

EXIMIA
D I S S E R T A T I O
P H Y S I C O - M A T H E M A T I C A
I N A U G U R A L I S,

D E

P U L V E R I S P Y R I I
T H E O R I A,

Q U A M,

○ A N N U E N T E S U M M O N U M I N E,

Ex Auctoritate M A G N I F I C I R E C T O R I S,

D. D A V I D I S V A N R O Y E N,

M E D I C I N Æ D O C T O R I S, B O T A N I C E S I N A C A D.
L U G D. B A T. P R O F E S S O R I S O R D I N A R I I.

N E C N O N

Amplissimi S E N A T U S A C A D E M I C I *Consensu,*
& *Nobilissimæ* F A C U L T A T I S P H I L O S O P H I C Æ *Decreto,*

D. P R O G R A D U D O C T O R A T U S E T M A G I S T E R I I,

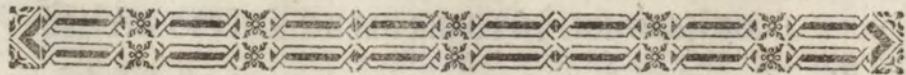
Summisque in P H I L O S O P H I A & L I B E R A L I B U S A R T I B U S H o n o r i b u s
ac P r i v i l e g i i s, r i t e ac l e g i t i m e c o n s e q u e n d i s,

Eruditorum Examine s u b m i t t i t

P Y B O S T E E N S T R A,

F R A N E Q U E R A F R I S I U S.

Ad diem 24. Martii M D C C L X I I I. *Hora 10. L. S.*

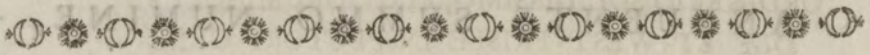


L U G D U N I B A T A V O R U M,

A p u d S A M U E L E M E T J O A N N E M L U C H T M A N S, 1763.



PULVERIS PYRRI
THEORIA



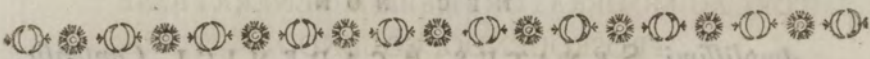
E R R A T A.

Pag. 6 linea 12 pro strepetu lege strepitu.

— 15 — 10 — expellantur lege appellantur

— 16 — 2 — XIX. lege XVIII.

— 21 — 11 — obtinet lege obtineret.



PRO GRADU DOCTORATUS ET MAGISTERII

Summi in Patrocinio & Liberalibus Artibus Honoribus

et in Legibus, the ac legibus conspicienda

Estimantur Examinantur

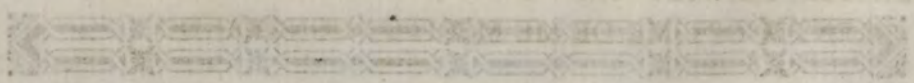
ACADEMIAE PRAESIDIUM

P Y B O S T E N S T R A

DE FRANKFURTI RHEINI

Atque in hunc modum

PROMOTORI MEDICINAE GRAVISSIMO, SINGULARI



LUGDUNI BATAVORUM

Apud SAMUELEM et JOHANNEM LUCHTMANS, 1763



Handwritten number '232' and other marks.

EXIMIIS AC CELEBERRIMIS

VIRIS

D. JOANNI LULOFS,

AA. LL. MAGISTRO, J. U. ET PHILOSOPHIÆ DOCTORI,

IN INCLITA ACADEMIA LUGDUNO BATAVA PHILOSO-

PHIÆ, MATHESIOS ET ASTRONOMIÆ PROFESSORI

ORDINARIO SOLIDISSIMO, FLUVIORUM HOLLAN-

DIÆ ET WEST-FRISIÆ INSPECTORI GENE-

RALI PRUDENTISSIMO, ACAD. REG. SCIENT.

LONDINENS. ET BEROLIN. MEMBRO.

DIGNISSIMO.

STUDIORUM MEORUM IN EADEM ACADEMIA CONSUL-

TORI AC MODERATORI DEBITA VENERATIONE

PROSEQUENDO, COLENDO.

D. JOANNI NICOLAO SEBASTIANO
ALLAMAND,

AA. LL. MAGISTRO ET PHILOSOPHIÆ DOCTORI, EJUSDEM-

QUE FACULTATIS AC MATHESIOS IN CELEBRI LUG-

DUNO BATAVORUM ACADEMIA PROFESSORI ORDI-

NARIO ACUTISSIMO, REGIÆ SCIENTIARUM ACA-

DEMIE LONDINENSIS SOCIO.

PROMOTORI MEO GRAVISSIMO, SINGULARI BENEVO-

LENTIA OPTIME DE ME MERITO, HONORANDO.

D.

D. NICOLA O Y P E Y,

IN ILLUSTRIS FRISIORUM, QUÆ FRANEQUERÆ EST, ACADE-
MIA MATHESIOS AC ARCHITECTURÆ MILITARIS
PROFESSORI ORDINARIO SUBTILISSIMO.

PROFECTUUM MEORUM IN MATHEMATICIS, IN PRIMIS
VERO ASTRONOMIA ET ARCHITECTURA MILITARI
FUNDATORI, PROMOTORI, AC PRÆCEPTORI
GRATA SEMPER MEMORIA COLENDO.

NEC NON

D. ANTONIO BRUGMANNO,

A. L. M. ET PHILOSOPHIÆ DOCTORI, EJUSDEMQUE FA-
CULTATIS IN EADEM ALMA FRISIORUM ACADEMIA
PROFESSORI ORDINARIO.

CURSUM MEORUM IN PHILOSOPHICIS DUCTORI AC
PRÆCEPTORI FIDELISSIMO, DEBITO HONORE
ET OBSEQUIO PROSEQUENDO.

Hocce studiorum meorum

Specimen in grati

animi signum

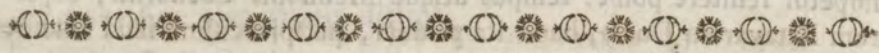
D. D. D.

PYBO STEENSTRA,

A U C T O R.



DISSERTATIO
 PHYSICO-MATHEMATICA
 INAUGURALIS,
 DE
 PULVERIS PYRII
 THEORIA.



CAPUT PRIMUM.

De Pulveris Pyrii Natura & Compositione.

§. I.



copum eorum, qui arti Bellicæ operam dant, si
 attenta mente consideremus, duplicem potissi-
 mum eum esse deprehendimus; spectat scilicet
 tum ad munimenta construenda, tum ad eadem
 destruenda. Prius scientiam Architecturæ Mili-
 taris proprie sic dictæ complectitur, posterius ar-
 tis Ballisticæ sive Artilleriæ nomine venit. Primo
 quidem constitueram universalem Matheseos & Mechanices, in Ar-
 te-Ballistica, usum utilitatemque exponere; verum campum, tam late

2 DISSERTATIO PHYSICO-MATHEMATICA

patentem, integro potius volumine illustrandum esse, quam brevi tali specimine, probe statim perspexi; quare potius nonnulla de Naturæ Pulveris Pyrii (totius quippe hujus rei quasi animæ) Theoria in hocce brevi specimine proponam.

§. I I.

Pulverem pyrium, generi humano tot nominibus damnosum, ferunt in Anglia, seculo duodecimo, a Rogerio Bacone esse inventum. Verum binis fere seculis post Bartholdus quidam Schwartz, natione Germanus, professione vitæ Monachus, & Chemicæ cultor, cum casu didicisset, pulverem hunc, in usus medicatos paratum, vi sese expandendi promptissima gaudere, hac stupenda ejus virtute explorata, statim hunc pulverem fistulæ ferreæ ac Arti Bellicæ applicuit, Venetosque ejus usum docuit; unde & nostra hac ætate, unico hocce invento Chémico, omnis belli vis tantummodo fere nititur: nec ulla amplius moles, vastissima licet, extat, quæ hujus pulveris vi atque impetui resistere possit: tempus utique Mennonis Coehornii, copiarum Batavarum Ducis, haud ita pridem, perspicacissimi illud abunde testatur: is enim Chémico hoc artificio probe perspecto, omnem belli gerendi artem, ut ita dicam, invertit, rationemque munitio- nis bellicæ mutavit, adeo ut, quæ olim inexpugnabilia habebantur propugnacula, jam defensores amplius tueri nequeant, nec incolumes fervare in urbium mœnibus.

§. I I I.

Nonne stupenda mirabilis pulveris pyrii potentia ad formidinem incutiendam apta judicabitur iis, qui ad animum revocaverint horrendam ipsius sese expandendi vim? Testantur enim multi (a), & alii experimentis comprobare conantur (b), hujus pulveris massam inflammatam ad spatium plus quam quater millies sui ipsius voluminis augeri,

&

(a) BELIDOR. Bombardier François pag. 278. MULLER Treatise of Artill. p. 34.

(b) BIGOT DE MOROGUES pag. 64. DU LACQ. Méc. d'Artill. Sect. 1.

& quidem ita, ut massula hujus pulveris, unicam tantummodo lineam cubicam magnitudine continens, si accendatur, spatium quatuor mille linearum cubicarum occupare valeat. Ratio autem hujus expansionis reddenda est, & in ipsa pulveris natura quærenda.

§. I V.

Hanc vim sese expandendi præcipue in rarefacti aëris cum pulvere mixti potestate contineri censemus: corporibus enim omnibus duplicem inesse aërem NEWTONUS (*b*), HALESIUS (*c*), BOERHAVE (*d*) aliique fufe demonstrarunt. Nempe corporum poris & interstitiis aër inhæret, qui ope Antliæ Pneumaticæ educi potest: sed præter hunc aërem, qui corporum meatibus sese insinuat, aër occultus quidam corporibus inest, qui non in ipsorum interstitiis reperitur, sed ad ipsam corporum substantiam efformandam concurrat (*e*), neque ope Antliæ Pneumaticæ educi, neque solutione partium, sed ipsarum destructione, fermentatione, putrefactione aut combustionem tantummodo a corporibus separari potest; quare & aër fixus sive elementaris dicitur.

