

TRACTATUS

DE

PYROTECHNIA

ET

BALISTICA.

Giovanni Battista Izzo

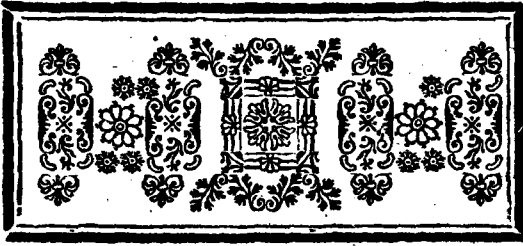


VINDOBONÆ,

TYPIS JOAN. THOM. DE TRATTNERN,

CAES. REG. MAJEST. AULÆ TYPOGR. ET BIBLIOPOLÆ.

M D C C L X V I.



INTRODUCTIO.

§. I.

I In arte militari universa nihil est, quod majorem ingenii vim, judicii maturitatem, ac providentiam requirat, atque oppugnationis, & defensionis munimentorum. Præliorum exitus, plerumque fortunæ casibus adscribendi: prima machinarum explosio aptius administrata, situs opportunior, Præfecti cujuscumque, aut militis peculiaris quædam actio, ventus subito exortus, ab eoque sublatis pulveres, pluvia,

via, tempeſtas, terror panicus, aut quivis caſus fortuitus victoriam ad hoſtem transfert, ſecus cædendum: nihil fortunæ in expugnandis, defendendis que munimentis tribuendum.

§. 2. Urbes oppugnandi defendendique artem ab antiquiſſimis repetit temporibus Illuſtris *Folard*, contenditque in ea excelliſſe veteres, eamdemque, quam nos rationem tenuiſſe, machinas ſi demas, (*) arietes videlicet, catapultas, baliſtas, aliaque veterum inſtrumenta, quibus aut muros demoliebantur, aut immania faxa contorquebant (**). Machinas has ad ſeculum uſque decimum quintum obſidionibus adhibitas idem *Folard* affirmat.

§. 3. Poſtquam, circa ſeculum Chriſti nonum, nitrum ab Arabibus in chymiam

(*) *Hiſt. de Polybe Tom. 2. Traité de l'attaque & deſenſe des places des anciens*, una præ ceteris Lilybæi obſidio ob deſenſorum, oppugnantiumque præclaros conatus argumento eſt.

(**) Joſephus in obſidione Hieroſolymorum ait lapides 100 lib. gravioreſ projectos fuiſſe ad diſtantiam 250 paſſuum.

am incumbentibus inventum, subnata est occasio Rogerio Baconi circa annum 1280. ut pulveris pyrii compositionem publicam faceret (*); & hanc denique circa annum 1320. Bertholdus Niger vulgo Schwarz monachus Colonienfis in rei bellicæ usum deduxit (**). Nihil quidem immutata est urbes expugnandi ratio; mortariorum tamen ac tormentorum, ceterarumque bellicarum machinarum stupenda

A 3

da

(*) Compositionem pulveris, aut mixti cujuspiam simillis, longe ante tempora Baconis & Schwarzii extitisse ex opere ipso majori Baconis liquet, etsi ad ignes duntaxat festivos adhibitam, innuit tamen variam esse rationem, urbes & exercitus delendi, quin & somniat a Gedeone hac ratione Madianitas devictos. Ubi vero idem aliis verbis alibi exprimit, hæc addit: & *experimentum hujus rei capimus ex hoc ludicro puerili, quod fit in multis mundi partibus, scilicet ut instrumento facto ad quantitatem pollicis humani, ex violentia illius salis, qui sal petrae vocatur, tam horribilis sonus nascitur in ruptura tam modicæ rei, scilicet modici pergameni, quod fortis tonitruum rugitum, & coruscationem maximam sui luminis jubar excedit: illud certum, pulverem Indis notum fuisse longe antea, quam Tamerlanes Indias occupavit circa finem seculi*

14.

(**) Dicuntur Veneti a Bertholdo Nigro usum pulveris pyrii didicisse, adhibuisseque adversus Genuenses in obsidione Fossæ Claudie.

da vis, veterum illa instrumenta, vi huic imparia, aboleri fecit, tutioremque inire viam ad munimentum accedendi suavit (*).

§. 4. Rudior erat tormentorum, & mortariorum conditio sub prima temporis inventionis; laminas videlicet ferreas annulis ferreis circumductis constringebant, e quibus subiecto pulvere, globos lapideos maximos eiciebant (**). Sed quod difficillima esset machinarum illarum translocatio & ob orificii vastitatem minor impetus eiectionis ponderis, ad tormenta ænea minoris molis deventum est, dum casu fortuito magnitudo eorundem far-

(*) Non diffitemur machinas veterum majorem quantitatem motus, quæ ex massa per celeritatem multiplicata æstimatur, produxisse, quam hodierna tormenta; celeritas tamen, ac vis, qua ex iisdem hodie eieciuntur pondera, longe maxima est. Inde est, quod machinæ veterum apud artis peritos, ubi celeritas & vis illa non requiruntur in pretio etiamnum sint, nec sine commodo adhiberi possent.

(**) Gulciardinus Hist. Lib. I. pag. 45. Mahumetes II. anno 1453. in muros Constantinopoleos globos lapideos 1200 lib. est eiaculatus.

farturis proportionalis est effecta; nam avulsa parte, tormentum 47 diametros suas longum, tum 15 diametris imminutum pondus 48 lb. 1500 passibus longius extulit.

§. 5. Pulveri pyrio, novisque his machinis originem debet scientia illa ignes bellicos, ac festivos perficiendi, & instrumenta atque opera ad illarum usum in oppugnatione urbium dirigendi, quam *pyrotechniæ* nomine, latius sumto, compellamus, & de qua hic nobis agendum est; complectitur illa pulveris pyrii compositionem & indolem, machinarum bellicarum directionem, & usum, structuras denique operum, ad harum machinarum administrationem necessarias.

C A P U T I.

De pulvere pyrio.

§. 6.

Pulvis pyrius est massa ex nitro, sulfure, & carbonibus composita,

quæ admoto igne brevissimo tempore in flammam abit, maxima vi elastica gaudet, ingentem detonationem efficit, & in amplissimum spatium stupenda celeritate expanditur (*). Iteratis namque experimentis compertum, pulverem
py-

(*) Facultas expansiva pulveris ex ipsa ponderis projectione manifestatur, eam vero facultatem nitro, non carbonibus aut sulfuris tribuendam esse complura docent experimenta, rem vero extra dubium ponit experimentum Papini in *Transact. Anglic. Abridg. by Louthorp and Motte* fol. 2. pag. 249. descriptum: solis radiis debilioribus ob vapores atmosphæræ, & lente collectis sub campana pulvis pyrius non accendebatur, sed ebulliens fumum copiosum emittebat. Mercurius index in barometro sub campana locato non ascendebat, fumus ergo hic nihil elastici continebat, idem fumus cadens in orbem antilæ flavescerebat instar florum sulfuris; idem vero pulvis post fusionem exemptus in massam subnigri coloris confluxerat, hujus massæ pars injecta prunis candentibus in modum nitri detonando combusta est, unde sequitur, nihil nitri ab igne solari, sed sulfur duntaxat fuisse consumtum, nitrum vero in massa nigra remansisse; sulfur ergo fluidum elasticum in pulvere non generat. Alio tempore 18 grana pulveris cum indice mercuriali in vacuo antilæ exposita solis radiis vividis & copiosis, pulvis tum, etsi cum aliqua difficultate accensus, abiit in vaporem, mercurius ascendit: ex quo patet nitrum efficere fluidum elasticum, nam carbones ob oleum ad superficiem exsiccatum, faciliorem duntaxat admittunt accensionem, & inflammationem, sulfur vero eandem, & liquefactionem promovet.

pyrium inflammatum occupare spatium 4000 majus quam dum est in granis : hinc si supponatur quantitas pulveris, tormento immissa occupare $\frac{1}{4}$ pedis cubici, inflammata occupabit 1000 pedes cubicos. Eadem experimenta evincunt pulverem inflammari circulariter, æqualiter videlicet circa centrum se dilatando: concipiatur enim globus e pulvere compositus cujuslibet magnitudinis, velut in aere suspensus globus ejusmodi accensus, radios in orbem æqualiter a centro distantes disperget, ut Tab. 1. Fig. 1. Si vero idem globus solidiori corpori media sui parte insistat, Fig. 2. tota pulveris vis, & celeritas in eam partem aget, in qua resistentiam non reperit, & tum radii impediti non impeditis juncti in longius spatium extendentur, vimque & inflammationem pulveris geminabunt. Globus idem inter duo solida conclusus juxta directionem linearum A B, B C, Fig. 3. ut quarta solum sui parte liberum exitum flamma inveniatur, majorem exe-

Tab. 1. Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4.

ret actionem in spatium apertum, radii omnes uniti, quadruplo majus spatium occupabunt, atque in primo casu; octies vero longius ferentur radii, si octava globi pars solummodo pateat, Fig. 4.

Fig. 5.

Ex quibus patet pulverem pyrium omnem vim suam indirectum magis exerere si in tubo quopiam coarctetur, Fig. 5. adeo ut objecta omnia extra tubum posita perrumpat; atque hic effectus major vel minor, a materiæ e qua pulvis compositus est præstantia, justa ejusdem proportione, & dexteritate manipulationis dependet, nam cum nitrum seipso incombustibile fit, dum aliis duobus corporibus majori quantitate admiscetur, sulfur & carbones non sufficiunt illud absumere, hinc ignis justo languidior erit, si vero nitrum parcius compositioni adhibeatur, quam alia duo miscibilia, deficiet fluidum elasticum, hinc ignis vehementia languescet (*).

§. 7.

(*) Variæ a variis miscibilium doses pro massa pulveris
tra-

§. 7. Examinatur vero pulveris pyrii vis aut machinis elatere instructis, quæ passim circumferuntur, aut melius variis jactibus probatoriis. Compositio- nis vero bonitas exploratur, si chartæ mundæ aliquot acervuli pulveris im-
nan-

traduntur, nos usitatiorem damus, ad quam reliquæ utcumque reduci possunt. Compositio igitur sequens est: nitrum aqua fontana solutum in lebete fictili ad lenem ignem coquitur, dum ebullire incipit, modicum aluminis pulverisati, & aceti adjicitur, cochleari pertuso ablata spuma a fæcibus purgatur, defecatum fat erit, si admoto carbone candente in flammam abiens nihil fordium relinquat; sulfur item in lebete fictili ad lenem ignem liquefactum & despumatum urgeatur per linteum duplicatum; boni sulfuris indicium erit, si inter binas laminas ferreas calidas instar ceræ sine fœtore liquecat, & non nisi rubras relinquat reliquias. Carbores ex corylo vel salice, vel in horum defectu ex alno, populo, tilia, aut aliis carbonibus e minus duro ligno tempore verno, dum plantæ succo turgent, cæsis & decorticatis parantur. Carbonum loco linteum usum, vel medulla sambuci probe exsiccata suffici potest, si materia hæc æque præparari potest.

Ex miscibilibus his rite præparatis massa componitur ea ratione, ut ex nitro $\frac{1}{2}$, ex sulfure $\frac{1}{2}$, ex carbonibus $\frac{1}{2}$ pars sumatur, tum in pulverem redacta in mortario ligneo vel orichalceo per 24 horas contunditur, affusa per vices post quaternas horas aqua vel spiritus vini, ne flammam contusione concipiat, ac tum per cribrum cilicinum urgeatur, & in granula exigua redigitur.

nantur, & unus eorum admoto igne accendatur, si illico ignem concipiat, fumum recta sursum propellat, nihilque sordium in charta relinquat, probus est pulvis, si plures acervuli flammam concipiant, indicium est multum falis communis nitro esse admixtum, nam hic crepitando ignem dispergit; si charta maculas nigras exhibeat, vel nimii sunt carbones vel non satis contusi, maculæ flavæ indicio erunt justo plus sulfuris esse admixtum, grana inaccensa massam totam non satis contusam, & commixtam indicabunt, & si grana rursus admoto igne non accendantur, nitrum non sat defæcatum est.

§. 8. Solet pulvis pyrius ad usus quoslibet dispensari mensura quadam cylindrica varii moduli, quæ a clarissimo *Belidoro* in regularem, & irregularem dividitur, illa est cylinder, cujus diameter basis est æqualis altitudini, hæc cujus diameter non est æqualis altitudini; ad parandam ejusmodi mensuram regularem
ex

exempli causa fit mensura cujus diameter duorum digitorum, in hac observatum est contineri quinque semiuncias pulveris pyrii, ex quo mensuram quotcunque librarum capacem reperies inferendo:

5. Semiunc. ad cubum suæ diametri sicut datæ semiunciæ ad x. ex invento quarto termino extrahatur radix cubica, hæc erit diameter basis, quæ cum ex hypothesis sit æqualis altitudini, etiam altitudo cylindri & mensuræ habebitur (*).

(*) Nam ex Geometria cylindri sunt in ratione composita basium & altitudinum, si ergo dicantur cylindri c & C. bases b & B altitudo a & A erit.

c: C = ab: A B sed bases sunt circuli adeoque sunt ut quadrata diametrorum ergo substituendo erit

c: C = ad²: AD² ex supposito sunt mensuræ regulares

hinc a = d & A = D ergo substituendo

c: C = d³: D³ alternando

c: d³ = C: D³ sed iteratis experimentis comperit est cylindrum regularem cujus diameter est duorum digitorum capere exacte 5 semiuncias pulveris, hinc loco c substituendo 5 & loco d³ cubum de 2 erit in hypothesis inveniendæ mensuræ pro 4 lib. seu 128 semiunciis

5: 8 = 128: x, x = 204 $\frac{2}{3}$ cujus radix cubica quam proxime æqualis est = 5 diameter quaesita,

Ut mensura irregularis paretur, eruenda prius mensura regularis suffectura quantitati pulveris datæ juxta nunc dicta, cubus dividatur per datam vel assumptam mensuræ irregularis altitudinem, ex quotiente extracta radix quadrata erit diameter basis pro mensura irregulari (*).

