiliter coarctari debent.

§. 727. Sectio igitur verticalis secundum longitudinem Fig. 2.
nauis facta vsque ad extremitates fere A et B eandem
profunditatem retinebit , tum vero ex A in α satis subito
inflectetur vt a situ verticali tam parum discrepet , quan-
tum curuedo aequabilis permittit. Denique sectionem am- Fig. 3.
plissimam $fFCEe$ minime a figura rectangulari differre o-
portebit ; ita vt tantum anguli in E et F obtundantur ,
atque in aequabilem figuram reducantur. Quodsi autem
hoc modo tres sectiones nauis principales fuerint determi-
natae , tota figura definietur vel statuendo omnes sectiones
horizontales sectioni aquae affines , vel istam affinitatem in
omnes sectiones verticales sectioni amplissimae parallelas in-
troducendo. Vtroque modo figura fere eadem resultabit ,
quae in aqua mota cum resistentiam minimam patietur ,
tum vero simul ab aqua minimam vim verticalem exci-
piet ; quae sunt duo requisita nauibus remorum ope pro-
pellendis maxime propria.