§. V.

Ut jam aëris elasticitas pateat, novimus ex Cl. BOERHAVE (*f*) aërem, cum ignis illi applicatur, duplici gaudere proprietate, 1^o enim aër præ aliis igne cito rarefcit, & 2^o vim sese expandendi eximiam accipit. Juxta BOILEI observationes, elasticitas aëris adeo magna est, ut ab 1 ad spatium 520000^{ies} sui ipsius volumine majus sese expandat: neque tum quidem elasticitas illa cessat, sed aëri tam propria manet, ut summo etiam igne destrui nequeat (*g*). Consistit aër juxta NEWTONUM (*b*) ex partibus

- (*b*) Optic. Quæst. 30. & 31.
- (*c*) Staticæ vegetabilium Cap. V. & VI.
- (*d*) Elem. Chem. Tom. I. de Aëre.
- (*e*) BOERH. l. c. Exper. X.
- (*f*) Elem. Chem. Tom. I. pag. 381. & 386.
- (*g*) Apud BOERH. l. c. p. 388.
- (*b*) Opt. Quæst. 31.

4 DISSERTATIO PHYSICO-MATHEMATICA

tibus a se invicem recedere conantibus, & quidem eo majori vi, quo magis aër est rarefactus: si autem valde condensetur, vis ista repulliva non tantum diminuitur, & plane evanescit, sed præterea in attractivam mutatur: ita ut sola particularum inter se attractione aër ipse corpus fixum constituat. Hinc illa corporum fixorum mutatio in aërem, aërisque in corpora fixa, cujus NEWTONUS meminit (*i*), & quæ ab HALESIUS experimentis comprobatur (*k*). Ejusmodi corpora densa fermentescendo rarefiunt in varia aëris genera, magna elasticitatis potestate prædita: ipse enim NEWTONUS dicit: „ particulæ
 „ (aëreæ scilicet cum vaporibus mixtæ) e corporibus per calorem vel
 „ fermentationem excussæ, simul ac e sphaera attractionis evaserint,
 „ recedunt, & ab illa, & a se invicem magna cum vi, rursusque
 „ accedere fugiunt: ita ut nonnunquam amplius decies centies millies
 „ tantum spatii occupare comperiantur, quam quantum cum corporis
 „ densi formam haberent (*l*).” Quam magna sane aëris elasticitas! quid mirum igitur stupendos habere effectus in experimentis physicis.

§. VI.

Pulveris pyrii sese expandendi vim in explosione per ignis virtutem excitari nemini dubium est. Hæc enim præcipua ignis est proprietas, quod omnia corpora expandat, & hoc quidem pro ratione ignis simul erumpentis (*m*). In hac igitur ignis simul erumpentis efficacia, nec non in majori aëris quantitate, pulveris pyrii vis continetur: id est, certa quædam pulveris pyrii quantitas eo majorem effectum præstare valebit, quo majorem ignis simul & aëris quantitatem in se continebit, & quo minori intervallo hæc ignis copia, semel accensa, excitatur.

§. VII.

(*i*) Quæst. 30.(*k*) Static. Veget. Cap. VI.(*l*) Quæst. 31.(*m*) BOERH. El. Chem. T. I. pag. 124. & ubique sed præsertim pag. 452.

§. VII.

Eum in finem pulvis hiccæ noster ex triplici materie componitur, nempe ex Sulphure, Nitro & Carbonibus: jam videndum erit, quidnam unumquodque horum ad pyrii pulveris efficaciam contribuat?

Sulphur ex oleo chalcanti Aluminis, vel Sulphuris per Campanam, & vegetabili oleoso unitis compositum (*n*), constituit materiem oleosam mere combustibilem; adjunctam simul acerrimo, eoque acidissimo pariter sali (*o*): maxima pars igitur oleosa est; hinc multum pabuli ignis continet: huic enim oleosæ parti tantum ignis alimentum est adscribendum (*p*). Sulphur facile ad ignem diffluit, simul vero ac diffluit, admissò aëre externo, promptissime flammam concipit; sicque ardendo totum consumitur (*q*). Quoniam autem Pyrii pulveris est aërem rarefacere, atque hæc rarefactio ignis potentia efficitur, videtur unice tantum sulphur huic scopo sufficere posse, quia tantam ignis copiam in se continet. Et sufficeret forte, si modo flamma satis efficaci polleret: sed cum ejus flamma non prius nascatur, quam illud ad ignem liquefactum, adeoque valde calefactum fuerit (*r*), tota massa nimis lenta flamma consumitur.

§. VIII.

Hujus autem Sulphuris ignis efficacior redditur Nitro. Est nitrum sal per se non inflammabilis, sed omnium salium ignis potentia facillime fusilis (*s*). Nitrum fustum nunquam flammam concipit, neque ignescit, verum simul ac ita fuso ignita combustibilis materies immittitur, extemplo magno cum motu, strepituque flammam

- (*n*) BOERH. I. I. Tom. I. p. 51.
 (*o*) ————— p. 302, 303.
 (*p*) ————— p. 252.
 (*q*) ————— Tom. II. Proc. 149.
 (*r*) ————— Tom. I. p. 303.
 (*s*) ————— Tom. II. Proc. CXXVIII.

6 DISSERTATIO PHYSICO-MATHEMATICA

mam excitat; & ipsum nitrum non inflammatur, sed nitro fuso acceleratur consumptio illius materiae inflammabilis injectæ, quæ secus tardius fuisset consumpta: hæcque accelerata ignis in combustibile actio videtur vim intendere combustionis: effectus quippe nitri in combustilia ope ignis hic est tantum violentus motus repulsus, quo injecta materies, si paulo major sit, impetu explosivo a nitro projicitur, & inde totum nitrum mox pacatissime quiescit (t). Hoc nitro igitur sulphur miscendum est, ut ejus flamma efficacior reddatur: quo pacto miscela hæc, ita comparata, flammam quidem valde efficacem edit, sed tamen scopo suo nondum sufficit, etiamsi nitrum magnam aëris fixi copiam in se contineat (u); quia nitrum accensum maximo motu strepetuque aërem subtilem expellit, unde tantus flatus oritur, ut eo sulphuris flamma sæpe penitus extinguatur (v).

§. IX.

Hæc igitur est ratio quare tertia quædam materia adhibenda sit, & quidem hujus naturæ, ut nitri flatu magis magisque accendatur: huic fini optime respondent carbonēs; quibus, uti reliquis vegetantibus, oleum fixissimum inest, quod, omni volatili prorsus expulso, terrestribus partibus junctum manet; & in vase clauso nulla ignis vi expelli, aut separari potest. Hoc oleum itaque carbonibus semper inest, atque ex eo, spongeosaque carbonum substantia, simul ac ex eorum nigritudine, ratio petenda est, quod tam facile accendantur, ut a minima scintilla ignitionem subeant, susceptamque aëre admisso, propagent. (x).

§. X.

Hæc triplex materies (§. VII—IX) inter se mixta, constituit pulverem pyrium. Quando hic pulvis accenditur, carbonēs sulphure imbuti,

cum.

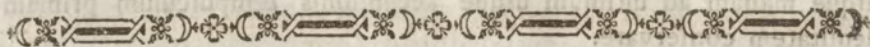
(t) BOERH. Elem. Chem. Tom. II. Proc. CXXX.

(u) BELIDOR Bomb. Fr. pag. 282.

(v) ————— pag. 287.

(x) BOERH. Elem. Chem. Tom. II. Procef. 32.

cumque eo arctissime conjuncti (a), primum ignem concipiunt, & flammam cœruleam edunt: aër vero in nitro contentus, ignis potentia rarefactus, flatu suo hanc flammam cum partibus vicinis communicat, & sic tota massa in flammam excitatur, donec integra sit consumpta.



CAPUT SECUNDUM.

De Inflammatione Pulveris Pyrii.

§. XI.

Exposuimus sic naturam Pulveris pyrii; nunc ejusdem inflammationis leges perscrutandæ sunt. Nulla mutatio fit in rerum natura sine motu, nec motus fieri potest nisi in tempore; quamvis ergo tempus, quo pulveris quædam quantitas inflammatur, admodum breve esse videatur, illud tamen instantaneum non esse, necesse est: sed hujus rei veritatem BIGOT DE MOROGUES (b) D'ARCY (c), DU LACQ (d) aliique experimentis satis comprobarunt. Si ergo pulveris massa quæcumque in puncto quodam accendatur, concipere licet tempus, per quod integra massa inflammatur, in minora tempuscula esse divisum, singulisque horum tempusculorum rursus nova pulveris granula flammam concipere.

§. XII.

Adsumemus jam pulveris massam habere figuram sphaericam, cu-

(a) D'Arcy Essai d'une Theorie d'Artill. pag. 37. & seqq.

(b) Essai sur la Poudre pag. 119 & 120.

(c) Memoires de l'Acad. Royal. de Sc. de Paris 1751.

(d) Mecanisme de l'Art. part. I. sect. 1.

jus radius sit in partes æquales divisus, ita ut integra sphaera tot sphaerulas concentricas minores comprehendat, quot partes æquales ejus radius continet: quarum radii inter se sunt uti numeri naturales, ac proinde eorum massæ uti horum numerorum cubi. Ponatur porro in Centro, sive interiore sphaerula, primam ignis operationem oriri, atque massam ad ultimum usque accensionis tempusculum primam densitatem conservare.