C A P U T II.

DE IGNIBUS BELLICIS

§. 9.

Considerata pulveris pyrii indole, & compositione, multiplices jam ignes

(*) Sit c mensura regularis & C irregularis erit ex ante demonstratis

$$c : C = ad^3 : AD^3 \text{ seu quia } a = d$$

$$c : C = d^3 : AD^3 \text{ sed ex hypothesi est}$$

$$c = C \text{ ergo etiam } & d^3 = AD^3 \text{ dividendo per}$$

$$A \text{ erit } \frac{d^3}{A} = D^3 \text{ extrahendo radicem quadratam}$$

$$\frac{\sqrt{d^3}}{A} = D.$$

nes bellici, quorum omnium anima est pulvis pyrius recensendi veniunt; sunt vero sequentes, *granatæ* majores, & minores, *globi incendiarii, lucentes, fumantes, fatentes, grando, urna pyrotechnica, sacci & famuli pyrotechnici.*

§. 10. *Granatæ* majores seu *bombæ* sunt globi ferrei, cavi, pulvere pyrio referti, ex majoribus machinis arcuatim projiciendi, *bombam* exhibet Fig. 6. ejusque interfectionem Fig. 7., ansis circularibus A & B instructa est, ut commode intra orificium machinæ, e qua ejicitur, reponatur; C tubulus est ligneus materia incendiaria refertus, cui ignis applicatur (*). Minores *granatæ* sunt globi ferrei, cuprei, vel vitrei pulvere pyrio farti, & tubo ligneo, ut majores
in-

Fig. 6. & 7.

(*) Primæ *bombæ* jussu Mansfeldii Comitis injectæ sunt in Geldriæ civitatem Wachtendorck anno 1588., ex *Fam. strada de bello Belgico* decade 2. lib. 10. Inventæ dicuntur ab incola quopiam urbis Venloo, hic inventi novi experimentum facturus Duci Cliviæ, dimidiam & amplius urbem, imprudens igne consumpsit.

instructi, qui manibus in hostem projiciuntur.

Bombæ figuram internam consideranti Fig. 7. metalli densitas in fundo, major occurrit, ut videlicet arcuatim projecta, & ex alto delapsa fundo terram petat, ne super orificio terræ illius sine effectu suffocetur, hanc vero densitatem sequens tabella, dimensionibus ex Suriræo a S. Remigio desumptis exhibet.

diame- ter bombæ.	densitas metalli in fundo.	densitas metalli superior.	diame- ter luminis.	Quanti- tas pulveris	pondus bombæ.
" "	" "	" "	" "		
17.. 10	2.. 10	2... ..	20..	48..	490
11 .. 8	1 .. 8	1.. 4	16..	15..	130
8..	.. 13	.. 10	1..	4	40

Recentiora tamen experimenta docuerunt bombam minori fartura repletam eundem effectum præstitisse *Belidoro* teste, qui eandem 2. ℥ & dimidia vel tribus definit pro bomba 12 pollicum in diametro, pro bomba vero 8 pollicum unam libram requirit; hæc fartura sufficiet ad dirumpendam bombam,

ma-

major quantitas pulveris redundabit, nisi ædes succendendæ sint.

§. 11. Vitia bombarum examinantur, si illæ candentibus carbonibus impositæ, candentesque libero aeri exponantur; facta enim per ignem ferri expansione, occulta quædam foraminula, vel rimæ magis patebunt. Quod si globi cavitas aqua frigida repleatur, & orificio probe obturato, in exteriorè superficie aqua fervens affundatur, tum per vices sapone eadem superficies lavetur, & bullæ in eadem formentur: egressum aeris interni, atque idcirco vitiosa bombæ foraminula indicabunt.

§. 12. Bombarum usus in obsidionibus est longe maximus; nihil enim tam indomitum, quod huic vi resistat, nam & ædificia demoliuntur suo pondere, & disruptæ necem undique adferunt.

§. 13. *Grando pyrotechnica* est cylindrus, conus, vel conus truncatus e papyro, linteo crassiori, vel lamina ferrea constructus, plumbeis glandibus, clavis,

Fig. 8.

catenis repletus, qui ex majoribus machinis ejcitur, hanc exhibet Fig. 8. *Urnae* sunt vasa fictilia ansis instructa, pulvere pyrio & minori granata referta, in medios hostes projici solita; *sacci pyrotechnici* sunt e linteo crassiori sphaericæ vel ellipticæ formæ, pulvere pyrio, aliisque materiis referti, quibus & granata ad fundum imponitur. His affinia sunt vasa lignea, & globi e sacco lineo pice illito,

Fig. 9.

bombis & granatis farta Fig. 9.; globosa item alia corpora ferreis ex circulis compacta & materia incendiaria referta *carcasses*; projiciuntur hæc ad incendenda ædificia (*). Hodie globorum horum & his similium vix est usus, eorum vices bombæ agunt, quarum ansis fascēs virgultorum pice illiti alligari possunt.

Va-

(*) Circa annum 1672. inventa dicuntur, & a Gallis adhibita in bello cum Hollandis. In *journal encyclopédique Febr. 1756.* tribuitur inventum hoc D. Geister rei tormentariæ Præfecto Dresdæ, videtur tamen deberi Episcopo Monasteriensi; vide *recueil des lettres pour servir d'éclaircissement à l'histoire militaire de Louis XIV. Tom. 1. pag. 175. & 159.*

Varii sunt præterea tubi, dolia, cylindri lignei pulvere pyrio & materia incendiaria farti, aut globi ænei cavi: illi famuli pyrotechnici, hi caput mortuum audiunt; globi præterea incendiarii ex linteo crassiori compositi formæ sphaericæ vel sphaeroideæ materia incendiaria non facile restinguenda repleti Fig. 9. His accensendi sunt globi igniti seu candentes e tormentis projecti ad urbes, promptuaria pulveris succendenda (*).

§. 14. Globus lucens est globus lapideus vel ferreus compositioni e sulphure, pice, & terebinthina liquefactæ immerfus, volutatus subinde in pulvere pyrio granulato, & gossipio vestitus, iterumque immerfus eidem materiæ & vestitus, qui lumen undique intensum

B 2

spar-

(*) Globi igniti a D. Weller circa medium sæculi 17mi inventi feruntur, subinde a Duce Wrangel in obsidione Bremensi adhibiti; at Casimirus Simienovics in opere suo edito anno 1650. mentionem horum facit, velut antiquissimi usus. Marchio Feuquiere inventionem eorum tribuit: Electori Brandenburgo, primumque adhibitos ait in obsidione Stralsundis.

spargit. Globus fumans est repletus nitro defæcato, sulphure & carbone ac stupa difsecta, qui fumo aerem undique obscurat. Globus fœtens, pice, resina, nitro, sulphure, colophonia, carbonibus, unguibus equinis difsectis, asa fœtida, saraceno putrido, & aliis materiis fœtidis repletus.

§. 15. Bombæ, granatæ, & globi in armamentariis in plures acervos compositi visuntur, exhibentes pyramides quadrangulares vel triangulares, vel acervos oblongos. Globorum horum omnis generis, dicta ratione compositorum, ut numerus ineatur, methodus hæc traditur. Ac primo tabularum constructio, quarum ope, cognito basis latere uno, summa globorum in pyramide contentorum innotescit. Sit igitur construenda tabella pro pyramide ejusmodi triangulari: erit basis hujus triangulum æquilaterum; fiant tres laterculi; in prima serie scribantur numeri naturales, in secunda serie summæ numerorum naturalium successive collectorum, seu triangulares, in tertia serie

rie summæ numerorum triangularium
feu numeri pyramidales

Numeri naturales.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Triangulares feu bases.	1	3	6	10	15	21	28	36	45	55	66	78
Pyramidales feu Summæ.	1	4	10	20	35	56	84	120	165	220	286	364

Sic constructa tabella, si jam scire ve-
lis numerum globorum contentorum in
pyramide triangulari ABC Fig. 10. nu- Fig. 10.
merentur globi in uno latere basis AC,
sintque exempli causa 6.; huic numero
correspondens in secunda serie numerus
21. indicabit numerum globorum in ba-
si ejusmodi pyramidis contentorum, seu
numerum triangularem basim constituen-
tem; si porro summam omnium globo-
rum investiges, numerus 56. in tertia
serie subscriptus dabit pyramidem totam
feu globos in illa contentos (*).

B 3 §. 16.

(*) Nam imprimis inductione constat, si triangu-
latera e globis composita in uno latere habeant duos
glo-

§. 16. Pro pyramide vero quadrangulari, cujus basis est quadratum, constructur tabella, si in prima serie inscribantur numeri naturales, in secunda horum numerorum quadrata, in tertia summæ horum quadratorum.

Numeri naturales.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Quadrata seu bases.	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100	121	144
Summa quadratorum.	1	5	14	30	55	91	140	204	285	385	496	640

Fig. 10. Jam si numerentur globi in uno basi latere constituti, exempli causa Fig. 10. 6. erit numerus 36, in secunda serie

globos, esse in basi tres; si habeant tres, continebit basis 6. etc. adeoque evidens est, numerum triangularem correspondentem esse numerum globorum in illo triangulo constitutorum. Sed etiam ex genesi pyramidis regularis pro basi triangulum æquilaterum habentis est evidens, pyramidem nihil esse aliud, quam summam triangulorum æquilaterorum, quorum latera incipiendo a vertice usque ad basim unitate crescunt, atque ejusmodi triangula exprimentur per numeros triangulares, ergo pyramis hæc est summa numerorum triangularium, ergo exprimitur per numerum pyramidalem correspondentem.

rie subscriptus, summa globorum in basi, numerus vero 91. in tertia serie numerus globorum in pyramide contentorum (*).

§. 17. Sint jam globorum pyramides horizontaliter oblongæ, ut Fig. 11. Fig. 11. ejusmodi pyramis resolvitur in pyramidem regularem & in prisma BCDE, pyramidis ABC globi reperientur ex dictis §§. superioribus; numerus vero globorum in prismate, si numerentur globi in latere AC, & ex tabula numerorum triangularium excerpatur numerus globorum in toto triangulo ABC contentorum; hic numerus globorum multipliciter per numerum globorum in latere CE, factum erit numerus globorum

B 4 rum

(*) Evidens enim est numerum quadratum, numero naturali respondentem, esse numerum globorum in basi contentorum; quia vero ex hypothesi, hæc basis est quadratum, ejus latus est ipse numerus naturalis. Sed etiam ex genesi pyramidis liquet eam nihil aliud esse, quam summam quadratorum, quorum latera incipiendo a vertice crescunt unitate, seu sunt ut numeri naturales: ex constructione vero numeri in tertia serie subscripti sunt summæ talium quadratorum: ergo numerus in tertia serie est numerus omnium globorum.

rum in prismate contentorum, adeoque summa pyramidis & prismatis erit numerus globorum omnium quæsitus (*).

Fig. 12.

§. 18. Si globorum acervus compositus est ex pyramidibus & prismate ut Fig. 12. totus acervus resolvitur in ejusmodi solida, quæ juxta casus præcedentes calculari possunt, ac primo quidem pyramides regulares ABC , DEF , deinde acervus oblongus $GHIK$ juxta dicta §. superiore, summa omnium horum erit numerus globorum quæsitus.

§. 19. Quoniam vero hæ tabulæ non ubique, ubi usus posceret, ad manum sunt, libet subnectere problema algebraicum, unde ope brevium formularum, quas memoria facile retinueris, prædicta problemata omnia solvi possunt. Primo quidem pro pyramide qua-

(*) Evidens est enim, tot esse in pyramide triangula-
 ABC , quot sunt globi in latere BD , ergo factum ex
 hoc triangulo in latus BD est quæsitæ soliditas hujus
 prismatis.

quadrangulari, cujus basis est quadratum, ejusmodi pyramis quadrangularis est summa quadratorum numerorum naturalium ex ante demonstratis, sed ex Algebra (*) summa quotvis hujusmodi quadratorum est =

$$\frac{\omega^2}{3} + \frac{\omega^2}{2} + \frac{\omega}{6} - \frac{a^2}{3} + \frac{a^2}{2} - \frac{a}{6}; \text{ ergo}$$

per hanc formulam quævis globorum pyramis quadrangularis invenitur, nempe ω est numerus globorum in latere basis imæ AC Fig. 13., a est numerus globorum in latere basis summæ CD, in casu quo pyramis esset truncata, uti præfens est; si vero pyramis sit integra, primi duntaxat termini tres valent; nam tres ultimi se mutuo destruunt.

Fig. 13.

§. 20. Pro pyramide triangulari, cujus basis est triangulum æquilaterum, observandum hujusmodi pyramidem esse summam triangulorum æquilaterorum,

B 5 quo-

(*) Caillii Elem. Algebra §. 379.

quorum latera incipiendo a vertice sunt numeri naturales, adeoque pyramis est summa numerorum triangularium, cum numeri naturales constituent progressionem arithmeticam, in qua latus trianguli fit æquale ultimo termino, & ipse numerus terminorum æqualis est ultimo termino; posito termino primo = 1. ultimo = ω , erit ex lege summationis progressionum arithmeticarum, ultimo termino addendus primus nempe unitas, & summa hæc ducenda in dimidium terminorum numerum, adeoque si sint numeri naturales quotcunque l, m, n, p, r etc. reperientur numeri triangulares quorum summæ erunt, $\frac{l^2+1}{2} + \frac{m^2+m}{2} + \frac{n^2+n}{2}$ etc. habebuntur sic duæ series: una quadratorum $l^2 + m^2 + n^2 + p^2$ etc. altera numerorum naturalium $1+m+n+p$ etc. harum vero summarum summa obtinetur, si ad semisummam quadratorum $\frac{l^2}{2} + \frac{m^2}{2} + \frac{n^2}{2} + \frac{p^2}{2}$ etc. addatur semisumma numerorum naturalium $\frac{1}{2} + \frac{m}{2} + \frac{n}{2} + \frac{p}{2}$ etc.

etc. sed ex demonstratis in Algebra summa quadratorum est =

$$\frac{\omega^3}{3} + \frac{\omega^2}{2} + \frac{\omega}{6} - \frac{a^3}{3} + \frac{a^2}{2} - \frac{a}{6}, \text{ \& summa}$$

quotvis numerorum naturalium = $\frac{\omega^2}{2} + \frac{\omega}{2} - \frac{a^2}{2} + \frac{a}{2}$ Ergo harum summarum dimi-

dia addendo erit pyramis $\frac{\omega^3}{6} + \frac{\omega^2}{4} + \frac{\omega}{12} - \frac{a^3}{6} + \frac{a^2}{4} - \frac{a}{12} + \frac{\omega^2}{4} + \frac{\omega}{4} - \frac{a^2}{4} + \frac{a}{4}$; reducendo erit

pyramis $\frac{\omega^3}{6} + \frac{\omega^2}{2} + \frac{\omega}{3} - \frac{a^3}{6} + \frac{a^2}{6}$ In qua for-

mula duo ultimi termini se destruunt in casu pyramidis integræ, ubi $a = 1$. scus vero a est numerus globorum in latere basis superioris, ω autem numerus globorum in latere basis infimæ constitutorum.

C A P U T III.

De Machinis Bellicis.

§. 21.

Machinæ bellicæ hodiernæ sunt tormenta, mortaria, pyloclastra seu tor-

tormenta infisitã etc. Tormenta sunt machinæ, e quibus globi ferrei, vel lapidei vi pulveris pyrii ejiciuntur versus loca axi in directum sita, tormentum exhibet Tab. 2. Fig. 1. In hoc observa partes præcipuas, videlicet partem fundi A B, *la culasse*, mediam B C & orificialem C D; in parte fundi occurrit uva *bouton* E, lumen accensorium F *la lumiere*; luminis accensorii amplitudo nimia ne fit, quæ alioquin per frequentiores explosiones ampliatur, sed neque versus medium farturæ, ne videlicet totius massæ pulveris violenta & celerrima inflammatio, tormento, luminis accensorio, & fulcro, cui tormentum innititur, sit noxia. In parte media occurrunt cylindri minores utrinque G & H *tourillons*, super quibus tormentum in fulcro quiescit ac veluti æquilibratur ut Fig. 3. nam pars fundi trigesima parte ponderis totius tormenti gravior est.

§. 22. Variæ sunt tormentorum magnitudines. Olim fundebantur quæ 33. & 48. lb. ejiciebant, quin ut refert Suriræus a S. Remigio etiam 96. lb. Diverfus tamen est hodie apud varias gentes tormentorum apparatus; communiter dividuntur in muralia, & campeſtria, eaque majora & minora, quibus addi poſſunt tormenta minimæ molis; maxima ſunt, quæ globum 24. lb. ejiculantur, reliqua 16. 12. 8. 4. lb. projiciunt, legionaria, quæ 3. lb., alia quæ duas, minima quæ $\frac{1}{4}$. lb. ejiciunt.

§. 23. Materia tormentorum vel metallum eſt, vel ferrum; ferrea, quod pondere ſuo moleſtiora ſunt, in navibus & locis munitis uſui eſſe ſolent. Metallum nomine hoc loco venit mixtio quædam ex cupro, ſtanno (*) & orichalci parte interdum addita. Miscibilem horum

(*) Cuprum in Hungariâ, Sveciâ, Norvegiâ, Italiâ, Lotharingiâ effoditur; Norvegicum, quia durius; ſtannum, quod mollius, ceteris præſtat.

rum ea est proportio pro tormentis ex novo ære conflandis, ut ratio cupri ad stannum sit ut 100: 12., quoniam vero ut plurimum accidit, ut ex residua veteris metalli supellectile novæ massæ admixta conflanda sint tormenta, erit tum $\frac{1}{3}$. universi assignati ponderis cuprum, orichalcum $\frac{1}{4}$, stannum $\frac{1}{17}$. reliquum vero, quod ad pondus complendum deest, e metallo veteri desumendum. Sit igitur massa conficienda 204. lb. erit tum pars $\frac{1}{3}$. cupri = lb. 68.

orichalci $\frac{1}{4}$. = 51.

stanni $\frac{1}{17}$. = 12.

Summa 131.

Cum petantur 204. lb. addendæ igitur sunt ex metallo veteri lb. 73.

§. 24. In casu igitur, quo ad nova tormenta adhibendum sit metallum vetus, ante omnia explorandum est, in qua ratione cuprum stanno sit immixtum, in prædicto metallo veteri, ut habeatur norma mixtionis novæ. Invenietur vero ratio cupri ad stannum in metallo vete-

ri sequenti modo: E phycis experi-
 mentis constat, massam stanneam aquæ
 immerfam amittere $\frac{1}{7}$. partem sui pon-
 deris, quod habet in libero aere, mas-
 sam vero cupream $\frac{1}{9}$. partem; decutia-
 tur igitur ex metallo veteri portio ali-
 qua, & diligenter exploretur ejus pon-
 dus in libero aere, tum pondus ejus-
 dem in aqua amissum; dicatur

$$\text{Pondus cupri immixti} = C$$

$$\text{stanni} = S$$

$$\text{erit pondus a cupro amissum} = \frac{C}{9}$$

$$\text{a stanno} = \frac{S}{7}$$

$$\text{Pondus mixti} = p$$

$$\text{Pondus a mixto in aqua amissum} = M$$

Igitur $C + s = p$, & hinc

$$c = p - s, \text{ \& rursum}$$

$$\frac{C}{9} + \frac{S}{7} = m, \text{ tollendo fractiones}$$

$7C + 9s = 63m$, substituendo va-
 lorem de C

$$7p - 7s + 9s = 63m, \text{ reducendo}$$

$7p + 2s = 63m$, transponendo &
 dividendo

$$S = 63m - 7p$$

Habetur ergo pondus stanni metallo veteri immixti, hoc subtractum a pondere rationis mixtæ relinquet pondus cupri immixti, constabitque de ratione cupri ad stannum. In exemplo sit quantitas cupri & stanni seu portio resecta = 80 lb. pondus in aqua amissum ab hac massa = 9 lb. $\frac{1}{3}$ = $\frac{28}{3}$ erit igitur

$$C + s = 80$$

$$\frac{c}{9} + \frac{s}{7} = \frac{28}{3}, \text{ tollendo fractiones erit}$$

$7C + 9s = 588$, transponendo quantitatem s in prima æquatione $c + s = 80$, erit

$C = 80 - s$, proinde omnia multiplicando per 7

$$7C = 7 \cdot 80 - 7s, \text{ seu}$$

$$560 - 7s$$

substituendo valorem inventum de C in æquatione $7C + 9s = 588$, erit

$$560 + 2s = 588 \text{ per metathesim}$$

$$2s = 588 - 560 = 28$$

Ergo $S = 14$; igitur in portione metalli resecta erunt libræ stanni 14, quas si ab 80 subtrahas, remanebunt 66 lb cupri.

§. 25.

§. 25. Data ergo ratione cupri ad stannum in metallo veteri, invenienda est quantitas cupri puri admiscendi, ut habeatur data aliqua quantitas metalli in data ratione mixti: cum igitur petatur ratio cupri ad stannum ut 100:12, & in dicta mixtione ratio hæc non habeatur, quæritur jam quot libræ cupri defint, ut sit cuprum ad stannum in metallo veteri sicut 100:12; fit igitur ratio cupri ad stannum in metallo veteri C:S inquirendum imprimis per regulam trium, quantum ex cupro vel stanno deficit in metallo veteri ad hoc, ut sint in ratione petita, igitur

$$12:100 = s:x; \text{ergo}$$

$$x = 100 \frac{s}{12}$$

Inventa est §. 12 superiore quantitas stanni videlicet libræ 14; ergo $x = \frac{100 \cdot 14}{12} = 116 \frac{2}{3}$. Cum igitur ex hypothesi in metallo veteri sint jam libræ cupri C; erit $\frac{100s}{12} = C$ quantitas cupri, quæ superaddi debet determinatæ portioni metalli veteris: cum vero petantur libræ

C

n,

n, utendum est hac proportione: portio jam debite mixta se habet ad additamentum sui cupri, sicut tota quantitas petita ad additamentum sui cupri, adeoque $S + C + \frac{100s}{12} - C$ ad $\frac{100s}{12} - C = n : x$ quartus terminus dabit quantitatem cupri superaddendi, reliquum ex metallo veteri sumendum est.

§. 26. Figura externa tormenti conus truncatus est, densitas videlicet metalli E D Fig. 2 in parte fundi major est, ac in parte orificiali: cum enim impetus globo impressus agat etiam in latera tormenti, & vis maxima a pulvere exeratur in ipso accensionis momento, priusquam globus propellatur, quod fit in spatio F G H I; actio vero inflammatae pulveris jam in majus spatium extenuati imminuatur, etiam densitas metalli versus orificium minor est. Hæc vero metalli densitas non nisi experientia definiri potest, quod nec simultanea fit pulveris inflammatio, nec eadem semper, pro diversa videlicet pulveris pyrii indole.

§. 27.

§. 27. Interna tormenti figura, seu vacuitas, est cylindrica, tum ut determinata motus directio globis imprimi possit, tum ne magna pars pulveris globum inter, & tormenti latera labentis frustra pereat; vacuitas hæc cylindrica *anima* tormenti dicitur; cujus apertura seu diameter, æque ac globi imponendi *calibra* compellatur; hanc vero machinæ cavitationem majorem esse oportere diametro globi ejiciendi vix dicendum est, ne videlicet affricus a lateribus tormenti fit nimius, & globus extra directionis lineam feratur. Differentia isthæc inter calibræ globi & machinæ *spatium vacuum* dicitur.

§. 28. Calibra machinæ, aut globi, ipsumque spatium vacuum seu differentia inter calibræ machinæ, & globi determinabitur sequenti ratione: detur diameter quæcunque machinæ AB Fig. 4. describatur super ea circulus, ad extremitatem diametri B erigatur perpendicu-

C 2 dicu-

diculum $B F$ indefinitum, tum ex B radio $B C$ describatur arcus $D C G$, hujus arcus chorda $D G$ erit diameter globi quæfita, hæc translata ex A in H erit $H B$ spatium vacuum; data igitur diametro globi $A H$, si huic addas spatium vacuum $H B$, habebis diametrum machinæ.

§. 29. Inventa aut data calibra globi libralis & spatio vacuo eidem competente, spatium vacuum pro quovis tormento globos datæ calibræ ejaculante reperietur, si summa calibræ globi, & spatii vacui, seu calibra machinæ libralis concipiatur divisa in 100. partes æquales, & elevetur ad cubum, cubus hic multiplicetur per pondus globi dati, ex facto extrahatur radix cubica, hæc erit quæfita calibra tormenti in particulis centesimis, fit igitur calibra globi libralis $2'' 1''' 5''''$ inferatur:

$100 : 2'' 1''' 5'''' = \text{calibra reperta} : x$
 quartus terminus dabit calibræ tor-
 men-

menti quæsitam in digitis, lineis &c. denique ab inventa calibra tormenti subtrahatur data calibra globi, differentia erit spatium vacuum quæsitum (*).

§. 30. Peculiarem attentionem meretur forma fundi interna in machinis; circa finem prioris seculi, camera prope spherica tormentis inducta fuit, ut videlicet celerior inflammatio pulveris majorem exereret in globum actionem, hac ratione effectum, ut tormenta breviora minusque ponderosa, atque idcirco magis apta ad motum essent, sed quoniam difficulter repurgari camera ejusmodi poterat, scintillæ idcirco latitantes immixtam farturam succenderent, ipsa porro inflammationis vehementia

C 3 ful-

(*) Sit enim calibra globi libralis in particulis roomis = d, calibra tormenti quæsitæ in hisdem particulis = x, pondus globi dati = p; quoniam pondera sunt ut cubi diametrorum, erit

$$x : p = d^3 : x^3$$

$$x^3 = pd^3, \text{ ergo}$$

$$x = \sqrt[3]{pd^3}$$

$$x = d \sqrt[3]{p} \text{ etc.}$$

fulcra tormentorum diffringebat, & ob retrocessionem nimiam tormenti jactus non admodum certi fiebant, abolitæ sunt; camerae clyndricæ fundo rotundato substitutæ, quæ & extergendi facilitatem & firmitatem metallo in parte fundi conciliant.

§. 31. Longitudinem justam tormentorum esse oportere, eamque casu fortuito determinatam ex §. 4. constat; experientia certe docet ex tormento tubi brevioris globum evolare antea, quam pulvis pyrius totus flammam concipiat, e longiori vero tormento evolabit globus aliquo tempusculo, posteaquam tota fartura ignem concepit, in utroque casu globus propterea non propelletur ea efficacia, qua ejectus fuisset, si tormentum justam haberet longitudinem (*).

§. 32.

Fig. 2.

(*) Certum enim est a majori quantitate inflammati pulveris majorem globum impetum imprimi: sic igitur Fig. 2. in tormento fartura I F pulvis successive totus inflammatus majus utique spatium occupabit, ac sub ini-

§. 32. Hæc igitur juxta tormentorum longitudo ex ratione farturæ ad axim tormenti determinatur, fartura vero tormenti experientia teste fat bene definitur, per rationem subduplam pulveris pyrii ad pondus globi ejiciendi, imo nonnunquam sufficit ratio subtripla (*).

C 4.