Ignis in spatio sive corpore collectus, ut ibidem sensibus nostris adpareat, ad omnem plagam æquabiliter nititur; exinde hac sua virtute se movet & expandit quaquaversum a centro sui spatii vel corporis (*d*): idem hoc etiam in pulveris pyrii inflammatione locum habere, testatur MULLER (*e*), & pulchre experimentis demonstratur a DU LACQ (*f*). Si autem ignis propagatio, in accensione sphaeræ pulveris pyrii a centro suo motu fieret æquabili, sic ut ignis spatia æqualia in temporibus æqualibus absolveret, accensionis tempora radiis sphaerularum forent proportionalia: ac proinde, si tempus accensionis totius sphaeræ in tot momenta æqualia fuerit divisum, in quot partes ejus radius divisus est, incenderetur interior sphaerula in primo momento, proxima in duobus primis momentis, tertia in tribus, & sic porro, donec tota massa in flammam erumperet; adeoque quantitates pulveris inflammati auferentur in ratione triplicata temporum.

§. X I I I.

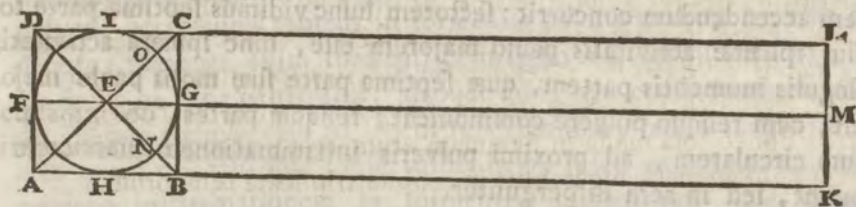
Ita res se haberet, si ignis diffusio motu æquabili fieret. Illud vero locum non habet, cum pulveris pyrii globus a centro suæ molis accenditur; hoc in casu enim pulveris inflammati quantitas continuo increfcit, quare inflammationis effectus duplici modo mutationem subit: primo enim accrescit ignis efficacia, prout pulveris accensive agitantis quantitas augetur: secundo ob majorem pulveris accensive

(*d*) Elem. Chem. Tom. I. Exp. XI. Coroll. 1.

(*e*) Treatise of Artillery, pag. 25.

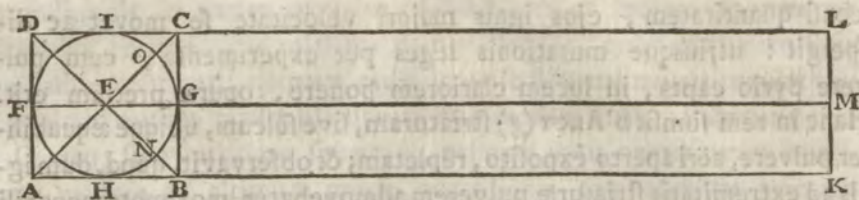
(*f*) Mécanisme d'Art. par. I. Sect. 1. BÉGOR de Morogues, pag. 43. & 44.

centi quantitatem, ejus ignis majori velocitate se movet ac dispergit: utriusque mutationis leges per experimenta, cum pulvere pyrio capta, in lucem clariorem ponere, operæ pretium erit. Hanc in rem sumsit d'Arcy (g) striaturam, sive sulcum, ubique æquabiliter pulvere, aëri aperto exposito, repletam; & observavit, quod, dum ignis ad extremitatis striaturæ pulverem admovebatur, mox motu æquabili per integram striaturam propagaretur: hujus autem striaturæ sectionis plana, ad longitudinem perpendicularia, ubique eandem habebant magnitudinem, & quidem quadrata erant; quare superficies pulveris pyrii, quam ignis singulis successive sese sequentibus momentis tangebatur, semper eadem erat. Si jam striaturæ longitudinem imaginemur in partes æquales esse divisam, quarum singulæ longitudinem ipsi profunditati æqualem habeant, dividetur striatura in cubos, qui singulis successive sequentibus momentis æqualibus accenduntur: singuli autem horum cuborum tantummodo partem sui ignis excitati, quæ sexta parte suæ molis minor est, cum re-



liquo pulvere communicant. Sit enim FHGI circulus, quadrato ABCD inscriptus, AC & BD diametri hujus quadrati. Si rectangulum FMLD circa axin FM circumvolvatur, describit rectangulum FL cylindrum AL; cylindrus ABCD describitur a rectangulo FGCD, globus FHGI a semicirculo FGI, & conus BCE a triangulo EGC, ex circumvolutione sectoris circuli ENO circa perpendicularum EG oritur sector globi ENO, cujus contentum ad illud totius globi FGHI est, uti superficies, quam arcus quadrantis OGN describit, ad superficiem totius globi; adeoque uti sinus versus semi quadrantis ad diametrum, hoc est quam proxime ut 1 ad 6,86,

(g) Mem. de l'Acad. de Sc. 1751.



6,86, quæ ratio est constans. Repræsentet jam AKLD striaturam pulvere repletam; sit ABCD cubus qui in momento quodam accendatur, & globus FHGI, huic cubo inscriptus, exhibebit sphaeram, per quam ignis, tanquam a centro suo, eodem momento se dispergit, quæ *Sphæra Activitatis* pulveris passim appellatur (*b*). Sphæra hæc nihil sui ignis cum reliquo pulvere communicare potest, nisi qui superficie, lineis EO & EN descripta, continetur (*i*). Si ergo singulis suceffive sequentibus momentis cubus pulveris ABCD inflammetur, hujus sphaeræ sector ENO tantummodo ad reliquum pulverem accendendum concurrit: sectorem hunc vidimus septima parte totius sphaeræ activitatis paulo majorem esse, hinc sphaera activitatis singulis momentis partem, quæ septima parte suæ molis paulo major est, cum reliquo pulvere communicat; reliquæ partes, ob ignis motum circularem, ad proximi pulveris inflammationem nihil contribuant, sed in aëra disperguntur.

§. XIV.

Hujus veritas autem non tantum ex natura inflammationis, sive ignis motu circulari, deduci potest, sed etiam experimentis confirmatur.

Obtexit D'ARCY (*k*) præcedentem pulverem levi tantum obturamento, & per tres decimas temporis partes eadem pulveris quantitas, ad eandem longitudinem porrecta, fuit consumpta; unde constat pulveris obtecti inflammationem sese diffudisse velocitate, quæ ad

(*b*) DU LACQ Méc. de l'Art. Part. I. ubique, BROT DE MOR. Essai sur la Poudre pag. 96.

(*i*) BOERHAVE Elem. Chem. Tom. II. pag. 181.

(*k*) L. L.

ad illam pulveris non obtekti fuit, uti decem ad tres. Sin autem obturamentum ita fuisset, ut omnis pulveris inflammati ignis conservaretur, & ad reliquum pulverem accendendum concurreret, non tantum singulis momentis pollex cubicus, qui plusquam sextuplum præcedentis sectoris est, in reliquum pulverem ageret, sed præterea pulveris, in antecessum excitati, & nondum extincti, ignis augetur sequentis inflammationis intensitatem, quo ignis velocitas fieret accelerata; ita ut hæc velocitas, si pulveris inflammati quantitate proportionalis sit habenda, in posteriori experimento, cum pulvis bene fuerat obtektus, plus quam sextuplo præcedente major fuisse debuerit: sed hic notandum est, striaturam asseribus ligneis tantum instructam, atque aliis asseribus modo superpositis obtektam fuisse, ita ut flamma ubique per hiatus egrederetur: adeoque minime omnis pulveris inflammati ignis conservaretur. Præterea lignum ad ignem reflectendum minime idoneum est, sed admodum porosum, adeoque ignis facile illud penetrat. Haud difficulter ergo intelligitur pulveris accensionis tempus in tormentis bellicis multum brevius esse debere; materies enim tormenti cum ligno multum fit densior, non ita facile ab igne penetratur: ideoque ad ignem conservandum, ut & ob figuram Cylindricam ad ignem reflectendum, multo magis idonea est: quam ob rem ipse Observator dicit, hisce experimentis videri pulveris inflammationem in tormentis instantaneam esse debere. Saltim quod in tormentis accensionis velocitas plus quam sextuplo major sit velocitate accensionis præcedentis pulveris non obtekti, ex calculo summi EULERI (1) colligi potest.

§. X V.

Ut autem inflammationis intensitas, pro ratione quantitatis pulveris accensi, sive ignis agentis, paulo accuratius determinetur, sequentia veniunt consideranda. Experti sunt iidem Observatores (m) ignem

(1) Erlauterte Artill. pag. 145.

(m) Memoir. de l'Acad. Royal. de Paris 1751.

ignem per diversas striaturas progredi velocitate, quæ sequitur rationem subduplicatam superficiæ striaturarum planorum, ad longitudinem perpendicularium. Et quidem hoc modo: assumebant aliam striaturam, quæ cum præcedente eandem longitudinem habebat, & cujus sectiones, ad longitudinem perpendiculares, ubique quidem æquales erant, sed singula sectionis plana in posteriori striatura duplo majorem magnitudinem habebant, quam in priori: ita ut posterior striatura, sub eadem longitudine, duplo majorem pulveris quantitatem continere valeret. Has striaturas ubique æquabiliter pulvere replerunt, & observarunt, ignem admotum per utramque striaturam motu æquabili se dispergere; sed posterioris striaturæ pulvis, etiamsi ejus quantitas prioris fuit duplum, tamen minori temporis intervallo consumebatur: & quidem ita, ut tempus inflammationis posterioris striaturæ ad illud prioris, quam proxime uti 5 ad 7 esset; quare ignis velocitas in posteriori striatura, ad ejus velocitatem in priori quam proxime uti 7 ad 5 fuisse, necesse est. Planum vero sectionis posterioris striaturæ, ad planum prioris sectionis fuit uti 2 ad 1; quorum numerorum ratio subduplicata est $\sqrt{2}$ ad $\sqrt{1} = 1,4 : 1$ quam proxime, adeoque uti 7 : 5 nam $1,4 = \frac{7}{5}$; unde sequitur, velocitates, quibus ignis diversas striaturas percurrit, esse in ratione subduplicata superficiæ, quam ignis successive tangit. Sit ergo alicujus striaturæ sectionis planum s , ignis vel inflammationis velocitas v & habetur $v = \sqrt{s}$. Et inflammationis tempus $t = \frac{1}{\sqrt{s}}$.