Hoc

tium accensionis, quia vero maximam vim exerit ubi minorem reperit resistentiam, propellet globum cum parte pulveris nondum inflammati versus orificium A, & quia celeritas globi augetur pro ratione majoris quantitatis accensi pulveris, erit in momento globus in A, si jam tempore illo, quo globus spatium IA percurrit, pulvis totus inflammari non possit, reliquus ergo inaccensus cum globo dispergetur. Contra vero si tormentum longius sit, globus majus spatium percurrendum habet, atque hinc pulvis totus longiori tempore inflammatur, majoremque idcirco impetum eidem imprimat, si vero tormentum sit justo longius: & supponamus globo propulso in B inflammationem pulveris plene factam esse; globus tum minori impetu fertur ex orificio A, nam aer rarefactus pertinget in B nullusque jam supererit, qui globo impetum ex B porro imprimat.

(*) Fartura longitudini tormenti proportionata usu magis quam theoria definiri potest; conspertum est experientis Ferræ in Gallia institutis, tormenta 24 lib. 9 lib. pulveris, 16 librarum, sex lib. pulveris, 12 librarum, 5 pulveris libras tormentum 8 lib. 3 lib. pulveris exigere; tormenti vero 4 librarum pondus ejicientis farturam esse 2 lib. pulveris, propterea, quod cum in hac machina, calibra sæpius contineatur in ejusdem longitudine, quam in aliis, atque idcirco etiam globus

Hoc posito longitudo tormenti dato pondere globi, sequenti ratione determinabitur: iteratis experimentis comperit, tormento legionario 3 lb. ejaculanti competere axem 6' 10'' 8''' 8''''', cum igitur ex ante dictis dato pondere globi detur fartura, inferatur: fartura tormenti legionarii ad farturam tormenti dati, ut factum ex quadrato calibræ tormenti legionarii in suum axem ad factum ex quadrato calibræ tormenti dati in suum axem, quartus proportionis terminus repertus dividatur per quadratum calibræ tormenti dati, quotiens est axis quæsitus (*).

§. 33.

maius spatium percurrendum habet, consequenter impulsus a pulvere longiori tempore accipit; ut adeo fartura tormenti apte determinetur per subduplam aut subtripulam rationem pulveris ad pondus.

- (*) Dicantur farturæ tormentorum f & F
 calibræ eorundem d & D
 animæ tormentorum c & C
 axes eorundem a & X

Ex geometria cylindri, adeoque animæ tormentorum sunt in ratione composita basium & altitudinum, & cum bases sint circuli, adeoque sint ut quadrata diametrorum, erit

$$c : C = ad^2 : xD^2$$

§. 33. Sic conflata tormenta examinantur ex Cl. le Blond, quinque jactibus probatoriis ad scopum 180 vel 200 hexapedas remotum, fartura pro primis duobus jactibus $\frac{2}{3}$. ponderis eji-
ciendi, pro tribus postremis $\frac{1}{2}$., post hos jactus nonnihil pulveris in animam tormenti immissi succenditur, ad eamdem repurgandam, tum affusa in animam aqua, penniculo tormentario comprimitur, obturato lumine accensorio, aqua compressa exitum naeta, fissuras, & foraminula indicabit; cavitates vero in metallo explorantur instrumento duobus vel tribus uncis in triangulum dispositis instructo *chat* & in animam tor-

C 5

menti

Sed farturæ plene inflammatae sunt ut spatia, adeoque ut animæ tormentorum, per quas plene inflammantur, adeoque est etiam $c : C = f : F$. Ergo rationes æquales eidem græ sunt æquales inter se, hinc $f : F = ad^2$
 $X D^2$, quartus terminus æqualis facto mediorum etc. erit

$$X D^2 = \frac{a d^2 F}{f}, \text{ dividendo per } D^2 \text{ erit}$$

$$X = \frac{ad^2 F}{D^2 f}$$

menti immisso; cereo item accenso, aut speculo, parte fundi versus solem, aut lumen obverso, speculo ad orificium tormenti applicato; anima tormenti tum illustrata cavitates prodet, exhibebitque præterea, num recta & probe cylindrica illa sit (*)

Alia præterea methodus Clariff. de la Valiere habetur, duos videlicet, tresve jactus is fieri vult farturis vulgaribus, duobus aliis, globi loco cylindrum terreum e pinguiori solo excisum, duos circiter pedes longum apponi, actio tum, visque pulveris in anima tormenti per cylindrum ejusmodi coarctata omnem vim suam in metallum exeret.

§. 34. E tormento maximæ calibræ rite ex dictis examinato 2000 jactibus

(*) *M. Dulac Méchanique d'artillerie* non satis explorari ait tormenta dictis modis, quod hac ratione vitia in externa duntaxat superficie detegantur, non vero illa, quæ in ipsa metalli massa latent; suadet idcirco quadraginta continuis jactibus examinari; sumptus tamen immodici in hac methodo attentionem merentur.

bus plures fieri haud posse, quin rumpatur, ex *M. Moralec* habetur (*), et si singulis duntaxat horis unus jactus fieret, quod videlicet motus particularum metalli semper auctus iteratis explosionibus easdem dividat & difrumpat. Juxta *Suriræum* a *S. Remigio* compertum est, tormentum 24 lb. jactus 90 100, quin 120 intra horas 24 sustinere posse, ea lege, ut post 10 vel 12 jactus refrigeretur. *Diego Ufano* octo jactus unius horæ spatio admittit, post quadragesimum refrigerari tormentum vult, fit vero refrigeratio penniculo humefacto intra tormenti animam acto, ne tamen lenta sit machinarum administratio ob tempus refrigerando impensum, metallo incalescente, minui suadet farturam.

Hodie vero, quantum, quam brevi tempore perfecta sit res tormentaria sub felicissimis auspiciis *Jos. Wenceslai*

(*) Mémoires de Tlévoux du mois de Mars ann. 1710.
pag. 507.

ceslai Principis a Liechtenstein, quis nescit; non jam 120 explosiones ut retrolapsis temporibus 24 horarum spatio, sed intra horam 300, 360, quin & sine mora, qua in hostem collimatur, 12 & 14 minuto uno expediuntur jactus.

§. 35. Tormentorum differentia, tum ex forma, & longitudine eorundem, tum maxime a pondere, & diametro globorum, quos ejiciunt, petitur; diametrum vero globorum instar scalæ geometricæ exhibet *regula calibræ*, quæ est linea recta, ita divisa, ut suis partibus exhibeat diametros globorum homogeneorum, quorum pondera ordine crescunt.

Paratur ejusmodi regula hoc modo, pro globis videlicet homogeneis, quorum libræ, ut numeri naturales crescunt; investigetur exacte diameter globi V. G. ferrei unam libram appendentis; nimirum digitus cubicus ferri immergatur aquæ, & notetur, quantum
sui

fui ponderis in aqua amittat ; tum globus ferreus exactissime unam libram in aere ponderans pariter immergatur aquæ, & pondus ab hoc amiffum notetur, tum juxta demonftrata in hydroftaticis inferatur : pondus amiffum ab uno digito cubico, eft ad pondus amiffum a globo, ficut unus digitus cubicus ad digitos cubicos globi, quartus terminus dabit foliditatem globi libralis in digitis &c. cubicis.

Jam cum fphæra fe habeat ad cubum fuæ diametri ficut $157 : 300$, inferatur $157 : 300$ ficut foliditas inventa ad cubum diametri globi libralis, ex quarto termino nunc reperto extracta radix cubica erit diameter globi ferrei unam libram ponderantis, diameter concipiatur divifa in 100 vel 1000 particulas, ut videlicet fractiones in calculo occurrentes eo tutius liceat negligere, hic particularum numerus eleve-
tur ad cubum, cubus ifte duplicetur, triplicetur, etc. Ex his factis ordine

ex-

extractæ radices cubicæ sunt diametri globorum ferreorum 1, 2, 3, 4, 5 etc. hæ diametri omnes ordine in lineam rectam alicui regulæ metallicæ incisam transferantur, & regula calibræ habebitur (*).

§. 36. Examinatur regula calibræ an exacta sit, sequenti ratione: capiatur

(*) Sphæræ sunt ut cubi diametrorum, si igitur alicujus sphæræ diameter sit 100, erit ex Geom. peripheria circuli maximi 314, adeoque soliditas hujus

$$\text{sphæræ} \frac{2}{3} \cdot 314 \cdot 25 \cdot 100 = \frac{1570000}{3} : \text{est enim}$$

soliditas sphæræ æqualis duabus tertiis partibus facti ex axe in aream circuli maximi, area autem hujus circuli = facto ex peripheria in $\frac{1}{2}$ radii seu = 314. 25; hoc factum multiplicatum per axem dabit 314. 25. 100 cujus $\frac{2}{3}$ = soliditati sphæræ; cubus vero diametri erit 1000000, hinc 1570000 : 1000000, sicut sphæra quævis ad cubum diametri,

seu $\frac{157}{3} : 100$ sicut sphæra quævis ad cubum dia-

metri seu 157 : 300 sicut etc. quartus terminus dabit cubum diametri quæsitæ, ex hac extracta radix cubica diametrum.

Secunda pars patet ex *Mechanica*. In massis homogeneis pondera sunt ut volumina, volumina globorum ut cubi diametrorum, ergo pondera globorum homogeneorum sunt ut cubi diametrorum; igitur si cubus diametri sit duplus, triplus &c. etiam pondus globi est duplum, triplum &c. ergo si ex cubo duplo &c. extractatur radix cubica, habebitur diameter globi duplum, triplum etc. id est in casu resolutionis 2, 3, 4 lib. ponderantis.

tur circino diameter globi unius libræ, & quoties potest in regulam calibræ transferatur, si bis translata incidat in diametrum 8 ℥., ter translata in diametrum 27 ℥., quater translata in diametrum 64 librarum, hæ divisiones justæ sunt, capiatur circino diameter globi 2 ℥. & pariter transferatur in regulam calibræ quoties potest, si bis translata incidat in diametrum bis 8 ℥., ter translata in diametrum bis 27 ℥. quater translata in diametrum bis 64 librarum etc. etiam hæ divisiones justæ erunt; porro diameter globi 3 ℥. bis transferatur, si incidat in diametrum ter octo ℥., ter translata in diametrum ter 27 ℥. etc. justæ erunt quoque divisiones.

Universaliter denique, si diameter transferenda sit = d , pondus huic respondens = p , numerus translationum = n , dico, si justa est divisio, debere incidere in diametrum globi pn^3 (*).

(*) Pondera globorum homogeneorum sunt ut cubi diametrorum, ergo

$d^3 : n^3 d^3 = p : x$, ergo quartus terminus &c

$x = n^3 p$.

§. 37. Tabella sequens diametros globorum in particulis 1000mis exhibit, ab una libra ad 100. ex CL Wolfio desumpta.

Ufus

Libra	Diameter	Libra	Diameter	Libra	Diameter	Libra	Diameter
1.	1000.	26.	2962	51.	3708	76.	4236
2.	1259.	27.	3000	52.	3732	77.	4254
3.	1442.	28.	3036	53.	3756	78.	4272
4.	1587.	29.	3072	54.	3779	79.	4290
5.	1709.	30.	3107	55.	3802	80.	4308
6.	1816.	31.	3141	56.	3825	81.	4325
7.	1912.	32.	3174	57.	3848	82.	4342
8.	2000.	33.	3207	58.	3870	83.	4360
9.	2080.	34.	3239	59.	3893	84.	4377
10.	2154.	35.	3269	60.	3914	85.	4395
11.	2223.	36.	3301	61.	3936	86.	4413
12.	2289.	37.	3332	62.	3957	87.	4431
13.	2351.	38.	3361	63.	3975	88.	4447
14.	2410.	39.	3391	64.	4000	89.	4464
15.	2466.	40.	3419	65.	4020	90.	4481
16.	2519.	41.	3448	66.	4041	91.	4497
17.	2571.	42.	3476	67.	4061	92.	4514
18.	2620.	43.	3503	68.	4081	93.	4530
19.	2667.	44.	3500	69.	4101	94.	4546
20.	2714.	45.	3556	70.	4121	95.	4562
21.	2758.	46.	3583	71.	4140	96.	4578
22.	2800.	47.	3608	72.	4160	97.	4594
23.	2843.	48.	3634	73.	4179	98.	4610
24.	2884.	49.	3659	74.	4198	99.	4625
25.	2924.	50.	3684	75.	4217	100.	4641

Uſus hujus tabellæ ſatis patet, illud duntaxat monendum venit; ſi lubeat diametrum globi libralis in particulis 1000is pro ſcala aſſumere, ex dicta tabella poſtremus ubique numerus tollatur, & ſi reſectus numerus quinarium ſuperat, tum præcedens unitate augeatur.

§. 38. Si vero habeatur pars calibræ; ſeu ſi regula calibræ minor fit, quam ut datæ diametro globi aut orificii in machina menſurandi ſufficiat, eruetur pondus globi diametri majoris, ſi pondus, quod pars diametri menſurata indicat, ducatur in cubum denominatoris partis datæ, erit tum factum pondus globi quæſitum (*).

D

Ce-

(*) Sit data calibræ pars $\frac{1}{n}$, evidens eſt hanc calibræ

partem eſſe ad calibræ totam ut $\frac{1}{n} : 1$, ſit igitur pondus datæ parti reſpondens = p , totius globi pondus quæſitum = x , quoniam pondera globorum ſunt ut cubi diametrorum, erit

$$p : x = \frac{1}{n^3} : 1, \text{ ergo}$$

$$\frac{x}{n^3} = p, \text{ tollendo fractionem erit}$$

$$x = p \cdot n^3.$$

Ceterum cognita diametro globi cujuscunque, & ejusdem pondere, facili negotio pondera omnium globorum, quorum diametri notæ sunt, & noto pondere etiam diametri innotescunt, cum enim solida similia sint inter se, ut cubi laterum homologorum, aut diametrorum, si experimento constet exempli causa, globum 4 librarum habere diametrum trium digitorum, per regulam trium reperies pondus cujuscunque globi, cujus nota sit diameter, inferendo: ut cubus diametri globi ℥. 4 ad cubum, 5 digitorum, ita pondus seu 4 ℥. ad x; & dato pondere diametrum reperies inferendo: ut pondus globi noti ad pondus globi dati, ita cubus diametri primi globi, ad cubum diametri secundi globi; extracta radix cubica dabit diametrum.

§. 39. Pro reperiendis calibris globorum femiuncialium, desumantur ex calibra globorum libralium calibræ globorum, quorum libræ sunt numero pari,

ri, nempe 2, 4, 6, 8 &c. & hæ ordine dividantur per 4 erunt quotientes ordine sumti calibræ globorum, quorum pondera sunt 1, 2, 3, 4, 5, &c. semiunciarum, V. G. fit diameter globi duarum lb., ex tabula superiore patet, hanc esse in particulis millesimis 1259., quæ per 4 divisa dat diametrum globi unius semiuncie 314 $\frac{3}{4}$ (*).

§. 40. Mortarium est machina bellica ejusdem metalli, ac tormentum, e qua globi diversorum generum, & bombæ cum primis ope pulveris pyrii arcua-

D 2 tim

(*) Globus bilibris habet 64 semiuncias, adeoque globus 2 lib. ad globum unius semiuncie sicut 64 : 1, ultimam rationem dividendo, erit globus 2 lib. ad globum 1 semiuncie sicut 1 : $\frac{1}{64}$, sed globi sunt ut cubi diametrorum; ergo

$D^3 : d^3 = 1 : \frac{1}{64}$; sed si cubi sunt proportionales, etiam radices sunt proportionales, ergo

$D : d = 1 : \frac{1}{4}$; ergo factum extremorum etc.

$d = \frac{D}{4}$, cum idem de reliquis eodem modo de-

monstrari possit, ergo diametri seu calibræ globorum semiuncialium reperiuntur, si calibræ globorum libralium, quorum pondera progrediuntur, ut numeri patet per 4 dividantur.

Fig. 5.

tim projiciuntur (*). Partes mortariū præcipuas exhibet Fig. 5 partem videlicet fundi A, lumen accensorium B, partem mediam C, partem orificialem E, cylindros minores D.

Fig. 6.

Varie sunt mortariorum magnitudines & genera, mortarium, quod cylindros habet in basi *stans* dicitur, quod in parte media instar tormentorum *pendens*. Memoranda hic sunt mortaria manualia fulcro ligneo vel metallico insistentia Fig. 6 a Celeberrimo Coehornio inventa, qui anno 1703 urbem Bonnam 450 ejusmodi mortariis infestavit adeo, ut trium dierum spatio in deditionem redegerit.

§. 41. Forma cameræ in mortariis variat, vel enim cylindrica est, vel sphærica, eaque piri formam æmulans, cylindricæ vitia sunt, quod illa solum
pul-

(*) Mortariorum usus æque antiquus, ac tormentorum est, teste Blondello; machinas has a Turcis inventas alii existimant. Minora mortaria etiam e ligno parantur, quin & majora, cum necesse est, annulis tamen ferreis vel funibus rite munica.

pulveris portio, quæ in fundo est, inflammata impetum globo imprimat; reliqua vero pulveris pars, pondere jam ejecto inflammetur; alterum vitium ejusmodi cameræ est, quod accurationis in fundendis mortariis defectu, axis cameræ ad axem mortarij obliquus nonnunquam existat, unde globus datam directionem non sequitur. In sphæricis vero cameris, celerior quidem est pulveris inflammatio, minorique fartura major actio a pulvere habetur, atque in camera cylindrica, sed violenta illa inflammatio fulcris noxia est, cameræ porro, pirum imitantes celeriozem inflammationem, atque idcirco majorem in globum actionem exerunt; quæ cum ob figuram conicam versus aperturam cameræ feratur, fulcris non admodum incommodat, hinc ceteris anteferendæ.

§. 42. Calibra machinæ seu diameter orificii, quinque vel sex lineis major est calibra bombæ ex §. 27. calibra vero bombæ intra 6 & 18 digitos,

fartura vero mortarii intra 2 & 12 lb. recte constituetur, etsi hæc eadem ad 18 lb. accrescat; alii farturam definiunt, dividendo pondus globi ejiciendi per 30, huic tamen regulæ non stricte semper inhærendum.

§. 43. Tormenta lapidaria *Mortiers Canons* (*) sunt machinæ bellicæ, e quibus lapides, vel etiam granatæ in hostem projiciuntur, lapides vel temere, vel in corbitam collecti in tormento reponuntur, qui vi pulveris ejecti grandinis instar, non sine strage decidunt; ultra 150 passus non pertingunt; figura externa machinarum ejusmodi mortarii speciem refert, cujus directio ad horizontem parallela, cameram habet cum mortariis communem, animam his longiorem, tormentis brevior.

§. 44. *Piloclastrum Pétard* machina bellica est, e qua vi pulveris pyrii,
por-

* Ab Anglis vel Hollandis inventa.

portæ, muri, catenæ, clatri, etc. per-
rumpuntur, materia tormenti hujus infi-
titii vel metallum est, vel si opus sit, fer-
rum, plumbum, stannum, sed hujus ma-
teriæ piloclastra, quia facile rumpuntur,
effectum non præstant, figuræ variæ ef-
se potest, conii figura, quam exhibet
Fig. 7. ceteris antefertur, ansæ qua-
tuor, quibus instructa est, eo serviunt,
ut asseri densiori affigatur, qui unco in-
structus, quo portæ, vel loco perrum-
pendo affigatur.

C A P U T IV.

*De usu & directione machinarum
bellicarum.*

§. 45.

Usus & directio machinarum belli-
carum ab arte balistica habetur,
est vero ars balistica inventum illud mi-

litare, quo ope mortariorum, & tormentorum globi varii generis projiciuntur; jactus vero alius est horizontalis, *la portée de but en blanc*, arcuatus alius, *le tire à toute volée*, alius per epostracismum à *ricochet*, obliquus denique alius *par bricole*.

§. 46. Jactus horizontalis est, qui a tormento fit, cujus axis est horizonti parallelus, arcuatus a machinis, quarum axis ad horizontem est inclinatus; jactus per epostracismum est, quo tormentum sub angulo exiguo inclinatum exiguaque fartura, globum in terram conjicit crebro subsultantem instar lapidis per summam aquam projecti, & sæpius subsilientis (*). Obliqui jactus fiunt a tormento sub directione 20 graduum, aut nonnihil minore inclinato ad faciem operis impetendam, globus hac directione ejectus superficiem operis
le-

(*) Jactus hic a Vaubano inventus est primum adhibitus anno 1697 in obsidione Athi.

leviter perstringens, reflectitur in vicina opera alia, eaque infestat.

§. 47. Balistica inventor est Galilæus de Galilæis Italus; theoria balistica fundatur unice in legibus motus accelerati corporis cadentis, una cum legibus motus uniformis. Nam cum machina directionem sub angulo quopiam cum horizonte accipiat, globus ejectus lineæ prolongationem sequens, ab hac deflectit ob suam gravitatem, quæ illum versus centrum continuo trahit, atque idcirco lineam curvam describit, quæ a Geometris pro parabola habetur, ut fuscè demonstratur in physica. Et si vero curva illa ob medium resistens non nisi ad sensum fit parabolica (*); in praxi tamen, quoniam in hac hypothesi operationes a pyrotechnis instituuntur, pro parabola assumitur.

D 5 §. 48.

(*) Aeris vero resistantiam eo fortiorem esse, quo major est velocitas globi excurrentis demonstratur ex *Daniele Bernoulli* Tom. 2 Comment. Acad. Petrop. is ubertim demonstrat, globum tormentarium ad 7819 pedes

Fig. 8

§. 48 Sit igitur AB Fig. 8 linea curva, quam globus e tormento emissus describit, erit AC directio machinæ efficiens cum horizonte angulum CAB, recta AB semitam corporis projecti subtendens dicitur *amplitudo jactus*, seu distantia, ad quam corpus

pedes altitudinis propulsum, in vacuo ad 58750 pedes ascensurum. Robins Neue Grundsätze der Artillerie, Cap. 2 prop. 2 cautissimis experimentis comperit resistentiam aeris, quam excipit globus tormentarius $\frac{3}{4}$ pollicum in diametro, propulsum velocitate 1670 pedum, intra minutum secundum resistentiam inquam illam aeris æqualem esse ponderi 10 lib. Item globum ferreum 24 librarum factura 16 librarum ejectum ex machina, obtinere velocitatem 1650 pedum intra minutum secundum; jam cum superficies globi 24 lib. sit quinquagies quater major superficie prioris globi $\frac{3}{4}$ pollicis in diametro, & velocitatem tamen prope eandem uterque obtineat; conficitur resistentiam aeris adversus globum 24 lib. esse 540 lib. validiorem, seu 25es fere majorem pondere ipsius globi 24 lib. Inde est, quod globi e tormento projecti semita absit a parabola; nam ut a corpore projectili parabola describatur, deberet axis lineæ curvæ insistere perpendiculariter horizonti ita, ut eadem sit distantia initii hujus lineæ a vertice, quæ est a fine ejusdem lineæ, & angulus, quem globus e tormento exiens efficit cum plano horizontali, deberet esse idem cum angulo, quem idem globus cadendo cum eodem plano efficit, quod ob tantam aeris resistentiam est impossibile.

pus projectum pertingit; hæc jactus amplitudo major minorve erit pro ratione majoris vel minoris farturæ, elevationis tormenti, quin & ex eodem tormento, sub eadem fartura, eodemque elevationis angulo variat jactus amplitudo, matutino enim & vespertino tempore major erit, quam meridiano, hyberno item tempore major atque æstivo &c. uti experimenta instituta docuerunt, pro varia videlicet probitate pulveris, diversa atmosphæræ raritate, densitate, ac elasticitate, quin & posita eadem prorsus ratione atmosphæræ, jactus tamen se subsequentes non solum in longitudine, sed in laterali quoque declinatione discrepabunt, ita plane, ut ille pyrotechna utcunque peritus dici debeat, cujus jactus intra 10 orgyas quadratas ab objecto feriat; nam præter resistentiam aeris observanda est etiam frictio globi adversus latera tormenti, ex qua is rotationem quampiam per suum centrum circa axem

accipit, ob quam varias directiones obtinere potest; inde est, quod jactus ex fulcatis seu friatis tubis multo certius deferatur.

§. 49. In projectione bombarum observanda sunt diligenter, quantitas pulveris seu fartura, distantia seu amplitudo jactus, angulus elevationis, ipse denique scopi feriendi situs, vel supra horizontem eminent, vel infra eundem depressus; fartura seu quantitas pulveris ad projiciendum globum, non nisi experientia definitur; nam assumpta fartura determinata, & elevatione sub angulo 45 graduum, fiet jactus probatorius, tum quærenda per trigonometriam, aut alia ratione distantia ad quam bomba delata est, si hæc major fuerit, aut æqualis distantiae propositæ, quantitas pulveris sufficiens habebitur, si minor fuerit distantia e jactu probatorio, augenda est fartura dum justa quantitas innotescat.

§. 50. Amplitudines jactuum sub diversa elevatione, sunt ut sinus angulorum elevationis duplorum (*); amplitudo vero maxima habetur; si tormentum 45 gradibus attollatur (**); eritque illa 1800, 2000 hexapedarum summum, & si corpus projectum sit, ea-

(*) Sit enim amplitudo una AC, Fig. 9 hujus amplitudinis pars quarta n m, altera amplitudo AX, sitque LT pars quarta de AX, cum integra sint partibus quartis proportionalia, erit AC : AX = n m : LT, sed n m, LT sunt sinus angulorum elevationis duplorum, nempe RAC & EAX, nam MCA est duplus de RAC, quia angulus MCA habet pro mensura totum arcum MA, angulus RAC vero dimidium MA. est enim hic ortus ex chorda MA & tangente semicirculi Ac, ergo erit AC : AX = m n : LT, hoc est, amplitudines jactuum sunt ut sinus angulorum elevationis duplorum.

Fig. 9

(**) Cum enim amplitudines sint = quadruplo sinus dupli anguli elevationis ex demonst. in sect. conicis, & sinus dupli anguli elevationis 45 graduum, seu sinus de 90 sit sinus totus, erit hic sinus omnium maximus, ergo quadruplum illius amplitudo maxima, nam amplitudo correspondens angulo elevationis hBT 45 graduum Fig. 10 est = 4 E h, & amplitudines correspondentes angulo MBT supra 45 gradus & angulo FBT infra 45 est = 4 L m vel 4 A F; sed E h est sensibiliber major, quam reliquæ ordinatæ LM vel A F; ergo 4 E h erunt > quam 4 L m vel A F; præterea evidens est amplitudinem maximam nempe 4 E h esse duplam lineæ altitudinis H B, quæ est = 2 E h.

Fig. 10

eadem vi sub eodem angulo elevationis æquidistante a 45 gradibus, erunt amplitudines semper æquales, proinde si angulus elevationis fuerit 30 graduum vel 60, æqualis habebitur amplitudo, est enim ille 15 gradibus minor, hic totidem major elevatione 45 graduum (*). Jactu tamen sub angulo 45 graduum utendum, quoties ædificia diruenda, quod ejecta sub hoc angulo pondera majori impetu decidant, quam quæ sub minore fuerit, sub quo cohortes hostium impetendæ sunt, ne bombæ impetu majore in terram depressæ minore cum hostium strage rumpantur.