§. XVI.

Primo hic notari potest, pulverem inflammatum striaturæ superius apertæ, ubi minimam invenit resistantiam, exsilire; hinc ignis flamma, durante hujus striaturæ accensione non mutatur, sed ubique eandem densitatem conservat: & hac de causa, forte, velocitas inflammationis in hoc casu non augetur, sed æquabilis manet. Nar
ob

observatum fuit, ignem velocitate diversa per striaturas, quarum sectionis plana inter se differebant, progredi, ita ut æqualibus momentis majores quantitates accensæ sint in striatura, cujus sectionis plana majora erant, quam in altera striatura; neque velocitas ista augetur in ratione quantitatum, quas vidimus æqualibus momentis in utraque striatura flammam concepisse, sed in subtriplicata ratione harum quantitatum; hujus rationem puto in eo latere, quod inferiores pulveris inflammati particulæ, in majori striatura, majorem granulorum numerum, transire debeant, antequam in liberum aërem se dispergere possint; numerus iste radio sphaeræ activitatis est proportionalis, & ita concipi potest, ac si hæ particulæ inferiores superioribus premerentur, pressione, quæ longitudini radii sphaeræ activitatis proportionalis est, quo cujuscunque radii flamma in eadem hac ratione condensatur, & pro ratione condensationis intenditur; & sic velocitatem, huic condensationi proportionalem acquirit; sic denique intelligitur, in striaturis apertis singulorum sphaeræ activitatis radiorum flammam accelerari in eadem ratione, qua numerus particularum, quas singuli continent, accrescit.

§. X V I I.

Si porro accensionem pulveris striaturæ obtectæ, cujus mentionem injecimus §. XIV, paulo accuratius contemplemur, statim videmus, per obtectionem numerum particularum, in sphaeræ activitatis radiis, non augeri, quare & flammæ intensitas hujus respectu accelerari nequit. Sed primo intuitu quis diceret, quia pulveris inflammati particulæ in hoc casu aëri aperto non expositæ sunt, flammæ densitatem tamen in ratione quantitatis pulveris inflammati accrescere debere, & consequenter inflammationis velocitatem hanc rationem esse secuturam. Sed patet primo, omnem pulveris inflammati ignem non conservari, verum successive perire, partim quia lignum illi minime resistere valet, partim vero quia flamma ubique per rimas egressa fuit: præterea pulvis accensus & consumtus immediate post primam inflammationem in posteriori parte striaturæ ob-

teſtæ ſpatium relinquit, quo efficitur 1°. ut ignis ibi repelli non poſſit; & ſic ſtatim dimidia pulveris inflammati, ſive ſphæræ activitatis pars perit, ita ut ad reliquum pulverem accendendum non concurrat: & præterea ſpatium illud cauſa eſt, quod alterius dimidiæ partis flamma, quæ ceteroquin, ſi ignis a ligno reflecteretur, in reliquum pulverem ageret, ibi minorem reſiſtentiam ad ſe dilatandam inveniat, quo ejus denſitas diminuitur: ita ut ex his concludi poſſit, quod minime per hanc operturam dimidium ſphæræ activitatis cum reliquo pulvere fuerit communicatum; ſed quod ejus pars, quæ hoc in caſu in reliquum pulverem egit, triplo ſectoris ſtriaturæ apertæ fuerit minor, & etiamſi velocitas inflammationis in ſtriatura obteſta, illa ſtriaturæ apertæ plus quam triplo fuerit major, illud non tantum a majori particularum in reliquum pulverem agentium numero, ſed etiam ab earum compactione proveniat; quia neceſſe eſt, ut particulæ, quæ ex partibus IEO & HEN in reliquum pulverem agunt, ſuam flammam in ſuperficie circuli BC reddant compactionem.

§. XVIII.

Dentur jam ſtriaturæ A & B apertæ, ſint reſpectivæ earum longitudines L & l, ſectionis plana S & s, inflammationis velocitates V & v, & tempora T & t. Quia inflammationes uniformiter fiunt, ſive quia ignis motu æquabili per ſtriaturam quamcumque progreditur, motus æquabilis formulam generalem $L:l = V \times T : v \times t$ hic locum habere, neceſſe eſt; ſed habetur $V:v = \sqrt{S} : \sqrt{s}$ juxta §. XV; adeoque $L:l = T \times \sqrt{S} : t \times \sqrt{s}$ pro formula generali in accenſione ſtriaturarum haberi poteſt: unde deducitur

1°. $T:t = \frac{L}{\sqrt{S}} : \frac{l}{\sqrt{s}}$. Quæcumque itaque ſunt ſtriaturarum longitudines, vel ſectionis plana, tempora inflammationis ſequuntur rationem compositam ex directâ ratione longitudinum, & inverſa ſubduplicata planorum ad longitudinem perpendicularium: ſi itaque $L:l = \sqrt{S} : \sqrt{s}$, erit $\frac{L}{\sqrt{S}} = \frac{l}{\sqrt{s}}$, proinde $T=t$. Id eſt, duæ ſtriaturæ

ture

turæ apertæ eodem temporis intervallo inflammantur, si earum longitudines in subduplicata ratione planorum ad longitudinem perpendiculariarum sint. Illud autem locum habet, quotiescunque striaturarum figuræ parallelepipedæ similia, vel cylindros similes constituunt: sunt itaque cylindrorum vel parallelepipedorum similium inflammationis tempora æqualia. Quia autem quarumcumque striaturarum cubi semper similes sunt, omnes hi cubi quoque in æquali temporis intervallo flammam concipere debent: ac proinde etiam globi, qui hisce cubis inscribuntur; & hinc forte ratio est petenda, quare globi isti pulveris *sphærae activitatis* expellantur, quia nimirum in accensione diversarum striaturarum ignis activitas horum globorum radiis proportionalis est.

§. XIX.

Ponamus nunc, duorum globorum G & g circulos maximos esse S & s . Cylindri sub iisdem basibus S & s , hisce globis æquales, erunt respective uti $\frac{2}{3}S\sqrt{S}$ & $\frac{2}{3}s\sqrt{s}$. proinde similes. Si pulveris gravitas specifica ad illam globi uti 1 ad n , & pondus facturæ, in utroque tormento, ad pondus sui ipsius globi ut 1 ad p ponantur, & præterea circulus animæ tormenti circulo maximo globi æqualis; spatium, quod pulvis, ejusdem ponderis cum globo G , in tormento occupat, habetur $\frac{2}{3}nS\sqrt{S}$, & spatium illud pulveris in tormento globi g erit $\frac{2}{3}ns\sqrt{s}$; spatia ista mutantur, pro ut pondus facturæ p majorem vel minorem rationem ad pondus globi habeat; ita ut spatium, quod pulvis in tormento globi G occupat, sit $\frac{2nS\sqrt{S}}{3p}$, dum pulvis in tormento globi g spatium $\frac{2ns\sqrt{s}}{3p}$ implet. Spatia ista constituunt cylindros; vocentur ii K & k respective, & habetur $K:k = \frac{2nS\sqrt{S}}{3p} : \frac{2ns\sqrt{s}}{3p} = \sqrt{S^3} : \sqrt{s^3}$, ac proinde similes. Si itaque
 aëri.

aëri aperto expositi essent, per æqualia temporis intervalla inflammarentur, ex §. XIX.

Hinc deducimus, quod si tormentorum quorumcumque farturæ homogeneæ ubique constantem cum globis suis rationem habeant, constituent omnes cylindros similes: adeoque omnes horum tormentorum farturæ æquali temporis intervallo incenderentur, si modo aëri aperto essent expositæ: verum tormenti fartura obtecta est; videamus ergo, quomodo in farturæ inflammatione res se habeat.

§. X X.

Supra §. XIV. jam indicavimus, ignis velocitatem in casu accensionis pulveris in tormentis esse acceleratam: ut hoc velocitatis augmentum respectu temporis inflammationis habeatur, ponemus farturæ densitatem ad inflammationis finem eandem manere, omnemque accensi pulveris ignem conservari. Si tormentum ita esset comparatum, ut integra ignis excitati quantitas in reliquum pulverem ageret, non modo omnis sphaeræ activitatis ignis in reliquum pulverem ageret, quo ejus intensitas tanto major fieret, quanto integra sphaera sectorem suum superat; sed ejus intensitas præterea cresceret, ob majorem ignis compactionem (*a*), quæ quadruplo major fieret; quia circulus maximus globi, per quem hoc in casu ad reliquum pulverem pertingeret, quarta pars est superficiei totius sphaeræ. Tormentorum vero materiem hanc densitatem non habere, monstrat eorum calor post explosionem. Præterea pulveris pars quædam per lumen accensorium defilit; ideo assumemus pulveris inflammati flammam sive ignis excitati intensitatem, post primum inflammationis momentum, in ratione pulveris accensi quantitatis tantummodo augeri, quando juxta §. XVII. inflammationis intensitatem in eadem hac ratione augeri oportet. Ponamus ABCD esse farturam, sit EF diameter circuli mobilis, laterique AB perpendicularis, & habentur farturæ quantitates

(a) BOERH. El. Chem. Tom. I. pag. 182.

tates ABCD, AEFD ipsarum longitudinibus proportionales; proinde & accensionis velocitas, quia illam accensi pulveris quantitati proportionalem posuimus, secutura est rationem ipsius AE. Sit itaque $AE = x$, longitudo totius farturæ $AB = n$, calibra tormenti $AD = AG = a$: ponatur c velocitas, qua cum cylindrus pulvereus AGHD, cui sphaera activitatis inscripta est, motu æquabili accenditur, & habebitur c pro inflammationis velocitate in G, quæ velocitas postea, ob pulveris inflammati auctam quantitatem, accelerabitur. Ut jam inflammationis velocitas in E habeatur,

erit $AG : AE = \text{veloc. in G ad veloc. in E}$.

hinc $a : x = c : \text{velocitatem in E} = \frac{cx}{a}$.

si porro t designet tempus, per quod farturæ pars AEFD inflammatur, erit $\frac{cx}{a} t = x$, seu $ct = \frac{ax}{x}$; est autem ob eandem farturam in hoc casu c quantitas constans, adeoque hujus integrale $ct = a \text{Log. } \frac{x}{a}$,

sed correctum $ct = a + aL. \frac{x}{a}$, hinc $t = \frac{a + aL. \frac{x}{a}}{c}$, & integra fartura

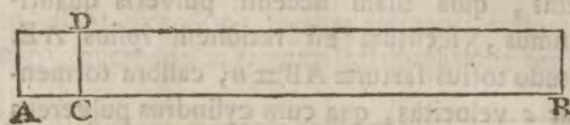
tempore, quod per $\frac{a + aL. \frac{n}{a}}{c}$ exprimitur, flammam concipit.

§. XXI.

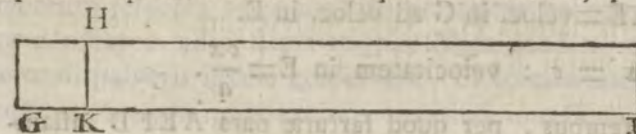
In sulcis vero apertis velocitas c , qua ignis per activitatis sphaeræ radium se diffundit, facillime haberi potest: accepimus enim ex observationibus acutissimi d'Arcy (a), quod omnis pulvis in striatura,

(a) Memoire de l'Acad. Royal. des Sc. 1751.

tura, quæ longitudinis 384 pedum erat, & cujus sectionis, ad longitudinem perpendicularis, plana ubique quatuor linearum latitudinem, sub eadem profunditate habebant, motu æquabili per spatium $70\frac{1}{2}$ minuti secundi inflammaretur (a): hinc longitudo quatuor linearum accenditur per spatium temporis, quod ducentesimæ parti



unius minuti secundi æquatur; si itaque striaturæ pars AD cubicam habeat figuram, cujus latera singula longitudinem quatuor linearum habeant, percurreret ignis spatium AC in ducentesima unius minuti secundi parte, adeoque per integrum minutum secundum ducentesies spatium ipsius AC motu æquabili absolvit, proinde $c = 200 AC$.



Si rursus aliam striaturam quamcumque GI assumamus, hujus partem cubicam GH eodem temporis spatio flammam concipere, ex (§. XVIII.) dictis apparet. Hinc etiam hoc in sulco GK per ducentesimam partem unius minuti secundi percurritur, ac proinde rursus $c = 200 GK$; unde sequitur, quod c , in accensione striaturæ pulveris aëri aperto expositi, æquale est ducentesies radici ex plano striaturæ sectionis.

§. XXII.

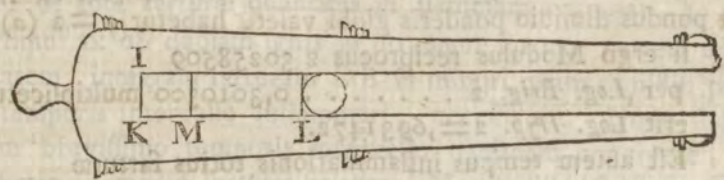
Sic res se habet in striaturis, quarum pulvis aëri aperto est expositus; cum autem pulvis obtegatur, inflammationis velocitas augeatur, & decem tertias partes non obteçti valet (b): si ergo primum farturæ cylindrum cum striaturæ obteçtæ pulvere conferamus, & supponamus hujus primi cylindri æqualem partem per lumen accensorium perditum ire, quam in accensione striaturæ obteçtæ per hiatus

(a) Théorie d'Artill. par M. d'ARCY ppg. 173.

(b) Mem. de l'Acad. Royal. des Sc. 1751. & Theor. d'Artill. par M. d'ARCY p. 475.

egredi supra indicavimus, tunc erit c in casu accensionis farturæ AB æquale $196 \times \frac{10}{3} \times AC = \frac{1960}{3} AC = 653 AC$. Cum autem cujuscumque tormenti calibra AC pro unitate, sive $a=1$, assumatur, habetur semper $c=653$.

§. XXIII.



Detur jam pulveris fartura IL, cujus pulvis cum priore perfecte homogeneus sit; ponatur $KI = KM = 1$, $KL = m$, velocitas in $M = g$, & tempus inflammationis totius $IL = d$, tunc erit

$$d = \frac{IK + IK \times L \cdot m}{g} = \frac{IK + IK \times L \cdot \frac{KL}{IK}}{g}$$

proinde $d : t = \frac{IK + IK \times L \cdot \frac{KL}{IK}}{g} : \frac{AD + AD \times L \cdot \frac{AB}{AD}}{c}$

dividantur termini secundæ rationis per $\frac{IK}{g} = \frac{AD}{c}$ quia habetur $IK : g = AD : c$ ex §. XX.

& erit $d : t = 1 + L \cdot \frac{KL}{IK} : 1 + L \cdot \frac{AB}{AD}$

si itaque $d = t$, erit $1 + L \cdot \frac{KL}{IK} = 1 + L \cdot \frac{AB}{AD}$

sive $L \cdot \frac{KL}{IK} = L \cdot \frac{AB}{AD}$ quod locum habet, cum $KL : IK = AB : AD$ fit.

Unde sequitur, quod tempora accensionis diversarum farturarum sint æqualia, si ipsarum altitudines tormentorum calibris sint proportionales.

nales. Et propterea tormentorum farturæ, quæ ad suos globos eandem habent rationem, per æquale temporis spatium flammam concipiunt.

§. XXIV.

Potest autem spatium illud temporis inveniri, si modo ratio inter pondus farturæ & globi determinetur. In tormentis, quorum farturæ pondus dimidio ponderis globi valet, habetur $n=2$ (a).

si ergo Modulus reciprocus 2 30258509

per *Log. Brig.* 2 0,3010300 multiplicetur

erit *Log. Hyp.* 2 =,6931472.

Est autem tempus inflammationis totius farturæ

$$t = \frac{1+L.n}{c} = \frac{1,6931472}{653} = \frac{1}{386} \text{ minuti secundi.}$$

Quod cum calculo summi EULERI (b) exacte congruit.

§. XXV.

Ex his deducere licet, pulveris quantitates, quæ singulis æqualibus momentis, in diversis tormentis accenduntur, in majoribus tormentis majores esse quam in minoribus: sunt enim cylindri, qui per momenta æqualia in diversis tormentis flammam concipiunt, similes. Sed corpora similia quaecunque inter se sunt in triplicata ratione laterum homologorum, cylindrorum vero latera homologa sunt basium diametri, adeoque tormentorum calibræ: hinc manifestum est, quantitates pulveris, quæ diversis in tormentis per singula momenta æqualia flammam concipiunt, inter se esse in triplicata tormentorum calibrarum ratione. Si ergo tormentorum Calibræ sint C & c, & pulveris, quæ in æqualibus momentis accenduntur, quantitates Q & q, habebitur $Q : q = C^3 : c^3$.

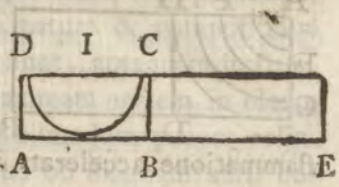
§. XXVI.

(a) MULLERS Treat. of Artill. pag. 44.

(b) Erlauterte Artill. pag. 145.

§. XXVI.

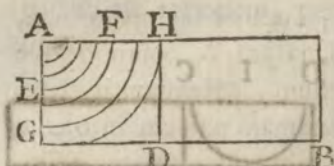
Haecenus supposuimus, ignem ad extremitatem farturæ applicari, quemadmodum in D, si autem in medio farturæ I, accensio initium capiat, tantum dimidium longitudinis farturæ ab igne est percurrendum, ut tota farturæ quantitas in flammam erumpat, ac propterea, simul & ob duplam ignis in utramque farturæ partem agentis quantitatem, integram farturam DB in minori quam dimidio præcedentis temporis intervallo inflammari, necesse est. Unde sequitur farturam brevissimo temporis intervallo flammam concipere, cum inflammatio in medio farturæ oriatur. Verum illud tantum obtinet si fartura ad inflammationis finem usque, primam suam densitatem conservaret, sed globus, ab initio accensionis statim, cum parte quadam farturæ, versus orificium tormenti in E abit (a), adeoque ignis prius ad fundum in D quam ad orificium in E penetrabit. Unde intelligitur, quod hoc in casu lumen accensorium inter medium I & anteriorem partem farturæ C esse debeat, ut farturæ pulvis brevissimo temporis spatio flammam concipiat. Ratio ergo aperta est, ex qua intelligitur, farturam, cæteris paribus, maximam vim cum globo esse communicaturam, cum accensorium lumen inter medium farturæ & globum est dispositum; quod experimentis comprobari notavit Acutissimus d'ARCY (b).



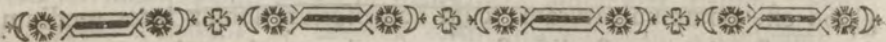
§. XXVII.

Supposuimus in præcedenti calculo (§. XX—XXVI.), cuborum IM & DG inflammationis tempora inter se esse æqualia; id quidem locum haberet, cum ignis per integram plani accensionis superficiem pulveri

(a) Mem. de l'Acad. Royal. de Paris 1751.
 (b) ————— 1751.



applicaretur. Sed accenditur fartura per lumen accensorium tanquam a puncto quodam, uti in A, verbi gratia; quam ob rem accensio tanquam a puncto incipit, quo efficitur, ut orbis EF, HG, &c. inflammatione accelerata incendantur, ita ut Cylindrus primus AD non in primo momento, sed inflammatione accelerata accendatur. Præterea non omnis hujus Cylindri pulvis conservatur, ut ad reliquum pulverem accendendum concurrat, uti supposuimus; sed multum auræ pulveris per lumen accensorium perit, & hoc detrimentum eo majus esse debet, quo majori temporis spatio ignis indigeat, ut ad fundum G penetret. Hinc per se patet, farturam hoc modo partem suæ vis perdere: potest autem detrimentum illud diminui, cum fartura a lumine A ad fundum G usque perforatur: tunc enim in prima inflammatione ignis majori pulveris superficiei applicatur; id circo tempus inflammationis cylindri primi AD diminuitur, & farturæ vis augetur: hoc virium augmentum, quod ex perforatione luminis, præsertim in parvis farturis, acquiritur, satis esse validum, ex experimentis a SNELLEN (a) relatis, intelligi potest.