§. 51. Amplitudines igitur jactuum supposito vel dato angulo elevationis invenientur sequenti ratione: fiat jactus

pro-

(*) Nam si anguli a semirecto æquidistant, tunc simul sumti faciunt unum rectum, adeoque eorum dupli simul sumti faciunt duos rectos, & sunt deinceps positi, sed anguli deinceps positi ex Trigonometria habent eundem sinum, & amplitudines sunt ut sinus angulorum duplorum, ergo si anguli projectionis a semirecto æquidistant, amplitudines sunt ut iidem sinus, adeoque æquales.

probatorius sub quocunque angulo cognito, tum mensuranda est exactissime amplitudo hujus jactus, ex his reperietur amplitudo cujuscunque jactus ex eodem tormento ejusdem globi, sub eadem fartura. Sit enim angulus elevationis = a , amplitudo jactus probatorii = p , angulus elevationis, sub quo jactus faciendus, cujus amplitudo quaeritur, = b ; inferendum est: sinus dupli anguli a jactus probatorii, ad finem dupli anguli elevationis, exempli causa 30 graduum, sicut amplitudo p : x ; quartus terminus erit amplitudo quaerita.

Cum igitur amplitudines ex §.pho 49 sint ut sinus angulorum elevationis duplorum, & jactus probatorii sub angulo 45 graduum amplitudo excurrat ad 6000 passus, quorum logarithmus est = 3.7781512: erit angulus 45 graduum duplicatus = 90°, proinde sinus totus = 100000000, angulus elevationis 30 graduum duplicatus = 60°;

cu-

cujus sinus = 9.9375306: erit igitur
 $1000000000: 9.9375306 = 3.7781512: x$, proinde $9.9375306 + 3.7781512 = 13.7156818$,
 igitur $13.7156818 - 1000000000 = 37156818$. Qui logarithmus in
 tabulis proxime accedit ad 5196, id
 est, elevatio tormenti sub angulo 30
 graduum projiciet globum ad distantiam
 5196 passuum.

§. 52. Pro diversa fartura, seu di-
 versa vi projectili rursus sub nova far-
 tura instituaturs jactus probatorius sub
 angulo elevationis eodem, seu 45 gra-
 duum sub quo prior factus est, ejus-
 que amplitudo diligenter mensuretur,
 & ad evitandum calculum finuum proli-
 xiozem inferatur:

Amplitudo jactus probatorii superius
 inventa ad amplitudinem jactus pro-
 batorii nunc mensuratam, sicut am-
 plitudo jactus sub angulo quolibet,
 exempli causa 30 graduum, ad am-
 plitudinem quaesitam sub eodem an-
 gulo.

Hac

Hac proportione pro quovis angulo elevationis instaurata invenientur correspondentes amplitudines sub nova factura, quæ ordine in tabulas digerantur; conſtruentur hac ratione tabulæ amplitudinum, quas globus data vi projectili quacunq; , sub quovis angulo elevationis habere poteſt (*).

§. 53. Si quærendus ſit angulus elevationis pro amplitudine jaçtus determinata, inferendum eſt: amplitudo jaçtus probatorii ad amplitudinem datam, ut ſinus dupli anguli quæſiti, cujus dimidium erit angulus elevationis quæſitus. Sit in exemplo amplitudo jaçtus data = 1500 paſſus, amplitudo

E ja-

(*) Dicantur amplitudines probatoriæ ſub eodem angulo captæ = A & a,
 Amplitudo inventa ſub angulo 30° = b,
 Amplitudo quæſita ſub eodem angulo = x,
 Erit A: b = ſinus anguli dupli elevationis ad ſinum dupli anguli elevationis; item a: x = ſinus dupli anguli elevati ad ſinum anguli elevationis: ſed ex conſtructione anguli elevationis erant æquales, adeoque ultimæ rationes æquales ſunt; ergo etiam
 A: a = b: x.

jactus probatorii = 6000 : erit logarithmus 1500 passuum 3. 1760913, logarithmus 6000 passuum 3.7781512, anguli vero probatorii duplicati sinus 100000000 : igitur inferes

$$3.7781512 : 100000000 \\ = 3.1760913 : x,$$

$$\text{proinde } 100000000 + 3.1760913 \\ = 13.1760913, \text{ adeoque}$$

$$13.1760913 - 3.7781512 \\ = 9.3979401, \text{ qui est logarithmus} \\ \text{sinus anguli } 14 \text{ graduum, ad quem ele-} \\ \text{vandum est tormentum pro amplitudi-} \\ \text{ne data.}$$

§. 54. Ut minus molesta accidat investigatio finuum angulorum elevationis duplorum, tabellam subnectimus continentem angulos æquidistantes a 45 gradibus pro iisdem amplitudinibus; iidem hic sunt sinus, qui in tabulis tribus duntaxat postremis notis ad dextram resectis; in operatione proinde totidem notæ ex logarithmis amplitudinum resecandæ.

An-

Anguli ele- vationis fu- pra & infra 45°	Sinus angu- lorum dupl.	Anguli ele- vationis fu- pra & infra 45°	Sinus angu- lorum dupl.	Anguli ele- vationis fu- pra & infra 45°	Sinus angu- lorum dupl.
90..	0..	0..00	74..	16..	5299
89..	1..	349	73..	17..	5592
88..	2..	698	72..	18..	5870
87..	3..	1045	71..	19..	6157
86..	4..	1392	70..	20..	6428
85..	5..	1736	69..	21..	6691
84..	6..	2709	68..	22..	6947
83..	7..	2419	67..	23..	7193
82..	8..	2556	66..	24..	7431
81..	9..	309	65..	25..	7650
80..	10..	3420	64..	26..	7880
79..	11..	3746	63..	27..	8090
78..	12..	4067	62..	28..	8290
77..	13..	4384	61..	29..	8480
76..	14..	4695	60..	30..	8660
75..	15..	5000	59..	31..	8829

Pro usu hujus tabulæ fit sub quacunque fartura, exempli causa 3 lb. jacienda bomba ad distantiam 450 hexapedarum, fit præterea angulus elevationis in jactu probatorio 15 graduum, sub quo bomba deferatur ad distantiam 350 hexaped. quærat in tabula finus correspondens 15 gradibus, erit is 5000, fiat sequens analogia:

sicut 350 : 450 ita 5000 : x

Quartus terminus dabit 6428, quæ-

ratur hic numerus in columna finuum, aut si hic non habeatur proxime accedens, reperies in columna angulorum 70 & 20 graduum, videlicet angulos elevationis binos pro amplitudine 450 hexapedarum. Quia tamen dari potest distantia major, & præterea numerus major pro finu dupli anguli elevationis haberi potest, quam sit expressus in columna finuum; quæretur finus juxta dicta §. 53, cui respondententes anguli in tabula servient proposito problemati; inferes enim

 sicut 5000 : finum totum, ita
 distantia 450 ad x

Reperies quartum terminum 700 hexaped. hac distantia majori inventa secunda analogia facienda est:

 Ut distantia major 700 hexap. ad
 datam 450 hexap. ita finus totus
 10000 ad finum quæsitum videli-
 cet 6428, qui terminus idem est
 cum prius invento.

Si elevatio tormenti major sit 45 gra-
 di-

dibus, loco finus anguli dupli assumitur duplus complementi. In exemplo fit elevatio tormenti 50° , complementum hujus anguli erit 40 gradus, finus dupli anguli est 9841 ; erit hic secundus terminus proportionis.

§. 55. Si globus horizontaliter projiciendus fit ex suggestu altiori loco posito; altitudine suggestus supra horizontem nota, reperietur amplitudo jactus horizontalis; quærendo mediam geometricam proportionalem inter dimidium amplitudinis maximæ cognitæ, & altitudinem suggestus. Exempli causa fit amplitudo maxima probatoria 600 hexapedarum, erit diamedia 300 , altitudo suggestus supra horizontem fit 30° ; erit $300 \times 30 = 9000$: ex hoc facto extracta radix, eaque duplicata, dabit amplitudinem jactus horizontalis (*)

E 3 §. 56.

(*) Sic enim dimidium amplitudinis maximæ = m ,
 Altitudo suggestus — — = h ,
 Media proportionalis quæsitæ = x ,

Fig. 11.

§. 56. Sit bomba arcuatim projicienda e suggestu altiore vel depresso objecto feriendo Fig. 11; fit MQ amplitudo horizontalis cognita, angulus elevationis fit GMQ , vis quælibet; quæritur in quo puncto parabola MTQ occurret plano inclinato MR , seu supra horizontem MQ , seu infra eundem fit planum MR ; aut, quod idem est, determinare distantiam MT data amplitudine MQ & angulo GMQ .

Pro resolutione finge ex puncto T perpendicularum TS , & per punctum Q perpendicularum GQ , ex puncto R ubi planum inclinatum occurrit perpendiculari GQ , ducatur linea RS , hæc constructio dabit RS parallelam MG ; angulus RMQ , quem cum horizonte MQ constituit planum inclinatum MR , innotescet, si instrumento aliquo mensu-

Erit $M : x = x : h$, multiplicando media & extrema erit $x^2 = hm$, &
 $x = \sqrt{hm}$; ergo
 $2x = 2\sqrt{hm}$.

furetur. His peractis in triangulo re-
ctangulo $M Q G$ notus est angulus ele-
vationis $G M Q$, consequenter etiam
complementum ad angulum rectum, an-
gulus videlicet $M G R$; nota est etiam
amplitudo $M Q$; reperietur igitur $G Q$
inferendo: sinus anguli G ad finum an-
guli M , sicut amplitudo $M Q$ ad $G Q$;
lineam vero $R Q$ in triangulo rectan-
gulo $M Q R$ reperies inferendo: sinus
anguli $M R Q$ ad finum anguli $Q M R$,
sicut amplitudo $M Q$ ad $R Q$; quoniam
vero $R S$ est parallela ad $M G$, dabunt
triangula familia $G Q M$ & $R Q S$ illatio-
nem $G Q : R Q = M Q : S Q$; his co-
gnitis innotescet etiam linea $M S$; igi-
tur ad inveniendum valorem $M T$ in
triangulo rectangulo $M S T$, inferes:
sinus anguli $M T S$ ad finum $M S T$,
seu ad finum totum, sicut linea $M S$:
 $M T$. Eadem operatio est, si obje-
ctum feriendum sit infra horizontem.

§. 57. Sit jam invenienda elevatio
mortarii, sub qua bomba projecta at-

Tab. 3
Fig. 1

tingat punctum exempli causa **D** Tab. 3. Fig. 1 plani **BD** vel supra vel infra horizontem positi: supponitur globus impulsus vi, quam acquireret cadendo ex **H** in **B**, datur quoque amplitudo jactus maxima super planum horizontale **BU**, cognitus fit etiam angulus **DBV**, quem efficit planum **BD** cum horizonte **BV**, & reperta per trigonometriam, aut aliter longitudine **BD**, construetur in charta triangulum rectangulum **BAD**, ex cognitis dimensionibus; habebitur elevatio puncti **D** supra vel infra horizontem positi, unaque distantia horizontalis **BA** eidem correspondens.

His positis, quia linea altitudinis **HB** est semper æqualis dimidiæ amplitudini maximæ super plano horizontali; (*)

Tab. 3 Fig. 3

fiat **H B** Tab. 3 Fig. 3 æquale dimidiæ

Fig. 2

(*) Nam **BH** Fig. 2 est dimidium amplitudinis maximæ, quia linea **BH** est $= 2 E h$; est enim diameter, $e h$ radius: ergo est dimidium de $4 E h$, sed $4 E h$ est amplitudo maxima ut porro patet ex §. 50 in nota; ergo.

diæ amplitudini maximæ cognitæ, ex puncto H erigatur perpendiculum indefinitum HO , quæ erit directrix communis omnium parabolæ descriptarum a globo impulsæ vi acquisita cadendo ex H in B ; prolongetur AD dum pertingat in S puncto aliquo directricis, quia punctum B debet esse in parabola, quam quærimus; punctum hoc æque distabit a directrice, & a foco parabolæ: si ergo ex puncto B radio BH describatur arcus indefinitus HFf , erit focus parabolæ in aliquo ex his punctis $H F f$, item punctum D etiam erit in parabola, & quidem æque distans a directrice, atque a foco ejusdem parabolæ: focus ergo erit in aliquo ex his punctis arcus $S F f$ descripti ex puncto D radio DS ; consequenter foci inveniuntur in arcibus $H F f$, $S F f$: quod fieri non potest, nisi ubi hi arcus se secant in F & f ; foci ergo parabolæ erunt in F & f . Pro habenda amplitudine, demittantur ex fo-

cis F & f perpendiculara ad horizontem $F G$ & $f g$, quæ prolongentur usque ad puncta directricis T & t ; fiat subinde $G K = B G$ & $g u = B g$: erit $B K$ amplitudo jactus, qui pro foco habet punctum F , $B U$ erit amplitudo, cujus focus est f .

Jam cum vertex parabolæ fecet semper in duas partes æquales distantiam foci a directrice, dividatur linea $F T$, $f t$ in duas partes æquales in punctis C & c , erunt hic vertex parabolæ $B C K$ & $B D U$. Denique si super prolongatis lineis $G C$ & $g c$ versus T & t accipiantur particulæ $C L$ & $c l$ æquales abscissis ipsarum, nempe $C G$ & $c g$, & ducantur lineæ ex puncto B ad extremitates L & l , habebuntur tangentibus harum parabolæ, videlicet $B b$ & $B d$, quæ tangentibus secant arcum $H F f$ in punctis b & d , & determinant elevationes, quæ tribui debent mortario ad hoc, ut bomba transeat per punctum D propositum, si
nem-

nempe circino intercipiatur arcus b g & d g; sunt enim arcus mensuræ angulorum (*).