CAPUT TERTIUM.

De Pulveris Vi Elastica.

§. XXVIII.

Restat ut pulveris vim elasticam investigemus; quem in finem pulverem inflammatum considerabimus, in ultimo ante explosionem statu. Pulverem post inflammationem fluidum elasticum, aëris in-

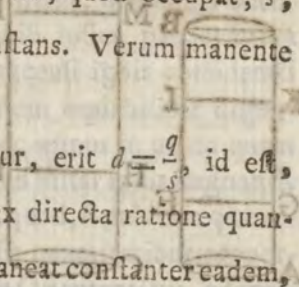
(a) In Dissert. de Pulvere Pyrio.

instar, relinquere, HAUKEBEE (a), ROBINS (b) multique alii experimentis comprobarunt. Pulverem autem, durante sua operatione, pro fluido elastico esse habendum, ex ipsius natura & compositione sponte patet. Sulphur enim & Nitrum liquefiunt, antequam in flammam erumpunt (c), carbonisque accensi maximam partem in oleum volatile abeunt, & cineres tenuissimos, sed admodum paucos relinquunt. Haud dubium est, quin fluidum illud ob magnam aëris copiam valde elasticum futurum sit; nihil enim fere, nisi aërem igne mixtum continet, quorum primus elasticitate omnium fluidorum maxima præditus est, dum alter potestate maxima corpora expandendi gaudet. Hinc pulveris in explosione effectus similes esse debent effectibus aëris calefacti; hujus ergo aëris calefacti vires erunt ulterius investigandæ.

§. XXX.

Cum fluidum elasticum in minus spatium comprimitur, augetur ejus densitas, pro ut spatium illud diminuitur: adeo ut densitas quantitatis ejusdem fluidi elastici sequatur rationem inversam spatii, quo comprehenditur. Servato autem eodem spatio, accrescit fluidi densitas, pro ut major ejus copia hoc spatio continetur; quare in eodem spatio fluidi densitas ipsius quantitati est proportionalis. Hanc in rem sit fluidi alicujus quantitas q , densitas d , spatium, quod occupat, s , & habebitur $d = \frac{q}{s}$, cum ejus quantitas sit constans. Verum manente spatio eodem, erit $d = q$.

Hinc si spatium & quantitas simul mutantur, erit $d = \frac{q}{s}$, id est, densitas fluidi sequitur rationem compositam ex directa ratione quantitatis, & inversa spatii. Cum itaque $\frac{q}{s}$ maneat constanter eadem,



(a) Nat. en Tuigw. Onderv. pag. 131.

(b) New Principles of Gunnery prop. 1.

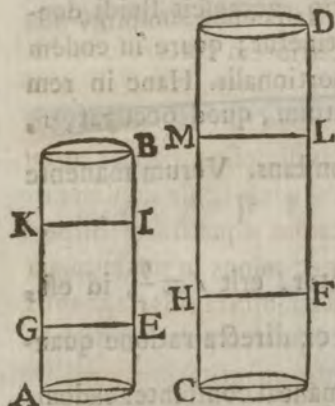
(c) BOERH. l. c. T. I. pag. 303. & Tom. II, pag. 333.

manebit & d continuo idem : augeatur jam spatium, quod fluidum aliquod occupat, continuo in eadem ratione, atque ipsius quantitas, & fluidi densitas non mutabitur, sed constanter eadem manebit: si ergo semper eodem, vel perfecte simili pulvere utamur, & pulveris spatium, quo comprehenditur, ipsius quantitati proportionale maneat, oportet pulveris densitatem ubique eandem esse ponendam.

§. XXX.

Cum pulveris quantitas augeatur, etiamsi continuo spatium ipsius quantitati proportionale occupet, tamen in explosione sese expandendo duplici modo majorem effectum præstare valebit in obstaculum, quod premit, 1^o. quod majorem fluidi quantitatem producat: 2^o. quod quævis particulæ majorem caloris gradum patiantur. Examinandum nunc jam venit augmentum virium, quod singulæ harum causarum producent.

§. XXXI.



Ut recte calculum instituamus incrementi, quod a prima causa pendet, sunt AB & CD duo vasa cylindrica, quorum capacitates AE & CF aëre perfecte homogeneo, nec non eadem densitate ac eodem calore prædito sunt impletæ: Atmosphæra superincumbentis pondera areis circularum GE & HF sunt proportionalia; proinde hæc pondera inter se sunt ut GE^2 & HF^2 , & tanquam obstacula ab aëre dilatante removenda considerari debent. Ponamus nunc, utrumque fluidum AE & CF per idem temporis intervallum ad determinatum quendam gradum calefieri, tunc singulas æquales particulas aëreas in utroque fluido, ab eodem hoc calore, æqualem elasticitatem accipere, ac proinde ad spatia æqualia se dilatate, necesse

ceffe est. Sit fluidorum densitas ante rarefactionem, ad densitatem post rarefactionem ut 1 ad n , si ergo capacitates AI & CL spatia repræsentent, quæ post rarefactionem occupant,

$$\text{erit capacitas AI} = n \times \text{AE}$$

$$\text{\& capacitas CL} = n \times \text{CF}$$

$$\text{adeoque AI:CL} = \text{AE:CF}$$

Proinde etiam capacitas GI:HL = AE:CF

$$\text{sive GE}^2 \times \text{EI:HF}^2 \times \text{FL} = \text{AE:CF.}$$

sunt autem $\text{GE}^2 \times \text{EI}$ & $\text{HF}^2 \times \text{FL}$ quantitates motus, quas fluida AE & CF, sese dilatando, in atmosphæram, sive obstaculum premens, producant. Unde patet, si fluida diversa, sed homogenea, eandem caloris intensitatem subeant, sequi expansiones rationem quantitatum; quare & vires elasticæ hisce quantitatibus proportionales esse, necesse est. Sit ergo vis elastica v , quantitas pulveris, sive auræ pulveris q , caloris intensitas i : si intensitas hæc maneat constanter eadem, habetur $v = q$.

§. XXXII.

Quod vero alterum attinet incrementum, a secunda causa proveniens, huic etiam lucem, quam possumus, clariorem adferre conabimur. Cl. BOERHAVE demonstrat (a), ignis stagnantis vires inter se esse uti spatia, quibus continetur, (vel uti spatia, quæ ignis occupat). Consistit vero ignis stagnatio in æquabili ipsius particularum agitantium motu ac densitate: sic & pulveris accensi ignis considerari debet: ignis enim per totam pulveris quantitatem æquabiliter dispersus est, adeoque ubique ejusdem densitatis, nec minus in unam quam in alteram partem agit: proinde & ejus potentia ad instar ignis stagnantis virium est consideranda. Et hinc manifestum est, quod, si pulveris quantitates Q & q perfecte homogeneæ in spatiis ipsis quantitatibus proportionalibus contineantur, erit ignis in quantitate Q contenti vis, ad ignis vim in q , ut spatium quantitatis Q ad spatium ipsius q ; quæ spatia

in-

(a) Elem. Chem. Tom. I. pag. 181.

inter se sunt ut ipsæ quantitates, ac proinde ignis etiam vires inter se sunt, ut ipsæ pulveris quantitates.

§. XXXIII.

Ignis increfcens efficaciam caloris in effectibus præstandis incredibiliter auget (a). Manifestat se hoc augmentum intensitatis ignis violentiori sese expandendi motu intestino, & ignis pulverem expandendi potestatem in duplicata hujus velocitatis ratione augeri, cum Ill. BERNOULLI (b) sic demonstramus: intenditur calor ex motu intestino particularum ignearum, quæ continuo pulsu & repulso sese, & fluidum, quo continentur, expandere conantur. Ponamus jam, pulveris granulum ad certum gradum calefactum, per suam elasticitatem pondus aliquod P sustinere posse, cum hujus calor ita increfcit, ut particulæ igneæ dupla præcedentis velocitate moveantur, simul increfcant tum & numerus impetuum, & eorundem intensitas æquabiliter, in eadem ratione, & idcirco singulæ particulæ eodem momento pulsum & repulsum suum bis repetent, dum insuper singuli impulsus dupla intensitate in superficiem spatii, quo pulveris granulum includitur, impingunt; unde granulum illud quadruplum sese expandendi nisum acquirit, adeoque quadruplum pondus sustinere valebit; quod idem in singulis pulveris granulis eodem modo obtinere debet: unde liquet ob duplam particularum agitarum velocitatem, fluidi vim elasticam fieri quadruplam.

Simili nihilominus ratiocinatione ostenditur ex tripla particularum velocitate fluidum vim elasticam noncuplam accipere, & sic porro; unde sequitur fluidi elasticitatem in duplicata particularum ignearum velocitate accrescere.

§. XXXIV.

Assumimus quidem, ex §. XXXII. (ubi scilicet demonstravimus,

(a) BOERH. Elem. Chem. Tom. I. pag. 182.

(b) Hydrodyn. pag. 202.

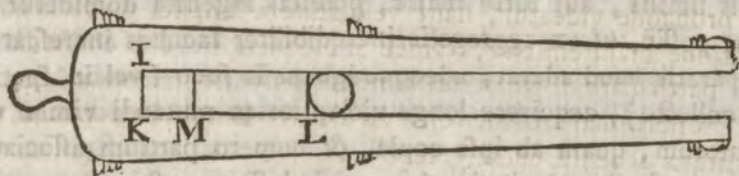
mus, quod ignis in fluidum elasticum agentis copia in ipsa huius fluidi quantitatis ratione accrescat,) ignem motu suo intestino conari se, & fluidum, quo continetur, dilatare velocitate, quæ ignis agentis copiam est proportionalis, ac si valeret regula; *duplex ignis quantitas, igitur geminata etiam illius agendi potentia in alia corpora*, de qua regula tamen maxime esse dubitandum, Summus BOERHAVE (a) affirmat. Constat quidem, majorem ignis copiam, in minori spatio, potentiam ignis semper augere, sed ambiguum tamen manet, an tantum per hanc quantitatem auctam virtus actiuosa intendatur. Putat vir Magnus, compactionem particularum maxime earundem velocitatem augere. Et primo quidem quia experimenta doceant, corpora existere, quæ separata nihil agunt, sed in distantia definita, quoties ad se mutuo accedunt, tum statim motus creant, qui antea in rerum natura non aderant, quique accrescunt omni momento tanto magis, quanto propius ad se invicem appropinquant. Exempla dantur in magnetibus, idem in aëre etiam obtinere ex NEWTONO supra §. V. jam indicavimus, & in multis aliis corporibus illud locum habere; ex mutua corporum inter se attractione & repulsionem demonstratur. Hinc Summus BOERHAVE infert, quod, si in ignis elementis similis, aut forte major, potestas ingenita dominetur, fieri utique possit, ut ex aggregatis incredibiliter facultas increseat, quæ in separatis haud aderat; adeoque ignem in foco (vel in spatio minori collecto), acquirere longe violentiorem mutandi vim a vicinia adunatorum, quam ab ipsa copia, & numero partium associatarum. Et revera similem in ignis elementis adesse potestatem ex exemplo speculi Ustorii Vileitiani refert. Unde tandem cum Viro Cl. concludere licet, quia palmaria ignis est virtus, quod se & omnia, quæ attingit, corpora expandat, hanc expansionem a collectione in unum locum enormiter increfcere; sed præsertim illud obtinere debet in aëre calesfacto, cum quidem aër sit fluidum non tantum maxima, sed & facillima sese expandendi potestate præditum. Si ergo ignis in fluidum elasticum agentis quantitas duplicaretur, manente fluidi spatio eodem

(a) Elem. Chem. Tom. I. Exp. XV. Cor. 7.

dem, elementorum velocitas plus quam quadrupla esse deberet: dupla enim esset ob duplum in eodem loco numerum, & plus quam dupla ob duplam particularum compactionem. Si ergo cum Acutissimo D. BERNOULLI assumamus, fluidi elasticitatem in duplicata ratione velocitatis particularum agitatarum accrescere; fluidi elasticitatis augmentum sequi debet rationem, quæ quadruplicata ratione quantitatis est major.

§. XXXV.

Ponamus jam, c esse celeritatem elementorum ignis, q pulveris quantitatem, d flammæ densitatem, v fluidi vim elasticam, s spatium, quo fluidum continetur. Si porro incrementum velocitatis particularum ignis, quod ex flammæ densitate oritur, ipsi densitati proportionalis ponatur, erit $c = qd$ nempe in ratione composita, ex densitate & numero particularum ignearum; manente itaque spatio eodem, erit $d = q$ & $v = c^2 = q^2 d^2 = q^4$; si vero q maneat idem, mutato spatio, habetur $d = \frac{v}{q}$ & $v = q^2 d^2 = \frac{v}{s^2}$, Proinde pulveris quantitatis vis ela-



stica inversa erit in duplicata ratione spatii, quo continetur. Sit itaque tormenti fartura IL inflammata, & ejus vis, dum spatium KL occupat, erit ad vim spatium KM occupantis, uti $KM^2 : KL^2$.

§. XXXVI.

Hinc erit utique ratio repetenda, quare tormenta versus orificium minus crassa fiant. Exerit scilicet pulvis maximam suam vim (præsertim in hypothesis, qua ponitur, omnem pulverem flammam concipere, antequam
globus

globus sensibilibus moveatur) inter globum & fundum tormenti, adeoque ibi pressio lateralis quoque omnium maxima est; cum autem spatium a pulvere occupatum increseat, diminuitur pulveris vis, & quidem in duplicata ratione hujus spatii aucti (ex præced. §.), ac proinde tormenti crassities versus orificium in duplicata ratione distantiae a fundo diminui deberet, nisi globus cum parte quadam farturæ versus orificium abiret, antequam accenderetur, quo tamen pressio lateralis in camera diminuitur, dum illa ad partes orificium versus accrescat.

§. XXXVII.

In diversis pulveris quantitibus accensis, quæ tamen ejusdem densitatis sunt, numerus particularum ignis ipsi quantitati pulveris est proportionalis (§. XXXII.), sed etiam quantitates istæ spatia sibi ipsis proportionalia occupant: hinc quidem dici non potest, ignis particulas compactiores reddi, nisi hoc in tormentis obtineat, quia maxima pro parte versus eandem plagam coguntur: ac proinde inferre non licet, particularum agitarum velocitatem in duplicata pulveris quantitatis ratione accrescere: & etiam si ex præcedentibus (§. XVII. & XXXIV.) satis probabile videatur, hanc velocitatem simplici pulveris quantitatis ratione majorem esse, tamen in sequentibus ita considerabimus, ac si particularum velocitas simplici pulveris inflammati quantitati esset proportionalis, & ideo ejus vis elastica tantum in duplicata ratione quantitatis accensæ ineresceret.

§. XXXVIII.

Nunc ulterius effecta, quæ diversæ pulveris quantitates inflammatae præstare valent, exploranda sunt: Sint eum in finem quantitates pulveris tres Q, q & R perfecte homogeneæ, atque ejusdem densitatis, sit V vis elastica ipsius Q , & celeritas ejus flammæ C ; habeat q vim elasticam v , & sit hujus flammæ celeritas c ; sit porro R ipsi quantitati Q æqualis, & habeat ejus flamma eandem celeritatem c cum quantitate q . In

quantitatibus æqualibus, Q & R vires expansivæ sunt in duplicata ratione celeritatis flammæ,

hinc V : vim in $R = C : c$ §. XXXIII. & XXXVII.

fed vis expansiva ipsius R : $v = Q : q$ ex §. XXXI.

hinc multiplicando habetur V : $v = Q \times C : q \times c$.

sunt ergo diversarum pulveris inflammati quantitatum, eandem densitatem habentium, vires expansivæ in ratione composita ex simplici ratione quantitatis, & duplicata velocitatis elementorum ignis. Sunt autem velocitates ignis ejusdem densitatis quantitatum rationi proportionales, (ex præcedente §.) adeoque $V : v = Q^3 : q^3$.

Hinc sequitur, diversarum pulveris inflammati quantitatum vires expansivas esse in triplicata ratione harum quantitatum. Si ergo tormenti 24 Librarum fartura sit Q , & alterius tormenti 6 Librarum q , vis elastica prioris V , & posterioris v , erit $V : v = Q^3 : q^3$.

§. XXXIX.

Ex his concludere licet, inter pulveris inflammati vim elasticam & atmosphæræ pressionem non dari rationem constantem quemadmodum vulgo ponitur (*a*); sed ratio ista augetur vel diminuitur pro majori vel minori pulveris quantitate; quod idem ex experimentis collegisse videtur summus Mathematicorum EULERUS (*b*). Tamen ex hisce patet, quod si semel alicujus quantitatis vis, respectu pressionis atmosphæræ, cognosceretur, tunc cujuscunque quantitatis vis haberi posset.

§. XL.

Præterea ex hisce intelligitur, quanto sit major pressio pulveris lateralis in majoribus tormentis, quam in minoribus, adeoque majora tor-

(*a*) ROBIN'S principles of Gunnery pag. 15. MULLER Treat. of Artill. pag. 135. & alij.

(*b*) Erlauterte Artill. pag. 234. consulendus BICOT DE MOR. Essai &c. pag. 65.

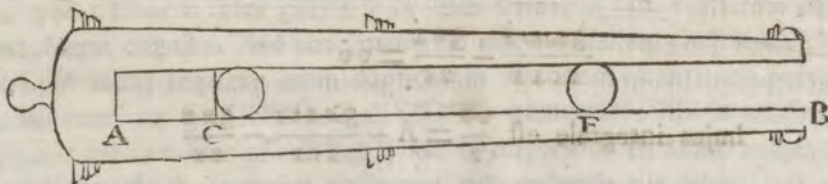
tormenta quanto majori materiae crassitie indigeant. Si enim sint duorum tormentorum calibræ C & c , pulveris quantitates, quæ iisdem momentis flammam capiunt, Q & q : earum vires elasticæ V & v respectivæ, tunc habetur $V : v = Q^3 : q^3$
 sed $Q : q = C^3 : c^3$ per §. XXV.

hinc $V : v = C^9 : c^9$.

Quod eximium, sane, virium incrementum fateor vix esse credibile. Nunc jam amplius difficile non est intellectu, tormentorum materiem resistere non valere impetui, quem majorum tormentorum farturæ præstant, cum lumen accensorium versus medium camerae disponatur; vidimus enim (§. XXVI.) farturam idcirco in minori quam dimidio temporis intervallo flammam concipere, quare plus quam dupla pulveris quantitas simul accenditur, ac propterea plus quam octupla vi in latera tormenti agit.

§. XL I.