§. 58. Traditis jam modis reperien-
di amplitudines & angulos elevationis,
investigandum jam, qua ratione tormen-
tum

(*) Supposita igitur parabola BCK, cujus axis CG additus quartæ parti suæ parametri est = lineæ altitudinis HB, atque idcirco $4 TC$ vel $4 CF \times CG = BG^2$ seu quadrato semiordinatæ; demonstrandum est, punctum D esse in parabola BCK; ad hoc demittatur perpendicularum DM ad axim CG, erit $DM^2 = CM \times 4 CF$, nam $DF = DS$ ex constructione, item $TM = 2 CF + FM$, adeoque $DF^2 = 4 CF^2 + 4 CF \times FM + FM^2$; sed propter triangulum rectangulum FMD est $FD^2 = DM^2 + FM^2$: ergo $DM^2 + FM^2 = CF^2 + 4 CF \times FM + FM^2$, vel $DM^2 = 4 CF^2 + 4 CF \times FM = CF + FM \times 4 CF = CM \times 4 CF$, adeoque quadratum $DM^2 =$ abscissæ $CM \times$ parametrum $4 CF$; jam in puncto M supponatur semiordinata Y ad axem CG parabolæ BCK: habebitur $Y^2 = CM \times 4 CF$; ergo $DM^2 = Y^2$ vel $DM = Y$, quo ostenditur esse DM ordinatam respondentem puncto M abscissæ CM, consequenter punctum D est in parabola BCK. Eodem modo ostenditur de jactu BCU. & eodem modo discurrendum, si objectum ferendum sit infra horizontem.

Nec opus est ad inveniendam tangentem, quæ indicat elevationem mortarii, construere parabolam; satis erit invento foco, determinare verticem axium ope directricis, quia tum cum semiordinatis ductis ex puncto B habebitur subtangens, consequenter tangens quæsitæ.

Fig. 4

tum aut mortarium dirigi possit, ut axis ejus cum horizonte efficiat angulum datum; in quem finem semicirculus paratur in gradus & minuta exacte divisus Fig. 4, semicirculus hic applicatur alicui regulæ, ita ut radius $G C$ cum regula efficiat angulum rectum, ex centro dependet ope fili sericei globus v. g. plumbeus; regula inditur animæ tormenti, ipsumque tormentum subjectis ad dorsum cuneis vel varia arte mechanica attollatur, aut deprimatur, dum arcus a radio $G C$ & perpendicularo comprehensus, habeat præcise tot gradus, quot habet angulus datus, erit tum tormentum directum ut petebatur (*).

§. 59. Pro dirigendo mortario paratur quadrans exacte divisus in gradus & minuta, atque perpendiculariter appetur

(*) Angulus enim quadrantis est rectus ex constructione, & angulus ad B est rectus ex proprietate corporum gravium, ergo etiam anguli $B C R$ & $B R C$ simul faciunt unum rectum, ergo $B C R + B R C = G C R$ auferendo æqualibus eundem $B C R$ remanet $G C B = B R C$, sed ex constructione angulus $G C B$ habet petitum numerum graduum, ergo

tetur alicui regulæ, quæ longior sit cujusvis mortarii calibra; ex centro quadrantis dependeat pondusculum libere mobile; regula applicetur orificio mortarii, ipsumque mortarium attollatur vel deprimatur, dum perpendiculum cum radio quadrantis extimo faciat angulum DBF Fig. 5 æqualem dato (*). Fig. 5

§. 60. Pro jactu horizontali tormenta ad scopum diriguntur ope cuneorum fundo subjectorum Fig. 6, & spe- Fig. 6
 cularis pinnulæ *fronteau de mire* Fig. 7 Fig. 7
 parti orificiali impositæ; cum enim metalli densitas ex §. 26. in parte fundi
 ma-

(*) Nam axis mortarii est perpendicularis ad diametrum sui orificii, radius BA ex constructione perpendicularis ad regulam, ergo HG & AB sunt perpendiculares ad AC, adeoque parallelæ inter se; ergo anguli CBA, & CGI sunt æquales: ergo etiam eorum complementa ad rectum sunt æqualia, adeoque $DBF = GHF$, sed DBF, ex constructione est angulus datus; ergo etiam. Rarior tamen hodie est usus directionis ad certum graduum numerum, nec jactus arcuatus sub angulo 45° admodum exacte obtinet, cum in hostes longius diffitos globi projiciuntur; nec nisi nullo subjecto cuneo, tormento videlicet super fulcro suo quiescente, elevatio circiter 45 graduum tormento tribuitur.

major sit, quam in parte orificiali; linea directionis non foret parallela superiori parti tormenti, atque idcirco globus ejectus supra scopum attolleretur: quoniam vero acies pinnulæ ab axe tormenti tantundem distat, quantum extrema pars fundi ab eodem axe; reddetur hac ratione directio tormenti axi parallela. Sed & eadem metalli densitas efficiet, ut globus infra scopum dimidia fundi diametro deprimatur, nisi tormenti directio tantundem altior existat.

CAPUT V.

De suggestibus.

§. 61.

Tormenta & mortaria obsidionibus adhiberi solita suggestibus inniuntur; sunt vero suggestus loca aggere circumducta & incisuris instructa, unde
in

in hostem vel hostilem munitionem tela ejiciuntur Fig. 8 ; in præliis vero Fig. 8 tormenta ad hostem impetendum nullis suggestibus imponuntur, quod, cum celeriter hinc atque illinc, ubi videlicet res exigit, devehenda sunt, tempus aggerem excitandi haud suppetat. Suggestus varia nomina fortiuntur pro ratione situs supra vel infra horizontem, directionis parallelæ ad frontem vel obliquæ, vel denique a latere aut tergo dispositi suggestus, iique dicuntur *batteries enterrées, directes, d'enfilade, de revers, croisées, d'écharpe ou de bricole, a redans.*

§. 62. Suggestus longitudo pendet a numero tormentorum illic collocandorum, cum enim tormentum a tormento tribus hexapedis removeri soleat, numerus tormentorum multiplicatus per 3. dabit longitudinem suggestus. Frons suggestus parallela operi quatiendo agenda est, ut validioribus nempe ictibus illud impetatur, suggestus lorica septem pedes cum dimidio
alta

alta munitur, e terra aggesta, vel longis fascibus virgultorum, quæ ad altitudinem 3 pedum perducta incisuris instruitur; hæ ita aptandæ sunt, ut tormenta se invicem juvent, ad hostem efficacius arcendum, ii vero, qui machinarum administrationi destinantur, minime hostium telis exponantur; idcirco exterior incisuræ apertura *A B* Fig. 9. 9 pedibus, interior vero *C D* tribus duntaxat hiat, quo videlicet omnis late campus *d d* tormentorum ictibus pateat, hostilibus vero telis non nisi exigua area *b b* exponatur.

§. 63. Stratum cui tormenta insunt, pro soli conditione & finis ratione, aliquot pedibus supra horizontem attollitur, versus loricam nonnihil acclive, illudque ex terra probe compacta ob retrocessionem tormentorum a vi pulveris pyrii in parte fundi agente, efficiendam (*) ligneo etiam strato suggestus

(*) Nam vis pulveris partem fundi in tormento tantumdem impellit, quantum globus propellitur, ita

gestus teguntur, quo facilius fit tormenti directio.

§. 64. Mortariorum suggestus haud multum a tormentorum suggestibus nunc descriptis differunt; lorica incisuris caret, forma stratorum a a Fig. 8 est Fig. 8. diversa, nec loricae ut in illis proxima sunt, sed nonnihil remota, neque versus loricae acclivia; suggestibus tormentorum aequae ac mortariorum fossa, &

F margo

plane, ut si tormenti pondus foret aequale ponderi ipsius globi, eadem celeritate tormentum retrocederet, qua globus ex tormento ejicitur; quo majus igitur est tormenti pondus, eo minor est ejusdem retrocessio, & motus, motu globi; erit idcirco spatium a tormento retrocedente percursum ad longitudinem tormenti, minus spatio intra animam tormenti post globum comprehenso, sicut pondus globi ad pondus tormenti; sit itaque longitudo tormenti ejaculantis globum 24 lib., 10 pedum erit pondus, tormenti circiter 64 centenariorum seu 6400 lib., retrocedet tormentum ejusmodi per spatium $\frac{2}{3} \frac{4}{5}$ de 10 pedibus, id est, $\frac{7}{5}$ unius pedis, seu non omnino dimidio digito; proinde jactus, secus ob emotionem terrae incertus, sat certus erit, si in strato, cui tormentum insertum sit, dimidii digiti spatium e terra probe compacta percurrere possit, etsi reliquum non admodum firmum sit, ut Cl. Robins fuisse ostendit; quae res non exiguae feret utilitatis, quod & labori, & sumptibus in excipiendis suggestibus non mediocriter parcat.

margo præstruitur, fossa ad latera fuggestus paullo minor deducitur, quæ aliis fossis jungitur, per quas milites permeare, & machinæ devehî possint.

Tormentorum strata excipiunt minora quædam pulveris pyrii receptacula, alterum item majus repositorium longius distans, quæ omnia ut provide adversus ignium periculâ custodiantur, cratibus obtegi debent.

§. 65. Præsente hoste, ut incisuræ cum debitis dimensionibus parentur, arte utendum est, nempe terra ad incisuræ initium submota ad duorum pedum latitudinem & profunditatem circiter in *a* & *a* Fig. 9, infigantur illic bacilli, tum hexapeda *d e* perpendiculariter applicata ad *C D* ex puncto *e* utrinque horizontales *e f* & *e g* ducantur ad angulum rectum, singulæ duorum pedum, & duorum digitorum, denique juxta directiones rectarum *a f*, & *a g* fodiat, erunt latera incisurarum debite determinata ex §. 62. uti patet ex similitudine triangulorum. Ca-

Fig. 9.

CAPUT VI.

De Cuniculis.

§. 66.

Cuniculus est cella subterranea do-
 liis vel faccis pulvere pyrio far-
 tis repleta, ad molem aliquam sibi su-
 perincumbentem in auras ejiciendam.
 Cuniculos a Francisco Georgio Italo in-
 ventos ferunt, qui author extitit Petro
 de Navarra Hispani exercitus Duci,
 ut arcem Neapolitanam, cui ab ovo
 nomen obtigit, quamque tum obside-
 bat, hac ratione expugnaret; & vero
 id præstitit Georgius, seu arte, seu ca-
 su fortuito, pulvere pyrio, ea ratione
 arci subjecto, ut partem ejusdem, præ-
 fidiique una in auras ejiceret; alii per-
 peram seu Hispano Duci, seu Francis-
 co Georgio inventum hoc tribui volunt,
 quod ex Guicciardini hist. lib. 16 erua-
 tur; cuniculos anno 1487 a Genuensibus
 in obsidione *Seresavella* tentatos fuisse.

§. 67. Spatium illud, in quo pulvis pyrius, molem subverfurus collocatur, *camera* dicitur, ad quam per ambulacrum subterraneum aditus patet, a camera ad ambulacri exitum tubus coriaceus pulvere pyrio fartus deducitur, canali ligneo, ne humorem e terra contrahat impositus, tubus hic accensus flammam camerae communicat, unde in auras moles incumbens ejicitur.

§. 68. Altitudo molis evertendæ, seu linea perpendicularis a *camera* cuniculi A Fig. 2 Tab. 4 ad planum seu superficiem terræ B ducta *linea minimæ resistantiæ* dicitur, propterea quod pulvis succensus vim suam ea parte exerat, qua minimam reperit resistantiam; idcirco linea hæc non versus latera CD sed superficiem plani ejiciendi, seu planum isthoc sit horizontale ut Fig. 3, seu verticale ut Fig. 2, seu acclive ut Fig. 4 dirigenda est.

§. 69. Pro camerarum numero dividuntur cuniculi in simplices, *mines simplices*

ples, duplices mines doubles, triplices mines triples ou treflées; simplicis exemplum Fig. 5 exhibet, triplicis Fig. 6 in his obser- Fig. 5
 va Fig. 5 A cameram cuniculi, B parafata, in cuius longitudine camera cuniculi paratur, C densitas muri, quo vallum vestitur, & in quo ambulacrum subterraneum fruatur, trabibus, & crassioribus tabulis terra contactis fultum, ne a pulveris inflammati vi patiatur vitium; D E F angulus, quem ambulacrum efficit, ne cuniculus versus idem agat; K tubus coriaceus canali ligneo inclusus.

§. 70. Sunt & cuniculi, qui hostium cuniculis opponuntur *contre-mines*, ambulacra videlicet quædam subterranea parallelâ faciebus & alis propugnaculorum exstructa, quin & in faciebus operum externorum, ipsaque via cooperta, unde in campum varia brachia *rameaux* deducuntur, ad impediendos hostium conatus, cuniculos eorundem evertendos, eosdem longius arcendos, morandos.

dosque, atque opera exstructa ac fugestus demoliendos. Minores cuniculi tempore obsidionis fieri soliti versus campum, non nisi 6, 8 vel 9 pedes terræ immerfi sunt, cameræ horum *fougasses* dicuntur.

§. 71. Cavitati post molem a cuniculo ejectam, alii coni truncati figuram AOZD Tab. 4 Fig. 7 tribuerunt, cujus diameter DZ basis minoris fit $\frac{1}{2}$ basis majoris AO; alii maluerunt cavitatem hanc dicere simplicis coni rectanguli figuram exhibere AFD Fig. 8, alii denique melius Duce *Vallierio*, qui cavitates ejusmodi diligenti examine exploravit, conoidem esse statuerunt Fig. 9 ACD in qua linea minimæ resistantiæ RF est = $\frac{1}{2}$ diametri AC ut adeo moles a cuniculo ejecta habenda fit pro paraboloidē (*).