Potest ex his velocitas determinari, qua cum globus ex tormento quodam determinato egreditur, si modo ratio inter pulveris vim elasticam, & atmosphære pressionem fuerit cognita. Ponamus eum



in finem, AB esse tormentum, habeat ejus fartura longitudinem $AC = a$. Sit longitudo animæ $AB = b$, conservet pulveris aura ad inflammationis finem pristinam suam densitatem, ita ut globus suo loco non emoveatur, antequam tota farturæ quantitas accendatur, sit hujus auræ vis elastica, in primo post inflammationem momento ad pressionem atmosphære uti r ad i . designetur altitudo Columnæ ferri,

ferri, quæ cum pressione atmosphære in æquilibrio sit, per n , tunc globus a pulvere premitur pondere, quod æquale est columnæ ferreæ, altitudinem nr habenti, proinde nr exhibebit pressuram pulveris in primo post inflammationem momento in C: sit Globi diameter c , & ejus pressio æquatur ponderi Cylindri, cujus altitudo est $\frac{2}{3}c$, hanc ob rem pulveris pressio in C ad pondus globi erit quemadmodum nr ad $\frac{2}{3}c$, ac proinde uti $\frac{3nr}{2c}$ ad unitatem. Ponamus porro globum usque in F esse propulsum, sit $AF = x$, habetur

itaque $AF^2 : AC^2 = \text{vis in C ad vim in F}$, ex §. XXXV.

$$\text{hinc } xx : aa = \frac{3nr}{2c} \text{ ad vim in F} = \frac{3naar}{2cxx}$$

Pressio atmosphære se habet ad pondus globi quemadmodum n ad $\frac{2}{3}c$, adeoque uti $\frac{3n}{2c}$ ad 1: sollicitatur jam globus in F pressioibus contrariis & oppositis, quæ sunt $\frac{3aanr}{2cxx}$ & $\frac{3n}{2c}$, hinc potentia globum in situ F propellens $\frac{3aanr}{2cxx} - \frac{3n}{2c}$; hac ducta in incrementum spatii x , producit incrementum dimidii quadrati velocitatis in F; sit velocitas ista v , & habetur

$$\frac{3aanr}{2cxx} - \frac{3n}{2c} = v \dot{v}$$

$$\text{hujus integrale est } \frac{vv}{2} = A - \frac{3aanr}{2cx} - \frac{3nx}{2c}$$

$$\text{si } x = a, \text{ erit } v = 0, \text{ \& } A = \frac{3anr}{2c} + \frac{3an}{2c}$$

$$\text{ac proinde } \frac{vv}{2} = \frac{3anr}{2c} - \frac{3aanr}{2cx} + \frac{3an}{2c} - \frac{3nx}{2c}$$

$$\text{five } \frac{vv}{2} = \frac{3n}{2c} \times ar - \frac{aar}{x} + a - x.$$

exhibeat b altitudinem, per quam globus cadere debeat, ut velocitatem v acquirat & habetur $b = \frac{3n}{2c} \times ar - \frac{aar}{x} + a - x$; acquirit ergo globus in F velocitatem, quam accepisset cadendo ex altitudine, quæ exprimitur per $\frac{3n}{2c} \times ar - \frac{aar}{x} + a - x$, sit porro $x = b$, & $\frac{3n}{2c} \times ar - \frac{aar}{b} + a - b$, designabit velocitatem, qua globus tormento egreditur.

§. XLII.

Illustremus hoc exemplo: Habeat tormentum AB longitudinem 7,7 *Ped. Angl.* sit 0,2375 æqualis diametro globi ferrei, quem animam tormenti exacte implere, & liberrime per eam moveri hic supponemus; ponatur *fortura* esse 4 *unciarum*; & habemus $b = 7,7 : c = 0,2375$: & $a = 0,08$ (a). Sit denique columnæ mercurialis altitudo, quæ cum pressione atmosphæræ in æquilibrio est, æqualis 29,5 *digit.* posita gravitate specifica mercurii ad gravitatem ferri fusilis uti 14000 ad 7425 (b), erit

$n = 4,635$: positis his in præcedente fórmula $b = \frac{3n}{2c} \times ar - \frac{aar}{b} + a - b$, invenitur $b = 2,317189r - 223,065594$, posset itaque b haberi, si r , quæ rationem inter pulveris & aëris naturalis vim elasticam denotat, fuerit cognita. Sed hanc rationem esse mutabilem, in §. XXXVIII. indicavimus; sequitur enim duplicatam rationem quantitatis pulveris inflammati ex §. XXXIII. & XXXVII. quare ratio ista in minoribus quantitibus minor esse debet quam in majoribus. In allato autem exemplo terminum invenire possumus, quo pulveris vis saltem fuit major. Ex observationibus nempe Petropoli institutis per calculum deduxit D. BERNOULLI, globum, positis reliquis, quemadmodum ea in exemplo allato assumimus, ad altitudinem 58750 *pedum angl.* in vacuo ascendere potuisse (c); posita itaque hac altitudine pro b , habet

(a) *Hydrod.* pag. 231.

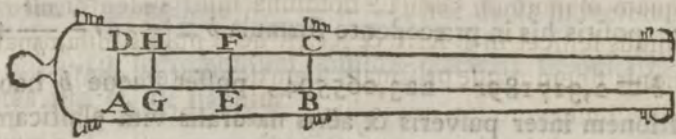
(b) *MULLER Treatise of Artillery* pag. 35.

(c) *Hydrod.* pag. 236.

habemus $2,317189r - 223,065594 = 58750$ ex quibus invenitur $r = 25450,693$: exprimit numerus iste pedes altitudinis ferri fusilis, quod cum pulveris pressione in æquilibrio est: adeoque pressio pulveris, ad pressionem atmosphæræ uti $25450,693$ ad $4,635$ ut r ad 1 ; si ergo $25450,693$ dividatur per $4,635$, habetur $r = 5491$, fuit ergo in hoc casu elasticitas pulveris plus quam 5491^{ies} major illa atmosphæræ: quia in hoc calculo non attendimus ad auræ pulveris partem, quæ per lumen accensorium, pariter ac per hiatum, inter globum & tormenti animam relictum, elabitur.

§. XLIII.

In §. XX. ostendimus, pulveris accensi quantitatem in tormento, durante ejus accensione a lumine accensorio, continuo accrescere; unde necessario sequi debet, ejus vim continuo augeri, & in fine accensionis omnium fieri maximam. Ut farturæ quantitates habeantur, quæ ab initio accensionis sese successive sequentibus momentis æqualibus flam-



mam concipiunt, sit (ut in §. XX.) $AG = AD = 1$, & $AE = x$, & habetur rursus tempus inflammationis quantitatis AF , $t = 1 + Lx$. Cum autem in hac formula pro x successive ponuntur numeri 1 ; $2,7$; $7,5$; 20 ; 55 &c. invenitur t successive æquale esse numeris 1 ; $1,99$; $3,01$; $3,996$; & $5,006$. adeoque t quam proxime numeris naturalibus æquale. Hinc si momenta ab initio accensionis prolapsa successive ponamus esse uti numeri naturales $1, 2, 3, 4, 5$. erunt spatia ab igne percurfa, quæ hisce momentis respondent, quam proxime in ratione numerorum 1 ; $2,7$; $7,5$; 20 & 55 . quantitates autem farturæ, sunt hisce spatiis proportionales: si ergo quantitas, quæ primo momento flammam concipit, ponatur 1 , erit quantitas, quæ duobus primis momentis inflammatur $2,7$, in tribus primis momentis

7,5, in quatuor 20 &c. ac proinde quantitates, quæ singulis æqualibus momentis accenduntur, erunt uti horum numerorum differentiæ, ita ut in primo momento accendatur quantitas, quæ est 1; in secundo, quæ est 1,7; in tertio 4,8: in quarto 12,5: & in quinto momento quantitas accensa est 35. Si ergo virium incrementa in triplicata ratione harum quantitatuum sint, meridiana luce clarius videri potest, quantum virium perdatur, si globus, quem indicavimus ab initio accensionis suo loco jam propelli, minimo tantum momento tormento egrediatur, antequam omnis farturæ pulvis flammam conceperit; nam pulvis, qui post globi exitum inflammatur, nullam vim cum globo communicare potest. Et ex his ratio petenda est, quare idem globus, quem in præcedente exemplo, (§. XLII.) adhibuimus, eadem fartura, ex eodem tormento, sed 1,7 pede decurtato; explosus, tantum ad altitudinem 6604 pedum adscendat. videri hic meretur Cel. D. BERN. *Hydrod. pag. 236 & 237.*

§. X L I V.

Antequam manum de tabula, nonnulla mihi videntur esse monenda. Posuimus scilicet in §. XLI. & XLII. ac si pulvis inflammatus ad inflammationis finem usque pristinam suam densitatem conservaret, in quo secutus sum omnes, quos novi, hanc materiam tractavisse (a). Experientia autem duce observatum fuit (b), rem alio modo se habere, globumque ab initio accensionis pulveris statim promoveri, quemadmodum in §. XXVI. jam indicavimus. Si autem hoc cum dictis præcedentis §. conferamus, statim apprehendemus totam hypothesin everti, neque in initio globum maxima vi a pulveris aura premi, sed minima; neque hanc vim diminui, dum globus adhuc in tormento moratur, & versus orificium fertur, sed augeri, & in fine omnium fieri maximam: utrum vero totius farturæ vis in ultimo instanti, quo globus tormento jam egressurus est, major vel minor evadat, illud fateor adhuc exinde me non satis habere perspectum. Sed hæc dixisse

S U F F I C I A T.

(a) J. BERNOULLI Oper. omn. No. cxxxv. EULER l. c. D. BERNOULLI in *Hydrod.* ROBINS in *New Principles of Gunnery.* MULLER in *Treat. of Art. & d'Arcy Théor. Nouv. d'Art.* (b) *Transactions* No. 465.

T H E S E S.

I.

Sensus externi per se nihil docent.

II.

Non dari progressum causarum in infinitum ipsa ratio docet.

III.

Mundus ab æterno non est creatus, nec creari potuit.

IV.

Mentis cum corpore conjunctio ab Ente supremo instituta est arcta, & immediata, ita ut mens agat in corpus, & corpus, vice versa, in mentem per Influxum, ut vocant, Physicum.

V.

Quies absoluta non datur in Systemate Mundi.

VI.

Tellus motu annuo circa solem, non sol circa Tellurem fertur.