(*) Nam in cavitatibus ADC post molem a cuniculo ejectam, observatum est, quod si in hypothesi paraboloidis statuatur focus in F & fiat DI = DF, observatum, inquam, est, esse FC = BI adeoque rectas ex foco ad latera cavitatis ductas æquari abscissæ plus quarta parte parametri, quæ est proprietas parabolæ. Porro

§. 72. In determinanda quantitate pulveris ad molem ejiciendam necessaria, momenti plurimum est; nam experientia docuit, si justo plus pulveris adhibeatur, molem non everti, sed perforari duntaxat, apertura amplitudinem cameræ non multum excedente; si justo minus, tremorem solummodo incuti, quin sequatur effectus intentus. Hæc vero farturæ determinandæ ratio ex molis ejiciendæ soliditate, & diversa gravitate specifica ejusdem petenda est. Quoniam vero Spho superiore moles a cuniculo ejecta paraboloides truncatum est A G H C, quod videlicet parabo-

F 4

loi-

Porro si in axe capiatur aliqua portio. v. g. $DT > DF$ & inde subtrahatur $TS = DF$, esse $RF = TD = SD + DI = SI = RP$, adeoque rectas ex foco ad quodvis lateris punctum ductas æquari perpendiculis ex eodem puncto ad directricem ductis, quæ rursus est proprietas parabolæ. Itaque spatio a cuniculis excavato circumcirca proprietates parabolæ conveniunt, ergo corpus, quod hoc spatium explevit, est solidum rotatione parabolæ genitum, ergo paraboloides. *M. de Valliere* in dissertatione de cuniculis annexa Tom. 3. Comment. in Polybium per Equitem *Folard*.

loides parvum $G D H$ non sursum eji-
ciatur, sed a pulveris pyrii vi in om-
nem partem, proinde & deorsum agen-
te excavatur, obtinebitur soliditas ac
pondus paraboloidis truncati, si inven-
ta soliditate paraboloidis integri, sub-
trahatur soliditas minoris.

§. 73. Quoniam vero experimen-
tis constat lineam minimæ resistantiæ B
 F esse $= BC$, dato radio BC , adeoque
diametro AC , ex Geometria investiga-
tur area circuli $ALCA$, qui est ba-
sis paraboloidis, quæratu altitudo para-
boloidis parvi a pulvere subtus exca-
vandi, ut habeatur $BF + FD$ seu BD ;
altitudo totius paraboloidis invenitur hac
ratione ex proprietatibus trianguli re-
ctanguli BFC .

$CF^2 = BF^2 + BC^2 = 2 BF^2$ vel
 BC^2 , ergo

$CF = \sqrt{2} BC$; sed ex proprie-
tate parabolæ est

$FC = CM = BI$, ergo

$BI = \sqrt{2} BC$; sed

FI

$$FI = BI - BF; \text{ ergo}$$

$$FI = \sqrt{2} BC^2 - BF; \text{ ergo etiam}$$

dimidia sunt

$$\text{\ae}qualia \frac{FI}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{2} BC^2 - \frac{BF}{2} \text{ id est ex}$$

natura parabolæ

$$FD = \frac{1}{2} \sqrt{2} BC^2 - \frac{BF}{2}.$$

Hinc tota paraboloidis altitudo BF + FD seu BD cognita est.

Basis igitur paraboloidis ante inventa multiplicetur per $\frac{1}{2}$ altitudinis nunc inventæ, factum est soliditas paraboloidis totius in pedibus & digitis &c. cubicis.

Quærat^rur pariter soliditas paraboloidis parvi GDH, est vero diameter hujus basis GH dupla ordinata transiens per focum, hæc autem ex proprietatibus parabolæ æquatur parametro; igitur GH est = FD, adeoque nota jam diametro GH quærat^rur juxta geometriam area circuli, quæ multiplicata per $\frac{1}{2}$ FD dabit soliditatem paraboloidis parvi in pedibus &c. cubicis, quam

quam si subtrahas a soliditate totius, remanebit paraboloides truncatum A G H C. Massæ hujus evertendæ gravitas specifica si aliunde non constet, pondus unius pedis cubici hujus massæ exploretur, tum inferatur:

Unus pes cubicus est ad omnes pedes cubicos paraboloidis truncati, ut pondus unius pedis cubici ad pondus paraboloidis truncati.

§. 74. Data igitur mole subvertenda, fartura necessaria determinabitur per regulam trium, nam experimentis a Clarissimo *Vaubano* compertum est, ad ejiciendam hexapedam unam cubicam terræ communis requiri 9 libras vel 10, terræ fabulosæ 11, muri ex terra prominentis 20 vel 25 lb. muri terræ immerfi 35 vel 40, muri novi 18 vel 20, muri veteris 25 vel 30.

§. 75. Tabulam pro farturis cuniculorum, quorum linea minimæ resistentiæ variæ est longitudinis ex *Vallierio* desumptam exhibemus pro solo videlicet communi.

Lon-

longitudo lineæ minimæ resistent.	Quantitas pulveris pro fartura	longitudo lineæ minimæ resistent.	Quantitas pulveris pro fartura
[libræ uncia]		[libræ uncia]	
1..	0.. 2	21..	868.. 3
2..	0.. 12	22..	998.. 4
3..	2.. 8	23..	1140.. 10
4..	6....	24..	1296....
5..	11.. 11	25..	1558.. 9
6..	20.. 4	26..	1647.. 12
7..	32.. 2	27..	1815.. 4
8..	48....	28..	2058....
9..	68.. 5	29..	2286.. 7
10..	93.. 12	30..	2530.. 4
11..	124.. 12	31..	2792.. 4
12..	162....	32..	3072....
13..	205.. 15	33..	3369.. 1
14..	257.. 4	34..	3680.. 12
15..	316.. 4	35..	4019.. 8
16..	324....	36..	4374....
17..	460.. 9	37..	4748.. 11
18..	546.. 12	38..	4144.. 4
19..	643....	39..	5561.. 2
20..	750....	40..	6000....

§. 76. Pro magnitudine cameræ inveniēda, cum constet 8 ℔ pulveris pyrii pedem fere cubicum efficere, inferatur 8 ℔ ad unum pedem cubicum, sicut inventæ ℔ pulveris ad suos pedes

92 CAPUT VI. DE CUNICULIS.

des cubicos, ex invento quarto termino extracta radix cubica dabit latus camerae cubicae pro recipienda faritura necessariae; ne vero periculum sit, ut pulvis pyrius in camera terrae humoribus vitietur, illa $\frac{1}{3}$ sui parte major fieri solet, & omnia intervalla inter pulverem & latera camerae ficcis stramentis expleri.



Tab. I Fig. 1

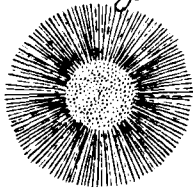


Fig. 2



Fig. 3

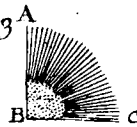


Fig. 4

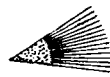


Fig. 5

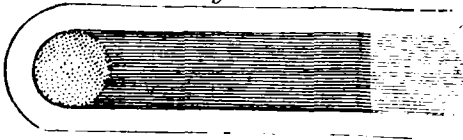


Fig. 6

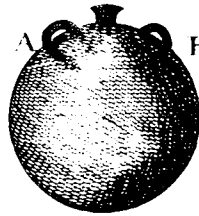


Fig. 7

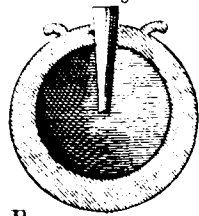


Fig. 8

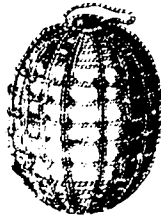


Fig. 9



Fig. 10

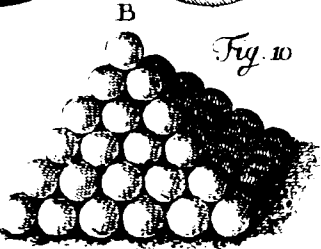


Fig. 11

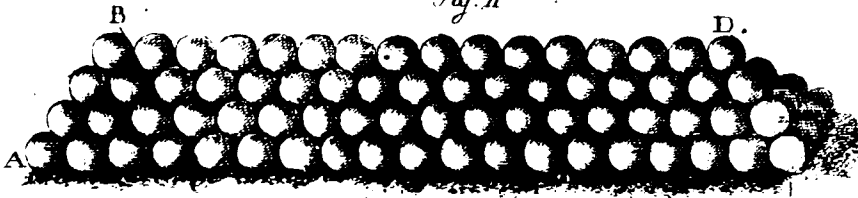


Fig. 12

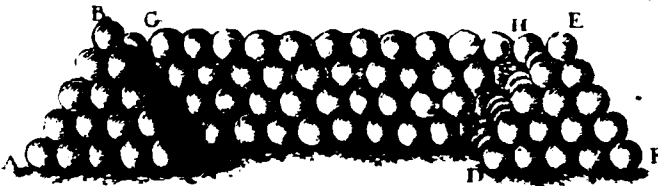
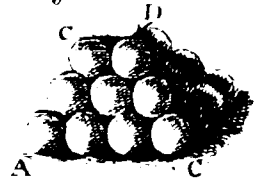


Fig. 13



Tab. II.



Fig. 1



Fig. 2

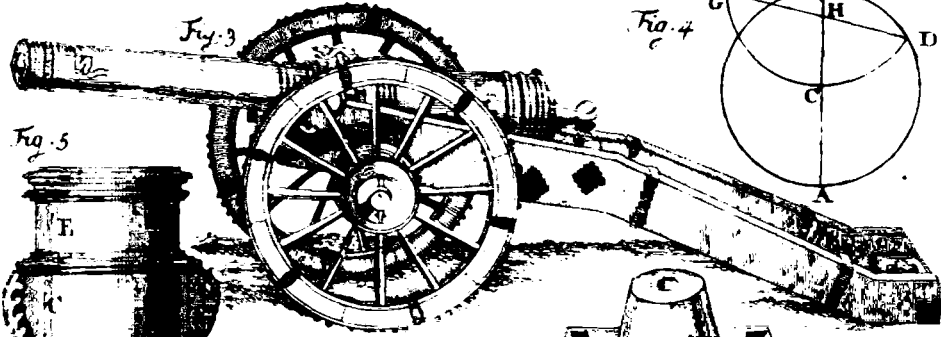


Fig. 3

Fig. 4

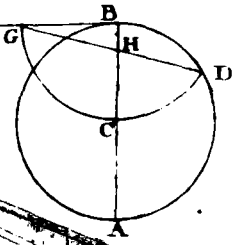


Fig. 5

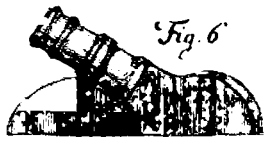


Fig. 6



Fig. 7

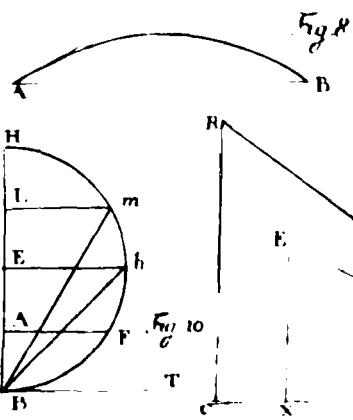


Fig. 8

Fig. 9

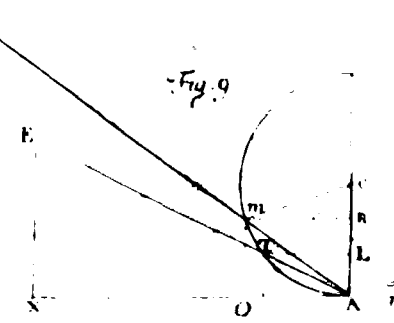
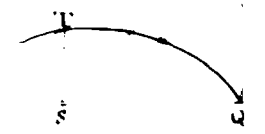


Fig. 11



P. Tero Arch. Mil

Tab. III

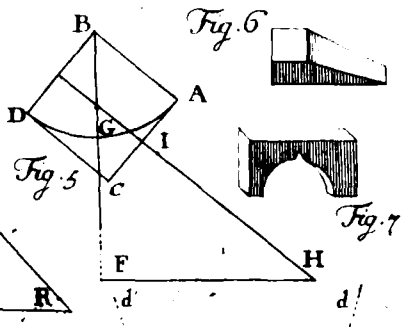
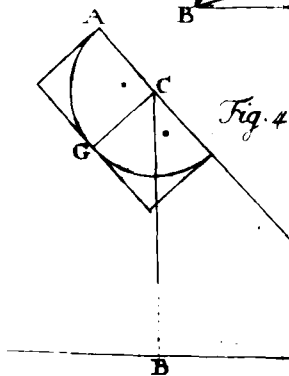
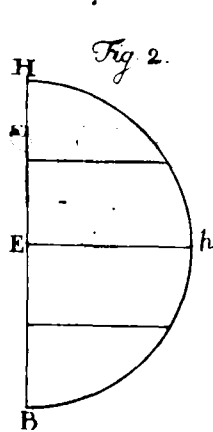
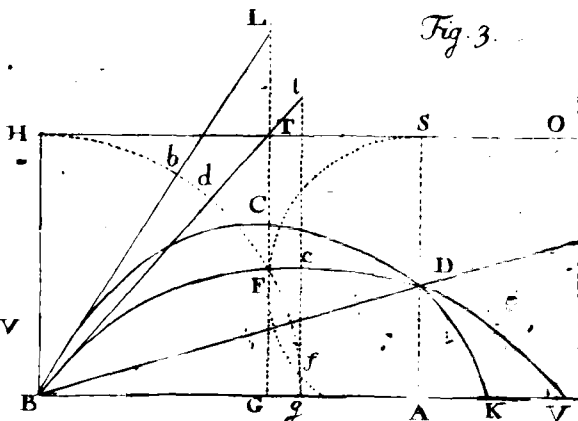
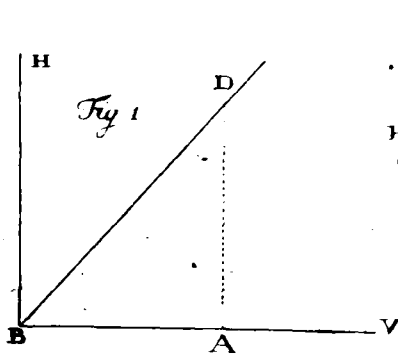


Fig. 8

